

**GRANİT ÜRETİMİNDE RUS KİLİ YERİNE
YERLİ KİLLERİN KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞE BEKDEMİR KURT

Prof.Dr.Ömer Faruk EMRULLAHOĞLU

SERAMİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

HAZİRAN / 2007

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GRANİT ÜRETİMİNDE RUS KİLİ YERİNE YERLİ KİLLERİN KULLANIMI

AYŞE BEKDEMİR KURT

Prof.Dr. Ömer Faruk EMRULLAHOĞLU

SERAMİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

HAZİRAN / 2007

ONAY SAYFASI

Prof.Dr. Ömer Faruk EMRULLAHOĞLU danışmanlığında,
Ayşe BEKDEMİR KURT tarafından hazırlanan
Granit Üretiminde Rus Kili Yerine Yerli Killerin Kullanımı
başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca
...../...../200....
tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Anabilim Dalında
tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Prof.Dr.Ömer Faruk EMRULLAHOĞLU	
Üye	Yrd.Doç.Dr. Ahmet YILDIZ	
Üye	Yrd.Doç.Dr. Atilla EVCİN	

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

Doç.Dr. Emine SOYTÜRK
Enstitü Müdürü

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GRANİT ÜRETİMİNDE RUS KİLİ YERİNE YERLİ KİLLERİN KULLANIMI

AYŞE BEKDEMİR KURT

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Seramik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Ömer Faruk EMRULLAHOĞLU

Granit üretiminin maliyetini yurt dışından gelen ve diğer killerle kıyaslığında pahalı olan rus kili kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sırlı granit üretiminin temel hammaddesi olarak kullanılan rus kili yerine, daha ucuz olan killerin kullanımı araştırılmıştır. Rus kiline alternatif olarak MK 341 ve 102 G killeri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak hammaddelerin önce XRF ve XRD'leri çekilerek kompozisyonları tespit edilmiştir. Daha sonra reçetede kullanılacak olan killerin fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Bu bilgiler ışığında ve işletme şartlarında kullanılan reçeteye bağlı kalınarak şahit reçete hazırlanmıştır.

Test çalışması 4 grup halinde yapılmıştır:

I grup çalışmada; şahit reçetede rus kili miktarı %35'den %25, %20 ve %15'e düşürülmüş, MK341 kili %13,%18 ve %21 oranında katılarak karışımlar hazırlanmıştır.

II grup çalışmada; Şahit reçetede rus kili miktarı %35'den %25 ve %20'ye düşürülmüş, rus kili yerine 102G kili %10 ve %15 oranında kullanılarak karışımlar hazırlanmıştır.

III grup çalışmada; şahit reçetede rus kili miktarı %35'den %33, %31 ve %26'ya düşürülmüş, bunun yerine Söke albit %47'den %49, %51 ve %56'ya yükseltilmiştir.

IV grup çalışmada; Rus kili %35'den %13, %10 ve %9'a düşürülmüş, MK341 kili %21 oranında kullanılmış, S401 kili %4'den %7'ye çıkarılmış, Magnezyum 166'da %1'den %2'ye çıkartılarak karışımlar hazırlanmıştır.

2007, 90 sayfa

Anahtar kelimeler: Granit, rus kili, su emme

TEŞEKKÜR

Bu alıőmamı; Y¼ksek Lisans yapmamı isteyen abim, merhum Ayhan BEKDEMİR'e ithaf ediyorum. Tez çalıőmam s¼resince beni bilgisi ve d¼ő¼nceleri ile y¼nlendiren Sn.Prof Dr.Ömer Faruk EMRULLAHOĞLU hocama ve t¼m yardımları için; Graniser Granit Seramik A.Ő. Y¼netimine teőekk¼r ederim. T¼m destekleri için,hayatımı en g¼zel armağanı sevgili eőim Zafer KURT'a, bana sonsuz g¼venleri ve sevgileri için değerli anne ve babama teőekk¼r ederim.

Ayşe BEKDEMİR KURT

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

°	Derece
C	Santigrat
β	Beta
α	Alfa
γ	Gama
d	Yoğunluk
μ	Mikron
D	Çap
dk	Dakika
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre Kare
%	Yüzde
mm	Milimetre
kg	Kilogram
L	Uzunluk
h	Yükseklik
p	Basınç

ABSTRACT
MASTER'S DEGREE THESIS
USE OF LOCAL CLAY ON BEHALF OF RUSSIAN CLAY IN GRANITE
PRODUCTION

Ayşe BEKDEMİR KURT

Afyon Kocatepe University
School of Natural and Applied Sciences
The Department of Ceramic Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Ömer Faruk EMRULLAHOĞLU

The Russian clay which is more expensive to the other abroad clays increases the cost of granite production. In this work, cheap clays have been studied on behalf of the Russian clay which is the main raw material in glazed porcelain production.. Alternatively to the Russian clay, the MK341 and 102 G clays have been used.

First of all, XRD and XRD tests have been applied to raw materials Then the compositions determined. After determining the physical features, the composition has been determined.

The tests have been done in 4 parts:

The first group: The amount of Russian clay decreased from % 35 to % 25, % 20 and % 15, but the rate of MK341 clay increased to %13,%18 and %21 in the referred sample.

The second group: In referred sample, the amount of Russian clay decreased from %35 to %25 and %20, instead of Russian clay, 102G clay has been used with the rates of %10 and %15 .

The third group: The rate of Russian clay decreased from % 35 to %33, %31 and %26, instead of Russian clay the Soke albite has been increased from %47 to %49, %51 and %56.

The fourth group: The Russian clay decreased from %35 to %13, %10 and %9. Instead of Russian clay, the MK341 clay has been used as %21, the S401 clay increased from %4 to %7 and Magnesium 166 clay increased from %1 to % 2.

2007, 76 pages

Keywords: Granite, Russian clay, water absorption

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Seramik Hammaddeleri	2
2.1.1. Özlü Seramik Hammaddeleri	2
2.1.2. Özsüz Seramik Hammaddeleri	5
2.1.2.1. Kuvars	5
2.1.2.2. Fedspat	7
2.1.2.3. Mermer	8
2.1.2.4. Wollostonit	8
2.1.2.5. Manyezit	8
2.2. Karo Seramik	9
2.2.1. Yer Karosu	10
2.2.2. Duvar Karosu	11
2.2.3. Karo Seramik Üretim Aşamaları	11
2.2.3.1. Öğütme	11
2.2.3.2. Püskürtmeli Kurutucu İle Granül Eldesi	16
2.2.3.3. Şekillendirme	17
2.2.3.4. Granüllerde İstenilen Özellikler	19
2.2.3.5. Kurutma	19
2.2.3.6. Sırlama	22
2.2.3.7. Pişirme	23
2.2.3.8. Fırınlarda	29

2.2.3.9. Kalite Kontrol ve Paketleme	30
3. MATERYAL ve METOT	32
3.1. Deney Programı	32
3.2. Karışım Hazırlama	44
3.3. Şekillendirme	46
3.4. Kurutma	46
3.5. Sinterleme	46
3.6. Yapılan Testler	47
3.6.1. Litre Ağırlığı	48
3.6.2. Viskozite	48
3.6.3. Elek Bakiye	49
3.6.4. Kuru, Pişme ve Toplu Küçülme Deneyleri	50
3.6.5. Mukavemet	52
3.6.6. Su Emme	54
4. BULGULAR	55
4.1. Şahit Reçete	55
4.2. I. Grup Deneylerin Sonuçları	56
4.3. II.Grup Deneylerin Sonuçları	60
4.4. III.Grup Deneylerin Sonuçları	64
4.5. IV.Grup Deneylerin Sonuçları	68
4.6. Reçetelerin Toplu Gösterimi	72
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	77
6. KAYNAKLAR	xi
7. ÖZGEÇMİŞ	xii

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1	Kuvars'ın Polimorfik Dönüşümü	6
Şekil 2.2	Seramik Karo Üretim Akım Şeması	9
Şekil 2.3	Sıkıştırma, Koparma ve Aşındırma İle Tanelerin Ufalanması	13
Şekil 2.4	Bilyalı Öğütücüde Dönme Hızına Bağlı Olarak Bilyaların Hareketi	14
Şekil 2.5	Sinterleme Esnasında Por Morfolojisinin Değişimi	26
Şekil 3.1	Deneysel Çalışmanın Akım Şeması	33
Şekil 3.2	Kil 102 G XRD Patern Çekimi	36
Şekil 3.3	Kil 166 XRD Patern Çekimi	37
Şekil 3.4	Kil U 401 XRD Patern Çekimi	38
Şekil 3.5	Kil MK 341 XRD Patern Çekimi	39
Şekil 3.6	Rus Kili XRD Patern Çekimi	40
Şekil 3.7	Söke Albit XRD Patern Çekimi	41
Şekil 3.8	Şahika Albit XRD Patern Çekimi	42
Şekil 3.9	Şahika Pegmatit XRD Patern Çekimi	43
Şekil 3.10	Fırın Rejimi	47
Şekil 4.1	Rus Kili ve MK 341 Kiline Bağlı Olarak Su Emme Değerinin ve Maliyetin Değişimi	60
Şekil 4.2	Rus Kili ve 102 G Kiline Bağlı Olarak Su Emme Değerinin ve Maliyetin Değişimi	63
Şekil 4.3	Rus Kili ve Söke Albite Bağlı Olarak Su Emme Değerinin ve Maliyetin Değişimi	68
Şekil 4.4	Rus Kili ve S 401 Kiline Bağlı Olarak Su Emme Değerinin ve Maliyetin Değişimi	72
Şekil 4.5	Rus Kili ve Diğer Hammadde Değişimlerine Bağlı Olarak Su Emme Değerinin ve Maliyetin Değişimi	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1	Yapısal Özelliklerine Kil Minerallerinin Göre Minerallerin Sınıflandırılması	3
Çizelge 2.2	Çeşitli Kil Minerallerin Kimyasal Bileşimi	4
Çizelge 2.3	Killerin Çeşitli Özellikleri	4
Çizelge 3.1	Kullanılan Hammaddelerin Fiziksel Özellikleri	35
Çizelge 3.2	Hammaddelerin XRF Analiz Sonuçları	44
Çizelge 3.3	Granül Dağılımı	46
Çizelge 4.1	Şahit Reçete	55
Çizelge 4.2	Şahit Reçete Seger Hesabı	56
Çizelge 4.3	Şahit Reçete Deney Sonuçları	56
Çizelge 4.4	Şahit Reçete ile I.Grup Reçetelerin Hammadde % Oranları	57
Çizelge 4.5	I.Grup Reçetelerin Seger Hesapları	57
Çizelge 4.6	I.Grup Reçetelerin Deney Sonuçları	58
Çizelge 4.7	Şahit Reçete ile II.Grup Reçetelerin Hammadde % Oranları	61
Çizelge 4.8	II.Grup Reçetelerin Seger Hesapları	62
Çizelge 4.9	II.Grup Reçetelerin Deney Sonuçları	61
Çizelge 4.10	Şahit Reçete ile III.Grup Reçetelerin Hammadde % Oranları	64
Çizelge 4.11	III.Grup Reçetelerin Seger Hesapları	65
Çizelge 4.12	III.Grup Reçetelerin Deney Sonuçları	66
Çizelge 4.13	Şahit Reçete ile IV.Grup Reçetelerin Hammadde % Oranları	69
Çizelge 4.14	IV.Grup Reçetelerin Seger Hesapları	69
Çizelge 4.15	IV.Grup Reçetelerin Deney Sonuçları	70
Çizelge 4.16	Şahit Reçete ile Deneylerde Kullanılan Reçetelerin Hammadde % Oranları	73
Çizelge 4.17	Şahit Reçete ve Deneme Reçetelerin Seger Hesaplarının Toplu Olarak Gösterimi	74
Çizelge 4.18	Şahit Reçete ve Deneme Reçetelerin Deney Sonuçlarının Toplu Olarak Gösterimi	75

1.GİRİŞ

Hayat boyu içinde yaşadığımız konutlarımızın daha sıhhi, temiz, estetik olmasını ve her türlü fiziksel, kimyasal etkenlerden korunmasını tabu olarak arzu etmekteyiz. Seramik karolar bu maksada uygun üretilen, konutlarımızın yer ve duvar kaplama malzemelerinden biridir.

Binalarımızda kullandığımız bu ürünler kullanıldıkları ortamlarda soğuk, sıcak, don, rutubet gibi her türlü hava şartlarıyla, kirli sularla, çeşitli darbe, aşınma gibi fiziksel ve kimyasal etkenlerle karşılaşmaktadır. Bu malzemelerin kullanıldıkları ortamlarda karşılaştıkları yukarıdaki etkenlere dayanıklı olmaları ve aynı zamanda dekoratif görünüm sağlamaları gerekmektedir.

Seramik karoların konutlarımızda ve işyerlerimizde kullanım amacına uygun olabilmeleri için, belirlenmiş bir takım fiziksel, kimyasal ve görünüş özelliklerine sahip olmaları gerekmektedir.

Üretim süresi içinde karolar bütün teknik özelliklerine pişme sonrasında sahip olarak fırından çıkmasına rağmen, sonuçta ele geçen boyut ve yüzey düzgünlüğüne, porozite, mukavemet gibi bir takım özelliklerin oluşmasında, hammaddeden başlayıp pişme işlemine gelinceye kadar geçtiği üretim birimlerinin, mamul üzerinde son derece önemli etkileri vardır.

Poroz ürünlere göre daha yüksek sıcaklıklarda pişirilen daha granit seramik karoların, boyut küçülmeleri de daha fazladır. Granit malzemelerin fiziksel özelliklerini belirleyen en önemli faktörlerden biri su emme değeridir. Su emme değeri malzemede kullanılan hammaddelere bağlı olarak değişmektedir. Granit üretiminin maliyetini yurt dışından gelen ve diğer killerle kıyaslığında pahalı olan rus kili artırmaktadır. Çalışmada, sırlı granit üretiminin temel hammaddesi olarak kullanılan rus kili yerine, daha ucuz olan killerin kullanımını araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Seramik Hammaddeleri

Seramik hammaddeleri özlü ve özsüz hammaddeler olmak üzere iki gruba ayrılır.

2.1.1. Özlü Seramik Hammaddeleri

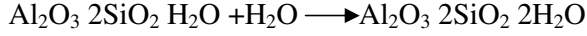
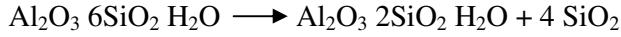
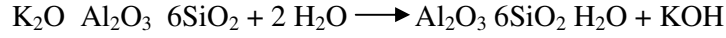
Su ile yoğrularak, dağılmadan kolaylıkla şeklini muhafaza eden hammaddelerdir. En özlü seramik hammaddesi olarak montmorillonit, bir grupsal yapı gösteren bentonit, arkasından da daha az özlü olarak çeşitli grupsal yapılara sahip killeri ve sonuncu olarak kaolinler sıralanabilir.

Killer, ikincil oluşumlu (sedimenter) özlü seramik hammaddeler olup, çok ince tanelidirler ve oldukça fazla çekme yaparlar. Killer, şişme, büzülme ve plastiklik özelliklerine sahiptir. Kil yatakları, kaolenlerin feldspatça zengin kayaların alterasyonu sonucu aşınma ve taşınması ile tatlı su havzalarında çökerek oluşurlar. Seramik sanayinde kullanılan hammaddeler içinde plastikliği en fazla olandır. Plastikliği dolayısıyla massenin suya karşı eğilimini artırır. Massenin yoğrulabilmesini, birbirine bağlanabilirliğini, kuru ve pişme mukavemetini sağlar. Pişme rengi, içinde bulunan safsızlıklara göre beyazdan kırmızıya doğru değişir.

Massede üç tip veya daha fazla kili aynı zamanda kullanmalıdır ki herhangi birinin kalite değişikliğinde masseye yapacağı tesir azaltılmış olsun.

Kaolenler ise birincil oluşumlu seramik hammaddeleri olduklarından, killere oranla daha iri tanelidirler ve plastiklik özellikleri yoktur. Kaolen seramik massesinin beyazlatıcısıdır. Ayrıca sinterleşme olayının çatısını oluşturur. Alümina miktarı % 30-40 arasında olmalıdır. Kristal suyunu 300-450 °C de kaybeder. 1000 °C de müllit fazı

oluşur. Müllit mekanik direnç sağlar. Kaolen hammaddesini oluşturan en önemli mineral kaolinit olup alüminyum hidrosilikat bileşimli bir kil mineralidir. (Arcasoy 1988)



Kaolinit

Kullanım miktarı artııkça massenin pişme derecesini yükselterek, ısıl şoklardan az etkilenir duruma getirir ve mukavemeti artırır. Killer kadar büyük bir uzama katsayısına sahip olduğundan sır çatlamalarında rolü vardır.

A)Kil minerallerinin sınıflandırılması:

Çizelge 2.1 Yapısal özelliklerine göre kil minerallerinin sınıflandırılması.(Yıldız 2006)

Yapı	Grup	Oktahedral Katmanın Yapısı	Mineral	Kimyasal Formül
2 Katmanlı	Kaolinit	Dioktahedral	Kaolinit	$Al_2Si_2O_5 (OH)_4$
			Dikit	$Al_2Si_2O_5 (OH)_4$
			Halloysit	$Al_2Si_2O_5 (OH)_4$
			Nakrit	$Al_2Si_2O_5 (OH)_4$
			Anaksit	$Al_2Si_2O_5 (OH)_4$
			Endellit	$Al_2Si_2O_5 (OH)_4 \cdot 2H_2O$
3 Katmanlı	Smektit	Dioktahedral	Montmorillo	$5Al_2O_3 \cdot 2MgO \cdot 24SiO_2 \cdot 6H_2O (Na_2O, Ca$
			Baydellit	$13 \cdot Al_2O_3 \cdot 5 Al_2O_3 \cdot 38SiO_2 \cdot 12$
			Nontronit	$6Fe_2O_3 \cdot Al_2O_3$
		Trioktahedral	Hektorit	16
	İllit veya Mika	Dioktahedral	İllit	$(Al_4Fe_4Mg_6)O_{20} \cdot (OH) \cdot 4K_y (Si_8 - Yal_y)$
			Muskovit	$K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$
		Trioktahedral	Biyotit	$K(Mg,Fe)_3 \cdot (Al,Fe) \cdot Si_3O_{10} \cdot (OH)_2$
			Flogopit	$H_2 \cdot K \cdot Mg_3 \cdot Al(SiO_4)_3$
4	Klorit			
Zincir vanılı	Sepiyolit ve		Sepiyolit	$Mg_8Al_3Si_{12}O_{30} (OH)_4 (OH_2)_{4,n}$
			Paligorskit	$MgAl_3Si_8O_{20} (OH)_3 (OH_2)_{4,n}$

Çizelge 2.2 Çeşitli kil minerallerinin kimyasal bileşimleri

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	H ₂ O	TOPLAM
Kaolinit	46.90	37.40	0.66	0.27	0.29	0.84	0.44	0.18	12.95	99.92
Nakrit	44.75	39.48	0.53	0.19	0.13	0.34	0.22	-	14.40	100.94
Dikit	46.86	37.12	1.43	0.09	0.22	0.60	0.07	0.51	12.99	99.89
Halloysit	44.75	36.94	0.31	-	0.11	0.60	-	-	17.42	100.01
Anauxit	54.32	29.96	2.00	0.14	0.32	-	0.37	-	12.64	99.75
Nontronit	40.54	5.19	31.63	0.06	1.92	0.24	0.14	-	20.75	100.47

Dünya kil üretiminin büyük kısmı, açık işletme yöntemiyle yapılmaktadır. Seramik kili üretiminin yaklaşık % 90'ı açık işletme olarak yapılmakta olup, % 10'luk çok az bir kısmı kapalı işletme şeklindedir. Emek yoğun şekilde yapılan üretim, kil tabakası kalınlıkları 20 - 25 cm'den 1 m'ye kadar olan ocaklarda daha fazladır.

B)Killerin özellikleri

Çizelge 2.3. Killerin çeşitli özellikleri

ÖZELLİĞİ	Ortalama	Kaba seramik	İnce seramik	Karo kili	Bağlayıcı
	%	Kili, %	Kili, %	%	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	0.5-2.0	1-2	0-5	2-3	1.5
Pişme rengi 1300 oC'da	Beyaz bej	Krem	Beyaz	Kırmızı	Beyaz-krem
Pişme küçülmesi 1350 oC'da		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
Minimum deformasyon sıcaklığı		1250	1500		En az 1500
Ateş zayıyatı		10-13	8-10		

2.1.2. Özsüz Seramik Hammaddeleri

Çok ince öğütölseler bile su ile kolayca Şekil verilemeyen, Şekil verilebilse bile, bir dış etken ile Şeklini kaybedip dağılan hammaddelerdir. PiŐmekte olan üründede önemli rol oynayan özsüz seramik hammaddeleri çamurun pişme özelliklerini ve pişme sıcaklığı aralığını etkiler. Çamura katılan özsüz hammaddelerin türüne ve oranında da bağlı olarak, çamurun pişme sıcaklığı genelde yükselirse de ortaya çıkan daha geniş bir pişirme aralığı, çoğu seramik ürünler için bir avantaj olarak kabul edilir.

Bazı özsüz hammaddeler ise örneğin feldispat, pegmalit, kalsiyum karbonat gibi hammaddeler büyük ölçüde pişme sıcaklığının ve katkı oranlarının da etkisi ile çamurun içinde eritici özellik göstererek bünyenin erken piŐmesini sağlar.

2.1.2.1. Kuvars

Bir seramik yapının kil gibi plastik ve dolgu özelliği olan hammaddeler yanında kuvars (SiO_2) gibi plastik olmayan ve yapıyı yüksek sıcaklıklarda ayakta tutacak bir hammaddeye de gereksinimi vardır. Kuvars, yapının kuruma küçölmesini azaltır, plastikliği düzenlemeye yardımcı olur ve pişme arasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışına izin verir.

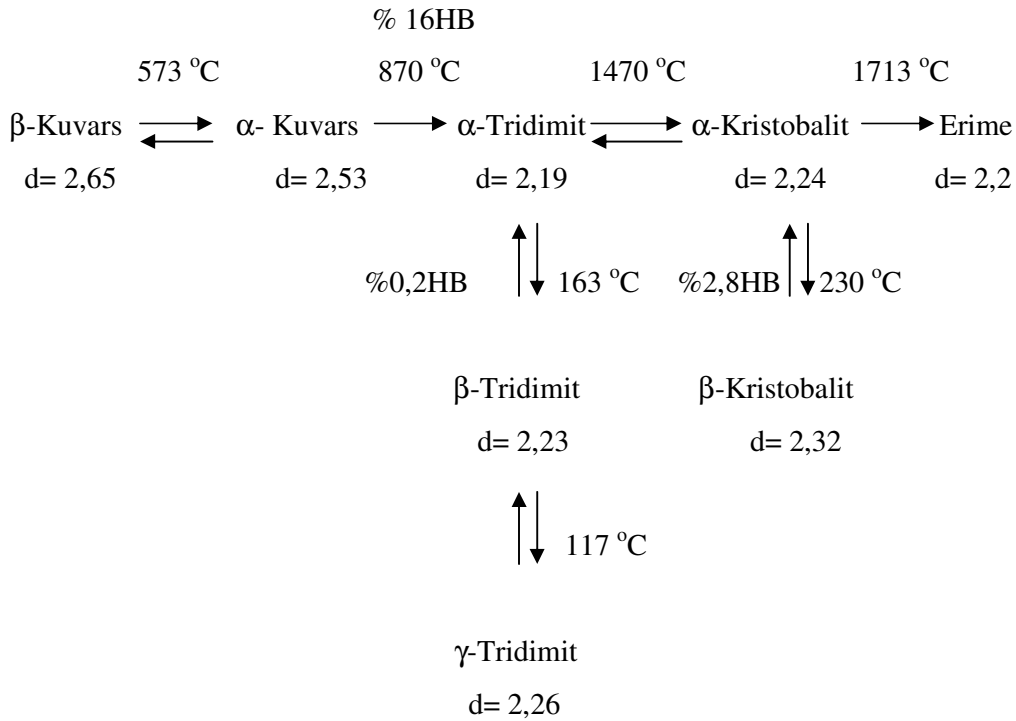
Yeryüzünün bilinen kısmının % 25 ini oluşturur. Oksijenden sonra dünyada en çok rastlanan silisyum bileŐiđidir. Kimyasal formölü SiO_2 olup, sertlik derecesi Mohs'a göre 7 dir.

Kuvars, diğer hammaddelerin bileşiminde SiO_2 bulunduğu için reçeteye diğer hammaddelerle beraber girer. Őayet bu oran yetersiz olursa kuvars ilave edilir.

Masseye konulan miktar fazlaŐtıđıca sertliği artırır. Fonksiyonu çok önemli olup, ne kadar fazla ince öğütölmüş ise fonksiyonlarının tesiri o kadar fazla olur. Kuvarsın birçok modifikasyonları vardır. Bunlar ısıtma ve soğutma esnasında birbirine dönüşür.

Bu dönüşümler esnasında hacimce değişimler olduğundan bu kritik dönüşüm noktalarında kolaylıkla çatlama olur.

SiO₂ nin yüksek sıcaklıktaki formlarından olan tridimit ve kristobalit soğuma sırasında birden düşük sıcaklık formlarına dönüşürler. Bu formlardan olan β-Tridimit 163 °C, γ-Tridimit 117 °C de, β- Kristobalit 230 °C de oluşur. SiO₂ nin dönüşümleri sonucu ortaya çıkan formlarının hepsi farklı özgül ağırlıklarına sahiptirler. Kuvarsın polimorfik dönüşümleri şekil 1.1. deki gibidir.



Şekil 2.1. Kuvarsın polimorfik dönüşümü

Kuvars katkısı şu etkileri gösterir:

1. Massenin bağlayıcı özelliği ve kuru direnci kuvars oranı artıkça azalır.
2. Pişmiş bünyede gözeneklilik ve su emme artar.
3. Kuru ve pişme küçülmesi değerlerinde azalma ortaya çıkar.

Kuvars özellikle büyük boyutlu malzemelerin ayakta kalmasını sağlar.

2.1.2.2. Feldspat

Feldspat seramikte pişmeyi sağlamak amacıyla kullanılır. Pişme sırasında eriyerek erimeyen maddeler arasındaki boşlukları doldurur. Mermerle karışığında erime aralığı daha da düştüğünden sır üretiminde kullanılır.

Feldspat, içinde belli oranlarda alkali bulunduran alümina silikat olarak tanımlanabilir. Özsüz bir seramik hammaddesi olduğu halde, belli bir sıcaklığın üstüne çıkıldığında bünyeyi pekiştirerek eriticilik özelliğini gösterir. Aynı şekilde sırlarda kullanılan çok önemli bir eriticidir.(Arcasoy 1988)

Feldspatlar SiO_4 ün dört köşeli iskeletlerdeki dört oksijenin paylaşılması ile oluşmuş üç boyutlu kafes yapısı gösteren silikatlardır. Taşıdıkları alkali oksitlere göre, isimlendirilirler. En çok kullanılanlar şunlardır:

Potasyum feldspat (Ortoklaz)	K_2O	Al_2O_3	6SiO_2
Sodyum feldspat (Albit)	Na_2O	Al_2O_3	6SiO_2
Kalsiyum feldspat (Anortit)	CaO	Al_2O_3	2SiO_2

Ayrıca feldspatın kuvarsla karışımı olan pegmatitlerinde kullanımı çoktur. Pegmatitte % 30 serbest kuvars ve % 70 feldspat bulunur. Feldspatlar geleneksel seramik ürünler için en önemli hammaddelerden birisidir. Seramik mamul bileşimlerine K_2O , Na_2O , CaO bileşikleri kazandırmaktadır. Seramik yapıdaki camsı faz bu oksitlerin yardımıyla sağlanmaktadır. (Sümer 1998)

Feldspat miktarı artıkça kaolenin erime noktasını düşer. Kuvarsın uzama katsayısını azaltır ve dolayısıyla çatlamalara mani olur. Albitin yumuşama sıcaklığı 1125°C , erime sıcaklığı 1150°C dir. Sodyum feldspatların dar bir erime sıcaklık aralığına sahip olması nedeniyle pişirim esnasında oluşan camsı fazın viskozitesinde farklılıklar oluşur. Ancak ortoklaz 1170°C de yumuşama gösterir ve 1500°C de erir. Bu ortoklazın geniş bir

erime sıcaklığına sahip olduğunu gösterir. Bu sıcaklık aralığında oluşan camsı fazda sabit bir viskozite vardır.

Seramik sanayinde kullanılacak feldspatın pişme rengine, erime davranışlarına ve kimyasal analizine bakılmalıdır. Pegmatit içinde renklendirici demir ve titan olmamalıdır. Demir ve titan % 1 oranında dahi olursa renklenmeye neden olur. (Sümer 1998)

2.1.2.3. Mermer

Mermer, küçük kristalli ve basınç altında sağlamlaşmış kalsiyum karbonattır. (CaCO_2). Seramikte kullanılacak mermerde demir ve renk verici yabancı maddelerin bulunmaması gerekir. Mermer saf feldispatla ısıtılacak olursa feldispatın 1280°C olan erime noktasını düşürerek daha kolay eriyen bir cam meydana getirir. Bu özelliğinden dolayı sır üretiminde kullanılır.(Arcasoy 1988, Tanışan ve Mete 1988)

2.1.2.4. Wallastonit

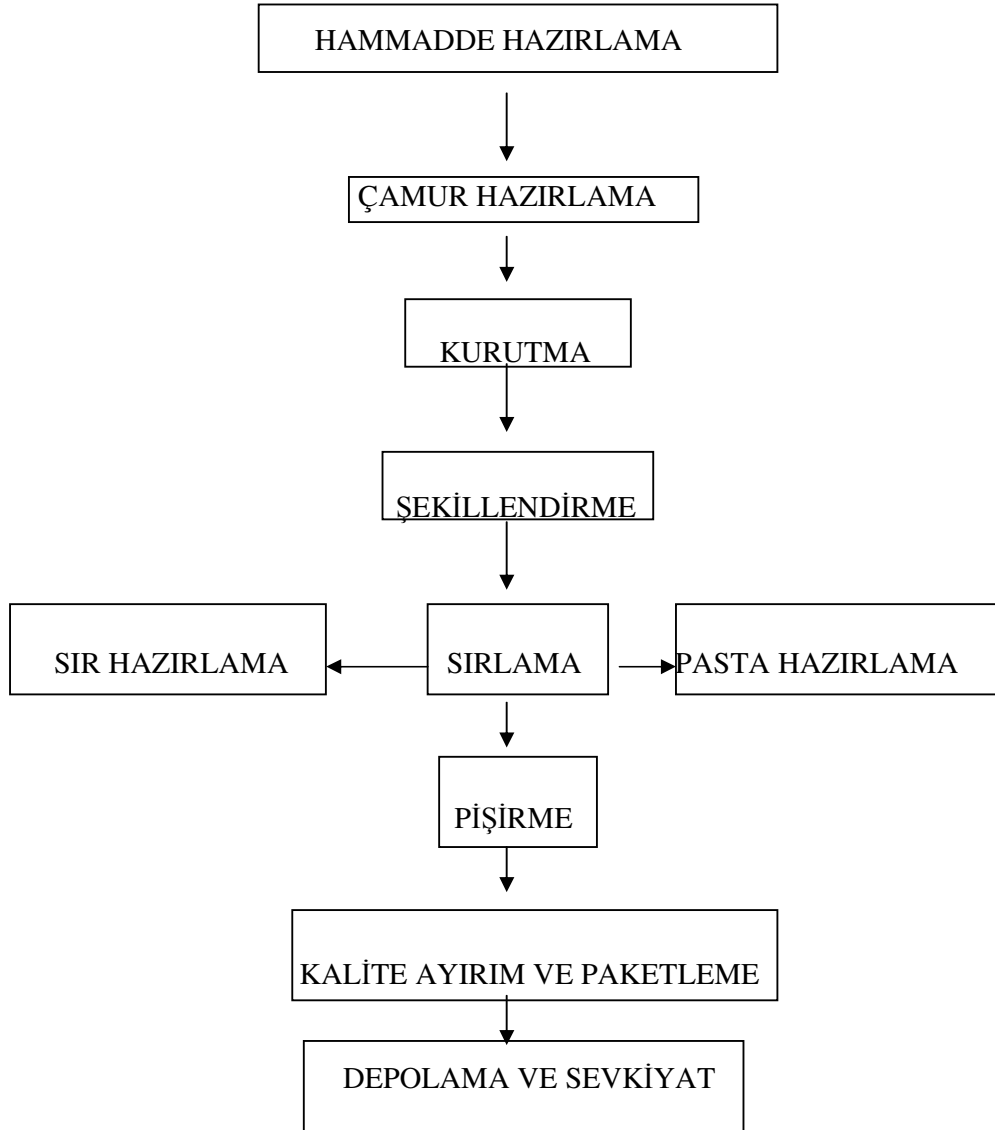
Bileşimi CaOSiO_2 dır. Seramik çamur ve sırlarında kullanılan wallasonit çamurda eritici özellik göstererek çamurun pişme sıcaklığını düşürür. Pişme sırasında gaz çıkartmadığından tek pişirim çamurlarında düşük sıcaklıklarda kullanılır.

2.1.2.5. Manyezit

MgCO_3 bileşiminde olan magnezit seramik çamurlarında kalsiyum karbonatın yaptığı etkiyi yapar. Bünyenin pişme sırasında sinterleşmesini ve sağlamlaşmasını sağlar.

2.2. Karo Seramik

Karo seramik, kil kaolen, kuvars feldspat, kalker gibi seramik hammaddelerinin uygun orandaki karışımının özel kalıplarda preslenerek şekillendirilmesinden sonra 900 °C 'den daha yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi ile elde edilen bir yüzü sırlanmış diğer yüzü oluklu veya tırtıllı olan gözenekli dokulu seramik bir plakadır.



Şekil 2.2. Seramik karo üretim akım şeması.

2.2.1. Yer Karosu

Yer Karosu bünyelerinde genelde kil, kuvars ve feldspat kullanır. Kilin görevi yaş gövdeye mukavemet sağlamak ve özelliklede sırlama esnasında bünyeye su tutma kabiliyeti vermektir. Feldspat camsı fazı oluşturarak sistemde mevcut boşlukları doldurur ve pişmeyi sağlar Kuvars, yapının kuruma küçülmesini azaltır plastikliği düzenlemeye yardımcı olur ve pişme sırasında deformasyon olmadan gaz çıkışına izin verir. İskelet yapıcı dolgu maddesi olarak da ilave edilir.

İç mekanlarda kullanılan yer karosu: Bu karolarda su emme özelliği %3 %6 arasından olabilir. İç mekanlarda kullanılan yer karolarında, hava sıcaklığının eksi değerle altına düşmesi gibi problemlerde karşılaşılmaz.

Dış mekanlarda kullanılan yer karosu: dış ortamdaki hava sıcaklığına bağlı olarak, su emmesinin %3'ten düşük olması gerekmektedir. Çünkü su emme özelliği %3 de büyük olursa dış mekanlarda kullanılan yer karolarında kırılma ve çatlama meydana gelir.

Granitler yüksek teknik özellikleri nedeni ile (aşınmaz, kaymaz, mukavemettir, leke - tutmaz, hijyeniktir) yer,duvar,iç ve dış mekanlarda rahatlıkla kullanılabilir. Granit seramiklerin üretim teknolojisi gereği boyut ve ton farklılığı diğer seramiklere göre daha değişken çıkmaktadır. Küçülme sebebi ile fırına giren ürünler ile pişme sonrası çıkan ürünler kendi aralarında boyut farkı gösterir. Bu sebepten granit seramikler tüm dünyada kalite ayrımları kalibre ve ton farkı gruplarına ayrılarak etiketlerinde işaretlenir.

Sırlı yüzeyin aşınma dayanımı, granitlerin en önemli özelliğinden biridir. Çünkü karolar özellikle üzerinde trafiğin yoğun olduğu mekanlarda, kuvvetli bir aşınma etkisine maruz kalırlar.

2.2.2. Duvar Karosu

Duvar karosu yer karosu hammaddelerinin yanında Ca ve Mg karbonat gibi ilave maddeler içerir. Bunların görevi pişirme çekmesini minimuma indirmek, poroz ancak mukavemetli bir bünye sağlamaktır.

İç Mekanlarda Kullanılan Duvar Karosu: Bu amaçla, üç tip bünyeli seramiklerde kullanılabilir, tercih ve zevke bağlıdır. Su emmesi %10 – 18 arasında olabilir.

Dış Mekanlarda Kullanılan Duvar Karosu: Dış ortamın hava sıcaklığına bağlı olarak porselen bünyeli seramikler kullanılabilir.

2.2.3. Karo Seramik Üretim Aşamaları

2.2.3.1. Öğütme

Öğütme süresi, çamurun türüne ve kullanılan hammaddelerin inceliğine göre değişmektedir. Öğütme işleminden sonra eleklerden geçirilen çamur, püskürtmeli kurutucularda kurutulmaktadır.

Kırılan hammaddeler öğütme işlemine tabi tutulurlar. Kuru ve yaş olarak yapılabilen öğütme, kırma gibi bir boyut küçültme işlemidir. İşlemin uygulandığı parçanın ve işlem sonrası ürünün boyutları kırmaya kıyasla daha küçük olduğundan kullanılan araçların yapıları buna bağlı olarak kırıcılardan değişiktir. Öğütücü yüzeylerin birbirine temasını ancak araya giren parçalar önler, aksi halde bu yüzeyler temas halindedir. Değirmenlerde ise bu yüzeyler hiçbir zaman temas etmezler. (Tanışan Ve Mete 1988)

Öğütme prosesi katı hammaddelerin ön kırılması ile başlayıp, püskürtmeli kurutucularda granüle hale getirilmesine kadar olan aşamaları içerir. Öğütme

prosesinden amaç sadece kaba parçaların boyut küçültülmesi değil, kullanılacakları üretim şekline uygun tane dağılımına da ulaştırılmasıdır. Genel olarak katı hammaddelerin ebatlarının küçültülmesi için pek çok yol olabilir. Ancak elde edilen taneciklerin küresel şekilli olmaları homojen bir masse oluşumunu temin eder ve sonuç olarak kimyasal reaksiyonların daha kısa sürede tamamlanması sağlanmış olur.

Bir çok seramik malzemede tane boyutunun düşük boyutlara indirilmesi için iyi bir öğütme işlemi gerekir. Bu tip öğütme operasyonları, bilya ile yüklenmiş, karıştırma veya yuvarlanma hareketini sağlayan değirmenler ile gerçekleştirilir. Değirmenin dönme ve karıştırma hareketi süresince malzemenin bilyaları ile çarpışması ve değirmen duvarı ile bilyalar arasında aşınması sayesinde tane boyut küçülmesi meydana gelir.

Öğütme sıvısı (su ve elektrolit) sadece öğütülmüş tozların yüzey enerjisini indirgemekle kalmaz, tane yüzeylerindeki çatlakların formasyonunu iletir, tane boyutu indirgemelerini 0.1 µ veya daha düşük mikron boyutlarına ulaşmayı mümkün kılar.

Değirmenlerin iç yüzeyleri astarla kaplıdır. Astarların iki görevi vardır;

1. Değirmen gövdesinin aşınma sonucu zarar görmesini önlemek
2. Öğütme elemanlarının değirmen içinde belirli yüksekliğe çıkmasını sağlamak

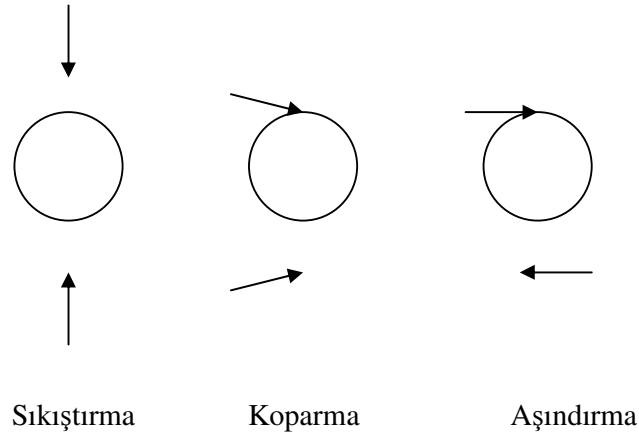
Değirmenin dönmesi sırasında öğütme elemanlarının bir kısmı, bu hareket sırasında geriye doğru kayarken bir kısmı biraz daha yükseldikten sonra düşerler. (Özdağ 1992)

Öğütme işlemi için bilyalı değirmenlerde porselen, alubit veya filint taşından yapılmış kürelerin düşerken veya dönerken yaptıkları dövme ve sürtünme kuvvetlerinden faydalanılır. Cihaz genellikle bu küreleri ihtiva eden bir silindirden ibarettir. Bu tip değirmenlerin verimi ve yaptıkları iş silindirin dövme işiyle çapına, birazda kürelerin büyüklüğüne ve aralığına bağlıdır. Bu hususta en önemli faktör dönme hızıdır. Değirmen çok yavaş dönerse küreler yer değiştirmeksizin değirmenin çeperleri etrafına dönerler veya kayarlar. Böylece öğütme olayı olmaz. Fakat değirmenin hızı arttığı zaman kürelerin serbest yüzeyi bir eğim alır ve bunlar üst tarafta birbiri üzerinde döner. Bu şekilde öğütme olayı başlamış olur. Nihayet belli bir hız için kürelerin serbest

yüzeylerinin eğimi 45° yi geçer. Bunlar birbiri üzerine düşerek maddelerin öğütülmesini sağlayan darbeler meydana getirirler. Bu hıza optimal çalışma hızı denir. Bu hız artarsa, küreler santrifüj kuvvet tesiri ile sürüklenerek değirmenin çevresinde dönerler. Düşme işlemi olmayacağından öğütme sıfıra iner. Bunun için değirmenin kritik hızının hesaplanıp dönmenin buna göre yapılması gerekir. (Tanışan ve Mete 1988)

Bir değirmendeki öğütme; öğütme ortamının miktarına ve tipine, hareket şekline, öğütücü elemanlar arasındaki boşluklara, değirmenin dönme hızına, beslenen cevherin özelliklerine ve kullanılan devrenin tipine bağlıdır. İyi bir öğütme ile pişme esnasında kimyasal reaksiyonlar daha hızlı olur.

Bir değirmende cevher tanelerinin ufalanması sıkıştırma, koparma ve aşındırmadan oluşan üç mekanizma ile gerçekleşir. (Özdağ 1992)



Şekil 2.3. Sıkıştırma, koparma ve aşındırma ile tanelerin ufalanması

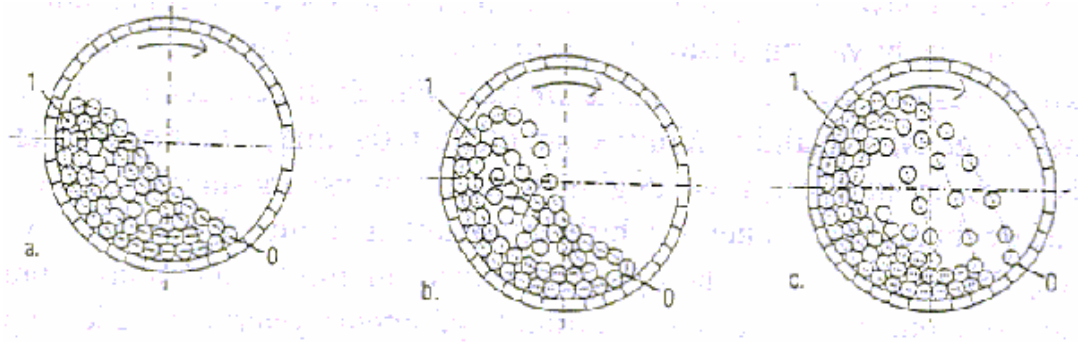
Sıkıştırma tane yüzeyine uygulanan dik kuvvetler ile, koparma eğik kuvvetlerden dolayı, aşındırma ise paralel kuvvetlerin etkisi ile oluşur. Kırılma tanelerin elastisitelerine bağlıdır. Devir sayısı, bilya büyüklüğü dağılımı ve bilya miktarı ile süspansiyon miktarı öğünmeyi etkileyen başlıca parametrelerdir.

Dönme esnasında bilyalara yerçekimi kuvvetinden kaynaklanan ağırlık kuvveti ve uygulanan dönderme etkisinden kaynaklanan merkezkaç kuvveti etki eder. Merkezkaç kuvvetinin yerçekimi kuvvetinden daha büyük olması yani öğütücünün çok hızlı döndürülmesi durumunda bilyalar ve masse değirmenin kenarına yapışık bir vaziyette döner ve öğünme olmaz. Bu devir sayısı kritik devir sayısı olarak tanımlanır ve şu şekilde hesaplanır:

$$n_{\text{kritik}} = 42.4 / \sqrt{D}$$

n_{kritik} = Kritik devir sayısı (devir / dakika)

D = Değirmen iç çapı (metre)



Kaskad

Kaskad + Katarakt

Katarakt

Şekil 2.4. Bilyalı öğütücüde dönme hızına bağlı olarak bilyaların hareketi

Kaskad tipi öğütmede kayma ve sürtünme ile öğütme yapılır ve yuvarlak tane oluşur.
 $n = 23 / \sqrt{D}$ dir.

Kaskad + katarakt tipi öğütmede çarpma ve sürtme ile öğütme yapılır.
 $n = 23 / \sqrt{D} < n < 30 / \sqrt{D}$ dir.

Katarakt tipi öğütmede düşme ve çarpma ile öğütme yapılır ve köşeli tane oluşur.
 $n = 30 \sqrt{D}$ dir.

Sulu öğütmelerde verimli devir sayısı kritik devir sayısının yaklaşık olarak % 60 ı dolaylarında yani $n = 25 \sqrt{D}$ şeklindedir. Bu durumda bilyalar belirli bir yüksekliğe ulaştıktan sonra düşerler ve öğütmeyi hem sürtünme hem de çarpma (kaskad + katarakt) etkisiyle gerçekleştirirler. Devir sayısı düşük olursa bilyalar yeteri kadar yukarı çıkmadan sadece geriye doğru kayma (katarakt) veya devir sayısı yüksek olursa sadece düşme (kaskad) davranışı gösterirler. Çeşitli uygulamalarda öğünmenin en iyi hangi etkinin altında gerçekleşeceği göz önünde tutularak uygun devir sayısı tespit edilir.

Çalışma yapılırken, öğütücü hacminin yaklaşık olarak % 55 i kadar bilya ile doldurulur. Bilyalar küçük, orta ve büyük boy olmak üzere üç farklı boyutta seçilir. Genel olarak bilya toplamının;

% 25 ini büyük boy

% 30 unu orta boy

% 45 ini küçük boy bilyalar oluşturur.

Bilyalar sileks, alubit veya porselen olabilir. Değirmen hacminin, bilyalar arasındaki boşluklar dahil % 25 i süspansiyon ile doldurulur. Çalışma esnasında hacmin % 30 u boş kalır. Süspansiyonun bilyalar üzerine taşan kısmı pek fazla olmamalıdır. Fazla miktar bilyaların düşme hızlarını azalttığı için öğünmeyi olumsuz etkiler. Süspansiyonun katı madde miktarı yüksek ama diğer taraftan da akışkanlığı iyi olmalıdır. Yüksek su miktarı öğütmeyi verimsiz kılar, düşük su miktarı bilya ve değirmen astarının aşınmasını hızlandırır. Genelde bütün komponentler birlikte öğütüldüğü gibi kuvars ve feldspat gibi zor öğünen komponentler önce bir miktar öğütülüp sonra diğer komponentler ilave edilir.(Kartal 1988)

Öğütme süresi yükseldikçe, değirmen ve bilyalarda aşınma artar. Klasik bilyalı öğütücülerde ilk anda hızlı öğütme zamanla yavaşlar ve öğünme olmaz.

Öğütülecek malzemelerin bazı özellikleri öğütme prosesinin verimliliğini etkiler. Bunlar;

1. Öğütülecek malzemelerin şekil ve boyutları
2. Öğütülecek malzemelerin sertliği
3. Malzemelerin minerolojik yapısı
4. Spesifik ağırlık
5. Nem ve hidroskopik
6. Aglomerasyon ve çökme eğilimi

Öğütme süresini artırmak tek başına elek bakiyeyi düşürmek için yeterli değildir. Öğütme sırasında kullanılan elektrolit, su, kuru madde, öğütücü ortam miktarları büyük önem taşımaktadır.

Toz boyutunun çok ince olması, reaksiyon yüzeyini artıracığından sinterleşmeyi kolaylaştırmaktır. Dolayısıyla, daha düşük sıcaklıklarda veya kısa sürede reaksiyonun gerçekleşmesi mümkün olmaktadır. Tane boyutunun yanı sıra toz boyutu dağılımı da önem taşımaktadır. Tanelerin belli bir boyutta olmasından ziyade, belirli bir boyut dağılımı göstermesi tercih edilmelidir. (Geçkinli 1991)

2.2.3.2. Püskürtmeli Kurutucu İle Granül Eldesi

Püskürtmeli kurutucu, çözelti, bulamaç veya pasta şeklindeki maddelerin ısıtılan kurutma ortamına uygun dağıtıcılar ile (döner disk, nozzle (meme, duze, atomizer), dağıtıcı plaka) dağıtılarak küçük tanecik boyutunda, istenilen nemlilikte kurutulmuş homojen ürün elde edildiği ve yüksek üretim hızlarının gerçekleştirildiği bir kurutma yöntemidir. Kurutma işleminin yanında spreyli kurutucuların işlevi tozları granül hale getirmektir. Granül hale getirmenin amacını açıklayacak olursak; seramik endüstrisinde kullanılan çoğu tozlar 10 µm'un altında tane boyutuna sahiptirler. Bu tozların yüzey alanı yüksek olduğu için aralarındaki etkileşmeler yüksektir. Bu nedenle tozların akıcılığı iyi değildir. Tozların, kalıp doldurmasının iyi, en sıkışmış vaziyette (iyi paketlenmiş), yüksek hacimde yer kaplaması istenir. İnce tozun akışkanlığı iyi değildir.

Proseste otomasyona gidilemez. Granülleştirme, tozların akış özelliklerini iyileştirmek için yapılan kontrollü aglomerasyondur. Granüllerin boyuttan tozların cinslerine bağlı olarak 50 µm'dan (teknik seramik tozları) 300 µm'a (geleneksel seramik tozları) kadar değişmektedir. Bu boyutlardaki granüller serbest bir şekilde akarlar ve pres kalıplarını kolaylıkla doldurabilirler. (Arcasoy 1988, Bank 1992)

2.2.3.3. Şekillendirme

Karo, sahip olduğu şekil dolayısıyla en uygun ve ekonomik olarak presleme yöntemi ile şekillendirilir. Preslenecek tozlar;

- Serbest bir şekilde akabilmeli
- Yüksek yığınsal yoğunluğa sahip olmalı
- Deforme olabilen granüllerden oluşmalı ve normal koşullarda kararlı olmalı
- Minimum kalıp aşınmasına sahip olmalı
- Prese yapışmamalıdır.

Karo gibi ince kesitli fakat geniş alanlı numuneler preslenirken, kalıbın basınç uygulayan üst kısımında yağ olan esnek malzemeden yapılmış bu kalıp eklenir ve bu yağ, üzerine basınç uygulandığı zaman sıkışır ve uygulanan basıncı toz üzerine homojen olarak eşit bir şekilde iletir ve böylelikle karo homojen olarak preslenmiş olur.

Nem oranları %5 in altında olan tane halindeki masselerin basınç kuvvetlerinin etkisiyle şekillendirilmesi kuru presleme olarak tanımlanır. Kuru presleme rötuş kolaylığı, imalat hızı, kolaylıkla ele alınabilirliği, yoğunluğun fazlalığı, kurutma süresinin ve kurutma hatalarının azlığı gibi avantajları bulunmaktadır. Ayrıca kuru olarak şekillendirilmiş ürünlerin kuru küçülmeleri çok az olur. Buda toplu küçülmeyi etkilediğinden üretilen mamullerin mümkün olduğu kadar istenen boyutlarda fırından çıkması sağlanır. (Kartal 2000)

Sıkıştırmayı etkileyen parametreler

1. Pres Basıncı; Sıkıştırma basınçla doğru orantılı olarak gerçekleşmez.
2. Tane Büyüklüğü Dağılımı; Tek büyüklükteki masselerden oluşan bir massenin dolgu yoğunluğu düşük, değişik büyüklükteki taneler ihtiva eden bir massenin dolgu yoğunluğu fazladır.
3. Massede taneler arasında kayganlığı arttırıcı katkıların kullanılması sıkıştırma durumunu olumlu bir şekilde etkilemektedir. Bu katkılar taneler arasındaki ve tanelerle kaplı yüzeyi arasındaki sürtünmeyi azaltıcı etkiler yapmaktadır.
4. Yüksek nem miktarlarındaki düşük basınçlarla maksimal bir sıkışma elde edilebilir. Fakat bu sıkışma genelde düşüktür. (Kartal 2000, Sümer 1992)

Eğer granül paketlenmesi maksimumsa sıkışan granüllerin görünür hacmi minimumdur ve katı oranı maksimumdur. Görünür hacmin en büyük değerinde paketleme minimum ve gözenek en fazladır. Amaç en yüksek yoğunlukta malzeme üretmek olduğuna göre paketlemenin en iyi olması gerekir. Çünkü malzeme şekillendirme sırasında nasıl paketlenirse pişmeden sonrada aynı kalitede devam eder. Eğer paketleme iyi olmazsa pişirme ile bu hata giderilemez.

Granülün çok ince öğütme durumunda, malzemeyi konvoyörlerden taşımak ve kalıbı doldurmak zor olur. Zira taneli bir malzeme gibi akış olmaz çok ince granüller preslendiğinde ekseri tabakalar oluşur. Ayrıca havanın toz ile dolması sağlık sorununu getirir ve bünye reçetesini dengesiz kılabilir. Bünyenin akıcı olması için taneli formda olması gerektiği kadar tanelerin toplanması ve kalıpta sertleşmesi de önemlidir. Bünyenin tane dağılımı homojen olmalıdır ki kalıbın her doluşunda malzeme ağırlığı aynı olsun. (Sümer 1992)

Preslenecek massenin tane boyutu ince ise, yani yeterli miktarda iri taneler içermiyorsa, kalıbın gözüne dolan granüller içerisinde normalden fazla hava bulunuyor demektir. Bu nedenle pres bu havayı dışarıya atamaz ve bunun sonucunda karolar havalı baskı tabir edilen şekilde iki tabaka olarak basılı çıkar. Tane boyutu iri ise, karo yüzeylerinin

düzgün olmaması, porozite yükselmesi ve boyutları olumsuz etkisi görülür. (Bank 1992)

2.3.3.4. Granüllerde istenilen özellikler

- Granüllerin tane boyut dağılımları 100-500 μ arasında olmalıdır. 100 μ altı ve 500 μ üstü %5-10'u geçmemelidir. Genelde istenen 300-400 μ arasındadır.
- Granüllerin yüzeyi düz ve yuvarlak olmalıdır.
- Granüller ortamdaki nemlilik almayacak özellikte olmalıdır. Çünkü nem granülleri birbirine yapıştırarak granüllerin hareketini engeller.
- Çok iyi akabilme ve yuvarlanabilme özelliklerine sahip olmalıdır. Bu şekilde homojen ve yüksek bir dolgu yoğunluğu elde edilir.
- Granüllerin yüzeyi kaygan olmalıdır. Şekillendirilmede tanelerin birbiriyle ve kalıpla sürtünmelerinde şekilleri bozulmamalıdır. (Kartal 2000)

2.2.3.5. Kurutma

Preslemeden sonra karolar, kurutuculara alınır. Kurutma en önemli işlemlerden biridir. Rulolar üzerinde roller kurutucularda da kurutulurlar. Kurutma işlemi sonucunda, karo rutubetinin %1,5 den az olması istenir. Daha yüksek rutubet oranları sonraları işlem basamaklarında kayıplara sebep olabilir.

Kurutuculardan çıkan yarı mamulün en önemli özelliği sıcaklığıdır. Kuru yarı mamulün su emme yeteneği yoktur. Bunu sıcaklıkla sağlamak mümkündür. Bu amaçla kurutucudan çıkan 60-80 °C sıcaklıktaki yarı mamul soğutulmadan sırlama işlemine tabii tutulur.

Seramikte "kurutma" kavramını açıklamak için şu tanımlama yapılabilir; kurutma fiziksel bir süreçtir ve rutubetli bir malzemedeki suyunun uzaklaştırılıp kurutulması işlemidir.

Kurutmanın yapılabilmesi için mamulün içindeki suyun buhar şeklinde uzaklaştırılması gerekir. Bu buharlaşmanın miktarı şunlara bağlıdır:

1. Kurutma havasının sıcaklığı
2. Kurutma havasının hızı
3. Kurutma süresi
4. Mamulün kuruma yüzeyinin büyüklüğü

Kuruyan bir mamulde buharlaşma yüzeyde olur. Bu şekilde bir kuruma konveksiyon ile kuruma olarak tanımlanır. Burada hava, kurutma için gerekli sıcaklığı ve kurutmadan oluşan su buharını taşıyıcı olarak görev alır. Kurutma havasının kuruma sırasında oluşan su buharının kabul edebilmesi için sıcak olması gerekir. Eğer böyle olmaz ise oluşan su buharı hemen yoğunlaşarak suya dönüşür. Aynı zamana kuruma havasının sıcak olmaması sonucu, kurumayı gerçekleştirecek şekilde mamulün içinden yüzeyine doğru bir su hareketi de olmaz. (Arcasoy 1988, Sümer 1998)

Seramik bünye içindeki porlar aracılığı ile su yüzeye ulaşır. Burada porlar kılcal yol görevi yaparlar. Bir seramik masse içinde yoğrulma suyu üç durumda bulunur: (Arcasoy 1988)

1. Yüzey suyu: kil taneciklerinin yüzeylerini film şeklinde saran sudur
2. Por suyu: taneciklerin arasında bulunan sudur. Massedeki suyun büyük bir kısmını oluşturur.
3. Emme suyu: kil taneciklerinin yüzeyinden içine emilme yolu ile giren sudur. Böylelikle bu su, seramik massenin plastikliğinde söz sahibi olur. Kurutma sırasında bünyeden en güç ayrılan sudur.

Seramikte kurutma işlemi, bütün bu sayılan suların bünyeden uzaklaştırılması için yapılır.

Şekillendirme sırasında masseye verilen su, kuruma sırasında tersine bir yol izleyerek bünyeden uzaklaşır. İlk kuruma yüzeyde başlar, porlardan gelen su yüzeyden buharlaşarak uzaklaşır. Bu sırada kurutma sıcaklığının artması sakınca çıkarabilir. Bu sakınca yüzeyin çok önce kuruyup, içeriden gelen suyun geçmesine engel olacak kadar

küçülmesidir. Bu durumda oluşan gerilimler, kuruma çatlaklarını ve deformasyonlara yol açar. Hammadde reçetesinde, plastik olmayan iri taneli hammadde yüzdesi artırılarak, kurutma anında meydana gelen çekmeyi azaltabiliriz. (Arcasoy 1988, Sümer 1998)

Mamuldeki gözeneklerden su uzaklaşmaya kadar küçülme sürer. Küçülmenin nedeni, kil taneciklerinin birbirine yaklaşmalarındandır. Mamulden buharlaşarak uzaklaşan su buharı ile birlikte hacimsel bir küçülme oluşur. Küçülme devam ederken porlar oluşmaya başlar. Hacim küçülmesi sona ererken ortaya çıkan porlar buharlaşan su miktarı ile orantılıdır.

Kurumaya etki eden faktörler şu şekildedir. (Sümer 1992)

1. Massenin tane büyüklüğü ve dağılımı
2. Bünyedeki minerallerin cinsi
3. Bünyede eriyen tuzların bulunup bulunmadığı
4. Çevrenin rutubet şartları
5. Hava sıcaklık derecesi
6. Kurutulan mamullerin ebat, şekil, su oranı gibi özelliklerinde homojenlik

2.2.3.6. Sırlama

Sır ve sır uygulamaları yönünden en büyük gelişmeler yer ve duvar karosunda gözlemlenmiştir. Seramik karo ürünlerinin hijyenik olması, estetik görünümü ve döşenmesinde harç yerine yapıştırıcı kullanılması seramik karolara olan talebi arttırmıştır. Daha önceleri mozaik karoların kullanımı yaygın iken, 2. Dünya Savaşı'ndan sonra seramik karolara olan talep bu sebeplerden dolayı hızla artmıştır. Bu dönemde karolar ebat olarak küçük olup pişirim süreleri 20 saat civarındayken ebat olarak daha büyük, preslenmiş ilk karoların üretilmesi 1960'larda gerçekleşmiştir. Bu yıllarda ilk olarak 2-3 saatte karo pişirimin gerçekleştirilen fırınlar geliştirilmiştir. Bu aşamadan sonra karolarda estetik görünüm yanında yüzey aşınmasına dayanıklılık, dona dayanıklılık gibi özellikler istenmeye başlanmıştır. Bu istek beraberinde hem teknoloji hem de sırlama teknolojisinde bir gelişime yol açmıştır. (Bank 1992, Kartal 1988)

Seramik karo üretiminde sırlama tekniğinde, sır ve astar, uygulama kolaylığı ve çabukluğu nedeniyle, süspansiyon halinde uygulanmaktadır.

Astar, sır ve serigrafi uygulama tekniklerinin sırlama bantlarında bir arada kullanılması ve uygulaması hazırlanan süspansiyonların reolojik şartlarının ve kalite kontrolünün geliştirilmesi ile üretim maliyetleri düşük, teknik ve estetik açılardan gelişmiş ürünler yapılabilmektedir.

Başlangıcından bu yüzyılın başına kadar sır ve dekor uygulamaları basit aletler ve insan becerisiyle yapılmaktaydı. Kırklı yılların ikinci yarısından sonra sulama bantları geliştirilmiş ve su uygulamasında makineleşmeye gidilmiştir. İlk sırlama bantlarında sır perde halinde akıtılarak daha serin üretimler yapılmaya başlanmıştır. Bu tekniklerin gelişimi ve yaygınlaşması püskürtme tabancaları drop ve döner kap ekipmanlarının daha sonra püskürtme kabinlerinin (1960'ların sonunda) ortaya çıkmasını sağlamıştır. Disk kabinleri, elek baskı makineleri bu gelişimleri takip etmiştir.

Sırlama bantlarında bu ünitelerin uygun kombinasyonda kullanılması yeni firit, sır ve pigmentlerin geliştirilmesi ile seramik karoların yüzey görünümünde önemli estetik zenginliklerin kazanılması sağlanmıştır. İlk önceleri tek tabaka olarak atılan sır, daha sonraları farklı firit ve sırlardan oluşan çok tabakalı uygulamalara kaymıştır. Tüm bu teknikler ile iyi bir yüzey kalitesi elde etmenin temeli, süspansiyonların jeolojik şartlarının son derece titiz kontrolüne bağlıdır.

Karo endüstrisinde monoporoz - (tek pişirim ve çift pişirim teknolojileri mevcuttur. Çok az bir fark ile, sulama bantları ve üzerindeki ekipmanlar aynıdır.

Bir sırlama bandını ele alırsak hattın başındaki fırçalar, toz üfleyiciler ve su püskürtmelerden sonra, su uygulama aparatları başlar.

Sır tatbiki için kullanılan aparatlar :

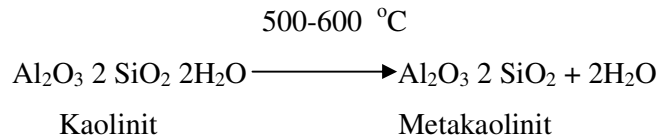
- Kampana
- Diskler
- Tabanca Puskürtme
- Havasız basınçlı tabanca.

2.2.3.7. Pişirme

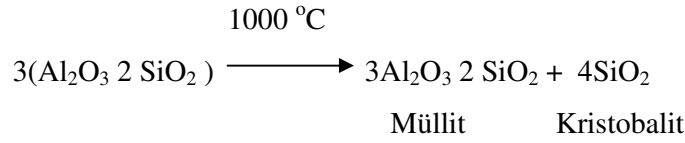
Şekillendirilmiş ve kurutulmuş yarı mamulün, bir program içinde ısıtılması ve oluşan seramiğin yine bir program içinde soğutulmasına pişirme denilir.

Pişme sırasında mamul, bazı geçici ve kalıcı değişiklikler (uzama, kısalma) gösterir. Geçici değişikliklerin başında hacimsel büyüme gelir. Kalıcı değişiklikleri, dolayısıyla esas pişmiş seramik bünyeyi oluşturan nedenler çoktur. Bunların en önemlileri, kristal değişikliği, cam faz oluşumu, yer değiştirme reaksiyonlarıdır. Bu olayların sonucunda seramik bünyenin pekişmesi gerçekleşir. Pişme sıcaklığının karoların boy ve diğer teknik özellikleri üzerinde son derece önemli etkisi vardır. Karo boylarının belli bir sıcaklık derecesine kadar sıcaklık artışıyla küçülmeleri artar.

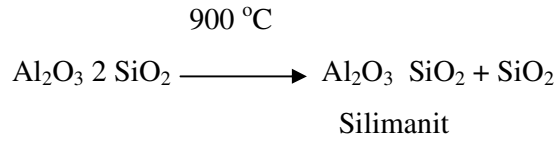
Kristal değişikliği; seramik bünyeyi oluşturan çıkış mineralinin türüne, mineralin konsantrasyonuna ve bunlara etki eden sıcaklığa göre farklı kristal değişimleri ortaya çıkar. Kaolinit 500- 600 °C de meta kaolenite dönüşür. Bu sırada kaolinitin iki molen oluşan suyu uçar ve % 13.95 lik bir kızdırma kaybı ortaya çıkar.



Oluşan meta kaolenit, reaksiyonlara karşı ilgili bir bileşik olduğundan 830 °C nin üzerinde kuvvetli bir ekzoterm reaksiyon sonucu müllit ve kritobalite dönüşür.



Metakaolinit ile müllit arasında geçişi oluşturan bir reaksiyon daha vardır ve bu geçişte silimanit oluşur.



Reaksiyonlar sonucu oluşan serbest SiO₂, diğer reaksiyonlarda rol oynar. Silimanit ve özellikle müllitin aracılığı ile seramik bünyede pekişme ortaya çıkar. Müllit kristalleri sert olup, iğne şeklindedir.

Cam fazının oluşumu; silikattan oluşan erimelerin soğumaları sırasında viskozite o kadar çabuk azalır ki, iskelet oluşumunu sağlayan tanecik hareketleri gerçekleşmez. İskelet oluşturma düzenine girmişken aniden donan tanecikler, camsı oluşumlara dönüşürler. “Camsı faz” adı verilen bu oluşumlar, seramik bünyenin içindeki erimemiş mineralleri birbirine bağlayarak pekişmeyi sağlar. Cam fazı oluşumunun artması ile orantılı olarak porların azalması ve pekişmenin hızlanması gerçekleşir. (Arcasoy 1988)

Seramiklerin pişirilmesindeki amaç, densifikasyonu gerçekleştirerek, sağlam bir yapı oluşmasını sağlamaktır. Pişirme işlemi esnasında küçülme meydana gelir. Seramiklerin yüksek sıcaklıkta pişirilmesi esnasında, yapıda birtakım reaksiyonlar ve değişiklikler yer alır. Ayrıca porların boyutu ve şekli değişebilir ve tane büyümesi meydana gelir. (Geçkinli 1991)

Sinterleme değişik aşamalarda gerçekleşir. Sinterlemenin genelde üç aşamada gerçekleştiği ifade edilmektedir. İlk aşama % 5 oranında bir küçülmenin gerçekleştiği duruma kadardır. Bu aşamada taneler yerleşir ve yüzeyde yapışmalar meydana gelir.

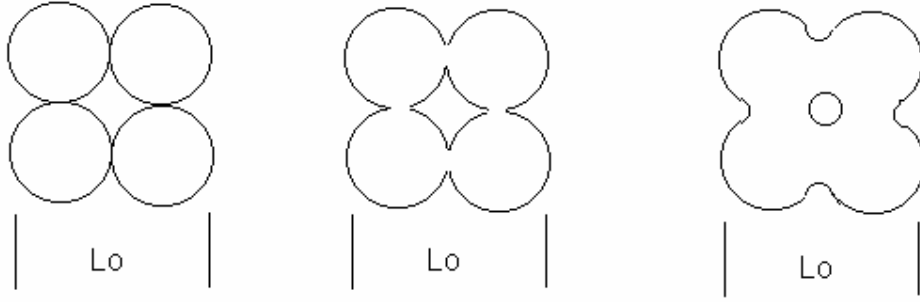
Tane tapıları değişmen değme yüzeylei genişler. Por ve katı maddeden oluşan bir yapı bu birinci sinterlemenin son şeklidir.

İkinci sinterleme aşaması ara sinterleme aşaması olarak ifade edilir. Bu aşamada taneler yer yer porlarla kesilen sabit sınırlar oluşur. Tane geometrisi değişmeye başlar. Çözünme ve ayrışmalar görülür. Yer yer erimeler meydana gelir. Porlar açık ve düzensiz bir görüntüye sahiptir.

Üçüncü aşama sinterlemenin son fazı olarak ifade edilir. Bu fazın başlangıcında toplam porozite % 5 in altındadır. Bu aşamada sıkışma birbiri ile bağlantısı tamamen kesilen kapalı por oluşum derecesine kadar ilave ilerler. Artan bir cam bünyede yer alır. Rekrizalizasyon neticesinde tane büyümesi gerçekleşir, yeni fazlar oluşur. Sıkışma maksimal bir dereceye ulaşır. (Kartal 2000)

Taneler şekillendirme esnasında sıkışarak malzemedeki porozite miktarı bir miktar azalır. Kuruma ile de taneler tamamen birbiri ile temas haline gelir. Ancak malzeme henüz kompakt hale gelmemiştir. Taneler arasında porlar mevcuttur. Seramik malzeme cinsine, tane boyutuna ve şekillendirme prosesine bağlı olarak %25-60 mertebesinde porozite içerir.

Mukavemet, saydımlık, ısı iletkenliği gibi özellikler için yapıda mevcut porozitenin elemine edilmesi gerekir. Pişme esnasında, difüzyon hızlandığından birbiri ile temas halinde olan taneler arasında özellikle yüzeyde yer alan karşılık olan atom difüzyonu sonucu taneler birbirine aralarında boyun oluşturarak kenetlenir. Böylece, porozite miktarı azalır ve densifikasyon sağlanır. Bu esnada porların şekilleri de küreleşir. İdeal bir sinterleşme sonunda porozite tamamen ortadan kalkar ve malzeme kompakt bir kitle haline gelir. (Geçkinli 1991)



Şekil 2.5. Sinterleme esnasında, tanelerin birbirine kenetlenmesi ve porozite miktarı ile por morfolojisinin değişimi

Sinterleme reaksiyonları şunlardır. (Kartal 2000)

1. Sinterleme öncesi reaksiyonlar

- Yüzeyleki suların atılması
- Organiklerin atılması
- Modifikasyon dönüşümleri
- Termik parçalanmalar
- Sülfatların oluşumu
- Dönüşümler

2. Sinterleme esnasındaki reaksiyonlar

- Erimeler gerçekleşir
- Tane yerleşimleri gerçekleşir
- Eriyik faz içinde yeni kristallenmelerin olması

Pişirme esnasında rol oynayan maseye has özellikler. (Kartal 2000)

- Mamül iyi bir şekilde kurutulmalı ve nem oranı % 1 in altına indirilmelidir. Kil içindeki nemin atılması pişirme esnasında önemlidir
- Organik katkıları pişirme esnasında yanar ve mukavemette düşüğe neden olurlar. Yeniden mukavemet oluşumu 600-700 °C de başlar.
- İlk fırına giren mamul yüksek oranda poroziteye sahiptir. Isı alışverişi bakımından bünye içinde ısı iletimi düşüktür.

- Sıcaklık farklılıklarından dolayı iç kısım ile dış kısım arasında gerilimler oluşur. Bu gerilimler mamul mukavemetini aşarsa hasarlar oluşur.
- 500-600 °C e varmadan organiklerin yanması sonucu çıkan gaz basınçları nedeni ile çatlama oluşabilir
- Sinterleme sıcaklığı aşılmamalı ve homojen bir sıcaklık dağılımı olmalıdır

Piştirme sırasında 1000 °C civarında ilk sıvı faz görülür. Ancak bu sıvı faz çok kıvamlı olduğundan massenin şeklinde yaklaşık 1200 °C ye kadar olan değişiklik fazla değildir. Bu sıcaklıktan sonra yaklaşık 10 µ dan daha küçük feldspat taneleri etrafındaki kil tanecikleri ile reaksiyona girerek erirler. Daha büyük taneler ise kil taneleri reaksiyonu sürdürürler. Bu reaksiyon sonrasında feldspat tanecikleri içindeki alkali iyonlar yayınma yolu ile dışarıya çıkar ve yan faz içinde müllit iğneleri görülür. Kuvars fazında yaklaşık 1250 °C ye kadar hemen hemen hiçbir değişiklik olmaz. Ancak bu sıcaklıklarda küçük tanelerin köşelerinin yuvarlaklaştığı gözlenir. 20 µ dan küçük kuvars tanelerinin etraftaki sıvı faz içinde çözülmesi için 1350 °C ye kadar piştirme gereklidir. Bu nedenle kuvarsın masse içindeki rolü pişme halindeki sıvı faza iskelet görevi görerek onun çökmemesini sağlamaktır.

Bunlardan da anlaşıldığı gibi piştirme süresi içinde kimi reaksiyonlar tamamlanmakta kimileri ise tamamlanamamaktadır. Bu nedenle bir seramik malzemenin pişirilmesi onun sadece istenilen sıcaklığa çıkarılması demek değil, aynı zamanda o sıcaklığa çıkış hızının ve o sıcaklıktan soğutma hızının kontrol altına alınmasıdır. (Tanışan Ve Mete 1988)

Tane boyutu pişirim esnasında oluşan reaksiyonları etkiler. Yeterli öğünmenin olmadığı masselerin pişirimi sonucunda ürünün fiziksel, kimyasal ve mekaniksel karakteristik özelliklerini oluşturan reaksiyonların gecikmesine bazen de bir kısmının hiç oluşmamasına şahit olunur. Seramik bünye iskeleti tamamlanmaz, vitrifikasyon gecikir, tüm fiziksel özellikler eksik kalır.

Sinterlemeyi etkileyen başlıca parametreler şunlardır. (Kartal 1988, 2000)

1. Sıcaklık
2. Zaman
3. Sinterlenecek mamulün başlangıç bünye yapısı
 - Tane büyüklüğü
 - Spesifik yüzey büyüklüğü
 - Sıkışma derecesi
 - Gözenek miktarı, büyüklüğü, dağılımı
4. Çıkış mamulün minerolojik ve kimyasal bileşimi
5. Sinterleme atmosferi
6. Mamulün yapısını oluşturan kristallerdeki bozukluklar

Sinterleme sıcaklığını düşürmek açısından etkili olabilen parametreler. (Kartal 2000)

1. Uzun pişme süreleri; 1500 °C de 30 dk yerine
1400 °C de 60 dk gibi
2. Hammaddelerin ince öğütülmesi; bu şekilde spesifik yüzey büyütülüp tanelerin birbirine değme noktaları artırılıyor.
3. Mamulün iyi bir şekilde sıkıştırılması; tanelerin değme yüzeyleri artırılıyor
4. Flaks özelliğe katkıları kullanarak; eriyik faz oluşturarak tanelerin birbirine yapıştırılması ile sık bir yapı, başka bir anlamda sinterleme gerçekleştirilir
5. Sinterlemeyi kolaylaştıran katkıların kullanılması; mineralizatörler

2.2.3.8. Fırınlarda

Seramik karoların pişirilmesinde roller (rulolu) fırınlar kullanılmaktadır. Roller fırınlar, komple ön üretimlidir. Isı yalıtımı; seramik lifleri, çimentoları ve düşük iletkenliği, yüksek mekanik dayanımı olan refrakter tuğlalarla sağlanır.

Roller fırınlar, bir çelik yapının iç yüzeyinin uygun refrakter, izole seramik fiber malzeme ile kaplanması ile oluşmuş yapılardır, Bu malzeme cinslerini ve miktarlarını, fırın bölgelerinin sıcaklığı belirler. Fırınlarda kullanılan bu malzemelerin hepsi de çok

iyi ısı izolasyon gücüne ve yüksek termal şok direncine sahiptirler. Bu nedenle pişirme eğrilerinin modifikasyonu ile fırın ısıtma ve soğutmaları süratle gerçekleştirilebilir.

Yanma sistemi, havanın düzenlenmesi için gerekli oksidasyonu, verilen gazın modülasyonu veya fırın iç atmosferinin derece azaltımına göre dizayn edilmiştir. Isıl değerinin yüksek olması nedeniyle yakıt olarak genellikle doğal gaz ve LPG kullanılmaktadır. Fırın rejimi çok kolay ayarlanabilir ve bölgelerdeki sıcaklıklar termokupullar vasıtasıyla ölçülür.

Roller fırınlar üç farklı tipteki bölgeleri içermektedir.

1. Ön ısıtma bölgesi; her tarafı refrakter malzemeleri içerir. Maksimum sıcaklığı 1050 °C dir.
2. Ateş bölgesi; maksimum sıcaklık 1250 °C dir.
3. Soğutma bölgesi; üfleme araçlarıyla donatılmıştır. Gerekli havanın dağıtımı bağımsız elektrik fonları tarafından otomatik olarak düzenlenir.

Ayrıca roller fırınlarda; emiş kontrollü emiş, son soğutma geçiş bölümleri mevcuttur.

2.2.3.9. Kalite Kontrol Ve Paketleme

Roller fırından çıkan karolar bantlara aktarılır. Bantlardaki karolar paketleme departmanına gönderilir. Bu departmandaki karolar, TSE-İSO standartlarına uygun olarak, dış görünüşlerinin, hatasız veya hatalılarının miktarına cinsine göre seçime tabii tutulurlar.

- Ekstra mamuller.
- Birinci sınıf mamuller.
- İkinci sınıf mamuller.
- Iskarta mamuller

Ürünlerin belli bir kalitede olması ve bu ürünlerin belli standartlarda bulunması gerekmektedir. Bu nedenle proseste bulunan görevli kişiler tarafından her gün kontrol yapılmaktadır. (Sumer 1998)

Fırın çıkışında paketlenen kutular, paletlerle yerleştirilir. Proses kontrolde görevli kişiler tarafından paketlerin onaylanması gerekmektedir. Palet kontrol en son kontroldür, kontrolden sonra malın fabrika çıkışı olur. Palet kontrol görevlileri, her paletten belli oranlarda kutular açarak, kontrol işlemini gerçekleştirir. Hatalar yüzdeye çevrilir. Standartların aşılması durumunda palet ret edilir. Tekrar kontrol için paketlemeye verilir. (Sümer 1998)

Kalite kontrolde hatalar arasında en çok rastlanan, karo üzerinde lekeler, yarıklar, çatlaklardır. Kalite kontrolde görülen hatalardan bir diğeri de yanlış renk tonu verilmesidir. Bu ürünün bir ile beş arasında renk tonu olabilir. Bu da paketleme esnasında güçlük oluşturmaktadır.

- Sırlı yüzeyde ; Bünye ve sır çatlakları, kenar ve köşe kopuğu, sır füme yapıştırıcı damladır, leke, sıra, yapışmış parçalar, tozlar, ton farkı, kampana hatası, delikçik ve çizikler, desen hatası, kaynama, sırsız kalmış kısımlar, sıyrık, füme yırtılması, oyuk, çapak, kalıp izi olup olmadığına bakılır.
- Sırsız yüzeyde ise; Sır bulaşığı, kenar ve köşe kopuğu olup olmadığına bakılır. Yapılan tüm işlemler kalite ayırım formuna yazılır. (Sumer 1998, Kartal 1988)

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Deney Programı

Seramik bünyelerin üretiminde kil grubu mineraller, feldspat ve kuvars kullanılmaktadır. Granit malzemelerin fiziksel özelliklerini belirleyen en önemli faktörlerden biri su emme değeridir. Su emme değeri malzemede kullanılan hammaddelere bağlı olarak değişmektedir. Seramik kaplama sektöründe firmalar sektörde tutunabilmek ve rekabet edebilmek için en kaliteli malzemeyi en ucuza vermek zorundadırlar. Granit üretiminin maliyetini yurt dışından gelen ve diğer killerle kıyasladığında pahalı olan rus kili artırmaktadır.

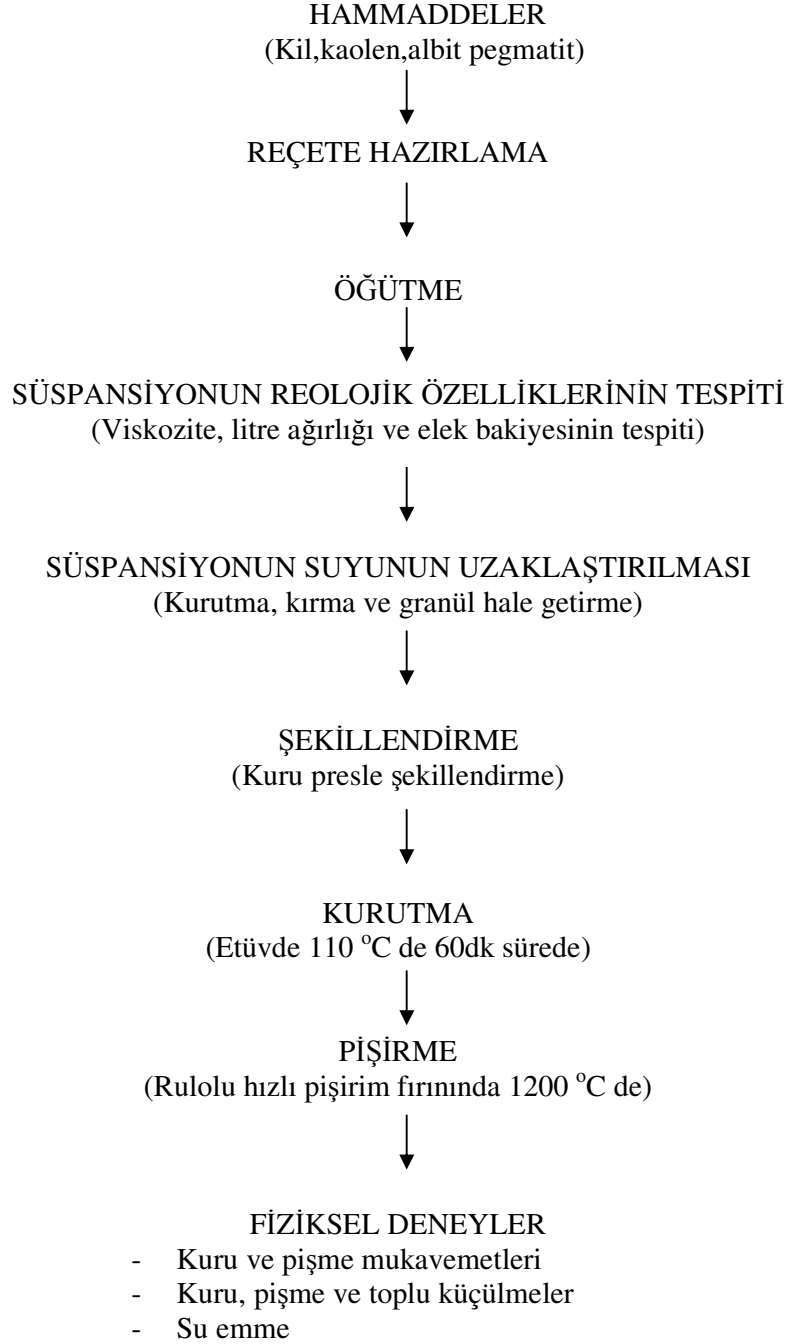
Bu çalışmada, sırlı granit üretiminin temel hammaddesi olarak kullanılan rus kili yerine, daha ucuz olan killerin kullanımını araştırılmıştır. Rus kiline alternatif olarak MK 341 ve 102 G killeri kullanılmıştır.

Bu çalışmadaki sonuçlara göre rus kili ve MK341 kili belirli oranlarda kullanılarak maliyet düşüşü sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılacak hammaddelerin önce XRF ve XRD'leri çekilerek kompozisyonları tespit edilmiştir. Daha sonra reçetede kullanılacak olan killerin fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Bu bilgiler ışığında ve işletme şartlarında kullanılan reçeteye bağlı kalınarak şahit reçete hazırlanmıştır.

Bu masseler kurutularak, kırıldı ve granüller elde edilmiştir. Bu granüllerden kuru presleme ile 5x10 cm ebatlarında karolar şekillendirilmiş ve 1200 °C sıcaklığa sahip rulolu hızlı pişirim fırınında pişirilmiştir. Deney numunelerinin kuru-pişme küçülmeleri, kuru-pişme mukavemetleri, su emmeleri ölçülmüştür.

DENEYSEL ÇALIŞMANIN AKIM ŞEMASI



Şekil 3.1. Deneysel çalışmanın akım şeması

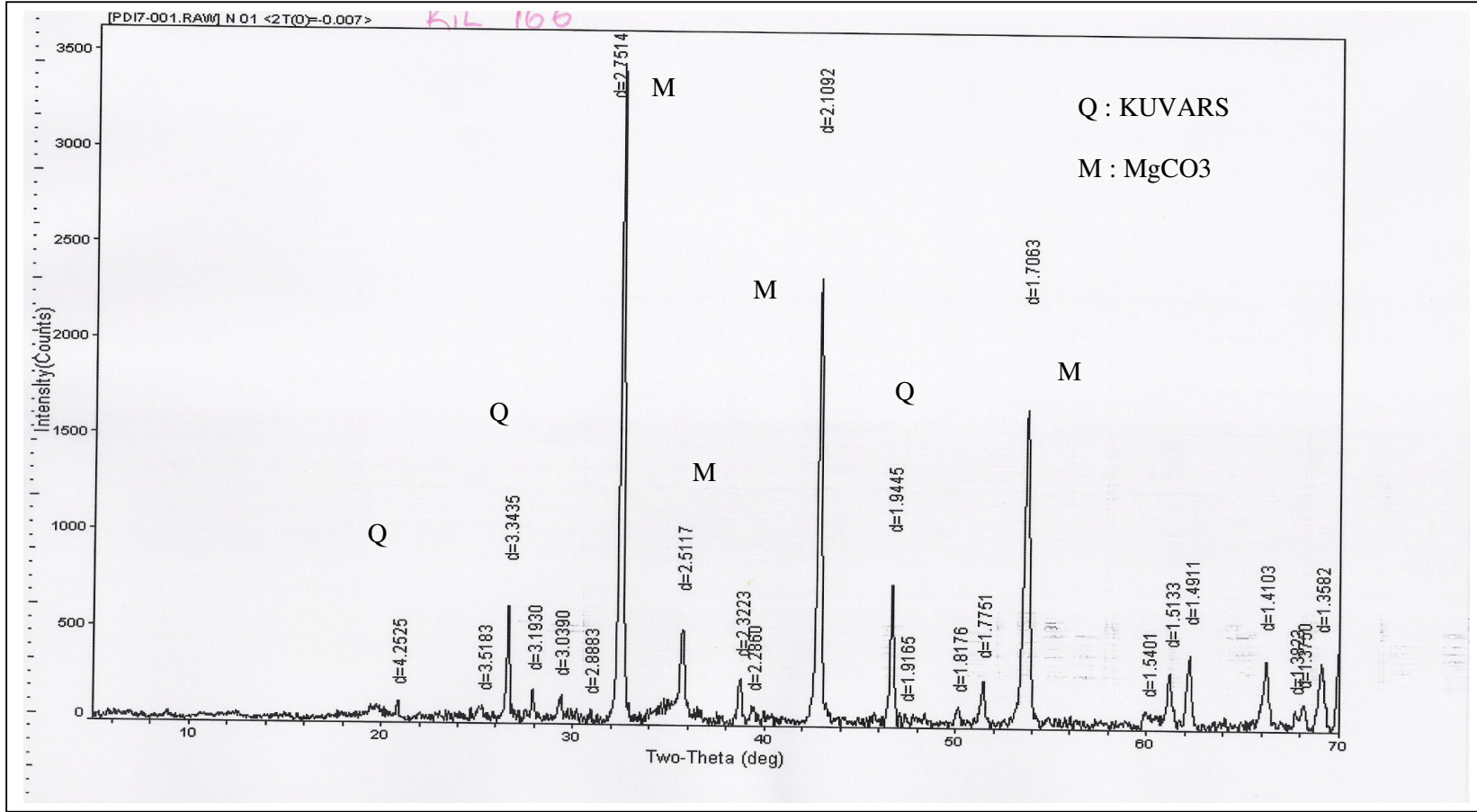
Deneysel çalışmalarda aşağıdaki hammaddelerin kullanılmıştır.

- 1- Söke albit
- 2- şahika albit
- 3- şahika pegmatit
- 4- Kil 102 G
- 5- Kil 166 (Mg'lu kil)
- 6- Kil U 401
- 7- MK 341
- 8- Rus Kili

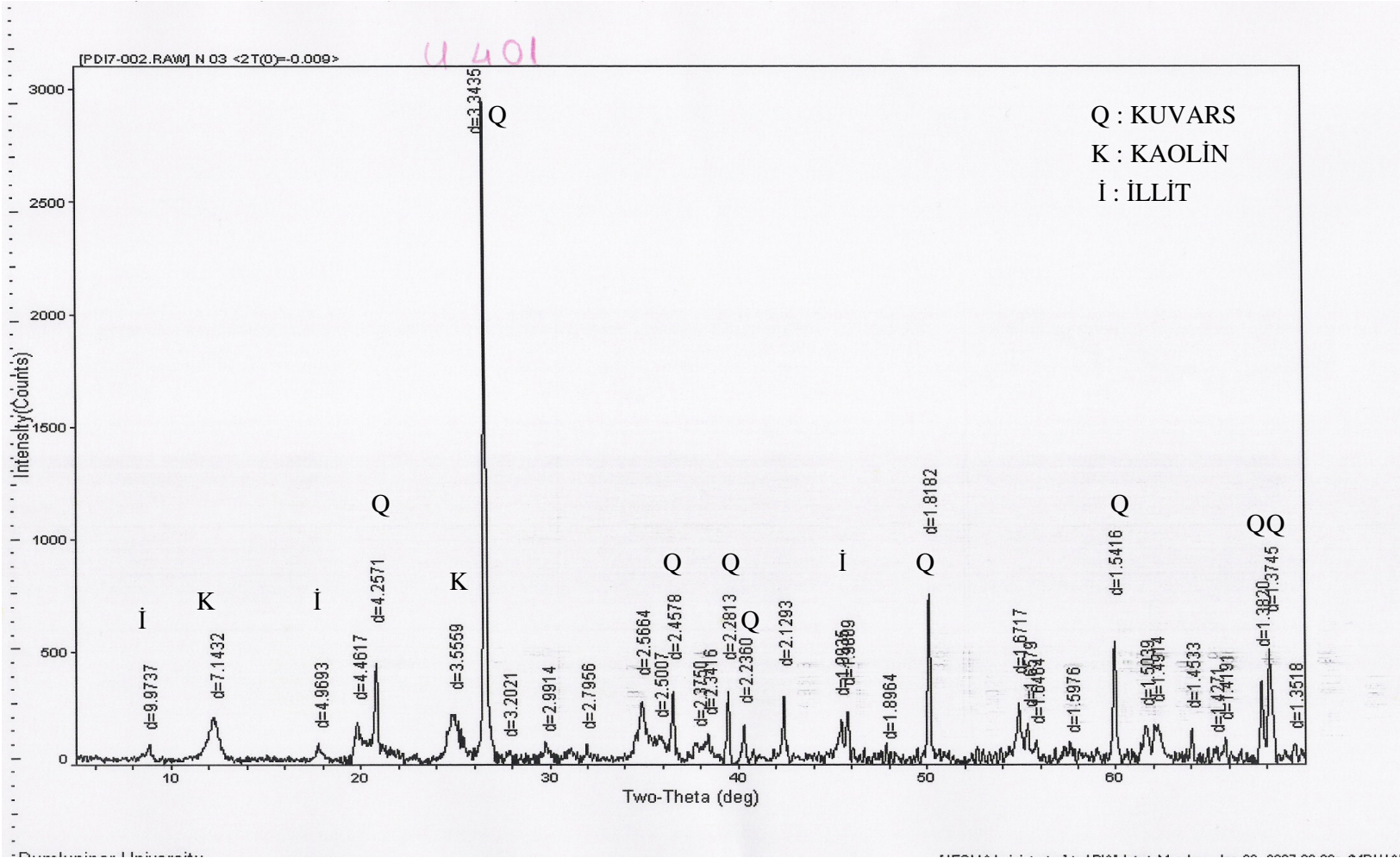
Bu hammaddelerden killerin yapılan testler sonucunda çıkan fiziksel özellikleri izelge 3.1 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Kullanılan Hammaddelerin Fiziksel Özellikleri

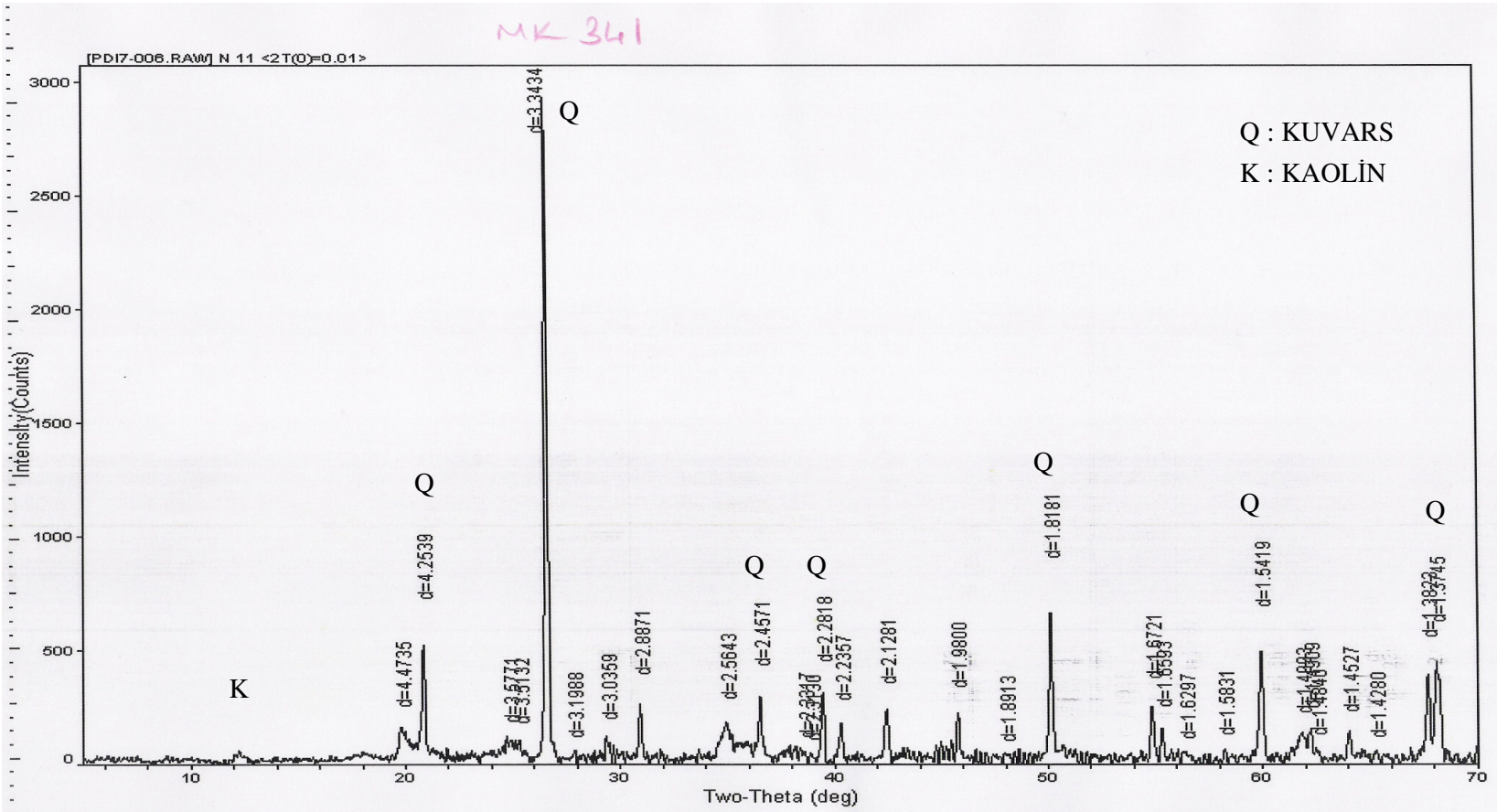
HAMMADDE ADI					
Fiziksel Testler	MK 341	RUS KİLİ	S 401	KİL 166	102 G
Dönme Süresi(Dk)	10	10	10	10	10
Pres Nemi (%)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Basınç (Bar)	60	60	60	60	60
Pres Çıkış Boyutu (Mm)	100.55	100.85	100.60	100.45	100.75
Kuru Boyut(Mm)	100.50	100.75	100.60	99.70	100.75
Kuru Küçülme (%)	0,05	0,10	0,00	0,75	0,00
Pişme Boyutu (Mm)	93,38	92,15	93,38	84,48	96,2
Pişme Küçülme (%)	7,13	8,63	7,18	15,9	4,52
Ham Mukavemet(Kg/Cm ²)	7,8	6,65	8,8	2,23	6,68
Kuru Mukavemet (Kg/Cm ²)	19,18	19,8	12,31	8,23	14,21
Pişmiş Mukavemet (Kg/Cm ²)	281,36	626,79	95,23	16,17	167,48
Pişme Sıcaklığı (°C)	1200	1200	1200	1200	1200
Pişme Süresi (Dk)	34	34	34	34	34
Su Emme	2,49	1,58	9,56	16,88	9,58
L	62,19	89,8	64,58	89,34	77,16
A	+8,1	+2,74	+ 11,09	+ 2,51	+ 6,05
B	+23 ,32	+3 ,36	+ 24,95	+ 13,60	+ 22,66
Black Core	VAR	VAR	VAR	YOK	VAR
Ateş Zaiyatı	7,72	8,4	8,83	38,37	6,09



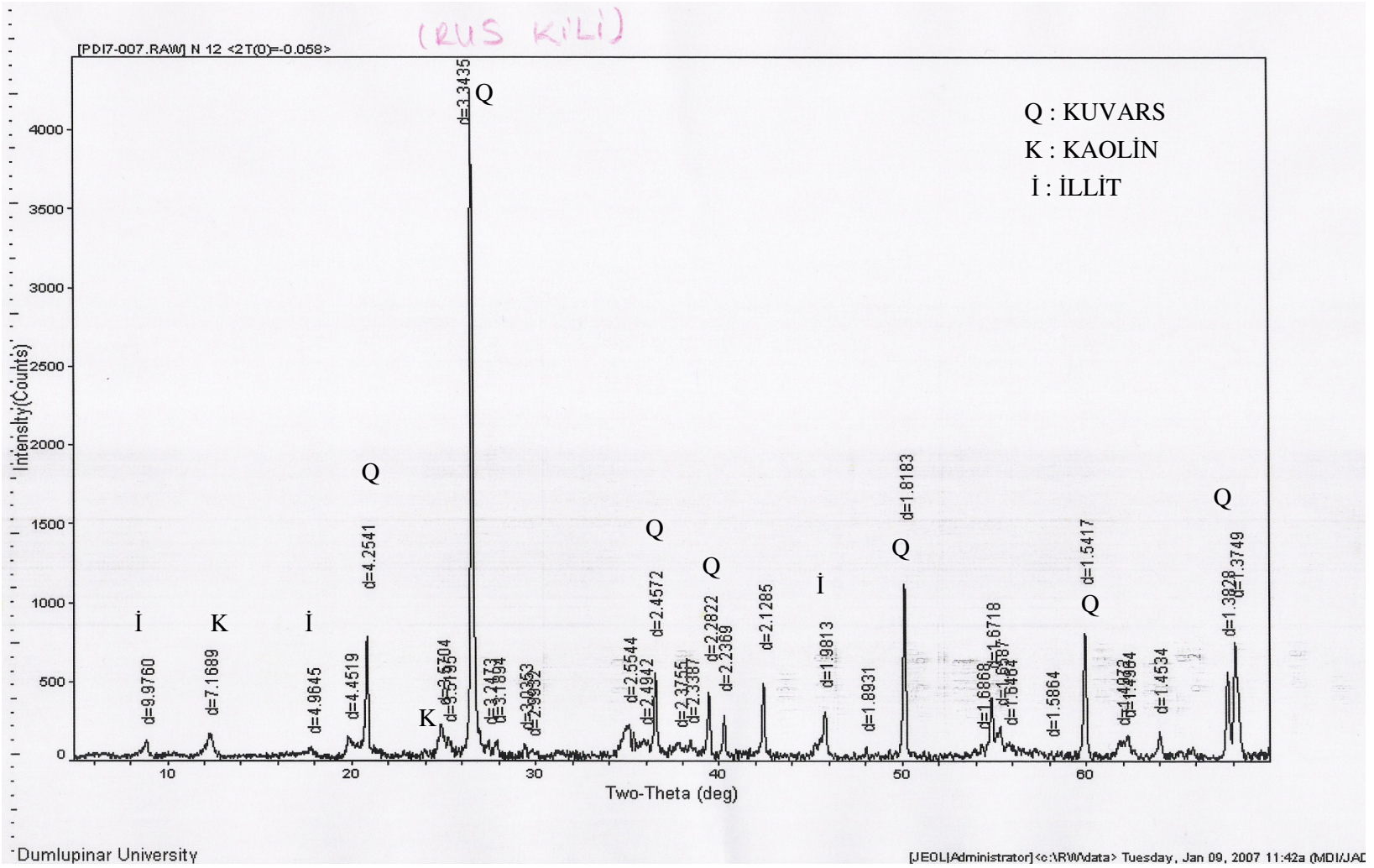
Şekil 3.3 Magnezyum 166 Xrd Patern Çekimi



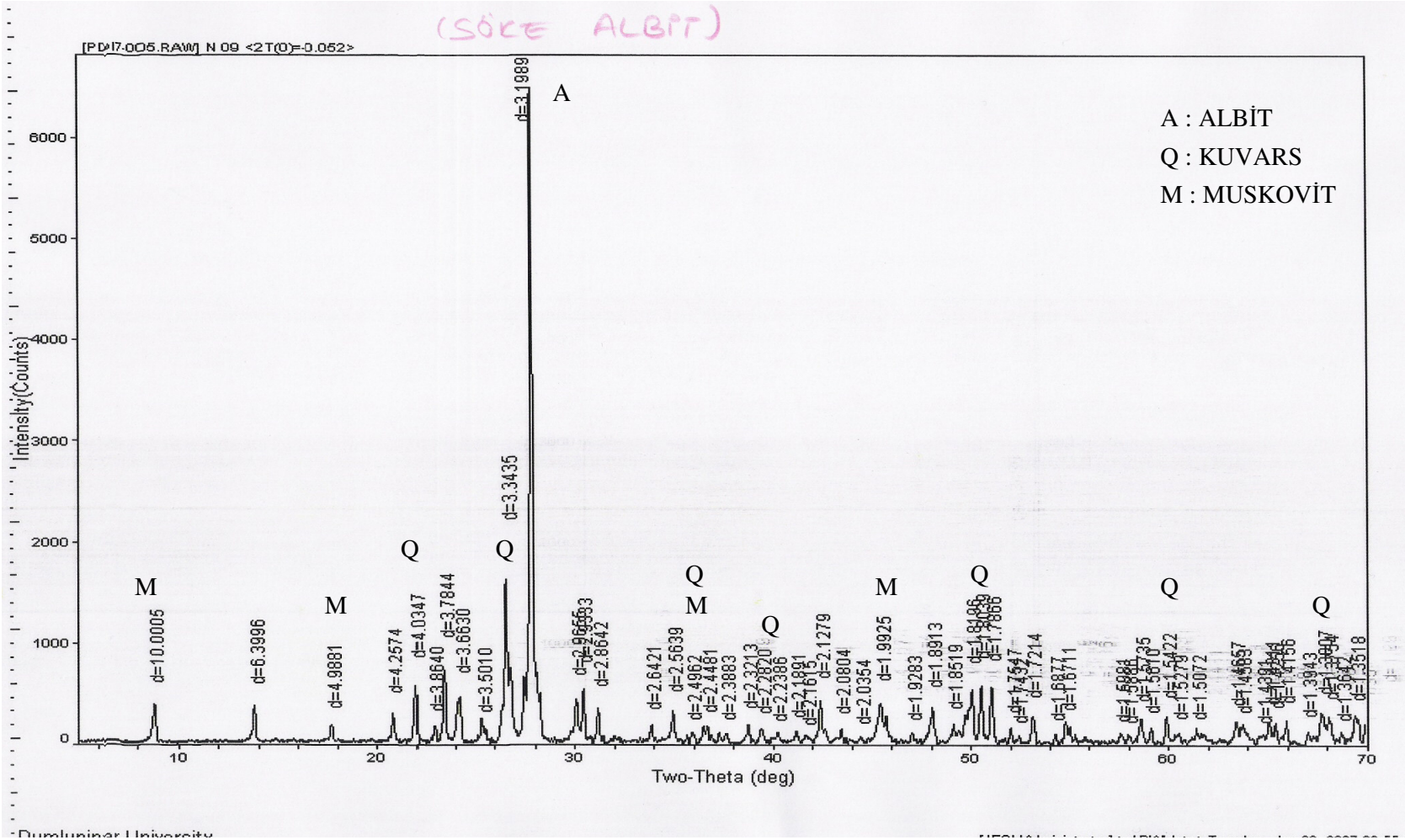
Şekil 3.4. Kil U 401 Xrd Patern Çekimi



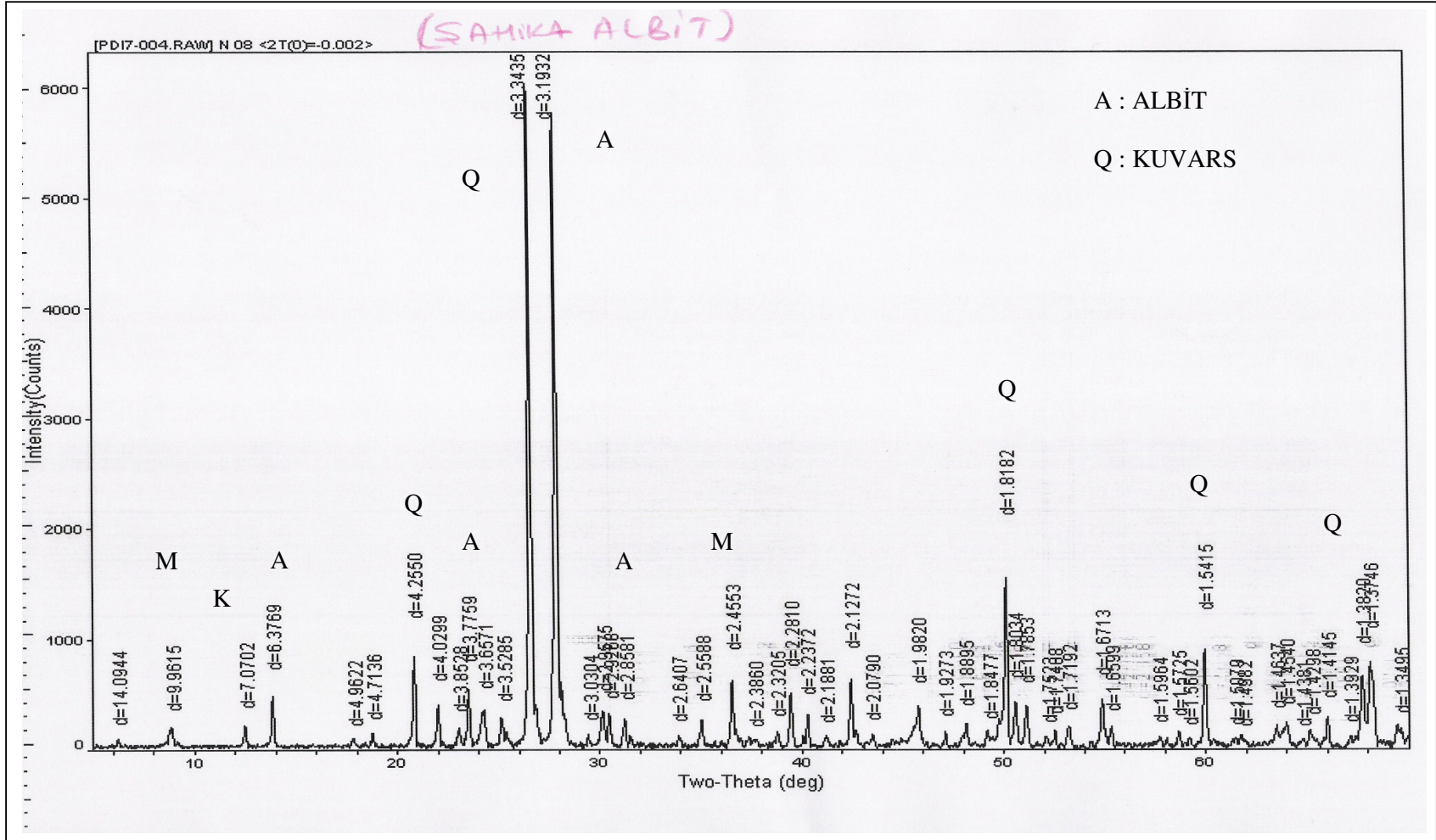
Şekil 3.5 .Kil MK 341 XRD Patern Çekimi



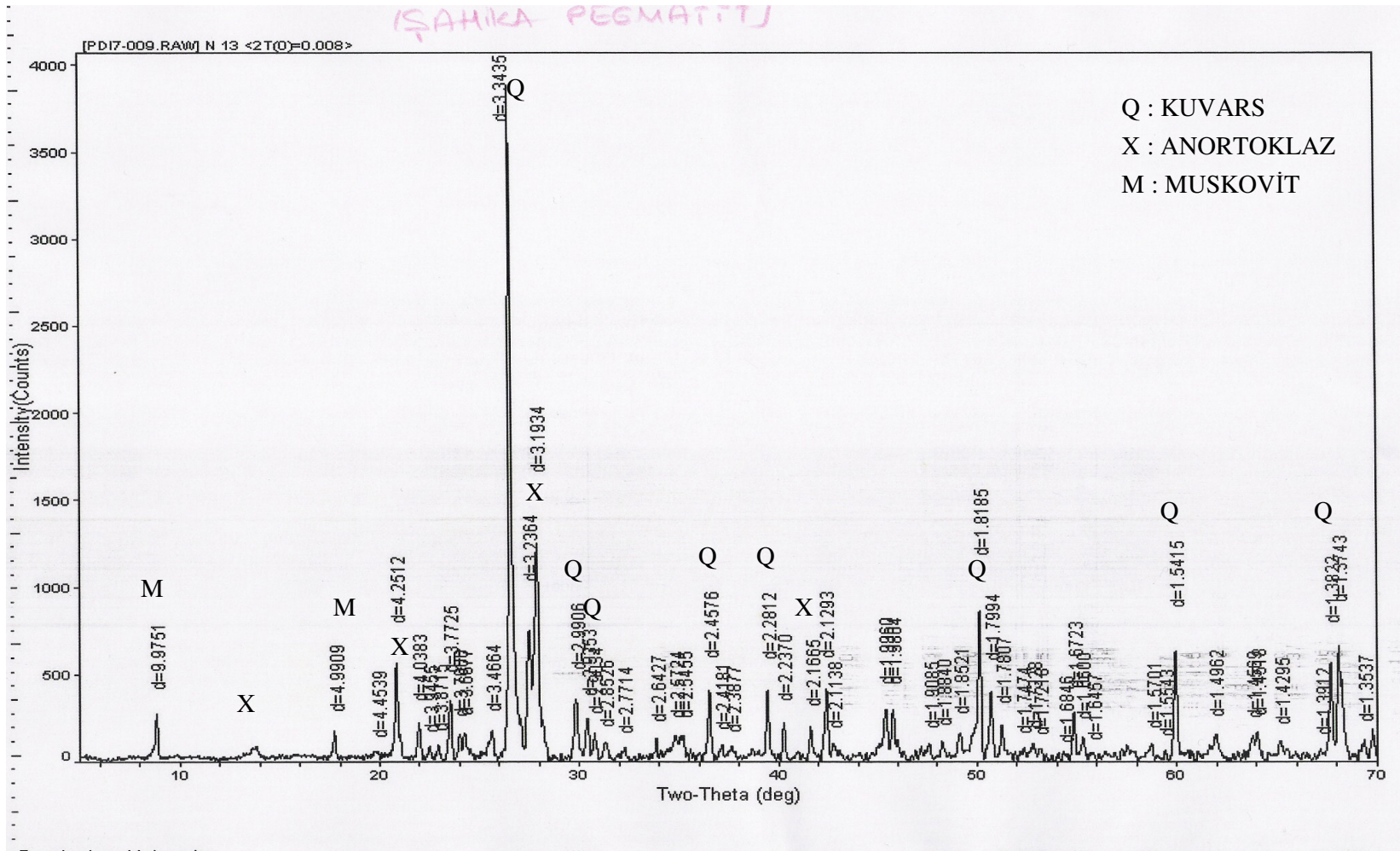
Şekil 3.6. Rus Kili XRD Patern Çekimi



Şekil 3.7. Söke Albit XRD Patern Çekimi



Şekil 3.8. Şahika Albit XRD Patern Çekimi



Şekil 3.9 Şahika Pegmatit XD Patern Çekimi

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi'nde yaptırılan XRF Analizi sonuçları aşağıdaki çizelge 3.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Hammaddelerin XRF Analizi sonuçları

KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI (XRF)								
	MG 166	U 401	102G	Ş.ALBİT	SÖKE A.	MK 341	RUS KİLİ	Ş.PEG.
SiO ₂	19,94	59,34	60,62	78,66	71,04	56,84	65,86	73,93
Al ₂ O ₃	3,46	25,12	24,95	11,58	18,06	22,03	20,83	14,81
Fe ₂ O ₃	0,69	3,41	2,69	0,73	0,57	3,54	0,85	0
MgO	34,98	0,66	0,4	0,86	0	0,79	0,39	0,14
CaO	2,28	0,46	0,39	0,78	0,46	1,95	0,56	1,01
MnO	0,02	0,02	0,01	0	0	0,02	0	0,03
Na ₂ O	0	0	0	5,65	6,03	0	0,95	2,39
K ₂ O	0,47	2,03	2,07	0,42	2,09	1,45	2,07	4,15
TiO ₂	0,18	1,1	1,17	0,19	0,31	0,85	1,3	0,05
P ₂ O ₅	0,06	0,08	0,1	0,19	0,23	0,05	0,08	0,1
SO ₃	0,24	0,14	0,12	0,02	0,01	0,16	0,06	0,03
K.K.	38,48	8,5	8,6	1,5	1,07	10,77	6,7	1,5
Toplam	100,8	100,86	101,12	100,58	99,87	98,45	99,65	98,14

Kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında Rus kilini diğer killerden ayıran en önemli fark bünyesinde %0,95 oranında Na₂O içermesidir. Diğer killerde Na₂O hiç yoktur. SiO₂ ve Al₂O₃ oranı diğer killere hemen hemen aynı orandadır. Ayrıca demir oranı da diğer killere kıyasla daha azdır. Kızdırma kaybı da düşüktür.

XRD sonuçlarında da Rus Kilin kuars, illit ve kaolinit içerdiği görülmektedir. Diğer killerden pek farklı olmadığı görülmektedir.

3.2. Karışım Hazırlama

Şahit reçete olarak fabrikada kullanılmakta olan reçete baz alınmıştır. Şahit reçete ile deneme reçetelerin test çalışmalarının birebir karşılaştırılabilmesi için, öncelikle şahit reçetenin laboratuvar ortamında yapılan test sonuçları belirlenmiştir.

Test çalışması 4 grup halinde yapılmıştır:

I grup çalışmada; şahit reçetede rus kili miktarı %35'den %25, %20 ve %15'e düşürülmüş, Söke albit %47'den %46'ya düşürülmüş, MK341 kili %13, %18 ve %21 oranında katılarak karışımlar hazırlanmıştır.

II grup çalışmada; Şahit reçetede rus kili miktarı %35'den %25 ve %20'ye düşürülmüş, rus kili yerine 102G kili %10 ve %15 oranında kullanılarak karışımlar hazırlanmıştır.

III grup çalışmada; şahit reçetede rus kili miktarı %35'den %33, %31 ve %26'ya düşürülmüş, bunun yerine Söke albit %47'den %49, %51 ve %56'ya yükseltilmiştir.

IV grup çalışmada; Rus kili %35'den %13, %10 ve %9'a düşürülmüş, Söke albit %47'den %48'e çıkarılmış, MK341 kili %21 oranında kullanılmış, S401 kili %4'den %7'ye çıkarılmış, Magnezyum 166'da %1'den %2'ye çıkartılarak karışımlar hazırlanmıştır.

Hammadde karışımı homojen bir karışım sağlamak üzere elek bakiye değeri 5,0 - 5,5 olana kadar 26 dakika Jet değirmende sulu öğütülmüştür. Reçeteler 700 gr kuru hammadde üzerinden hazırlanmış ve % 33 oranında su ve % 0,27 elektrolit kullanılarak 26 dk öğütüldü. Endüstride seramik yer karosu üretiminde 63 µ elek bakiyesinin % 5-5,5 civarında olması istenmektedir. Öğütme için bu değer baz alınmış ve elek bakiyesinin bu değere yakın olması hedeflenmiştir.

Öğütülen süspansiyonların litre ağırlığı, viskozitesi ölçülmüştür. Daha sonra süspansiyonlar etüvde 110 °C de suyu tamamen uzaklaşmaya kadar kurutulmuş ve nemlendirilerek bir gün dinlendirilmiştir.

3.3. Şekillendirme

105±5°C'de birgün boyunca kurutulan karışım %5 civarında nem ilavesi ile nemlendirilerek hidrolik preste (60 bar), 5 cm x 10 cm ebatında preslenmiştir. Daha sonra ham mukavemet, kuru mukavemeti bakılmak üzere numuneler ayrılmıştır.

Çizelge 3.3 Granül Dağılımı

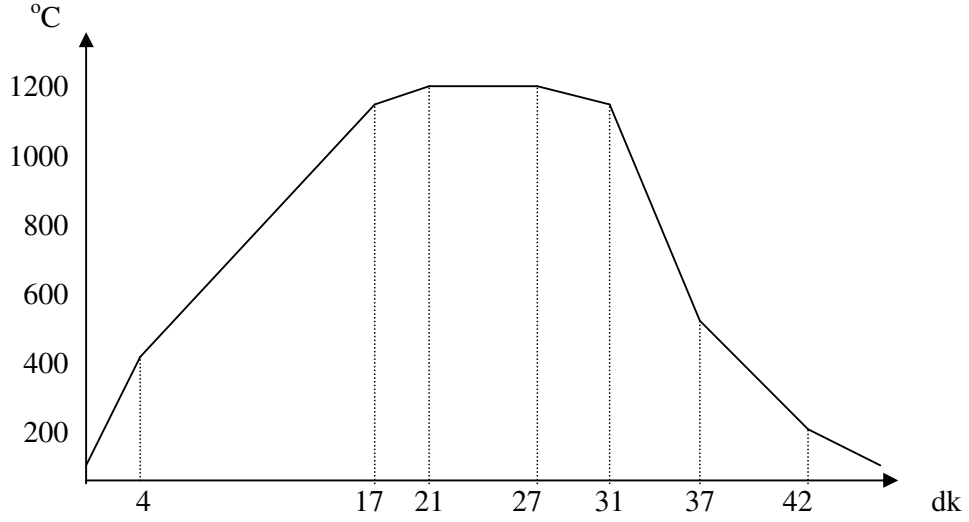
GRANÜL	600µ	430µ	300µ	250µ	180µ	125µ	-125µ
DAĞILIMI:	1,87	14,21	35,16	14,68	18,36	10,28	5,20

3.4. Kurutma

Kurutma, kuru preslemeyle şekillendirilen malzemelerde sorunsuz bir prosestir. Çünkü çok düşük nem oranlarıyla çalışılmaktadır. Karolar etüvde 110 °C de 60 dk süre ile kurutulmuştur. Karolar kurutulduktan sonra boyutları kumpasla ölçülmüş ve ağırlıkları tespit edilmiştir.

3.5. Sinterleme

Şekillendirilip, kurutulan karolar maksimum noktasında 1200 °C sıcaklığa sahip rulolu işletme fırınında 42 dk sürede pişirilmiştir. Fırın rejimi şekil 3.10 deki gibidir.



Şekil 3.10. Fırın rejimi

4 dk' da	450 °C ye çıkıyor (Hızlı ısıtma)	4. dk
13 dk' da	1150 °C ye çıkıyor (Isıtma)	17. dk
4 dk' da	1200 °C ye çıkıyor (Sinter bölgesi)	21. dk
6 dk'	1200 °C ye duruyor (Sinter bölgesi)	27. dk
4 dk' da	1150 °C ye iniyor (Sinter bölgesi)	31. dk
6 dk' da	600 °C ye iniyor (Hızlı soğutma)	37. dk
5 dk' da	200 °C ye iniyor (Soğutma)	42. dk

3.6. Yapılan Testler

Şekillendirilen ve pişirilen numunelerin: Ham Mukavemet, Kuru Mukavemet, Pişmiş Mukavemet, Kuru Küçülme, Pişme Küçülmesi, Su Emme, Kesme Kontrolü, Aşınma Testi, L.a.b. değerleri ölçülmüştür.

3.6.1. Litre Ağırlığı Deneyi

Öğütülen massenin içindeki kuru madde ile su oranlarının en anlaşılır şekilde belirlenmesi ve standartlara uygunluğunun kontrolü, massenin litre ağırlığının ölçülmesi ile yapılır.

Masseyi oluşturan hammadde türleri ve hazırlamada kullanılan su miktarı massenin litre ağırlığını belirleyen iki önemli etkidir. Öğütmede değirmene fazla su girdiğinde litre ağırlığı düşük çıkar ve düşük litre ağırlıklı masse kurutucudan geçerken granül ince ve tozlu olduğundan kullanılamayacaktır. Değirmenin suyu eksik olursa da litre ağırlığı yüksek çıkacaktır. Değirmenin elek üstü bakiyesi yüksek çıkacağından, dönme süresi artacaktır.

Litre ağırlığı şu şekilde hesaplanmıştır:

200 ml hacimli, silindir şekilli haznenin önce darası alındı (1.tartım). Süspansiyon içine doldurulduktan sonra tekrar tartıldı (2. Tartım) ve aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$2. \text{ Tartım} - 1. \text{ Tartım} = Y \text{ gr (masse miktarı)}$$

Bu değer 200 ml hacim için olduğundan dolayı 1000 ml nin ağırlığını bulmak için 5 ile çarpılır.

2.6.2. Viskozite

Bir sıvının, bir kuvvet etki ettirildiğinde bu kuvvete karşı gösterdiği iç dirence viskozite denir. Tane boyut dağılımı ve katı içeriği süspansiyonların akış davranışlarında önemli rol oynar. Fakat tek başlarına akışı kontrol edemezler.

Viskozite ölçümleri lehman viskozitemetresinde (4'lük fordkap kullanılarak) yapılmıştır. Bu deneyde sabit bir hacme sahip haznenin içine süspansiyon doldurulur ve akış süresi tespit edilir. Viskozite yüksek ise akma yavaş olur.

3.6.3. Elek Bakiyesi Deneyi

Endüstride ve yapılan araştırmalarda öğütülen masselerin tane boyut dağılımlarını bilmek çok önemlidir. Öğütmenin istediğimiz oranda gerçekleşip gerçekleşmediğini ancak elek analizi sonuçları ile yorumlayabiliriz.

100 'er gram civarında masse alınarak 63 µ 'luk elekden elendi ve katı kısımlar bir kaba alınarak etüvde 105 °C de kurutuldu. Daha sonra % elek bakiyesi hesap edilmiştir.

Elek bakiye kontrolü şu şekilde yapılır;

- a) Değirmenden bir miktar masse alınır. (A gr) Bu süspansiyon 63 µ luk elekten elenir. Eleğin altından berrak su çıkıncaya kadar su ile yıkanır. Elek üstünde kalan kısım darası alınmış saat camına alınarak etüvde kurutulur ve tartılır. (B gr)
- b) Değirmenden bir miktar masse alınır ve tartılır. (C gr) Daha sonra alınan masse etüvde kurutulur ve tartılır. (D gr) (Kartal 2000)

$$\begin{array}{r} C \text{ gr massede} \quad D \text{ gr katı varsa} \\ A \text{ gr massede} \quad X \text{ gr katı vardır} \\ \hline \end{array}$$

$$X = A.D / C$$

$$\begin{array}{r} X \text{ gr katı madde elenip} \quad B \text{ gr elek üstü kalırsa} \\ 100 \text{ gr katı madde elenip} \quad Y \text{ gr elek üstü kalır} \\ \hline \end{array}$$

$$\% Y = 100.B / X$$

3.6.4. Kuru, Pişme ve Toplu Küçülme Deneyleri

Seramik masseler şekillendirildikten sonra kuruma boyunca ilave edildiği su oranına, pişme sürecinde de pişirildikleri sıcaklık derecesine bağlı olarak farklı boyutlarda küçülme gösterir.

Kurutmada şekillendirmeye bağlı bir küçülme olur. Kuru şekillendirmede nem oranı % 5-6 civarında olduğu için kuruma küçülmesi çok azdır. Massedeki su miktarı ne kadar fazla ise kurutma sırasında küçülmesi o kadar fazla olur. Yoğrulma suyu buharlaşır ve taneler birbirine yaklaşarak küçülme meydana gelir. Yüzey suyu atılıncaya kadar küçülme doğru orantılıdır. Tane içindeki su atılmaya başlayınca orantılı bir küçülme yoktur. İri taneler daha az su tutar ve daha az küçülme gösterirler. Şekillendirme suyunun azlığı nedeni ile kuru olarak şekillendirilmiş parçaların kuru küçülmeleri çok küçük olur. Bu da toplu küçülmeyi etkilediğinden üretilen parçaların mümkün olduğu kadar istenen boyutlarda fırından çıkması sağlanır. Şekillendirme suyunun az olması bazı kurutma avantajlarını da getirir. Bunlar kurutma süresi ve kurutma hatalarının az oluşu gibi. (Geçkinli 1991, Kartal 2000)

Eğer malzemelerin pişme işlemleri aynı ise pişme küçülmeleri aynı eğilimdedir. Küçülmenin kontrolü, tane boyut dağılımının kontrolüne, çamurun katı içeriğinin kontrolüne ve kimyasalların ilavelerine bağlıdır.

Kurutulan bir mamul şekillendirme suyunu tamamen verinceye kadar küçülür. Kuru küçülmeyi izleyen aşamada, mamul pişirildiğinde de küçülme sürer. Bu kez küçülmenin nedeni, mamulün şekillendirme suyu olmayıp, yapısındaki organik maddelerin yanması, gazların uzaklaşması, kristal suyunun ayrılması ve yeni fazların oluşumudur. Pişme küçülmesi sinter derecesiyle bağlantılı bir özelliktir. Belirli bir duruma kadar sinterleme derecesiyle ters orantılıdır. Küçülme ne kadar fazla ise pişirme o kadar iyidir. Yoğunluk değişimine sebep olan yeni faz oluşumları da bu özelliği etkilemektedir. Bu nedenle pişme esnasında küçülme yerine genleşmelerde görülebilir. Tipik bir örnek silika mamullerdir. Pişme sıcaklığı arttıkça veya tane

boyutu azaldıkça, pişme küçülmesi ve buna bağlı olarak da toplu küçülme değerleri artar.(Geçkinli 1991, Sümer 1998)

Küçülmenin kontrolü tane boyut dağılımının kontrolüne, massenin katı içeriğinin kontrolüne ve kimyasalların ilavelerine bağlıdır. Tane boyut dağılımındaki değişimler ham ürünün paketleme yoğunluğu, gözenekliği, gözenek boyut dağılımını değiştirir. Aynı zamanda ham yoğunluk ve pişme küçülmesi artar.

Tane boyutu ile yüzey gerilimi doğru orantılıdır. Tane boyutun azaltılması ile yüzey gerilimi düşer ve bunun sonucu olarak malzemelerinin büzülmesi artar. Bu artış beraberinde daha iyi yoğunlaşmayı getirir. Seramiklerde tek bir boyutta tane istenmez. Çünkü iri tanelerin arasına ince taneler girerek yoğunlaşmanın daha da iyi olması sağlanır. (Kartal 2000)

Küçülmelerin ölçülmesi için, hazırlanan deney numuneleri şekillendirildikten sonra boyutları kumpas ile ölçülerek birim uzunlukları belirlenmiştir. Numuneler 110 °C de etüvde 1 saat kurutulduktan sonra kuru uzunluklar kumpas ile ölçülmüştür. Numuneler 1200 °C de pişirim yapan rulolu fırınlarda pişirilerek, pişmiş boyutları belirlenmiştir.

Aşağıdaki formüllere göre % kuru, % pişme ve % toplu küçülmeler hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Kuru Küçülme} = \frac{\text{Pres Çıkışı Uzunluk} - \text{Kuru Uzunluk}}{\text{Pres Çıkışı Uzunluk}} \times 100$$

$$\% \text{ Pişme Küçülmesi} = \frac{\text{Kuru Uzunluk} - \text{Pişmiş Uzunluk}}{\text{Kuru Uzunluk}} \times 100$$

$$\% \text{ Toplu Küçülme} = \frac{\text{Pres Çıkışı Uzunluk} - \text{Pişmiş Uzunluk}}{\text{Pres Çıkışı Uzunluk}} \times 100$$

3.6.5. Mukavemet Deneyi

Bu deney ile ölçülmek istenen mamulün santimetre karesinin kuru ve pişmiş halde iken basınca gösterdiği dirençtir. (Geçkinli 1991)

Kuru mukavemetin önemi ürünün bantlar üzerinden taşınması sırasında çeşitli darbelere karşı kırılmadan dayanıklı olmasıdır. Kuru direnci etkileyen önemli faktörlerin başında mamulün kuruma süresi ve sıcaklığı gelir. Düşük sıcaklıkta veya yetersiz bir kurutma ile kurutulan mamullerin kuru dirençleri az olur.

Seramik bünyeler kurutuldukları zaman, dirençleri artar Kuruyan bir massede taneciklerin yüzeysel alanı, kuru direnç ile ilişkilidir. Ayrıca bilinmelidir ki, kil tarafından absorbe edilen suyun son kalıntıları sonuçta bünyede kalır ve yalnızca yüksek sıcaklıkta kaybedilir. Kalan su tüm taneciklerin yüzeyini kaplayan ince bir film tabakası oluşturur. Tanecikler birbirine değdiğinde bu film tabakaları kaynaşarak bütün bünyeyi kapsayan bir sürekli kabuk oluşturur. Taneciklerin değme noktaları ne kadar fazlaysa bünyenin direnci o kadar fazladır. Yani ince taneli massenin mukavemeti daha fazladır. Temasta bulunana yüzeysel alanlar büyük oldukça massenin de mukavemeti daha yüksek olur. Bu nedenle taneleri mümkün olduğunca küçük ve tabaka şeklinde olan killer ve benzeri hammaddelerin daha yüksek kuru mukavemetleri vardır. (Sümer 1998)

Seramik bünyelerin kuruyunca dirençlerinin artmasına karşın, esneklikleri azalır. Tamamen kurumuş bir bünyede, bağlayıcı kuvvetler katıdır ve kırılma olmadan hiçbir deformasyon olmaz. Bu nedenle mamuller yaş aşamada daha iyi işlenir ve şekillenir. (Sümer 1998)

Pişme esnasında difüzyon hızlandığından birbiri ile temas halinde olan taneler arasında özellikle yüzeyde yer alan karşılıklı atom difüzyonu sonucu taneler birbirine aralarında boyun oluşturarak kenetlenir. Böylece porozite miktarı azalır ve densifikasyon sağlanır. Pişme esnasında kristal değişikliği, cam faz oluşumu ve yer değiştirme reaksiyonları meydana gelir. Bütün bu olayların sonucunda seramik massenin pekişmesi sağlanır. Bu da malzemeye mukavemet kazandırır. (Kartal 2000)

Ham karo etüvde tamamen kurutulduktan sonra, pişmiş karo ise pişirme işleminden sonra 3 noktalı eğme test cihazı ile kg/cm^2 cinsinden ne kadar yüke dayandığı ölçülmüştür. Preslenecek hazırlanan kuru ve pişmiş numuneler kumpas ile ölçülmüştür. Daha sonra mukavemetlerine bakılmıştır.

Mukavemet cihazı numunenin üzerine yerleştirildiği iki mesnet ve yükleme parçasından oluşmaktadır. Bu mesnetler ve yükleme parçası kauçukla kaplıdır. Numunenin kırıldığı anda uygulanan yük dijital göstergeden okunabilmektedir. Mukavemet cihazında 2 destek arası mesafe (L) santimetre olarak ayarlanmıştır. Deney numunesi mesnetlere göre simetrik olacak ve mesnetlerle yükleme kolu numunenin her iki tarafında aynı miktarda taşacak şekilde yerleştirilmiştir. Mukavemet cihazı çalıştırılarak, yükleme parçasının devamlı artan bir kuvvetle, kırılma meydana gelene kadar uygulanması sağlanmıştır. Kırılma anında dijital göstergeden okunan kırılma ağırlığı formülde yerine konularak karoların kırılma mukavemetleri hesaplanmıştır.

$$\text{Mukavemet} = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

P = Uygulanan Yük (kg/cm²)
L = Mesnetler arası uzaklık (cm)
b = Karonu kırılma kesitindeki boyu (cm)
d = Karonu kırılma kesitindeki kalınlığı (cm)

3.6.6. Su Emme Deneyi

Su emme; pişen bir mamulün açık porlarına alabildiği su olarak tanımlanır. Seramik bünyelerde su emme ve gözeneklilik, pişme sıcaklığına ve bünyede oluşan camsı faz miktarına göre değişiklik gösterir.

Su emme değerleri ile mamulün sinterlenmesi, mukavemeti hakkında fikir edilebilir. Su emme düşük ise mukavemeti yüksek, gözenekliliği düşük ve sinterlenmesi iyi olmuş demektir. Çoğu mamullerde standartlar dahilinde ön görülmüş su emme değerleri vardır. Porselende ve dış mekanlara döşenen karolarda sıfır olması istenir. Dış etkileri altında gözeneklere su girer ve burada donması ile genişler ve bünyede tahribata yol açar.

Bisküvi pişirimi yapılmış numuneler hassas bir şekilde elektronik terazide tartılmıştır (kuru ağırlık). Numuneler su emme kabına birbirine ve kabın cidarlarına değmeyecek şekilde yerleştirilir. Numunelerin üzerini örtecek şekilde su doldurulup, kap alttan ısıtılmaya başlanmış ve kaynamaya başladığı andan itibaren 3 saat süreyle kaynatma işlemi devam etmiştir. Kaynatma işleminden sonra suyun oda sıcaklığına kadar soğuması beklenip numuneler sudan çıkarılmıştır. Yüzeylerindeki fazla sular bir bezle alınarak tekrar hassas bir şekilde tartılarak (yaş ağırlık) sonuçlar kaydedilmiştir ve bu sonuçlara göre aşağıdaki eşitlik yardımı ile su emme değerleri hesaplanmıştır.

$$\% \text{ su emme} = \frac{\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}}{\text{Kuru ağırlık}} \times 100$$

4. BULGULAR

Deneysel çalışmaların başlangıcında şahit reçete olarak fabrikada kullanılan reçete baz alınmıştır.

Deneysel çalışma için oluşturulan reçetelerin şahit reçete ile karşılaştırılabilmesi için, şahit reçetenin laboratuvar ortamında test sonuçları belirlenmiştir.

Deneysel çalışmalar 4 grup halinde yapılmıştır. I. grup çalışmada şahit reçetede ki rus kili miktarı azaltılarak MK 341 kili artırılmış, II. grup çalışmada rus kili azaltılarak 102G kili artırılmış, III. grup çalışmada rus kili miktarı azaltılarak Söke albit artırılmış ve IV. grup çalışmada ise rus kili azaltılarak S401 kili ve Magnezyum 166 artırılmıştır.

4.1. Şahit Reçete (% 35 Rus Kili)

Şahit reçetede kullanılan hammaddelerin % oranları çizelge 4.1’de, seger hesapları çizelge 4.2’de ve sonuçları çizelge 4.3’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1 Şahit reçete

HAMMADDE	%MİKTAR
Rus Kili	35
Çelikkol Kaolen	5
Söke Albit	47
Silis	8
MK 341	-
S 401	4
102 G	-
Kil 166	1
Toplam	100

Çizelge 4.2. Şahit Reçetenin Seger Hesabı

	%
SiO ₂	70,49
Al ₂ O ₃	17,75
Fe ₂ O ₃	0,76
TiO ₂	0,67
CaO	0,46
MgO	0,52
Na ₂ O	3,17
K ₂ O	1,82
Kızdırma Kaybı	4,04
Eriticilik Faktörü	14,96
Ergime Sıcaklığı	1474,72
Genleşme Katsayısı	66,83
Yüzey Gerilimi	342,74

Çizelge 4.3. Şahit Reçete Deney Sonuçları

Maliyet	49,389 YTL
Litre Ağırlığı	1685 kg/cm ³
Viskozite	15 sn
Elek Bakiye	% 5,2
Fırın Süresi	42 dk
Fırın Sıcaklığı	1200 °C
Ham Boyut	100,55 mm
Kuru Boyut	100,50 mm
Pişmiş Boyut	97,2 mm
Ham Mukavemet	1,4 kg/cm ²
Kuru Mukavemet	4,7 kg/cm ²
Pişmiş Mukavemet	11,3 kg/cm ²
Kuru Ağırlık	65,63 gr
Pişmiş Ağırlık	58,26 gr
Su Emme	% 0,6

4.2. I. Grup Deneylerin Sonuçları

Denemelerde kullanılan şahit reçetede ile I. Grup için düzenlenen 3 farklı reçetede kullanılan hammadde % oranları çizelge 4.4'de, Seger hesapları 4.5'de, maliyet ve deney sonuçları 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Şahit Reçete ile I.Grup Deneylerde Kullanılan 1,2 ve 3 Nolu Reçetelerin Hammadde % Oranları

HAMMADDE	Şahit Reçete	1.Reçete	2.Reçete	3.Reçete
Rus Kili %	35	25	20	15
Çelikkol Kaolen %	5	5	5	5
Söke Albit %	47	46	46	46
Silis Kumu %	8	8	8	8
MK 341%	-	13	18	21
S 401 %	4	4	4	4
102 G %	-	-	-	-
Mg 166 %	1	1	1	1
Toplam %	100	102	102	100

Çizelge 4.5. I.Grup Reçetelerin Seger Hesabı

	Şahit Reçete	1.Reçete	2.Reçete	3.Reçete
SiO ₂ %	70,49	70,58	70,13	68,54
Al ₂ O ₃ %	17,75	18,35	18,41	18,03
Fe ₂ O ₃ %	0,76	1,13	1,27	1,33
TiO ₂ %	0,67	0,65	0,62	0,58
CaO %	0,46	0,66	0,73	0,76
MgO %	0,52	0,58	0,6	0,61
Na ₂ O %	3,17	3,01	2,97	2,92
K ₂ O %	1,82	1,78	1,75	1,69
Kızdırma Kaybı %	4,04	4,76	4,96	4,95
Eriticilik Faktörü	14,96	15,1	15,22	15,37
Ergime Sıcaklığı	1474,72	1474,08	1471,73	1469,99
Genleşme Katsayısı	66,83	68,01	68,01	66,71
Yüzey Gerilimi	342,74	349,55	349,37	341,94

Çizelge 4.6 I.Grup Reçetelerin Deney Sonuçları

	Birim	Şahit Reçete	1.Reçete	2.Reçete	3.Reçete
Maliyet	YTL	49,389	47,176	45,535	42,967
Litre Ağırlığı	kg/cm ³	1685	1660	1650	1665
Viskozite	sn	15	15	16	15
Elek Bakiye	%	5,2	5,1	5,3	5,2
Fırın Süresi	dk	42	42	42	42
Fırın Sıcaklığı	°C	1200	1200	1200	1200
Ham Boyut	mm	100,55	100,55	100,56	100,53
Kuru Boyut	mm	100,5	100,51	100,51	100,48
Pişmiş Boyut	mm	97,2	97,9	98	97,6
Ham Mukavemet	kg/cm ²	1,4	1,3	1,4	1,5
Kuru Mukavemet	kg/cm ²	4,7	4,4	4,2	4,6
Pişmiş Mukavemet	kg/cm ²	11,3	10,3	10,5	10,9
Kuru Ağırlık	gr	65,63	65,13	65,22	65,35
Pişmiş Ağırlık	gr	58,26	59,43	59,65	59,12
Su Emme	%	0,6	0,9	0,8	0,7
Sertlik		6	5	5	6

Şahit reçetede %35 olan rus kili oranı, 1. reçetede %25'e düşürülmüş, yerine %13 oranında MK341 kili kullanılmış, Söke albit %47'den %46'ya düşürülmüştür. Diğer hammaddeler Çelikkol Kaolen, Silis Kumu, S401 kili ve Magnezit 166 sabit tutulmuştur.

Şahit reçetede 49,389 YTL/Ton olan maliyet, 1. reçetede 47,176YTL/Ton'a düşmüştür. Kuru mukavemet 4,7'den 4,4 'e düşmüş, pişme mukavemeti 11,3 den 10,3'e düşmüş, su emme % 0,6 dan % 0,9'a yükselmiştir. Sertlik 6'dan 5'e düşmüştür. Su emme değerinin standart değer olan % 0,6 dan yüksek olması ve sertliğin düşük olması reçetenin olumsuz yanları olmuştur.

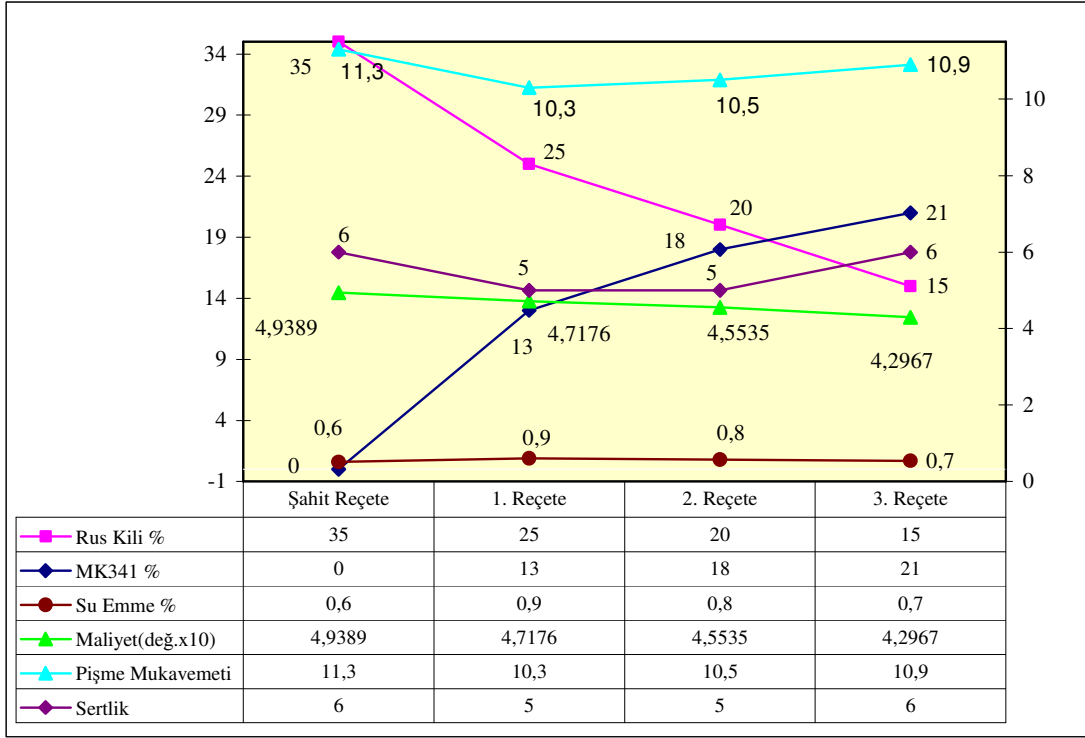
2. reçetede rus kili miktarı %20'ye dşürölmüş, MK341 kili %18'e yükseltilmiştir. Diğer hammaddelerin oranları sabit tutulmuştur.

2. reçetenin maliyeti şahit reçete ve 1. reçeteye oranla düşüş göstermiş 45,595 YTL/Ton olarak hesaplanmıştır. Kuru mukavemet değeri şahit reçetede % 4,7 iken 2 nolu reçetede 4,2'ye düşmüştür. Bu değer standartların (4) üstünde gerçekleşmiştir. Pişme mukavemeti 11,3 den 10,5'e düşmüştür, su emme % 0,6 dan % 0,8'e yükselmiştir. Sertlik değeri ise şahit reçetede 6 iken 2 nolu reçetede 5 olarak gerçekleşmiştir. Su emme değerinin standart değerin üstünde gerçekleşmesi olumuz bir sonuçtur.

3 nolu reçetede rus kili miktarı % 15, MK341 % 21 oranında kullanılmıştır. Diğer hammaddeler sabit tutulmuştur.

3 nolu reçetenin maliyeti 42,967 YTL/Ton olarak gerçekleşmiştir. Bu değer şahit reçete, 1 ve 2 nolu reçetelerden daha düşüktür. Ham mukavemet 1,5'e, kuru mukavemet 4,6'ya, pişme mukavemeti 10,9'a yükselmiştir. Su emme değeri şahit reçeteye yaklaşıarak diğer reçetelere göre düşüş göstermiş % 0,7 olarak gerçekleşmiştir. Sertlik değeri de şahit reçete ile aynı 6 olarak gerçekleşmiştir.

Su emme değerinin standartlara göre yüksek olmasına rağmen, diğer sonuçların olumlu olması, 3 nolu reçetenin işletme denemesi yapılması için önerilebileceğini göstermektedir. İşletme denemesi sonuçlarına göre MK341 kili oranı artırılabilir.



Şekil 4.1. Rus Kili ve MK 341 Kiline Bağlı Olarak Su Emme Değerinin Ve Maliyetin Değişimi

4.3. II. Grup Deneylerin Sonuçları

Denemelerde kullanılan şahit reçetede ile II. Grup için düzenlenen 2 farklı reçetede kullanılan hammadde % oranları çizelge 4.7’de, Seger hesapları 4.8’de, maliyet ve deney sonuçları 4.9’da sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Şahit Reçete ile II.Grup Deneylerde Kullanılan 4 ve 5 Nolu Reçetelerin Hammadde % Oranları

HAMMADDE	Şahit Reçete	4.Reçete	5.Reçete
Rus Kili %	35	25	20
Çelikkol Kaolen %	5	5	5
Söke Albit %	47	47	47
Silis Kumuru %	8	8	8
MK 341%	-	-	-
S 401 %	4	4	4
102 G %	-	10	15
Mg 166 %	1	1	1
Toplam %	100	100	100

Çizelge 4.8. II.Grup Reçetelerin Seger Hesabı

	Şahit Reçete	4.Reçete	5.Reçete
SiO ₂ %	70,49	68,54	70
Al ₂ O ₃ %	17,75	18,03	18,37
Fe ₂ O ₃ %	0,76	1,33	1,04
TiO ₂ %	0,67	0,58	0,65
CaO %	0,46	0,76	0,44
MgO %	0,52	0,61	0,52
Na ₂ O %	3,17	2,92	3,03
K ₂ O %	1,82	1,69	1,82
Kızdırma Kaybı %	4,04	4,95	4,33
Eriticilik Faktörü	14,96	15,37	14,81
Ergime Sıcaklığı	1474,72	1469,99	1476,43
Genleşme Katsayısı	66,83	66,71	67,56
Yüzey Gerilimi	342,74	341,94	345,71

Çizelge 4.9 II.Grup Reçetelerin Deney Sonuçları

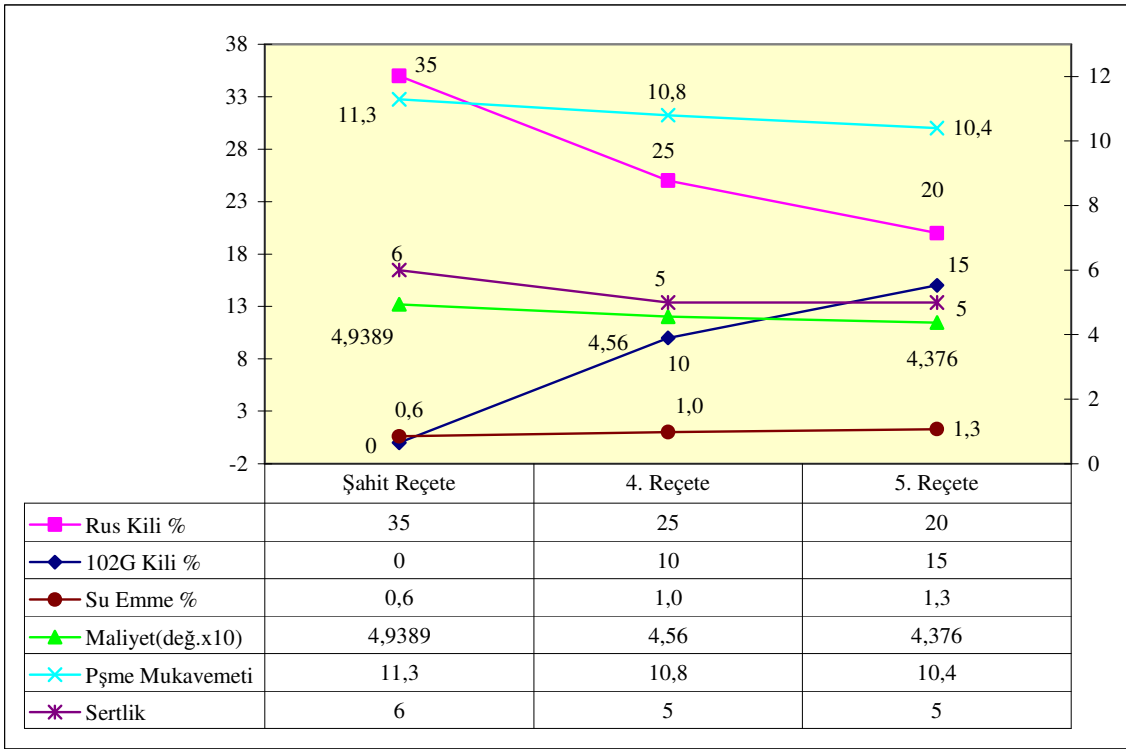
	Birim	Şahit Reçete	4.Reçete	5.Reçete
Maliyet	YTL	49,389	45,6	43,76
Litre Ağırlığı	kg/cm ³	1685	1670	1675
Viskozite	sn	15	15	15
Elek Bakiye	%	5,2	5,2	5,3
Fırın Süresi	dk	42	42	42
Fırın Sıcaklığı	°C	1200	1200	1200
Ham Boyut	mm	100,55	100,58	100,56
Kuru Boyut	mm	100,5	100,55	100,52
Pişmiş Boyut	mm	97,2	98,4	98,7
Ham Mukavemet	kg/cm ²	1,4	1,3	1,3
Kuru Mukavemet	kg/cm ²	4,7	4,5	4,6
Pişmiş Mukavemet	kg/cm ²	11,3	10,8	10,4
Kuru Ağırlık	gr	65,63	65,55	65,6
Pişmiş Ağırlık	gr	58,26	59,75	61,75
Su Emme	%	0,6	1,0	1,3
Sertlik		6	5	5

Şahit reçetede %35 olan rus kili miktarı 4 nolu reçetede %25'e düşürülmüş %10 oranında 102G kili kullanılmıştır. Diğer hammaddelerin oranları değiştirilmemiştir.

4 nolu reçetenin maliyeti 45,6 YTL/Ton olarak, şahit reçetenin maliyetinden daha düşük olarak gerçekleşmiştir. Ham mukavemet,kuru mukavemet ve pişmiş mukavemet değerleri şahit reçeteye oranla düşüktür. Su emme değeri şahit reçeteden çok yüksek olarak %1 oranında gerçekleşmiştir. Sertlik değeri ise 5 olarak gerçekleşmiştir. Su emme değerinin standartların üstün olması reçetenin işletmede kullanılmasını engellemektedir

5 nolu reçetede rus kili miktarı %20 oranında, 102G kili %15 oranında kullanılmıştır. Diğer hammaddelerin oranları değiştirilmemiştir.

5 nolu reçetenin maliyeti 43,76 YTL/Ton ile şahit reçete ve 4 nolu reçeteden daha uygundur. Ham mukavemet 1,3, kuru mukavemet 4,6, pişme mukavemeti 10,4 ile şahit reçetenin değerlerinin altında kalmıştır. Sertlik değeri de 5 olarak gerçekleşmiştir. Su emme değeri %1,3 olarak ölçülmüştür. Bu değer granitler için istenen standart değer olan %0,5-%0,6'nın çok üstünde bir değerdir. 102G kili granit reçetesinde olumlu sonuç vermemiştir. Bu yüzden kullanımı uygun değildir.



Şekil 4.2. Rus Kili ve 102 G Kiline Bağlı Olarak Su Emme Değerinin Ve Maliyetin Değişimi

4.4. III. Grup Deneylerin Sonuçları

Denemelerde kullanılan şahit reçetede ile III. Grup için düzenlenen 3 farklı reçetede kullanılan hammadde % oranları çizelge 4.10'da, Seger hesapları 4.11'de, maliyet ve deney sonuçları 4.12'de sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Şahit Reçete ile III.Grup Deneylerde Kullanılan 6,7 ve 8 Nolu Reçetelerin Hammadde % Oranları

HAMMADDE	Şahit Reçete	6.Reçete	7.Reçete	8.Reçete
Rus Kili %	35	33	31	26
Çelikkol Kaolen %	5	5	5	5
Söke Albit %	47	49	51	56
Silis Kumu %	8	8	8	8
MK 341%	-	-	-	-
S 401 %	4	4	4	4
102 G %	-	-	-	-
Mg 166 %	1	1	1	1
Toplam %	100	100	100	100

Çizelge 4.11 III.Grup Reçetelerin Seger Hesabı

	Şahit Reçete	6.Reçete	7.Reçete	8.Reçete
SiO ₂ %	70,49	70,59	70,69	70,5
Al ₂ O ₃ %	17,75	17,7	17,64	17,5
Fe ₂ O ₃ %	0,76	0,76	0,75	0,74
TiO ₂ %	0,67	0,65	0,63	0,58
CaO %	0,46	0,46	0,46	0,45
MgO %	0,52	0,51	0,5	0,48
Na ₂ O %	3,17	3,27	3,37	3,63
K ₂ O %	1,82	1,82	1,82	1,83
Kızdırma Kaybı %	4,04	3,93	3,82	3,53
Eriticilik Faktörü	14,96	15,14	15,31	15,74
Ergime Sıcaklığı	1474,72	1472,68	1470,64	1456,6
Genleşme Katsayısı	66,83	67,07	67,31	67,9
Yüzey Gerilimi	342,74	342,84	342,93	343,18

Çizelge 4.12 III.Grup Reçetelerin Deneý Sonuçlar

	Birim	Şahit Reçete	6. Reçete	7. Reçete	8. Reçete
Maliyet	YTL	49,389	48,44	47,45	45,15
Litre Ağırlığı	kg/cm ³	1685	1680	1670	1672
Viskozite	sn	15	14	14	15
Elek Bakiye	%	5,2	5,4	5,3	5,3
Fırın Süresi	dk	42	42	42	42
Fırın Sıcaklığı	°C	1200	1200	1200	1200
Ham Boyut	mm	100,55	100,54	100,56	100,52
Kuru Boyut	mm	100,5	100,51	100,53	100,47
Pişmiş Boyut	mm	97,2	97,5	97,7	97,4
Ham Mukavemet	kg/cm ²	1,4	1,2	1,1	1,1
Kuru Mukavemet	kg/cm ²	4,7	4,5	4,3	4,4
Pişmiş Mukavemet	kg/cm ²	11,3	11,2	11,5	11,9
Kuru Ağırlık	gr	65,63	65,92	65,48	65,41
Pişmiş Ağırlık	gr	58,26	61,24	61,77	61,57
Su Emme	%	0,6	0,7	0,6	0,5
Sertlik		6	6	6	6

III.grup deneýlerde rus kili %35'den %33, %31 ve %26'ya düşürülmüş, bunun yerine söke albit %47 den %49, %51 ve %56'ya yükseltilmiştir.

Şahit reçetede %35 olan rus kili oranı 6 nolu reçetede %33 oranına düşürülmüş, şahit reçetede %47 olan söke albit %49 oranına yükseltilmiştir. Diğer hammadde oranları şahit reçetede kullanıldığı oranlarda tutulmuştur.

6 nolu reçetede maliyet 49,389 YTL/Ton dan 48,44 YTL/Ton a düşmüştür. Ham mukavemeti 1,2, kuru mukavemeti 4,5 ile şahit reçeteden düşük gerçekleşmiştir. Pişmiş mukavemet değeri şahit reçete ile hemen hemen aynı değerde 11,2'dir. Su emmesi ise

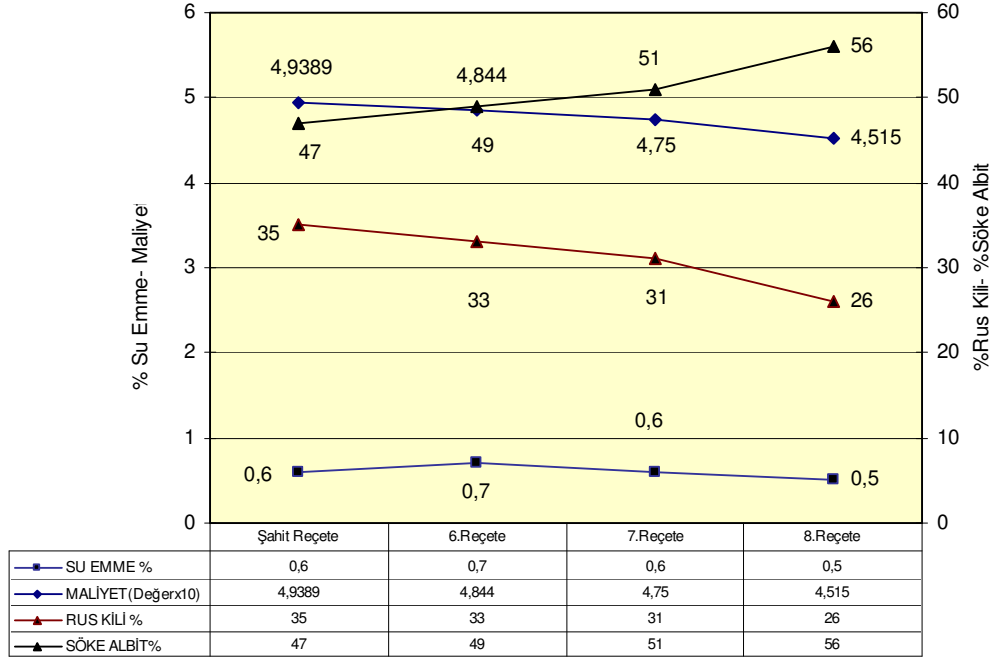
% 0,7 ile şahit reçetenin su emme değerine yaklaşmıştır. Sertlik değeri ise 6 olarak gerçekleşmiştir.

%31 oranında rus kili, %51 oranında söke albit kullanılarak hazırlanan 7 nolu reçetenin maliyeti 47,5 YTL/Ton olarak hesaplanmıştır. Ham mukavemet değeri 1,1'e kuru mukavemet değeri 4,3'e düşmüştür. Pişmiş mukavemet değeri 11,5'e yükselerek, şahit reçeteden daha yüksek çıkmıştır. Su emme ve sertlik değerleri de şahit reçete ile aynı oranda gerçekleşmiştir. Ham mukavemet ve kuru mukavemet değerleri işletme için problem yaratmaz ise, maliyet, su emme ve sertlik değerlerinde olumlu sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

8 nolu reçetede rus kili miktarı %26'ya düşürülmüş, söke albit miktarı %56'ya çıkarılmıştır. 45,15 YTL/Ton ile maliyeti şahit reçeteye göre düşmüş, ham ve kuru mukavemet değerleri şahit reçeteye oranla düşük gerçekleşmiştir. Pişme mukavemeti 11,9 ile şahit reçetenin pişmiş mukavemetinden de yüksek çıkmıştır. Su emme değeri %0,5 ile şahit reçeteden daha iyi çıkmıştır. Sertlik değeri de şahit reçete ile aynı oran 6 olarak gerçekleşmiştir.

Albit yüzdesi artırılarak, sıvı faz miktarının artırılması hedeflenmiştir. Sıvı faz miktarının artışı ile daha sıkı bir bünye elde edilerek, sert bir malzeme elde edilmiştir. 8 nolu reçete, şahit reçeteye oranla daha iyi sonuçlar vermiştir. Maliyet değerli kıyaslığında 49,389 YTL/Ton dan 45,15 YTL/Ton'a düşmüş, su emme yüzdesi 0,6 dan 0,5 e düşmüştür. Söke albitin artması ile daha sert bir bünye elde edilmesi nedeniyle pişme mukavemeti ve sertliği de şahit reçetenin değerleri üzerinde gerçekleşmiştir.

8 nolu reçete işletme denemesi için önerile bilinir ve işletme denemesi sonucuna göre reçetede iyileştirmeler yapılana bilinir.



Şekil 4.3. Rus Kili ve Söke Albite Bağlı Olarak Su Emme Değerinin ve Maliyetin Değişimi

4.5. IV. Grup Deneylerin Sonuçları

Denemelerde kullanılan şahit reçetede ile VI. Grup için düzenlenen 3 farklı reçetede kullanılan hammadde % oranları çizelge 4.13'de, Seger hesapları 4.14'de, maliyet ve deney sonuçları 4.15'da sunulmuştur.

Çizelge 4.13. Şahit Reçete ile IV.Grup Deneylede Kullanılan 9,10 ve 11 Nolu Reçetelerin Hammadde % Oranları

HAMMADDE	Şahit Reçete	9.Reçete	10.Reçete	11.Reçete
Rus Kili %	35	13	10	9
Çelikkol Kaolen %	5	5	5	5
Söke Albit %	47	48	48	48
Silis Kumu %	8	8	8	8
MK 341%	-	21	21	21
S 401 %	4	4	7	7
102 G %	-	-	-	-
Mg 166 %	1	1	1	2
Toplam %	100	100	100	100

Çizelge 4.14 IV.Grup Reçetelerin Seger Hesabı

	Şahit Reçete	9.Reçete	10.Reçete	11.Reçete
SiO ₂ %	70,49	68,64	68,45	67,99
Al ₂ O ₃ %	17,75	17,98	18,1	17,9
Fe ₂ O ₃ %	0,76	1,33	1,4	1,4
TiO ₂ %	0,67	0,56	0,56	0,55
CaO %	0,46	0,75	0,75	0,77
MgO %	0,52	0,6	0,65	0,95
Na ₂ O %	3,17	3,02	2,99	2,98
K ₂ O %	1,82	1,83	1,69	1,68
Kızdırma Kaybı %	4,04	3,53	4,89	5,21
Eriticilik Faktörü	14,96	15,54	15,56	16,29
Ergime Sıcaklığı	1474,72	1467,92	1467,75	1459,17
Genleşme Katsayısı	66,83	66,94	66,1	66,63
Yüzey Gerilimi	342,74	342,04	342,5	342,2

Çizelge 4.15 IV.Grup Reçetelerin Deney Sonuçlar

Birim	Şahit Reçete	9. Reçete	10. Reçete	11. Reçete
Maliyet YTL	49,389	42,03	40,98	40,74
Litre Ağırlığı kg/cm ³	1685	1675	1674	1683
Viskozite sn	15	15	15	15
Elek Bakiye %	5,2	5,1	5,2	5,3
Fırın Süresi dk	42	42	42	42
Fırın Sıcaklığı °C	1200	1200	1200	1200
Ham Boyut mm	100,55	100,54	100,55	100,53
Kuru Boyut mm	100,5	100,48	100,49	100,47
Pişmiş Boyut mm	97,2	97,8	97,8	97,6
Ham Mukavemet kg/cm ²	1,4	1,3	1,4	1,3
Kuru Mukavemet kg/cm ²	4,7	4,4	4,5	4,4
Pişmiş Mukavemet kg/cm ²	11,3	11	10,9	11,1
Kuru Ağırlık gr	65,63	65,35	65,33	65,33
Pişmiş Ağırlık gr	58,26	59,12	61,29	61,29
Su Emme %	0,6	0,8	0,8	0,6
Sertlik	6	6	5	6

IV. grup deneylerde Rus kili %35 den, %13, %10 ve %9'a düşürülmüş, Söke albit %47 den %48'e çıkarılmış, MK341 kili %21 oranında kullanılmış, S401 kili %4 den %7'ye çıkarılmış, magnezyum 166 da %1 den %2'ye çıkarılmıştır.

9 nolu reçete de %13 oranında rus kili, %48 oranında Söke albit, %21 oranında MK341 kili, %4 oranında söke albit, %1 oranında Magnezyum 166 kullanılmıştır.

9 nolu reçetenin maliyeti 42,03 YTL/Ton a düşmüştür. Ham,kuru ve pişmiş mukavemet değerleri de şahit reçetenin değerlerine yakın sonuçlar vermiştir. Su emme değerinin

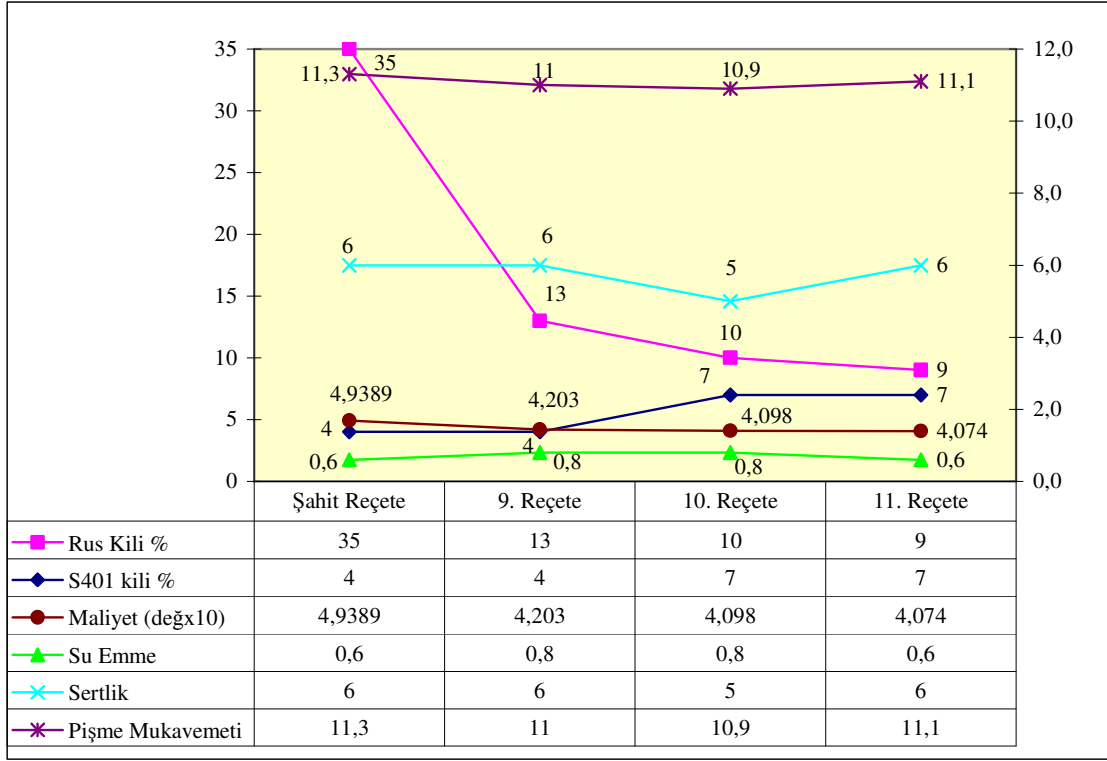
şahit reçeteye göre yüksek olması (0,8) reçetenin işletme şartlarında kullanımına olanak vermemektedir.

10 nolu reçetede rus kili %10'a düşürülmüş, söke albit %7'ye çıkartılmıştır. Ham mukavemet değeri 1,4'e yükselerek şahit reçete ile aynı değere sahip olmuştur. Kuru mukavemet değeri 4,5'e yükselerek şah reçetenin 4,7 değerine yaklaşmıştır. Pişmiş mukavemet değeri 10,9'a düşmüştür. Su emme değeri %0,8 ile şahit reçeteden yüksek gerçekleşmiştir. Sertliği ise 5 ile şahit reçeteye göre düşük gerçekleşmiştir.

11 nolu reçetede rus kili miktarı 1 puan düşürülerek %9'a olarak kullanılmıştır. Sıvı faz miktarını artırıp sert ve pekişmiş bir bünye elde etmek için magnezyum 166, 1 puan artırılarak %2 oranında kullanılmıştır.

Maliyet değeri şahit reçete ve diğer reçetelere oranla düşük gerçekleşmiştir. Magnezyum 166 nın artması ile pişme mukavemeti artarak 11,3'e yükseliş, su emme değeri %0,6 ile şahit reçete ile aynı değere sahip olmuştur.

11 nolu reçete işletme denemesi için önerile bilinir ve işletme denemesi sonucuna göre reçetede iyileştirmeler yapılana bilinir.



Şekil 4.4. Rus Kili ve S 401 Kiline Bağlı Olarak Su Emme Değerinin ve Maliyetin Değişimi

3.13. Reçetelerin Toplu Olarak Gösterimi

Denemelerde kullanılan şahit reçetede ile deneysel çalışmalar için hazırlanan reçeteler de kullanılan hammadde % oranları çizelge 4.16'a, Seger hesapları 4.17'de, maliyet ve deney sonuçları 4.18'da sunulmuştur.

Çizelge 4.16. Şahit Reçete ile Deneyleerde Kullanılan Reçetelerin Hammadde % Oranları

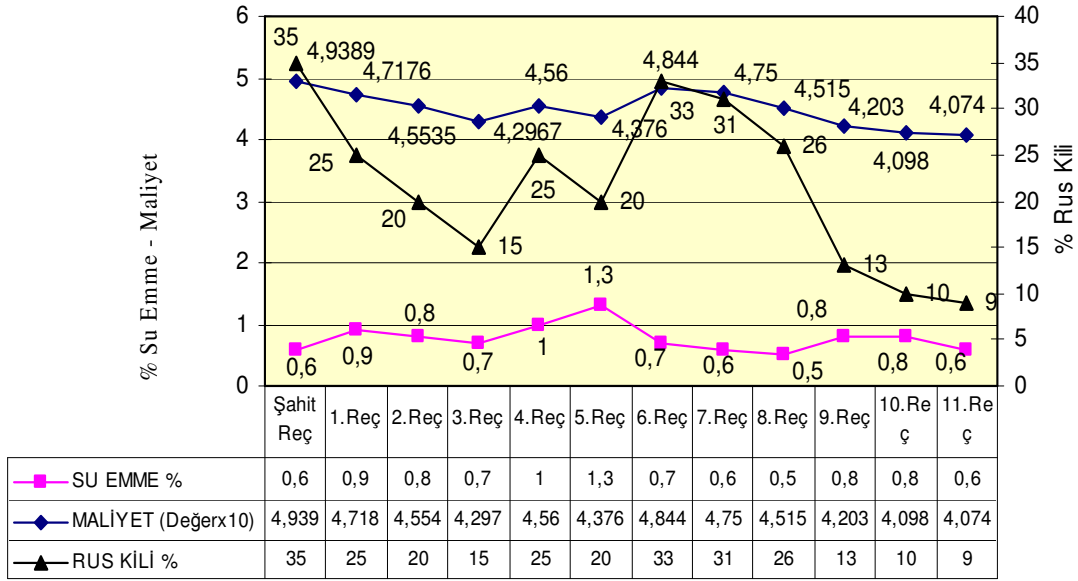
HAMMADDE	Şahit Reçete	1.Reçete	2.Reçete	3.Reçete	4.Reçete	5.Reçete	6.Reçete	7.Reçete	8.Reçete	9.Reçete	10.Reçete	11.Reçete
Rus Kili %	35	25	20	15	25	20	33	31	26	13	10	9
Çelikkol Kaolen %	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Söke Albit %	47	46	46	46	47	47	49	51	56	48	48	48
Silis Kumu %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
MK 341%	-	13	18	21	-	-	-	-	-	21	21	21
S 401 %	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	7	7
102 G %	-	-	-	-	10	15	-	-	-	-	-	-
Mg 166 %	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Toplam %	100	102	102	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Çizelge 4.17 Şahit reçete ve Deneme Reçetelerin Seger Hesaplar

	Şahit Reçete	1.Reçete	2.Reçete	3.Reçete	4.Reçete	5.Reçete	6.Reçete	7.Reçete	8.Reçete	9.Reçete	10.Reçete	11.Reçete
SiO ₂ %	70,49	70,58	70,13	68,54	68,54	70	70,59	70,69	70,5	68,64	68,45	67,99
Al ₂ O ₃ %	17,75	18,35	18,41	18,03	18,03	18,37	17,7	17,64	17,5	17,98	18,1	17,9
Fe ₂ O ₃ %	0,76	1,13	1,27	1,33	1,33	1,04	0,76	0,75	0,74	1,33	1,4	1,4
TiO ₂ %	0,67	0,65	0,62	0,58	0,58	0,65	0,65	0,63	0,58	0,56	0,56	0,55
CaO %	0,46	0,66	0,73	0,76	0,76	0,44	0,46	0,46	0,45	0,75	0,75	0,77
MgO %	0,52	0,58	0,6	0,61	0,61	0,52	0,51	0,5	0,48	0,6	0,65	0,95
Na ₂ O %	3,17	3,01	2,97	2,92	2,92	3,03	3,27	3,37	3,63	3,02	2,99	2,98
K ₂ O %	1,82	1,78	1,75	1,69	1,69	1,82	1,82	1,82	1,83	1,83	1,69	1,68
Kızdırma Kaybı %	4,04	4,76	4,96	4,95	4,95	4,33	3,93	3,82	3,53	3,53	4,89	5,21
Eriticilik Faktörü	14,96	15,1	15,22	15,37	15,37	14,81	15,14	15,31	15,74	15,54	15,56	16,29
Ergime Sıcaklığı	1474,7	1474,08	1471,73	1469,99	1469,99	1476,43	1472,68	1470,64	1456,6	1467,92	1467,75	1459,17
Genleşme Katsayısı	66,83	68,01	68,01	66,71	66,71	67,56	67,07	67,31	67,9	66,94	66,1	66,63
Yüzey Gerilimi	342,74	349,55	349,37	341,94	341,94	345,71	342,84	342,93	343,18	342,04	342,5	342,2

Çizelge 4.18 Şahit reçete ve Deneme Reçetelerin Deney Sonuçları

	Birim	Şahit Reçete	1. Reçete	2. Reçete	3. Reçete	4. Reçete	5. Reçete	6. Reçete	7. Reçete	8. Reçete	9. Reçete	10. Reçete	11. Reçete
Maliyet	YTL	49,389	47,176	45,535	42,967	45,6	43,76	48,44	47,45	45,15	42,03	40,98	40,74
Litre Ağırlığı	kg/cm ³	1685	1660	1650	1665	1670	1675	1680	1670	1672	1675	1674	1683
Viskozite	sn	15	15	16	15	15	15	14	14	15	15	15	15
Elek Bakiye	%	5,2	5,1	5,3	5,2	5,2	5,3	5,4	5,3	5,3	5,1	5,2	5,3
Fırın Süresi	dk	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Fırın Sıcaklığı	°C	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Ham Boyut	mm	100,55	100,55	100,56	100,53	100,58	100,56	100,54	100,56	100,52	100,54	100,55	100,53
Kuru Boyut	mm	100,5	100,51	100,51	100,48	100,55	100,52	100,51	100,53	100,47	100,48	100,49	100,47
Pişmiş Boyut	mm	97,2	97,9	98	97,6	98,4	98,7	97,5	97,7	97,4	97,8	97,8	97,6
Ham Mukavemet	kg/cm ²	1,4	1,3	1,4	1,5	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,3	1,4	1,3
Kuru Mukavemet	kg/cm ²	4,7	4,4	4,2	4,6	4,5	4,6	4,5	4,3	4,4	4,4	4,5	4,4
Pişmiş Mukavemet	kg/cm ²	11,3	10,3	10,5	10,9	10,8	10,4	11,2	11,5	11,9	11	10,9	11,1
Kuru Ağırlık	gr	65,63	65,13	65,22	65,35	65,55	65,6	65,92	65,48	65,41	65,35	65,33	65,33
Pişmiş Ağırlık	gr	58,26	59,43	59,65	59,12	59,75	61,75	61,24	61,77	61,57	59,12	61,29	61,29
Su Emme	%	0,6	0,9	0,8	0,7	1,0	1,3	0,7	0,6	0,5	0,8	0,8	0,6
Sertlik		6	5	5	6	5	5	6	6	6	6	5	6



Şekil 4.5. Rus Kili ve Diğer Hammadde Değişimlerine Bağlı Olarak Su Emme Değerinin ve Maliyetin Değişimi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Deneysel çalışmalar 4 grup halinde yapılmıştır. I. grup çalışmada şahit reçetedeki rus kili miktarı azaltılarak MK 341 kili artırılmış, II. grup çalışmada rus kili azaltılarak 102G kili artırılmış, III. grup çalışmada rus kili miktarı azaltılarak Söke albit artırılmış ve IV. grup çalışmada ise rus kili azaltılarak S401 kili ve Magnezyum 166 artırılmıştır.

Rus Kili yerine artan oranlarda MK 341 kili kullanılarak yapılan reçete denemelerimde karoların fiziksel özelliklerinde çok büyük değişiklikler görülmemiştir. Rus kili oranı %35 den % 25 düşürülmüş ve reçetenin fiziksel özelliklerinde çok büyük bir değişiklik gözlenmemiştir. Rus Kilinden daha ucuz olan MK 341 in kullanılması ile reçete maliyetlerinde düşüş olmaktadır.

Rus kili oranı % 35'den % 25'e düşürülüp, MK 341 kili % 11 oranında kullanıldığında; su emme değeri 0,6'an 0,9'a yükselmiştir. Ham mukavemet değerleri hemen hemen aynıdır. Kuru mukavemet değerleri 4,7'den 4,4'e, pişmiş mukavemet değerleri 11,3'den 10,3'e düşmüştür.

Rus kili oranı % 25'den % 20'e düşürülüp, MK 341 kili % 11 oranından % 16' ya çıkartıldığında ; su emme değeri 0,9'an 0,8'a düşmüştür. Ham mukavemet değerleri hemen hemen aynıdır. Kuru mukavemet değerleri 4,4'den 4,2'e düşmüş, pişmiş mukavemet değerleri 10,3'den 10,5'e yükselmiştir. Rus kili oranı %35 den % 20 düşürülmüş ve reçetenin fiziksel özelliklerinde çok büyük bir değişiklik gözlenmemiştir.

3 nolu reçetenin maliyeti 42,967 YTL/Ton olarak gerçekleşmiştir. Bu değer şahit reçete, 1 ve 2 nolu reçetelerden daha düşüktür. Ham mukavemet 1,5'e, kuru mukavemet 4,6'ya, pişme mukavemeti 10,9'a yükselmiştir. Su emme değeri şahit reçeteye yaklaşarak diğer reçetelere göre düşüş göstermiş % 0,7 olarak gerçekleşmiştir. Sertlik değeri de şahit reçete ile aynı 6 olarak gerçekleşmiştir.

Su emme değerinin standartlara göre yüksek olmasına rağmen, diğer sonuçların olumlu olması, 3 nolu reçetenin işletme denemesi yapılması için önerilebileceğini göstermektedir. İşletme denemesi sonuçlarına göre MK341 kili oranı artırılı bilinir.

şahit reçetede %35 olan rus kili miktarı 4. reçetede %25 e düşürüldü ve %10 oranında 102 G kili kullanılmıştır, 5. reçetede rus kili miktarı %20 ye düşürüldü ve 102 G miktarı %15 e çıkartılarak oluşturulan reçetelerde maliyetlerde düşme olsa da, su emme değeri % 1,0 ve % 1,3 e yükselmiştir

5 nolu reçetenin maliyeti 43,76 YTL/Ton ile şahit reçete ve 4 nolu reçeteden daha uygundur. Ham mukavemet 1,3, kuru mukavemet 4,6, pişme mukavemeti 10,4 ile şahit reçetenin değerlerinin altında kalmıştır. Sertlik değeri de 5 olarak gerçekleşmiştir. Su emme değeri %1,3 olarak llmştir. Bu değer granitler için istenen standart değer olan %0,5-%0,6'nın çok üstünde bir değerdir. 102G kili granit reçetesinde olumlu sonuç vermemiştir. Bu yüzden kullanımı uygun değildir.

şahit reçetede %35 olan rus kili miktarı 6. reçetede %33 e düşürüldü ve şahit reçetede %47 olan Söke albit %49 'a çıkarılmıştır. Reçetede maliyetinde düşme olsada, su emme değeri % 0,8 çıkmıştır.

8 nolu reçetede rus kili miktarı %26'ya düşürülmüş, söke albit miktarı %56'ya çıkarılmıştır. 45,15 YTL/Ton ile maliyeti şahit reçeteye göre düşmüş, ham ve kuru mukavemet değerleri şahit reçeteye oranla düşük gerçekleşmiştir. Pişme mukavemeti 11,9 ile şahit reçetenin pişmiş mukavemetinden de yüksek çıkmıştır. Su emme değeri %0,5 ile şahit reçeteden daha iyi çıkmıştır. Sertlik değeri de şahit reçete ile aynı oran 6 olarak gerçekleşmiştir.

Albit yüzdesi artırılarak, sıvı faz miktarının artırılması hedeflenmiştir. Sıvı faz miktarının artışı ile daha sıkı bir bünye elde edilerek, sert bir malzeme elde edilmiştir. 8 nolu reçete, şahit reçeteye oranla daha iyi sonuçlar vermiştir. Maliyet değerli kıyaslığında 49,389 YTL/Ton dan 45,15 YTL/Ton'a düşmüş, su emme yüzdesi 0,6 dan

0,5 e düşmüştür. Söke albitin artması ile daha sert bir bünye elde edilmesi nedeniyle pişme mukavemeti ve sertliği de şahit reçetenin değerleri üzerinde gerçekleşmiştir.

8 nolu reçete işletme denemesi için önerile bilinir ve işletme denemesi sonucuna göre reçetede iyileştirmeler yapılabılır.

9 nolu reçete de %13 oranında rus kili, %48 oranında Söke albit, %21 oranında MK341 kili, %4 oranında söke albit, %1 oranında Magnezyum 166 kullanılmıştır.

9 nolu reçetenin maliyeti 42,03 YTL/Ton a düşmüştür. Ham,kuru ve pişmiş mukavemet değerleri de şahit reçetenin değerlerine yakın sonuçlar vermiştir. Su emme değerinin şahit reçeteye göre yüksek olması (0,8) reçetenin işletme şartlarında kullanımına olanak vermemektedir.

10 nolu reçetede rus kili %10'a düşürülmüş, söke albit %7'ye çıkartılmıştır. Ham mukavemet değeri 1,4'e yükselerek şahit reçete ile aynı değere sahip olmuştur. Kuru mukavemet değeri 4,5'e yükselerek şah reçetenin 4,7 değerine yaklaşmıştır. Pişmiş mukavemet değeri 10,9'a düşmüştür. Su emme değeri %0,8 ile şahit reçeteden yüksek gerçekleşmiştir. Sertliği ise 5 ile şahit reçeteye göre düşük gerçekleşmiştir.

11 nolu reçetede rus kili miktarı 1 puan düşürülerek %9'a olarak kullanılmıştır. Sıvı faz miktarını artırıp sert ve pekişmiş bir bünye elde etmek için magnezyum 166, 1 puan artırılarak %2 oranında kullanılmıştır.

Maliyet değeri şahit reçete ve diğer reçetelere oranla düşük gerçekleşmiştir. Magnezyum 166 nın artması ile pişme mukavemeti artarak 11,3'e yükseliş, su emme değeri %0,6 ile şahit reçete ile aynı değere sahip olmuştur.

11 nolu reçete işletme denemesi için önerile bilinir ve işletme denemesi sonucuna göre reçetede iyileştirmeler yapılabılır.

Şahit reçetede %35 olan rus kili miktarı 9. reçetede %13 e düşürüldü ve şahit reçetede %47 olan Söke albit %48 'a çıkarılmıştır. Ayrıca %21 oranında MK 341 kullanılmıştır. Rus kili miktarı azaltılarak, albit miktarı artırılarak sert bir bünye oluşumu hedeflenmiştir. Reçetede maliyetinde düşme olsa da, su emme değeri % 0,8 çıkmıştır. 10. reçetede rus kili miktarı 3 puan daha düşürülerek (%10) S401 % 7 ye çıkartılmıştır. Fiziksel özelliklerinde 9. reçeteye göre bir değişim görülmemiştir. 11. reçete MG 166 kili 1 puan artırılarak denemiştir. MG 166 kil miktarı 1puan artırılarak bünyenin küçülme miktar artırılıp sert ve pekişmiş bir bünye oluşumu hedeflenmiştir. Reçete en düşük maliyet oranına sahiptir ve su emme değeri de % 0,6 çıkmıştır.

.

KAYNAKLAR

Arcasoy A. Yrd.Doç.Dr. 1998 “Seramik Teknolojisi” Marmara Üniv. GüzelSanatlar Fak. Yayınları, İstanbul.

Bank H.N. 1992 “Seramik Karo Üretimindeki Hataların İrdelenmesi ” Uluslar arası Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı.

Geçkinli A.E. Prof.Dr. 1991 “İleri Teknoloji Seramikleri ” İTÜ Kimya - Maden Fak. İstanbul.

Kartal A. Yrd.Doç.Dr. 1988 “ Sır ve Sırlama Tekniği ” Banaz.

Kartal A. Yrd.Doç.Dr. 2000 “ Seramik Süreçler I-II Ders Notları ” Afyon Kocatepe Üniversitesi Müh. Fak. Afyon.

Özdağ H. 1992 “ Cevher Hazırlama I ” Anadolu Üniv. Müh-Mim. Fak. Yayınları Eskişehir.

Sümer G. 1998 “ Seramik Sanayi El Kitabı ” Anadolu Üniv. Eskişehir.

Sümer G. 1992 “ Endüstriyel Seramikler ” Anadolu Üniv. Eskişehir.

Tanıšan H.H.- Mete Z. 1988 “ Seramik Teknolojisi ve Uygulaması ” Söğüt.

Yıldız, A. 2006. Endüstriyel hammaddeler ders notları. Basılmamış Yayınlar, A.K.Ü. Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Ayşe BEKDEMİR KURT
Doğum Yeri	Manisa
Doğum Tarihi	10.11.1977
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dili	İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)	
Lise	Mehmet Akif Ersoy Lisesi 1995
Önlisans	Dumlupınar Üniversitesi Seramik Bölümü 2000
Lisans	Afyon Kocatepe Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümü 2003
Yüksek Lisans	
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı	
Graniser Granit Seramik A.Ş. 2004- Devam Ediyor	
Yayınları (SCI ve diğer)	
“Camın Renklendirilmesi” A.K.Ü Seramik Mühendisliği Bölümü Lisans Tezi	
“NPÇK Katkısının Duvar Karosu Bünye Özelliklerine Etkisi” Taner KAVAS, Özlem ARSLAN, Güner ÖNCE, Ayşe BEKDEMİR KURT Türk Seramik Derneği 6.Uluslararası Seramik Kongresi, Kasım 2006	