

Eskişehir Bölgesi Kiremit Kiline $\text{Ca}(\text{B}_2\text{O}_7)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ İlavesinin Plastiklik, Kurutma Hızları ve Fiziko-Mekaniksel Özelliklere Etkisinin Araştırılması

The Investigation of Properties on Plasticity, Drying Speed and Physico-Mechanical Effects with the Addition of $\text{Ca}(\text{B}_2\text{O}_7)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ in to Eskişehir Region Roofing Tile Clay

V.Uz

Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Seramik Mühendisliği Bölümü, Kütahya

H. Özdağ

Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir

ÖZET: Bir kil yatağının fiziksel ve kimyasal özellikleri kendine hastır ve değişebilir oranlarda mineraller içerir ve bir diğer yatakta farklılıklar gösterir. Bu kompleks mineral topluluğu, bugünkü modern, otomatikleşmiş tuğla-kiremit fabrikalarının verimi, ürün özellikleri, toplam üretim maliyetleri için proses edilmektedir. Bu çalışmada Ca boratın kiremit kiline ilavelerinin vizkoziteye, pH' a, plastikliğe (Attenberg ve Pfefferkorn' a göre), kurutma hızlarına, Bigot Eğrilerine ve fiziko-mekaniksel özelliklerine etkileri saptanmıştır. Sonuç olarak, artan Ca borat ilave oranları ile vizkozite değerlerinin azaldığı, Attenberg testine göre likit limitin, Pfefferkorn testine göre plastiklik limitinin arttığı tespit edilmiştir. Kurutma hızlarının ilavelerle azaldığı görülmüştür. Bigot eğrilerinde ise ilavelerle daha az küçülme değerlerinde dönüm noktasının sağlandığı tespit edilmiştir. Fiziko-mekaniksel özelliklerde su emme, porozite ve kuru mukavemet Ca borat ilavesiyle azalmıştır. Pişme mukavemetleri ise artış göstermiştir.

ABSTRACT: No two clay bodies are the same and indeed there are generally variations in quality, both physical and chemical, throughout the deposit. This complex mineral array must be processed into a consistent feedstock in order that today's modern high-efficiency automated brick and tile plant can meet its production targets in terms of output, product properties, and overall manufacturing costs. In this study, the effect of Ca borate on roofing tile clay in terms of viscosity, pH, plasticity (according to Attenberg and Pfefferkorn), drying speed, Bigot Curve and physico-mechanical properties were investigated. Consequently, the viscosity was decreased, plasticity according to Attenberg test limit of liquid and Pfefferkorn test limit of plasticity were increased, drying speed was decreased. It was found that Bigot Curve had a little shrinkage providing inversion point. Physico-mechanical properties such as water absorption, porosity and drying strength were decreased and fired strength was increased

I. AMAÇ

Türkiye de Tuğla Kiremit sektörünün hala eski teknoloji ile üretim yapması ve her geçen gün hazır kullanılabilir kaliteli hammaddelerinin azalması, diğer taraftan rekabet koşullarının üreticiyi daha kaliteli ürün üretmeye zorlaması neticesinde bu sektörde önümüzdeki yıllarda bir teknoloji patlaması olacağı kaçınılmaz görünmektedir. Ancak bu sektörde bilgi yetersizliği ve yetişmiş kalifiye eleman sayısının çok az olması nedeniyle bu geçiş sürecinde çok büyük sıkıntı yaşanacaktır. Bu çalışmanın amacı kil ürünlerinin şekillendirilmesi, kurutulması ve pişirilmesinde kalite artışına etki

edebilecek nitelikte ilavelerin üretim aşamalarında nasıl davranışlar sergileyeceğinin tespit edilerek, üreticilerin hammaddelerine has olabilecek ilavelerin tavsiye edilmesi, yol gösterilmesidir.

2. GİRİŞ

'Plastik' terimi kile uygulandığında 'kilin tanımı' su emdiğinde plastik olan ve basınç uygulandığında kırılmadan deforme olan, ancak basınç bırakıldığında yeni şeklini koruyan bir malzemedir. Malzemeye su ilave edildiğinde üzerine bastırıldığı zaman parmak izlerini açıkça gösteren, fakat ele

yapışmayan kil normal plastik hale gelmiş demektir. Kurutulmuş kilin bu hale gelinceye kadar aldığı su miktarı yüzdesine, kilin plastisite sayısı denir. Killerin plastisitesi ihtiyaca göre * «uni olarak azaltılabilir ve çoğaltılabilir (Işık, 1996).

Plastisite minerallerin tane inceliğine ve ayrıca nispi çekmenin ve itici kuvvetlerin göründüğü katyon değişim kapasitesi ve yüküne bağlıdır. Yüksek katyon değişimli minerallerin yüksek plastisitesi vardır, fakat plastisitesi katyonik çevre değişimlerine daha hassastır. Killerin plastiklik ve kaplayıcılık özelliği kristallerinin ince levhacıklar şeklinde olmasından ileri gelir. Kil içerisinde levhacıklar üst üste birikmiş paketler halinde bulunur. Su ile çamur yapıldığında su levhacıklar arasına girer. Çamur bir taraftan basıldığında levhacıklar birbiri üzerinde kayarak verilen şekli alır. İki cam levha ıslatıldığında nasıl birbiri üzerinde kayarsa killerde öyle kayar. Islak olan iki cam levhayı birbirinden ayırmak nasıl güç ise kil levhaları da aynen böyle olup sağlamlık kazanırlar. Reolojik bakış açısından, kilin plastik bünyeleri süspansiyonlara benzemez, ana fark şekillendirmede katı konsantrasyonun daha yüksek olmasıdır (Grimshaw, 1971).

Killi bünyeler hızlı kurutulmaları halinde yüksek kurutma derecesinden ve kurutma derecelerindeki lokal değişimlerden dolayı deformasyonlara ve çatlamalara maruz kalır. Yaş mamulün kurutulması esnasında oluşan buharlaşma nedeniyle rutubet konsantrasyonundaki değişimler ve kilin suyu alındıkça farklı bölgelerde değişken çekmesi yaş üründe gerilim oluşumuna sebep olur. Yaş ürünün şekline ve materyalin elastik ve plastik özelliklerine bağlı olarak bu gerilimlerin büyüklüğü ve etkileri farklı olmaktadır. Kuruma prosesi, üreticilere kuruma problemlerini çözmede ve daha hızlı kurutma yöntemleri geliştirmede en önemli aşamalardan biridir. Fakat her bir seramik hammaddesinin ve ürünün farklı kuruma davranışı göstermesi, kurutmanın tam olarak anlaşılabilmesi için seramik bünyedeki kuruma prosesinin detaylı incelenmesi ve ölçülmesi gerekir (Uz, 2004).

3. MATERYAL VE METOD

Deneylerde kullanılan malzemeler kiremit üretiminde kullanılan kil Eskişehir bölgesinden

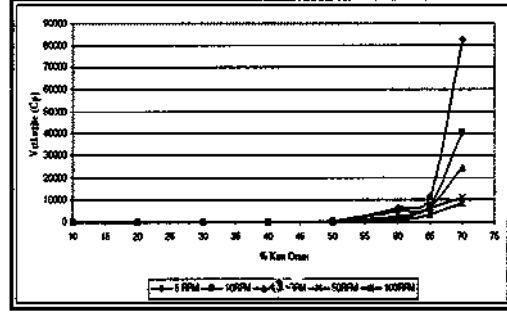
temin edilmiştir. Kile katılan ilave ise $Ca(BO_3)_2 \cdot 2H_2O$ dir. Kilin kimyasal analizi Perkin Elmer 1100B model atomik absorpsiyon spektroskopisi ile, XRD analizi Rigaku Miniflex marka XRD cihazında yapılmıştır. İlave, kile ayn ayn eklenirken katı miktarı üzerinden ilave oranlarına göre %0.25-%0.50-%0.75 ve %1 olarak eklenmiştir. Borat ilaveli killerin vizkozite, plastiklik (Attenberg ve Pfefferkorn' a göre), kurutma hızları ve fiziko-mekaniksel özellikleri incelenmiştir. Deneylerde kullanılan kil etüvde $80^\circ C$ de 24 saat kurutulduktan sonra merdaneli kinci ile lmm'nin altına indirilmiştir. Kilin vizkozite, plastiklik ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra kuruma davranıştan incelenmiş, ürünler pişirilerek fiziko-mekaniksel özellikleri tespit edilmiştir. Kilin vizkozite ölçümü için su içinde katı oranının tespiti yapılmış, artan ilavelerle vizkozite değerleri tespit edilmiş 5 RPM' deki vizkozite değerleri verilmiştir. Kilin vizkozite değerlerini tespit edebilmek için öncelikle katı oranının tespit edilmesi gerektiğinden dolayı artan oranlarda katı miktarları ile süspansiyonlar hazırlanmış, hazırlanan süspansiyonların vizkoziteleri ölçülmüş, sonuçlara göre ideal katı oram tespit edildikten sonra aynı katı oranına daha sonraki aşamalarda ilaveler eklenmiş vizkozite ölçümleri yapılmıştır.

Artan oranlarda Ca Borat ilavesinin kilin plastiklik limitine etkisinin incelenmesinde Attenberg' e göre plastiklik değerleri ve Pfefferkorn'a göre plastik limit değerleri orta sertlikteki çamur için 24 mm' ye karşılık gelen % su miktarları alınmıştır. Plastikliği tespit edilen kile Pfefferkorn' a göre 24 mm ezilme yüksekliğindeki su içeriğine göre su ilave edilmiş, hazırlanan çamurlar nem homojenliğinin sağlanabilmesi için 24 saat naylon torbalarda bekletilmiştir. Bir gün süreyle bekletilmiş olan çamur, 15cmx2,5cmx1,5cm boyutlarında alçı kalıpta şekillendirilmiştir. Şekillendirilen örneklerin ağırlıkları ölçülmüş ve yüzeylerine kuru küçülmelerinin tespiti için 10 cm' lik (ön ve arka yüzeylere 2, yan yüzeylerine 1 adet) işaretler konulmuştur. Kurutma bölümünde artan ilave oranlarına göre küçülme ve su kaybı hızları tespit edilmiş, grafikten hızlar doğrusal bölümün hızı ayn, azalan bölümün hızı ayn olarak hesaplanmıştır. Her grup için zaman-su kaybı ve zaman-küçülme olarak grafikleri verilmiş, küçülme ve su kaybı oranının zamana bağlı olarak her ikisi tek bir grafikte

verilerek bigot eğrileri çizilmiştir. Kurutulan numuneler 960°C pik sıcaklıkta pişirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 1'de kilin %50 katı oranına kadar vizkozitelerde herhangi bir artış olmamış, bu noktadan sonra %65 katı oranına kadar düzgün bir artış olduktan sonra %70 oramnda birden vizkozitede bir yükseliş gözlenmiştir. Buna göre katı oram olarak %60-65 alınabileceği görülmüş, bundan sonraki kil için vizkozite ölçümlerine baz olarak % 60 katı oram seçilmiştir.



Şekil 1. Kilin artan katı oranına göre vizkoziteleri

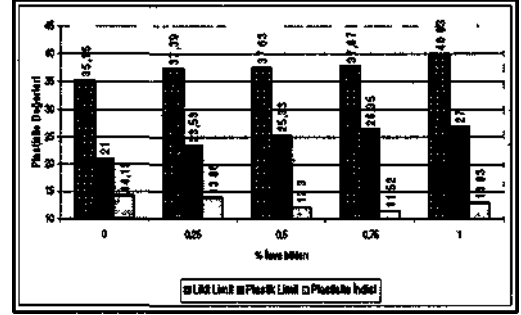
Deneylerde kullanılan kil mineralojik olarak Hornblend, Montmorillonit, Klorit, Albit, Anortit, Biotit, Kuvars, Enstatite, Muskovit ve Mikroklin içermektedir. Kilin tane boyu analizine göre 20 μ m>%56,54, 2 μ m -20 μ m arası %38,34, 2 μ m<% 5,12 olmaktadır. Kilin kimyasal analizi SiO₂ 45,59; Al₂O₃ 15,02; Fe₂O₃ 12,23; CaO 9,83; MgO 4,89; Na₂O 1,48; K₂O 1,11; TiO₂ 1,70; A.Z. 7,15' tir.

Kile artan Ca borat ilaveleri ile vizkozite belirgin bir şekilde düşmekte, pH değerleri ise artmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kilde artan borat ilavesi miktarı ile vizkozite (Cps) ve pH değerleri

	% Üve Oram				
	Katkısız	0,25	0,50	0,75	1
Vizkozite	2870	1830	1940	1850	1710
PH	7,87	8,68	8,99	9,19	9,36

Attenberg plastiklik testlerine göre, kile eklenen Ca borat ilave oranlarıyla paralel olarak likit limit eğrileri de sağa doğru kaymış ve likit limit değerlerini katkısız kile göre artırmıştır (Şekil 2). Ca borat ilavesinde en yüksek likit limit değeri % 1 ilavede %40,03 olmuştur. Bave oranlarıyla plastisite indiserine baktığımızda katkısız kilin plastisite indisi değerlerinden düşük çıkmaktadır. En düşük plastisite indisi % 0,75 ilavede % 11,52 ; en yüksek plastisite indisi %0,25 ilave ile %13, 86 olmaktadır.

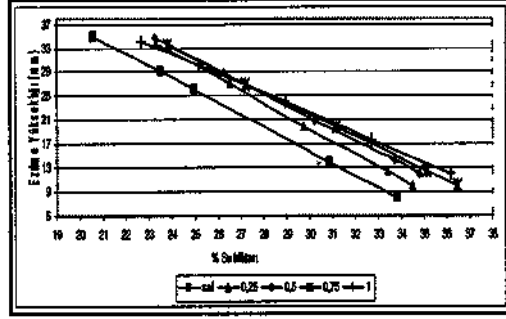


Şekil 2. Kilde Ca borat ilavesinin likit, plastik limit ve plastisite indisine etkisi

Pfefferkorn plastiklik testine göre, artan oranlarda Ca Borat ilavesinin kilin plastiklik limitine etkisinde plastiklik eğrileri belirgin bir şekilde sağa kaymakta ve plastiklik değerlerini artırmaktadır (Şekil 3). Eğrilerde artan ilave oranları ile paralel olarak plastiklik artışı olmaktadır. 24 mm ezilme yüksekliğinde en yüksek plastik limit değeri %1 Ca borat ilavesinde % 28, 87 olarak elde edilmiştir (Çizelge 2).

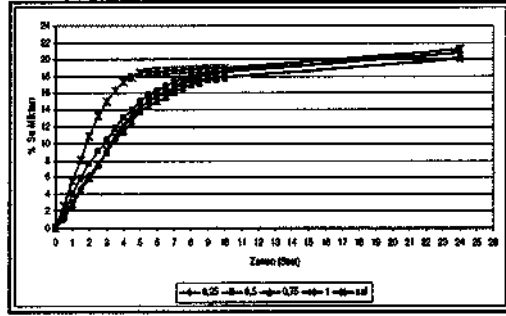
Çizelge 2. Boratın kilin plastikliği üzerine etkisini gösteren plastik limit değerleri

	% Üve Oranları				
	Katkısız	0,25	0,50	0,75	1
Plastiklik Limiti	25,64	27,87	28,70	28,84	28,87



Şekil 3. Ca boratın kilin plastikliği üzerine etkisini gösteren pfefferkorn eğrileri.

Artan oranlarda Ca Borat ilavesinin kilin kurutulmasına etkisinde Ca borat ilavesinde %0,50 ilave oranında lineer kısımda bir artış olduğu görülmektedir. En yüksek su çıkış hızı %0,50 ilavede 3,135%/h olmaktadır (Çizelge 3). İlaveli killerin su çıkış hızları katkısız kilin, su çıkış hızından daha düşük değerlerdedirler (Şekil 4).

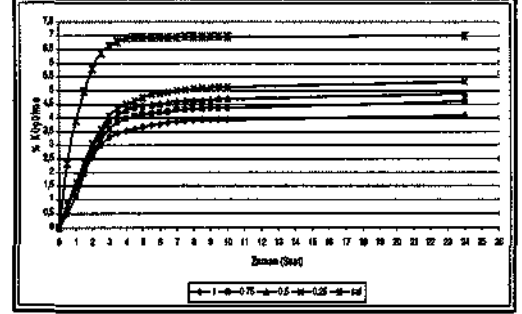


Şekil 4. Kile artan oranlarda Ca borat ilavesinin zamana bağlı % su kaybı değerleri

Kile Ca borat ilavesinde artan ilave oranıyla birlikte küçülme hızı azalmaktadır. İlaveli killerin küçülme hızları katkısız kilin küçülme hızından düşüktür. En yüksek küçülme hızı %0,25 Ca borat ilavesinde 1,62%/h olmaktadır (Çizelge 3). Kile Ca borat eklenmesi artan ilave oranlarıyla küçülme hızlarını yavaşlatmaktadır (Şekil 5).

Artan oranlarda Ca Borat ilavesinin bigot eğrisi üzerinde kile etkisi incelendiğinde, Ca boratın artan oranlarında ilavesinin kil de bigot eğrilerinde artan oranları ile birlikte küçülme dönüş noktasının azaldığı görülmektedir. %1 Ca borat ilavesinde

büküm noktası daha az su kaybı noktası ile dönmektedir (Şekil 5).



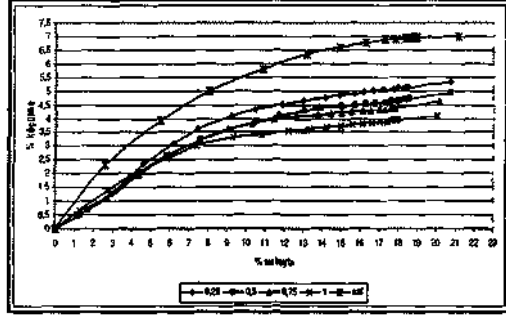
Şekil 5. Kile artan oranlarda Ca borat ilavesinin zamana bağlı % küçülme değerleri

Çizelge 3. Kilde Ca borat ilavesinin kurutma hızlarına etkisi

% İlave Oranları	Su Çıkış Hızı (%/h)	
	Doğrusal Bölüm	Azalan Bölüm
Katkısız	5,09	1,19
0,25	3,03	1,35
0,50	3,14	1,31
0,75	2,88	1,34
1	3,06	1,39
	Küçülme Hızı (%/h)	
	Doğrusal Bölüm	Azalan Bölüm
Katkısız	3,31	0,60
0,25	1,62	0,69
0,50	1,39	0,55
0,75	1,34	0,42
1	1,38	0,51

Kile Ca borat ilavelerinde %0,25 ilavede lineer kısım daha az sürede tamamlamakta ancak azalan kısım 5,5 saat sürmektedir. %0,50 ve %0,75 ilavelerinde azalan kısımlar katkısız kilin değerlerine yakındır ancak lineer bölüm daha uzun sürede tamamlanmaktadır. %1 Ca borat ilavesinde katkısız kile göre süre olarak aynı olması nedeniyle küçülme ve su çıkışı olarak daha avantajlı bir kurutma yapılabileceği söylenebilir. Bigot eğrilerine baktığımızda katkısız kilin lineer bölümü 1,5 saatte %4,98 küçülme ve %8,06 su kaybı sonrası azalan bölüme geçmekte azalan bölümde 4,5 saat sonra sabitlenmekte ve %6,91 küçülme, %17,87 su kaybı ile tamamlanmaktadır. %0,25 Ca borat ilavesinde lineer bölüm 1 saat olmakta %1,62 küçülme ve

%3,01 su kaybından sonra azalan kısımda 5,5 saatte tamamlanmakta %4,86 küçülme, %14,90 su kaybı sonrası sabitlenmektedir. %0,50 ilavede lineer bölüm 2,5 saat sürmekte %3,45 küçülme, %9,10 su kaybı sonrası azalan bölüm başlamakta azalan bölüm 4 saat sonra sabitleşmeye başlayarak %4,30 küçülme ve %13,05 su çıkışı olmaktadır. %1 ilavede lineer bölüm 1,5 saat sürmekte %2,05 küçülme ve %4,36 su çıkışı olmakta, azalan bölümde 4,5 saat sonra sabitlenmeye başlamakta %3,60 küçülme ve %13,30 su çıkışı olmaktadır.



Şekil 6. Kilde artan oranlarda Ca borat ilavesinde bigot değerleri

Kile ilave edilen Ca boratın fiziko-mekaniksel özellikler üzerine etkilerinde, toplam küçülme değerleri % 0,50 ilavede katkısız kilin küçülme değerlerinden düşük çıkmakta, diğer ilavelerde küçülme değerleri artmaktadır. Su emme, porozite ve kuru mukavemet değerleri ilaveli killerde katkısız kile göre düşük olmakta, pişmiş mukavemet değerleri olarak %0,50 ilaveli örneklerin mukavemet değeri katkısız kilin mukavemet değerlerinden düşük çıkmakta, diğer ilavelerde artmaktadır. En yüksek pişmiş mukavemet değeri %0,25 ilavede 153,68 kg/cm olmaktadır (Çizelge 4).

Sonuç olarak; Eskişehir bölgesi kiremit kilinin vizkozite ölçümü için katı oranının %60 olduğu ve artan Ca borat ilave oranları ile vizkozite değerlerinin azaldığı, Attenberg testine göre likit limitin, plastik limit değerlerinin, Pfefferkorn testine göre plastik limitinin arttığı tespit edilmiştir. Kurutma hızlanım ilavelerle azaldığı görülmüştür. Bigot eğrilerinde ise ilave oranlarıyla daha az küçülme değerlerinde dönüm noktasının sağlandığı tespit edilmiştir. Fiziko-mekaniksel özelliklerde ise su emme, porozite ve kuru

mukavemet Ca borat ilavesiyle azalmıştır. Pişme mukavemetleri ise artış göstermiştir. Ca boratın ilave olarak tuğla-kiremit üretiminde kullanımının, şekillendirmede plastikliği artırması, kurutmada düzgün bigot eğrileri sağlaması ve pişme mukavemetlerini yükseltmesi nedeniyle mümkün olacağı görülmüştür.

Çizelge 4. Kilde Ca borat ilavesinin fiziko-mekaniksel özelliklere etkisi

%üave Oranlar	% Küçülme Değerleri		
	Kuru	Pişmiş	Toplam
Katkısız	6,42	1,09	7,35
0,25	7,25	0,26	7,51
0,50	6,50	0,58	7,08
0,75	6,98	1,10	8,08
1	5,50	2,08	7,58
	%Su Emme		% Porozite
Katkısız	16,88		32,33
0,25	14,34		27,89
0,50	15,86		29,77
0,75	14,59		28,28
1	16,71		31,44
	Mukavemet Değerleri (Kg/Cm ²)		
	Kuru	Pişmiş	
Katkısız	81,61	105,83	
0,25	74,26	153,68	
0,50	40,26	96,82	
0,75	69,05	124,60	
1	50,19	132,33	

KAYNAKLAR

- Grimshaw, R.W.,1971, The Chemistry And Physics Of Clays, Tech Books, 4012
- Işık, t., 1996, Kil ve Kil Minerali Tanımı: AIPEA ve CMS Terminoloji Komitelerinin Ortak Raporu(Çeviri), Seramik Dünyası Dergisi, Temmuz Ağustos sayısı, 15 s.
- Uz, V., 2004, İnorganik, organik ve biyolojik bazlı ilavelerin killerin seramik özellikleri üzerine etkisi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Eskişehir.

