

AFYONKARAHİSAR
YÜKSEK GERİLİM İZOLATÖRÜ ÜRETİMİNDE FARKLI
HAMMADDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çetin ÖZTÜRK

Danışman
Prof. Dr. Ing. habil. Christos G. Aneziris
Doç. Dr. Ali KARTAL & Dr. Dieter MELZER
SERAMİK ANABİLİM DALI
Şubat 2007

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AFYONKARAHİSAR
YÜKSEK GERİLİM İZOLATÖRÜ ÜRETİMİNDE FARKLI
HAMMADDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Çetin ÖZTÜRK

Danışman
Prof. Dr. Ing. habil. Christos G. Aneziris
Doç. Dr. KARTAL & Dr. Dieter MELZER

SERAMİK ANABİLİM DALI

AFYON
2007

Prof. Dr. Ing. habil. Christos G. Aneziris, Doç. Dr. KARTAL
ve Dr. Dieter MELZER Danışmanlığında,
Çetin Öztürk tarafından hazırlanan
“Yüksek Gerilim İzolatörü Üretiminde Farklı Hammadde Kullanımının
Araştırılması” başlıklı bu çalışma lisansüstü eğitim ve öğretim
yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca
05.03.2007
Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Seramik Anabilim Dalında
Yüksek Lisans tezi olarak oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Unvan, Adı SOYADI	imza
Başkan: Doç. Dr. Ali KARTAL
Üye: Yrd. Doç. Dr. Taner KAVAS
Üye: Yrd. Doç. Dr. Ahmet YILDIZ

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

Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	vi
ZUSAMMENFASSUNG	vii
TEŞEKKÜR	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Tanım	3
2.2. İzolatörün Tarihsel Gelişimi	3
2.3. Türkiye'de İzolatör Üretimi	9
2.4. İzolatörlerin Bünyesine ve Kullanım Alanına Göre Çeşitleri	11
2.4.1. Bünyesine Göre İzolatör Çeşitleri	11
2.4.1.1. Feldspatik Porselen	12
2.4.1.2. Alümina Porselen	12
2.4.1.3. Kristobalit Porselen	13
2.4.1.4. Alümina - Kristobalit Porseleni	13
2.4.2. Kullanım Alanlarına Göre İzolatör Çeşitleri	15
2.4.2.1. Alçak Gerilim İzolatörü	15
2.4.2.2. Yüksek Gerilim İzolatörü	15
2.5. İzolatörlerin Teknik Özellikleri	17
2.5.1. İzolatörlerin Elektrik özellikleri	17
2.5.2. İzolatörlerin Mekanik Özellikleri	18
2.6. Yüksek Gerilim İzolatörlerinin Üretimi	20
2.6.1. İzolatör Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	20
2.6.1.1. Kil:	21
2.6.1.2. Kaolin	22
2.6.1.3. Feldspat	23
2.6.1.4. Kuvars	25

2.6.1.5. Alümina (Al ₂ O ₃)	26
2.6.1.6. Nefelinli Siyenit	27
2.6.1.7. Sepiyolit	28
2.6.2. Çamur Hazırlama ve Şekillendirme	28
2.6.2.1. Kollerganglar	29
2.6.2.2. Değirmenler	29
2.6.2.3. FilterPres	30
2.6.2.4. Strang Pres	31
2.6.2.5. Vakum Pres	33
2.6.3. İzolatörlerin Kurutulması	34
2.6.4. İzolatörün Sırlanması	35
2.6.4.1. Alçak gerilim izolatörlerinin sırlanması	36
2.6.4.2. Yüksek gerilim izolatörlerinin sırlanması	37
2.6.5. İzolatörlerin Sinterlenmesi:	38
2.6.5.1. Pişme süresini belirleyen etkenler	38
2.6.6. İzolatörlerin Metallenmesi:	41
2.6.7. Kalite Kontrol	44
2.6.8. Ambalajlama	44
2.7. İzolatör üretim Prosesleri Esnasında Uygulanan Deneyler	45
2.7.1. İzolatör Yapımında Kullanılan Hammaddelere Uygulanan Testler	45
2.7.1.1. Gözle Kontrol	45
2.7.1.2. Asit Testi	45
2.7.1.3. Nem Tayini	45
2.7.1.4. Pişme sonrası renk ve Bünye Kontrolü	46
2.7.1.5. Litre Ağırlığı	46
2.7.1.6. pH ölçülmesi	47
2.7.1.7. Tane Boyut Dağılımı	47
2.7.1.8. Elek Analizi	48
2.7.1.9. Tane İriliği Deneyi	49
2.7.1.11. Dilatometre Deneyi	50
2.7.1.12. Kimyasal Analiz	50
2.7.2. Şekillendirilmiş İzolatörlere Sinterleme Öncesi Yapılan Testler	51

2.7.2.1. Seramikte Çamur Hazırlama	51
2.7.2.2. Çamurun Öğütülmesinin Kontrolü	51
2.7.2.3. Çamurların % Nem Miktarı	51
2.7.2.4. Pfefferkorn testi	52
2.7.2.5. % Yoğrulma Suyu	53
2.7.2.6. Kuru Küçülme	53
2.7.2.7. Ham mukavemet testi	54
2.7.2.8. Ham Yoğunluk testi	55
2.7.3. İzolatörlere sinterleme sonrası uygulanan testler	57
2.7.3.1. Pişme Rengi Kontrolü	57
2.7.3.2. Pişme Küçülmesi	57
2.7.3.3. Mukavemet ve Yalıtkanlık (Dielektrik) Durumu Kontrolü	58
2.7.3.4. Su Emme, Açık Gözeneklilik ve Yoğunluk Testi	59
2.7.3.5. Fuhsin testi	61
2.7.3.6. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Analizi	62
2.7.4. İzolatörlere uygulan elektrik deneyleri	63
2.7.4.1. Gözle Kontrol	63
2.7.4. 2. Yüksek Frekans Deneyi (1500–3000 KHz)	63
2.7.4. 3. Endüstriyel Frekans Deneyi (150 Hz)	63
2.7.4.4. Tip Deneyleri	63
2.7.4.4.1. Birinci Grup Deneyler	64
2.7.4.4.1.a. Darbe Atlama Gerilimi	64
2.7.4.4.1.b. Kuruda Bir Dakikalık Deney	64
2.7.4.4.1.c. Yaşta Bir Dakikalık Deney	65
2.7.4.4.2. İkinci Grup Deneyler	65
2.7.4.4.2.a. Boyutların Doğrulanması	65
2.7.4.4.2.b. Sıcaklık Değişim Deneyi (Yaşlandırma Deneyi)	66
2.7.4.4.2.c. 24 Saatlik Mekanik Dayanıklılık Deneyi	66
2.7.4.4.2.d. Kısa Süreli Elektromekanik Kırılma Yüğü Deneyi	66
2.7.4.4.2.e. Mekanik Kırılma Yüğü Deneyi	66
2.7.4.5. Yağda Delinme Testi	67

3. MATERYAL ve METOT	68
3.1 Kullanılan Hammaddeler:	68
3.1.1 - Alcoa Alümina (CT800 SG)	69
3.1.2 Alcoa Alümina (CT 9 FG)	69
3.1.3.Potasyum Feldspat	70
3.1.4. Kaolin	71
3.1.5. Kil	72
3.1.6. Nefelinli Siyenit	73
3.1.7. Sepiyolit	73
3.2. Deneysel Çalışmada Yapılan Testler	74
3.2.1. Tane boyut dağılımı	74
3.2.2. Kimyasal analiz	74
3.2. 3. Nem Tayini	74
3.2.4. Pfefferkorn testi	75
3.2.5. Yoğrulma suyu	75
3.2.6. Kuru Küçülme	76
3.2.7. Ham Bünyenin Mukavemet testi	76
3.2.8. Ham Yoğunluk Testi(Hg volumetre)	77
3.2.9. Pişme Mukavemeti Testi	77
3.2.10. Yoğunluk, Açık Gözeneklilik, Su emme Testleri	77
3.2.11. Fuhsin testi	78
3.2.12. SEM analizi	78
3.3. Çalışma Yöntemi:	78
3.4. Çalışmada Hazırlanan Reçeteler	81
3.5. Karışım Prosesi	82
4. BULGULAR	84
4.1. Hammaddelere uygulanan test sonuçları	84
4.2. Şekillendirme ve kurutma aşaması test sonuçları	85
4.3. Sinterleme sonrası test sonuçları	86
4.3.1. Sıcaklık –Eğme Mukavemeti Sonuçları	86
4.3.2. Sıcaklık Su Emme Sonuçları	87

4.3.3. Sıcaklık-Açık Gözeneklilik Sonuçları	87
4.3.4. Yoğunluk – Sıcaklık Sonuçları	88
4.4 Reçete Sonuçlarının İrdelenmesi	89
4.4.1. A1 Reçetesi Sonuçlarının İrdelenmesi	89
4.2.2 A2 Reçetesi sonuçlarının irdelenmesi	91
4.4.3.B Reçetesi test sonuçlarının irdelenmesi	93
4.4.4.C Reçetesi test sonuçlarının irdelenmesi	94
4.4.5. D Reçetesi test sonuçlarının irdelenmesi	96
4.5. Reçetelerin Birbirleri ile Karşılaştırılması	98
4.5.1. Sıcaklık Artışı ile Reçetelerdeki Mukavemet Değerlerinin Karşılaştırılması	98
4.5.2. Sıcaklık Artışı ile Reçetelerdeki Su Emme Değerlerinin Karşılaştırılması	100
4.5.3. Sıcaklık Artışı ile Reçetelerdeki Açık Gözeneklilik Değerlerinin Karşılaştırılması	101
4.5.4. Sıcaklık Artışı ile Reçetelerdeki Yoğunluk Değerlerinin Karşılaştırılması	101
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	104
6.KAYNAKLAR	106
7.ÖZGEÇMİŞ	108
8. EKLER	110
Ek 1)- Potasyum Feldspatın EDX Kimyasal Analizi	110
Ek 2)- Kaolinin EDX Kimyasal Analizi	111
Ek 3)- Kilin EDX Kimyasal Analizi	112
Ek 4)- Sepiyolitinin EDX Kimyasal Analizi	114
Ek 5)- A1 Reçetesine Uygulanan Testlerin Toplu Olarak Sonuçları	115
Ek 6)- A2 Reçetesine Uygulanan Testlerin Toplu Olarak Sonuçları	121
Ek 7)- B Reçetesine Uygulanan Testlerin Toplu Olarak Sonuçları	129
Ek 8)- C Reçetesine Uygulanan Testlerin Toplu Olarak Sonuçları	135
Ek 9)- D Reçetesine Uygulanan Testlerin Toplu Olarak Sonuçları	143

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YÜKSEK GERİLİM İZOLATÖRÜ ÜRETİMİNDE FARKLI HAMMADDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Bu deneysel çalışmada farklı hammaddeler ve reçeteler kullanılarak yüksek gerilim izolatörü üretimi araştırılmıştır. Çalışmada Alcoa Alümina (CT 800 SG ve CT 9 FG), Potasyum Feldspat, Kil, Kaolen, Nefelinli Siyenit ve Sepiyolit hammaddeleri kullanılarak 4 farklı reçete hazırlanmıştır. Şekillendirme strang preste yapılmıştır ve şekillendirilmiş kuru numuneler 1180°C, 1200°C, 1250°C, 1280°C ve 1300°C de sinterlenmiştir. Sinterlenen numuneler % su emme, % açık gözeneklilik, yoğunluk ve fuhsin testine tabi tutulduktan sonra SEM görüntüleri incelenmiş ve karakterize edilmiştir.

Çalışma sonucunda en iyi sonuç Nefelinli Siyenit ile hazırlanan reçeteden alınmıştır. 1200°C`de mekanik dayanımı ve teknik özellikleri çok iyi olan yüksek gerilim izolatörü üretilmiştir.

2007, 149 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yüksek Gerilim İzolatörü, Porselen Seramikler, Alümina Seramik, Elektroseramik.

ZUSAMMENFASSUNG

Master Diplomarbeit

DIE UNTERSUCHUNG VERSCHIEDENE ROHSTOFFEN ZU HERSTELLUNG VON HOCHSPANNUNGSISOLATOREN

Afyon Kocatepe Universität

Hochschule für angewandte Naturwissenschaften, Institut für Keramik

In der vorliegenden Forschungsarbeit wurden zur Herstellung von Hochspannungsisolatoren unterschiedliche Rohstoffe und Rezepte verwendet. Bei den Untersuchungen wurden die Rohstoffe Alcoa Alumina (CT 800 SG ve CT 9 FG), Kalifeldspat, Ton, Kaolin, Nephaline Syanite und Sepiyolite verwendet und damit vier verschiedene Rezepte hergestellt. Zur Formung/Gestaltung wurde eine Strangpresse verwendet und anschließend wurden die geformten trockenen Proben bei 1180°C, 1200°C, 1250°C, 1280°C und 1300°C gebrannt. Die gebrannten Proben wurden erst auf % Wasseraufnahme, % offene Porosität, Dichte und Fuchsindichte untersucht und dann wurden die REM-Aufnahmen genau geprüft und charakterisiert.

Die besten Ergebnisse wurden bei Verwendung des Rezeptes mit Nephaline Syanite erzielt. Es wurde ein Hochspannungsisolator entwickelt, der bei 1200°C sehr gute Werte bezüglich mechanischer Festigkeit und technischer Eigenschaften lieferte.

2007, 149 Seiten

Schlüsselwort: Hochspannungsisolator, Porzellan Keramiken, Alumina Keramik. Elektroporzellan.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada;

Danışman hocalarım sayın Prof. Dr. Ing. habil. Christos G. Aneziris, Doç.Dr. Ali Kartal ve Dr. Dieter Melezer`e

Yurtdışına gitmeme vesile olan Afyon Kocatepe Üniversitesine, Uluslararası ilişkiler yetkililerine, Seramik Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanlarına,

Beni en güzel şekilde ağırlayan, çalışmalarımnda daima yardımcı olan ve imkânlarını seferber eden Freiberg Teknik Üniversitesi KGB (Keramik, Glas- Baustofftechnik) Enstitüsü çalışanlarına,

Prof. Dr. Ing. Thomas A. Bier, Yrd. Doç.Dr. Taner Kavas, Dipl.Ing. Kat hrin Häußler, Dipl.Ing. Jana Hubálková ve Kerstin Baldauf`a

Manuela Junghans`e ve Dr.Taner Aydoğmuş`a

Benden her konuda yardımını esirgemeyen sevgili Aileme,

Değerli Dostlara ve Emeği geçen herkese

Şükranlarımı sunuyor ve çok TEŞEKKÜR ediyorum.

Çetin ÖZTÜRK

Şubat 2007

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
kV	Gerilim ölçme birimi Kilovat,
atm	Basınç ölçü birimi Atmosfer,
mm	Uzunluk ölçü birimi Milimetre,
cm	Uzunluk ölçü birimi Santimetre,
cm ³	Hacim ölçü birimi,
gr	Gram,
N/mm ²	Mukavemet birimi,
ohm	Direnç,
°C	Sıcaklık birimi,
µm	mikrometre
g/cm ³	Yoğunluk birimi,
nm	Nanometre,
m ² /g	Spesifik yüzey alanı ölçü birimi,
g/l	Litre ağırlığı ölçü birimi
Hz	Herz,
%	Yüzde,

Kısaltmalar Açıklama

SEM	Elektro taramalı mikroskop,
EDX	Kimyasal analiz,
LS	Laser straw light tane boyut ölçme cihazı,
DIN EN	DIN Standartları
DTA	Dilatometre,
TSE	Türk standartları enstitüsü,
HF	Hidroflorik asit,
PVA	Polivinil alkol,
KGB	Seramik cam çimento,

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil		sayfa
2.1	Porselenin termik elektrik ve mekanik özellikleri üzerine Feldspat, Kaolin ve Kuvarın etkisi	9
2.2	Kil, Feldspat ve Kuvarın Seramiklerin Teknik Özelliklerine Olan Etkisi	15
2.3	Yüksek gerilim izolatörünün yapısı	20
2.4	Strang presin temel görünüşü	31
2.5	Hg hacim ölçme Cihazı	56
2.6	Su emme, Açık Gözenek ve Yoğunluk testi için Desikatör düzeneği	59
3.1	Potasyum Feldspatın Tane Boyut Dağılımı grafiği	70
3.2	Kaolinin Tane Boyut Dağılımı grafiği	71
3.3	Kilin Tane Boyut Dağılımı grafiği	73
4.1	A1 Reçetesi Sonuçları	90
4.2	A1 Reçetesinin 1200°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü	91
4.3	A2 Reçetesi Test Sonuçları	91
4.4	A2 Reçetesinin 1250°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü	92
4.5	B Reçetesinin test sonuçları	93
4.6	B reçetesinin 1250°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü	94
4.7	C Reçetesinin test sonuçları	95
4.8	C Reçetesinin 1200°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü	96
4.9	D Reçetesinin test sonuçları	97
4.10	D Reçetesinin 1250°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü	98
4.11	Reçetelerin Ham Mukavemet Değerleri	98
4.12	Eğme Mukavemeti – Sıcaklık	99
4.13	Reçetelerin Su Emme- Sıcaklık grafiği	100
4.14	Reçetelerin Açık Gözeneklilik- Sıcaklık grafiği	101
4.15	Reçetelerin Ham Yoğunluk Değerleri	102
4.16	Yoğunluk – Sıcaklık grafiği	102
5.1	C Reçetesinin 1200°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü	104

RESİMLER DİZİNİ

Resim		Sayfa
2.1	Türkiye de üretilen izolatör çeşitlerinden örnekler	11
2.2	Yüksek gerilim izolatöründen örnekler	16
2.3	LS (laser straw light) tane boyut ölçme cihazı	49
2.4	Fuhsin analizi öncesi ve sonrası numunelerin görüntüsü	61
3.1	Yapılan çalışmanın basit olarak akım şeması	80
4.1	A1 Reçetesi ürünlerinin fuhsin sonucu	90
4.2	A2 Reçetesi ürünlerinin fuhsin sonucu	92
4.3	B Reçetesi ürünlerinin fuhsin sonucu	93
4.4	C Reçetesi ürünlerinin fuhsin sonucu	95
4.5	D Reçetesi ürünlerinin fuhsin sonucu	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge		Sayfa
2.1	Yerli Üretimi Oluşturan Firmaların Yıllar itibariyle İzolatör Üretim Miktarları	10
2.2	1985 yılından 1988 yılına kadar üretilen izolatör miktarı (adet olarak)	10
2.3	Porselen İzolatörlerin Bünye Özellikleri	13
2.4	Porselen Bünyelerinin Fiziki Özellikleri	14
3.1	Alcoa Alümina (CT800SG) nin Kimyasal Analizi.	69
3.2	Alcoa Alümina (CT 9 FG)`nin Kimyasal Analizi	69
3.3	Potasyum Feldspat`ın Tane Boyut Dağılımı	70
3.4	Potasyum Feldspatın EDX Analiz Sonucu	71
3.5	Kaolinin Tane Boyut Dağılımı	71
3.6	Kaolinin EDX Analiz Sonucu	72
3.7	Kilin Tane Boyut Dağılımı	72
3.8	Kilin EDX Analiz sonucu	73
3.9	Tane Boyut Dağılımı Sonucu (%)	73
3.10	Nefelinli Siyenitin Kimyasal Analiz Sonucu	73
3.11	Sepiyolitın EDX Analiz Sonucu	74
3.12	Çalışmada Kullanılan Reçeteler	81
3.13	Reçetenin Teorik Kimyasal Analizi (%)	82
4.1	Hammaddelerin Kimyasal Analiz Sonuçları	84
4.2	Şekillendirme ve kurutma aşaması test sonuçları	85
4.3	Reçetelerin sıcaklık- eğme mukavemeti	86
4.4	Reçetelerin Sıcaklık – Su Emme ilişkisi	87
4.5	Reçetelerin Sıcaklık- Açık Gözeneklilik İlişkisi	88
4.6	Reçetelerin Sıcaklık- Yoğunluk İlişkisi	89

1. GİRİŞ:

Seramik endüstrisine ait ürünler olağanüstü çeşitlilik göstermektedir. Seramiğin çok yönlü kullanım alanı onu diğer malzemelerden şu şekilde ayırmaktadır.

- * Sertlik ve mekanik sağlamlık
- * Yüksek sıcaklığa karşı dayanıklılık
- * İzolatörlerden yarı iletkenlere kadar değişken elektrik özelliği
- * Her türlü kimyasal etkiye karşı ve korozyona karşı dayanıklılık
- * Şekillendirilebilir olması
- * Kokusuz ve tatsız olması (Liebermann 2000).

Seramik malzemesi olan porselen bütün bu özellikleri bünyesinde barındırır. İzolatörlerin iletken tel taşınımını sağlamsı ve elektrik yalıtım görevini tam olarak yerine getirebilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı elektrik yalıtımını sağlayan seramik bir malzeme ile bağlantıları sağlayan metal bir malzemenin bir araya gelmesi gerekir.

İzolatörler elektrik devrelerinde iletkenlerin birbirlerinden fiziksel olarak ayrışımını veya birbirleri arasındaki akımın engellenmesini sağlayan malzemelerdir. İlerleyen sanayiyle birlikte elektrik enerjisine duyulan talep daha da artmış ve buna bağlı olarak enerjilerin zorunlu olarak daha uzak mesafelere taşınması gerekmiştir. Bütün bu gelişmeler izolatörlerin dış etkenlere ve artan şebeke voltajına karşı teknik özelliklerinin ve mekanik dayanımının daha da artırılmasını ve ucuz yollu izolatör üretiminin gerekliliğini beraberinde getirmiştir. İzolatör üretiminde dikkat edilmesi gereken özelliklerin başında yüksek elektrik voltajına dayanıklı olması gelir. Bu özellik yüksek gerilime maruz kalacak olan izolatör için çok önemlidir.

Bu deneysel çalışmada farklı hammaddeler kullanılarak dayanımı yüksek, yüksek gerilim izolatörü üretimi hedeflenmiştir. Çalışmada Alcoa Alümina (CT 800 SG ve CT 9 FG), Potasyum Feldspat, Kil ve Kaolen kullanılmıştır. Bunun için A, B, C ve D adı altında 4 farklı reçete hazırlanmıştır. A reçetesi ana reçetedir. B reçetesinde A ile aynı hammaddeler kullanılmış fakat bazı hammaddelerin % miktarları değiştirilmiştir. C

recetsinde, reçeteye nefelinli siyenitte eklenmiştir. D recetsinde ise reçeteye sepiyolit eklenmiştir.

Kullanılan hammaddelerin tane boyut dağılımı ve kimyasal analizi yapılmıştır. Zira dayanımın yüksek olması için kullanılan hammaddelerin oldukça ince ve yüksek saflıkta olmaları gerekmektedir. Ayrıca karışım prosesi de çok büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden dolayı bu çalışmada iki farklı karışım prosesi uygulanmıştır. Strang preste şekillendirilen numuneler kurutulduktan sonra belirli sıcaklıklarda özel bir sinterleme prosesi ile sinterlenmiş ve sinterlenen numunelere çeşitli analizler uygulanmıştır.

Analiz sonuçları neticesinde Nefelinli siyenit kullanılan C recetsinde yüksek mukavemete ulaşılmış ve bu düşük sıcaklıkta gerçekleşmiştir. Aynı zamanda alümina arttıkça dayanımın da arttığı ve karışım prosesinin mukavemet üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tanım:

Elektrik enerjisinin üretiminden başlayarak dağıtım, tüketim, safhalarında, her türlü haberleşme araçlarında ve devre kesici elemanları gibi, elektrik enerjisinin var olabileceği her alanda yalıtım amacıyla kullanılan porselen malzemelere elektro porselen denir. (Ergün1982). Bunlardan yalıtma ve bir iletkeni taşımaya yarayan parçalara da "izolatör" denilmektedir. Porselen İzolatörler, Kil, kaolin, kuvars, feldspat, alüminyum oksit gibi hammaddelerin belirli oranlarda karıştırıldıktan sonra öğütülüp, uygun metotlarla şekillendirilip pişirilmesi ile elde edilir. Kullanım yerlerine göre daha sonra bu porselenlere metal parçalar monte edilerek elektrik enerjisi iletim ve dağıtımında, enerji nakil hatları ve trafo merkezlerinde kullanılır. Seramiğin izolator olarak kullanılmasındaki asıl amaç, seramiğin kimyasal, mekaniksel ya da dielektrik özelliklere zarar vermeden yüksek ısıya dayanıklı olmasıdır.

2.2. İzolatörün Tarihsel Gelişimi:

Porselen elektronik tekniğinde kullanılan en eski ve geleneksel izolasyon malzemesidir. Kullanılan ham malzemenin saflığı, bileşimi, karışımı ve pişirme çeşitlilikleri göz önünde bulundurularak çok çeşitli ürünler elde edilebilir. O yüzden ki günlük kullanımdaki yeri yaygındır.

Porselen ilk başta günlük yaşantımızda sanat eserleri ve kullanım araçları olarak yer aldı, Porselenin dış görünüşü, şekli ve dekoratifliği ön plandaydı. Porselenin fiziksel ve kimyasal nitelikleri fazla ön planda değildi. Fakat sonraları porselenlerin uzun süre kullanılabilir olmasının ve aşırı iklim koşullarında dahi yüksek güvenilirlik sağlamasının anlaşılmasıyla üreticilerin bu konuya olan ilgisi arttı. Teknolojinin de gelişmesiyle porselenlerin mekanik dayanımını arttırıcı birçok çalışma yapıldı ve porselen sanayi malzemeleri arasındaki yerini aldı. Sanayide ilk olarak porselen izolator 1849 yılında

W. von Siemens tarafından Frankfurt ve Berlin arasında ilk telgraf hattının çekiminde kullanıldı. (Liebermann 2000 a). Daha sonra teknik seramiklerin en eski tesisi olan Saksonya'da porselen firması "Margaretenhüle" de 1987 yılında çan şeklindeki izolatörleri üretti. Bu fevkalade anlamlı yenilik itinalı ve özenli bir bilimsel araştırmaya dayanıyordu.

Elektrik enerjisine artan talep ve buna bağlı olarak daha büyük üretim kapasitelerini yaratmak için doğan ihtiyaçlar, enerjilerin zorunlu olarak daha uzak mesafelere taşınmasını gerektirmiştir. Böylelikle şebeke voltajlarının artırılması da zaruri olmuştur. İzolatörler, elektrik dağıtım tesisleri voltaj değişimi ve dağıtımında enerji üretimi sarfiyatı arasında köprüdürler. Cihazların korunması ve toplayıcı çubukların desteklenmesi için izolatörlerin çeşitli geometrik şekillere ihtiyacı vardır. Pin izolatörlerin ve daha sonra topuz izolatörlerin geliştirilmesi ile bu problem çözülebilmektedir.

Yüksek gerilim kontrol sahalarının var olması ve izolatörlerin yıldırım voltajında davranışlarında edinilen bilgiler zincirleme tertiple konstrüktif (büzme, sıkma) şekil verme çok faydalı olmuştur. 50 kv şebeke ağında kullanılmış olan bu yapıların en önemli avantajları şöyledir:

— Yüksek kırılma dayanıklılığı emniyeti, zira malzeme özellikle basınç kuvveti altındadır.

—Geçme voltajının yükseltilmesi ile bunlar seramik ve donanım takımlarının küresel şekline bağlıdır.

— Büyük kapasiteye sahip oluşu, bu durum izolatörlerin zincirleme tertibinde gerilimlerin dağıtımı için çok avantajlıdır.

Daha o zamanlar özellikle kirlenerek mahsur olan izolatörler için özel şekiller geliştirilmiştir.

İzolatörlerin dezavantajı ise çarpışma esnasında kırılmalarıydı. Tek alternatif uzun izolatörlerin geliştirilmesiydi. Yani modeli sadece değiştirmek değil bunun yanında malzemelerin yüksek mekanik dayanıklılığını da arttırmak gerekiyordu. Zira bu tip yapılar çekme ve bükme kuvvetlerine maruz kalıyorlardı. İlk olarak uzunlamasına çubuk izolatörler geliştirildi. Çubuk izolatörler, çan izolatörlerden sonra havai izolatör sektöründe gelişti. Yüksek mukavemete sahip iyileştirilmiş malzemelerin kullanılması,

vakum presi ve teknolojideki önemli buluşlarında desteğiyle üretilen izolatörler aşağıdaki imkânları sağladı.

- Çarpışma ile kırılmayan dayanıklı izolatörlerin yapılabilirliği,
- Metalsiz haddeleme,
- Bir parçalı izolatörlerin 110 kv'a kadar işletme gerilimini garanti etmesi,
- Havai hatlardaki bakım çalışmalarının etkin bir şekilde azaltılması

II. Dünya savaşı'ndan sonra elektrik enerjisine duyulan büyük ihtiyaç 220 kv'lık hemen arkasından 380 kv şebeke nakil hatlarının kullanımını doğurmuştur. Bu ihtiyaçlar uzun çubuk izolatörlerin düzenli bir şekilde devamlı sıkı olarak geliştirilmesi ile yerine getirilmiştir. Bu yeni izolatörlerin kullanımı fevkalade dinamik bir şekilde sürmüştür. (Liebermann 2000).

Üretimin geliştirilmesindeki bu dinamizm, malzeme ve yöntemlerin geliştirilmesi ile çok paralel bir şekilde sürdürülerek gerçekleşmiştir. Bunun önemi özellikle izolatörlerin basınçtan çekme uygulamalarına geçiş anında görülmektedir. Bu durumlar daha yüksek mukavemet özelliklerine sahip malzemelerin elde edilmesi alanında doğru yönelmiştir.(Liebermann 2000 b)

N.L Poljekow ve I.D Michailow mekanik dayanım konusunda araştırma yapmış ve eğilmeye karşı mukavemeti 2800 Kp/cm^2 olan %84 Al_2O_3 içeren bir ultraporselen üretmişlerdir. En yüksek mukavemeti gösteren bünyenin yapısı incelendiğinde yapının yoğun ince taneli yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. (Seliger1983)

Palatzky, A ve Tummler in araştırmaları sonucuna göre porselen içindeki kil ne kadar çok ise dayanıklılıkta o kadar iyidir. (Seliger1983)

1959 da Weyl yapıdaki iç gerilimin dayanıma olan etkisini araştırmıştır. Weyl'e göre küre şeklindeki kristaller camlaşma aşamasında izole edilmektedirler. Bu yüzden dolayı camin genleşme katsayısının kristalinkinden daha küçük olması gerektiğini bildirmiştir. (Seliger1983)

T.Wiedermann`in 1959 da yaptığı araştırmaya göre; porselen üretiminde camlaşma aşaması dayanım ile ilgili en önemli aşamadır. T.Wiedermann`a göre yapıda kil kullanımı ile dayanıklılık artmakta ve gözenek daha az olmaktadır. Killi toprak pişmede korund fazını oluşturur ve bu camsı faz ile kaplanarak mukavemetin artmasına neden olur. Yani T. Wiederman`a göre korund mekanik mukavemeti arttırmaktadır. (Seliger1983)

F Zapp`ın 1965 te yaptığı çalışmada göre; %30 elektro porselen
%50 kil ve kaolen
%20 Nefelinli siyenit`

ten oluşan bir reçetede sinterlenen numunelerdeki dayanım klasik reçetelere nazaran iki kat daha fazladır. Bu artışın nedeni F. Zapp`a göre kuvars yerine korund kullanımı ve feldspat yerine nefelinli siyenit kullanımıdır. Nefelinli siyenitin mineralize edici etkisinin olduğunu ve nefelinli siyenit kullanımı ile meydana gelen camsı fazın genişmesinin daha uygun olduğunu belirtmektedir. (Seliger1983)

1966 da D.Pelikan ve W.Tummler in yaptığı bir çalışmaya göre kaolini çok olan bir porselende dayanımı iki faktör belirler bunlar oluşan korund fazının yüksek dayanım göstermesi ve korund fazının genişleme katsayısının farklı olmasıdır. Camsı faz üzerindeki primer müllitin etkisi sekonder müllite göre daha yüksektir. Al_2O_3 içerikli porselende serbest kuvars yapıda yer almamalıdır. (Seliger1983)

1969 da T.Wiedermann kullanılan kaolinin tane büyüklüğünün mekanik dayanıklılığa olan etkisini araştırmıştır. Buna göre maksimum dayanım için tane boyutunun % 0,2 $>40\mu m$ `dan ince olması gerekir. Seliger1983)

N.N Mehrotra ısıtma derecesinin eğme mukavemetine olan etkisini incelemiştir. Buna göre en yüksek dayanıklılık ilk sinterleme noktasının $30^{\circ}C$ üzerindeki sıcaklıkta elde edilir. Porselenin dayanımını; kullanılan hammaddelerin inceliği, düşük orandaki camsı faz oranı ve yüksek sinterleme sıcaklığı belirler. (Seliger1983)

Mehrotra; kullanılan hammaddelerin tane büyüklüğünün mekanik dayanıklılık üzerindeki etkisini araştırmıştır. Ona göre en uygun tane boyutu 30–5µm`dir. Başka bir çalışmada ise potasyum feldspat ve nefelinli siyenitin eğme mukavemeti üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Buna göre potasyum feldspat ve nefelinli siyenit mukavemeti maksimuma çıkarıyor. Soydum feldspat kullanıldığında ise alkalinin artmasından dolayı dayanıklılık azalıyor. Sonuç olarak yüksek mukavemetin olması için potasyum feldspat nefelinli siyenit ve sodyum feldspatın uygun oranlarda kullanılması gerekmektedir. (Seliger1983)

1970`te KH Schüller`in yaptığı bir araştırmaya göre aşağıdaki şekilde hazırlanan reçetede kullanılan killi toprak reçeteye iri, orta ve ince boyutta katılmış ve tane boyutunun reçete üzerindeki etkisi incelenmiştir.

%40 killi toprak

%25 Kaolin

%10 plastik kil

% 25 potasyum feldspat

İri taneli killi toprak kullanılarak hazırlanan numunelerde sekonder müllitin camlaşma aşamasında olduğu görülmüştür. Isının artması ile birlikte müllit iğnelerinin boyunda uzama ve sonradan çözülme tespit edilmiştir. İnce taneli killi toprakta ise çok az oranda sekonder müllit oluşumu görülmüştür ve daha fazla korund tespit edilmiştir. (Seliger1983)

1982`de O. Kröckel gözenekliliğin dayanım üzerine olan etkisini araştırmıştır. Araştırmalar sonucunda %100 gözeneklilikte dayanım sıfırdır. %43 gözeneklilikte de dayanım sıfır çıkmıştır. (Seliger1983)

1973`te Pelikan, D. ve Tümmler, W.`in araştırmalarına göre yapıda kil arttıkça dayanım artmaktadır. Fakat kil artışı ile dayanıklılıktaki artış birbirine paralel değildir. Dayanıklılık cam fazla reaksiyona giren korunda ve serbest korunda bağlıdır. (Seliger1983)

O. Krockel 1975`te killi toprağın porselen üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucuna göre killi toprak kullanımı sinterleme aralığını genişletmiştir. Killi toprak kristallerinin genişmesi kuvars kristallerinden daha yüksektir. (Seliger1983)

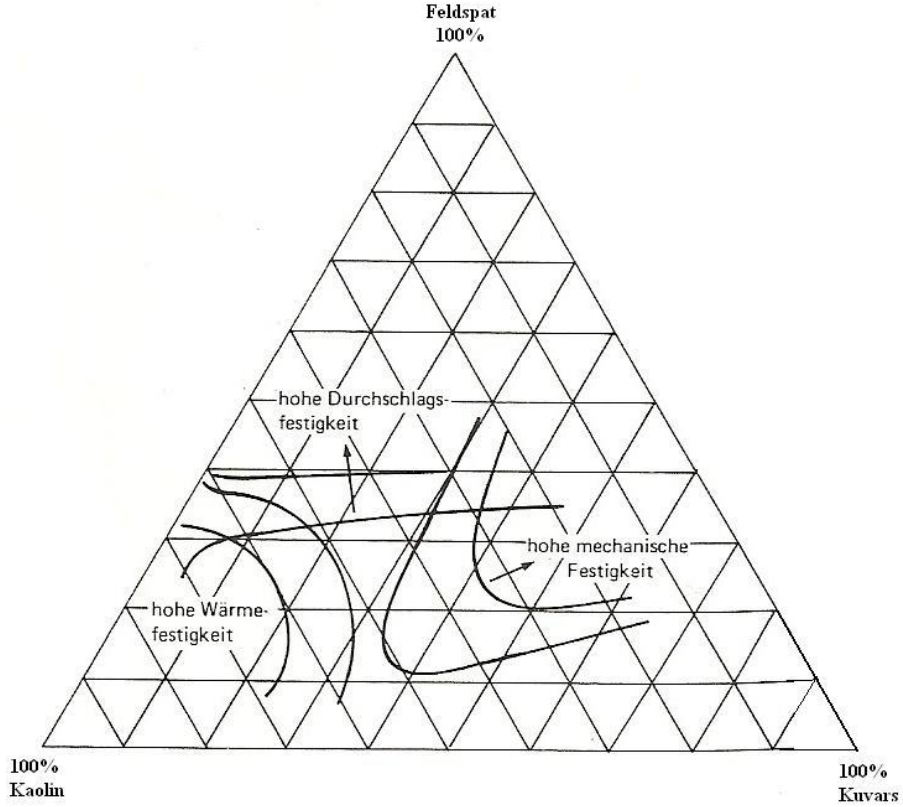
1976 da R. Stabenow ve H. W. Hennieke killi porselende bünye ve mekanik özellikleri incelemiştir. Killi porselenler izoterm olarak 1150°C den 1450 °C ye kadar 60 saat süre ile sinterlenmiş ve karakterize edilmiştir. rnlerde müllit, korund, serbest kuvars ve amorf fazları grlmştir. 1250°C de korund fazının çözülmediği, zlmenin 1350°C den sonra başladığı ve 1450°C de ise korundun büyük bir bölümünün çözüldüğü bildirmiştir. Schuller ve Mehrotra ya göre korundun çözülmesi belirli bir sıcaklığı aştıktan sonra olmaktadır. Müllitin znmesi 1250°C de 6 saat sinterlendiği zaman gerçekleşmektedir. 1350°C ve 1450°C den sonra çözünme daha da hızlanmaktadır. 1150 °C de camsı faz azdır fakat sıcaklık arttıka ysek bir artış olmaktadır. Bu artış kuvarsın çözülmesinden kaynaklanmaktadır. Gözenek boyutu ise 1250°C ye kadar düşüktür. Fakat sıcaklığın artışı ile gözenek çapında bymler ve artışlar olur. En ysek yoğunluğa 1250°C de 6 saatlik sinterleme sonucunda ulaşılmıştır. 1250 °C den sonra termodinamik bir denge oluşmaktadır. (Seliger1983)

1982 de H. Szibor ve H. W. Hennieke porselenin bünye özellikleri ile mekanik özelliklerinin birbiri ile olan bağlantısını araştırmıştır. Araştırma sonucuna göre düşük sıcaklıkta sinterlenen numenlerin gözenekleri küçük ve boldur. Gözenek şekli köşelidir. Yoğunluğu iyi olan numunelerin gözenekliliğinin az olduğu grlmştir ayrıca gözenek şekilleri yuvarlaktır. Ysek sıcaklıkta sinterlenen numunelerde şişme grlmştir. Gözenek boyutu büyük ve sayıca fazladır. (Seliger1983)

İletim gerilimlerinin ve iletim hatlarının artması ile elektrik cihazları ve aletlerin tekniği çok hızlı bir şekilde gelişmiştir, bu zorunlu olarak izolatörlerde ve izolasyon tekniğinde yenilikleri gündeme getirmiştir.

şekil 2.1`de feldspat, kaolin, kuvars üçlü faz diyagramı görülmektedir. Bu diyagrama göre ysek delinme mukavemetine sahip mamul üretmek için feldspat ve kaolin yüzdesi ysek kuvars yüzdesi düşük reçete hazırlanmalıdır. (%30–40 feldspat, %35–

40 kaolin, kuvars %10–20 gibi). Yüksek ısı mukavemeti için kaolin yüzdesi yüksek reçete hazırlanmalıdır. (%20–30 feldspat, %60–70 kaolin, kuvars %10–15 gibi). Yüksek mekanik dayanım için ise kaolin ve kuvars oranı feldspata göre biraz daha fazla olan reçete hazırlanmalıdır. (%15–25 feldspat, %30–35 kaolin, kuvars %40–50 gibi). (Singer 1989)



Şekil 2.1: Porselenin termik elektrik ve mekanik özellikleri üzerine Feldspat, Kaolin ve Kuvarsın etkisi.

2.3. Türkiye'de İzolatör Üretimi:

Türkiye'de elektro porselen sanayi 1960'larda kurulmasına rağmen diğer seramik sektörleri kadar gelişmemiştir. Bunun nedenleri, el emeğinin çokluğu, maliyetin yüksek olması, teknoloji eksikliği ve sadece iç piyasa taleplerinin düşünülmesi bu sanayi kolunun gelişmesini önlemiştir.

Tüm bu dezavantajlara rağmen, günümüzde izolatör üretimi ülke ihtiyaçlarına cevap verebilecek kapasiteye ulaşmıştır. Hatta son yıllarda az miktarda olsa izolatör ihraç edilmeye başlanmıştır.

1985 yılına göre ülkemizde tüketilen izolatör miktarı 13.000 tonu bulmuştur. Bunun yaklaşık %75'i yerli firmalar tarafından, %25'i ithal edilerek karşılanmıştır. (Yavuz 1994)

Yerli üretimi oluşturan firmalar yıllar itibariyle izolatör üretim miktarı aşağıdaki Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1: Yerli Üretimi Oluşturan Firmaların Yıllar itibariyle İzolatör Üretim Miktarları (Yavuz, 1994)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Çanakkale Seramik	4.385	4.649	6.186	4.787	6.200	6.900	11.466
Yarımca Porselen	3.337	3.594	2.581	2.274	2.650	3.068	2.813.
Kale porselen	1.119	1.252	1.602	1.800	1.800	1.800	1.800
Toplam	8.841	9.945	10.369	8.861	10.650	11.768	16.083

Birim: Ton

Ayrıca 1985 yılından 1988 yılına kadar üretilen izolatör miktarı adet olarak Çizelge 2.2 de verilmiştir.

Çizelge 2.2: 1985 yılından 1988 yılına kadar üretilen izolatör miktarı (adet olarak)

1985	1986	1987	1988
2.267.000	2.455.374	2.836.203	1.365.434

Yüksek gerilim hatlarında kullanılan zincir tipi izolatörlerin cam esaslı olanları ve 380 kv'lik izolatörlerin dışındakiler Türkiye'de üretilmektedir.

Yerli sanayi, orta gerilim izolatörlerinde uzlaşmış durumdadır. Ancak sektör dış rekabete açıldığında tümüyle cam izolatör üreten Avrupa sanayi karşısında oldukça dezavantajlı bir konuma düşmektedir. Cam izolatör üretimi kolay olduğu gibi insan emeğine çok az gerek göstermesi nedeniyle porselen izolatöre oranla fireler minimum düzeyde meydana gelmektedir. Cam izolatör üretiminin diğer bir üstünlüğü porselen izolatör göre oldukça ucuz maliyetle üretilebilmesidir. Avrupa sanayinin LPG yerine

doğal gaz kullanması kısa sürede tamamlanan pres yöntemi Avrupa sanayini, yerli sanayi karşısında avantajlı konuma getiren diğer faktörlerdir.(Yavuz 1994)



Resim 2.1. Türkiye de üretilen izolatör çeşitlerinden örnekler.

2.4. İzolatörlerin Bünyesine ve Kullanım Alanına Göre Çeşitleri

2.4.1. Bünyesine Göre İzolatör Çeşitleri:

Farklı porselen izolatörler, karıştırılan hammaddelere göre farklı miktarda kristal ihtiva etmekte olup dört gruba ayrılır:

- Feldspatik Porselen
- Alümina Porselen
- Kristobalit Porselen
- Alümina Kristobalit Porselen

2.4.1.1. Feldspatik Porselen:

Feldspat porseleni kuvars, feldspat ve kilden oluşmaktadır. Porselen bünye 1200–1300 °C'de pişirilerek oluşturulur. Pişirim sonrası porselen yapısı %10–20 kuvars, % 10–20 kristal müllit yüksek sıcaklıkta reaksiyona giren kil ve feldspat karışımıdır. Bu porselenin özelliği bünyesinde iri taneli kuvars taneleri ihtiva etmesidir. Porselen bünyenin yüksek işlenebilirliği, karışık şekilde ve büyük izolatör yapımını mümkün kılar. Diğer yönden, mekanik mukavemeti çok yüksek olmayıp sırlı ürün üzerindeki eğilme mukavemeti 600–100 kg/cm²'dir. (Yavuz1994)

2.4.1.2. Alümina Porselen:

Feldspat porselene izolatörde mekanik mukavemeti arttırmak için alümina (toplam reçetenin %10-40'ı oranında) ilavesi yapılır. Pişme sonrası porselen yapısı, %10 -40 korundum kristalini ihtiva etmektedir. Korundum dışındaki diğer kristal fazlar müllit (%8–20) ve kuvars (%10'dan daha az) olmaktadır. Al₂O₃ - SiO₂ sistemi seramikte en önemli ikili sistemlerden birisi olup, bu sistemde oluşan tek ara bileşik müllittir (3Al₂O₃.O₃.2SiO₂). Müllit; yüksek sıcaklık kırılma dayanımı, mükemmel sürüme dayanımı, düşük ısıl genleşme, yüksek ısıl şok dayanımı, iyi kimyasal duyarlılık, iyi oksidasyon direnci gibi üstün özelliklere sahiptir. Bununla beraber müllitin oda sıcaklığındaki kırılma dayanımı, mükemmel sürünme dayanımı, düşük ısıl genleşme, yüksek ısıl şok dayanımı gibi üstün özelliklere sahiptir. (Emrulloğlu 2003). Tüm bu özelliklerden dolayı müllit porselen ver refrakterlerin ana malzemesi olarak bilinir.

Feldspat porseleni ile karşılaştırıldığında alümina porselenin mekanik mukavemeti daha yüksektir. Bunun nedeni, alümina porselenin bünyesindeki korundumda bulunan yüksek young modülü ve mukavemetidir. Ayrıca, alümina miktarının artıp kuvars miktarının azalması alümina porselenin mukavemetini artırmaktadır. Yapılan testlerde mukavemet değerleri 1000–1700 kg/cm² gibi yüksek değerler çıkmaktadır. Ancak alümina porselenin işlenebilirliği konusunda sorunlar olup, pişirme sıcaklığı da feldspat porselene göre yüksektir (Yavuz 1994)

2.4.1.3. Kristobalit Porselen:

Kristobalit porseleni yüksek mukavemetlidir. Pişirim sonrası bünyede oluşan kristobalit kristalleri ile tanınmaktadır. Kristobalit dışındaki diğer kristaller müllit (%20–25), kuvars (%3–15)'dir. Sırlı kristobalit porselenin eğilme mukavemeti $1000\text{--}1500\text{ kg/cm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Bu tip porselenin oldukça yüksek işlenebilirliği ve geniş bir pişirme intervali vardır. Kristobalit porselen bünyeden solidkar tipi izolatorler yapılmaktadır.

2.4.1.4. Alümina Kristobalit Porselen:

Alümina - kristobalit tipi porselen yeni tip porselen olup, kristobalit porselende bulunan işlenebilirlik, homojenlik, basınç mukavemeti gibi özelliklere ve Alümina porselendeki yüksek mukavemet özelliklerine sahiptir. Sırlı alümina-kristobalit porselenin eğilme mukavemeti de yüksektir ($1800\text{--}1900\text{ kg/cm}^2$). Bu değer kristobalit porselen değerinin 1,5 katıdır. Porselen izolatorlerin bünye özellikleri Çizelge 2.3 de görülmektedir.

Çizelge 2.3 Porselen İzolatorlerin Bünye Özellikleri

Özellikleri	Klasik Porselen	Alümina Porselen	Kristobalit Porselen	Alümina Kristobalit Porselen
Hammadde Adları	Silika	Silika	Silika	Silika
	Feldspat	Feldspat	Feldspat	Feldspat
	Kaolin	Kaolin	Kaolin	Kaolin
		Alümina		Alümina
Kristal Faz	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kuvars
	Müllit	Müllit	Müllit	Müllit
		Korundum	Kristobalit	Kristobalit
				Korundum
Tane Boyutu	Kısmen iri	Çok ince	Çok ince	Çok ince

Aşağıda Çizelge 2.4'de Porselen bünyelerin fiziki özellikleri gösterilmiştir. Buna göre Silika porselenlerinde, yüksek sıcaklık ve uzun pişirim süresi kuvars tanelerinin erimesinden dolayı seramik yapısı içindeki katı kuvars içeriğinin azalmasına neden olur.

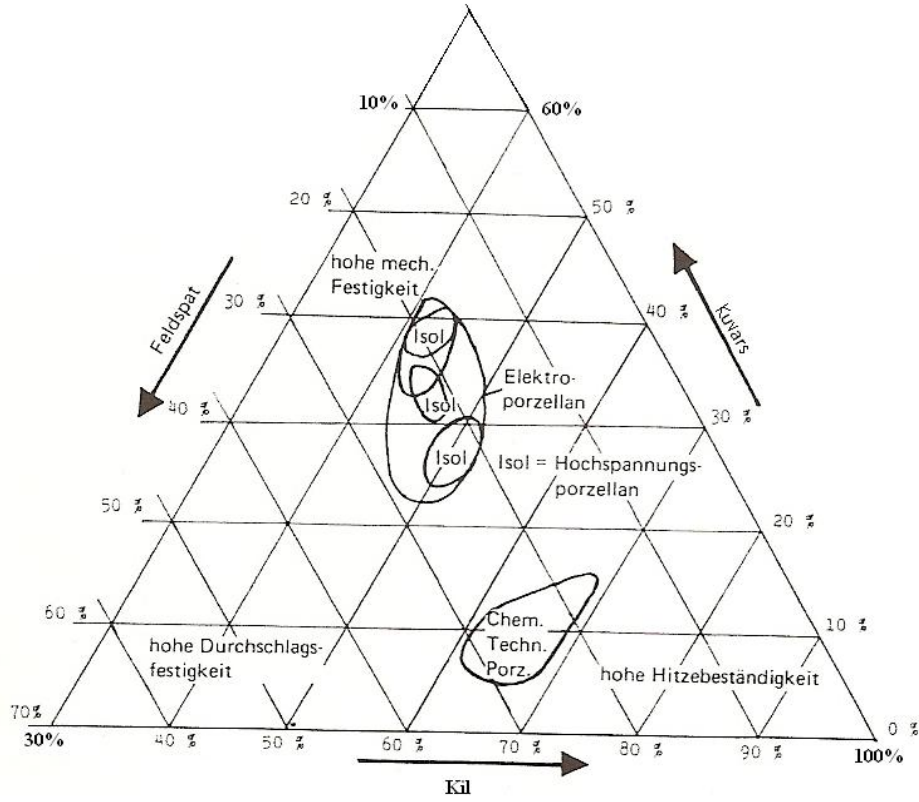
Bu düşüş porselende açık şekilde mekanik dayanımın düşürür. Kuvars taneleri ve etrafındaki sıvı faz arasındaki farklılıklar porselende mikro çatlakları üreten mekanik gerilimlere neden olur. Sıcaklık değişimleri mekanik dayanımı azalan mikro çatlak varlığının artmasına neden olabilir (Liebermann 2000 b).

Çizelge 2.4: Porselen Bünyelerinin Fiziki Özellikleri

Özellikleri	Birimleri	Klasik Porselen	Alümina Porselen	Kristobalit Porselen	Alümina Kristobalit Porselen
Su Emme	%	0	0	0	0
Özgül Ağırlık	g/cm ³	2,33	2,47–2,52	2,34–2,38	2,53
Eğilme mukavemeti Sırsız	Kg/cm ²	730	800–1450	800–1200	1500–1600
Eğilme mukavemeti Sırlı	Kg/cm ²	990	1000–1700	1000–1500	1800–1900

Alümina porselende büyük miktardaki kuvarsın yerini Al₂O₃ almaktadır. Buda mekanik dayanımın artmasını sağlar. Bununla alakalı olarak da mikro çatlakların sayısı daha azdır. Sinterleme prosesi boyunca müllit ve korundum oluşur. Bununla birlikte Al₂O₃ tanelerinin erimeyeceği gözeneksiz yüksek cam fazlı porselen oluşur. Sonuçta, yüksek sıcaklık ve uzun pişirim mekanik dayanımı etkilemez. Alümina porselenleri sıcaklık değişimlerine duyarlı ve mekanik dayanım çoğunlukla korundum miktarı tarafından kontrol edilir. (Liebermann 2000 a)

Aşağıda Şekil 2.2'de gösterilen üçlü faz diyagramında; kil, feldspat ve kuvarsın seramiklerin teknik özelliklerine olan etkisi yer almaktadır. Şekil 2.2 ye göre; Yüksek gerilim izolatörü için kil oranı yüksek reçete hazırlanmalıdır. Yüksek gerilim izolatörü için ideal bileşim %28 Kuvars, %50 Kil ve % 22 Feldspat'tır. Elektro porselen üretimi için ise %33 Kuvars, %45 Kil ve % 22 Feldspat bileşimi ile %40 Kuvars, %40 Kil ve % 20 Feldspat bileşimi uygundur. Kimyasal dayanıklılık için %10 Kuvars, %60 Kil ve % 25 Feldspat bileşimde reçete hazırlanmalıdır.



Şekil 2.2. Kıl, Feldspat Ve Kuvarsın Seramiklerin Teknik Özelliklerine Olan Etkisi

2.4.2. Kullanım Alanlarına Göre İzolatör Çeşitleri:

2.4.2.1. Alçak Gerilim İzolatörü:

1 volttan 1000 volta kadar gerilim uygulandığı yerlerde kullanılır. Priz ve fiş iç kısımları, bağlantı yerleri, yalıtım plakası, sigorta gövdeleri, rezistans taşıyıcıları, duy ve globlar, gergi, taşıyıcı ve telgraf izolatörleri, bobin taşıyıcıları olarak kullanılırlar. (Erakman 2005)

2.4.2.2. Yüksek Gerilim İzolatörü:

1000 volttan daha yüksek gerilim altındaki yerlerde kullanılan izolatörlerdir. Elektrik yalıtımı dışında mekanik ve termik dayanım görevleri de vardır. Yüksek gerilim izolatörlerinin -65 ile 1600°C arasında kullanılabilir oluşu elektroteknikte büyük önem

taşımaktadır. Çok ağır çevre koşullarında bile yüksek bir dayanım gücüne sahiptir.
(Erakman 2005)



(www.elimsan.com.tr)

Resim2.2: Yüksek gerilim izolatöründen örnekler.

Yüksek gerilim izolatörleri kullanım amacına, çevre koşullarına, elektriksel yapı özelliğine göre sınıflandırılabilirler.

a) Kullanım Amacına Göre

- İletim sistemlerindeki hava hat izolatörleri (mesnet tipi, askı tipi)
- Dağıtım sistemlerinde kullanılan izolatörler (demiryolu izolatörleri vb.)
- Bağlam cihazlarında kullanılan cihaz tipi izolatör ve muhafaza izolatörler
- Transformatörlerde kullanılan geçit ve duvar geçit izolatörleri

b) Kapalı ve Açık Yerlerde Kullanımına Göre

- Harici Tipi
- Dahili Tipi

c) Elektriksel Yapılarına Göre

—A Tipi: İzolatörlerde katı dielektrik içindeki delinme mesafesi izolatör dışında ve hava içindeki en kısa atlama mesafesinin en az yarısına eşit olan izolatörler

—B Tipi: Delinme mesafesi atlama mesafesinin yansından küçük olan izolatörler

2.5. İzolatörlerin Teknik Özellikleri

2.5.1 İzolatörlerin Elektrik Özellikleri:

Dielektrik Güç: Bir malzemenin dielektrik gücü elektriksel bozulmalara karşı direncini ve yüksek voltaja dayanma kabiliyetini belirleyen bir özelliktir. Bu değer numunenin kalınlığına ve voltaj kaynağının frekansına bağlıdır. Delinebilir izolatörlerde numunenin kalınlığı azaldıkça bu değer artar.(Yavuz 1994)

Delinebilirlik, izolatörlerin yapı prensibinde yer alan önemli bir karakteristiğidir. Atlamalar büyük oranda bitişik boşluklarda veya izolatörler ile onu saran havanın arasındaki sınır bölgesinde oluşurlar. Kısa zaman süresinde izolatöre zarar vermezler. Ama delinebilir (içi boş) izolatörlerde voltaj izolatör boyunca içerden gider, izolatörü kullanılamaz hale getirir. Atlama ve delinme yolu aynı olan izolatörlerde delinme meydana gelmez. Çünkü çevredeki havanın elektrik mukavemeti porselene göre çok daha azdır. Ve bu yüzden atlama, delinme voltajlarının çok daha altındaki değerlerde meydana gelir. Böyle bir davranış, dolu izolatörlerin her tipinde görülür.

Doğru akım uygulandığı zaman porselenin dielektrik gücü, alternatif akımın uygulandığı durumda %23–30 daha yüksektir. Frekans arttırıldığında sıcaklığın yükseltilmesiyle dielektrik gücü düşer. Dielektrik kayıplar birkaç sebepten meydana gelebilir. Belki de en çok bilinen sebep yüzeydeki arktır.(Yavuz 1994)

Kirlilik, sis, çığ ve yağmur serpintisi ile izolatörlerin yüzey alanında oluşan yabancı tabakalar dielektrik bozulmalara sebep olur.

Ayrıca porselen izolatörlerde gözenek içeriğine bağlı olarak dielektrik kayıplar olmaktadır. Plastik şekillendirme yöntemleriyle şekillendirilmiş seramik ürünler, normal olarak aynı malzeme bileşimindeki kuru preslemeyle şekillendirilmiş malzemelerden daha çok sayıda gözenek bulunmasından meydana gelir.

2.5.2. İzolatörlerin Mekanik Özellikleri:

İzolatörlerden en iyi şekilde faydalanabilmek için izolatörlere etki eden kuvvetlerin şekli, büyüklüğü ve zamana göre değişiminin bilinmesi gereklidir. Seramik malzemeler kırılma değerinin üzerindeki bölgesel mekanik gerilimleri, elastik bölgeleri olmadığından dolayı çelikteki gibi dengeleyemezler. Bu yüzden hesaplamalarda oluşan maksimum değerleri porselen izolatörlerde kuvvet taşıyan bölümleri dikkate alarak şekillendirmek gerekir.(Yavuz 1994)

Yüksek gerilim kablolarının zor şartlar altında (kuvvet, rüzgâr, buz, yüklü ve şiddetli sıcaklık farkına tabi bölgeler) garanti altına alınabilmesi için izolatörleri uygun montaj ve mekanik boyutlarının doğru ölçümlendirilmesi lazımdır. (Özgen ve Kale 1992)

Mukavemet Kavramları: Metallerde çekme, eğme dayanımı gibi spesifik değerler, sabit değer olarak verilebilir, fakat seramik ürünlerde fazla sayıda etki faktörü olduğundan metallere göre önemli farklılıklar gösterirler. Bu farktan matematik olarak nitelemek mümkün değildir. Etki faktörleri aşağıdaki gibi verilebilir.

- Enine Kesiti (silindirik, boru şeklinde, köşeli, oyuk)
- Ölçümler (uzunluk, yarıçap)
- Şekli (kaygan yüzey alanı, izolatör etekleri veya pervazlı yarık bölgeler)
- Hammadde
- Şekil verme
- Sinter prosesi

Sır Etkisi: Mekanik Mukavemet için izolatör sır özellikleri önemlidir. Eğer sır genişleme katsayısı, hammadde seçimi ve sinter prosesinin uygulanışında alttaki çamur plakadan küçük tutulursa, 0,2 mm kalınlığındaki sır kaplamasında basınç gerilimleri

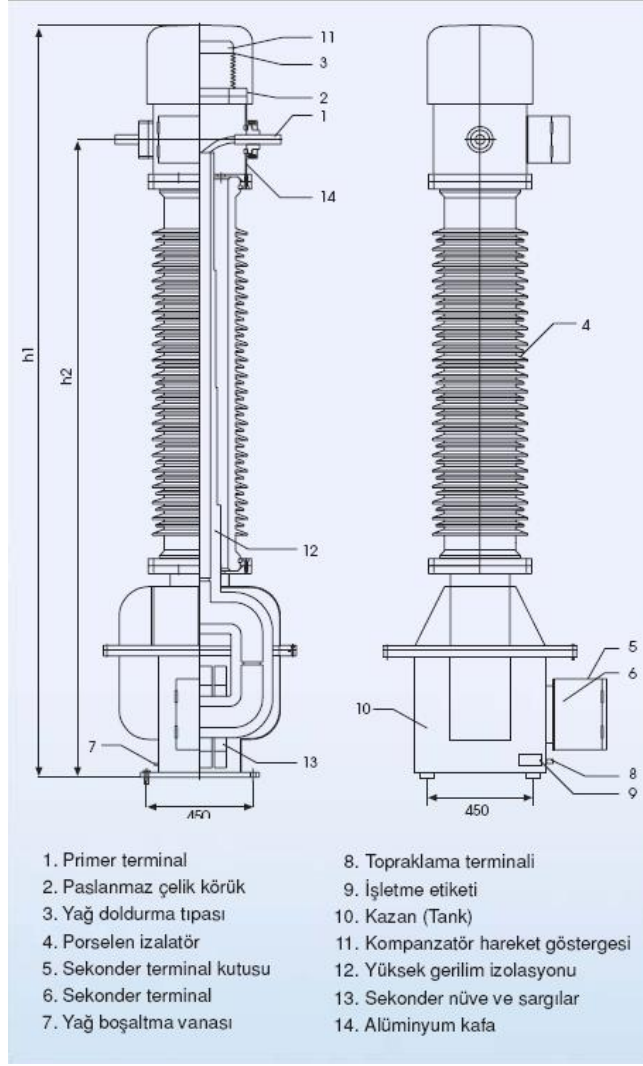
oluşur basınç gerilimleri, sırn yüzeyindeki çıkıntılarda oluşan çekme gerilimine karşı etki yapar. Çekme gerilimi, çamurun genleşme katsayısının sırn genleşme katsayısından küçük olduğu durumlarda ortaya çıkar.

Sırlı yüzeyin kırılma yükü sırsız yüzeye nazaran % 20 daha fazladır. Sır rengi normal olarak kahverengidir. Fakat daha beyaz ve bej rengi de sağlanabilir. Sırn sertliği mash skalasına göre 7 civarındadır.

Çekme Mukavemeti: Mekanik olarak yüksek yüklü izolator parçalarının aynı zamanda yüksek elektrik saha şiddetine maruz bırakılması ve büyük atlama yolundan dolayı delinebilir izolatorlerin yerine, zamanla iki ucunda da armatürler (metaller) taşıyan ve çekme yüküne maruz kalan delinmeyen (içi dolu) izolatorler geliştirildi. Bunlar (dolu göbekli ve uzun çubuklu izolatorler) mükemmel mekanik özellikler gösterir. Porselen izolatorlerde yüksek mekanik mukavemet sağlanırken aynı zamanda armatür (metal kısımlar) ve yapıştırma kısımlarında da yüksek mekanik mukavemete erişebilmelidir. Kuvvetlerin uygulandığı noktalardaki metal kısımlar genelde konik şekilde yapılmaktadır.

Bükme (Eğme) Mukavemeti: İletkenleri asmak veya desteklemek için yetiştirilmiş armatürler izolatorün tepesine ve eksenine dikey etki yapan kuvvetler, izolatorlerin ayaklarında bir bükülme momenti oluştururlar ve bu momentler tabandaki allıklara iletilmelidir. Bu yüzden porselen-armatür-macun üçlü sistemin şekillendirilmesinde bükme kırılma yükünün yüksekliği izolatorlerin ayaklarıyla ilişkisinde çok önem taşırlar. Konik ayak şekillendirmeler en yüksek bükülme kırılma yükünü verirler.

Aşağıda şekil 2.3 te bir yüksek gerilim izolatorünün yapısı verilmektedir. Buna göre izolator metal ve porselenden oluşmaktadır ve oldukça kompleks yapıdadır.



(www.elimsan.com.tr)

Şekil 2.3: Yüksek gerilim izolatörünün yapısı

2.6. Yüksek Gerilim İzolatörlerinin Üretimi

2.6.1. İzolatör Üretiminde Kullanılan Hammaddeler:

Seramik izolatör üretiminde kullanılan başlıca hammaddeler; Kil, Kaolin, Feldspat, Kuvars, Alümina ve Nefelinli Siyenit'tir.

2.6.1.1. Kil:

Killer tane boyutu 0,002 mm. 'den küçük ince taneli sedimanlar olup; toprağımsı, belirli miktarda su katıldığında plastikliğı artan, alümina ve silis içeriğı yüksek bir mineraldir. Killer genellikle belirli şartlar altında feldspatların ayrışması veya volkanik kayaçların çözünmesinden, değışmesinden meydana gelmiştir.

Kil, çok ince taneli bir kayadır. Kilin esas maddesi sulu alüminyum silikat, sınıfına göre Mg ve Fe gibi diğerelementleri de içerir. İnce taneler 2–5 µm olduğundan gözle veya normal mikroskopla ayırt edilmeleri hemen hemen mümkün değildir. 100.000 defa büyütülerek mikroskopta resimleri çekilmekte, X ışınları ile içyapısı tespit edilmekte, sıcaklığın, D.T.A. cihazları ile ölçülmekte ve kesin olarak sınıfı tayin edilmektedir. (Devlez 2002)

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

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

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

Plastikliğı etkileyen faktörlerin başında hammaddenin tane boyut dağılımı gelir. Tane boyutu; yoğunluğu, mekanik mukavemeti ve poroziteyi etkilemektedir. İnce tane boyutuna sahip hammaddelerin plastisitesi iri tanelilere göre daha yüksektir. Plastisitesi yüksek olan killer pişme sonrası bünyelerinden suyun uzaklaşması nedeni ile yüksek

porozite değerlerine ulaşırlar ve mekanik mukavemet düşer. Plastisiteyi dengelemek için aşırı plastik kilin plastikliğini azaltmak için tane boyutunu büyütmek gerekir. Plastikliği arttırmak için öğütme yapılabilir (bu pek ekonomik değildir) veya ince boyutlu hammadde katılabilir. Hammadde içinde bulunan plastik olmayan minerallerin miktarı ve tane iriliği, hammadde plastikliğini, kalıplama özelliğini, kuruma özelliğini, kuru kırılma mukavemetini, kuruma ve pişme küçülmesini olumsuz yönde etkiler. (Çoruk 2004)

Plastiği etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır:

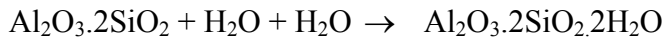
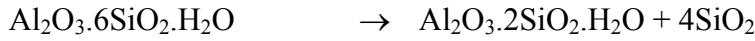
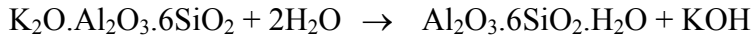
- Taneciklerin üzerinde suyun etkisi.
- Katı tanelerin boyutu.
- Katı tanelerin terkibi.
- Katı tanelerin şekli ve iç bünyesi.
- Katı tanelerin uyuşması.
- Katı tanelerin yüzeysel alanı ve dâhili moleküler çekimi.
- Özellikleri etkileyen diğer materyallerin mevcudiyeti.
- Massedeki taneciklerin oryantasyonuna.
- Materyalin önceki hali.

Birbirini çeken partiküller arasındaki suyun fonksiyonu hakkında şu tespit yapılmıştır. Eğer daha küçük basınç uygulanırsa aynı plastisite daha az su kullanarak elde edilebilir. Buradan çıkan sonuca göre az su ihtiva eden bünyeler basınçla şekillendirilebilir. Bu nedenle kuruma süresince içte oluşan gerilim daha az ve yeşil mukavemet daha büyüktür.

2.6.1.2 Kaolin:

Alkali feldspatların bozulmasıyla oluşan kaolin, bir alüminyum hidra silikattır. Bu alümina silikatlar ise aşınma sırasında hidrolize olurlar. Hidrolize olayı şu şekilde olmaktadır; Alkali ve toprak alkali iyonlar çözünür tuzları oluşturarak çözünüp

uzaklaşırlar. Geri kalan madde, alüminyum silikat ve değişken bileşik ve yapısal silisyum dioksittir. Kaolin hammaddesini oluşturan en önemli mineral ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) olup alüminyum hidrosilikat bileşimli bir kil mineralidir. Kaolin terimi altında çeşitli jenetik modellerle oluşmuş kaolin türleri ve kaolinitik killeri yer almaktadır. Kristal yapılarına göre yapılan kil sınıflandırmalarında, eş boyutlu ve bir yönde uzamış olanlar kaolinit grubu olarak diğerlerinden ayrılmaktadır. Oluşum itibarı ile feldspat içeren granitik veya volkanik kayaların feldspatlarının altere olarak kaolinit mineraline dönüşmesi sonucu kaolinler oluşmaktadır. Ana kayaç içindeki alkali ve toprak alkali iyonların, çözümlenür tuzlar

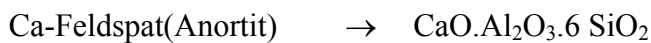
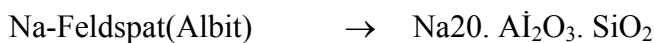


şeklinde ortamdan uzaklaşması sonucu Al_2O_3 içerikli sulu silikatça zenginleşen kaya kaolinitini oluşturur.

Kaolin genellikle çoğu plastik seramik hammaddelerin esas mineralidir. Pişme rengi beyaz ve temiz olan serbest silis veya impuritelere fazla erimeyen kaolin seramik sektöründe daha çok tercih edilir. Kuru küçülmeleri ve plastisiteleri azdır (Arcasoy1983).

2.6.1.3. Feldspat

Özsüz bir hammadde olmasına karşın, çamurda belli pişme sıcaklığına çıktığı zaman çamurları pekiştirerek, ergiticilik özelliği gösterir. Doğal feldspatlarda Na, K, Ca, Li, Ba, gibi oksitler farklı oranlarda yer alırlar.



Feldspatların çok temiz ve yeterince saf olması istenir. Seramik bünyede ergitici rol oynar. Ortoklaz kuvars ile birlikte ürünün dayanımını artırır. Saf ortoklazın erime sıcaklığı 1170 °C, albitin erime sıcaklığı 1120 °C'dir. Ancak ortoklazın tam erime sıcaklığı yaklaşık 1280 °C dolayına ulaşmaktadır. Bu da ortoklazın geniş bir erime aralığına sahip olduğunu gösterir. Bu nedenle özellikle porselen çamurunda ortoklaz daha fazla kullanma alanı bulur. Albit ve lityum feldspat (spodumen) daha fazla eriticilik özellikleri nedeni ile öncelikle sırların yapısında önemli rol oynar (Arcasoy1983).

Feldspatlar seramik reçetesine flakslar (eriticiler), bünye pişirildiğinde sıvı oluşumunu sağlayacak sıcaklığın düşürülmesi amacı ile katılır. Alkali içerikleri, feldspat ve Nefelinli siyenite nispeten düşük erime sıcaklığı kazandırır. Böylece kil; feldspat ve kuvarstan oluşan tipik seramik reçetesinde feldspat yumuşar, camsı veya sıvı hale geçer, buna karşılık kil ve kuvars katı halde ıslatır ve gözenekler arasında dereceli olarak dağıldıkça yüzey gerilimi taneleri birbirine çeker. Belirli bir mineralojik bileşime sahip her seramik hamuru, bu mukavemet kazanma ve yoğunlaşma işlemlerinin gerçekleştiği sabit bir pişme sıcaklığına sahiptir ve bu sıcaklık genellikle 1100–1300°C arasında bulunur. Örneğin porselen, yarı camsı porselen ve sıhhi tesisatta bu sıcaklık 1300°C, buna karşın sert porselen imalatında pişme sıcaklığı 1400 °C civarındadır.

Eritici (flaks), pişirme sırasında seramik bünyenin camlaşma derecesini kontrol eder ve ürün fırından istenen camlaşma derecesinde çıkar. Farklı seramik bünyeler değişik camlaşma derecesi gerektirdiğinden belirli bünyelerde kullanılacak flaks miktarı da değişkendir. Yumuşak porselenlerde (düşük ısıda pişirilmiş) feldspat reçete bileşiminin %25-40'ını sofraya eşyasında %18-30'unu, elektro porselende %20-28'ini ve kimyasal-tekniğin porselende %17-30'unu teşkil eder. Sodyum ve Potasyum feldspat, ya da nefelinli siyenit gibi flakslardan hangisinin ne miktarda kullanılacağına, çok sayıda teknik kriter etki eder ve bu kriterler belirli bir flaksın ilavesiyle kazanılacak özellikleri de kapsar. Bunlara örnek olarak, nihai üründe aranan beyazlık derecesi, kopma mukavemeti, sır tutma veya reddetme, sır dekorasyonu üzerine metal işleme etkisi ve imalatçının geleneksel alışkanlığı gösterilebilir. (Önem 2000)

Eritici özelliğine etki eden faktörler arasında silika içeriği, bünye bileşimi ve daha önemli olarak toplam alkali içeriği ile Na₂O, K₂O ve LiO₂ gibi alkali oksitlerin oranları

sayılabilir. Alkali içeriği yükseldikçe, eritici özellik de artar ve buna bağlı olarak erime noktası düşer.

Beyaz mamul, fayans, sıhhi tesisat ve diğer seramik ürünlerde feldspat, bünye malzemelerinin %15-35'ini sır malzemelerinin %30-50'sini teşkil eder. Feldspat gibi seramik kalitesinde flaklar, diğer bünye bileşenleri ile daha iyi karışabilmeleri için 200–300 mesh civarında öğütülürler.

Kural olarak, seramik sanayinde potasyum feldspat daha yaygındır. Potasyum feldspatın avantajı, yüksek viskoziteye sahip bir eriyik oluşturmasıdır ve bu eriyiğin sonucu olarak, pişirme sırasında seramiğin şekil bozulmalarına karşı mukavemet temin eder. (Önem 2000).

2.6.1.4. Kuvars

Kimyasal formülü SiO_2 olan Kuvars seramik çamur ve sırlarında önemli görevler yüklenerek geniş kullanma alanı bulur. Kuvars seramik yapılarda genelde iskelet görevini görür. Seramik sektöründeki önemi nedeniyle çok iyi ve homojen öğütülmesi gerekmektedir. Demir oksit ve yan kayaç parçacıkları çok az yani eser miktarda bulunmalıdır. Kuvarsın oda sıcaklığında değişmez formu beta kuvarstır. Beta kuvarsın 573°C ye kadar ısıtılması ile bu sıcaklıkta alfa kuvars oluşur. Bu reaksiyon geriye dönüşümlü olup bu sırada kuvars hacimce büyüme de gösterir. Isıtmanın yavaş sürdürülmesi ile alfa kuvars bu kez 870°C 'de alfa tridimite ve 1470°C 'de de alfa kristobalite dönüşür. Bu dönüşümler dizisi 1713°C 'de erime ile son bulur.

Dönüşümler dizisindeki reaksiyonların belirtilen özellikleri göstermesi ve her birinin geri dönüşümlü olması çeşitli faktörlerden etkilenir. Örneğin yavaş ısıtma ve soğutma silisyum dioksitin içinde doğadan gelen yabancı maddelerin bulunup bulunmaması ve silisyum dioksitin doğal türü gibi.

Kuvars katkısı çamurda şu etkileri gösterir:

- Çamurun bağlayıcı özelliği ve kuru direnci katkı oranı arttıkça azalır,
- Pişmiş çamurda gözeneklilik ve su emme artar.

- Kuru ve pişme küçülmesi değerlerinde azalma ortaya çıkar. Katkı oranının artmasıyla küçülme yerine büyüme görülür.
- Kuars yalnız hidroflorik asitten etkilenir
- Seramik yapılarda iskelet görevini görür.
- Deformasyonu önler ve asitlere dayanıklılığı artırır.

2.6.1.5. Alümina (Al₂O₃) :

2000°C civarında bir ergime sıcaklığına sahiptir. Kimyasal madde ve yüklere karşı en dayanıklı refrakter malzemesidir. Kullanımdaki sınırlama ergime sıcaklığından kaynaklanmaktadır.

Alümina suda ve şayet iyi kalsine edilmişse hem mineral asitlerde hem de bazlarda çözünmez. Alümina hidroflorik asite karşı dayanıklıdır. Sodyum karbonat, kâstık soda ve sodyum peroksit, saf alümina potalarda çok az tahribatla eritilebilir. 1700–1800°C gibi yüksek sıcaklıklarda flor gazı dışında bütün gazlara karşı direnç gösterir. Alümina oksitleyici ve redükleyici atmosferde 1900°C ye kadar kullanılabilir.

Doğal alümina korundum halinde fakat feldspat ve killerde olduğu gibi genellikle silikatlarla birlikte bulunur. Alümina aynı zamanda boksit, diaspor, krivolit, silimanit, kyanit, nefelin ve diğer birçok mineralin bileşiminde yer almaktadır.

Saf alümina düşük sıcaklıklarda birçok formda bulunur. Fakat bütün bu formlar zaman, kristal boyutu ve atmosfere bağlı olarak 750–1200°C arasında alüminaya dönüşür. 1600°C'nin üzerinde yapılan ısıtma bu dönüşümü hızlandırır. Alümina korund; feldspat, killer, silikatlarda bulunur.(Emrulloğlu 2003)

Alüminadan gözeneksiz ve yoğun ürünler yapılır. Gözenekli ürünler genellikle ergimiş alüminadan yapılır ve bunlar 1900°C ye kadar çıkan yüksek sıcaklık fırınlarının astarı olarak kullanılır. Ergimiş alümina % 99,8 Al₂O₃ içerir. Saflık yükseldikçe sıcaklık, mukavemet, elektrik ve aşınma direncinde artış kaydedilir. Diğer taraftan saf alümina tamamen saydam olarak bazı cihazlarda kullanılmaktadır. Yeniden kristallenmiş gözenekli olmayan alümina, ergimiş alüminadan daha saftır. Yüksek sertliği ve aşınmaya karşı direnci nedeniyle iplik mekiklerinde, sprej nozüllerinde ayrıca öğütme

bilyesi ve laboratuvar malzemesi olarak kullanılmaktadır. Alüminanın ticari kullanım alanı buji üretimidir.

2.6.1.6. Nefelinli Siyenit:

Siyenit, yavaş soğuduğu için iri kristalli bir mağmatik derinlik kayacı olup, esas itibariyle alkali feldspatlardan ibarettir. Bunlar ortoklaz, albit, perlit ve az miktarda da mikroklindir. Siyenitin düşük bir yüzde teşkil eden diğer bileşenleri, kuvars, ferro-manganezler (biyotit, hornblend, piroksen) ile apatit, zirkon, titanit, manyetit, melanit ve pirit gibi ek minerallerdir.

Nefelin ise, siyeniti büyük yüzdeyle oluşturan ortoklaz ($KAlSi_3O_8$) ve albit ($NaAlSi_3O_8$) arasında bir bileşime sahip, değişik bir mineraldir. Kimyasal adı sodyum ve potasyum alüminosilikat olan nefelinin formülü $Na_3 K Al_4 Si_4 O_{16}$ 'dır.

Siyenitin içindeki az nispetteki kuvarsın ve/veya bir miktar feldspatın yerini nefelin alırsa, ortaya nefelinli siyenit çıkmış olur. Nefelinli siyenit genellikle açık renkli olup, beyazımsı açık gri veya pembemsi gridir. Koyu renkli mineral içeriği artarsa, gri, koyu gri veya kahverengimsi yeşil olur.

Nefelinli siyenitler bir anlamda feldspat kaynağı oldukları gibi, doğrudan cam sanayinde, levha cam, televizyon tüpü, ampul cam bloklar ve cam yünü imalinde kullanılırlar. Isıya dayanıklı borosilikatlar ile %0,08–0,1 oranında Fe_2O_3 içeren nefelinli siyenitlerden üretilen renkli camlar da bu alana dâhildir.

Nefelinli siyenitler, bunlardan başka, seramik endüstrisinde, boya sanayinde, alüminyum, çimento ve alkali madde üretiminde kullanılır. İnşaat sektöründe, çatı malzemesi elde edilmek içinde yararlanılır. (Kuşcu 2001)

Bir seramik üreticisinin flaks türü seçiminde etkili olan faktörler, maliyet, pazarlara yakınlık ve demir impüritesi varlığıdır. Bunlar, aynı zamanda, nefelinli siyenitin bazı seramik uygulamalarında daha popüler hale gelmesini de temin eden unsurlardır. Seramik kaplar ve sıralarda esas olarak feldspat kullanılmakla birlikte, sıhhi tesisat ve karo imalinde flaks olarak nefelinli siyenit tercih edilmeye başlanmıştır. (Önem 2000).

Nefelinli siyenitin seramik sanayiinde kullanımı, 200, 325 ve 400 mesh inceliğinde öğütülmüş ürün şeklindedir. Nefelinli siyenit hem camsı faz oluşturucu, hem de eritici olarak yararlı özellikler sunar. Pişirme sıcaklığı ve zamanını önemli ölçüde düşürür. Saniter seramik reçetesinde %25-30, kimyasal porselende %15-30, yarı vitroz porselende ise %15-55 oranında kullanılır. (Önem 2000).

2.6.2.6. Sepiyolit:

Sepiyolit Magnezyum hidro silikattan ibaret bir kil minerali olup, yarım birim hücre için ideal formülü $Mg_8Si_{12}O_{30}(OH)_4(0H_2)_48H_2O$ şeklindedir. Tabiatta saf olarak veya kil ya da kil dışı minerallerle (özellikle dolomit) karışık halde bulunabilir. Ortorombik yapıda kristallenen sepiyolit α ve β olmak üzere iki değişik polimorfik yapıda çökelmektedir. Sepiyolit in içi ve dış yüzey alanları toplamı yaklaşık $700 \text{ m}^2/\text{g}$ 'dir. Yüzey alanının bu derece fazla olması sepiyolit in indirgenme ve nitrülenme hızını önemli ölçüde artırmaktadır. Görünüm olarak bej, beyaz ve kahverengi olarak isimlendirilen sepiyolitler içerisinde endüstriyel önemi en fazla olan kahverengi sepiyolittir. Kahverengi sepiyolit silisyumu en fazla dolomiti en az olan sepiyolittir. Dünya rezervlerinin yaklaşık % 70'i Türkiye'de bulunan sepiyolit başta Eskişehir, Ankara-Polatlı olmak üzere yurdun pek çok bölgesinde önemli miktarda mevcuttur. (Öztürk 2004)

2.6.2. Çamur Hazırlama ve Şekillendirme

Plastik seramik hammaddeler doğada, ocaklarında hiçbir zaman doğrudan doğruya çamur yapımında kullanılacak şekilde bulunmazlar. Sık sık ocak içinde bile farklılıklar gösterirler. Bu nedenle ocaktan çıkan hammaddelerin içindeki zararlı maddelerin ayıklanması, belli tane büyüklüğüne kadar kırılıp öğütülmesi gerekir. Tartım ve karıştırma işlemleri ile de kullanılabilir çamuru oluşturan özlü ve özsüz öğelerin bir araya gelmesi sağlanır. Çamur hazırlama yönteminin seçimi ve seçilen bu yöntemin uygulamasında oluşacak hatalar, sonuçta üretilen ürünün kalitesini olumsuz etkiler.

Çünkü çamur hazırlamada yapılan hatalar, genellikle kuruma ve pişirme sonunda ortaya çıkarlar. (Arcasoy1983)

2.6.2.1. Kollerganglar:

İşletmede her türlü kil ve kaolinlerin parçalanması belli bir tane büyüklüğüne getirilmesi işleminde kullanılan bir makinedir. Bu makinelerde iki önemli kısım vardır: Delikli ızgaralardan oluşan alt tabla ve bu tablanın üzerindeki silindirik tekerleklerdir. Kollerganglardaki tekerlekler, ortadaki dördüncü mile asimetrik olarak bağlanmıştır. Bu farklı uzunluktaki tekerlekler sayesinde daha geniş bir öğütme düzeyi sağlar. Dıştaki silindir tekerleğin ezdiği maddeler bir kazıyıcı kürek aracılığı ile orta kısma, içte dönen tekerleğin alma doğru itilirler. Böylece delikli tabladan geçmesi sağlanan belli tane büyüklüğündeki öğütülmüş madde alttan bant aracılığı ile alınır. Değirmenlere doldurulmadan önce depolanmak üzere silolara gider. (Arcasoy 1983) Ayrıca işletmede şekillendirirken ve kurutulurken hatalı olan izolatorler masseleri pervaneli bir karıştırıcı ile sulu olarak açılır. Manyetik eleklerden geçirildikten sonra bünye yapısına göre değirmenlerde hazırlanan yeni bünyenin içine katılırlar. Böylece izolator artıkları da değerlendirilmiş olur. (Çerçi 2006.)

2.6.2.2. Değirmenler:

Öğütülmesi gereken hammaddelerin değirmende öğütülmesi esasına dayanır Hammaddeler değirmene belirli aralıklarla yüklenmeli su oranı iyi saptanmalıdır. Sulu öğütmede değirmenin içinde, değirmenin iç hacminin yaklaşık 1/3'ü kadar boşluk bırakılmalıdır. Değirmene öğütülecek maddenin ağırlığı kadar bilye koymak gerekir. Bilye büyüklüğü seçimi çok önemlidir. Büyük-orta-küçük boy bilyeler yaklaşık 1/3 oranlarında olarak tamamlanmalıdır. (Arcasoy 1983) Bilyeler flint taşından olup, değirmenin iç çeperi ise silex ile kaplanır. Her iki maddenin esas yapısı silistir. Hammaddeler tartılır ve değirmene şarj edilir. Değirmene su ilavesi yapılır. Öğütme süresi değişmektedir. Bu süre sonunda değirmenden numune alınarak elek bakiye

kontrolü yapılır. Burada tane boyutu çok önemlidir. Örneğin ergitici olan feldspatın boyutu ne kadar ince olursa sahip olduğu yüzey alanı o kadar artar ve ergitici özelliği o kadar geniş alanda etkili olur. Elek üstü kaba kum değeri % 1,5–2 olması istenilen çamurun 2,5 i geçmemesi istenir. Elek bakiye sonuçları istenilen değerlerde ise öğütülen çamur havuzlara boşaltılır. Sonuçlar istenilen değerlerde değil ise öğütme işlemine devam edilir. (Çerçi 2006) Havuzlara, karıştırıcı yardımıyla açılan izolatör artıkları karıştırılır. Havuzlar devamlı homojen tutulmak için pervane yardımıyla karıştırılır. Havuzlarda hiç bekletilmeden çekilen sıvı çamur manyetik ayırtıcılardan geçirilir. Manyetik ayırtıcılarda, içindeki demir ve demirli bileşiklerden ayrılarak 12 bar basınçla filter preslere pompalanır. (Çerçi 2006)

2.6.2.3. FilterPres:

Kaba tanelerinden uzaklaştırılmış olan sıvı çamurun suyunu uzaklaştırıp plastik çamur elde etmede filter preslerden yararlanır.

Esas yapısını, birbirine paralel çok sayıda plaka ile bunlara gerilmiş özel bezler oluşturur. Plakaların ortasından geçen merkezi açıklıktan, sıkı sıkıya yanaştırılarak sıkılan plakaların içine, 12 atm basıncında sıvı çamur basılır. Çamurun geçemeyeceği gözeneklilikteki bezden yalnızca su dışarı süzülür ve plakalar arasında plastik çamur kekleri oluşur.(Arcasoy 1983)

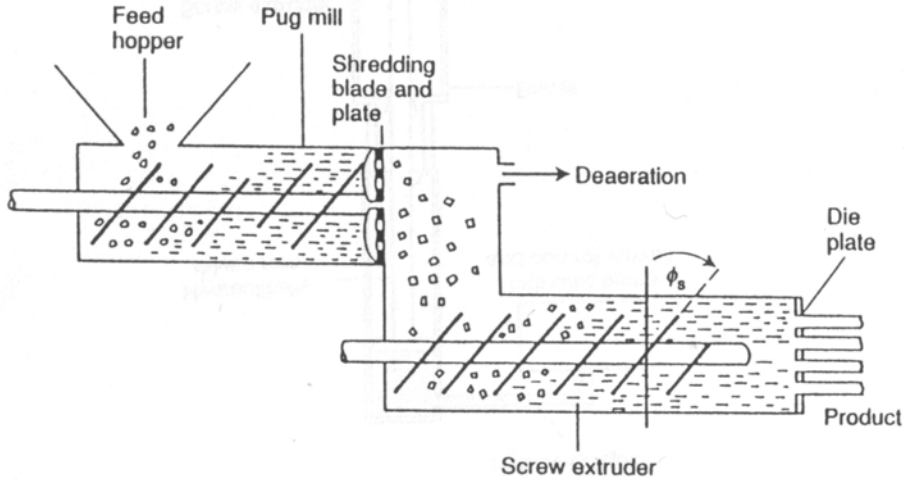
Çamurun prese dolması şunlara bağlıdır:

- Çamurun yoğunluğu
- Pompanın basıncına
- Bezlerin deliklerinin ince olmasına

Havuzlardan, pompalarla filter prese basılan çamurun, ortadan kenara doğru süzülmesinden sonra oluşan kekler bantlar yardımıyla şineke prese yollanır.

2.6.2.4. Strang Pres:

Strang presler seramik pasta proseslerinde ve üretiminde kullanılırlar. Seramik pastalar için bazı temel gereklilikler vardır. Bunlar seramik pasta bileşenlerinin homojenliği, gazdan arındırma, optimal su miktarı ve uygun tane boyutu secimidir. Strang presde vakum uygulanılarak masse, kabarcıklardan ve gazlardan arındırılır ve çalışma esnasında çok iyi bir homojenlik gerçekleşir. Fakat % 100 başarıdan söz edilemez çünkü kilin anizotropik özelliğinden dolayı ürünlerde tekstur denilen hatalar görülür. (Grätz 1980) Tekstur hataları; kuruma ve pişmeden sonra çatlaklara neden olabilmektedir. Strang pres teknolojisi bu dezavantajı ile bilinir. Strang pres tuğla üretimi, izolatör üretimi, boru üretimi, teknik seramik üretimi, ince seramik mamuller ve plaka üretimi gibi birçok alanda kullanılır. (Kartal 2003). Şekil 2.4 te strang presin temel görünüşü yer almaktadır.



Şekil 2.4: Strang presin temel görünüşü

Strang presin çalışma prensibi: Seramik masse toprak veya filtre pastası olarak strang prese beslenir. Burada dönen bir metal şineke vardır. Bu şineke etrafında birbirine paralel fakat zıt yönde dönen iki karıştırıcı vardır. Masse karıştırma şinekisi vasıtasıyla karıştırılarak delikler ihtiva eden ara plakaya doğru hareket ettirilir ve sıkıştırılır. Plastik masse gaz geçirmez bir özelliğe sahiptir ve Vakum etkisi ile yüzeyde 1mm-3mm derinlikteki kabarcıkları emilebilir. Massenin delik ihtiva eden bu ara plakadan geçirilerek paracalar haline getirilmesinin nedeni massedeki havanın daha rahat alınabilmesi ve homjenitenin arttırılması içindir. Eğer massenin havası alınmaz ise

plastiklik kötü olur, mukavemet düşük olur ve çatlaklar meydana gelir. (Handbuch der Keramik 1978) Pasta bu deliklerden geçerek vakum kamerasına gelir. İnce uzun iplikler şeklinde Vakum kamerasına gelen masse preslenme şineksi vasıtasıyla sıkıştırılır. Masse yığını burada çıkış ağzına doğru harekete geçer. Masse parçalarının taşıyıcı yönüne ters hareketi sonucu Basınç giderek artar ve sıkışma olur belirli bir değerden sonar (Anlas değeri) kalıp ağzında basınç birden düşer kalıp plakası ile extrüzyon haznesi arasında basınç farkı oluşur. Bu olay homojenliği olumlu etkiler. (Seramik Süreç labo.2003, Öztürk Praktikum Freiberg 2006). Havadan arındırılmış plastik masse çıkış ağzına doğru gelir. Ve şekillendirme ağzından şekillenerek çıkar.

Strang preste oluşabilecek hatalar: tekstur hataları, massenin presten düzgün çıkmaması ve massenin geri dönmesidir.

Kapasite makinenin konstrüksiyonuna, sineke devir sayısına ve geri dönenen masse miktarına bağlıdır. Sineke devir sayısı arttıkça kapasite artar. (Kartal 2003)

Strang presteki dikkat çekici yanlar:

—Strang preste şekillenmek üzere alçı kalıptan alınacak massenin ele yapışmayacak şekilde olması ve sertliğinin elimizi yumruk yaptığımızda başparmağımızın altında kalan et dokusunun sertliğinde olması gerekir. Zira massenin su oranı şekillendirmeyi etkiler. (Melzer 2006)

—Massede kullanılan su miktarına göre presleme yapılır

—Sineke ile masse arsındaki hız farkı yüksek olmamalı, yoksa vida seklinde massede tabakalaşma olur.

—Presleme şinekesi ile silindir arasındaki mesafe çok küçük olmalı aksi takdirde geri dönüş artar ve kapasite düşer.

—Aynı partideki masselerin strangtan çıkış hızı da aynı olmalıdır. Aksi takdirde numune ebatlarında veya hacim ağırlığında değişme olacağından teknik özelliklerin tespitinde tutarlılık olmayacaktır. (Öztürk , Praktikum Freiberg 2006)

2.6.2.5. Vakum Pres:

Vakum prese gelen çamurlarda istenilen mal ebadına göre kesim havasının alınması gerçekleştirilir.

Vakum presinin çalışma prensibi; sonsuz dişli burgu aracılığı ile sıkıştırılan plastik çamurun, makinenin daralan ağız kısmına takılan istenen kesiti veren ağızlıklardan şekillenerek çıkması esasına dayanır.

Bu tür preslerde, çamur bir bant aracılığı ile üst girişten doldurulur. Bu bölmede bulunan çok sayıda dişli burgu aracılığı ile çamurun ön karıştırması yapılarak vakum odasına ulaşması sağlanır. Burada havası alman çamur silindirik presleme bölgesinde hep aynı yöne dönen çok sayıda dişli ikinci bir burgu aracılığı ile sürekli olarak sıkıştırılarak çıkışa doğru itilir. Çamur buradan da arkadan sürekli yapılan basıncın etkisiyle ağza takılmış profilden şekillenmiş olarak ortaya çıkar. Çıkan şekillenmiş çamur, istenen boyutlarda kesilerek son şeklini alır. (Arcasoy 1983). Vakum presten çıkan yarı şekillenmiş parçaların nem oranı % 19–22 arasındadır.

Vakum preste bazı pres hataları ortaya çıkar. Bu hataların en önemlisi ağızdan çıkan çamurun içinde itici burgunun neden olduğu S şeklindeki dokudur. Bu olay çoğu zaman gözle fark edilmez. Fakat çamurla şekillendirilmiş parçalar daha kururken oluşan hatayı belli edecek biçimde çatlar. Söz konusu hataları önlemek için ağza yakın yerlerde kanatlı burgular kullanılır. Düzgün bir itiş olması içinde ağız kısmının bazı yerlerinde sürtünme artırılır. Böylece kil kütlelerinin kıvrılarak çıkması önlenmiş olur.(Arcasoy 1983)

Vakum presten istenilen mal ebadına göre kesilen kütlelerin önce keskin kenarları yuvarlatılır. Daha sonra kütlelerin iç yüzeyi şekillendirilir. Malın cinsine göre iç ve dış delikleri delinir.

İç yüzeyinin yani izolatörün eteklerinin yapılması için preslerden ve alçı kalıplardan yararlanır. Alçı kalıp içine konulan çamur kütlelerine, presler yardımıyla ağırlık uygulanarak alçı kalıbın içine iyice yerleşmesi sağlanır. Daha sonra negatif şablonlar yardımıyla iç şekillendirilmesi yapılır. Şekillendirme bittikten sonra şekillendirilen yüzey sünger ve ile rötuşlanır.

İç şekil vermede punch preslerden yararlanılır. Vakum preste istene boyutta kesilmiş kütle, presin metal kalıbına oturtulur. Daha sonra presin döner silindirler yardımıyla ürünün iç delikleri delinir, yarı yarıya şekillenmesi sağlanır. Presin silindirik dönen kısmı çamurla yapışmaması için ve daha kolay şekillendirilebilmesi için yağ, gaz karışımıyla yağlanmalıdır. Yarı yarıya şekillendirmesi sağlanan kitlelerin negatif şablonlar yardımıyla iç şekillendirilmesi yapılır. Bu tip şekillendirme özellikle alçak gerilim izolatörlerinin şekillendirilmesinde kullanılır (Yavuz 1994)

2.6.3. İzolatörlerin Kurutulması:

İzolatör üretim teknolojisinde kurutma, önemli ve özel dikkat isteyen bir işlemdir. Kurutmanın amacı, şekillendirmeden çıkmış, massenin bünyesindeki suyun uzaklaştırılmasıdır.

Isıtma yavaş yavaş yükselen ısı ve yüksek hava nemi ile sağlanır. Kurutma gövdenin içinden dış cidara doğru olmalıdır. Dolayısı ile bu işlemin dış satıh kabuklaşması, büzülmesi, deformasyonu olmaksızın gerçekleşmelidir.

Bir seramik çamurunun içinde yoğrulma suyu üç durumda bulunur:

—Yüzey Suyu: Kil taneciklerinin yüzeyini film şeklinde saran sudur.

—Por Suyu: Taneciklerin arasında bulunan sudur.

—Emme Suyu: Kil taneciklerinin yüzeyinden içeri emilme yoluyla giren sudur. Çamurdaki plastikliği sağlar. Kurutma sırasında çamurdan en zor ayrılan emme suyudur.

Kurutmaya etki eden etmenler kısaca şöyledir

—Çamurun tane büyüklüğü ve dağılımı

—Çamurun bünyesindeki hammaddelerin mineral türleri

—Bünyedeki eriyen tuzların olup olmadığı

—Moleküllerin yapısal düzeni.

—Çevrenin rutubet koşulları

—Ortamdaki hava sıcaklığı

—Kurutmaya giren malların boyut, şekil, su oranlarında beraberlik. (Arcasoy 1983)

Kurutma sırasında bünyelerde; Çatlama, Kılcal çatlak, Renk lekeleri ve Tabaka oluşumu gibi hatalar meydana gelebilir

Kurutmada Hasar Meydana Gelmemesi İçin:

—Kurutmada, birinci kurutma aşaması yavaş yapılır ve suyun mümkün olduğunca yüzey kısımda buharlaşması sağlanmalıdır.

—Kurutmanın devamında kurutma hızlandırılır. İlk başta düşük sıcaklık yüksek nem, daha sonra yüksek sıcaklık düşük nemli ortamlarda kurutma işlemi yapılır. —Çatlama ve çarpılmaları önlemek için yüzeyin hızlı kurumasını önlemek gerekir. Açık alanlarda güvenli bir kurutma yapılamayacağından kurutma kapalı alanlarda yapılmalıdır. Sadece kapalı ortamlar da yüksek nem oranı sağlandığında hızlı kurutma yapılır. Kurutma ızgara plakalar üzerinde yapılırsa daha iyi ürünler elde edilir. (Devlez 2002)

Seramik Ürünlerde Farklı Küçülmenin Sebepleri Şunlardır:

- 1) Kullanılan hammaddelerin tane iriliği yada mineral bileşiminin değişmesi
- 2) Çamur hazırlamada özellikle su içeriğinde oluşan değişimler
- 3) Kullanılan kalıplardan kaynaklanan hatalar
- 4) Pişirme bölgesindeki sıcaklık farkları, fırın atmosferindeki değişimler olabilir.

Kuruma Küçülmesini Azaltmak İçin Şu Tedbirler Alınmalıdır:

- 1) Mamulleri daha katı masseden yapmak
- 2) Hammadde reçetesinde, plastik olmayan iri taneli hammadde % arttırmak.
- 3) Kolloid materyaller daha fazla çekmeye maruz kaldığından kolloid özelliği az olan kil ve hammaddeleri kullanarak.
- 4) Maseye uygun derecede elektrolit ilave edilerek. (Devlez 2002)

2.6.4. İzolatörün Sırlanması:

Seramikte sır olarak adlandırılan madde seramik çamurunu ince bir tabaka şeklinde kaplayarak onun üzerinde eriyen cam veya camsı bir oluşumdur. Seramik sırası olarak

adlandırılan bu camların erime noktaları üzerine çekildiği çamurdan daima düşük olmalıdır.

Seramik sırlarında aranılan en önemli özellik üzerine çekildiği çamur ile normal koşullarda fiziksel ve kimyasal bağlar kurmasıdır. Bu bağların çeşitli nedenlerle iyi veya zayıf olmaları sonucu sırnın başarısı da belirlenmiş olur. Hatasız bir sır tabakası seramik çamurunun üzerinde genelde çatlamadan ve kavlamadan kalmalıdır. Sırlanarak kullanılan seramik ürünlerde sırnın çeşitli görevleri vardır.

En önemlileri şunlardır:

- Üzerine çekildiği çamuru sıvılardan ve gazlardan yalıtır,
- Çamura etki eden çeşitli mekanik güçlere karşı çamurun dayanma gücünü artırır.
- Çamur üzerinde parlak ve kaygan bir yüzey oluşturur.
- Renkli pişme gösteren çamurların üzerinde örtücü bir tabaka oluşturur.
- Estetik değerini artırır.
- Sır alına uygulanan dekorasyonu koruyup, bu karışımın gerektirdiği sıcaklıkta eritilmesi sonucu elde edilir.

Pişme sırasında sırnın eritilmesi tek bir noktada olmayıp, sırnı oluşturan silikat karışımının sinterlenmesine bağlı olarak kimyasal bir reaksiyon boyunca yavaş yavaş olur. Artan sıcaklık ile birlikte sinterleşme giderek cama dönüşür ve bunun sonucunda sır artık akışkan olur. Sırnın donmuş ve katı duruma gelmesi için de bu oluşumun tersine olması yani soğuma işlemi gereklidir. (Arcasoy 1983)

2.6.4.1. Alçak Gerilim İzolatörlerinin Sırlanması:

Kurutmadan çıkan izolatörler işletmeden sırlamanın yapıldığı bölüme getirilir. Kurutma arabalarından boşaltılan ürün gözle kontrol edilir. Hatalı izolatörler ayrılır. Üst yüzeyin çok küçük hataları bıçakla tekrar rötuşlanır. Daha sonra kuru parçalar ıslak sünger ile silinir. Böylece yüzeyin hafifçe nemlendirilmesi sağlanır. Sırlamanın daha kolay ve iyi bir şekilde olması için bu işlem çok önemlidir. Sırlama tahta destekler üzerine yerleştirilmiş, bombesi ayarlı sır teknelerine izolatörlerin daldırılmasıyla yapılır. Sır devamlı karıştırılarak hareketli tutulur. Daldırma, hareketli çubuklar ile yapılır. Otomatik olarak işleyen bir sistem söz konusudur. Sırlama esnasında iç kısımların

sırlanmamasına dikkat edilir. Sırlanmış izolatörün pişme esnasında oturacağı yüzeyin süngerle sır alınır. Böylece sırlı parçanın fırın arabasının plakalar yapışarak zayi olması engellenmiş olur.

2.6.4.2.Yüksek Gerilim İzolatörlerinin Sırlanması:

Kurutmadan çıkan izolatörler kurutma arabalarından boşaltılır, gözle kontrolü yapılan mamullerin küçük hatalar taşlama kâğıdı ve ıslak sünger kullanılarak rötuşlanır. Hatalı parçalar ayrılır. Sırsız kalması istenilen kısımlar parafinlenerek sır emmesi önlenir. Sırlanacak parçaların yağsız, tozsuz oluşu ve litre ağırlığının belli bir düzeyde tutulması dikkat edilecek en önemli hususlardandır. İstenilen litre ağırlığı 1430 g/l civarındadır.

Sırlama yine daldırma metodu ile olur. Sırlanan parçaların, metal aksanlarıyla en iyi şekilde bağlanması kuşlama işlemi ile olur. Kuşlama izolatör çamurundan oluşturulan iri taneli kum haznesinde, sırla nemlendirilmiş izolatörün baş ve/veya ayak kısımları arasında olur.(Yavuz 1994)

Sırlama işlemi ile biten izolatörlerin üzerine aşağıdaki bilgiler kolayca okunabilecek ve silinmeyecek şekilde işaretlenir.

- Alıcının sipariş numarası
- Yüzeysel kaçak yolu uzunluğu
- Yıldırım darbesi dayanım gerilimi.

Sırlamadan ileri gelen hataları şöyle sıralayabiliriz:

- Sırın Büzülmesi: Kirli mallarda ve çok ince öğütme sonucunda ortaya çıkar. Hatayı önlemek için malların iyi rötuşlanması ve tane iriliğinin iyi ayarlanması gerekir.
- Sır Akmaları: Hatalı sırlama ve yoğunluğun fazla olması nedeniyle olur. Sırlanan parçaların sır kalınlığı iyi ayarlanmalıdır.
- Taban Yapışma: Malın pişme tabanında sır kalması ve fırın plakalarının kirli olması sonucu, pişme esnasında mal bulunduğu tabana yapışır. Fırın plakalarının temiz olması ve alümina tozu ile kaplanması gerekmektedir.(Yavuz 1994)

2.6.5. İzolatörlerin Sinterlenmesi:

Şekillendirilmiş seramik çamurların suya ve kimyasal maddelere dayanıklı, kararlı bünyelere dönüştürülebilmeleri için bileşimine ve niteliklerine göre 700–2000°C arasında en az bir kere pişirilirler. Bu asamadan sonra sırlanacak ise sırnın gelişmesi için ikinci kez, sır üstü dekorlanacak ise boyaların cinsine ve olgunlaşma derecelerine göre üçüncü ve dördüncü kez de pişirilebilirler.

Sırlanacak bünyeler üç şekilde pişirilir.

- a) Bisküvi pişirimi yüksek sıcaklıkta yapılır. Daha sonrada sırlanarak ilkinden daha düşük sıcaklıkta sırnın gelişmesi sağlanır.
- b) Bisküvi düşük sıcaklıkta pişirilir. Daha sonra sırlanarak bünye ve sır beraberce yüksek sıcaklıkta olgunlaştırılır.
- c) Sır pişmemiş bünyeye uygulanır ve tek pişirmede geliştirilir. Seramik üretiminde geliştirilir. Seramik üretiminde pişirme en önemli süreç olup, iyi ürün elde edebilmek için pişme hızı denetlenmeli, fırında uygun bir sıcaklık dağılımı olmalı, pişme süresi iyi seçilmeli ve soğutma denetim altında tutulmalıdır

2.6.5.1. Pişme Süresini Belirleyen Etkenler

a) Bünye Bileşimine Bağlı Olan Etkenler

- Serbest, hidroskobik ve kimyasal suyun uzaklaştırılması
- Organik safsızlıklar ve ortama eklenen kimyasal karışımların yanarak ortamdan uzaklaşması
- Kükürtlü safsızlıkların yanarak uzaklaşması
- Bünye bileşenlerinin azalıp çoğalması
- Kademeli hacim değişimleri
- Isıtma ve soğutma süresinde ortaya çıkan dönüşümlere bağlı ani hacim değişimleri
- Olgunlaşma sıcaklıklar

• **b). Būnyeye Hazırlanmasına Baęlı Etkenler**

- Harmanda tane iriliği ve dağılımı
- Őretilecek malzemenin geometrisi
- Açığa çıkan gazların uzaklaştırılması için gerekli geçirgenlik ve ısı iletimi

c). Pişirme Yöntemine Bağlı Etkenler

- Fırın ve maddenin ısıtılması için gerekli zaman ve sıcaklık
- İstenilen sıcaklığa ulaşmak için gerekli zaman ve sıcaklık
- Isıtmanın kontrol edilebilirliği. (Doğan 1985)

d). Sır Pişirmesine Bağlı Etkenler

- Būnyenin homojen ısıtılması ve soğutulması
- Sırın yüzeye yayılmasından önce karbon bileşiklerinin yakılarak yok edilmesi
- Viskozite düşürölmeden būnyede akacak şekilde sırın olgunlaştırılması.

Sinterleme prosesi üç ana bölüme ayrılır:

Isıtma Bölümü: Malzemenin oda sıcaklığı ile sinterlemenin yoğun olarak başladığı sıcaklık arasındaki sıcaklık bölgesini kapsar. Bu bölümde ısınma sonrası pişirme teknolojisi önlemleriyle sinterleme sıcaklığında sıcaklık dengelemesi yapmak gerekir.

Pişirme Bölümü: Sinterlenmiş malzemenin oluşturulması için gerekli reaksiyonlar ısıtma sırasında malzemenin karışımına bağlı olarak gerçekleşir.

Bu reaksiyonlar:

a) Yapıya emilmiş artık suyun yok edilerek kurutulması

- b) Hammadde içerisindeki organik maddelerin veya bünye içerisine ilave edilmiş plastikleştirici ve bağlayıcıların yakılması
- c) Modifikasyon değişimi
- d) Tuz ve oksitlerin termik olarak parçalanması
- e) Primer mineral oluşumu: Başlangıçtaki malzemelerin oksitlerinde ergime olmadan meydana gelen reaksiyonlar yardımıyla zaman içerisinde değişmez reaksiyonlar oluşur.
- f) Kendi kendine difüzyon: Tek bileşimli sistemlerde toz taneciklerinin arasındaki tane sınırlarında oluşan difüzyonlar.
- g) Primer erime: Azami erime kabiliyeti veya düşük sıcaklıklarda oluşan her bir elemanın erimesi.

Soğutma Bölümü: Malzemede yukarıda istenilen bütün reaksiyonlar oluşmuş ise teknolojik olarak sinterleme bitmiştir. Soğutma bölümünde malzeme enerji taşınmaz ve malzeme soğur. Her ne kadar sinterleme bitmişse de malzeme de soğutma fazında yapıyı etkileyecek reaksiyonlar devam eder. Bu reaksiyonlar:

- a) Kristalleşmiş bölgelerde yapı değişimleri olur.
- b) Doymuş eriyik bölgelerinde sekonder kristalleşme oluşur ve artık cam fazı kalır.
- c) Erimiş bölgeler tamamen kristalleşir.
- d) Erimiş bölgelerin cam türü katılaşması gerçekleşir.

Bu reaksiyonlar soğutma fazının çerçevesini oluşturur. Isıtma ve soğutma fazında kısa zaman aralıkları istenildiği takdirde oluşan gerilimler malzemenin mukavemetini etkileyerek çatlaklar oluşmasına sebep olur. Bunun için zaman aralıkları oldukça iyi dengelenmeli, homojen bir ısınma ve soğutma gerçekleştirilmelidir.(Yavuz 1994)

İzolatörler sırlandıktan sonra yüksek sıcaklığa dayanıklı tuğlalardan izolatör ebatlarına uygun yapılmış arabalar homojen şekilde yerleştirilir. Fırın araba plakalarının üzerinin izole edilmesi için Alüminyum oksit tozu serpilir (bu toz üzerine konan mamullerin yapışmasını engellemek amacıyla kullanılır). Ayrıca arabalarda pişirme sıcaklığını tespit etmek üzere seger konileri (12.13.14 nolu segerler) ilke mamullerin pişmesine yardımcı olacak özel yardımcı destekler kullanılır.

Yardımcı malzemeler pişme zayıyatını önleyecek ve aynı yerde daha fazla mamul pişmesine imkân verecek şekilde seçilir. Ayrıca pişme bölgesinin ileriye veya geriye kaymasını önleyerek tespit edilen rejimin muhafazasını temin ederler. Porselen izolatorların pişirilmesi tünel fırınlarda gerçekleşir. Uzunluğu 20–200 m, tünel şeklinde yapılmış prosesle çalışan fırınlara tünel fırın denir. Süratli, verimli ve ekonomik oluşları nedeniyle pişirmede büyük avantajlara sahiptirler.

Fırını oluşturan üç önemli bölgeden ön ısıtma bölgesi, fırının girişinde bulunur ve yanma bölgesinde oluşan sıcak gazların buraya yöneltilmesi ile ısınır. İyi ısıtılmayan mallar pişme hatalarına yol açar. Ateş bölgesi, fırın ortasında bulunur ve mal burada en yüksek sıcaklığa erişerek pişer. Soğuma bölgesi ise, fırının ateş bölgesinin sonunda başlayıp çıkışa kadar olan bölgesidir. (Arcasoy 1983).

Tünel fırının kapasitesi uzunluğuna, genişliğine, yüksekliğine, fırın zamanına ve malzemenin araba üzerindeki dizilme şekline bağlıdır. Aşağıda sayılan hallerde fırında infilak söz konusudur:

- a) Brülörlere hiçbir primer hava gelmediği zaman
- b) Bacada hiç emme olmadığı zaman
- c) Havanın basıncı gazdan fazla olduğu zaman

2.6.6. İzolatörlerin Metallenmesi:

Metal takviyeleri yapılacak olan fırınlardan çıkmış izolatorlar rutin test laboratuvarına getirilir.

Yüksek frekans ve endüstriyel frekans deneylerinden hata tespit edilmeden çıkan izolatorlar metallenme kısmına alınır.

Metal takviyeli porselen izolatorların yapısında farklı ısıl genişleme katsayılarına ve fiziksel özelliklerine sahip seramik ve metal malzemelerin birleştirilmesi söz konusudur.

Metal ile porselenin birleştirilmesi dikkatlice olmalıdır. Elektrik taşıyan sistemlerde metal parçalar ısınır ve genişir. Hava şartlarına bağlı soğuma sırasında ise metal parçalar aşırı soğuyabilir ve hacmi küçülür. Böyle bir durumda porselen kısmın aşırı mekanik yük altında kalabilir. Özellikle bu gibi hallerde metal kısmın seramik parçanın

içinde olması daha dikkatli olmayı gerektirir. Yüksek gerilim izolatörlerinde metal parçalar, seramik parçalara yapıştırma malzemeleri ile birleştirilir. Bu birleştirme metoduna malzeme kaynama bağlantısı denir. Yapıştırıcı, metal ile porselen arasında düzgün olmayan boşluğu tamamen doldurur ve katılaşma ile yüzeydeki her türlü mikroskobik pürüzleri sarar. Kuvvetler mekanik olarak tüm yapıştırılan yüzey üzerine ideal olarak dağılır. Yüzey yapısı konik veya diğer bir ayrı yapıda olabilir. Parçalar yerleştirilen pim sayesinde dönmeye karşı emniyetlidir. Yapıştırılacak yüzeyler büyük ölçüde sabit sırlanmış porselen parçacıkları olarak (kumlanmış) üretilmektedir.(Çerçi 2006).

Önemli olan bir noktada yapışkan yüksekliğidir. Yapışkan yüksekliği tecrübelerle göre gövde çapının en az %70'i kadar olmalıdır.

Yapışkan bağlantılardan çeşitli beklentiler vardır.

—Mekanik zorlama olarak: Az ve yüksek zorlanma.

—Hava şartları zorlamaları: İç ve dış yüzey zorlanmaları

—Çevre sıcaklığı zorlamaları: Normal, yüksek ve çok yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklılık

—Basınç zorlamaları: Yüksek basınç, vakum sızdırmadığına karşı dayanıklılık istenir.

Yapışkan birleştirme metotlarında organik ve inorganik yapışkanlar kullanılabilir.

Uygulamaya göre ikisi arasında seçim yapmak mümkündür.

1- Portland Çimentosu: Porselen parçaları kuvars kumu ve suyla pele kıvamına getirilinceye kadar karıştırılır. Bu karışım, konulacak yere uygun spatul veya sarsıntı verici aletlerle bastırılır. Avantajı yüksek mekanik mukavemet değeri elde edilmesidir. Dezavantajları ise; Sertleşme ve mukavemet kazanması uzun zaman alır. Bu süre içinde parça nemli bir şekilde tutulmalıdır. Portland çimentosu aşınmaya ve yağa karşı dayanıklı değildir.

2- Eriyik Çimento: Kum ve kükürt karışımının 130°C ye kadar ısıtılması ve ergiyen karışımın sıvı şekli ile kullanılacak yere dökülmesi ile uygulanır. Avantajı; sertleşme birkaç dakika içerisinde gerçekleşir. Yapışkan elastik ve hava şartlarına karşı dayanıklıdır. Seramik ve metal yüzeylere uyumu ve mekanik yüklenmesi iyidir.

Dezavantajı ise sadece çinko kaplanmış metal parçalarda kullanılabilir (kükürt demir ile korozyona kolayca uğrayarak bileşikler meydana getirir). Yağ ve sızdırmazlığa karşı dayanıklı değildir. Yüksek sıcaklıklarda yapışkan birleşimi bozulur.

3- Sert Kurşun: (Kurşun + %6-%10 antimon) Avantajları; çabuk sertleşmesi, basınç altında şekil değiştirmesidir. Bu sebepten kuvvet iletimi iyidir. Yüksek çalışma sıcaklıklarına izin verir. Dezavantajları ise döküm sıcaklığı 350–400°C'dir. Birleştirilecek parçaların ön ısıtmaya tabi tutulması gereklidir.

4- Yapay reçineler: Avantajı; Yüksek mukavemet. Dezavantajları ise çalışma sıcaklığı sınırlı olması ve yağlama tehlikesinin olmasıdır.

5- Mermer Çimentosu: Avantajları; Yüksek mekanik mukavemet, aşınmaya karşı mukavemetli olmasıdır. Dezavantajı ise birleşmenin oluşmasının 1–2 haftada gerçekleşmesidir.

6- Lehimli Bağlantılar. Metal püskürtme yöntemi ile parça üzerinde metal katmanı oluşturur. Sonra metal katmanı galvano tekniği ile kalınlaştırılır. Dezavantajları ise mekanik mukavemet azdır ve yağ sızdırır.

İnorganik yapıştırıcılarda birleşmenin kuruması ve sertleşmesi genellikle kimyasal reaksiyonlarla gerçekleşir. Eriyik şeklindeki yapıştırıcılarda kuruma ve sertleşme fiziksel olaylarla olur.

Boşluk izolatörlerde genellikle Portland çimentosu kullanılır. Portland Çimentosunun kuruması uzundur, fakat hava muhalefetlerine dayanıklılığı ile bilinir. İç kısımlarda kullanılan izolatörlerde ise, genellikle hızlı kuruyan yapışkanlar, örneğin mermer çimentosu kullanılır. Son zamanlarda her iki durumda da kullanılabilecek hızlı işlerliğin avantajından dolayı eriyen yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Yapıştırıcısız bağlantılar daha çok Transformatörlerde kullanılır. Sebebi ise; bağlayıcı flanşların aynı zamanda, yağ sızdırmalarına karşı tıpa vazifesi görmesidir. Yapışkanlı bağlantılar sızma ihtimali olduğu için bu istekleri yerine getiremezler. (Yavuz, 1994)

2.6.7. Kalite Kontrol:

İşletmedeki kalite kontrol ekip işini gerektirir. Kalite kontrol ekibi üretim safhalarındaki, çamur hazırlamadan başlayarak ambalajlamaya kadar olan kısımda görev alır. Bu bölümde üretim hataları tespit edilerek, ilgililere rapor edilir. Böylece üretimde etkinlik ve verim sağlanmış olur (Çerçi 2006.).

Ürünlerin kalitesi ve tüm proses içinde testleri son senelerde rekabetin değişmez kriterleri olmuştur. Bu gelişmelerin dokümanları, karşılaştırılan normlar ile olur, (ISO 9000–9004) Bu normlar pazarlamadan servise kadar tüm prosesleri kapsarlar. Yani proses safhalarında pazarlama, araştırma, geliştirme, satın alma, üretim ve müşteriye yönelmeye kadar kalite güven sistemini yerine getirmelidir.

2.6.8. Ambalajlama:

İzolatörler indirme ve bindirmeye uygun olacak şekilde mukavemete sahip ağaç sandıklarla ambalajlanır ve ağaç bantların üzerinden çelik şeritlere sarılır.

Sandıklar aşağıdaki bilgileri içeren, harici hava koşullarında bozulmayacak ve silinmeyecek madeni plakalarla etiketlenmelidir.

— İmalatçının ismi ve sembolü:

— İzolatörün cinsi:

— İmalat tarihi:

(Ay ve Yıl)

— İmalat seri numarası:

(imalattan çıkış sırasına göre)

— Test Rapor Tarihi ve Numarası:

2.7. İzolatör Üretim Prosesleri Esnasında Uygulanan Deneyler

2.7.1. İzolatör Yapımında Kullanılan Hammaddelere Uygulanan Testler

İzolatör çamurlarının ana hammaddelerini oluşturan kil ve kaolinlere kullanım amaçlarını belirleyecek bir dizi deney uygulanır. Bu deneylerin bir kısmı aynı zamanda kuvarsa ve feldspatlara da uygulanmaktadır. Kil ve Kaolinlere uygulanan deneyler aynı olup sayıca özsüz seramik hammaddelere (kuvars, feldspat alümina) uygulanan deneylere oranla daha fazladır (Yavuz 1994). Her hammaddeye doğadan çıktığı şekliyle uygulanan ön deneyler vardır.

2.7.1.1. Gözle Kontrol:

Hammaddenin doğadan çıktığı andaki rengi tespit edilir. (Yavuz 1994)

2.7.1.2. Asit Testi:

Mamul yapımında kullanılan killerin bir kısmı bünyesinde kalkerli kalsit bulundurabilir. Seramik üretiminde kalsit hammadde olarak kullanılmaz. Çünkü gaz çıkışı yapıp gözenek bırakacağından dolayı kalker içeren bileşimler bünyenin teknik özelliklerinde olumsuz değişkenliklere neden olur. Bunun için Kireç ve kalsiyum karbonat yapıda var olup olmadığının bilinmesi gerekir. Hammadde üzerine HCl (hidroklorik asit) damlatılır. Hammaddede köpürme oluyorsa bu kalsiyum karbonatın varlığını gösterir. (Kartal 2003)

2.7.1.3. Nem Tayini:

Hammaddelerin rutubet oranını bilmek; hem tartarken hem de optimal su oranında gerekli ayarlamayı yaparak killerin orijinal durumunda kullanılması yönünden önem

taşımaktadır. Bilhassa şekillendirme seramik hammaddelerin nem oranını kontrol etmek çok önemlidir. (Bıyık 2004)

Seramik mamuller birden fazla hammaddeden oluşur. Dışarıda ocaklardan çıkarılır. Reçetede madde miktarı bazında alınır. Stok sahasında maddeler kar, yağmur veya çok sıcak altında kalabilir. Hammaddenin içerdiği serbest su miktarı bilinmelidir. Numune yığın içerisinden daha çok iç kısımlarından alınarak teste tabi tutulur. Yazın 35-40°C de bile nem bulunmaktadır.

Numuneler 110 °C' de tartılır.(m_n) Kurutulur ve bir desikatörde soğutulur ve tekrar tartılır.(m_k) Nem oranını kuru maddenin yüzdesi olarak vermek daha uygundur.

$$\%Nem = \left(\frac{nemliagirlik - kuruagirlik}{nemliagirlik} \right) \times 100 \quad (2.1)$$

Tam sonuç almak için hammadde ince taneli hale getirilir. Bu daha rahat kurumayı sağlar. (Bıyık 2004)

2.7.1.4. Pişme sonrası renk ve Bünye Kontrolü:

Bütün hammaddelerden alınan örneklerin daha verimli sonuç vermesi bakımından en uygunu üretimin yapıldığı fırında, aynı fırın atmosferinde ve sıcaklığında pişirilerek pişme rengi kontrolü yapılır. Kil, bej ve gri renklerde, kaolin ise beyaz ya da krem-sarı renklerde dir. (Çerçi 2006)

2.7.1.5. Litre Ağırlığı:

Kil ve kaolinlerden sulu çamur hazırlarken kullanılan su miktarının en anlaşılır şekilde belirlenmesi ve standartlara uygunluğunun kontrolü çamurun litre ağırlığının ölçülmesi ile yapılır. 1 litre hacmindeki süspansiyonun ağırlığına litre ağırlığı denir. Bu ağırlık piknometre ile ölçülür. Piknometre içine süspansiyon konulur. Kapağı kapatılır.

Kapaktaki delik olan kısımdan fazla kısım dışarı çıkar. Fazla süspansiyon silinir ve tartım alınır. Piknometre hacmi genelde 100cc`dır.(Kartal -2003)

$$\text{Yoğunluk} = (\text{net tartım} - \text{piknometrenin darası}) * 10 \quad (2.2)$$

2.7.1.6. pH ölçülmesi:

pH kontrolü sulu çamurun karakterini belirtmek için yapılır. Asidik veya bazik karakterde olduğu tespit edilir. Bu işlem pH ölçer tarafından yapılır, pH değeri 7'nin altında ise çamur asidik, 7 ise nötr, 7nin üstünde ise bazik karakter gösteriyor denilir.(Yavuz 1994)

2.7.1.7. Tane Boyut Dağılımı:

Ham killer incelenirken; tane büyüklüğüne göre ayrımı ve tespiti ana mineral tiplerinin ayrımında oldukça yardımcı olur. En ince tane büyüklüğüyle ilgili bilgi, aktif kolloid kil hakkında bilgi verir.

Tane büyüklüğü, katı faz reaksiyonlarında oldukça etkisi olup iri taneli olunca daha büyük yüzey alanı olmakta, reaksiyon daha hızlı olmakta ve buna benzer katı sıvı reaksiyonlarında etkisi vardır. Bu nedenlerle, yüzey alanı ile bilgi çok önemlidir.

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

- 1- Çap
- 2- Yüzey alanı
- 3- Tane büyüklük dağılımı.

Seramik sanayinde kullanılan parçacık boyut aralığı nanometre boyutunda santimetre boyutuna kadar değişebilen geniş bir aralığı kapsar. Parçacık boyutunun tanımında genelde parçacık çapı terimi kullanılıyor olmasına rağmen hiçbir parçacığın gerçek anlamda küresel olmaması bu terimle ne ifade edilmek gerektiğini açıklamayı gerektirir.

Uygulamada en fazla kabul gören tanımlama eşdeğer küresel çap olup bu da parçacığın en uzun boyutunu küre kabul eden tasarımsal küresel parçacık çapıdır.

Parçacık boyut analizinde kullanılan yöntemler boyut dağılım aralığına göre farklı olup en çok kullanılan klasik yöntem elek analizidir.(Bıyık 2004)

2.7.1.8. Elek Analizi:

Seramik hammaddelerinin tane boyutlarının dağılımı oranlarının tespiti için yapılan bir işlemdir. Plastik olmayan hammaddelerin tane iriliğinin belirlenmesinde kuru elek analizi, plastik olan hammaddelerin tane iriliklerinin belirlenmesinde yaş elek analizi yapılır. Tane boyutuna göre ayırım yapmak ana mineral tiplerinin ayırımında oldukça yardımcı olur. (Çoruk 2006)

Taş > 20 mm

Çakıl 20-2 mm

Kaba kum 2-0,2 mm

İnce kum 0,2- 0,02 mm gibi

Ön kırma ve ufalama işlemlerinden geçen kuru hammaddeden 100 g. alınır. Yaklaşık 450 ml su ile pervaneli açıcıda açılır. Bu işlem sonunda hazırlanan hammadde titreşimli elek aygıtından bol su ile süzülür. Elek analizi için kullanılan elekler, üst üste sıralanırlar ve yukarıdan aşağıya doğru 90 ve 63 mikronluk elekler seçilir.

Süzme işleminin sürdürülmesi sırasında titreşimli elek aygıtına üstten sürekli su verilerek belli bir titreşim altında aygıtın altında, aygıtın en altındaki elekten berrak su gelinceye kadar devam edene dek çalışması sağlanır.

Her bir elek üzerinde biriken kalıntılar, aygıt durdurulduktan sonra, önceden tartımı yapılmış olan özel cam kaplara alınır, bu kaplar etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulur, İkinci dolu tartım ile birinci boş tartım arasındaki fark doğrudan % olarak her elek üzerinde kalan kalıntının miktarını gösterir.(Arcasoy, 1983)

2.7.1.9. Tane İriliği Deneyi:

Elek analizi ile saptanamayacak kadar küçük kil tanelerini ve bunların dağılım oranlarını saptamak amacıyla genel olarak sedimantasyon analizi (çökeltme analizi) adı altında toplanan çeşitli deney tüpleri vardır. Bunların en çok tanınanları ve uygulananları Andreasen ve Casagande deneyleridir. Bu deneylerde ortak olan yön tane büyüklüklerinin ve bu büyüklüklere göre dağılım oranlarının stok kanununda yer alan yerçekimi esasları içinde saptanmasıdır. Andreasen deneyinde, özel olarak sulandırılmış kilden $3/4$, $2^{1/2}$, $7^{1/2}$, 23, 72..inci saatlerde örnekler alınarak tartım yapılır. Casagande deneyinde ise, areometre ile 7, 5, 15, 30, 60, 120 ve 300ncü dakikalarda ölçüm yapılır. Bu sayede killerin tane büyüklükleri 0,3 ile 0.0003mm aralığında oranları ile saptanabilir.(Arcasoy 1983).

Teknolojinin de gelişmesiyle tane boyut dağılımını belirlemede yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan biride LS (laser straw light) tane boyut ölçme analizidir. Resim 2.3 te LS tane boyut ölçme cihazının görüntüsü verilmiştir.



Resim 2.3: LS (laser straw light) tane boyut ölçme cihazı

LS tane boyut ölçme cihazı ile $0,4\mu\text{m}$ ile $2000\mu\text{m}$ arasında bulunan süspansiyondaki taneciklerin tane boyut dağılımını belirlenir.

2.7.1.11. Dilatometre Deneyi:

Dilatometre aygıtı ile malzemenin sıcaklık genişmesi ve küçülmesi ölçülür. Dilatometre denemesi yapılacak olan kil deneyi şu şekilde yapılır. Harmanlanması ve ön ufalaması yapılmış kilden bir miktar alınarak su dolu bir kap içinde en az 2 saat bekletilir. Sonra plastik şekle getirilerek öngörülen kilden bir plaka şekillendirilip, bu plakadan yaklaşık 60 mm boyunda, kursun kalem kalınlığında parçalar kesilir. En çok 40 °C` de kurutulan çubuklar, 50mm uzunluğuna gelinceye kadar özenle rötüşlanır. Dilatometre Fırınının dakikada 10 °C bir hızla ısıtılmasıyla, deney çubuğunun gösterdiği reaksiyonlar, elektronik devreler ile düzenlenen bir sistemle yazıcıya aktarılır. Bu yazıcı da hammaddenin termik eğrisi ve sıcaklık yükselmesi aynı anda görülür. Elde bulunan her hammaddeye ait test eğrileri ile karşılaştırılan dilatometre eğrilerinden, işletmeye sürekli gelen bir hammaddenin değişikliğe uğrayıp uğramadığı izlenebildiği gibi, her bir mineral de ayrı ayrı tanınabilir. (Yavuz,1994)

2.7.1.12. Kimyasal Analiz:

Seramikte gereksinim duyulan kimyasal analiz inorganik niteliksel ve niceliksel kimyasal analizlerdir. Klasik inorganik analiz yönteminde, birbirini izleyen reaksiyon gruplamaları ve bunların ayrımları yapılır. Bu ayırım yöntemi analitik kimyanın esasını oluşturur.

Günümüz modern analiz yöntemleri ile aygıtları ile çabuk sağlıklı ve güvenilir kimyasal analizler yapılmaktadır. Bu modern analiz tekniklerinden biride Enrgy Dispersive X-Ray Analizi (EDX) analizidir. EDX analizi ile hammadde veya malzemede elementsel ve buna bağlı oksit analizi yapılır. İçerisinde bulunan oksitlerin miktarları % mol cinsinden ve % ağırlık cinsinden belirlenir. (Öztürk Freiberg Praktikum 2006)

2.7.2 Şekillendirilmiş İzolatörlere Sinterleme Öncesi Yapılan Testler

2.7.2.1 Seramikte Çamur Hazırlama

Çamur hazırlama yönteminin seçimi ve seçilen bu yöntemin uygulanmasında oluşacak hatalar, sonuçta üretilen ürünün kalitesini olumsuz yönde etkiler. Çünkü hazırlamada yapılan hatalar, genellikle kuruma ve pişme sonunda ortaya çıkar. Çamur hazırlamada hammadde içindeki zararlı etki yapabilecek, plastikliği bozabilecek maddelerin ayrılması gerekir. Şekillendirmede kullanılacak olan çamurun homojenliği ile üretilen malların kuruma ve pişme sonrası problemleri belli koşullarda büyük ölçüde önlenir. Bu nedenle çamur hazırlamanın en zor aşaması olan karıştırmanın başarılı olması gerekir. Bu başarı, karıştırılan çamurun viskozitesi plastik veya az plastik komponentlerin varlığı, karışımın kuru, plastik veya sulu yapılması gibi faktörlerden etkilenir. (Çoruk 2004)

2.7.2.2. Çamurun Öğütülmesinin Kontrolü:

Değirmenlerden ve fitler presleri besleyen havuzlardan gelen çamurlardan günlük numune alınarak litre ağırlığı, elek analizi deneyleri yapılır. Farklı sonuç karşısında gerekli önlemler alınır.

2.7.2.3. Çamurların % Nem Miktarı:

Vakum presten çıkmış olan yas çamur ve kurutma odalarından gelen kuru çamurun yüzde nem oranı günlük olarak ölçülür. Kuru çamurun % nem oranını ölçmek için hassas nem ölçme cihazından yararlanılır. Vakum presten gelen plastik masse 110°C etüvde sabit tartıma gelene kadar (yaklaşık 2 saat) kurutularak % Nem oranı hesaplanır.

$$\%Nem = \left(\frac{\text{nemliagirlik} - \text{kuruagirlik}}{\text{nemliagirlik}} \right) \times 100 \quad (2.3)$$

2.7.2.4. Pfefferkorn Testi:

Süneklik, partiküllerin bir dış kuvvet sonucu şekillerindeki değişimdir. Burada bir hata söz konusu değildir burada kilin anizotropik özelliğinden kaynaklanan bir düzensizlik söz konusudur. Kil minerallerinin tane boyutu tane şekli katyon değiştirme kabiliyeti ve kalıntı su gibi yüzey özelliklerinden dolayı killerde böyle bir düzensizlik mevcuttur. Kil minerali içeren pastalar %15 ve %25 arasında su içeriğinde süneklik gösterirler. Sünekliği direkt olarak belirleyemeyiz bunun için bazı testler geliştirilmiştir. Bunlardan en geniş kullanılanı pfefferkorn metodudur. (Öztürk Praktikum Freiberg 2006). Prensipte olarak değişik oranlarda su ihtiva eden masseler belirli bir kuvvetin etkisine tabi tutulur Su miktarına bağlı olarak deformasyon tespit edilir. Bu testte strang prese 33mm çapında silindirik çıkış ağzı takılır ardından homojen haldeki havası alınmış pasta strang`tan geçirilerek 40mm uzunluğunda 5-6 kadar numune şekillendirilir. Şekillendirilen masse yatay bir disk üzerine konulup 184mm yükseklikten 1192 g ağırlığındaki düz zeminli disk masse üzerine bırakılır. Böylece şekil değiştiren massenin yüksekliği ölçülür. Orijinal yüksekliğin deforme olmuş yüksekliğe oranı deformasyon oranıdır.

$$D = \frac{h_0}{h_n} \quad (2.4)$$

D = Deformasyon oranı

h_0 = örneğin üzerine ağırlık düşürülmeden önceki boyu (ilk boy)

h_n = örneğin üzerine ağırlık düşürülmeden önceki. (son boy)

Yoğrulma suyu için gerekli miktar deformasyon oranı 2,0 olacak şekildeki su miktarında belirlenir. (Öztürk Freiberg Praktikum 2006). Bu interpolasyon nümerik metod ile belirlenebilir.

$$W_D = A_{w1} + \frac{A_{w2} - A_{w1}}{D_2 - D_1} \cdot (D_0 - D_1) \quad (2.5)$$

A_{w1}, A_{w2} =kuru maddelerin içindeki % su miktarı

D_1, D_2 = A_{w1} veya A_{w2} nin deformasyon oranı

W_D =% de gerekli olan yoğrulma suyu

$D_0 = 2,0$

Deformasyonun %20 olduğu noktadaki masse kıvamı plastik şekillendirme için optimum kıvamdır. Bu kıvamı sağlayan su miktarı plastisite değeridir

Pfefferkorn testine göre iyi bir şekillendirmenin olabilmesi için deformasyonun 1,4 – 2,5 arasında olmalıdır. Özellikle en iyi sonuç 1,6 ile 2,0 arasındır. (Öztürk Freiberg Praktikum 2006)

$$D = \frac{h_0}{h_n} = 3,3 \Rightarrow \text{ideal plastisite değeridir}$$

$$D = \frac{h_0}{h_n} = 2,5 \Rightarrow \text{ideal yoğrulma suyu değeridir.}$$

2.7.2.5. % Yoğrulma Suyu:

Plastik bir çamur oluşturulan kilden yoğrulma kıvamında iken mercimek şekline benzeyen iri bir parça şekillendirilir, Tartılır ve sabit tartıma gelene kadar kurutulur. Sabit tartımı saptanan kilin yoğrulma suyu şu şekilde hesaplanır.

$$\% \text{ Yoğrulma Suyu} = \left(\frac{\text{plastikagirlik} - \text{kuruagirlik}}{\text{kuruagirlik}} \right) * 100 \quad (2.6)$$

(Arcasoy 1983)

2.7.2.6. Kuru Küçülme:

Sinterlenecek numunelerin, sinterlenmeden önce yapılarındaki nemin yapıdan ayrılması gerekmektedir. Bunun için şekillendirilmiş numunelerin kumpas yardımıyla en ve boy ölçümleri alındıktan sonra 110°C lik etüvde sabit tartıma gelene kadar bekletilir. (2 saat) Kuru hale gelen bünyenin en ve boy uzunlukları tekrar ölçülerek kuru küçülme aşağıdaki formüller ile hesaplanır.

$$(\% \text{ Boyca Pişme Küçülmesi}) S_{bk} = \left(\frac{l_0 - l_1}{l_0} \right) * 100 \quad (2.7)$$

l_0 = Kurumadan önce belirlenen noktalar arası mesafe

l_1 = Kurumadan sonraki belirlenen noktalar arası mesafe

$$(\% \text{ Ence Pişme Küçülmesi}) S_{ek} = \left(\frac{b_0 - b_1}{b_0} \right) * 100 \quad (2.8)$$

b_0 = Kurumadan önce numune eninde belirlenen noktalar arası mesafe

b_1 = Kurumadan sonraki numune eninde belirlenen noktalar arası mesafe

$$(\text{Numunedeki } \% \text{ kuruma küçülme oranı}) X = \left(\frac{S_{bk}}{S_{ek}} \right) \quad (2.9)$$

Kuru küçülme; karışım suyuna, reçetedeki kil mineralinin miktarına ve çeşidine, tane boyutuna ve plastik olmayan komponentlerin miktarına bağlı olarak değişmektedir. Lineer kuru küçülmenin büyük olması deformasyona ve çatlamalara neden olacağından istenmez. (Öztürk Freiberg Praktikum 2006)

2.7.2.7. Ham Mukavemet Testi:

Ham mukavemet testi ile şekillendirilmiş kuru numunelerin basınca karşı gösterdiği direnç tespit edilir. Ham mukavemet testinde elde edilen değerlerden hammaddenin özlülüğü konusunda bilgi edinilebilir. Kuru kırılma mukavemet değeri büyük olan kil, bu değer düşük olduğu killere göre daha özlüdür. (Çoruk 2004)

Plastik olarak şekillendirilen dikdörtgen prizması şeklindeki 150x25x12 mm³ boyutlarındaki mukavemet çubukları 110°C de kurutulduktan sonra kuru direnç aygıtında kırılırlar. Kırılan numuneler

$$\text{Ham Mukavemet (N/ mm}^2\text{)} = \left(\frac{3 * p * l}{2 * b * h^2} \right) \quad (2.10)$$

h = Çubuk kalınlığı (m)

P = kırma ağırlığı (kg)

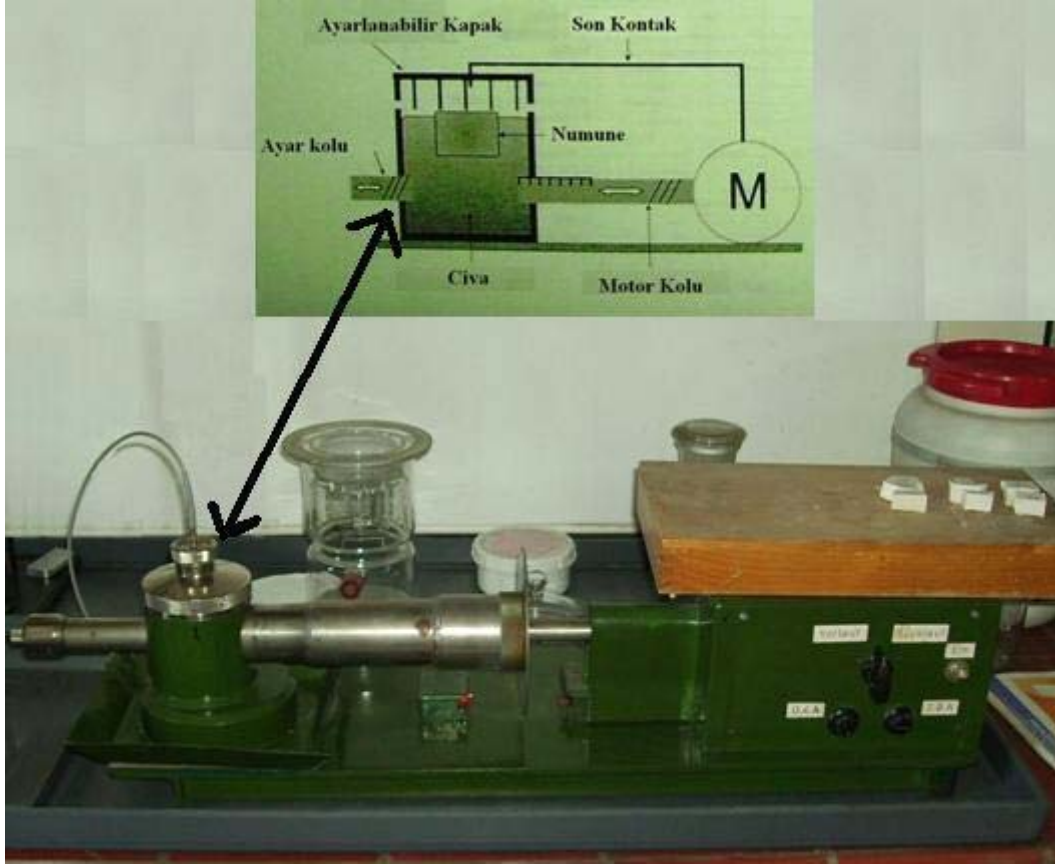
l = Destek aralığı (cm)

b = Çubuk genişliği (cm)

Herhangi bir seramik ürünün mukavemeti, kullanılan hammaddeye, şekillendirme yöntemine ve pişme sıcaklığına bağlı olarak çeşitli farklılıklar gösterirler. Kırılma dayanımı pastanın tane boyut dağılımına katyon değiştirme kabiliyetine ve plastik olmayan komponent miktarına bağlıdır. Yapı özelliklerini etkileyen en önemli unsurlar ise; gözeneklilik, gözenek boyut dağılımı ve teksturlardır. (Öztürk Freiberg Praktikum 2006)

2.7.2.8. Ham Yoğunluk Testi:

Ham yoğunluk testi cıvalı hacim ölçer cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İçi cıva dolu haznesi olan cihaza numune yerleştirilir. Bu numunenin cıva yüksekliğinde meydana getirdiği düşüş miktarı hesaplanarak numune hacmi belirlenir. Şekil 2.5 de Ham yoğunluk testinin yapıldığı düzenek yer almaktadır.



Şekil 2.5: Hg hacim ölçme Cihazı

İlk olarak kurutulmuş numune parçaları tartılır (m). Hg hacim ölçme cihazının cıvası ve içerisindeki temiz olup olmadığı kontrol edildikten sonra cihaz çalıştırılır. Motora bağlı olan kolu hareket ettiren düğmeler vasıtasıyla skala sıfır (0) noktasına ayarlanır. Ardından motora bağlı kol, düğmeler vasıtasıyla hazne içindeki cıva hacmini 15–20 cm³ düşürecek şekilde geri doğru hareket ettirilir. Daha sonra tartımı alınmış numune maşa ile cıva üzerine yerleştirilir. Haznenin kapağı kapatıldıktan sonra motora bağlı kolu hareket ettiren düğmeye basılır. Motora bağlı kolun ileri hareketi ile cıva seviyesi yükselir ve numune cıva ile sıkıştırılır. Motorun otomatik olarak durduğu anda skaladan hacim ölçülür. Motor kolu ile skalada ki sıfır (0) noktası arasındaki mesafe numunenin hacmini verir. (v) Numune hacmi kayıt edildikten sonra motora bağlı kol tekrar 15–20 cm³ boşluk bırakacak şekilde geri çekilir. Cihazın kapağı açılır maşa vasıtasıyla numune buradan alınır ve cıvalı numune atığına atılır. Hacim ölçme işlemi bittikten sonra filtre kâğıdı ile cıva temizlenir. Filtre kâğıdı üzerinde kalan kirlenmiş cıva filtre sistemine boşlatılır.

Cıvanın oda sıcaklığında buharlaşıyor olması sağlık açısından tehlikelidir. Bu yüzden dolayı cıva ile el temas etmemelidir.

Cıvanın yüzey gerilimi büyük olduğundan 7,5µm den küçük gözeneklere nüfus etmez. (Öztürk, Freiberg Praktikum 2006)

Kütlesi ve hacmi belirlenen numunelerin ham yoğunluğu g/cm³ cinsinden hesaplanır

$$\rho = \left(\frac{m}{v} \right) \quad (2.11)$$

ρ = yoğunluk g/cm³

m = numune kütlesi (g)

v = numune hacmi (cm³)

2.7.3. İzolatörlere Sinterleme Sonrası Uygulanan Testler:

2.7.3.1. Pişme Rengi Kontrolü

Fırına yerleştirilen numuneler sinterleme sonrasında, renkleri, biçimleri, ve yüzeysel farklılıkları kontrol edilir.

2.7.3.2. Pişme Küçülmesi Deneyi

Pişme küçülmesi tayininde, kuru küçülme deneyinde kullanılan, uzunluğu ölçülmüş olan numuneler (l_k) sinterleme sıcaklığında pişirilir. Pişme sonunda tekrar ölçüm alınır (l_p). Alınan sonuca göre tekrar hesaplama yapılır.

$$\% \text{ Pişme Küçülmesi} = \left(\frac{l_k - l_p}{l_k} \right) * 100 \quad (2.12) \quad (\text{Kartal, 2003})$$

Killerde kuru ve pişme küçülmesini birlikte toplam olarak hesaplanmasıyla toplu küçülme saptanmış olur. Ancak bu şekilde hesaplama yapıldığında gerçek toplu

küçülme değerinden büyük değerler ortaya çıkabilir. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için toplu küçülme yüzdesi şu şekilde hesaplanır.

$$\% \text{Toplu Küçülme} = \left(\frac{\%Kk + \%Pk(100 - \%Kk)}{100} \right) \quad (2.13)$$

$\%Kk$ = % Kuru Küçülme

$\%Pk$ = %Pişme Küçülmesi

Seramik mamul üretiminde, seramik komponentlerin bir araya getirilip hazırlanması ve şekillendirilmesinden sonra kuruma sürecinde uygulanan şekillendirme yöntemine ve nem oranına, pişme sürecinde ise pişirildikleri sıcaklığa, bünye içerisindeki organik katkı maddelerine bağlı olarak farklı oranlarda küçülme gösteriler. Pişme prosesi esnasında sinterleme derecesi yüksek olursa küçülmeler de buna bağlı olarak fazla olur.

2.7.3.3. Mukavemet ve Yalıtkanlık (Dielektrik) Durumu Kontrolü:

İmalatta direkt olarak her tip çamurdan numune alınır. Bu numuneler her hafta aşağıdaki kontrole tabi tutulur:

Pişme mukavemetini kontrol etmek için 30 adet deney çubuğu hazırlanır. Bunların 15 tanesi sırlı, 15 tanesi sırsız olarak pişirilir. Mukavemet aletinde kırılır. Kırılan çubukların tek tek hesaplamaları yapılarak gösterdikleri karakteristik gelişimi grafik olarak doğrulanıncaya kadar mukavemete maksimum ve minimum dayanım eğrileri çizilir.

Yalıtkanlık durumunu kontrol etmek için 30 adet oluk şeklinde deney plakası hazırlanır. Mukavemet deneyinde olduğu gibi 15 adet sırlı, 15 adet sırsız olarak pişirilen numunelere yağda delinme deneyi uygulanır. Numunenin yağ içinde ne kadar gerilime dayanabildiğini kontrol etmek için yapılır. Mukavemet deneyinde olduğu gibi çamurun karakteristik gerilimi grafik olarak doğrulanıncaya kadar, elektriğe maksimum ve minimum dayanım değerleri eğrileri için eğri çizilir.

2.7.3.4. Su Emme, Açık Gözeneklilik ve Yoğunluk Testi:

Su Emme deneyinde temel amaç, seramik bünye içerisinde sinterleme durumuna bağlı olarak oluşan porları tespit etmektir. Yapıda bulunan porlar, seramik bünyenin sinterleme sıcaklığı ve mukavemeti hakkında bilgi verir. Su emmeyi etkileyen faktörler, kilin özlülüğü ve pişme sıcaklığıdır, özlülük ve pişme sıcaklığı arttıkça kilin su emme yeteneği azalır.(Yavuz,1994). İyi sinterlenen bir bünyede gözenek az, iyi sinterlenmemiş bir bünyede fazla gözenek olur. İyi pişmiş bir ürünün sinterlenme derecesine göre gözeneklilik ve mukavemet hakkında bilgi ediniriz. Preslemede eğer bir dengesizlik söz konusu ise pişmiş ürün üzerinde su emme esnasında parçalar arasında su emme farklılıkları görülür. Su emme ile fırın içerisindeki sıcaklık dağılımı tespiti yapılabilir. Uygun olmayan sıcaklık veya anormalliklerde çıkan farklılıkları su emme ile tespit edebiliriz. (Çoruk 2004). Şekil 2.6 da Su emme, Açık Gözenek ve Yoğunluk testi için Desikatör düzeneği ve testin yapılışı yer almaktadır.



Şekil 2.6: Su emme, Açık Gözenek ve Yoğunluk testi için Desikatör düzeneği

Bu test DIN EN 993–1 standart metodu ile yapılmıştır. Su emme, açık gözeneklilik ve yoğunluk testleri özel olarak hazırlanan bir düzenek vasıtası ile yapılır. Buna göre kuru haldeki test numuneleri hassas tartıda tartılarak ağırlıkları not edilir. (m_1) ardından desikatör içerisine yerleştirilir. Üçlü musluk B ve C konumuna getirilir ve D kapatılır. Ardından pompa açılır. Desikatöre vakum uygulanarak içerdeki hava alınır. Bu işlem 15 dakika sürdürülür. Daha sonra üçlü musluk A ve B konumuna getirilir ve D ye bağlı olan hortum içi su dolu bir kap içerisine daldırılır. Ardından D açık konuma getirilir. Desikatör içerisindeki numunelerin üzerini su kaplayana kadar desikatöre su çekilir. Daha sonra D kapatılır. Üçlü musluk B ve C konumuna getirilir ve pompa açılır. 15- 30 dakika numuneler suda bekletilir. Bekleme süresi numune büyüklüğüne göre tayin edilir. Numuneler suya doyduktan sonra pompa kapatılır. Üçlü musluk A ve B konumuna getirilir. D açılır. Son olarak üçlü musluk A ve C konumuna getirilerek desikatörün havası dışa verilir. Basınçölçer sıfırı (0) gösterene kadar beklenir. Ardından desikatörün kapağı açılarak numuneler alınır. Özel hazırlanmış bir düzenekte numunelerin önce su içindeki ağırlığı (m_2) alınır. Bu tartım yapılmadan önce numunenin içine konacağı sepet veya asılacağı tel kanca terazinin koluna takılarak terazi dengeye getirilir ver tartım yapılır Daha sonra nemli bir bez ile silinen numunenin suya doymuş ağırlığı alınır. (m_3). (Öztürk, Freiberg Praktikum 2006)

Aşağıdaki formüle göre numunelerin % Su Emme oranları tespit edilmiştir.

$$\% \text{ Su Emme} = [(m_3 - m_1) / m_1] \times 100 \quad (2.14)$$

m_1 : Kuru numune ağırlığı (g)

m_3 : Numunenin suya doymuş ağırlığı (g)

Su Emme deneyine tabi tutulmuş numunelerin görünür porozitelerini tespit etmek için aşağıdaki formülle yararlanılmıştır.

$$\% \text{ Açık Gözeneklilik} = [(m_3 - m_1) / (m_3 - m_2)] \times 100 \quad (2.15)$$

m_1 : Kuru numune ağırlığı (g)

m_2 : Su içindeki numune ağırlığı (g)

m_3 : Numunenin suya doymuş ağırlığı (g)

Su Emme deneyine tabi tutulan numunelerin yoğunlukları aşağıdaki formül ile tespit edilmiştir. Birimi gr/cm^3 tür.

$$(\text{gr/cm}^3) \text{ Yoğunluk} = [m_1 / (m_3 - m_2)] \quad (2.16)$$

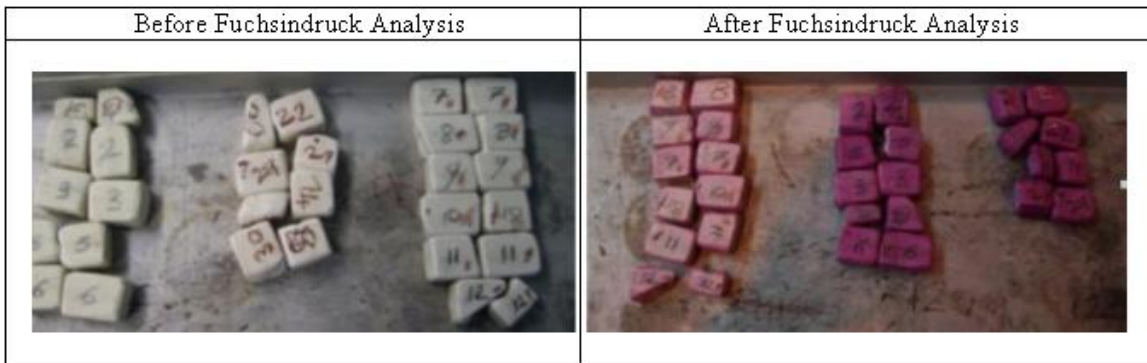
m_1 : Kuru numune ağırlığı (g)

m_2 : Su içindeki numunenin ağırlığı (g)

m_3 : Numunenin suya doymuş ağırlığı (g)

2.7.3.5. Fuhsin Testi:

Sinterlenmiş sırlı veya sırsız numunelere uygulanır. Fuhsin ile bünyenin gözeneklilik tayini yapılır. Sinterlenmiş numunelerden alınan küçük parçalar keskin kenar ve köşeleri rötuşlandıktan sonra içerisinde fuhsin (organik kırmızı renkli boya) sıvısı bulunan elastik bir kalıp içerisine konularak 300 atm`de yaklaşık 6 saat bekletilir. Daha sonra basınçlı cihazdan çıkarılan numuneler kırılarak fuhsin maddesinin 1 mm den fazla içine geçip geçmediği kontrol edilir. Eğer kırmızı renk numunenin içine nüfuz etmişse numune gözenekli demektir ve o partide üretilen mallar iptal edilir. (Öztürk, Praktikum Freiberg 2006). Resim 2.4 te fuhsin analizi öncesi ve sonrası test numuneleri yer almaktadır.



Resim 2.4: Fuhsin analizi öncesi ve sonrası numunelerin görüntüsü.

2.7.3. 6. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Analizi:

SEM'ler büyük boyutlu numunelerin yüzeyini veya yüzeyine yakın bölgenin yapısını incelemek için kullanılır. Numunenin kompozisyonu hakkında bilgi verirler. Elektron mikroskopun yardımı ile malzemenin faz analizi, gerçek ebadı, şekli, por büyüklüğü, şekli ve dağılımı saptanabilir, örneğin SEM de kaolinit ve montmorillonit tabaka yapısı gösterirken halloysit yaprak veya çubuk şeklindedir. Diğer mikroskopik sistemlere göre SEM'in avantajları şunlardır. Odak derinliği yüksektir, örneğin 1000 büyütme de optik mikroskopun odak derinliği $0,1 \mu m$ iken elektron mikroskopunun ki $30 \mu m$ 'dir. Numune hazırlama oldukça kolaydır ve optik mikroskoptan farklı olarak pürüzlü numuneler incelenebilirken TEM'den farklı olarak ta büyük ve kalın numuneler incelenebilir. Numunelerde aranılan koşullar vakumda bozulmamaları ve iletken olmalarıdır. Seramikler iletken olmadıkları için incelemeye önce ince bir iletken film ile kaplanmaları gerekir. SEM'de elde edilen görüntü gözle görülenin büyütülmüş hali olduğundan görüntü yorumlaması TEM'e göre çok daha kolaydır. Dezavantajları ise şunlardır: TEM'in ayırma gücü 1.000.000 büyütmelerde 1A iken bu SEM'de 300.000 büyütmelerde 4 nm'dir. (Güvenç 2004).

SEM de yapılacak incelemelerde numuneler genellikle inorganik ve organik olarak iki grupta toplanabilir. Ayrıca inorganik numuneler de metal ve metal olmayanlar şeklinde iki gruba ayrılabilir. Metal numuneler iletken oldukları için yüzeyleri kaplama yapılmadan incelenebilir. Ancak metal olmayan yalıtkan numunelerin yüzeyleri en fazla 20 nm mertebesinde iletkenliği sağlayan altın veya karbon ile kaplanması gerekmektedir. Karbon kaplama genellikle X ışınları ile yapılacak analizlerde uygulanır. Yüksek çözünürlüğe ve kontrasta sahip numune görüntüsü elde etmek için, incelenecek numuneler metal olsa bile yüzeylerine altın kaplama işlemi uygulanmalıdır. (Güvenç 2004).

Organik numunelerin incelenebilmesi için numunelerin yüksek vakuma dayanıklı olması gerekir. Özellikle böcek türleri, polenler, selüloz türü organik numuneler kurutulduktan sonra düşük voltaj altında incelenebilir(www.istanbul.edu.tr)

2.7.4. İzolatörlere Uygulan Elektrik Deneyleri

Bu deneylerin amacı, imalat sırasındaki kusurlu izolatörleri ayırmaktır. Bu deneyler kabule sunulacak her türlü deney üzerine yapılır.

2.7.4.1. Gözle Kontrol:

Gözle kontrolleri yapılan izolatörlerde, pişme esnasında izolatörün oturduğu kısım dışındaki porselen yüzeylerin kaygan, sert, sırlanmış ve çatlak olup olmadığı kontrol edilir, Sırlama hataları $0,5 \text{ cm}^2$ yi geçmemelidir.

2.7.4.2. Yüksek Frekans Deneyi (1500–3000 KHz):

İzolatörler 10 saniye süre ile sönümlü dalga serilerinden meydana gelen frekansı saniyede 100000 ile 300000 periyot olan interaktif gerilime maruz bırakılır. Bu dalga serileri saniyede yaklaşık 100 defa tekrar edilir. Denenen izolatörlerde ark bir noktaya toplanırsa hatalı, bütün yüzeye dağıtır ise sağlamdır.

2.7.4.3. Endüstriyel Frekans Deneyi (150 Hz):

İzolatörler baş aşağı olarak ve içinde yan iletken yuvasını örtecek kadar derinlikte su bulunan bir metal kaba yerleştirilir ve gerilim kap ile izolatörün tespit yuvasının hemen hemen tepesine kadar doldurulmuş su arasına uygulanır.

Deney gerilimi, izolatörlerden bir tanesinde her 4 veya 5 saniyede bir atlama meydana getirecek değerde olmalıdır. Bu gerilim 5 dakika süre ile izolatörlere uygulandığında delinme meydana getirmemelidir.(Yavuz 1994)

2.7.4.4. Tip Deneyleri

Tip deneylen iki grupta uygulanır. Bunlardan birinci gruba giren deneylerle izolatörün şekil, büyüklük ve teçhizat özellikleri; ikinci gruba ait deneylerle de bunun dışında kalan özellikleri ve kullanılan malzemenin niteliği doğrulanır (Çerçi 2006)

2.7.4.4.1. Birinci Grup Deneyler:

Birinci grup tip deneyleri için; izolator partilerinin yalnız bir tanesinden bu partideki izolatorlerin % 0,15'i oranında (en az 12) numune gelişi güzel ayrılır. Bu numunelerden boyutlarının doğrulanması deneyinde uygun sonuç veren 4 tanesi bu grup deneylerden geçirilir ve alınan sonuçlar partinin tümüne uygulanır. Deneyden önce izolatorler temiz ve kuru olmalıdır. Deney için izolatorün tespiti ve uygulanılacağı yerdeki normal çalışma şartları ya da standartlarda belirtilen deneylerin yapılmasını sağlayacak özel şartlara uygun olmak üzere iki metotla yapılır.

2.7.4.4.1.a. Darbe Atlama Gerilimi:

Darbe gerilimi deneyi darbe (şok) jeneratörü ile yapılır. Darbe deneyinde, deney şartında ölçülen gerilimlerin atmosfer şartlarına çevrilmesi gerekir. Deney tercihen normal rutubetli (beher m³ havada 11 gram su) atmosferde yapılmalıdır. Darbe jeneratörü 1,2 / 50 pozitif yarı dalga verecek şekilde ayarlanır ve gerilim %50 darbe atlama gerilim değerine yükselinceye kadar arttırılır. Bu değer en az 20 darbe uygulanarak doğrulanır. Sonra gerilim ölçülür. Bundan sonra polarite değiştirilerek yukarıdaki işlem tekrarlanır, izolatorler, bu deneyde delinme veya kırılma gibi herhangi bir hasar göstermeden dayanabilmelidir. % 50 atlama geriliminin standart atmosfer şartlarına uygun hale getiren pozitif ve negatif polarite değerlerinin, beyan edilen değerlerin altında olup olmadığına bakılır.

2.7.4.4.1.b. Kuruda Bir Dakikalık Deney:

İzolatorlere kuruda bir dakikalık süre ile uygulanacak deney gerilimi, kuruda bir dakikalık beyan edilen, normal frekanslı deney gerilimden atmosfer şartları göz önünde bulundurularak elde edilir. İzolatorün kuruda atlama gerilimi, kuruda bir dakikalık deney geriliminin %75 değerinin 5–30 saniye, içerisinde ve değişmeyen bir hızla atlama gerilimine yükseltilmesi suretiyle elde edilir. Kuruda atlama gerilimi, atmosfer

şartlarına göre düzeltilmek kaydıyla birbirini izleyen 10 gerilim değerinin okunması ve kaydedilmesi suretiyle tespit edilir.

2.7.4.4.1.c.Yaşta Bir Dakikalık Deney:

İzolatörler düzeltilmiş deney gerilimi altında, gerilim uygulamasından önce 5 dakika süre ile ve deney başladıktan sonra deney süresince aşağıda özellikleri gösterilen suni yağmur altında bırakılarak yaşta bir dakikalık endüstriyel frekanslı deneyden geçirilir.

Suyun akma şiddeti: 3mm/dakika +/- % 10

Suyun doğrulusu: Düşey ile yaklaşık 45° açı

Suyun öz direnci: 1000 ohm cm +/- 10°C den fazla olmamalıdır. (Yavuz1994)

Suni yağmur izolatörden en az 3,5 m uzaklığa yerleştirilir. Su izolatörün üzerine püskürtücüler yardımıyla püskürtülür. 1000 ohm cm +/-10 öz direncinde su elde etmek için saf suya bir miktar musluk suyu karıştırılır. İzolatör yaşta atlama gerilimi, yaşta bir dakikalık deney geriliminin %75 değerinin 5–30 saniye içerisinde ve değişmeyen bir hızla atlama gerilimine yükseltilmesi suretiyle elde edilir. Yaşta atlama gerilimi atmosfer şartlarına göre düzeltilmek kaydıyla birbirini izleyen 10 gerilim değerinin okunması ve kaydedilmesi suretiyle olur.

2.7.4.4.2. İkinci Grup Deneyler:

İkinci grup tip deneyleri için; izolatör partilerinden ayrı ayrı ve partideki izolatör sayısının % 0,15 oranında (en az 12 numune) numune gelişi güzel ayrılır. Her partiden alınan numunelerin hepsine bu grup tip deneyleri uygulanır.

2.7.4.4.2.a. Boyutların Doğrulanması:

Gerekli ölçü şartları ile izolatör numunelerinin boyutlarının ait buldukları imalat resimlerindeki boyutlarına uyup uymadığı kontrol edilir. Boyutların toleransı +/- (Q) 0,3d + 0,3) mm' yi geçmemelidir. Burada d izolatörün mm cinsinden boyutudur.

2.7.4.4.2.b. Sıcaklık Değişim Deneyi (Yaşlandırma Deneyi):

Zincir izolatörler sabit metal kısımlarıyla birlikte, mesnet izolatörler ise iletken ve tespit demirsiz olarak, musluk suyu sıcaklığından 70°C daha fazla bir sıcaklıktaki su banyosuna, başka bir kap kullanmaksızın hızla tamamen daldırılır. t dakika süre ile bu suyun içinde bekletilir. Bundan sonra hızla çıkarılan izolatör bekleme süresinde musluk suyu bulunan soğuk banyoya tamamen daldırılır. Yine t dakika bekletilir. Bu ısıtma ve soğutma işlemi 5 defa tekrarlanır. Bir banyodan diğer banyoya geçiş süresi 30 saniyeyi geçmemelidir. İzolatör, porseleni kırılmadan veya delinme olmadan, mekanik kırılma meydana gelmeden bu deneye dayanabilmelidir.

2.7.4.4.2.c. 24 Saatlik Mekanik Dayanıklılık Deneyi:

Bu deney sadece zincir izolatörlere uygulanır. İzolatörler 24 saat süre ile eksenlerine uygulanan mekanik deney yüküne eşit bir gerilim yüküne tabi tutulur.

2.7.4.4.2.d. Kısa Süreli Elektromekanik Kırılma Yükü Deneyi:

Bu deney sadece zincir izolatörlere uygulanır. Bu deneyde amaç elektrik gerilimi altında mekanik kuvvetin ölçülmesidir. Bunun için hazırlanan makineye 40 voltluk bir elektrik verilerek izolatör çekilir, kebinden kopduğu anki uygulanan kuvvet dayandığı kuvvettir. Beyan edilen yükten daha aşağı bir değerde kırılma veya delinme meydana gelmemelidir.

2.7.4.4.2.e. Mekanik Kırılma Yükü Deneyi:

İzolatör veya izolatör zinciri deneyi sırasında uygulanan yük ile farkına varılabilir şekilde değişmesi meydana gelmeden dayanabilen sabit mesnede tespit edilebilir. İstenilen mekanik kırılma yükünün yarısına eşit bir yük, mesnedin eksenine dikey olarak ve

izolatörün yan iletken yuvasının yüzeyinde bu yuvayı saran bir tel halat ile uygulanır. Bu gerilme yükü, dakika da beyan edilen mekanik kırılma yükünün %20'si oranında düzgün bir hızla kırılma oluncaya kadar arttırılır. Beyan edilen kırılma yükünden aşağıda bir değerde kırılma meydana gelmemelidir.

2.7.4.5. Yağda Delinme Testi:

Sinterlenmiş numuneler yüksek gerilim test laboratuvarında içi yağ dolu bir kaba yerleştirilerek sabitlenir. Numune üzerine gerilim uygulanır. Yağ burada iletken ortamı oluşturur. Belirli bir gerilim değerinde izolatör numunesi delinir. İzolatörün delindiği bu değer göstergeden okunur. Teste tabi tutulan numune delinme yerinden kırılarak kopmanın gerçekleştiği kalınlık ölçülür. Aşağıdaki denklem vasıtasıyla yağda delinme değeri hesaplanır.

$$\text{Yağda delinme değeri} = \left(\frac{\text{Gerilim}(Kv) \times \text{Kopma Kalınlığı Katsayısı}}{10} \right) \quad (3.17)$$

Yağda delinme değeri 20,00Kv/mm²'nin üzerinde olmalıdır.

3. MATERYAL ve BULGULAR

Bu çalışma Bergakademi Freiberg Teknik Üniversitesi Seramik, Cam, Çimento Enstitüsünde yapılmıştır. Enstitü laboratuvarları, ekipmanları ve oradaki cihazlar kullanılmıştır.

Çalışmada yüksek gerilim izolatöründe farklı hammadde kullanımının izolatörün teknik özelliklerine etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Bunun için ilk olarak çalışmada kullanılacak hammaddeler belirlenmiş ve bu hammaddelerin karakterizasyonu yapılmıştır. Ardından analiz sonuçları değerlendirilmiş ve izolatör bileşimine uygun reçeteler hazırlanılarak uygulama aşamasına geçilmiştir

3.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Hammaddeler:

Bu çalışmada Alcoa Alümina, Potasyum Feldspat, Kaolin (Seilitz yöresi), Kil(Sallgast yöresi), Nefelinli Siyenit ve Sepiyolit (Eskişehir yöresi beyaz sepiyoliti) kullanılmıştır. Alümina izolatörün mekanik dayanımının artırılması amacı ile reçetede yer almaktadır. Sıkı paketlenmeyi sağlamak için tane boyut dağılımları ve içerdikleri oksit yüzdelikleri farklı iki tür Alcoa Alüminası kullanılmıştır. Bunlar Alcoa Alümina (CT800 SG) ve Alcoa Alümina (CT 9 FG) dir. Potasyum feldspat ise ergitici olarak reçetede kullanılmıştır. Kil ve Kaolin plastikleştirici özelliklerinden dolayı reçetede kullanılmıştır. Nefelinli siyenit alkali oranı yüksek ergitici bir malzemedir. Sepoyolit ise kil grubundan olup magnezyum silikat yapıdadır.

İlk olarak çalışmada kullanılan hammaddeler istenen tane boyutuna öğütülmüş ve tane boyut dağılımı LS tane boyut ölçme cihazı ile tespit edilmiştir. Öğütme işleminden sonra bu hammaddelerin EDX cihazı ile kimyasal analizleri yapılmıştır.

3.1.1. Alcoa Alümina (CT800 SG):

Alcoa Alümina (CT800SG)'nin tane boyut dağılımı monomodaldır ve kimyasal analizi Çizelge 3.1 de gösterilmiştir. Buna göre Alcoa Alümina CT 800 SG'nin oldukça saf olduğu görülmektedir. (ALMATIS)

Çizelge 3.1: Alcoa Alümina (CT800SG) nin Kimyasal Analizi.

Özellikler/metot	Birim	Alcoa CT 800SG
Na ₂ O	%	0.12
Fe ₂ O ₃	%	0.03
MgO	%	<0.002
SiO ₂	%	0.01
CaO	%	0.01
Spesifik yüzey alanı/BET	m ² /g	0.9
D50 Cilas	µm	3.4
D50 Sedigraf	µm	-
Tane boyut dağılımı		Monomodal

3.1.2 Alcoa Alümina (CT 9 FG):

Alcoa Alümina (CT 9 FG)'nin kimyasal analiz ve Tane boyut dağılımı analiz sonucu Çizelge 3.2'de gösterilmiştir. Buna göre Alcoa Alümina (CT 9 FG)'nin tane boyut dağılımı monomodaldır ve oldukça saftır. (ALMATIS)

Çizelge 3.2: Alcoa Alümina (CT 9 FG)'nin Kimyasal Analizi

Özellikler/metot	Birim	Alcoa CT 9FG
Na ₂ O	%	0.15
Fe ₂ O ₃	%	0.04
MgO	%	0.01
SiO ₂	%	0.03
CaO	%	0.02
Spesifik Yüzey Alanı/BET	m ² /g	0.8
D50 Cilas	µm	5.0
D50 Sedigraf	µm	15
Tane Boyut Dağılımı		Monomodal

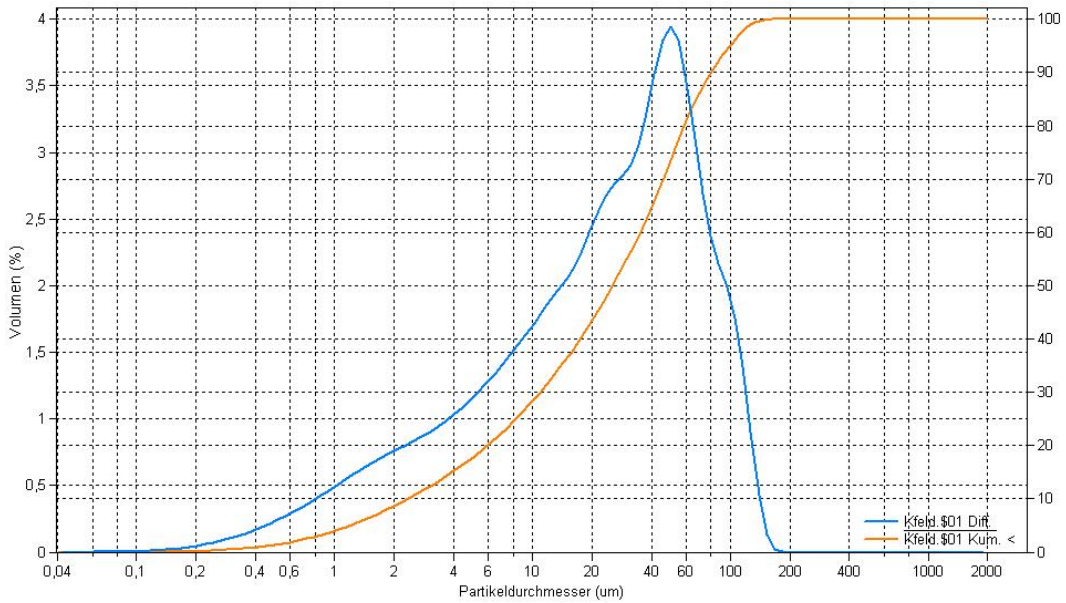
Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2 incelendiğinde Alcoa Alümina (CT800 SG)'nin tane boyutunun Alcoa Alümina (CT 9 FG)'nin tane boyutundan daha ince olduğu görülmektedir.

3.1.3. Potasyum Feldspat:

Bu çalışmada Northcape minerals firmasından alınan Potasyum feldspat kullanılmıştır. (Potasyum feldspatın ürün no: GMBH D2619 Brake am Binnenhafen). Çizelge 3.3'de Potasyum Feldspatın tane boyut analizi, şekil 3.1de ise tane boyut dağılım grafiği yer almaktadır.

Çizelge 3.3: Potasyum Feldspat'ın Tane Boyut Dağılımı

% <	10	25	50	75	90
µm	2,35	8,270	25,44	51,83	80,07



Şekil 3.1: Potasyum Feldspatın Tane Boyut Dağılımı grafiği.

Çizelge 3.4 e göre yapının Al_2O_3 , SiO_2 , ve K_2O 'den oluşan tipik bir Potasyum Feldspat olduğu anlaşılmaktadır. Yapıda az oranda Na_2O bulunmaktadır.

Çizelge 3.4: Potasyum Feldspatın EDX Analiz Sonucu

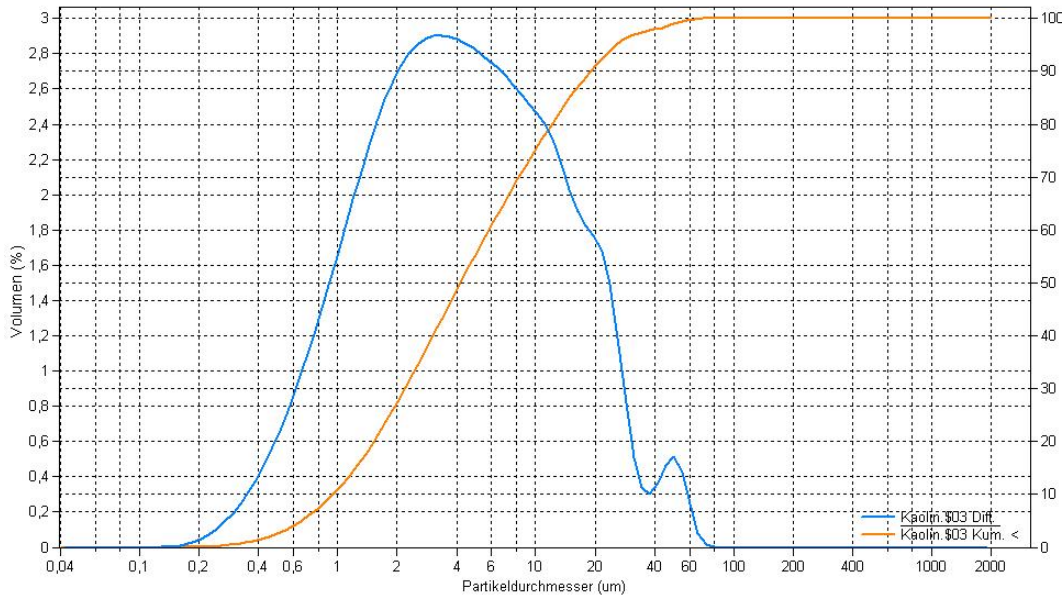
Oksitler	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Toplam
Ağırlık %	2,80	0,33	19,53	63,91	12,85	0,58	100

3.1.4. Kaolin:

Çalışmada kullanılan Kaolin Seilitz yöresi kaolinidir. Seilitz Kaolininin genel yapısında İllit- Montmorillonit- karışık tabakalı, Kuvars ve Kaolinit yer almaktadır. Seilitz Kaolini ile hazırlanan massenin kuru eğme dayanımı fazla ve plastikliği yüksektir. (Seliger1983) Kaolinin tane boyut dağılımı Çizelge 3.5 de, grafiği ise şekil 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3.5: Kaolinin Tane Boyut Dağılımı

% <	10	25	50	75	90
µm	0,951	1,842	4,194	9,932	19,09



Şekil 3.2: Kaolinin Tane Boyut Dağılımı grafiği.

Kaolinin kimyasal analiz sonucu Çizelge 3.6 da görüldüğü gibidir. Buna göre yapı Al₂O₃ ve SiO₂ den oluşmaktadır. Kirlilik oranı çok düşüktür.

Çizelge 3.6: Kaolinin EDX Analiz Sonucu

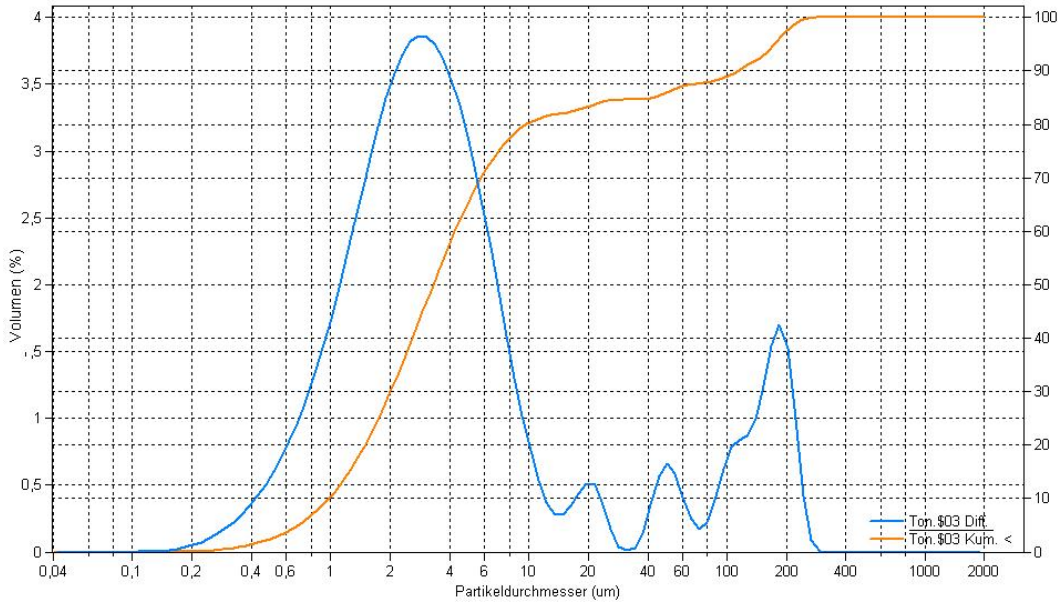
Oksitler	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Toplam
Ağırlık %	36,16	62,79	0,22	0,13	0,12	0,59	100

3.1.5. Kil:

Çalışmada Sallgast yöresi kili kullanılmıştır. Kilin tane boyut dağılımı Çizelge 3.7 de, grafiği ise şekil 3.3 te verilmiştir.

Çizelge 3.7: Kilin Tane Boyut Dağılımı

% <	10	25	50	75	90
µm	0,982	1,751	3,304	7,055	113,9



Şekil 3.3: Kilin Tane Boyut Dağılımı grafiği

Kilin kimyasal analiz sonucu Çizelge 3.8 de görüldüğü gibidir. Buna göre Kilin yapısı Al₂O₃ ve SiO₂ den oluşmaktadır. Yapıda TiO₂ ve Fe₂O₃ kirlilik olarak bulunmaktadır. Özellikle Fe₂O₃ %'si oldukça yüksektir.

Çizelge 3.8: Kilin EDX Analiz sonucu

Oksitler	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	Toplam
Ağırlık %	24,01	68,26	1,38	0,75	1,87	3,05	0,67	100

3.1.6. Nefelinli Siyenit:

Çalışmada MINEX firması tarafından piyasaya sürülen 4 numaralı Nefelinli siyenit kullanılmıştır. Nefelinli siyenitin tane boyut dağılımı Çizelge 3.9 da gösterilmiştir. Buna göre Nefelinli siyenitin % 100'ü 75µm'nin altındadır ve monomodaldır.

Çizelge 3.9: Tane Boyut Dağılımı Sonucu (%)

No.	5µm.	10µm.	16µm.	20µm.	45µm.	75µm.	106µm
4	34,5	63,1	85,2	91,6	99,9	100,0	-

Nefelinli siyenitin kimyasal analiz sonucu ise Çizelge 3.10 da verilmiştir. Buna göre Nefelinli Siyenit Si₂O, Al₂O₃, Na₂O ve K₂O'dan oluşmaktadır. Yüksek saflıkta olan Nefelinli Siyenitin % K₂O si düşük, % Na₂O si yüksektir.

Çizelge 3.10: Nefelinli Siyenitin Kimyasal Analiz Sonucu

Si ₂ O	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	A.Z
60,2	23,6	10,5	4,8	0,35	0,08	0,02	0,42

3.2.6. Sepiyolit:

Eskişehir bölgesi beyaz renkli sepiyoliti kullanılmıştır. Sepiyolitin kimyasal analiz sonucu Çizelge 3.11 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11: Sepiyolitin EDX Analiz Sonucu

Oksitler	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	MgO	Toplam
Ağırlık%	1,00	67,88	0,54	1,95	28,63	100

EDX Analiz sonucuna göre yapı tipik bir Magnezyum Silikattır, CaO ise yapıda kirlilik olarak kendini göstermektedir.

3.2. Deneysel Çalışmada Yapılan Testler

Çalışmada yapılan testler aşağıda verilmiştir. Testler hakkında geniş bilgi çalışmanın giriş kısmında izolatörlere uygulanan testler bölümünde sunulmuştur.

3.2.1. Tane boyut dağılımı

Tane boyut dağılımı analizi Freiberg teknik üniversitesi KGB enstitüsünde bulunan LS (laser straw light) tane boyut ölçme cihazı ile yapılmıştır. LS tane boyut ölçme cihazı ile 0,4µm ile 2000µm arasında bulunan süspansiyondaki taneciklerin tane boyut dağılımı belirlenir.

3.2.2. Kimyasal analiz

Bu çalışmada Schimadzu marka EDX cihazı kullanılarak deneysel çalışmada yer alan hammaddelerin elementsel ve buna bağlı oksit analizleri % mol cinsinden ve % ağırlık cinsinden belirlenmiş ve grafik halinde verilmiştir.

3.2.3. Nem Tayini

Alçı kalıptan alınan şekillendirilmeye hazır plastik masseden bir miktar alınmıştır. Alınan massenin tartımı yapıldıktan sonra 110°C lik etüvde 2 saat kurutulmuştur. Kurutulan massenin kuru ağırlığı tespit edilerek % Nem miktarı tespit edilmiştir.

$$\%Nem = \left(\frac{nemliagirlik - kuruagirlik}{nemliagirlik} \right) \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.4. Pfefferkorn testi:

Masselerin plastikliği Pfefferkorn testi ile tespit edilmiştir. Bu testte strang prese 33mm çapında silindirik çıkış ağzı takılmıştır. Ardından homojen haldeki havası alınmış pasta strang`tan geçirilerek 40mm uzunluğunda 5–6 kadar numune şekillendirilmiştir. şekillendirilen masse yatay bir disk üzerine konulup, 184mm yükseklikten 1192 g ağırlığındaki düz zeminli disk masse üzerine bırakılmıştır. Böylece şekil değiştiren massenin yüksekliği ölçülerek deformasyon tespit edilmiştir.

$$D = \frac{h_0}{h_n} \quad (3.2)$$

D = Deformasyon oranı

h_0 = örneğin üzerine ağırlık dşrlmeden önceki boyu (ilk boy)

h_n = örneğin üzerine ağırlık dşrlmeden önceki. (son boy)t

3.2.5. Yoğrulma suyu

Plastik bir çamur oluşturulan kilden yoğrulma kıvamında iken küçük bir parça alındı, Tartıldı ve sabit tartıma gelene kadar kurutuldu. Sabit tartımı saptanan kilin yoğrulma suyu şu şekilde hesaplandı.

$$\% \text{ Yoğrulma Suyu} = \left(\frac{\text{plastikagirlik} - \text{kuruagirlik}}{\text{kuruagirlik}} \right) * 100 \quad (3.3)$$

3.2.6. Kuru Küçülme

Strang preste şekillendirilmiş numunelerin, kumpas yardımıyla en ve boy ölçümleri alındıktan sonra 40 °C bir gün bekletilmiştir. Ardından 110°C de bir gün bekletilen numunelerin en ve boy uzunlukları tekrar ölçülmüş ve lineer kuru küçülme hesaplanmıştır.

$$(\% \text{ Boyca Pişme Küçülmesi}) S_{bk} = \left(\frac{l_0 - l_1}{l_0} \right) * 100 \quad (3.4)$$

l_0 = Kurumadan önce belirlenen noktalar arası mesafe

l_1 = Kurumadan sonraki belirlenen noktalar arası mesafe

$$(\% \text{ Ence Pişme Küçülmesi}) S_{ek} = \left(\frac{b_0 - b_1}{b_0} \right) * 100 \quad (3.5)$$

b_0 = Kurumadan önce numune eninde belirlenen noktalar arası mesafe

b_1 = Kurumadan sonraki numune eninde belirlenen noktalar arası mesafe

$$(\text{Numunedeki } \% \text{ kuruma küçülme oranı}) X = \left(\frac{S_{bk}}{S_{ek}} \right) \quad (3.6)$$

3.2.7. Ham Bünyenin Mukavemet testi

Srtang preste şekillendirilen 150x25x12 mm³ boyutlarındaki çubuklar ilk olarak 40°C de 24 saat ardından 110°C de bir gün sabit tartıma gelinceye kadar kurutulduktan sonra 3 nokta eğilme mukavemetine tabi tutulmuştur. Testin yapıldığı cihaz bilgisayara bağlıdır. Böylelikle ham mukavemet değeri otomatik hesaplanarak monitörden okunmaktadır.

3.2.8. Ham yoğunluk Testi(Hg volumetre)

Kuru numunelerden alınan küçük temsili parçaların tartımı yapıldıktan sonra cıvalı hacim ölçer cihazı vasıtası ile hacimleri belirlendi. Kütlesi ve hacmi belirlenen numunelerin ham yoğunluğu g/cm^3 cinsinden hesaplandı

$$d = \text{yoğunluk } g/cm^3 \qquad d = m/v \qquad (3.7)$$

$m = \text{numune kütlesi (g)}$
 $v = \text{numune hacmi (cm}^3\text{)}$

3.2.9. Pişme Mukavemeti Testi

Sinterlenen numunelerin eğme dayanımları ham mukavemet testinde olduğu gibi 3 nokta eğme cihazında ölçülmüştür. Aynı reçeteye ait her sıcaklık grubundan 5 er numune mukavemet ölçme cihazında kırılarak elde edilen mukavemet değerlerinin ortalaması alınmıştır.

3.2.10. Yoğunluk, Açık Gözeneklilik, Su emme Testleri

Su emme, Açık Gözenek ve Yoğunluk testleri desikatör düzeneği kullanılarak tespit edilmiştir. Bunun için sinterlenmiş temsili numune parçaları kuru tartımları alındıktan sonra desikatör düzeneğinin içine yerleştirildi. Ağız kapatılan desikatöre vakum uygulanarak desikatör içinin dolayısıyla numunelerin havası alındı. Bu işlem 15 dakika kadar sürdürüldü. Desikatör havası alındıktan sonra desikatöre bağlı 3 lü musluk vasıtası ile desikatöre su alındı. Üzeri su ile kaplanan numuneler yarım saat kadar vakumlu ortamda bekletildikten sonra desikatörden çıkarıldı. Daha sonra bu numuneler önce su içerisinde tartıldı. Ardından nemli bez ile silinen numunelerin suya doymuş ağırlıkları tartılarak su emme, açık gözeneklilik ve yoğunlukları aşağıdaki denklemler vasıtası ile tespit edildi.

$$\% \text{ Su Emme} = [(m_3 - m_1) / m_1] \times 100 \qquad (3.8)$$

$$\% \text{ Açık Gözeneklilik} = [(m_3 - m_1) / (m_3 - m_2)] \times 100 \qquad (3.9)$$

$$\text{Yoğunluk (gr/cm}^3\text{)} = [m_1 / (m_3 - m_2)] \quad (3.10)$$

m_1 : Kuru numune ağırlığı (g)

m_2 : Su içindeki numune ağırlığı (g)

m_3 : Numunenin suya doymuş ağırlığı (g)

3.2.11. Fuhsin testi:

Pişmiş numunelerin gözeneklilik tayini Fuhsin analizi ile yapılmıştır. Bunun için sinterlenmiş numunelerden alınan küçük parçaların keskin kenar ve köşeleri rötuşlandıktan sonra içerisinde fuhsin sıvısı bulunan elastik bir kalıp içerisine konularak 300 atm`de yaklaşık 6 saat bekletilmiştir. Daha sonra basınçlı cihazdan çıkarılan numuneler kırılarak kirimizi sıvının numune içine geçip geçmediği kontrol edilir. Eğer kırmızı renk numunenin içine nüfuz etmişse numune gözenekli demektir. Aksi halde numune gözeneksiz sıkı yapıda olduğu anlaşılır.

3.2.12. SEM analizi

Deneysel çalışmada sinterlenmiş numunelerin karakterizasyonu Bergakademi Freiberg Teknik Üniversitesi KGB Enstitüsünde kullanılan Schimadzu marka SEM cihazı ile yapılmıştır. SEM analizi ile numunelerin kompozisyonu, yapılarında bulunan fazlar, partikül boyutu, şekli, dağılımı, por büyüklüğü, por şekli ve dağılımı tespit edilmiştir.

3.3. Çalışma Yöntemi:

İlk olarak hammaddeler istenen tane boyutuna öğütülmüştür. Ardından kimyasal analiz ve tane boyut dağılımı analizi yapılmıştır ve reçeteye göre toplam 5 kg olacak şekilde kuru olarak karıştırılmıştır. Ardından bu kuru karışıma 4 kg. su ilave edilip, elde edilen sulu karışım mikserde 500 devir/dakika karıştırma hızı ile iki saat karıştırılmıştır. Süspansiyon haline gelen karışım daha sonra alçı kalıp içersine dökülmüş ve burada

plastik kıvama gelene dek (24 saat) bekletilmiştir. Plastik kıvama gelen masse alçı kalıptan alındıktan sonra naylon poşet içinde muhafaza edilerek şekillendirmeye hazır hale getirilmiştir.

Homojenizasyon ve şekillendirme işlemi vakumlu strang pres ile gerçekleştirilmiştir. İlk olarak masse homojenizasyonun daha iyi olması açısından masse iki kez şinekelerden geçirilmiştir. Ardından strang prese uygun çıkış ağzı takılarak pfefferkorn testi için numune şekillendirilmiştir. Şekillendirilen numunelerin pfefferkorn testi ve yoğrulma suyu testi yapılmıştır. Masse plastikliğinin ve nem oranının şekillendirme için optimal olduğunun belirlenmesiyle strang presin çıkış ağzı değiştirilmiş ve 150x25x15mm³ boyutunda numuneler şekillendirilmiştir.(30 adet) Şekillendirilen numunelerin en boy ölçümleri ve ağırlık ölçümleri not edildikten sonra numuneler önce 40°C de bir gün kurumaya bırakılmıştır. Ardından aynı numuneler 110°C lik etüvde sabit tartıma gelene kadar (bir gün) bekletilmiştir. 110°C de sabit tartıma gelen numunelerin en boy ölçümleri ve ağırlık ölçümleri belirlenmiştir. Ardından bu numunelerin % kuru küçülme ve % nem miktarları hesaplanmıştır. Daha sonra bu numunelerin 3 nokta eğme testi ile ham mukavemeti, Cıvalı hacim ölçer cihazıyla da kuru numunelerin ham yoğunluğu tespit edilmiştir.

Sinterleme işlemi box tipi fırınlarda 1180°C, 1200°C, 1250°C,1280°C ve1300°C gibi sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Bu sıcaklıklara 5°C ısıtma hızı ile çıkılmış ve bu sıcaklıklarda 2 saat beklendikten sonra soğutma aşamasına geçilmiştir.

Sinterlenen numuneler incelendiğinde numunelerde sinterleme derecesine bağlı olarak renk değişikliği, şişme ve yoğunlaşma gözlenmiştir. Daha sonra bu sinterlenmiş numunelere 3 nokta eğme mukavemeti, % su emme, % açık gözeneklilik, yoğunluk ve fuhsin testleri yapılmıştır. Testler sonucunda reçetelerde optimal sonucu veren örneklerin SEM analizi yapılarak örneklerin karakterizasyonu belirlenmiştir.

Aşağıda Resim 3.1 de yapılan çalışmanın basit olarak akim seması gösterilmiştir.



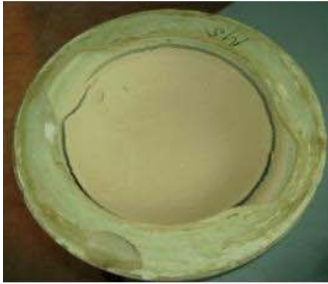
kırma ve öğütme



sulu öğütme



receteyi karıştırma



Alci kalıpta bekletme



pastayı muafaza etme



Strang
Pres



Sekillendirme



kurutma



Sinterleme



cesitli sicakliklarda
sinterlenmiş numuneler



Fuhsin Testi



SEM Analizi

Resim 3.1: Yapılan çalışmanın basit olarak akım şeması

3.4. Çalışmada Hazırlanan Reçeteler:

Bu deneysel çalışmada 4 farklı reçete denenmiştir. Bunlar A, B, C ve D reçeteleridir. Bu reçetelerde kullanılan hammaddeler ve bu hammaddelerin % miktarları birbirlerinden farklıdır. Çalışmada denenen reçeteler Çizelge 3.12 de verilmiştir. Bu reçetelerden A reçetesi ana reçete seçilmiştir.

Çizelge 3.12: Çalışmada Kullanılan Reçeteler.

	Reçete A %	Reçete B%	Reçete C %	Reçete D%
Alcoa Alümina (CT800 SG)	20	16	20	16
Alcoa Alümina (CT9 GF)	10	9	10	9
Kaolin	25	25	25	22
Potasyum Feldspat	30	35	20	35
Kil	15	15	15	16
Nefelinli Siyenit	-	-	10	-
Sepiyolit	-	-	-	2
Toplam	100	100	100	100

Ana reçete olan A reçetesi ile B reçetesini karşılaştırdığımızda; B reçetesinde Alümina 5 birim azaltılmış, Potasyum Feldspat ise 5 birim arttırılmıştır. A reçetesi ile C reçetesini karşılaştırdığımızda ise C reçetesinde Potasyum Feldspat 10 birim azaltılmış yerine 10 birim Nefelinli Siyenit kullanılmıştır. A reçetesi ile D reçetesini karşılaştırdığımızda ise Alümina 5 birim azaltılmış, Kaolin 3 birim azaltılmış, Feldspat 5 birim arttırılmış, Kil 1 birim arttırılmış ve 2 birim Sepiyolit ilave edilmiştir.

Çalışmada kullanılan hammaddelerin kimyasal analizlerinden faydalanarak reçetelerin teorik olarak % oksit cinsinden kimyasal analizleri hesaplanmış ve Çizelge 3.13 te verilmiştir. Buna göre reçeteler Alümina ve Silikattan oluşmaktadır. K_2O ve Na_2O yapıda ergitici olarak bulunurken, Fe_2O_3 , TiO_2 ve CaO reçetede kirlilik olarak yer almaktadır. Reçetelerin % oksit dağılımlarına baktığımızda; A ve C reçetesi ile B ve D reçetesinin birbirine benzediği görülmektedir. A ve C reçetelerinde Al_2O_3 % si, B ve D reçetelerinde ise SiO_2 % si en yüksektir. C reçetesinde kullanılan Nefelinli siyenitten dolayı diğer reçetelere oranla Na_2O oranı yüksek, K_2O oranı ise düşüktür. D reçetesinde ise kullanılan Sepiyolitten dolayı MgO oranı diğer reçetelere nazaran yüksektir

Çizelge 3.13: Reçetenin Teorik Kimyasal Analizi (%)

Oksitler	Reçete A %	Reçete B %	Reçete C %	Reçete D %
Al ₂ O ₃	48,4411	44,427	48,8481	43,6023
SiO ₂	45,1145	48,3093	44,7435	48,4658
Na ₂ O	0,879	1,0127	1,649	1,0127
MgO	0,2009	0,21722	0,1699	0,79652
K ₂ O	4,117	4,7595	3,312	4,7775
CaO	0,323	0,3514	0,3	0,394
TiO ₂	0,3105	0,3105	0,3105	0,3256
Fe ₂ O ₃	0,4675	0,4659	0,4755	0,4964
A.Z	-	-	0,042	-
Toplam	99,8535	99,8535	99,8505	99,8708

Teorik kimyasal analize bakarak masseye uygulanması gereken prosesler ve proseslerin şekli, sinterleme sıcaklığı, oluşacak fazlar vb. hakkında belirli fikirler söyleyebiliriz. Örneğin hazırlanan bu reçetelerdeki yüksek Al₂O₃ ve SiO₂ %'sine ve alkali varlığına bakarak sinterleme sonrasında yapıda oluşması muhtemel fazların müllit, korund, kristobalit ve camı faz olacağı söylenebilir.

3.5. Karışım Prosesi:

Çalışmada reçeteler toplam 5 kg olacak şekilde hazırlanmış ve iki farklı karışım prosesi denenmiştir.

İlk karışım prosesinde Hammaddeler reçeteye göre toplam 5 kg olacak şekilde kuru olarak karıştırılmış ve bu kuru karışıma 4 kg. su ilave edilmiştir. Elde edilen sulu karışım mikserde 500 devir/dakika karıştırma hızı ile iki saat karıştırıldıktan sonra süspansiyon haline gelen karışım alçı kalıp içersine dökülmüş ve burada plastik kıvama gelene dek (24 saat) bekletilmiştir. Plastik kıvama gelen masse alçı kalıptan alındıktan sonra naylon poşet içinde muhafaza edilerek şekillendirmeye hazır hale getirilmiştir.

İkinci karışım prosesinde ise ilk olarak Alcoa Alümina CT 800SG, Alcoa Alümina CT 9 FG ve potasyum feldspat değirmen içerisine konulmuş ve sulu olarak karıştırılmıştır. Ardından bu karışıma %5 kaolin ilave edilmiş ve bir saat kadar değirmende

karıştırılmıştır. Son olarak değirmene kaolinin geri kalan kısmı, kil ve biraz daha su ilave edilerek bir saat karıştırılmıştır. Süspansiyon halindeki karışım plastik kıvama gelene dek alçı kalıp içersinde bekletilerek şekillendirmeye hazır hale getirilmiştir.

İkinci karışım prosesinde dikkat çeken unsur, plastik özelliği bulunan kil ve kaolinin karışıma en son dahil edilmesidir. Bu yolla alüminalar ile feldspatın birbirleriyle daha iyi karışması hedeflenmiştir.

Deneysel çalışmada B, C, D reçeteleri ilk karışım prosesi ile hazırlanmıştır. A reçetesinde ise iki karışım prosesi de uygulanmıştır. İlk karışım prosesi ile hazırlanan A reçetesine A1, ikinci karışım prosesi ile hazırlanan A reçetesine ise A2 denmiştir. **Yani A1 ve A2**'nin reçeteleri aynı fakat karışım prosesleri farklıdır.

4. BULGULAR

4.1 Hammaddelere Uygulanan Test Sonuçları:

İlk olarak öğütülen hammaddelerin tane boyut dağılımı belirlenmiştir. Buna göre; Alcoa aluminaları oldukça incedir. CT800SG nin tamamı 10 mikronun altındadır. CT9FG nin ise tamamı 40 mikronun altındadır. K- Feldspat monomodal yapıdadır ve ortalama tane boyutu 34,22mikrondur. Kaolin de monomodaldır ortalama tane boyutu ise 7,732 mikrondur. Kil ise bimodaldır. Kilin ortalama tane boyutu ise 24,60 mikrondur. Nefelinli siyenitin ise tamamı 75 mikronun altındadır

Daha sonra istenen tane boyut dağılımına sahip hammaddelerin kimyasal analizleri yapılmış ve Çizelge 4.1`de gösterilmiştir. Çizelge 4.1`e baktığımızda çalışmada kullanılan Alcoa Alüminalarının oldukça saf olduğunu görmekteyiz. Potasyum Feldspat, Kaolin, Nefelinli siyenit ve Sepiyolit ise tipik formlarıdır. Kilden dikkat çekecek oranda Fe_2O_3 ve TiO_2 kirlilikleri gelmektedir.

Çizelge 4.1 Hammaddelerin Kimyasal Analiz Sonuçları

Oksitler	Alcoa Alümina CT 800 SG	Alcoa Alümina CT 9 FG	Potasyum Feldspat	Kaolin	Kil	Nefelinli Siyenit	Sepiyolit
Al_2O_3	99,828	99,75	19,53	36,16	24,01	23,6	1,0
SiO_2	0,01	0,03	63,91	62,79	68,26	60,2	67,88
Na_2O	0,12	0,15	2,8	-	-	10,5	-
MgO	0,002	0,01	0,33	-	0,67	0,02	28,63
K_2O	-	-	12,85	0,22	1,38	4,8	0,54
CaO	0,01	0,02	0,58	0,13	0,75	0,35	1,95
TiO_2	-	-	-	0,12	1,87	-	-
Fe_2O_3	0,03	0,04	-	-	3,05	0,08	-
A.Z.	-	-	-	-	-	0,42	-
Toplam	100	100	100	100	100	100	100

4.2. Şekillendirme ve Kurutma Aşaması Test Sonuçları:

Şekillendirmeye hazır olan masse şekillendirme aşamasından pişme aşamasına kadar birçok teste tabi tutulmuştur. Bu testler; Pfefferkorn, (%) Yoğrulma suyu, (%) Nem Miktarı, (%) Kuru Küçülme, (N/mm²) Ham Mukavemet ve (g/cm³) Ham Yoğunluk testleridir. Bu testlerin sonuçları hesaplanmış ve sonuçların ortalama değerleri Çizelge 4.2 de sunulmuştur.

Çizelge 4.2 Şekillendirme ve kurutma aşaması test sonuçları.

Kullanılan Hammaddeler	Reçete A1 %	Reçete A2 %	Reçete B %	Reçete C %	Reçete D %
Alcoa Alümina (CT800 SG)	20	20	16	20	16
Alcoa Alümina (CT9 GF)	10	10	9	10	9
Kaolin	25	25	25	25	22
K. Feldspat	30	30	35	20	35
Kil	15	15	15	15	16
Nefelinli Siyenit	-	-	-	10	-
Sepiyolit	-	-	-	-	2
Toplam	100	100	100	100	100
Yapılan testler	Reçete A1 %	Reçete A2 %	Reçete B %	Reçete C %	Reçete D %
Pfefferkorn	2,57	2,47	1,66	3,54	2,46
Yoğrulma suyu (%)	22,75	22,91	19,65	24,41	23,88
Nem Miktarı (%)	18,53	18,65	16,42	20,34	19,28
Kuru Küçülme(%)	1,58	1,074	1,18	1,485	1,716
Ham Mukavemet (N/mm²)	1,92	1,64	3,11	1,57	2,18
Ham Yoğunluk (g/cm³)	1,95	1,948	2,038	1,896	1,85

Çizelge 4.2 ye baktığımızda reçetelerin farklı oranlarda yoğrulma suyu ile şekillendiklerini ve buna bağlı olarak deformasyonlarının, kuru küçülmelerinin, ham mukavemet ve ham yoğunluklarının farklı olduğunu görmekteyiz. Buna göre C reçetesinin pfefferkorn deformasyonu, yoğrulma suyu ve nem miktarı yüksek çıkmıştır. Çünkü yoğrulma suyu fazladır. Ayrıca ham mukavemet ve ham yoğunluk değerleri diğer reçetelere nazaran düşük çıkmıştır. D reçetesinin ham yoğunluğu değeri ise diğer reçetelere oranla en düşük çıkmıştır. B reçetesi ise diğer reçetelere oranla daha düşük yoğrulma suyu ile şekillenmiştir. Ayrıca B reçetesinin kuru küçülmesi düşük, ham mukavemet ve ham yoğunluğu yüksektir.

4.3. Sinterleme sonrası test sonuçları.

5°C/dakika ısıtma hızı ile çeşitli sıcaklıklarda 2 saat bekletme süresiyle sinterlenen numunelerin sıcaklık değişimi ile eğme mukavemeti, su emme, açık gözeneklilik ve yoğunluk değerlerindeki değişim aşağıdaki Çizelgelerde verilmiştir. Çizelgelerde yer alan (---) sembolü bulunduğu kutucuğa ait sıcaklıkta sinterleme işleminin yapılmadığı anlamına gelmektedir.

4.3.1. Sıcaklık –Eğme Mukavemeti Sonuçları

Çizelge 4.3 e göre en yüksek mukavemet değerine (69,49 N/mm²) C reçetesinde ulaşılmıştır ve bu 1200°C gibi düşük bir sıcaklıkta gerçekleşmiştir. A2 reçetesine baktığımızda ise 1180°C`de 61,04 N/mm²’lik bir mukavemete ulaşıldığı görülmektedir. Çalışmadaki diğer reçetelerde yüksek mukavemete daha yüksek bir sıcaklıkta ulaşılmıştır.

Çizelge 4.3 Reçetelerin Sıcaklık- Eğme Mukavemeti

Kullanılan Hammaddeler	Reçete A1 %	Reçete A2 %	Reçete B %	Reçete C %	Reçete D %
Alca Alümina (CT800 SG)	20	20	16	20	16
Alca Alümina (CT9 GF)	10	10	9	10	9
Kaolin	25	25	25	25	22
K. Feldspat	30	30	35	20	35
Kil	15	15	15	15	16
Nefelinli Siyenit	-	-	-	10	-
Sepiyolit	-	-	-	-	2
Toplam	100	100	100	100	100
Sıcaklık°C	Eğme mukavemeti (N/mm ²)				
1180	---	61,04	41,45	---	34,188
1200	57,95	---	51,06	69,49	55,12
1250	44,11	60,06	58,43	51,64	42,44
1280	27,83	58,86	---	39,61	---
1300	44,41	---	---	15,59	---

4.3.2. Sıcaklık Su Emme Sonuçları

Çizelge 4.4'te sinterlenen numunelere uygulanan su emme testinin sonuçları yer almaktadır. A1 reçetesi Su emme sonuçları incelendiğinde 1280°C de % 0,894 ile en düşük su emme görülmüştür. A2 reçetesinde ise en küçük su emme değeri 0,056 ile 1280°C de meydana gelmiştir. B reçetesinde 1250°C de %0,09'luk bir su emme meydana gelmiştir. Çizelgeye göre en düşük su emme %0,05 ile 1200°C'de sinterlenen C reçetesi numunesinde meydana gelmiştir. Sıcaklık arttıkça C reçetesinde % Su emme sıcaklıkla birlikte artmıştır. D reçetesinde ise sıcaklık arttıkça su emme düşmüş ve 1250 °C de % 0,13 ile en düşük Su emme meydana gelmiştir.

Çizelge 4.4 te Reçetelerin Sıcaklık – Su Emme ilişkisi

Kullanılan Hammaddeler	Reçete A1 %	Reçete A2 %	Reçete B %	Reçete C %	Reçete D %
Alcoa Alümina (CT800 SG)	20	20	16	20	16
Alcoa Alümina (CT9 GF)	10	10	9	10	9
Kaolin	25	25	25	25	22
K. Feldspat	30	30	35	20	35
Kil	15	15	15	15	16
Nefelinli Siyemit	-	-	-	10	-
Sepiyolit	-	-	-	-	2
Toplam	100	100	100	100	100
Sıcaklık °C	% Su Emme				
1180	---	2,396	4,77	---	5,33
1200	2,075	---	3,02	0,05	0,2
1250	2,03	1,18	0,09	0,1	0,13
1280	0,894	0,056	---	7,69	---
1300	2,959	---	---	8,48	---

4.3.3. Sıcaklık-Açık Gözeneklilik Sonuçları

Çizelge 4.5`de sıcaklık artışı ile açık gözenekliliğin değişimi görülmektedir. Çizelgeye göre A1 reçetesinde en düşük açık gözeneklilik % 2,071 ile 1280°C de, A2 reçetesinde %0,153 ile 1280°C de, B reçetesinde % 0,23 ile 1250°C de, C reçetesinde %0,14 ile 1200°C de ve D reçetesinde % 0,32 ile 1250°C de meydana gelmiştir. Buna göre en düşük açık gözeneklilik C reçetesinde görülmüştür.

Çizelge 4.5: Reçetelerin Sıcaklık- Açık Gözeneklilik İlişkisi

Kullanılan Hammaddeler	Reçete A1 %	Reçete A2 %	Reçete B %	Reçete C %	Reçete D %
Alcoa Alümina (CT800 SG)	20	20	16	20	16
Alcoa Alümina (CT9 GF)	10	10	9	10	9
Kaolin	25	25	25	25	22
K. Feldspat	30	30	35	20	35
Kil	15	15	15	15	16
Nefelinli Siyeni	-	-	-	10	-
Sepiyolit	-	-	-	-	2
Toplam	100	100	100	100	100
Sıcaklık (%)	Açık Gözeneklilik (%)				
1180	---	6,166	11,61	---	12,68
1200	5,4	---	7,62	0,14	0,44
1250	5,28	0,47	0,23	0,26	0,32
1280	2,071	0,153	---	15,87	---
1300	6,733	---	---	17,25	---

4.3.4. Sıcaklık - Yoğunluk Sonuçları

Çizelge 4.6 da sinterleme sıcaklığının yoğunluğa olan etkisi görülmektedir. Çizelge 4.6`da göre A1 reçetesinde en yüksek yoğunluğa 2,604 g/cm³ ile 1200°C de ulaşılmıştır. A2 reçetesinde ise 2,661 g/cm³ ile 1280°C de, B reçetesinde 2,54 g/cm³ ile 1250°C de yüksek yoğunluğa çıkılmıştır. C reçetesinde ise 2,59 g/cm³ ile 1200°C de, D reçetesinde ise 2,54 g/cm³ ile 1250°C de yüksek yoğunluğa çıkılmıştır. Çizelge incelendiğinde en yüksek yoğunluğa A2 reçetesinde çıktığını ve bunun 1280°C de gerçekleştiğini görmekteyiz. A1 ve C reçetesinde ise 1200 °C de yüksek yoğunluğa ulaşılmıştır.

Çizelge 4.6 Reçetelerin Sıcaklık - Yoğunluk İlişkisi.

Kullanılan Hammaddeler	Reçete A1 %	Reçete A2 %	Reçete B %	Reçete C %	Reçete D %
------------------------	-------------	-------------	------------	------------	------------

Alcoa Alümina (CT800 SG)	20	20	16	20	16
Alcoa Alümina (CT9 GF)	10	10	9	10	9
Kaolin	25	25	25	25	22
K. Feldspat	30	30	35	20	35
Kil	15	15	15	15	16
Nefelinli Siyenit	-	-	-	10	-
Sepiyolit	-	-	-	-	2
Toplam	100	100	100	100	100
Sıcaklık (°C)	Yoğunluk (gr/cm³)				
1180	---	2,573	2,44	---	2,39
1200	2,604	---	2,527	2,59	2,27
1250	2,581	2,646	2,54	2,55	2,54
1280	2,32	2,661	---	2,07	---
1300	2,275	---	---	2,04	---

4.4 Reçete Sonuçlarının İrdelenmesi

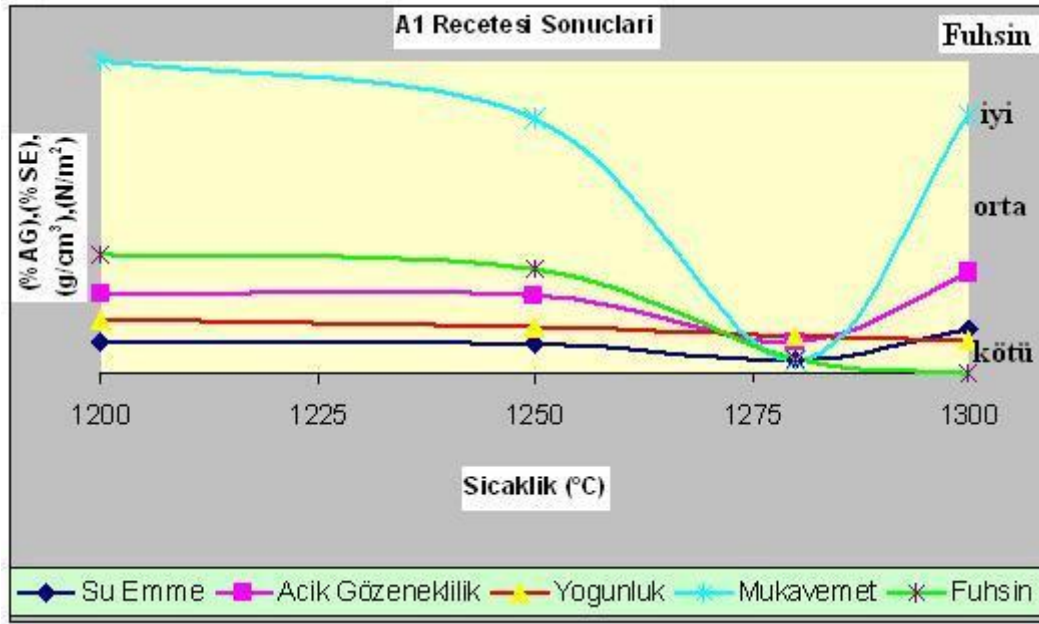
Aşağıda sıcaklık artışı ile reçetelerdeki su emme, açık gözeneklilik, yoğunluk, mukavemet ve fuhsin analiz sonuçları aynı grafik üzerinde verilmiştir.

Reçetelerin SEM fotoğraflarında M: Müllit fazı, K: Korund fazı, M+G: Müllit + Camısı Faz, G: Camı Faz, P: Gözeneği simgelemektedir.

4.4.1. A1 Reçetesi Sonuçlarının İrdelenmesi

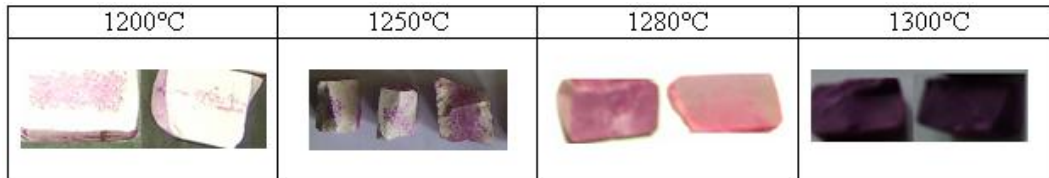
Şekil 4.1 de A1 reçetesine sinterleme sonrası yapılan testlerin sonuçları yer almaktadır. A1 reçetesi test sonuçlarına bakıldığında sıcaklık artışı ile su emme ve açık gözeneklilikte önce bir azalmanın olduğu sıcaklık daha da arttırıldığında ise su emme ve açık gözeneklilik de bir artış olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak yoğunlukta ve mukavemette bir artış olmamış aksine sıcaklık arttıkça yoğunluk ve mukavemet giderek düşmüştür. Fuhsin analiz sonucuna baktığımızda ise sıcaklığın artışı ile yapının daha da kötüleştiği yani yapının gözenekli hale geldiği gözlenmiştir. Sonuç olarak test sonuçlarında bir tutarsızlık görülmektedir. Bunun karışım prosesinden kaynaklandığı

düşünülmüştür. A1 Reçetesinde Alüminanın yapıda homojen olarak dağılmadığı ve buna bağlı olarak sıkı paketlenmenin gerçekleşemediği kanaatine varılmıştır.



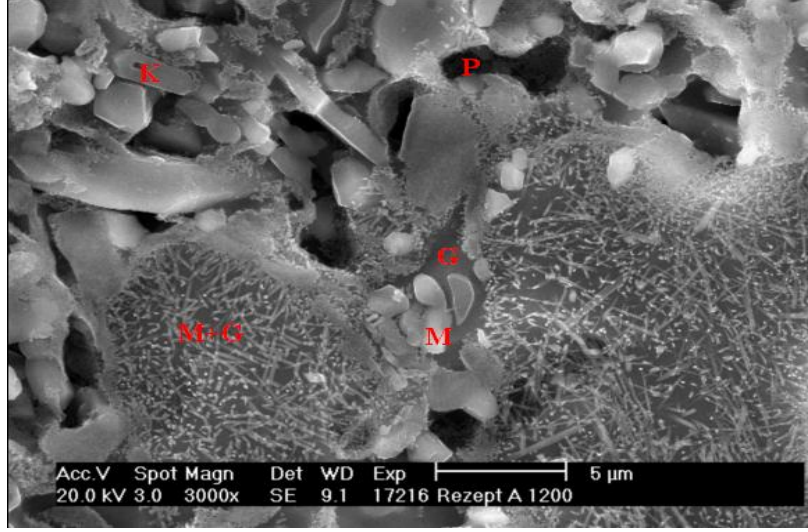
Şekil 4.1: A1 Reçetesi Sonuçları.

A1 reçetesinin **Fuhsin analiz** sonuçları Resim 4.1 de görülmektedir. Sıcaklık arttıkça kırmızı çözeltinin izolatör içerisindeki nüfusu artmıştır. Yani yapı gözenekli bir hal almıştır.



Resim 4.1. A1 Reçetesi ürünlerinin fuhsin sonucu

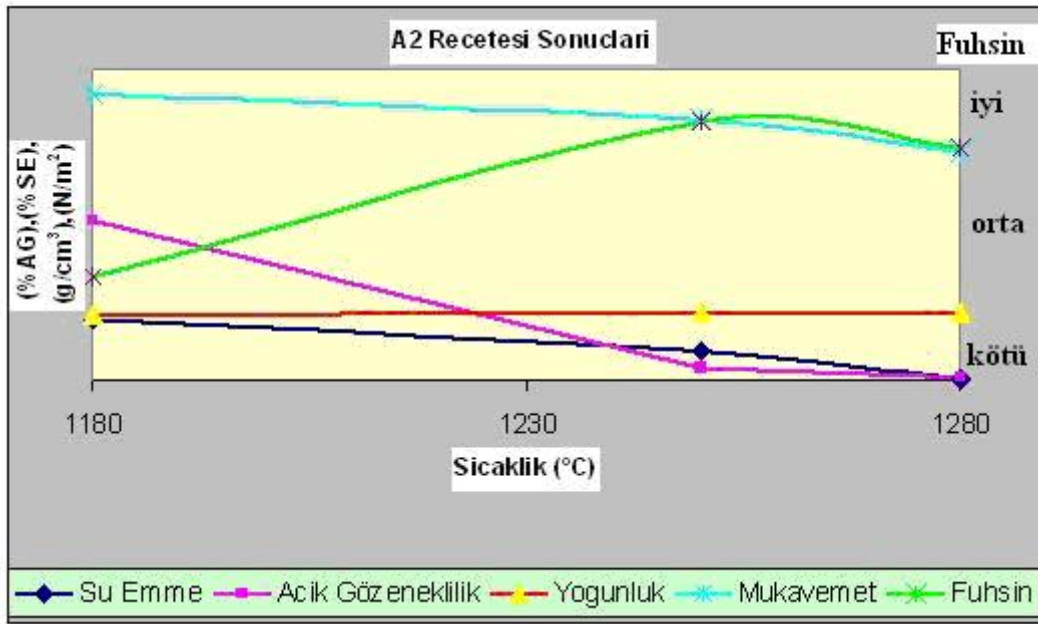
1200 °C de sinterlenen A1 Reçetesi ürününün **SEM analizi** sonucu Şekil 4.2 de verilmiştir. Şekil 4.2 ye baktığımızda matrisin müllit, korund camsı faz ve gözenekten oluştuğu görülmektedir. Yapı gözeneklidir ve gözenek çapı 4µm ye kadar çıkmaktadır. Gözenek şekli ise köşelidir. Yapı incelediğinde müllitin camsı faz üzerinde küçük ve iri tanecikler halinde yer aldığı ve camsı fazın yapının bütününe kaplamadığı görülmektedir. Korund partiküllerinin tane sınırlarında ise camsı faz, por ve müllit fazları yer almaktadır. Yapı homojen bir faz dağılımına sahip değildir.



Şekil 4.2. A1 Reçetesinin 1200°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü

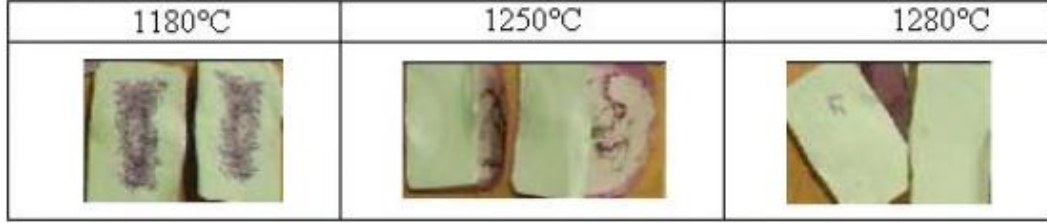
4.4.2 A2 Reçetesi Sonuçlarının İrdelenmesi:

Farklı bir karışım prosesi uygulanan A2 reçetesinin sinterleme sonrası test sonuçları Şekil 4.3'te verilmiştir. Buna göre sıcaklık artışı ile su emme, açık gözeneklilik azalmıştır. Yoğunluk az oranda artmış, fuhsin testi de olumlu olmuştur. Ancak mukavemette biraz düşüş gözlenmiştir. Bu faz dönüşümlerinden kaynaklanabilir.



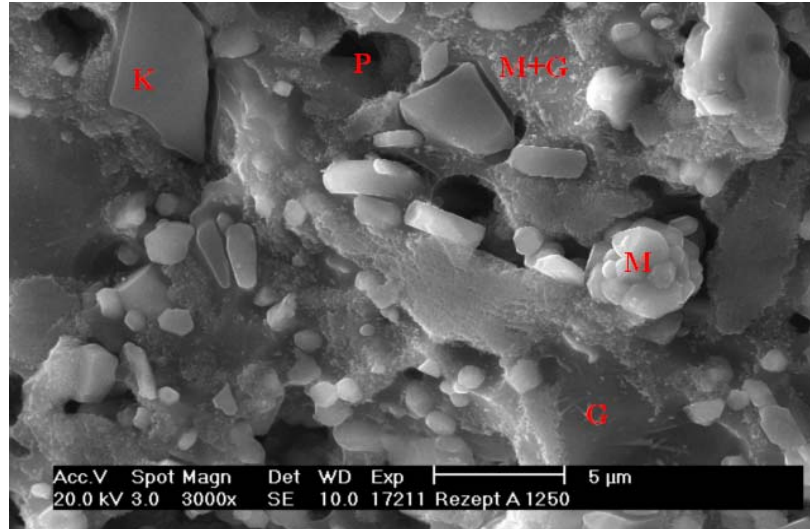
Şekil 4.3. A2 Reçetesi Test Sonuçları

A2 reçetesinin **Fuhsin analiz** sonucu Resim 4.2 te görülmektedir. Buna göre en iyi fuhsin sonucu 1250 ve 1280 °C de çıkmıştır. Fuhsin e tabi tutulan izolator kırıldığında kırmızı çamurun içeri nüfus etmediği görülmektedir.



Resim 4.2: A2 Reçetesi ürünlerinin fuhsin sonucu

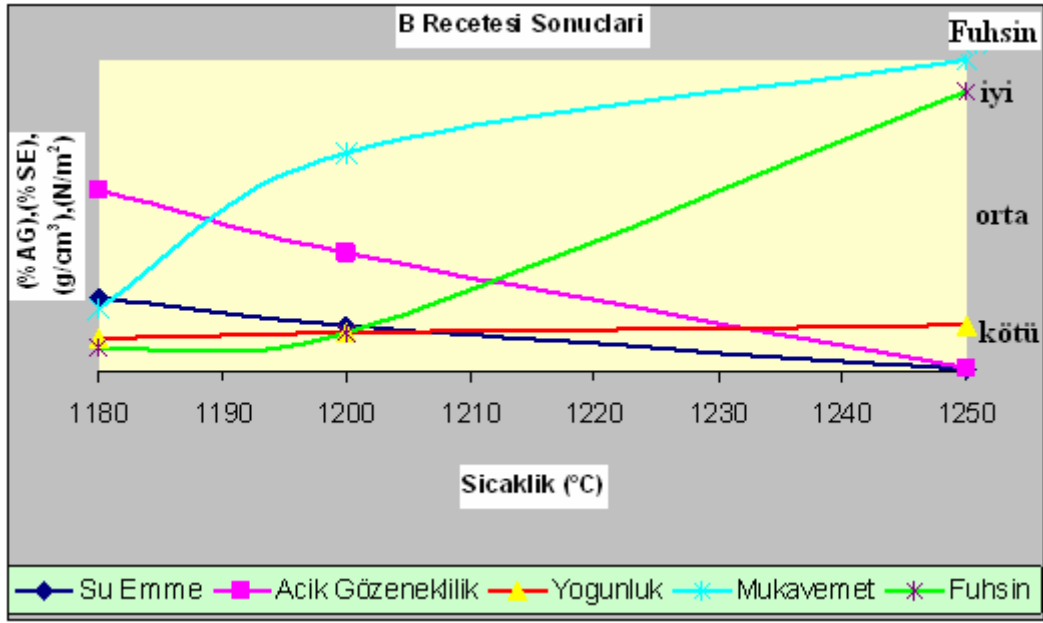
1250°C de sinterlenen A2 reçetesinden elde edilen numunenin **SEM analiz** görüntüsü Şekil 4.4 te verilmiştir. Şekil 4.4'ü incelediğimizde matrisin sık bir yapıdan oluştuğu ve homojen dağılımlı olduğu görülmektedir. Yapıda müllit ve korund camsı faz içerisinde gömülü durumda bulunmaktadır. Ayrıca müllitin tane çapı 3µm'yi bulmaktadır. Korund partikül boyutu ise 5µm ye kadar çıkabilmektedir. Yapı az gözeneklidir ve gözenek çapı 3µm dolaylarındadır. Gözenek şekli ise yuvarlaktır.



Şekil 4.4. A2 Reçetesinin 1250°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü

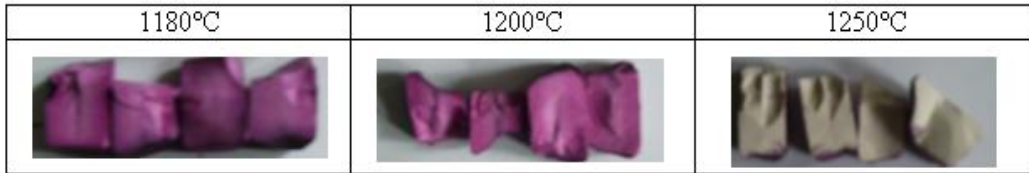
4.4.3. B Reçetesi Test Sonuçlarının İrdelenmesi

Şekil 4.5'e bakıldığında sıcaklık artışı ile B reçetesinde su emme ve açık gözeneklilik düşmüş, buna bağlı olarak ta yoğunluk ve mukavemette artış olmuştur. Ayrıca sıcaklık artışı ile fuhsin sonucunda gözenekliliğin azaldığı ve bünyeye kırmızı sıvının nüfus etmediği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak B reçetesinde alınan sonuçlar tutarlı çıkmıştır.



Şekil 4.5: B Reçetesinin test sonuçları:

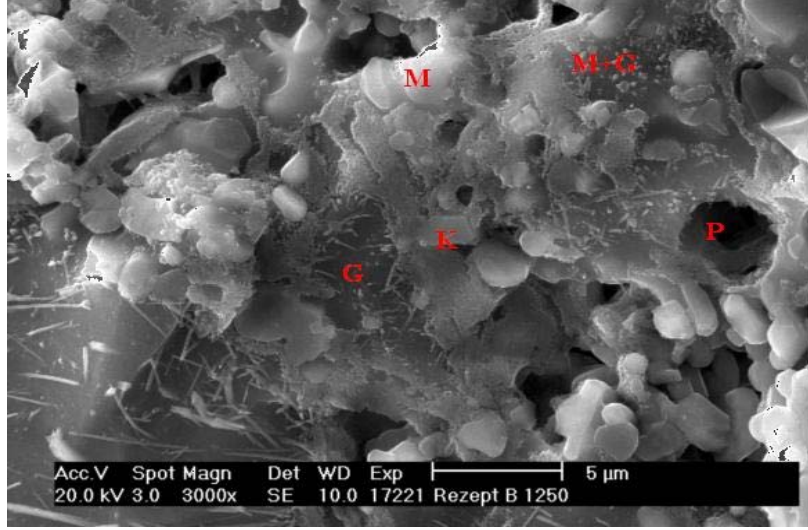
Resim 4.3 te ise B reçetesinin **Fuhsin analiz** sonucu verilmektedir. Buna göre B reçetesinde en iyi sonuç 1250 °C de alınmıştır.



Resim 4.3 B Reçetesi ürünlerinin fuhsin sonucu

B reçetesinde en optimal sonuç 1250°C de alınmıştır. 1250 °C de sinterlenmiş olan izolator numunesinin **SEM analizi** yapılmış ve SEM görüntüsü Şekil 4.6`da verilmiştir. Şekil 4.6`ya göre yapı müllit korund camsı faz ve porlardan oluşmaktadır. Yapıda camsı

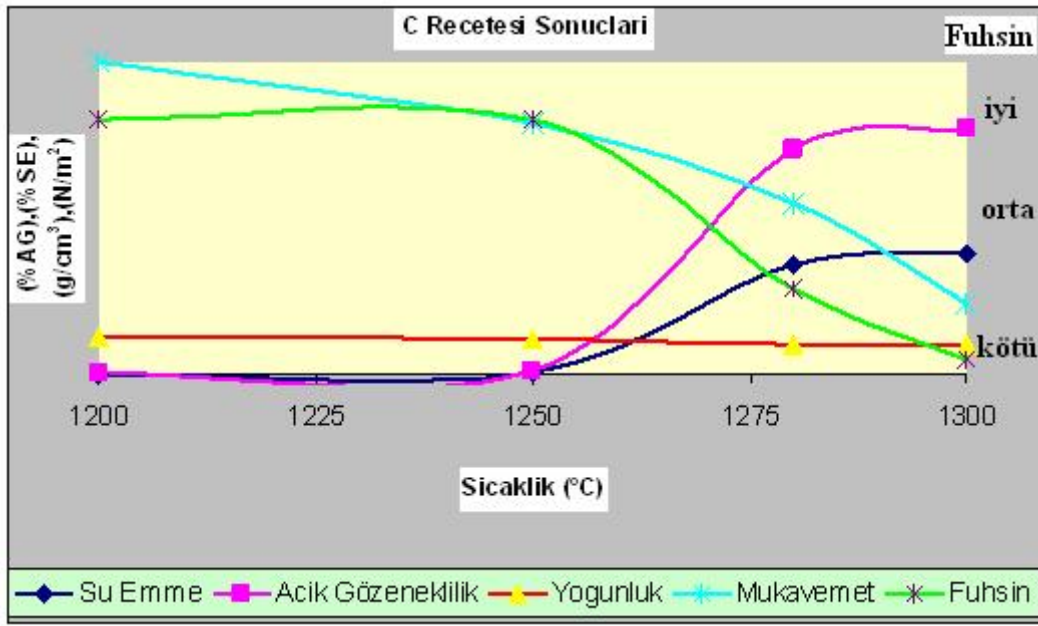
faz çok fazladır. Müllit yapıda belirli alanlarda toplu şekilde yer almaktadır. Korund ise yapıda küçük tanecikler halinde camsı faz ile çevrelenmiş durumdadır. Gözenekler camsı faz sınırları ve tane sınırlarında yer almaktadır. Gözenek boyutu 4µm dolaylarındadır. Gözenek şekli ise köseli ve yuvarlaktır.



Şekil 4.6: B Reçetesinin 1250°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü

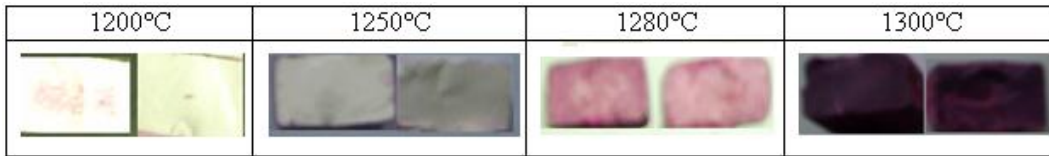
4.4.4. C Reçetesi Test Sonuçlarının İrdelenmesi

Şekil 4.7'de. C reçetesine sinterleme sonrası uygulanan testlerin sonuçları yer almaktadır. Buna göre; sıcaklık artışı ile su emme, açık gözenelilik artmış, fuhsin kötüleşmiş yoğunluk ve mukavemet düşmüştür. C reçetesi numuneleri incelendiğinde sıcaklığın artışı numunelerde şişmeye neden olmuştur. Buna göre C reçetesinde 1200°C de yoğunluk ve mukavemeti yüksek, su emme ve açık gözenekliliği yok denecek kadar az ve fuhsin sonucu çok iyi olan bir ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.7: C Recetisinin test sonuçları.

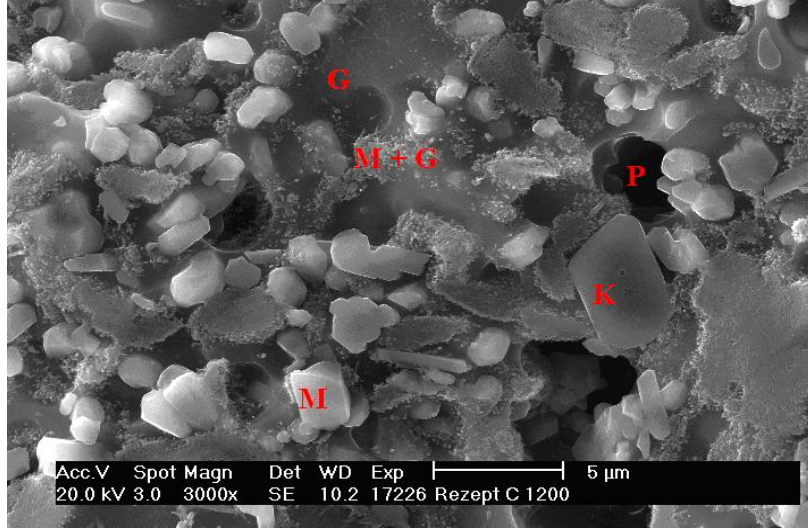
Resim 4.4 te ise C Reçetesinin sıcaklığa bağlı olarak **Fuhsin analiz** sonuçları verilmiştir. Buna göre 1200°C ve 1250 °C de mükemmel sonuç alınmıştır.



Resim 4.4. C Reçetesi ürünlerinin fuhsin sonucu

C reçetesinde en optimal **SEM analiz** sonucu 1200°C de alınmıştır. 1200°C de sinterlenen izolatörün şekil 4.8`de verilmiştir. Buna göre Müllit fazı matris içinde homojen olarak dağılmıştır ve tane boyutu 3 µm dolaylarındadır. K ile gösterilen köşeli yapı korund fazını göstermektedir. Korund partiküllerinin tane boyutu 5µm`a kadar çıkmaktadır. Korundun tane sınırlarında camsı faz, por ve müllit fazları yer almaktadır. M+G ile gösterilen yapı ise camsı faz içerisinde gömülü bulunan küçük müllit partiküllerini göstermektedir. Porlar ise P ile gösterilmiştir. Ortalama por çapı 2- 3 µm arasındadır. Por dağılımının az por şekli ise yuvarlaktır. Müllit ve Korund partiküllerinin camsı faz ile yoğun bir yapı oluşturması, müllit ve korund partiküllerinin geniş bir tane boyut dağılımında yapıda yer alması, fazların homojen dağılımı, yapıdaki

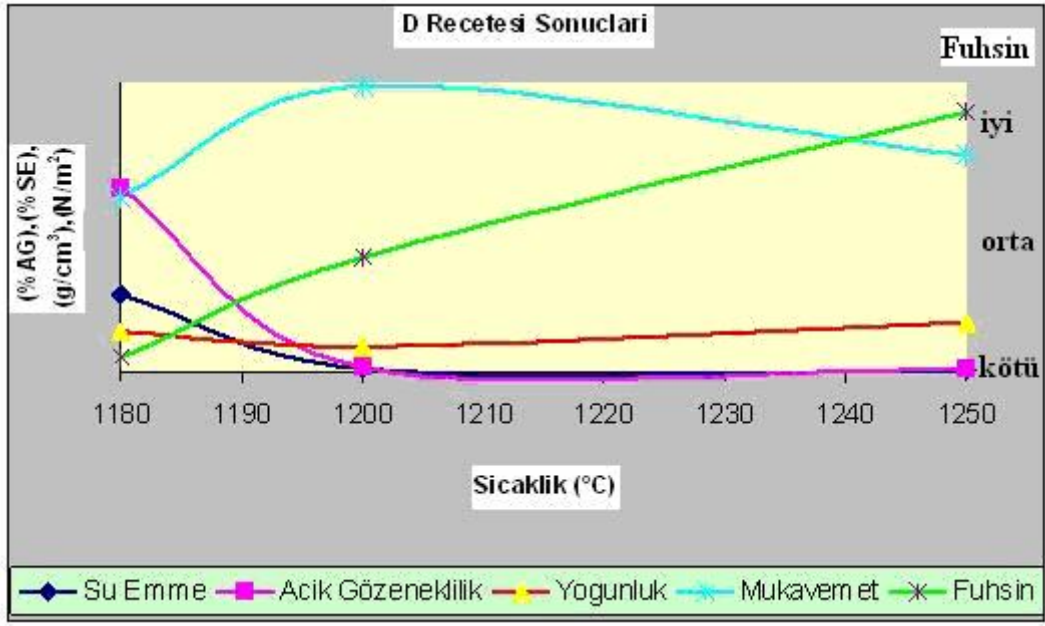
por miktarının az ve por çapının küçük olması oldukça yoğun ve mukavim bir yapının oluşmasını sağlamıştır.



Şekil 4.8. C Reçetesinin 1200°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü

4.4.5. D Reçetesi test sonuçlarının irdelenmesi

Şekil 4.9'a göre; sıcaklık arttıkça D reçetesinde; su emme açık gözeneklilikte düşüş gözlenmiştir. Mukavemet bir miktar artıp ardından düşmüştür, yoğunluk ise bir miktar azalıp ardından yükselmiştir. Yoğunluk azalırken (1200°C de) mukavemetin artması ve mukavemet düşüşe geçtiğinde ise yoğunluğun artması bir tutarsızlığın olduğunu göstermektedir. Fuhsin sonucuna baktığımızda ise sıcaklık artışı ile fuhsin iyileşmiştir.



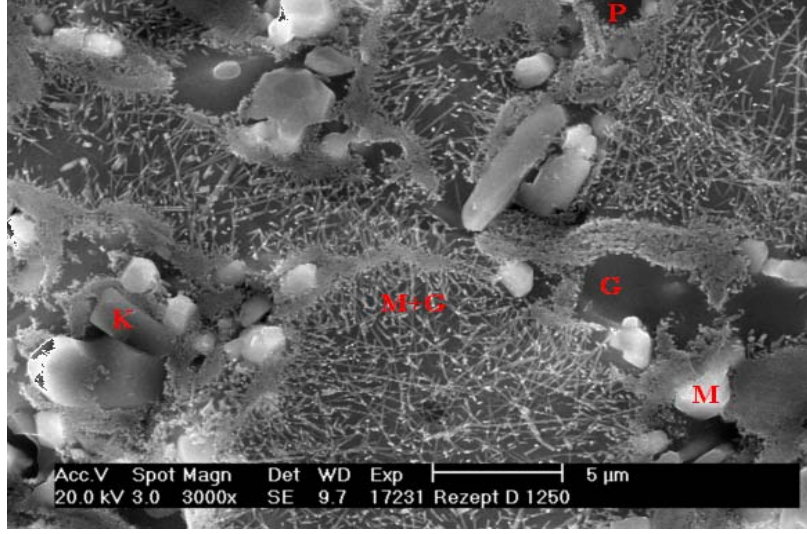
Şekil 4.9. D Reçetesinin test sonuçları.

Resim 4.5 da sıcaklığa bağlı olarak D reçetesinin **Fuhsin** analiz sonucu verilmiştir. Sıcaklık arttıkça yapının giderek gözeneklerden arındığı görülmektedir. Buna göre en iyi sonuç 1250°C de alınmıştır.



Resim 4.5. D Reçetesi ürünlerinin fuhsin sonucu

D reçetesinde en optimal SEM analizi sonucu 1250°C de sinterlenen izolator numunesinden alınmıştır ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Buna göre yapıda camsı faz içerisine gömülü durumda bulunan müllit taneleri uzun ince çubuklar şeklinde yapıda yer almaktadır. Sıcaklık camsı faz içerisindeki küçük müllit partiküllerinin çubuklarının boyunu yükseltmiştir. Ayrıca müllit matriste kendini tane boyutu büyük partiküller halinde de göstermektedir. Yapıda faz dağılımı homojen değildir ve yapıdaki korund miktarı azdır.

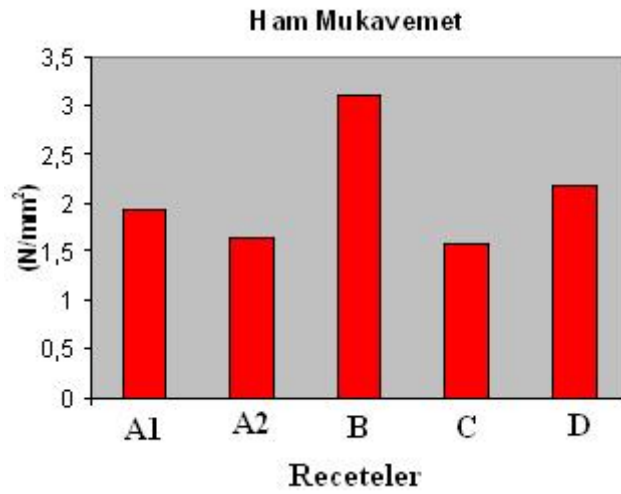


Şekil 4.10. D Reçetesinin 1250°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü

4.5. Reçetelerin Birbirleri ile Karşılaştırılması:

4.5.1. Sıcaklık Artışı ile Reçetelerdeki Mukavemet Değerlerinin Karşılaştırılması:

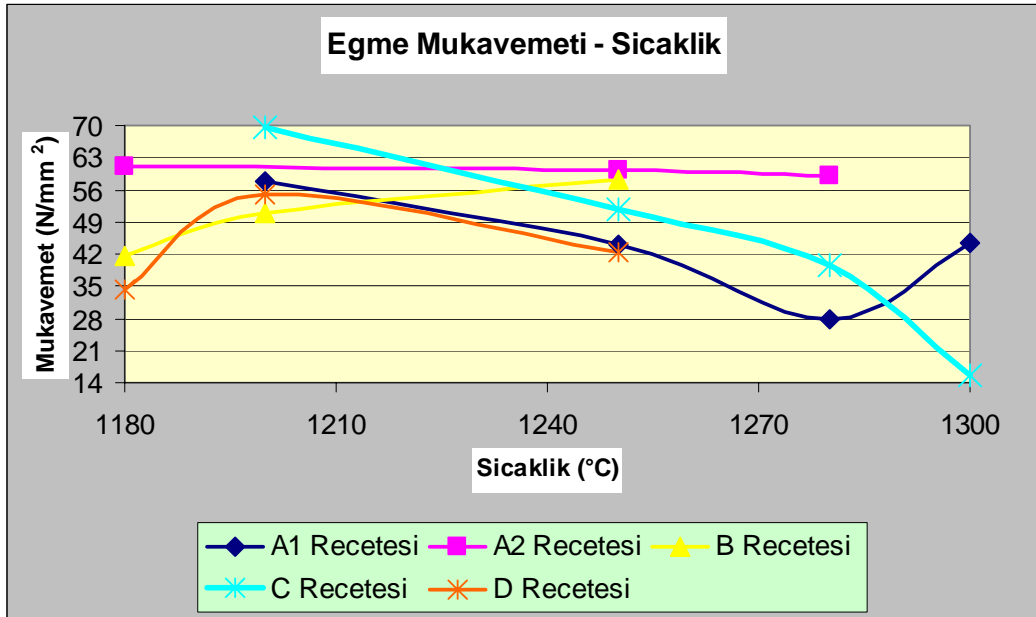
Şekil 4.11 de reçetelerin ham mukavemet sonuçları yer almaktadır. Buna göre sinterleme işleminden önce en düşük mukavemet değeri A2 ve C reçetelerinde görülmektedir.



Şekil 4.11. Reçetelerin Ham Mukavemet Değerleri

Şekil 4.12`ye baktığımızda ise sinterleme işlemi sonrasında en yüksek mukavemete A2 ve C reçetelerinde ulaşıldığı görülmektedir. Yani diğer reçetelere oranla sinterleme öncesi en düşük mukavemeti gösteren A2 ve C reçetelerinin sinterleme işlemi sonrasında en yüksek mukavemeti gösterdikleri tespit edilmiştir. Buna göre ham mukavemeti düşük olan masse sinterleme sonrasında en yüksek mukavemeti gösterebilmektedir.

Şekil 4.12 ye bakıldığında sıcaklık artışı ile A1 Reçetesinde 1280°C ye kadar mukavemetin düştüğü, sinterlemeye devam edildiğinde ise mukavemete bir artış olduğu görülmektedir. A2 reçetesinde ise sıcaklık artışı ile mukavemette çok az bir düşüş olduğu görülmektedir. B reçetesinde sıcaklık artışı ile mukavemette artış olmuştur. C reçetesinde ise sıcaklık artışı ile mukavemetin çok yüksek oranda azaldığı görülmektedir. Sinterlenen numunelerde şişme gözlemlenmiştir. D reçetesinde ise sıcaklık artışı ilk olarak mukavemete bir artışa neden olmuştur, sıcaklık daha da arttırıldığında ise mukavemette düşüş gözlenmiştir



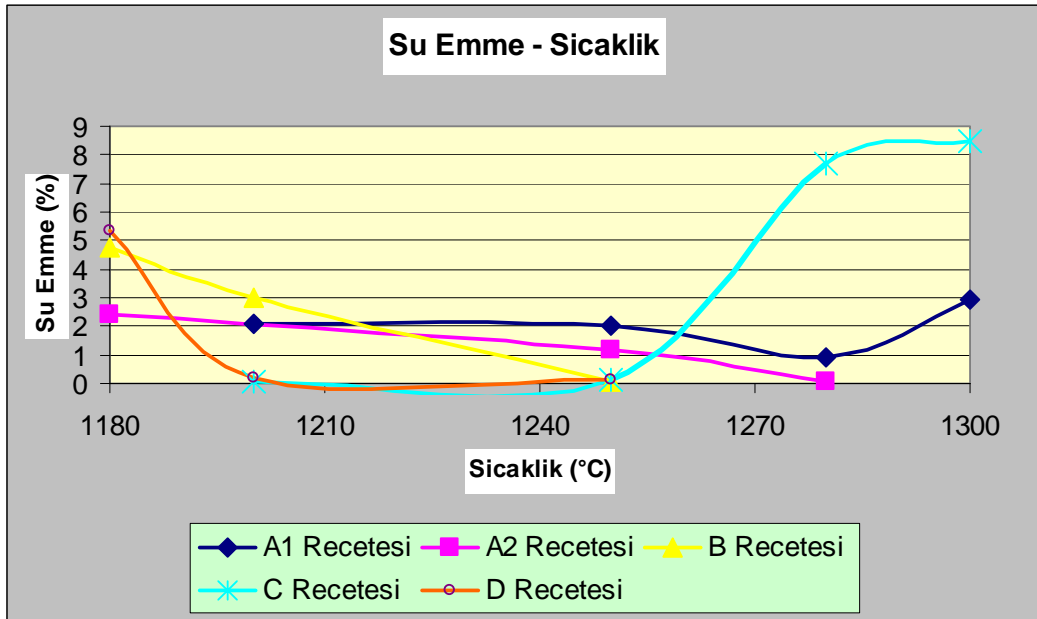
Şekil 4.12. Eğme mukavemeti – Sıcaklık

Sonuç olarak C reçetesinde 1200°C gibi düşük bir sıcaklıkta en yüksek mukavemet değerine ulaşılmıştır. Diğer önemli bir husus ise reçeteleri aynı fakat karışım prosesleri

farklı olan A1 ve A2'nin eğme mukavemetlerini karşılaştırdığımızda A2 recetsinde daha yüksek mukavemet değerine ulaşıldığı ve sonuçların daha tutarlı olduğu görülmektedir.

4.5.2. Sıcaklık Artışı ile Reçetelerdeki Su Emme Değerlerinin Karşılaştırılması:

Şekil 4.13 de Reçetelerin Sıcaklık- Su Emme ilişkisi yer almaktadır. Buna göre; A1 reçetesinde sıcaklık artışı ile su emme de bir azalma görülmüştür. 1280°C den sonra ise su emme artmıştır. Bunun nedeni sıcaklık artışı ile meydana gelen faz dönüşümleri olabilir. A2 reçetesinde ise sıcaklık artışı ile su emme de bir düşüş görülmektedir. B reçetesinde sıcaklık artışı su emme de azalmaya neden olmuştur. C reçetesinde ise sıcaklık arttıkça su emme de artmıştır ve çok yüksek değerlere çıkmıştır. Muhtemelen Nefelinli siyenit kullanımı eriyik faz miktarını arttırmış ve şişmeye neden olmuştur. D reçetesinde ise sıcaklık artışı ile su emme azalmıştır.

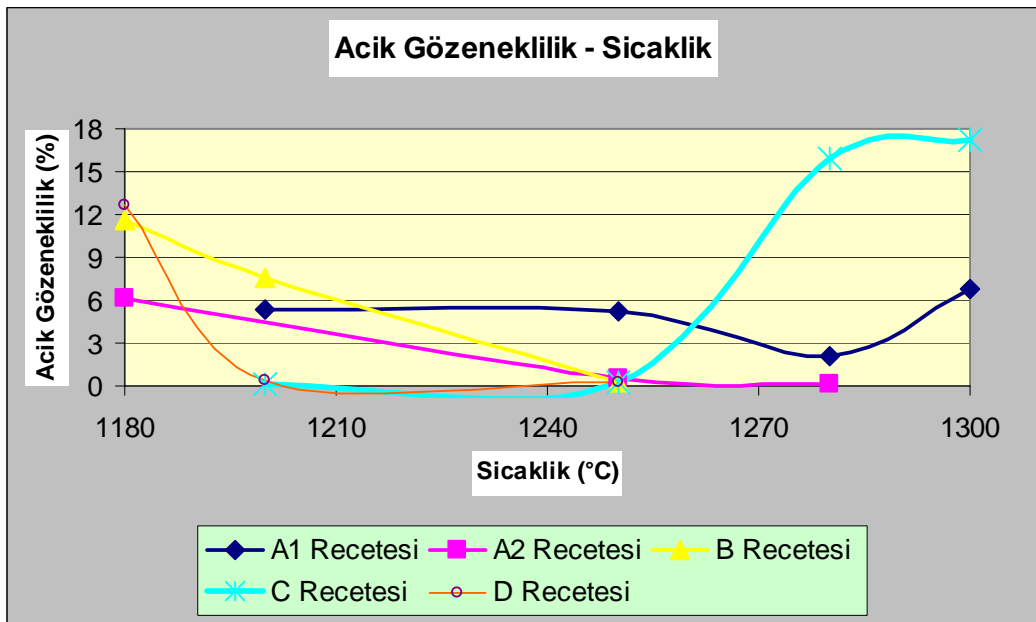


Şekil 4.13. Reçetelerin Su Emme- Sıcaklık grafiği

Sonuç olarak reçetelere baktığımızda en iyi sonuç C reçetesinden alınmıştır. C reçetesi düşük sıcaklıkta yok denecek kadar küçük bir su emme davranışı göstermiştir.

4.4.3. Sıcaklık Artışı ile Reçetelerdeki Açık Gözeneklilik Değerlerinin Karşılaştırılması:

Şekil 4.14'e göre; A1 reçetesinde sıcaklık artışı ile ilk olarak açık gözeneklilik azalmış sıcaklık daha da arttırıldığında ise açık gözeneklilik artmıştır. A2 ve B reçetelerinde ise sıcaklık artışı ile gözeneklilik düşmüştür. C reçetesinde sıcaklık artışı ile gözeneklilik artmıştır. D reçetesinde ise sıcaklık artışı ile açık gözeneklilik azalmıştır.

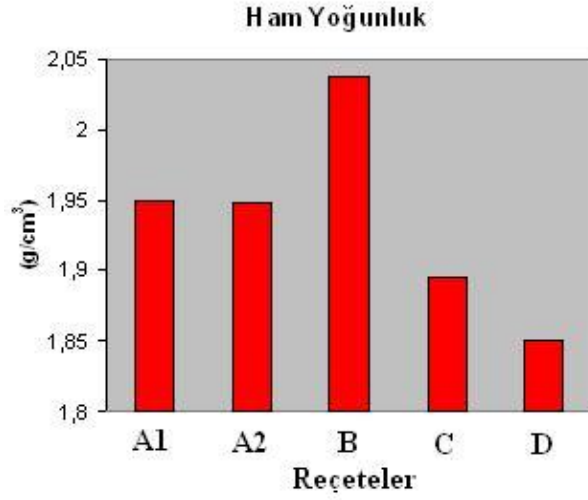


Şekil 4.14. Reçetelerin Açık Gözeneklilik- Sıcaklık grafiği.

Sonuç olarak reçetelere baktığımızda en iyi sonuç C reçetesinden alınmıştır. C reçetesi düşük sıcaklıkta yok denecek kadar küçük bir gözeneklilik göstermiştir.

4.2.4. Sıcaklık Artışı ile Reçetelerdeki Yoğunluk Değerlerinin Karşılaştırılması:

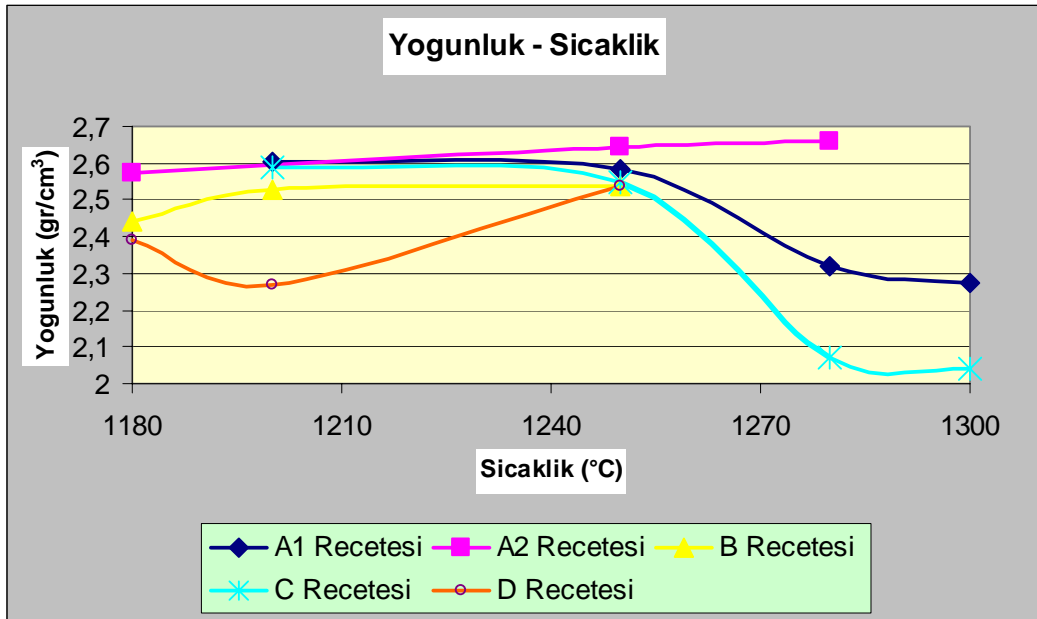
Şekil 4.15 de reçetelerin ham yoğunluk sonuçları yer almaktadır. Buna göre reçeteleri aynı fakat karışım prosesleri farklı olan A1 ve A2 nin ham yoğunlukları hemen hemen aynıdır.



Şekil 4.15. Reçetelerin Ham Yoğunluk Değerleri

En yüksek ham yoğunluk B reçetesinden alınmıştır. Nefelinli siyenit kullanılan C reçetesi ile Sepiyolit kullanılan D reçetesinin ham yoğunlukları ise diğer reçetelere göre düşüktür.

Şekil 4.16'ya göre; A1 reçetesinde sıcaklık artışı yoğunluğun azalmasına neden olmuştur. A2 reçetesinde ise sıcaklık arttıkça yoğunlukta artış gözlemlenmiştir. B reçetesinde ise sıcaklık artışı yoğunlukta düşük bir artışa neden olmuştur. C reçetesinde sıcaklık arttıkça yoğunluk giderek azalmıştır. D reçetesinde ise sıcaklık arttıkça yoğunluk önce azalmış sıcaklık daha da artırıldığında ise yoğunlukta bir miktar artış olmuştur.



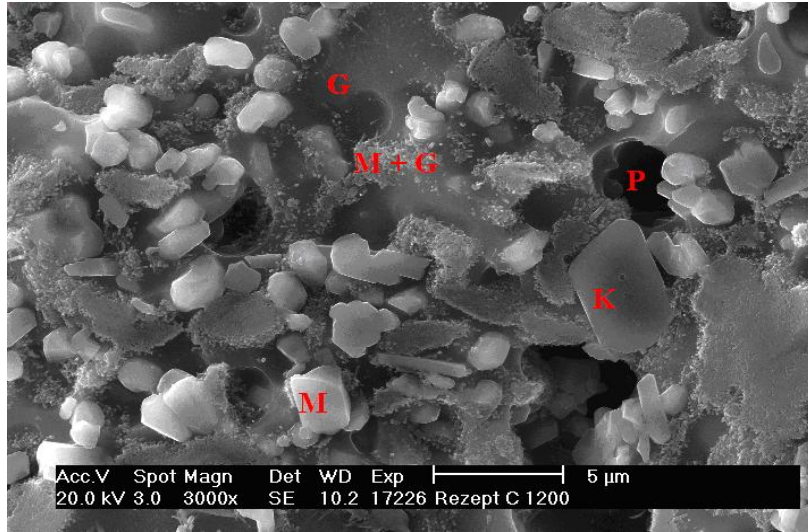
Şekil 4.16. Yoğunluk – Sıcaklık grafiği

Aynı reçete olan A1 ve A2 de sinterleme öncesi yoğunlukların benzer olmasına karşın sinterleme sıcaklığı arttıkça A2 recetsinde daha yüksek yoğunluklara çıkılırken A1 reçetesinde yoğunluğun düşüğü görülmektedir. Bunun nedeni A1 recetsinde karışım esnasında yeterli homojenitenin sağlanamamasıdır.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Reçete sonuçları incelendiğinde en iyi sonucu veren reçetenin C reçetesi olduğu görülmektedir. Çünkü C reçetesi ile hazırlanan numunelerin 1200°C de sinterlenmesi sonucunda elde edilen numunelere yapılan testlerin sonuçlarına baktığımızda; yüksek mukavemete ulaşıldığını, su emme ve açık gözenekliliğinin yok denecek kadar düşük olduğunu ve yüksek yoğunlukta ürün elde edildiğini görmekteyiz. Ayrıca fuhsin analizi sonucunda yapının içerisine kırmızı çözeltilerin nüfus etmediği yani yapının gözeneksiz olduğunda görmekteyiz. C reçetesinin SEM analiz sonucuna baktığımızda şekil 5.1 den de anlaşılacağı üzere; matristeki müllit ve korund fazlarının camsı faz ile yoğun bir yapı oluşturduğunu, müllit ve korund partiküllerinin geniş bir tane boyut dağılımında yapıda yer aldığını, yapıdaki por miktarının az ve por çapının küçük olduğunu görmekteyiz.

Şekil 5.1 de M: Müllit fazı, K: Korund fazı, M+G: Müllit + Camsı Faz, G: Camı Faz, P: Gözenek anlamına gelmektedir.



Şekil 5.1: C Reçetesinin 1200°C de sinterlenen numunesinin SEM Görüntüsü

Sonuç olarak C reçetesinde kullanılan nefelinli siyenitin 1200°C de teknik özellikleri olumlu yönde etkilediği anlaşılmıştır. Nefelinli siyenitin mineralize edici özelliğinden dolayı meydana gelen camsı fazın genişleme özelliğinin iyi olması, alümina ve silis taneciklerini birbirine bağlamış ve neticede düşük sinterleme derecesinde; yoğun,

gözeneksiz, yüksek mukavemete sahip ürün oluşumunu sağlamıştır. Bu özelliklerin düşük sıcaklıkta meydana gelmesi aynı zamanda maliyetinde düşmesi anlamına da gelmektedir.

Nefelinli siyenit kullanılan C reçetesinde sıcaklık arttıkça su emme gözeneklilik hızlı bir şekilde artmış, yoğunluk ve mukavemet ise hızlı bir şekilde düşmüştür. Muhtemelen Nefelinli siyenit yüksek sıcaklıkta eriyik faz miktarını daha da arttırmış ve şişmeye neden olmuştur

Reçeteler incelendiğinde yüksek mukavemete alümina oranı yüksek olan reçetelerde çıktığı görülmektedir. Yani alümina oranı arttıkça mukavemet ve yoğunluk artmıştır. Fakat yüksek oranda alümina kullanımı işlenebilme güçlüğüne oraya çıkarmıştır. Bu güçlük karışım prosesi değiştirilerek aşılmıştır.

Reçeteleri aynı fakat karışım prosesleri farklı olan A1 ve A2 reçetelerinin test sonuçlarını karşılaştırdığımız da A2 reçetesinin teknik özelliklerinin A1 reçetesinden çok daha üstün olduğu ve sonuçların tutarlı olduğu gözlenmiştir. Plastik özelliği bulunan kil ve kaolinin karışıma en son dahil edilmesi alüminalar ile feldspatın birbirleriyle daha iyi karışmasını sağlamıştır. Böylece A2 reçetesinde; homojen bir yapı elde edilmiş olup sinterleme esnasında istenen fazların oluşması sağlanmıştır. Sonuç olarak karışım prosesinin mukavemet ve yoğunluk üzerindeki etkisi açıkça ortaya çıkmaktadır.

Sepiyolit kullanılan D reçetesinde massenin alçı kalıptan çıkması çok güç olmuştur. Sepiyolit kullanılarak şekillendirilen numunelerin kuru küçülme oranı yüksek, ham yoğunluğu ise düşük çıkmıştır. Sinterleme sonrasında yapılan testler sonucunda ise sepiyolit teknik özellikleri olumlu yönde etkilemediği gözlemlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- ALMATIS; Global Product Data, Calcined Alümina For Refractories, GP/0604 MSD.
387/1000 I Page 4 of 6
- Arcasoy, A.1983, "Seramik Teknolojisi", Marmara Üniversitesi, Yayın No-2 Ankara
- Bıyık, M., 2004 "Seramik Hammaddelerin Analiz Yöntemleri" Seminer,
Afyonkarahisar
- Çerçi, Z., 2006 "Yüksek Oranda Alüminyum Oksit İhtiva Eden Yüksek Gerilim İzolatör
Massesi Üretimi Ve Özelliklerinin Araştırılması" Akü Fen Bilimleri Enstitüsü
- Çoruk, B.,2004 "Seramikte Kalite Geliştirme Çalışmaları" Seminer Çalışması,
Afyonkarahisar
- Devlez, B., 2002 "Tuğla Fabrikası Artıklarının Tuğla Toprağına Katılabilirliğinin
Araştırılması" Mezuniyet Tezi, Afyonkarahisar
- Doğan, Ş., 1985 "Açıklamalı Seramik Teknolojisi", Birsen Yayınevi, İstanbul
- Emrullahoğlu, Ö.F., 2003, "İleri Teknoloji Seramikleri ", Ders Notu, Afyon Kocatepe
Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar.
- Ergün,M.,1982, "Elektro Porselen Üretimi Ve Bu Sanayinin Türkiye'deki Durumu",
Lisans Tezi, İTÜ, Kimya Metalürji Fakültesi, İstanbul.
- Erakman, T.,2005 "Üç Farklı Metal Oksit Kullanılarak Laboratuar Şartlarında İzolatör
Sırı Renklendirilmesi Ve Bu Oksit Oranlarının Renk Üzerine Etkilerinin
Araştırılması", Akü Fen Bilimleri Enstitüsü
- Grätz, R., 1980. "Entstehung Von Texturen Beim Strangpressen", Ker. Zeitsch. 32, S.76
Strang Pres
- Güvenç,E., 2004 "Elektron Mikroskobu Ve Uygulamaları" Seminer Çalışması,
Afyonkarahisar
- Handbuch Der Keramik, Teil 1,. 1978 "Aufbereitung Keramischer Massen, Pkt. 3.5
Bauverlag"Berlin Strang
- Kara K., 2004, "TiO₂ Katkılı Müllit Üretimi". Mezuniyet Tezi, Afyonkarahisar
- Kartal, A., 2002, "Seramik Süreçleri 1 Ders Notları", Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar.
- Kartal, A.,2003, "Seramik Süreçler Laboratuvarı" Ders Notlan, Afyon Kocatepe
Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar

Kuşcu M., 2001 “Endüstriyel Kayaçlar Ve Mineraller” Süleyman Demirel Üniversitesi
Yayın No:10. Mühendislik- Mimarlık Fakültesi. Isparta

Leibermann J., 2000 “Neue Entwicklungsvarianten Hochwertiger Kostengünstiger
Hochspannungs Isolationsporzellane” Tu Freiberg.

Liebermann,J., 2000, “The Standart And Trend For Alumina Porcelain Insulators”
Cfi Ceramic Forum International, 77(6), 17-23.(A)

Liebermann..J.. 2000. “Reliability Of Materials For High Voltage Insulators”,
American Ceramic Society Bulletin, 2000, 79(5), 55-58.(B)

Dieter M., 2006 Parktikum Notları Freiberg

MINEX Functional Fillers And Extenders, UNIMIN For Produce Information and
Customer Service. 800-243-9004 U.S and Canada Worldwide

Önem Y.,2000 “Sanayi Madenleri” Genişletilmiş 2.Baskı. Tanımları, Doğada
Bulunuşları,Dünya Ve Türkiye Rezervleri, Güncellenmiş Yıllık Üretimleri İle
İhraç Ve İthal Miktarları”. Ankara, Haziran

Özgen, Ş, Kale, H., 1992, “Porselen İzolatörde Proses Parametrelerinin Özelliklere
Etkisi” İ.T.Ü. Metalürji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Öztürk Ç.,2004 “Sepiyolitın Karbotermal Nitrürleme Yöntemi İle Si₃N₄'e Dönüşümü”.
Mezuniyet Tezi, Afyonkarahisar

Öztürk Ç., 2006 Praktikum TU Freiberg Notları,

Seliger K., 1983., “Untersuchungen Zum Gegügebraufbau Und Zur Festigkeit
Von Korundporsellen”, Diploma Arbeit Tu Freiberg,

Singer,E., 1989 “Die Entwicklung Der Hochspannungskeramik” Cfi/Ber. Dkg 66
No.3/4

Yavuz, S., 1994, “İzolator Üretimi” Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi,
Lisans Tezi, Eskişehir.

İnternet Kaynakları Erişim Tarihi

www.ankaraseramik.com (01.11.2006)

www.elimsan.com.tr (23.12.2006)

www.istanbul.edu.tr (25.12.2006)

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Çetin ÖZTÜRK

Doğum Yeri: Altınyayla- SİVAS

Doğum Tarihi: 20. 01. 1982

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dili: İngilizce ve Almanca

Bilgisayar Bilgi Seviyesi: MS Office 2003 ve İnternet Kullanımı

Eğitim Durumu:

- Lise: Milas Süper Lisesi (1995 – 1999)
- Lisans: Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi / Seramik Mühendisliği Bölümü (2000 – 2004)
- Yüksek Lisans: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü / Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı (2005-2007)
- Freiberg Technik Universität KGB (Institut für Keramik-Glas-Baustofftechnik), Almanya Master Arbeit.(2005- 2006)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

- Kütahya da özel bir seramik atölyesinde deneysel çalışmalar.(2003 ten beri)
- Praktikum Çalışmaları, Freiberg (2005–2006)
- Afyon Kocatepe Üniversitesi Basın-Yayın ve Halkla İlişkiler (2005)
- Emre-Yunus Sanat Merkezi Hat ve Ebru Kursu (2002–2004)
- Afyon Kocatepe Üniversitesi Seramik Mühendisliği /Stajyer (Haziran 2003 – Ağustos 2003)
- Afyon Çimento Fabrikası / Stajyer (Haziran 2002 – Ağustos 2002)

Çalışmalar:

- Yüksek Gerilim İzolatörü Üretiminde Farklı Hammadde Kullanımının Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi, Freiberg- Almanya, 2005- 2006)
- Kırka Bor Türevlerinin Kalsiyumalumina (CA) Çimento Fazlarına Olan Etkisinin Araştırılması (Freiberg – Almanya, 2005, 2006)
- Praktikum Deneyleri (Freiberg, Almanya, 2006)
- Yeni Bir Seramik Bünye Ve Ona Uygun Sır Bileşiminin Hazırlanması (2004–2005)
- İznik Seramiği Üzerine Ebru Sanatının Uygulanması Ve Sırlanması (2004)
- Hat Sanatının Sıraltı Seramik Bünye Üzerine Uygulanması (2004)
- Mermer Üzerine Ebru Sanatının Uygulanması (2004)
- Lisans Tezi: Sepiyolitın Karbotermal Nitrüleme Yöntemi İle Silisyum Nitrüre Dönüşümü (2003–2004)
- Renkli Toprakların Ebru Sanatında Kullanılabilirliğinin Araştırılması (2003)
- Çimento Çeşitleri Ve Çimentoda Kullanılan Katkılar (2002–2003)

Ödüller: Erasmus Programını kazanarak bir yıl Almanya’da Freiberg Teknik Üniversitesinde burslu olarak okudu.

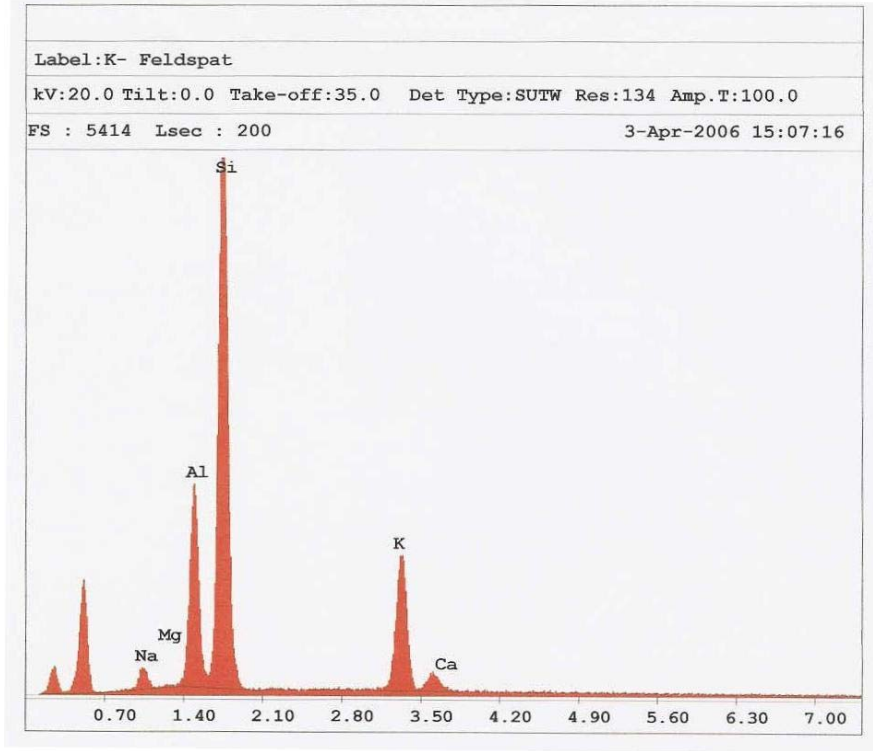
Bulunduğu Ülkeler: Almanya, Fransa, Hollanda, Çek Cumhuriyeti

İlgi Alanları Ve Uğraşlar: Geleneksel Türk El Sanatları, Hat, Ebru, Ney ve Tabiat Ana

8. EKLER

Ek 1.

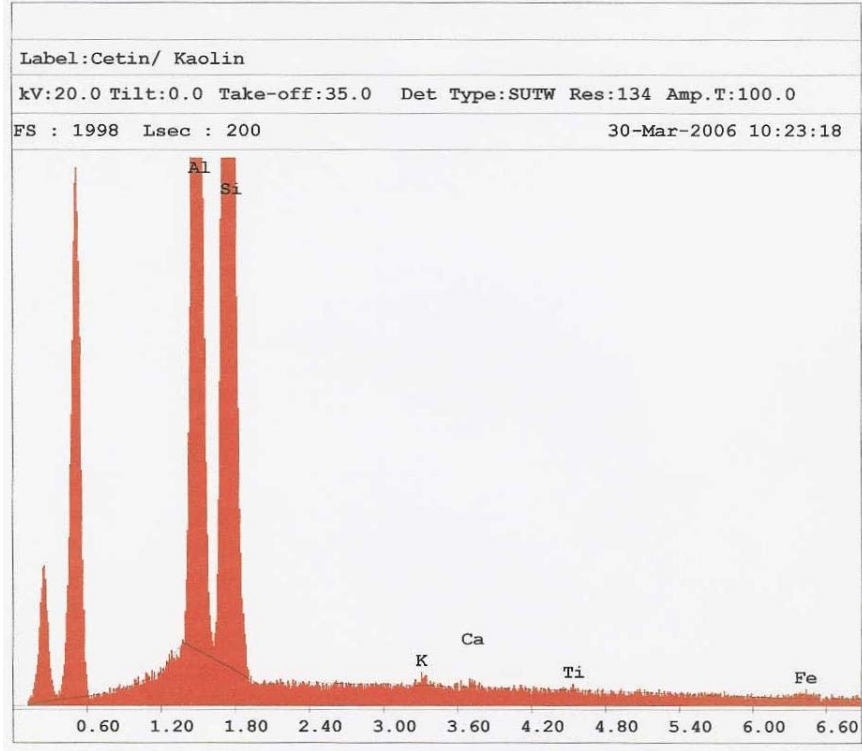
Şekil 8.1. Potasyum Feldspatın EDX Kimyasal Analizi



Oksitler	Wt. %	Mol. %	K-Ratio	Z	A	F
Na ₂ O	2,80	3,11	0,0081	0,9647	0,4030	1,0045
MgO	0,33	0,57	0,0011	0,9889	0,5416	1,0091
Al ₂ O ₃	19,53	13,16	0,0690	0,9598	0,6877	1,0120
SiO ₂	63,91	73,09	0,2061	0,9878	0,6974	1,0016
K ₂ O	12,85	9,38	0,0890	0,9363	0,8895	1,0005
CaO	0,58	0,70	0,0035	0,9591	0,8791	1,0000
Toplam	100	100				

Ek 2.

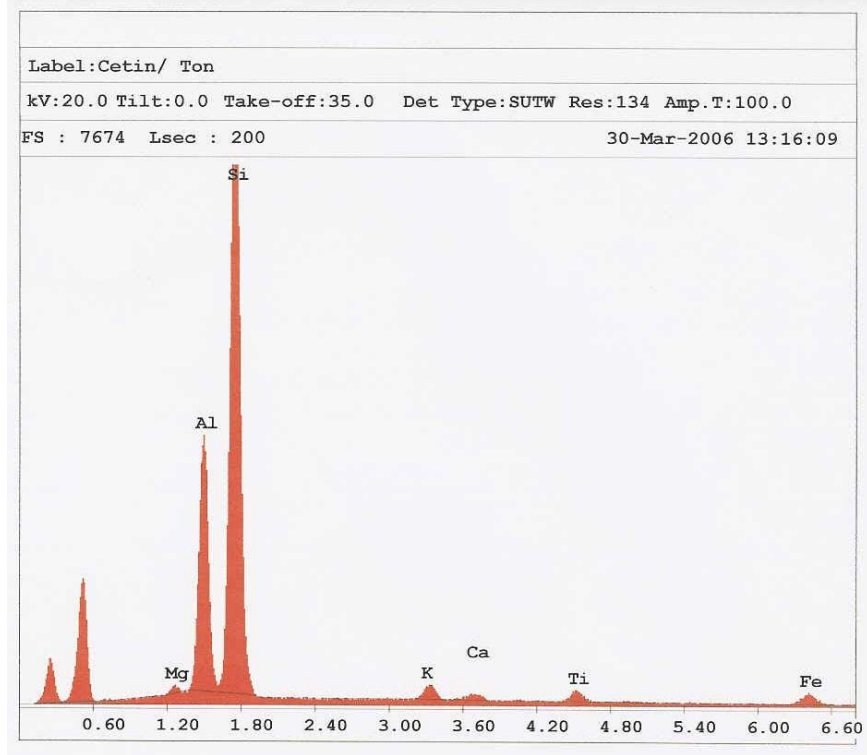
Şekil 8.2. Kaolinin EDX Kimyasal Analizi



Oksitler	Wt. %	Mol. %	K-Ratio	Z	A	F
Al ₂ O ₃	36,16	25,16	0,1339	0,9560	0,7243	1,0101
SiO ₂	62,79	74,14	0,1851	0,9839	0,6408	1,0000
K ₂ O	0,22	0,16	0,0015	0,9327	0,8750	1,0003
CaO	0,13	0,17	0,0008	0,9548	0,9148	1,0003
TiO ₂	0,12	0,10	0,0006	0,8719	0,9648	1,0006
Fe ₂ O ₃	0,59	0,26	0,0036	0,8670	1,0013	1,0000
Toplam	100,00	100,00				

Ek 3.

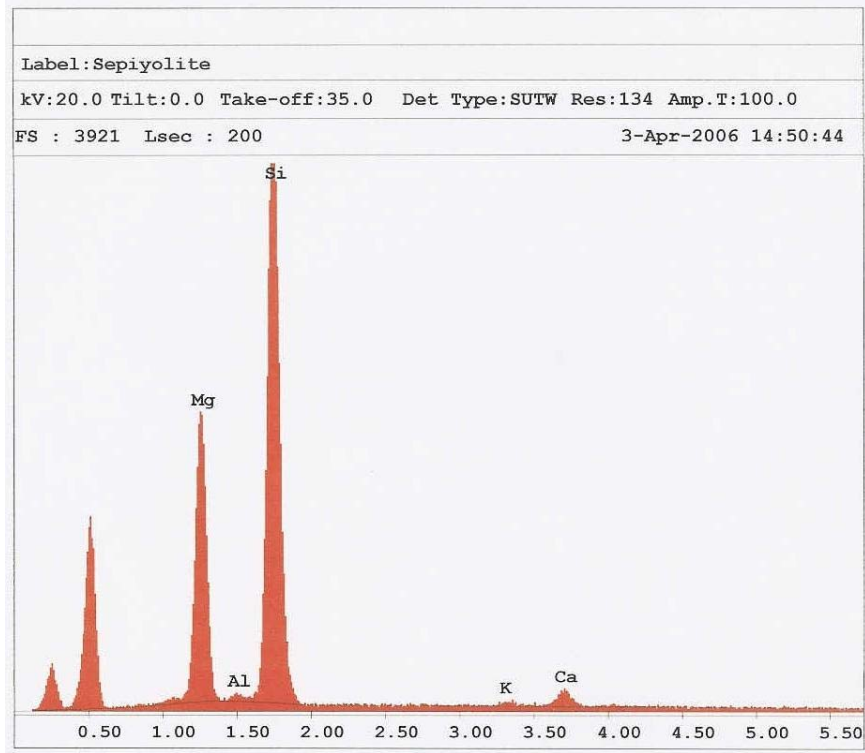
Şekil 8.3. Kilin EDX Kimyasal Analizi



Oksitler	Wt. %	Mol. %	K-Ratio	Z	A	F
Al ₂ O ₃	24,01	16,14	0,0853	0,9576	0,6931	1,0117
SiO ₂	68,26	77,87	0.2135	0,9855	0,6787	1,0003
K ₂ O	1,38	1,00	0,0094	0,9345	0,8783	1,0023
CaO	0,75	0,92	0,0047	0,95,66	0,9129	1,0025
TiO ₂	1,87	1,60	0,0094	0,8736	0,9620	1,0028
Fe ₂ O ₃	3,05	1,31	0,0185	0,8689	0,9985	1,0000
MgO	0,67	1,15	0,0022	0,9866	0,5499	1,0097
Toplam	100,0	100,0				

Ek 4.

Şekil 8.4. Sepiyolitin EDX Kimyasal Analizi



Oksitler	Wt. %	Mol. %	K-Ratio	Z	A	F
MgO	28,63	37,57	0,1007	0,9806	0,5909	1,0063
Al ₂ O ₃	1,00	0,52	0,0028	0,9518	0,5535	1,0108
SiO ₂	67,88	59,76	0,2114	0,9796	0,6801	1,0002
K ₂ O	0,54	0,30	0,0037	0,9286	0,8802	1,0020
CaO	1,95	1,84	0,0122	0,9506	0,9177	1,0000
Toplam	100,00	100,00				

Ek 5. A1 Reçetesine Uygulanan Testlerin Toplu Olarak Sonuçları

Çizelge 8.5.1: A1 Reçetesinde kullanılan hammaddeler ve % miktarları

Alcoa Alümina (CT800 SG) %	Alcoa Alümina (CT 9 GF) %	Kaolin %	K-Feldspat %	Kil %
20	10	25	30	15

Çizelge 8.5.2: A1 Reçetesinin Pfefferkorn test sonucu

Numune No	h_0 (mm)	h_n (mm)	D
1	39,88	15,22	2,620
2	39,85	15,23	2,617
3	40,04	16,2	2,472
4	39,82	15,12	2,634
5	39,9	15,58	2,522
Ortalama	39,90	15,52	2,57
Stand. Sap	0,076	0,42	0,06

Çizelge 8.5.3: A1 Reçetesinin Nem Tayini Sonucu:

Numune No	m_0 (g)	m_1 (g)	%Nem
1	112	91	18,75
2	110,7	90,3	18,43
3	112,9	91,7	18,78
4	109,1	89	18,42
5	109,2	88,8	18,68
6	110,6	90,4	18,26
7	112,1	91,9	18,02
8	112,5	91,6	18,58
9	109,6	89	18,80
10	112,3	90,2	19,68
11	111,4	91,4	17,95
12	111,4	91,3	18,04
Ortalama	111,15	90,55	18,53
Stand. Sap	1,25	1,07	0,45

Çizelge 8.5.4: A1 Reçetesinin Lineer kuru küçülme test sonucu

Numune No	L _{nem} (mm)	L _{kuru} (mm)	S _{boy}	D _{nem} (mm)	D _{kuru} (mm)	S _{en}	X (S _{boy} / S _{en})
1	100	98,94	0,011	25	24,82	0,007	1,47
2	100	97,97	0,020	25	24,53	0,019	1,08
3	100	97,23	0,028	25	24,61	0,016	1,78
4	100	96,91	0,031	25	24,45	0,022	1,40
5	100	96,47	0,035	25	24,34	0,026	1,34
6	100	96,47	0,035	25	24,5	0,020	1,77
7	100	97,26	0,027	25	24,43	0,023	1,20
8	100	97,23	0,028	25	24,46	0,022	1,28
9	100	96,78	0,032	25	24,33	0,027	1,20
10	100	96,29	0,037	25	24,59	0,016	2,26
11	100	96,28	0,037	25	24,38	0,025	1,50
12	100	96,16	0,038	25	24,37	0,025	1,52
13	100	96,15	0,038	25	24,47	0,021	1,82
14	100	96,15	0,038	25	24,46	0,022	1,78
15	100	96,81	0,032	25	24,22	0,031	1,02
16	100	96,24	0,038	25	24,42	0,023	1,62
17	100	96,5	0,035	25	24,42	0,023	1,51
18	100	96,24	0,038	25	24,49	0,020	1,84
19	100	96,78	0,032	25	24,47	0,021	1,52
20	100	96,78	0,032	25	24,63	0,015	2,18
21	100	96,76	0,032	25	24,63	0,015	2,19
22	100	96,68	0,033	25	24,53	0,019	1,77
23	100	96,69	0,033	25	24,53	0,019	1,76
24	100	97,2	0,028	25	24,48	0,021	1,35
25	100	96,68	0,033	25	24,48	0,021	1,60
26	100	96,76	0,032	25	24,16	0,022	1,50
Ortalama	100	96,785	0,032	25,0	24,481	0,021	1,58
Stand. Sap	0,0	0,60	0,01	0,00	0,11	0,00	0,32

Çizelge 8.5.5: A1 Reçetesinin Ham Mukavemet sonuçları

Numune No	b(mm)	h(mm)	FH (N)	HM.(N/mm ²)
1	24,84	15,75	65,2	1,59
2	24,64	15,4	87,6	2,25
6	24,5	15,35	81,4	2,12
16	24,55	15,1	65,2	1,7
Ortalama	24,63	15,40	74,85	1,92
Stand. Sap	0,13	0,23	9,90	0,28

Çizelge 8.5.6: A1 Reçetesinin Ham Yoğunluk testi.

Numune No	m(g)	v (cm ³)	d (g/cm ³)
1	12,84	6,56	1,96
2	15,72	8,08	1,95
6	11,96	6,16	1,94
16	10,47	5,36	1,95
Ortalama	-	-	1,95
Stand. Sap	-	-	0,01

Çizelge 8.5.7: A1 reçetesi mukavemet test sonucu (1200°C de sinterlenen)

Numune No	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM.(N/mm ²)
9	21,92	13,6	1636,8	60,56
5	21,98	13,46	1248,2	47,02
7	22,0	13,42	1574	59,59
8	21,96	13,5	1508,6	56,54
10	21,93	13,54	1770,6	66,06
Ortalama	21,96	13,5	1547,6	57,95
Stand. Sap	0,03	0,07	193,35	7,01

Çizelge 8.5.8: A1 reçetesi mukavemet test sonucu (1250°C de sinterlenen)

Numune No	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM.(N/mm ²)
11	21,92	13,5	1116,2	41,91
12	21,95	13,52	1155,6	43,2
13	21,99	13,57	1349,8	50,0
14	22,12	13,83	1322,2	46,88
15	22,56	13,85	1111,8	38,54
Ortalama	22,11	13,65	1211,12	44,11
Stand. Sap	0,26	0,17	115,68	4,45

Çizelge 8.5.9: A1 reçetesi mukavemet test sonucu (1280°C de sinterlenen)

Numune No	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM.(N/mm ²)
17	22,93	14,71	961	29,05
18	22,85	14,47	965,6	30,27
19	22,91	14,39	775,4	24,52
20	22,9	14,39	843,2	26,67
21	22,9	14,5	919,2	28,64
Ortalama	22,9	14,49	892,88	27,83
Stand. Sap	0,03	0,13	81,99	2,26

Çizelge 8.5.10: A1 reçetesi mukavemet test sonucu (1300°C de sinterlenen)

Numune No	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM.(N/mm ²)
22	22,96	14,46	1397,6	43,67
23	23,22	14,66	1416,4	42,57
24	23,22	14,6	1527,8	46,3
25	23,06	14,59	1346	41,13
26	23,11	14,47	1560	48,56
Ortalama	23,11	14,56	1449,56	44,41
Stand. Sap	0,11	0,09	90,61	2,91

Çizelge 8.5.11: A1 reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu. (1200°C de sinterlenen)

Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
10	18,83	12,04	19,31	2,55	6,60	2,59
8	19,48	12,39	19,88	2,05	5,34	2,60
7	16,8	10,67	17,1	1,79	4,67	2,61
5	19,07	12,11	19,4	1,73	4,53	2,62
9	18,17	11,59	18,58	2,26	5,87	2,60
Ortalama	-	-	-	2,075	5,40	2,604
Stand. Sap	-	-	-	0,304	0,770	0,009

Çizelge 8.5.12: A1 reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu. (1250°C de sinterlenen)

Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
11	18,63	11,75	18,83	1,07	2,82	2,63
12	19,36	12,35	19,76	2,07	5,40	2,61
13	17,77	11,33	18,17	2,25	5,85	2,60
14	13,2	8,45	13,56	2,73	7,05	2,58
Ortalama	-	-	-	2,03	5,28	2,605
Stand. Sap	-	-	-	0,60	1,54	0,02

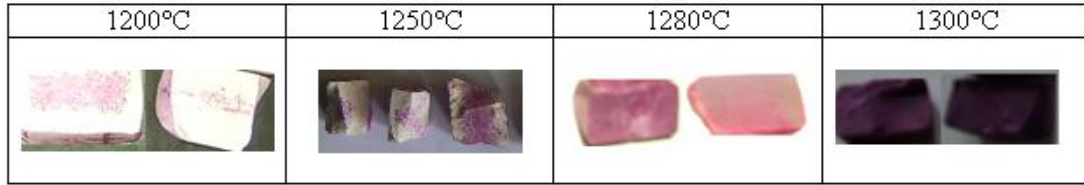
Çizelge 8.5.13: A1 reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu. (1280°C de sinterlenen)

Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE.(%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
17	17,24	10,03	17,50	1,51	3,48	2,31
18	17,13	9,87	17,27	0,82	1,89	2,31
19	19,55	11,28	19,69	0,72	1,66	2,32
20	19,59	11,3	19,73	0,71	1,66	2,32
21	21,06	12,16	21,21	0,71	1,66	2,33
Ortalama	-	-	-	0,894	2,071	2,32
Stand. Sap	-	-	-	0,310	0,710	0,007

Çizelge 8.5.14: A1 Reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu (1300°C de sinterlenen)

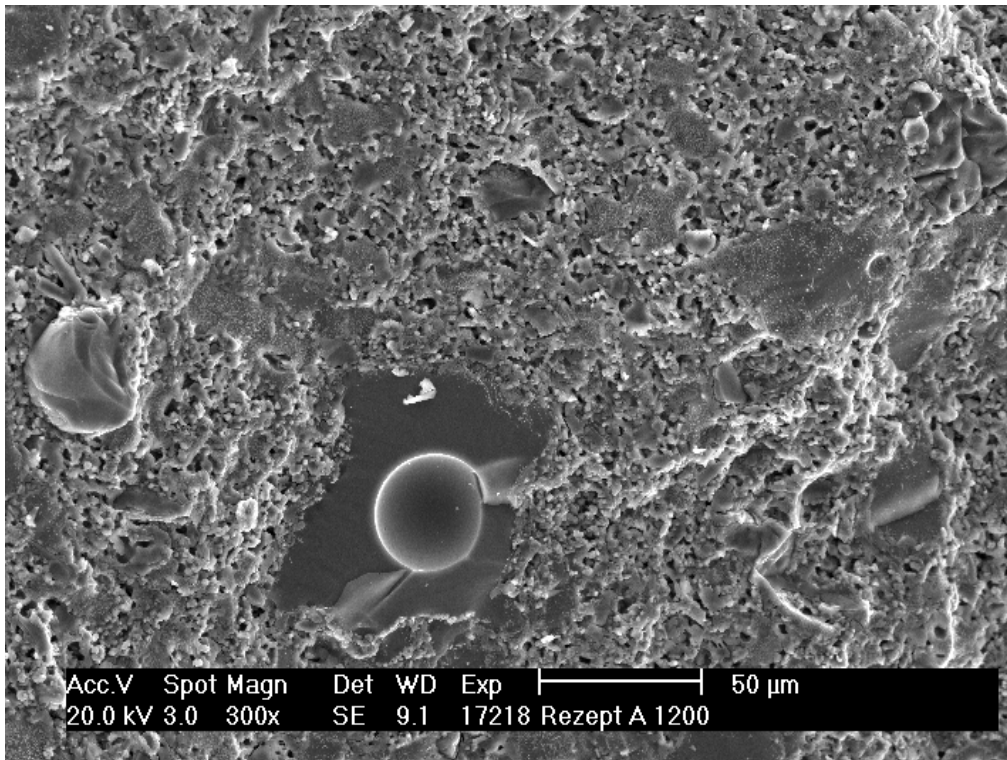
Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE.(%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
22	21,7	12,71	22,24	2,49	5,67	2,28
23	23,41	13,79	24,11	2,99	6,78	2,27
24	20,85	12,16	21,35	2,40	5,44	2,27
25	16,5	9,83	17,07	3,45	7,87	2,28
26	15,88	9,47	16,43	3,46	7,90	2,28
Ortalama	-	-	-	2,959	6,733	2,275
Stand. Sap.	-	-	-	0,455	1,047	0,005

Resim 8.1: A1 Reçetesinin Fuhsin Analiz Sonucu:

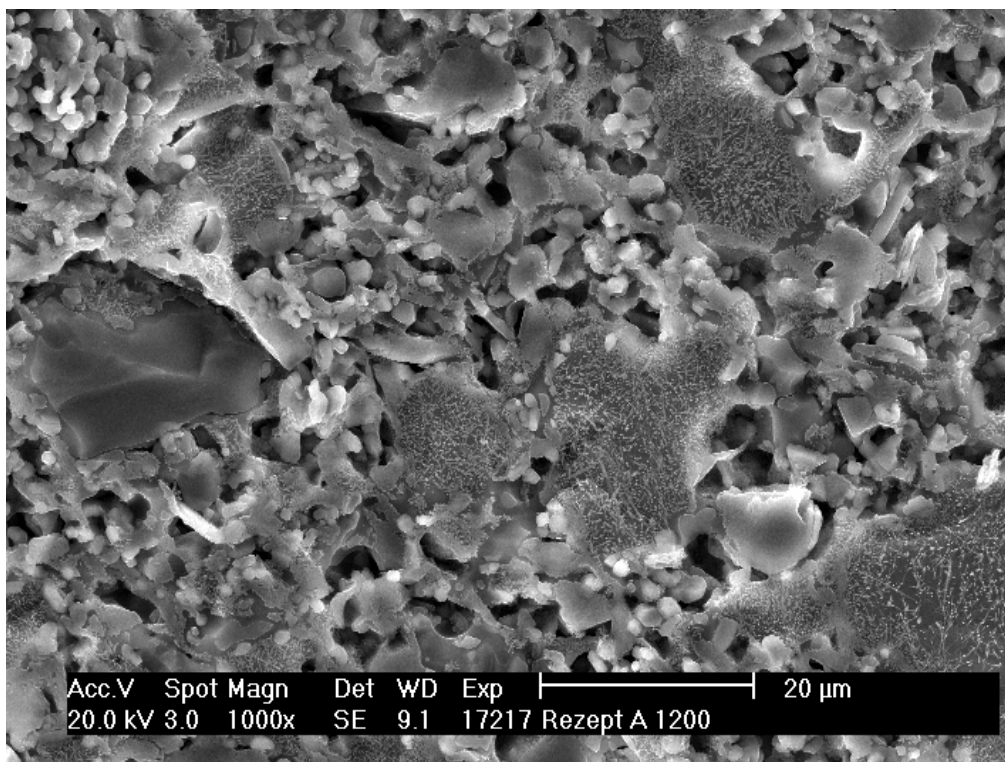


Şekil 8.5: A1 Reçetesi SEM Analizi Sonucu:

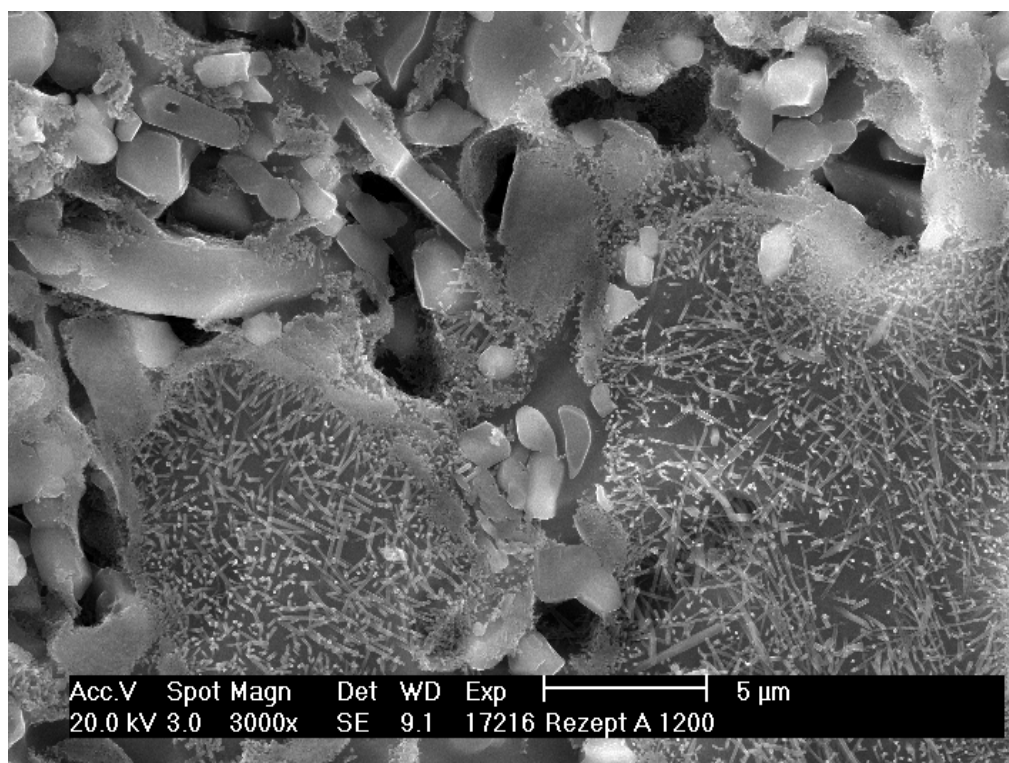
a) 1200°C`de 50µm.



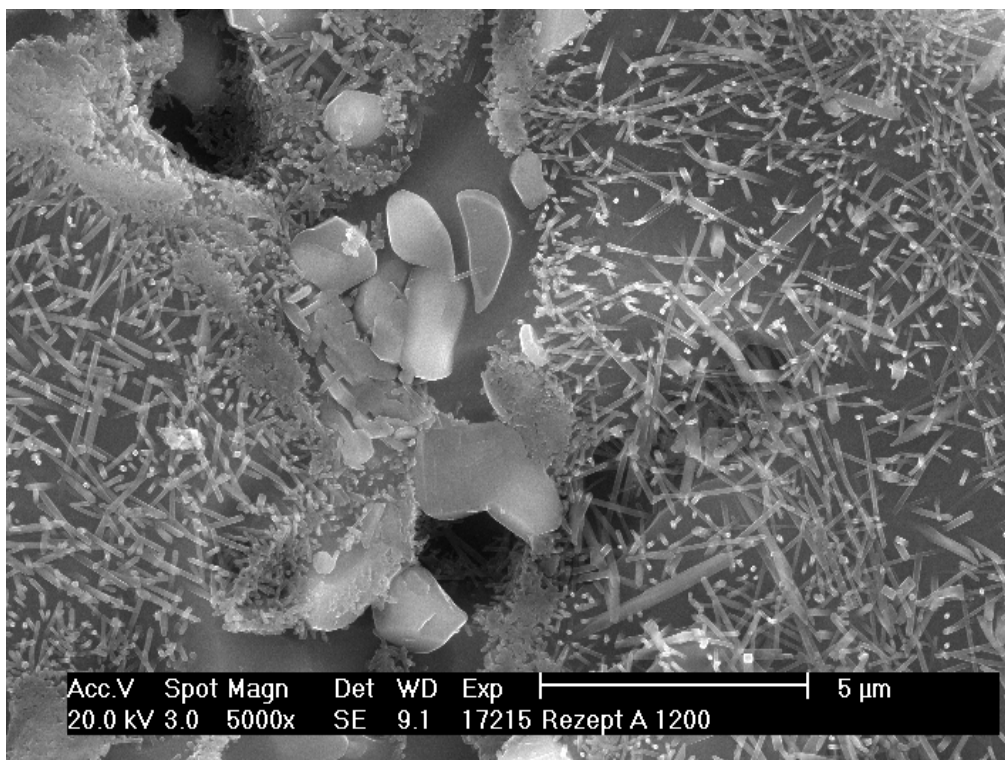
b) 1200°C de 20µm.



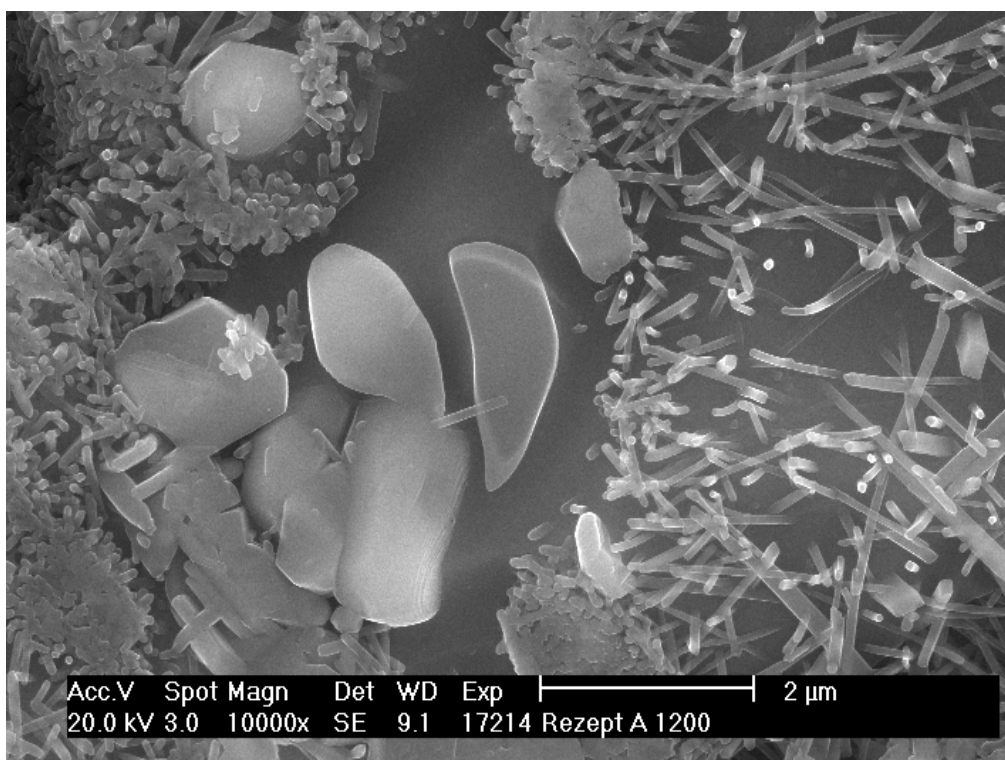
c) 1200°C de 5µm.



d) 1200°C de 5µm.



e) 1200°C de 2µm.



Ek 6. A2 Reçetesine Uygulanan Testlerin Toplu Olarak Sonuçları

Çizelge 8.6.1: Reçetede kullanılan hammaddeler ve % miktarları

Alcoa Alümina (CT800 SG) %	Alcoa Alümina (CT 9 GF) %	Kaolin %	K-Feldspat %	Kil %
20	10	25	30	15

Çizelge 8.6.2: A2 reçetesinin Pfefferkorn test sonucu

Numune No.	h_0 (mm)	h_n (mm)	D
1	40,65	15,46	2,63
2	40,02	15,72	2,55
3	40,12	15,97	2,51
4	40,51	16,44	2,46
5	40,05	17,09	2,34
6	40,26	16,44	2,45
7	39,96	17,28	2,31
Ortalama	40,22	16,34	2,47
Stand. Sap.	0,244	0,628	0,104

Çizelge 8.6.3: A2 reçetesinin % Nem Tayini

Numune No.	m_0 (g)	m_1 (g)	Nem %
1	102	83	18,627
2	105	85,2	18,857
3	112	90,08	19,571
4	109	88,4	18,899
5	106	88,4	16,604
6	105,7	85,8	18,827
7	101,6	82,6	18,701
8	105	85,2	18,857
9	106,4	86,4	18,797
10	105,1	85,2	18,934
11	105	85,2	18,857
12	105,7	85,8	18,827
13	106,4	86,4	18,797
14	107,1	87	18,768
15	104,6	85	18,738
16	104,4	84,8	18,774
17	105,2	85,4	18,821
18	107,3	87,2	18,733

19	107,5	87,4	18,698
20	104,8	86,8	17,176
21	107	87	18,692
22	106,2	86,4	18,644
Ortalama	105,86	86,12	18,65
Stand. Sap	2,10	1,66	0,59

Çizelge 8.6.4: A2 Reçetesinin lineer % Kuru Küçülme

Numune No	L_{nem} (mm)	L_{kuru} (mm)	S_{boy}	D_{nem} (mm)	D_{kuru} (mm)	S_{en}	X (S_{boy}/ S_{en})
1	100	95,51	0,045	22	21,11	0,04	0,901
2	100	96,11	0,039	22	21,42	0,026	0,678
3	100	96,78	0,032	22	20,95	0,048	1,482
4	100	97,04	0,03	22	20,95	0,048	1,612
5	100	97,24	0,028	22	21,16	0,038	1,383
6	100	96,73	0,033	22	21,49	0,023	0,709
7	100	96,29	0,037	22	21,49	0,023	0,625
8	100	96,35	0,037	22	21,49	0,023	0,635
9	100	96,69	0,033	22	21,49	0,023	0,70
10	100	96,15	0,038	22	21,49	0,023	0,602
11	100	96,07	0,039	22	21,49	0,023	0,59
12	100	95,68	0,043	22	21,11	0,04	0,936
13	100	96,45	0,036	22	21,11	0,04	1,14
14	100	95,6	0,044	22	21,59	0,019	0,424
15	100	95,6	0,044	22	21,58	0,019	0,434
16	100	95,6	0,044	22	21,04	0,044	0,992
17	100	96,25	0,038	22	21,45	0,025	0,667
18	100	97,01	0,03	22	21,01	0,045	1,505
19	100	96,12	0,039	22	21,26	0,034	0,867
20	100	96,43	0,036	22	21,26	0,034	0,942
21	100	96,91	0,031	22	21,26	0,034	1,089
22	100	96,91	0,031	22	21,27	0,033	1,074
Ortalama	100	96,34	0,037	22	21,29	0,032	1,074
Stand. Sap.	0	0,517	0,005	0,0	0,207	0,009	0,339

Çizelge 8.6.5: A2 Reçetesinin Ham Mukavemet test sonucu

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	HM. (N/mm ²)
1	24,3	15,27	60,6	1,6
2	24,35	15,33	63,2	1,66
3	24,24	15,32	61,3	1,62
4	24,28	15,23	67,4	1,80
5	24,25	15,34	60	1,58
Ortalama	24,29	15,3	62,3	1,64
Stand. Sap.	0,04	0,04	2,73	0,08

Çizelge 8.6.6: A2 Reçetesinin Ham Yoğunluk test sonucu

Numune No.	m(g)	v (cm ³)	d (g/cm ³)
1	7,67	3,95	1,941
2	11,16	5,73	1,947
3	9,48	4,87	1,946
4	6,49	3,35	1,937
5	6,03	3,095	1,948
Ortalama	-	-	1,948
Stand. Sap.	-	-	0,004

Çizelge 8.6.7: A2 Reçetesinin Eğme Mukavemeti Test Sonuçları (1180°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM.(N/mm ²)
R2	22,25	13,78	1738,8	61,73
19	21,42	13,42	1616,6	62,86
20	21,38	13,26	1774	70,79
26	21,26	13,12	1555,4	63,75
28	21,35	13,19	1143	46,16
Ortalama	21,53	13,35	1565,56	61,06
Stand. Sap.	0,41	0,26	252,35	9,05

Çizelge 8.6.8: A2 Reçetesinin Eğme Mukavemeti Test Sonuçları (1250°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM.(N/mm ²)
7	21,08	13,02	1515,6	63,62
8	20,97	12,99	1220	51,72
9	20,99	12,91	1341,2	57,51
10	20,99	12,98	1185,2	50,27
11	21,24	13,13	1498,2	51,57
12	21,13	13,2	1862,8	75,89
Ortalama	21,07	13,04	1437,17	60,06
Stand. Sap.	0,11	0,11	249,36	9,35

Çizelge 8.6.9: A2 Reçetesinin Eğme Mukavemeti Test Sonuçları (1280°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM.(N/mm ²)
29	20,98	12,98	1072,4	45,51
30	20,97	12,99	1490,6	63,19
31	20,92	12,92	1385,8	59,53
32	20,99	13,02	1507,2	63,54
33	21	12,97	1181	50,15
34	20,98	12,89	1656	71,26
Ortalama	20,97	12,96	1382,17	58,86
Stand. Sap.	0,03	0,05	218,55	9,48

Çizelge 8.6.10: A2 reçetesinin Su Emme, Açık Gözeneklilik ve Yoğunluk test Sonuçları (1180°C` de sinterlenen)

Numune No.	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
19	18,57	11,86	19,05	2,58	6,68	2,58
28	20,74	12,93	21,02	1,35	3,46	2,56
27	18,58	11,88	19,05	2,53	6,56	2,59
26	9,15	5,84	9,41	2,84	7,28	2,56
r2	20,93	13,32	21,49	2,68	6,85	2,56
Ortalama	-	-	-	2,396	6,166	2,573
Stand. Sap.	-	-	-	0,534	1,375	0,012

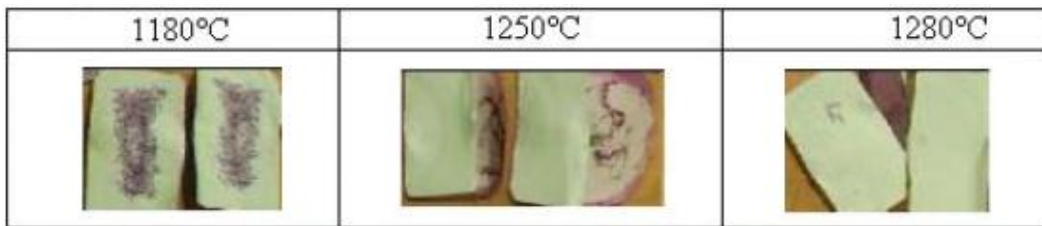
Çizelge 8.6.11: A2 reçetesinin Su Emme, Açık Gözeneklilik ve Yoğunluk test Sonuçları
(1250°C` de sinterlenen)

Numune No.	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
7	18,48	11,53	18,49	0,05	0,14	2,66
11	18,6	11,59	18,76	0,86	2,23	2,59
12	17,38	10,82	17,39	0,06	0,15	2,65
8	17,11	10,71	17,11	0,00	0,00	2,67
9	18,89	11,76	18,9	0,05	0,14	2,65
10	17,26	10,79	17,27	0,06	0,15	2,66
Ortalama	-	-	-	0,180	0,470	2,646
Stand. Sap.	-	-	-	0,305	0,789	0,025

Çizelge 8.6.12: A2 reçetesinin Su Emme, Açık Gözeneklilik ve Yoğunluk test Sonuçları
(1280°C` de sinterlenen)

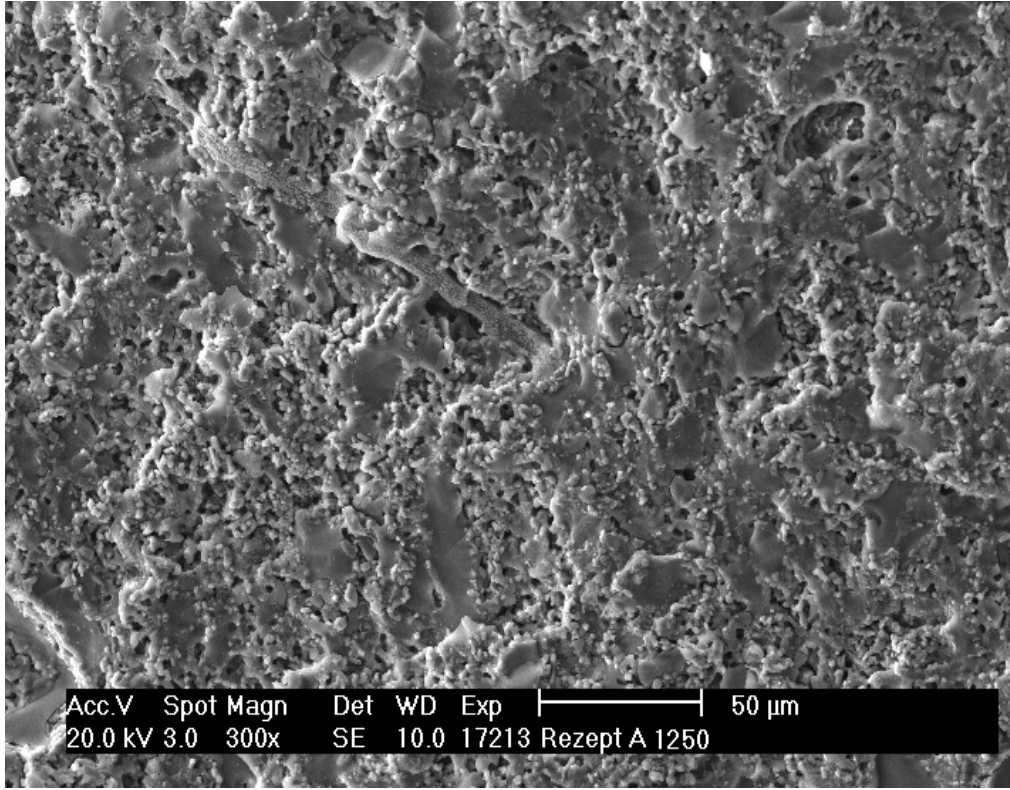
Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
29	16,03	10,01	16,04	0,06	0,17	2,66
30	15,99	10,00	16,00	0,06	0,17	2,67
31	20,74	12,97	20,75	0,05	0,13	2,67
32	15,85	9,91	15,86	0,06	0,17	2,66
33	18,57	11,59	18,58	0,05	0,14	2,66
34	18,37	11,47	18,38	0,05	0,14	2,66
Ortalama	-	-	-	0,056	0,153	2,661
Stand. Sap.	-	-	-	0,006	0,015	0,004

Resim 8.2: A2 Reçetesinin Fuhsin Testi Sonucu

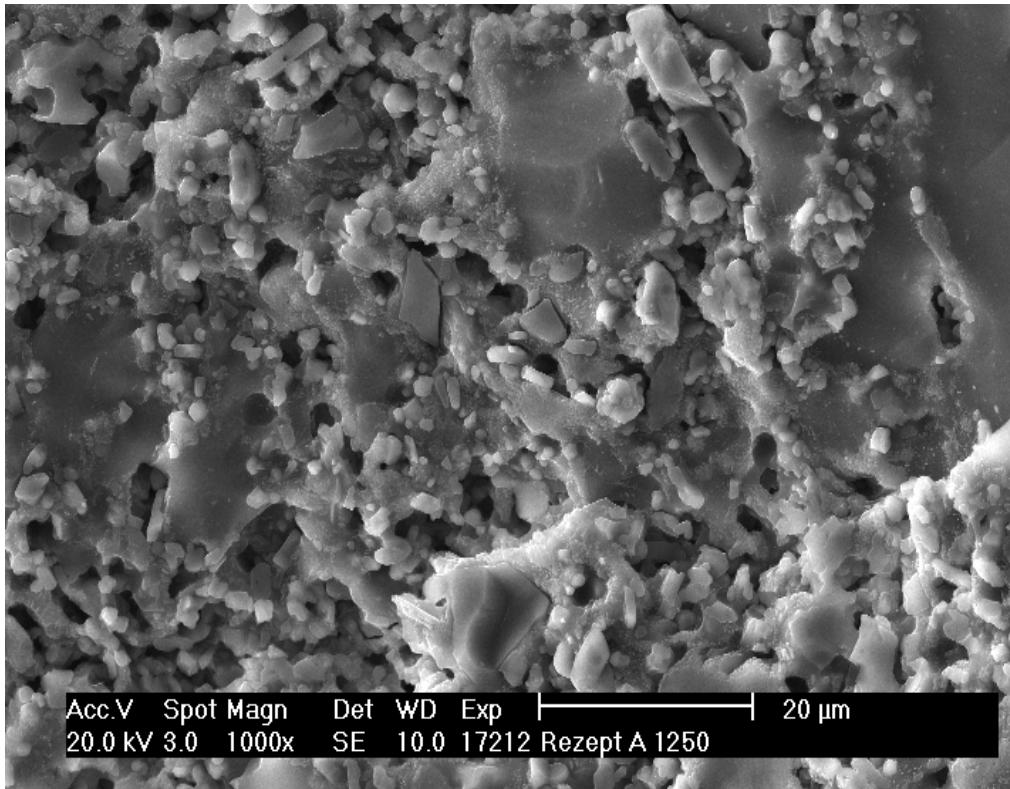


Şekil 8.6: A2 Reçetesi SEM Analiz Sonucu:

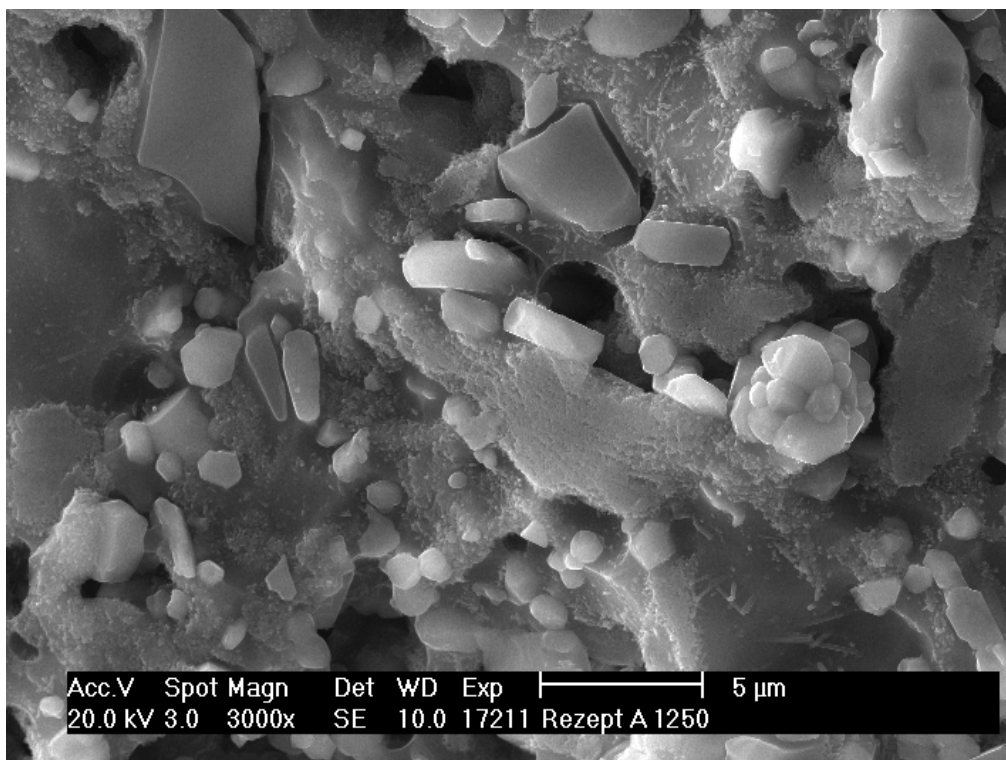
a) 1250°C`de 50µm



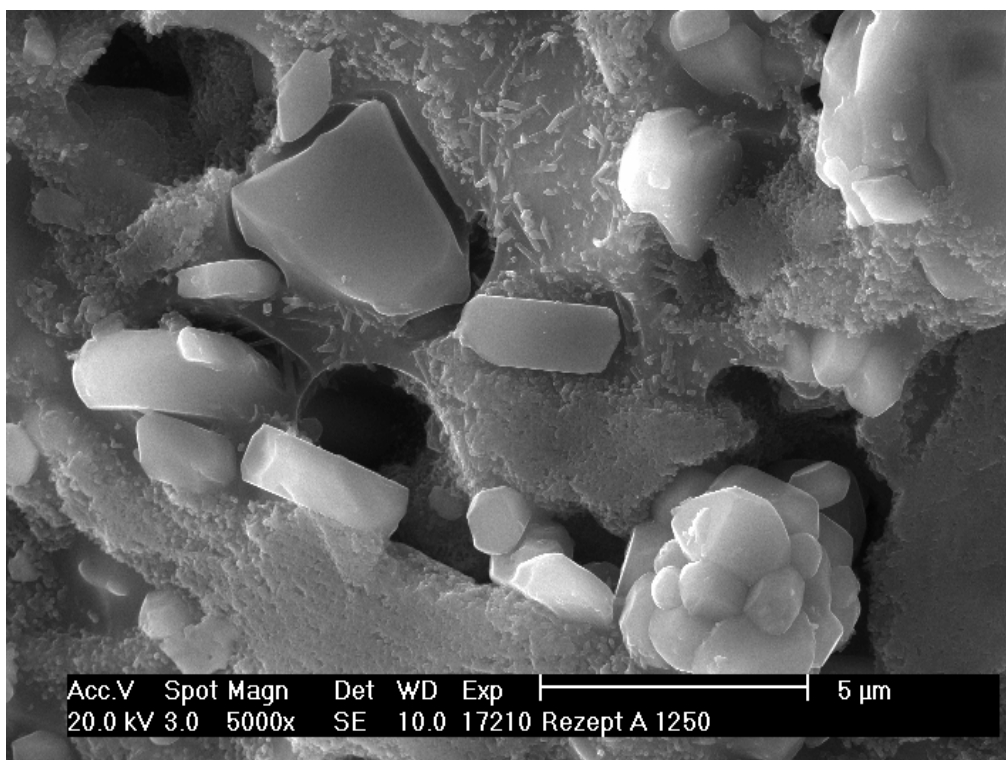
b) 1250°C`de 20µm



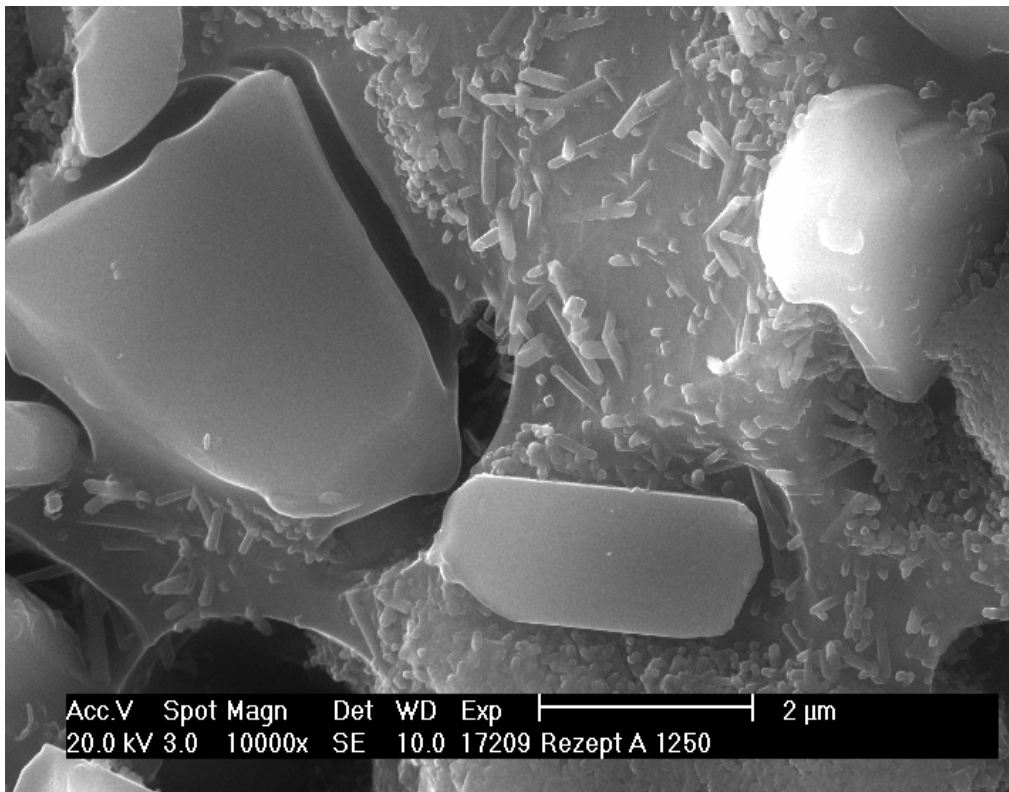
c) 1250°C de 5µm



d) 1250°C de 5µm



e) 1250°C`de 2µm



Ek 7. B Reçetesine Uygulanan Testlerin Toplu Olarak Sonuçları

Çizelge 8.7.1: B Reçetesinde kullanılan hammaddeler ve % miktarları

Alcoa Alümina (CT800 SG) %	Alcoa Alümina (CT 9 GF) %	Kaolin %	K-Feldspat %	Kil %
16	9	25	35	15

Çizelge 7.7.2: B Reçetesinin Pfefferkorn test sonucu

Numune No.	h_0 (mm)	h_n (mm)	D
1	40,11	23,17	1,73
2	40,62	25,09	1,62
3	40,37	23,96	1,68
4	40,58	24,16	1,68
5	41	24,95	1,64
6	40,58	24,39	1,66
7	40,41	24,58	1,64
8	40,06	24,36	1,64
Ortalama	40,47	24,3	1,66
Stand. Sap.	0,28	0,56	0,032

Çizelge 8.7.3: B Reçetesinin Nem Tayini Sonucu:

Numune No.	m_0 (g)	m_1 (g)	%Nem
1	111,9	93,2	16,71
2	111,7	93	16,74
3	109,4	91	16,82
4	107	89	16,82
5	108,1	89,8	16,93
6	109,2	91	16,67
7	108,1	90	16,74
8	108,5	90,6	16,50
9	106,6	89	16,51
10	112,3	94,2	16,12
11	111,4	93,4	16,16
12	109,4	91,6	16,27
13	111,1	93	16,29
14	109,5	91,6	16,35
15	112,6	94,6	15,99
16	109,8	92,2	16,03
17	109,1	91,4	16,22
18	109,1	91,4	16,22
19	108,3	90,8	16,16

20	108,3	90,6	16,34
21	109	91,2	16,33
Ortalama	109,54	91,55	16,42
Stand. Sap.	1,65	1,52	0,28

Çizelge 8.7.4: B Reçetesinin Lineer kuru küçülme test sonucu

Numune No	L _{nem} (mm)	L _{kuru} (mm)	S _{boy}	D _{nem} (mm)	D _{kuru} (mm)	S _{en}	X (S _{boy} / S _{en})
1	100	98,36	0,016	25,26	24,28	0,039	0,42
2	100	97	0,030	25,21	24,4	0,032	0,93
3	100	97	0,030	25,22	24,24	0,039	0,77
4	100	96,79	0,032	25,17	24,44	0,029	1,11
5	100	96,8	0,032	25,02	24,44	0,023	1,38
6	100	96,41	0,036	25,11	24,44	0,027	1,35
7	100	96,42	0,036	25,23	24,46	0,031	1,17
8	100	96,84	0,032	25,16	24,47	0,027	1,15
9	100	96,76	0,032	25,16	24,46	0,028	1,16
10	100	97,09	0,029	25,3	24,84	0,018	1,60
11	100	97,19	0,028	25,17	24,8	0,015	1,91
12	100	96,75	0,033	25,21	24,7	0,020	1,61
13	100	96,4	0,036	25,18	24,35	0,033	1,09
14	100	96,17	0,038	25,17	24,35	0,033	1,18
15	100	97,25	0,028	25,27	24,35	0,036	0,76
16	100	97,25	0,028	25,27	24,37	0,036	0,77
17	100	97,31	0,027	25,09	24,37	0,029	0,94
18	100	97,1	0,029	25,23	24,64	0,023	1,24
19	100	97,1	0,029	25,09	24,65	0,018	1,65
20	100	97,03	0,030	25,02	24,34	0,027	1,09
21	100	97,03	0,030	25,04	24,51	0,021	1,40
Ortalama	100	96,95	0,03	25,17	24,47	0,03	1,18
Stand. Sap.	0	0,44	0,004	0,08	0,16	0,007	0,34

Çizelge7.7.5: B Reçetesinin Ham Mukavemet sonuçları

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	HM. (N/mm ²)
12	24,66	15,27	107,20	2,8
13	24,68	15,52	114,2	2,88
14	24,69	15,37	126,2	3,25
15	24,6	15,36	127	3,28
16	24,57	15,23	127	3,34
Ortalama	24,64	15,35	123,6	3,11
Stand. ave	0,05	0,10	49,68	0,22

Çizelge 8.7.6: B Reçetesinin Ham Yoğunluk testi.

Numune No.	m(g)	v (cm ³)	d (g/cm ³)
12	8,34	4,18	2,0
13	7,27	3,66	1,99
14	9,35	4,66	2,01
15	10,49	4,8	2,19
16	6,14	3,06	2,0
Ortalama	-	-	2,038
Stand. Sap.	-	-	0,076

Çizelge 8.7.7: B reçetesi mukavemet test sonucu (1180°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM. (N/mm ²)
1	22,52	13,91	1457	50,16
2	22,64	14,01	1298,2	43,82
3	22,69	14,13	967,6	32,04
4	22,83	14,36	1248,8	39,79
Ortalama	22,67	14,10	1242,90	41,45
Stand. Sap.	0,11	0,17	176,58	6,57

Çizelge 8.7.8: B reçetesi mukavemet test sonucu (1200°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM. (N/mm ²)
5	22,34	13,83	1283	45,04
6	22,27	13,79	1555,2	55,08
7	22,41	14,09	1508,8	50,87
8	22,46	13,93	1547,2	53,25
Ortalama	22,37	13,91	1461,8	51,06
Stand. Sap.	0,072	0,116	642,384	3,783

Çizelge 8.7.9: B reçetesi mukavemet test sonucu (1250°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM. (N/mm ²)
9	22,31	13,83	1723,4	60,58
10	22,37	13,96	1520,6	52,32
11	22,38	13,96	1907,6	65,61
12	22,45	13,91	1599	55,22
Ortalama	22,38	13,92	1687,65	58,43
Stand. Sap	0,050	0,053	146,134	5,094

Çizelge 8.7.10: B reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu.
(1180°C de sinterlenen)

Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
1	44,7	28,46	46,56	4,16	10,28	2,47
2	43,98	28,02	46,06	4,73	11,53	2,44
3	42,65	27,23	44,96	5,42	13,03	2,41
Ortalama	-	-	-	4,77	11,61	2,44
Stand. Sap.	-	-	-	0,63	1,38	0,03

Çizelge 8.7.11: B reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu.
(1200°C de sinterlenen)

Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
5	26,38	16,71	27,18	3,03	7,64	2,53
6	41,46	26,26	42,72	3,04	7,65	2,52
7	43,61	27,60	44,92	3,00	7,56	2,53
Ortalama	-	-	-	3,79	9,24	2,52
Stand. Sap.	-	-	-	1,74	0,05	0,01

Çizelge 8.7.12: A reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu.
(1250°C de sinterlenen)

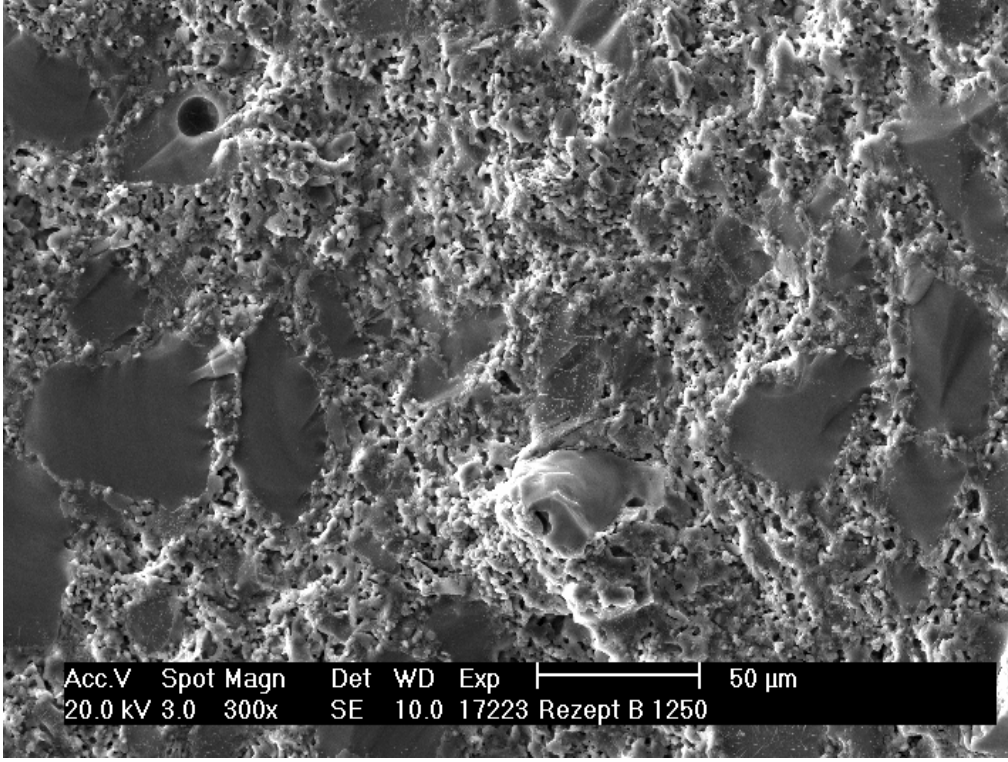
Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
9	48,98	29,75	49,02	0,08	0,21	2,54
10	44,31	26,86	44,35	0,09	0,23	2,53
11	41,19	24,98	41,23	0,10	0,25	2,53
Ortalama	-	-	-	0,09	0,23	2,54
Stand. Sap.	-	-	-	0,01	0,02	0,0002

Resim 8.3: B Reçetesinin Fuhsin Analiz sonucu:

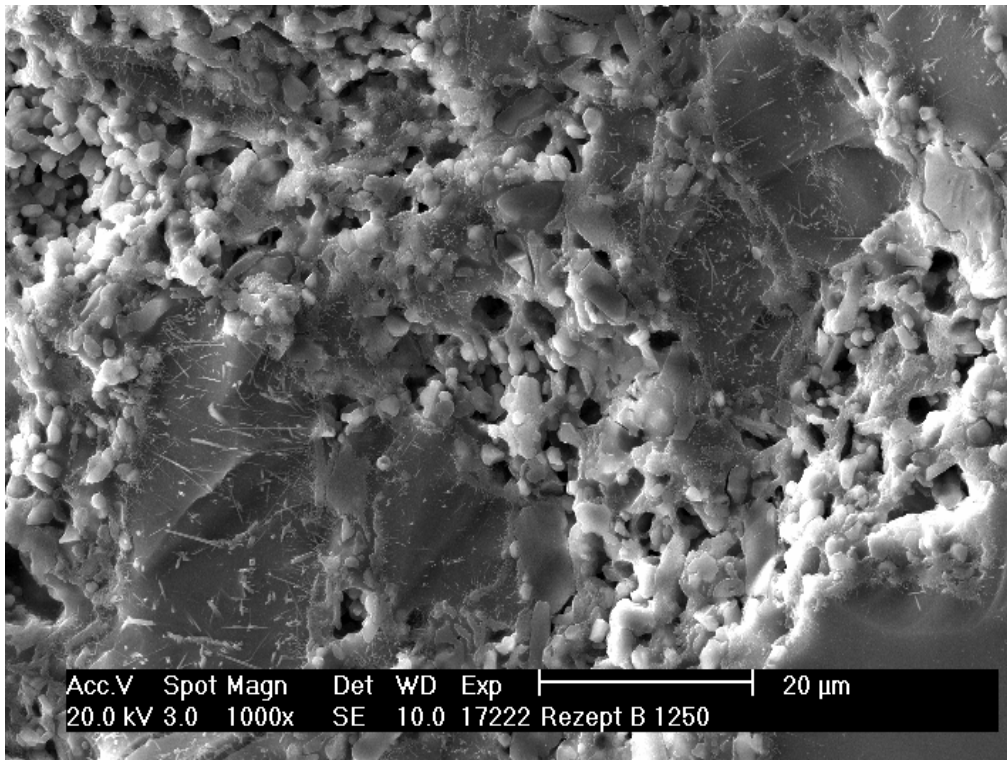


Şekil 8.7: B Reçetesi SEM Analiz Sonucu

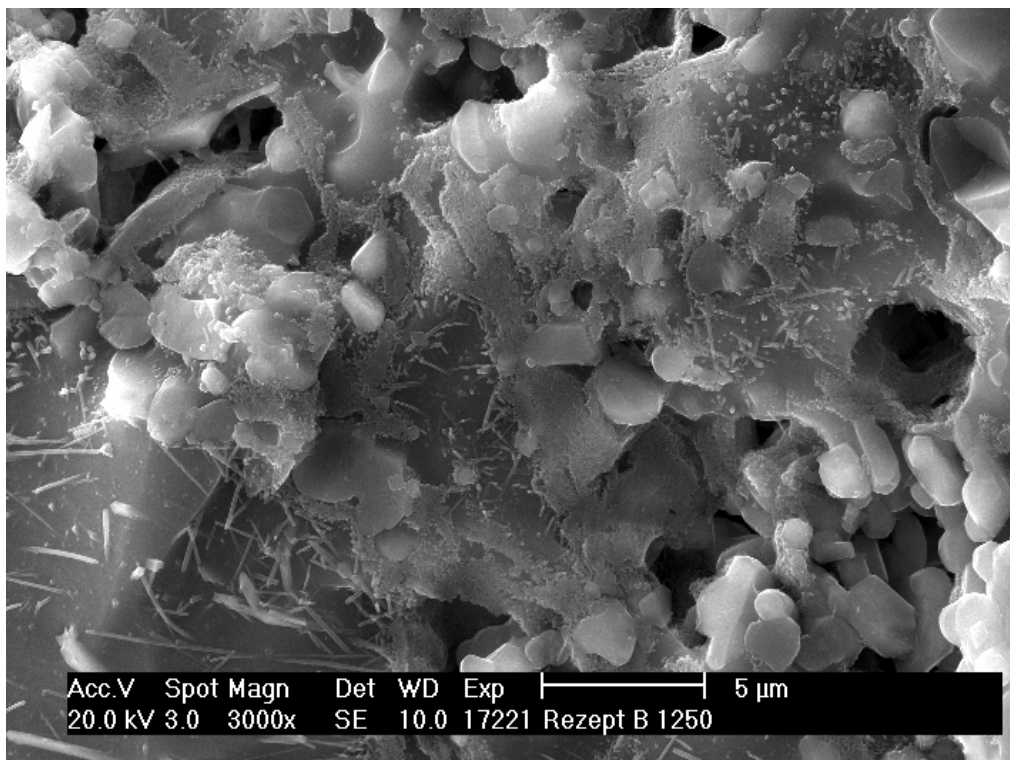
a) 1250°C`de 50µm



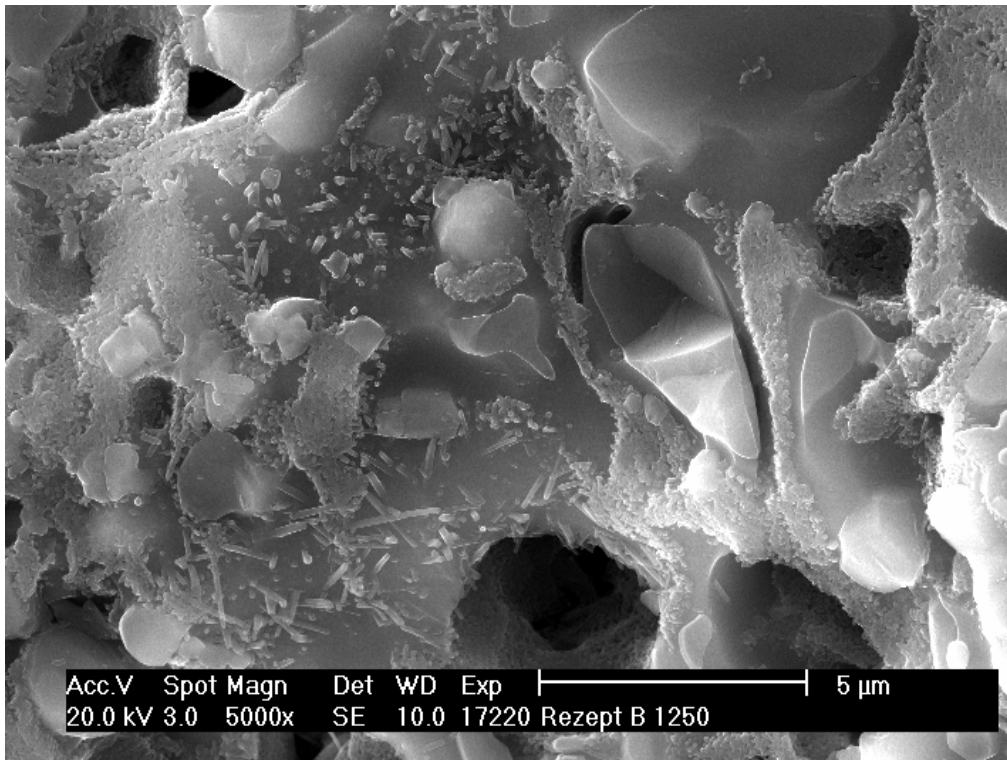
b) 1250°C`de 20µm



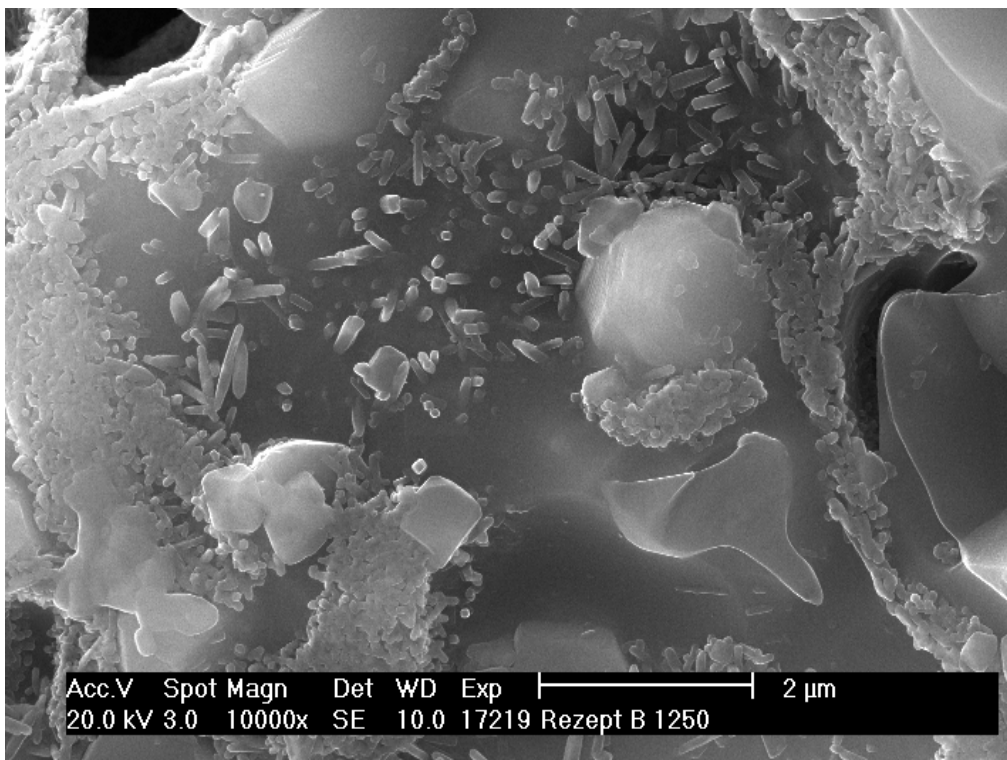
c) 1250°C de 5μm



d) 1250°C de 5μm



e) 1250°C de 2μm



Ek 8. C Reçetesine Uygulanan Testlerin Toplu Olarak Sonuçları

Çizelge 8.8.1: C Reçetesinde kullanılan hammaddeler ve % miktarları

Alcoa Alümina (CT800 SG) %	Alcoa Alümina (CT 9 GF) %	Kaolin %	K-Feldspat %	Kil %	Nefelinli Siyenit %
20	10	25	20	15	10

Çizelge 8.8.2: C Reçetesinin Pfefferkorn test sonucu

Numune No.	h ₀ (mm)	h _n (mm)	D
1	41	11,09	3,697
2	40,76	13,54	3,010
3	40,82	11,01	3,708
4	40,8	11,9	3,429
5	40,16	10,82	3,712
6	40,11	10,88	3,687
Ortalama	40,61	11,54	3,54
Stand. Sap.	0,34	0,96	0,26

Çizelge 8.8.3: C Reçetesinin Nem Tayini Sonucu:

Numune No.	m ₀ (g)	m ₁ (g)	%Nem
1	100,4	80,4	19,92
2	97,3	78,2	19,63
3	96,6	78	19,25
4	109	76,6	29,72
5	95,1	80,4	15,45
6	100	79	21,0
7	101,6	78,8	22,44
8	98,2	76	22,60
9	106,4	78,2	26,50
10	105,1	79,4	24,45
11	105	82,2	21,71
12	105,7	84,6	18,82
13	106,4	76,4	18,79
14	107,1	77,2	18,76
15	104,6	76,2	18,73
16	104,4	78	18,77
17	105,2	81,4	18,82
18	107,3	78,4	18,73
19	107,5	76,6	18,69
20	104,8	84,4	18,69

22	106,2	84,4	18,64
Ortalama	103,68	79,55	20,34
Stand. Sap.	3,907	2,893	3,133

Çizelge 8.8.4: C Reçetesinin Lineer kuru küçülme test sonucu

Numune No	L _{nem} (mm)	L _{kuru} (mm)	S _{bov}	D _{nem} (mm)	D _{kuru} (mm)	S _{en}	X (S _{bov} / S _{en})
1	100	96,26	0,037	25	24,55	0,018	2,08
2	100	96,26	0,037	25	24,4	0,024	1,56
3	100	96,58	0,034	25	24,11	0,036	0,96
4	100	96,23	0,038	25	24,21	0,032	1,19
5	100	96,85	0,032	25	24,12	0,035	0,89
6	100	96,15	0,038	25	24,25	0,030	1,28
7	100	97,48	0,025	25	24,25	0,030	0,84
8	100	96,46	0,035	25	24,16	0,034	1,05
9	100	96,93	0,031	25	24,23	0,031	1,00
10	100	96,47	0,035	25	24,27	0,029	1,21
11	100	97,09	0,029	25	24,69	0,012	2,35
12	100	97,45	0,026	25	24,76	0,010	2,66
13	100	96,04	0,040	25	24,35	0,026	1,52
14	100	96,62	0,034	25	24,38	0,025	1,36
15	100	96,68	0,033	25	24,31	0,028	1,20
16	100	97,23	0,028	25	24,36	0,026	1,08
17	100	97,17	0,028	25	24,49	0,020	1,39
18	100	96,25	0,038	25	24,4	0,024	1,56
19	100	96,97	0,030	25	24,21	0,032	0,96
20	100	96,68	0,033	25	24,43	0,023	1,46
21	100	97,86	0,021	25	24,39	0,024	0,88
22	100	96,3	0,037	25	24,29	0,028	1,30
23	100	98,12	0,019	25	24,86	0,006	3,36
24	100	96,38	0,036	25	24,53	0,019	1,93
25	100	96,35	0,037	25	24,38	0,025	1,47
26	100	96,35	0,037	25	24,56	0,018	2,07
Ortalama	100	96,74	0,033	25,0	24,38	0,025	1,485
Stand. Sap.	0,0	0,54	0,01	0,00	0,19	0,01	0,59

Çizelge 8.8.5: C Reçetesinin Ham Mukavemet sonuçları

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	HM.(N/mm ²)
9	24,2	15,2	66,4	1,78

15	24,33	15,2	69,6	1,86
25	24,24	15,45	45,4	1,18
26	24,64	15,65	58,8	1,46
Ortalama	24,35	15,4	60,05	1,57
Stand. Sap	0,17	0,19	9,32	0,31

Çizelge 8.8.6: C Reçetesinin Ham Yoğunluk testi.

Numune No	m(g)	v (cm ³)	d (g/cm ³)
9	18,12	9,5	1,907
15	9,35	4,98	1,878
25	8,81	4,65	1,895
26	17,48	9,18	1,904
Ortalama	-	-	1,896
Stand. Sap.	-	-	0,013

Çizelge 8.8.7: C Reçetesi mukavemet test sonucu (1200°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM. (N/mm ²)
1	21,79	13,54	1843,8	69,23
2	21,55	13,34	1577,2	61,69
4	21,33	13,17	1766,6	71,63
5	21,43	13,33	1914,2	75,4
Ortalama	21,53	13,35	1775,45	69,49
Stand. Sap.	0,17	0,13	125,80	5,01

Çizelge 8.8.8: C reçetesi mukavemet test sonucu (1250°C de sinterlenen)

Numune Nr	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM. (N/mm ²)
6	21,66	13,3	1675,2	65,58
7	21,5	13,38	1294	50,43
10	21,89	13,63	1211,2	44,68
11	22,02	13,68	1260,4	45,88
Ortalama	21,77	13,50	1409,87	51,64
Stand. Sap.	0,20	0,16	631,85	8,33

Çizelge 8.8.9: C Reçetesi mukavemet test sonucu (1280°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM. (N/mm ²)
13	23,58	15	1399,2	39,56
14	23,37	15,06	1370	38,77
16	23,48	13,17	1575,6	43,74

18	23,52	15,16	1307,2	36,27
19	23,46	15	1397,4	39,71
Ortalama	23,48	14,68	1435,55	39,61
Stand. Sap.	0,07	0,76	578,85	2,41

Çizelge 8.8.10: C Reçetesi mukavemet test sonucu (1300°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM. (N/mm ²)
12	24,02	15,57	701,4	18,07
20	24,06	15,79	753,2	18,83
21	24,2	15,73	705,8	17,68
22	23,92	15,51	689,8	17,98
23	24,56	16,25	880,8	20,37
Ortalama	24,15	15,77	746,20	18,59
Stand. Sap.	0,22	0,26	70,69	0,97

Çizelge 8.8.11: C reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu. (1200°C de sinterlenen)

Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
1	19,31	11,84	19,32	0,05	0,13	2,58
2	18,48	11,36	18,49	0,05	0,14	2,59
3	19,00	11,61	19,01	0,05	0,14	2,57
4	18,09	11,09	18,10	0,06	0,14	2,58
5	17,83	11,04	17,84	0,06	0,15	2,62
Ortalama	-	-	-	0,05	0,14	2,59
Stand. Sap.	-	-	-	0,002	0,005	0,018

Çizelge 8.8.12: C Reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu. (1250°C de sinterlenen)

NumuneNo	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
6	18,76	11,51	18,77	0,05	0,14	2,58
7	11,39	6,94	11,40	0,09	0,22	2,55
8	7,84	4,80	7,85	0,13	0,33	2,57
10	13,30	8,02	13,32	0,15	0,38	2,51
11	11,62	7,07	11,63	0,09	0,22	2,55
Ortalama	-	-	-	0,10	0,26	2,55
Stand. Sap.	-	-	-	0,034	0,085	0,025

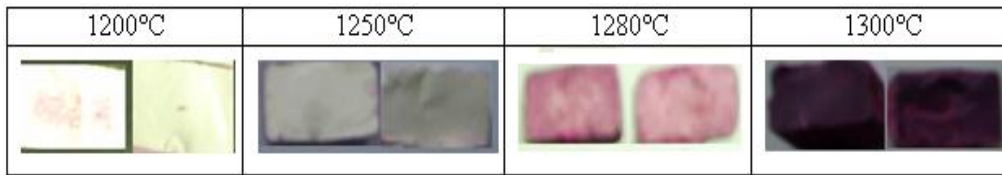
Çizelge 8.8.13: C Reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu. (1280°C de sinterlenen)

Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
13	13,65	8,19	14,79	8,35	17,27	2,07
14	17,99	10,70	19,40	7,84	16,21	2,07
16	17,65	10,30	18,85	6,80	14,04	2,06
18	19,06	11,29	20,51	7,61	15,73	2,07
19	17,37	10,30	18,73	7,83	16,13	2,06
Ortalama	-	-	-	7,69	15,87	2,07
Stand. Sap.	-	-	-	0,51	1,05	0,003

Çizelge 8.8.14: C Reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu.
(1300°C de sinterlenen)

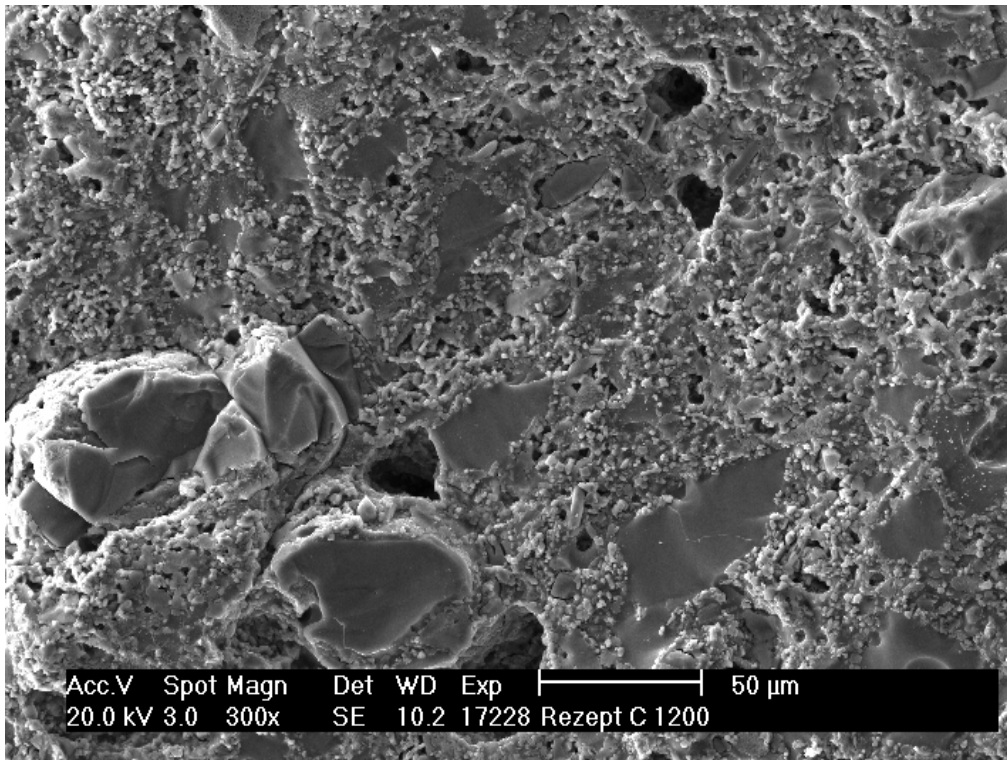
Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE. (%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
22	20,87	12,49	22,71	8,82	18,00	2,04
21	21,04	12,53	22,84	8,56	17,46	2,04
20	20,94	12,38	22,75	8,64	17,45	2,02
12	21,53	12,84	23,34	8,41	17,24	2,05
23	18,40	10,83	19,87	7,99	16,26	2,04
Ortalama	-	-	-	8,48	17,28	2,04
Stand. Sap.	-	-	-	0,28	0,57	0,01

Resim 8.4: C Reçetesinin Fuhsin Analiz sonucu:

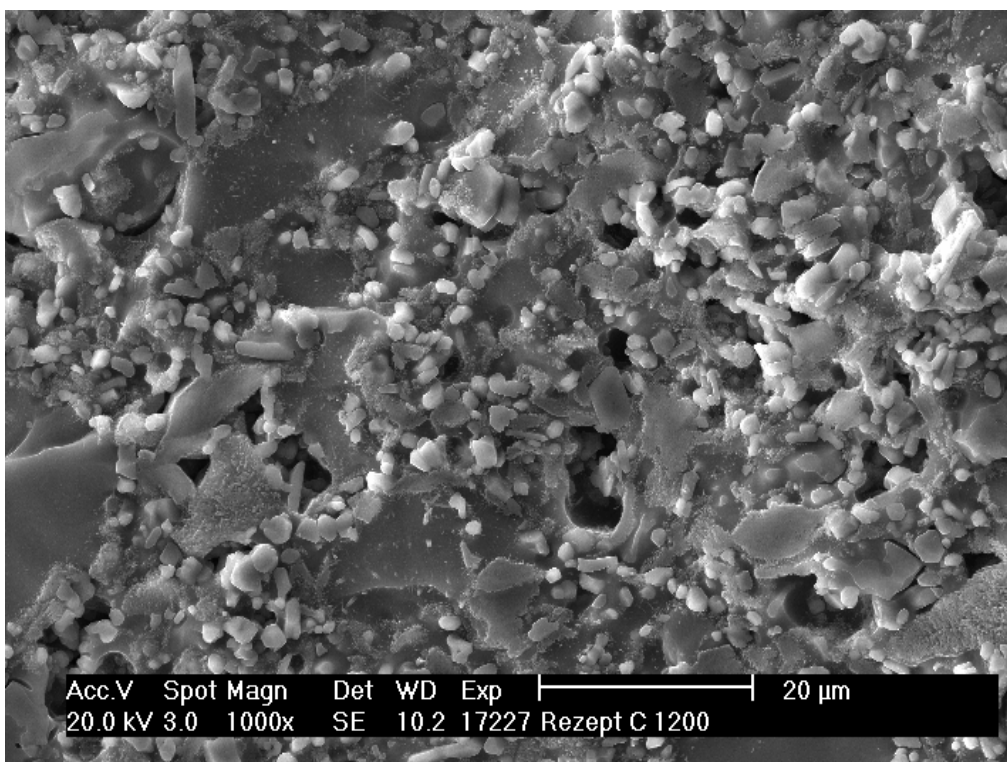


Şekil 8.8: C Reçetesi SEM Analizi:

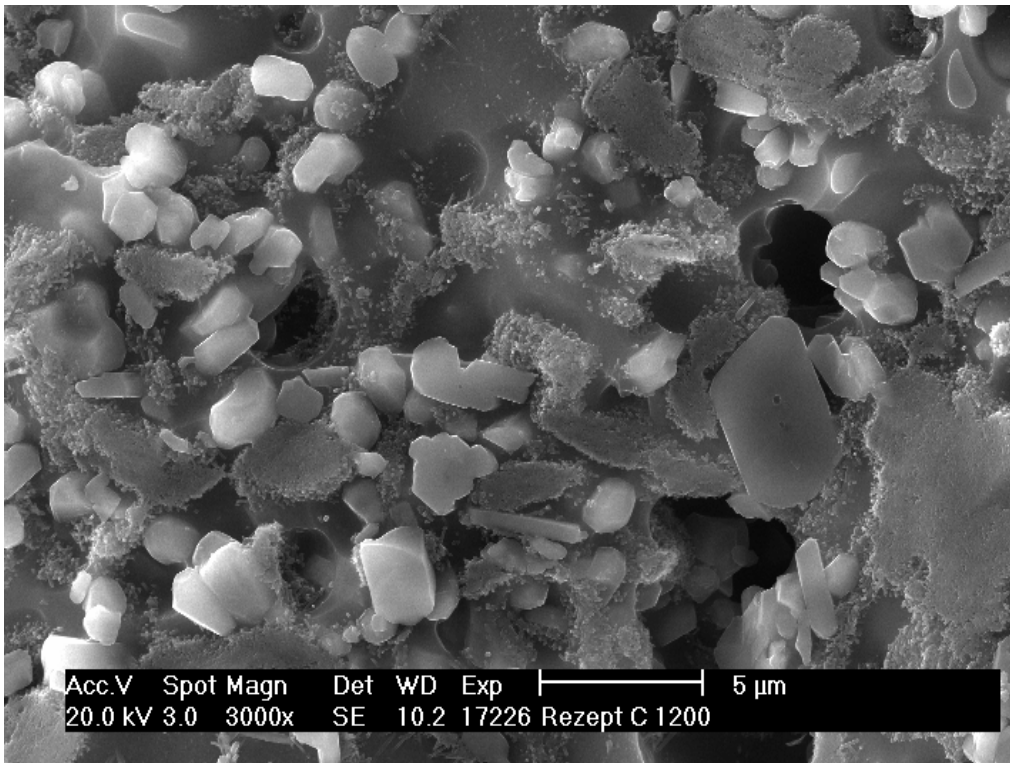
a) 1200°C`de 50µm.



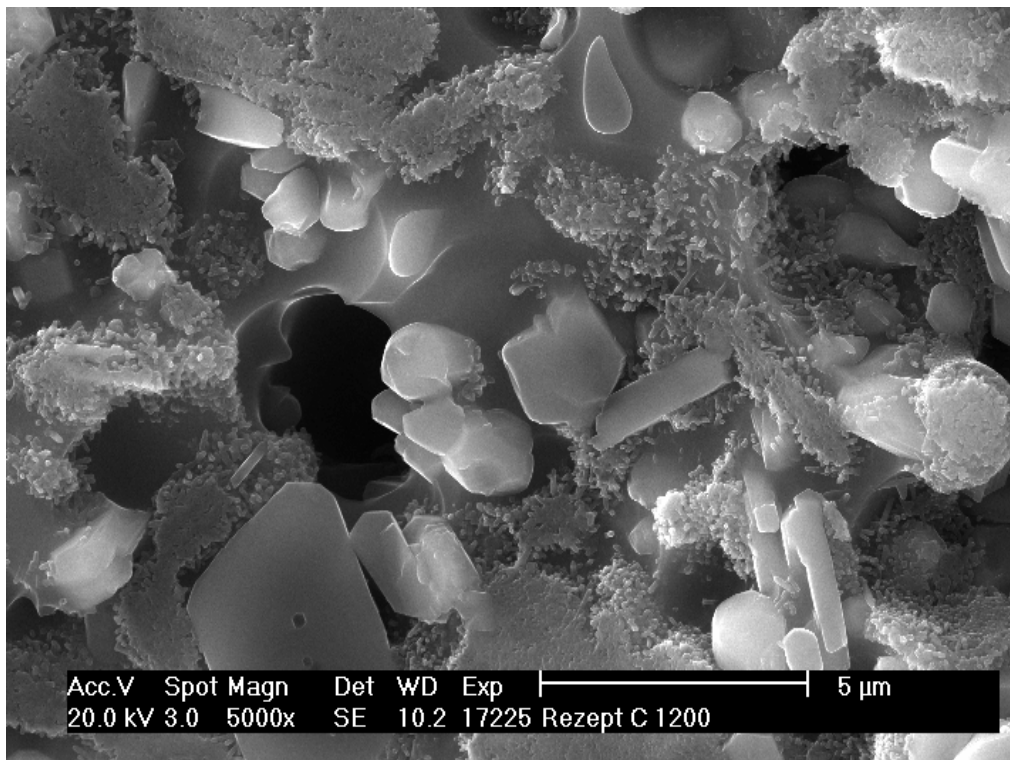
b) 1200°C`de 20μm.



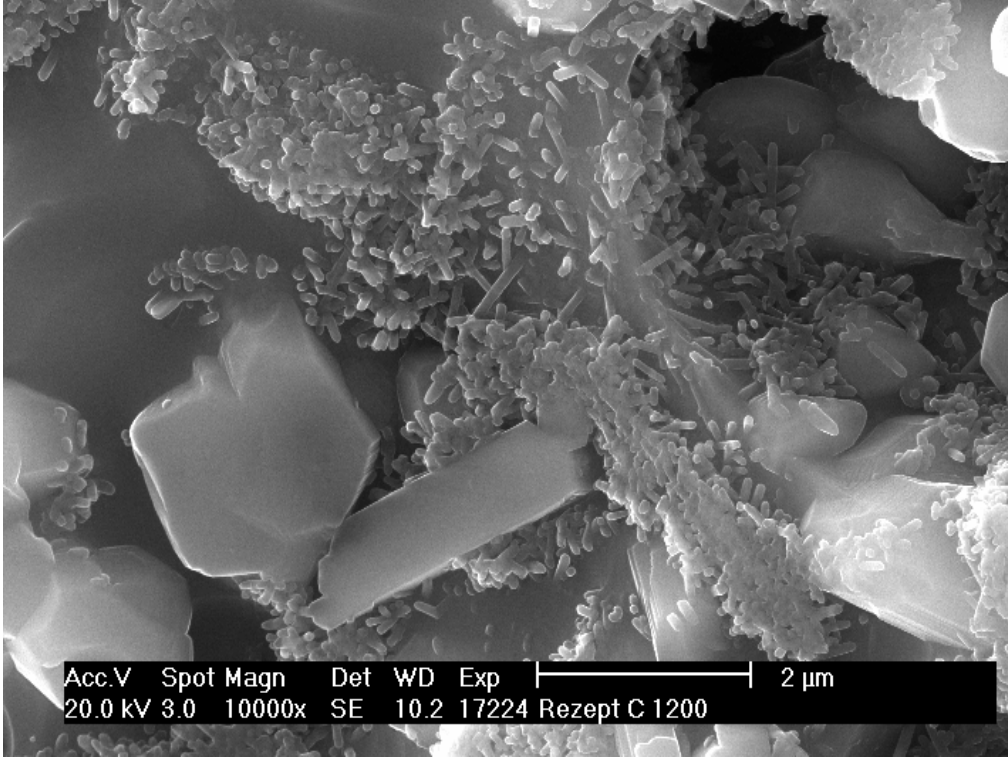
c) 1200°C`de 5μm.



d) 1200°C de 5 μm.



e) 1200°C`de 2µm.



Ek 9. D Reçetesine Uygulanan Testlerin Toplu Olarak Sonuçları

Çizelge 8.9.1: D Reçetesinde kullanılan hammaddeler ve % miktarları

Alcoa Alümina (CT800 SG) %	Alcoa Alümina (CT 9 GF) %	Kaolin %	K-Feldspat %	Kil %	Sepiyolit
16	9	22	35	16	2

Çizelge 8.9.2: D Reçetesinin Pfefferkorn test sonucu

Numune No.	h ₀ (mm)	h _n (mm)	D
1	40,45	16,62	2,43
2	39,96	17,49	2,28
3	40,12	15,24	2,63
4	39,9	15,61	2,56
5	40,23	16,09	2,50
6	40,23	16,91	2,38
Ortalama	40,15	16,33	2,46
Stand. Sap.	0,18	0,77	0,11

Çizelge 8.9.3: D Reçetesinin Nem Tayini Sonucu:

Numune No.	m_0 (g)	m_1 (g)	%Nem
1	100,4	81,8	18,53
2	101,6	81	20,28
3	101,5	81,8	19,41
4	102,6	82,8	19,30
5	100,9	81,4	19,33
6	105,7	85,8	18,83
Ortalama	102,12	82,43	19,28
Stand. Sap.	1,739	1,602	0,545

Çizelge 8.9.4: D Reçetesinin Linear kuru küçülme test sonucu

Numune No	L_{nem} (mm)	L_{kuru} (mm)	S_{bov}	D_{nem} (mm)	$D_{kuru.}$ (mm)	S_{en}	X (S_{bov}/ S_{en})
15	100	94,92	0,051	22	21,44	0,025	2,00
16	100	95,66	0,043	22	21,1	0,041	1,06
17	100	95,38	0,046	22	21,52	0,022	2,12
18	100	95	0,050	22	21,51	0,022	2,24
19	100	95,59	0,044	22	21,45	0,025	1,76
20	100	95,49	0,045	22	21,11	0,040	1,11
Ortalama	100	95,34	0,047	22	21,36	0,029	1,716
Stand. Sap.	0,00	0,283	0,003	0,0	0,179	0,008	0,468

Çizelge 8.9.5: D Reçetesinin Ham Mukavemet sonuçları

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM.(N/mm ²)
15	24,37	15,18	82,4	2,2
16	24,33	15,2	86,2	2,3
17	24,31	15,2	78,4	2,09
18	24,36	15,15	84,4	2,26
19	24,33	15,25	72,8	1,93
20	24,29	15,18	84,6	2,27
Ortalama	24,33	15,19	81,47	2,18
Stand. Sap.	0,03	0,03	4,59	0,13

Çizelge 8.9.6: D Reçetesinin Ham Yoğunluk testi.

Numune No	m(g)	v (cm ³)	d (g/cm ³)
15	10,07	5,45	1,85
16	12,15	6,57	1,85
17	9,65	5,25	1,84
18	12,18	6,6	1,85
19	11,52	6,2	1,86
20	11,19	6,0	1,87
Ortalama	-	-	1,85
Stand. Sap.	-	-	0,009

Çizelge 8.9.7: D reçetesi mukavemet test sonucu (1180°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM.(N/mm ²)
2	21,99	13,6	834,4	30,34
3	21,95	13,59	927	34,3
4	21,92	13,47	871	32,85
5	22,32	13,87	1061,6	37,09
6	22,12	13,73	1010,8	36,36
Ortalama	22,06	13,652	940,96	34,188
Stand. Sap.	0,15	0,14	84,71	2,44

Çizelge 8.9.8: D Reçetesi mukavemet test sonucu (1200°C de sinterlenen)

Numune No.	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM. (N/mm ²)
7	21,69	13,38	1411,8	54,54
8	21,59	13,35	1336,8	53,13
9	21,54	13,32	1613	63,31
10	21,61	13,46	1274,8	48,84
11	21,67	13,43	1351	51,85
12	21,59	13,36	1516,8	59,04
Ortalama	21,62	13,38	1417,37	55,12
Stand. Sap.	0,05	0,05	115,04	4,78

Çizelge 8.9.9: D Reçetesi mukavemet test sonucu (1250°C de sinterlenen)

Numune No	b(mm)	h(mm)	FH (N)	EM.(N/mm ²)
1	22,5	14,11	1228,8	41,15
3	23,36	14,73	1606,8	47,55
4	23,5	14,8	1392,6	40,38
13	22,34	13,86	1221,2	42,68
Ortalama	22,925	14,37	1362,35	42,94
Stand. Sap.	0,51	0,40	156,87	2,29

Çizelge 8.9.10: D Reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu (1180°C de sinterlenen)

Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE.(%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
2	19,25	12,14	20,21	4,99	11,90	2,39
3	19,20	12,17	20,05	4,43	10,79	2,44
4	13,53	8,54	14,11	4,29	10,41	2,43
5	15,29	9,77	16,39	7,19	16,62	2,31
6	21,31	13,57	22,54	5,77	13,71	2,38
Ortalama	-	-	-	5,33	12,68	2,39
Stand. Sap.	-	-	-	1,19	2,54	0,05

Çizelge 8.9.11: D Reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu (1200°C de sinterlenen)

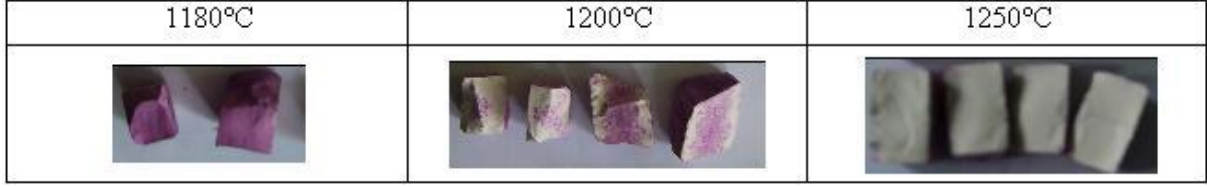
Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE.(%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
1	10,71	6,02	10,72	0,09	0,21	2,28
3	12,05	6,62	12,08	0,25	0,55	2,21
4	16,38	9,10	16,44	0,37	0,82	2,23
13	13,69	7,86	13,70	0,07	0,17	2,34
Ortalama	-	-	-	0,20	0,44	2,27
Stand. Sap.	-	-	-	0,12	0,26	0,05

Çizelge 8.9.12: D Reçetesinin Su emme, Açık Gözeneklilik, Yoğunluk test sonucu (1250°C de sinterlenen)

Numune No	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	SE.(%)	AG.(%)	Y.(g/cm ³)
7	18,22	11,03	18,24	0,11	0,28	2,53
8	18,42	11,22	18,44	0,11	0,28	2,55
9	19,53	11,95	19,55	0,10	0,26	2,57
10	20,42	12,41	20,43	0,05	0,12	2,55
11	17,20	10,44	17,23	0,17	0,44	2,53
12	9,44	5,72	9,46	0,21	0,53	2,52
Ortalama	-	-	-	0,13	0,32	2,54

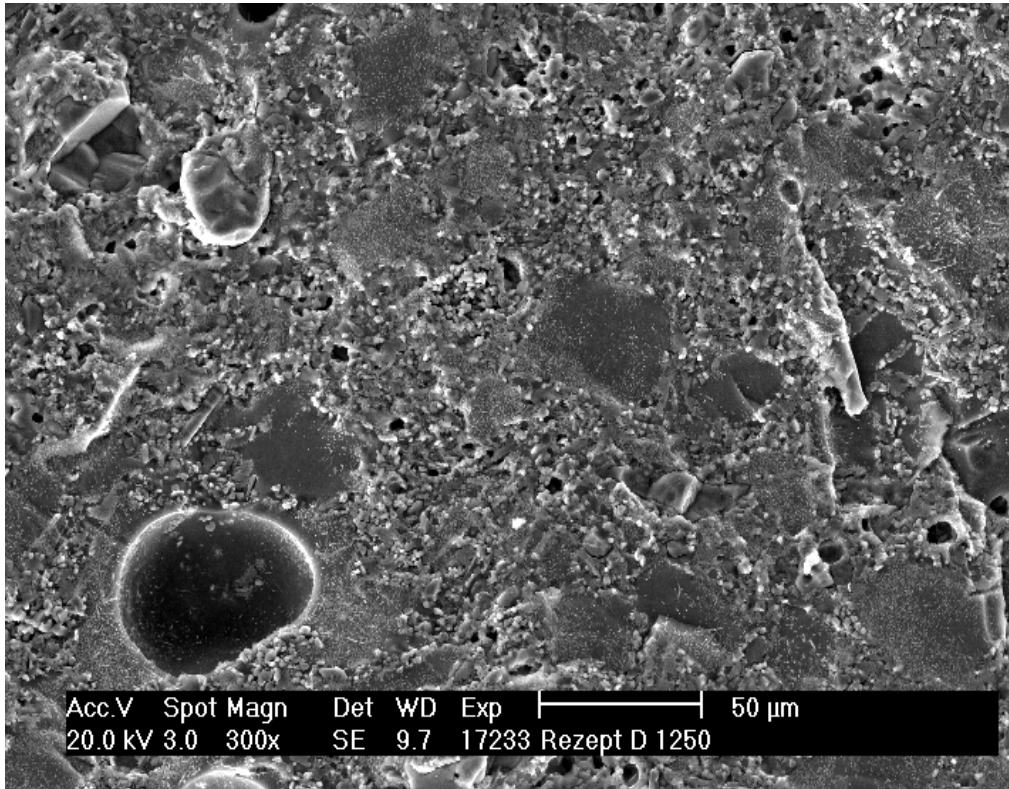
Stand. Sap.	-	-	-	0,06	0,15	0,02
-------------	---	---	---	------	------	------

Resim 8.5: D Reçetesinin Fuhsin Testi Sonucu

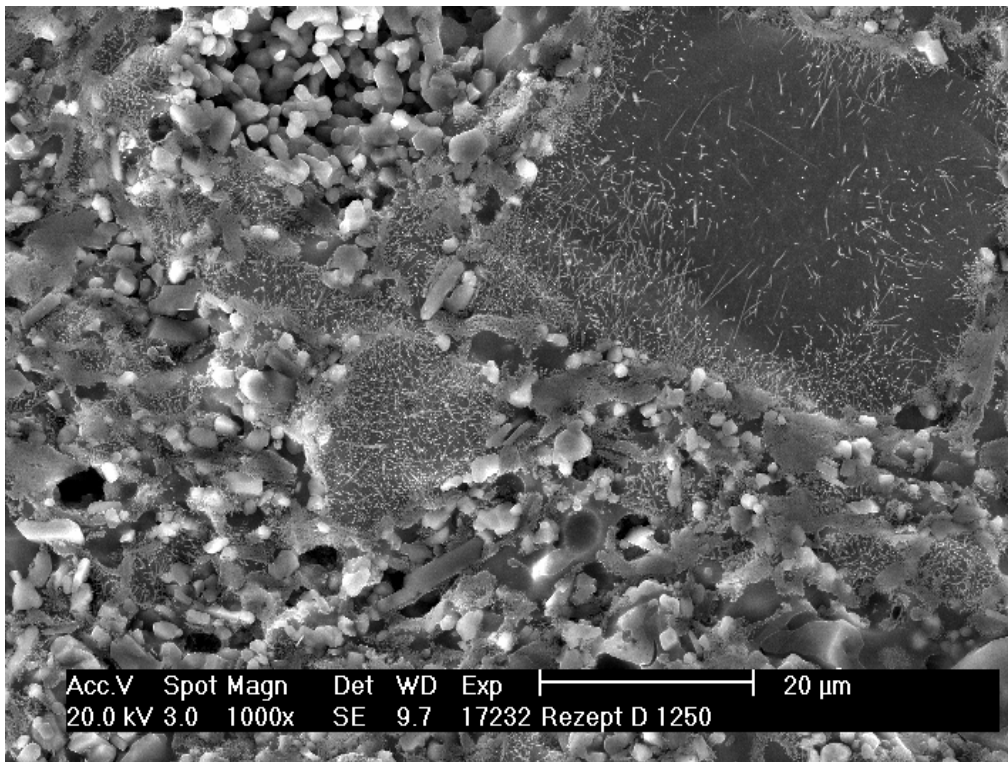


Şekil 8.9: A2 Reçetesi SEM Analiz Sonucu:

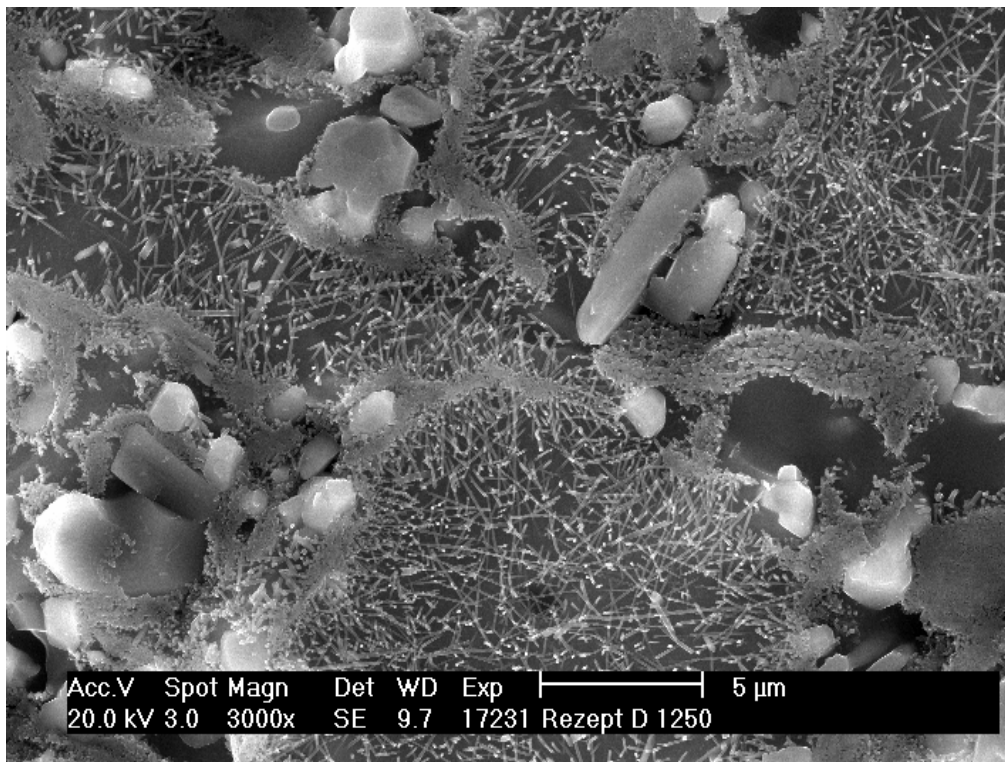
a) 1250°C`de 50µm



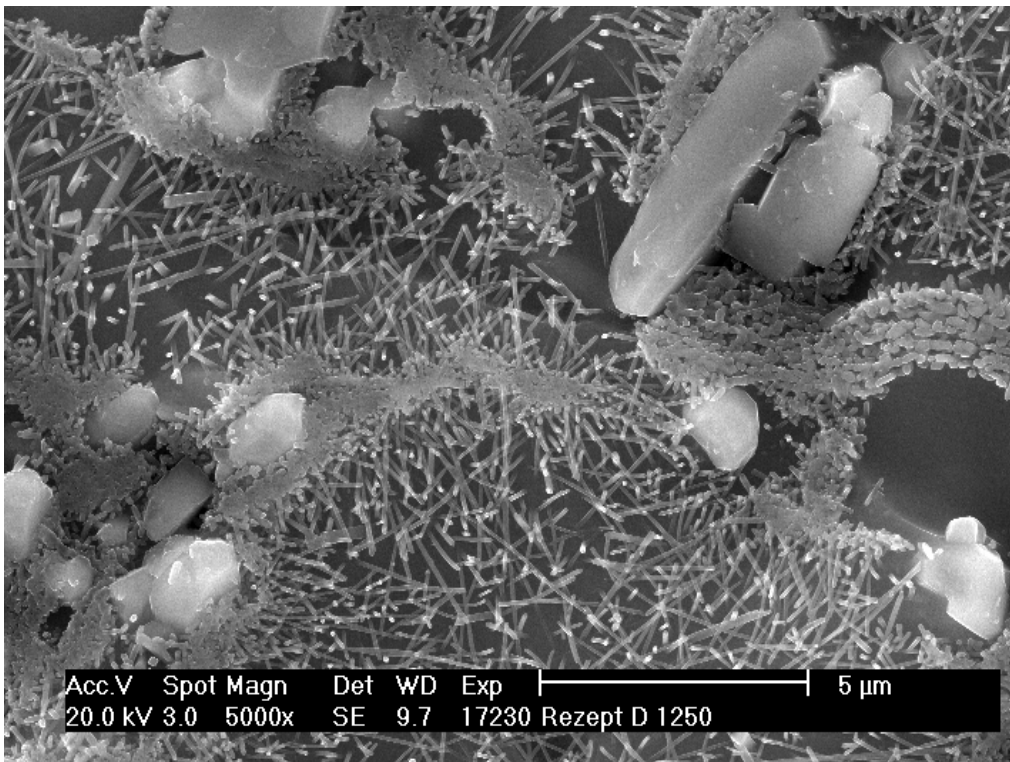
b) 1250°C de 20µm



c) 1250°C de 5µm



d) 1250°C de 5µm



e) 1250°C de 2µm

