

STONEWARE MASSEYE FARKLI KATKILAR
İLAVE EDEREK MASSENİN TEKNİK ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zuhal KARAAĞAÇ

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Ali KARTAL

SERAMİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NİSAN 2006

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

STONEWARE MASSEYE FARKLI KATKILAR
İLAVE EDEREK MASSENİN TEKNİK ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ

Zuhal KARAAĞAÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman :
Yrd. Doç. Dr. Ali KARTAL

AFYON
2006

ÖZET

Stoneware ürünleri yapımında kaolen, feldspat ve kuvarstan oluşan masseler kullanılmaktadır. Sofra eşyası olarak kullanılan bu ürünlerde su emme değerinin düşük olması malzemenin kullanım ömrü ve dayanıklılığı açısından arzu edilen bir durumdur. Bu çalışmada stoneware ve su emme değeri stoneware bünyeden daha fazla olan iki farklı masseye düşük oranlarda flaks özelliği olan katkıları ilave edilmiştir. Flaks özelliği olan katkıları, farklı oranlarda standart kabul edilen iki farklı masseye ilave edilerek farklı sıcaklıklarda pişirilmiştir. Bu katkıları ile nihai ürünün teknik özellikleri iyileştirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca aynı masselerin bu katkıları ile daha düşük sıcaklıkta kullanılabilirliğinin araştırması yapılmıştır. Bu şekilde daha düşük sıcaklıkta bu katkıları ile massenin teknik özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

Standart olarak seçilen masseler hazırlanıp, kolemanit, kalsit, dolomit, bor atığı, kemik külü %1 'den %4 'e kadar olan oranlarda ilave edilerek numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 1150°C, 1200°C, 1250°C'de pişirilmiştir. Her üç sıcaklık için kalsit, dolomit, bor atığı ve kemik külü her iki massede de numunelerin % su emme değerini düşürmüştür. Düşen su emme değerleri ile birlikte pişmiş mukavemet değerleri artmıştır.

Stoneware massede %1 oranında bor atığı ve kalsit kullanımı ile massenin su emme değeri 1200°C için %2,5'ten %0,2'ye düştüğü görülmüştür. Kalsit ve dolomit ile de yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir. Kemik külü ile ise su emme değerleri yavaş yavaş düşmüş ve %4 oranında kullanım ile %0,1 değeri elde edilmiştir. Kolemanit ise su emme değerini düşürmemiştir. Her iki massede tüm katkılarda aynı oran için sıcaklık yükseldikçe su emme değerinin düştüğü görülmüştür. Ayrıca bor atığı ilavesi ile her iki masse içinde 1150°C'de su emme değeri %1 olan nihai ürün elde edilmiştir. Sonuç olarak bor atığı, kalsit , dolomit ve kemik külü ile her iki massenin de su emme değeri 1150°C ve 1200°C için düşmüştür.

Anahtar Kelimeler : Stoneware, kalsit, dolomit, kemik külü, bor atığı, kolemanit, su emme.

ABSTRACT

The body which is composed of clay, feldspar and quartz used to produce stoneware products. Low water absorption is very important for these products for material life and material resistant. In this study, stoneware body and the body which is water absorption is higher than stoneware, two different bodies chosen and different additives which has flake properties added to these bodies. In different ratios flake additives added to two different bodies and fired at different temperatures. By this way product some technical properties studied to improve. At the same time by using same additives at low temperature, technical specifications studied to improve.

After the standard body preparing for both of the body, colemanite, calcite, bone ash, boron waste and dolomite added to bodies in different ratios from %1 to %4. After these samples fired at 1150 °C, 1200°C and 1250°C . At all temperatures and for both of the body dolomite, calcite, bone ash and boron waste decreased the water absorption. Fired strength values increased with low porosity values. Water absorption decreased %2,5 to %0,2 with %1 boron waste.

Nearly same results get with bone ash and dolomite . Water absorption decreased slowly and it decreased to %0,1 by using %4 bone ash. Colemanite did not decrease the water absorption ratio. For both of the body with all additives when the temperature increase the water absorption decreased .Also with boron waste for both of the body, water absorption decreased to %1 at 1150°C. As a result, bone ash, boron waste, calcite and dolomite decreased the water absorption at 1150°C and 1200 °C.

Key Words : stoneware, calcite, dolomite, bone ash, boron waste, colemanite, water absorption

ONAY SAYFASI

Zuhal Karaağaç'ın yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “Stoneware Masseye Farklı Katkılar İlave Ederek Massenin Teknik Özelliklerinin İyileştirilmesi ” başlıklı bu çalışma, lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

24 / 04 / 2006

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ
(Başkan)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ali KARTAL
(Danışman)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç . Dr. Atilla EVCİN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. STONEWARE.....	2
2.1. Stoneware Üretim Teknolojisi.....	4
2.2. Stoneware Massesinde Kullanılan Hammaddelerin Özellikleri...	5
2.2.1. Kil	5
2.2.2. Kaolen	6
2.2.3. Feldspat.....	6
2.2.4. Kuvars.....	7
2.2.4.1. Kuvarsın Diğer Minerelallerden Ayırıcı Özelliği.	9
2.3. Stoneware Bünyeye İlave edilen Katkılar.....	10
2.3.1. Kalsit.....	10
2.3.2. Dolomit.....	11
2.3.3. Kolemanit.....	11
2.3.4. Kemik Külü.....	13
2.4. Bor.....	15
2.4.1. Türkiye’deki Bor Yatakları.....	18

2.4.2. Türkiye’de Bor Üretim Teknolojisi.....	18
2.4.3. Etibank Emet Kolemanit İşletmesi.....	19
2.4.4. Etibank Bigadiç Maden İşletmesi.....	19
2.4.5. Etibank Kırka Boraks İşletmesi.....	20
2.4.5.1. Konsantratör Tesisi.....	23
2.4.5.2. Bor Türevleri Tesisi.....	23
2.4. 6. Dünya Bor Üretimi, Tüketimi ve Ticareti.....	25
2.5. Proses	29
2.5.1. Şekillendirme.....	29
2.5.2. Bisküvi Pişirimi.....	32
2.5.3. Sırlama.....	32
2.5.4. Sırlı Fırın.....	33
2.5.5. Taşlama.....	33
2.5.6. Kalite Kontrol.....	33
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	
3.1. Hammaddelerin kimyasal analizleri.....	35
3.2. Hammaddelerin tane dağılımları.....	36
3.3. Denemelerde kullanılan hammaddelerin % oranları.....	37
3.4. Kullanılan Cihazlar.....	38
3.5. Numunelerin Hazırlanma Süreci	38
3.5.1. Reçete Hazırlama	38
3.5.2. Hammaddelerin Tartılması ve Öğütülmesi.....	39
3.5.3. Çamurun Reolojik Özelliklerinin Tespiti.....	39
3.5.4. Şekillendirme	40

3.5.5. Sinterleme.....	40
3.6. Sinterlenen numunelere yapılan testler.....	41
3.6.1. Pişme Küçülmesi.....	41
3.6.2. Su emme.....	41
3.6.3. Mukavemet deneyi.....	41
3.6.4. Eğilme Testi.....	42
4. DENEY SONUÇLARI	43
4.1. Farklı Katkıların Akma Süresi Üzerindeki Etkisi.....	43
4.1.1. Kolemanitin akma süresi üzerindeki etkisi	44
4.1.2. Bor atığının akma süresi üzerindeki etkisi.....	44
4.1.3. Kemik külünün akma süresi üzerindeki etkisi.....	44
4.1.4. Kalsitin akma süresi üzerindeki etkisi.....	46
4.1.5. Dolomitin akma süresi üzerindeki etkisi.....	47
4.2. Farklı Katkıların Toplam Küçülmeye Etkisi.....	48
4.2.1. Kolemanitin toplam küçülmeye etkisi.....	48
4.2.2. Bor atığının toplam küçülmeye etkisi	49
4.2.3. Kemik külü toplam küçülmeye etkisi.....	50
4.2.4. Kalsitin toplam küçülmeye etkisi.....	52
4.2.5. Dolomitin toplam küçülmeye etkisi.....	53
4.3. Farklı Katkıların Su Emme Değerlerine Etkisi	
4.3.1. Kolemanit ilavesinin su emmeye etkisi.....	55
4.3.2. Bor atığı ilavesinin su emmeye etkisi.....	56
4.3.3. Kemik külü ilavesinin su emmeye etkisi.....	57
4.3.4. Kalsit ilavesinin su emmeye etkisi.....	59

	<u>Sayfa No</u>
4.3.5. Dolomit ilavesinin su emmeye etkisi.....	60
4.4. Farklı Katkıların Deformasyona Etkisi.....	61
4.4.1. Kolemanit ilavesinin deformasyona etkisi.....	62
4.4.2. Bor atığı ilavesinin deformasyona etkisi.....	63
4.4.3. Kemik külü ilavesinin deformasyona etkisi.....	64
4.4.4. Kalsit ilavesinin deformasyona etkisi.....	66
4.4.5. Dolomit ilavesinin deformasyona etkisi.....	67
4.5. Farklı Katkıların Kuru ve Pişmiş Mukavemet Değerlerine Etkisi	
4.5.1. Kolemanit ilavesinin kuru ve pişmiş mukavemete etkisi.....	68
4.5.2. Bor atığı ilavesinin kuru ve pişmiş mukavemete etkisi... ..	70
4.5.3. Kemik külü ilavesinin kuru ve pişmiş mukavemete etkisi.....	71
4.5.4. Kalsit ilavesinin deformasyona etkisi.....	73
4.5.5. Dolomit ilavesinin deformasyona etkisi.....	75
4. 6. Farklı Katkıların 1200°C’de Su Emme Değerine Etkisi.....	76
4.7. Farklı Katkıların 1200°C’de Toplu Küçülme Değerlerine Etkisi...	78
4.8. Farklı Katkıların 1200°C’de Deformasyon Değerlerine Etkisi	79
4.9. Farklı Katkıların 1200°C’de Pişmiş Mukavemet Değerine Etkisi ...	81
5. GENEL SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR.....	

TEŞEKKÜR

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

2.1. Proses Akım Şeması.....	4
2.2. Kuvarsın doğada bulunan çeşitli kristal şekilleri.....	9
2.3. Kuvarsın dönüşüm modifikasyonu.....	9
2.4. Kuvarsın iç yapı şekilleri.....	10
2.5. Kalsitin Kristal Şekilleri.....	11
2.6. Kolemanitin görünümü.....	12
4.1. Stoneware bünyede kolemanitin farklı sıcaklıklardaki toplam küçülme değerleri.....	48
4.2. Stoneware bünyede bor atığının farklı sıcaklıklardaki toplam küçülme değerleri.....	50
4.3. Stoneware bünyede kemik külü farklı sıcaklıklardaki toplam küçülme değerleri.....	53
4.4. Stoneware bünyede kalsit farklı sıcaklıklardaki toplam küçülme değerleri.....	54
4.5. Stoneware bünyede dolomit farklı sıcaklıklardaki toplam küçülme değerleri.....	56
4.6. Stoneware bünyede kolemanitin farklı sıcaklıklardaki su emmeye etkisi	57
4.7. Stoneware bünyede bor atığının farklı sıcaklıklardaki su emmeye etkisi.....	58
4.8. Stoneware bünyede kemik külünün farklı sıcaklıklardaki su emmeye etkisi.....	59

4.9. Stoneware bünyede kalsitin farklı sıcaklıklardaki su emmeye etkisi.....	60
4.10. Stoneware bünyede dolomitin farklı sıcaklıklardaki su emmeye etkisi.....	61
4.11. Stoneware bünyeye kolemanit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki deformasyona etkisi.....	63
4.12. Stoneware bünyeye bor atığı ilavesinin farklı sıcaklıklardaki deformasyona etkisi.....	64
4.13. Stoneware bünyeye kemik külü ilavesinin farklı sıcaklıklardaki deformasyona etkisi.....	65
4.14. Stoneware bünyeye kalsit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki deformasyona etkisi.....	67
4.15 Stoneware bünyeye dolomit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki deformasyona etkisi.....	68
4.15. Stoneware bünyeye kolemanit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki kuru ve pişmiş mukavemete etkisi	69
4.16. Stoneware bünyeye bor atığı ilavesinin farklı sıcaklıklardaki kuru ve pişmiş mukv. etkisi.....	71
4.17. Stoneware bünyeye kemik külü ilavesinin farklı sıcaklıklardaki kuru ve pişmiş mukavemete.....	73
4.18. Stoneware bünyeye kalsit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki kuru ve pişmiş mukv. etkisi	76
4.19. Stoneware bünyeye dolomit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki kuru ve pişmiş mukv. etkisi	76
4.20. Farklı Katkıların 1200°C’de Stoneware Bünyede Su emmeye etkisi.....	77
4.21. Farklı Katkıların 1200°C’de Stoneware Bünyede Toplu Küçülmeye Etkisi.....	79

4.22. Farklı Katkıların 1200°C’de Stoneware Bünyede Deformasyona	
Etkisi.....	80
4.23. Farklı Katkıların 1200°C’de Stoneware Bünyede Pişmiş Mukavemete	
Etkisi.....	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
2.1. Yüzdeleri ile stoneware kaolenlerinin kompozisyonu.....	2
2.2. Bazı sofr a eşyas ı ürünlerinin karakteristik özellikleri	3
2.3. Bazı kemiklerin kimyasal analizleri.....	14
2.4. Belli başlı bor mineralleri.....	16
2.5. Türkiye’de işletilen bor yataklarının ana özellikleri.....	17
2.6. Türkiye’de bor rezervi dağılımı.....	18
2.7. Kırka tinkal cevheri kimyasal analizleri.....	22
2.8. Kırka tinkal cevherindeki gang minerallerinin bileşimi.....	26
2.9. Türkiye’de bor yatakları üretimi.....	26
2.10. Ürün cinsine göre üretim.....	26
2.11. Özel bor ürünleri.....	28
2.12. Stoneware ürünlerde olabilecek muhtemel hatalar.....	34
3.1. Hammaddelerin kimyasal analizleri.....	35
3.2. Hammaddelerin tane dağılımları.....	36
3.3. Stoneware standart reçetede ki hammadde % oranları.....	37
3.4. Su emmesi stoneware reçeteye göre daha yüksek reçetede ki hammadde % oranları	37
4.1. Kolemanitin viskozite üzerindeki etkisi.....	43
4.2. Bor atığının viskozite üzerindeki etkisi.....	44
4.3. Kemik külünün viskozite üzerindeki etkisi.....	46
4.4. Kalsitin viskozite üzerindeki etkisi.....	47
4.5. Dolomitin viskozite üzerindeki etkisi.....	48
4.6. Stoneware bünyede kolemanitin farklı sıcaklıklardaki toplam küçülme değerleri.....	48
4.7. Stoneware bünyede bor atığının farklı sıcaklıklardaki toplam küçülme değerleri.....	49
4.8. Stoneware bünyede kemik külü farklı sıcaklıklardaki	

toplam küçülme değerleri.....	51
4.9. Stoneware bünyede kalsit farklı sıcaklıklardaki toplam küçülme	52
4.10. Stoneware bünyede dolomit farklı sıcaklıklardaki	
toplam küçülme değerleri.....	54
4.11. Stoneware bünyede kolemanitin farklı sıcaklıklardaki	
su emmeye etkisi	55
4.12. Stoneware bünyede bor atığının farklı sıcaklıklardaki	
su emmeye etkisi.....	56
4.13. Stoneware bünyede kemik külünün farklı sıcaklıklardaki su emmeye	
etkisi.....	58
4.14. Stoneware bünyede kalsitin farklı sıcaklıklardaki su emmeye	
etkisi.....	59
4.15. Stoneware bünyede dolomitin farklı sıcaklıklardaki su emmeye	
etkisi.....	60
4.16. Stoneware bünyeye kolemanit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki	
deformasyona etkisi.....	62
4.17. Stoneware bünyeye bor atığı ilavesinin farklı sıcaklıklardaki	
deformasyona etkisi.....	63
4.18. Stoneware bünyeye kemik külü ilavesinin farklı sıcaklıklardaki	
deformasyona etkisi.....	65
4.19. Stoneware bünyeye kalsit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki	
deformasyona etkisi.....	66
4.20. Stoneware bünyeye dolomit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki	
deformasyona etkisi.....	67
4.21. Stoneware bünyeye kolemanit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki kuru ve	
pişmiş mukavemete etkisi	69

4.22. Stoneware bünyeye bor atığı ilavesinin farklı sıcaklıklardaki kuru ve pişmiş mukv. etkisi.....	70
4.23. Stoneware bünyeye kemik külü ilavesinin farklı sıcaklıklardaki kuru ve pişmiş mukavemete.....	71
4.24. Stoneware bünyeye kalsit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki kuru ve pişmiş mukv. etkisi	73
4.25. Stoneware bünyeye dolomit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki kuru ve pişmiş mukv. etkisi	75
4.25. Farklı Katkıların 1200°C’de Stoneware Bünyede Su emmeye etkisi	77
4.26.Farklı Katkıların 1200°C’de Stoneware Bünyede Toplu Küçülmeye Etkisi.....	80
4.27.Farklı Katkıların 1200°C’de Stoneware Bünyede Deformasyona Etkisi.....	80
4.29.Farklı Katkıların 1200°C’de Stoneware Bünyede Pişmiş Mukavemete Etkisi.....	81

2. STONEWARE

Stoneware genellikle porselen ve kemik porseleni dışında 1150-1200°C arasında pişirilen ürünlere verilen bir isimdir.

Kayanın kalitesine benzediği için stoneware ismini almıştır. Uygun şekilde pişirilmiş bünyeler sert, dayanıklı, hemen hemen su emmesiz, termal şok direnci yüksek ve sır ile çok iyi bağlıdır. Bununla birlikte oldukça poroz olması istenen ürünlerine bu tanım uymamaktadır.

Stoneware sınıflandırılmasında şu yol izlenebilir ;

Stoneware; yaklaşık 1200°C’de pişen bünye ve sır uyumu iyi olan düşük poroziteli üründür. Ovenware ; %10 ve üzerinde poroziteye sahip, bünye ve sır uyumu iyi olan bir üründür. Red Stoneware; Çok düşük poroziteli pişirim sıcaklığı 1100-1250°C arasında olan ürün grubuna verilen isimdir. Tuz sırlı stoneware ; bünye ve sır uyumu iyi, çok sert düşük poroziteli 1200-1300°C arasında pişirilen üründür. [1]

Daha çok stoneware bünyelerde kullanılan bu killeri, iyi plastiside ve kuruma özelliğine sahiptirler ve pişirildiğinde poroz olmayan bir yapıya sahiptirler. Bu killerin plastik olanlarının büyük bölümü kaolindir, silika ve feldspatla birleştirilmiştir. Aşağıdaki tabloda stoneware bünyede kullanılan kaolenlerinin kimyasal analizleri mevcuttur.

Çizelge 2.1. Yüzdeleri ile stoneware kaolenlerinin kompozisyonu [2]

Tedarikçi	Marka	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Kızd. Kaybı
United Sierra Div.....	Principio	50,40	25,04	2,80	0,91	0,25	0,15	2,14	0,6	8,58
United Sierra Div.....	Preston	73,52	16,05	1,16	1,05	0,16	0,26	1,87	0,6	5,40
United Sierra Div.....	Yankee Ball	57,66	26,60	2,22	1,02	0,23	0,35	2,21	0,6	9,11

Çizelge 2.1. (Devam) Yüzdeleri ile stoneware kaolenlerinin kompozisyonu [2]

United Sierra Div.....	Benton	57,72	23,64	6,01	1,09	0,23	0,54	1,97	0,6	8,31
United Sierra Div.....	Enfield	51,28	33,63	1,13	1,00	0,52	0,59	2,60	0,26	9,19
Western Stoneware	Monim	56,80	28,56	-----	-----	0,30	0,33	0,30	1,34	12,20

Stoneware reçetesinde kullanılan killer tek başına veya ilave malzemelerle stoneware bünyede ve sanatsal bünyelerde kullanılırlar. Yüksek demir içeriği nedeniyle beyaz bünye üretilemez. [7]

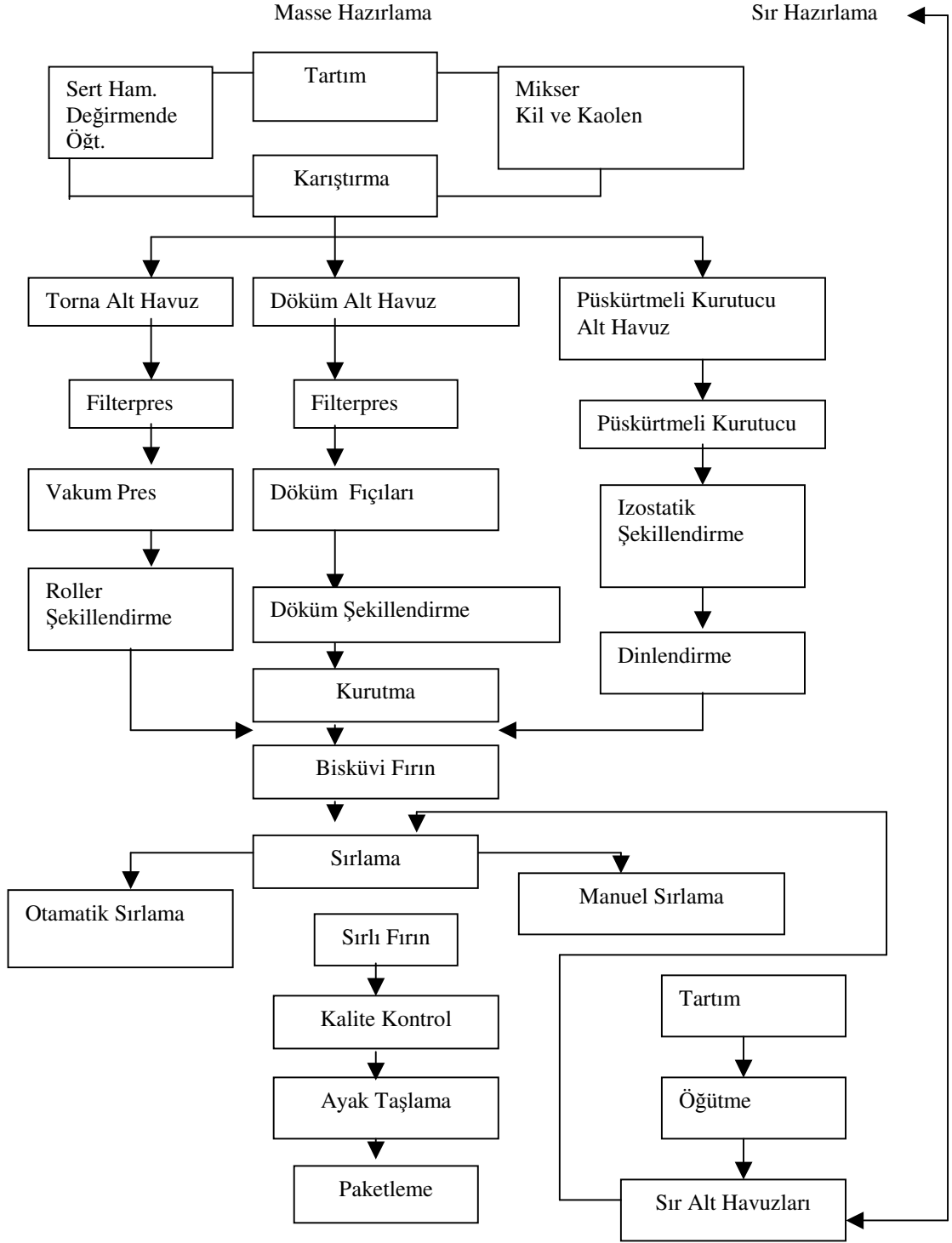
Stoneware bünyelerde kullanılan killer tarımlılık alanlarda bulunurlar. Stoneware kompozisyonlarında ergitici olarak feldspat ve nefelin siyenit gibi hammaddeler kullanılır. Bu tür malzemelerin ilave amacı boşlukları kapatarak pişmiş mukavemeti sağlamaktır. Bünye rengi, oksit, boya, karbonat ve fırın rejimi değişebilir. Kilin refrakterlik davranışı silika katkıları ile iyileştirilebilir. [2]

Çizelge 2.2 Bazı Sofra Eşyası Ürünlerinin Fiziksel Karakteristikleri [1].

Karakteristik	Earthenware	Stoneware	Sert Porselen	Kemik Porseleni
Su Emme %	6-8	0,2-2,5	0,0-0,5	0-1
Yoğunluk Kg/m ³	2,6	2,5-2,65	-	2,75
Basma Mukavemeti (MPa)	-	571	442-550	-

2.1. Stoneware Üretim Teknolojisi

Şekil 2.1 stoneware proses akım şemasını vermektedir. Görüldüğü üzere proses içerisinde üç tip şekillendirme yöntemi ile farklı ürünler elde edilmekte ve ürünlere çift pişirim uygulanmaktadır. Tek pişirim prosesleride mevcuttur. [10]



Şekil 2.1 Proses Akım Şeması [10]

2.2. Stoneware Massesinde Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri

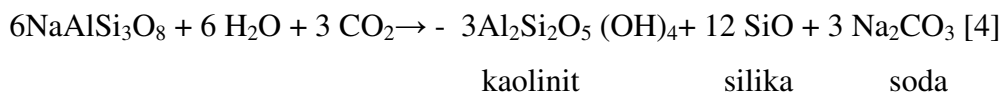
2.2.1. Kil

Kil, çoğunlukla sulu alüminyum silikat minerallerinden (örn, albit, ortoz vb.) oluşan, yeterince ıslatıldığında plastik, kütle olarak kurutulduğunda sert ve yeterince yüksek ısıda pişirildiğinde camsılaşan doğal bir hammaddedir. Kil yatakları; daha önce oluşan kaolen yataklarının, killiştir, grovak ve feldspat bakımından zengin kayaların fiziksel ve kimyasal ayrışması sonucu, ayrılan bu malzemelerin tatlı su havzalarına taşınmasıyla oluşur. Eğer aşınma ve taşınma süresi kaolenleşmenin tam oluşmasına izin verecek kadar uzun değilse meydana gelen kil ve kaolen yatakları homojen değildir. Kil yataklarının materyalinde tane inceliği plastisite ve ateşe dayanıklılık gibi değişiklikler görülebilir. Denizlerde oluşan kil yatakları zamanla killiştir tanelerine dönüştüklerinden ekonomik değerleri yoktur. Ancak tektonik olaylarla su yüzeyine çıkıp, tekrar ayrıştıktan sonra göl havzalarına taşınarak göl killeri dönüşebilirlerse ekonomik değer kazanırlar. [4]

Denizel ortamda oluşan killeri, gölsel ortamda oluşan killere göre daha fazla alkali mineraller ve CaCO_3 ihtiva ederler. Çok derin denizlerde oluşan killeri ise çok fazla silisyum içerirler. Kalitesi yüksek kil yatakları hümüs asitli suların etken olduğu linyit kil oluşumlarının bulunduğu yerlerde görülür. Hümüs asidi, feldspatın kaolenleşmesini, killerin refrakter özelliği kazanmasını ve bu özelliği kazanmasını bozan yabancı elemanların (demir ve mangan oksitleri gibi) ortamdaki uzaklaştırılmasının sağlanmasında önemli rol oynar. Yani hümüs asidi killerin kalitesini yükseltir.

Kil minerallerinin oluşabileceği bir ortamın bulunması, kil minerallerinin oluşumunda çok önemli bir etkidir. Şayet ayrılan ve aşınan malzeme bir yerde birikmiyorsa kil yataklanmasının olması söz konusu olmaz. Yine, ekonomik bir kil yatağının oluşması için, alçak basınç, durgun bir ortam ve bu durgun ortamın asidik olması gerekir. Kil yataklarının oluşması sırasında ortam alkali

2.2.2. Kaolen

$$6\text{KAlSi}_3\text{O}_8 + 9\text{H}_2\text{O} \rightarrow -3\underset{\text{kaolinit}}{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4} + 6\text{KOH} + 12\underset{\text{silika}}{\text{SiO}_2}$$


2.2.3. Feldspat

Plajiyoklas serisi

Feldspat, alüminyum silikattan ibaret olup, bileşenlerinde bir veya iki metal içerirler. Feldspat çeşitlerinin ortak fiziksel özellikleri vardır. Kristal yapıları birbirine çok benzer. Spodümen (lityumlu feldspat) dışında tüm feldspatlar üç boyutlu Si-Al doku sistemine sahiptirler.

Feldspat grubuna ait mineraller, bileşimleri ortoz-albit- anortit arasında değişen solid-solüsyon (katı eriyik) serisini oluştururlar. Bu gruba ait minerallerin sertliği 6, yoğunluğu 2,6 gr/cm³ civarındadır. Feldspatlar monoklinal ve triklinik sistemde kristalleşirler. Her iki yönde iyi dilinimlidirler. Dilinim açlarına göre; monoklinal feldspatlar alkali feldspatlar, triklinik feldspatlar plajiyoklaslar adını alırlar.

Gerek alkali feldspatların, gerekse plajiyoklasların dış görünüş itibarıyla birbirine bu denli benzemelerine karşın, bunlarda esas ayırım ve fark kimyasal bileşimlerindenidir. Alkali feldspatlar potasyumca, kısmen sodyumca zengindirler. Buna karşın plajiyoklaslar sodyumca ve kalsiyumca zengin mineraller arasında bir izomorf seri oluştururlar.

Feldspatlar genellikle seramik, porselen, cam ile diğer sanayi dallarında hammadde olarak kullanılmaktadırlar. Feldspatların ince öğütülmesi (ortalama 0,074 mm) ve pişme renklerinin beyaz olması gerekir. Alkali feldspatlar (K'lu feldspatlar) daha önemli olup erime dereceleri 1250-1350°C civarındadır. Düşük erime sıcaklığına sahip plajiyoklaslar (Na'lı feldspatlar) daha ziyade sırlarda kullanılır. [4]

2.2.4 . Kuvars

Hekzagonal sistemde kristalleşmiştir. Kimyasal bileşimi SiO₂ (Si: %46,7, O: %53) olup mol ağırlığı 60'dır. Sertlik =7, d= 2,65gr/cm³. Renksiz ve çeşitli renklerde olur. Yalnız HF'de erir. Fakat bazen doğal aşınma oyukları bulunur. Kuvars kristalin yüzeyi cam cilalı, kırılma yüzeyi yağ cilalıdır. Konkoidal

(gelişgüzel) kırıklıdır. Kuvars doğada en çok bulunan mineraldir. Oluşum ısılarına göre en düşük ısıda oluşandan en yüksek ısıda oluşan kuvars çeşitleri şöyledir.

- Kuvars -573°C de
- Tridimit - 870°C de
- Kristobalit -1470°C de

Kuvars saydam ve yarı saydam olabilir. Kayaç yapıcı minerallerin en önemlilerindendir. Genellikle kayaç içinde sıkılmış kara benzer. Kuvars kayaç içinde gelişgüzel taneler halindedir. Dilinimleri kesinlikle yoktur. Kuvarsın renk ve görünüşlerine göre şu çeşitleri ayırtlanmıştır. Dağ kristali (renksiz) dumanlı kuvars (açık veya koyu gri renkli), sitrin (sarı renkli), ametist (mor kuvars), adi kuvars (bulanık az saydam)gibi.

Tridimit, 870°C ‘ nin altında yüksek ısı tridimiti olarak küçük gri beyaz, altıgen ikizlenme yüzünden yelpaze şeklinde büyümüş levhalar oluşturur. Volkanik Kayaçların gözeneklerinde bulunur.

Kristobalit, 1470°C de nin altında stabil ve yüksek ısı modifikasyonu olarak küçük taneler halinde volkanik kayaçların boşluklarında bulunur. Kuvars, tridimit ve kristobalit polimorf minerallerdir. Yani kimyasal formülleri aynı olmalarına rağmen farklı sistemlerde kristalleşmişlerdir.

Kalsedon, lifi kuvars olarakta isimlendirilir. Yarı saydam, balmumu parıltılı ve salkım şekillidir. Başlangıçta opal jeli olarak oluşur. Çok ince lifli, hemen hemen kompakt, kırılma yüzeyi kıymıgımsıdır. Homojen kuvars kristalinden farklı olarak çok boşluklu olabilir. Kalseton, bu özelliğinden dolayı boya eriyiklerini emilebilir veya emdirir. Yani, diğer bir deyişle, kalsedon sun’i olarak renklendirilebilir.

Opal, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ bileşiminde olup, sulu silis olarak isimlendirilir. Amorf doğal yüzeyi yuvarlağımsı, salkım şekilli böbreğımsidir. Renksiz, sarı, ateş kırmızısı, gri, açık kahverengi, yeşil vb. renklerde bulunabilirler. Opal çoğunlukla kalsedon ve kuvars dönüşür. [4]

2.2.4.1. Kuvarsın Diğer Minerallerden Ayırıcı Özellikleri

Şekil, renk, parlaklık, kırık şekli ve sertliklerinin farklı oluşuyla feldspatlardan ayırt edilir. Kuvars dilinim yoktur. Halbuki feldspatlar dilinim düzlemleri gösterirler ve kuvarstan daha serttirler. Nefelin yağlı parlaklığı ile kuvarstan ayrılır.

Sileks, seramik değirmenlerinin iç kaplama malzemesi olarak, flint ise; bu değirmenlerde öğütücü malzeme olarak kullanılır. Seramik bünyede yüksek sıcaklıkta ürünün çökmemesini sağlar. Bununla birlikte doğal olarak iskelet görevini görür. Kuvars bünyenin kuru küçülmesini düşürür. Plastik düzenlemeye yardımcı olur. Pişme sırasında bünyenin deformasyona uğramadan gaz çıkarmasını ve bünyenin asitlere karşı dayanıklılığını sağlar.

SiO₂ seramik çamur ve sırlarında önemli görevler yüklenerek geniş kullanım alanları bulur. Seramik endüstrisinde SiO₂'nin en çok kuvars kumu ve kuvars minerali şeklinde türleri kullanılır. Doğada bol ve yaygın olarak bulunan ince taneli kumlar demir (%0,002) ve diğer safsızlıkları içermiyorsa, büyük kırma ve öğütme masraflarına gerek olmaksızın seramik endüstrisinde (porselen, fayans, cam, emaye vb.) öncelikle kullanırlar.

Seramik endüstrisinde kullanım alanının dışında ayrıca, yüksek sertliğe sahip silisyum karbit elde edilmesinde kuvarsa ihtiyaç vardır. Korundan daha sert olan karborund önemli bir aşındırma maddesidir. Ayrıca, ince kuvars kumlarından metal ve taş ürünlerin dış yüzeylerinin parlatılmasında, temizlenmesinde ve kayaçların kesilmesinde faydalanılır.

Erimiş kuvarstan ateşe ve asitlere dayanıklı kimya gereçleri yapılır. Keza, ultra-viole tedavisinde kullanılan kuvars lambalarının yapımında da kuvarsa gereksinim vardır. Renksiz ve ikiz oluşturmeyen dağ kristallerinden mikroskop mercekleri ve optik gereçlerde kullanılan mercekler yapılır.

%95 'in üzerinde SiO_2 içeren ve bir kayaç türü olan kuvarsit, seramik endüstrisinde ve metalurjide sinter maddesi olarak kullanılır. Yine bunlardan ayrıca, sabun, kauçuk ve kağıt fabrikasyonlarında, ressamcılıkta ağaç ve el sanatlarında dolgu maddesi olarak kullanılır. [4]

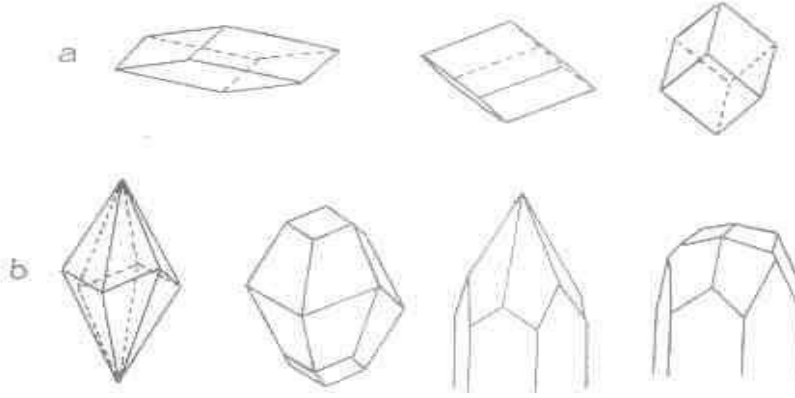
2.3. Stoneware Bünyeye İlave Edilen Katkılar

2.3.1. Kalsit

Bileşimi CaCO_3 , sistemi romboedrik, sertliği 3, özgül ağırlığı $2,72\text{gr/cm}^3$ dir. Doğada 300'den fazla, değişik kristal seklinde, çeşitli renkte ve bazen ikiz halinde bulunur. Şekil 1.8.'de çeşitleri görülmektedir. Çift kırma özelliği gösterir. Çoğu renksiz, beyaz, sarı, gri veya siyahtır. Kalsitin yeryüzünde en çok rastlanan kristal şekilleri Şekil 2.5'de görülmektedir. Bazen yalancı (pseudomorphe) şekillerde, bazen de olitik, pisolitik, dikit, sarkit şeklinde yada telsel ve lameller halinde bulunur.

Üç yöndeki diliniminin keşfi, Kristalografinin bir ilim olarak doğmasını, çift kırıcılık özelliğinin ortaya konması da Optik Kristalografinin gelişimini sağlamıştır. Keza kalsitten yapılmış Nikol prizmasının polerizan mikroskopta kullanılması, külte ve minerallerin, saptanmasına olanak vermiştir. Bundan ötürü Kalsitin, Mineraloji bilimi tarihinde, ayrı bir önemi vardır.

Kalsitin üzerine HCl dökülünce CO_2 çıkararak köpürür (Dolomitten farkı). Kimyasal yönden saf ve optik bakımdan berrak, renksiz/saydam ve çift kırıcı olan türüne İzlanda Spatı denir. [6]



Şekil 2.2 Kalsitin kristal şekilleri

2.3.2. Dolomit

Kimyasal bileşimi $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ kristal sistemi hekzagonal kristal biçimi rombohedral kristaller halindedir. Sertliği 3,5-4 olup özgül ağırlığı $2,8 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Renksiz, beyaz, gri, yeşil pembe kahverengi renklerde olabilir. Kalsite göre HCl asitte çok daha yavaş çözünür. Kaya oluşturan yaygın bir mineraldir. Genellikle magnezyumca zengin kireçtaşlarında oluşur. Magnezyum içeren altere bazik magmatik kayalarda dolomitik kayalar yada kireçtaşlarında bulunan damar ve boşluklarda hidrotermal damar tipi cevherleşmelerde daha ziyade galneit ve sfalerit çevresinde gang minerali olarak bulunur. [3]

2.3.3. Kolemanit ($2\text{CaO}_3\text{B}_2\text{O}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Monoklinik sistemde kristallenir, sertliği 4-4,5 özgül ağırlığı $2,42$ 'dir. B_2O_3 içeriği % 50'dir. Suda yavaş, HCl'de hızlı çözünür. Bor bileşikleri içerisinde en

yaygın olanıdır. Killer içerisinde cevher boşluklarında iri, parlak saydam kristaller halinde bulunurlar.[9]

Kolemanit genellikle boron kalsit veya hidrate kalsiyum borattır, formülü $2\text{CaO}_3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 'dur.Çözünmez formda kalsiyum ve borik asit içeren doğal mineraldir. Boraksı fritlemeden bor oksit elde etmenin dışında bor oksit elde etmenin tek yoludur. Kolemanit kalsine edildiğinde yaklaşık ağırlığının %27'sini yani serbest suyunu kaybeder. [6]



Şekil 2.3. Kolemanit

Kolemanit diğer boratlar gibi kompleks bir mineraldir, playa adı verilen göllerde bulunurlar. Kolemanitin yapısı birbirine kalsiyumla kenetlenmiş sonsuz $\text{BO}_2(\text{OH})$ üçgenleri ve BO_3OH tetrahederleri, su molekülleri ve ekstra hidroksitler zincirlerin arasına girmiş şekildedir. Kolemanit sekonder bir mineraldir, bu diğer minerallerin birikmesi ile sonradan oluştuğu anlamına gelir. Boraks direk olarak kurak bölgelerde dalgali göllerde suyun buharlaşması ile oluşan playa göllerinde birikir. Playalar sadece yağmurlu mevsimlerde sıra dağların yanındaki akarsulardan dolayı oluşurlar. Akarsular bor elementi açısından zengindirler, kurak iklimlerde buharlaşma ile yoğunlaşırlar.Yeraltı suyu playanın altında bulunan boraks tortusu ile reaksiyona girer ve kolemanit gibi diğer mineraller oluşur. Kolemanit boraks tortusu ile içi billurlu taş şeklinde bulunur. [9]

2.3.4 . Kemik Külü

Hayvan kemiği, önemli derecede ticari değere sahiptir. Gübre hayvan yemi, yapıştırıcı, sabun, jelatin ve şüphesiz kemik külü üretiminde kullanılan bir hammaddedir. Kemik yaşayan hayvanların iskelet yapılarını oluşturur. Metabolik işlemler sonucunda oluşmakta olup, organik ve anorganik malzemelerin karışımından meydana gelmektedir.

Kemik külü kalsine ince öğütölmüş kalsine edilmiş kemiklerden elde edilir. Su veya çeşitli çözeltiler kullanarak organik maddelerinden kısmi olarak arındırılan kemik daha sonra buharla muamele edilerek yağ içeriğinden arındırılır. Daha sonra kemikler iyice yıkanarak kalan organik maddelerin tamamı oksitleninceye kadar hava akımında kalsine edilir. Yaklaşık 1000°C civarında kalsinasyon sonucunda kemik külü elde edilir.

Kalsine edilmiş kemik kullanılmadan önce yaş olarak bilyalı değirmenlerde öğütölür. Değirmenler geleneksel olarak yaklaşık 14µm civarında belirli bir tane boyutunu sağlamaktadır. 14µm altında tane boyutu elde edilmesi kalsinasyon sıcaklığına bağlıdır.

Öğütölen kemik külü eleklerden geçirilerek tane boyutu ayarlanır. İngiltere’de kemik külü 250 Mesh’lik eleklerden geçirilir. Eleme sonrası kemik külü çamuru manyetik separatörlerden geçirildikten sonra ve üç veya dört hafta süreyle tanklarda bekletilir.

Bu bekleme esnasında fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar sonucu kemik külü belli bir plastiklik kazanır. Çözelti dekante edildikten sonra kalan kısım fırınlarda, toz kısımda yaklaşık %12 nem kalıncaya kadar üç veya dört gün ısıtılır veya filter preste nem miktarı düşürölür. [12]

Çizelge 2.3 Bazı Kemiklerin Kimyasal Analizleri [12]

TİPİ	KİRLİ	Normal karıştırılmış	Koyun	Sığır	At
CaO	54,2	54,0	54,0	53,7	54,5
P ₂ O ₅	41,1	41,4	41,0	42	41,7
MgO	1,06	1,1	1,0	1,0	0,92
Na ₂ O	1,14	0,9	1,0	0,8	1,26
Al ₂ O ₃	0,22	0,04	0,02	0,01	0,07
Fe ₂ O ₃	0,14	0,04	0,01	0,01	0,02
SiO ₂	1,34	0,1	0,01	0,01	0,19
kayıplar	0,41	1,0	1,9	2,18	0,65
toplam	99,75	99,5	99,16	99,26	99,4
Ca:P	1,669	1,651	1,667	1,618	1,652

Kalsinasyon işlemi sonucunda elde edilen kemik külünün kristal yapısı hidroksi apatit olarak bilinen kalsiyum fosfat mineralinin kristal yapısı ile aynı olup, kimyasal kompozisyonunda hidroksi apatitin kompozisyonuna yakındır. Hidroksi apatitin teorik kompozisyonu (%wt) 55,8 CaO, 42,4 P₂O₅ ve 1,8 H₂O olarak verilebilir. Pratikte şüphesiz kemik külü bir miktar safsızlık içermektedir. Bu safsızlıklardan bazıları hayvanların kemiklerinde bulunmakta olup, bazıları ise proses esnasında safsızlık olarak yapıya girmektedir. Safsızlıklardan bazıları kemik porselenin performansını etkilemez veya çok az etkilerken diğerleri ise önemli derecede etkilemektedir. Silika seviyesi değirmenlerde kullanılan flint taşlarının aşınmasından dolayı artmaktadır.

Kemik külünün kimyasal analizi şöyledir :

% 67-85 kalsiyum fosfat Ca₃(PO₄)₂

% 3-10 kalsiyum karbonat CaCO₃

% 2-3 magnezyum fosfat Mg₃(PO₄)₂

ve az miktarda kalsiyum oksit ve kalsiyum florür.

Düşük sıcaklıkta kalsine edilmiş kemik öğütme sırasında daha fazla oranda mikron boyutta taneler elde edilmektedir. Bu bünyenin tamamının plastikliğine yardımcı olmaktadır. Diğer yandan optimum paketlenmeyi bozmakta ve daha fazla yaş poroziteye sahip bünye elde edilmesine sebebiyet vermektedir. Bu ise daha fazla pişme küçülmesine neden olmaktadır. Aşırı kalsine edilmiş kemiğin öğütülmesi daha fazla zaman alır ve daha az ince taneler verir ve plastik değildir. Daha az küçülmeye sahip bir bünye üretir ve aşırı pişirildiğinde daha az kabarma gösterir. Kalsinasyon derecesi yığinsal yoğunluğun tespitiyle belirlenebilir. Beyaz renkli kemik porseleni elde edebilmek için kullanılan kemiklerin demir içeriği düşük olmalıdır. Bu bakımdan en uygunu sığır kemikleridir. At ve domuz kemikleri yüksek miktarda demir içerdiğinden nihai üründe istenmeyen bir renklenmeye neden olurlar. [12]

2.4. Bor

Bor yer kabuğunda oldukça seyrek bulunmasına rağmen büyük yataklar oluşturabilmiş bir elementtir. Bu yataklar genellikle bir alkali anyonla birleşmiş olan sulu bor minerallerinden ibarettir. Yatak oluşturma özelliğine sahip bu mineraller sodyumlu, kalsiyumlu, sodyum - kalsiyumlu, veya magnezyumlu boratlardır. Bu minerallerin bir çoğu bileşim olarak bir birinin aynı olmasına rağmen bünyelerinde içerdikleri su miktarının farklı olması nedeniyle birbirlerinden ayrılırlar. Kütlesel olarak yatak oluşturmalarının yanı sıra tuzlu göl sularında bulunan bor da ekonomik olarak işletilebilmekte ve bor kaynağı olarak gösterilmektedir. Ülkemizde işletilmekte olan bor minerallerinin isimleri ve bulunduğu yerler aşağıda verilmektedir.

<u>MİNERAL</u>	<u>BULUNDUĞU YER</u>
Tinkal	Kırka/Eskişehir
Kolemanit	Emet/Kütahya, Bigadiç/Balıkesir, Kestelek /Bursa
Üleksit	Bigadiç/Bal

Doğada 150 kadar bor minerali vardır. Bunlardan günümüzde ekonomik değeri olan ve üretimi yapılan bor mineralleri formülü ve içerdiği B₂O₃ yüzdeleri çizelge 'de verilmiştir. [13]

Çizelge 2.4. Belli Başlı Bor Mineralleri [13]

Adı	Formülü	% B ₂ O ₃	% H ₂ O	Özgül ağırlık
Tinkal	Na ₂ O.2B ₂ O ₃ .10H ₂ O	36,5	47,2	1,69 - 1,80
Kernit	Na ₂ O.2B ₂ O ₃ .4H ₂ O	51,1	26,5	1,95
Tinkalkonit	Na ₂ O.2B ₂ O ₃ .5H ₂ O	47,8	30,9	- -
Üleksit	Na ₂ O.2CaO.5B ₂ O ₃ .16H ₂ O	43,1	35,5	1,96
Probertit	Na ₂ O.2CaO.5B ₂ O ₃ .10H ₂ O	49,6	15,4	- -
Kolemanit	2CaO.3B ₂ O ₃ .5H ₂ O	50,9	21,9	2,26 - 2,48
Pandermit	4CaO.5B ₂ O ₃ .7H ₂ O	49,8	18,1	2,42
Priseit	5CaO.6B ₂ O ₃ .7H ₂ O	50,7	15,4	2,40
Borasit	Mg ₃ B ₇ O ₁₃ Cl	62,2	- -	2,90
Szaybelit	Mg(BO ₂)(OH)	41,4	- -	- -
Göl suları	- -	1,5 - 2,0	- -	- -

2.4.1. Türkiye 'de Bor Yatakları

Türkiye 'de bilinen bor yatakları Zonguldak – Mersin hattının batısında kalan neojen göl tortulları içerisinde yer almaktadır. Bu hat Türkiye 'nin neojen paleorafyasında genellikle karasal ve denizsel alanları ayırt etmektedir. Yataklar volkanik hareketlerin eşliğinde, kurak bölgelerdeki kapalı göl sistemlerinde oluşmuşlardır. Türkiye 'de başlıca dört bölgede bor cevheri üretimi yapılmaktadır. Emet ve Bigadiç kolemanit yatakları ile Kırka 'daki tinkal yatağı dünyadaki sayılı borat oluşumlarındandır. Eskişehir kırka tinkal yatağı, Eskişehir ilinin 60 km güney batısında yer almaktadır. Kütahya - Emet bölgesi bor yatakları, Kütahya

ilinin 98 km batısındadır. Emet yatağı % 1 'e varan oranlarda arsenik içermektedir. Arsenik realgar ve orpiment bileşimindedir ve yer yer kolemanit içerisinde kırmızılıklar olarak görülmektedir. Balıkesir - Bigadiç bölgesi bor yatakları, Balıkesir ilinin 40 km kadar güneyinde yer almaktadır. Bölgedeki yataklanma, diğer batı Anadolu borat yataklarında olduğu gibi neojen göl tortuları içerisinde oluşmuştur. Alttan ve üstten kalker tabakalarıyla çevrelenen boratlı zonun ortasında zayıf bir tinkal oluşumu vardır. Bu tinkalin çevresi kolemanitle sarılmıştır. Boratlar 1 - 3 metrelik tabakalar halinde killerin içinde yer alır. Arsenik içeriğinin düşük olması Bigadiç yataklarının önemli bir özelliğidir ve bu nedenle bor pazarında tercih edilmektedir. Balıkesir - Bigadiç bölgesinde şu anda kolemanit ve üleksit cevheri üretilmektedir. Bursa - kestelek bor yatakları Emet bölgesinde yataklara büyük benzerlik göstermektedir. Yataklar neojen göl tortuları içerisinde oluşmuş ve paleozoik kristalin kayaçlar üzerine oturmuşlardır. Tabandan tavana doğru dizilen 100 m kalınlığındaki taban konglomerası ile başlar. Bunun üzerinde 200 m kalınlığında linyitli kil, tuf, marn ve aglomera serisi vardır. Kil, tuf, marn ve aglomera ile karışmış olan borat serisi bu tabakanın üzerine oturmuş ve kalınlığı yer yer 100 m 'yi bulmuştur. [13]

Boratlar killer arasında oluşmuş yumrular halindedir. Üst kireçtaşı tabakasının üzerinde konglomera ve alüvyon yer almaktadır. Türkiye 'de işletilen bor yatakları ana özellikleri çizelge 2.6 de gösterilmiştir. [14]

Çizelge 2.5. Türkiye 'de İşletilen Bor Yataklarının Ana Özellikleri [14]

Bulunduğu bölge	Yaş	Borat zonu	Genel bilgiler
Kırka	Pliyosen	170 m	Tavan çörtlü kireç taşı, taban Miosen kireçtaşı, boratlar kil, marn, tuf ile almasıık
Emet	Miyosen	175 m	Tavan çörtlü kireç taşı taban kırmızı seri boratlar, kil marn ve tuf ile almasıık
Bigadiç	Miyosen	100 m	Tavan kireçtaşı marn, taban kristal tuf boratla kil, marn ve tuf ile almasıık
Kestelek	Pliyosen	100 m	Tavan pleistosen çakıllar, taban konglomera kireçtaşı, boratlı kil, marn tuf, kireçtaşı ile almasıık

2.4.2. Türkiye 'de Bor Üretim Teknolojisi

Bor rezervleri açısından dünyada ilk sırada gelen Türkiye, bor cevheri konsantresi ve rafine bor bileşikleri üretiminde de önemli bir yerdedir. Etibank 'a ait tesislerde, borat yıkama ve sınıflandırma gibi işlemler ile belirli bir B_2O_3 tenörüne yükseltilerek satışa sunulmakta veya çeşitli işlemlerle rafine bor bileşikleri haline getirildikten sonra satılmaktadır. Ürünlerin büyük bir kısmı ihraç edilmektedir. [13]

Çizelge 2.6. Türkiye Bor Rezervi Dağılımı [13]

Bölge	Toplam (Milyon Ton)	Rezerv %	Tenör (% B_2O_3)	Rezerv (B_2O_3) (Milyon Ton)
Balıkesir – Bigadiç	975 T	39,83	25 - 30	268,13
Eskişehir – Kırka	542 T	22,24	25	135,50
Kütahya – Emet	644 (G.M.)	26,31	42 - 46	283,32
Kütahya – Emet	250 (G.M.)	10,21	40	100,00
Kütahya – Emet	30 (G.M.)	1,22	35	10,50
Bursa – Kestelek	7 G	0,29	45	3,20
Toplam	2448	100,00		800,65

- G : Görünür rezerv : Olasılık % 100, tespit edilmiş cevher.
M : Muhtemel Rezerv : Olasılık % 80, tam olarak tespit edilmemiş cevher.
Mü : Mümkün Rezerv : Olasılık % 50, verilerin devamlılığı gerçekçi değil,
T : Toplam Rezerv : G + M + Mü rezervlerin toplamı.

2.4.3. Etibank Emet Kolemanit İşletmesi

Emet kolemanit tesislerinde üretim iki ana bölgede yapılmaktadır. Bunlar Espeydeki iki yer altı ocağı ve Hisarcık civarındaki yer üstü ocaklarıdır. Espey ocaklarından elde edilen kolemanit cevheri ortalama % 39 B_2O_3 tenörlüdür. Hisarcık ocağında ise birinci ve ikinci kalite olmak üzere iki tip cevher vardır. Birinci kalite kolemanit % 27 B_2O_3 , ikinci kalite kolemanit % 17 B_2O_3 tenöründedir. Cevherdeki arsenik tenörü çok yüksek olup % 1 'e kadar çıkabilmektedir. İki kalite kolemanit, tenörünün düşüklüğü ve yapısının uygun olmaması nedeniyle mevcut konsantratör tesisinde değerlendirilememektedir. Emet hisarcık konsantratörü yılda 900 000 ton cevher işleyebilen bir yıkama tesisidir. Yerüstü ve yeraltı ocaklarından gelen cevher ayrı ayrı işlenerek dört ayrı çeşit konsantre elde edilmektedir. Konsantre tane irilikleri 0,2 - 0,3, 3 - 25 ve 25 - 100 mm 'dir . 3 - 25 mm tane iriliğinde, düşük ve yüksek tenörlü iki çeşit konsantre elde edilmektedir. Bu konsantreler doğrudan satışa sunulmaktadır. Atıklar yer altı ocağı cevherinde % 29 B_2O_3 , açık ocak cevherlerinde ise % 14 B_2O_3 tenöründedir.[13]

2.4.4. Etibank Bigadiç Maden İşletmesi

Bigadiç kolemanit işletmesi müessesinde altı adet yer altı ve bir adet yer üstü ocağından üretim yapılmaktadır. Cevherin alt ve üst boratlı seviye olarak adlandırıldığı Bigadiç 'te B_2O_3 tenörü her iki kısımdan da birbirinin aynıdır. Ancak üst boratlı zon, toplam rezervin % 17 'sini oluşturmaktadır. Toplam rezervin % 90 'ı kolemanit, % 10 'u üleksit ten ibarettir.

Bigadiç konsantratörü % 30 B_2O_3 tenörlü cevheri işleyebilecek 400 000 bin ton kapasiteli bir tesistir. Tesiste amaç, cevheri kilden ayırmaktır. Bunu için büyük ıslatma havuzlarında bir gün kadar tutulan cevherde kilin kabarması sağlanmaktadır. Yıkama ve klasifikasyon devresinde ise kilin büyük bir kısmı

atılarak cevher zenginleştirilmektedir. Tesiste kolemanit ve üleksit cevheri ayrı ayrı işlenmekte, konsantreler ayrı ayrı depolanmaktadır. Kolemanit cevheri ufalama, eleme ve klasifikasyon devrelerinden geçtikten sonra tane iriliğine göre üç ayrı konsantre elde edilmekte ve 0,2 mm ‘nin altı atık göletine verilmektedir. Kurtarma randımanı kolemanit için % 75, üleksit için % 86 civarındadır. [13]

2.4.5. Etibank Kırka Boraks İşletmesi

Etibank kırka boraks işletmesi, Eskişehir – Afyon yolunun 73. km ‘sinde, kırka bucağının 4 km batısındadır. Türkiye ‘deki bor tesisleri içinde ocaklara, konsantratöre ve rafinasyon tesislerine sahip tek kuruluştur. İşletilen tinkal yatağı, ülkemizdeki tek tinkal yatağı olup dünyadaki benzerlerinin en büyüğüdür.

Kırka bölgesindeki bor sahaları için 1950 ‘li yıllarda Türk vatandaşları arama ruhsatları almışlardır. 1960 yıllarında bu sahaların tümü “Boraks Consolidated Ltd” adındaki bir İngiliz şirketi tarafından devralınmıştır. Şirket daha sonra adını “Türk Boraks A.Ş.” ye dönüştürerek bölgede üretime başlamıştır. Etibank 1967 yılında, Kırka bölgesi ve çevresini kapsayan yerlerde maden kanununa uyarak sodyum tuzu aramak üzere müracaatta bulunmuştur. M.T.A. ile başlatılan arama çalışmaları sonunda, bölgede dünyanın sayılı bor yataklarının bulunduğu görülmüştür. Daha sonra Türk Boraks Madencilik A.Ş. ‘nin işletme ruhsatları iptal edilerek, Kırka – Sarıkaya boraks yataklarının Etibank Genel Müdürlüğüne işletilmesine karar verilmiştir. 19.06.1970 tarihinde şantiye şefliği adı altında faaliyetlere başlayan müessese 1975 yılında 50 milyon TL sermayeli Mahdut Mesuliyetli Kırka Boraks İşletmesi müessesesi olarak bugünkü statüsüne kavuşmuştur.

Kırka tinkal yatakları, miosen sonunda oluşan fay çatlaklarından gelen borik asit, sodyum ve magnezyum içeren eksolasyonların, volkanik çamur ve küllerin,

neojen göl sularına karışıp çökmesiyle oluşmuşlardır. derin kesimlerde boraks kristalleşirken sığ kesimlerde üleksit primer olarak çökelmiştir.

Alüvyonlar ve bazaltın altında bir kalker tabakası, bu tabakanın altında ise 60 m kalınlığında kil - marn tabakası vardır. Bu seriyi borat serisi takip etmektedir. Boratlar başlıca tinkal cevherinden ibarettir. Bunun yanısıra kolemanit, kernit, üleksit gibi mineraller ve kurnakorit, inderit, inderborit gibi sulu magnezyum boratlarda vardır. Ancak bu mineraller yataktaki boratların % 10 – 15 ‘i kadardır. Boratlı tabakanın kalınlığı 2 – 130 m arasında değişir. Ortalama kalınlık 70 – 80 metredir. Boratlı tabakanın altında az miktarda ve ince borat tabakaları içeren kil – marn serisi bulunmaktadır. Bu serinin kalınlığı 40 m kadardır. Bu tabakayı 80 m kalınlığındaki alt kireçtaşı serisi takip etmektedir. Yataklarda birbirine tedricen geçiş gösteren ve boraks kristalleriyle killerin değişimine göre sınıflandırılan üç tip cevherleşme belirlenmiştir. [13]

A Camsı Cevher

Bunlar rekristalizasyona uğrayarak saflaşmış cevher olup, suda çözünmeyen madde içeriği çok düşüktür. Saydam, cam görünümünde çoğunlukla renksiz veya bal rengindedir. Çok az miktarda olup gelişi güzel dağılmıştır.

B Tabakalı Cevher

Yatağın yaklaşık % 10 ‘unu oluşturan bu cins cevher, tinkal ve suda çözünmeyen maddelerin katmanlar halinde dizilmesi ile oluşmuştur. % 27 - 29 B_2O_3 içermektedir. Çözünmeyen maddelerin çoğunu dolomit esaslı maddeler oluşturmaktadır.

C Bireşik Cevher

Yatağın yaklaşık % 90 'ını oluşturan bu cevher, genelde % 23 – 25 B_2O_3 içermekte, ancak taban zonunda tenör % 20 B_2O_3 'e kadar düşmektedir. Bireşik cevherde tinkal minerali ile gang mineralleri iyice karışmış halde olup, suda çözünmeyen maddeler genelde yüksek silikatlı yapıdaki kil esaslıdır.

Kırka tinkal cevheri içerisindeki kilin montmorillonit cinsi olduğu belirlenmiş ve kimyasal analizi çizelge 2.8'de verilmiştir. Dolomit ise % 30,41 CaO, % 21,87 MgO, % 47,72 CO_2 'den oluşmaktadır. Cevher yatağındaki gang minerallerinin yapıları çizelge 2.8' te verilmiştir.

Çizelge 2.7. Kırka Tinkal Cevheri Kimyasal Analizi [15]

Bileşen	% Miktar
SiO_2	% 50,0
R_2O_3	% 5,0
MgO	% 15,3
CaO	% 4,5
Kızdırma kaybı + nem	% 25,2

Kırka boraks işletmesinde cevher üretimi açık işletme yöntemiyle yapılmaktadır. Cevherin üzerindeki sedimanter kayalar, 8 m yükseklik ve 25 m genişliği olan basamaklar oluşturularak kaldırılmaktadır. Basamakların genel eğitimi açısı 16 – 25 ° arasındadır. Genel şev açıları ise 85° dir. Tinkal cevheri elektrikli ekskavatörlerle çıkarılıp, kamyonlarla yalınındaki konsantratör tesisine nakledilmektedir. Dekapaj oranı 3,59 m³/ton olup, 30 - 50 m kalınlığındaki örtü tabakasının altında, 30 - 150 m kalınlığında cevher bulunmaktadır. yılda 1 - 1,5 milyon m³ dekapaj yapılmaktadır. Çıkarılan cevherin ortalama tenörü % 26 B_2O_3 'dir.

Çizelge 2.8. Kırka Tinkal Cevherindeki Gang Minerallerinin Bileşimleri [13]

Numune Cinsi	Montmorillonit (%)	Dolomit (%)	Kalsit (%)
Marnlı kil	55	45	--
Bireşik cevher içinde marnlı kil	49	51	--
Camsı cevher içindeki beyaz kil	62	38	--
Bireşik cevher içindeki beyaz kil	15	85	--
Tabakalı cevher içindeki beyaz kil	15	65	20
Üleksitli yeşil kil	95	5	--
Üleksit	6	94	--

2.4.5.1. Konsantratör Tesisi :

Tesis 1975 yılında devreye girmiş olup yılda 1 000 000 ton tüvenan cevher işleme ve % 32 - 33 B₂O₃ tenörlü 680 000 ton konsantre tinkal üretim kapasitesine sahiptir. Konsantratör tesisinde, açık işletme sahasından kamyonlarla getirilen cevher 40 cm 'lik ızgaradan geçirilerek önce 10 cm 'ye daha sonra 2,5 cm 'ye kırılarak 10 000 ton kapasiteli ara stok binasında stoklanmaktadır. Ara stok binasından düzenli olarak alınan malzeme 6 mm 'lik kuru elekte elenir. 6 mm boyutun altındakiler % 65 katı/sıvı pülp haline getirilerek, içerisinde bulunan başlıca yabancı madde killerin aşındırılarak yıkanması için A tesisinde 6 adet, B tesisinde 12 adet olan yıkama hücrelerine verilir. Buradan çıkan malzeme 1 mm 'lik sulu elekten elenir, elek üstü + 1 mm 'lik ürün santrifüj su arındırıcılarından geçirilerek stoklanır. 6 mm üzerindeki malzeme A tesisinde merdaneli kırıcıda, B tesisinde ise çekiçli kırıcıda kırılarak aynı işlemden geçirilir. 1 mm 'nin altındaki elek altı ürünün içerisindeki tinkal ise hidrosiklon ve klasifikatörler vasıtasıyla çok ince parçalı (- 38 mikron) killerden arındırılıp, santrifüj su arındırıcılarından geçirilerek stoklanır. [13]

2.4.5.2. Bor Türevleri Tesisi :

Konsantratör tesisinden üretilen 0 - 6 mm 'lık % 32 - 33 B₂O₃ tenörlü konsantre tinkalin 280 000 tonu iç ve dış piyasada satılmak üzere nihai silo önünde stoklanır. 312 600 tonu ise bor türevleri tesisindeki 10 000 ton kapasiteli ara stok binasına beslenir.

Ara stok binasından alınan konsantre tinkal 98°C 'de çözme tankında çözündürülür ve içindeki yabancı maddeler 1. 2. ve 3. kademe tiknerlerde çöktürüldükten sonra basınçlı filtreler ile süzülür. Yabancı maddeler 1. kademedede anyonik flokülant ile, 2. kademedede noniyonik flokülant ile, 3. kademedede polietilen oksit ile çöktürülmektedir. Elde edilen temiz çökelti pentahidrat kristalizörüne beslenir, sıcaklık 98 °C 'den 66 °C 'ye düşürülerek pentahidrat kristalleri elde edilir.

Pentahidrat kristalleri çözeltiden hidrosiklon ve santrafujler ile ayrıştırılarak döner kurutucularda kurutulup, 3 katlı elekte elenir. Elek ortası 1,2 - 0,075 mm 'lık ürün satışa arz edilmek üzere Değirmenözü yükleme tesislerine, buradan da Bandırma Limanına kapalı tanker ve kapalı vagonlarla sevk edilir. Tesisten yılda 160 000 ton % 48 B₂O₃ tenörlü 1,2 - 0,075 mm ebatlı boraks pentahidrat üretilmektedir.

Üretilen boraks pentahidrat ile oluşan standart dışı ürünler (boraks pentahidrat tozu) susuz boraks üretmek için ergitme fırınına verilir. Ergitme fırınında 774 °C 'de boraks bünyesindeki kristal suyundan tamamen arındırılır, fırından alınır, soğutulur, kırılıp ve elenip 1,68 – 0,21 mm boyutlu ürün haline geldikten sonra satışa arz edilir. Bor türevleri tesisi % 35 B₂O₃ tenörlü tesisten 405 000 ton konsantre tinkalden ;

- % 48 B₂O₃ tenörlü 160 000 ton/yıl boraks pentahidrat,
- % 68 B₂O₃ tenörlü 60 000 ton/yıl susuz boraks
- % 37 B₂O₃ tenörlü 17 000 ton/yıl boraks deka hidrat.

Üretmek üzere 1985 yılında devreye alınmıştır. Mevcut olan bor türevleri tesisine ilave olarak 160 000 ton/yıl kapasiteli aynı teknoloji ve çalışma sistemine sahip 2. bor türevleri tesisi eklenmiş olup halen 500 bin ton/yıl civarında olan rafine bor üretim kapasitesini önce 800 bin ton/yıl, daha sonra da 1.200 bin ton/yıl seviyelerine yükseltmek için yoğun bir yatırım atağı içerisine girilmiştir. Bu kapsamda; Eti Holding A.Ş. 'nin kendi kaynaklarından sağlayacağı toplam 200 milyon US\$ seviyelerine yaklaşan, Emet Yeni Borik Asit Tesisi, Kırka 3. Bor Türevleri Tesisi yatırımlarına başlanmış olup söz konusu yatırımların 2002 yılında bitirilmesi planlanmaktadır. [13,16]

2.4.6. Dünya Bor Üretimi, Tüketimi ve Ticareti

Dünya bor üretimi B_2O_3 bazında 1.5 milyon ton olup bu üretimin % 37 'si ABD 'de, % 31 'i de ülkemizde Eti Holding A.Ş. tarafından gerçekleştirilmektedir. Bor üretiminde 1970 'de 770.000 tonun altında olan üretim değeri, günümüzde 1,5 milyon ton/yıl 'a yükselmiştir. Bu durum, büyük ölçüde Türkiye 'deki üretim artışından ileri gelmektedir.

Ülkemizde bor üretimi 1970 'de 122.000 ton B_2O_3 'den, son yıllarda 475.000 ton B_2O_3 'e ulaşmıştır. ABD 'nin bor üretimi ise aynı dönem için 510.00 - 730.000 ton B_2O_3 arasında değişim göstermiştir. Bu süre içinde Güney Amerika ülkelerinin ve Çin 'in üretimleri önemli ölçüde artış göstermiş, BDT ülkelerindeki üretim ise düşmüştür.

Dünya bor sektöründe, Türkiye ve ABD bor üretiminin % 70 'den fazlasını temin etmekte olup bor tüketim pazarını gelişmiş ülkeler oluşturmaktadır. Dolayısıyla Türkiye ihracatının büyük çoğunluğunu bu ülkelere yapmaktadır. Dünya toplam

bor tüketimi B₂O₃ içeriği olarak yaklaşık 1,5 milyon ton/yıl, bor pazarının ise 1,2 milyar US\$/yıl olduğu tahmin edilmektedir.

Tüketim değeri, üretim gibi 1970 ‘den bu yana ikiye katlanmış olup, bu değere sabit yıllık artışlarla değil, daha ziyade yoğun talep dönemlerinin sonucu olarak ulaşılmıştır. Dünya bor tüketiminin büyük bir kısmı Batı Avrupa ve Kuzey Amerika ‘dadır. Bu iki bölge tüketimin yaklaşık % 72 ‘sini oluşturmaktadır. Güney Amerika ve Asya/Pasifik ülkeleri sırasıyla % 12 ve % 10 ‘nu, Doğu Avrupa ülkeleri ise kalan miktarın büyük kısmını tüketmektedir.

Çizelge 2.9. Türkiye Bor Yatakları Üretimi [16]

TESİSİN YERİ	ÜRÜN CİNSİ	ÜRETİMİ (T/Yıl)
KIRKA	Konsantre Tinkal	800.000
EMET	Konsantre Kolemanit	400.000
BIGADIÇ	Konsantre Kolemanit - Üleksit	400.000
BIGADIÇ	Öğütmüş Kolemanit	60.000
KESTELEK	Konsantre Kolemanit	100.000
	TOPLAM	1.760.000

Çizelge 2.10. Ürün Cinsine Göre Üretim [16]

ÜRÜN CİNSİ	ÜRETİM (T/Yıl)
Boraks Dekahidrat	47.000
Susuz Boraks	60.000
Sodyum Perborat Tetrahidrat	20.000
Sodyum Perborat Monohidrat	4.500
Boraks Pentahidrat	320.000
Borik Asit	85.000

Ülkemiz bor madenlerinin çıkarılması ve işletilmesi görevini üstlenmiş bulunan Eti Holding ‘in ham ürün olarak pazarlayabildiği gibi, rafine ürün üretiminde kullandığı iki çeşit konsantre bor cevheri vardır;

Tinkal Konsantre

Kolemanit Konsantre

Elde ettiği başlıca rafine ürünler ise;

Boraks Pentahidrat

Boraks Dekahidrat

Susuz Boraks

Borik asit

Sodyum Perborat ‘tır. Üleksit, rafine ürün üretiminde kullanılmamakta sadece ham ürün olarak satılmaktadır.

Sodyum Perborat dışında bu rafine ürünler birbirini ikame özelliğine sahiptirler. Bor ürünlerinin kullanım alanlarında esas olan, içerdikleri B_2O_3 miktarıdır. Bazı alanlarda fiyatına göre konsantre ya da rafine ürün, birbirinin yerine kullanılabil-diği gibi, rafine ürünler arasında da seçim yapma imkanı vardır. Bu nedenle, yukarıdaki ürünler kullanım alanlarına göre içerdikleri safsızlıklar ve fiyatları göz önüne alınarak birbirlerinin yerine tercih edilebilmektedirler. Bu ürünler dışında genellikle ileri teknoloji gerektiren metotlar ile dünyada ticari olarak üretilen ve değişik kullanım alanları olan 100 ‘den fazla Özel Bor Ürünü mevcuttur.[16]

En yaygın kullanım alanı olan özel bor ürünleri;

Susuz Borik Asit, elementer bor , çinko borat, ferrobor ve bor karbür ve bor nitrürü sayabiliriz.

Borosilikat camlar ile genel olarak fiberglas olarak adlandırılan tekstil cam yünü ve izolasyon cam yünü de üretimlerinde temel girdilerden biri olarak bor oksit (B_2O_3) içeren ürünlerdir.

Bor ürünlerinin kullanım alanları şöyledir;

Kalsiyum Bor Cevheri (Kolemanit) : Tekstil kalite cam elyafı Bor alaşımları, metalürjik cüruf yapıcı.

Sodyum Bor Cevheri (Üleksit ve Probertit) : Yalıtım cam elyafı, Borosilikat cam Antiseptikler, bor alaşımları, nükleer, yangın geciktirici,

nylon, fotoğrafçılık, tekstil, gübre, katalist, cam, cam elyaf, emaye, sır
Susuz Boraks : Gübre, cam elyaf, cam, metalürjik cüruf yapıcı, emaye - sır,
yangın geciktirici

Sodyum Perborat : Deterjan ve beyazlatıcı, tekstil,

Sodyum Metaborat : Yapıştırıcı, deterjan, zirai ilaçlama, tekstil,
fotoğrafçılık,

Sodyum Pentaborat : Yangın geciktirici, gübre

Özel bor kimyasalları terimi bor elementi, bor halidleri, inorganik boratlar, fluoboratlar, borik asit esterleri, borik asit hidrürleri, organik bor bileşikleri ve bor azot bileşikleri vb.lerini ifade etmektedir. Bu özel bor bileşiklerinin ABD tüketimi yaklaşık 60.000 - 70.000 ton/yıl B_2O_3 'e karşılık gelmektedir. Bu miktar ABD toplam bor tüketiminin % 20 - 25 'idir.[16]

Çizelge 2.11. Özel Bor Ürünleri [16]

ÜRÜN	KULLANIM ALANI
Amorf Bor ve Kristalin Bor	Askeri piroteknik, nükleer silahlar ve nükleer güç reaktörlerinde muhafaza
Bor Filamentleri	Havacılık için kompozitler, spor malzemeleri için Kompozitler
Bor Halidleri	İlaç sanayii, katalistler, elektronik parçalar, bor filamentleri ve fiber optikler
Özel Sodyum Boratlar	Fotoğrafçılık kimyasalları, yapıştırıcılar, tekstil “finishing” bileşikleri, deterjan ve temizlik malzemeleri, yangın geciktiricileri, gübreler ve zirai ilaçlar
Fluoborik Asit	Kaplama solüsyonları, fluoborat tuzlar
Trimetil Borat	Sodyum bor hidridler
Sodyum Bor Hidrürler	Özel kimyasalları saflaştırma, kağıt hamurunu beyazlaştırma, metal yüzeylerinin temizlenmesi
Bor Esterleri	Polimerizasyon reaksiyonları için katalist, polimer stabilizatörleri, yangın geciktiriciler

2.5. Proses

2.5.1 Hamur ve Sır Hazırlama

Toz halinde olan kuvars ve feldspat gibi toz hammaddeler ve bir miktar kaolen değirmende öğütüldükten sonra, açıcı mikserlerde açılan yıkanmış kil ve kaolenlere ilave edilmekte ve mikserde sert ve plastik hammaddeler homojenize edilmektedir. Daha sonra elek ve mıknatıstan geçirilen çamur filter preslerde suyu alındıktan sonra, vakum presten çekilerek torna hamuru elde edilmektedir. Döküm hamuru doğrudan değirmenlerde hazırlanabildiği gibi, filter keklerdende hazırlanabilir. Döküm hamurlarında genel deflokulant olarak sodyum silikat kullanılmaktadır. [10]

2.5.2 Şekillendirme

Genel olarak şekillendirme prosesi üç grupta toplanabilir.

- 1- Plastik şekillendirme
- 2- Döküm ile şekillendirme
- 3- Presleme

Plastik şekillendirme: Plastik ifadesi, mekanik kuvvet etkisinde taneler arasındaki bağın kopmadan ve çatlamadan şekil değiştirebilen, uygulanan kuvvet kaldırıldığında bu şekli muhafaza edebilme özelliği olarak tanımlanabilir. İşte bu plastik kıvamda olan çamurun şekillendirilmesine plastik şekillendirme denir. Bu bölüme bir çok şekillendirme yöntemi girmektedir.

- 1- Elle şekillendirme
- 2- Plastik Presleme
- 3- Çömlekçi döner tablo

4- Tornalar

5- Ekstrüzyon

Günümüzde sofraya eşyası şekillendirmesinde en çok kullanılan plastik şekillendirme teknolojisi torna ile şekillendirilmiştir.

Torna şekillendirmesinde iki yöntem vardır;

1- İçten sıvama

2- Dıştan sıvama

Döküm ile şekillendirme: Prensib olarak döküme elverişli çamurların, özenekli ve kapiller çekim özellikleri olan kalıplara doldurulduğunda çamurdaki sıvının alçı kalıp tarafından emilmesi ve kalıp yüzeyinde katı madde tabakasının oluşmasını sağlamaktır.

Teknik olarak 2 aşamalı bir yöntemdir.

1-Viskozitesi düşük katı madde oranı yüksek süspansiyon hazırlamak

2-Kalıp yüzeyinde maske tabakası elde etmek

Kalıp malzemesi alçı olduğunda iki çeşit şekillendirme tekniğinden söz edilir.

1-Dolu Döküm

2-Boş Döküm

Bunların dışında yaygın olarak kullanılan şekillendirme yöntemide basınçlı döküm tekniğidir. Bu yöntemde kalıp malzemesi polimer esaslı bir malzeme olup çamur bünyesindeki su dış taraftan uygulanan vakum etkisi ile emilir.

Presleme Teknolojisi: Stoneware sofraya eşyası şekillendirmede yarı izostatik presleme teknolojisi kullanılmaktadır. Prensib olarak granül formundaki akıcı bir

tozun belli bir basınç altında diğer tarafı sert bir tarafı elastik bir kalıp ile şekillendirilmesidir.

Bu şekillendirme teknolojisi üç ana başlık altında incelenebilir.

- 1- granül
- 2- kalıp
- 3- pres

Bu üç ana başlığı oluşturan parametreler şekillendirmeyi doğrudan etkilemektedir. Süspansiyon halindeki çamurun püskürtmeli kurutucu yardımı ile su oranının %1-3 düşürülmesi sonucu elde edilen yuvarlağa yakın taneciklere granül denir.

Preslemeyi etkileyen granül parametreleri

- granül şekli
- granül boyutu ve dağılımı
- granül rutubeti
- granül yüzey düzgünlüğü
- granül yoğunluğu
- granül plastikliği

Kalıp işlemlerine ve membran üretimine dikkat edilmelidir, çünkü bu parçalar da meydana gelebilecek en küçük hata nihai ürün üzerine etki edecektir.Ürüne verilecek form tamamen kalıp üzerinde belirlenir, iki kalıp arasında kalan boşluk ürünün ürün et kalınlığının yarısına eşittir, çap ise ham çaptır. Granül kalıba kalıbın kesik kısmında dolar.Şekillendirilecek ürün tabak grubu ise ürüne verilen bombe çok önemlidir.Verilen bombe tabağın düzgünlüğünü belirler. Kalıba yanlış bombe verildiği takdirde ürün bombeli olabileceği gibi çökme hatası da verebilir. Kalıba verilen bombe ;

- ürün çapına
- pişirme rejimine

- çamur reçetesine bağılı olarak değişir.

Aynı şekilde bunlara bağılı olarak yanak şeklilde değişir.Dięer bir deyişle kalıp üzerinde yanağıın yatıklığıda dūřünülererek kalıba şekil verilmelidir.Ayrıca kalıp boyutları nihai ürün boyutlarına göre hesaplanarak ayarlanmalıdır.

Presleme temel olarak şöyle geręekleřmektedir; membran destek kalıba tamamen yapışık durumdadır, kalıp kapanır dolum ağızından kalıp içi dolar, dolum işlemi tamamlandıktan sonra destek kalıp ve membran arasına kanallarda yağı dolmaya başlar bu yağı, aracılığı ile granüle homojen bir basınç uygulanarak preslemeyi geręekleřtirir.Presleme işlemi bittikten sonra yağı geri çekilir ve membran tekrar destek kalıp amberine yapışır kalıp açılır ve ürün rötüş bandına aktarılır.

Kalıp kapama basıncı uygulanan basınçtan yüksek olmalıdır,aksi takdirde kalıp açılır. Bu presleme teknolojisinde tek ve çift kafalı presler mevcuttur.Bu teknolojiye üretim adetleri diğer teknolojilere göre oldukça yüksektir. [10]

2.5.3. Bisküvi Pişirimi

şekillendirilen ürünler 900-1000°C arasında oksitleyici atmosferde ön pişirme tabi tutulurlar. Pişirme süresi 6-12 saat arasında değişir. Burada genellikle tünel fırınlar kullanılır. Son dönem tam otomatik sistemlerde roller fırınlarda kullanılmaktadır. Bisküvi pişirimi yapılmasının sebebi sırlanacak mamülün belirli bir mukavemete gelmesini sağılamanın yanı sıra bünyede meydana gelen bir takım reaksiyonların tamamlanmasıdır. [10]

2.5.4. Sırlama

Stoneware ürünlerin sırlanması için üç tip teknoloji kullanılmaktadır.

-Elle daldırma yöntemi ile sırlama

- Otomatik daldırma ile sırlama
- püskürtme yöntemi ile sırlama

Son dönmlerde tercih edilen yöntem genellikle daldırma tekniğidir.[10]

2.5.5. Sırlı Fırın

Sırlanan ürünler oksitleyici koşullarda 1150-1300°C arasında pişirime tabi tutulurlar.Pişirme süresi 4,5-7 saat arasında değişir. Burada da tünel fırın kullanılmaktadır.Sırlı pişirim sırasında sır eriyerek bünyeyi kaplar. Bünyede ise camsı faz oluşarak porları kapatır ve mukavemetin oluşmasını sağlar. Mukavemetin oluşmasını sağlayan en önemli faz olan müllitin oluşmasını sağlar.

2.5.6. Taşlama

Taşlama pişirilmiş ürünlere yapılan , malın kalitesini yükselten ve ufak tefek pürüzleri ve hataları yok eden bir düzeltme işlemidir.Taşlama işlemi sofr e eşyası ürünlerinde üçe ayrılır. [10]

1. Ağız taşlama
2. Ayak taşlama
3. Hata taşlama

2.5.7. Kalite Kontrol

Stoneware ürünlerin kalite kontrolü müşteri talepleri doğrultusunda değişkendir. Her firmanın kendi için belirlediği standartlar vardır ve bu standartlara göre kalite ayrımı yapılır. TSE 'de stoneware ürünler için belirlenmiş bir standart olmayıp

porselen sofa eşyası için belirlenmiş olan standartlar bu ürünler için genel olarak sektörler tarafından uygulanmaktadır.

Çizelge 2.12. Stoneware ürünlerde oluşabilecek muhtemel hatalar [10]

Hata Türü	Kaynaklandığı Proses
Çapak	Şekillendirme prosesi, sırlama, fırın döküntüleri
Sırsız	Sırlama hatası
Hamur hava	Şekillendirme
Kalıp hatası	Şekillendirme
Ayak Kırık	Şekillendirme, diğer prosesler
Ayak , dip, kulp çatlak	Şekillendirme
Kılcal Çatlak	Şekillendirme ve diğer prosesler
Renk Bozuğu	Fırın atmosferi ve sır hazırlama prosesi
Delik	Şekillendirme prosesi
Çizik	Taşlama

Yukarıda kısaca tanıtılan stoneware ürünü Türkiye’de çok fazla tanınmayan bir sofa eşyası grubudur. Bu ürünün bir çok kez taklidi yapılmaya çalışılmıştır. Dünyada bir çok ülkede üretimi yapılan bu ürün daha çok işçilik maliyetinin düşük olduğu ülkelerde üretilip diğer dünya ülkelerine satışı yapılmaktadır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada yer alan denemelerde kullanılan hammaddeler, çamurların hazırlanması, sinterlenmesi ve ilgili tüm testlerin yapılması Porland Porselen San.Tic.A.Ş. işletmesinin tedarikinde ve işletme şartlarında yapılmıştır.

3.1 Kullanılan Hammaddeler ve Kimyasal Analizleri

Kullanılan hammaddelerinin kimyasal analizleri Matel Hammadde Sanayi ve Tic. A.Ş.'de X-Ray Florasans Spektrometresi ile yapılmıştır. Yapılan denemelerde kullanılan hammaddeler ve hammaddelerin kimyasal analizleri çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Hammaddelerin Kimyasal Analizleri

HAMMADDE ADI	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	SrO %	B ₂ O ₃ %	P ₂ O ₅ %	K.K. %
B2 KAOLENİ	52	32	1,15	0,3	0,15	0,25	0,45	2	-	-	-	11,70
BENTONİT	72,33	14,12	0,9	0,17	1,83	1,44	0,4	2,34	-	-	-	6,74
POTASYUM FELDSPAT	66,84	17,73	0,09	0,02	0,23	0,04	3,07	11,38	-	-	-	0,6
KUVARS	98,14	0,41	0,11	0,02	0,14	0,01	0,9	0,07	-	-	-	0,20
HALLOİSİT	44,51	37,23	0,71	0,26	0,15	0,22	0,39	0,03	-	-	-	16,5
EWVA KİL	48,45	33,02	0,76	0,80	0,09	0	0,01	1,40	-	-	-	15,47
KOLEMANİT	6,50	0,50	-		27	3	0,35		1,50	42	-	19,15
BOR ATIĞI	8,948	1,418	0,137	0,013	11,46	10,58	13,2	0,225	-	13	-	41,01
KEMİK KÜLÜ	1,81	0,1	-	-	53,18	1,17	0,60	0,02	0,1		39,9	3,12
KALSİT	0,36	-	0,04	-	54,40	0,40	-	-	-	-	-	44,8
DOLOMİT	2,380	2,170	0,056	0,046	34,02	14,54	0,05	0,042	-	-	-	46,7
MEKA KAOLENİ	56,2	31,0	0,29	0,16	0,17	0,20	0,01	0,27	-	-	-	11,7

3.2. Kullanılan Hammaddelerin Tane Dağılım Analizleri

Kullanılan hammaddelerin tane dağılım analizleri Porland Porselen'in bünyesinde bulunan Malvern Mastersizer marka tane dağılım cihazı ile yapılmıştır. Tane dağılım analizi için numune hazırlanırken kuvars için dispersant olarak su, feldspat için su ve sodyum hekza meta fosfat, kaolenler için ise su ve sodyum silikat kullanılmıştır. Hammaddelerin tane dağılım analiz sonuçları aşağıda belirtildiği gibidir. D(10) değeri o hammadde için %10'nun çıkan değere eşit veya daha küçük olduğunu, D(50) değeri %50' sinin çıkan değere eşit yada küçük olduğunu, D(90) ise %90'nının çıkan değere eşit yada küçük olduğunu ifade etmektedir. Kullanılan hammaddelerin tane dağılım analiz sonuçları çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Hammaddelerin Tane Dağılım Analizleri

HAMMADDE ADI	D (10) μ m	D (50) μ m	D(90) μ m
B2 KAOLENİ	2,512	7,128	25,905
BENTONİT	4,844	15,620	41,750
K-FELDSPAT	4,136	15,965	38,730
KUVARS	1,874	10,221	34,040
HALLOİSİT	4,177	12,609	48,860
EWVA	0,110	17,880	36,8
KOLEMANİT	2,884	2,99	30,220
BOR ATIĞI	0,119	1,833	26,706
KEMİK KÜLÜ	0,152	1,733	29,100
KALSİT	5,553	23,792	62,305
DOLOMİT	38,318	101,731	203,363
MEKA KAOLENİ	0,876	3,065	13,802

3.3. Denemelerde Kullanılan Hammaddelerin Reçetede % Oranları

Standart reçete olarak iki ayrı reçete baz alınmıştır, ilki stoneware reçetesi diğeri ise su emme değeri stoneware'den daha yüksek olan bir reçetedir. Bu reçeteler çizelge 3.3 ve çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Stoneware Standart reçetede hammadde % oranları

HAMMADDE ADI	% ORAN
B2 KAOLENİ	55,6
BENTONİT	0,5
K-FELDSPAT	12
KUVARS	21,2
HALLOİSİT	9,2
EWVA KİLİ	1,5
TOPLAM	100

Çizelge 3.4 . Su Emmesi Stoneware reçeteye göre daha yüksek reçetede hammadde % oranları

HAMMADDE ADI	% ORAN
MEKA KAOLENİ	10,6
B2 KAOLENİ	45
BENTONİT	0,5
K-FELDSPAT	12
KUVARS	21,2
HALLOİSİT	9,2
EWVA KİLİ	1,5
TOPLAM	100

3.4. Kullanılan Cihazlar

Standart reçete hazırlanırken reçetede kullanılan % oranlarına göre Sartorius marka nem ölçerde nem miktarları belirlendikten sonra TEM marka terazide tartılmıştır. Standart reçeteyi oluşturan hammaddeler 50 kg.'lık değirmenlerde sulu olarak 1 saat süre ile öğütülmüştür. Malvern Mastersizer 2000 G marka Tane Boyut Dağılımı cihazında sulu çamurun tane boyutu ölçülmüştür. Hazırlanan sulu çamura kuru miktarı üzerinden farklı oranlarda kolemanit, bor atığı, kemik külü, kalsit ve dolomit Ike Werka marka mikserde ilave edilmiştir. Standart çamurun akma süresi meme çapı 4mm olan ford-cup ile ölçülmüştür.

Standart çamura bu ilavelerle hazırlanan çamurlardan dolu döküm yöntemi ile küçülme, deformasyon, kuru mukavemet, pişmiş mukavemet çubukları dökülmüştür. Forna Ceramica marka gazlı fırında 1150°C, 1200°C ve 1250°C'de tek pişirim olacak şekilde sinterlenmiştir. Sinterlenen numunelerin mukavemeti Netzsch marka mukavemet cihazında ölçülmüştür.

3.5. Numunelerin Hazırlanma Süreci

3.5.1. Reçete Hazırlama

Yapılan çalışmada stoneware için %su emme değeri 2,5 olan ve su emmesi değeri stoneware bünyeden daha fazla olan iki farklı reçete standart reçete olarak kabul edilmiştir. Bu reçetelere belirlenen oranlarda kolemanit, bor atığı, kemik külü, kalsit ve dolomit mikserde ilave edilmiş ve bu katkıların nihai mamülün % su emme ve diğer teknik özelliklerine olan etkisi araştırılmaya çalışılmıştır. Çizelge 3.5'te yapılan denemelerin kompozisyonları ve pişirim sıcaklıkları verilmiştir.

Çzelge 3.5. Hazırlanan deneme numunelerinin reçeteleri ve pışırım sıcaklıkları

REÇETE TÜRÜ	KOD	PİŞİRİM SICA KLİĞİ
Standart stoneware reçetesine %1 kolemanit ilavesi	SKO1	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %2 kolemanit ilavesi	SKO2	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %3 kolemanit ilavesi	SKO3	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %4 kolemanit ilavesi	SKO4	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %1bor atığı ilavesi	SBA1	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %2 bor atığı ilavesi	SBA2	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %1 kemik külü ilavesi	SKK1	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %2 kemik külü ilavesi	SKK2	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %3 kemik külü ilavesi	SKK3	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %4 kemik külü ilavesi	SKK4	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %1 kalsit ilavesi	SK1	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %2 kalsit ilavesi	SK2	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %3 kalsit ilavesi	SK3	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %4 kalsit ilavesi	SK4	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %1 dolomit ilavesi	SD1	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %2 dolomit ilavesi	SD2	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %3 dolomit ilavesi	SD3	1150°C,1200°C,1250°C
Standart stoneware reçetesine %4 dolomit ilavesi	SD4	1150°C,1200°C,1250°C
2. Standart masse (su emmesi daha yüksek) %1 kolemanit ilavesi	EKO1	1150°C,1200°C,1250°C
2. Standart masse (su emmesi daha yüksek) %2 kolemanit ilavesi	EKO2	1150°C,1200°C,1250°C
2. Standart masse (su emmesi daha yüksek) %3 kolemanit ilavesi	EKO3	1150°C,1200°C,1250°C
2. Standart masse (su emmesi daha yüksek) %4 kolemanit ilavesi	EKO4	1150°C,1200°C,1250°C
2. Standart masse (su emmesi daha yüksek) % 1 bor atığı ilavesi	EBA1	1150°C,1200°C,1250°C
2. Standart masse (su emmesi daha yüksek) % 2 bor atığı ilavesi	EBA2	1150°C,1200°C,1250°C
2. Standart masse (su emmesi daha yüksek) %1 kemik külü ilavesi	EKK1	1150°C,1200°C,1250°C
2. Standart masse (su emmesi daha yüksek) %2 kemik külü ilavesi	EKK2	1150°C,1200°C,1250°C
2. Standart masse (su emmesi daha yüksek) %3 kemik külü ilavesi	EKK3	1150°C,1200°C,1250°C
2. Standart masse (su emmesi daha yüksek) %4 kemik külü ilavesi	EKK4	1150°C,1200°C,1250°C

3.5.2. Hammaddelerin Tartılması ve Öğütülmesi

Reçetede ki yüzdelere göre tartılan hammaddeler 50 kg'lık değirmende %0,15 deflokulant (Reotan-L) ve 0,05 soda ilavesiyle 1 saat süre ile sulu olarak öğütülmüştür. Kolemanit, bor atığı, kemik külü ve kalsit ve dolomit ise jet değirmende kuru olarak öğütülmüştür, öğütülen hammaddeler 45 mikronluk elekten geçirilerek, sulu çamura 45 mikron altı bu hammaddeler ilave edilmiştir. Hazırlanan masselerden dolu döküm yöntemi ile küçülme, deformasyon ve mukavemet çubuğu dolu döküm yöntemi ile döküm yapılarak elde edilmiştir. Hazırlanan numunelerin boyutları, küçülmenin hesaplanabilmesi için kumpasla ölçülmüştür.

3.5.3.Çamurun Reolojik Özelliklerinin Tespiti

Çamurun reolojik özelliklerini tespit etmek amacıyla çapı 4 mm olan ford-cup ile çamurun akma süresi ölçülmüştür.

3.5.4. Şekillendirme

Hazırlanan masselerden dolu döküm yöntemi ile küçülme, deformasyon ve mukavemet çubuğu dolu döküm yöntemi ile döküm yapılarak elde edilmiştir. Hazırlanan numunelerin boyutları, küçülmenin hesaplanabilmesi için kumpasla ölçülmüştür. Döküm yapılan kalıplar 25cm. uzunluğundadır.

3.5.5. Sinterleme

Hazırlanan tüm numuneler etüvde 105°C'de 4 saat süre ile kurutulduktan sonra, Forna Ceramica marka gazlı fırında 1150° C, 1200° C ve 1250° C'de 6 saat süre ile sinterlenmiştir. Sinterlenen numuneler kumpas yardımı ile ölçülmüştür.

3.6. Sinterlenen Numunelere Yapılan Testler

3.6.1. Pişme Küçülmesi

Hazırlanan numunelerin ham ve pişmiş boyutları kumpas yardımıyla ölçülmüş ve her bir numunenin % pişme küçülmesi hesaplanarak ortalama değeri alınmıştır. Numuneler dört adet olarak hazırlanmış olup ortalama değerleri alınarak kaydedilmiştir.

$$\% \text{ Toplam Küçülme} = \frac{\text{Plastik uzunluk-Pişmiş Uzunluk}}{\text{Plastik Uzunluk}} \times 100 \quad [3] \quad (3.1)$$

3.6.2. Su Emme

1150° C, 1200° C, 1250° C’de pişirilen numuneler 0,01 hassasiyetli terazide tartıldı ve 2 saat suda kaynatıldı . Kaynatılan numuneler 5 dak. soğuk su içerisinde bekletildi, suyun sızması için 5 dak. açık ortamda bekletildikten sonra tekrar tartıldı. Bulunan değerler ile aşağıdaki formüle göre % su emme miktarları tespit edildi.

$$\% \text{ Su Emme} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad [12] \quad (3.2)$$

M_2 = yaş ağırlık

M_1 = kuru ağırlık

3.6.3. Mukavemet Deneyi

Dolu döküm yöntemi ile şekillendirilmiş numuneler sabit tartıma gelene dek kurutulduktan sonra Netzsch marka mukavemet cihazı ile numuneler kırılarak

kuru mukavemet değeri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır. Aynı işlem farklı sıcaklıklarda pişirilen numunelere de uygulanmıştır. Her bir reçete türü için dört adet kuru mukavemet ve dört adet pişmiş mukavemet çubuğu dökülmüş olup ortalaması alınarak kaydedilmiştir.

$$\text{Kırılma Modülü} = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \quad [12] \quad (3.3)$$

Kg/cm²

P= Kırın Ağırlık

L = İki mesnet arası mesafe (cm)

b=kırılma bölgesinin genişliği (cm)

h = kırılma bölgesinin yüksekliği (cm)

3.6.4. Eğilme Testi (Deformasyon Testi)

Dolu döküm ile hazırlanan çubuklar 20cm. mesafeli mesnetler üzerine yerleştirilerek tespit edilen sıcaklıkta pişirildi. Pişirme sonucunda çubukta meydana gelen eğilmeyi tespit etmek amacıyla numuneler milimetrik kağıt üzerine yerleştirilerek çizilmiş ve milimetrik kağıtta deformasyon ölçümü yapılmıştır.

4. DENEY SONUÇLARI

4.1. Farklı Katkıların Massenin Reolojik Özellikleri Üzerindeki Etkisi

4.1. 1. Kolemanitin Massenin Akma Süresi Üzerindeki Etkisi

Stoneware reçetesine kolemanit ilave miktarı %2 olan kompozisyonda akma süresindeki artışından dolayı %0,01 elektrolit ilavesi, kolemanit ilavesi %3 olan kompozisyonda %0,03 ve %4 olan kompozisyonda %0,05 elektrolit ilavesi gerekmiştir. Su emmesi stoneware masseden daha yüksek olan reçetede ise %1 kolemanit ilavesi için elektrolit ilavesi yapılmazken, %2 kolemanit için %0,01, %3 için 0,03 ve % 4 içinse %0,05 elektrolit ilavesi yapılmıştır.

Aşağıdaki Çizelge 4.1’de kolemanit ilavesinin akma süresi değerlerinde göstermiş olduğu değişimi göstermektedir. Bu değerler elektrolit ilavesi yapılmadan elde edilen ölçüm sonuçlarıdır. Yukarıda belirtilen oranlara göre elektrolit ilavesi ile standart reçetenin viskozite değerleri sağlanmıştır ve döküm standart reçetenin akma değerlerine değerlerine göre yapılmıştır.

Çizelge 4.1 Kolemanitin Akma Süresi Üzerindeki Etkisi

Kompozisyon	Yoğunluk (gr/lt)	Akma Süresi (sn.)	Kuru madde (%)
Stoneware standart reçete	1660	26	63,86
Stw. Std. Reçeteye %1 kolemanit ilavesi	1661	27	63,91
Stw. Std. Reçeteye %2 kolemanit ilavesi	1663	29	64,03
Stw. Std. Reçeteye %3 kolemanit ilavesi	1667	31	64,26
Stw. Std. Reçeteye %4 kolemanit ilavesi	1671	35	64,49
Su emmesi daha yüksek standart Reçete	1659	26	63,30
Su Emmesi daha yüksek Std. Reçeteye %1 kolemanit	1661	27	63,91
Su Emmesi daha yüksek Std. Reçeteye %2 kolemanit	1665	28,5	64,15
Su Emmesi daha yüksek Std. Reçeteye %3 kolemanit	1670	32	64,43
Su Emmesi daha yüksek Std. Reçeteye %4 kolemanit	1675	35	64,72

4.1.2. Bor Atığının Massenin Akma Süresi Üzerindeki Etkisi

Bor atığı ilave miktarı %1 olan denemelerde stoneware ve su emmesi daha yüksek olan reçetede de akma süresinde artış görülmüş olup deflokulant ilave oranı %0,03, bor atığı ilave oranı %2 olan içinse %0,05 deflokulant ilavesi ile akma süresi standart reçetenin akma süresi değerlerine getirilmiştir.

Aşağıdaki Çizelge 4.2’de kolemanit ilavesinin akma değerlerinde göstermiş olduğu değişimi göstermektedir. Bu değerler deflokulant ilave edilmeden yapılan ölçüm sonuçlarıdır. Ayrıca bor atığı ilave oranı %3 ve %4 olarak hazırlanan çamur ile yapılan dökümlerde mamüller kalıba yapışmış olup sağlam mamül alınamamıştır. Bor atığı % 2’nin üzerinde kullanıldığında massenin döküm özelliklerini olumsuz etkilemektedir.

Çizelge 4.2 Bor Atığının Akma Süresi Üzerindeki Etkisi

Kompozisyon	Yoğunluk (gr/lt)	Akma Süresi (sn.)	Kuru madde (%)
Stoneware standart reçete	1660	26	63,86
Stw. Std. Reçeteye %1 bor atığı ilavesi	1663	29,5	64,03
Stw. Std. Reçeteye %2 bor atığı ilavesi	1667	31	64,26
Su Emmesi daha yüksek standart Reçete	1659	26	63,80
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %1 bor atığı	1662	28,5	63,97
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %2 bor atığı	1665	30,5	64,15

4.1.3. Kemik Külünün Massenin Akma Süresi Üzerindeki Etkisi

Kemik külü ilave miktarı %1, %2, %3 ve %4 olan denemelerde stoneware ve su emmesi stoneware ‘den daha yüksek olan reçetelerinde de akma süresinde artış görülmemiş olup hafif bir düşüş eğilimi görülmüştür. Bu değerler çizelge 4.3’te

verildiği gibidir. İlave elektrolit kullanılmamıştır. Aşağıdaki değerler kemik külü ilave edildikten sonra ölçülen akma süresi değerleridir.

Çizelge 4.3. Kemik Külünün Akma Süresi Üzerine Etkisi

Kompozisyon	Yoğunluk (gr/lt)	Akma Süresi (sn.)	Kuru madde (%)
Stoneware standart reçete	1660	26	63,86
Stw. Std. Reçeteye %1 kemik külü ilavesi	1665	25,91	64,15
Stw. Std. Reçeteye %2 kemik külü ilavesi	1670	25,29	64,43
Stw. Std. Reçeteye %3 kemik külü ilavesi	1676	25,47	64,78
Stw. Std. Reçeteye %4 kemik külü ilavesi	1678	25,5	64,89
Su Emmesi daha yüksek std. Reçete	1660	26	63,86
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %1 kemik külü ilavesi	1662	25,50	63,97
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %2 kemik külü ilavesi	1663	25,10	64,03
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %3 kemik külü ilavesi	1668	25,7	64,32
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %4 kemik külü ilavesi	1673	25,80	64,61

4.1.4. Kalsitin Massenin Akma Süresi Üzerindeki Etkisi

Kalsit ilave miktarı %1, %2, %3 ve %4 olan denemelerde stoneware ve su emme değeri stoneware'den yüksek olan reçetelerde de akma süresi artış görülmemiş olup aksine düşüş görülmüştür. Bu değerler çizelge 4.4'te görüldüğü gibidir. İlave elektrolit kullanılmamıştır.

Çizelge 4.4. Kalsitin Massenin Akma Süresi Üzerine Etkisi

Kompozisyon	Yoğunluk (gr/lt)	Akma Süresi (sn.)	Kuru madde (%)
Stoneware standart reçete	1660	26	63,86
Stw. Std. Reçeteye %1 kalsit ilavesi	1662	25,12	63,97
Stw. Std. Reçeteye %2 kalsit ilavesi	1668	25,22	64,32
Stw. Std. Reçeteye %3 kalsit ilavesi	1672	25,04	64,55
Stw. Std. Reçeteye %4 kalsit ilavesi	1676	25,56	64,78
Su Emmesi daha yüksek std. Reçete	1659	26	63,80
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %1 kalsit ilavesi	1661	25,3	63,91
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %2 kalsit ilavesi	1665	25,8	64,15
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %1 kalsit ilavesi	1669	25,5	64,38
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %1 kalsit ilavesi	1673	25,7	64,61

4 .1.5. Dolomitin Massenin Akma Süresi Üzerindeki Etkisi

Dolomit ilave miktarı %1 , %2 ,%3 ve %4 olan denemelerde stoneware ve su emmesi daha yüksek reçeteler de akma süresinde artış görülmemiş olup aksine düşüş görülmüştür. İlave elektrolit kullanılmamıştır. Çizelge 4. 5'te dolomit ilave edildikten sonra yapılan ölçüm değerleri verilmiştir. Aşağıdaki akma süresi ölçüm değerleri farklı oranlarda dolomit ilave edildikten sonra yapılan ölçüm sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 4.5. Dolomitin Massenin Akma Süresi Üzerine Etkisi

Kompozisyon	Yoğunluk (gr/lt)	Akma Süresi (sn.)	Kuru madde (%)
Stoneware standart reçete	1660	26	63,86
Stw. Std. Reçeteye %1 dolomit ilavesi	1662	23,46	63,97
Stw. Std. Reçeteye %2 dolomit ilavesi	1665	23,41	64,15
Stw. Std. Reçeteye %3 dolomit ilavesi	1669	23,57	64,38
Stw. Std. Reçeteye %4 dolomit ilavesi	1675	23,53	64,72
Su emmesi daha yüksek std. Reçete	1659	26	63,80
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %1 dolomit	1664	24,47	64,09
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %2 dolomit	1669	24,75	64,38
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %3 dolomit	1674	24,25	64,66
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %4 dolomit	1676	24,66	64,78

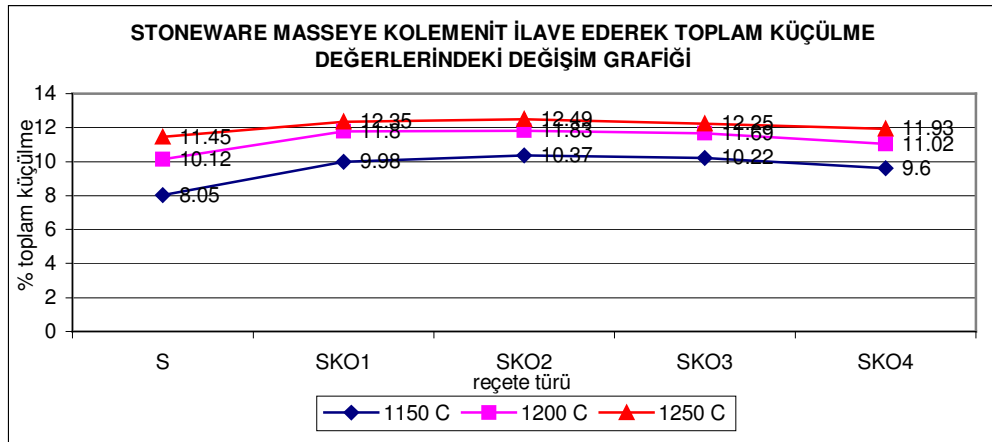
4.2. Farklı Katkıların Toplam Küçülmeye Etkisi

4.2.1. Kolemanitin Toplam Küçülmeye Etkisi

Kolemanitin farklı sıcaklıklarda toplam küçülmeye etkisi çizelge 4.6’da ve şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Kompozisyonlara ait % toplam küçülme

KOMPOZİSYON	Kodu	% toplam küçülme 1150°C	% toplam küçülme 1200°C	% toplam küçülme 1250°C
Stoneware standart reçete	S	8,05	10,12	11,45
Stw. Std. Reçeteye %1 kolemanit ilavesi	SKO1	9,98	11,8	12,35
Stw. Std. Reçeteye %2 kolemanit ilavesi	SKO2	10,37	11,83	12,49
Stw. Std. Reçeteye %3 kolemanit ilavesi	SKO3	10,22	11,69	12,25
Stw. Std. Reçeteye %4 kolemanit ilavesi	SKO4	9,60	11,02	11,93
Su emmesi daha yüksek standart reçete	E	7,98	9,87	10,77
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %1 kolemanit ilavesi	EKO1	10,48	11,98	11,84
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %2 kolemanit ilavesi	EKO2	10,61	12,98	12,05
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %3 kolemanit ilavesi	EKO3	11,32	11,57	11,99
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %4 kolemanit ilavesi	EKO4	11,82	10,37	11,74



Şekil 4.1 Stoneware bünyede kolemanitin farklı sıcaklıklardaki toplam küçülmeye etkisi

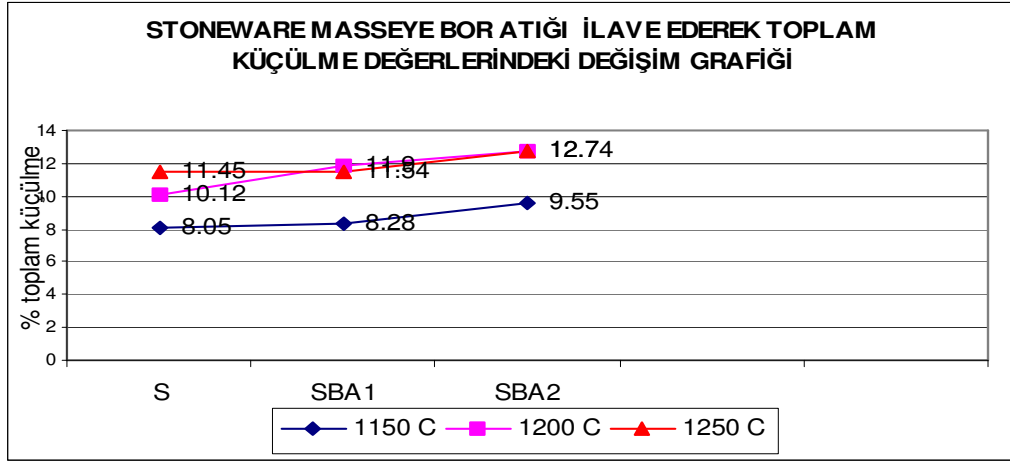
Kolemanit ilaveli denemelerde toplam küçülme değerlerinde düzenli bir artış ve azalış görülmemiştir, bazı numuneler incelendiğinde numunenin yüzeyinde gözenekler meydana gelmiştir. Su emmesi stoneware'den daha yüksek olan bünyeye kolemanit ilaveli denemelerde toplam küçülme değerlerinde düzenli bir artış ve azalış görülmemiştir, bazı numuneler incelendiğinde numunenin yüzeyinde gözenekler meydana gelmiştir.

4.2.1. Bor Atığının Toplam Küçülmeye Etkisi

Bor atığı ilavesinin farklı sıcaklıklarda toplam küçülmeye etkisi çizelge 4.7 ve şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Kompozisyonlara ait % toplam küçülme

KOMPOZİSYON	Kodu	% toplam küçülme 1150°C	% toplam küçülme 1200°C	% toplam küçülme 1250°C
Stoneware standart reçete	S	8,05	10,12	11,45
Stw. Std. Reçeteye %1 bor atığı ilavesi	SBA1	8,28	11,9	11,54
Stw. Std. Reçeteye %2 bor atığı ilavesi	SBA2	9,55	12,74	12,70
Su emmesi daha yüksek standart Reçete	E	7,98	9,87	10,77
Su emmesi daha yüksek std . reçeteye %1 bor atığı ilavesi	EBA1	7,86	10,02	11,47
Su emmesi daha yüksek std . reçeteye %2 Bor atığı ilavesi	EBA2	8,28	10,57	11,54



Şekil 4.2. Stoneware bünyede bor atığının farklı sıcaklıklardaki toplam küçülmeye etkisi

Stoneware bünyede üç farklı sıcaklıkta da bor atığının oranının artışı ile toplam küçülme değerlerinin arttığı görülmüştür, bor atığı oranı artışı ile cam faz miktarının artmış olabileceği ve dolayısıyla da toplam küçülmenin artmış olabileceği düşünülmektedir. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda değerlendirme yapıldığında sıcaklık yükseldikçe toplam küçülmenin artışı beklenen bir sonuçtur.

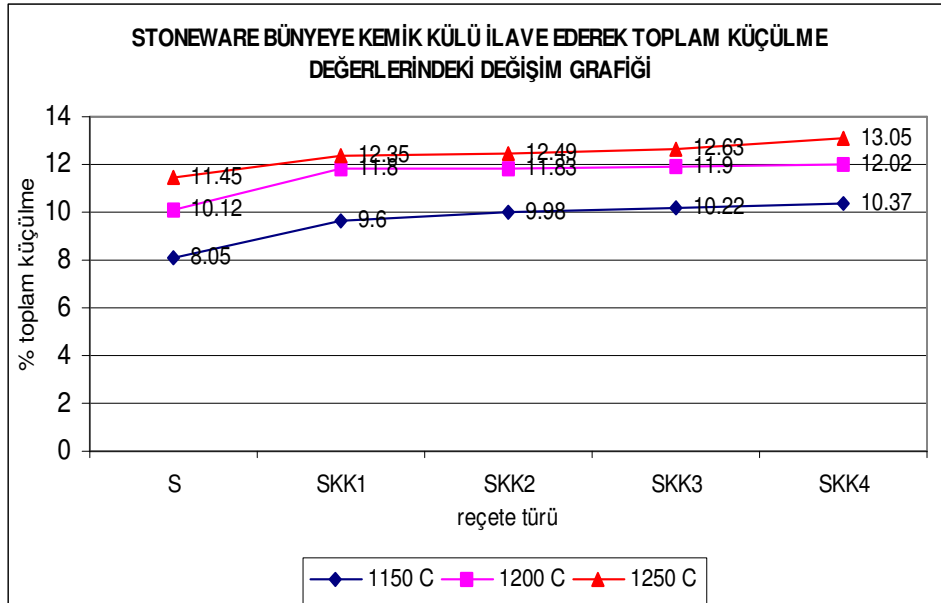
Su emmesi stoneware bünyeden daha yüksek olan masseye üç farklı sıcaklıkta da bor atığının oranının artışı ile toplam küçülme değerlerinin arttığı görülmüştür, bor atığı oranı artışı ile cam faz miktarının artmış olabileceği ve toplam küçülmenin bu nedenle artmış olabileceği düşünülmektedir.

4.2.3. Kemik Külünün Toplam Küçülmeye Etkisi

Kemik külünün toplam küçülmeye etkisi çizelge 4.8 ve şekil 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Kompozisyonlara ait % toplam küçülme

KOMPOZİSYON	Kodu	% toplam küçülme 1150°C	% toplam küçülme 1200°C	% toplam küçülme 1250°C
Stoneware standart reçete	S	8,05	10,12	11,45
Stw. Std. Reçeteye %1 kemik külü ilavesi	SKK1	9,60	11,8	12,35
Stw. Std. Reçeteye %2 kemik külü ilavesi	SKK2	9,98	11,83	12,49
Stw. Std. Reçeteye %3 kemik külü ilavesi	SKK3	10,22	11,9	12,63
Stw. Std. Reçeteye %4 i kemik külü lavesi	SKK4	10,37	12,02	13,05
Su emmesi daha yüksek 2. standart reçete	E	7,98	9,87	10,77
Su emmesi daha yüksek std. Reçeteye %1 kemik külü ilavesi	EKK1	8,94	10,43	11,97
Su emmesi daha yüksek std. Reçeteye %2 kemik külü ilavesi	EKK2	9,43	10,47	12,49
Su emmesi daha yüksek std. Reçeteye %3 kemik külü ilavesi	EKK3	9,91	10,60	12,60
Su emmesi daha yüksek std. Reçeteye %4 kemik külü ilavesi	EKK4	10,39	10,69	13,50



Şekil 4.3. Stoneware bünyede kemik külünün farklı sıcaklıklardaki toplam küçülmeye etkisi

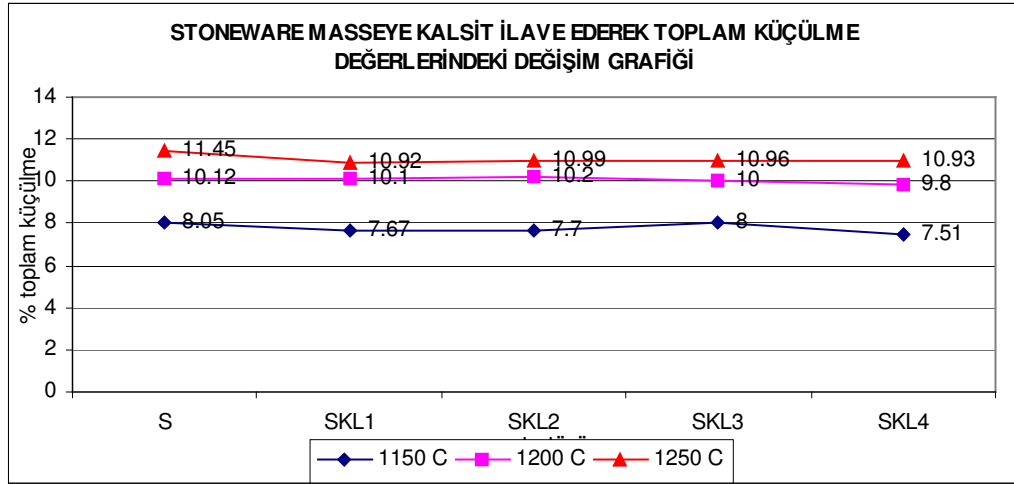
Stoneware bünyeye aynı sıcaklıkta farklı oranlarda kemik külü ilave edilerek yapılan denemelerde kemik külü oranı arttıkça camsı faz oranının artmış olabileceği ve toplam küçülmenin de buna bağlı olarak arttığı düşünülmektedir. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda pişirim yapıldığında sıcaklık arttıkça toplam küçülmenin arttığı görülmüştür, bu beklenen bir sonuçtur. Su emmesi stoneware bünyeden daha yüksek masseye aynı sıcaklıkta farklı oranlarda kemik külü ilave edilerek yapılan denemelerde kemik külü oranı arttıkça camsı faz oranının artmış olabileceği ve toplam küçülmenin de buna bağlı olarak arttığı düşünülmektedir. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda pişirim yapıldığında sıcaklık arttıkça toplam küçülmenin arttığı görülmüştür, bu beklenen bir sonuçtur.

4.2.4. Kalsitin Toplam Küçülmeye Etkisi

Kalsitin toplam küçülmeye etkisi çizelge 4.9 ve şekil 4.4'te gösterilmiştir

Çizelge 4.9. Kompozisyonlara ait % toplam küçülme

KOMPOZİSYON	Kodu	% toplam küçülme 1150°C	% toplam küçülme 1200°C	% toplam küçülme 1250°C
Stoneware standart reçete	S	8,05	10,12	11,45
Stw. Std. Reçeteye %1 kalsit ilavesi	SKL1	7,67	10,1	10,92
Stw. Std. Reçeteye %2 kalsit ilavesi	SKL2	7,70	10,2	10,99
Stw. Std. Reçeteye %3 kalsit ilavesi	SKL3	8	10	10,96
Stw. Std. Reçeteye %4 kalsit lavesi	SKL4	7,51	9,8	10,93
Su emmesi daha yüksek 2. standart reçete	E	7,98	9,87	11,54
Su emmesi daha yüksek reçeteye %1 kalsit ilavesi	EKL1	8,32	10,38	12,08
Su emmesi daha yüksek reçeteye %2 kalsit ilavesi	EKL2	7,91	10,19	11,56
Su emmesi daha yüksek reçeteye %3 kalsit ilavesi	EKL3	8,19	10,27	11,53
Su emmesi daha yüksek reçeteye %4 kalsit	EKL4	7,62	10,24	11,50



Şekil 4.4. Stoneware bünyeye kalsit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki toplam küçülmeye etkisi

Stoneware bünyeye aynı sıcaklıkta farklı oranlarda kalsit ilave edilerek yapılan denemelerde kalsit oranı arttıkça toplam küçülmenin değişim göstermemiştir. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda pişirim yapıldığında sıcaklık arttıkça toplam küçülmenin arttığı görülmüştür, bu beklenen bir sonuçtur.

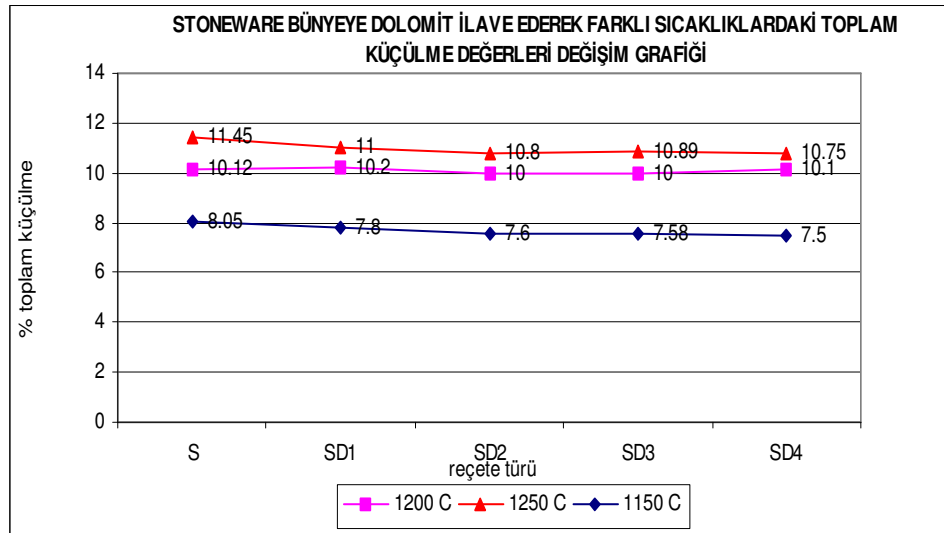
Su emme değeri stoneware bünyeye göre daha fazla olan aynı sıcaklıkta farklı oranlarda kalsit ilave edilerek yapılan denemelerde kalsit oranı arttıkça toplam küçülmenin değişim göstermemiştir. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda pişirim yapıldığında sıcaklık arttıkça toplam küçülmenin arttığı görülmüştür, bu beklenen bir sonuçtur.

4.2.5. Dolomitin Toplam Küçülmeye Etkisi

Dolomitin toplam küçülmeye etkisi çizelge 4.10 ve şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Kompozisyonlara ait % toplam küçülme

KOMPOZİSYON	Kodu	% toplam küçülme 1150°C	% toplam küçülme 1200°C	% toplam küçülme 1250°C
Stoneware standart reçete	S	8,05	10,12	11,45
Stw. Std. Reçeteye %1 dolomit ilavesi	SD1	7,8	10,2	11
Stw. Std. Reçeteye %2 dolomit ilavesi	SD2	7,60	10,0	10,80
Stw. Std. Reçeteye %3 dolomit ilavesi	SD3	7,58	10,0	10,89
Stw. Std. Reçeteye %4 dolomit ilavesi	SD4	7,50	10,1	10,7
Su emmesi daha yüksek std. reçete	E	7,98	9,87	11,54
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %1 dolomit ilavesi	ED1	8,40	10,20	12,30
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye % 2 dolomit ilavesi	ED2	7,60	10,20	11,50
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %3 dolomit ilavesi	ED3	8,20	10,27	11,65
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye %4 dolomit ilavesi	ED4	7,60	10,20	11,50



Şekil 4.5. Stoneware bünyeye dolomit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki toplam küçülmeye etkisi

Stoneware ve su emmesi stoneware'den daha yüksek bünyeye aynı sıcaklıkta farklı oranlarda dolomit ilave edilerek yapılan denemelerde dolomit oranı arttıkça toplam küçülmenin değişim göstermediği görülmüştür. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda pişirim yapıldığında sıcaklık arttıkça toplam küçülmenin arttığı görülmüştür, bu beklenen bir sonuçtur.

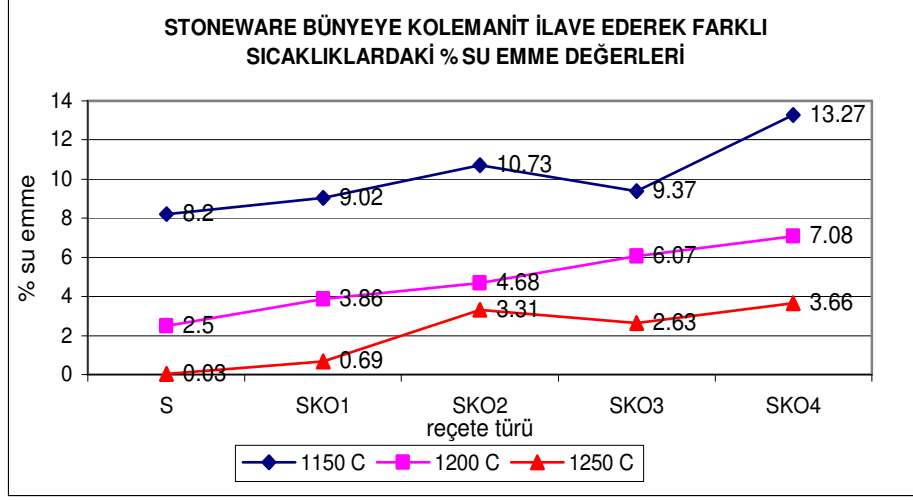
4.3. Farklı Katkıların Su Emmeye Etkisi

4.3.1. Kolemanit İlavesinin Su Emmeye Etkisi

Stoneware bünyeye kolemanit ilave ederek farklı sıcaklıklardaki su emme değerlerindeki değişimi çizelge 4.11 ve şekil 4.6'da görülmektedir.

Çizelge 4.11. Kompozisyonlara ait % su emme değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	% su emme 1150°C	% su emme 1200°C	% su emme 1250°C
Stoneware standart reçete	S	8,2	2,5	0,03
Stw. Std. Reçeteye %1 kolemanit ilavesi	SKO1	9,02	3,86	0,69
Stw. Std. Reçeteye %2 kolemanit ilavesi	SKO2	10,73	4,68	3,31
Stw. Std. Reçeteye %3 kolemanit ilavesi	SKO3	9,37	6,07	2,63
Stw. Std. Reçeteye %4 kolemanit ilavesi	SKO4	13,27	7,08	3,66
Su emmesi daha yüksek std. reçete	E	10	6	0,5
Su emmesi yüksek reçeteye % 1 kolemanit ilavesi	EKO1	9,73	7,52	0,36
Su emmesi yüksek reçeteye % 2 kolemanit ilavesi	EKO2	11,09	7,12	0
Su emmesi yüksek reçeteye % 3 kolemanit ilavesi	EKO3	11,25	8,13	0,26
Su emmesi yüksek reçeteye % 4 kolemanit ilavesi	EKO4	11,05	8,17	0,25



Şekil 4.6. Stoneware bünyeye kolemanit ilavesinin farklı sıcaklıklarda su emmeye etkisi

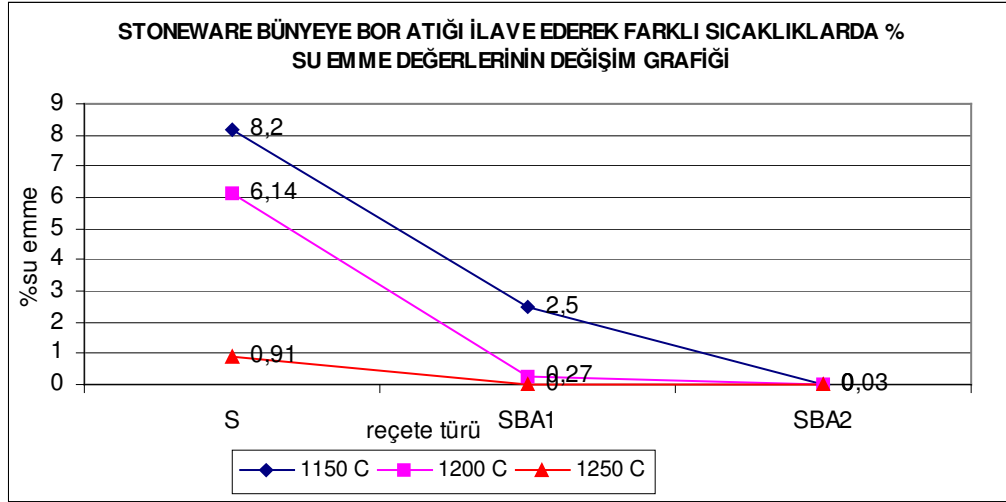
Kolemanit ilaveli denemelerde stoneware ve su emmesi daha yüksek bünyede de su emme değerlerinde artış görülmüştür. Numunelerde meydana gelen gaz çıkışı ile poroz bir yapı oluşmuştur.

4.3.2. Bor Atığının % Su Emmeye Etkisi

Stoneware bünyeye bor atığı ilave ederek farklı sıcaklıklardaki su emme değerlerindeki değişimi çizelge 4.12 ve şekil 4.7’da görülmektedir.

Çizelge 4.12. Kompozisyonlara ait % su emme değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	% su emme 1150°C	% su emme 1200°C	% su emme 1250°C
Stoneware standart reçete	S	8,2	2,5	0,03
Stw. Std. Reçeteye %1 bor atığı ilavesi	SBA1	6,14	0,27	0
Stw. Std. Reçeteye %2 bor atığı ilavesi	SBA2	0,91	0	0
Su emmesi daha yüksek std. reçete	E	10	6	0,5
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye % 1 bor atığı ilavesi	EBA1	0,91	0,38	0,26
Su emmesi daha yüksek std. reçeteye % 2 bor atığı ilavesi	EBA2	0,45	0,2	0,08



Şekil 4.7. Bor atığı ilavesinin su emme üzerindeki etkisi

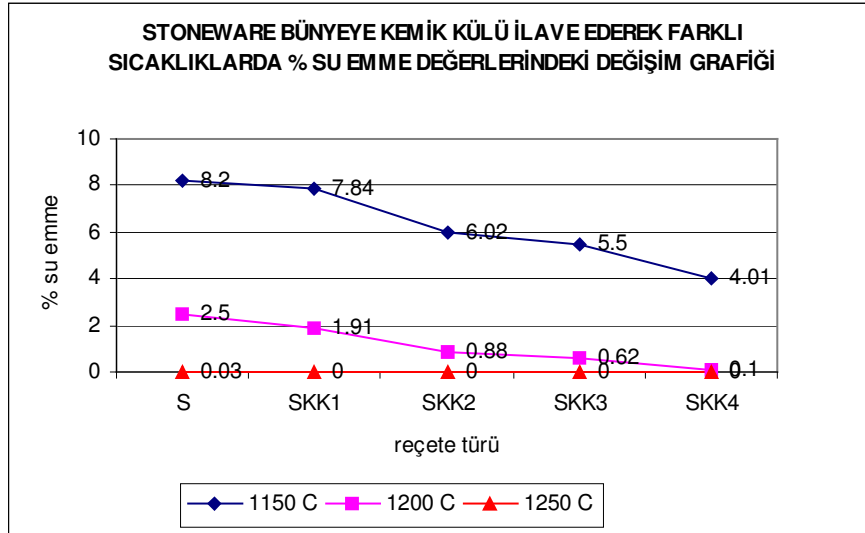
Stoneware bünyede üç farklı sıcaklıkta da bor atığının oranının artışı ile toplam küçülme değerlerinin arttığı görülmüştü, bor atığı oranı artışı ile cam faz miktarının artmış olabileceği ve toplam küçülmenin artması dolayısıyla da su emmenin düşmesi şeklinde yorumlanabilir. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda değerlendirme yapıldığında sıcaklık yükseldikçe su emmenin düşmesi artışı beklenen bir sonuçtur. Su emmesi daha yüksek olan bünyede üç farklı sıcaklıkta da bor atığının oranının artışı ile toplam küçülme değerlerinin arttığı görülmüştü, bor atığı oranı artışı ile cam faz miktarının artmış olabileceği ve toplam küçülmenin artması dolayısıyla su emmenin düşmesi şeklinde yorumlanabilir. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda değerlendirme yapıldığında sıcaklık yükseldikçe su emmenin düşmesi artışı beklenen bir sonuçtur.

4.3.3. Kemik Külünün %Su Emmeye Etkisi

Stoneware ve diğer masseye kemik külü ilave edilerek yapılan denemelerde farklı sıcaklıklarda elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildiği gibidir.

Çizelge 4.13. Kompozisyonlara ait % su emme

KOMPOZİSYON	Kodu	% Su emme 1150°C	% Su emme 1200°C	% Su emme 1250°C
Stoneware standart reçete	S	8,2	2,5	0,03
Stw. Std. Reçeteye %1 kemik külü ilavesi	SKK1	7,84	1,91	0
Stw. Std. Reçeteye %2 kemik külü ilavesi	SKK2	6,02	0,88	0
Stw. Std. Reçeteye %3 kemik külü ilavesi	SKK3	5,5	0,62	0
Stw. Std. Reçeteye %4 i kemik külü lavesi	SKK4	4,01	0,1	0
Su emmesi daha yüksek 2. std. masse	E	10	6	0,05
Su emmesi daha yüksek reçeteye %1 kemik külü ilavesi	EKK1	8,09	4,13	0
Su emmesi daha yüksek reçeteye %2 kemik külü ilavesi	EKK2	6,39	2,69	0
Su emmesi daha yüksek reçeteye %3 kemik külü ilavesi	EKK3	5,06	0,86	0
Su emmesi daha yüksek reçeteye %4 kemik külü ilavesi	EKK4	4,3	0,1	0



Şekil 4.8. Stoneware bünyeye kemik külü ilavesinin farklı sıcaklıklardaki su emmeye etkisi

Stoneware bünyeye aynı sıcaklıkta farklı oranlarda kemik külü ilave edilerek yapılan denemelerde kemik külü oranı arttıkça camsı faz oranının artmış

olabileceği su emme değerinin de buna bağlı olarak düştüğü düşünülmektedir. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda pişirim yapıldığında sıcaklık arttıkça su emmenin düştüğü görülmüştür, bu beklenen bir sonuçtur.

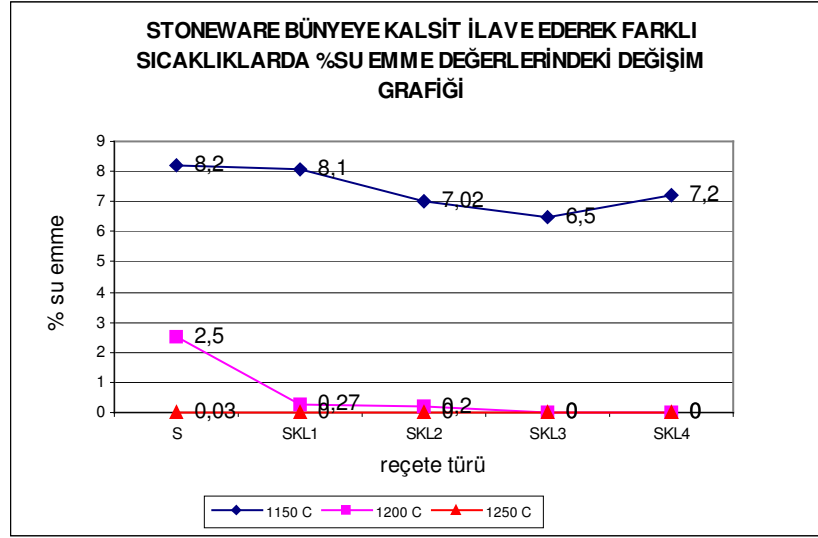
Su emmesi daha yüksek bünyeye aynı sıcaklıkta farklı oranlarda kemik külü ilave edilerek yapılan denemelerde kemik külü oranı arttıkça camsı faz oranının artmış olabileceği ve su emme değerinin de buna bağlı olarak düştüğü düşünülmektedir. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda pişirim yapıldığında sıcaklık arttıkça su emmenin düştüğü görülmüştür, bu beklenen bir sonuçtur.

4.3.4. Kalsit ilavesinin % Su Emmeye Etkisi

Stoneware bünyeye bor atığı ilave ederek farklı sıcaklıklardaki su emme değerlerindeki değişimi çizelge 4.14 ve şekil 4.8’de görülmektedir.

Çizelge 4.14. kompozisyonlara ait % su emme değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	% Su Emme 1150°C	% Su emme 1200°C	% Su emme 1250°C
Stoneware standart reçete	S	8,2	2,5	0,03
Stw. Std. Reçeteye %1 kalsit ilavesi	SKL1	8,1	0,27	0
Stw. Std. Reçeteye %2 kalsit ilavesi	SKL2	7,02	0,2	0
Stw. Std. Reçeteye %3 kalsit ilavesi	SKL3	6,5	0	0
Stw. Std. Reçeteye %4 kalsit lavesi	SKL4	7,2	0	0
Su emmesi daha yüksek std. 2. masse	E	10	6	0,5
Su emmesi yüksek std. reçeteye % 1 kalsit ilavesi	EKL1	2,51	3,96	0,25
Su emmesi yüksek std. reçeteye % 2 kalsit ilavesi	EKL2	2,90	3,87	0,25
Su emmesi yüksek std. reçeteye % 3 kalsit ilavesi	EKL3	2,17	3,50	0
Su emmesi yüksek std. reçeteye % 4 kalsit ilavesi	EKL4	2,20	1,83	0



Şekil 4.9. Stoneware bünyeye kalsit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki su emmeye etkisi

Stoneware bünyeye aynı sıcaklıkta farklı oranlarda kalsit ilave edilerek yapılan denemelerde kalsit oranı arttıkça ve su emme değerinin düştüğü görülmektedir. Aynı numune için farklı sıcaklıklarda pişirim yapıldığında sıcaklık arttıkça toplam küçülmenin arttığı görülmüştür, bu beklenen bir sonuçtur.

4.3.5. Dolomitin % Su Emmeye Etkisi

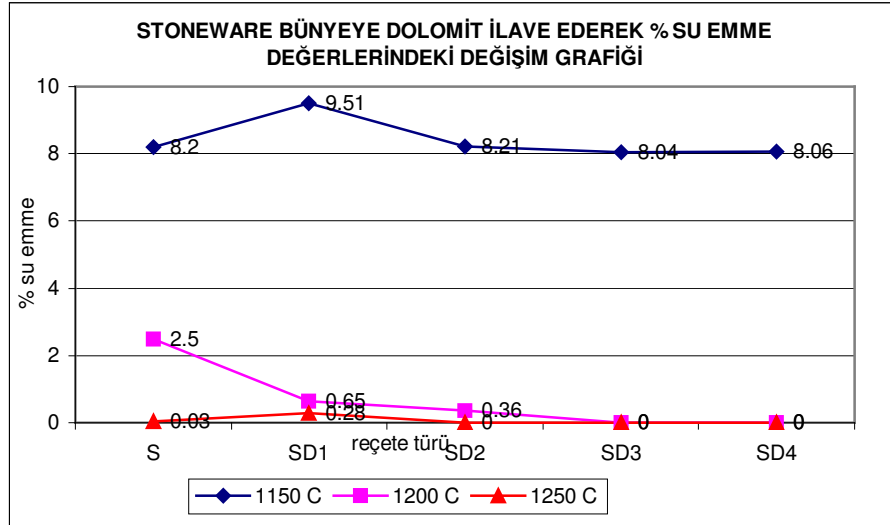
Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye bor atığı ilave ederek farklı sıcaklıklardaki su emme değerlerindeki değişimi çizelge 4.15 ve şekil 4.9’de görülmektedir.

Çizelge 4.15. kompozisyonlara ait % su emme değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	% Su Emme 1150°C	% su emme 1200°C	% su emme 1250°C
Stoneware standart reçete	S	8,2	2,5	0,03
Stw. Std. Reçeteye %1 dolomit	SD1	9,51	0,65	0,28
Stw. Std. Reçeteye %2 dolomit	SD2	8,21	0,36	0
Stw. Std. Reçeteye %3 dolomit	SD3	8,04	0	0
Stw. Std. Reçeteye %4 dolomit	SD4	8,06	0	0

Çizelge 4.15. (devam) kompozisyonlara ait % su emme değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	% Su Emme 1150°C	% su emme 1200°C	% su emme 1250°C
Su emmesi daha yüksek std. 2. masse	E	10	6	0,5
Su emmesi yüksek std. reçeteye % 1 dolomit ilavesi	ED1	4,18	4,92	0,35
Su emmesi yüksek std. reçeteye % 2 dolomit ilavesi	ED2	3,28	3,91	0,21
Su emmesi yüksek std. reçeteye % 3 dolomit ilavesi	ED3	2,09	2	0,2
Su emmesi yüksek std. reçeteye % 4 dolomit ilavesi	ED4	1,62	1,20	0



Şekil 4.10. Stoneware bünyeye dolomit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki su emmeye etkisi

Stoneware ve su emmesi daha yüksek bünyeye dolomit ilave edildiğinde su emme oranının düştüğü görülmüştür. Ayrıca aynı oranda katkı yapılan deneme için sıcaklık yükseldikçe su emmenin düşmesi beklenen bir sonuçtur.

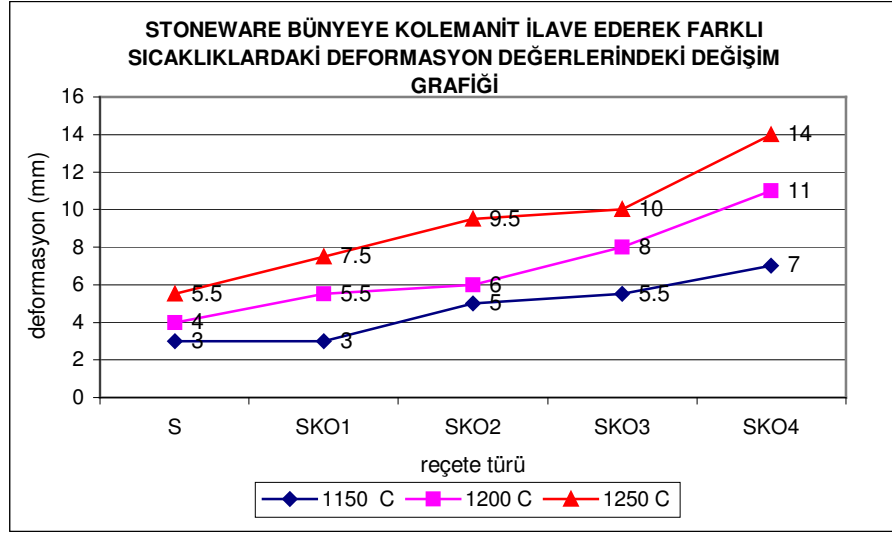
4.4. Farklı Katkıların Deformasyona Etkisi

4.4.1. Kolemanit İlavesinin Deformasyona Etkisi

Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye bor atığı ilave ederek farklı sıcaklıklardaki su emme değerlerindeki değişimi çizelge 4.16 ve şekil 4.10'da görülmektedir.

Çizelge 4.16. Kompozisyona ait deformasyon değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Def. (mm) 1150°C	Def. (mm) 1200°C	Def. (mm) 1250°C
Stoneware standart reçete	S	3	4	5,5
Stw. Std. Reçeteye %1 kolemanit ilavesi	SKO1	3	5,5	7,5
Stw. Std. Reçeteye %2 kolemanit ilavesi	SKO2	5	6	9,5
Stw. Std. Reçeteye %3 kolemanit ilavesi	SKO3	5,5	8	10
Stw. Std. Reçeteye %4 kolemanit ilavesi	SKO4	7	11	14
Su emme değeri daha yüksek std. 2. masse	E	2,5	5	7
Su emme değeri daha yüksek reçeteye %1 kolemanit ilavesi	EKO1	4,5	4,5	6
Su emme değeri daha yüksek reçeteye %2 kolemanit ilavesi	EKO2	6	5,75	8,7
Su emme değeri daha yüksek reçeteye %3 kolemanit ilavesi	EKO3	8	6,5	11,5
Su emme değeri daha yüksek reçeteye %4 kolemanit ilavesi	EKO4	10	11	12



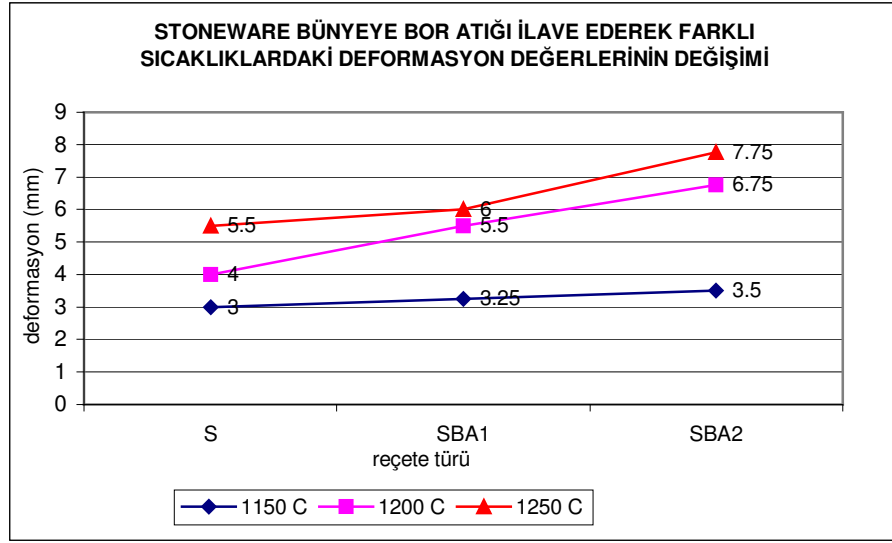
Şekil 4.11. Stoneware bünyeye kolemanit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki def. Etkisi Stoneware ve su emmesi daha yüksek bünyelerde kolemanit oranı arttıkça deformasyonun arttığı görülmüştür. Numuneler incelendiğinde kesit kısımlarda şişmeler olduğu görülmüştür.

4.4.2. Bor Atığı İlavesinin Deformasyona Etkisi

Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye bor atığı ilave ederek farklı sıcaklıklardaki su emme değerlerindeki değişimi çizelge 4.17 ve şekil 4.11’de görülmektedir.

Çizelge 4.17. Kompozisyonlara ait deformasyon değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Def. (mm) 1150°C	Def. (mm) 1200°C	Def. (mm) 1250°C
Stoneware standart reçete	S	3	4	5,5
Stw. Std. Reçeteye %1 bor atığı ilavesi	SBA1	3,25	5,5	6
Stw. Std. Reçeteye %2 bor atığı ilavesi	SBA2	3,5	6,75	7,75
Su emme değeri daha yüksek std. 2. masse	E	2,5	5	7
Su emme değeri daha yüksek reçeteye %1 bor atığı ilavesi	EBA1	3	5,6	8
Su emme değeri daha yüksek reçeteye %2 bor atığı ilavesi	EBA2	3,5	6,1	8,7



Şekil. 4. 12. Stoneware bünyeye bor atığı ilave ederek farklı sıcaklıklardaki deformasyon değerleri

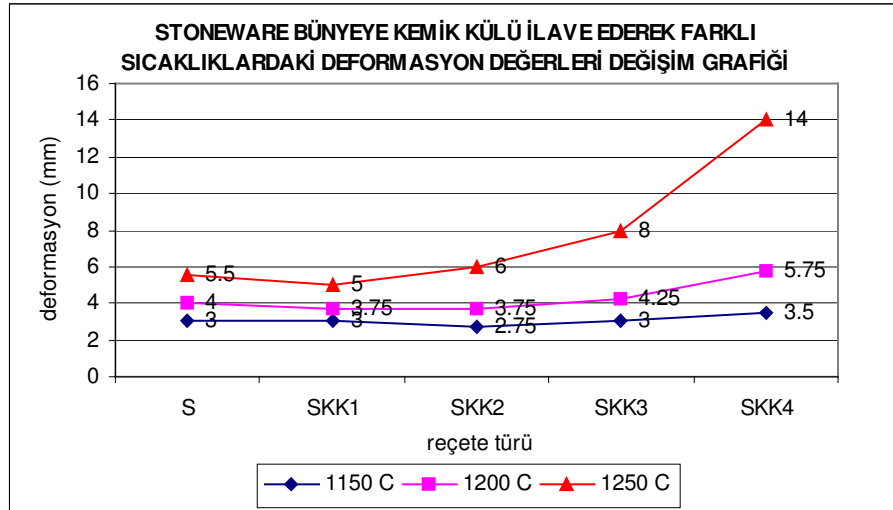
Aynı orandaki bor atığı ilave edilen numuneler için sıcaklık yükseldikçe deformasyonun arttığı görülmüştür, sıcaklık artıkça deformasyonun artması camsı fazın artmış olabileceği düşünülerek beklenen bir sonuçtur. Katkı oranının artması ile camsı fazın artması ve deformasyonun artması beklenen bir sonuçtur.

4.3. 4. Kemik Külü İlavesinin Deformasyona Etkisi

Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye bor atığı ilave ederek farklı sıcaklıklardaki su emme değerlerindeki değişimi çizelge 4.18 ve şekil 4.12’de görülmektedir.

Çizelge 4.18. Kompozisyonlara ait deformasyon değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Def. (mm) 1150°C	Def. (mm) 1200°C	Def. (mm) 1250°C
Stoneware standart reçete	S	3	4	5,5
Stw. Std. Reçeteye %1 kemik külü ilavesi	SKK1	3	3,75	5
Stw. Std. Reçeteye %2 kemik külü ilavesi	SKK2	2,75	3,75	6
Stw. Std. Reçeteye %3 kemik külü ilavesi	SKK3	3	4,25	8
Stw. Std. Reçeteye %4 i kemik külü ilavesi	SKK4	3,5	5,75	14
Su emme değeri yüksek std. 2. masse	E	2,5	5	7
Su emme değeri yüksek reçeteye %1 kemik külü ilavesi	EKK1	3	3,25	5,75
Su emme değeri yüksek reçeteye %2 kemik külü ilavesi	EKK2	3,5	3,75	6,5
Su emme değeri yüksek reçeteye %3 kemik külü ilavesi	EKK3	3,5	4	7,75
Su emme değeri yüksek reçeteye %4 kemik külü ilavesi	EKK4	3,75	4,25	9,75



Şekil 4.13. Stoneware bünyeye kemik külü ilavesinin farklı sıcaklıklardaki deformasyona etkisi

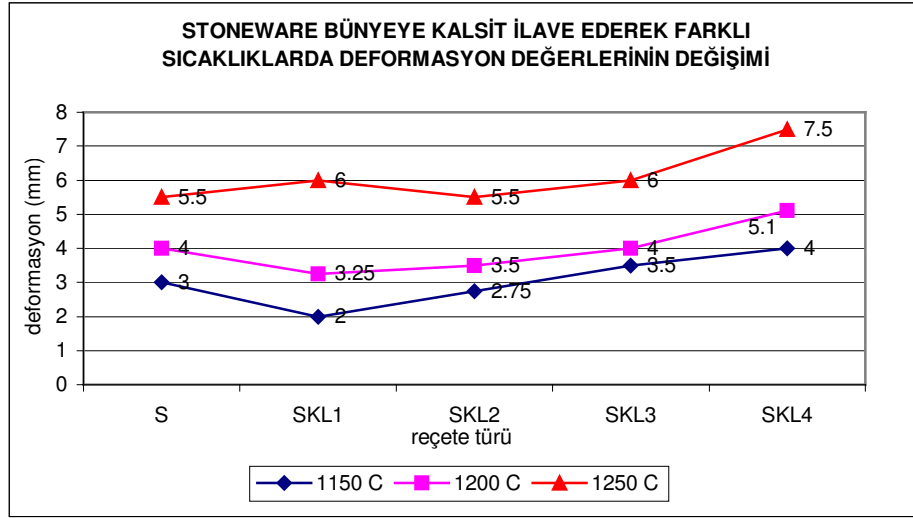
Stoneware ve su emmesi daha yüksek bünyede kemik külü oranı arttıkça deformasyonun arttığı görülmüştür, deformasyonun artışı eriyik fazın artmış olabileceği düşünüldükçe beklenen bir sonuçtur.

4.4.3.Kalsit ilavesinin deformasyona etkisi

Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye bor atığı ilave ederek farklı sıcaklıklardaki su emme değerlerindeki değişimi çizelge 4.19 ve şekil 4.13’de görülmektedir.

Çizelge 2.17. Kompozisyonlara ait deformasyon değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Def. (mm) 1150°C	Def. (mm) 1200°C	Def. (mm) 1250°C
Stoneware standart reçete	S	3	4	5,5
Stw. Std. Reçeteye %1 kalsit ilavesi	SKL1	2	3,25	6
Stw. Std. Reçeteye %2 kalsit ilavesi	SKL2	2,75	3,5	5,5
Stw. Std. Reçeteye %3 kalsit ilavesi	SKL3	3,5	4	6
Stw. Std. Reçeteye %4 i kalsit lavesi	SKL4	4	5,1	7,5
Su emmesi daha yüksek std. 2. masse	E	2,5	5	7
Su emmesi yüksek reçeteye %1 kalsit ilavesi	EKL1	3	6	7,6
Su emmesi yüksek reçeteye %2 kalsit ilavesi	EKL2	3,5	6,3	8,05
Su emmesi yüksek reçeteye %3 kalsit ilavesi	EKL3	4,2	6,7	8,5
Su emmesi yüksek reçeteye %4 kalsit ilavesi	EKL4	4,8	7,1	8,9



Şekil 4.14. Stoneware bünyeye kalsit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki deformasyona etkisi

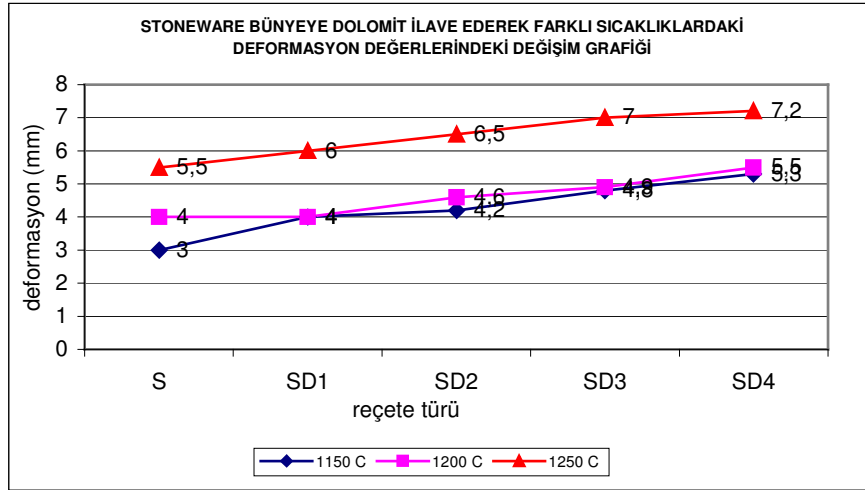
Aynı oranda farklı sıcaklıklarda kalsit ilavesi ile sıcaklık yükseldikçe deformasyonun arttığı görülmüştür, bu beklenen bir sonuçtur. Katkı oranı arttıkça camsı fazın artmış olabileceği düşünülerek , deformasyonun artışı beklenen bir sonuçtur.

4.4.4. Dolomit İlavesinin Deformasyona Etkisi

Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye dolomit ilave ederek farklı sıcaklıklardaki deformasyon değerlerindeki değişimi çizelge 4.20 ve şekil 4.14’de görülmektedir.

Çizelge 4.20. kompozisyonlara ait deformasyon değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Def. (mm) 1150°C	Def. (mm) 1200°C	Def. (mm) 1250°C
Stoneware standart reçete	S	3	4	5,5
Stw. Std. Reçeteye %1 dolomit ilavesi	SD1	4	4	6
Stw. Std. Reçeteye %2 dolomit ilavesi	SD2	4,2	4,6	6,5
Stw. Std. Reçeteye %3 dolomit ilavesi	SD3	4,8	4,9	7
Stw. Std. Reçeteye %4 dolomit ilavesi	SD4	5,3	5,5	7,2
Su emme değeri yüksek std. 2. masse	E	2,5	5	7
Su emme değeri yüksek reçeteye %1 dolomit ilavesi	ED1	3	5,2	7,2
Su emme değeri yüksek reçeteye %2 dolomit ilavesi	ED2	3,5	5,3	7,3
Su emme değeri yüksek reçeteye %3 dolomit ilavesi	ED3	4,2	5,5	7,5
Su emme değeri yüksek reçeteye %4 dolomit ilavesi	ED4	4,5	5,7	7,75



Şekil 4.15. Stoneware bünyeye dolomit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki deformasyona etkisi

Her iki bünyeye de aynı oranda farklı sıcaklıklarda dolomit ilavesi ile sıcaklık yükseldikçe deformasyonun arttığı görülmüştür, bu beklenen bir sonuçtur. Dolomit oranı arttıkça ile deformasyonun artması beklenen bir sonuçtur.

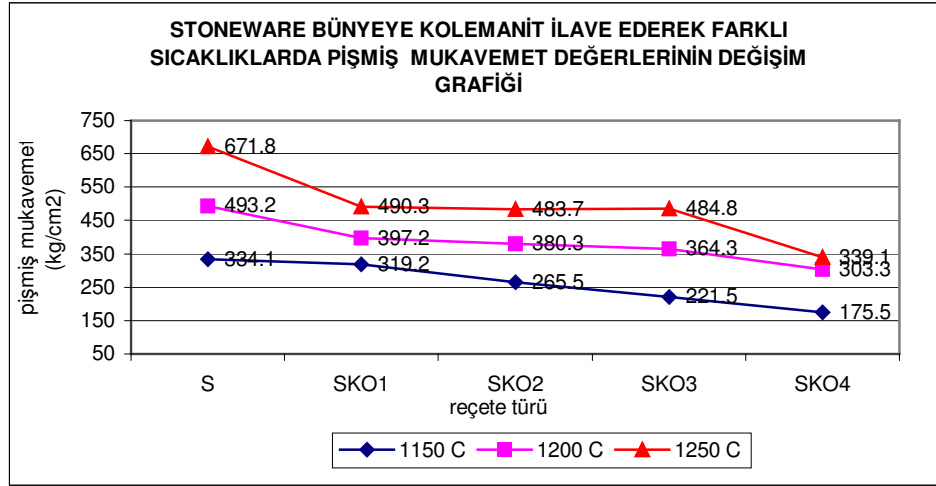
4.5. Farklı Katkıların Kuru ve Pişmiş Mukavemete Etkisi

4.5.1. Kolemanit İlavesinin Kuru ve Pişmiş Mukavemete Etkisi

Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye dolomit ilave ederek farklı sıcaklıklardaki deformasyon değerlerindeki değişimi çizelge 4.21 ve şekil 4.15’de görülmektedir.

Çizelge 4.21. Kompozisyonlara ait kuru ve pişmiş mukavemet değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Kuru Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. 1150°C kg/cm ²	Pişmiş Mukv. 1200°C kg/cm ²	Pişmiş Mukv. 1250°C kg/cm ²
Stoneware standart reçete	S	23,2	334,1	493,2	671,8
Stw. Std. Reçeteye %1 kolemanit ilavesi	SKO1	23,8	319,2	397,2	490,3
Stw. Std. Reçeteye %2 kolemanit ilavesi	SKO2	28,7	265,5	380,3	483,7
Stw. Std. Reçeteye %3 kolemanit ilavesi	SKO3	27,3	221,5	364,3	484,8
Stw. Std. Reçeteye %4 kolemanit ilavesi	SKO4	21,5	175,5	303,3	339,1
Su emmesi daha yüksek std. 2. masse	E	19,2	272,4	325,6	425
Su emmesi daha yüksek reçeteye %1 kolemanit ilavesi	EKO1	18,75	276,6	352,6	429,9
Su emmesi daha yüksek reçeteye %2 kolemanit ilavesi	EKO2	15,5	247,1	329,5	456,8
Su emmesi daha yüksek reçeteye %3 kolemanit ilavesi	EKO3	18	196,7	315	465,3
Su emmesi daha yüksek reçeteye %4 kolemanit ilavesi	EKO4	17	198,1	311,7	469,4



Şekil 4.16. Stoneware bünyeye kolemanit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki pişmiş mukavemet değerlerinin değişimi

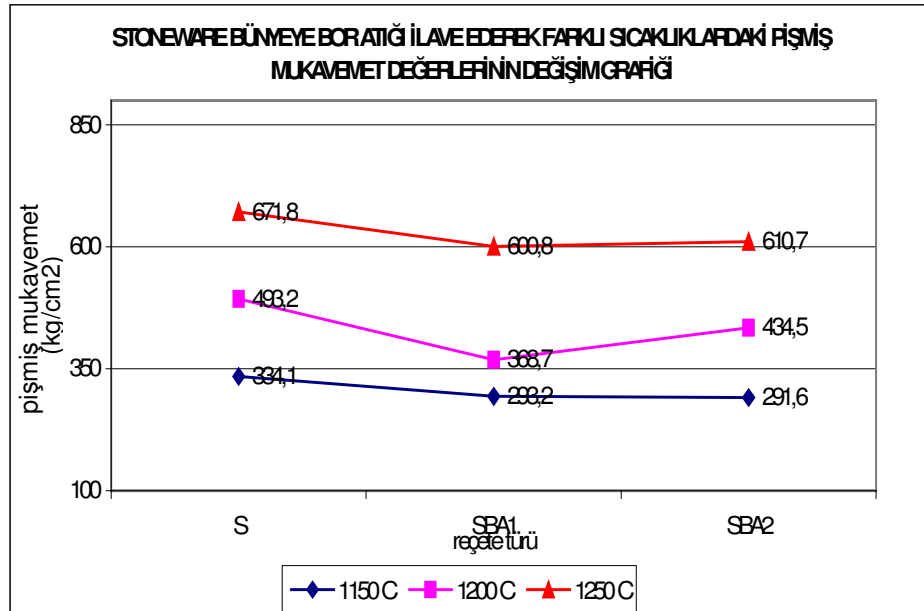
Kolemanit oranının artışı ile her iki bünyede de pişmiş mukavemetin düştüğü görülmektedir. Bu düşüşün kolemanitin bünyede meydana getirdiği gaz çıkışı ile ilgili olarak poroz ve mukavemeti düşük bir yapıya sebep olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.5.2. Bor Atığı İlavesinin Kuru Mukavemet ve Pişmiş Mukavemet Değerlerine Etkisi

Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye dolomit ilave ederek farklı sıcaklıklardaki deformasyon değerlerindeki değişimi çizelge 4.22 ve şekil 4.17’de görülmektedir.

Çizelge 4.22. Kompozisyonlara ait kuru ve pişmiş mukavemet değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Kuru Mukv. Kg/cm2	Pişmiş Mukv. 1150°C kg/cm2	Pişmiş Mukv. 1200°C kg/cm2	Pişmiş Mukv. 1250°C kg/cm2
Stoneware standart reçete	S	23,2	334,1	493,2	671,8
Stw. Std. Reçeteye %1 bor atığı ilavesi	SBA1	23,8	293,2	368,7	600,8
Stw. Std. Reçeteye %2 bor atığı	SBA2	28,7	291,6	434,5	610,7
Su emmesi daha yüksek std. 2. masse	E	19,2	272,4	325,6	425
Su emmesi daha yüksek reçeteye % 1 bor atığı ilavesi	EBA1	25,8	281,6	342,9	516,9
Su emmesi daha yüksek reçeteye % 2 bor atığı ilavesi	EBA2	27,5	299,2	284,7	346,5



Şekil 4.17. Stoneware bünyeye bor atığı ilavesinin farklı sıcaklıklardaki pişmiş mukavemet değerlerinin değişimi

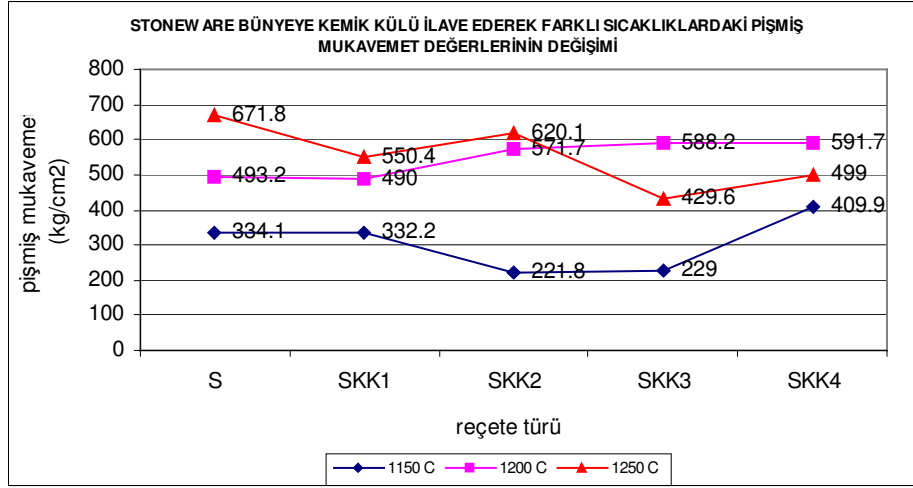
Her iki bünyeye bor atığı ilavesi ile pişmiş mukavemetin arttığı görülmektedir, bu bor atığının su emmeyi düşürmesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

4.5.3. Kemik Külü İlavesinin kuru mukavemet ve pişmiş mukavemet Değerlerine Etkisi

Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye dolomit ilave ederek farklı sıcaklıklardaki deformasyon değerlerindeki değişimi çizelge 4.23 ve şekil 4.18’de görülmektedir.

Çizelge 4.23. Kompozisyonlara ait kuru ve pişmiş mukavemet değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Kuru Mukv. Kg/cm2	Pişmiş Mukv. 1150°C kg/cm2	Pişmiş Mukv. 1200°C kg/cm2	Pişmiş Mukv. 1250°C kg/cm2
Stoneware standart reçete	S	23,2	334,1	493,2	671,8
Stw. Std. Reçeteye %1 kemik külü	SKK1	23,8	332,2	490	550,4
Stw. Std. Reçeteye %2 kemik külü ilavesi	SKK2	28,7	221,8	571,7	620,1
Stw. Std. Reçeteye %3 kemik külü ilavesi	SKK3	28,1	229	588,2	429,6
Stw. Std. Reçeteye %4 kemik külü ilavesi	SKK4	28,5	409,9	591,7	499
Su emmesi daha yüksek std. 2. masse	E	19,2	272,4	325,6	425
Su emmesi daha yüksek reçeteye % 1 bor atığı ilavesi	EKK1	27,1	380,5	429	569,7
Su emmesi daha yüksek reçeteye % 2 bor atığı ilavesi	EKK2	26,3	393,1	435	567,1
Su emmesi daha yüksek reçeteye % 3 bor atığı ilavesi	EKK3	23,3	400	459	563,3
Su emmesi daha yüksek reçeteye % 4 Bor atığı ilavesi	EKK4	19	410	460	619,2



Şekil 4.18. Stoneware bünyeye kemik külü ilavesinin farklı sıcaklıklardaki pişmiş mukavemet değerlerinin değişimi

Kemik külü ilavesi pişmiş mukavemet değerlerinin arttığı görülmüştür, bu durumun su emmenin düşmesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

4.5.4. Kalsit İlavesinin Kuru Mukavemet ve Pişmiş Mukavemet Değerlerine Etkisi

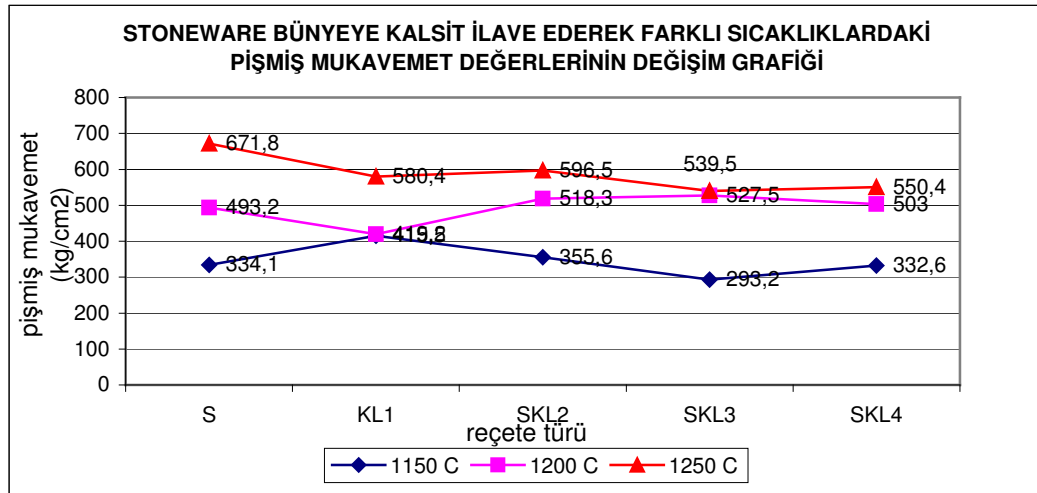
Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye dolomit ilave ederek farklı sıcaklıklardaki deformasyon değerlerindeki değişimi çizelge 4.23 ve şekil 4.18’de görülmektedir.

Çizelge 4.24. Kompozisyonlara ait kuru ve pişmiş mukavemet değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Kuru Mukv. Kg/cm²	Pişmiş Mukv. 1150°C kgf/cm²	Pişmiş Mukv. 1200°C kgf/cm²	Pişmiş Mukv. 1250°C kgf/cm²
Stoneware standart reçete	S	23,2	334,1	493,2	671,8
Stw. Std. Reçeteye %1 kalsit ilavesi	SKL1	23,8	415,5	419,2	580,4
Stw. Std. Reçeteye %2 kalsit ilavesi	SKL2	20,9	355,6	518,3	596,5
Stw. Std. Reçeteye %3 kalsit ilavesi	SKL3	27,3	293,2	527,5	539,5
Stw. Std. Reçeteye %4 kalsit ilavesi	SKL4	21,5	332,6	503	550,4

Çizelge 4.24. (devam) Kompozisyonlara ait kuru ve pişmiş mukavemet değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Kuru Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. 1150°C kgf/cm ²	Pişmiş Mukv. 1200°C kgf/cm ²	Pişmiş Mukv. 1250°C kgf/cm ²
Su emmesi yüksek std. 2. masse	E	19,2	272,4	325,6	425
Su emmesi yüksek reçeteye %1 kalsit ilavesi	EKL1	19,5	230,2	341,1	504,2
Su emmesi yüksek reçeteye %2 kalsit ilavesi	EKL2	18,7	229,1	377	510,3
Su emmesi yüksek reçeteye %3 kalsit ilavesi	EKL3	21,2	285,9	427,3	600,3
Su emmesi yüksek reçeteye %4 kalsit ilavesi	EKL4	24	298,1	435,9	620,3



Şekil 4.18. Stoneware bünyeye kalsit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki pişmiş mukavemet değerlerinin değişimi

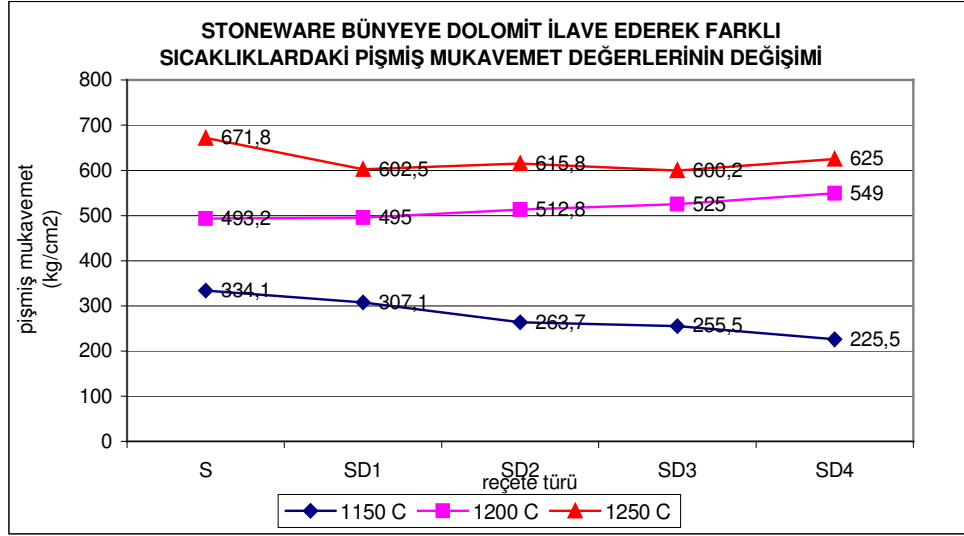
Her iki bünyeye kalsit ilavesi ile pişmiş mukavemet değerlerinin arttığı görülmektedir.

4.5.5. Dolomit İlavesinin Kuru Mukavemet ve Pişmiş Mukavemet Değerlerine Etkisi

Stoneware ve su emme değeri daha yüksek bünyeye dolomit ilave ederek farklı sıcaklıklardaki deformasyon değerlerindeki değişimi çizelge 4.24 ve şekil 4.19’de görülmektedir.

Çizelge 4.25. Kompozisyonlara ait kuru ve pişmiş mukavemet değerleri

KOMPOZİSYON	Kodu	Kuru Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. 1150°C kg/cm ²	Pişmiş Mukv. 1200°C kg/cm ²	Pişmiş Mukv. 1250°C kg/cm ²
Stoneware standart reçete	S	23,2	334,1	493,2	671,8
Stw. Std. Reçeteye %1 dolomit ilavesi	SD1	23,8	307,1	495	602,5
Stw. Std. Reçeteye %2 dolomit ilavesi	SD2	28,7	263,7	512,8	615,8
Stw. Std. Reçeteye %3 dolomit ilavesi	SD3	27,3	255,5	525	600,2
Stw. Std. Reçeteye %4 dolomit ilavesi	SD4	21,5	225,5	549	625
Su emmesi yüksek std. 2. masse	E	19,2	272,4	325,6	425
Su emmesi yüksek reçeteye %1 dolomit ilavesi	ED1	12,7	285	300,8	422,3
Su emmesi yüksek reçeteye %2 dolomit ilavesi	ED2	15,7	300,9	353,3	442,5
Su emmesi yüksek reçeteye %3 dolomit ilavesi	ED3	25,8	310,2	364,3	466,3
Su emmesi yüksek reçeteye %4 dolomit ilavesi	ED4	23,3	325	368,2	521,4



Şekil 4.19. Stoneware bünyeye dolomit ilavesinin farklı sıcaklıklardaki pişmiş mukavemet değerlerinin değişimi

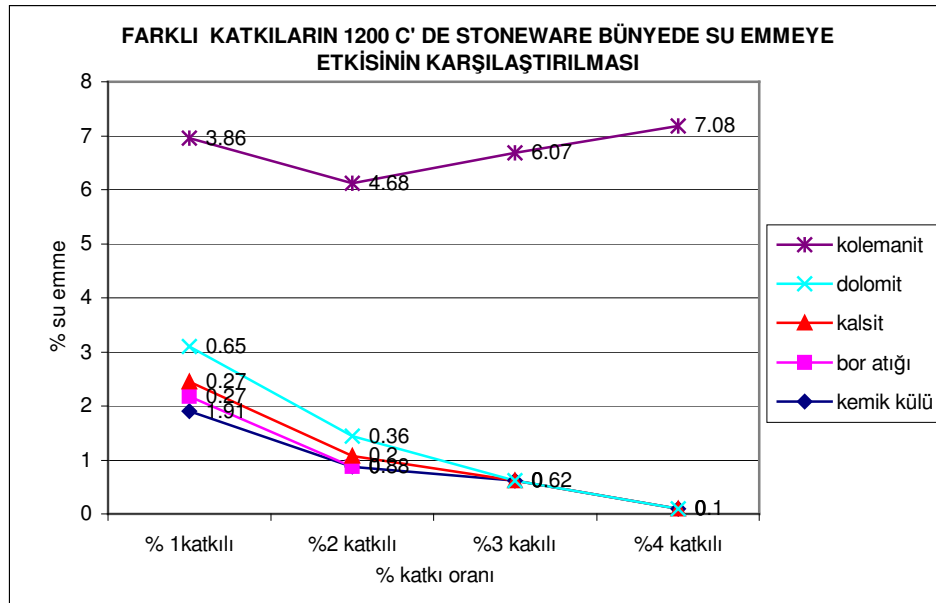
Her iki bünyeye dolomit ilavesi ile kuru ve pişmiş mukavemet değerlerinin arttığı görülmektedir.

4.6. Farklı Katkıların 1200°C’de Su Emme Değerlerine Etkisi

Stoneware ve su emmesi daha yüksek bünyeye ilave edilen katkıların kendi arasında karşılaştırılması çizelge 4.25’te verilmiştir. Ayrıca stoneware ve su emmesi stoneware’den daha yüksek bünyelerde farklı katkıların gösterdiği değişimlerde şekil 4.20 ’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Farklı Katkıların 1200°C’de Su Emme Değerlerine Etkisi

KATKI ORANI	KOLEMANİT	BOR ATIĞI	KEMİK KÜLÜ	KALSİT	DOLOMİT
Std. Stoneware Masse	% su emme	% su emme	% su emme	% su emme	% su emme
% 1 katkılı	3,86	0,27	1,91	0,27	0,65
%2 katkılı	4,68	0	0,88	0,2	0,36
%3 katkılı	6,07	-	0,62	0	0
%4 katkılı	7,08	-	0,1	0	0
Su emmesi daha yüksek std. 2. Masse	% su emme	% su emme	% su emme	% su emme	% su emme
%1 katkılı	7,52	0,38	4,13	3,96	4,92
%2 katkılı	7,12	0,2	2,69	3,87	3,91
%3 katkılı	8,13	-	0,86	3,5	2
%4 katkılı	8,17	-	0,1	1,83	1,2



Şekil 4.20. Farklı katkıların 1200°C’de stoneware bünyede su emmeye etkisi

Tüm katkılar stoneware bünyede 1200°C’de kendi aralarında kıyaslandığında bor atığı ve kalsit %1 oranında kullanıldığında su emmeyi %0,2 değerine kadar

düşürerek en az kullanım oranı ile en etkili sonucu vermiştir. %1 oranında dolomit kullanımı ile de yaklaşık aynı sonuç alınmıştır.

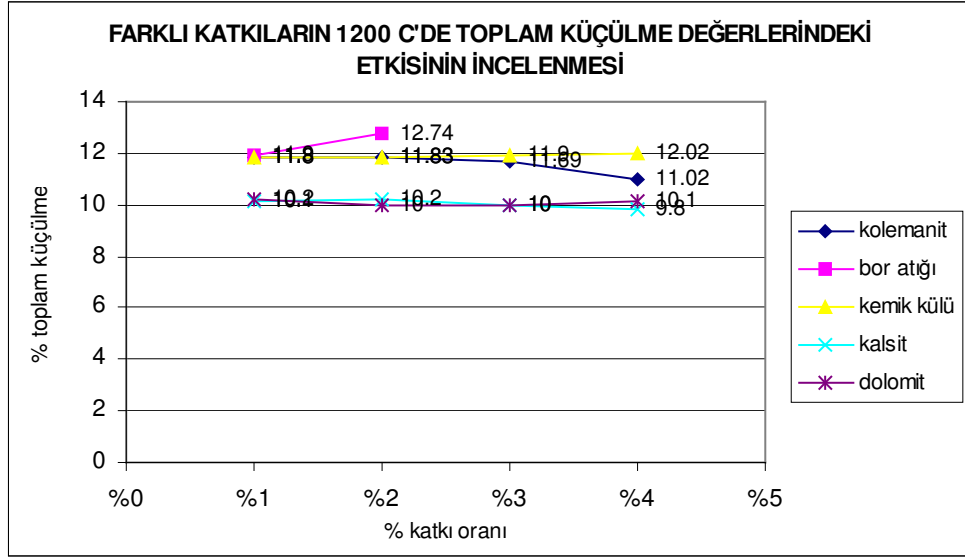
Su emmesi daha yüksek olan bünyede katkılar 1200°C için kendi aralarında kıyaslandığında bor atığının %2 kullanım oranı ile en etkili sonucu verdiği şekilde de görülmektedir.

4.7. Farklı Katkıların 1200°C’de Toplam Küçülmeye Etkisi

Stoneware ve su emmesi daha yüksek bünyeye ilave edilen katkıların kendi arasında karşılaştırılması çizelge 4.25’te verilmiştir. Ayrıca stoneware ve su emmesi stoneware’dan daha yüksek bünyelerde farklı katkıların gösterdiği değişimlerde şekil 4.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. Farklı Katkıların 1200°C’de Toplam Küçülme Değerlerine Etkisi

KATKI ORANI	KOLEMANİT	BOR ATIĞI	KEMİK KÜLÜ	KALSİT	DOLOMİT
Std. Stoneware Masse	% toplam küçülme	% toplam küçülme	% toplam küçülme	% toplam küçülme	% toplam küçülme
% 1 katkılı	11,8	11,9	11,8	10,1	10,2
%2 katkılı	11,83	12,74	11,83	10,2	10
%3 katkılı	11,69	-	11,9	10	10
%4 katkılı	11,02	-	12,02	9,8	10,1
Su emmesi daha yüksek std. 2. Masse	% toplam küçülme	% toplam küçülme	% toplam küçülme	% toplam küçülme	% toplam küçülme
%1 katkılı	11,98	10,02	10,43	10,38	10,2
%2 katkılı	12,98	10,57	10,47	10,19	10,2
%3 katkılı	11,57	-	10,6	10,27	10,27
%4 katkılı	10,37	-	10,69	10,24	10,2



Şekil 4.21. Farklı katkıların 1200°C’de stoneware bünyede su toplam küçülmeye etkisi

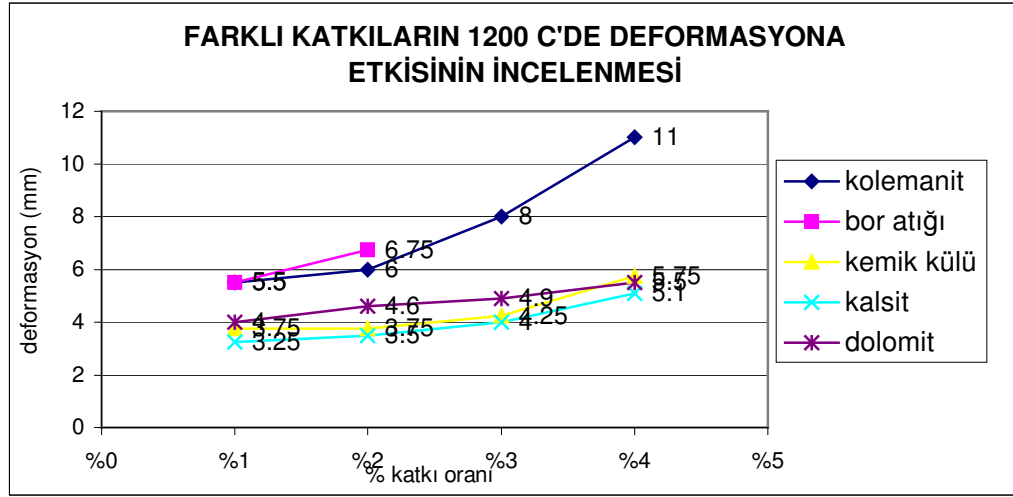
Tüm katkıları stoneware bünyede 1200°C’de kendi aralarında kıyaslandığında bor atığı oranı % 2 olan massede en fazla küçülmenin olduğu görülmektedir. Ayrıca % 4 oranında kemik külü kullanılan massede de %12,02 küçülme olduğu görülmüştür.

4.8. Farklı Katkıların 1200°C’de Deformasyona Etkisi

Stoneware ve su emmesi daha yüksek bünyeye ilave edilen katkıların kendi arasında deforme açısından karşılaştırılması çizelge 4.26’te verilmiştir. Ayrıca stoneware ve su emmesi stoneware’den daha yüksek bünyelerde farklı katkıların gösterdiği değişimlerde şekil 4.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.28. Farklı Katkıların 1200°C’de Deformasyon Değerlerine Etkisi

KATKI ORANI	KOLEMANİT	BOR ATIĞI	KEMİK KÜLÜ	KALSİT	DOLOMIT
Std. Stoneware Masse	Deformasyon (mm)	Deformasyon (mm)	Deformasyon (mm)	Deformasyon (mm)	Deformasyon (mm)
%1 katkılı	5,5	5,5	3,75	3,25	4
%2 katkılı	6	6,75	3,75	3,5	4,6
%3 katkılı	8		4,25	4	4,9
%4 katkılı	11		5,75	5,1	5,5
Su emmesi daha yüksek std. 2. Masse	Deformasyon (mm)	Deformasyon (mm)	Deformasyon (mm)	Deformasyon (mm)	Deformasyon (mm)
%1 katkılı	4,5	5,6	3,25	6	5,2
%2 katkılı	5,75	6,1	3,75	6,3	5,3
%3 katkılı	6,5	-	4	6,7	5,5
%4 katkılı	11	-	4,25	7,1	5,7



Şekil 4.22. Farklı katkıların 1200°C’de stoneware bünyede deformasyona etkisi

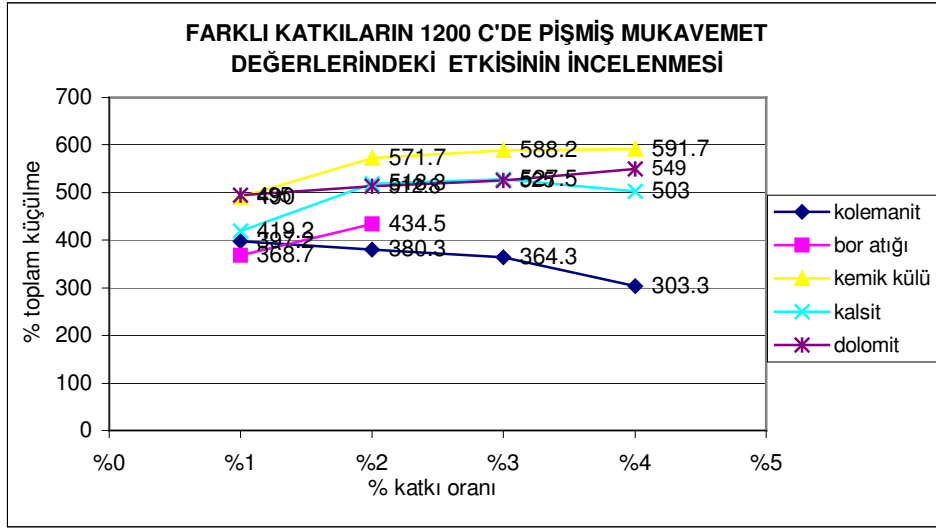
Tüm katkıları stoneware massede 1200°C’de kendi aralarında kıyaslandığında bor atığı oranı % 2 olan massede deformasyon 6,75 mm çıkmıştır, buda kolemanitten sonra en yüksek deformasyonu veren katkı malzemesidir. En az deformasyon ise kemik külünde görülmüştür.

4.9. Farklı Katkıların 1200°C’de Pişmiş Mukavemete Etkisi

Stoneware ve su emmesi daha yüksek bünyeye ilave edilen katkıların kendi arasında deforme açısından karşılaştırılması çizelge 4.27’te verilmiştir. Ayrıca stoneware ve su emmesi stoneware’den daha yüksek bünyelerde farklı katkıların gösterdiği değişimlerde şekil 4.23’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.29. Farklı Katkıların 1200°C’de Pişmiş Mukavemete Etkisi

KATKI ORANI	KOLEMANİT	BOR ATIĞI	KEMİK KÜLÜ	KALSİT	DOLOMİT
Std. Stoneware Masse	Pişmiş Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. Kg/cm ²
%1 katkılı	397,2	368,7	490	419,2	495
%2 katkılı	380,3	434,5	571,7	518,3	512,8
%3 katkılı	364,3		588,2	527,5	525
%4 katkılı	303,3		591,7	503	549
Su emmesi daha yüksek std. 2. Masse	Pişmiş Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. Kg/cm ²	Pişmiş Mukv. Kg/cm ²
%1 katkılı	352,6	342,9	429	341,1	300,8
%2 katkılı	329,5	284,7	435	377	353,3
%3 katkılı	315	-	459	427,3	364,3
%4 katkılı	311,7	-	460	435,9	368,2



Şekil 4.23. Farklı katkıların 1200°C’de stoneware bünyede pişmiş mukavemete etkisi

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi en yüksek mukavemet değeri %4 kemik külü ilavesi ile elde edilmiştir. Kemik külünden sonra en yüksek mukavemet değeri %4 kullanım oranı ile dolomit ile elde edilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kolemanit ilavesi ile her üç sıcaklıkta her iki bünye için katkı oranı arttıkça toplam küçülme artmıştır. Aynı katkı oranlarında farklı sıcaklıklar için sıcaklık artışı ile toplam küçülme artmıştır. Kolemanit ilavesinde katkı oranı arttıkça aynı sıcaklık için su emme artmış, yine aynı sıcaklıkta mukavemet düşmüştür. Aynı katkı oranı için sıcaklık artışı ile su emme azalmıştır. Kolemanit katkı oranı arttıkça her sıcaklık için deformasyon artmıştır. Aynı katkı oranı için sıcaklık artışı ile deformasyon artmıştır. Ayrıca kolemanit katkısı ile birlikte katkı oranı arttıkça massenin viskozitesi olumsuz etkilenmiş ve akma süresi yükselmiştir döküm yapılabilmesi amacıyla ilave elektrolit kullanımı gerekmiştir.

Bor atığı ilavesi ile her üç sıcaklıkta her iki bünye için katkı oranı arttıkça toplam küçülme artmıştır. Aynı katkı oranlarında farklı sıcaklıklar için sıcaklık artışı ile toplam küçülme de artmıştır. Bor atığı ilavesi ile her iki bünyede de katkı oranının artışı ile su emme değeri düşmüştür, bor atığı katkı oranı %1 ile stoneware bünyenin su emmesi %0,27'ye %2 katkı oranı ile ise 0'a düşmüştür. Aynı katkı oranı için sıcaklık artışı ile su emme değeri düşmüştür. Aynı sıcaklık için bor atığı katkı oranı artışı ile deformasyon artmıştır. Aynı katkı oranı için sıcaklık artışı ile deformasyonda da artış görülmüştür. Aynı sıcaklık için katkı oranının artışı ile pişmiş mukavemet değeri artmıştır. Aynı katkı oranı için sıcaklık artışı ile mukavemetinde arttığı görülmektedir. Ayrıca bor atığı katkı oranı %3 ve %4 olduğunda massenin döküm özelliğinin olumsuz etkilendiği ve döküm yapılamadığı görülmüştür. %1 ve %2 oranında ilave edildiğinde de massenin akma süresini olumsuz etkilediği ve ilave elektrolit kullanımını gerektirdiği görülmüştür.

Kemik külü ilavesi ile her üç sıcaklıktada her iki bünyede de katkı oranı arttıkça toplam küçülme artmıştır. Aynı katkı oranında farklı sıcaklıklar için sıcaklık artışı ile toplam küçülme artmıştır. Aynı sıcaklık için kemik külü katkı oranı artışı ile deformasyon artmıştır. Aynı katkı oranı için sıcaklık artışı ile deformasyonda da

artış görülmüştür. En yüksek deformasyon değeri %4 katkı oranı ile 1250°C’de görülmüştür. Aynı sıcaklık için katkı oranının artışı ile pişmiş mukavemet değeri artmıştır. Aynı katkı oranı için sıcaklık artışı ile mukavemetinde arttığı görülmektedir. Kemik külü ilavesi ile katkı oranının artışı ile orantılı olarak su emme değerinin düştüğü görülmüştür. 1200°C’de %4 oranında kemik külü kullanımı ile su emme değeri 0’a düşmüştür. Kemik külü ilavesi ile su emmenin düşüşü ile mukavemet artmıştır . Aynı katkı oranı için üç farklı sıcaklıkta sıcaklık artışı ile de su emmenin düştüğü görülmüştür. Kemik külü ilavesi massenin akma süresi üzerinde olumsuz bir etki yapmamıştır.

Kalsit ilavesi ile her üç sıcaklıktada her iki bünyede de katkı oranı arttıkça toplam küçülme artmıştır. Aynı katkı oranında farklı sıcaklıklar için sıcaklık artışı ile toplam küçülme artmıştır. Aynı sıcaklık için kalsit katkı oranı artışı ile deformasyon artmıştır. Aynı katkı oranı için sıcaklık artışı ile deformasyonda da artış görülmüştür. Stoneware bünyede kalsit ilavesi ile 1200°C’de katkı oranının %2 oranında kullanımı ile su emme değerinin % 0’a düştüğü görülmüştür, su emmesi daha yüksek olan bünyede ise %4 kalsit kullanımı ile %1,83’e kadar düştüğü görülmüştür. Kemik külü ilavesi ile su emmenin düşüşü ile mukavemet artmıştır. Aynı katkı oranı için üç farklı sıcaklıkta sıcaklık artışı ile de su emmenin düştüğü görülmüştür Kalsit ilavesi massenin akma süresi üzerinde olumsuz bir etki yaratmamıştır.

Dolomit ilavesi ile her üç sıcaklıktada her iki bünyede de katkı oranı arttıkça toplam küçülme artmıştır. Aynı katkı oranında farklı sıcaklıklar için sıcaklık artışı ile toplam küçülme artmıştır. Aynı sıcaklık için dolomit katkı oranı artışı ile deformasyon artmıştır. Aynı katkı oranı için sıcaklık artışı ile deformasyonda da artış görülmüştür. Stoneware bünyede dolomit ilavesi ile 1200°C’de katkı oranının %2 oranında kullanımı ile su emme değerinin %0,36’a düştüğü görülmüştür, su emmesi daha yüksek olan bünyede ise %4 oranında kullanım ile su emme değeri %1,2’e düşmüştür. Dolomit ilavesi ile su emmenin düşüşü ile mukavemet artmıştır. Aynı katkı oranı için üç farklı sıcaklıkta sıcaklık artışı ile de

su emmenin düştüğü görülmüştür. Ayrıca dolomit ilavesinin akma süresini düşürdüğü görülmüştür.

Tüm katkılar stoneware bünyede 1200°C’de kendi aralarında kıyaslandığında bor atığı ve kalsit %1 oranında kullanıldığında su emmeyi %0,2 değerine kadar düşürerek en az kullanım oranı ile en etkili sonucu vermiştir. %1 oranında dolomit kullanımı ile de yaklaşık aynı sonuç alınmıştır. Deformasyon açısından bakıldığında en az deformasyon kemik külü ile sağlanmıştır. En fazla deformasyon ise %4 oranında kolemanit kullanımı ile elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Rado P. , 1988, ‘‘ Introduction to The Technology of Pottery By Oxford Pergoman Press , The Institute of Ceramic Textbook Series 2nd. Edition.
- [2] Hopper R. , 1984, ‘‘ The Ceramic Spectrum A Simplified Approach to Glaze and Color Development’’ Hayness Pres, 2. Edition.
- [3] MTA Şahin M., Koşun E., Ağrılı H., Mengi H.,2000, Mineraller .
- [4] Kibici Y., 2002, Seramik Hammaddeleri ve Teknolojik Özellikleri ‘AKÜ Yayınları ’ Afyon. 21-45
- [5] Uz B.,1990, ‘‘ Mineraller (Kristallografi – Mineroloji)’’ İ.T.Ü. Maden Fakültesi Yayını, İstanbul , 73-87, 385-397.
- [6] Fraser H., 1998, ‘‘Glazes For The Craft Potter’’ , A&C Black ,The American Society
London
- [7] Norton F. H. , ‘‘Fine Ceramics Technology and Applications’’ , Robert E. Krieger Publishing Company , Malabar , Florida, 66
- [8] www.mta.org.com.tr 30.08.2005
- [9]
<http://www.google.com/mineral.galleries.com/minerals/carbonat/colemanit.htm+colemanit>
30.08.2005
- [10] Özcan Ö. , 2002 , ‘‘Stoneware Bünye VE Sır kompozisyonlarında Alternatif Hammadde Kullanımı’’ Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Eskişehir.
- [11] Doğan Ş. ‘‘ Açıklamalı Seramik Teknolojisi’’ ,Birsen Yayınevi , İstanbul .
- [12] Özbek K.,2004, ‘‘Kemik Porselen Özelliklerine Hidrokis Apatitin Etkileri ve Karakterizasyonu’’ , Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Eskişehir.
- [13] Sönmez E. , 1991, ‘‘Kırka Tinkal Cevheri Konsantresinin Zenginleştirme Olanaklarının Araştırılması ’’, Doktora Tezi , Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- [14] Bor Tuzu Yataklarının Oluşumu, Etibank Yayınları , Ankara . 26-30
- [15] Kırka Raporu , 1996 , Etibank Yayınları, Kırka , s 41-43
- [16] [http:// www.etimaden.gov.tr/](http://www.etimaden.gov.tr/) 20.07.2005

ÖZGEÇMİŞ

Zuhal Karaağaç 1980 yılında Söğüt'te doğmuştur. İlkokul eğitimini İnhisar, orta ve lise eğitimini ise Bilecik'te tamamlamıştır. Lisans eğitimin Afyon Kocatepe Üniversitesi Seramik Mühendisliği bölümünde yapmıştır. 2002 yılında Porland Porselen'de çalışmaya başlamıştır, halen Porland Porselen'de çalışmaya devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince göstermiş olduğu yardımlarından dolayı danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ali Kartal'a, çalışmamı işletme şartlarında yapma fırsatı tanıyan Porland Porselen San. ve Tic. A.Ş. 'ye, her zaman yanımda olan aileme ve çalışmamda emeği geçen herkese teşekkür ederim.

