

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK ORANDA ALÜMİNYUM OKSİT İHTİVA
EDEN YÜKSEK GERİLİM İZOLATÖR MASSESİ
ÜRETİMİ
VE
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRMALAR

Zeynep ÇERÇİ

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

AFYONKARAHİSAR
2006

YÜKSEK ORANDA ALÜMİNYUM OKSİT İHTİVA EDEN
YÜKSEK GERİLİM İZOLATÖR MASSESİ ÜRETİMİ
VE
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Zeynep ÇERÇİ
Danışman

Yrd.Doç.Dr.Ali KARTAL

SERAMİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2006

Zeynep ÇERÇİ' nin yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “ Yüksek Oranda Alümina İhtiva Eden Yüksek Gerilim İzolatör Massesi Üretimi ve Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma, lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

.../.../....

Jüri Üyesi : Doç.Dr.Bahri ERSOY
(Başkan)

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

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Taner KAVAS

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun.....Gün
ve..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ

ÇİZELGELER DİZİNİ

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1.GİRİŞ

2.GENEL BİLGİLERİ

2.1 Tanım

2.2 İzolatörün Tarihsel Gelişimi

2.3 Türkiye’de İzolatör Üretimi

2.4 İzolatörlerin Bünyesine ve Kullanım alanlarına Göre Çeşitleri

2.4.1 Bünyesine Göre İzolatör Çeşitleri

2.4.1.1 Feldspatik Porselen

2.4.1.2 Alümina Porselen

2.4.1.3 Kristobalit Porselen

2.4.1.4 Alümina-Kristobalit Porselen

2.4.2 Kullanım Alanına Göre İzolatör Çeşitleri

2.4.2.1 Alçak Gerilim İzolatörü

2.4.2.2 Yüksek Gerilim İzolatörü

2.5 İzolatörleri Teknik Özellikleri

2.5.1 İzolatörlerin Elektrik Özellikleri

2.5.2 İzolatörlerin Mekanik Özellikleri

3.YÜKSEK GERİLİM İZOLATÖRLERİNİN ÜRETİMİ

3.1 İzolatör Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

3.1.1 Kaolen

3.1.2 Kil

3.1.3 Feldspat

3.1.4 Kuvars

3.1.5 Alümina

3.2 Çamur Hazırlama ve Kullanılan Makineler

3.2.1 Kollerganglar

3.2.2 Değirmenler

3.2.3 Filter Pres

3.2.4 Sneke Pres

3.2.5 Vakum Pres

3.3 İzolatörün Şekillendirilmesi

- 3.4 İzolatörün Kurutulması
- 3.5 İzolatörlerin Sırlanması
- 3.6 İzolatörlerin Sinterlenmesi
- 3.7 İzolatörlerin Metallenmesi
- 3.8 Kalite Kontrol
- 3.9 Ambalajlama
- 3.10 İzolatör Üretim Prosesi Esnasında Uygulanan Deneyler
 - 3.10.1 İzolatör Hammaddelerine Uygulanan Deneyler
 - 3.10.2 İzolatör Çamur ve Sırlarına Uygulanan Deneyler
 - 3.10.3 İzolatörlere Uygulanan Elektrik Deneyleri

4. MATERYAL VE METOT

- 4.1 Deneysel Çalışmalar Akım Şeması
- 4.2 Numunelerin Hazırlanması
 - 4.2.1 Alümina Massenin Hazırlanması
 - 4.2.2 Massenin Suyunun Uzaklaştırılması
 - 4.2.3 Numunelerin Şekillendirilmesi
 - 4.2.4 Numunelerin Kurutulması
 - 4.2.5 Numunelerin Sinterlenmesi
- 4.3 Alümina İzolatör Massesine Uygulanan Deneyler
 - 4.3.1 Kaba Kum Kontrolü...
 - 4.3.2 Litre Ağırlığı Kontrolü
 - 4.3.3 Nem Kontrolü
 - 4.3.4 Kuru Küçülme ve Pişme Küçülmesi Kontrolü
 - 4.3.5 Pişme Mukavemeti Kontrolü
 - 4.3.6 Yağda Delinme Kontrolü
 - 4.3.7 Su Emme Kontrolü
 - 4.3.8 XRD Analizi
 - 4.3.9 SEM Analizi
 - 4.3.10 Kimyasal Analiz

5. BULGULAR

- 5.1 Kaba Kum Kontrolü
- 5.2 Litre Ağırlığı Kontrolü
- 5.3 Nem Kontrolü
- 5.4 Kuru Küçülme ve Pişme Küçülmesi Kontrolü
- 5.5 Pişme Mukavemeti Kontrolü
- 5.6 Yağda Delinme Kontrolü
- 5.7 Su Emme Kontrolü
- 5.8 XRD Analizi
- 5.9 SEM Analizi
- 5.10 Kimyasal Analiz

6.TARTIŞMA VE SONUÇ

- 6.1 Sonuçlar

6.2 Öneriler

KAYNAKLAR

TEŞEKKÜR

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sekil

- 3.1 Şekillendirmede Kullanılan Şablonun Kesit Görüntüsü
- 3.2 Şekillendirmede Kullanılan Torna Makinesi
- 3.3 C4 170 İzolatörün Şekillendirme Sonrası Görünüşü
- 3.4 E-80 İzolatörün Şekillendirme Sonrası Görünüşü
- 3.5 30 NF 1000/720 İzolatörün Şekillendirme Sonrası Görünüşü
- 3.6 K-1 İzolatörün Şekillendirme Sonrası Görünüşü
- 3.7 Pişirme Olayı
- 4.1 Alümina Masse ile Şekillendirilmiş Sırsız Mukavemet Çubuğu
- 4.2 Alümina Masse ile Şekillendirilmiş Sırlı Mukavemet Çubuğu
- 4.3 Oluşturulan 3 Reçeteye Ait Yağda Delinme Plakaları
- 4.4 XRD Analizi Yapılacak Olan Numunelerin Cihaza Konulmadan Önceki Görüntüsü
- 4.5 Elektron Mikroskopun Kısımları
- 5.1 XRD Analiz Sonuçları (Reçete no: 1)
- 5.2 XRD Analiz Sonuçları (Reçete no: 2)
- 5.3 XRD Analiz Sonuçları (Reçete no: 3)
- 5.4 XRD Analiz Sonuçları (Kuvars Masse)
- 5.5 SEM Analiz Görüntüsü (Reçete no: 1)
- 5.6 SEM Analiz Görüntüsü (Reçete no: 2)
- 5.7 SEM Analiz Görüntüsü (Reçete no: 3)
- 5.8 SEM Analiz Görüntüsü (Kuvars Masse)
- 5.9 SEM Nokta Analizi Sonuçları (Reçete no: 1)
- 5.10 SEM Nokta Analizi Sonuçları (Reçete no: 2)

- 5.11 SEM Nokta Analizi Sonuçları (Reçete no: 3)
- 5.12 SEM Nokta Analizi Sonuçları (Kuvars Masse)
- 5.13 Alümina Masse ve Kuvars Masse Kimyasal Analiz Sonuçları

ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo

- 2.1 Yerli Üretimi Oluşturan Firmaların Yıllar İtibari ile İzolatör Üretim Miktarları
- 2.2 Porselen İzolatör Bünye Özellikleri
- 2.3 Porselen Bünyelerin Fiziki Özellikleri
- 3.1 Kaolenlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri
- 3.2 Killerin Kristal Yapılarına Göre Sınıflandırılması
- 3.3 ABD Seramik Killerinin Fiziksel Özellikleri
- 3.4 Killerin Çeşitli Özellikleri
- 3.5 Bazı Feldspat Minerallerinin Kimyasal Bileşimi
- 3.6 Çeşitli Alüminyum Mineralleri
- 4.1 Deneyde Kullanılan Hammaddelerin Kimyasal Bileşimleri
- 4.2 Çalışmada Kullanılan Masse Reçeteleri
- 5.1 Kaba Kum Kontrolü Analiz Sonuçları
- 5.2 Litre Ağırlığı Kontrolü Analiz Sonuçları
- 5.3 Nem Kontrolü Analiz Sonuçları
- 5.4 Kuru Küçülme ve Pişme Küçülmesi Kontrolü Analiz Sonuçları
- 5.5 Pişme Mukavemeti Kontrolü Analiz Sonuçları
- 5.6 Yağda Delinme Kontrolü Analiz Sonuçları
- 5.7 Su Emme Kontrolü Analiz Sonuçları

SİMGELERE VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
kg	Kilogram
g	Gram
cal	Kalori
kv	Kilovolt
l	Litre
µm	Mikrometre
t	Dakika
π	Pi Sayısı (3.14)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
TEK	Türk Elektrik Kurumu
ISO	Uluslararası Standartlar Organizasyonu
HIP	Sıcak İzostatik Presleme
CIP	Soğuk İzostatik Presleme
DTA	Diferansiyel Termal Analiz
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
XRD	X-Işınları Difraksiyonu
PVA	Polivinilalkol
SEM	Taramalı Elektron Mikroskop

1.GİRİŞ

İzolatörler, elektrik enerjisinin havai hatlarda taşınması sırasında iletken tellerdeki elektrik akımının direğe ve oradan da toprağa geçmesini engelleyen yalıtkan görevini görürler. Buradan da anlaşılabilceği gibi izolatörlerin iki temel görevi bulunmaktadır:

- a) İletken teli taşımak
- b) Elektrik yalıtımını sağlamak.

İzolatörlerin bu iki temel görevi tam olarak yerine getirebilmesi için, elektrik yalıtımını sağlayan seramik bir malzeme ile bağlantıları sağlamak içinde metal bir malzemenin bir araya getirilmeleriyle üretilmektedirler.

Seramik bir malzemenin direnci 10^6 ohm/cm³'den büyük ise izolatör olarak düşünülebilir. Oda sıcaklığında (20°C), yalıtkan bir porselenin öz direnci yaklaşık olarak 10^{14} ohm/cm³'dür. Bu değer selüloidden bir kaç bin kere, kauçuk ve sodyum içerikli pencere camından 10 – 100 kere daha büyük bir değerdir.

İletken malzemelerde sıcaklık artışıyla özdirenç artarken, yalıtkan malzemelerde tam tersine özdirenç düşmektedir. Bir porselende sıcaklık, 20°C' den 200°C' ye çıkarıldığında özdirencin 10.000 kat düştüğü görülmektedir. Seramik ürünlerin özdirençleri çok yüksek voltaj uygulanmadıkça ve yapıda gözenek olmadıkça kafi derecede yüksektir.(Chandler, 1967)

Yapılan çalışmada normal yüksek gerilim izolatörünün üretiminde kullanılan kuvars hammaddesi kullanılmamıştır. Bunun yerine alümina kullanılmıştır. Alümina kullanılmasındaki başlıca neden alüminanın masseye ilavesinde göstermiş olduğu üstün özelliklerdir.

İzolatör üretiminde dikkat edilmesi gereken özelliklerin başında yüksek elektrik voltajına dayanıklı olması gelir. Bu özellik yüksek gerilime maruz kalacak olan izolatör için çok önemlidir.

Bir diğer önemli özellik ise elektrik mukavemetinin yüksek olmasıdır. Bu özelliklerin tamamının alümina tarafından sağlanması amaçlanmıştır..

Kuvars ilaveli yüksek gerilim izolatörlerinde fırın atmosferinde ısıtma ve soğutma işlemleri çok dikkatli yapılmalıdır. Çünkü kuvars 573 ° C sıcaklıkta dönüşüme uğrar. Bu nedenle bu sıcaklık değeri çok yavaş geçilmelidir. Alüminada ise böyle bir sorun yoktur.

Bu çalışmada kullanılan alümina çok yüksek saflığa sahiptir. Malzemenin saf olması masseye ilavesi sırasında dışarıdan bünyeye hiçbir safsızlığın gelmeyeceğini belirtmektedir. Oluşturduğumuz masse ne kadar az kirlilik ihtiva ederse o kadar iyi sonuçlar elde edilir.

Tüm bu özellikler dikkate alınarak yapılan bu çalışmada, yüksek alümina içerikli yüksek gerilim izolatörü üretilmesi hedeflenmiştir. Yine burada, bilinen yüksek gerilim izolatöründen daha üstün özelliklere sahip izolatör üretimi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLERİ

2.1.Tanım

Elektrik enerjisinin üretiminden başlayarak dağıtım, tüketim, safhalarında, her türlü haberleşme araçlarında ve devre kesici elemanları gibi, elektrik enerjisinin varolabileceği her alanda yalıtım amacıyla kullanılan porselen malzemelere “elektroporselen” denir. (Ergün, 1982).

Bunlardan yalıtımayı ve bir iletkeni taşımaya yarayan parçalara da “izolatör” denilmektedir.

2.2.İzolatörün Tarihsel Gelişimi:

Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımı emin bir izolasyon olmadan düşünülemez. Cihazların korunması ve toplayıcı çubukların desteklenmesi için izolatörlerin çeşitli geometrik şekillere ihtiyacı vardır. İzolatörler, elektrik dağıtım tesisleri voltaj değişimi ve dağıtımında enerji üretimi sarfiyatı arasında köprüdürler.

1849 yılında Wvon Siemens Frankfurt ve Berlin arasında ilk porselen izolatörü kullanarak telgraf hattı çekmiştir. Bundan dolayı porselen en eski geleneksel elektrik yalıtım malzemesidir (Liebermann, 2000 a). Daha sonra teknik seramiklerin en eski tesisi olan Saksonya’da porselen firması “Margarettenhüle” de 1987 yılında çan şeklindeki izolatörleri üretmiştir. Bu fevkalade anlamlı yenilik ve itinalı ve özenli bir bilimsel araştırmaya dayanmaktadır.

Bundan hemen sonra şebeke voltajında çevrenin izolatörler üzerindeki etkisi görülmüştür. Bu özellikle izolatörlerin yağmurun etkisiyle yüklenmesinde kendini göstermiştir. Bilimsel incelemeler araştırma seviyesinin 1923 yıllarında o zamanlara göre en üst düzeyde olduğunu göstermektedir.

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 arttırılması da zaruri olmuştur. Pin izolatörlerin ve daha sonra topuz izolatörlerin geliştirilmesi ile bu problem çözülebilmıştır.

Yüksek gerilim kontrol sahalarının varolması 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 alındaydı.

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

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

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

Dezavantaj olarak izolatörlerin çarpışma esnasında kırılmaları kalmıştır. Tek alternatif uzun izolatörlerin geliştirilmesiydi. Bu şu demektir; son bir model için sadece değişiklik değil bunun yanında malzemelerin yüksek mekanik dayanıklılığı gerekiyordu. Zira bu tip yapılar çekme ve bükme kuvvetlerine maruz kalıyorlardı.

Bu ara çözüm ile özellikle çimento fabrikalarının ve büyüyen kimya sanayinin yakınlarında artan hava kirliliğinden dolayı uzunlamasına çubuk izolatörler geliştirildi. Çubuk izolatörler çan izolatörlerden sonra havai izolatör sektöründe gelişti. Yüksek mukavemete sahip iyileştirilmiş malzemelerin kullanılması, 1953’de Hubeln’in sürekli çekme yönteminde getirdiği vakum presi ve teknolojideki önemli buluşların desteğiyle “Motor Uzunlaması Çubuk İzolatörlere” çözüm getirilmiştir. Bunlar maddeler halinde özetlenebilir.

- Çarpışma ile kırılmayan dayanıklı izolatörlerin yapılabirliği,
- Metalsiz haddeleme,
- Bir parçalı izolatörlerin 110 kv’a kadar işletme gerilimini garanti etmesi,
- Havai hatlardaki bakım çalışmalarının etkin bir şekilde azaltılmasıdır.

Bu yeni izolatörlerin kullanımı oldukça dinamik bir şekilde sürmüştür. 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.

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 doğu yönlenmiştir.(Liebermann, 2000 b)

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.

2.3.Türkiye’de İzolatör Üretimi:

Türkiye’de elektroporselen sanayi 1960’larda kurulmasına rağmen diğer seramik sektörleri kadar gelişmemiştir. Bunun nedenleri, el emeği yoğun, maliyeti yüksek ve sadece iç piyasa talepleri düşünülerek üretim yapıldığından bu sanayi koluna fazla yatırım yapılmamıştır.

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 Tablo-2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Yerli Üretimi Oluşturan Firmaların Yıllar İtibariyle 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
Yarımcı 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

Ayrıca 1985 yılından 1983 yılına kadar üretilen izolatör miktarı adet olarak:

1985	2.267.000
1986	2.455.374
1987	2.836.203
1988	1.365.434'tür.

Yüksek gerilim hatlarında kullanılan zincir tipi izolatörlerin cam esaslı olanları ve 380 kv'lık 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 konumda kalabilecektir. 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 üretilmesidir. Avrupa sanayinin LPG yerine doğal gaz kullanması kısa sürede tamamlanan pres yöntemi Avrupa sanayini, yerli sanayi karşısında avantajlı konuma getiren diğer faktörlerdir.(Yavuz, 1994)

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. (Yavuz, 1994)

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.

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 kristalleri, pişirme prosesinde kuvars tanelerinin cam fazında ergimesi ve sonra soğutma anında ani soğuması ile oluşur.

Kristobalit dışındaki diğer kristaller müllit (%20–25), kuvars (%3–15) dir. Sırlı kristobalit porselenin eğilme mukavemeti 1000–1500 kg/cm² olarak tespit edilmiştir.

Bu tip porselenin oldukça yüksek işlenebilirliği ve geniş bir pişirme intervali vardır. Kristobalit porselen bünyeden solidkar tipi izolatörler yapılmaktadır.

2.4.1.4. Alümina – Kristobalit Porseleni:

Alümina – kristobalit tipi porselen yeni tip porselen olup, kristobalit porselende bulunan işlenebilirlik, homojenlik, basınç mukavemeti gibi özelliklere ve porselendeki yüksek mukavemet özelliklerine sahiptir.

Bu porselen, kristobalit porselenin temelinde alümina ihtiva eder. Sırlı alümina – kristobalit porselenin de eğilme mukavemeti yüksektir (1800–1900 kg/cm²). Bu değer kristobalit porselen değerinin 1,5 katıdır.

Porselen izolatörlerin bünye özellikleri Tablo 2,2’de görülmektedir.

Tablo 2.2 Porselen İzolatörlerin Bünye Özellikleri (Yavuz, 1994)

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

Porselen bünyelerin fiziki özellikleri Tablo 2.3’de gösterilmiştir.

Tablo 2.3 Porselen Bünyelerin Fiziki Özellikleri (Yavuz, 1994)

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 Sırlı	Kg/cm ²	990	1000–1700	1000–1500	1800–1900
Sırsız		730	800–1450	800–1200	1500–1600

En çok kullanılan iki farklı tip porselen izolatör vardır. Bunlar alümina ve silika porselenlerdir (C110 ve C120, 1E0 672–3 standardına 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 azalmasına neden olur. 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). 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 erimediği gözeneksiz yüksek cam fazı porselen oluşur.

Sonuçta, yüksek sıcaklık ve uzun pişirim mekanik dayanımı etkilemez. Alümina porselenleri sıcaklık değişimlerine duysız ve mekanik dayanım çoğunlukla korundum miktarı tarafından kontrol edilir.(Liebermann, 2000 a)

2.4.2.Kullanım Alanlarına Göre İzolatör Çeşitleri:

2.4.2.1.Alçak Gerilim İzolatörü:

1 volttan 1000 volta kadar gerilimin 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.

2.4.2.2.Yüksek Gerilim İzolatörü:

1000 volttan daha yüksek gerilim alındaki yerlerde kullanılan izolatörlerdir. Elektrik yalıtımı dışında mekanik ve termik dayanım görevleri de vardır.(Çanakkale Seramik Üretimi Notları)

Yüksek gerilim izolatörlerinin -65 ile 1600°C arasında kullanılabilir oluşu elektro teknikte büyük önem taşımaktadır. Çok ağır çevre koşullarında bile yüksek bir dayanım gücüne sahiptir. 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 Tip
- Dahili Tip

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 yarısından 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 önemli bir yer ayırmış 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 alındaki değerlerde meydana gelir. Böyle bir davranış, dolu izolatörlerin her tipinde görülür.

Doğru akım uygulandığı zaman, porselenin dielektrik gücü, alternatif akımın uygulandığı durumdan % 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 ölçülendirilmesi 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 farkları 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 genleşme katsayısı, hammadde seçimi ve sinter prosesinin uygulanışında alttaki çamur plakadan küçük tutulursa, 0,2 mm kalınlığındaki sır kaplamasında basınç gerilimleri oluşur basınç gerilimleri, sırnın yüzeyindeki çıkıntılarda oluşan çekme gerilimine karşı etki yapar. Çekme gerilimi, çamurun genleşme katsayısının sırnın 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. Sırın 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 izolatorler, zamanla iki ucunda da armatürler (metaller) taşıyan ve çekme yüküne maruz kalan delinemeyen (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.

— Malzemeleri: Porselen malzemelerin maddesel bileşimi Kuvars-Kaolin-Feldspat olarak üç maddeli sistemde gösterilmiştir. Hammaddelerin karışım oranları değiştirilerek arzu ettiğimiz özellikleri sağlayabiliriz.

3. YÜKSEK GERİLİM İZOLATÖRLERİNİN ÜRETİMİ

3.1. İzolatör Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Seramik izolatör üretiminde kullanılan başlıca hammaddeler; kil, kaolen, feldspat, kuvars ve alümina'dır.(Özgen ve Kale, 1992)

3.1.1. Kaolen

Alkali feldspatların bozulmasıyla oluşan kaolen, bir alüminyum hidra silikattır. Bu alümina silikatlar ise aşınma sırasında hidrolize olurlar. Hidrolize olayı şu şekilde olmaktadır; Alkali ve toprakalkali iyonlar çözünür tuzları oluşturarak çözünüp uzaklaşırlar. Geri kalan madde, alüminyum silikat ve değişken bileşik ve yapısal silisyum dioksittir. Kaolenin formülü $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

Kaolen genellikle çoğu plastik seramik hammaddelerin esas mineralidir. İçinde bulunduğu Al_2O_3 / SiO_2 oranına göre değişik isimler alıyor. İyi kalite kaolenin oluşması için beraberinde bulundurduğu alüminyum, silis, demirin ayrışması gerekir. pH 9'un üzerine çıkması yani bazik ortam oluşması Al_2O_3 'ün tekrar erimeye başlaması demektir. Ortamdaki SiO_2 ise asidik ortamda çok bazik ortamda az erir. Bu duruma göre asidik ortamda Al_2O_3 / SiO_2 oranı 1/2 olan kaolinit minerali bazik ortamda da Al_2O_3 / SiO_2 oranı 1/3 veya 1/4 olan montmorillonit grubu kil mineralleri oluşur. Pişme rengi beyaz ve temiz olan serbest silis veya impuritelere fazla erimeyen kaolen seramik sektöründe daha çok tercih edilir. Kuru küçülmeleri ve plastisiteleri azdır (Arcasoy, 1983). Tablo 3.1'de Kaolenlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

Tablo 3.1. Kaolenlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (DPT 2001)

ÖZELLİKLER	1.SINIF	2.SINIF	3.SINIF
İNCELİK 45 µm elek üzerinde kalan kısım, ağırlıkça % En çok	1	2	-
Ateş Zayıyatı %	En az 12,0	En az 10,5	En az 8 En fazla 15
Al_2O_3 %En az	36,0	30,0	24
Fe_2O_3 %En çok	1,0	1,5	2,0
TiO_2 %En çok	0,7	1,5	2,0
$(Fe_2O_3+TiO_2)$ %En çok	1,5	2,5	3,0
SO_3 % En çok	0,5	1,0	2,0
Şekillendirme Suyu %En az	22	22	2,0
Kuruma Küçülmesi % En fazla	8	8	Aranmaz
Pişme küçülmesi, 1350° C'da % En fazla	18	18	Aranmaz

3.1.2.KİL

Dünyada ve Türkiye’de seramik denilince akla killer gelmektedir. Kil kaynaklarına yakın yerlerde ilk seramik fabrikaları bu nedenle kurulmuştur. Çünkü seramikte kullanılan hammaddelerin içinde hem teknolojik, hem de miktar açısından en önemlisi killerdir.

Dünyada ve Türkiye’de nüfus artışına paralel olarak inşaat sektöründeki gelişme olduğu müddetçe seramik killerin önemi devam edecek ve seramik sektörünün olduğu her dönemde killer en önemli hammadde olma özelliğini devamlı gündemde tutacaktır.

Dünyada seramik teknolojisinin gelişmesi sonucu uygulanan tek pişirim seramik üretimleri, seramik kapasitesini arttırarak 7. plan döneminde kil talebini de arttırmış, bu da beraberinde üretici ve tüketici kuruluşlara birçok problem getirmiştir. (DPT, 2001)

Yer alı ve yerüstü sularının etkisiyle bozmuş olan feldspatça zengin volkanik kayaların aşınma ve taşınmasıyla havzalarda birikmesi sonucu kil yatakları oluşur. (DPT, 1986)

Killer mineralojik özelliklerine göre çeşitli sınıflara ayrılmıştır. Bu özelliklerin başında kristal yapıları gelmektedir. Kristal yapılarına göre killerin sınıflandırması Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2.Killerin Kristal Yapılarına Göre Sınıflandırılması (DPT 2001)

TABAKA	GUP	CİNS
2 Tabakalı olanlar	Kaolinit Grubu a)Eş boyutlu olanlar b)Bir yönde uzamış olanlar	Kaolinit, Dikit, Halloysit
3 Tabakalı olanlar	Smektit Grubu İllit Grubu Vermikülit Grubu	Montmorillonit Bediellit, İllit Vermiküllit
4 Tabakalı olanlar	Klorit Grubu	Klorit
Zincir yapısı olanlar	Sepiyolit Grubu	Sepiyolit Atapulgit Paligorskit

Tablo 3.3’de ABD seramik killerinin fiziksel özellikleri sırası ile verilmiştir. Diğer Tablo 3.4’de ise Türkiye’de üretimi yapılan killerin çeşitli özellikleri sıralanmıştır

Tablo 3.3.ABD Seramik Killerinin Fiziksel Özellikleri (DPT 2001)

	KAOLİN KİLİ	BALL KİLİ
+10 μ m(%)	2–20	-
-2 μ m(%)	35–70	60–86
-1 μ m(%)	-	45–80
Kırılma Modülü(kgf/cm ²)	4–15	20–40
Kaplama Yoğunluğu(%)	55–70	60–65
Kaplama Oranı	0,3–2,0	-
Ateş Parlaklığı	85–92	50–70
Absorbsiyon	15–20	3–13
Büzülme	5–10	5–15
Kaolinit İçeriği	85–97	50–70

Tablo 3.4.Killerin Çeşitli Özellikleri (DPT 2001)

	Ortalama	Kaba Seramik Kili	İnce Seramik Kili	Karo Kil	Bağlayıcı Kil
Al ₂ O ₃	25–32	25–35	20–30	20–28	32–35
SiO ₂	50–55				
CaO	0,5–1				
MgO	0,5–1				
K ₂ O	0,5–1				
Fe ₂ O ₃	0,5–2	1–2	0–5	2–3	1,5
Pişme Rengi 1300 °C	Beyaz bej	Krem	Beyaz	Kırmızı	Beyaz- krem
Pişme Küçülmesi 1350 °C		5–6	3–4	5–6	%12'den az
Kuruma Küçülmesi	5–9	6	5–8		
Kuru Direnç	45–55	18–20	18–20	20–25	
Plastisite Suyu	20–35	30–40	20–30		35–45
Deformasyon Görülmeceği Minimum Sıcaklık		1250	1500		En az 1500
Ateş Zayıtı		10–13	8–10	10–12	

Killer

- Yumuşak ve plastik bir malzemedir. Bu nedenle öğütülmesi gerekmez. Öğütmeden kullanılabilir. Suda hemen dağılır.
- Tane yapısı küçük olduğu için su içerisinde açılır.
- Bağlayıcı özelliği vardır.
- Plastikliği ve mukavemeti sağlamak için kullanılır.
- Sürüklenmeden dolayı kristal yapıları bozuktur. Kristal yapılarının bozulması sonucunda katyon değiştirme özelliğine sahiptir (Kartal, 2002).

➤ 3.1.3.Feldspat

Özsüz bir hammadde olmasına karşın, çamurda belli pişme sıcaklığına çıkıldığı zaman çamurları pekiştirerek, ergiticilik özelliği gösterir.

Doğal feldspatlarda Na, K, Ca, Li, Ba, Cs gibi oksitler farklı oranlarda yer alırlar.

K-Feldspat(Ortoklas)	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$
Na-Feldspat(Albit)	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$
Ca-Feldspat(Anortit)	$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

Feldspatların çok temiz ve yeterince saf olması istenir. Seramik bünyede ergitici rol oynar. Ortoklas kuvars ile birlikte ürünün dayanımını artırır.

Saf ortoklasın erime sıcaklığı 1170 °C, albitin erime sıcaklığı 1120 °C'dir. Ancak ortoklasın tam erime sıcaklığı yaklaşık 1280 °C dolayına ulaşmaktadır. Bu da ortoklasın geniş bir erime aralığına sahip olduğunu gösterir. Bu nedenle özellikle porselen çamurunda ortoklas daha fazla kullanma alanı bulur. Albit ve lityum feldspat (spodumen) daha fazla eriticilik özellikleri nedeni ile öncelikle sırların yapısında önemli rol oynar (Arcasoy, 1983). Aşağıda gösterilen Tablo 3.5'de bazı feldspat minerallerinin kimyasal bileşimleri görülmektedir.

Tablo 3.5.Bazı Feldspat Minerallerinin Kimyasal Bileşimi (DPT 1985)

	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Anortit	11,0	-	-	19,4	68,8
Ortoklas	-	10,9	-	18,4	69,7
Anortit	-	-	20,1	28,6	43,3

Feldspatlar seramik reçetesine flaks(ericiciler),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 minerolojik bileşime sahip her seramik hamuru, bu mukavemet kazanma ve yoğunlaşma işlemlerinin gerçekleştiği sabit bir pişme sıcaklığına sahiptir ve bu sıcaklık genellikle 1100–1300 °C'lar 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, elektroporselende %20-28'ini ve kimyasal-teknik porcelende %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.(DPT, 2001)

Eritici özelliğine etki eden faktörler arasında silika içeriği, bünye bileşimi ve daha önemli olarak toplam alkali içeriği ile Na_2O , K_2O ve LiO_2 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 flakslar, 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. (DPT, 2001)

3.1.4. Kuvars

Kimyasal formülü SiO_2 'dir. Kuvars granit, gnays gibi ana kayaların içinde bulunabildiği gibi bazen de tek başına tanecik yapısında olarak damarlar şeklinde diğer mineraller ile karışmış olarak bulunur. Başlıca kuvars çeşitleri şunlardır: Dağ kristali, dumanlı kuvars, süt kuvars ve oniks'tir. (Arcasoy, 1983)

Hemen hemen bütün kuvars türlerinin sertlik derecesi 7'dir. Yani pencere camını çizebilecek sertliktedir. Yoğunlukları da $2,6 \text{ g/cm}^3$ dür. Kuvars rombohedral sistemde kristallenir. Umumiyetle her duvarında alı kenarlı bir piramit bulunan alı kenarlı bir prizma şeklindedir. (Rehber Ansiklopedisi, cilt 10)

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 kristabolite 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 seramik çamur ve sırlarında önemli görevler yüklenerek geniş kullanma alanı bulur. Kuvars yalnız hidroklorik asitten etkilenir. Seramik sektöründeki önemi nedeniyle çok iyi ve homojen öğütülmesi gerekmektedir. Demir oksit ve yan kayaç parçacıkları çok az yani eser miktarda bulunmalıdır.

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.(Arcasoy, 1983, Kavas 1998)
- Seramik yapılarda iskelet görevini görür.

Deformasyonu önler ve asitlere dayanıklılığı artırır.

3.1.5.Alümina (Al_2O_3) :

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 HF 'e karşı dayanıklıdır. Sodyum karbonat, kastik 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, kriyolit, 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 α alüminaya dönüşür.1600°C'nin üzerinde yapılan ısıtma bu dönüşümü hızlandırır. Alümina korund; feldspat, killer, silikatlarda bulunur.(Emrullahoğlu, 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 Al_2O_3 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, sprey nozüllerinde ayrıca öğütme bilyesi ve laboratuvar malzemesi olarak kullanılmaktadır. Alüminanın ticari kullanım alanı buji üretimidir.

Alümina ürünler slip dökümle, ekstrüzyonla, enjeksiyon kalıplama, HIP, CIP ile şekillendirilir. Şekillendirmede un, PVA, mum, lastik lâteks, doğal reçine gibi inorganik bağlayıcılar ve yağlayıcılar kullanılmaktadır.(Kara, 1998)

Alüminanın Fiziksel Özellikleri

Atom Ağırlığı	26,97 g/mol
Yoğunluğu	2,7 g/cm ³
Metalin Sıvı Halde Yoğunluğu (700 °C)	2,37 g/cm ³
Isıl Genleşme Katsayısı (20-100°C)	0,0000235
Özgül Isı (0-100°C)	0,211 cal/g
Kaynama Sıcaklığı	2000oC
Isıl İletkenlik	0,54 – 0,57
Gizli Erime Isısı	93 cal/g
Isıya Karşı Dayanıklılık Katsayısı (20°C)	0,0042
Katılma Halinde çekme	% 6,70
Yansıtma (Beyaz ışık için)	% 75–85
Elektrot Potansiyeli (25°C)	1,67 vol (Köse, 1991)
Yükseltgenme Derecesi	Artı 3
İzotopları	24'den 29'a
Kararlı İzotopları	27
Doğal Alüminyum	27 Al (%100)

(Özdemir 2004)

Aşağıdaki Tablo 3.6'da Çeşitli Alüminyum Mineralleri verilmiştir.

Tablo 3.6. Çeşitli Alüminyum Mineralleri (Özdemir 2004)

Mineral	Kimyasal Formül	% Al	Sertlik	Özgül Ağırlık
Boksit	Al ₂ O ₃ .3H ₂ O	34,9	1–3	2,6
Böhmit	AlOOH	45,6	2–3	2,5
Jipsit	Al(OH) ₃	34,6	2–3,5	2,4
Diaspor	Al(OH) ₃ .H ₂ O	47,0	6,5–7,0	3,4
Zımpara	Al ₂ O ₃	52,9	9,0	3,9–4,1
Alunit	K ₂ SO ₄ .Al ₂ (SO ₄) ₂ .4Al(OH) ₂	19,6	3,8	2,7
Kriyolit	Na ₃ AlF ₆	13,0	2,5	3,0
Kil ve Kaolen	H ₄ Al ₂ Si ₂ O ₉	20,0	2–2,5	2,6
Disten	Al ₂ SiO ₅	33,3	4–7	3,6

3.2.Çamur Hazırlama ve Kullanılan Makineler:

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 gelinceye dek kırılıp ufalanması gerekir.

Tartım ve karıştırma işlemleriyle de kullanılabilir çamuru oluşturan özlü ve özsüz öğelerin bir araya gelmesi sağlanır.

Çamur hazırlama yönteminin seçimi ve seçilen bu yöntemin uygulanmasında oluşacak hatalar, sonuçta üretilen ürünün kalitesini olumsuz etkiler. Çünkü çamur hazırlamada yapılan hatalar, genellikle kuruma ve pişirme sonunda ortaya çıkarlar.(Arcasoy, 1983)

3.2.1.Kollerganglar:

İşletmede her türlü kil ve kaolenleri parçalayarak 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 altına 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 şekillendirilirken 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.(Çan. Ser.)

3.2.2Değirmenler:

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 silisdir. 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,2003)

Havuzlara, karıştırıcı yardımıyla açılan izolator artıkları karıştırılır. Havuzlar devamlı homojen tutulmak için pervane yardımıyla karıştırılır.

Havuzlarda hiç bekletilmeden çekilen sıvı çamur manyetik ayırıcılardan geçirilir. Manyetik ayırıcılarda, içindeki demir ve demirli bileşiklerden ayrılarak 12 bar basınçla filter preslere pompalanır. (Çan. Ser.)

3.2.3.Filter Pres:

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

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 sneke prese yollarır.

3.2.4. Sneke Pres:

Filter presten çıkan çamur keklerine nem oranının homojen dağılımı, çamurun yarı yarıya havasının alınması ve filter prese oranla keklerin daha ufak olup kolay taşınmasını sağlamak için sneke pres kullanılır.

Sneke presin çalışma prensibi; hazne içinde eksenleri birbirine paralel karşılıklı gelecek şekilde dönen ve üzerinde kanatçıklar bulunan, burgulardan oluşan bir sistem mevcuttur.

Filter presten gelen çamur kekleri, haznedeki aşağıya düşer. Kanatçıklarla karıştırılarak, burgularla itilen çamur harmanlanmış bir vaziyette boru şeklindeki başlığın ağzına gelip burada tel ile istenilen boyutta kesilir.(Ankara Seramik Üretim Notları)

Çamur keklerindeki nem oranı yaklaşık olarak % 20–22 arasındadır. 24 saat dinlendirilen çamur havası alınmak üzere vakum preslere gider. (Çan. Ser.)

3.2.5.Vakum Pres:

Vakum prese gelen çamurlarda istenilen mal ebadına göre kesim ve çamurların 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 alınan 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)

3.3.İzolatörün Şekillendirilmesi:

İşletmelerde şekillendirme aşamaları iki şekilde olmaktadır.

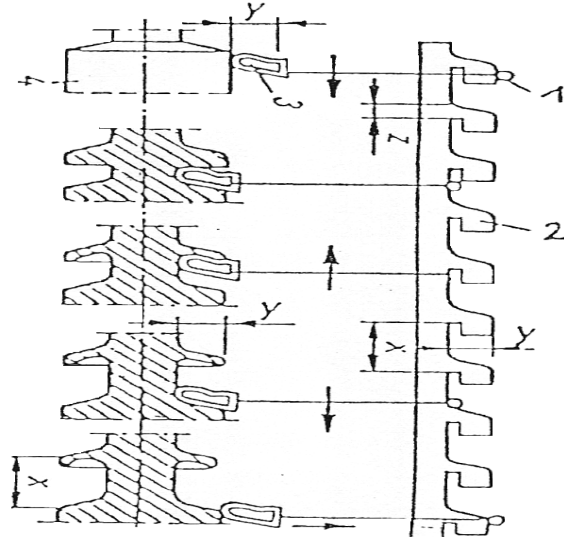
- İç şekil verme
- Döndürerek dışarı alma

İç Şekil Verme: 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.

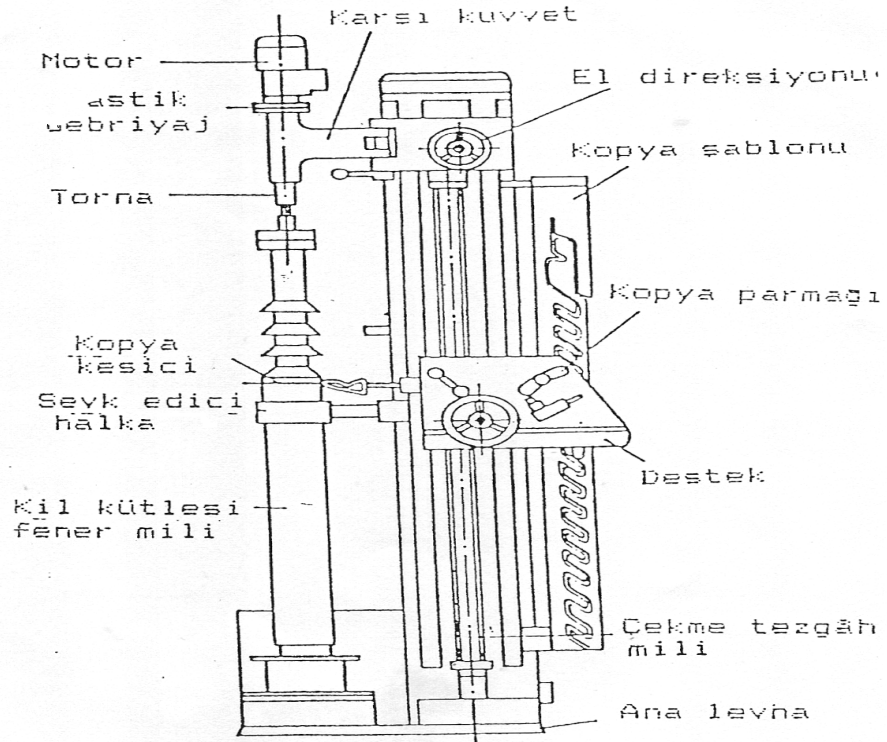
İç yüzeyinin yani izolatörün eteklerinin yapılması için preslerden ve alçı kalıplardan yararlanılır. Alçı kalıp içine konulan çamur kütlelerine, presler yardımıyla ağırlık uygulanarak alçı kalıbın içine iyice yerleşmesi sağlanır. Daha sonra negatif şablonlar yardımıyla iç şekillendirilmesi yapılır. Şekillendirme 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 kütlelerin negatif şablonlar yardımıyla iç şekillendirilmesi yapılır. Bu tip şekillendirme özellikle alçak gerilim izolatörlerinin şekillendirilmesinde kullanılır.(Yavuz 1994)

Aşağıdaki şekilde şekillendirmede kullanılan şablon görülmektedir.

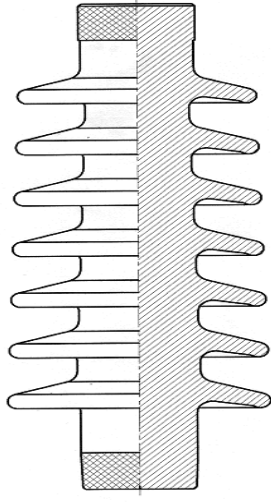


Şekil 3.1 Şekillendirmede Kullanılan Şablonun Kesit Görüntüsü (Yavuz 1994)

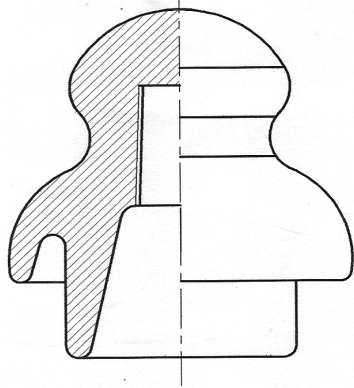


Şekil 3.2. Şekillendirmede Kullanılan Torna Makinesi (Yavuz 1994)

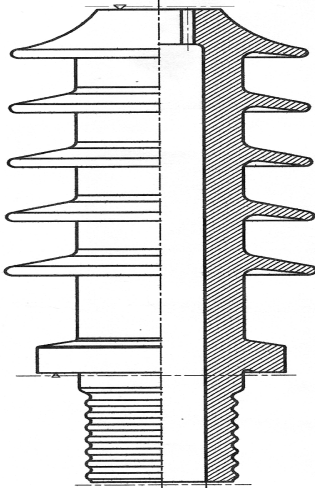
Aşağıda halen üretimi yapılmakta olan izolatör çeşitleri görülmektedir.



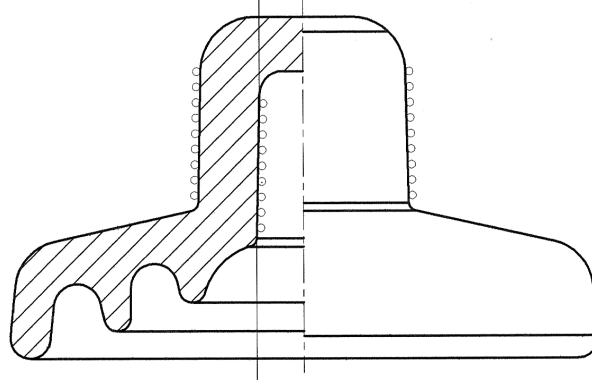
Şekil 3.3. C4 170 İzolatörün Şekillendirme Sonrası Görünümü (Ank. Ser.)



Şekil 3.4.E-80 (120mm)İzolatörün Şekillendirme Sonrası Görünüşü (Ank. Ser.)



Şekil 3.5 30 NF 1000/720 İzolatörün İmalat Sonrası Görünümü(Ank. Ser.)



Şekil 3.6 K-1 (U 40 BL) İzolatörün Şekillendirme Sonrası Görünüşü (Ank. Ser.)

3.4.İzolatörlerin Kurutulması:

İzolatör üretim teknolojisinde kurutma, önemli ve özel dikkat isteyen bir işlemdir. Kurutmanın amacı, şekillendirmeden çıkmış, sırlanıp fırına girecek olan parçaları bünyesindeki suyun uzaklaştırılmasıdır.

Kurutma işlemi malzemelerin ısıtılmasıyla başlar. Bu şekilde malzemenin rutubetinin içten dışa doğru duraklamadan, kendiliğinden ilerlemesi sağlanır. Yani kurutma gövdenin içinden dış cidara doğru olur. Isıtma yavaş yavaş yükselen ısı ve yüksek hava nemi ile sağlanır. Dolayısı ile bu işlemin dış yüz kabuklaşması, büzülmesi, deformasyonu olmaksızın yürütülmesi sağlanır.

Kurutma odalarına giren ürünün nemi yaklaşık %12-16 arasındadır. Kurutmadan çıkan ürünün neminin maksimum %1 olması istenilir.(Yarımcı Porselen Üretim Notları)

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.

Kurutma işlemi bütün sayılan suların çamurdan uzaklaştırılması için yapılır. (Arcasoy, 1983). Bu nedenle kurutma havasının sıcak olması gerekir.

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 ortaya çıkabilecek hatalar şu şekilde sıralanabilir:

- Çatlama
- Kılcal çatlak
- Renk lekeleri
- Tabaka oluşumu

3.5.İzolatrün Sırlanması:

Seramikte sır olarak adlandırılan madde seramik çamurunu ince bir tabaka şeklinde kaplayarak onun üzerinde eriyen cam veya camsı bir oluşumdur. Seramik sırları 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 sırların başarısı da belirlenmiş olur. Hatasız bir sır tabakası seramik çamurunun üzerinde genelde çatlamadan ve kavlamadan kalmalıdır. Sırlanarak kullanılan seramik ürünlerde sırların 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.
- Sırlarına uygulanan dekorasyonu koruyup, bu karışımın gerektirdiği sıcaklıkta eritilmesi sonucu elde edilir.

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

Alçak gerilim izolatrülerinin sırlanması: Kurutmadan çıkan izolatrüler işletmeden sırlamanın yapıldığı bölüme getirilir. Kurutma arabalarından boşaltılan ürün gözle kontrol edilir. Hatalı izolatrüler 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, bomesi ayarlı sır tenekelerine 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 edilmelidir.

Sırlanmış izolatörün pişme esnasında oturacağı yüzeyin süngerle sırası alınır. Böylece sırlı parçanın fırın arabasının plakalar yapışarak zayı olması engellenmiş olur.

Yüksek gerilim izolatörlerinin sırlanması: Kurutmadan çıkan izolatörler kurutma arabalarından boşaltılır, gözle kontrolü yapılan mamullerin küçük hataları, 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 kumlama işlemi ile olur. Kumlama izolatör çamurundan oluşturulan iri taneli kum haznesinde, sırta nemlendirilmiş izolatörün baş ve / veya ayak kısımları arasında olur.(Yavuz, 1994)

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

- İmalatçının adı veya sembolü
- İzolatör tipini belirten sembol
- Mekanik dayanım yükü
- Alıcının sipariş numarası
- Yüzeysel kaçak yolu uzunluğu
- Yıldırım darbesi dayanım gerilimi.(TEK, 1991)

Sırlamadan ileri gelen hataları şöyle sıralayabiliriz:

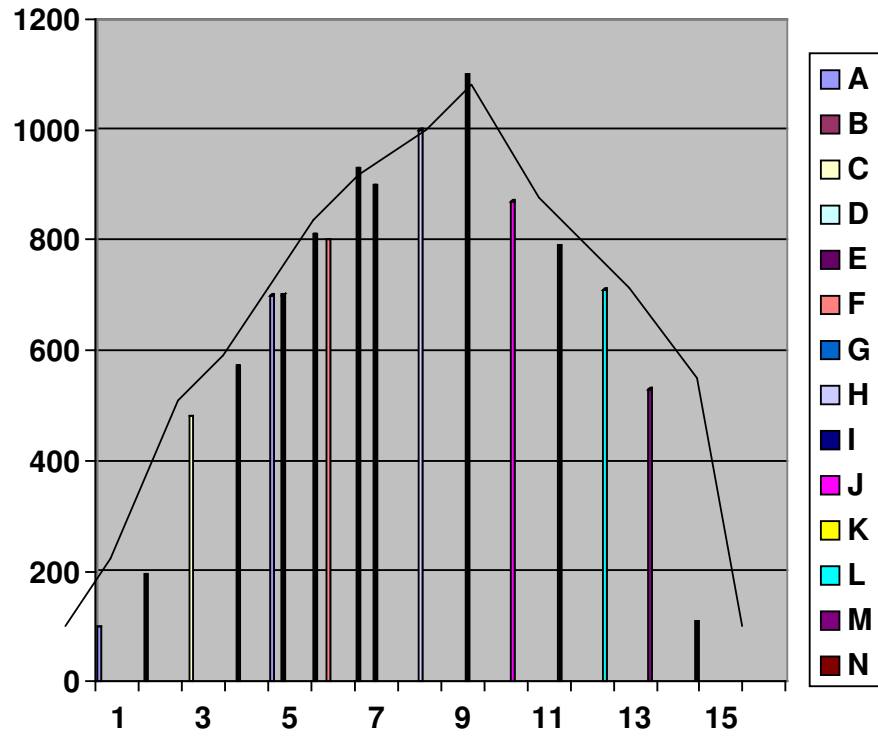
- Sırın Büzülmesi: Kirli mallarda ve çok ince öğütme sonucunda ortaya çıkar. Hatayı önlemek için malların iyi rötuşlanması ve tane iriliğinin iyi ayarlanması gerekir.
- Sır Akmaları: Hatalı sırlama ve yoğunluğun fazla olması nedeniyle olur. Sırlanan parçaların sır kalınlığı iyi ayarlanmalıdır.
- Tabana 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)

3.6. İzolatörlerin Sinterlenmesi:

Şekillendirilmiş seramik çamurları suya ve kimyasal maddelere dayanıklı, kararlı bünyelere dönüştürülebilmeleri için bileşimine ve niteliklerine göre 700–2000 °C arasında en az bir kere pişirilirler. Bu aşamadan sonra sırlanacak ise sırın 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.

- Bisküvi pişirimi yüksek sıcaklıkta yapılır. Daha sonrada sırlanarak ilkinden daha düşük sıcaklıkta sırn gelişmesi sağlanır.
- Bisküvi düşük sıcaklıkta pişirilir. Daha sonra sırlanarak bünye ve sırn beraberce yüksek sıcaklıkta olgunlaştırılır.
- Sırn pişmemiş bünyeye uygulanır ve tek pişirimde 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. Aşağıdaki grafik pişirmenin önemi hakkında bir fikir verebilir.(Doğan, 1985)



Şekil 3.7 Pişirme Olayı (Doğan.,1985)

Pişirme süresi(saat)

OAB-Ürünün kuruması

BC-Kimyasal suyun uzaklaşmaya başlaması

CDE-Kuvarsın alfa-beta değişimi ve kimyasal suyun tamamen uzaklaşması için yavaş pişirilir.

EFG-Bileşimin mineralleri öz yapılarını değiştirir.

GHI-İskeleti oluşturan kristal yapı oluşur.

Soğutma
IJ-Hızlı olabilir
JKI-kuvars dönüşümünden dolayı soğuma çok yavaş yapılmalıdır.
LM-Hızlı soğutulabilir.
MN-Kuvars dönüşümünden dolayı yavaş soğutulmalıdır.

Pişme süresini belirleyen etkenler

1)Bünye bileşimine bağlı olan etkenler

- a) Serbest, hidroskobik ve kimyasal suyun uzaklaştırılması
- b) Organik safsızlıklar ve ortama eklenen kimyasal karışımların yanarak ortamdan uzaklaşması
- c) Kükürtlü safsızlıkların yanarak uzaklaşması
- d) Bünye bileşenlerinin azalıp çoğalması
- e) Kademeli hacim değişimleri
- f) Isıtma ve soğutma süresinde ortaya çıkan dönüşümlere bağlı ani hacim değişimleri
- g) Olgunlaşma sıcaklıkları

2)Bünye hazırlanmasına bağlı etkenler

- a) Harmanda tane iriliği ve dağılımı
- b) Üretilecek malzemenin geometrisi
- c) Açığa çıkan gazların uzaklaştırılması için gerekli geçirgenlik ve ısı iletimi

3)Pişirme yöntemine bağlı etkenler

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

4)Sır pişirmesine bağlı etkenler

- a) Bünyenin homojen ısıtılması ve soğutulması
- b)Sırın yüzeye yayılmasından önce karbon bileşiklerinin yakılarak yok edilmesi
- c)Viskozite düşürülmeden bünyede 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 taşınması olmaz 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 izolatörlerin 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 ısıtılamayan 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

En büyük tehlike fırının çok soğuk olduğu zaman, ilk pişirme çalışmalarıdır. Bütün vantilatörlerin çalıştığı mutlaka kontrolde olmalıdır.(Yar. Por.)

3.7.İzolatörlerin Metallenmesi:

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

Yüksek frekans ve endüstriyel frekans deneylerinden hata tespit edilmeden çıkan izolatörler metalleme kısmına alınır.

Metal takviyeli porselen izolatörlerin 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 genişler. 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) olarak üretilmektedir (Çan. Ser.).

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 sızdırmazlığına 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: (Alçı + Alaun)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 kullanılacak 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)

3.8.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 (Çan. Ser.).

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.

Aşağıdaki şekilde ISO 9004'ün kalite güven elemanlarının çevresi gösterilmiştir.(Yavuz, 1994)

3.9.Ambalajlama:

İzolatörlerin 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 :
- (TEK 1991)

3.10.İzolatör Üretim Prosesleri Esnasında Uygulanan Deneyler

3.10.1.İzolatör Hammaddelerine Uygulanan Deneyler

İzolatör çamurlarının ana hammaddelerini oluşturan kil ve kaolenlere kullanım amaçlarını belirleyecek bir dizi deney uygulanır. Bu deneylerin bir kısmı aynı zamanda kuvarsa ve feldspatlara da uygulanmaktadır.(Ank.Ser.Ürt.Not)

Kil ve Kaolenlere 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.

➤ **Gözle Kontrol:** Hammaddenin doğadan çıktığı andaki rengi tespit edilir. (Yavuz–1994)

➤ **Asit Testi:** Mamul yapımında kullanılan killerin bir kısmı bünyesinde kalkerli kalsit bulundurabilir. Seramik üretiminde kalsit hammadde olarak kullanılmaz. Çünkü gaz çıkışı yapıp gözenek bırakacağından ve kalker içeren bileşimler bünyede değişkenlik gösterir. Bünye bileşimi sürekli değiştiğinden kullanılmaz. Kireç ve kalsiyum karbonat yapıda var mı yok mu bakılır. Hammadde üzerine HCl damlatılır. Hammaddede köpürme varsa kalsiyum karbonat vardır denir. (Kartal 2003)

➤ **Rutubet Kontrolü:** Bir miktar numune alınıp tartılır. Daha sonra etüvde kurutulur. Tekrar tartımı alınır. Elde edilen tartım sonuçları yardımı ile % rutubet miktarı hesabı yapılır.

$$\% \text{ Rutubet} = \frac{(\text{İlk Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık})}{2} \times 100$$

(Toprak Seramik Üretim Notları)

➤ **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, kaolen ise beyaz ya da krem-sarı renklerde dir. (Ank. Ser.)

➤ **Litre Ağırlığı:** Kil ve kaolenlerden 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 piknometrenin tartımı alınır. Piknometre hacmi genelde 100cc.'dir. (Kartal–2003)

$$\text{Yoğunluk} = (\text{net tartım}) - (\text{piknometrenin darası}) \times 10$$

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

➤ **Elek Analizi:** 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)

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

$$\% \text{ Yoğrulma Suyu} = \frac{(\text{Plastik Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık})}{\text{Kuru Ağırlık}} \times 100$$

(Arcasoy, 1983)

➤ **Kuru, Pişme ve Toplu Küçülme Deneyleri:** Söz konusu olan hammadde hedeflenen tane boyutuna getirilir. Tane boyutunun kuru küçülmeye etkisi çoktur.

Numuneler ileride hangi şekilde şekillendirmede kullanılacak ise o yöntem ile numune hazırlanır. Uygulanacak yönteme göre su miktarı saptanmalıdır. Yapılan şekillenmiş numuneler tablet haline getirilir. Hiç beklemeden köşelerden kumpasla ölçüleri alınır. İlk uzunluk l_n .

İnce taneli numunenin kurutması çok yavaş yapılmalıdır. İri tanelerden oluşan numune etüv sıcaklığında kuruyabilir. Ağırlık sabitleninceye kadar kurutmaya devam edilir. Kurutma sonrası uzunluk ölçülür l_k .

$$\% \text{ Kuru Küçülme} = \frac{l_n - l_k}{l_n} \times 100$$

Pişme küçülmesi deneyinde, kuru küçülme deneyinde kullanılan numuneler pişmeye bırakılır. Pişme sonunda tekrar ölçüm alınır (Ip). Alınan sonuca göre tekrar hesaplama yapılır.

$$\% \text{ Pişme Küçülmesi} = \frac{lk - lp}{lk} \times 100$$

(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.

$$\% \text{ Toplu Küçülme} = \frac{\% \text{Kuru Küçülme} + \% \text{Pişme Küçülmesi} (100 - \% \text{Kuru Küçülme})}{100}$$

Bize en doğru küçülme yüzdesini verir.(Arcasoy, 1983)

➤ **Su Emme Deneyi:** Su emme, pişen kilin açık gözeneklerine alabildiği su olarak tanımlanır. Su emmeyi etkileyen faktörler, kilin özlülüğü ve pişme sıcaklığıdır. Özlülük ve pişme sıcaklığı arttıkça kilin su emme yeteneği azalır.(Yavuz, 1994)

Şekillendirilmiş standart numune 4 saat kaynatılır. Daha sonra 24 saat su içerisinde bekletilir.

Su emme yüzdesi olarak belirlemek istendiğinde aşağıdaki bağıntıdan yararlanılır:

$$\% \text{ Su Emme} = \frac{(\text{Yaş Pişmiş Ağırlık} - \text{Kuru Pişmiş Ağırlık})}{\text{Kuru Pişmiş Ağırlık}} \times 100$$

➤ **Kuru Direnç, Pişmiş Direnç Deneyi:** Bu deney ile ölçülmek istenen hammaddenin cm² 'nin kuru iken basınca karşı gösterdiği dirençtir.

Plastik olarak şekillendirilen dikdörtgen prizması şeklinde yaklaşık 150x25x12 mm boyutlarındaki kilden çubuklar sabit tartıma gelinceye kadar kurutulur. Daha sonra ölçümü yapılmak üzere kuru direnç aygıtında kırılırlar. Bu kırma ağırlığı değerlerinden ortalama alınarak şu şekilde formülde yerine konulur.

$$\text{Kuru Direnç kg/ cm}^2 = \frac{3 \times p \times l}{2 \times b \times h^2}$$

h = Çubuk kalınlığı (m)

P = Kırma ağırlığı (kg)
l = Destek aralığı (cm)
b = Çubuk genişliği (cm)

Kurutulan numunelerden bir kısmı da pişirilerek aynı deney tekrar uygulanır ve pişme mukavemeti tespit edilir.(Arcasoy,1983)

➤ **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 $\frac{3}{4}$, $2\frac{1}{2}$, $7\frac{1}{2}$, 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).

➤ **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 yoğrulan kilden bir plaka şekillendirilip, bu plakadan yaklaşık 60 mm boyunda, kurşun kalem kalınlığında parçalar kesilir. En çok 40 °C' de kurutulmuş çubuklar, 50 mm uzunluğa gelinceye kadar özenle rötuşlanır.

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 tanımlanabilir. (Yavuz,1994)

➤ **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. (Arcasoy, 1983)

Feldspat ve kuvarsa ise asit deneyi, pişme sonrası renk ve bünye kontrolü deneyi ve rutubet kontrolü deneyi yapılır (Ank. Ser.).

3.10.2. İzolatör Çamur ve Sırlarına Uygulanan Deneyler

- **Çamurun Öğütülmesinin Kontrolü: Değirmenlerden** ve filter presleri besleyen havuzlardan gelen çamurdan günlük numuneler alınarak litre ağırlığı, elek analizi deneyleri yapılır. Farklı bir sonuç karşısında gerekli önlemler alınır.
- **Çamurların Yüzde Nem Kontrolü:** Vakum preslerden çıkmış olan yaş çamur ve kurutma odalarından gelen kuru çamurun yüzde nem oranı günlük olarak ölçülür. Kuru çamurun yüzde nem oranını ölçmek için hassas nem ölçme aletinden yararlanır. Vakum presten gelen çamurlar ise çamur plastik kıvamında ve 110 °C'lik etüvde kurutulduktan sonra ayrı ayrı tartımları yapılmış olan yüzde nem oranı hesaplanır. (Çan. Ser.)
- **Çamurların Kuru, Pişme ve Toplu Küçülmelerinin Ölçülmesi:** Her hafta vakum presten alınan numuneler üzerinde uygulanır.(Bkz. Hammaddelere Uygulanan Deneyler).
- **Su Emme Deneyi:** (Bkz. Hammaddelere Uygulanan Deneyler)
- **Çamurun Gözenekliliğinin Kontrolü:** Sırlı olarak pişirilen numunelere uygulanır. Bu deneye Fuksin Deneyi denir. Sırlı olarak fırından çıkan numuneler alkol ve fuksin (organik kırmızı renkli boya) maddesinin içinde 300 atm'de yaklaşık 6 saat bırakılır. Daha sonra basınçlı aletten çıkarılan numuneler kırılarak fuksin maddesinin 1mm'den fazla içine geçip geçmediği kontrol edilir. Eğer fuksin numunenin içine geçebildiyse o partide üretilen mallar iptal edilir. (Yavuz, 1994)
- **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 yap içinde ne kadar gerilime dayanabildiğini kontrol etmek için yapılır. Mukavemet deneyinde olduğu gibi çamurun karakteristik gelişimi grafik olarak doğrulanıncaya kadar, elektriğe maksimum ve minimum dayanım değerleri eğrileri için eğri çizilir.(Çan. Ser.)
- **Dilatometre Deneyi:** (Bkz. Hammaddelere Uygulanan Deneyler)

➤ 3.10.3.İzolatörlere Uygulanan Elektrik Denepleri

Bu deneplerin amacı, imalat sırasındaki kusurlu izolatörleri ayırmaktır. Bu denepler kabule sunulacak her türlü izolatör üzerinde yapılır.

1- Gözle Kontrol: Gözle kontrolleri yapılan izolatörlerde, pişme sırasında izolatörün oturduğu kısım dışındaki porselen yüzeylerin kaygan, sert, sırlanmış ve çatlaksız olup olmadığı kontrol edilir. Sırlama hataları $0,5 \text{ cm}^2$ 'yi geçmemelidir.

2- Yüksek frekans Deneyi (1500–3000 KHz): İzolatörler 10 saniye süre ile sönümlü dalga serilerinden meydana gelen frekansı saniyede 100000 ile 300000 periyot olan bir alternatif gerilime maruz bırakılır. Bu dalga serileri saniyede yaklaşık 100 defa tekrar edilir. Denenen izolatörlerde ark bir noktaya toplanırsa hatalı, bütün yüzeye dağılır ise sağlamdır.

3- Endüstriyel Frekans Deneyi (150 Hz): İzolatörler baş aşağı olarak ve içinde yarı 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)

Tip Denepleri

Tip denepleri iki grupta uygulanır. Bunlardan birinci gruba giren deneplerle izolatörün şekil, büyüklük ve teçhizat özellikleri; ikinci gruba ait deneplerle de bunun dışında kalan özellikleri ve kullanılan malzemenin niteliği doğrulanır (Çan. Ser.)

A. Birinci Grup Denepler:

Birinci grup tip denepleri için; izolatör partilerinin yalnız bir tanesinden, bu partideki izolatörlerin % 0,15'i oranında (en az 12 numune) numune gelişi güzel ayrılır. Bu numunelerden boyutlarının doğrulanması deneyinde uygun sonuç veren dört tanesi bu grup deneplerinden geçirilir ve alınan sonuçlar partinin tümüne uygulanır.

Deneplerden önce izolatörler temiz ve kuru olmalıdır. Deney için izolatörün tespiti ve kullanılacağı yer deki normal çalışma şartları ya da standartlarda belirtilen deneplerin yapılmasını sağlayacak özel şartlara uygun olmak üzere iki metotla yapılır.

1- Darbe Atlama Gerilimi:

Darbe gerilimi deneyi darbe (şok) jeneratörü ile yapılır. Darbe deneyinde, deney şartlarında ölçülen gerilimlerin atmosfer şartlarına çevrilmesi gerekir. Deney tercihen normal rutubetli (beher m³ havada 11 gam 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. İzolatörler, 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- Kuruda Bir Dakikalık Deney:

İzolatörlere kuruda bir dakikalık süre ile uygulanacak deney gerilimi, kuruda bir dakikalık beyan edilen normal frekanslı deney gerilimden atmosfer şartları göz önünde bulundurularak elde edilir.

İzolatörün 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.

3- 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 anma şiddeti : 3mm/dakika +/- %10
Suyun doğrulusu : Düşey ile yaklaşık 45° açı
Suyun öz direnci : 10000 ohm-cm +/- 10 °C' den fazla olmamalıdır. (Yavuz 1994,s.114–115)

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 gerilim atmosfer şartlarına göre düzeltilmek kaydıyla birbirini izleyen 10 gerilim değerinin okunması ve kaydedilmesi suretiyle olur.

B.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.

1- 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- Sıcaklık Değişim Deneyi (Yaşlandırma Deneyi):

Zincir izolatörler sabit metal kısımlarıyla birlikte, mesnet izolatörler ise iletkenlik 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 süresinin içinde 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.

3- 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.

4- Kısa Süreli Elektromekanik Kırılma Yükü Deneyi:

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

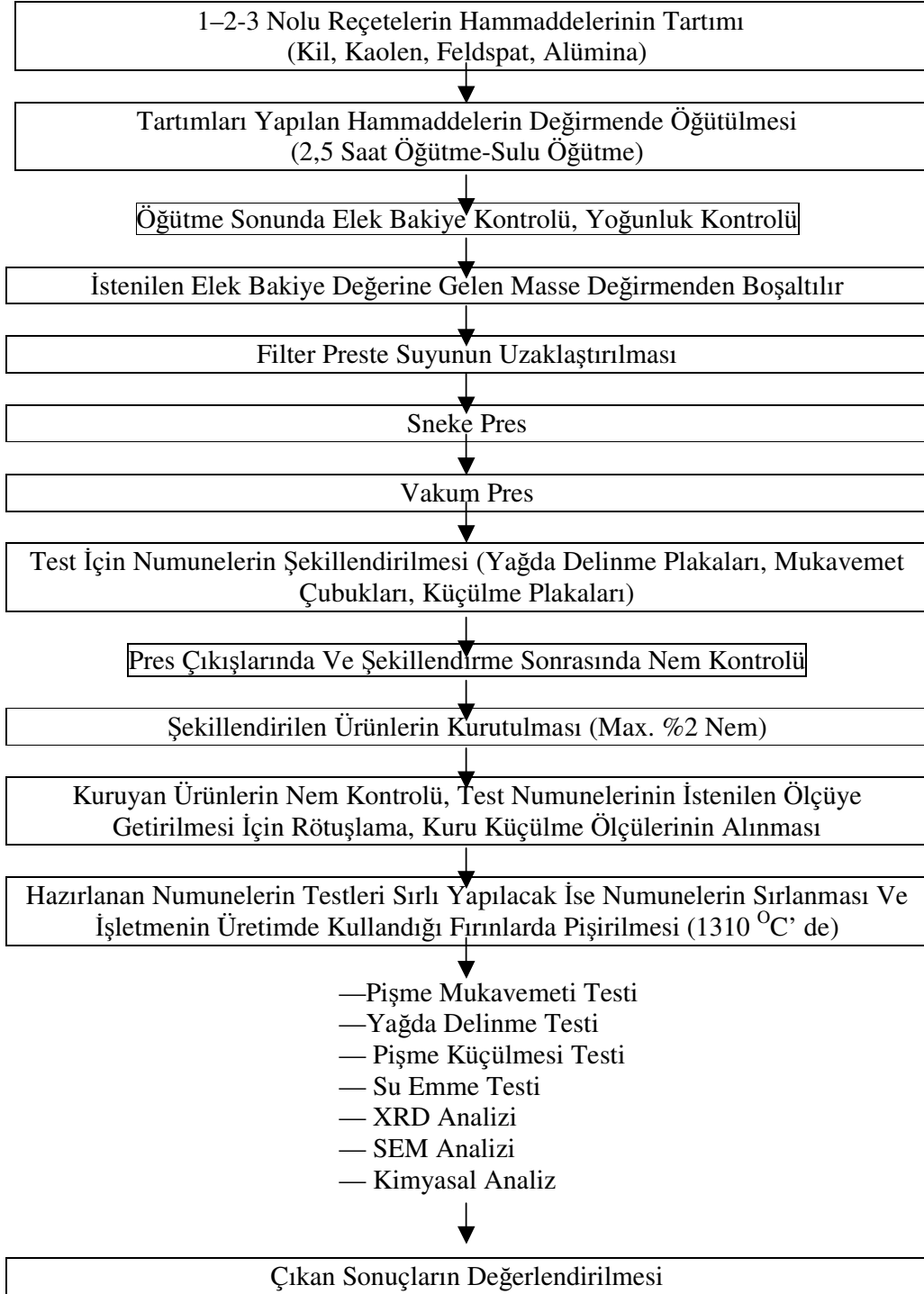
5- Mekanik Kırılma Yükü Deneyi:

İzolatör veya izolatör zinciri deney sırasında uygulana yüklerle farkına varılabilir şekil değişmesi meydana gelmeden dayanabilen sabit mesnede tespit edilebilir.

İstenilen mekanik kırılma yükünün yarısına eşit bir yük, mesneden 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 artırılır. Beyan edilen kırılma yükünden aşağıda bir değerde kırılma meydana gelmemelidir.

4.MATERYAL VE METOT

4.1.Deneysel Çalışmalar Akım Şeması



Yapılan Yüksek Lisans Tezinde kullanılan hammaddeler Ankara Seramik A.Ş. İzolatör Fabrikasından temin edilmiştir. Kullanılan hammaddelerin kimyasal bileşimleri aşağıdaki Tablo 4.1’de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Deneyde Kullanılan Hammaddeler ve Kimyasal Bileşimleri

Hammadde	K.K.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄
103 Kaolen	14,29	46,3	37,22	1,07	0,27	0,3	0,01	0,13	0,01	0,37
104 Kaolen	7,3	65,0	37,22	1,07	0,27	0,3	0,01	0,13	0,01	-
100 Feldspat	0,32	68,9	17,22	0,197	0,03	0,03	0,31	10,1	2,71	0,07
102 Feldspat	0,33	70,04	16,79	0,419	0,054	0,52	0,10	7,70	3,89	0,15
Alümina		0,08	99,8	0,04	-	0,05	-	-	0,1	-
Kil	9,50	58	27	2	0,9	0,2	0,7	2,9	0,1	-

Kullanılan Alüminanın özellikleri şöyledir.

d10	1,5 µm
d50	5 µm
d90	12 µm
>45 µm	> 2

Tablo 4.2. Çalışmada Kullanılan Masse Reçeteleri (Martens, 1987)

	103 Kaolen	104 Kaolen	100 Feldspat	102 Feldspat	Alümina	Kil
1.Reçete	20	20	17,5	17,5	20	5
2.Reçete	20	20	12,5	12,5	25	10
3.Reçete	20	20	7,5	7,5	30	15

4.2. Numunelerin Hazırlanması:

Deneysel çalışmalarda izolatör üretiminde kullanılan kuvars yerine alümina kullanılarak üç adet reçete oluşturulmuştur. Elde edilen üç reçetede ki masseler testlere tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan hammaddeler Ankara Seramik A.Ş.'den temin edilmiştir. Testler Ankara Seramik A.Ş. AR-GE Laboratuvarında, Afyon Kocatepe Üniversitesi TUAM laboratuvarlarında yapılmıştır, Sakarya Üniversitesi laboratuvarlarında, Matel Ham. San. A.Ş.'de yapılmıştır.

4.2.1. Alümina Massenin Hazırlanması:

Tez çalışmasında kullanılan üç farklı reçetenin oluşturulması için reçetede ki oranlar doğrultusunda hammaddelerin tartımı alındı. Daha sonra tartılan hammaddeler değirmene yüklendi. Hammadde oranı kadar su ilavesi yapıldı. Buna ilave olarak değirmene bilye yüklenip iki buçuk saat öğütme yapıldı. Öğütme sonunda maseye elek bakiye ve yoğunluk testi uygulandı.

4.2.2. Massenin Suyunun Uzaklaştırılması:

İzolatör üretmek için gerekli olan şekillendirme yöntemi plastik şekillendirmedir. Bunun için hazırlanan massenin plastik kıvama getirilebilmesi için filter presten geçirilmesi gerekir. Filter presten çıkan masse sneke preslere gönderilir. Snake presin kullanım amacı, filter presten çıkan masse keklerinin homojen bir şekilde karıştırılmasıdır. Snake presten sonra vakum prese gönderilir. Burada massenin havası alınır ve homojen bir karışım sağlanır.

4.2.3. Numunelerin Şekillendirilmesi:

Vakum presten çıkan masse belirli bir süre bünyedeki nemini azaltması için normal koşullarda bekletildi. İstenilen neme ulaşan masse standartta belirtilen ölçülerde şekillendirildi. Kuru küçülme tespiti yapılacak olan numunelerin hemen ölçüleri alındı.

4.2.4. Numunelerin Kurutulması:

Şekillendirme işlemi gerçekleştirilen numuneler kurutma odalarında kurutuldu. Kurutma işlemi sonunda kuru küçülme numunelerinin ölçüleri alındı. Test numunelerinin ölçülerini tutturmak için rötuşlama işlemi yapıldı.

4.2.5. Numunelerin Sinterlenmesi:

Rötuşlama işlemi biten numuneler sırlanacak ise sırlama bölümünde sırlanır. Sırsız olarak teste tabi tutulacak olanlar ise sırsız olarak işletme koşullarında pişirilmiştir. Pişirme işlemi 1310°C'de yapılmıştır. Pişirme işlemi tamamlanan numuneler aşağıdaki testlere tabi tutulmuşlardır.

4.3.Alümina İzolatör Massesine Uygulanan Deneyler

1. Kaba Kum Kontrolü
2. Litre Ağırlığı Kontrolü
3. Nem Kontrolü
4. Kuru Küçülme, Pişme Küçülmesi Kontrolü
5. Pişmiş Bünyede Mukavemet Kontrolü
6. Yağda Delinme Kontrolü
7. Su Emme Kontrolü
8. XRD Analizi
9. SEM Analizi
10. Kimyasal Analiz

4.3.1.Kaba Kum Kontrolü:

Teste tabi tutulacak masse piknometre içine konular. Kapağı kapatılır. Fazla çamur üst kapaktaki delik kısımdan dışarı çıkar. Taşan kısım yıkanır (piknometre hacmi 100cc'dir). Piknometre içindeki çamur 90 ve 63 mikronluk elek üzerine dökülür. Elek üzerine tazyikli su tutulur. Elek alından berrak su akana kadar eleme işlemi devam eder. Elek üstü bir kaba alınır ve etüvde kurutulur.Kuruduktan sonra tartımları alınır.(Ankara Seramik Üretim Notları)

$$90 \mu\text{m} \% \text{ kaba kum} = \frac{90\mu\text{m bakiye ağırlığı}}{\text{masse içindeki kuru madde miktarı}} \times 100 \quad (1)$$

$$63 \mu\text{m} \% \text{ kaba kum} = \frac{63\mu\text{m bakiye ağırlığı}}{\text{masse içindeki kuru madde miktarı}} \times 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ Kaba Kum} = (1) + (2)$$

4.3.2.Litre Ağırlığı Kontrolü:

Yoğunluğu ölçülecek olan masse piknometre kabına alınır kapağı kapatılır. Ve delikten fazlalık massenin çıkması sağlanır. Piknometrenin kapağındaki delik kapatılarak dış kısmı su ile yıkanıp kurulanır. Daha sonra hassas terazide tartımı alınır. Tartım sonucundan piknometrenin darası çıkarılarak aşağıdaki formül uygulanır. Elde edilen sonuçlar standartlar ile karşılaştırılır. Uygun ise üretime devam edilir. Uygun değil ise gerekli işlemler yapılarak standart sonuçlara ulaşılır.(Ank.Ser.)

$$\text{Yoğunluk (g/l)} = (\text{Net tartım} - \text{Piknometrenin darası}) \times 10$$

4.3.3.Nem Kontrolü:

Bu test masse, sırs pres çıkışı ürüne ve kurutma sonrası ürüne uygulanır. Nem kontrolü yapılacak olan malzeme daha önceden darası alınmış olan krozeye bir miktar konulur (pres çıkışlarından 25 g alınır). Daha sonra kroze etüve yerleştirilir. Krozeler sabit tartıma gelene kadar yaklaşık 3 saat etüvde bekletirli. Kuruma işlemi tamamlanan krozelerin ikinci bir tartımı alınır. İki tartım arasındaki fark o malzeme için nem miktarını temsil eder. (Ank. Ser.)

$$\% \text{ Nem Miktarı} = (1. \text{ tartım} - 2. \text{ tartım}) \times 5 \quad (20 \text{ g numune için})$$

4.3.4.Kuru Küçülme ve Pişme Küçülmesi Kontrolü:

Belli ebatlarda hazırlana numuneleri şekillendirme sonrası hiç beklemeden kumpas ile çapraz köşelerden ölçüleri alınır. Bu numuneler etüvde kurutulur. Tekrar kumpasla ölçümü yapılır. Elde edilen sonuçlara göre hesaplamalar yapılır.

$$\% \text{ Kuru Küçülme} = \frac{\text{Plastik uzunluk} - \text{Etüv kuru uzunluk}}{\text{Plastik uzunluk}} \times 100$$

Kurutulan plakalar işletme koşullarında tünel fırında pişirilir. Pişen plakalardan kumpas ile ölçümler alınarak toplu küçülme hesaplanır.

$$\% \text{ Pişme Küçülme} = \frac{\text{Etüv kuru uzunluk} - \text{Pişmiş uzunluk}}{\text{Etüv kuru uzunluk}} \times 100$$

4.3.5.Pişme Mukavemet Kontrolü:

Belli ebatlarda numuneler plastik şekillendirme yöntemiyle hazırlanır. Hazırlanan numuneler kurutulur. Kurutma sonunda belirlenmiş ölçülere göre rötuşları yapılır. Bu işlemden sonra sırlı mukavemetine bakılacak numuneler sırlanır. Sırlama işleminden sonra numuneler işletme şartlarına uygun olarak fırınlarda pişirilir. Pişme işleminden sonra teste tabi tutulur. Burada yapılan test çekme mukavemeti testidir. Numuneler test düzeneğine yerleştirilir. Alt kısmı sabit üst kısmı hareketli olan test düzeneğine yerleştirilir. Daha sonra bu numuneler cihazın hareketli olan üst kısmından belli bir kuvvetle çekilir ve kırıldığı olduğu andaki değer göstergeden okunur. Kırılma işlemine maruz kalan numunenin kırıldığı yerden çap ölçüsü alınır ve denklemde yerine konularak sonuçlar hesaplanır (Ank. Ser.).

$$\text{Kırılma Yüğü (kg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Kırılma Yüğü (kg)} \times 4}{\pi \times [\text{Kırılan yerin çapı (cm)}]^2}$$



Şekil 4.1. Alümina Masse ile Oluşturulan Sırsız Mukavemet Çubukları



Şekil 4.2 Alümina Masse ile Oluşturulan Sırlı Mukavemet Çubukları

4.3.6. Yağda Delinme Kontrolü:

Vakum presten çıkan numuneler belirli ebatlarda kesilir ve bu test için hazırlanmış olan özel aparat yardımıyla şekillendirilir. Aparat yağlanır vakumdan geçirilmiş çamur üzerine konular ve aparat bastırılır. Fazla olan kısımlar tel yardımıyla alınır. Şekillenen numuneler kurumaya bırakılır. Kurutma sonunda istenilen ebatlara ulaşması için rötuşlanır. Pişirilir. Daha sonra yüksek gerilim test laboratuvarında bulunan içi yağ dolu bir kaba yerleştirilir. Buradaki yağ iletken ortamı oluşturur. Yerleştirilen numune buraya sabitlenir. Üzerine gerilim uygulanır. Belirli bir gerilim değerinde plaka delinir. Bu değer göstergeden okunur. Teste tabi tutulan plaka delinme yerinden kırılarak buradaki kalınlık ölçülür. Elde edilen değerler denklemde yerine konularak sonuç hesaplanır (Ank. Ser.).

$$\text{Yağda Delinme Değeri} = \frac{\text{Gerilim (Kv)} \times \text{Kopma kalınlığının katsayısı}}{10}$$

Kopmanın gerçekleştiği kalınlık (mm)	Katsayı
1.0	10,68
1.5	7,35
2.0	5,69
2.5	4,86
3.0	4,03
3.5	3,62
4.0	3,21
4.5	2,97
5.0	2,72



Şekil 4.3. 3 Reçeteye Ait Yağda Delinme Plakaları

4.3.7.Su Emme Kontrolü:

Su emme, pişen kilin açık gözeneklerine alabildiği su olarak tanımlanır. Su emmeyi etkileyen faktörler, kilin özlülüğü ve pişme sıcaklığıdır. Özlülük ve pişme sıcaklığı arttıkça kilin su emme yeteneği azalır.(Yavuz, 1994)

Şekillendirilmiş standart numune 4 saat kaynatılır. Daha sonra 24 saat su içerisinde bekletilir. Su emme yüzdesi olarak belirlemek istendiğinde aşağıdaki bağıntıdan yararlanılır:

$$\% \text{ Su Emme} = \frac{(\text{Yaş Pişmiş Ağırlık} - \text{Kuru Pişmiş Ağırlık})}{\text{Kuru Pişmiş Ağırlık}} \times 100$$

4.3.8.XRD Analizi:

XRD yöntemi, özellikle optik yöntemler (polarizan mikroskop altındaki incelemeler) ile incelemelerin sınırlı veya imkansız olduğu kayaç, cevher, kil mineralleri, endüstriyel hammaddeler ve kristalen malzemeler ile böbrek taşlarının nitel ve nicel olarak incelemesinde kullanılan en önemli mineralojik analiz yöntemlerinden birisidir. Deneyin tatbik edilebilmesi için numune en az 10 g olmalı ve 100 mikron altına öğütülmelidir.

XRD veya elektron kırınım yöntemlerinin mineralojik tanımlama prensipleri aynı olup, her bir kristalen maddenin kendisine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak X-ışınları veya elektronları karakteristik bir düzen içerisinde kırma esasına dayanır.

Kayaç ve mineral numuneler kırıldıktan sonra agat havanlarda iyice öğütülüp toz haline getirilir. Toz haline getirilen numuneler analiz sırasına girmek üzere numaralanarak plastik kaplarda saklanır. Analiz edilecek örnekler cam lamlara konularak XRD cihazlarının özel örnek localarına yerleştirilir ve analiz edilir.



Şekil 4.4 XRD Analizi Yapılacak Olan Numunenin Cihaza Konulmadan Önceki Görüntüsü

Analiz edilen örneklerin XRD grafikleri çekilerek ASTM indeks kartlarına göre değerlendirilmeleri yapılır (www.mta.gov.tr).

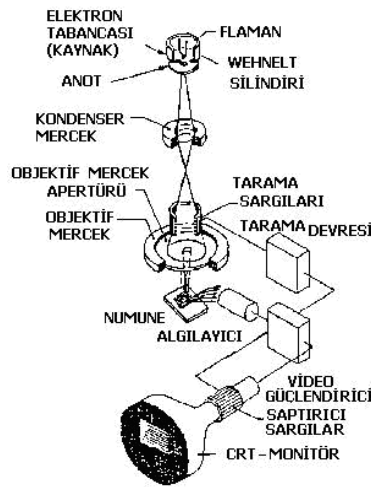
Testin yapıldığı Afyon Kocatepe Üniversitesi TUAM laboratuvarlarında kullanılan cihazın özellikleri aşağıdaki gibidir.

Shimadzu marka XRD-6000 model bu cihaz Bakır X ışını tüpüne sahip olup analizlerde 1.544 °A dalga boyuna sahip Cu-K X-ışınları kullanılmaktadır. Maksimum 60 KV ve 50 mA' de çalıştırılmaktadır. Toz ve düzgün yüzeyli katı örneklerin kalitatif mineralojik veya faz analizleri ve kristal yapı tanımlanması yapılmaktadır. Kalitatif analizler ICDD kartları ile karşılaştırma yapılarak gerçekleştirilmektedir.(www.aku.edu.tr.)

4.3.9.SEM Analizi:

Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekrana aktarılması ile elde edilir. Modern sistemlerde bu algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar monitörüne verilmektedir.

Taramalı Elektron Mikroskopu Optik Kolon, Numune Hücresi ve Görüntüleme Sistemi olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır. Optik kolon kısmında; elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları numuneye doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince elektron demeti elde etmek için kondenser merceği, demeti numune üzerinde odaklamak için objektif merceği, bu merceğe bağlı çeşitli çapta apertürler ve elektron demetinin numune yüzeyini taraması için tarama bobinleri yer almaktadır. Mercek sistemleri elektromanyetik alan ile elektron demetini inceltmekte veya numune üzerine odaklamaktadır. Tüm optik kolon ve numune 10^{-4} Pa gibi bir vakumda tutulmaktadır. Görüntü sisteminde, elektron demeti ile numune girişimi sonucunda oluşan çeşitli elektron ve ışınları toplayan detektörler, bunların sinyal çoğaltıcıları ve numune yüzeyinde elektron demetini görüntü ekranıyla senkronize tarayan manyetik bobinler bulunmaktadır. Bobinler bulunmaktadır.



Şekil 4.5 Elektron Mikroskopun Kısımları

Mikroskopta bir seferde 10 mm yüksekliğinde 9 mm çapında 4 adet numune incelenebilmektedir.

Mikroskopta 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 uygulanmaktadır.

Organik numunelerin incelenebilmesi için numunelerin yüksek vakuma dayanıklı olması gerekmektedir. Özellikle böcek türleri, polenler, selüloz türü organik numuneler kurutulduktan ve altın kaplandıktan sonra düşük voltaj altında incelenebilir (www.istanbul.edu.tr/eng/metalurji)

Bu analiz Sakarya Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği laboratuvarlarında yapılmıştır. Özellikleri aşağıdaki gibidir.

SEM cihazı W (Tungsten) filament ile çalışmaktadır. Cihaz üzerinde ikincil elektron (secondary electron), geri yansıyan elektron (backscattered electron) ve X ışınları (EDX- Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) detektörü bulunmaktadır. Cihaz görüntü üzerinde nokta, çizgi, alan ve haritalama yöntemleri ile kalitatif ve semi-kantitatif olarak elementer analizleri yapabilmektedir. Cihaz işletim yazılımında görüntü işleme imkânı sağlamaktadır. Cihaz “değişken basınç” prensibi ile çalışma yeteneğine sahiptir.

Numuneler cihaza girmeden önce yüzeyleri altın ile kaplanmıştır. Numunemizin iletkenliği olmadığından bu işlem yapılmıştır. Kaplama yapılan numuneler SEM cihazına yerleştirildi alt kısımlarına karbon bant yapıştırılarak yüzeye sabitlendi ve cihaza yerleştirilerek analiz yapıldı.

4.3.10.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. (Arcasoy, 1983)

Bu analiz Matel Ham. San. AŞ. Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Bu firmada Kimyasal Analiz Laboratuvarında kimyasal analiz ve tane dağılım analizi yapılmaktadır. Kimyasal analizler Bor'dan Uranyum'a kadar tüm elementlerin analizlerini yapma yeteneğine sahip X-RAY SPEKTROMETRE ile yapılmakta olup, tüm standartlar uluslararası sertifikalıdır (www.matel.com.tr).

5.BULGULAR

5.1.Kaba Kum Kontrolü:

İşletmede kullanılan massenin ve elde edilen 3 reçetenin elek bakiye kontrol sonucu aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 5.1. Kaba Kum Analiz Sonuçları

	90µm kaba kum miktarı (g)	63 µm kaba kum miktarı	Masse içindeki kuru madde miktarı	% kaba kum miktarı
İşletme kuvars masse	0,37	1,10	% 49	2,99
Alümina masse	0,20	0.88	% 51.05	2.11

5.2.Litre Ağırlığı Kontrolü:

Kuvars masse ve alümina massenin öğütme sonucu litre ağırlıkları aşağıdaki gibi olmuştur.

Tablo 5.2 Litre Ağırlığı Analiz Sonuçları

	Kuvars masse	1.Reçete	2.Reçete	3.Reçete
Litre ağırlığı(g/l)	1412	1487	1487	1487

5.3.Nem Kontrolü:

Kuvars massenin ve alümina massenin sneke pres çıkışı, vakum pres çıkışı, şekillendirme sonrası ve kurutma sonrası nem değerlerine bakılmıştır.

Tablo 5.3 Nem Kontrolü Analiz Sonuçları

	Kuvars masse	1.Reçete	2.Reçete	3.Reçete
Sneke pres %	19,5-20	19,5	19,5	19,5
Vakum pres %	18-22	20,5	20,5	20,5
Şekillendirme %	15-20	19	19	19
Kurutma %	Mak.-2	1,90	1,90	1,90

Bünyede bulunan nem şekillendirme için çok önemlidir. Nem az olursa çamurun şekillendirmesi zorlaşır. Çatlamalar oluşur. Çok nem miktarında ise kurutmada sorunlar çıkar. Buradaki nem oranları istenilen değerlerdedir.

5.4.Kuru Küçülme, Pişme Küçülmesi Kontrolü:

Küçülme değerleri aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir. Alümina oranı arttıkça küçülme oranı düşmektedir. Bünye içerisindeki su oranı ne kadar az olursa küçülme o kadar az olur.

Tablo 5.4 Kuru Küçülme Analiz Sonuçları

	Kuvars masse	1.Reçete	2.Reçete	3.Reçete
Yaş Ölçü mm	40-20	60-20	60-20	60-20
Kuru Ölçü mm	37-19	58-19	58,5-19	59-19
Kuru Küçülme %	7,5	3,33	2,5	1,66

Tablo 5.5 ve Pişme Küçülmesi Analiz Sonuçları

	Kuvars masse	1.Reçete	2.Reçete	3.Reçete
Kuru Ölçü mm	37-19	58-19	58,5-19	59-19
Pişme Ölçü mm	34-18	54,5-17,5	55,5-18	56-18
Pişme Küçülmesi %	8,1	6.03	5,12	5,08

5.5.Pişmiş Bünyede Mukavemet Kontrolü:

Tablo 5.6 Pişmiş Bünyede Mukavemet Kontrolü Analiz Sonuçları

	Kırılma yükü (kg)	Kırılan yerin çapı (cm)	Mukavemet değeri (kg/cm ²)
1.Reçete (sırsız)			Ort.=852,65
1.	2230	2,0	710,19
2	2980	2,0	949,04
3	2640	2,1	762,59
4	2940	2,0	936,30
5	3040	2,1	878,14
1.Reçete (sırlı)			Ort = 846,87
1	2890	2,0	920,30
2	2550	2,0	812,10
3	2220	2,0	707,00
4	2700	2,0	859,87
5	2650	1,9	935,12
2.Reçete (sırsız)			Ort =971,06
1.	2970	2,0	945,85
2	2780	1,9	980,99
3	2460	1,9	868,07
4	3290	2,0	1047,7

5	3180	2,0	1012.7
2.Reçete (sırlı)			Ort =793,51
1	2450	2,0	780.25
2	2550	2,0	812.10
3	2170	2,1	626.83
4	3180	2,0	1012.73
5	2310	2,0	735.66
3.Reçete (sırsız)			Ort =738,72
1.	2510	2,0	799.36
2	2908	2,0	926.11
3	1790	2,0	570.06
4	1560	2,0	496.81
5	2830	2,0	901.27
3.Reçete (sırlı)			Ort =723,23
1	2230	2,0	710.19
2	1990	2,0	633.75
3	2380	2,0	757.96
4	2460	2,0	783.43
5	2530	2,1	730.82
Kuvars masse (sırsız)			Ort = 583,16
1	2210	2,1	638,72
2	1610	2,0	512,73
3	1710	2,0	544,58
4	2050	2,1	592,48
5	1970	2	627,3
Kuvars masse (sırlı)			Ort =691,32
1	2380	2,1	687,86
2	2040	2,1	589,59
3	2610	2,1	754,33
4	2580	2,1	745,66
5	2350	2,1	679,19

Mukavemet testi sonuçları incelendiğinde kuvars massenin mukavemet sonuçları alümina massenin mukavemet sonuçlarından daha aşağı değerde çıkmıştır. Alümina massenin mukavemet değerleri sırsız numunelerde daha yüksektir.

5.6.Yağda Delinme Kontrolü:

Tablo 5.7 Yağda Delinme Analiz Sonuçları

	Delindiği gerilim (Kv)	Delinen yerin kalınlığı (mm)	Delinme değeri
1.Reçete			Ort = 25,78
1.	35	1,5	25,72
2	29	1,0	30,97
3	32	1,5	23,50
4	33	2,0	18,77
5	28	1,5	20,50
6	33	1,0	35,24
2.Reçete			Ort =28,49
1	28	1,0	29,90
2	37	1,5	27,19
3	28	1,5	20,50
4	39	1,5	28,66
5	27	1,5	19,84
6	42	1,0	44,85
3. Reçete			Ort =16,85
1	23	2,0	13,00
2	23	2,0	13,0
3	22	1,5	16,17
4	22	2,0	12,05
5	27	1,0	28,83
6	24	1,5	17,64
Kuvars masse			Ort =33,21
1	55	2,0	31,29
2	50	2,0	28,45
3	40	1,0	42,72
4	37	1,5	27,19
5	45	1,5	33,00
6	50	1,5	36,70

Yağda delinme test sonuçlarında istenilen değer en az 20,00 Kv/mm'dir. Sonuçlar incelendiğinde istenilen değerlerin 1. ve 2. reçete'ye sahip alümina masselerde elde edildiği gözlenmektedir.

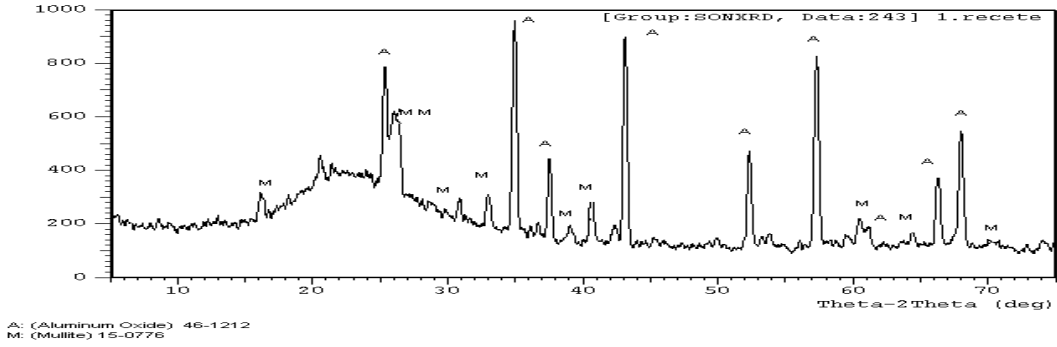
5.7.Su Emme Kontrolü:

Tablo 5.8 Su Emme Analiz Sonuçları

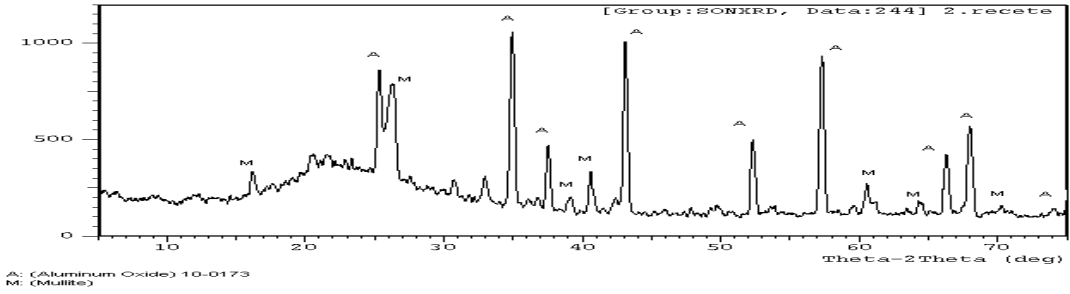
	1.Reçete	2.Reçete	3.Reçete
Kuru Ağırlık	134,10	134,44	134,46
Yaş Ağırlık	134,12	134,56	135,50
Su Emme %	0,01	0,08	0,77

Su emme testinin sonuçları incelendiğinde su emme değerlerinin çok düşük çıktığı gözlenmektedir. Bunun nedeni yapının gözeneksiz olmasıdır. Açık gözenek miktarı düşük olduğu için su emme az olmuştur. Bu da sinterlemenin iyi olduğunu göstermektedir.

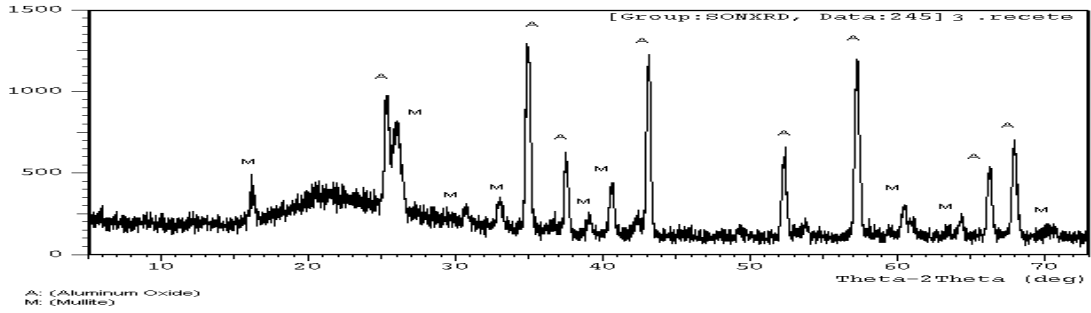
5.8.XRD Analizi:



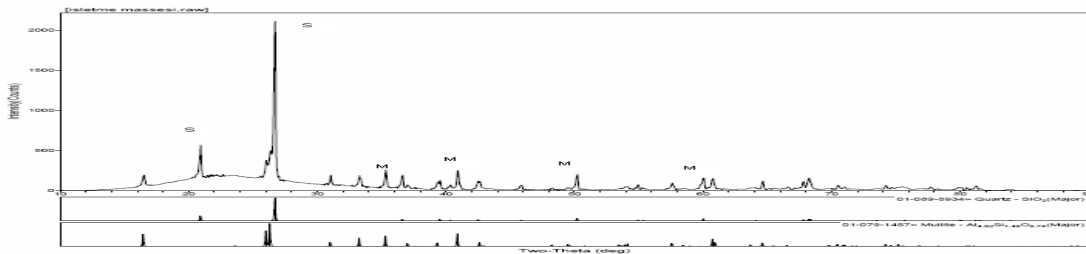
Şekil 5.1 XRD Analiz Sonuçları (Reçete no: 1)



Şekil 5.2 XRD Analiz Sonuçları (Reçete no: 2)



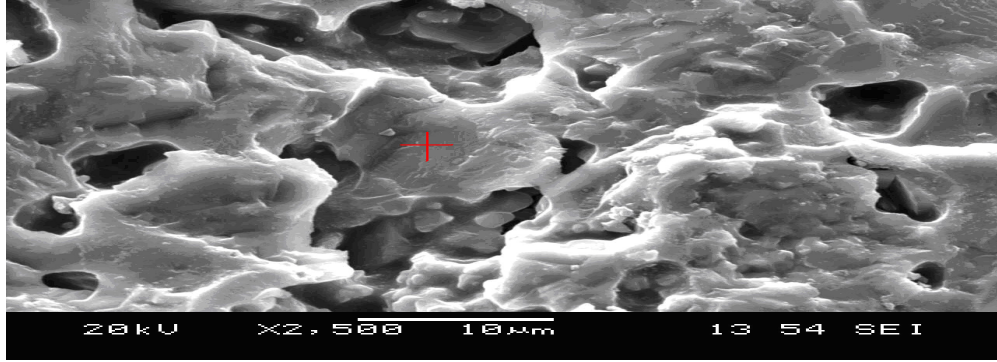
Şekil 5.3. XRD Analiz Sonuçları (Reçete no: 3)



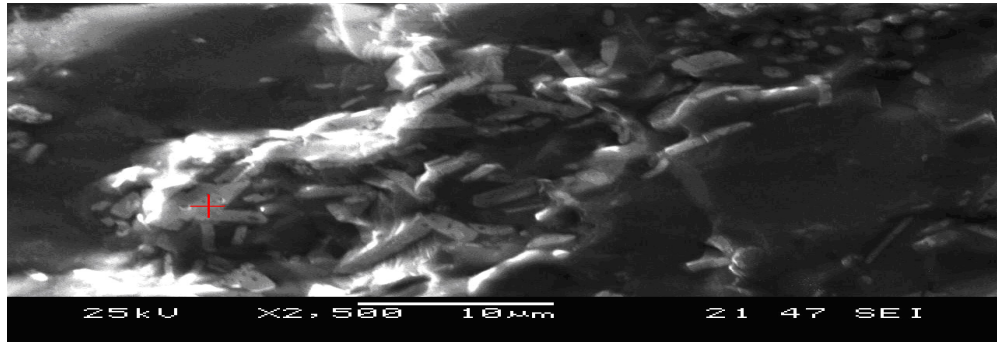
Şekil 5.4 XRD Analiz Sonuçları (Kuvars Masse)

XRD analiz sonucu incelendiğinde alümina massenin yapısında ağırlıklı olarak müllit yapısı gözlenmektedir. Kuvars massede ise müllit faz oranı alümina masseye göre daha azdır. Yapıda bulunan müllit mukavemette önemli rol oynar mukavemetin değerlerinde artışa neden olur. Bizim alümina massenin mukavemet değerlerinin de yüksek olmasını sağlamıştır.

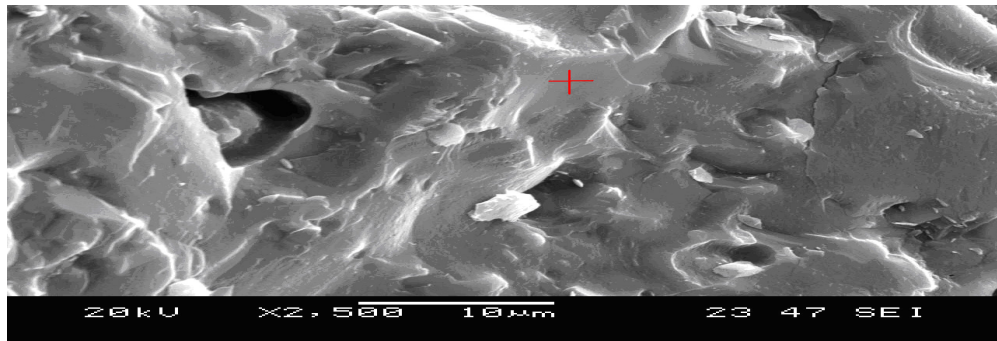
5.9.SEM Analizi:



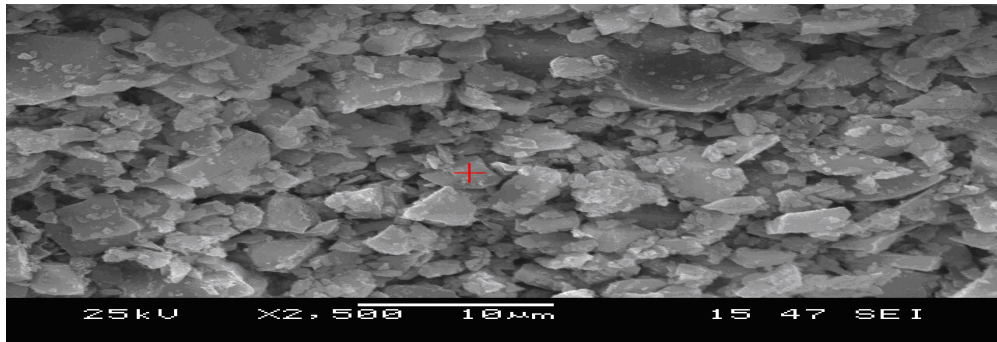
Şekil 5.5 SEM Analiz Görüntüsü (Reçete no:1)



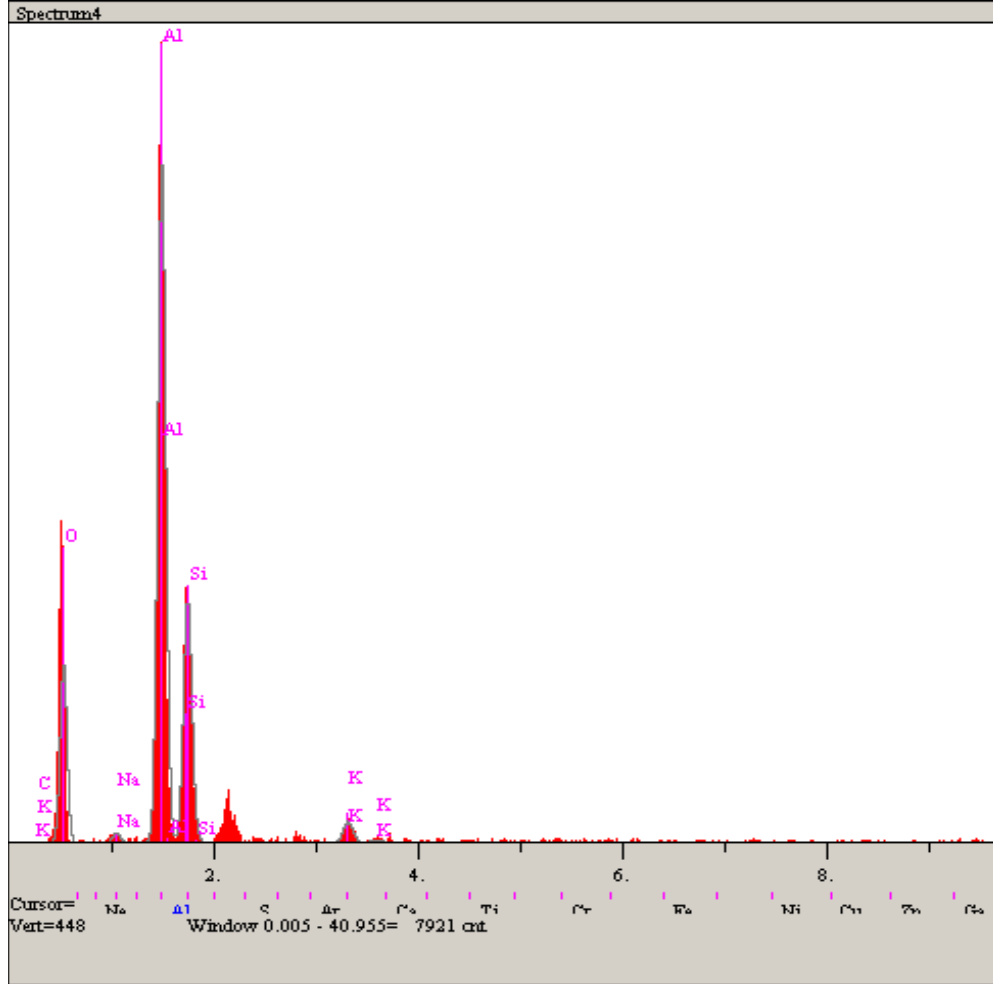
Şekil 5.6.SEM Analiz Görüntüsü (Reçete no:2)



Şekil 5.7.SEM Analiz Görüntüsü (Reçete no:3)

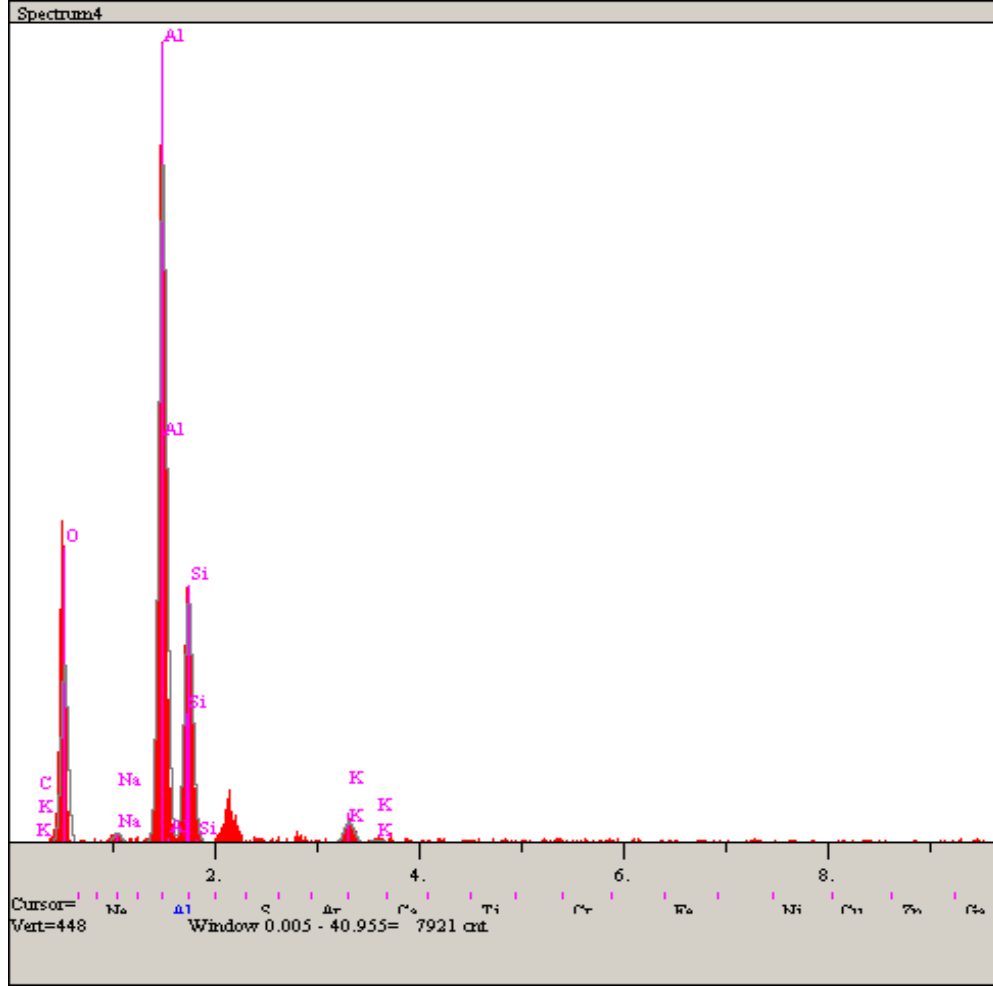


Şekil 5.8.SEM Analiz Görüntüsü (Kuars Masse)



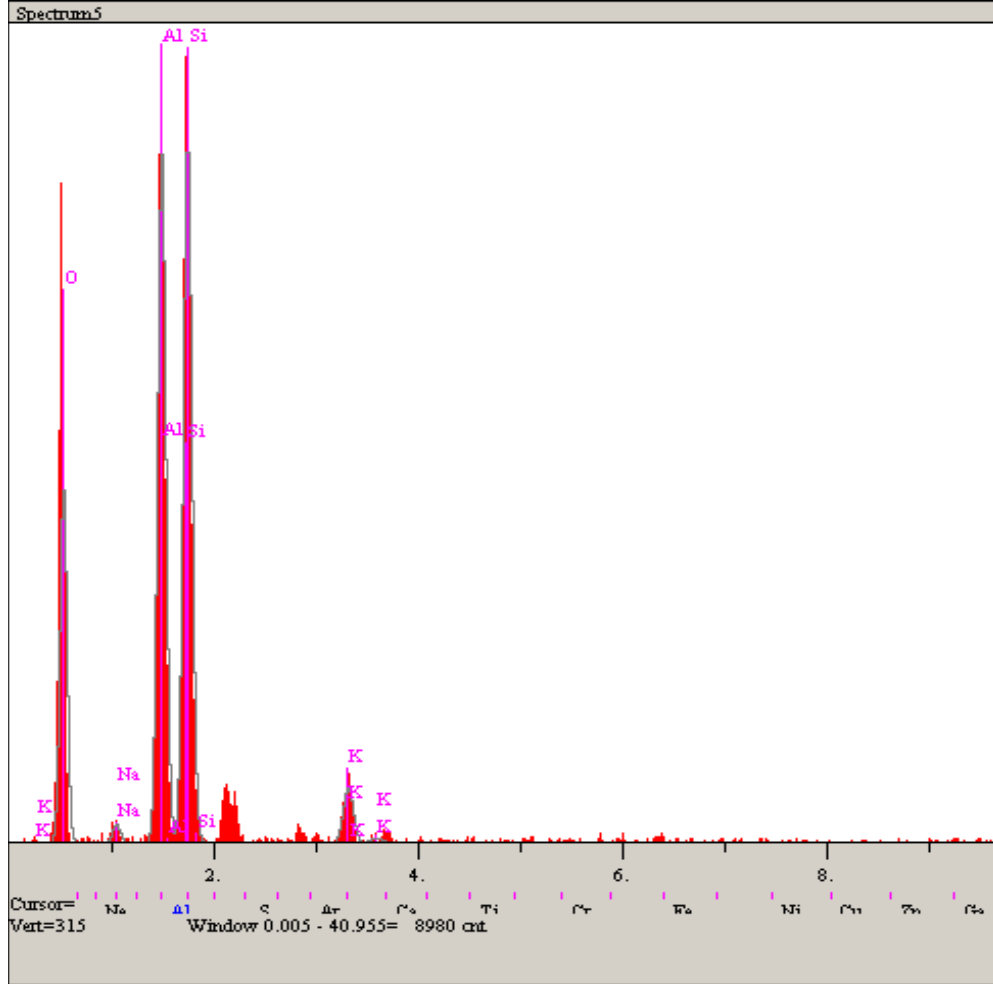
Elt.	Line	Intensity(c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	0.00	0.000	0.000	wt.%	
O	Ka	83.53	5.779	45.649	wt.%	
Na	Ka	4.93	1.404	0.764	wt.%	
Al	Ka	369.67	12.159	34.035	wt.%	
Si	Ka	138.81	7.451	17.872	wt.%	
K	Ka	14.17	2.380	1.679	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

Şekil 5.9.SEM Nokta Analizi Sonuçları (Reçete no:1)



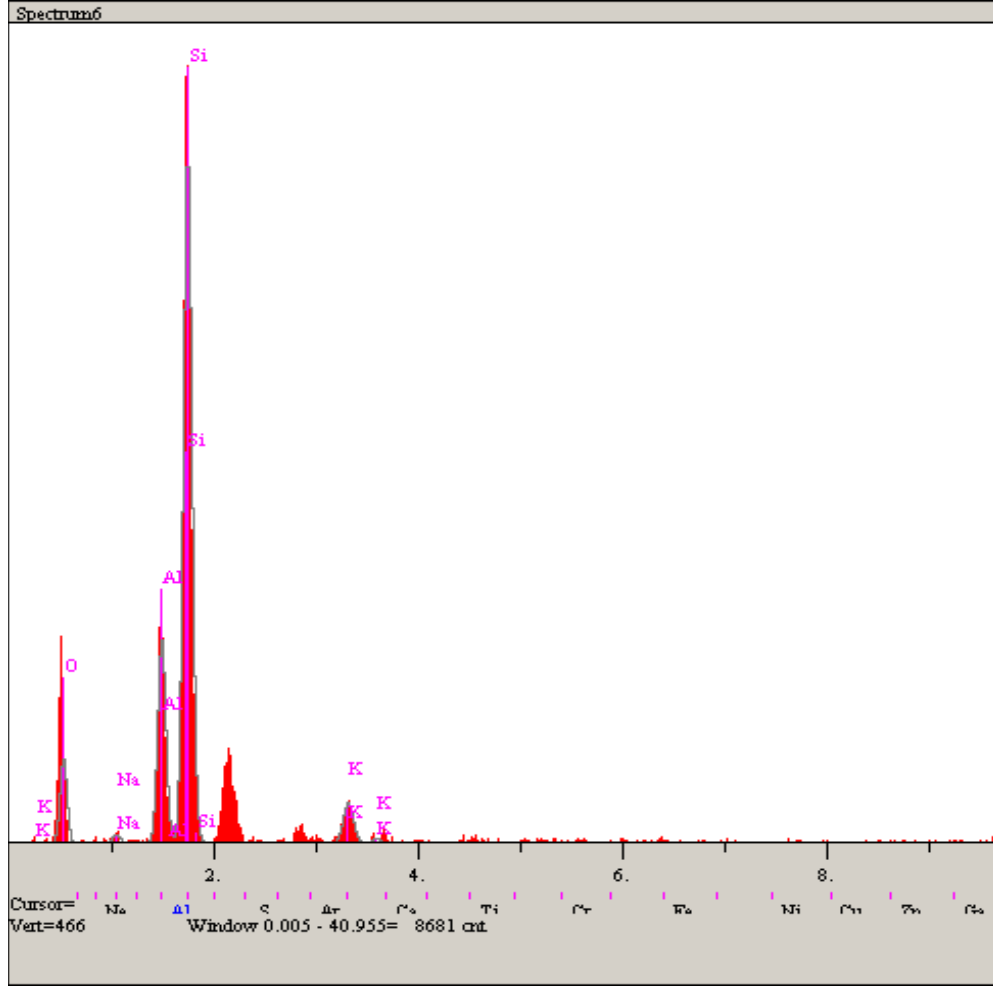
Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	0.00	0.000	0.000	wt.%	
O	Ka	83.53	5.779	45.649	wt.%	
Na	Ka	4.93	1.404	0.764	wt.%	
Al	Ka	369.67	12.159	40.020	wt.%	
Si	Ka	138.81	7.451	11.887	wt.%	
K	Ka	14.17	2.380	1.679	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

Şekil 5.10. SEM Nokta Analizi Sonucu (Reçete no:2)



Elt.	Line	Intensity(c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
O	Ka	117.12	6.844	51.132	wt.%	
Na	Ka	6.79	1.648	0.908	wt.%	
Al	Ka	264.14	10.277	20.233	wt.%	
Si	Ka	282.08	10.621	25.254	wt.%	
K	Ka	26.17	3.235	2.473	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

Şekil 5.11.SEM Nokta Analiz Sonucu (Reçete no:3)



Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
O	Ka	41.00	4.049	35.559	wt.%	
Na	Ka	4.65	1.363	0.825	wt.%	
Al	Ka	115.48	6.795	12.212	wt.%	
Si	Ka	408.04	12.772	47.210	wt.%	
K	Ka	28.28	3.363	4.194	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

Şekil 5.12.SEM Nokta Analizi Sonucu (Kuars Masse)

5.10.Kimyasal Analiz:

Yapılan kimyasal analizi aşağıda verilen Tablo 5.13’de gösterildiği gibidir.

Tablo 5.13 Alümina Masse ve Kuvars Masse Kimyasal Analiz Sonuçları

NumuneAdı	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	SO ₃ %	K.K. %	Top %
Kuvars Masse	69,540	19,405	0,930	0,340	0,304	0,141	0,900	3,832	0,098	-	4,510	100,00
Alümina Masse	45,480	44,835	0,703	0,257	0,266	< 0,017	0,564	3,251	0,184	0,050	4,410	100,00

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yüksek gerilim izolatörünün üretiminde olumsuz sonuçlar ile karşılaşmamak için kullanılan hammaddelerin oldukça saf olması gerekmektedir. Bunun istenilmesinin nedeni; izolatörün kullanıldığı yerdeki koşullara daha dayanıklı hale getirmektir. Üretimde tane boyut dağılımı da çok önemlidir. İnce tanelerin yapıdaki fazlalığı sinterleme işlemini kolaylaştırır ve yapının gözeneksiz ve mukavemetli olmasına neden olur. (Doğan 1985)

Üretilen izolatörler birçok teste tabi tutulmaktadır. İzolatörler değişen hava şartlarına dayanıklı olmalıdır. Sıcak ve soğuk ısı değişiminde ve gerilime karşı dirençleri yüksek olmalıdır. Su emme değerleri düşük olmalıdır. Su emme ne kadar düşük olursa bünyeye alınan su miktarı o kadar az olacak ve ısı değişimlerine dayanım o kadar artacaktır.

Özgen ve Kale (1992) yaptıkları çalışmalarda alümina oranını arttırarak birkaç reçete oluşturmuşlar. Üretilen izolatörlere testler uygulamışlar. Elde edilen sonuçlara göre alümina oranı arttıkça mukavemetin arttığı, elektrik direncinin arttığı ve su emme oranının düştüğü gözlenmiştir.

Özgen ve Kale (1992) öğütmenin etkisini de araştırmıştır. Uygulanan reçetede öğütme süreleri arttırılmış ve öğütme süresi arttıkça daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Alümina masse üretiminde kullanılan alüminanın özellikleri üretilen izolatörün özelliklerini çok etkilemektedir. Yapıda bulunan safsızlıklar mukavemet ve direnci olumsuz etkilemektedir (Liebermann, 2000 a)

Yapılan bu çalışmada masse üretimi için kil, kaolen, feldspat ve alümina kullanılmıştır. Kullanılan hammaddelerin oranları değiştirilerek üç farklı reçete oluşturulmuştur. Oluşturulan reçeteden numuneler şekillendirilmiş ve sırlı ve sırsız olarak 1310 °C' de sinterleme yapılmıştır. Uygulanan bu sıcaklık izolatör üretiminde kullanılan sıcaklık değeridir.

Sinterleme işleminden sonra numunelerin Küçülme, Mukavemet, Yağda Delinme, XRD, SEM ve Kimyasal Analizleri yapılmıştır. Oluşan fazlar incelenmiş ve çıkan Sonuçlara göre yorumlar yapılmıştır.

6.1.Sonuçlar

- Yüksek gerilim izolatörü üretmek için üç farklı reçete oluşturuldu,
- Bu reçetelere uygun olarak masseler hazırlandı,
- Elde edilen masselerden numuneler hazırlanarak sırlı ve sırsız olarak sinterlendi,
- Numunelere bir takım testler uygulandı. Uygulanan testler sonucunda su emme değeri kil miktarı arttıkça artış gösterdi. Fakat bu artış olumsuzluk yaratacak oranda değildir.

- Mukavemet testi sırlı ve sırsız numunelere uygulandı. Elde edilen sonuçlar kuvars massenin mukavemet değerlerinden çok daha yüksek çıktı.
- Yağda delinme testi yapıldı. İstenilen 20–40 kv/mm² olması gerekmektedir. Bizim elde ettiğimiz yağda delinme analiz sonuçları da istenilen değerler arasında çıktı.
- XRD analizi yapılarak sonuçlar incelendi. Analiz sonucunda alümina massenin yapısında alümina ve müllit fazlarına rastlandı. Kuvars massede ise müllit oranı alümina masseye göre düşük çıktı. Yapıdaki müllit fazı mukavemet değerlerinin yükselmesine sebep olmaktadır. Müllit oranının azlığı kuvars massede mukavemet değerlerinin alümina masseye göre düşük çıkmasına neden olmuştur.
- SEM analizi yapılarak oluşan fazlar incelendi. Elde edilen verilere göre istenilen yapının oluştuğu gözlemlendi.
- Kimyasal analizi yapıldı. Buna göre yapıda olumsuzluk verecek hiçbir elementin olmadığı anlaşılmıştır. İletkenliği etkileyecek olan demir gibi elementler oldukça düşük değerlerde çıkmıştır.

6.2.Öneriler

- Yüksek gerilim izolatörü üretiminde kullanılacak olan hammaddeler oldukça saf olmalıdır,
- Masse oluşturulurken oldukça homojen bir yapı elde edilmeli ve masse içerisinde hava olmamalıdır.
- Kurutmanın yavaş ve dikkatli yapılması gerekmektedir,
- Sinterlemenin yapıldığı fırın atmosferi sürekli kontrol edilmelidir,
- Test numuneleri hazırlanırken ölçüler standartlara uygun olmalıdır.
- Yaptığımız bu tezdeki analiz sonuçlarına bakıldığında, çıkan sonuçların standartlara uygun olduğu görülmektedir.
- Elde edilen alümina massenin değerleri kuvars massenin değerlerinden daha olumludur.
- Buradan da anlaşılmaktadır ki tezimizde uygulamış olduğumuz masse yüksek gerilim izolatör massesi olarak kullanılabilir özellik taşımaktadır.
- Bu haliyle yüksek gerilim izolatör üretiminde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Ankara Seramik İzolatör Üretimi Proses Notları

Arcasoy, A.1983, “Seramik Teknolojisi”, Marmara Üniversitesi, Yayın No:2
Ankara.

Chandler, M., 1967, “Ceramics in The Modern World”, Aldus Books,
London.p.p.(113-135).

Çanakkale Seramik İzolatör Üretimi Proses Notları

Çerçi, Z., 2003, Toprak Seramik ve Sağlık Gereçleri ve Gıda San. ve Tic. AŞ.
Sağlık Gereçleri Fabrikası Staj Notları.

Doğan, Ş., 1985 Açıklamalı Seramik Teknolojisi, Birsen Yayınevi, İstanbul

DPT V .Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu ,1986
Seramik Sanayi,Yayın No:2023,ÖİK:313,Ankara.

Emrulloğlu, Ö.F., 2003, “İleri Teknoloji Seramikleri ”, Ders Notu, Afyon
Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar.

Ergün, M., 1982, “ Elektroporselen Üretimi ve Bu Sanayiinin Türkiye’deki
Durumu”, Lisans Tezi, İTÜ, Kimya Metalurji Fakültesi, İstanbul.

Kara,İ., 1998, “Alümina -Amorf Silika Karışımlarının Reaksiyon Sinterlemesi İle
Müllit Üretimi”, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Seramik
Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi,Eskişehir.

Kartal, A., 2002, “Seramik Süreçleri I”Ders Notları, Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar.

Kartal, A.,2003, “ Seramik Süreçler Laboratuarı ” Ders Notları, Afyon Kocatepe
Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar.

Kavas, T., 1998, ”Sihhi Tesisat” Ders Notları, Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Afyonkarahisar

Köse, M., 1991, ” Sodyum Klorürlü Ortamda Alüminyum ve Alüminyum
Alaşımlarının Korozyona Hidroksi Karboksilik ve Amino Asitlerin Etkisi”
Anadolu Üniversitesi, Yüksek lisans Tezi,Eskişehir

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)

Madencilik “Endüstriyel Hammaddeler” Toprak Sanayi Hammaddeleri I), 2001 Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Yayınları No:DPT 2611 ÖIK622,Özel İhtisas Raporu Ankara(s.11,42,53,75,92).

Martens, T., 1987, “ Zur Beeinflussbarkeit von Gefüge und Festigkeit von Tonerdeporzellan”, Dissertatron, Fakülteat für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen der Technischen Universiteat Clausthal.

Özdemir, M.,2004, “ Kaolen – Sepiyolit Katkılı Kordiyerit Üretimi” Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar.

Özgen, S., Kale, H., 1 992, “ Porselen İzolatörde Proses Parametrelerinin Özelliklere Etkisi” İ.T.Ü. Metalurji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Rehber Ansiklopedisi,Cilt 10(s.357)

Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri,1995,Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Raporu, Ankara-DPT(s.98)

TEK Yayınları, 1991, İzolatör Teknik Şartnamesi.

Toprak Seramik Üretim Notları

Yarımcı Porselen İzolatör Üretimi Proses Notları

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

<http://www.aku.edu.tr/tuam.html> 02.06.2006

<http://www.istanbul.edu.tr/eng/metalurji.html> 11.06.2006

<http://www.matel.com.tr.html> 14.06.2006

<http://www.mta.gov.tr.html> 14.06.2006

TEŞEKKÜRLER

Başta bu tez çalışmamda konu seçiminden tezin yazım aşamasına kadar benden yardım ve desteğini esirgemeyen Danışmanım Yrd.Doç.Dr.Ali KARTAL'a çok teşekkür ediyorum.

Tez çalışmamı yürütebilmem için destek veren Ankara Seramik A.Ş Müdür'ü Sayın İlhami ŞAHİN'e, AR-GE çalışanlarına, Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Mühendisliği Laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ediyorum.

Çalışmalarımı yürütürken benden yardımını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen hocam Yrd.Doç.Dr.Ayhan EROL'a (Teknik Eğitim Fakültesi), test ve yazım aşamasında yardımcım olan Yrd.Doç.Dr.Şükrü TALAŞ, Yrd.Doç.Dr.M. Serhat BAŞPINAR ve Öğr.Gör.Mehmet ÇAKMAKKAYA'ya (Teknik Eğitim Fakültesi) sonsuz teşekkürler ediyorum.

Ayrıca benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen tek dostum Seldanur ÇETİN'e, benim sürekli destekçim teyzem Şerife DABAN'a, arkadaşlarıma ve son olarak da her zor anımda yanımda olan, maddi ve manevi her konuda bana yardım elini uzatan o sıcacık ellerin sahiplerine biricik aileme sonsuz teşekkürler ediyorum.

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep ÇERÇİ, 11.07.1979 tarihinde İstanbul 'da doğdu. İlkokulu 1985-1990 yılları arasında Ankara Etlik İlköğretim Okulunda tamamladı. Ortaokulu, 1990-1993 yılları arasında Ankara Yalçın Eskiyanan Ortaokulunda bitirdi. Liseyi, 1993-1996 yılları arasında Ankara Kanuni Lisesinde tamamladı. Önlisans Eğitimini 1996-1998 yılları arasında Afyon Kocatepe Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Seramik Bölümünde tamamladı. Lisans öğrenimini 2000-2004 yılları arasında Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Mühendisliğinde tamamladı. Yüksek Lisans Eğitimini halen Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Mühendisliği Bölümünde devam ettirmektedir.