

**BaCO₃ ve SrCO₃ KATKISIYLA TUĞLA
ÜRETİMİNDE ÇİÇEKLENMENİN GİDERİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mürüvvet BIYIK

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN**

SERAMİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2007

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BaCO₃ veSrCO₃ KATKISIYLA TUĞLA ÜRETİMİNDE ÇİÇEKLENMENİN
(EFFLORESCENCE) GİDERİLMESİ**

MÜRÜVVET BIYIK

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. ATILLA EVCİN

SERAMİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2007

İÇİNDEKİLER

ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
TEŞEKKÜR	X
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1.TUĞLA ÜRETİMİ	3
2.1.1.Tuğla Üretiminin Tarihçesi	3
2.1.2.Üretim Yöntemi-Teknoloji	8
2.1.2.1.Hammadde Hazırlama	9
2.1.2.2.Şekillendirme	10
2.1.2.3.Kurutma	10
2.1.2.4.Pişirme	11
2.1.2.5.Ambalajlama ve Sevk	12
2.1.3.Ürün Standartları	13
2.1.4.Üretim Miktarı ve Değeri	13
2.1.5.Tuğla Üretiminin Ekonomik Değeri	13
2.1.6.Tuğla Üretimi	16
2.1.6.1.Hammadde Hazırlama ve Şekillendirme	16
2.1.6.2.Hammadde Hazırlama ve Şekillendirilmede kullanılan Makinalar	17
2.1.7.Tuğla Yapımında Kullanılacak Killi Malzemede Aranacak Genel Özellikler	19
2.1.7.1.Killerin Plastisite Özellikleri	23
2.1.7.2.Kuru Bağlama Mukavemeti	25
2.1.7.3.Rötre	25
2.1.7.4.Renk	27

2.1.7.5.Tane Boyutu	27
2.1.8.Tuğla Killerine Uygulanan Testler	27
2.1.8.1.Doğal Nem Tayini	28
2.1.8.2.Karbonat Tayini	28
2.1.8.3.Yaş Elek Analizi	30
2.1.8.4.Plastiklik Suyu Deneyi	32
2.1.8.5.Su Emme Deneyi	32
2.1.8.6.Dona Dayanım Testi	33
2.1.8.7.Kuru, Pişme ve Toplu Küçülme Deneyleri	34
2.1.8.8.Kuru Kırılma Mukavemeti Testi	36
2.1.8.9.Hacim Ağırlığının Kontrolü	38
2.1.8.10.Basınç Mukavemeti Testi	38
2.1.8.11.Sertlik Derecesi Tayin Deneyi	39
2.1.8.12.Zararlı Kireç ve Manyezit deneyi	40
2.1.8.13.Ateş Kaybı Testi	41
2.1.8.14.Kimyasal Analiz	41
2.1.8.15.Diferansiyel Termal Analiz (DTA) Testi	43
2.2.KİLLER	44
2.2.1.Killerin Sınıflandırılması	44
2.2.1.1.Buldukları Yere ve Yataklarına Göre Sınıflandırma	44
2.2.1.1.1.Primer Killer	44
2.2.1.1.2.Sekonder Killer	44
2.2.1.2.Minerojik yapılarına Göre Sınıflandırılması	45
2.2.1.2.1.Kil Minerallerinin Yapısı	45
2.2.1.2.1.1.Kaolinit Grubu	47
2.2.1.2.1.2.Montmorillonit Grubu	48
2.2.1.2.1.3.İllit Grubu Kil Mineralleri	49
2.2.1.3.Kristal Yapılarına Göre Sınıflandırılması	50
2.2.1.4.Killerin Endüstriyel Sınıflandırılması	51
2.2.2.Killerin Kolloidal Özellikleri	52
2.3.ÇİÇEKLENME HAKKINDA GENEL BİLGİ	55
2.3.1.Çiçeklenmeyi Doğuran Olaylar	56

2.3.2.Çiçeklenmenin Giderilmesi	56
2.3.3.Çiçeklenme	57
2.3.3.1.Pamuklanma Nedir? Nasıl Önlenir?	58
2.3.4.Çiçeklenme Nedir?	60
2.3.4.1.Çiçeklenmenin kontrol edilmesi	64
2.3.4.2.Çiçeklenmenin Kaldırılması	65
2.3.5.Çiçeklenmenin Dünü, Bugünü Fakat İlerisi Değil	68
2.3.6.Çiçeklenme; Nedenleri ve Mekanizmaları	72
2.3.6.1.Problemin Engellenmesi	73
2.3.6.1.1.Macun ve Yarı Doldurucular	77
2.3.6.1.2.Yapı Uygulamaları	78
2.3.6.1.3.Ustalık	78
2.3.6.1.4.Koruma	78
2.3.6.1.5.Malzemelerin Depolanması	78
2.3.6.1.6.Duvarın Bölümleri	79
2.3.6.1.7.Çimento Materyalleri	79
2.3.6.1.8.Kum	79
2.3.6.1.9.Analiz İşlemleri	79
2.3.6.1.10.Düzeltilmeler ve Solüsyonlar	81
2.3.6.1.11.Tabaka	81
2.3.6.2.Çiçeklenmenin Kaldırılması	82
2.3.7.Çiçeklenmeyi Nasıl Durdurabiliriz	82
2.3.7.1.Sebepler	83
2.3.7.2.Çiçeklenmeyi Önlemek	84
2.3.7.3.Çiçeklenmeyi Ortadan Kaldırmak	85
2.3.7.4.Ne Zaman Endişelenmeli?	86
2.3.8.Yapı Çiçeklenmesi	87
2.3.8.1.İnşaat Sırasında Çiçeklenmeyi En Aza İndirmek	87
2.3.8.2.Çiçeklenmeyle Uğraşmak	88
2.3.8.3.Tuğlanın Test Edilmesi	89
2.3.8.4.Çiçeklenmeye İlişkin Diğer Hususlar	89
2.3.8.5.Kireç Akıntısı ve Sızdırmak	90

2.3.9.Kil Tuğlasını Temizlenmesi	90
2.3.9.1.Havanın etkisi	91
2.3.9.2.Leke veya Çökeltinin ve Duvar Malzemelerinin belirlenmesi	91
2.3.9.3.Kimyasal Temizleme İçin Gerekli Ölçüler	92
2.3.9.4.Şantiye Güvenliği Önlemleri	93
2.3.9.4.1.Küçük Bölgeleri Temizleme	93
2.3.9.5.Tuğla İşçiliğindeki Leke ve çökeltiler	93
2.3.9.5.1.Harç ve Betonda Çimento Lekesi	93
2.3.9.5.2.Kireç Akıntısı	94
2.3.9.5.3.Kir, Çamur, Duman ve İs	94
2.3.9.5.4.Yağ, Makine Yağı ve Katran	94
2.3.9.5.5.Organiklerin Büyümesi	95
2.3.9.5.6.Boya ve Grafiti	95
2.3.9.5.7.Beyaz Çiçeklenme	95
2.3.9.5.8.Sarı veya Yeşil Çiçeklenme	96
2.3.9.5.9.Demir Lekesi	97
2.3.9.5.10.Manganez Lekesi	98
2.3.9.5.11.Mavi Tuğlaların Lekelenmesi	98
2.3.10.Tuzları Bulaştığı Gözenekli Örneklerin Higroskopik Davranışları	99
2.3.10.1.Teorik Taslak	101
2.4.STRONSIYUM MİNERALLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİ	102
2.4.1.Stronsiyum	103
2.4.2.Baryum	104
3.MATERYAL ve METOT	106
3.1.DENEY PROGRAMI	106
3.1.1.Deney Akım Şeması	107
3.1.2.Deneylerde Kullanılan Malzemeler	108
3.1.2.1.Çorum Yöresi Tuğla Toprağı	108
3.1.2.1.1.Hammaddeye Uygulanan Ön Deneyler	108
3.2.DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI VE ŞEKİLLENDİRİLMESİ	111
3.2.1.Bileşim Hazırlama	111

3.2.2.Şekillendirme	111
3.2.3.Kurutma ve Sinterleme İşlemleri	111
3.3.DENEY NUMUNELERİNE UYGULANAN TEST YÖNTEMLERİ	113
3.3.1.Doğal Nem Tayini	113
3.3.2.Karbonat Tayini	113
3.3.3.Yaş Elek Analizi	114
3.3.4.Plastiklik Suyu	116
3.3.5.Kuru, Pişme ve Toplu Küçülme Deneyleri	117
3.3.5.1.Seramik Ürünlerinde Farklı Küçülmelerin Sebepleri	118
3.3.6.Ateş Zayıt Testi	119
3.3.7.Su Emme Deneyi	120
3.3.8.Porozite Deneyi	120
3.3.9.Hacim Ağırlığının Kontrolü	121
3.3.10.Kuru Kırılma Mukavemeti Testi	122
3.3.11. Basınç Mukavemeti Testi	124
3.3.12.Zararlı Kireç ve Manyezit deneyi	124
3.3.13.Dona Dayanım testi	125
3.3.14.Sertlik Derecesi Tayin Deneyi	126
3.3.15.Kimyasal Analiz	127
3.3.16.Diferansiyel Termal Analiz (DTA) Testi	128
4.BULGULAR	130
4.1.KURU KÜÇÜLMELERİ	130
4.2.TOPLU KÜÇÜLMELERİ	132
4.3.SU EMME	134
4.4.ATEŞ KAYBI DENEYİ SONUÇLARI	136
4.5.POROZİTE VE BULK YOĞUNLUK	138
4.6.BASMA MUKAVEMETİ	141
4.7.EFFLORESCENCE DENEYİ	143
4.8.XRD ANALİZİ	148
5.TARTIŞMA VE SONUÇ	152

6.KAYNAKLAR	154
6.1.İNTERNET KAYNAKLARI	154
7.ÖZGEÇMİŞ	155

ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Atilla Evcin danışmanlığında,
Mürüvvet Bıyık tarafından hazırlanan
BaCO₃ ve SrCO₃ Katkısıyla Tuğla Üretiminde
Çiçeklenmenin (Efflorescence) Giderilmesi
başlıklı bu çalışma lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili
maddeleri uyarınca
...../...../.....
tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Seramik Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı, SOYADI

İmza

Başkan Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN

Üye Doç. Dr. Bahri ERSOY

Üye Yrd. Doç. Dr. Taner Kavas

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Emine SOYTÜRK
Enstitü Müdürü

ÖZET

BaCO₃ ve SrCO₃ KATKISIYLA TUĞLA ÜRETİMİNDE ÇİÇEKLENMENİN (EFFLORESCENCE) GİDERİLMESİ

Mürüvvet Bıyık
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Çiçeklenme zamanın başlangıcından beri her zaman vardı. Çiçeklenme tuz, kireç veya diğer minerallerden meydana gelen beyaz kristal bir tortudur, fakat tuz tipine bağlı olarak kahverengi, yeşil veya sarı olabilir. Bu tuzlar ve mineraller suda çözülebilir ve genellikle zeminden, çimento ve ya alkali maddelerin var olduğu yerlerden gelebilir. Bu tortular kireç, duvar sıvası, harç, duvar, tuğla, doğal taş, kil, seramik çinisi ve hatta tahta gibi birçok bina yüzey tiplerinde görülebilir. Kullanılan nem tuz ve minerallerin taşıyıcısı gibidir ve nem buharlaştığı zaman tuzlar ve mineraller yüzeye doğru taşınır.

Duvarda çözülebilir alkali sülfatlar var olsa bile çiçeklenmeye neden olabilen sülfatlardan önce tuzlar solüsyon içinde çözülebilir. Eğer nem solüsyona ulaşmazsa onlar solüsyon içine geri verilemez ve buharlaşarak su yüzeye göç eder, yüzey üstünde ayrılan sülfat tuzları kristalize olur ve çiçeklenme meydana gelir. Alkali sülfatlar duvar yüzeyindeki porlara doğru hareket edebilirler. Eğer duvar içindeki doğal porlar azaltılabilirse yüzeye doğru olan tuzların göçü zor olur.

Bu çalışmamızda Çorum yöresine ait tuğla toprağına çeşitli oranlarda BaCO₃ ve SrCO₃ ilave edilerek 980° C'de pişirilmesi ile elde edilen ürünlerin çiçeklenme kontrolleri yapılmış ve incelenmiştir.

2007, 155 sayfa

Anahtar Kelimeler: Efflorescence, çiçeklenme, tuğla üretimi, BaCO₃(Baryum Karbonat)

ABSTRACT

REMOVING EFFLORESCENCE ON BRICK PRODUCT BY USING BaCO_3 and SrCO_3

Bıyık, Mürüvvet

Afyon Kocatepe University,

Institute for the Natural and Applied Sciences

Efflorescence has been in existence since the beginning of time. Efflorescence is a white crystalline deposit that is composed of salts, lime and/or other minerals. These deposits may become visible on many types of building surfaces such as concrete, stucco, grout, masonry, brick, natural stone, clay, ceramic tile and even wood. These salts and minerals travel to the surface, using moisture as their carrier, and when the moisture evaporates what is left behind are salts and minerals on the surface.

Even if soluble alkali sulfates exist in a masonry wall, before the sulfates can cause efflorescence the salts must be dissolved into solution by water. If no moisture reaches the sulfates then they cannot be rendered into solution and migrate to the surface where the water will evaporate, leaving the sulfate salts on the surfaces to crystallize and become efflorescence. The alkali sulfates must be able to travel through the pores in the masonry to the surfaces. If the natural pores in the wall can be reduced, it becomes harder for the salts to migrate through to the surfaces effect.

In this study efflorescence control of products which are obtained by mixing BaCO_3 and SrCO_3 in various proportions to brick soil at Çorum region and by firing them at 980°C are produced and observed.

2007, 155 page

Anahtar Kelimeler: Efflorescence, Product of Brick, BaCO_3 (Barium Carbonat)

TEŐEKKÖR

Bu tez çalıőmamda beni yönlendiren, çalıőmalarım boyunca her konuda yardımını ve desteğini esirgemeyen, beni aydınlatan, bu konuda çalışma imkanı veren sayın Yrd. D. Dr. Atilla EVCİN'e, bugüne dek bizim için emek harcayan, bilgilerini ve deneyimlerini daima bizimle paylaőan bütün seramik mühendisliğindeki hocalarıma, labaratuvar çalıőmalarını yapmama imkan sağlayan Başak kiremit A.Ő'ye ve çalıőmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Başak kiremit mühendislerine ve çalıőanlarına, her zaman yanımda olan sevgili eőim Fatih'e, ayrıca bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım...

Mürüvvet BIYIK

Afyonkarahisar, Haziran 2007

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

°	Derece
L	Uzunluk
h	Yükseklik
μ	Mikron
m	Metre
V	Hacim
M	kuru kırılma mukavemeti
P	kırılma kuvveti
L	mesnetler arasındaki mesafe
a	numunenin kırıldığı yerin genişliği
h	numunenin kırıldığı yerin genişliği
ξ	Zeta potansiyel
W	Ağırlık

2. Kısaltmalar

DTA	Diferansiyel Termal Analiz
HCl	Hidroklorik Asit
XRD	X ışınları Kırınım Analizi
BaCO ₃	Baryum Karbonat
SrCO ₃	Stronsiyum Karbonat
K ₂ SO ₄	Potasyum Sülfat
Na ₃ SO ₄	Sodyum Süfat
CaSO ₄	Kalsiyum Sülfat
K ₂ SO ₄	Potasyum Sülfat

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1.Türkiye’de ki Tuğla Kiremit Üretimi dağılımı	15
Şekil 2.2.Tuğla ve Kiremit Üretim Aşamaları	22
Şekil 2.3.Tetraeder-Oktaeder Tabaka Oluşumları	46
Şekil 2.4.a) (SiO ₄) ⁻⁴ Tetraederi, b) Kaolinit kristal yapısı (1.OH, 2.Al, 3.Si, 4.O iyonları) (Tetraeder Oktaeder oranı 1:1)	46
Şekil 2.5.Montmorillonitin 3 Tabakalı Yapısı	49
Şekil 2.6.Çeşitli Kil Minerallerinin DTA Eğrileri	50
Şekil 2.7. Kaolinit kristalinde kırık kenar bağlarına anyon ve katyonların bağlanması	54
Şekil 3.1.Deney Akım Şeması	107
Şekil 3.2.Pişirim Sıcaklığındaki Sıcaklık-Zaman İlişkisi	112
Şekil 4.1.BaCO ₃ Katkılı Numunelerin Kuru Küçülme Değerleri	131
Şekil 4.2.SrCO ₃ Katkılı Numunelerin Kuru Küçülme Değerleri	131
Şekil 4.3.BaCO ₃ Katkılı Numunelerin Toplu Küçülme Değerleri	133
Şekil 4.4.SrCO ₃ Katkılı Numunelerin Toplu Küçülme Değerleri	133
Şekil 4.5.BaCO ₃ Katkılı Numunelerin Su Emme Değerleri	135
Şekil 4.6.SrCO ₃ Katkılı Numunelerin Su Emme Değerleri	135
Şekil 4.7.BaCO ₃ Katkılı Numunelerin Ateş Kaybı Değerleri	137
Şekil 4.8.SrCO ₃ Katkılı Numunelerin Ateş Kaybı Değerleri	137
Şekil 4.9.BaCO ₃ Katkılı Numunelerin Porozite Değerleri	139
Şekil 4.10.SrCO ₃ Katkılı Numunelerin Porozite Değerleri	139
Şekil 4.11.BaCO ₃ Katkılı Numunelerin Bulk Yoğunluk Değerleri	140
Şekil 4.12.SrCO ₃ Katkılı Numunelerin Bulk Yoğunluk Değerleri	141
Şekil 4.13.BaCO ₃ Katkılı Numunelerin Mukavemet Değerleri	142
Şekil 4.14.SrCO ₃ Katkılı Numunelerin Mukavemet Değerleri	143
Şekil 4.15.Katkısız Numunenin XRD Analizi	149
Şekil 4.16.%2 BaCO ₃ Katkılı Numunenin XRD Analizi	150
Şekil 4.17.%2 SrCO ₃ Katkılı Numunenin XRD Analizi	151

RESİMLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Resim 2.1. Tipik Beyaz Efflorescent Tuzları	62
Resim 4.1. Katkısız Numune	144
Resim 4.2. % 0,2 BaCO ₃ katkılı numune	144
Resim 4.3. % 0,4 BaCO ₃ katkılı numune	144
Resim 4.4. % 0,6 BaCO ₃ katkılı numune	145
Resim 4.5. % 0,8 BaCO ₃ katkılı numune	145
Resim 4.6. % 1 BaCO ₃ katkılı numune	145
Resim 4.7. %2 BaCO ₃ katkılı numune	146
Resim 4.8. % 0,2 SrCO ₃ katkılı numune	146
Resim 4.9. % 0,4 SrCO ₃ katkılı numune	146
Resim 4.10. % 0,6 SrCO ₃ katkılı numune	147
Resim 4.11. % 0,8 SrCO ₃ katkılı numune	147
Resim 4.12. %1 SrCO ₃ katkılı numune	147
Resim 4.13. %2 SrCO ₃ katkılı numune	148

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1.Tuğla Killeri İçin Ortalama Kimyasal Yapı	20
Çizelge 2.2.Farklı Tip Killerin Su Plastisitesi Değerleri	24
Çizelge 2.3.Mohs Sertlik Çizelgesi	39
Çizelge 2.4.Killerin Kristal Yapılarına Göre Sınıflandırılması	51
Çizelge 3.1.Uysal Tuğla Toprağının Plastiklik Suyu Deney Sonuçları	109
Çizelge 3.2.Yaş Elek Analiz Sonuçları	110
Çizelge 4.1.Kuru Küçülme Değerleri	130
Çizelge 4.2.Toplu Küçülme Değerleri	132
Çizelge 4.3.Su Emme Değerleri	134
Çizelge 4.4.Ateş Kaybı Değerleri	136
Çizelge 4.5.Porozite Değerleri	138
Çizelge 4.6.Bulk Yoğunluk Değerleri	140
Çizelge 4.7.Mukavemet Değerleri	142

1.GİRİŞ

Çiçeklenme boşluklu seramiklerde (genellikle pişmiş toprak malzemedede) görülen kimyasal bir olaydır. Çiçeklenme harçta ve pişmiş toprak malzemedede bulunan suda eriyebilen nitelikteki tuzların malzemedeki kılcal boşluklardan hareket ederek yüzeye çıkmaları ve burada suyun buharlaşması sonucu birikmesi olayıdır.

Çiçeklenme pişmiş toprak malzemedede bulunan suda eriyebilen nitelikteki tuzların malzemedeki kılcal boşluklardan hareket ederek yüzeye çıkmaları ve burada suyun buharlaşması sonucu birikmesi olayıdır.

Suda çözünebilen kalsiyum (CaSO_4), potasyum (K_2SO_4),sodyum (Na_2SO_4) ve magnezyum(MgSO_4) gibi sülfat tipi tuzlar pişmiş kil bünyesine suyun sızmasıyla gözenekler içindeki suda çözünürler. Kurumayla birlikte yüzeye doğru su ile hareket eden tuzlar yüzeye taşınır. Suyun yüzeyden buharlaşması ile birlikte tuz kristalleri yüzeyde tekrar oluşur. Beyaz renkli bu oluşum çiçeklenme, pamuklanma(efflorescence) olarak adlandırılır.

Çiçeklenme ye neden olan suda eriyebilen nitelikteki tuzların başlıcaları şunlardır:

- Sülfatlar (Na_2SO_4 , CaSO_4 , K_2SO_4 ..gibi)
- Klorürler, nitratlar, karbonatlar
- Diğer tuzlar: vanadyum, mangan, demir, molibden ve krom tuzları

Çiçeklenmeye neden olan olaylar genel olarak şu şekildedir:

- Çiçeklenmeye neden olan olaylardan birisi malzemenin yanlış depolanmasıdır. Örneğin; üzerine tuğla depolanan toprakta, toprağın cinsine göre değişebilen ve suda eriyebilen tuzlar bulunabilir. Bu durumda, tuğla topraktaki nem ile birlikte bu tuzları da emer.
- Pişmiş toprak malzemenin uygulanmasında kullanılan harçtaki bağlayıcı maddede bulunan serbest kireç pişmiş toprak malzemedede bulunan Na_2SO_4 ile birleşerek çiçeklenme ye neden olur.
- Linyit kömürü ile pişen tuğlalarda dumanda buluna kükürtlü gazlar tuğlada

Na_2SO_4 (glanber tuzu) meydana getirir.suda eriyen bu tuz çiçeklenmeye neden olur. Sülfat değerlerinin kontrolü; toprakların işletme sahası içinde dinlenme periyodu göz önüne alınarak kullanılması Çiçeklenmeyi önlemede birinci önlem olabilir. 3 tabakalı killer yapıları ve oluşum özellikleri açısından önemli ölçüde tuz mineralleri içerebilmektedir. Bu tip killerde dikkatli olmak gerekir. Suyun yüzeyden bünyeye girmesini önlemek. Bu amaçla siloksan ve akrilik-sloksanların kullanıldığı bilinmektedir.

Bu çabalara rağmen çiçeklenme önlenemiyorsa temizleme yöntemleri kullanılır: Seyreltilmiş Hidroklorik asit (HCl) çözeltisi ile pamuklanmış yüzeylerin silinmesi. Karbonatlara bağlı çiçeklenmenin giderilmesi için önce su ile daha sonra %5-10 oranında asitli su ile yıkanır. Sonunda tekrar temiz su ile yıkanması gerekir. (KNO_3) dan meydana gelen çiçeklenme halinde, çiçeklenme görülen duvar yüzleri temizleninceye kadar fırçalanmalı ve silinmelidir.

Çiçeklenme kontrolü için uygulanan bir diğer yöntem ise topraklara yapılan BaCO_3 ilavesidir. Baryum karbonat ile çiçeklenmeyi azaltmanın temel mekanizması baryum karbonatın baryum sülfata (BaSO_4) dönüşmesidir. Baryum sülfat tuzunun suda çözünürlüğü oldukça azdır. Suda çözünürlüğü yüksek olan kalsiyum (CaSO_4), potasyum (K_2SO_4), sodyum (Na_2SO_4) ve magnezyum (MgSO_4) sülfat gibi tuzlar pişirim sıcaklığında BaCO_3 ile reaksiyona girerek BaSO_4 oluşturur.

Bu çalışmamızda çorum yöresi tuğla toprağı, katkı olarak ise baryum karbonat ve stronsiyum karbonat kullanılmıştır. Katkı oranlarına göre stokiometrik olarak hesaplar yapıp karışım hazırlanmıştır. Karışım % 18 oranında su ile plastik hale getirilip şekillendirme işlemi yapılmıştır. Şekillendirilen numuneler önce oda sıcaklığında sonra etüvde kurutulduktan sonra 980 °C sıcaklıkta sinterlenmiştir. Sinterlenen bu numunelere ateş kaybı, su emme, porozite, kuru küçülme ve toplu küçülme deneyleri, basma mukavemeti, XRD analizi ve çiçeklenme kontrolü yapılarak bu numuneler incelenmiştir.

2.GENEL BİLGİLER

2.1.TUĞLA ÜRETİMİ

2.1.1.Tuğla Üretiminin Tarihçesi

Kil insanlar tarafından ilk defa el ile şekillendirildikten sonra kurutulup pişirilerek kapacak gibi gereksinmelerin karşılanmasında kullanılmıştır. Piştikten sonra mukavemetinin arttığına anlaşılmaya ile de kullanım alanı bir hayli genişledi. İnsanlar yapılarını hazır taşların yanı sıra tuğla da kullanarak yapmaya başlamışlardır. Tuğla dünya tarihinde üretilen ilk yapı malzemesidir. Bugüne kadar mükemmel karakteri nedeniyle dizayn boyut ve işlevi dışında hemen hiçbir değişikliğe uğramadan günümüze kadar gelmiştir. 15 bin yıllık bir geçmişe sahip tuğlanın hammaddesi olan killi toprak ucuzluğu ve kolay temizlenebilmesi nedeniyle de yerini bugüne kadar korumuştur.(Kırıkoğlu 1993)

Tuğla MÖ. 4000 yıllarında inşa edilen Babil kulesinde arkeologlara ve tarihçilere göre bu kulenin yapımında 85 000 000 adet tuğla kullanıldığı belirlenmiştir. Bu miktar bugünkü şartlarda 4-5 büyük kapasiteli tuğla fabrikasının bir yıllık üretiminin toplamına eşittir.

Tarihte ilk yerleşim yerlerinin ve kültürlerinin tuğla yapımına da uygun olan alüvyonlu toprakların yer aldığı geniş nehir havzalarında kurulduğu bilinmektedir. Tuğla üretiminin de başlangıcı bu dönemlere rastlamaktadır. Mezopotamya'da yer alan Nil, Euprates, Tigris nehirlerinin aşağı bölgelerinde yapılan kazılarda kalıplanmış kil tabletleri ve duvar rölyeflerinde rastlanmıştır. Karbon 14 testleri bu tabletlerin MÖ. 13000 yıllarında yapıldığını göstermiştir.

Mezopotamya uygarlıklarında pişmiş toprak yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Yapılan arkeolojik kazılarda örneğin Koldalilere ait Ur şehrinde ve Mezopotamya Kish Şehri saraylarında tuğla kullanıldığı belirlenmiştir. Çin seddinin yapımında kalın iki

tuğla duvar arsına taş ve toprak doldurulmuştur. Amasra bedesten harabeleri ise 1000 yıldır iyi fırınlanmış nem olmayan tuğlalarla zamana ve iklime meydan okumaktadır.

19. yy'da makine gücünün sanayide ağırlık kazanmasıyla tuğla sektöründe önemli gelişmeler olmuştur. Ateş kitlesinin hareketli ve sürekli olduğu ilk fırın sisteminin 1858 yılında Fredrich Hoffman isimli bir alman tarafından bulunması ve üretime uyarlanması ile büyük atılım yapılmıştır. Bu sistem üretimi artırmış ve kaliteyi yükseltmiştir.

1885 yılında Barie isimli bir Fransız, delikli tuğla kavramını getirmiş ve tuğla sanayinde yeni bir çığır açılmıştır.

20. yy'ın ikinci yarısından itibaren yarı otomatik tesisler geliştirilmiştir. Ve böylece kurutma ile pişirme sistemlerinin otomatize olacağı tünel sistemleri uygulamaya girmiştir. Günümüzde tamamen robotlar ve bilgisayarlarla yönetilen tam otomatik ve tünel fırınlı sistemler yarı otomatik olarak makineleşmiş tesisler ile yalnızca hazırlama ve şekillendirmeyi makine ile yaparak daha sonraki işlemleri büyük çapta insan gücüne dayandırılan ilkel tesisler mevcuttur.(Suni 2004)

Tuğla ve kiremit kullanımı insanoğlunun oluşumu kadar eskiye dayanmaktadır. İlk tuğla veya kiremit üretim tesisi belki de insanlar tarafından yapılan ilk evdir diyebiliriz. Bu evler özellikle nehir kıyılarında ve deltalarda yer alan yerleşim bölgelerinde, kurutulmuş kil tabletlerle, yapılacak evlerin yanında oluşturulan basit bir üretim düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Bu konuda başlangıç tarihi vermek ne yazık ki mümkün değildir. Mezopotamya bölgesinde Dicle ve Fırat nehirleri kıyısında yapılan kazılarda bulunan pişmemiş kil tabletler MÖ 13. yüzyılı, tam 15 bin yıl önceyi göstermektedir. Pişmiş tuğlanın endüstriyel anlamda ilk üretimi ise MÖ 4. yy'a Babil Kulesi yapımı'na denk düşmektedir. Tarihçiler bu kulede 85 Milyon adet tuğla kullanıldığını hesap etmişlerdir. Bu gün bu rakamda tuğlayı ancak 5-6 gelişmiş teknoloji fabrikasının 1 yıllık çalışmaları ile üretebildiğini düşünürsek, burada yapılan üretimin gerçekten de teknolojik açıdan değer taşıdığını kabul etmek gerekir. Babil kulesi işte bu nedenle TUĞLA üretimi ve endüstrisi açısından önemli bir simgedir. Kiremiti ilk üretenlerin Korintliler olduğu kabul edilir. Korintliler bugün de kullanılan içbükey kiremitleri, hazırlanan tuğla hamurunu tokmakla dövüp yaygın hale getirerek ve şimdikinden daha kalın ve büyük

olarak MÖ 4. YY'da üretmişlerdir. Anadolu'da ve Avrupada da bu tarihsel gelişime paralel olarak ilerleyen üretim şekilleri Romalıların ilk standartları getirmeleri ve bu işin ticaretini yapmaya başlamaları ile farklı bir boyut kazanmıştır. Daha ileri dönemlerde Anadolu'da Selçuklu ve Osmanlı mimarisinin vazgeçilmez bir parçası olan tuğla ve kiremit Osmanlıların standartları ile Anadolu'ya has bir mimari tarz oluşturmuştur. Kiremitlerin daha küçük, tuğla boyutlarının ise daha büyük tutulduğu Osmanlılar döneminde ilk standartlar uygulanmaya başlanmıştır. O dönemde standart dışı üretim veya bunların inşaatlarda kullanımı yasaklanmış, bu konuda önemli cezalar öngörülmüştür. Hatta inşaatlarda bina katları ve modelleri konusunda bile standart uygulamalar bu dönemde getirilmiştir. Anadolu'da sektörel gelişme dikkate alındığında ise ne yazık ki atölye ve açık ocak imalathaneleri dışında fabrika ve endüstriyel üretim yapan tesis Osmanlıların son dönemine kadar gerçekleşmemiştir. Cumhuriyetin ilanından sonra yabancı girişimciler sayesinde Marmara ve Ege bölgelerinde tuğla ve kiremit üretim tesisleri yapılmaya başlanmış, ilerleyen dönemde yerli girişimciler sayesinde sektörde gelişim süreci yakalanmış ve önce ithal makinelerle yapılan tesisler yerini yerli makinelere bırakmıştır. Ancak bu oluşum çok geç gerçekleşmiş olup belki de sektörün Avrupa şartlarına göre daha az modernize olmasının bir nedenidir.

Avrupada ne yazık ki sektörel gelişme çok daha hızlı ilerlemiş, özellikle buharlı makinelerin bulunmasının ardından öncelikle hammadde hazırlama makinelerinde kullanılan hayvan gücü yerini buharlı motorlara bırakmıştır. 1700'lü yıllarda sektörde ilk devrim sayılan bu makineleşmenin ardından 1800'lü yıllarda helezonlu şekillendirme preslerinin gelişimi ile delikli ve daha hafif tuğla üretimi gündeme gelmiş, bu da daha az hammadde ve daha az enerji ile daha fazla üretimin yapılmasını sağlamıştır. Daha sonraları Hoffman ve Tünel tip fırınların devreye girmesi ile de büyük bir atılım yaşanmış, üretimler artmış, tuğla ve kiremit çok daha kolay üretilen ve ucuz bir yapı malzemesi haline gelmiş ve kullanımı giderek yaygınlaşmıştır.

Tuğla dünya tarihinde imalatı yapılan ilk yapı malzemesidir. Kil ile suyun buluşması ve ateşle ile beraberliği tuğlanın doğuşunu oluşturmuştur. Çok eski çağlarda her bina önce bir tuğla üretim tesisi olmuş, üretilen tuğlalar daha sonra bu binanın yapımında kullanılmıştır. Şu halde ilk üretim tesisi, tuğladan yapılan ilk evdir.(Suni 2004)

Artık ilk yerleşim yerlerinin ve kültürlerinin tuğla yapımına uygun olan alüvyonlu toprakların yer aldığı geniş nehir havzalarında kurulduğu bilinmektedir. Tuğla sanatının da başlangıcı işte bu dönemlere rastlar. Bu bölgeler, Mezopotamya'da yer alan Nil, Euprates/Tigris nehirlerinin aşağı bölgeleridir. Bu bölgelerde yapılan kazılarda en eski bulguların kalıplanmış kil tabletler ve duvar rölyeflerinden oluştuğu gözlenmiştir. Buda gösteriyor ki tuğla üretimi daha bu zamanlarda başlamış ve o zamanlar bile tapınaklar, en zengin yapılar bu tuğla tabletler ile inşa edilmiştir. Kullanılan bu pişmemiş kil tabletler zamanımızda kullanılan tuğlalara benzer boyutlarda ve elle düzeltilerek şekillendirilmişti. Bu kil tabletlerde(tuğla) yapılan Karbon 14 deneyleri ise M.Ö. 13000 yılını göstermektedir. Yani günümüzde tam tamına 15000 yıl önce ilk tuğlanın insan oğlunun elinde şekillendiğini söyleyebiliriz.

Bir süre sonra insanlar daha sağlam binalar, daha yüksek kuleler inşa etmek istedikler. Tabiki bu binalar daha hoş görünen binalar olacaktı. İşte bu aşamada pişmiş tuğla ortaya çıkıyor. Sıcak canlı bir renk ve daha sağlam bir yapı malzemesi. Zaman ise M.Ö. 4. yüzyıldır.(Kırıkoğlu 1993)

Bu dönemde ve daha sonra tuğla yapımının Anadolu'ya ve Avrupa'ya yayıldığını ve gittikçe yaygınlaştığını görüyoruz. Mezopotamya'da ise tuğla ve tuğla üretimi Asurlular, Persler, Sasaniler ve İslam kültürü ile gelişmiş değişik boyutlara taşmıştır. Doğu ve batı kültürü hemen hemen ortak ilerlemiş, sonuçta tuğla tüm yerleşim bölgelerinin vazgeçilmez yapı malzemesi olma özelliğini korumuştur.

Yunanlı yazar Pindar, M.Ö. 5. yüzyılda Yunanlıların mermeri bularak heykel yapımında ve binalarda kullanıldığını anlatır. Yunanlılar mermeri önce binalarda duvar malzemesi olarak kullandılar fakat mermerin olumsuzlukları nedeni ile tekrar tuğlaya döndüler.

Bu arada pişmiş tuğlanın kullanılmaya başlaması ile birlikte çatı malzemesi boşluğu yaşandı. Bu boşluk ise yine Korintlerin Konkav kiremidi bulmuş olması ile doldu.

Çatılarımızda kullandığımız bugünkü yuvarlak kiremitlere benzer kiremitler imal ettiler. Tek farkları biraz daha kalın ve büyük boyutlu olmalarıydı. Yapılan araştırmalar ilk

kullanılan kiremitlerin 2- 3 cm . kalınlığında, 50 cm . eninde ve 80- 100 cm . boyunda olduğunu göstermiştir. Kiremidi daha sonra Yunanlılar geliştirmiş, onlardan da Romalılar devralmıştır. Batı Avrupa'da Romalılar Yunan kiremit formlarını mümkün olduğunca geliştirdiler. Özellikle yuvarlak kiremitte neredeyse bu günkü üretim kalitesine yaklaştıklarını söyleyebiliriz.

Kiremit ve tuğlada ilk standartlar Romalılar tarafından geliştirilmiş ve uygulamaya sokulmuştur. Kalınlık nedeni ile oluşan kuruma ve pişirme problemlerini çözmeye çalışmışlar ve böylece ilk araştırma faaliyetleri de onlar sayesinde başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda mümkün olduğunca ince fakat eskisine göre çok daha sağlam malzemeler üretmişlerdir. İspanya, İngiltere, Fransa, Belçika ve Almanya'ya tuğla ve kiremiti tanıtan, kullanımının yaygınlaşmasını sağlayan yine Romalılardır. O zamanlarda bina yapımında çalışan Romalı Lejyonerler gün kişi başına 120-140 büyük boy, 220-240 adet küçük boy tuğla üretiyorlardı.

Bir süre sonra tuğla artık sadece inşaat için imal edilen yapı malzemesi olmaktan çıkmış ve satılmak için imal edilmeye hatta 100 km . kadar uzak bölgelere dahi deniz ve nehir yoluyla gönderilmeye başlanmıştır. Bunu da yine Romalılar başarmıştır. Zira tuğla ve kiremiti bir sanayi dalı haline getiren onlardır.

Anadolu'ya baktığımızda burada da gelişmelerin yukarıdaki tarihlere paralel olarak gerçekleştiğini görüyoruz. Tarih kitapları Anadolu'da ilk pişmiş tuğlanın endüstriyel anlamda üretim ve kullanımının M.Ö. 4. yüzyılda Lidyalılar tarafından başlatıldığını yazıyor. Bu dönem Babil kulesinin yapımı ile hemen hemen aynı dönemlere rastlamaktadır. Tuğla ve Kiremit Anadolu da Yunanlılardan sonra Bizanslıların katkılarıyla gelişmiştir. Daha sonra Selçuklular Bizanslılardan bu gelişmeyi devralmıştır. Selçukluların da bu konuda epeyce ilerledikleri bir gerçektir. Selçuklu mimarisinde tuğla özellikle taş ile birlikte önemli bir mimari birliktelik yaşamıştır. Bundan sonra Osmanlı dönemine geçiş yaşanıyor ve Osmanlılar zamanında kiremiti ve tuğla üretimi önemli gelişmeler yaşıyor. Küçük ve Konkav Osmanlı Kiremitlerinin yapımı bu dönemde gerçekleşiyor. Anadolu'da kiremit ve tuğlaya ilk standart Osmanlılar döneminde getiriliyor. Fatih Sultan Mehmet dönemi tuğlaları 4.5 x 28 x 28

cm. ebatlarında, hatılarda kullanılanlar ise daha ince imal ediliyordu. Taban tuğlaları ise 25 x 25 cm. boyutlarında ve kare şeklinde veya çapları 30- 60 cm . arasında değişen altıgenler biçimindeydi. Kullanılan standartlar dışına çıkan tuğlalar inşaatlarda kullanılmaz hatta satışına dahi izin verilmezdi.

Bundan sonraki dönemde 18. yüzyıla kadar Tuğla Endüstrisi'nde önemli değişiklikler görülmemiştir. Fakat Rönesans sonrası sanayi devriminin başlaması ile bu endüstri dalı da gelişmeye başlamıştır. Her şeyden önce standardizasyon çalışmaları ve emek yoğun çalışmanın mümkün olduğunca azaltılması konusu her dalda olduğu gibi tuğla ve kiremit endüstrisinde de ön plandadır. Teknolojinin en son gelişmeleri tuğla ve kiremitte bugün çok yoğun kullanılmaktadır. Bu iki malzeme 21. yüzyılın vazgeçilmezleri olmaya adaydır.(Suni 2004)

2.1.2.Üretim Yöntemi - Teknoloji

Tuğla ve kiremit tesislerinde teknolojinin adlandırılması; kurutma sistemine (doğal kurutma-suni kurutma), üretim yöntemine (emek yoğun-teknoloji yoğun), otomasyona (otomatik-yarı otomatik), hammadde işleme ve şekillendirmeye (vakumlu-vakumsuz), pişirme sistemine (hoffman-tünel) göre yapılmaktadır.

Türkiye’de teknolojinin adlandırılması daha çok pişirme sistemine göre yapılmaktadır. Bu açıdan baktığımızda ülkemizde kullanılan en yaygın sistem Hoffman sistemidir. Tünel fırın sistemi ile çalışan fabrika sayısı ise sınırlıdır.

Zaman içinde bu sistemler kendi içlerinde geçişler yaşamış, karma birtakım teknolojiler ortaya çıkmıştır. Hoffman pişirme teknolojisi yanında suni kurutma yapılmış, tünel fırın teknolojisi doğal kurutma ile beslenmiş, tünel pişirme sistemi hoffman ile karma yapılarak kemertünel fırın sistemi geliştirilmiştir.(Arcasoy 1983)

Tuğla ve kiremit üretim kademeleri incelenerek üretim yöntemi daha iyi irdelenebilir.

Hammadde hazırlanması 2) Şekillendirme 3) Kurutma 4) Pişirme 5) Ambalajlama ve sevk

2.1.2.1.Hammadde Hazırlanması

Tuğla ve Kiremit üretiminde kullanılan killer, doğada genellikle rutubetli ve plastik bir kıvamda, bazen kuru ve toz haline getirilebilir bir şekilde, bazen de kaya menşeli olarak bulunur ve çıkarılır. Dolayısıyla doğadan elde edilen ve üretim tesislerine getirilen kil, gerek boyut olarak gerekse bileşim olarak uygun özelliklere sahip olması için bir dizi ön hazırlıktan geçmesi gerekmektedir.

Hammaddenin işlenebilirlik özelliği kazanabilmesi için önce öğütme işlemi yapılmaktadır. Hammaddenin homojen bir malzeme olması, plastiklik ve kohezyon özelliklerinin gerçekleşebilmesi için iyice ufalanması ve ince partiküller haline alması gerekmektedir. Bu amaçla çeşitli makinalarla içindeki iri taşlar, çöpler ayıklanmakta (taş ayırıcı, vals, kollergang vb.) ve istenilen dane çapına kadar öğütülmektedir.

Ayrıca homojen bir kil hamuru elde etmek için, kilin yeterli miktarda su ile birlikte ezilmesi ve karıştırılması gerekmektedir. Kile azar azar su ilave edildiğinde plastikliği bir miktar artmaktadır. Su ilavesi öğütme öncesinde yapılabildiği gibi, öğütme sonrasında da yapılmaktadır.(Arcasoy 1983)

Dinlendirme, hammadde hazırlama aşamalarının en önemlisidir. Üretilen malzemenin kalitesini etkileyen çok önemli bir unsurdur. Killerin tiksotropik özellikleri dolayısıyla yoğurulmuş çamur dinlenme esnasında direnç kazanmaktadır. Dinlendirme işlemi öğütme işlemlerinden önce veya sonra yapılmaktadır.

2.1.2.2.Şekillendirme

Hammadde hazırlama aşaması sonunda şekillendirilmeye uygun bir nitelik kazanan hamur, değişik yöntemler kullanılarak şekillendirilmekte ve değişik biçim ve boyutlarda yarı mamül tuğla-kiremit elde edilmektedir.

Şekillendirmede genellikle kalıplama, presleme ve extrude yöntemleri kullanılmaktadır. Kalıplama, genellikle harman tuğlası üretiminde kullanılan bir yöntemdir.

Presleme, daha çok kiremit üretiminde kullanılır. Extruderden galeta olarak hazırlanan hammaddeler çeşitli tip ve büyüklükteki presler ile kiremit şeklini almaktadır.

Extrude (vakumlama) yönteminde, hazırlanan kil sonsuz vida yardımı ve belli bir basınçla kalıptan çıkartılmaktadır. Bu yöntemde extruder (vakum pres) makinasına gönderilen hazırlanmış hammaddenin vakum yöntemi ile (14-16 atü) havası emilmekte ve plastik hale gelmektedir. Helezonlar vasıtası ile itilen hammadde vakum presin ağız kısmındaki ağızlık (filiyer) vasıtası ile iki boyutunun şeklini almakta ve sonsuz bant olarak vakum presi terketmektedir. Sonra ince tellerle kesilen malzeme üçüncü boyutu da alarak kurumaya terkedilmektedir.(Suni 2004)

2.1.2.3.Kurutma

Kurutma, kil içinde mevcut ve şekillendirmeye uygun bir kıvama getirmek için katılan suyun değişik yöntemlerle bünyeden çıkarılma işlemidir. Kurutma işleminde doğal kurutma ve suni kurutma olarak iki yöntem kullanılmaktadır;

Doğal kurutma; ülkemizde çok yoğun olarak kullanılan ve atmosferdeki ısı enerjisinden faydalanma prensibine dayanan bir sistemdir. Extruder'den yaş olarak çıkan mamüller genellikle kurutma sehplarına belli bir düzenle dizilmekte, bu sehplar geniş kapalı alanlara (saya) yada açık alanlara konarak kurumaya terkedilmektedirler. Bu kurutma yöntemi kurutma işleminde ek bir enerji gerektirmediği için ekonomik görünmektedir. Fakat kurutma işlemi için geniş alanlara ihtiyaç duyulması, kurutmanın çok ağır ve uzun

sürede yapılabilmesi, kontrolün yeterli olamaması, kurutmanın hava şartlarına (ısı, rutubet, rüzgar vs.) bağlı olması, işçiliğin fazla oluşu sakıncalarını oluşturmaktadır.

Suni kurutma; kurutmayı doğal koşullara bırakmadan ek bir enerji sağlanarak ısının ve hava hareketinin fazlalaştırılmasıyla yapmaktır. Killi maddenin içindeki serbest suyun, önce yüksek buhar basıncı ve az sıcaklık, kurutmanın sonuna doğru alçak buhar basıncı ve yüksek sıcaklık sağlanarak dışarı atılması prensibine dayanır. Bu uygulama kurutma odaları veya tünel kurutma fırınları kullanılarak yapılmaktadır.(Kırıkoğlu 1993)

2.1.2.4.Piştirme

Piştirme, tuğla ve kiremit üretimindeki en son aşamadır. Kilin kuruma aşamasında, serbest haldeki suyunu ve sonradan emdiği suyu kaybetmesinden dolayı boyutlarında küçülme (çekme) olur.

Piştirme sırasında kil kimyasal reaksiyonlara maruz kalır. 300 °C civarında organik maddeler tamamen yanar, 450-650 °C arasında molekül suyunu kaybeder. 850- 950 °C arasında kil hamurunun pişmesiyle oluşan bu yeni malzeme artık sert, şeklini değiştirmeyen, belirli mukavemet ve renge sahip bir üründür.

Genel olarak pişme şu aşamalardan oluşur:

1.Doldurma 2. Isınma 3. Pişme 4. Soğuma 5. Boşaltma

Türkiye’de en yoğun kullanılan fırın tipi hoffman fırın’lardır. Daha sonraki yoğunluğu tünel fırınlar oluşturmaktadır. 20 civarında da hoffman-tünel fırın karışımı olan kemer tünel fırın vardır.(Kasapoğlu 1989)

Hoffman fırın: Fırın kesiti dairesel tonoz biçimindedir. Ateş hareketli, ürünler sabittir. Bu fırın yakıttan elde edilen ısıyı çok yüksek verimle kullanan ve üretim kapasitesi ve hızı yüksek olan bir fırındır. Yanmanın tam pişme durumundaki malzemenin üzerinde olması, fırın içinde hareket eden havanın bir yandan pişmiş malzeme ile temas ederek

ısınmaması, ısınmış havadan çiğ malzemenin ısınması için yararlanılması bu fırının en önemli üstünlükleridir.

Fırının üstündeki deliklerden yakıt püskürtülmekte, pişme safhası ilerledikçe püskürtme işlemi delikler boyunca ilerlemektedir. Yakıt olarak genelde kömür vb. katı yakıtlar, nadiren sıvı yakıtlar kullanılmaktadır.

Hoffman fırınlarda, enerji kullanımını tünel fırınlara göre daha fazladır, emek-yoğun bir yapılanma gerektirdiği için maliyet yüksektir.

Tünel fırın: Ana prensip olarak ürünler hareketli, ateş sabittir. Uzun bir tünel ve içinde hareketli fırın vagonları vardır. Yarı mamul ürünler fırın vagonlarına fırının dışında istif edilmekte ve birbiri ardına vagonlar belli bir hızda, fırının içinde hareket etmektedir. Fırın içinde hareket eden ürünler ısı gitgide artan, rutubeti azalan bir hava ortamı ile karşılaşmaktadır. Bu bölge ısınma bölgesidir. Orta bölümde pişme bölgesi (cehennemlik) vardır. Burada pişen ürün ilerlemeye devam ederek daha önce pişmiş olan malzemenin üzerinden geçerek malzemeyi soğutmuş olan ve kendisi ısınan hava ile temas ettikçe giderek soğumaya başlamaktadır. Daha sonra fırın dışına çıkan ürünler fırın vagonları üzerinden alınmaktadır.

Pişirme bölgesinde genel olarak sıvı yakıt kullanılmakta, bazen katı yakıtlı sistemlerde yapılabilmektedir.(Tuncer 1997)

Tünel fırınlar, ürün kalitesi yüksek, yakıt ve emek tasarrufu sağlayan, fabrikasyon süresi kısa sistemlerdir. Ancak, ilk yatırım ve bakım maliyetleri çok yüksektir. Fırın debisi çok sık değiştirilememektedir.

2.1.2.5.Ambalajlama ve Sevk

Pişirme fırınlarından çıkan ürünler soğuma sonrası istenilen yere sevk edilmektedir. Sevk işleminde genel olarak kamyonlar kullanılmakta fırın veya fırın vagonu önüne yanaşan araca ürün direkt olarak yüklenmektedir.

Bazı fabrikalarda ürünler palet üstüne ve sonrasında naylon ile ambalaj yapılarak veya mukavva kutulara konularak sevk edilmektedir.(Tuncer 1997)

2.1.3.Ürün Standartları

Tuğla ve kiremit gibi pişmiş kilden ürünlerin yer aldığı bu sektörde TSE tarafından hazırlanan aşağıda ki standartlar kullanılmaktadır.

-TS 704 Harman tuğlası (duvarlar için) -TS 705 Fabrika tuğlaları-duvarlar için dolu ve düşey delikli -TS 1260 Taşıyıcı döşeme tuğlaları (statik çalışmaya katılan) -TS 1261 Taşıyıcı döşeme tuğlaları (statik çalışmaya katılmayan) -TS 4562 Fabrika tuğlaları-duvarlar için-klinker tuğla -TS 4563 Fabrika tuğlaları-duvarlar için-yatay delikli -TS 4377 Fabrika tuğlaları-duvarlar için-düşey delikli, hafif -TS 562 Oluklu kiremitler ve mahya kiremitleri-Akdeniz tipi, Marsilya tipi -TS 3457 Kiremit-pişmiş topraktan

2.1.4.Üretim Miktarı ve Değeri

Yıllık Tuğla Üretimi: 6.200.000.000 adet/yıl Yıllık Kiremit Üretimi: 610.000.000 adet/yıl

1.1.2.Tuğla Üretiminin Ekonomik Önemi

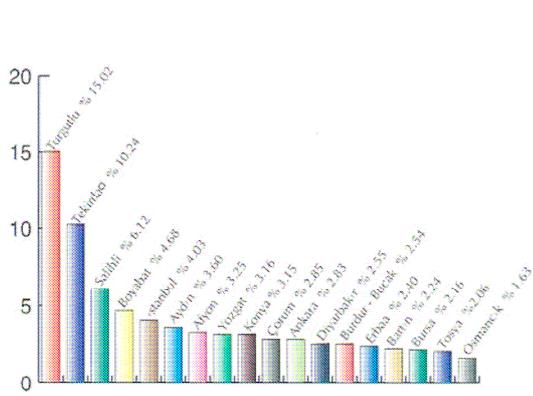
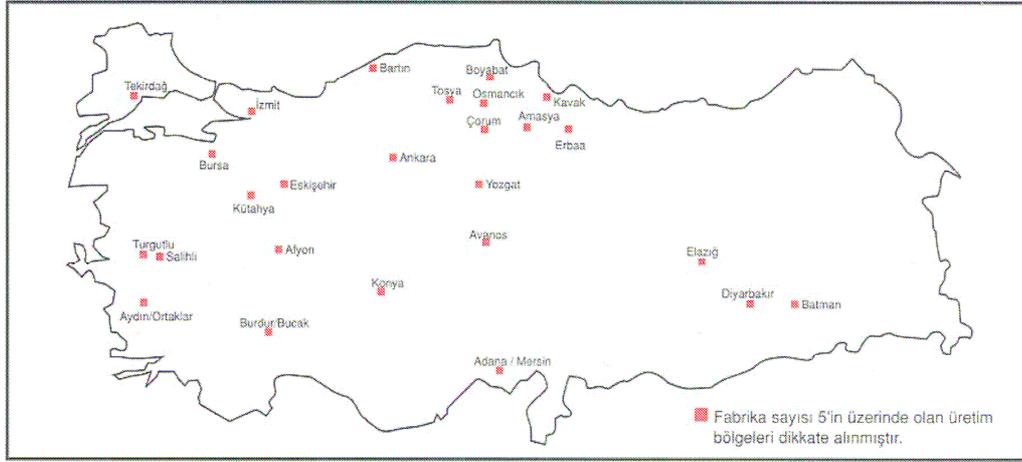
Enerji yoğun sanayi ürünlerinin enerji tüketimleri incelendiğinde, ülkemizin tüm sanayi tüketiminin yaklaşık %40'ını yedi ürünün oluşturduğu görülmektedir. Sırasıyla çelik, çimento, cam, tuğla, alüminyum, bakır, kağıt sektörlerinin sanayi enerji tüketimindeki ağırlığı açısından tuğla endüstrisi 4. Sırayı almaktadır.

Tuğla sanayinde kullanılan enerjinin %85-90gibi büyük bir bölümü kurutma ve pişirme işlemlerinde kullanılmaktadır. Zengin kil yataklarına sahip olan ülkemizde tuğla ve

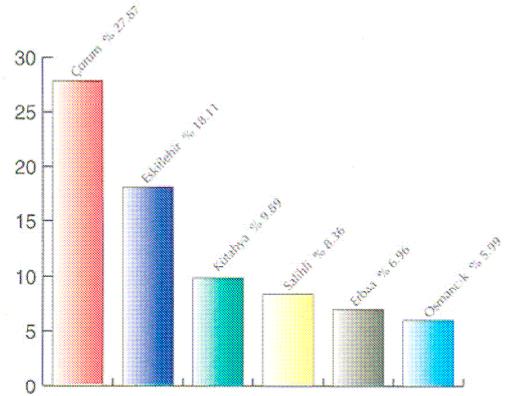
seramik ekonomimizde önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle inşaat sektörünün geliştiği son yıllarda tuğla-kiremit-seramik sektörü gelişmekte olan ülkelerin "gelişme bazı " olarak kabul edilen inşaat sektörünün temel taşlarından biridir.(Suni 2004)

Tuğla tüketicisi ihtiyacını en yakın üretim noktasından sağlamak eğilimindedir. Tuğla üretiminin %29'u Marmara, %32,6'sı Ege, %36,2'si Orta Anadolu, %6,3'Ü Doğu Anadolu Bölgesinden sağlanmaktadır. Şehir olarak ağırlık Manisa, Çorum, Ankara, Afyon ve Sinop illerindedir.

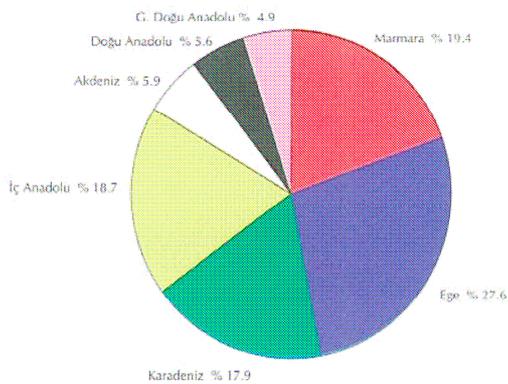
TÜRKİYE’DE TUĞLA ve KİREMİT ÜRETİMİNİN YOĞUN OLDUĞU BÖLGELER



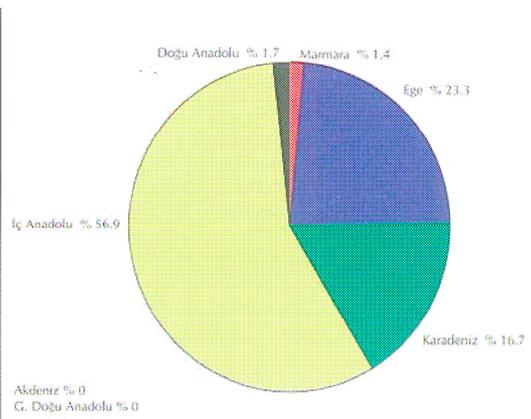
TUĞLA ÜRETİMİNİN ÇOK OLDUĞU BÖLGELER
(Türkiye üretimi içindeki payı %)



KİREMİT ÜRETİMİNİN ÇOK OLDUĞU BÖLGELER
(Türkiye üretimi içindeki payı %)



TUĞLA ÜRETİMİNİN BÖLGELER ARASI DAĞILIMI



KİREMİT ÜRETİMİNİN BÖLGELER ARASI DAĞILIMI

Şekil 2.1. Türkiye’de ki tuğla kiremit üretimi dağılımı(Int.Kyn.1)

2.1.6.Tuğla Üretimi

1.1.3.1.Hammadde Hazırlama Ve Şekillendirme

Akım şemasındaki ilk nokta stok sahasıdır. Stok yapmanın 3 avantajı vardır. Üretim yerlerinden gelen farklı fiziksel ve kimyasal özellikteki toprakların, karıştırılarak fabrikaya sürekli olarak aynı özellikteki toprak besleme imkanınıdır. Kış aylarında ocakta üretim yapılamadığından yaz aylarında yapılan fazla üretim stok haline getirilir. Toprağın yağmur sularıyla ıslanarak özelliklerinin iyileşmesini sağlar. Laderle stoktan sistematik olarak alınan toprak siloya gönderilir. Silodan çıkan malzeme içerisindeki kesekleşmiş malzeme dediğimiz malzemeler çapa adı verilen mekanik bir elaman tarafından dağıtılmaya çalışılır. Buna rağmen dağıtılmayan parçalar yanında çapa bulunan işçi tarafından metal bir çubuk kullanılarak dağıtılmaya çalışılır. Bu şekilde dağılmayan parçalar varsa işçi tarafından alınarak dışarı atılır.

Taş ayıklayıcı valste kontrolden kaçan taş parçaları vals üzerindeki spiral yardımıyla yan tarafa atılır. Buradan geçen malzeme birinci valse gelir. Bu valsın görevi kesekleşmiş toprak ve 1-2cm'ye kadar olan kalkerle bu gibi sert taneleri ezmektir. Birinci valsten çıkan toprak çift burgulu karıştırıcıya gelir. Çift burgulu karıştırıcıya su püskürtülerek çamur haline getirilir. Çamurdaki su miktarı %18-20'dir. Buradan çıkan çamur ikinci valse gelir. Bunun görevi, çamur içerisindeki suyun homojen olarak dağıtılmasını sağlamak ve karıştırma sırasında oluşan topraklar varsa onları ezmektir. Bu şekilde hazırlanan çamur vakum prese gelir.(Arcasoy 1983)

Vakum pres çift spirallidir. Üstteki spiralden aşağıda spiral bölgesine geçiş sırasında o bölgeye vakum uygulanarak çamur içerisinde bulunabilecek hava alınmaktadır. Pres ağzına takılan ağızlık adı verilen ve üretmek istediğimiz ürünün şeklini ve boyutlarını belirleyen kalıp yardımıyla çamur şekillenmiş olarak presten çıkar.

Presten çıkan ürün parça parça olmayıp bir bütün şeklinde devam eder. Çıkan ürün, ürünün çıkış ağzıyla eş hızla sahip bir bant sistemine gelir ve bu bantla aynı hızla hareket eden tel kesme sistemiyle (otomatik) istediğimiz ebatlarda kesilir.

Şekillendirilmiş tuğla bu haliyle bile elle rahatlıkla tutulabilecek, taşınabilecek bir mukavemete sahiptir. Buradan alınan tuğlalar metal raflara yerleştirilerek traktör gibi nakil araçlarıyla kurutma alanlarına nakledilir.(Kasapoğlu 1989)

2.1.6.2.Hammadde Hazırlama Ve Şekillendirmede Kullanılan Makinalar

Taş Ayıklama Valsleri

Biri spiralli biri düz olan iki silindirin, birbirine karşıt yönde dönmesi ile, araya giren çamurun incelen kısımları aşağıya dökülür. Taş gibi iri ve sert parçalar ise spiralin üzerinde kalır ve aralarından bir tarafa doğru itilir.

Aynı işlemi gören konik valslerde ise, iri parçalar konik olan valslerin büyük çapları yönünde atılırlar.

Kırıcı Ve İnceltici Valsler

Prensipte birbirine göre karşıt yönde dönen iki silindirin oluşturduğu yüksek verimli bir makinadır.

Silindirin çapları büyüdükçe öğütülecek maddenin silindire giriş açısı küçülür. Bu ise verimi arttırıcı olarak etki eder. Karşılıklı dönen valsler, paralellikleri bozulmayacak şekilde istenen öğütmeinceliğine göre ayrılanabilirler.

Aynı hızda dönen valslerden başka, "diferansiyel vals" adı verilen bir diğer vals türü daha vardır. Bu sistemde valslerin biri diğerine oranla biraz daha farklı devirde döner. Örneğin 100/120, 120/160 devir/dakika gibi. Böylelikle arttırılan sürtünme gücü, öğütmeye etkili olarak katkı yapar.

Kırıcı ve inceltici valsler tuğla çamurundaki suyu homojenleştirmede kullanılırlar.

Vakum Strong Pres

İnşaat türü seramik malzemenin en hızlı ve hatasız üretildiği ağızlıklı pres olarak tanımlanan, plastik çamur şekillendirme makinalarının vakumlu ve vakumsuz çalışan türleri vardır. Çalışma prensibi; sonsuz dişli bir burgu aracılığı ile sıkıştırılan plastik çamurun, makinanın daralan ağız kısmına takılan istenen kesiti veren ağızlıklardan şekillenerek çıkması esasına dayanır.

Bu tür preslerde, çamur bir bant aracılığıyla üst girişten doldurulur. Bu bölümde bulunan bir sonsuz dişli burgu aracılığıyla ön karıştırması yapılır ve vakum odasına ulaşması sağlanır. Bu arada havası alınan çamur silindirin presleme bölgesinde hep aynı yöne dönen sonsuz dişli ikinci bir burgu aracılığıyla sürekli olarak sıkıştırılarak çıkışa doğru itilir. En sondaki özel kanatlar ile iyice karıştırılıp sıkıştırılan çamur, burgunu oluşturduğu tekstüründe bozunması ile birlikte, ağızlık bölmesine itilir. Çamur buradan da, arkadan sürekli yapılan basıncın etkisiyle, ağıza takılan profilden şekillenmiş olarak çıkar.

Çıkan şekillenmiş çamur istenen boylarda kesilerek son şekline alır. Presin ağızına çeşitli profilde takılan ağızlıklarla, değişik formda borular, kiremitler, plakalar, tuğlalar elde edilebilir. Delikli tuğlalar için prese, çekirdekli özel ağızlıklar takılır.

Çeşitli çaplardaki büyük borular ve büyük kasetler dikine preslerde, çamur yukarıdan aşağıya doğru preslenerek şekillendirilir.

Ağızlıklı preslerde, plastik çamurun içindeki hava özel bir sistem ile alınabilir. Bu presler "vakum pres" olarak adlandırılırlar. Bu preslere ağızlık takılıp şekillendirme yapılabilir. Aynı zamanda, ağızdan çıkan yuvarlak kesitli havası alınmış sucuklar bir sonraki şekillendirme makinelerine gönderilir. Örneğin, tabak ve izolatör torbaları gibi. Örneğin 100/120, 120/160 devir/dakika gibi. Böylelikle arttırılan sürtünme gücü, öğütmeye etkili olarak katkı yapar.(Suni 2004)

Kırıcı ve inceltici valsler tuğla çamurundaki suyu homojenleştirmede kullanılırlar.

2.1.7.Tuğla Yapımında Kullanılacak Killi Malzemede Aranacak Genel Özellikler

Yapı tuğlası imali için kullanılacak kilin seçiminde kimyasal yapısından daha çok mekanik özellikleri rol oynar. İstenen mekaniksel özellikler:

Plastikler: Kullanılacak kil su ile karıştırıldığında yoğrulup kolayca şekil verilecek bir kitle meydana getirilmeli ve içindeki suyun büyük bir bölümünün buharlaşıp çıktıktan sonra da bu halini muhafaza edebilmelidir. Az plastik killer ele yapışma sınırında kuru ağırlığa oranla %20 civarında su alırlar. Çok plastik killerde bu oran %26 ile %27'yi bulur.

Hacim kaybı: hacim kaybı iki bölümde ele alınabilir.

Havada hacim kaybı: su ile yoğrulup şekil verilmiş kilin fırına konulmadan kuruması durumundaki hacim kaybıdır.

Pişmiş hacim kaybı: kurumuş kil mamulün yüksek ısıda pişirilmesi sırasında meydana gelen hacim kaybıdır.

Tuğla imalinde kullanılan killerde hacim kaybı da küçük olmalıdır aksi takdirde tuğlada standart boyut sağlama imkanı kaybolduğu gibi ayrıca şekil bozuklukları meydana gelir. Aynı zamanda yüzeyde de keskin köşelerde çatlama ve kırılmalar olur.

Ancak yüksek ısıda pişirme sırasında (1100°C-1200°C) bir miktar hacim kaybı olması mamulün yeterli dayanımı sağlayabilmesi için gereklidir. Pişirme sırasındaki ideal lineer küçülme %6 civarında olmalıdır. Fakat bu ideal değere erişmek her zaman mümkün olmayıp, %1 civarında lineer pişme küçülmesi yeterli olabilir.

Kilin çekme dayanımı: şekil verilmiş ve kurutulmuş kil pişmeden önce belirli bir değeri yoktur. Ancak kurutulmuş mamul şeklini koruyabilmeli, fırına girmeden önce çarpma ve sarsıntılarla kırılıp dağılmamalıdır.

Sıcaklıkta ergime özelliği: kullanılan kil yüksek ısılarda (600°C-900°C) ergiyerek kimyasal ve kristal özelliklerini değiştirmeli ve az su çeken, su ile yumuşamayan sağlam ve az gözenekli yapıya sahip olmalıdır.(Kırıkoğlu 1993)

Çizelge 2.1. Tuğla killeri için ortalama kimyasal yapı

SiO₂	%64,50	%42,70
TiO₂	%1,20	%0,85
Al₂O₃	%20,60	%16,30
F₂O₃	%2,80	%7
CaO	%0,70	%9,50
MgO	%0,80	%6,20
K₂O	%1,70	%3,60
Na₂O	%0,10	%0,80
SO₃	%0,30	%0,00
CO₂	%1	%5,90
Karbonatlarda kayıplar	%6,30	%11,05
Toplam	%100,00	%100,00

Tuğla yapımında kullanılacak killi malzemede aranacak diğer bazı özellikler aşağıda verilmiştir.

Homojen olmalıdır ve içinde kırılmayacak sertlikte ve büyüklükte çakıl bulunmalıdır. Silis, feldspat ve şilt ince kum boyutunda ve %25 civarında bulunmalıdır. 3 mm'den iri taneler %1'i geçmemelidir.

Montmorillonit cinsinden kil çok az olmalıdır, aksi takdirde pişince hacim küçülmesi ve oranı ve çatlama gelişir. Fazla miktarda kaolinit olmamalıdır, kaolinit varlığı pişme sıcaklığını yükselteceğinden pişirme masrafları yüksek olur.

Fazla miktarda demir oksit, alkali ve toprak alkali bulunmamalıdır. Pişirme sıcaklığını düşürür, ürünlerin birbirine yapışmasına neden olur. Demir bileşiği tuğlaya aranan kiremidi rengini verir.(Kırıkoğlu 1993)

Kalker, dolomit, jips, pirit ve tuz bulunmamalıdır. CaCO_3 bileşeni %25'ten fazla olmamalıdır. Fırınlarda pişmeyi güçleştirir. Sinterleşmeyi sağlamak için ısı yükseldiğinde (900°C'nin üzerinde) tuğlada aranan renk kaybolur. Oksitleyici fırın atmosferinde pişirildiğinde pişme rengi gene kiremidi olur. Fazla kireçli topraklardan yapılan tuğlalarda porozite yüksek olur ve su emme özelliği artar. İri taneli kalker ve dolomit olmamalıdır. Pişme sonrası emeceği su ile tuğlada patlama, çatlama ve dökülme yapar.

Kurutulacak tesisin kendi kendini amorti edebilmesi ve ekonomik çalışabilmesi için en az 30 yıllık hammadde rezervleri bulunmalıdır.

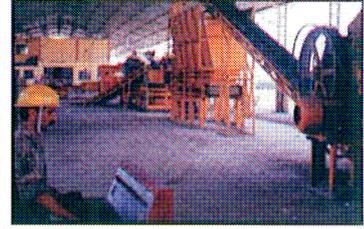
TUĞLA ve KİREMIT ÜRETİM AŞAMALARI



Tuğla ve Kiremit üretiminde hammadde olarak **dağ kilerinden** faydalanılır.



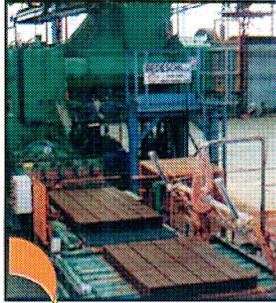
Fabrikalara gelen hammadde bir süre dinlendirilir.



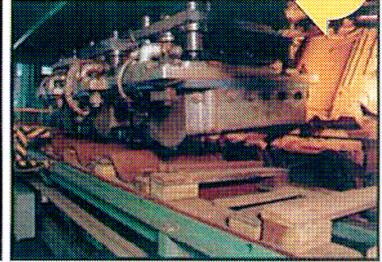
Makinalar yardımıyla öğütülerek kil şekillendirmeye hazır hale getirilir.



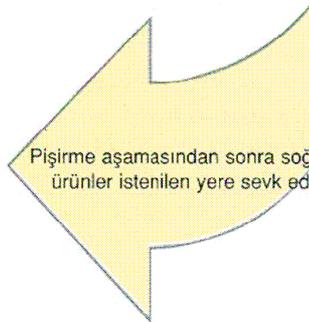
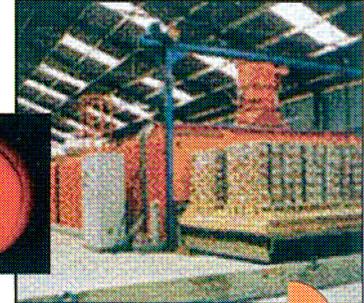
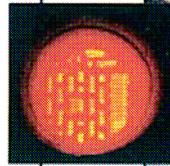
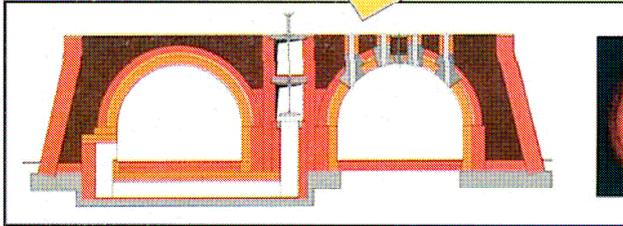
Şekillendirme işlemi biten tuğla ve kiremit ürünleri suni ve doğal kurutma sistemleri ile bünyelerindeki rutubeti dışarı atarlar.



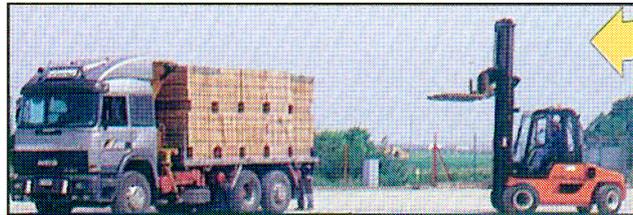
Tuğla ve kiremit şekillendirme aşaması



Tuğla ve kiremit ürünleri Hoff-
man veya tünel fırınlarda
800-1000 °C arasında pişirile-
rek sevke hazırlanır.



Pişirme aşamasından sonra soğuyan ürünler istenilen yere sevke edilir.



Şekil 2.2. Tuğla ve kiremit üretim aşamaları (İnt.Kyn.3)

2.1.7.1.Killerin plastisite özellikleri

Bilinen binlerce mineral içinde sadece talk ve benzeri bir iki mineral dışında plastik özellik gösteren kil mineralleri haricinde mineral yoktur. Bu nedenle toprak sanayisinde killer "plastisite" özelliği ile tanımlandığı gerçek kabul görmektedir. Ancak bu özellik tam olarak tanımlanamamakta ya da ölçülmemektedir.

"Plastik" terimi, kile uygulandığında kilin tanımı; su emdiğinde plastik olan, basınç uygulandığında kırılmadan deforme olabilen ve basınç kalktığında yeni şekline koruyabilen özellik olarak açıklanabilir. Eğer nispeten kurutulursa, deforme olma özelliği tedrici olarak kaybolur ve kil nispeten sertleşir.

Plastisite oldukça kompleks bir özelliktir. Bir kili deforme yapabilmek için partiküllerin birbiri üzerinde akışkan olması gerekir. Şekil muhafaza etmek için akışa karşı bir mukavemet vardır. Basınç belli bir minimum dönüşüm noktasına erişinceye kadar kil elastik hareket eder; bundan sonra akış vuku bozulur. (Kırıkoğlu 1993)

Kil mineralleri ile su arasındaki özel ilişki; kil-su sistemine önemli özellikler kazandırır. Killi materyallerde su mekanik güçle uzaklaştırılabilen gözenek (por) suyu 110°C'ye kadar ısıtılarak uzaklaştırılabilen ve katılaşmış halde bulunan ve kil parçası olan kalıcı sudan oluşmaktadır. Suyun polaritesiz ve bunun levha yapılı mineral kil zerreleri ile uyum sağlaması plastik özelliğin oluşmasında temel etkindir.

İçerisine su ilave edilerek karıştırılıp çamur haline getirilen kil üzerine el ile bastırıldığı zaman parmak izlerini açıkça gösteren fakat ele yapışmayan kil plastik hale gelmiştir. Kurutulmuş kilin bu hale gelinceye kadar aldığı su miktarı yüzdesine plastisite sayısı denir. Killerin plastisite suyu genellikle %15'den az %40'dan fazla olmamalıdır. Farklı tip killerin su plastisitesi aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.2 Farklı tip killerin su plastisitesi değerleri

Ham kaolin	36,69-44,78
Yıkanmış kaolin	44,48-47,50
Plastik killer	25,00-53,30
Cam porselen killeri	19,64-36,50
Plastik killer	12,90-37,40
Dış cephe tuğla killeri	14,85-37,50
Döşeme tuğlası killeri	11,80-19,60
Tuğla killeri	13,20-40,70

Plastik kilde, tanecikleri ve boşlukları saran su tabakaları önemli bir rol oynar. Yüzey gerilim kuvvetleri kabuk şeklinde masseyi birlikte tutar. Suyun yüzey gerilimini bazı çözücü maddeler ile ayrıştırmak kabuk etkisi azaltır ve plastik kilin dönüşüm noktasını, maksimum mukavemeti ve işlenebilirliğini azaltır. Partiküllerin arasındaki su hareketleri, sert yüzey ve iyi tabaka ile kolaylaşır. Şu husus bulunmuştur ki partiküllerin ayrışmasına karşı çıkan dahili kuvvetler, nispi ter değiştirmeye karşı çıkan kuvvetlere nazaran 10 kat daha büyüktür.(Suni 2004)

Plastikliği etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır:

taneciklerin üzerinde suyun etkisi

katı tanelerin boyutu

katı tanelerin terkibi

katı tanelerin şekli ve iç bünyesi

katı tanelerin uyuşması

katı tanelerin yüzeysel alanı ve dahili moleküller çekimi

özellikleri etkileyen diğer materyallerin mevcudiyeti

massedeki taneciklerin oryantasyonuna

materyalin önceki hali

Birbirini çeken partiküller arasındaki suyun fonksiyonu hakkında şu tespit yapılmıştır. Eğer daha küçük basınç uygulanırsa aynı plastisite daha az su kullanarak elde edilebilir.

Bundan çıkan sonuca göre az su ihtiva eden bünyeler basınçla şekillendirilebilirler. Bu nedenle kuruma süresince içte oluşan gerilim daha az ve yeşil mukavemet daha büyüktür.

2.1.7.2.Kuru bağlama mukavemeti

Şekil verme tamamlanan yarı mamuller pişme fırınına girmeden önce genellikle kurutma, istif, nakliyat, yüzey dekorasyonu vb. bir takım işlemlere tabi tutulmaları gerekebilir. Bu işlemler sırasında özellikle istifleme ve nakliyatta kayıpları en aza indirmek için kuru bağlama mukavemetine sahip olmaları gerekir. Bu mukavemet genellikle killerin tane boyutu küçüldükçe ve plastisitesi yükseldikçe artar.

Bünyenin yeşil mukavemeti genelde şekillendirme metoduna, partiküllerin oryantasyonuna, kalınlığına ve bunları tutan orijinal suyun tamamlığına bağlıdır. Bunlar bünyenin homojenliğini ve mevcut gerilmeleri belirler. Tecrübeler göstermektedir ki vakum presten çekilen bünyeler en yüksek mukavemeti elle çekilen mamullerde mukavemet düşmekte ve döküm mamullerde en düşük olmaktadır.

Su miktarı azaldıkça bir killi bünyenin yeşil mukavemeti artar. Oda sıcaklığında su miktarı takriben %2-3'e düşer. Kurutmalarda orta sıcaklık ile ilave kurutma mamulün yeşil mukavemetini oldukça artırır.

Kuru bir kilin mukavemeti; mamulün kalıbı, taşınması ve kuruması problemleri ile önemli bir özelliktir. Çünkü yüksek bir mukavemet kilin şoka aşınmaya dayanmasını sağlar.(Kibici 2002)

2.1.7.3.Rötire

Tuğla imalinde meydana gelen hacim küçülmesi rötredir. Rötreyi iki bölümde incelemek mümkündür.

Havada hacim kaybı: su ile yoğrulup şekil verilmiş kilin fırına konulmadan kurumaması durumundaki hacim kaybıdır.

Pişme hacim kaybı: kurumuş kil mamulün yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi sırasında meydana gelen hacim kaybıdır. Kuruma rötresinin yaklaşık %8'den, toplam rötrenin ise yaklaşık %10'dan fazla olması durumunda çatlama ve deformasyonlar görülebilir.

Su ile yoğrulan kil kurumaya bırakıldığı zaman hacmi dolayısıyla boyutları değişir. Kuruma küçülmesi bünyenin yaş uzunluğuna oranla, kurumada ne ölçüde küçüleceğinin bir göstergesi sayılabilir. Yeterince kurutulmuş kil mamulün pişirilmesi sırasında hacim küçülmesi devam eder. Sonuçta pişme küçülmesi elde edilir. Kil çamurunun kuruma ve pişme sonunda yaptığı rötre, toplam rötre olarak adlandırılır. Toplam küçülme, şekillendirilen kilin yaş durumuna göre, pişirildiğinde ne ölçüde küçüldüğünü gösterir. Toplam doğrusal küçülmenin bilinmesi ürünün boyutlarını ayarlamak bakımından pratik önem kazanmaktadır. Bu durum TSE standartlarına uygun tuğla üretimi elde etmek bakımından önemlidir.

Kilin rötresi kil bünyesindeki partiküller arasında bulunan suyun sıcaklık etkisi sonucu çıkması ile açıklanabilir. Kil partikülleri arasındaki suyun sıcaklık etkisi ile çıkması sonucunda partiküller birbirine yaklaşır ve hatta birbirlerine temas ederler. Bu şekilde kilin hacmi küçülür. Kilin kurumamasından oluşan rötre kilin plastik özelliğine de bağlıdır. Kilin kurumaması ile meydana gelen küçülme kilin yeniden ısıtılması ile tersinir bir özellik gösterir ve kil şişer. Bunu sağlamak için kil belirli bir sıcaklık derecesinden yukarı bir sıcaklıkta kurutulmaması gerekir. Bu durumda kurutma sıcaklığının 232°C'yi geçmemesi gerekir. Bu sıcaklık derecesinin altındaki sıcaklıklarda ısıtma yeniden şişmeyi etkilemektedir.(Arcasoy 1983)

Tuğla üretiminde kullanılacak kilerde her iki hacim kaybı da küçük değerde olmalıdır. Aksi takdirde tuğla üretiminde standartlarda belirtilen boyutları sağlamak imkanı zor olacağı gibi ayrıca şekil bozuklukları meydana gelir ve yüzeyde özellikle keskin köşelerde çatlamlar olur. Ancak yüksek sıcaklıklarda pişirme sırasında bir miktar hacim kaybı olması ürünün yeterli mukavemeti kazanabilmesi açısından gereklidir.

2.1.7.4.Renk

Tuğla üretiminde renk çok önemlidir. Mukavemet açısından standartlara uygun olduğu halde rengi açık olan tuğla ürünlerin ticari değeri az olmaktadır. Eğer kil hammaddesi fazla kalker ihtiva ediyorsa pişme rengi 900°C'nin üstünde sarıya döner. Kırmızı renk hematit, limonit gibi Fe bileşiklerinden ileri gelir. Fe- oksitler pişme neticesinden sertliğin daha fazla olmasını sağlarlar. Su emmesini düşürür. Fazla Fe, Fe- sülfat ve karbonatlar pişme esnasında çatlama, kopma ve tuğla yüzeyinde çiçeklenme yapar. Bu nedenle demir oksit ve hidratlar %8-10 arısında olması tercih edilir.(Arcasoy 1983)

2.1.7.5.Tane boyutu

Tane boyut tuğla ürünlerin standartlara uygunluğu açısından önemlidir. Yaş elek analizi ile belirlenen 3 mm'den büyük taneler fazla ise pişme sırasında çatlamlar görüleceğinden bunların topraktan ayrılması gerekir. Kil bünyesinde bulunan kil dışı plastik olmayan minerallerin miktar ve tane iriliği; doğrudan tuğla toprağının plâstikliğini, kalıplama ve kuruma durumunu, kuru kırılma mukavemetini, kuruma ve pişme küçülmesini, su emme yüzdesini olumsuz etkiler.

2.1.8.Tuğla Killerine Uygulanan Testler

Seramik mamul üretiminde kullanılacak kil hammaddelerine, bunların kullanım amaçlarını belirleyecek bir dizi deney uygulanır. Tabiattan alınan hammaddeye önce bir ön deney uygulanır. Söz konusu bu ön deney ile en pratik ve basit olarak o hammaddenin seramik mamul üretiminde kullanılıp kullanılmayacağına karar verilebilir.

Bu ön deneyin uygulanışı şöyledir. Tabiattan çıkarılıp alınan kil numunesi üzerine HCl (hidroklorik asit) damla halinde dökülür. Bu işlemle birlikte numune üzerinde köpürme şeklinde gaz çıkışı gözlenirse kilde CaCO₃ (karbonat) olduğu tespit edilir. Eğer kil HCl

ile reaksiyon vermiyor ise suda açılması da kontrol edilir. Çünkü killer genellikle öğütülmeden kullanıldıkları için, gerektiğinde bu özelliğin olup olmadığı da araştırılır. Bu iki araştırmadan da olumlu sonuç alındığında kil örneklerinin daha verimli sonuç alınması bakımından numunelerin çeşitli sıcaklıklarda pişirilerek en uygun pişme rengi tespit edilir.(Suni 2004)

Pişme deneyinden de olumlu sonuç alındığında lâboratuarda ön araştırmalar yapılır. Bu araştırmalar kızdırma kaybının ve kükürdün (SO₃) tespit edilmesine yönelik olarak yapılır. Kükürt oranı % 0,5'den fazla olmamalıdır. Bu şart sağlandığı takdirde numune diğer kontrollere alınabilir.

2.1.8.1.Doğal nem tayini

Deneyin amacı tuğla yapımında kullanılacak kil hammaddesinin serbest nem miktarını tespit etmektir. Deney şu şekilde yapılır. Numunenin konacağı beher için sabit tartım yapılır. Usulüne göre alınan kil numunesinden beher içine uygun miktar alınarak (örneğin 100 gr.) nemli (yaş) tartım yapılır. Numune etüve alınarak 110°C'de 2 saat kurutulur. Desikatöre alınarak soğutulur. Ve tartılarak kuru tartım değeri tespit edilir. Numunenin nemli ağırlığından kuru ağırlığı çıkarılarak nem yüzdesi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\text{Nem (\%)} = \frac{\text{Nemli Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}}{\text{Kuru ağırlık}} \times 100$$

2.1.8.2.Karbonat tayini

CaCO₃ (kalsiyum karbonat-kalker) genellikle her türlü zeminde değişik oranlarda bulunan bir malzemedir. Tane iriliği bakımından ince olması ve kilin bünyesine iyice karışmış olması durumunda genellikle çok zararlı değildir. Ancak kil ürünün pişmiş malzeme bünyesinde fazla bulunursa ürüne sarımtırak bir renk verir. Pişme sırasında tuğlalarda şekil bozukluklarına neden olur. İri taneler halindeki kalsiyum tuzları tuğla

bünyede bulunması durumunda havanın nemini emip kalsiyum hidroksit şekline dönüşürken hacim genişlemesi yaparak tuğla bünyesinde yer yer çatlamalara yol açabilir. Bu sakıncayı önlemek için kalkerler 1 mm iriliğe kadar öğütülürse bu problem ortadan kalkar.

Tuğla üretiminde kullanılan kil hammaddelerinden kireç oranını tam olarak sınırlandırmak pek mümkün olmamaktadır. Bazı topraklarda bu oran %8 de patlama ve dağılma etkisi gösterdiği halde bazı topraklarda %15'e kadar pek zararlı bir etki göstermemektedir. Bu kirecin daha ince taneler halinde dağılmasından ileri gelir.

Hammadde içinde fazla miktarda bulunan kalsiyum, ürünün sinterleşme ve erime derecelerini birbirine yaklaştırdığından fazla kireç oranı fırınlarda pişirme tekniğini güçleştirir. Aynı zamanda mukavemeti ve sinterleşme yi arttırmak için pişirme sıcaklığı yükseltildiğinde kalsiyum karbonatın etkisiyle kırmızı-kiremidi renk kaybolur. Kireç oranı fazla olan topraklardan yapılan ürünlerin su emme özellikleri artar, dona karşı mukavemetleri azalır. Bu durum kiremit üretiminde tuğlaya nazaran daha da önem arz eder.(Arcasoy 1983)

Hammadde bünyesinde bulunan karbonat miktarı aşağıda belirtilen deney ile saptanır.

Temsili olarak alınmış numuneden bir alınarak 1 mm'lik elekten geçecek şekilde değirmende öğütülür. Öğütülmüş numuneden bir miktar alınarak etüvde 4 saat 110 °C' de kurutulur. Kurutulan numune desikatöre alınarak soğutulduktan sonra uygun bir miktar ayrılarak tartılır. Bu miktar karbonatlı numune miktarıdır. Numune üzerine % 10'luk HCl damla damla dökülerek işlem yapılır. Köpürme sonrası eriyinceye kadar HCl damlatılmaya devam edilir. Reaksiyonun bittiğine karar verildikten sonra numune saf su ile üç dört kez yıkanır. Etüve alınan numune 110 °C'de 4 saat kurutulduktan sonra desikatörde soğutulup hassas terazide tartılır. Bu tartım karbonatsız numune miktarıdır. Karbonat miktarı: Karbonatlı numune miktarından karbonatsız numune miktarının çıkarılması ile bulunur.

Bulunan karbonat miktarı yüzdeye çevrilerek hammaddedeki karbonat yüzdesi bulunur.

2.1.8.3. Yaş elek analizi

Ham killeri incelerken; tane büyüklüğüne göre ayırımı ve müteakiben tespiti ana mineral tiplerinin ayırımında oldukça yardımcı olur. Bu tane fonksiyonlarına göre;

Taşlar	> 20mm.
Çakıl	20-2mm.
Kaba kum	2-0,2mm.
İnce kum,	0,2-0,02mm.
Humus kumu,	0,02-0,002mm.
Kil	< 0,002mm.'dir.

Bu nedenle, en ince tane büyüklüğü ile ilgili bilgi, mevcut aktif kolloid kil hakkında bilgi verir.

Tane büyüklüğü; yoğunluğu, mekanik mukavemeti ve poroziteyi etkilemektedir. Bu nedenle, tane büyüklüğü tayininde üç faktör bulunmaktadır.

çap

yüzey alanı

tane büyüklüğü dağılımı

İri taneli hammaddelerin tane dağılımı bir seri elekten geçirilerek tespit yapılır. Numunenin elekten geçirilme işlemi bir statik işlem olup, bir maddenin verilen bir elek genişliğinden bir elementin geçmesi veya geçmemesi şeklinde tespit yapılır. İnce taneli hammaddelerde yaş elek analizi, kuru elek analiz metoduna tercih edilir. Çünkü kuru elek analizinde çok ince tozların kaybolması riski söz konusudur.

Kil gibi özlü seramik hammaddelerinde 0-2 μ tanecik oranının yüksek olması ile kilin özlülüğü ile doğru orantılı olmaktadır.(Arcasoy 1983)

Tane boyutu imal edilecek ürünün standartlarına uygunluğu açısından önem taşır. Yaş elek analizi ile belirlenen 3 mm'den büyük tanelerin oranı fazla ise pişme esnasında çatlama görüleceğinden bunların topraktan ayrılması gerekir.

Hammadde içinde bulunan kil dışı plastik olmayan minerallerin miktarları tuğla hammaddesinin plastikliğini, kalıplama özelliğini, kuruma özelliğini, kuru kırılma mukavemetini, kuruma ve pişme küçülmesini olumsuz yönde etkiler.

Yaş elek analizi aşağıdaki gibi uygulanır:

Deneyde kullanılacak numuneden dörtleme metodu ile uygun miktarda numune etüvde 4 saat süre ile 110°C'de kurutulur. Kurutulmuş numuneden 250 gr. ağırlıkta 2 ayrı deney numunesi tartılır. 2 lt. hacmindeki 2 ayrı kaba konulur. Deney numunesi üzerine 1 lt. su dökülür ve suyu emmesi için 2 saat bekletilir. Bu işlem sonunda kendi kendine akan bir çamur elde edilmezse 500 ml su daha katılır.

Pervaneli açıcıda açılan kil titreşimli elek aygıtından bol su ile süzülür. Bunun için elek analizinde kullanılan elekler üst üste sıralanır ve yukarıdan aşağıya doğru 2 mm-1 mm-0,500 mm-0,250 mm-0,090 mm-0,063 mm-0,032 mm'lik elekler kullanılır.

Süzme işleminin sürdürülmesi sırasında, titreşimli elek aygıtına, üstten sürekli su vererek belli bir titreşim altında, aygıtın en alt elekten berrak su akıncaya kadar çalışması sağlanır.

Her bir elek üzerinde biriken kalıntılar, aygıt durdurulduktan sonra, önceden tartımı yapılmış olan özel cam kaplara alınır. Bu kaplar etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulur. İkinci dolu tartım ile birinci boş tartım arasındaki fark dikkate alınarak yüzde cinsinden her elek üzerinde kalan kalıntının miktarı hesaplanır. Elde edilen bu analiz sonuçlarına göre tane dağılımı grafiği çizilir.

Daha sonra iri tanelerin kontrolü yapılır. Bunun için belirtilen yaş elek analizi uygulandığında 2mm göz açıklığı eleğin elek üstü bakiyesi, HCl ile göz ile muayene edilerek kalsit, kayaç, organik madde ihtiva edip etmediğine bakılır. (Kırıkoğlu 1993)

2.1.8.4. Plastiklik Suyu Deneyi

Kurutulmuş hammaddelerden bir miktar alınarak su ile pervaneli açıcıda açılır. İyice açılan çamur 0.180 mm. elekten süzülür. Bu süzüntünün alçı plakanın üzerinde bekletilerek plastik bir çamur elde edilir. Bu plastik çamurun yoğrulma kıvamında olduğu, alçı üzerinden kolaylıkla kaldırılabilmesinden ve ele yapışmamasından anlaşılır. Genel olarak yoğrulma suyu değeri büyük olan killer, yoğrulma suyu değeri küçük olan killere oranla daha özlüdürler.

Yoğrulma suyu deneyi aşağıdaki şekilde uygulanır.

Test edilecek kil hammaddesinden plastik kıvamda standart ölçülerde (25x25x115 mm) şekillendirilerek hazırlanan 10'ar adet numune şekillendirildikten sonra hassas terazide tartılır. Önce 24 saat oda sıcaklığında kurumaya bırakılır. Numuneler bunu takiben 55°C'de etüvde 4 saat kurutulur. Daha sonra tekrar etüve yerleştirilerek 110°C'de 24 saat kurutulur. Desikatöre alınarak soğutulur ve hassas terazide tekrar tartılır.

Aşağıdaki bağıntıdan plastiklik suyu (yoğrulma suyu-plastiklik sayısı) hesaplanır.

$$\text{Plastiklik suyu(\%)} = \frac{\text{yaş ağırlık} - \text{kuru ağırlık}}{\text{Kuru ağırlık}} \times 100$$

Deney aşamalarından da anlaşılacağı gibi plastiklik suyu şöyle tanımlanır: kil hammaddesinin plastik kıvamda şekil alabilme niteliğini kazandırıcaya kadar hammaddeye katılan suya plastiklik suyu, bu suyun yüzde olarak hesaplanmasına da plastiklik suyu yüzdesi denir.(Arcasoy(1983))

2.1.8.5. Su emme deneyi

Deneyin amacı üretilen mamulün kalitesini belirlemeye yöneliktir. Bu deney ile hangi sıcaklık derecelerinde pişirildiğinde kiremit ve tuğla üretilebileceği belirlenir. Su emme değerinin tespit edilmesi istenen kil hammaddesinden standart olarak üretilen numuneler (25x25x115 mm) normal pişme şartlarında belirli sıcaklıklarda pişirilir.

Ortamdan nem almaması için desikatörde soğutulur. Değişmez ağırlıkta hassas terazide tartımları yapılır. Bu numuneler daha sonra su içine konularak 4 saat kaynatılır. Kaynatmamanın sonunda numuneler kaptaki su içinde 24 saat bekletilir. Sudan çıkarılan numuneler üzerlerindeki parlaklık giderilmeden kurulanır, temizlenir ve hemen hassas terazide yaş tartımları yapılır. Bu tartımlarda numune sayısı birden fazla ise elde edilen değerlerin ortalaması alınır. Yaş tartım ile kuru tartım arasındaki fark numunenin emdiği su miktarını verir. Su emme oranı yüzde olarak aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$a_s = \frac{ms - mk}{mk} \times 100$$

Burada:

a_s : tuğlanın ağırlıkça su emme oranı (%)

mk : değişmez kütle kadar kurutulmuş numunenin kütlesi (kg)

ms : suya doymuş tuğla numunesinin kütlesi (kg)

Su emme, pişen kilin açık porlarına (gözenek) alabildiği su olarak tanımlanır. Su emmeyi etkileyen faktörler kilin özlülüğü ve pişme sıcaklığıdır. Özlülük ve pişme sıcaklığı arttıkça kilin su emme yeteneği azalır.

Bir kilin su emme değeri söylenirken hangi sıcaklıklarda piştiği de belirtilmesi gerekir. Bu yapılmadığında tanımlama eksik olur.(Arcasoy 1983)

2.1.8.6.Dona dayanım testi

Su kabına deneyin uygulanacağı tuğla numunesinin uzunluğunun yaklaşık 1/4'ü kadar derinlikte su konur ve tuğla uzunluğu düşey olacak durumda su içine yerleştirilir. Bir saat sonra tuğlanın yarısı, ikinci saatin sonunda 3/4'ü ve 24 saatin sonunda ise tamamı su altında kalacak şekilde kaba su konulur. Tuğlalar bu konumda 48 saat su içerisinde bırakıldıktan sonra, sudan çıkarılarak beklenmeksizin soğuk hava dolabına yerleştirilir. Dolap sıcaklığı 4 saat de -15 °C'ye düşecek şekilde ayarlanır. Numuneler bu sıcaklıkta 2

saat bırakıldıktan sonra soğuk hava dolabından çıkarılarak oda sıcaklığındaki su ile dolu su kabına tamamen su içinde kalacak şekilde yerleştirilir. Donun çözülmesi için su içinde 1 saat bekletilir. Bu işlem 25 kez tekrarlanır. Her defasında numuneler dikkatle incelenerek çatlama, kopma, pullanma, dağılma ve benzeri hasarların meydana gelip gelmediği tespit edilerek kaydedilir.

İncelme sonuçlarından şüphe edilmesi halinde, dona dayanıklılık deneyinden geçmiş tuğlalar üzerinde basınç dayanımı deneyinde uygulanarak belirtilen değerler uygun olup olmadığına bakılır.(Suni 2004)

2.1.8.7.Kuru, Pişme ve Toplu Küçülme Deneyleri

Killer kurutulduklarında bünye yapılarının küçülmesi, şekillendirme suyunun kilden uzaklaşması ile açıklanabilmektedir. Kil tanecikleri arasında yer alan su, kilden uzaklaştıkça tanecikler birbirlerine yaklaşırlar ve küçülme ortaya çıkar. Bir kil ürünü ne kadar çok su ile şekillendirildi ise bu küçülme de o kadar fazla olur. Genelde killerin küçülmelerini etkileyen en önemli faktör kilin özlülük derecesidir. Özlü killer özsüz killere göre daha çok küçülürler.

İncelenmesi yapılan hammaddenin hangi sıcaklıkta veya sıcaklıklarda küçülmesi tespit edilmek isteniyorsa numuneler bu sıcaklıklarda pişirilir. Pişirme sıcaklığı pişme küçülmesi doğrudan ilgilidir. Bu nedenle pişme küçülmesi değeri belirlenirken, pişme sıcaklığının mutlaka verilmesi gerekir.

Çeşitli yöntemlerle kurutulan bir kil, yoğrulma suyunu tamamen verinceye kadar küçülür. Bu kuruma küçülmesini takip eden aşamada kil pişirildiğinde de küçülme sürer. Ancak pişirme sırasında devam eden küçülmenin nedeni kilin şekillendirme suyu değildir. Bu etkenler;

bünyedeki organik maddelerin yanması

bünyedeki gazların uzaklaşması

kristal suyun ayrılması

kristal yapıdaki değişiklikler olarak sıralanabilir.

Pişme sıcaklığının artmasına paralel pişme küçülmesi ve buna dayalı olarak da toplu küçülme değerleri artar. Çok özlü killer özsüzlere göre oranla daha büyük pişme ve toplu küçülme değerleri gösterirler.

Doğrusal kuruma küçülmesi aşağıdaki bağıntıdan, numunenin plastik uzunluğunun yüzdesi olarak hesaplanır. (TS 4790)

$$\%S_d = \frac{L_p - L_d}{L_p} \times 100$$

Burada ;

S_d: doğrusal kuruma küçülmesi yüzdesi (%)

L_p: deney numunesinin plastik uzunluğu (mm)

L_d: deney numunesinin kuru uzunluğu (mm)'dir.

Pişmeden sonraki toplam doğrusal küçülme aşağıdaki bağıntıdan numunenin plastik uzunluğunun yüzdesi olarak hesaplanır.

$$\%S_t = \frac{L_p - L_f}{L_p} \times 100$$

Burada:

S_t: toplam doğrusal küçülme (%)

L_p: deney numunesinin plastik uzunluğu (mm),

L_f: deney numunesinin pişmiş uzunluğu (mm)'dir.

Tuğla üretimindeki önemli sorunlardan biride parçadan parçaya boyutların sabit kalmaması birinden diğerine farklı küçülmeler göstermesidir. TS 705'de "tuğla gerçek boyutlarının sınır değerleri ve boyutlar arasındaki kabul edilebilecek farklar" göstermiştir. Buna göre tuğla üretiminde TSE standartlarında belirtilen boyutlara uygun tuğla üretimi önem kazanmaktadır.(Arcasoy 1983)

Seramik ürünlerde farklı küçülmenin sebepleri şunlardır:

Kullanılan hammaddelerin tane iriliğinin ya da mineral bileşiminin değişmesi

Çamur hazırlamada özellikle su içeriğinde oluşan değişmeler

Kullanılan kalıplardan kaynaklı hatalar

Pişirme bölgesindeki sıcaklık farkları, atmosferdeki değişmeler olabilir.

Pişirme sonrasında istenilen boyutta numune elde etmek için boyutların önceden Hesaplanması aşağıda verilmiştir. (Baran 1980)

$$\text{Model ölçüsü} = \frac{100 \times \text{pişmiş uzunluk}}{100 - \text{toplam küçülme}}$$

Örnek: toplam küçülmesi %6 olan bir tuğla numunesinde pişirme sonrası boyu 185 mm olan bir ürün elde etmek için kalıp boyunun hangi ölçüde tutmak gerekir.

$$\text{Kalıp ölçüsü} = \frac{100 \times 185}{100 - 6} = 196,8 \text{ olarak bulunur.}$$

2.1.8.8.Kuru kırılma mukavemeti testi

Deney aşağıdaki şekilde uygulanır.

Plastik kıvamda hazırlanan çamur elle iyice yoğrulmuş şekilde içinde bulunan hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. 25x25x115 mm boyutlarında standart kalıplara dökülerek her seri için en az 10 adet numune hazırlanır. Bu numuneler etüvde önce 55 °C'de 4 saat kurutulur. Daha sonra numuneler 110°C'de 24 saat kurumaya bırakılır. Kurutulan numuneler etüvden alınarak desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulur.

Deney numunesi desikatörden çıkarılır çıkarılmaz deney cihazının mesnetleri arasına yerleştirilir. Bu mesnetler deney cihazı ve kil tipine bağlı olarak 50 mm veya 100 mm açıklıktan birine ayarlanabilir. Deney numunesi her bir mesnede yanlardan 6,5 mm çukurluk ile uygulanır. Mesnetlerin ortasından dik açı ile numuneye yükleme parçası

vasıtası ile kuvvet uygulanır. Kuvvet uygulama numune kırılıncaya kadar devam edilir. Uygulanan kuvvetin hızı 450 gr/dk'yı (4,5 N/dk) geçmemelidir. Deneyde kare kesitli numune kullanılmış ise numunenin kırıldığı yerin genişlik ve yüksekliği kumpasla 0,1 mm hassasiyetle ölçülür.

Deney esnasında kuvvetin tatbik edildiği noktadan 10 mm'den fazla bir noktadan kırılma gerçekleşirse numuneden daha önceden bir hasar meydana geldiği düşünülür ve deney sonucu ortalamaya dahil edilmez. Numunenin kırıldığı yer üzerindeki ölçülen en az üç noktanın ölçümünün aritmetik ortalaması alınarak hesaplamada kullanılır. Hesaplama aşağıdaki şekilde yapılır.(TS 4790)

$$M = \frac{3.P.L}{2 a h^2}$$

Burada ;

M: kuru kırılma mukavemeti, kg/cm²(N/mm²)

P: kırılma kuvveti, kgf

L: mesnetler arasındaki mesafe, cm (mm)

a: numunenin kırıldığı yerin genişliği cm (mm)

h: numunenin kırıldığı yerin genişliği, cm(mm)

Kuru kırılma deneyinde elde edilen değerlerden kilin özlülüğü konusunda bilgi edinilebilir. Kuru kırılma mukavemeti değeri büyük olan kil, bu değer düşük olduğu killere göre daha özlüdür. Kuru mukavemeti etkileyen diğer bir faktörde mamulün kuruma süresi ve kuruma sıcaklığı olmaktadır. Sıcaklığın düşük olduğu bir ortamda yetersiz olarak kurutulmuş kil ürünlerinin kuru mukavemetleri azalır.

Ürünün şekillendirilmesinde uygulanan yöntem de kuru mukavemeti etkileyen faktördür. Örneğin; döküm yöntemiyle şekillendirilen killere normal şartlarda kurutulduklarında plastik ve kuru şekillendirilen killere oranla daha büyük bir kuru mukavemete sahip olurlar. (Kırıkoğlu 1993)

2.1.8.9.Hacim ağırlığının kontrolü

Fırından alınan numuneler tuğlaların ağırlıkları bir terazi yardımıyla bir gr. hassasiyetle ölçülür. Daha önce ölçülerek formlara yazılmış bulunan uzunluk, genişlik ve yükseklik ölçüleri çarpılarak bulunan m³ olarak bulunmuş olur. Sonra bir terazi yardımıyla numune tuğlaların ağırlıkları 1 gr. hassasiyetle ölçülür ve kg'a çevrilir. Bulunan ağırlık bulunan hacme bölünerek tuğlanın hacim ağırlığı bulunmuş olur.

Uygunsuzluk durumunda kalıbın et dolgunluğu ölçülerek (perde kalınlıkları) kontrol edilerek kalıbın aşınma oranı tespit edilerek önlemler alınır.

Kalıbın aşınması yoksa ya da çok az ise kullandığımız toprağın nitelikleri değişmiş demektir. Bu durumda alınacak önlemler yapılacak tercihler gündeme gelecektir.

2.1.8.10.Basınç mukavemeti testi

Deneyin amacı standart ölçülerde hazırlanan numunelerin değişik pişirme sıcaklıklarındaki basınç mukavemetlerini tespit etmektedir.

Standart dikdörtgen prizma olarak (25x25x115 mm) üretilen numuneler kurutulduktan sonra her sıcaklık için en az 10 adet deney numunesi pişirilir.

Piştirilen her bir numuneden, basınç uygulanacak yüzey alanı 10-15 cm² yüksekliği 1,5 cm olacak şekilde en az iki adet deney numunesi kesici çarkla kesilerek hazırlanır. Hazırlanan numune deney presinin başlıkları arasına ve tam ortaya gelecek şekilde yerleştirilir. Devamlı artan bir yük, basınç gerilmesinin saniyede 5-6 kgf/cm² artmasını dik olarak uygulanır. Kırılmayı oluşturan yük tespit edilir. (TS 4790)

Numunenin basınç mukavemeti aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$F_b = \frac{P_k \cdot k}{A_0}$$

Burada ;

F_b : numunenin basınç mukavemeti, $\text{kgf/cm}^2(\text{N/mm}^2)$

P_k : kırılma anındaki yük, kgf(N)

A_o : numunenin basınç uygulanan yüzünün alanı, cm^2

k : numunenin biçim katsayısı, (0,5)'dir.

2.1.8.11.Sertlik derecesi tayin deneyi

Deney her sıcaklıkta pişen en az 5 adet pişmiş deney numunesi üzerinde yapılır. Mohs cetvelinde bulunan minerallerin keskin kenarları, numunenin yüzeyine hafifçe bastırılarak sürülür. Mineraller en yumuşağından en sertine doğru sıra ile uygulanır ve denemeye numune çizilinceye kadar devam edilir. Numuneyi çizen mineralden bir önceki mineralin sertlik derecesi numunenin sertlik derecesine eşit kabul edilir. 5 adet numunenin yüzey sertlik derecelerinin aritmetik ortalaması numunenin sertliği olarak ifade edilir. (TS 4790)

Çizelge 2.3.Mohs sertlik çizelgesi

MİNERAL	SERTLİK DERECEŚİ
Talk	1
Jips	2
Kalsit	3
Fluorid	4
Apatit	5
Feldspat	6
Kuvartz	7
Topaz	8
Korund	9
Elmas	10

Seramik mamullerde sertlik terimi konusunda ayrıntılı bir tanım yoktur. Sertlik terimi kazınmaya karşı mukavemet olmakla birlikte aşınmaya karşı mukavemet olarak ta anlaşılır.

Bir seramik ürünün aşınmaya karşı mukavemeti aşağıda belirtilen özelliklere bağlıdır.

Malzemenin yapısı, bünyesi ve sertliği

Hazırlama yöntemi (sulu, plastik, yarı kuru pres vb.)

Bağ şekli (seramik bağı, kimyasal bağ, vb. bağlayıcı ile yapılan bağ)

Bağ miktarı

Vitrifikasyon kapsamı (camlaşma özelliği)

Materyalin incelendiği pişirme sıcaklığı

950-1050°C'de pişirildiği zaman pişme rengi kiremidi olan, tuğla ürünlerin sertliği en az arasında bulunması gerekir.(Arcasoy 1983)

2.1.8.12.Zararlı kireç ve manyezit deneyi

Deney uygulanacak tuğlalar, içinde oda sıcaklığında su bulunan su kabına ve tamamen su altında kalacak şekilde yerleştirilir. Bu şekilde 24 saat bekletildikten sonra, kap bir ısı kaynağının üzerine konularak kaynatılır. Tuğla numuneleri kaynamakta olan su içinde iki saat tutulur. Sonra su kabı, içindeki su ve tuğlalar ile birlikte oda sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır.

Soğuyan tuğlalar, sudan çıkarılarak gözle muayene edilir. Çatlama, kopma, pullanma, dağılma vb. hasarların oluşup oluşmadığına bakılır.

İnceleme sonuçlarından şüphe edildiği hallerde zararlı kireç ve manyezit deneyinden çıkmış numuneler ayrıca basınç dayanımından geçirilir.

Kullanma sırasında zararlı olabilecek çatlak, kopma pullanma ve dağılma gibi hasarlar görülmemelidir. Bu hasarların görülmesine rağmen inceleme sonuçlarından şüphe edilmesi halinde deneyden geçmiş, tuğlaların basınç dayanımları ve bunların aritmetik ortalamaları, standartlarda belirtilenlerin %85'inden küçük olmamalıdır.(TSE 705)

2.1.8.13.Ateş kaybı testi

Deneyin amacı pişirme sonucunda numunede meydana gelen ağırlık kaybının saptanması amacıyla yapılır.

Deney şu şekilde uygulanır: standart şekillerde hazırlanan numuneler (25x25x115 mm) 110°C'de 24 saat kurutulduktan sonra, desikatöre alınarak soğutulur. Oda sıcaklığına kadar soğuyan numuneler desikatörden alınarak zaman kaybetmeden hassas terazide tartımları yapılarak kaydedilir.

Numuneler pişirme fırınına konularak normal pişirme şartlarında 800-900-1000-1100°C'lerde pişirilir. Pişirme sonunda fırından alınan numuneler desikatöre konularak oda sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır. Desikatörden alınan numuneler zaman kaybetmeden tekrar hassas terzide tartılarak pişmiş ağırlıkları belirlenir.

Her pişirme sıcaklığı için ayrı olarak ateş zayıatı %'leri aşağıdaki formülle belirlenir.

$$A_z = \frac{P_k - P_f}{P_k} \times 100$$

Burada ;

A_z: ateş zayıatı (%)

P_k: numunenin kuru ağırlığı

P_f: numunenin pişmiş ağırlığı

Kaba seramik killerinde ateş zayıatı % 10-13 olmalıdır.

2.1.8.14.Kimyasal analiz

Seramik malzemede ihtiyaç duyulan kimyasal analiz, anorganik kalitatif(niteliksel) ve kantitatif(sayısal) kimyasal analizlerdir. Klasik anorganik analiz yönteminde birbirini izleyen reaksiyon grupları ve bunların ayrımları yapılır. bu ayırım yöntemi analitik kimyanın esasını oluşturur.

Günümüzde modern analiz yöntemleri ve cihazları ile çabuk, sağlıklı ve güvenilir kimyasal analizler yapılmaktadır. Geliştirilen cihazlar arasında en çok kullanılanlardan biride atomik absorpsiyon cihazıdır. Atomik absorpsiyon spektrofotometre yöntemi ile kimyasal analiz yapmadan önce diğer klasik yöntemlerde olduğu gibi, ilk önce örnek hazırlama işlemi yapılmaktadır. Tüm seramik hammaddeleri için, kuru maddeden çözelti elde etmek aynı yöntem ile yapılmaktadır.

Analizi yapılacak hammadde örneği, 0,1 gr olarak platin kroze içinde tartılır. Tartılan örneğin üzerine tartının 6 katı lityum meta borat katılır.

Sıcaklığı 1000°C'ye getirilen fırına konulan platin kroze içinde 15-20 dk. süre ile eritme yapılır. Bu eritmenin görünümü saydamdır. Fırından alınan metal kroze bir beher kabına konulur ve eritiş krozeden sıcak asitli su ile sürekli karıştırılarak çıkarılır. Çözünme saydam olmalıdır. Bunun sağlanmadığı durumlarda çözüntüde parçaların bulunması hallerinde eritişin yinelenmesi gerekir. Elde edilen çözelti 250 ml'lik balon jöjeye alınır, soğutularak markaya tamamlanır.

Bu ana çözeltiye uyacak çeşitli çözeltiler hazırlanır hazırlanan standart çözeltiler 1 ml'de 0,8-0,6-0,4-0,2-0,1 mikrogram Na çözeltileridir.

Atomizasyonu oluşturabilmek için çeşitli gazlar kullanılır. Örneğin Ca, Na, K, Fe, Mg, çalışılırken hava-asetilen gazı kullanılır.

Dalga boylarını temsil eden absorblanan ışık enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu sinyal, aygıtın göstergesi tarafından kayıt edilir. Işık enerjisinin büyüklüğü, çözeltideki elementin konsantrasyonuna bağlıdır.

Göstergedeki sapma önce standart çözeltilerde okunur ve bu değerlerin bir grafiği çizilir. Grafiğin düşeyini "sapma" ve yatayını da "element mikrogram/ml" değerleri oluşturur.(Suni 2004)

Örnekten okunan sapmanın grafikten okunan mikrogram/ml değeri ile karşılaştırılması sonucu elementin varlığı sayısal olarak tespit edilir.

2.1.8.15.Diferansiyel termal analiz (DTA) testi

Hammaddenin düzgün bir şekilde ısıtılması sırasında, maddeyi oluşturan fiziksel ve kimyasal bileşimleri değişikliklere uğrarken, oluşturdukları sıcaklık farklılaşmaları, ekzotermik ve endotermik olarak açığa çıkar.

Kil minerallerinde görülen ekzotermik reaksiyonlar organik maddelerin yanması, yüksek sıcaklıklarda yeni sıcaklıklarda yeni fazların oluşumu, amorf maddelerin kristalleşmesi sonucudur. Bu reaksiyonların sonucunda sıcaklık açığa çıkar.

Endotermik reaksiyonlar, su kayıpları (absorbe edilmiş suyun ve kil mineral iskeletindeki suların kayıpları), kristal yapının bozulması, karbondioksit veya sülfür trioksit kayıpları sonucu oluşur.

DTA aygıtı ile araştırması yapılacak harmanlaşmış ve ön öğütülmesi yapılmış kilden bir parça alınarak toz haline gelinceye kadar inceltir. Madde 0,090 mm elekten geçecek şekilde hazırlanır. Aygıtın platin yuvalı iki borusundan birine doldurulur. Diğer yuvada ise "inert" olarak tanımlanan, ön pişirim ile reaksiyonlardan arınan saf kaolin vardır. Birinci başlıkta bir inertin içinde de iki termokupl vardır. başlıklar dikey olarak dk'da 10°C yükselen bir fırına sokulurlar.(Arcasoy 1983)

Istma sonucu oluşan reaksiyonlar bir yazıcı ile kağıt üzerine aktarılırlar. Bu reaksiyonlar sürekli bir eğri şeklinde, yatay bir baz doğrultusunun altında ve üstünde eğriler verirler. Bu reaksiyon eğrileri standart eğrilerle karşılaştırılarak hammaddenin cinsi tespit edilir.

2.2.KİLLER

2.2.1.Killerin Sınıflandırılması

2.2.1.1.Buldukları Yere ve Yataklarına göre Sınıflama

2.2.1.1.1.Primer Killer:

Yer değiştirmemiş, yani oluşumunu ana kayacın bulunduğu yerde tamamlamış ve orada kalmış olan killerdir. Bu killer, felsik kayaların (granit, ryolit vs.) içindeki (oğunlukla) feldspatların, muskovitlerin ve diğer alüminyumca zengin silikatların yüzeysel ve düşük sıcaklıktaki hidrotermal alterasyonları sonucu oluşan ilksel kalıntı çökelleridir.

2.2.1.1.2.Sekonder Killer:

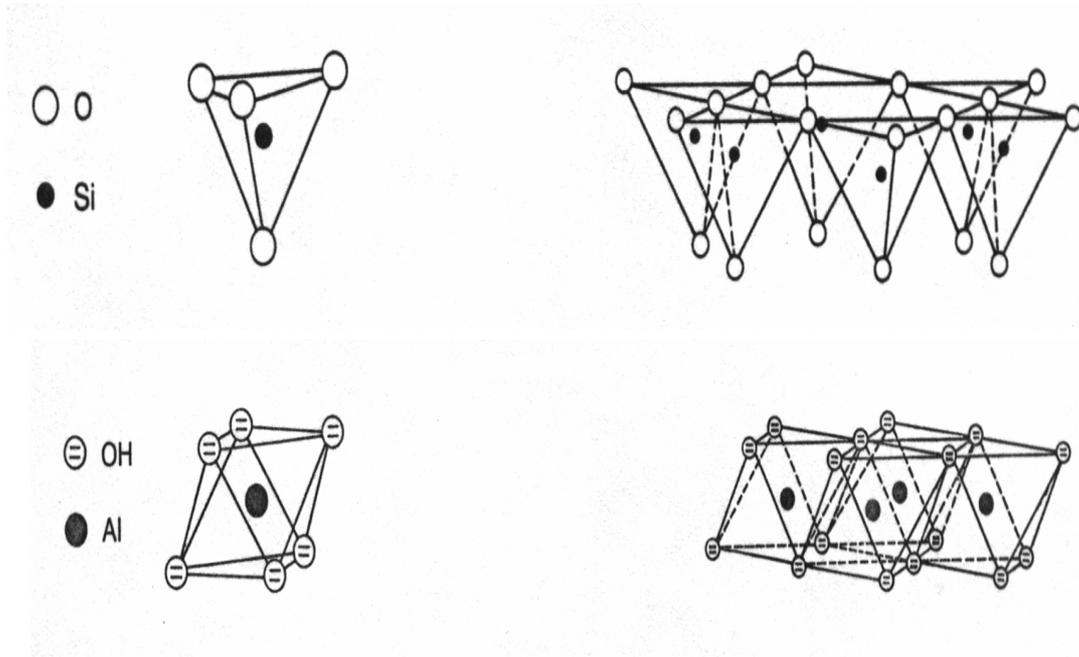
Bu killer; yağmur suları ile çözünüp, ilk oluştukları yerden sel ve akarsularla sürüklenip başka bir yerde biriken killerdir. Bu sürüklenme esnasında sekonder killer ilk saf ve temiz durumlarını kaybederek özelliklerini değiştirirler. Araya kil minerallerinden başka bünyesinde kuvars, feldspat, mika gibi plastik özellik göstermeyen elemanlarda girer. Bu maddelerin hepsine birden genel anlamda "empürite" denir. Sürüklenme yolu boyunca, iri kuvars ve ana kayaç kalıntıları yollarda ökelipl kalır, en ince taneli kil en uzak mesafeye gider ve depolanır. Bu sınıfa giren killerin tane incelikleri primer bir kil cinsi olan ham kaoline göre çok daha ince yapıdadır. Katedilen uzun yol sebebiyle kil minerali parçacıkları sağa sola çarparak bir kez daha incelirler. tane inceliği ve uzun zaman ıslak şekilde şişmesi sebebiyle yapışkan ve bağlayıcı bir özellik kazanır Bu nedenle sekonder killer, primer killere göre çok fazla plastik bir yapıdadır. Diğer taraftan sürüklenme bu cins killerde kirlenmeye yol açar. Başta Fe, Mn ve Ca bileşikleri olmak üzere humuslu maddeleri kum v.s mineral tanecikleri gibi yabancı maddeler sel suları ile sürüklenip kil mineralleri ile karışık olarak depolanır. Böylece değişik fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip çok çeşitli kil yatakları meydana gelir.(Kırıkoğlu 1993)

2.2.1.2.Mineralojik Yapılarına Göre Sınıflandırılması

2.2.1.2.1.Kil Minerallerinin Yapısı

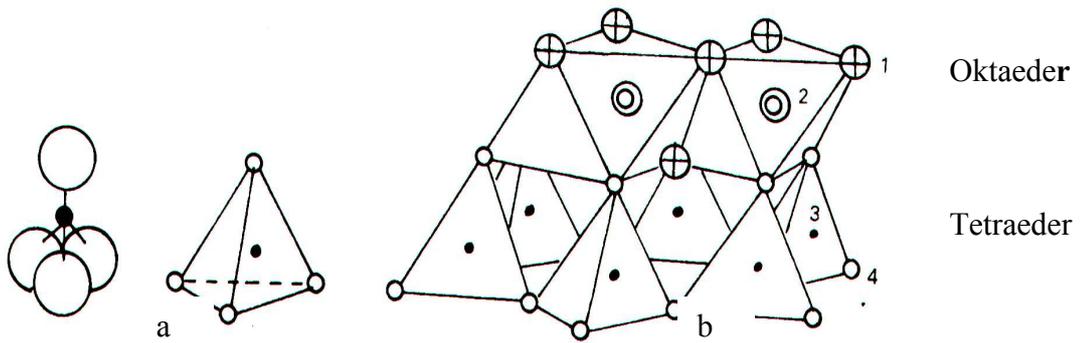
Kil mineralleri ince taneli hidrate olmuş alüminyum silikatları içerir ve genellikle tabakalı bir yapıya sahiptir, yapıları geniş bir aralıkta incelenir. En basit kil minerali 2 tabakadan oluşmaktadır. Tüm silikat seramiklerin esas yapıtaşı, ortada silisyum iyonunun bulunduğu dört oksijen iyonlu bir tetraeder (dört yüzlü) yapıdır. Merkezdeki Si iyonu (+4 değ.) –2 değerli dört komşu oksijen iyonlarının birer negatif valansları ile birleşir. O iyonların arasına sığabilen Si iyonu, bozulmaz bir özellik gösteren $(SiO_4)^{4-}$ tetraederini oluşturur. Kil mineralindeki Al^{3+} ve OH^- Grubundan ise oktaeder (sekiz yüzlü) tabaka oluşur. Kil mineralleri bu tetraeder ve oktaeder tabakaların bir biriyle bağlanmasından 2 veya 3 tabakalı oluşurlar. Tetraederin genel formülü Si_2O_5 , oktaederin genel formülü $Al_2(OH)_4$ (köprü kurucu oksijen hariç) olarak gösterilir.

Kil minerallerinin yapısı Si_2O_5 ve $Al_2(OH)_4$ tabakaları üst üste gelerek aradaki oksijen iyonlarıyla $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ kompozisyonu verecek şekilde birleşir. Üst yarısında Al-O, OH oktahedraları, alt yarısında Si-O tetraedralarından oluşan bu yapı Şekil-1.3'te gösterilmiştir. Diğer temel kil mineral yapısı $Al_2(Si_2O_5)(OH)_2$ formülündeki pirofillite yakın olan montmorillonittir. Yalnız montmorillonitte, pirofillit yapısındaki Al^{+3} iyonlarının bir kısmı Na^+ ve K^+ iyonları ile yer değiştirmiştir.(Kasapoğlu 1989)



Şekil 2.3. a) Tetraeder, b) Oktaeder tabaka oluşumları

Profilit yapısında merkezdeki bir $\text{Al}(\text{OH})_2$ tabakasının altında ve üstünde Si_2O_5 tabakası yer almaktadır. Buradan daha önce belirtildiği gibi kaolinitin iki tabakalı, montmorillonitin üç tabakalı yapıda olduğu anlaşılabilir.



Şekil 2.4 a) $(\text{SiO}_4)^{4-}$ Tetraederi, b) Kaolinit kristal yapısı (1.OH, 2.Al, 3 Si, 4. O iyonları) (Tetraeder Oktaeder oranı 1:1)

2.2.1.2.1.1.Kaolinit Grubu

- Kaolinit : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
- Dikkit : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
- Nakrit : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
- Fireclay : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
- Halloysit : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

Bu killer ana mineral olarak kaolinit içerirler. Kaolinitin kimyasal formülü $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} \cdot 2 \text{SiO}_2$ 'dir.

Saf haldeki yüzde bileşimi ;

SiO_2 (Silisyum Dioksit).....	:%46,55
Al_2O_3 (Alüminyum Oksit).....	:%39,50
H_2O (Su).....	:%13,95'tir.

Kaolinit yaprakçıkları tam elastik olmakla birlikte, bükülebilir özellik gösterirler. Mohs'a göre sertlikleri 2-3 dolayındadır. Boyları 1000-5000 Å, kalınlıkları 200 Å'dür.

Kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 258$ gr) . Pişme sırasında H_2O uçarak % 13,95 'lik ateş kaybını oluşturur. Pişme sonucu geri kalan kısım ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 = 222$ gr) % 45,90 Al_2O_3 , % 54,10 SiO_2 içerir.

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ bileşimi, kil minerali olarak adlandırılır. Halloysit mineralojik formülü $\text{Al}_2 [\text{Si}_2\text{O}_5] (\text{OH})_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ olan bir alüminyum silikat olup, ateşe dayanıklı killerin bünyesinde bulunur. Kaolinite oranla fazla olan $2\text{H}_2\text{O}$, 50-100 °C arasında kolayca atılır.

Sertliği 1-2 Mohs olan Halloysit, diğer kil minerallerinin yaprak yapısına karşın çubuk ve boru görünüşlü yapıya sahiptir. Çubuk yapılı taneciklerin çapları 400-700 Å arasındadır.(Kırıkoğlu 1993)

2.2.1.2.1.2.Montmorillonit grubu

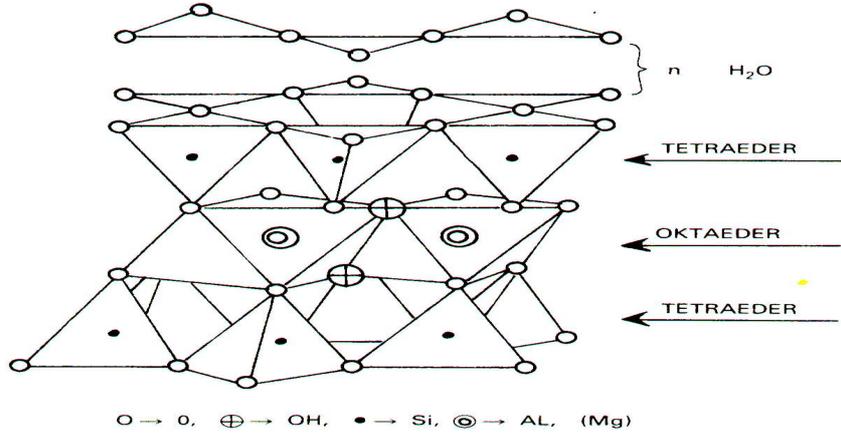
Bu grupta 5 değişik kil minerali bulunur.

- Pyrophyllit ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$)
- Montmorillonit ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O + nH_2O$)
- Beidellit ($Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O \cdot nH_2O$)
- Nontronit $\{(Al,Fe)_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O \cdot nH_2O\}$
- Saponit ($2MgO \cdot 3SiO_2 \cdot nH_2O$)

Montmorine içeren mineraller bentonit olarak adlandırılır. Montmorillonitte Si/Al oranı yaklaşık 7:1'dir. Dolayısıyla illite göre daha da az alkali içerir. Ara tabaka çok gevşek bağlıdır, iyon değişme özelliği yüksektir. Bu yüzden seramik çamurda yüksek plastik etkisi sağlar. Ara tabaka çok su alır ve kuru haldeki Montmorillonit bünyesine su alarak ilk hacminin 16 katına kadar kristal iskeletini genişletebilir. Plastizitesi (özlülüğü) ve absorpsiyon (su emebilme) özelliği kaolinit, pyrophyllit ve talka oranla çok yüksektir. Aynı zamanda bu hammadde arzu edilmeyen tiksotropi (pelteleşme) özelliğinede sahiptir.

Montmorollinit minerali üç tabakadan oluşmaktadır. Bu gruba giren kil minerallerinin genel yapıları kaolinit gibi alüminyum silikat olmalarına karşın çık farklı bir görünüm içindedirler. Montmorollinit içeren mineraller bentonit olarak ta adlandırılırlar. Yapılarına da Mg, Ca, Fe ve Zn gibi elementler taşırlar. Çok plastik olmalarına karşın taşıdıkları safsızlıklar nedeniyle pişme renkleri seramik ürünler için elverişsizdir. Gerektiği hallerde plastikliği arttırıcı olarak % 1-3 kadar kullanılır. Bu gruba giren mineraller montmorillonit (Mg, Ca) $Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O$, beidellit, saponit, nontronit, saukonittir. Yapısındaki Al, Fe ile yer değiştirdiği zaman nontronit, Mg ile yer değiştirdiği zaman da hektorit, saponit ve saukonit adları ile anılır. Montmorillonit 1, nontronit 2,5 Mohs sertliğine sahiptir. Kaolinitin iki tabakalı mineral yapısına karşın, montmorillonit kil minerallerinin özelliği, üç tabakalı mineral yapısında oluşlarıdır.

Montmorillonitin ideal formülü olarak $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O = 36O$ kabul edilirse, bunun % 28,2 Al_2O_3 , % 66,8 SiO_2 ve % 5 H_2O bileşiminde olduğu saptanır. Pişmiş durumda bu oran, % 29,8 Al_2O_3 ve % 70,2 SiO_2 olarak belirlenir. (Kasapoğlu 1989)



Şekil 2.5 Montmorillonitin üç tabakalı yapısı

Genellikle bentonit formuna da sahip olan bu mineral emaye, sıra ve çamurlarda plastiklik için kullanılır. Bentonitik yapılı kil mineralleri çok ince tanelidirler, % 40 dolayında $< 0,06$ mikron taneciğe sahiptirler. Bu sayı kaolinlerde % 0,5-1,5 killerde, % 5-20 arasındadır.

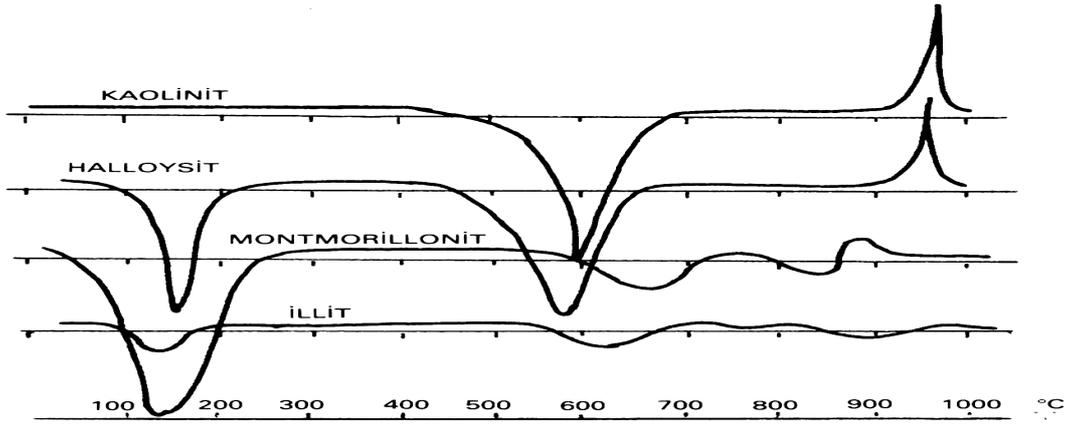
Elektron mikroskopla yapılabilen gözlemlerde, kaolinitin iyi oluşumu kristallerine karşın, montmorillonitin kristallerinin çok küçük, ince belirsiz şekiller ve zengin yüzeyler şeklinde olduğu izlenir.

2.2.1.2.1.3. İllit Grubu Kil Mineralleri

Yüksek oranlı kil minerallerinin grubu olan illitler, muskovit ($K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$) ve biotit ($K_2O \cdot 4MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O$) olarak çok tanınan glimmerlerden oluşurlar. İllitler glimmerlere oranla daha az alkalili olup, daha fazla suludurlar. Hidratize glimmer artıkları olarak adlandırılırlar. İllitler de, montmorillonit

grubunda olduğu gibi, tetraeder-oktaeder-tetraederden oluşan kil tabakalı kil minerallerinin sınıfına girerler.

Glimmerlerin oluşumlarındaki zamana ve uzaklığa göre, bunlardan oluşan illitler de çok veya az ince taneli olurlar. Tuğla kiremit hammaddelerinin içinde bol bulunurlar ve karbonatlı yataklarda da çıkarlar. Mohs sertlikleri 2-3 arasındadır. İllit kristal suyunu montmorillonitte olduğu gibi düşük sıcaklıkta, 100 °C dolayında kaybeder.



Şekil 2.6. Çeşitli kil minerallerinin DTA eğrileri .

Glimmer soylu killerin en önemlilerinden biri olan vermikülit, yumuşak talk görünüşlü bükülebilir yaprakçık dokusundan oluşan, bronz renkli bir kildir. En önemli özelliği, ani ısıtma sonucu, körük formu gibi patlayıp genişlemesidir. Bu özelliğinden dolayı yalıtım maddesi olarak kullanılır.(Kasapoğlu 1989)

2.2.1.3.Kristal Yapılarına Göre Sınıflandırılması

Kil mineralleri kristal yapılarına göre bir sınıflandırmaya tabi tutulacak olursa aşağıdaki Tablo 1..3'te görüldüğü şekilde, kristal tabakalarının oluşumuna göre sınıflandırılırlar. Bu kristal tabakaları tetraeder ve oktaeder tabakalarının bir biri ile yukarıdaki şekillerde anlatıldığı gibi ikili, üçlü ve dörtlü şekillerde bağlanması ile oluşur. (Kırıkoğlu 1993)

Çizelge 2.4.Killerin kristal yapılarına göre sınıflandırılması

Tabaka	Grup	Cins
2 Tabakalı olanlar	Kaolinit Grubu Eş boyutlu olanlar Bir yönde uzamış olanlar	Kaolinit, Dikit Halloysit
3 Tabakalı olanlar	Smektit Grubu İllit Grubu Vermikulit Grubu	Montmorillonit Bediellit, İllit Vermikulit
4 Tabakalı olanlar	Klorit Grubu	Klorit
Zincir yapısı olanlar	Spiyolit	Sepiyolit Atapulgit Paligorskit

2.2.1.4.Killerin Endüstriyel Sınıflaması

Jeolojik Adlama Endüstriyel Adlama Ticari Adlama

Kil	-----	-----
Kil taşı	-----	-----
Kumlu kil	Beyaz pişen kil	Seramik kili
Plastik kil	Bağlayıcı kil	Bağlayıcı kil
Kaolin	Kaolin	Seramik kaolini
Halloysit	-----	Halloysit, Refrakter kil
Ateş-Refrakter kil	Refrakter kil	Refrakter kil
Ateş kili	Şamot kili	Şamot kili
Boksitli kil	Şamot kili	Şamot kili
Şiferton	Şamot kili	-----
Bentonit	Sondaj kili	Bentonit

2.2.2.KİLLERİN KOLLOİDAL ÖZELLİKLERİ

Kil mineralleri katyonlar (Si^{4+} , Al^{3+} , Mg^{2+} ve diğerleri) ve anyonlardan (O^{2-} ve OH^-) oluşup köşe, kenar ve yüzeylerinde kırık bağlar mevcuttur. Öğütme sırasında yüzey alanları artarken kırık bağların sayısı da artmaktadır. Kil-su süspansiyonları üzerine yapılan çalışmalar, sudaki OH^- iyonlarının kil parçacığının serbest yüzeyi tarafından adsorbe edildiğini ve böylece kil taneciklerinin negatif yüklü hale geldiğini ve bu yükün süspansiyon içerisindeki katyonları çekme eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur. Na^+ , Ca^{+2} , H^+ gibi katyonlar negatif yüklü kil tanecikleri tarafından çekilir. Bunun sonucu olarak partikülün hemen yakınında ve partikülü çevreleyen su ortamında pozitif yük bakımından zenginlik olmakta ve böylece yüzey yükü karşıt yüklerle dengelenerek elektriksel nötrlük sağlanmaktadır. Böylece kil-su süspansiyonunda (-) yüklü kil tanelerinin yüzeyinde (+) yüklü iyonlar bir tabaka şeklinde bağlanır ve bu oluşum çift tabaka olarak adlandırılır. Neticede , katı partikül-sıvı ara yüzeyinde, "Elektriksel tabaka" (Electrical double layer) meydana gelmektedir. Bu çift tabakaya Helmholtz tabakası denir. Kil taneciklerinin süspansiyon içerisindeki davranışları Helmholtz çift tabaka teorisiyle açıklanabilmektedir . (Kasapoğlu 1989)

Elektriksel çift tabaka, başlıca iki kısımdan oluşmaktadır (Şekil-1.8). Çift tabakadaki zıt yüklü iyonlar ara yüzeye elektrostatik olarak çekilir. Bu çekme, bir konsantrasyon farkı oluşturur. Bunun sonucu, iyonlar parçacık yüzeyinden konsantrasyonun daha düşük olduğu bölgeye yayılır.

Bu iki zıt olay (yayınma ve elektrostatik çekme) geçiş tabakasını oluşturur. Zıt yüklü iyonların konsantrasyonu, partikül yüzeyinde çok olup, katı-sıvı ara yüzeyinden itibaren tedrici olarak azalır. Geçiş tabakasındaki potansiyel değişim partikül yüzeyindeki değişime kıyasla daha hızlı azalarak sürer. Buradaki hızlı potansiyel düşüşe zeta potansiyeli denir .

Zeta potansiyeli kil-su sistemlerinin kararlılığını belirleyen en önemli faktördür. Kil tane yüzeyindeki zeta potansiyel kil tanelerinin bir birini itme göstergesidir. H^+ , Ca^{+2} , Mg^{-2} gibi katyonlar ve diğer çok yüklü katyonlar Helmholtz çift tabakada kuvvetle

adsorbe olurlar. Bu yüzden tabakalar arası mesafe etkin değeri küçük buna bağlı olarak zeta potansiyeli küçüktür. Na⁺, Li⁺ ve K⁺ gibi tek değerli alkali iyonların difuz tabakada kalma oranı daha büyüktür ye bu yüzden tabakalar arası mesafe büyük dolayısıyla da zeta potansiyeli büyüktür. Buna göre Na⁺, Li⁺ ve K⁺ gibi tek değerli katyonlar deflokülasyona, Ca⁺², Mg⁺² gibi çift değerli katyonlar flokülasyona sebep olurlar .

Zeta potansiyel ölçümleri ince taneli sistemlerde bir çok özelliklerin açıklanması için kullanılmaktadır, tane boyutu, tane şekline, pH ve bu tanelerin dağıtıldığı ortama bağlıdır. Zeta potansiyel ölçümü seramiklerde iyi bir seramik çamur hazırlayabilmek için uygun pH aralığının belirlenmesinde kullanılır. Stabil bir kil süspansiyonu için en az -50 mV'luk bir zeta potansiyele gereksinim vardır. Eğer Zeta potansiyel -10 mV altında olursa kil taneleri arasındaki çekme kuvveti fazlalaşır. Zeta potansiyeli 1-1'e göre hesaplanır.(Kasapoğlu 1989)

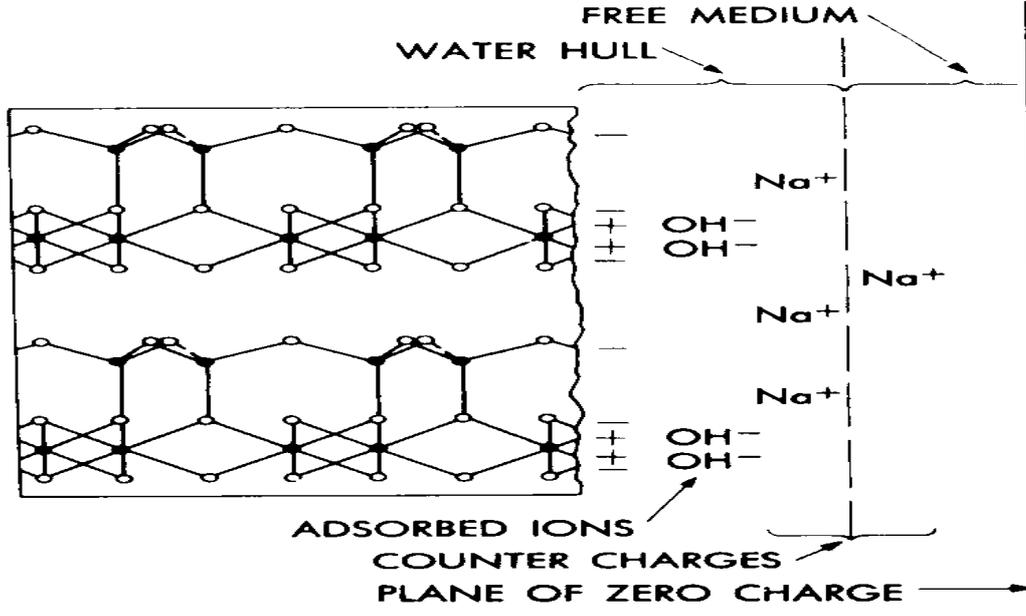
$$\xi = \frac{4 \Pi d \sigma}{(1-1) D}$$

ξ = Zeta potansiyel

d = Çift tabaka kalınlığı (-) ve (+) yükler arası mesafe; zeta potansiyeli etkileyen en önemli faktördür.

σ = Kil yüzeyinde birim alandaki şarj

D= Ortam sıvının dielektrik sabitesi



Şekil 2.7. Kaolinit kristalinde kırık kenar bağlarına anyon ve katyonların bağlanması .

Doğal killer genelde ağırlık olarak Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları içerirler. Bu iyonlar iki değerli olduklarından negatif yüklü kil taneciklerinin yüzeyinde boşluk bırakırlar ve negatif yükler bu boşluklardan dışarı doğru etkili kalır. Bu yüzden iki değerlikli katyonlu kil tanecikleri bir birlerini çekerler ve plastik bir masse oluştururlar ve ancak çok yüksek su katkısı ile flokülasyon önlenir.(Tuncer 1997)

Tek değerlikli örneğin Na-iyonlu killerde ise her bir negatif yüzey yüküne karşı bir pozitif Na-iyonu bulunur, bundan ötürü yüzey iyi perdelenerek tane-tane etkileşim azalır. Na-iyonları toprak alkali iyonlarına karşın su içine çok daha etkin çözünür, kil taneciklerin etrafında difuz bir katyon tabakası oluşturur. Bu yüzden itici kuvveti (zeta potansiyel) büyüktür ve çökmeye kararlı bir yapı yaratırlar (deflokülasyon). Killerin niçin bazik ortamda açıldıkları sorusunun yanıtı koloidal kil taneciklerinin elektriksel özelliğinde saklıdır. H^+ iyonlu killer asidik veya nötr ortamda düşük enerji düzeyine sahip olup aralarında çekme kuvvetlerinin etkisiyle topaklaşarak çökerler. H^+ iyonlu killer neden düşük enerji düzeyine sahiptir, çünkü küçük ve hidratize olmayan bu iyonlar taneciklerin çevresinde kuvvetli bir şekilde absorplanırlar ve çok ince bir su filmi oluştururlar, bundan ötürü dikey bir potansiyel düşüş yaratırlar. Çökme anında

belli boyuttaki bir su filmi tanecikler ile beraber hareket eder. Bu su filmi ile serbest çözültü arasındaki sınırdaki potansiyel, bir solüsyonun zeta potansiyelidir.

Killerin ölçülmüş olan zeta potansiyeli:

- Ca-kili	-10 mV
- H-kili	-20 mV
- Mg-kili	-40 mV
- Doğal kil	-30 mV
- Na-kili	-80 mV
- Calgona tabi tutulmuş kil	-135 mV

2.3.ÇİÇEKLENME HAKKINDA GENEL BİLGİ

Çiçeklenme boşluklu seramiklerde (genellikle pişmiş toprak malzemedede) görülen bir kimyasal olaydır. Çiçeklenme harçta ve pişmiş toprak malzemedede bulunan suda eriyebilen nitelikteki tuzların malzemedeki kılcal boşluklardan hareket ederek yüzeye çıkmaları ve burada suyun buharlaşması sonucu birikmesi olayıdır.

Harç ve pişmiş topraktaki eriyebilen tuzlar, bu malzemededen oluşan yapı elemanının gerek yapımı ve gerekse yapımından sonra ıslanması sonucu eriyerek çiçeklenmeye sebep olurlar.(Anonim 2001)

Çiçeklenmeye sebep olan suda eriyebilen nitelikteki tuzların başlıcaları şunlardır:

- Sülfatlar Na_2SO_4 (glanber tuzu), $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (alçıtaşı)
- Klorürler, nitaratlar, karbonatlar
- Diğer tuzlar: vanadyum, manganez, demir, molibden ve krom tuzları

Çiçeklenme genellikle bir tuğla duvarda önemli bir bozulmaya sebep olamamakla birlikte sıvalı veya sıvasız olsun duvarın görünümünü bozar. Bazı hallerde(örneğin;

tuğlanın iyi pişmemesi gibi) tuğla yüzeyinin toz haline gelmesine veya tuğlanın yapraklanma (pullanma) şeklinde dökülmesine sebep olabilir.(Ramirez 2005)

2.3.1.Çiçeklenmeyi Doğuran Olaylar

Çiçeklenme değişik olaylar sonucu meydana gelebilir:

- Çiçeklenmeyi doğuran olaylardan birisi malzemenin yanlış depolanmasıdır. Örneğin; üzerine tuğla depolanan toprakta, toprağın cinsine göre değişebilen ve suda eriyebilen tuzlar bulunabilir. Bu durumda, tuğla, topraktaki nem ile birlikte bu tuzları da emer. Bu tuzlar çiçeklenmeye sebep olabileceği gibi, tuğlanın emdiği tuzların tuğladaki tuzlarla reaksiyona girmesi sonucu yeni tuzlar oluşabilir ve bunlarda çiçeklenmeye sebep olabilirler.
- Pişmiş toprak malzemenin uygulanmasında kullanılan harçtaki bağlayıcı maddede bulunan serbest kireç pişmiş toprak malzemede bulunan Na_2SO_4 ile birleşerek $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ meydana getirir. Ve bu da çiçeklenmeye sebep olur.
- Linyit kömürü ile pişen tuğlalarda dumanda bulunan kükürlü gazlar tuğlada Na_2SO_4 (glanber tuzu) meydana getirir. Eriyen bir tuz olan Glanber tuzu çiçeklenmeye sebep olur.(Merrigan 1986)

2.3.2.Çiçeklenmenin Giderilmesi

Çiçeklenmeler genellikle su ile yıkamak ve fırçalamak suretiyle giderilebilir. Ancak, değişik kökenli çiçeklenmelerde çiçeklenmenin giderilmesinde farklılıklar vardır.

- Yanlış depolamanın sebep olduğu çiçeklenmelerden sakınmak için tuğlaların veya pişmiş toprak malzemenin daima kuru yerlere konulması ve depolanması gereklidir. Tuğlaları özellikle; ot, ıslak toprak, humuslu toprak, moloz döküntüsü, maden kömürü, kimyasal maddeler, çürümüş organik maddeler üzerine koymamak gerekir.

- Na₂SO₄ 'ün kireç ile birleşerek oluşturduğu CaSO₄.2H₂O çiçeklenmesi zayıf tuğlaların yüzeylerinde döküntü ve pullanmalara sebep olur. Bu tür çiçeklenmeler HCl asidi ile temizlenerek giderilmelidir.

- Na₂SO₄ 'den oluşan çiçeklenmeler su ile yıkanarak giderilir. Ancak üretim sırasında tuğla hamuruna BaCO₃ katılarak Na₂SO₄ 'ı BaSO₄'a dönüştürmek ve böylece bu tür çiçeklenmeyi önleme olanağı vardır. (BaSO₄ suda eridiği için çiçeklenmeye sebep olmaz.)

- Karbonatlara bağlı olan çiçeklenmenin tanınması için malzeme üzerine bir miktar asit sürülür. Köpürme olursa karbonat çiçeklenmesi olduğu anlaşılır. Bu tür çiçeklenmenin giderilmesi için çiçeklenen yüz önce su ile daha sonra %5-10 oranında asitli su ile yıkanır. Sonunda tekrar temiz su ile yıkanması gerekir. Asitin, duvarın derinliklerine kadar girmesini engellemek için temizleme işinin çabuk bir şekilde ve küçük yüzeyler halinde yapılması gereklidir. (Merrigan 1986)

Güherhile çiçeklenmesi (KNO₃) halinde, çiçeklenme görülen duvar yüzleri temizleninceye kadar fırçalanmalı ve silinmelidir. Güherçileyle artıkları zeminde bırakılmayarak toplanmalı ve yapıdan uzaklaştırılmalıdır.

2.3.3.Çiçeklenme

Günümüzün hızlı gelişen dünyası beraberinde bilgiye ulaşmayla ilgili ihtiyaçları had safhaya çıkarmıştır. Ülkemizde popüler endüstri dalları bilgi kaynaklarına ulaşım ve eğitim için büyük finansman ve insan gücü ayırabilirken, geleneksel bazı endüstri dalları maalesef bilgi kaynaklarına ulaşmak ve teknolojik eğitim düzeyini arttırmakla ilgili yeterli zaman ve finansmanı bulamamaktadır. Bu ise sektörün gelişiminde ve bilgi birikiminin işgücüne yansımada problemlere yol açmaktadır.

Sanayi ve ekonomi tarihimizin gözdesi olan pişmiş toprak sanayisinin son yıllarda üzerindeki durgunluğu atarak teknolojik gelişimleri yakalamayla ilgili kapsamlı

çalışmalar içine girdiği memnuniyetle gözlenmektedir. Oldukça sevindirici olan bu gelişme maalesef çoğu zaman yöresel kalmakta veya teknolojik eğitimin önemi yeteri kadar yaygınlaştırılmamaktadır.

Bu çalışmada temel hedef kitlesi pişmiş toprak sanayi ve çalışanları olduğu için çoğu zaman tuğla, kiremit ve pişmiş kil kaplama malzemeleri hakkında yazıların yer verilmesi planlanmıştır.

2.3.3.1.Pamuklanma nedir? Nasıl önlenir?

Yıllardır işletmelerden gelen ortak şikâyet su şekilde olmaktadır. “Sabah ise geldiğimizde, dünkü kırmızı kiremitler beyaza döndü...!!!” veya “Yağmur yağdı kiremitler beyaza döndü...!!!”. Bu tip olaylar çoğu zaman işletmenin moralini bozmakta, daha kötüsü müşteri ilişkilerinde problemlere yol açmaktadır. Aslında işletmelerin karşılaştığı bu olayın nedeni oldukça basittir. Tuğla toprağı içinde bulunan suda çözünebilir tuzlar pamuklanmaya (efflorescence) neden olmaktadır. Suda çözünebilir kalsiyum (CaSO_4), potasyum (K_2SO_4), sodyum (Na_3SO_4) ve magnezyum (MgSO_4) sülfat tipi tuzlar pişmiş kil bünyeye suyun sızmasıyla gözenekler içindeki suda çözünürler. Kurumayla birlikte yüzeye doğru su ile birlikte hareket eden tuzlar yüzeye taşınır. Suyun yüzeyden buharlaşması ile birlikte tuz kristalleri yüzeyde tekrar oluşur. Beyaz renkli bu oluşum halk arasında pamuklanma olarak adlandırılır.

Aslında pamuklanmanın pişmiş kil bünyesine estetik görünümü bozması dışında başka bir zararı yoktur. Pamuklanmaya neden olan sülfatın kaynağı tuğla toprağı olacağı gibi, döşeme işlerinde kullanılan harçlar, yeraltı suları ve pişirmede kullanılan yüksek kükürt içerikli kömürler de olabilir.

Pamuklanmadan kurtulmanın birinci temel şartı kullanılan topraktaki sülfat değerlerinin kontrolüdür. Ülkemizde özellikle çökelti durumundaki alüvyon topraklarının kullanımı maalesef çoğu zaman pamuklanma probleminin yaşanmasına neden olmaktadır. Çünkü bu tip toprakların jeolojik geçmişleri nedeniyle sülfat tuzlarının miktarı çoktur.

Sülfat tipi tuz kristalleri su içerisinde rahatlıkla çözülebilir. Bu nedenle tuğla toprağının alındığı sahada yüzeyden derinlere doğru gidildikçe tuz miktarında artış beklenir. Bu nedenle yüzey topraklarının kullanımında ortaya çıkmayan pamuklanma problemi derinlik topraklarını kullandıkça sorun olabilir. Bu temel bilgi göz önüne alındığında toprakların işletme sahası içinde dinlenme periyodu göz önüne alınarak kullanılması pamuklanmayı önlemede belki de en birinci önlem olacaktır.

Çoğu zaman işletmeler kullandıkları toprağın plastiklik (daha kolay şekillenme) özelliklerini arttırma ve renk gibi nedenlerden dolayı halk arasında yağlı toprak adı ile anılan 3 tabakalı killeri kullanmaktadır. Fakat bu tip killer oluşum özellikleri açısından ve yapıları nedeniyle önemli ölçüde tuz mineralleri içerebilmektedir. Bu nedenle bu tip katkılı üretimlerde dikkatli olmakta yarar vardır.

Üretime giren hammaddelerin kimyasal bileşiminin periyodik kontrolündeki bazı sıkıntılar nedeniyle pamuklanma probleminin çıkışı işletmelerde çoğu kez aniden olmaktadır. Bu nedenle hammaddeyle ilgili düzeltme çalışmaları zor olmaktadır. Geriye pamuklanmayı azaltıcı üç yöntem kalmaktadır.

Genel kural olarak, bünyeye ne kadar az su sızarsa pamuklanma temayülü o kadar azalır. Demek oluyor ki malzemenin öncelikle su emme değerlerini aşağılara çekilmesi gerekir. Bu ise doğrudan pişirim pratiği ile ilgilidir. Bir diğer deyişle suyun bünye içerisine sızabileceği yüzeysel gözeneklerin pişirim pratiğinin iyileştirilmesi ile azaltılmasıdır. Eğer bu mümkün olmuyorsa diğer bir yöntem, suyun yüzeyden bünye içerisine sızmasını engelleyecek fiziksel bir bariler oluşturmaktır. Bu amaçla yaygın olarak silomsan ve Akrilik-siloksanlar kullanılmaktadır. Son zamanlarda suyu itici özelliği olduğu bilinen etil silikatların siloksanlarla birlikte kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Eğer tüm çabalara rağmen pamuklanma önlenemiyorsa, belirtileri azaltıcı yöntemler kullanılmaktadır. Bunların basında ise pamuklanmış yüzeylerin temizlenmesi gelmektedir. Bu amaçla kullanılan en yaygın yöntem seyreltilmiş Hidroklorik asit (HCl) çözeltisi ile pamuklanmış yüzeylerin silinmesidir. Fakat bu yöntem uygulanması

halinde mutlaka koruyucu önlemlerin alınması ve silme işlemi esnasında oluşacak zararlı gazların solunmaması gerekmektedir. Fakat pamuklanma belirtilerinin giderilmesi için etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

Pamuklanmanın kontrolü için uygulanan bir diğer yöntem ise topraklara yapılan $BaCO_3$ ilavesidir. Birçok işletme baryum karbonat ilavesi yaptığını fakat herhangi bir sonuç alamadığından zaman yakınmaktadır. Bunun temel nedeni işletmenin pişirim sıcaklığının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi baryum karbonat ile pamuklanmayı azaltmanın temel mekanizması yüksek sıcaklıklarda baryum karbonatın baryum sülfata ($BaSO_4$) dönüşmesidir. Baryum sülfat tuzunun suda çözünürlüğü oldukça azdır. Suda çözünürlüğü yüksek olan kalsiyum ($CaSO_4$), potasyum (K_2SO_4), sodyum (Na_2SO_4) ve magnezyum ($MgSO_4$) sülfat gibi tuzlar yüksek sıcaklıkta (pişirim sıcaklığında) $BaCO_3$ ile reaksiyona girerek $BaSO_4$ oluşturur. Fakat bu yolla pamuklanmayı önleyebilmek için toprak içindeki tuz miktarının kritik seviyelerin üstünde olmaması gerekir. Genel olarak baryum karbonat ilavesi %0,2 ile %0,8 arasında yapılmaktadır. Toprak içinde oldukça fazla sülfat tuzu varsa gerekli olan Baryum karbonat miktarı da yükselecektir. Bu nedenle toprak hazırlama aşamalarındaki önlemler, pişirim işlemindeki iyileştirmeler, baryum karbonat ilavesi ve diğer önlemlerin ortaklaşa uygulanması ile pamuklaşma probleminin asılması daha rasyonel bir çözüm olarak görünmektedir.

Pamuklanmanın testi ise oldukça basittir. Pismiş bir ürün 7 gün süreyle suda (mümkünse saf su kullanılmalı) bekletilir. Daha sonra normal oda şartları altında kuruması sağlanır. Yüzeyde oluşan pamuklanma, bir diğer deyişle tuz kristallerinin varlığı görsel olarak incelenir. Bu küçük test ile işletmeler kendi sistemi içinde yaptığı iyileştirmelerin sonuçlarını kolayca gözlemleyebilirler.

2.3.4.Çiçeklenme Nedir?

Çiçeklenme çok karışık nedenleri olan, duvarcılık sanatı üzerinde ilk zamanlardan beri yani binlerce yıldır görünen duvarcılık için sıkıntı yaratan çetin bir problemdir.

Çiçeklenme inşaat sonrası duvar üzerinde görülebilen normalde beyaz toz bir tabakadır, fakat tuz tipine bağlı olarak kahverengi, yeşil veya sarı olabilir. Hiç kimse bundan hoşlanmaz, hiç kimse duvarında bunu istemez, fakat bazen bu inatçı problem görülür.

Zaman, para ve çabanın büyük bir bölümünde çiçeklenmede meydana gelen zorluklar çözülmeye çalışılmıştır.(Anonim 2006)

Çiçeklenme problemini ortadan kaldırmak için birçok test programları gelişmiştir ve sayısız pek çok denemeler yapılmıştır. Maalesef hiçbir şey bu inatçı probleme karşı %100 etkiyi sağlayamadı. Bununla beraber başarılı olacağı ümit edilen çareler bulunmuştur. Bunların birçoğu çiçeklenmenin nasıl çalıştığını ve nasıl engellendiğini ve eğer önleyici tedbirler yetersizse, bu görülebiliyorsa çiçeklenmenin nasıl kaldırılabilirdiğini göstermiştir.(Technical Notes 2000)

Bu beyaz çiçeklenmenin mekanizmasını, çiçeklenmenin nasıl kaldırılacağı hakkında ve yeni yapılan duvardan çiçeklenmenin kaldırılması için bazı geleneksel metotların kullanımını açıklar.

Biz çiçeklenmenin su buharlaşması gibi duvarın yüzeyinde kalan suda çözülebilir tuzların açık beyaz bir toz birikintisi olduğunu biliyoruz. Bu hava ile temas edince tozlaşan tuzlar en kötü zamanda görünen birikintilerdir, genellikle yapımdan sonra bir hafta içinde oluşur ve bazen de tamamlandıktan bir sene sonrada oluşabilir.

Gerekli durumlar;

Çiçeklenme basit bir konu değildir. Çiçeklenme meydana gelmeden önce 3 durum var olabilir.

1. İlk: duvarın herhangi bir yerinde suda çözülebilir tuzlar olabilir.
2. İkinci: çözülebilir bir solüsyon içindeki tuzu vermek için duvarda yeterli nem olabilir.
3. Üçüncü: nemin buharlaşabildiği yüzeye kadar bir taraftan bir tarafa kadar çözülebilir tuzlar için bir yol olabilir.

Bütün bu üç durum var olabilir. Eğer bu durumların herhangi biri oluşmazsa, çiçeklenme meydana gelmez.(Brocken 2004)

Çiçeklenme problemi her ne kadar kompleks olsa da önlenemeyecek kadar zor değildir. Her ne kadar ekonomik olarak uygun olmayan bir yol bu üç durumun herhangi birinin elimine edilmesiyle var olabilir. Bu problemlerin üçünü birden ve meydana gelen çiçeklenme için neredeyse imkânsız olan şiddeti azaltmak tamamen basittir.



Resim2.1. Tipik beyaz efflorescent tuzları

Efflorescent tuzların kaynağı:

Güney Kaliforniya bölgesindeki E. Tuzların kimyasal analizi onların prensip olarak sodyum sülfat ve potasyum sülfatların alkalileri olarak açıklanır. Bu bölgede bulunan çiçeklenmenin %90'ından dolayı Güney Kaliforniya sınırları içindekiyle alakalı olarak çözülebilir ana tuzlar vardır. Bu alkali sülfatlar görülür çünkü onlar duvarın, tuğlanın, kirecin veya harcın ya da bu üçünün kombinasyonunda var olur. Bu alkaliler sülfat tuzları şeklinde duvardan sülfatlarla kombine olabilirler. Duvarlardaki bu alkali sülfatlar duvar içindeki doğal porlardan hareket edebilen bir solüsyon içinde suyla çözülür. Bu solüsyon su buharlaşması olan duvarın yüzeyine göç eder, duvarın üstündeki tuzlar birikir ve bizim çiçeklenme olarak bildiğimiz beyaz bir tabaka oluşur.(Merrigan 1986)

Duvarda kullanılan malzemelerin her biri için yapılan araştırma tuzlar için alkalilerin ana kaynağının kireç, sulu harç için ise kullanılan portland çimentoları olduğunu açıklar. Alkali oranı düşük portland çimentolarının kullanımı efflorescent problemini elimine edecektir. Alkali oranı düşük portland çimentolarının kullanımı meydana gelen çiçeklenme değişikliklerini azalttığı için tavsiye edilir. Düşük alkalili portland çimentosu çimento ağırlığının %0.6 veya daha az alkaliye sahiptir.

Başka bir suçlu kil tuğlalarının kendisidir. Doğal killer çözülebilir alkali sülfatları genellikle kapsayan tuğlanın yapısında kullanılır. Daha modern ateş kili tuğlası sülfatları yerinde durduran veya onları çözmeden geri veren baryum sülfat gibi kimyasal katkıları dengeli sağlar. Tuzların alınan bu önlemi duvar yüzeyine doğru göç eden solüsyon içinde çözülür. Ateşkili tuğlasının çiçeklenme probleme karşı büyük oranda katkıda bulunmaz.(Merrigan 1986)

Çözülebilir tuzlar için diğer bir kaynak kireç ve harçta kullanılan kum olabilir. Çözülebilir alkali sülfatlarla kirlenmiş kum en az sülfatların uzaklaştırılması kadar çiçeklenmenin nedeni olacaktır. Temiz, yıkanmış kil kullanımı herhangi bir efflorescing yardımı elimine edecektir.

Yapı esnasında kireç ve harç içinde kullanılan su bir kirletici kaynağı olabilir. Temiz, içecek, tuz olmayan su bütün zamanlarda kullanılabilir. Colorado River musluk suyu testleri sudaki tuzların sadece önemsiz miktarlarını gösterir. Diğer kaynaklardan gelen su çiçeklendirici tuzlardan emin olunamayan kontrol edilebilen duvar içinde ortaya çıkacaktır.(Ramirez 2005)

Önceden harç içinde kullanılan hidrate kirecin çiçeklenme için sorumlu olduğu düşünülüyordu. Bu, mesleğe yabancı birinin fikriydi. Bundan sonra beyaz kireç ve beyaz çiçeklendirici tuzlar arasında mantıklı bir bağlantı yapılabilir. Yinede kimyasal analizler ve deneysel testler başka türlü doğruluğu tespit edilir. Meydana gelen çiçeklenme için gerekli olan hidrate kireç ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) çözülebilir. (genellikle çimentonun çiçeklenme potansiyeli sadece $1/4$ ile $1/10$ 'u dur.) Ek olarak hidrate kireç aynı zamanda

harçtaki şiddeti azaltır. Böylece duvardaki herhangi bir solüsyonun kapiler akıcılığı için yüzeyi azaltıyor.(Brocken 2004)

Potansiyel çiçeklenme problemleri kullanılan düşük alkali çimentoları temiz, yıkanmış kum ve temiz içilebilir tuzlu olamayan su tarafından büyük oranda azaltılabilir.

2.3.4.1.Çiçeklenmenin kontrol edilmesi:

Duvarda çözülebilir alkali sülfatlar var olsa bile çiçeklenmeye neden olabilen sülfatlardan önce tuzlar solüsyon içinde çözülebilir. Buharlaşacak su yüzeye göç eder, yüzey üstünde ayrılan sülfat tuzları kristalize olur ve çiçeklenme meydana gelir. Eğer nem solüsyona ulaşmazsa onlar solüsyon içine geri verilemez

İnşaat süresince kireç ve harç içinde kullanılan su temiz değildir. Bundan dolayı duvardaki bir miktar su gerek yapı için gerekli miktardır ki bu kontrol edilebilir. Suyun çoğunluğu taş içinde absorbe edilir ve portland çimentosu hidrate kireç için kimyasal reaksiyonda kullanılır ve böylece susuzdur.(Technical Notes 1997)

Bir sonraki kritik endişe meydana gelen çiçeklenmeye neden olan duvar içine işleyen suyu önlemektir. Bu iyi mimari detaylarla ve kaliteli duvar tepeliği ve saç(yağmurdan korunmak için damın üstüne kaplanan saç) yapılan plan ve peyzaj ve serpm makinesinin tedbirleri duvara giren suyun şansını azaltacaktır. Buna ek olarak kesinlikle belirtilmelidir ki aletle ince taneli kirecin birleşme yeri su infiltrasyonu için potansiyeli azaltacaktır.(Merrigan 1986)

Önceden söylenildiği gibi görünen çiçeklenme için alkali sülfatlar duvar yüzeyindeki porlara doğru hareket edebilirler. Eğer duvar içindeki doğal porlar azaltılabilirse yüzeye doğru olan tuzların göçü zor olur. Mekanik titreşimle birleşmiş taneler sulu harç içindeki herhangi boş bir yeri düzeltilen duvar işçiliği ve metal bağı ile beraber büyük oranda azaltacaktır. Yoğun aletli harç, mafsalı duvarın doğal porozitesini azaltır ve tuz göçü için bu zorlaşır.

Çıkan çiçeklenme için talep edilen harç karışımları da kullanılmalıdır. Bu kimyasal katkıları su içeriği azalırken harç karışımının akmasını geliştirmesini iddia eder. Onlar küçülmeden dolayı harç içindeki boşlukların azalmasını da iddia eder.

Alınacak özel tedbir harç katkıları kullanıldığı zaman alınmalıdır. Tek üreticiler onları geliştirmiştir ve onların gerçek içeriklerini mesleki sır olarak korurlar. Üreticilerin tavsiyeleri gizlice izlenebilir.(Brocken 2004)

Özet olarak çiçeklenme meydana gelmeden önce 3 durum meydana gelmelidir. Eğer bu 3 durum kontrol edilebilirse duvar çiçeklenme olmaz.

- 1) Bütün çözülebilir alkali sülfatların azaltılması
- 2) Duvar girişinden engellenen su için iyi detayların kullanılması
- 3) Nem için elimine edilen göç yolları için iyi yapı uygulamalarının kullanılması

Bu 3 durumun herhangi birinin toplamdaki kontrolü çok zordur, fakat çiçeklenmeye karşı herhangi birinin sahip olduğu etkiyi azaltmak nispeten basittir.(Ramirez 2005)

2.3.4.2.Çiçeklenmenin kaldırılması

Bütün çabalara rağmen bazen çiçeklenme meydana gelebilir. Bir detay bile atlanmamalıdır. Malzemeler yanlış olarak belirtilmemelidir veya belirtildiği gibi kullanılmalıdır. Bazen durumlar duvar üzerinde meydana çiçeklenme için sadece doğal olarak anlaşılır. Malzemeler zemin üzerinde paletler olmadan stoklanmamalı veya kaplanmamalıdır.(Ramirez 2005)

Su yüklü toprak tuzların absorbe edildiği ve çiçeklenmenin neden olduğu duvarda tekrar geri yüklenebilir. Herhangi bir neden çiçeklenme görüldüğünde kaldırılmıştır.

Çiçeklenme kaldırılmasındaki ilk adım tuzların teşhis edilmesi için denemeler yapılmasıdır. Eğer tuzlar suda çözülebilirse, en iyi kaldırma metodu kuru bir fırçadır.

Suyla çalkalama veya doğal olarak yıpratma prosesi de etkili olabilir. Alternatif olarak eğer çiçeklenme küçük parçalarda veya sınırlı alanda yumuşak deterjanla elde yıkama ve kalın sağlam kıllı bir fırça ile sık sık uygunluğu ispat edilecektir.

Temizleme için geleneksel metot kum püskürterek temizlemek olmuştur. Maalesef henüz başka hiçbir şeyle kaldırılmadı. Kumun aşındırıcı aksiyonu tuğlanın yüzeyini ve her bir kalıntı tuzlarla aletle şekillenmiş harcın birleşme yerini aşındırır. Bu duvar poroz niteliğini ve duvarın doğal su absorpsiyonunu artırır. Kum püskürterek temizleme yoğun olarak aletle şekillenmiş kireç mafsalinin doğruluğu zarar da görecektir. İyi şekillenmiş kireç ve yoğun (ince taneli) bir kireç mafsalı nemi hazır olarak dağıtır ve etki için minimum boşluklar hazırlanır. Kum püskürterek temizlemeden sonra kireç infiltrasyon için boşluklara sahip olduğundan daha çok poroz olur ve hatta kireç içinde çatlaklar görünebilir. Buna ek olarak duvarın görünüşü daha kabaca yapılmış tuğlanın teksturu değişecektir.(Technical Notes 1997)

Kum püskürterek temizleme tedbirle alınarak kullanılabilir ve sonradan duvar su geçirmez bir malzemeyle kaplanabilir. Kum püskürterek temizleme için bir alternatif, (hazırlandığı zaman başarılı görünen) özel kimyasal temizleyicilerin kullanılmasıdır. Birçok kimyasal temizleme şirketleri özeldir ve üreticilerin önerilerine göre kullanılmalıdır. Genellikle tam olarak ıslanan ve temiz içilebilir suyla çok hızlı yıkanabilir olması talep edilir. Presoaking duvarı doyurmak için yapılır. Sonra temizleme solüsyonu kullanılmıştır, duvar temizleme kimyasallarının herhangi birinin kaldırılması için temiz suyla tamamen yıkanır.

Çiçeklenmenin kaldırılması için kullanılan konvansiyonel bir kimyasal temizleyici yumuşak(hafif) bir solüsyon içindeki tuz ruhu (hidroklorik asit, HCl) 12 parça sudur. Birkaç farklı uygulama çok kuvvetli bir dozdan daha iyidir. Tekrar temiz suyla duvar tamamen ıslanarak ve tamamen dolu olan duvarın geriye kalan bütün asitleri temiz suyla tedbir alınarak kullanılabilir.(Anonim 2004)

Duvardan temizlenen çiçeklenme problemin çaresi değildir sadece belirtileri kaldırır. Temizlemeden sonra doğal efflorescent bağları kırılmadıkça çiçeklenme tekrar meydana

gelmez çiçeklenme bazı zamanlarda tekrar görülebilir ve öncekinden daha zor bir durum alır.

Duvardan çiçeklenmenin asitle temizleme veya son kum püskürterek temizlemeden sonra duvarın yarıkları dolabilir. Duvarda meydana gelebilen çözülebilir ve sülfatlar yüzeye doğru göç yollarına sahiptir biz şimdi nemin duvara girişini önleyebildik ve solüsyon içinde sülfatlar geri verildi.(Merrigan 1986)

Duvar yüzeyinin altındaki tuzlara engel olmak için tedbir alınamadı. Bu durum crytofloresence diye bilinir. Eğer tuzlar yüzey altında durdurulsaydı, su geçirmez silikonla kapatılsaydı, su buharlaşması durdurulacak, kristalize olduktan sonra yüzey arkasında tuzlar tortu olarak kalacaktı. Tuz kristalleri gelişimi tuğlanın ayrılıp dağılma veya parçalanmasının sonucu olarak tuğlanın gerilme direncini aşabilir.

Güney ve batı duvar kaplamaları ayrıca duvar içindeki buharlaşma noktası hareketiyle güneşe maruz kaldıktan sonra normal olarak çiçeklenme ye daha az eğilimli olur. Buharlaşma noktası çiçeklenmenin meydana geldiği yerdedir. Başka bir taraftan kuzey ve doğu duvar kaplamaları normalde daha soğuktur ve buharlaşma noktası çiçeklenmenin meydana geldiği duvarın yüzeyi üstünde kalıntılar bırakır.

Çiçeklenme daha önceden meydana geldiğinde sadece bir duvarın yarıklarının dolması her derde deva değildir. Çiçeklenmenin varlığı gösteriyor ki tuzlar duvarda hazır, yeterli derecede suyla çözülebilir ve yüzeye doğru tuz solüsyonu için göç yolları meydana gelir. Bunun daha da iyisi, eğer mümkün olabilirse, çiçeklenme problem oluşana kadar beklemek yarıkları doldurmadan önce en aza indirmektir.

Çiçeklenme modern duvarcılıkta problem olmayacağını umut edersek kontrol edilebilir bir durumdur. Çiçeklenme için gerekli durumların kırılma bağları iyi detaylarla yani doğru malzemeler ve kaliteli yapı ile yapılabilir.

2.3.5.Çiçeklenmenin Dünü, Bugünü Fakat İlerisi Değil

Çiçeklenme zamanının başlamasından beri meydana gelen bir durumdur. Bu var oluş her hususta çeşitli yapılar, heykeller, anıtlar ve evrensel projedeki yapılarda önemsenmeye değer farkına varılabilir bir durumdur. Belirli coğrafik alanda sınırlı değildir.

Çiçeklenme tuz, kireç veya başka minerallerden ibaret olan beyaz kristal bir tortudur. Bu tortular kireç, duvar sıvası, harç, duvar, tuğla, doğal taş, kil seramik çinisi ve hatta tahta gibi birçok bina yüzey tiplerinde görünebilir. Bu tuzlar ve mineraller suda çözülebilir ve genellikle zeminden veya çimento veya alkali maddelerin var olduğu yerlerden gelebilir. Bu tuzlar ve mineraller, kullanılan nem onların taşıyıcısı gibidir, ve yüzeydeki tuzlar ve mineraller sol arka tarafta nem buharlaştığı zaman yüzeye doğru taşınır.(Ramirez 2005)

Bu tuzlar ve mineraller kireç tabakasından dolayı suyla taşınır. Bu proses kapilarite diye bilinir. Kapilarite duvardaki ve doğal taşıdaki nem veya suyun taşınması veya hareketi olarak açıklanır. Tanım olarak bir katının yükselmesi veya düşmesiyle iletişiminden gelen bir sıvının yüzeyiyle hareketidir. Bu çekim veya geri itme kılcal boru etkisinin sebebi olur. Bu davranışın sebebi nem bir malzemeye daha düşük veya daha yüksek derecelerde ve çok yönlü olarak hareket edebilir.

Çiçeklenme aşınmış tertibatın üstünde bulunabilir, fakat doğal taş tertibatı veya yeni kiremitten sonra sık sık meydana gelecektir. Bu kapilariteden dolayı muhtemeldir. Eğer taş veya kiremit bir kireç tabakası üzerine yerleştirilirse veya eğer kurulan malzemelerden meydana gelen nem varsa veya herbir komponent suyla karıştırılırsa sonra nem taş veya harçtan yüzeye doğru hareket eder. Bazen alkalili yüzeyler kireç, mermer veya harç gibi tuzların veya minerallerin kaynağı olabilir. Tertibatta henüz kullanılan su kurulan malzemelerin altından genellikle göç yoluyla çiçeklenmedeki yüzey sonuçları için bu tuzlar ve alkalilerin göçünü başlatmak için yeterlidir. Bütün bunların sonucu tuzlar ve minerallerin yüzeye kadar taşınabilmeleri için suya ve neme ihtiyacı vardır. Dolgun bir çamur karışımındaki durumda meydana gelen artan bir çiçeklenme olasılığı kullanılır.(Ramirez 2005)

Nem göçü en az direnç yolunu izler. Bundan dolayı duvar karosu gibi yoğun yüzeylerle, sulu harç kısmı bu bölgelerdeki bu kalıntıların yüksek konsantrasyonlarından dolayı görünen çiçeklenme için daha çok zedelendiğinden dolayı sık sık bulunur. Başka bir tarafta bir saltilla tuğlası veya döşeme tuğla yeterli derecede porozdur ki nem taşınımı ve tuz veya mineral kalıntıları yüzeyin tamamında görünebilir.

Biz hemen hemen günlük kaynaklardan çiçeklenme hakkında yardım çağrılarını duyarız. Genellikle yorumlar buna benzer, ‘ ben yüzeyimde beyaz hafif bir toz tabakasına sahibim ve güneş altında yararsız her temizleyici kullanıldı. Bu temizleyiciler benim yüzeyim ıslakken işe yarar gibi göründü fakat yüzey kuruduğu zaman tekrar geri geldi, hedefe ulaşamadım. Ne yapabilirim?’

Bazı solüsyonlar, su geçirmez bir membran altında yüzeyi düzenleyerek kullanılacak yeni bir kiremit tertibatı için düşünülebilir. Bu yardımlar aşağıdan olan çiçeklenmeye neden olan tuz ve mineral göçünü minimize ve elimine eder. Bu kaynaklar kaplıcalar, buhar duşları gibi ıslak alanlarda özellikle önemlidir. Son senaryo, nem iletimi yüzey üzerinde meydana gelen çiçeklenmeye tekrar yol açabilir. İçine işleyen suyu yüzeyden uzaklaştırıcı geçirgen iyi bir uygulamayla minimize veya elimine edilebilir. Gerçekte birçok iyi su uzaklaştırıcıları aşağıdan veya yabancı elementlerden gelen nemin orijinal kaynağından meydana gelen çiçeklenmeye yardımcı olabilir.(Anonim 2006)

Tartışmalı tabakalar ve buharı geçirmeyen yarık doldurucular çiçeklenme problemi şiddetlendirebilir veya yardım edebilir. Eğer nem altındaki tabakaya engel olursa malzeme ve biriken mineralleri uzun süre doyurur. Bu buharlaşma isteği için malzemem yüzeyine yükselen nem gibi hidrostatik basınç meydana getirerek kombine olur. Bu noktada nem o tabakadaki açıklıktan hareket ederek kaçacaktır veya hidrostatik basınçtan dolayı delamine olacaktır. Bu nem minerallerle şimdi tamamen doludur ve tabaka yavaşça boştan boşa buharla uyuşur, çiçeklenme meydana gelir. Çiçeklenme ilk kaldırılan tabakayla birlikte tartışmalı tabaka altında harekete geçtiği zaman kolayca temizlenemez.(Merrigan 1986)

Eğer düzenlenen yüzeyde var olan çiçeklenme en iyi temizleme ve kaldırılma metodu asidik temizleyicilerle reaktif olur ve genellikle temas ederek çözecektir. Bu çare bazı problemlere sahiptir. Çünkü asidik temizleyiciler, uygun kullanıcılar olmayan ve hatta insanlar kullandığı için tehlikeli olan asitlerle sık sık birlikte kullanılır. Asit ürünlerinde en az tehlike zor çiçeklenme problemleri çözmek için yeterli kadar zorlu değildir. İyi haber StoneTech professional's Restore'deki gibi ürün etkilerinin uyuşmasıyla birlikte güvenli alternatiflerin gelişmesi için yeni bilim geliştirildi.

Bazen çok poroz yüzeyde, çiçeklenme temizleme ve kaldırma prosesi yüzeye göç eden mineraller ve tuzlar gibi aynı zamanda meydana gelen kimyasal ve latex iletim varsa çok daha zor olabilir. Bu latex bileşenleri veya karşılaştırılabilir kimyasallar daha çok modern ve gelişmiş çimento yapıştırıcıları ve kullanılan sulu harçlarda sık sık bulunur. Latex elemanları çiçeklenme etrafında koruyucu bir bariyer gibi ve asidik temizleme ürünleriyle direk temas etmesiyle kalıntıları korur. Bu problemi çözmeye yardımcı;(ondaki tek bir üründeki asit ve temizleyici) temizleme elemanına sahip olan en iyi asidik ürünü seçmektir. Diğer bir tavsiye çöken latex güçlü nötr temizleyicilerle kullanılmalıdır, çok iyi çalkalanmalıdır ve sonra asidik temizleyiciyle ilerler.

Bir ikaz kelimesi- Bazı doğal taş ürünleri ve diğer yüzeyler asidik ürünlere karşı reaksiyon gösterebilir ve bir asidik temizleyiciyle kullanılırsa probleme neden olabilir. Bazı yüzeylerin açılan yüzü daha çok poroz bir yüzey meydana getirir, kirli atraksiyonlar ve kuru toprak sorunları gibi imkan dahilinde diğer problemlere neden olur. Çiçeklenme asite duyarlı yüzeylerde görülür ve kullanılan bir asit temizleyici yüzeye zarar verir, tuzlar ve minerallerin kaldırılmasıyla aşınmayı kullanabilirsin. Onlar StoneTech Professional's Euro Hane veya Euro Polish gibi kullanılan aşındırıcılar tarafından veya naylon bir pedle birlikte bir rötary makinesine bağlı kullanılan yüzey formu dağınık olarak bozulur. (Technical Notes 2000)

Eğer istenen sonuçla başarılıysa gözle kolay fark edilmeyen bölgedeki deney belirlenir.

Çiçeklenme'nin kaldırılması için daha çok granit, kayağantaş, kil, kaldırım taşı, kil tuğlası ve kumtaşı ve bunun gibi aside duyarlı olamayan yüzey üstünde olmalıdır.

Çiçeklenme teknik makalede ifade edildiği gibi aside duyarlıdır. Kireç, tuzlar ve mineral kalıntıları asidik sıvılarla temasta olduğu zaman genellikle çözülür. Çiçeklenmeden dolayı aside duyarlıdır, StoneTech Professional Restore, güçlü fakat güvenli asidik bir temizleyici, daha çok örnekteki madde kaldırıcı ve çözücü daha iyi çalışır. Aşağıdaki talimatlar uygulanarak izlenir.

- 1.Maskesiz ve muamele edilmeyecek olan çevredeki hiçbir alan korunmamalı
- 2.Eğer gerekirse kuvvetli karışım, üründeki liste gibi hafif sulama görevindeki karışık solüsyon uygulanır.
- 3.Temiz bez, havlu, sünger veya sprayer kullanılarak yüzeye uygulama yapılır
- 4.Sert beyaz bir naylon kıllı fırça, bez ile uygulama yapılır.
- 5.Hafif nemlendirilmiş temiz bir bez, havlu, sünger veya ıslak vakumla bölge çalkalanır(yıkanır). Direk olarak suyu uygulamayın. Çiçeklenme gelişmesindeki en büyük faktör nemdir. Artıkları temizlemek için sadece çalkalamak yeterli. Aşırı derecede ıslak bırakmayınız.
- 6.Sonuç olarak yarıkları kapatmak için yüzeyi tamamiyle kuru tutmaya izin verilmelidir.
- 7.StoneTech Professional kullanılarak doldurulan yarıklar çiçeklenme gelişmeden yani tekrarlanmadan azaltılacak veya yok edilecektir.
- 8.Yüzey altında devam eden bir nem problemi varsa çiçeklenme tekrar meydana gelecektir.(Technical Notes 1997)

Daha çok mermer, kireç taşı, traverten, tuğla, çimento ve stucco gibi aside dayanıklı yüzeylerden çiçeklenme kaldırılır.

Restore asit bazlı bir üründür, aside duyarlı yüzeye uygulandığında yüzeye reaksiyona girecektir ve görünümü değişebilir. Eğer aside duyarlı yüzey yapı oluşturduysa dikkati çekecek şekilde probleme neden olmayabilir. Eğer bu durumdaysa, yukarıda ayrıntılarıyla anlatılan çiçeklenme kaldırma prosesi izlenebilir.

Aside duyarlı yüzeylerden çiçeklenmeyi kaldırmak için bu uygulama talimatlarını izleyin:

- Düz yüzey üzerinde beyaz kuru naylon bir ıstampa kullanılarak sallamak çiçeklenmeyi bazen kaldırabilir. Çalkalamada kullanılan bir el aplikatörü veya rötary sonder beyaz naylon bir pedle eklenir. Sıklıkla kireç, tuzlar ve mineraller bu prosesle çıkar yani kopar.
- Eğer bu proses tamamiyle çiçeklenme kaldıramıyorsa StoneTech Professional Eurohome'u parlatılmamış yüzeyde kullanın. Bunlar güçlü ve kalın aşındırıcılardır bu nedenle testten önce bitmiş yüzey üzerindeki etkisini görün, bakın.
- Kimyevi bir tesire maruz bırakmadan o bölgeyi koruyun ve maskeleme yapmayın.
- Kirli yüzeylere aşındırıcı tozlar uygulayın
- Süt kıvamına gelinceye kadar su ekleyin
- Sert beyaz naylon kıllı fırça, beyaz naylon ped, zemin makinasıyla çalkalamak,

Temiz bez, sünger, havlu veya nemli bir vakumla bölgeyi hafifçe nemlendirin. Direk suyla temas ettirmeyin. Nem çiçeklenmenin gelişmesinde en büyük faktördür. Artıkları temizlemek için sallamak gerekir. Aşırı ıslatmayın. Gerekli olursa prosesin etkilerini kaybetmek için yüzeyi tamamıyla kurutun.(Brocken 1986)

StoneTech Professional kullanılarak doldurulan yarıklar çiçeklenme gelişmeden yani tekrarlanmadan azaltılacak veya yok edilecektir.

Yüzey altında devam eden bir nem problemi varsa çiçeklenme tekrar meydana gelecektir.

2.3.6.Çiçeklenme; Nedenleri Ve Mekanizmaları

Plancılar tuğla duvarında meydana gelebilen çiçeklenmenin çeşitli türlerinin nedenlerini ve mekanizmalarını anlayamadılar, fakat eğer görünürse çiçeklenme yi önleyebileceklerini ve kontrol edebileceklerinin farkına varabilirler. Bu teknik notlarda malzemelerin seçimi, detaylar, projelerin önemi üzerine tartışmalar, görüşler vardır, iyi yapı uygulamalarının önemi olduğu kadar macun ve yarık doldurucu elemanların kullanımı üzerine görüşler vardır. 7 noktadan meydana gelen analiz işlemi problem

yapılarını gözden geçirmede kullanılan fikirleri verir. Neticede, çiçeklenmenin kaldırılması için metotlar tartışılır.(Ramirez 2005)

Çiçeklenme normalde tuğlanın yüzeyinde tuzların beyaz kristallerinin zararsız akıntılarıdır ve önlenebilir. Nem ve çözülebilir tuz kaynaklarının belirlenmesi kadar çiçeklenmenin mekanizmaları ve doğasının anlaşılması çiçeklenmenin kaldırılması (engellenmesi) için önemlidir.

Bu mekanizmaların görüşme ayrıntıları, çözülebilir tuzlar ve nem kaynakları ‘çiçeklenme nedenleri ve mekanizmaları’ technical notes 23 Revised’da içine alır. Bu tartışmalar bu teknik notların ipuçlarının kullanımı daha önce okunmasını tavsiye eder.

Bu teknik notlar çiçeklenmenin kaldırılması için işlemler ve çiçeklenme problemleri için analiz listesi, çiçeklenmenin kontrolü ve önlenmesi için tavsiye söylevlerini içerir.(Technical Notes 1997)

2.3.6.1.Problemin Engellenmesi

Duvarcılıkla birlikte iletişimden bütün nemler ve bütün çözülebilir tuzlara engel olmak için pratik olarak denenmedi. Ne olursa olsun buna katkıda bulunan bu faktörlerin her birinin redaksiyonu yüksek derecede kullanışlı ve çiçeklenmenin şiddeti oluşan çiçeklenmeyi kaldırmayı veya şiddetini genellikle azaltacaktır.

Malzemelerin seçilmesi:

Kaplama tuğlası, backup, trim ve çözülebilir tuzların minimum bileşeni için kireç ve su geçirmez bir yapı için maximum performans çiçeklenmenin engellenmesi için ilk adımdır. Bunu takip eden tavsiyeler çiçeklenmenin olduğu limiti malzemelerin seçilmesindeki planlayıcıya yardım etmek için göstermektedir.

Tuğla miktarları:

Çiçeklenme oluşumuna katkıda bulunan veya çözülebilir tuzlar içermeyen tuğla miktarları United States ve Kanada'nın her yerinde hazır halde mevcuttur. ASTM C67 standart seçme metotları ve tuğla testleri ve yapısal kil kiremitinde içerdiği çiçeklenme testleri tarafından çiçeklenmeye eğilimi bütün katıda ve oyuk kaplama tuğlasında yapılması tavsiye edilir.

Bu test kısmen 7 günlük periyot için damıtılmış suda tuğla numune örneklerinin daldırılmasında meydana gelir. Bu süre sonunda birimler kurutmaya bırakılır, çiçeklenme oluşumu gözlenir ve suya daldırılmış olan örneklerle karşılaştırılır. Tuğla önemsiz çiçeklenmeden daha fazla alınarak değerlendirilmemişse kabul edilebilir.

Backup:

Birçok backup malzemesi duvarın yüzündeki çiçeklenmeye yardım edebilen nispeten yüksek yüzdeli alkali içerir. Bu ortaya atılan bir fikirdi, böylece backup miktarları W. E. Brownell gibi tanımlanan çiçeklenme testleri tarafından tuz içerikleri test edildi.

Çözülebilir tuzlar içeren backup malzemeleri kullanıldığı zaman malzemelerin tuz içerikleri kaplama tuğlasından ayrıştırılarak dizayn edilmeli ve duvar detaylarının göz önünde tutulması tavsiye edilir.(Technical Notes 2000)

Bu dizayn uygulaması çiçeklenme yol açan suda çözülebilen tuz solüsyonlarının duvar içinde baştanbaşa göç etmesinden sakınılmalıdır. Bu mesela boşluk tipi duvarların kullanılmasıyla yapılabilir.

Kireç:

Teknik notlar 23Revised'da portland çimentosunun yüksek alkali içerikli olan kireçte çiçeklenmeye başlıca yardımcı olduğu notlarda yazılmıştır. Çiçeklenme ye çimentonun

bu eğilimi çimentonun kimyasal analizinden uygun olan doğruluğuyla önceden haber verilebilir. Alkali içeriği yüksek olan çimentolar düşük alkali içeren çimentolardan çiçeklenme üretimi için daha çok eğilimlidir.

Kimyasal direnç:

Çimento sağlığa zararlı olabilen agregalı betonda kullanıldığı zaman tayin edilebilen K_2O yüzdesi, 0.658 kere ilavesiyle Na_2O yüzdesi gibi hesap edilen alkali yüzdesi gibi hesap edilen alkali yüzdesi 0,60'dan daha fazla içermemelidir.

Alkalilerin işaret ettiği, suda çözülebilen parça alkali içerenler, asitte çözülebilenler toplamıdır. Genellikle suda çözülebilen alkali içeriği toplamda yüzde 60 olacaktır. Bu Brownell tarafından ifade edilir.(Brocken 2004)

'Deney yeni yapı çiçeklenmesine neden olacak kaba kireçte kullanılan bir portland çimentosunda serbest alkali yüzdesi yüzde 0,1 olduğunu gösterdi, böylece eğer çiçeklenmeden kaçınılacaksa çimentonun serbest alkalisini mümkün olabilen en düşük değerde olmalı ve bundan daha az olmalıdır.'

Suda çözülebilen alkali içeriği üzerindeki bu şiddetli sınırlama sadece az bir çimentoyla karşılaşılabılır, bundan başka portland maden eritme ocağı cüruf çimentosu ve duvar çimentosu cüruf çimentosuyla yapılabilir.(Ramirez 2005)

Bu ifade edilenleri inceleyen kişiler kabul etmedi. Brownell'e birçok inanan kişi aşırı derecede ılımlı olmaktadır.

Kireç içindeki kireç, kum, ve su gibi diğer az da olsa sık sık olabilen çiçeklenmeye yardımcıları olmakla beraber harç içindeki kireç, kum ve su gibi diğer maddeler dikkatlice seçilmelidir.

Harç tipleri ve oranları belirli bir plan için keşfetme ihtiyaçları ve yapısal temeller üzerinde seçilebilir.

Katkılar:

Harç için katkılar genellikle tavsiye edilmez çünkü karışımda bilinmeyen maddeler ve duvarın su geçirmezliği netice olarak bağ kuvveti üzerindeki etkilerinin verilerinde eksiklikler vardır.(Brocken 2004)

Proje,plan:

Çok dikkatli yapılan dizayn ve detay uygun olmayan malzemelerin seçimiyle veya zayıf ustalıkla engel olunabilir (karşı gelinebilir). Karşıtlık doğrudur; mümkün olan en uygun malzemelerin ve hünarlı işçiliğın kullanımı eğer yanlış dizayn yapılırsa başarılı ve sürekli bir yapıda olmalarını sağlamayacaktır.

Duvar kesitleri:

Duvarın dizaynı için malzeme seçimi yaparken dikkat edilmesi gereken yağmura karşı dirençli malzemelerden seçilmelidir. (Brocken 2004)

Duvarın yapısına hava ve rüzgarın etki etmemesi için 2 tane önleyici tedbir vardır. 1. önlem hava boşluklarından dışarıya tahliyesini sağlamaktır. 2. önlem ise suyun duvarın dışında kalmasını sağlayacak bariyer(engel) yapmaktır. 2. duvar tipinde de genellikle süzülme ve engelleme metotları birbirine tercih edilir. Detayları teknik notlar 7 serisinde tartışılabilir. Genel olarak drenaj(süzülme) tipi olan duvarlarda yağmurun içeri işlemedeki maksimum direnç ve minimum çiçeklenme olur.

Detaylar:

Daha önceden ifade edildiği gibi, çiçeklenmenin meydana gelmesi için gerekli durumlardan biri duvardaki nemin varlığıdır. Bu nemin preclusion'u çiçeklenme için mekanizmaya engel olacaktır. Böylece dizayna ve kritik detaylara daha çok ihtiyacı olacaktır. Başlıca önemli olan şey bu detaylarla duvarın içine nemin girişini engellemesiyle aralarında ilişki kurmaktır. Aynı zamanda önemli olan duvarın üstü ve paralel yüzeylerden suyun direk gidebileceği detaylardır.

Dizayn tavsiyeleri, duvar tipleri, işçilik karakteristikleri, detaylar, flashing(yağmurdan korunmak için saç kaplama), saçaklar ve weepholes çiçeklenmenin oluşumunun engellenmesinde düzenli bir öneme sahiptir.(Merrigan 1986)

2.3.6.1.1.Macun ve yarık doldurucular

Çok sıklıkla macun doğru anlamında kullanıldığı gibi yapının diğer elementleri gibi aynı şekilde düzenlenen ve dizayn edilen yapının integral parçalarından ziyade gizli zayıf işçilikleri gibi kullanılır.

Duvar, kapı ve cam çerçeveleri arasındaki mafsalsal genişlemesi ve macuna ihtiyacı olduğu diğer yerler duvar içine yağmurun içine işlemesinin kaynaklarıdır. Bu zedelenebilir yerler dizayn ve yapı(inşaat) esnasında daha dikkatli olunması gereken yerlerdir. Bir de koruma programları bakılan ve yerine geçen sealantlar veya kurumuş veya tesirsiz kalmış macun tespit edilmelidir. 4 ila 10 yıl sürede en iyi kullanışlı sealant malzemelerinin ömrü not edilir.(Technical Notes 2000)

2.3.6.1.2.Yapı uygulamaları

Önceden tartışıldığı gibi yapı uygulamaları ve yapı duvarlarında kullanılan ustalıklar çiçeklenmeye eğilimi ciddi etkiler uygun yapı uygulamaları için bazı tartışma ve tavsiyeler izlenir.

2.3.6.1.3.Ustalık

Ustalık harç sızıntısının bütün temiz ve serbest boşluklarını tutmasına ihtiyacı olduğu gibi kabul edilen cazip harç için tasarlanan bütün harç birimlerinin tamamen doldurulmasıyla karakterize edilebilir. Bu maddelerin her ikisinde dikkat edilmesi gereken duvarın iç yerlerindeki önleyici nem etkisi birincil noktadır. İlk olarak önemli olan budur. (Technical Notes 1997)

2.3.6.1.4.Koruma

Kuruyana kadar duvar için yapının bitirilmesinden sonra kısmen tamamlanan duvarlar gerekirse haftalarca ve hatta aylarca suyla doyurulabilen yapı boyunca yağmur ve diğer elementlere maruz bırakılır(iklimle ilgili durumlara bağlı olarak). Bu sürdürülen doyurma işlemi solüsyon içine girene kadar yüksek derecede çözülebilen tuzlar olduğu kadar düşük derecede çözülebilen tuzlarla beraber düşük derecede çözülebilen tuzlara neden olmalıdır. Bunun gibi durumlar yapıdaki başka yere çözülebilir tuzlarla duvarın kirlenmesine katkıda bulunur.(beton, sıva, yapının iç kısmında bulunan tahta.. vb.)

Yapı boyunca, bütün duvarlar her bir işgünü veya tatil zamanı sonunda kuvvetli bir su geçirmez membran kaplamayla kuru tutulabilir. Tuğlayla yüklenen harç tahtaları, yapı iskelesi tahtaları ve ince plastik levhalar uygun tabaka gibi kabul edilmeyebilir. Metal kelepçeler benzer bisiklet klipsleri çeşitli duvar kalınlıkları karşılaştırıldığında ölçü çeşitleri ticari olarak uygundur. Bu, zaman periyodunu uzatmak için mükemmel korumayı meydana çıkaran ve plastik levhalar veya su uzaklaştırıcı torpaulin malzemeyle bir arada kullanılır. (Technical Notes 2000)

2.3.6.1.5.Malzemelerin depolanması

Bir yapı projesindeki yerde depolanacak malzeme metodu çiçeklenmenin gelecekte meydana gelmesinde etkilidir. Malzemeleri saklarken yağmurdan, kardan ve yerdeki

nemden, tuzlardan ve diğer maddelerden korumalıyız ki çiçeklenmenin gelişmesine neden olmasın.

2.3.6.1.6.Duvarın bölümleri

Duvar parçalarını depolarken kirden ve yerdeki yer sularından ve tuzlardan korumalıyız. Bunları sugeirmez membranlar ile kuru tutmalıyız.

2.3.6.1.7.Çimento materyalleri

Harç için kullanılan imento malzemelerini depolarken hareketli içerde veya tabaka altında saklanmalıdır. Harç malzemesini hareketli bir yerde, içerde veya tabaka altında saklamalıyız.

2.3.6.1.8.Kum

Harç için kumu depolarken kirlerden, bitkilerden, organik materyallerden, yer sularından çiçeklenmeye neden olmaması için korumalıyız. İlaveten mümkünse kumları ve agregaların membran bir tabaka altında saklanması tavsiye edilir.

2.3.6.1.9.Analiz işlemleri

İzlenen kontrol listesinde kullanılan bir problem yapısının muayenesi nedenin ve çiçeklenme problemin derecesinin tamir ve hafiflemesi için önerilen metodun tanımlanmasına yani karar verilmesine yeterli olabilir.

1) ieklenme ilk görüldüğü anda yapının yaşını belirlemek. Eğer ‘yeni yapı çiçeklenmesi’ kolayca anlaşılıyorsa (1 yaşından daha az olan yapı), tuzun kaynağı

genelde harçtaki çimentodur ve nemin kaynağı genellikle yapı suyudur. Eğer, bununla beraber, yapı 1 yıldan daha fazlaysa diğer kaynaklar göz önünde tutulmalıdır.

Eğer yapı 2 yılın üstünyse yapı detayları duvardaki veya yapının etrafındaki mümkün olabilir boşluklar(delikler) gözden geçirilmelidir. Kurulan bir bina üzerinde çiçeklenmenin meydana çıkması duvardaki yeni su kaynağına yüklenebilir.

2) Çiçeklenmenin yeri yapıda ve başlı başına birimlerin her ikisi de veya harç mafsalları dikkatlice not edilmelidir. Yapıdaki yer suyun girdiği yer gibi bazı bilgileri gösterebilir. Mafsaldaki veya birimlerdeki tuz kristallerinin yeri tuzların kaynağını tanımlamada yardımcı olabilir. Yapının işgali veya yeni kullanımına dikkat edilmelidir. Mesela, bazı zamanlarda açılmıydı veya yapı yenimi oldu? Kısaca, çiçeklenmenin görünüşüne neden olan veya başlatmasına neden olan şey neydi?

3) Duvarın durumu dikkatlice gözden geçirilmelidir. Harç mafsallarının profili, harcın durumu, işçiliğın kalitesi, macun ve sealant mafsallarının durumu, flashing(yağmurdan korunmak için sac kaplama)nın durumu, saçaklar, eşikte veya duvar tepeliğindeki harç mafsalının aşınması veya herhangi bir çürümeye karşı dikkat edilmelidir. Bu bilgi yapı içindeki nemin giriş yolları gibi ipuçlarını meydana çıkarır.

4) Yapının duvar bölümleri ve detayları nemin hareket edeceği mümkün yolların ve çözülebilir tuzlar tarafından bulaştırmanın mümkün kaynaklarının belirlenmesi için çalışılmalıdır. Çatının dikkatli bir muayenesi, bağlantı duvarı ve sac kaplama detayları yapılmalıdır. Yapı planı ile anlaşma planının bir karşılaştırması yardımcı olabilir. Bu tetkik tamir için adımın son tespiti için veya çiçeklenmenin hafiflemesi içinde kullanılacaktır.

5) Eğer onlar hazırsa yapının malzemeleri üzerinde labaratuvar test raporları tetkik edilmelidir. Bu, çözülebilir tuzların tayininde ve kararların onarım analizinde ve yapılmasındaki kullanılmasına yardımcı olacaktır.

6) Çiçeklenmenin kimliğini tespit etme kullanım zamanıdır. Bu ticari test laboratuvarları tarafından yapılabilir.. x-ray difraksiyon deflection analizi bazı zamanlarda kullanılır. Petrographic analizleri veya kimyasal analizleri de mümkün olabilir. Bazı örneklerde tuzların tipi ve onların gerçek miktarlarının her ikisinin bilinmesi için kullanılır. Tablo 1 Brownell'in raporlarından alınmıştır ve tuzların olası kaynaklarının bir tablosu gibi tanımlanmıştır. Suyun 7 çeşit kaynağı eğer bütün diğer kaynaklar elimine edilirse de göz önünde tutulmalıdır. Bu kaynakların bazıları: duvar içinde yoğunlaştırma, sızıntılı boru, bozuk kanal(kanalizasyon) ve ısıtma sistemindeki veya binadaki boru tesisatındaki yoğunlaştırma. Biraz nadir olmakla beraber, eğer bir yoğunlaştırma analizi gerekliyse, metotlar teknik notlar 7C ve 7D ile tanımlanmıştır.

2.3.6.1.10.Düzeltilmeler ve solüsyonlar

Görünen efflorescent tuzlara neden olan mekanizmalar tespit edildiği zaman ve tuzların veya nemin kaynağı teşhis edildiği zaman (genellikle sonuncusu), yapılan uygun düzeltmelerin problemi söylenmelidir. Çiçeklenme problemler hakkında bunun gibi solüsyonlar duvar içine suyun girişini önleyici ve duvardan çiçeklenmenin kaldırılmasını genellikle içine alır.(Brocken 2004)

2.3.6.1.11.Tabaka

Silikon ve akrilik uygulamalar çiçeklenmenin önlenmesi için önerilen açık solüsyonlar arasındadır. Duvar için kaplamanın uygulaması çiçeklenmenin tekrar olmasını önleyebilir. Bununla beraber çiçeklenmeye eğilimi olan duvar için kaplama uygulaması çiçeklenmenin meydana gelmesine neden olan mekanizmaları durdurmakla beraber duvarın ayrılıp dağılmasına da neden olabilir.

Duvar içindeki su girişinin artması solüsyon içindeki çözülebilir tuzları yine de götürecektir. Sonra su işleminden geçirilen yüzeye doğru hareket edeceği gibi daha çok yüzeyden tabaka etkisinin iç derinliği (genellikle ¼ ile 1/8 [6 ile 3 mm]) nde duracaktır.

Bu noktada su buharlaşacak, buhar işleminden geçmiş yüzeye doğru gidecek ve problem kalkacaktır. Bununla beraber çözülebilir tuzları içeren su buharlarının olduğu noktadaki duvarda kalıntı olacaktır. Kristal büyümesi bu noktada ufak taşlı tuğlanın olması sonucunda çok büyük basınç gelişebilir. Bu tabakalar çiçeklenme problemleri için muamele iken tavsiye edilmeyen sebeptir.

2.3.6.2.Çiçeklenmenin Kaldırılması

Genel bir kural olarak, duvarın yüzeyinden efflorescent tuzların kaldırılması nispeten kolay bir operasyondur. İfade edildiği gibi daha çok efflorescent tuzlar suda çözülebilir ve çoğu hava etkisiyle meydana gelen değişiklikle görülecektir. Bu özellikle doğru olan ‘yeni yapı çiçeklenmesidir.’

Yüzey için daha çok tuzların alınabildiği önemli daha çok nemin uygunluğunda bu sonuçlardan beri kuru, ılık havada ayrı tutulan tuğla işinin yıkanabilen çiçeklenme olmayan için genellikle advisable olmaz. Birçok efflorescent tuzlar kuru fırçalamayla kaldırılabilir.(Ramirez 2005)

Duvardaki diğer benekler ve efflorescent tuzların kaldırılmasına dair tavsiyeler için teknik notlara bakılabilir. Özel onarım yeni duvarın temizleme operasyonunda çalışılabilir. Uygunsuz prosedürler ve hatalar çiçeklenmeye ve/veya diğer beneklere neden olabilecek veya yardım edecektir.

2.3.7. Çiçeklenmeyi Nasıl Durdurabiliriz?

Su ve tuzu tuğladan uzak tut; temiz su veya asid solüsyonu ile bunları ortadan kaldır

Yazın sonu. İşi tam vaktinde bitirmişsiniz. Harika gözüküyor. Mimar ve müşteri memnun. 2 ay sonra öfkeli bir telefon görüşmesi yapıyorsunuz:’tuğlalarda büyüyen beyaz lekeler var. Korkunç gözüküyor. Neler oluyor?’

Hemen hemen bütün bina müteahhitleri bu problemle karşılaşır: çiçeklenme, hastalığı andırır şekilde tuğlaya saldıran, öngörülemeyen beyaz (bazen yeşil) tuz katmanları. Buna ne neden olur? Nasıl bunun önlersiniz? Nasıl bunu ortadan kaldırırsınız?(Anonim 2006)

2.3.7.1.Sebepler

Çiçeklenme tuğla birimlerindeki veya harçtaki çözünebilir tuzların yüzeye sızması ile oluşur. Duvara işleyen su, tuzları ayrıştırır. Sonra duvar kururken tuz solüsyonu yüzeye çıkar, su buharlaşır ve duvar yüzeyinde tuz katmanı oluşur.

Çiçeklenmenin oluşması için 3 koşul birlikte bulunmalıdır:

- Duvar içinde çözünebilir tuzlar bulunmalıdır
- Su bir solüsyon oluşturabilmek için tuzlar ile bir araya gelmelidir.
- Tuz solüsyonu, buharlaşabileceği yüzeye çıkmalıdır

Geleneksel tuğlacılıkta imalat hava koşullarına maruz bırakılır, tuzları yok etmek, suyun işlemlerini önlemek veya duvarı suyun yüzeye çıkabileceği yollar olmaksızın imal etmek hemen hemen imkansızdır. Tek pratik çözüm bu üç etkenin yaygınlığını minimuma indirmektir.(Ramirez 2005)

Harçlar, kullanılan çimento türüne bağlı olarak, içerdikleri çözünebilir tuzların miktarına göre değişiklik arz eder. Çimento genellikle çiçeklenmeye neden olan çözünebilir materyalin çoğunu içerir. Yüksek alkali içerik ve kireç taşı safsızlıkları çoğunlukla sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunu halletmek için bazı şirketler duvar harçlarında harcı kullanmak için düşük alkalili, lekesiz çimento geliştirdi.

Hidratlı kireç göreceli olarak daha saftır ve genellikle kile 10 kat daha az çiçeklenme ihtimaline sahiptir. İyi yıkanmış kum ve temiz ve içilebilir su da çok fazla çiçeklenmeye neden olmaz.(Ramirez 2005)

Paletler olmaksızın doğrudan toprağa depolanması tuğlalar yer suyundan çözünebilir tuzları emebilir. Yüksek seviyede sanayileşmiş bölgelerde asit yağmurları da çözünebilir tuzların tuğlalara bulaşmasına neden olabilir.

Çiçeklenmeyi oluşturan rutubet tuğlaya işleyen yağmur suyundan veya yapıda yoğunlaşan su buharıyla gelebilir. Bitmemiş duvar düzgün bir şekilde hava koşullarından korunmaz ise yağmur ve kar da yapım esnasında duvara işleyebilir.

2.3.7.2.Çiçeklenmeyi önlemek

Kullanılan materyalin safsızlık derecesine rağmen, eğer uygun önlemler alınır ve yüksek işçilik kullanılır ise çiçeklenmenin ortaya çıkması muhtemel değildir. çiçeklenmeyi önlemek için özellikle nemli bölgelerde aşağıdaki adımları takip ediniz:

- Az veya orta derecede emme yapan tuğla birimleri kullanılır. Cephe tuğlası ASTM C-67'e göre test edildiğinde 'efflorescencesiz' olarak derecelendirilmelidir.
- Harçta düşük alkalili, lekesez veya beyaz çimento kullanılmalıdır.
- Yüksek oranda kireç/çimento oranı olan harç kullanılmalıdır.
- Duvar birimlerini yerden uzak tutunuz ve su geçirmez koruyucular ile muhafaza ediniz.
- Tamamlanmamış duvarların tepesini sudan uzak tutmak için örtünüz.
- Korkuluklu duvarları uygun bir şekilde parlatınız.
- Kornişler veya projecting membranlara saçakları kurun.
- Yerden rutubetin yayılmasını önlemek için duvar boyunca duvarın temeline flashing(eklem yerini su sızdırmaz hale getirmek için binaların dış yüzeylerine yerleştirilen ince tabakalı malzeme) kurun.
- Duvarda su girdiği zaman birikebileceği yerlere, flashing (eklem yerini su sızdırmaz hale getirmek için binaların dış yüzeylerine yerleştirilen ince tabakalı malzeme) kurunuz.
- Duvarın dış cephesinde flashingin hemen üstüne weep hole(göz yaşı çukuru:içerdeki suyun belli noktalara çıkıp oradan da süzülerek yada buharlaştırılarak

uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla beton yada harç bağlantılarında oluşturulan açıklık) 'lar kurunuz. Flashing in kesimlerinin üst üste geldiğinden ve birbirini kapadığından ayrıca uçlarının yukarı dönük ve kapalı olduğundan emin olunuz.

- Duvar, kapı ve pencere açıklıkları arasındaki bütün bitişme yerlerini macunlayın.
- Tam, sıkı ve hava şartlarına dayanıklı harç kesimleri üretiniz, tuğla duvarına yağmur, soğuk ve dona maruz kalacağı kısımlar konkav veya v-şekilli bitişmeler kullanınız.
- Çatlama harç bitişim yerlerini kapayın.(Anonim 2004)

2.3.7.3.Çiçeklenmeyi ortadan kaldırmak

İyi tasarlanmış, iyi imal edilmiş duvarda çoğu çiçeklenme geçicidir. Tuzlar çözünebilir olduğundan, lekeler genellikle yıkama ile veya normal yağmur ve hava koşulları ile ortadan kaybolur. Harici bir tuz kaynağı olmadığı müddetçe zamanla daha az çiçeklenme ortaya çıkar.

Diğer çiçeklenme yoğun yağışlarla ortadan kaybolur, yıllar sonra ortaya çıkar. Çiçeklenme harcın ufalanmasına ve duvar birimlerinin dökülmesine böylece duvarda açıklıklara neden olur. Çözünebilir alkalili tuzlar, genellikle sodyum ve potasyum sülfatlar, bu tekrarlayan çiçeklenmenin ana sebepleridir.

Çoğu çiçeklenmeyi kurutmadan sonra temiz su ile yıkamak ile ortadan kaldırabilirsiniz. Yüksek miktarda veya inatçı beyaz çiçeklenme katmanlarını 1 ölçek muriatik aside 12 ölçek su solüsyonu ile ortadan kaldırabilirsiniz. Aldığımız muriatik asid solüsyonu seyrelttiğinize emin olun, güçlü asid solüsyonları renkli harç veya katı bloku ağartabilir ve ufalayabilir. Bütünsel olarak renkli katı harç için daha seyreltilmiş, belki sadece %2lik, asid solüsyonları kullanmak zorunda kalabilirsiniz.(Brocken 2004)

Duvarın görünüşüne zarar vermeyeceğine emin olmak için solüsyonu tüm duvara uygulamak zorunda kalabilirsiniz. Asid solüsyonunu manganez renklendirici üyeler içeren açık renkli, kahverengi, siyah, krem ve gri kil tuğlalarda kullanmayın; asid bu tip tuğlalarda yeşil veya kahverengi lekelerine sebep olabilir. Ayrıca asidi asla yeşil çiçeklenmeye uygulamayınız.

Asidi uygulamadan önce, asidin duvarın derinine işlemesine ve böylece duvara zarar vermesine engel olmak için, her zaman duvarı su ile doyurun. Sonra asid solüsyonunu püskürtün, 5 dk civarı bekleyin ve çiçeklenmeyi süpürün. Daha sonra tüm asidi gidermek için temiz suyla yüzeyi bolca yıkayın. Metal aletler, fırçalar veya karışımı aletlerle kullanmayınız. Ayrıca ovalama eldiveni, gözlük ve diğer koruyucu giysiler giydiğinizize emin olun.(Merrigan 1986)

Temiz su engelleyici astar genellikle çiçeklenme problemleri için çözüm olarak önerilir. Bununla birlikte eğer rutubetli ve tuz içeren duvara temiz su engelleyici astar uygulanır ise çiçeklenme daha zararlı sonuç ile karşılaşılabilir. Tuz solüsyonlarının büyük kısmı dış yüzeye çıkmak yerine su engelleyicisinin iç kısmında durur. Su daha sonra engelin arasından buharlaşır ve tuzu duvarın içinde biriktirir. Sonunda bu tuz birikimi duvarın yüzeyinde dökülmelere sebep olabilecek muazzam basınç uygular. Genellikle temiz su engelleyicileri çiçeklenme için bir koruyucu önlem olarak kullanmamalısınız.

2.3.7.4.Ne zaman endişelenmeli?

Kil, beton ve taş duvarın hepsi çiçeklenmeden etkilenir fakat koyu renkli tuğla ve taşta en çok fark edilir.

Çiçeklenme herhangi bir zamanda ortaya çıkabilir. Sıcaklıkların düşük ve buharlaşmanın yavaş olduğu fakat en çok sonbaharın sonlarında, kışın ve baharın başında yaygındır. Sıcak yaz aylarında tuğla duvar çabuk kuruyacağından çiçeklenme genellikle yazın ortaya çıkmaz.

Bu çok erken probleme katkıda bulunur; bir binanın her sorundan etkilenmeyeceğine garanti etmek imkansızdır. Bir sanayi uzman müteahhitlerin müşterilerini yeni çiçeklenme karşı erken olarak uyarmasını tavsiye etmektedir. Hangi önlemlerin alındığını ve ortaya çıkarsa düzeltmek için nelerin yapılabileceğini onlara söyleyin. Bu öfkeli bir telefon görüşmesini önleyebilir.(Technical Notes 1997)

2.3.8.Yapı Çiçeklenmesi

Çiçeklenme suda çözülebilir tuzların duvar yüzeyinde kristal şeklinde çökeltisidir. Çiçeklenme çirkin gözükmeye ve ortadan kaldırmak için uğraştırmasına rağmen ne tuğla duvarcılığına zararlıdır, ne de duvarın yapısal bütünlüğüne etki eder. çiçeklenmenin oluşması için birkaç durumun varlığı gereklidir; duvara sızacak bir su kaynağı olmalı, duvarın içinde çözünebilir tuzlar olmalı ve suyun duvarın yüzeyine çıkabileceği ve buharlaşabileceği bir yol olmalıdır.

Çiçeklenme nadiren ortaya çıkar ve ne zaman çıkacağını kestirmek güçtür. Buna rağmen çiçeklenme genellikle nemli ve soğuk havalarda ve de binanın bitiminden sonraki yakın zamanla ilişkilidir.

Tuzun kaynağı ya harçtaki çimento ve/veya kireçte, bitişik malzemelerde ya da nadiren tuğlada olabilir.(Brocken 2004)

Yeni inşaat da effloresans ‘yeni yapı çiçeklenmesi’ olarak adlandırılır ve su kaynağı, inşaat sürecindeki malzemedeki rutubettir. İnşaat bitirilince bina bileşenleri kabul edilebilir bir nem oranına kadar kurutulduğunda, çiçeklenmenin ortaya çıkması beklenilmemelidir.

2.3.8.1.İnşaat sırasında çiçeklenmeyi en aza indirmek

Tuğlanın ve/veya duvarın içine giren rutubetin miktarı azaltılarak, inşaat esnasında çiçeklenme kaçınılabılır veya en azından minimum seviyeye indirilebilir. Tuğladaki aşırı rutubet çiçeklenme riskini artırır.

Sert hava koşullarında tuğla küpleri platform üzerinde istiflenmeli ve tahta ile kaplanmalı. Bu tuğlayı yerleştirme öncesi doyunlaşmadan koruyacaktır. İnşaat süresince özellikle sert havalarda, bütün duvarlarının üstü iş aralarında örtülmelidir.

Örtü 2 tarafa en az 600 mm(2¹) uzanmalıdır ve sağlamca yerleştirilmelidir. Ayrıca çatıdan yağmur suyunun duvarlara akması önlenmelidir.(Merrigan 1986)

Bu duvarı örtme yöntemleri ayrıca inşaat süresince duvarda bırakılan açıklıklarda uygulanır. Tipik açıklıklar şunlardır:

- Pencerenin yerleştirilmesi öncesi pencere eşikleri altındaki tuğlalı kısım
- Başlığın yerleştirilmesi öncesi korkuluk duvarlarının üstü
- Macunlama öncesi raf açıkları altındaki yatay hareket kesişimleri

Bu açıklıklar genellikle başka bir iş bölümüne yöneliktir, fakat bu iş bölümünü planlama esnasında bazen belli bir süre için açık kalmaktadır. Bu açıklıklar hazır su giriş noktalarıdır ve yoğun çiçeklenme ile neticelendirilir. Bu durumlarda yukarıda açıklandığı gibi hava koşullarına maruz kalan, tuğlaların üst kısımları uygunca örtülmelidir.(Anonim 2001)

2.3.8.2.Çiçeklenmeyle uğraşmak

Çiçeklenmeyi ortadan kaldırmadan önce tuğlaları tamamen kurutmaya bırakmak tavsiye edilmektedir. Henüz çiçeklenme oluşurken tuğlaların kurumaması için henüz daha zaman varken Çiçeklenmeyi temizlemeye çalışmak etkisizdir.

Çiçeklenmeyi ortadan kaldırmak göreceli olarak kolaydır. Çiçeklenme tuzları suda çözülebilir ve genellikle normal havalarda kendiliğinden kaybolacaktır. Bu özellikle ‘yeni yapı çiçeklenmesi’ için doğrudur.

Eğer acil olarak ortadan kaldırmak gerekirse, çiçeklenme tuzları kuru fırçalama ile veya temiz su ve sert fırça ile ortadan kaldırılabilir. Bu yöntemler etkisiz olursa uygun temizleyici etkenlerin kullanılması düşünülebilir.

Bütün temizleme prosedürlerinde olduğu gibi, binanın kalanını temizlemeden önce, yöntemin işe yarayıp yaramadığını öğrenmek için önemsiz bir bölgedeki örnek panelde deneme tavsiye edilmektedir. Yöntemin etkinliğine karar vermeden önce her zaman duvarın kurumması için 3 gün bekleyiniz. Duvar eğer ıslaksa çiçeklenmenin gözükmeyeceğine dikkat edin.(Technical Notes 2000)

Tahmin etmek güç olsa da çiçeklenme tipik olarak kış ve bahar başlarında olduğu gibi soğuk ve nemli havalarla ilişkilidir. Özellikle soğuk kuzey iklimleri için işleminden sonra ve bahardan önce duvarı temizlemek amacıyla aşırı su kullanmaktan kaçınılması bu uygulamanın çiçeklenme riskini arttıracak için tavsiye edilmektedir.

2.3.8.3. Tuğlanın test edilmesi

Eğer tuğla için bir çiçeklenme testi istenirse bu ASTM C67 ‘tuğla ve yapısal kil kiremitin örnekleme ve testi için standart test metodu’ veya CSA A82,2 ‘tuğlanın örnekleme ve test edilme metotları’ uygun olarak yapılmaktadır. Test sonrası tuğla ‘çiçeklenme olmamıştır’ olarak derecelendirilmelidir.

Çiçeklenme testi, belirtilmediği müddetçe, niteleyici gereksinim olarak değil, bilgi sağlamak amaçlı olarak görülmelidir. Tuğla ‘çiçeklenme olmamıştır’ olarak derecelendirildiği halde çiçeklenme görülebilir. Tersinden, tuğla, ‘çiçeklenme olmuştur’ olarak derecelendirildiği halde çiçeklenme olmamış olabilir.

Not: ASTM C67’de ‘çiçeklenme olmamıştır’ derecesi, Kanada standardı olan CSA A82.2’de tanımlanmış ‘hafif çiçeklenme’ derecesi ile aynıdır.(Technical Notes 1997)

2.3.8.4. Çiçeklenmeye ilişkin diğer hususlar

Çiçeklenmenin aşırı durumlarında, yıkama sonrası duvar yüzeyinde ince bir yara tapası katmanını uygulanabilir. Bu tuzları tuğla yüzeyinin dışına atacaktır. Yara tapası daha sonra temiz su ile yıkanabilir.

Tazyikli su ile yıkamak, bu işlem ilave suyun duvar içine girmesiyle daha fazla çiçeklenme oluşturacağı için çiçeklenmeyi ortadan kaldırmak için tavsiye edilmemektedir.(Anonim 2001)

Eğer tekrarlı olarak çiçeklenme oluşuyorsa bu duvara giren aşırı rutubetin göstergesidir. çiçeklenme, çatı drenajının hatalı olduğu veya içerideki havanın exfiltre olduğuna dair faydalı bir gösterge olarak kullanılabilir. Daha fazla çiçeklenme önlemek için bu rutubet kaynağı belirlenmeli ve ortadan kaldırılmalıdır. Bu rutubeti ortadan kaldırmak ilerdeki rutubet ilişkili problemlerin azalmasına yardım edecektir.

2.3.8.5.Kireç akıntısı ve ‘sızdırmak’

Bu nadir bir olgudur. İnce bir yüzey çökeltisi olan normal çiçeklenmeden ayrı olarak kireç ağlaması lokal bir bölgede kalın bir tabaka oluşturur. Genellikle kesişim yerlerinde çatlaklarda ve temel duvarı seviyesinde ortaya çıkar. Kireç ağlamasını ortadan kaldırmak daha zordur.

2.3.9.Kil Tuğlasının Temizlenmesi

Bu bölümde işçiliğin yönleriyle uğraşmak gibi güvenilir prosedürleri göz ardı etmekle veya boya sıçratmak, vb kazayla yüzeyinde biçimsel bozukluklar meydana gelmiş tuğla işçiliğini temizlemek için kullanılan teknikleri açıklamaktadır.

Doğal olarak engel olmak iyileştirmekten daha iyidir ve tamamlanmamış tuğla işçiliğinin korunması genelde maliyetli düzeltici çalışma yapmak ihtiyacından kaçınmak için dikkatlice düşünülmeli ve uygulanmalıdır.

Açıklanan bazı teknikler daha önce inşa edilmiş binaları temizlemek içinde uygun olabilir fakat bu durumlarda temizlenecek alanlar çok geniş olabilir veya ortadan

kaldırılacak çökeltilerin tabiatı, daha karmaşık, uzman şirketlerin ve ekipmanların müdahalesine ihtiyaç gösterebilir.(Brocken 2004)

Temizleme ihtiyacından kaçınmak için güvenilir yer pratiklerinin önemi aşırı vurgulanmış olamaz. Bu bağlamla kısmi ilgi, tuğlaları ve tuğla işçiliğini yağmur ve kardan aşırı ıslanmaktan korumaktır. Uygun korumayla hasarsızlık hemen hemen kesin olarak çiçeklenmeye neden olur ve belli tip tuğla ayrıca demir ve/veya manganez lekesi üretir.

Rastlanılan lekelerin çoğunu ortadan kaldırmak bir kez ortaya çıktıktan sonra çok daha zordur. Nerede leke belirdi ise, örneğin harç sıçraması, mümkün olduğunca çabuk temizlenmelidir. Normal tuğla işçiliğinin temizlenmesi müteahhitin sorumluluğundadır ve yapı iskelesini bozmadan önce son operasyon olarak yerine getirilir. Ana temizleme operasyonu öncesinde deneme ve hazırlık iyi yapılmalıdır. Denemeler sınırlı alanlarda yapılmalı ve başarılı olduğu görüldüğünde, ilave masraftan kaçınmak için derhal diğer bölgelerde devam edilmelidir.(Technical Notes 1997)

2.3.9.1.Havanın Etkisi

Islak tuğlayı donmaktan korumak için uygun önlemler alınmadığı müddetçe buzlu havalarda temizleme işi yapılmalıdır.

Temizlenecek alanların erkenden korumasını önlemek için sıcak havalarda temizlenecek tuğla işçiliğinin gölgede tutulması tavsiye edilmektedir.

2.3.9.2.Leke veya çökeltinin ve duvar malzemesinin belirlenmesi

Temizleme işine başlamadan önce leke veya çökelti türünün ve temizlenecek malzemenin tabiatının belirlenmesi zaruridir. Kıl ürünleri için mükemmel olabilen memnuniyet diğer ürünler için zararlı olabileceği için malzemenin tabiatı önemlidir.

Uygun olmayan temizleyicilerin kullanılması çıkartılması çok zor olan, daha ileri ve kalıcı renk bozukluklarına neden olabilir.(Technical Notes 2000)

Bu yeni yapılmış tuğla işçiliği durumunda, tuğlanın üreticisine erken zamanda danışılmalıdır. Çoğu üretici belirli ürünlerinin temizlenmesinde ayrıntılı tecrübeye sahiptir ve lekeyi belirleyebilir ve tatmin edici olduğu görülmüş temizleme tekniklerini tavsiye edebilir.

Çiçeklenme ve lekeyi birbirinden ayırmak önemlidir. Çiçeklenme doğal hava koşullarına maruz bırakılması şiddetle tavsiye edilmektedir. Kısa bir zaman içinde gelişmeler görülebilir fakat bazı ürünler daha uzun bir periyod birkaç mevsimlik bir zaman içinde anlaşılır.(Merrigan 1986)

2.3.9.3.Kimyasal temizleme için gerekli ölçüler

Kimyasal temizleme yöntemleri kullanılacağı zaman öncelikle tuğlanın yüzeyinin ıslanması gerekmektedir. Islatma, emme azalana ve duvarın gözle görülür derecede ıslanana kadar devam etmelidir.

Hiçbir durumda tazyikli su kullanılmamalıdır. Bu potansiyel zarara ve artan çiçeklenme ihtimaline neden olabilir. Uygun miktarda su kaynağı mevcut olmalı ve yıkanmış binanın diğer kısımlarına temas etmediğinden emin olmak için gerekli dikkat gösterilmelidir.

Polythene veya benzer bir tabaka akan suyu toplamalı ve uygun bir kaba kanalizasyon için kullanılır.

Kimyasalın yüzeyde kurummasına müsaade edilmelidir. Tersine beklenmedikçe kimyasalın kullanılması sonrası izlerin kaldırılması için suyla yıkanmalıdır.(Merrigan 1986)

2.3.9.4.Şantiye güvenliği önlemleri

2.3.9.4.1.Küçük bölgeleri temizleme

Temizlenecek alan göreceli olarak çizik olduğundan uygun metot büyük boya fırçası veya püskürtmeyle ıslanmalıdır. Kimyasal madde sonra boya fırçası kullanılarak uygulanabilir. Uygulama sonrasında, tuğla yüzeyinde kimyasal kalmadığından emin olmak için sıklıkla fırçayı temizlemekle birlikte temizlenen alanın sert bir fırçayla ve suyla ovulması gerekli olabilir.(Anonim 2006)

2.3.9.5.Tuğla İşçiliğindeki Leke Ve Çökeltiler

Genellikle hidroklorik asit bazlı bir yağın tescilli marka temizleme ürünleri mevcut ve üreticilerin önerileri talep edilmelidir. Bunlar bölgesel ticari pazarlarda mevcuttur.

2.3.9.5.1.Harç ve betonda çimento lekesi

Geniş çökeltileri tuğla yüzeyine zarar vermemek için tahta aletlerle ortadan kaldırınız. Duvarın ön ıslanmasından sonra harç kalıntılarını boya fırçası kullanarak %10luk hidroklorik asit solüsyonu ile dikkatlice gideriniz.

Daha açık olan tuğla renkleri için %5lik asit solüsyonu tavsiye edilmektedir. Asit uygulaması çimento bileşenlerini parçalamaktadır. Önerilen solüsyon kil tuğlaya zararlı değildir.

Eğer yukarıdaki metot renkli harç için başarısız ise renkli harç üreticisinden uzman görüşüne başvurulmalıdır. Eğer harçta kullanılan kum kabul edilebilir oranda kil ihtiva ediyorsa, kil tuğla bünyesine girebilir. Bunu ortadan kaldırmak sıcak sabunlu su uygulaması ile mümkün olabilir. Olma hareketi gerekli olabilir fakat kum yapılı tuğlalarda dikkat edilmelidir.(Anonim 2004)

2.3.9.5.2.Kireç akıntısı

Bu tür lekeleme inşa esnasında doymuş yeni tuğla işçiliğinde ortaya çıkabilir. Ayrıca belli şartlar altında eski tuğla işçiliğinde de ortaya çıkabilir. Bu doymuş harç veya beton ve kalıp taş birimlerinden gelebilir. Ve aşırı nemli şartlarda kireç sızması türer.

Henüz yeni oluştuğunda sert fırça ve su ile ovalayarak ortadan kaldırılabilir. Hava koşullarına bırakıldığında kireç akıntısı sertleşerek kalsiyum karbonat olarak bilinen kabuk halini alır.

Bu durumda çimento lekesinde olduğu gibi asit uygulaması gerekir.

2.3.9.5.3.Kir, çamur, duman ve is

Bu tür birikintiler genelde temizlenmesi zor olacak uzun dönemli havadaki maddelerin birikintisidir. Ovalama tozu ve sert fırça eğer yapı fazla pürüzlü değilse etkili olabilir. Kum yapılı ürünlerde dikkat edilmelidir. Bazı alkalili deterjanlarda ve emulsifying maddeler ile temizleyici ile uygulandığında etkili olabilir.

Eğer bunlar sıcak sabunlu su ile ovalandığında akamaz ise anlaşmalı uzman temizleyicilerin teknikleri gereklidir. Buna asıl rengi kazandırmak için kozmatik boya maddeleri dahil olabilir.(Ramirez 2005)

2.3.9.5.4.Yağ, makine yağı ve katran

Daha ağır birikintiler mümkün olduğu müddetçe tuğla yüzeyine zarar vermekten kaçınmak için absorbe edici maddeler veya tahta ve benzeri aletlerle kazımak usulüyle kaldırılmalıdır. Aeresol dondurucu spreylerde katran için kazıma öncesi kullanılabilir.

Çevredeki tuğlalar etrafa yayılmasını önlemek için öncelikle ıslanmalıdır. Birikinti veya lekenin etrafında absorbe edici madde ile çevrelenmelidir. Bunu sıcak suda yağ çözücü

sıvı dağıtımı işlemi takip etmelidir. İnatçı birikintiler sert fırça ile fırçalamayı gerektirebilir.

Kalıntıların giderilmesi için uygun miktarda absorbe edici maddenin sağlandığından emin olun. Derine işlemiş lekeler için anlaşmalı uzman temizleyiciye başvurulur.

2.3.9.5.5.Organiklerin büyümesi

Bu tür büyümeler doğal olarak oluşur ve dolgun bir görünüş verir. Genelde sürekli olarak doğrudan güneş ışığından uzakta ve uzun süre soğuk ve rutubette kamış tuğla işçiliğinde görülür. Bu tür büyümelerin ortadan kaldırılması gerektiğinde algaecide uygulaması bunları yok edebilir. Biocide uygulaması tekrar büyümelerini yavaşlatmaktadır.

2.3.9.5.6.Boya ve grafiti

İkisini de ortadan kaldırmak güçtür. Sertleşmiş boya özellikle böyledir. İmalatçının talimatına uygun olarak uygun suda çözünebilir boya sökücüler kullanılabilir.

Boya çözücü kullanıldığında akan atık suyu kanalizasyona akmasını önlemek için dikkat edilmelidir. Boya çözücüler zararlı kimyasallardır ve sağlık ve güvenlik gereksinimlerinin karşılandığından emin olmak için dikkat edilmelidir.

Lekenin tabiatının anlaşılmaması yanlış uygulamanın sorunlara yol açabileceği ve diğer lekeleri etkileyeceğinden zararlıdır.(Ramirez 2005)

2.3.9.5.7.Beyaz Çiçeklenme

Çiçeklenme duvar kurduğunda tuğla ve taşın yüzeyinde kalabilen çözünebilir mineralin birikintisidir.

Kil tuğla ve çimentolu ürünler veya harçtan doğal olarak ortaya çıkar. Ayrıca yayılma olarak örneğin toprak ve sudan veya havadan taşınmayla oluşabilir.

Çiçeklenme ilk defa bina kurulurken aşağıdaki koşullarda oluşabilir.

Birçok hava koşullarının tekrarıyla, belli koşullar altında daha az yaygın olarak tekrar belirebilir.

Doğal olarak hava şartlarında kaybolması için bırakılabilir fakat makbul olan sert bir fira ile firalanması kaybolmasını hızlandırabilir.

Kumdan yapılan ürünlerde dikkat edilmelidir.

Tuğla işçiliğine daha az seviyelerde girmemesi için birikinti toplanmalı ve ortadan kaldırılmalıdır. Bazı durumlarda endüstriyel vakumlu temizleyiciler başarılı olmuştur.

Sık olarak temiz su ile ıslatılmalı temiz ıslak bir süngerin kullanılması ile kalan birikinti giderilebilir. Bu doğal hava koşullarının oluşmayacağı iten çiçeklenmenin görüldüğü yerlerde yardımcı olacaktır.(Brocken 2004)

Eskiden yapılmış tuğla işçiliğinde tekrarlayan çiçeklenme nerdeyse her zaman hava koşulları ve diğerlerine karşı koruyucu önlemlerin başarısızlığı ,hatalı oluk ağızları ve diğer benzerlerinin neden olduğu önemli miktar suyun tuğlaya girmesinin göstergesidir.

Beyaz ieklenmenin ortadan kaldırmak için kimyasallar kullanılmalıdır.

2.3.9.5.8.Sarı veya Yeşil ieklenme

Nadir olsada bu tür çiçeklenme özellikle deve tüyü ve krem renginin farklı tonlarında yeni tuğlalarda ortaya çıkar. bunlar geçişli bir metal bileşen olan ve bazı killerin doğal muhtevasında vanadyum tuzlarının varlığından ileri gelmektedir. Eğer bu tür

çiçeklenme gösteren tuğla işçiliği inorganik veya tescilli hidroklorik asit bazlı tuğla temizleme solüsyonları ile yıkanır. Koyu renkli kalıcı olan lekeler oluşur. Bu nedenle çiçeklenme hava koşullarında kendiliğinden kaybolmaya bırakılmalıdır.

Eğer bu çiçeklenmeleri öyle telaffuz edildiği gibi ortadan kaldırmak için kimyasal metotlara ihtiyaç gösterirse aşağıdaki metotlar kullanılabilir. Fakat şiddetle tavsiye edilmektedir ki ilk denemeler tuğla işçiliğinin küçük bir bölgesinde uygulanmalıdır.

Sodyum hipoklorit veya ev parlaticısı konsantre solüsyonu ile fırçalayınız ve parlayınca soda solüsyonu ile (12g/l) yıkayın ve kurumaya bırakın.

Daha kalıcı lekeler için oxolic asit solüsyonu ile (100g/l) fırçalayın. Leke giderilince soda solüsyonu(12g/l) ile yıkayıp kurumaya bırakınız.(Brocken 2004)

Vanadyum tuzları gözükrken diğer lekeleri temizlememeyi unutulmamalıdır.

2.3.9.5.9.Demir lekesi

Bu turuncudan kahverengiye birçok şekilde belirebilir. Ve ham tuğla yüzeyi etkileyebilir. Nemde harç bitişim yerlerinde yüzey lekelerine neden olur. İleri durumlarda tuğla yüzeyinde belirgin en iyisi hava koşullarında kendiliğinden kaybolmaya bırakmaktır.

Demir lekelenmesi zamanla geriye çekilecektir. Fakat aşağıdaki tekniklerle lekenin ortada kaldırılması uygun bulunmuştur.

Harç bitişim yerlerinin yüzeyindeki lekenin silinmesi en iyi yuvarlak törpü veya karborondum slip ile kazımak veya ovmak ile başarılıdır. Toptan temizleme gerektiğinde aşağıdaki kimyasal işlem başarılı bulunmuştur. %5-10'luk hidroklorik asit solüsyonu ile fırçalayınız. Taze lekelerde bu genelde tatmin edicidir. Bu maddeyi elde etmek için tescilli tuğla temizleyiciler etkili olabilir fakat bütün temizleyicilerde olduğu gibi küçük

bir deneme alanında uygulanmalıdır. Daha kalıcı lekelerde tekrar uygulaması gerekli olabilir. (Merrigan 1986)

‘Kimyasal temizlemede gerekli ölçüler ‘ ve şantiye güvenliği önlemleri tavsiyelerini takip ediniz.

2.3.5.9.10.Manganez lekesi

Bu demir lekesine benzer genelde koyu kahverengi ve siyah renklidir. Ve temizleme işi benzerdir. Kimyasal temizleme gerekirse aşağıdaki yöntemler uygulanabilir. Yeni lekelerde %5 %10 hidroklorik asit solüsyonu veya tescilli bir tuğla temizleyici ile fırçalayınız.

Daha ciddi durumlarda hidroklorik asit %10 ve hidrojen peroksit bileşik solüsyonu etkili olabilir veya alternatif olarak lekeyi oksalik asit solüsyonu(100-120g/litre) ile boyayınız.(Ramirez 2005)

2.3.9.5.11.Mavi tuğlaların lekelenmesi

Mavi tuğlaların lekelenmesi genellikle peacocking (tavus kuşu) olarak adlandırılır. Tuğlaların yüzünde lekenin yağ rengindeki türü olarak belirir ve bu ürünlerin doğal karakteristiğidir.

Mavi tuğlaların en yaygın lekesi peacocking (tavus kuşu)na benzeyen kalsiyum birikintilerini tuğlaların yüzünde kurummasına neden olan inşaat öncesinde ve inşaat süresince tuğlaların ve tuğla işçiliğinin doyumu ile ilişkilendirilir.

Bu lekenin ortay çıkmasının minimuma indirilmesinde ve çoğu durumda önlenmesinde kullanılmamış tuğlalara ve tamamlanmamış tuğla işçiliğine iyi inşaat koruması gereklidir.(Technical Notes 1997)

2.3.10.Tuzların Bulaştığı Gözenekli Örneklerin Higroskopik Davranışları

Anıtların duvarlarındaki bozulmaların ana sebeplerinden biri tuz kristalizasyonudur. Duvardaki tuz içeriği zararların sebeplerinin güvenilir bir şekilde teşhis edebilmek için bilinmesi gereken önemli bir parametredir. Gerçekte duvardaki tuzun varlığı sadece tamir işinin verimliliğini azaltmaz ayrıca zararlı tuz kristalizasyonu sürecinin ortaya çıkmasında potansiyel risk oluşturur. Tuz içeriğini ve mevcut tuzun türünü tespit etmek için farklı metotlar ve araçlar mevcuttur fakat bunların çoğu oldukça çok pahalı ve zaman alıcıdır. Bu nedenle diğer daha ucuz ve hızlı metotlar tercihen uygulanır. İnşaat işinde genelde tuz içeriğinin mevcudiyetini gösteren bir işareti elde etmek için çimento tozu örneklerinin higroskopik rutubet bulundurması ölçülür. Bu metot, HMC ile tuz içeriği arasındaki lineer ilişki nedeniyle ucuzdur, basittir ve materyale tek çeşit tuzun bulaşması durumunda mevcut tuzun miktarı için güvenilir sonuçlar verir. Bununla birlikte uygulama doz genelde olduğu üzere, tuzların karışımı söz konusu olduğunda HMC ile tuz içeriği arasındaki doğrusal ilişki belirgin değildir ve HMCnin ölçülmesi tuz içeriğinin niceliksel değerini değil sadece tuzun varlığına bir işaret verebilir. Bu yazı kil tuğlada tek tuz veya karışık tuz olarak verilen sodyum tuzlarının higroskopik davranışı üzerine yapılan araştırmanın deneysel sonuçlarını sunmaktadır. Elde edilen sonuçlar tuz içeriği ile higroskopik rutubet içeriği arasındaki açık lineer ilişkiye işaret etmektedir. Bu orantısal ilişki saf tuzların olduğu gibi karışık tuzlarında bulaştığı (tuğla) örnekleri için doğrulanmıştır. Tuz karışımları karışımda bulunan tek tuzun miktarına göre hesaplanandan daha yüksek higroskopik rutubet muhtevası ile uygunluk gösterdiği görülmüştür.

Önceden tahmin edildiği gibi katı tuğla örneklerinin higroskopik davranışı ile tuğla tozu arasında ciddi bir fark bulamamıştır, sadece tuğla tozunda dengeye ulaşmada daha uzun bir zaman. Bu yazı tek tuzların bulunması durumunda daha pahalı ve karmaşık analizler yerine (örneğin laboratuvar deneyleri) HMC kullanılmasını önermektedir. Bina işinde HMC nin ölçülmesi, geniş çaplı örnekleme ve analizlerden kaçınmak için araştırmanın odaklanacağı en ilginç noktaların seçilmesinde yardımcı olabilir. Bunun yanında farklı RH'larda uygulanan HMC ölçümü bulunan tuzun çeşidi hakkında tavsiyelerde bulunabilir.(Brocken 2004)

Tuğla, taş ve harç gibi altlık malzemelerinde bulunan suda çözünen tuzlar bozulmanın temel nedenidir. Tuzların kökü aşınan kayalar, toprak, yapı taşları, harç ve tuğlalardan sızan iyonlardır. Tuzlar ayrıca doğal veya kirli atmosfer bileşenlerinden veya organik metobolizmalardan kaynaklanabilir. İyonlar seyrek sulu solüsyonlarla bulunur, işleyebilir malzemeye taşınır. Su buharlaştığında iyonlar yoğunlaşır. Böylece solüsyonları sistem içindeki belli tuz seviyesine göre doymuş olur. Bu belli seviye malzeme yüzeyinde veya altında çökeler. Ve efflorescence veya subefflorescence oluşturur. Göreceli nem farklılığın ile tuzlar eriyebilir ve tekrar kristallenebilir. Bu mikroiklimin büyük oranda çözünebilir tuzların aşındırıcı etkilerine neden olduğunu gösterir. Sonuç olarak tuz aşındırması mikroiklim ile tuz konsantrasyonu arasındaki ilişki dikkate alınmaksızın anlaşılmaz.

Gözükabilir tuzların duvardaki miktarı ve dağılımı yüzey iyileştirmesi yapılmadan önce bilinmesi gereken önemli bir parametredir. Aslında bu yüzey iyileştirmesi için konsantrasyon olarak görülebilir. Önceki labaratuvar araştırmaları suni tuz yüklenmiş örnekler üzerindeki ve gerçek durum örnekleri analizi göstermiştir ki duvardaki yüksek tuz içeriği sadece iyileştirmenin etkilerini azaltmıyor ayrıca zararlı süreçleri arttırmaktadır. Tuzların varlığının analizi, türleri, duvardaki miktarı ve dağılımı malzemenin ufak toz örneklerinin mikroskopik rutubet içeriğinin belirlenmesi malzemedeki lokal tuz içeriğini gösterebilecek kolay bir testtir. Aslında suda çözülebilir tuzlar belli bir mikroskopik davranışa sahiptir, yani belli sıcaklıkta ve RH koşullarında havadan rutubeti alırlar ve çözünmeleri gerçekleşir. Sonuç tuzların miktar ve türüne bağlı bir ağırlık artımıdır. Tuz içeriği ile mikroskopik davranış arasındaki ilişki bilindiği sürece tek tuz solüsyonu için malzemedeki bulunan tuzun miktarının belirlenmesi oldukça basittir. Buna karşılık gerçekte farklı tuzlar genelde karışım olarak bulunmazlar. Böylece analizleri oldukça karmaşık hale gelir. Literatürde bu karışımındaki tuzların doyma solüsyonunun denge RH'ı tek tuzda ölçülenden farklı olarak bilinir.[2-4] neticede ayrıca mikroskopik davranışları farklı olacak ve basitçe tahmini etkilemeyecek. Araştırmanın amacı altlık malzemesindeki tuzları analiz etmeye ve uygun bir metodoloji geliştirmektir. Bu şu anlamlara gelir;

- i) Çözülebilir tuzların miktar ve türleri ile bunların ulaştığı malzemenin mikroskobik davranışı arasındaki ilişkiyi bulun.
- ii) Tek tuzlar ve karışımda birleşmiş tuzlar arasındaki farkları gösterin
- iii) Karışımın mikroskobik davranışında ve bu tuzun etkisini değerlendirin
- iv) Aynı tuzların ulaştığı tuğla örnekleri ile tuğla tozu örneklerinin mikroskobik davranışları arasında bir fark olup olmadığını kontrol et.(Brocken 2004)

Birçok değişkenin müdahil olduğu problemin karmaşıklığı nedeniyle başka bir tek tuz üzerine araştırma yürütüldü. Bu ilişki aşamadan elde edilen sonuçlar tuz karışımlarının analizinde bir metodoloji geliştirmekte kullanıldı.

2.3.10.1. Teorik Taslak

Çoğu tuzlar ambient havadan rutubet emmek yoluyla sadece suda değil %100 RH derecesinin altında da çözülürler. Bu ambient havanın RH'ı tuzun doymuş solüsyonun su aktivitesinden yüksek olduğunda gerçekleşir. Su aktivitesi her tuz için farklı ve karakteristiktir. Ayrıca sığa da bağlı olabilir. Eğer RH doymuş çözeltilerinin su aktivitesinin altına düşerse su buharlaşır ve sonuçta tuz çökelti meydana getirir. Eğer RH su değerinin üstüne çıkarsa ilk başta tuzlar erir. Ve sonuçta solüsyon daha çok su emer ve seyrelir. Tuz solüsyonu RH artarken gittikçe daha çok seyrelir. ve RH %100'e yaklaştığında konsantrasyon 0'a yaklaşır, yeni solüsyon sonsuz miktarda seyrelmiştir. Bir solüsyon molalitesi Robinson Stakes denkleminde hesaplanır.

Φ_E = göreceli nemlilik ; $a_w(\%)$ = solüsyonun su aktivitesi; $\eta (-)$ = tuzdaki iyon sayısı ;
 $\Phi (-)$ = molalite ve sıcaklığa bağlı osmotik katsayı; M_w (kg/mol) = suyun mol ağırlığı ;
 m (mol/kg) = solüsyonun molalitesi

Osmotik katsayı elektrolit solüsyonunun idealden sapmasını gösterir ve deneysel olarak bulunmalıdır. Denklem'in osmotik katsayısını bilmek solüsyonun molalitesi ile ambient havanın RH'ı arasındaki fonksiyonel ilişkiyi verir. Bu ilişkiden kolaylıkla altlıktaki tuz miktarı ile tuzun sabit RH da ki belli bir çevredeki higroskopik rutubet miktarı dengesi

arasındaki doğrusal eğri çıkarılabilir. Bu yazıda açıklanan araştırma için kullanılan tuzlara göre tablo 1 literatürde bulunan osmotik katsayıları verir.

3 veya daha fazla iyonun karışımı ile bir çözüm için analizler çok daha karmaşıklaşır. Ub durumunda her tuzun çözünülebilirliği bir çok tuzun konsantrasyonuna bağlıdır. Bir tuz karışımı solüsyonu RH'lı hale Robinson-stokes denklemi ile hesaplanabilir. Fakat çözünürlükler saf tuzlar için olduğu gibi değildir ve osmotik katsayı belli bir solüsyona işaret etmelidir. Durum, tek ve karışım elektrolitlerin her ikisinin deneysel verilerine dayanan Ritzer'in iyon etkileşim modeline göre analiz edilebilir. Bu model üç iyonlu tuz karışımlarının çözünürlükleri denge Rh değerlerinin hesaplanması için Streiger ve zeunert tarafından kullanıldı. Bu yazıda tuz karışımları için hesaplanan solüsyonların teorik konsantrasyonu tek tuz değerlerine dayandırılmıştır; Ritzer modelini doğrulamak yerine araştırma daha fazla, tek tuzlar ile bunların karışım kombinasyonları arasındaki higroskopik davranışların farkının anlaşılması üzerine odaklanmıştır.(Brocken 2004)

2.4.STRONSIYUM MİNERALLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİ

Baryum karbonat düşük derecelerde erimiş camın akışkanlığı ile camın kırılma endeksini artırarak ekranın parlaklığını geliştirdiğinden ve röntgen ışınlarına karşı bir engel oluşturduğundan uzun zamandır siyah-beyaz TV tüplerinde kullanılmaktadır. 1960'ların sonunda renkli TV yapımı yüksek miktarlara ulaşmış ve kullanılan yüksek voltaj daha yüksek seviyede X-ışını yayılımına sebep olduğundan bunun nötralize edilmesi gerekmiştir. Ba ve Sr elementlerinin atom çapları geniş olduğundan yüksek oranda X-ışını emicidirler. Belirli bir frekansta yayılan X-ışınları için stronsiyumun daha koruyucu olduğu düşünülmektedir. Renkli TV tüplerinde daha yüksek voltajlar kullanıldığından Sr kullanılmaktadır. Diğer bir kullanım alanı ile ferritlerdir. Ferritler seramik olarak otomotiv sanayiinde, demir cevheri seperatörlerinde, fotokopi makinaların da ve özel alaşımlarda kullanılmaktadır. Ayrıca aleve verdiği kırmızı renk dolayısıyla havai fişekler ve sinyal maddeleri üretiminde; cam, boya, ilaç sanayiinde; çinko elektrolizinde; kuru fırın ve uçak motoru gibi makinelerde kullanılan mil yataklarını yağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Genelde stronsiyum tüketimi stronsiyum

karbonat şeklinde olmaktadır. Stronsiyum karbonatın son kullanım alanlarına göre tüketimi aşağıdaki gibidir. (Int.Kyn.4)

Stronsiyum karbonatın son kullanım alanlarına göre tüketimi :

Kullanım alanı	% (X1000 t)
Renkli TV tübü	15,2
Elektroseramik	2,9
Çinko rafinasyonu	4,8
Piroteknik	0,8
Seramik ve cam	2,7
Havayi fişek v.s	4,5
Diğer	69,1

2.4.1.Stronsiyum (Sr)

İskoçyanın “ Strontian” kurşun ocaklarında çıkarılan bir mineral içinde keşfedildiği için bu ismi alan, doğada karbonat (stronsiyanit-Sr CO₃) ve sülfat (sölestin-SrSO₄) şeklinde bulunan bir toprak alkali element. Stronsiyumun özgül ağırlığı 2,5gr/cm³ olup, 800°C de erir ve atom ağırlığı 87,63 dür. Stronsiyum hidroksit, şekeri melastan ayırmak için kullanılır ve şekerle çözünmeyen bir bileşik meydana getirir. Stronsiyum, baryum karbonatla birleştirilerek, vakum lambalarının oksit katotlarının yapımında kullanılır; bu lambalarda stronsiyum regülatör rolü oynar.—> Sölestin.

ABD ve Japonya’da üretilen renkli TV tüplerinde yüksek voltajlar uygulandığından Sr kullanılmaktadır. Yüksek voltajda, daha çok x-ışını yayılımını, atom çapı geniş olan Ba ve Sr elementleri emebilmektedir ve belirli bir frekansta yayılan x-ışınları için stronsiyumun daha koruyucu olduğu düşünülmektedir. Avrupa’da daha düşük voltajlı renkli TV’ler üretilmekte ve genelde Ba kullanılmaktadır. (Int.Kyn.4)

Stronsiyumun diğer bir kullanım alanı ferritlerdir. Ferritler otomotiv sanayiinde, demir cevheri seperatörlerinde, fotokopi makinalarında ve özel alaşımlarda kullanılmaktadır. Ayrıca aleve verdiği kırmızı renk dolayısıyla havai fişekler ve sinyal maddeleri

üretiminde; cam, boya, ilaç sanayiinde; çinko elektrolizinde kullanılmaktadır. Genelde stronsiyum tüketimi stronsiyum karbonat şeklinde olmakta ve karbonata dönüşüm işlemi Almanya, ABD ve Japonya tarafından yapılmakta olup, bu ülkeler önemli sölestin ithalatçılarıdır. Stronsiyum karbonatın %69 kadarı renkli TV tüpü, % 15 kadarı elektroseramik olarak, %3 kadarı çinko rafinasyonunda, %5 kadarı piroteknikte, %1 kadarı seramik ve cam endüstrisinde, % 3 kadarı havai fişek vb. imalatında kullanılır.

2.4.2.Baryum

Baryum (Yunanca'da βαρυς = ağır), sembolü Ba olan kimyasal bir elementtir. Baryum manasına gelen weighty kelimesinden türemiştir. İngilizce'de Barite ağırlık yoğunluk manasında kullanılmaktadır. Baryum elementinin atom numarası 56 olup periyodik tablonun 6. sırasında ve 2. grubunda bulunur. 2. grupta bulunması özelliğinden dolayı Baryum bir toprak alkali metalidir. Baryum ilk defa 1774 yılında İsveçli kimyacı Carl Wilhelm Sheele tarafından tanımlanmıştır. Baryum element halinde beyaz-gri metalik rengindedir fakat yüksek reaktivelikten dolayı element halinde bulunmaz. Baryumun hemen hemen bütün bileşikleri ise zehirlidir. Metalik Ba yakıldığında elma yeşili bir renk verir. Metalik halde saklanması çok zordur çünkü aktif bir element olduğu için su, hava ve asitlerle kolayca reaksiyon verir. Toprak alkali gurup içerisinde doğada en yaygın bulunan element Kalsiyum (Ca)dur. Bu sınıftaki metallerin özellikleri bir birine benzemesine karşın bilhassa Kalsiyum, Stronsiyum, Baryum diğerlerinden ayrılır. Bu üç element adı derecede suyu ayrıştırarak Hidrojen açığa çıkarır ve Hidroksit (OH) oluştururlar. Bu Hidroksitler de ısıtıldığında su kaybederek Oksit haline dönmektedirler. Karbonatları ısı karşısında kolay ayrışmasına karşın Baryum Karbonat ($BaCO_3$) en zor ayrışandır. Sülfatları suda hemen hemen hiç erimez.(Int.Kyn.2)

En sık bulunan ve en çok kullanılan Baryum kaynağı Barit madenidir. Doğada sedimanter (tortul, çökme ile) meydana gelmiş olarak bulunur. Denizlerin ya da suların taşınmasıyla tabakalar meydana gelmiştir. Genellikle sıcak su çıkan bölgelerde görülür. Kurşun, Gümüş, Çinko üretiminde kullanılır. En son kullanım alanlarından birisi ise fren balatalarının altlık malzemesi olarak kullanılmasıdır.

BaSO₄: Zehirlidir. Florosans (Gama ve X ışını saçar) özelliğe haiz olduğundan tıpta kanser teşhislerinde, kağıt kaplamalarda, boya sanayiinde, plastik, tekstil, mürekkep, kauçuk, batarya ve pil yapımında kullanılır.

BaCO₃: Zehirlidir. Özel camların yapımında, klor ve NaOH üretiminde kullanılır.

BaO: Solventlerden suyun uzaklaştırılmasında ve petrol sanayiinde kullanılır.

BaNO₃: Havai fişeklerde, sıçan zehirlerinde, seramik sırlarda kullanılmaktadır.

Atom kütlesi 137,327

Atom yarıçapı 215 pm

Özkütle 3620 kg/m³

Erime noktası 1000 K(İnt.Kyn.4)

3.MATERYAL VE METOT

3.1.DENEY PROGRAMI

Bu çalışmanın amacı, tuğla üretiminde çiçeklenme etkisinin giderilmesidir. Tuğla toprağı içinde bulunan suda çözünebilen tuzlar Çiçeklenme (efflorescence)'ye neden olmaktadır. Suda çözünebilen kalsiyum (CaSO_4), potasyum (K_2SO_4), sodyum (Na_3SO_4) ve magnezyum (MgSO_4) sülfat tipi tuzlar pişmiş kil bünyesine suyun sızmasıyla gözenekler içindeki suda çözünürler. Kurumayla birlikte yüzeye doğru hareket eden su ile birlikte tuzlar yüzeye taşınır. Suyun yüzeyden buharlaşması ile birlikte tuz kristalleri yüzeyde tekrar oluşur. Beyaz renkli bu oluşum halk arasında pamuklanma olarak adlandırılır. Bu çalışmadaki amacımız tuğla çiçeklenme olmadan onu engelleyebilmektir.

Bu çalışmamızda çorum yöresi tuğla toprağı, katkı olarak ise baryum karbonat ve stronsiyum karbonat kullanılmıştır. İlk olarak tuğla toprağı merdaneli kırıcıda – 1 mm boyutuna indirilmiştir. Katkısız ve katkı oranlarına göre stokiyometrik olarak hesaplar yapıp karışım hazırlanmıştır.

İkinci aşama olarak karışım % 18 oranında su ile plastik hale getirilip ön şekillendirme sonra da presle şekillendirme işlemi yapılmıştır. Şekillendirilen numuneler önce oda sıcaklığında sonra etüvde kurutulduktan sonra 980 °C sıcaklıkta sinterlenmiştir.

Üçüncü aşama olarak sinterlenen numunelere ateş kaybı, su emme, porozite, kuru küçülme ve toplu küçülme deneyleri, basma mukavemeti, XRD ve Çiçeklenme kontrolü, deneyleri yapılmış iç yapı karakterizasyonu incelenmiştir.

3.1.2.Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada Çorum yöresi tuğla toprağı, teknik baryum karbonat ve teknik stronsiyum karbonat kullanılmış ve bu katkıların tuğlaya getirdiğı etkileri incelenmiştir.

Kullanılan bu hammaddeler ve katkıları farklı oranlarda harmanlanarak, pres ile yaş şekillendirme tekniğıyle dikdörtgen şeklinde numuneler elde edilmiştir. Bu numuneler 980°C sıcaklıkta pişirilerek çeşitli testlere tabi tutulmuşlardır.

3.1.2.1.Çorum Yöresi Tuğla Toprağı

Çorum ilinde ve ilçelerinde bulunan tuğla fabrikalarının çoğı tuğla toprağı ihtiyacını kendi yöresinden karşılamaktadır. Aldığımız tuğla toprağı, Başak kiremit fabrikasında bulunan merdaneli kırıcıdan geçirilmiştir.

Temsili olması açısından, kürekle 15'er dakikalık aralıklar ile numune alınarak çuvallara doldurulmuş ve bölme işlemleri ile 15 kg' a kadar bölünmüştür. Bölünen bu numuneler üzerinde, doğal nem tayini, yaş elek analizi, plastik suyu deneyi ve karbonat testi yapılmıştır.

3.1.2.1.1.Hammaddeye uygulanan ön deneyler

1mm, 10gr numune lam üzerine konmuş ve üzerine HCl damlatılmıştır. Numunelerde fazla miktarda köpürme olmuştur.

Doğal nem tayini

Doğal nem tayini daha önce anlatıldığı gibi yapılmıştır. Deney sonucunda tuğla toprağının nemi %3,79 olarak bulunmuştur.

Karbonat tayini deneyi

Tuğla kili içerisindeki karbonat miktarı tayini daha önce anlatıldığı gibi yapılmıştır. Yapılan deney sonucunda karbonat miktarı %12,8 çıkmıştır.

Plastiklik suyu deneyi

Plastiklik suyu deneyi daha önce anlatıldığı gibi yapılmış olup elde edilen değerler çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1.Uysal tuğla toprağının plastiklik suyu deney sonuçları

Örnek no	Yaş ağırlık(gr)	Kuru ağırlık(gr)	Nem(gr)	Plastisite%
1	104,9693	79,9662	25,0030	31,27
2	112,2791	85,4856	26,7935	31,34
3	99,3397	75,7273	23,6124	31,18
4	94,3524	71,9680	22,3844	31,10
5	104,4807	79,6380	24,8427	31,19
6	92,1756	70,0881	22,0875	31,51
7	91,1312	69,8562	21,2750	30,46
8	97,3909	74,2464	23,1445	31,17
9	91,7113	70,2278	21,4835	30,59
10	84,7330	64,5389	20,1940	31,29
X ort.	-	-	-	%31,11

Yaş elek analizi

Yaş elek analizi aşağıdaki yol izlenerek yapılmıştır:

Belli miktarda tuğla toprağı 105±5C’de en az 5 saat kurutuldu.

Toplam 1000gr (1kg) kuru madde tartılıp bir kovaya konularak 4 lt su ilave edilip bir gün bekletildi. Pervaneli açıcıda kilin iyice açılması sağlandı. Önce en ince elekten eleme yapıldı. Eleme işlemi, elek altından berrak su gelinceye kadar devam edildi. Elek üstleri, etüvde $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 2 saat kurutularak kuru tartımları alındı. Deneyde kullanılan elek seti şöyledir: 4mm, 2mm, 1,178mm, 106 μm , 75 μm , 63 μm , 38 μm 'dir.

Çizelge 3.2.Yaş elek analiz sonuçları

Elek çapı	Elek üstü (gr)	%	Kümülatif elek altı
-4+2mm	2,8417	0,28	99,72
-2+1,178mm	4,3277	0,43	99,29
-1,178+500 μm	11,7574	1,18	98,11
-500+250 μm	7,5953	0,76	97,35
-250+125 μm	19,7420	1,97	95,38
-125+106 μm	10,0043	1,00	94,38
-106+75 μm	21,5775	2,16	92,22
-75+63 μm	11,9391	1,19	91,03
-63+38 μm	34,7477	3,47	87,56
-38 μm	875,4696	87,56	-

Tane iriliği deneyi

Numunede +2mm %3,86 olarak bulunmuştur. Bunun çok az bir kısmı organik madde, bir kısmı kayaç, az miktarda da kalsit içerdiği görülmüştür.

Elek bakiyesi testi

100gr'lık hammadde 63 μm 'lik elekten elenir. Eleme işlemi için tazyikli su altında yapılır. Eleme işlemine berrak su gelene kadar devam edilir. elek üstünde kalan bakiye saat camına alınarak $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'lik etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulur. Kuruyan

malzeme tartılır ve hesaplama yapılır. Hesaplama sonucunda Çorum yöresine ait kilin elek bakiyesi %4,2 olarak bulunmuştur.

3.2.DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI VE ŞEKİLLENDİRİLMESİ

3.2.1.Bileşim Hazırlama

Hammadde karışımları yapılırken kuru hammadde baz alınarak stokiometrik oranlara göre hesap yapılmıştır. Çorum tuğla toprağı çeneli kırıcıda 1cm boyutuna kadar getirilip daha sonra merdaneli kırıcıda 1 mm boyutuna indirilmiştir.

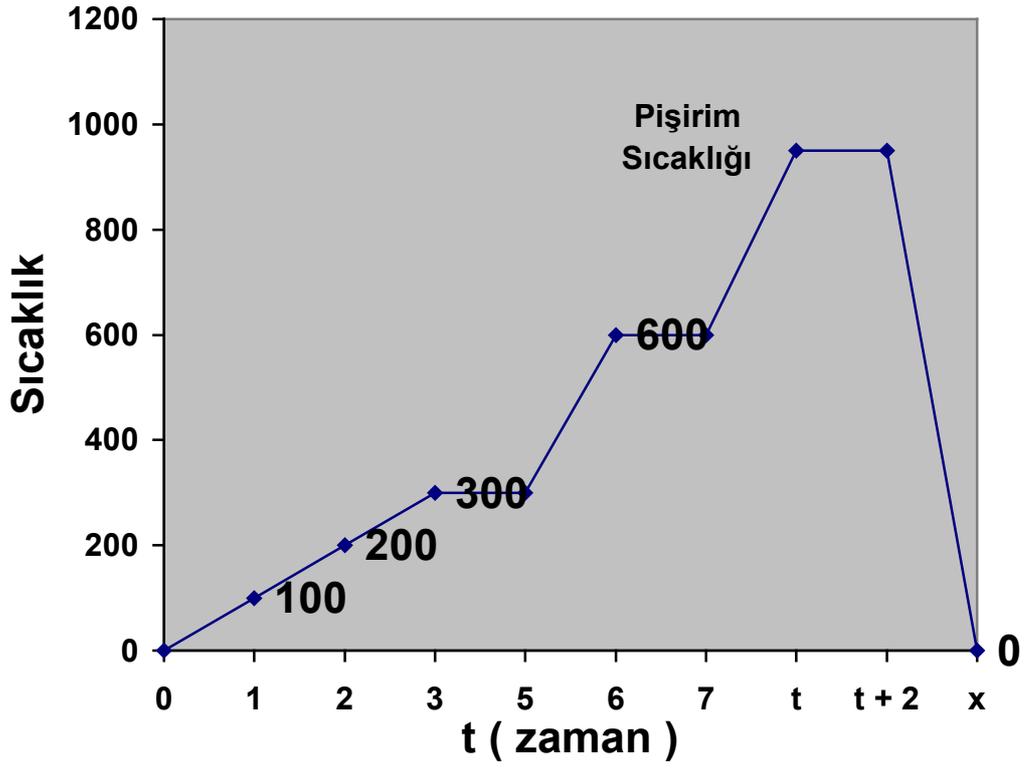
3.2.2.Şekillendirme

Öğütme sonunda karışım bir kaba alınmış tuğla toprağı ve diğer katkı maddeleri homojen karışması için elle karıştırılarak katkı maddelerinin bünyede homojen dağılması sağlanır. Bu aşamadan sonra karışım % 19 oranında suyla karıştırılarak plastik hale getirilmiştir.

Plastik hale gelen karışımın homojen olması sağlandıktan sonra bir ön şekillendirme işlemi yapılmıştır. Daha sonra plastik haldeki karışıma presle son şekli verilmiştir.

3.2.3.Kurutma Ve Sinterleme İşlemleri

Şekillendirilen numuneler 5gün boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra 105 ± 5 °C'lik etüvde kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kuruma işlemi tamamlanan deney numunelerine 980°C sıcaklıkta pişirme işlemi yapılmıştır. Pişen numuneler oda sıcaklığına kadar soğuyuncaya dek fırın içerisinde bekletilmiştir.



Şekil3.2.Pişirim sıcaklığındaki sıcaklık-zaman ilişkisi

Sinterlenen numuneler üzerinde aşağıdaki testler uygulanmıştır.

Kuru küçülmeleri,

Pişme küçülmeleri,

Su emme testi,

Basma mukavemeti testi

Porozite testi,

Bulk yoğunluğu testi,

Çiçeklenme kontrolü,

XRD analizi.

3.3.DENEY NUMUNELERİNE UYGULANAN TEST YÖNTEMLERİ

3.3.1.Doğal Nem Tayini

Deneyin amacı tuğla yapımında kil hammaddesinin serbest nem miktarını tespit etmektir. Deney şu şekilde yapılır. Numunenin konacağı beher için sabit tartım yapılır. Usulüne göre alınan kil numunesinden beher içine uygun miktar alınarak (Örneğin 100 gr.) nemli (yaş) tartım numune etüve alınarak 110 °C 'de 2 saat kurutulur. Desikatöre alınarak soğutulur ve tartılarak kuru tartım değeri tespit edilir. Numunenin nemli ağırlığından kuru ağırlığı çıkarılarak nem yüzdesi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\text{Nem (\%)} = \frac{\text{Nemli ağırlık} - \text{kuru ağırlık} \times 100}{\text{Kuru Ağırlık}}$$

3.3.2.Karbonat Tayini

Hammadde bünyesinde bulunan karbonat miktarı aşağıda belirtilen deney ile saptanır.

- a. Usulüne uygun olarak alınmış numunelerden bir miktar alınarak 1 mm 'lik elekten geçecek şekilde öğütülür.
- b. Öğütülmüş numuneden bir miktar alınarak etüvde 4 saat 100 °C 'de kurutulur.
- c. Kurutulan numune desikatöre alınarak soğutulduktan sonra uygun bir miktar ayrılarak tartılır. Bu miktar karbonatlı numune miktarıdır.
- d. Numune üzerine %10 'luk HCl damla damla dökülerek işlem yapılır.
- e. Köpürme sona erinceye kadar HCl damlatılmaya devam edilir.
- f. Reaksiyonun bittiğine karar verildikten sonra numune saf su ile üç dört kez yıkanır.
- g. Etüve alınan numune 110 °C 'de dört kurutulduktan sonra desikatöre soğutulup hassas terazide tartılır. Bu tartım karbonatsız numune miktarıdır.
- h. Karbonat miktarı : Karbonatlı numune miktarından karbonatsız numune miktarının çıkarılması ile bulunur.

i. Bulunan karbonat miktarı yüzdeye çevrilerek hammaddedeki karbonat yüzdesi bulunur.

Tuğla imalatında kullanılan kil hammaddelerine kireç oranını tam olarak sınıflandırmak pek mümkün olmamaktadır. Bazı topraklarda bu oran % 8 'de patlama ve dağılma etkisi gösterdiği halde bazı topraklarda % 15 'e kadar pek zararlı etki göstermemektedir. Bu kirecin daha ince taneler halinde dağılmasından ileri gelir.

Hammadde içinde fazla miktarda bulunan kalsiyum, mamulün tekniği güçleştirir. Aynı zamanda mukavemeti ve sinterleşmeyi arttırmak için pişirme sıcaklığı yükseltildiğinde kalsiyum karbonatın etkisiyle kırmızı – kiremidi renk kaybolur. Kireç oranı fazla olan topraklardan yapılan mamullerin su emme özellikleri artar, dona karşı mukavemetleri azalır. Bu durum kiremit üretiminde tuğlaya nazaran daha da önem arz eder.[9]

3.3.3.Yaş elek Analizleri

Ham killeri incelerken; tane büyüklüğüne göre ayrımı ve müteakiben tespiti ana mineral tiplerinin ayrımında oldukça yardımcı olur. Bu tane fonksiyonlarına göre;

Taşlar, >20mm.

Çakıl, 20 - 2 mm.

Kaba Kum, 2 - 0,2 mm.

İnce Kum, 0,2 - 0,002 mm.

Humus Kum, 0,02 - 0,002 mm.

Kil, < 0,002 mm.'dir.

Bu nedenle, en ince tane büyüklüğü ile ilgili bilgi, mevcut aktif kolloid kil hakkında bilgi verir.

Tane büyüklüğü, yoğunluğu, mekanik mukavemeti ve poroziteyi etkilemektedir. Bu nedenle, tane büyüklüğü tayininde üç faktör bulunmaktadır.

- 1.Çap
2. Yüzey Alanı
3. Tane büyüklüğü Dağılımı

İri taneli hammaddelerin tane dağılımı bir seri elekten geçirilerek tespit yapılır. Numunenin elekten geçirilme bir statik işlem olup, bir maddenin verilen bir elek genişliğinden bir elementin geçmesi veya geçmemesi veya geçmemesi şeklinde tespit edilir. İnce taneli hammaddelerde yaş elek analizi, kuru elek analizi metoduna tercih edilir. Çünkü kuru elek analizinde çok ince tozların kaybolması riski söz konusudur.

Yaş elek analizi ile belirlenen 3 mm' den büyük tanelerin fazla ise pişme esnasında çatlamlar görüleceğinden bunların topraktan ayrılması gerekir.

Hammadde içinde bulunan kil dışı plastik olamayan minerallerin miktarı ve tane iriliği yaş elek analizi ile belirlenir. Hammadde içinde bulunan kil dışı plastik olmayan minerallerin miktarı tuğla hammaddesinin plastikliğini, kalıplama özelliğini, kuruma özelliğini, kuru kırılma mukavemetini, kuruma ve pişme küçülmesini olumsuz yönde etkiler.

- a) Malzeme 105 ± 5 °C 'de en az 5 saat kurutulduktan sonra elek analizine tabi tutulacaktır.
- b) 0,1 gr. hassasiyetle tartılmış 250 gr. kuru madde 2 lt 'lik behere konulur.
- c) 1 lt. su ilave edilerek 2 saat kadar kilin dağılması için beklenir. Şayet akıcı bir süspansiyon elde edilemezse 500 ml. su daha ilave edilerek karıştırıcıyla 5 – 10 dak. karıştırılır.
- d) Bu süspansiyon ilk olarak en ince aktarılır.
- e) Alttan temiz su akana kadar dikkatle yıkanır.
- f) Elek üstü ilk karıştırmanın yapıldığı behere aktarılır. 1 lt. su ilave edilir ve 10 dak. karıştırılır.
- g) Bakiye tekrar ince elekte ikinci defa karıştırılır. Su ile ıslatılan bütün elekler en kalın üstte olmak üzere kalından inceye alt alta dizilir.

h) Yıkanmış olan bakiye yeteri kadar su ile en üstteki eleğe aktarılır. Çevirerek malzemenin bütün eleklerden geçirilmesi sağlanır.

ı) Her eleğin altı ıslak bezle silinerek elekler etüvde 105 ± 5 °C 'de 2 saat kurutulur.

i) Önceki sıraya göre elekler tekrar üst üste konular, en üst kapak kapatılır. Sarsıcıda 1 – 3 dak. sarsılır.

j) Bu çalışmadan sonra her elek üstünde kalan malzeme dikkatle alınarak 0,001 gr. Hassasiyetle tartılır.

k) Her eleğin üstünde kalan tartım değeri ilk tartılan kuru maddeye oranlanarak fraksiyon % 'leri hesaplanır.

Hesaplama: Elek bakiyelerinin % toplamının yüzden farkı en ince eleğin altına geçen % hammadde olarak ifade edilir. Bakiye hesaplaması aşağıdaki formülle yapılır.

$$B = G_1 / G_0 \times 100$$

G_0 : İlk tartılan numune kuru olarak gr. miktarı

G : İlk elek üstü kuru olarak gr. miktarı

B : % Bakiye

3.3.4. Plastiklik Suyu Deneyi

Kurutulmuş hammaddeden bir miktar alınarak su ile pervaneli açıcıda açılır. İyice açılan çamur 0,180 mm 'lik elekten süzülür. Bu süzüntü alçı plakanın üzerinde bekletilerek plastik çamur elde edilir. Bu plastik çamurun yoğrulma kıvamında olduğu, alçı üzerinden kolaylıkla kaldırılabilmesinden ve ele yapışmasından anlaşılır. Genel olarak yoğrulma suyu değeri büyük olan killer, yoğrulma değeri küçük olan killere oranla daha özlüdürler.

$$\text{Plastiklik Suyu (\%)} = \text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru ağırlık} / \text{Kuru Ağırlık} \times 100$$

3.3.5.Kuru Pişme ve Toplu Küçülme Deneyleri

Killer kurutulduklarında bünye yapılarının küçülmesi, şekillendirme suyunun kilden uzaklaşması ile açılanabilir. Kil tanecikleri arasında yer alan su, kilden uzaklaştıkça tanecikler birbirlerine yaklaşırlar ve küçülme ortaya çıkar. Bir kil ürünün ne kadar çok su ile şekillendirildi ise bu küçülme de o kadar fazla olur. Genelde killerin küçülmelerini etkileyen en önemli faktör kilin özlülük derecesidir. Özlü killer özsüz killere göre daha çok küçülürler.

İncelenmesi yapılan hammaddenin hangi sıcaklıkta veya sıcaklıklarda küçülmesi tespit edilmek isteniyorsa numuneler bu sıcaklıklarda pişirilir. Pişirme sıcaklığı ile pişme küçülmesi doğrudan ilgilidir. Bu nedenle pişme küçülmesi değeri beklenirken, pişme sıcaklığında mutlaka verilmesi gerekir.

Çeşitli yöntemlerde kurutulan bir kil, yoğrulma suyunu tamamen verinceye kadar küçülür. Bu kuruma küçülmesini takip eden aşamada kil pişirildiğinde de küçülme sürer. Ancak pişirme sırasında devam eden küçülmenin nedeni kilin şekillendirme suyu değildir. Bu etkenler;

- a. Bünyedeki organik maddelerin yanması.
- b. Bünyedeki gazların uzaklaşması.
- c. Kristal suyun ayrılması.
- d. Kristal yapıdaki değişiklikler olarak sıralanabilir.

Pişme sıcaklığının paralel pişme küçülmesi ve buna dayalı olarak da toplu küçülme değerleri artar. Çok özlü killer özsüzlere oranla daha büyük pişme ve toplu küçülme değerleri gösterirler.

Doğrusal kuruma küçülmesi aşağıdaki bağıntıdan, numunenin plastik uzunluğunun yüzdesi olarak hesaplanır.

$$\% S_d = L_p - L_d / L_p \times 100$$

Burada ;

S_d : Doğrusal kuruma küçülmesi yüzdesi (%)

L_p : Deney numunesinin plastik uzunluğu (mm)

L_p : Deney numunesinin kuru uzunluğu (mm) 'dir.

Pişmeden sonraki toplam doğrusal küçülme aşağıdaki bağıntıdan numunenin plastik uzunluğunun yüzdesi olarak hesaplanır :

$$\% S_t = (L_p - L_f) / L_p \times 100$$

Burada ;

S_t : Toplam doğrusal küçülme (%)

L_p : Deney numunesinin plastik uzunluğu (mm)

L_f : Deney numunesinin pişmiş uzunluğu (mm) 'dir.

Tuğla üretimindeki önemli sorunlarda biride parçadan parçaya boyutların sabit kalmaması birbirinden diğerine farklı küçülmeler göstermesidir. Tuğla üretiminde TSE standartlarında belirtilen boyutlara uygun tuğla üretimi önem kazanmaktadır.

3.3.5.1.Seramik Ürünlerinde Farklı Küçülmenin Sebepleri

- a. Kullanılan hammaddelerin tane iriliğinin yada mineral bileşeninin değişmesi
- b. Çamur hazırlamada özellikle su içeriğinde oluşan değişmeler.
- c. Kullanılan kalıplardan kaynaklanan hatalar.
- d. Pişirme bölgesindeki sıcaklık farkları, atmosferdeki değişmeler olabilir.

Pişme sonrasında istenilen boyutta numune elde etmek için boyutların önceden hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$$\text{Model Ölçüsü} = 100 \times \text{pişmiş uzunluk} / 100 - \text{toplam küçülme}$$

Örnek: Toplam küçülmesi % 5 olan bir tuğla numunesinde pişme sonrası boyu 175 mm olan bir ürün elde etmek için kalıp boyunu hangi ölçüde tutmak gerekir.

Kalıp Ölçüsü = $100 \times 175 / 100 - 5 = 184,21$ mm olarak bulunur.

3.3.6.Ateş Zayıtı Testi

Deneyin amacı pişme sonucunda numunede meydana gelen ağırlık kaybının saptanması amacıyla yapılır.

Deney şu şekilde uygulanır. Standart şekillerde hazırlanan numuneler, 110 °C’ de 24 saat kurutulduktan sonra, desikatöre alınarak soğutulur. Oda sıcaklığına kadar soğuyan numuneler desikatörden alınarak zaman kaybetmeden hassas terazide tartımları yapılarak kaydedilir.

Numuneler pişirme fırınına konularak normal pişirme şartlarında 900 –100 –1100 °C’ lerde pişirilir. Pişirme sonunda fırından alınan numuneler desikatöre konularak oda sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır. Desikatörden alınan numuneler zaman kaybetmeden tekrar hassas terazide tartılarak pişmiş ağırlıkları belirlenir.

Her pişme sıcaklığı için ayrı olarak zayıtı % ’leri aşağıdaki formüle belirlenir.

$$A_z = P_k - P_f / P_k \times 100$$

Burada;

A_z : Ateş Zayıtı

P_k : Numunenin kuru ağırlığı

P_f : Numunenin pişmiş ağırlığı

Kaba seramik killerde ateş zayıtı % 10 – 13 olmalıdır.

3.3.7.Su Emme Deneyi

Deneyin amacı üretilen mamulün kalitesinin belirlemeye yöneliktir. Bu deney ile hangi sıcaklık derecelerinde pişirildiğinden kiremit ve tuğla üretileceği belirlenir.

- a) Pişme sonucunda mamullere ortamdan nem almamaları için desikatörde soğutulur.
- b) Değişmez ağırlıkta hassas terazide tartımları yapılır. (m_k)
- c) Numuneler su içine konularak 4 saat kaynatılır 24 saat suyun içinde bekletildikten sonra çıkartılır.
- d) Sudan çıkan numuneler üzerindeki parlaklık giderilmeden kurulanır temizlenir ve hassas terazide yaş tartımları yapılır. (m_s)

$$(\%) \text{ Su Emme} = m_s - m_k / m_k \times 100$$

m_s : Suya doymuş tuğla numunesinin kütlesi (kg)

m_k : Değişmez kütleye kadar kurutulmuş numunenin kütlesi (kg)

Su emme, pişen kilin açık porlarına (gözenek) alabildiği su olarak tanımlanabilir. Su emmeyi etkileyen faktörler kilin özlülüğü ve pişme sıcaklığıdır. Özlülük ve pişme sıcaklığı arttıkça su emme yeteneği azalır.

3.3.8.Porozite Deneyi

Deneyin amacı pişme sonucunda numunede meydana gelen porozite miktarının saptanması amacıyla yapılır.

Deneyin yapılışı:

- a) Pişmiş tuğlalar değişmez ağırlığa kadar kurutulur.
- b) Kurutulmuş numuneler içinde damıtık su bulunan su kabına, yüksekliğinin yarısına kadar suya dalacak şekilde düşey olarak yerleştirilir.

- c) Bu şekilde 1 saat bekletildikten sonra kabın içine yine damıtık su ilave edilerek numuneler tamamen su içersinde kalmaları sağlanır.
- d) Su kabının üstü kapatılarak ısı kaynağının altı açılır.
- e) Su kaynayınca kadar ısıtılır ve 5 saat boyunca kaynama sürdürülür.
- f) Kaynamadan sonra su ve deney numuneleri soğumaya bırakılır.
- g) Bu şekilde su emdirilmiş numuneler su içinde tartılarak su içindeki ağırlıkları bulunur (w_2)
- h) Su içinde tartılan numuneler sudan çıkarılıp sünger parçasıyla yüzey suyu kurulanır ve doymun ağırlık ölçülür (w_3).
- i) Gözenek miktarı aşağıdaki formüle belirlenir.

$$\% \text{ Porozite} = (W_3 - W_1) / (W_3 - W_2)$$

W_1 : Pişmiş Ağırlık

W_2 : Su içindeki Ağırlık

W_3 : Doymun Ağırlık

3.3.9. Hacim Ağırlığının Kontrolü

Fırından alınan numuneler tuğlaların ağırlıkları bir terazi yardımıyla bir gr hassasiyetiyle ölçülür. Daha önce ölçülerek formlara yazılmış bulunan uzunluk, genişlik ve yükseklik ölçüleri çarpılarak bulunan m^3 olarak bulunmuş olur. Sonra bir terazi yardımıyla numune tuğlaların ağırlıkları 1 gr hassasiyetle ölçülür ve kg 'a çevrilir. Bulunan ağırlık bulunan hacme bölünerek tuğlanın hacim ağırlığı bulunmuş olur.

Uygunsuzluk durumunda kalıbın et dolgunluğu ölçülerek perde kalınlıkları kontrol edilerek kalıbın aşınma oranı tespit edilerek önlemler alınır.

Kalıbın aşınması yoksa yada çok az ise kullandığımız toprağın nitelikleri değişmiş demektir. Bu durumda alınacak önlemler yapılacak tercihler gündeme gelecektir.

Deneyin yapılışı:

- a) pişmiş tuğlalar değişmez ağırlığa kadar kurutulur.
- b) Kurutulmuş numuneler içinde damıtık su bulunan su kabına, yüksekliğinin yarısına kadar suya dalacak şekilde düşey olarak yerleştirilir.
- c) Bu şekilde 1 saat bekletildikten sonra kabın içine yine damıtık su ilave edilerek numuneler tamamen su içersinde kalmaları sağlanır.
- d) Su kabının üstü kapatılarak ısı kaynağının altı açılır.
- e) Su kaynayınca kadar ısıtılır ve 5 saat boyunca kaynama sürdürülür.
- f) Kaynamadan sonra su ve deney numuneleri soğumaya bırakılır.
- g) Bu şekilde su emdirilmiş numuneler su içinde tartılarak su içindeki ağırlıkları bulunur (w_3)
- h) Su içinde tartılan numuneler sudan çıkarılıp sünger parçasıyla yüzey suyu kurulanır ve doymun ağırlık ölçülür (w_2).

$$\text{Hacim Ağırlığı} = \frac{W_1}{W_3 - W_2}$$

W_1 : Kuru Ağırlık (Pişmiş Kuru Ağırlık)

W_3 : Su içindeki Ağırlık

W_2 : Doymun Ağırlık

$$\text{Birim Hacim Ağırlığı(TS705)} = \frac{\text{Pişmiş Kuru Ağırlık}}{\text{Tuğlanın Bütün Hacmi}}$$

3.3.10.Kuru Kırılma Mukavemeti Testi

Plastik kıvamda hazırlanan çamur elle iyice yoğrulurak içinde bulunan hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. 25 x 25 x 125 mm boyutlarında standart kalıplara dökülerek her seri için en az 10 adet numune hazırlanır. Bu numuneler etüvde önce 55 °C 'de 4 saat kurutulur. Daha sonra numuneler 110 °C 'de 24 saat kurumaya bırakılır. Kurutulan numuneler etüvde alınarak desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulur.

Deney numunesi desikatörden çıkarılır çıkarılmaz deney cihazının mesnetleri arasına yerleştirilir. Bu mesnetler deney cihazı ve kil tipine bağlı olarak 500 mm. veya 100 mm. açıklıktan birine ayarlanabilir. Deney numunesi her mesnede yanlardan 6,5 mm.

çıkıntı ile uygulanır mesnetlerin ortasından dik açı ile numuneye yükleme parçası vasıtası ile kuvvet uygulanır. Kuvvet uygulama numune kırılıncaya kadar devam edilir. Uygulanan kuvvetin hızı 450 gr / dakikayı (4,5 N / dak.) geçmemelidir. Deneyde kare kesitli numune kullanılmış ise numunenin kırıldığı yerin genişlik ve yüksekliği kumpasla 0,1 mm. hassasiyetle ölçülür.

Deney esnasında kuvvetin tatbik edildiği noktadan 10 mm 'den fazla bir noktadan kırılma gerçekleşirse numunede daha önceden bir hasar meydana geldiği düşünülür ve deney sonucu ortalamaya dahil edilmez. Numunenin kırıldığı yer üzerindeki ölçülen en az üç noktanın ölçümünün aritmetik ortalaması alınarak hesaplamada kullanılır. Hesaplama aşağıdaki şekilde yapılır.

$$M = 3 \cdot P \cdot L / 2 \cdot a \cdot h^2$$

Burada ;

M : Kuru kırılma mukavemeti, kg / cm² (N / mm²)

P : Kırılma kuvveti, kgf

L : Mesnetler arasındaki mesafe, cm (mm)

a : Numunenin kırıldığı yerin genişliği, cm (mm)

h : Numunenin kırıldığı yerin yüksekliği, cm (mm)

Kuru kırılma deneyinde elde edilen değerlerden kilin özlülüğü konusunda ilgili bilgi edinilebilir. Kuru kırılma mukavemeti değeri büyük olan kil, bu değer düşük olduğu killere göre daha özlüdür. Kuru mukavemeti etkileyen diğer faktörde mamulün kuruma süresi ve kuruma sıcaklığı olmaktadır. Sıcaklığın düşük olduğu bir ortamda yetersiz olarak kurutulan kil ürünleri kuru mukavemetleri azalır.

Ürünün şekillendirilmesinde uygulanan yöntemde kuru mukavemeti etkileyen faktördür. Örneğin; döküm yöntemi ile şekillendirilen killer normal şartlarda kurutulduklarında plastik ve kuru şekillendiren killere oranla daha büyük bir kuru mukavemete sahip olurlar.

3.3.11.Basınç Mukavemeti Testi

Deneyin amacı standart ölçülerde hazırlanan numunelerin değişik pişirme sıcaklıklarındaki basınç mukavemetlerini tespit etmektir.

Standart dikdörtgen prizma olarak üretilen numuneler kurutulduktan sonra her sıcaklık için en az 10 adet deney numunesi pişirilir.

Piştirilen her bir numuneden, basınç uygulanacak yüzey alanı 10 – 15 cm² yüksekliği 1,5 cm olacak şekilde en az 2 adet deney numunesi kesici çarkla kesilerek hazırlanır. Her bir sıcaklık için, toplam 10 adet deney numunesi hazırlanır.

Hazırlanan numune deney presinin başlıkları arasına ve tam ortaya gelecek şekilde yerleştirilir. Devamlı aratan bir yük, basınç gerilmesinin saniyede 5 – 6 kgf / cm² artması sağlayacak şekilde ve çarpmasız olarak numune kırılana kadar alt ve üst yüzeylere dik olarak uygulanır. Kırılmayı oluşturan yük tespit edilir. Numunenin basınç mukavemeti aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$F_b = P_k / A_o \times k$$

Burada ;

F_b : Numunenin basınç mukavemeti, kgf / cm² (mm²)

P_k : Kırılma anındaki yük, kgf (N)

A_o : Numunenin basınç uygulanan yüzünün alanı cm² (mm²)

k : Numunenin biçim katsayısı, (1)' dir.

3.3.12.Zararlı kireç ve Manyezit Deneyi

Deney uygulanacak tuğlalar, içinde oda sıcaklığında su bulunan su kabına ve tamamen su altında kalacak şekilde yerleştirilir. Bu şekilde 24 saat beklenildikten sonra kap bir

ısı kaynağının üzerine konularak kaynatılır. Tuğla numuneleri kaynamakta olan su içinde 2 saat tutulur. Sonra su kabı, içindeki su ve tuğlalar ile birlikte oda sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır.

Soğuyan tuğlalar, sudan çıkarılarak gözle muayene edilir. Çatlama , kopma, pullanma, dağılma ve bu gibi hasarların oluşup oluşmadığına bakılır.

İnceleme sonuçlarından şüphe edildiği hallerde zararlı kireç ve manyezi deneyinden çıkmış numuneler ayrıca basınç dayanımından geçirilir.

Kullanma sırasında zararlı olabilecek çatlak, kopma, pullanma ve dağılma ve bu gibi hasarlar görülmemelidir. Bu hasarların görülmesine rağmen inceleme ve sonuçlarından şüphe edilmesi halinde deneyden geçmiş, tuğlaların basınç dayanımları ve bunların aritmetik ortalamaları, standartlarda belirtilenlerin % 85 'inden küçük olmamalıdır.[8–9]

3.3.13.Dona Dayanım Testi

Su kabına deneyin uygulanacağı tuğla numunesinin uzunluğunun yaklaşık $\frac{1}{4}$ 'ü kadar derinlikte su konur ve tuğla uzunluğu düşey olacak durumda su içine yerleştirilir. Bir saat sonra tuğlanın yarısı, ikinci saatin sonucunda $\frac{3}{4}$ 'ü ve 24. saatin sonunda ise tamamı su altına kalacak şekilde kaba su konulur. Tuğlalar bu konumda 48 saat su içerisinde bırakıldıktan sonra, sudan çıkarılacak beklenmeksizin soğuk hava dolabına yerleştirilir. Dolap sıcaklığı 4 saatte -15°C 'ye düşecek şekilde ayarlanır. Numuneler bu sıcaklıkta 2 saat bırakıldıktan sonra soğuk hava dolabından çıkarılarak oda sıcaklığındaki su ile dolu su kabına tamamen içinde kalacak şekilde yerleştirilir. Donun çözülmesi içinde 1 saat bekletilir. Bu işlem 25 kez tekrarlanır. Her defasında numuneler dikkatle incelenerek çatlama, kopma, pullanma, dağılma ve benzeri hasarların meydana gelip gelmediği tespit edilerek kaydedilir.

İnceleme sonuçlarından şüphe edilmesi halinde, dona dayanıklılık deneyinde geçmiş tuğlalar üzerinde basınç dayanımı deneyi de uygulanarak belirtilen değerlere uygun olup olmadığına bakılır.

3.3.14.Sertlik derecesi tayin deneyi

Deney her sıcaklıkta pişen en az 5 adet pişmiş deney numunesi üzerinde yapılır. Mohs cetvelinde bulunan minerallerin keskin kenarları, numunenin yüzeyine hafifçe bastırılarak sürülür. Mineraller en yumuşağından en sertine doğru sıra ile uygulanır ve deneye numune çizilinceye kadar devam edilir. Numuneyi çizen mineralden bir önceki mineralin sertlik derecesi numunenin sertlik derecesine eşit kabul edilir. 5 adet numunenin yüzey sertlik derecelerinin aritmetik ortalaması numunenin sertliği olarak ifade edilir.

Seramik mamullerde sertlik terimi konusunda ayrıntılı bir tanım yoktur. Sertlik terimi kazınmaya karşı mukavemet olmakta birlikte aşınmaya karşı mukavemet olarak da anlaşılır.

Bir seramik ürünün aşınmaya karşı mukavemeti aşağıda belirtilen özelliklere bağlıdır.

- a.** Malzemenin yapısı, bünyesi ve sertliği.
- b.** Hazırlama yöntemi (sulu, plastik, pres, yarı kuru pres vb.).
- c.** Bağ şekli (seramik bağı, kimyasal bağ, vb. bağlayıcı yapılan bağ).
- d.** Bağ miktarı.
- e.** Vitrifikasyon kapsamı (camlaşma özelliği)
- f.** Metaryalin incelendiği pişirme sıcaklığı

950 – 1050 °C 'de pişirildiği zaman pişme rengi kiremidi olan, tuğla ürünlerin sertliği en az 3 – 5 arasında bulunması gerekir.

3.3.15.Kimyasal Analiz

Seramik malzemede ihtiyaç duyulan kimyasal analiz, anorganik kalitatif (niteliksel) ve kantitatif (sayısal) kimyasal analizlerdir. Klasik anorganik analiz yönteminde birbirini izleyen reaksiyon grupları ve bunların ayrımları yapılır. Bu ayırım yöntemi analitik kimyanın esasını oluşturur.

Günümüz modern analiz yöntemleri ve aygıtları ile çabuk, sağlıklı ve güvenilir kimyasal analizler yapılmaktadır. Geliştirilen aygıtlar arasında en çok kullanılanlardan biride Atomik Absorbsiyon aygıtıdır. Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre yöntemi ile kimyasal analiz yapmadan önce diğer klasik yöntemlerde olduğu gibi, ilk önce örnek hazırlama işlemi yapılmaktadır. Tüm seramik hammaddeleri için, kuru maddeden çözelti elde etmek aynı yöntem ile yapılmaktadır.

Analizi yapılacak hammadde örneği 0,1 gr olarak platin kroze içinde tartılır. Tartılan örneğin üzerine tartının 6 katı lityum metaborat (LiBO_2) katılır.

Sıcaklığı $1000\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye getirilen fırına konulan platin kroze içinde 15 – 20 dakika süre ile eritme yapılır. Bu eritmenin görünümü saydamdır. Fırından alınan metal kroze bir beher kabına konulur ve eritiş krozeden sıcak asitli su ile sürekli karıştırılarak çıkarılır. Çözünme saydam olmalıdır. Bunun sağlanmadığı durumlarda çözüntüde parçaların bulunması hallerinde eritişin yinelenmesi gerekir. Elde edilen çözelti 250 ml 'lik balon jöjeye alınır, soğutularak markaya tamamlanır.

Bu ana çözeltili uyacak çeşitli çözeltiler hazırlanır. Hazırlanan standart çözeltiler 1 ml'de 0,8 – 0,6 – 0,4 – 0,2 – 0,1 mikrogram Na çözeltileridir.

Atomizasyonu oluşturabilmek için çeşitli gazlar kullanılır. Örneğin Ca, Na, K, Fe. Mg çalışılırken hava – asetilen karışımı gaz kullanılır.

Dalga boylarını temsil eden absorblanan ışık enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu sinyal, aygıtın göstergesi tarafından kayıt edilir. Işık enerjisinin büyüklüğü, çözeltildeki elementlerin konsantrasyonuna bağlıdır.

Göstergedeki sapma önce standart çökeltilerde okunur ve bu değerlerin bir grafiği çizilir. Grafiğin düşeyini “sapma” ve yatayını da “element mikrogram / ml” değerleri oluşturur.

Örnekten okunan sapmanın grafikten okunan mikrogram / ml değeri ile karşılaştırılması sonucu elementin varlığı sayısal olarak tespit edilir.

3.3.16.Diferansiyel Termal Analiz Deneyi (DTA)

Hammaddenin düzgün bir şekilde ısıtılması sırasında, maddeyi oluşturan fiziksel ve kimyasal bileşimleri değişikliklere uğrarken, oluşturdukları sıcaklık farklılaşmaları, ekzotermik ve endotermik olarak açığa çıkar.

Kil minerallerinde görülen ekzotermik reaksiyonlar organik maddelerin yanması, yüksek sıcaklıklarda yeni fazların oluşumu, amorf maddelerin kristalleşmesi sonucudur. Bu reaksiyonların sonucunda sıcaklık açığa çıkar.

Endotermik reaksiyonlar, su kayıpları (absorbe edilmiş suyun ve kil mineral iskeletindeki suların kayıpları), kristal yapının bozulması, karbondioksit veya sülfür trioksit kayıpları sonucu oluşur.

DTA aygıt ile araştırılması yapılacak harmanlanmış ve ön öğütülmesi yapılmış kilden bir parça alınarak toz haline gelinceye dek inceltir. Madde 0,090 mm. elekten geçecek şekilde hazırlanır. Aygıtın platin yuvalı iki borusundan birine doldurulur. Diğer yuvada ise “ inert ” olarak tanımlanan, ön pişirim ile reaksiyonlarından arınan saf kaolin vardır. Birinci başlıkta inertin içinde de iki termokupl vardır. Başlıklar dikey olarak dakikada 10 °C yükselen bir fırına sokulurlar.

Isıtma sonucu oluşan reaksiyonlar bir yazıcı ile kağıt üzerine aktarılırlar. Bu reaksiyonlar sürekli bir eğri şeklinde, yatay bir baz doğrultusunun altına ve üstünde eğriler verirler.

Bu reaksiyon eğrileri standart eğrilerle karşılaştırılarak hammaddenin cinsi tespit edilir.

4.BULGULAR

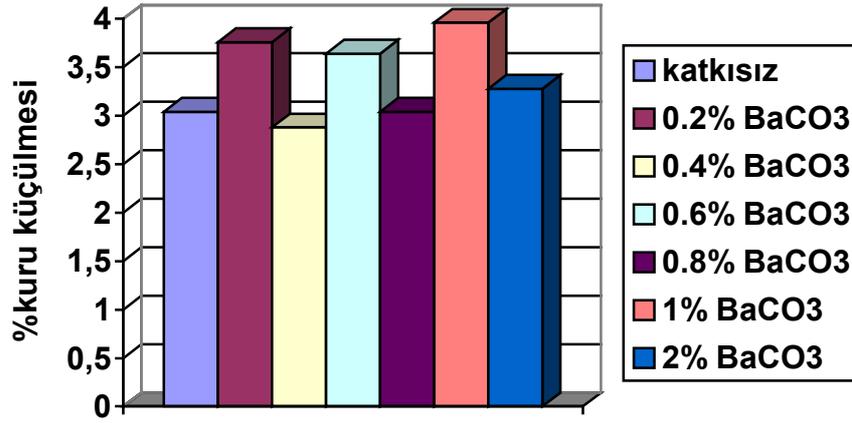
Hazırlanan deney numunelerine kuruma küçülmesi, pişme küçülmesi, basınç mukavemeti, su emme, porozite, çiçeklenme kontrolü, ateş kaybı ve bulk yoğunluk testleri uygulanmıştır.

4.1.KURU KÜÇÜLMELERİ

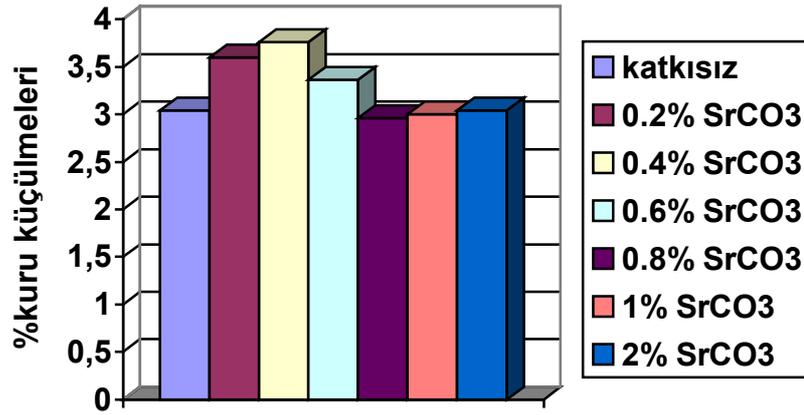
Kuru küçülme deneyi daha önce anlatıldığı gibi yapılmıştır. Numunelerin kuru küçülmesi oda sıcaklığında yapılan kurutma ve etüvde kurutma sonrası elde edilen boyutlarına göre hesaplanmıştır. Her grup için 5adet numunenin ortalaması hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen kuru küçülme değeri sonuçları katkı oranlarına bağlı olarak değişimi Çizelge 4.1. 'de ve Şekil 4.1. 'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1.Kuru küçülme değerleri

%KURU KÜÇÜLMESİ	
%100kil	3,04
%99.8 kil+%0.2BaCO ₃	3,76
%99.6 kil+%0.4BaCO ₃	2,88
%99.4 kil+%0.6BaCO ₃	3,64
%99.2 kil+%0.8BaCO ₃	3,04
%99 kil+%1BaCO ₃	3,96
%98 kil+%2BaCO ₃	3,28
%99.8 kil+%0.2SrCO ₃	3,60
%99.6 kil+%0.4 SrCO ₃	3,76
%99.4 kil+%0.6 SrCO ₃	3,36
%99.2 kil+%0.8 SrCO ₃	2,96
%99 kil+%1 SrCO ₃	3,00
%98 kil+%2 SrCO ₃	3,04



Şekil 4.1. BaCO₃ katkılı numunelerin kuru küçülme değerleri



Şekil 4.2. SrCO₃ katkılı numunelerin kuru küçülme değerleri

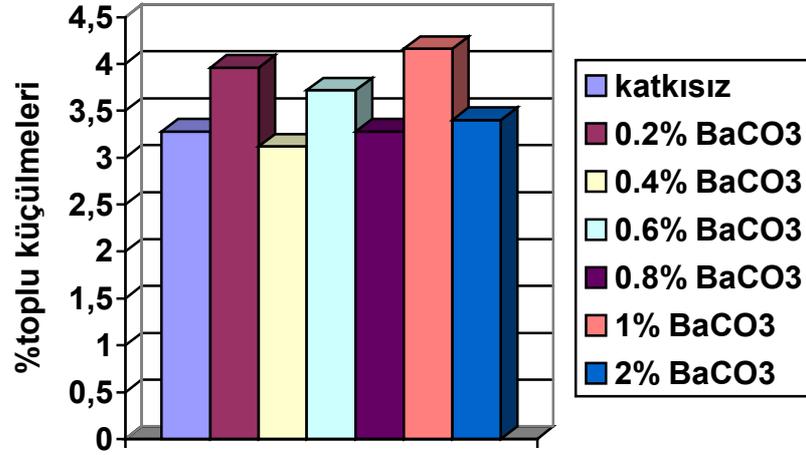
Tuğla kiline BaCO₃ katkısının katılmasıyla kuru küçülme değerlerinde çok büyük bir artış gözlenmemiştir. Kuru küçülme değerleri %3 ile %4 arasındaki değerlerdedir. (en fazla küçülme %1 BaCO₃'ta). SrCO₃ katkısının ilave edilmesiyle yine değerlerde büyük artışlar gözlenmiştir. Ancak BaCO₃'a göre SrCO₃'ın % kuru küçülme değerleri daha küçüktür. Yani SrCO₃ katılmasıyla daha az küçülme gözlenmiştir.

4.2.TOPLU KÜÇÜLMELERİ

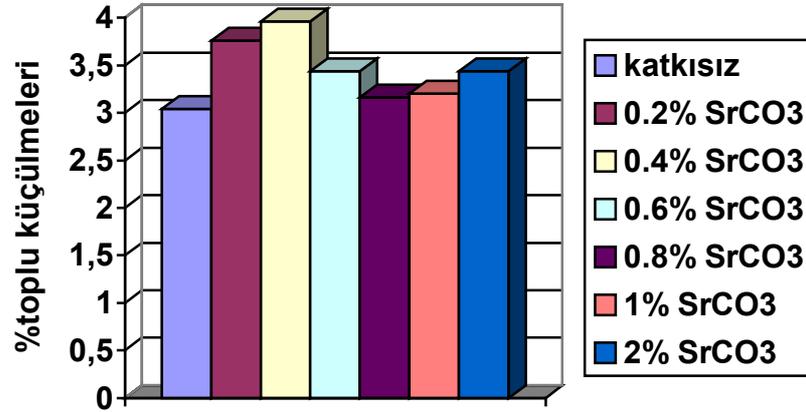
Toplu küçülme deneyi daha önce anlatıldığı gibi yapılmıştır. Numunelerin toplu küçülmesi oda sıcaklığında yapılan kurutma ve sinterleme sonrası elde edilen boyutlarına göre hesaplanmıştır. Her grup için 5 adet numunenin ortalaması hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen sonuçlar tablolar halinde aşağıda verilmiştir. Elde edilen toplu küçülme deneyi sonuçları sıcaklık artışı ve katkı oranlarına bağlı olarak değişimi Çizelge 4.2. 'de ve Şekil 4.2. 'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Toplu küçülme değerleri

%TOPLU KÜÇÜLMESİ	
	980°C
%100kil	3,28
%99.8 kil+%0.2BaCO ₃	3,96
%99.6 kil+%0.4BaCO ₃	3,12
%99.4 kil+%0.6BaCO ₃	3,72
%99.2 kil+%0.8BaCO ₃	3,28
%99 kil+%1BaCO ₃	4,16
%98 kil+%2BaCO ₃	3,40
%99.8 kil+%0.2SrCO ₃	3,76
%99.6 kil+%0.4 SrCO ₃	3,96
%99.4 kil+%0.6 SrCO ₃	3,44
%99.2 kil+%0.8 SrCO ₃	3,16
%99 kil+%1 SrCO ₃	3,20
%98 kil+%2 SrCO ₃	3,44



Şekil 4.3. BaCO₃ katkılı numunelerin toplu küçülme değerleri



Şekil 4.4. SrCO₃ katkılı numunelerin toplu küçülme değerleri

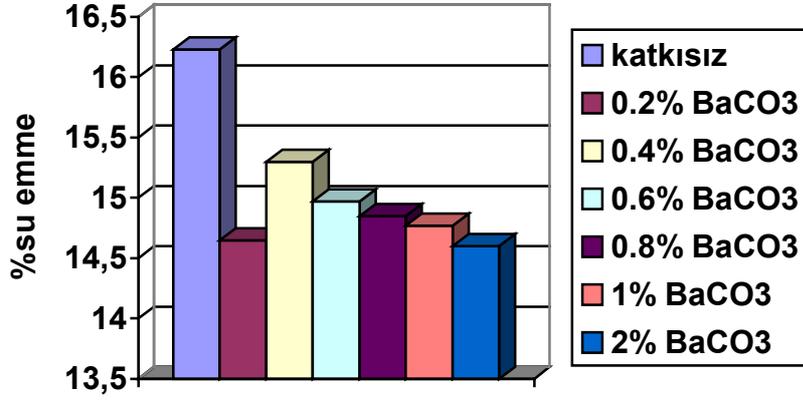
Tuğla kiline BaCO₃ katkısının ilavesiyle toplu küçülme değerlerinde büyük artışlar gözlenmemiştir. Toplu küçülme değerleri %3,2 ile %4,1 arasında değişim göstermiştir. SrCO₃ katkısının ilave edilmesiyle ilk oranlarda biraz artmış, artan oranlarda azalma gözlenmiştir. SrCO₃ katkısının katılmasıyla toplu küçülme değerleri %3,15 ile %3,95 arasındaki değerlerdedir.

4.3.SU EMME

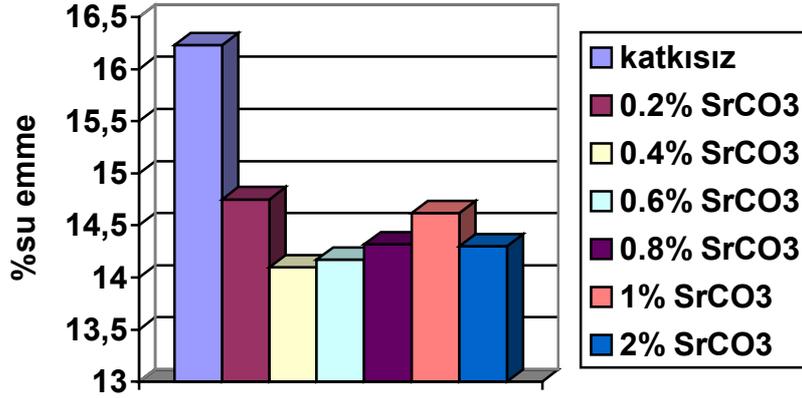
Su emme deneyi daha önce anlatıldığı gibi yapılmıştır. 72 saat suda bekletilerek yapılan su emme deneyinde, her sıcaklık için iki adet numune kullanılmıştır. Değerlendirmeler yapılırken bu iki numunenin ortalama yüzde değerleri hesaplanmıştır. Değerler Ek3’de verilmiştir. Elde edilen % su emme deneyi sonuçlarının katkı oranlarına bağlı olarak değişimi Çizelge 4.3 ’de ve Şekil 4.3. ’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2.su emme değerleri

%SU EMME	
	980°C
%100kil	16,23
%99.8kil+%0.2BaCO ₃	14,65
%99.6kil+%0.4BaCO ₃	15,3
%99.4kil+%0.6BaCO ₃	14,97
%99.2kil+%0.8BaCO ₃	14,85
%99kil+%1BaCO ₃	14,77
%98kil+%2BaCO ₃	14,6
%99.8kil+%0.2SrCO ₃	14,75
%99.6kil+%0.4 SrCO ₃	13,9
%99.4kil+%0.6 SrCO ₃	14,17
%99.2kil+%0.8 SrCO ₃	14,32
%99kil+%1 SrCO ₃	14,62
%98kil+%2 SrCO ₃	14,3



Şekil 4.5. BaCO₃ katkılı numunelerin su emme değerleri



Şekil 4.6. SrCO₃ katkılı numunelerin su emme değerleri

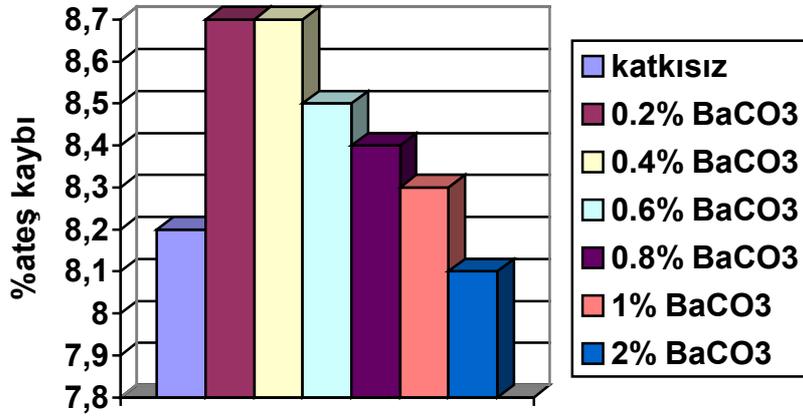
Tuğla kiline BaCO₃ katkısının ilave edilmesiyle su emme değerlerinde azalmalar gözlenmiştir. Su emme değerleri %14,65 ile %15,5 arasında değişmektedir. SrCO₃ katkısının ilave edilmesiyle yine katkısız numunelere göre su emme değerlerinde azalma gözlenmiştir. Katkısızla göre yaklaşık %2 oranında bir azalma söz konusudur.

4.4. ATEŞ KAYBI DENEYİ SONUÇLARI

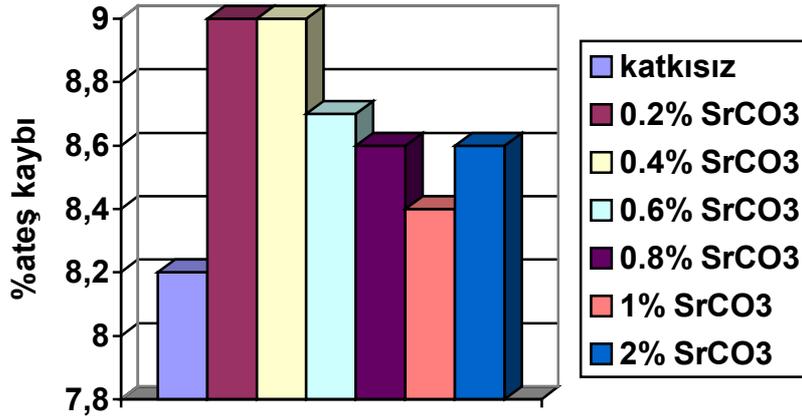
Ateş kaybı deneyi daha önce anlatıldığı gibi yapılmıştır. Bu deney için bütün katkı oranlarından 2'şer adet örnek alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, tablolar halinde aşağıda verilmiştir. Elde edilen % ateş kaybı sonuçları sıcaklık artışı ve katkı oranlarına bağlı olarak değişimi Çizelge 4.4 'de ve Şekil 4.7. 'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Ateş Kaybı Değerleri

% ATEŞ KAYBI	
	980°C
%100kil	8,2
%99.8kil+%0.2BaCO ₃	8,7
%99.6kil+%0.4BaCO ₃	8,7
%99.4kil+%0.6BaCO ₃	8,5
%99.2kil+%0.8BaCO ₃	8,4
%99kil+%1BaCO ₃	8,3
%98kil+%2BaCO ₃	8,1
%99.8kil+%0.2SrCO ₃	9
%99.6kil+%0.4 SrCO ₃	9
%99.4kil+%0.6 SrCO ₃	8,7
%99.2kil+%0.8 SrCO ₃	8,6
%99kil+%1 SrCO ₃	8,4
%98kil+%2 SrCO ₃	8,6



Şekil 4.7. BaCO₃ katkılı numunelerin ateş kaybı değerleri



Şekil 4.8. SrCO₃ katkılı numunelerin ateş kaybı sonuçları

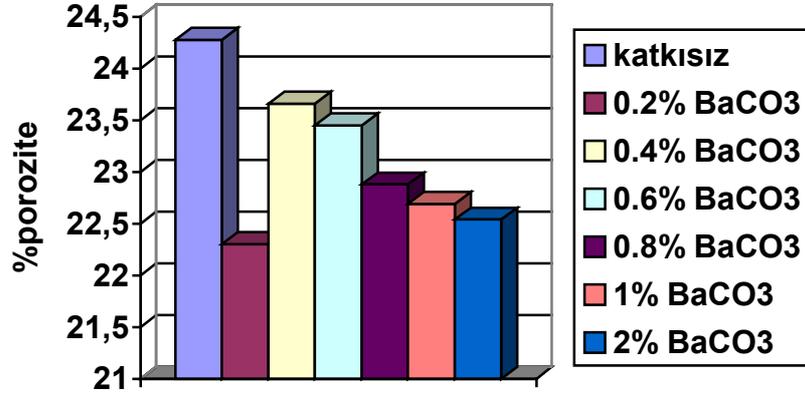
Tuğla kiline BaCO₃ katkısının ilave edilmesiyle ateş kaybı değerlerinde katkısızla göre önce artış sonra katkı oranının artmasıyla azalma meydana gelmiştir. SrCO₃ katkısının ilave edilmesiyle yine katkısızla göre önce artma ve sonra azalmalar olmuştur. % Ateş kaybı değerleri 8,4 ile 9 arasında değişim göstermektedir.

4.5.POROZİTE (GÖRÜNÜR GÖZENEK MİKTARI) VE BULK YOĞUNLUK

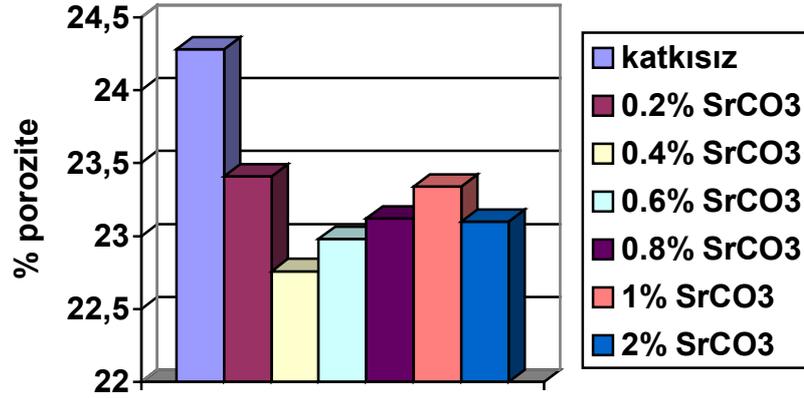
Porozite deneyi daha önce anlatıldığı gibi yapılmıştır. Bu çalışmalar için iki adet numunenin kuru ağırlığına, suya doymun ağırlığına ve sudaki ağırlığına bakılmıştır. Bu numunelerin porozite ve bulk yoğunluk değerleri hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen sonuçların katkı oranlarına bağlı olarak değişimi Çizelge.4.5.'de ve şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Porozite Değerleri

% POROZİTE	
	980°C
%100kil	24,28
%99.8kil+%0.2BaCO ₃	22,30
%99.6kil+%0.4BaCO ₃	23,66
%99.4kil+%0.6BaCO ₃	23,45
%99.2kil+%0.8BaCO ₃	22,88
%99kil+%1BaCO ₃	22,69
%98kil+%2BaCO ₃	22,54
%99.8kil+%0.2SrCO ₃	23,41
%99.6kil+%0.4 SrCO ₃	22,76
%99.4kil+%0.6 SrCO ₃	22,98
%99.2kil+%0.8 SrCO ₃	23,12
%99kil+%1 SrCO ₃	23,34
%98kil+%2 SrCO ₃	23,10



Şekil 4.9. BaCO₃ katkılı numunelerin porozite değerleri

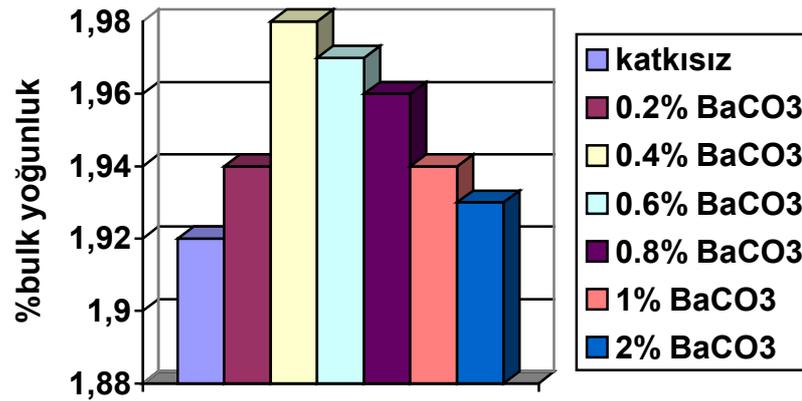


Şekil 4.10. SrCO₃ katkılı numunelerin % porozite değerleri

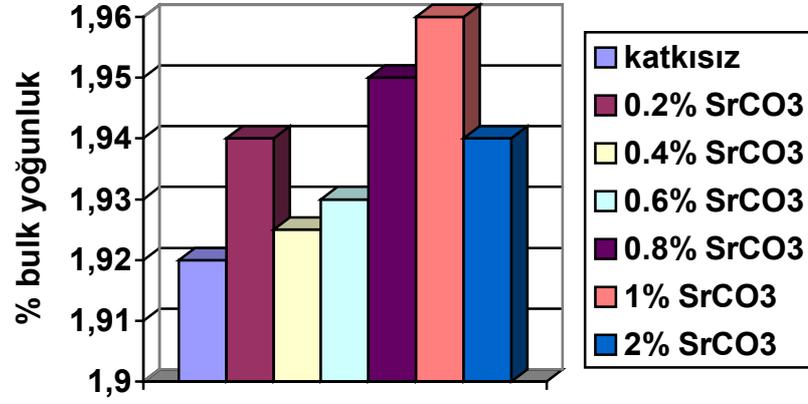
Tuğla kiline BaCO₃ katkısının ilave edilmesiyle porozite değerlerinde azalmalar gözlenmiştir. SrCO₃ katkısının ilave edilmesiyle katkısıza göre azalmalar gözlenmiştir. Ancak kendi katkı oranlarında katkı oranı arttıkça porozite değerlerinin de arttığı görülmüştür.

Çizelge 4.6.Bulk yoğunluk değerleri

% BULK YOĞUNLUK	
	980°C
%100kil	1,92
%99.8kil+%0.2BaCO ₃	1,94
%99.6kil+%0.4BaCO ₃	1,98
%99.4kil+%0.6BaCO ₃	1,97
%99.2kil+%0.8BaCO ₃	1,96
%99kil+%1BaCO ₃	1,94
%98kil+%2BaCO ₃	1,93
%99.8kil+%0.2SrCO ₃	1,94
%99.6kil+%0.4 SrCO ₃	1,92
%99.4kil+%0.6 SrCO ₃	1,93
%99.2kil+%0.8 SrCO ₃	1,95
%99kil+%1 SrCO ₃	1,96
%98kil+%2 SrCO ₃	1,94



Şekil 4.11.BaCO₃ katkılı numunelerin bulk yoğunluk değerleri



Şekil 4.12.SrCO₃ katkılı numunelerin % bulk yoğunluk değerleri

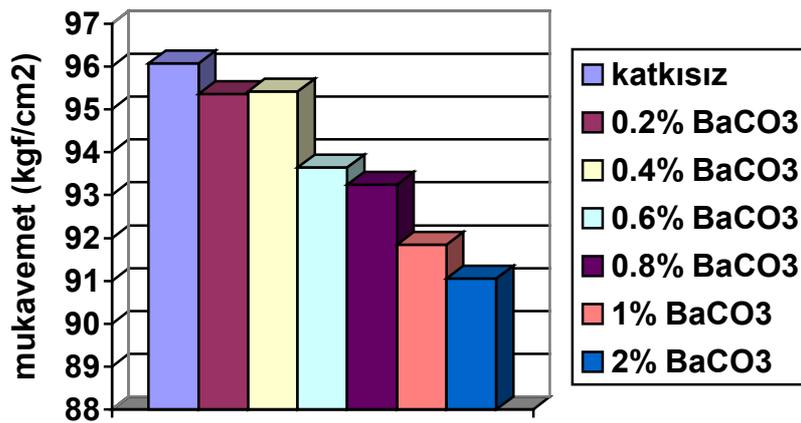
Tuğla kiline BaCO₃ katkısının ilave edilmesiyle bulk yoğunluk değerlerinde katkısıza göre artmalar gözlenmiştir. Kendi katkı oranlarında ise önce artma sonra azalmalar görülmüştür. SrCO₃ katkısının ilave edilmesiyle yine katkısıza göre artmalar gözlenmiştir.

4.6.BASMA MUKAVEMETİ

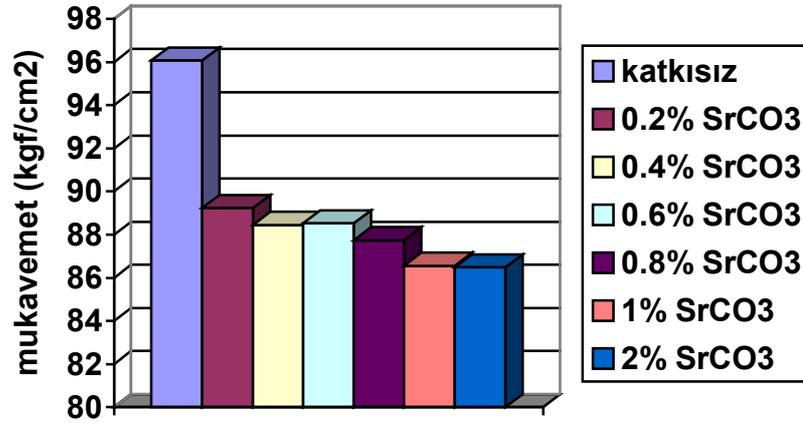
Basınç mukavemeti testi deneyi daha önce anlatıldığı gibi yapılmıştır. Bu deney için bütün katkı oranlarından 5 'er adet örnek alınmıştır. Elde edilen mukavemet sonuçlarının katkı oranlarına bağlı olarak değişimi Çizelge 4.7. 'de ve Şekil 4.13. 'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Mukavemet değerleri

MUKAVEMET(kgf/cm ²)	
	980°C
%100kil	96,07
%99.8kil+%0.2BaCO ₃	95,36
%99.6kil+%0.4BaCO ₃	95,42
%99.4kil+%0.6BaCO ₃	93,65
%99.2kil+%0.8BaCO ₃	93,25
%99kil+%1BaCO ₃	91,85
%98kil+%2BaCO ₃	91,05
%99.8kil+%0.2SrCO ₃	89,23
%99.6kil+%0.4 SrCO ₃	88,45
%99.4kil+%0.6 SrCO ₃	88,52
%99.2kil+%0.8 SrCO ₃	87,74
%99kil+%1 SrCO ₃	86,56
%98kil+%2 SrCO ₃	86,48



Şekil 4.13. BaCO₃ katkılı numunelerin mukavemet değerleri



Şekil 4.14. SrCO₃ katkılı numunelerin mukavemet değerleri

4.7.ÇİÇEKLENME DENEYİ

Deney her seride 10 numuneye uygulanmış olup. Çiçeklenme testi oldukça basittir. Pişmiş bir ürün 7 gün süreyle suda (mümkünse saf su kullanılmalı) bekletilir. Daha sonra normal oda şartları altında kuruması sağlanır. Yüzeyde oluşan pamuklanma, bir diker deyişle tuz kristallerinin varlığı görsel olarak incelenir. Bütün deney numunelerine bu test uygulandı ve bunun sonucunda gözle muayenesi yapıldı.

Bunun sonucunda katkıların olumlu ve olumsuz etkileri gözlenmiştir. Katkısız numunenin çiçeklenme varlığı oldukça yüksektir. Baryum karbonat katkısının artan katkı oranlarında olumlu bir etki yaptığı söylenebilir. En büyük etkiyi ise %1 ve %2 oranında baryum karbonat katkısında görülmüştür. Çiçeklenmeyi büyük oranda azaltmıştır. Daha az katkı oranlarında bir etki gözlenmiştir.

Stronsiyum karbonat katkıları incelendiğinde baryuma göre büyük oranda bir etki gözlenmemiştir. Baryum karbonat ve stronsiyum karbonat katkıları karşılaştırıldığında baryum karbonatın etkisinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Aşağıda çiçeklenme deneyi uygulanmış numunelerin fotoğrafları görülmektedir.



Resim 4.1.Katkısız numune



Resim 4.2.% 0,2 BaCO₃ katkılı numune



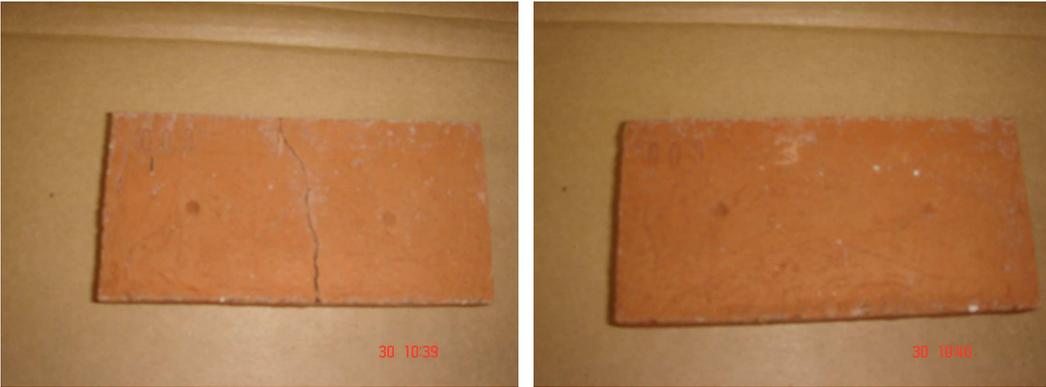
Resim 4.3. % 0,4 BaCO₃ katkılı numune



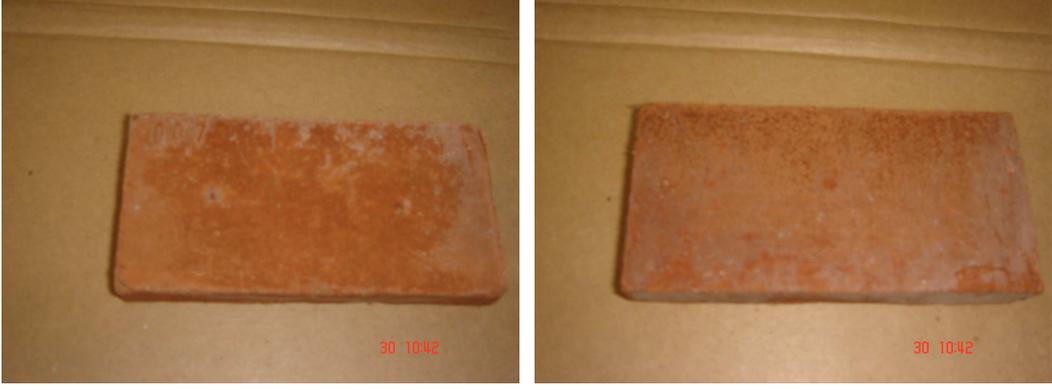
Resim 4.4. % 0,6 BaCO₃ katkılı numune



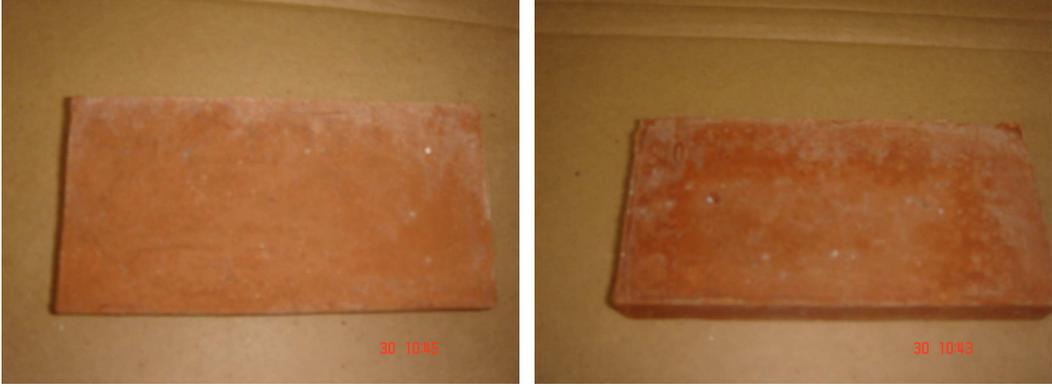
Resim 4.5. % 0,8 BaCO₃ katkılı numune



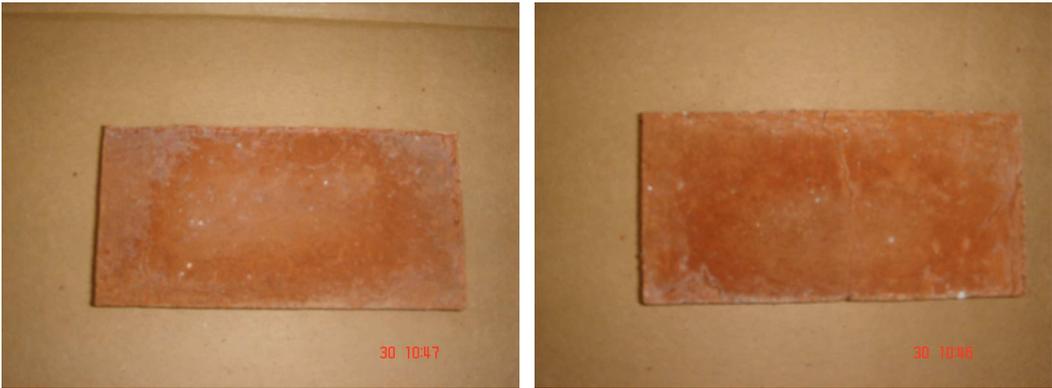
Resim 4.6. % 1 BaCO₃ katkılı numune



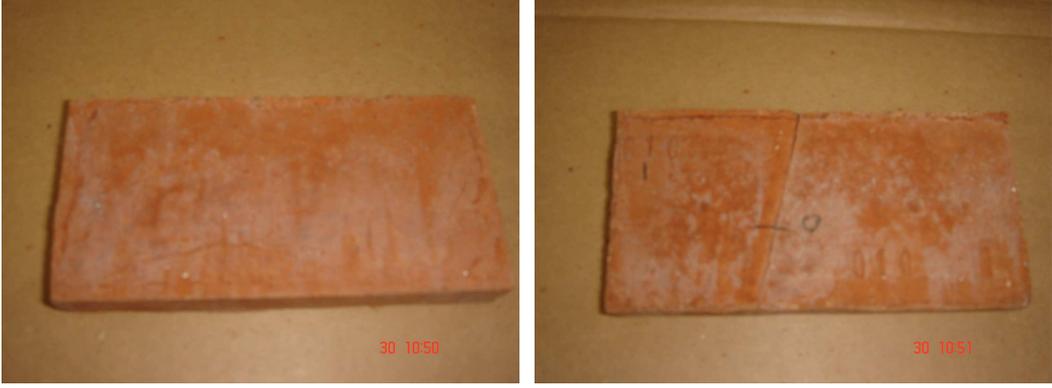
Resim 4.7.%2 BaCO₃ katkılı numune



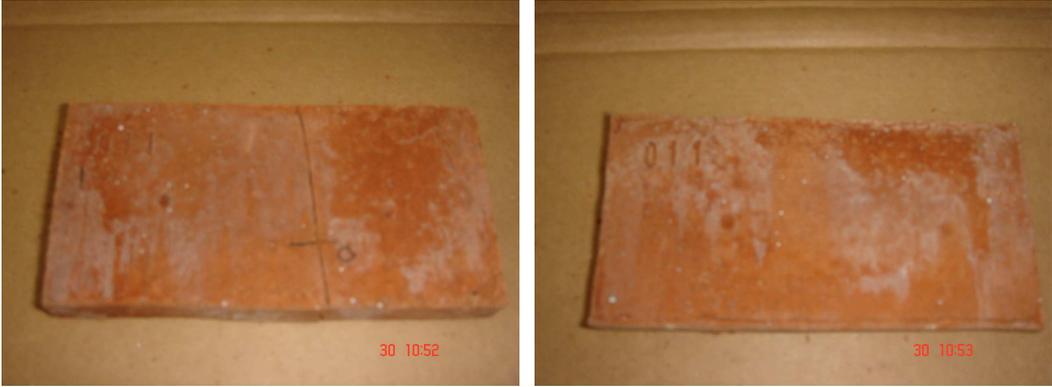
Resim 4.8.% 0,2 SrCO₃ katkılı numune



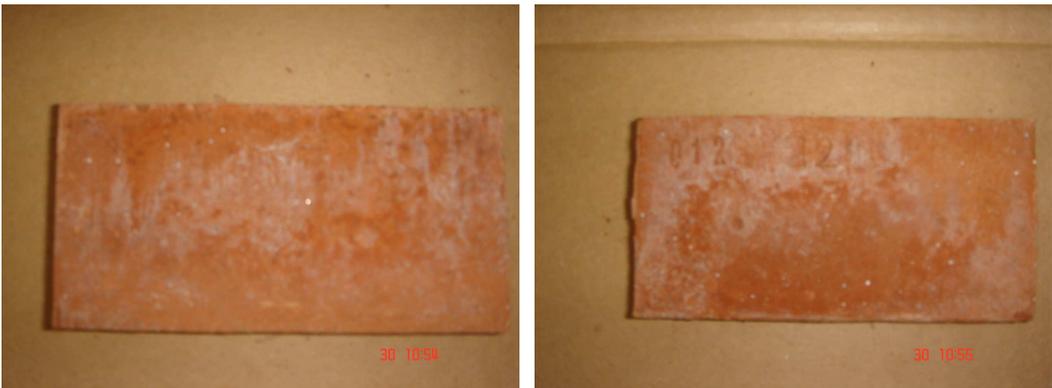
Resim 4.9.% 0,4 SrCO₃ katkılı numune



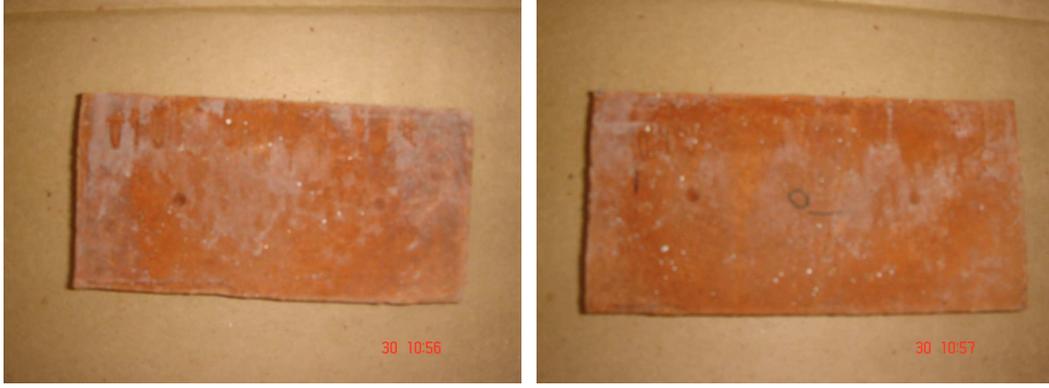
Resim 4.10. % 0,6 SrCO₃ katkılı numune



Resim 4.11. % 0,8 SrCO₃ katkılı numune



Resim 4.12. %1 SrCO₃ katkılı numune



Resim 4.13. %2 SrCO₃ katkılı numune

4.8.XRD ANALİZİ

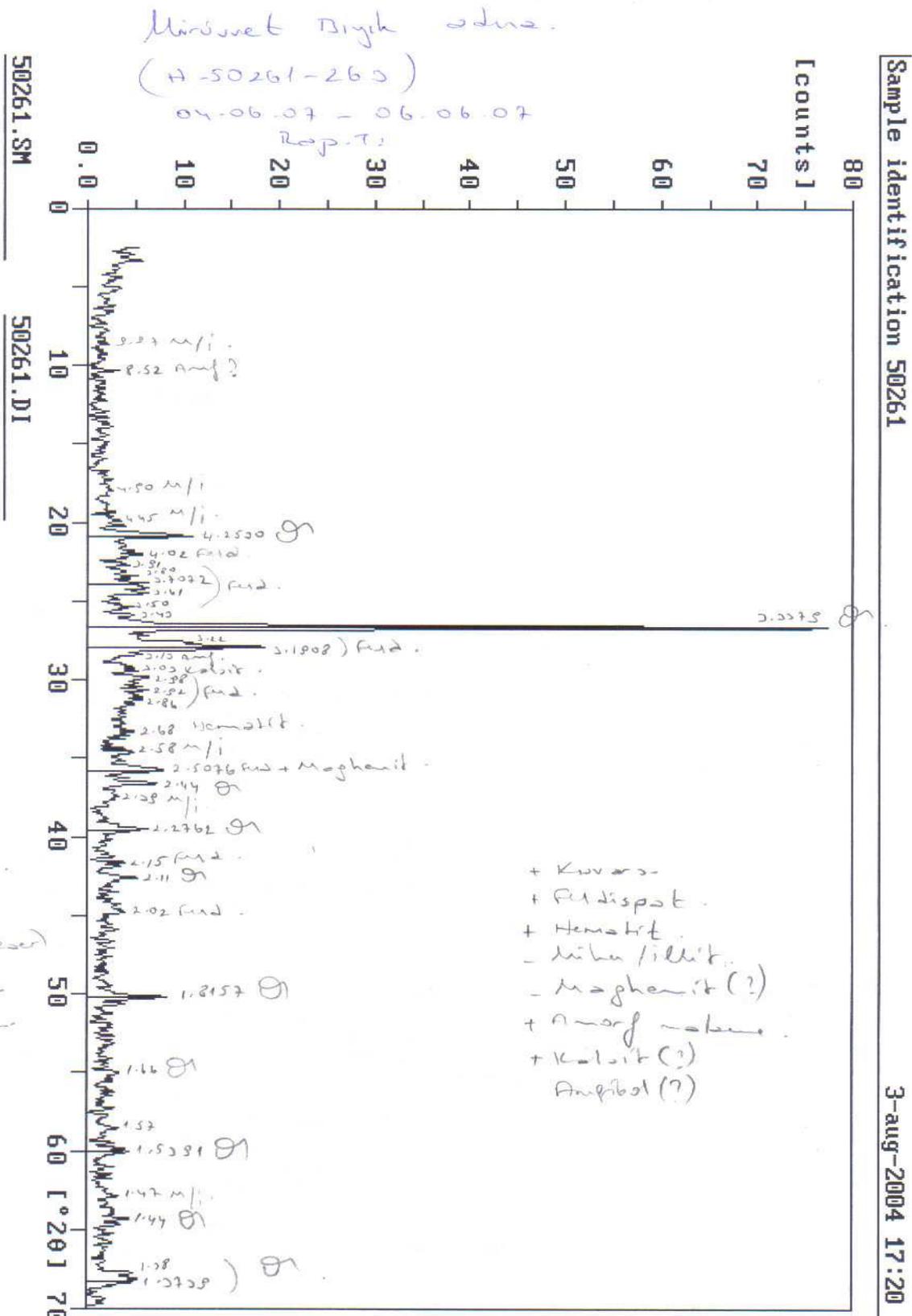
Katkısız yani %100 kil numunesine, %2 oranında BaCO₃ katkılı numuneye ve %2 oranında SrCO₃ katkılı numuneye XRD analizi yapılmış, ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

Katkısız numunenin XRD analiz sonuçlarına göre malzeme içinde kuvars, feldspat, hematit, mika/illit, maghemit, amorf malzeme, kalsit, amfibol grubu mineraller bulunmuştur.

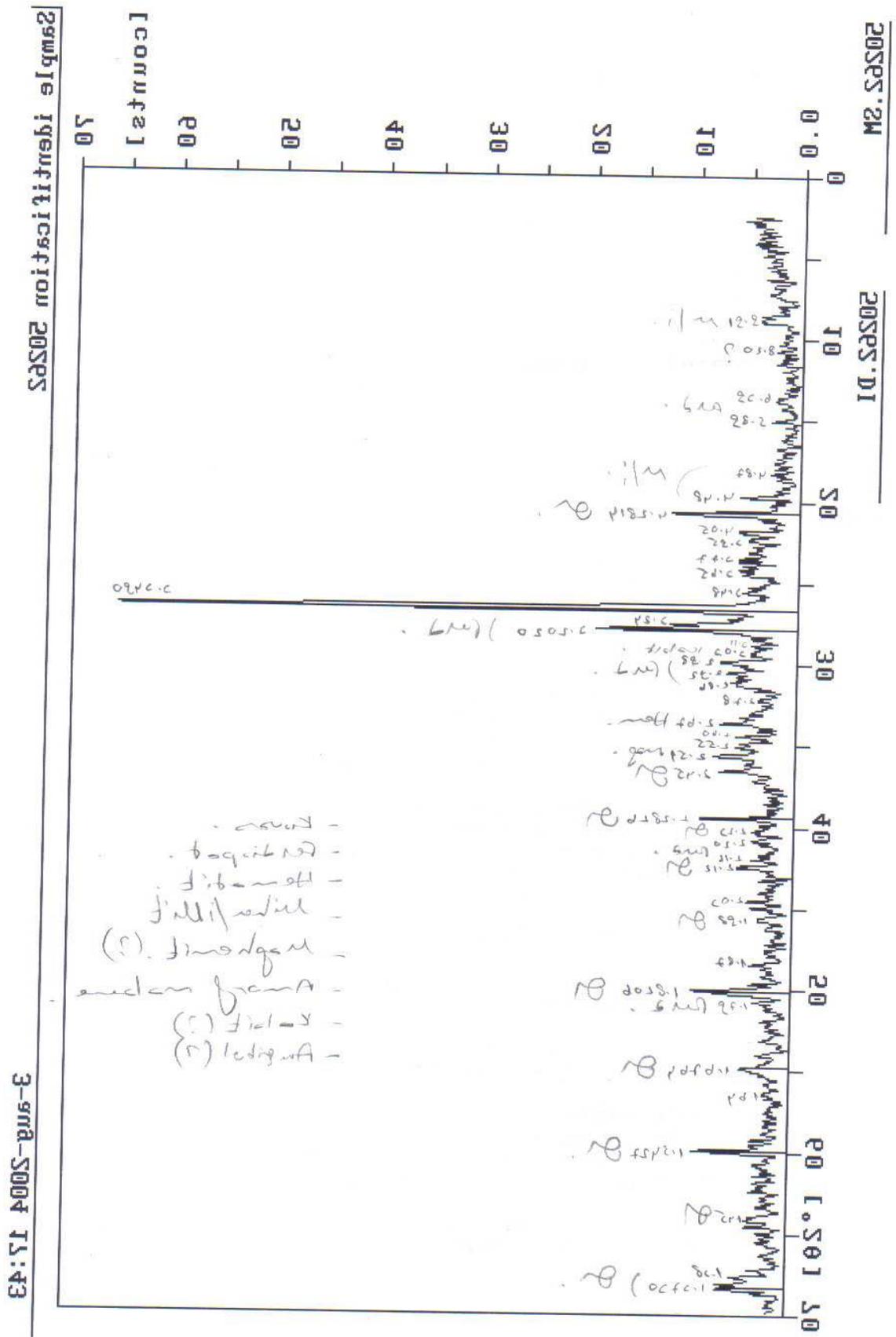
%2 BaCO₃ katkılı numunenin XRD analizi sonuçlarına göre malzeme içinde kuvars, feldspat, hematit, mika/illit, maghemit, amorf malzeme, kalsit, amfibol grubu mineral bulunmuştur.

%2 SrCO₃ katkılı numunenin XRD analizi sonuçlarına göre malzeme içinde kuvars, feldspat, kalsit, hematit, opal-CT, mika/illit, maghemit mineralleri bulunmuştur.

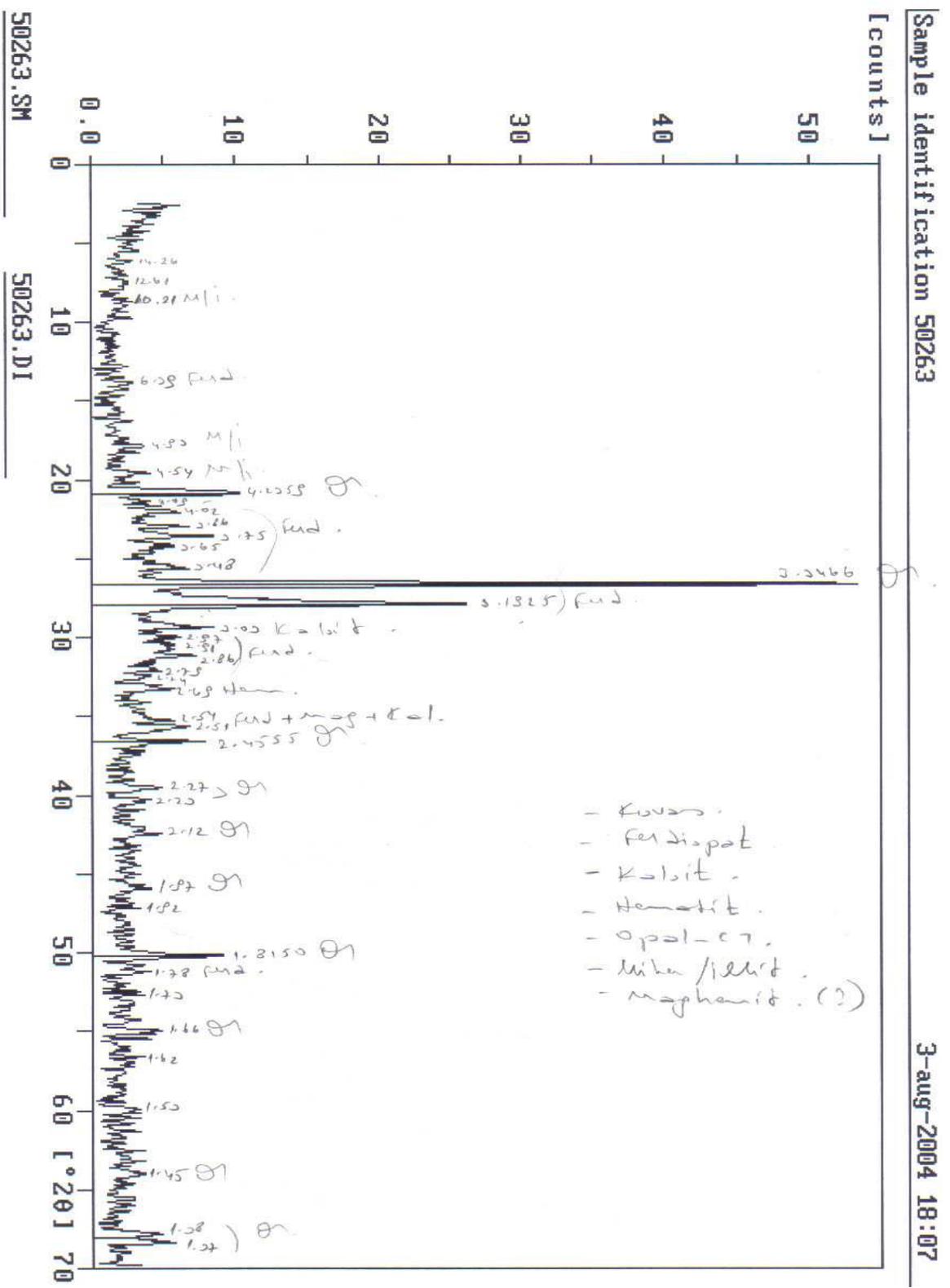
Aşağıda bu 3 numunenin XRD analiz pikleri görülmektedir.



Şekil 4.15. Katkısız numunenin XRD analizi



Şekil 4.16. %2 BaCO₃ katkılı numunenin XRD Analizi



Şekil 4.17.%2 SrCO₃ katkılı numunenin XRD analizi

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Çiçeklenme geçmişten günümüze kadar meydana gelen, ve genellikle şikayet edilen bir durumdur. Aslında çiçeklenmenin pişmiş kil bünyesine estetik görünümü bozması dışında başka bir zararı yoktur. Biz de bu çalışmamızda çiçeklenemenin nedenlerini, nasıl oluştuğunu, mekanizmasını anlamaya ve buna nasıl engel olunabileceği konusunda çalışmalar yaptık. Bunun sonucunda çiçeklenme hakkında bilgi sahibi olduk. Genel olarak aşağıdaki sonuçlara ulaştık:

- Çorum yöresinden alınan tuğla toprağının incelendiği bu çalışmada $BaCO_3$ ve $SrCO_3$ katkıları katılarak farklı katkı oranlarında (katkısız - %0,2 – %0,4 – %0,6 – %0,8 – %1 – %2) üretilen deney numunelerine çeşitli testler uygulanmış, bu deney sonuçları incelenmiş ve bu katkılı ve katkısız numunelerin çiçeklenme kontrolleri yapılarak değerlendirilmiştir.
- Kuru küçülme ve toplu küçülme değerlerinin katkısız numuneye göre çok fazla artmadığı görülmüş, genelde küçülme değerlerinin %3 ile %4 arasında değişen değerlerde olduğu gözlenmiştir.
- Su emme değerlerinde katkısız numunelere göre hem $BaCO_3$ katkılarında, hem de $SrCO_3$ katkılarında azalmalar gözlenmiştir. Su emme değerlerinin azalması çiçeklenmenin kontrolü açısından da önemlidir. Tuğlanın su emme değeri ne kadar az olursa bünye içine girecek su oranı da azalacağından bünye içindeki çözülebilir tuzlarla suyun buluşması da az olacaktır. Bunun sonucunda yüzeye taşınacak tuz miktarı da azalmış olacaktır.
- $BaCO_3$ ve $SrCO_3$ katkılarının ilave edilmesiyle porozite değerlerinde katkısız numunelere göre bir azalma söz konusudur. Bu da yine çiçeklenme için olumlu sonuçlardan biridir. Su emme ile orantılı olarak bünyede porozitenin azalmasıyla bünyeye su girişi yine azalacaktır.
- Çiçeklenme kontrolü için 7 gün süreyle saf suda bekletilen numuneler, oda sıcaklığında kurumaları sağlandıktan sonra göz ile kontrolleri yapılmıştır. Bunun sonucunda %100 tuğla toprağı ile yapılan yani katkısız numunelerin üzerinde biriken tuz miktarı oldukça yüksektir.

- Tuğla toprağına ilave edilen BaCO₃ miktarı arttıkça çiçeklenmenin azaldığı görülmüştür. Tuğla toprağına katılan BaCO₃ oranları %0,2 - % 0,4 - % 0,6 - % 0,8 - %1 - % 2'dir. Baryum karbonat katkısının artan katkı oranlarında olumlu bir etki yaptığı söylenebilir. En büyük etkiyi ise %1 ve %2 oranında baryum karbonat katkısında görülmüştür. %1 ve %2 oranında baryum katkısı çiçeklenme etkisini azaltmıştır.
- Stronsiyum karbonat katkıları incelendiğinde baryuma göre büyük oranda bir etki gözlenmemiştir. Çiçeklenmeye stronsiyum karbonat katkısının pek fazla bir etkisi görülmemiştir. Katkı oranının arttırılmasıyla veya daha yüksek sıcaklıklara çıkılırsa belki stronsiyum karbonat etkisinin etkili olabileceği söylenebilir. Baryum karbonat ve stronsiyum karbonat katkıları karşılaştırıldığında baryum karbonatın etkisinin daha yüksek olduğu görülmüştür.
- Çiçeklenme için BaCO₃ ve SrCO₃ katkıları dışında söylenebilecek başka bilgiler de söz konusudur. İşletmeler göz önüne alındığında çiçeklenme olmaması için önceden bazı önlemler alınmalıdır. Başta tuğla toprağının alındığı sahada yüzeyden derinlere inildikçe tuz miktarında artış olabilir. Bu nedenle yüzeyden alınan toprakta problem ortaya çıkmazken derindeki toprakların kullanılmasında çiçeklenme problemleri ortaya çıkabilir. Sonuç olarak tuğla toprağının saha içinde dinlenme periyodu göz önüne alınarak kullanılması önerilebilir.
- 3 tabakalı killerin plastiklik özellikleri ve tuğlaya verdikleri renkleri daha iyidir. Ancak bu tip killer oluşum özellikleri açısından ve yapıları nedeniyle önemli ölçüde tuz mineralleri içerebilmektedir. Bu nedenle bu tip killerin kullanımına dikkat edilmelidir.
- Yanlış depolamanın sebep olduğu çiçeklenmelerden sakınmak için tuğlaların veya pişmiş toprak malzemenin daima kuru yerlere konması ve depolanması gereklidir. Tuğlaları özellikle; ot, ıslak toprak, moloz döküntüsü, maden kömürü, kimyasal maddeler, çürümüş organik maddeler üzerine koymamak gerekir.
- çiçeklenme bünyeye giren suyun buharlaşmayla birlikte tuzları yüzeye çıkarmasından kaynaklanır. Bünyeye ne kadar az su sızarsa çiçeklenme o kadar azalır. Malzemedeki su emme değeri aşağılara çekilirse bünyeye daha az su girer. Veya suyun bünyeye girmesini engelleyecek fiziksel bir bariyer oluşturulabilir. Bunun için siloksan veya akrilik- siloksanlar kullanılabilir.

6.KAYNAKLAR

- Arcasoy, A, 1983. Seramik Teknolojisi, Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Ana Sanat Dalı Yayınları, İstanbul
- Anonymous, 2001. Cleaning of Clay Brickwork, Brick Development Association
- Anonymous, 2004. Clay Pover Maintenance, PHB Tech Bullet 2
- Anonymous, 2006. How to Stop Efflorescence, Lambert Corporotion, Orlando
- Brocken, H. 2004. White Efflorescence on Brick Masonry and Concrete Masonry Blocks, with Special Emphasis on Sulfate Efflorescence on concrete blocks
- Kasapoğlu, E. 1989. Killerin Jeoloji Mühendisliği Özellikleri, IV Ulusal Kil Sempozyumu
- Kırınkoğlu, S. 1993. Türkiye Seramik Hammadde Yataklarının Jeolojisi ve Ekonomisi, VI Ulusal Kil Sempozyumu
- Kibici, Y. 2002. Seramik Hammaddeleri ve Teknolojik Özellikleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınları
- Merrigan, M. 1986. Efflorescence: Cause and Control, The Masonry Society Journal
- Ramirez, C. 2005. Efflorescence; Today, Tomorrow But Not Forever, Stone Tech Professional
- Suni, F. 2004. Tuğla kiline Granit Kesim Atığı ve Pomza İlavelerinin Etkilerinin İncelenmesi. Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon
- Technical Notes 23A, 2000. Efflorescence Causes and Mechanisms, Part 2
- Technical Notes on Brick Construction, 1997, Efflorescence, Causes and Mechanisms
- Tuncer, G. 1997. Türkiye Seramik Hammaddelerine Genel Bir Bakış, II Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir

6.1.İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1- http://www.ekutup.dpt.gov.tr | 26-04-2007 |
| 2- www.migem.gov.tr | 30-04-2007 |
| 3- www.hansonbrick.com | 22-10-2006 |
| 4- http://tr.wikipedia.org/wiki/Baryum | 26-04-2007 |

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mürüvvet Bıyık

Doğum Yeri : Eskişehir

Doğum Tarihi : 10-03-1980

Medeni hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Prof. Dr. Orhan Oğuz lisesi (1995-1998)

Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Seramik Müh. (2000-2004)

Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Seramik Müh. (2004-2007)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Toprak Seramik A.Ş. Bozüyük/Bilecik; 2002 yaz dönemi staj programı

Granits A.Ş Çifteler/ Eskişehir; 2002 yaz dönemi staj programı

Toprak Seramik A.Ş Eskişehir ; 2003 yaz dönemi staj programı

Diğer Konular

Afyon Kocatepe Üniversitesi Seramik Mühendisliği Lisans Tezi:

Tuğla kiline granit kesim atığı ve uçucu kül ilavelerinin etkilerinin incelenmesi

İletişim

Adres: Cumhuriye Mh. Kırım Cd. Köşem Apt. No:2/12 Eskişehir

Telefonlar: 05449512350; 02222348440

E-mail: m_biyik80@hotmail.com; mbiyik80@gmail.com