

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL PORSELEN KARO
PARLATMA HATTININ MİKROYAPI VE
YÜZEY ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE OLAN
ETKİSİ

BURAK ÇAKIR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ.DR. AHMET ÇAPOĞLU

GEBZE

2007

TEZİN ADI : Endüstriyel Porselen Karo Parlatma Hattının Mikro yapı Ve Yüzey Özellikleri Üzerine Olan Etkisi

YAZAR ADI : Burak ÇAKIR

ÖZET

Porselen karolar, son yıllarda doğal taşlara alternatif olarak gerek estetik gerekse yüksek teknik özellikleri itibarıyla diğer kaplama malzemelerinden daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek oranda yoğunluk kazandırılmış, sırsız porselen karoların estetik özelliklerini arttırmak amacıyla yüzey parlatma işlemi uygulanır. Endüstriyel parlatma işlemi elmaslar ve SiC aşındırıcılar kullanılarak yapılır. Böylelikle porselen karo yüzeyi kademesele olarak camlaştırılarak, parlaklığının artması sağlanır.

Bu çalışmada, endüstriyel porselen karo parlatma hattı boyunca basamak basamak mikro yapı ve yüzey özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Sırayla alınan numune takımlarına uygulanan üç nokta eğme testi sonuçlarından faydalanarak Weibull dağılımları hazırlanmıştır. Her basamağa ait Weibull modülü (m) ve kırılma olasılığı değerleri tespit edilmiştir. Bulunan değerler SEM görüntüleri ile desteklenerek çözümlenmeye çalışılmıştır. Bu testlere ilaveten %su emme, parlaklık ve pürüzlülük derecesi testleri sıra ile tüm numune takımlarına uygulanmıştır.

Test sonuçlarına göre endüstriyel parlatma hattı boyunca % su emme değerleri anormal bir değişime uğramamış, azalan SiC tane boyutuna bağlı olarak parlaklık derecesi (L^*) artarken, pürüzlülük derecesi (R_a) azalmıştır. Weibull istatistik dağılımlarında ise parlatma hattının başından sonuna kadar m değerlerinde herhangi bir azalma veya artma eğilimi oluşmamıştır. Bu düzensiz eğilim SEM görüntüleri ile beraber analiz edilmiştir. Tüm parlatma aşamalarında mikro yapı içerisinde 150 μm 'a yakın büyüklükte gözeneklerin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Makine ile işlem sonucu oluşan 10–15 μm büyüklükteki çizik ve kesiklere nazaran, mikro yapının ihtiva ettiği büyük gözeneklerin herhangi bir yük uygulaması altında çatlak merkezi oluşturma açısından daha yüksek risk taşıdığı kanısına ulaşılmıştır.

THESIS NAME: The Effects of Industrial Polishing Line on the Microstructure and Surface Properties.

AUTHOR NAME: Burak ÇAKIR

ABSTRACT

Porcelain tiles as an alternative to natural stone are recently used for coating material than the others due to both their high technical and the aesthetical properties. Surface polishing treatment is applied to increase the aesthetical properties of unglazed porcelain tile that has high density. Industrial polishing is made using diamond and SiC abrasives. Thus, an increase is achieved in brightness of the porcelain tile surface vitrifying as in stages.

In this study, the changes in the microstructure and the surface of the industrial porcelain tile, which is passed through the polishing line with stages, are investigated. The Weibull distribution is prepared using the results of the three bending test that is applied on the species taken from each step of the polishing line. Weibull module (m) and breaking possibility is determined for each stage. The determined value is tried to be analysed with comparing to SEM images. In addition to these tests % water absorption, brightness and roughness degree tests are also applied on all species respectively.

As a result, % water absorption value has no abnormal change through the industrial polishing line, while brightness value (L^*) increases due to decreasing SiC grain size, roughness degree (R_a) decreases. There is no an increasing or decreasing tendency in m values from the beginning to end of the polishing line in Weibull statistic distribution. This irregular tendency is analyzed with the SEM images. It is determined that there are pores, which has 150- μm grain size in the microstructure in every stages of the polishing. In comparison to the scratches and incisions sized 10-15 μm , the bigger pores contained by microstructure cause higher risk under loading for creating a crack center.

TEŞEKKÜR

Tüm deneysel çalışmalar süresince gerekli donanımları ve cihazları bana temin eden ve benden esirgemeyen Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim dalına ve Çanakkale Seramik Kalebodur Seramik A.Ş. 'ne teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümünde çalışan bilgilerini benden esirgemeyen sayın danışman hocam Doç. Dr. Ahmet ÇAPOĞLU'na ve ayrıca yardımda bulunan Yrd. Doç. Dr. Yahya Kemal TÜR'e çok teşekkür ederim.

Çanakkale Seramik Kalebodur Seramik A.Ş. Yer karosu AR-GE Teknoloji Müdürü Sayın Ali KÜÇÜK'e, Hammadde Araştırma Yöneticisi Sayın A.Kadir ŞEN'e, Porselen Karo Üretim Müdürü Sayın İsmail CEYLAN'a, Yer Karosu Kesme Ünitesi Yöneticisi Sayın Necmi CAN'a, Yer Karosu Mühendislik bölümü Müdürü Sayın Süleyman SOYSAL ve İmalat Bölümü Yük. Müh. Sayın M. Uğur TAŞKIRAN'a yapmış oldukları yardımlardan dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Tüm okul hayatım boyunca maddi ve manevi her türlü desteği bana sağlayan çok sevdiğim aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Porselen Karolar Hakkında Genel Bilgiler	1
1.2. Literatür Taraması	3
1.3. Projenin Amacı	18
2. PORSELEN KARO ÜRETİM TEKNOLOJİSİ	20
2.1 Porselen Karo Üretim Prosesi Genel Akım Şeması	20
2.2. Proses Hakkında Genel Bilgiler	21
2.3. Hammadde Girdi Kontrolü ve Dozajlama	21
2.4. Öğütme işlemi	22
2.5. Granülasyon İşlemi	27
2.6. Renklendirme Teknikleri	32
2.6.1. Kuru Sistem Renklendirme (Kuru Granülatör)	32
2.6.2. Yaş Sistem Renklendirme (Yaş Granülatör)	33
2.6.3. Kolay Renklendirme (Easy Color) Tekniği	34
2.7. Porselen Karo Şekillendirme Prosesi	35
2.8. Porselen Karo Kurutma İşlemi	38
2.9. Porselen Karo Pişirim Prosesi	39
2.10. Kalite Ayırımı ve Ambalajlama	42
2.11. Porselen Karo Parlatma İşlemi	43
2.11.1. Kalibrasyon ve Öğütme Aşaması	46
2.11.1.1. Multi- Elmaslar (Eşli- Eşsiz elmaslar)	47
2.11.1.2. Spiral Elmas Sarımlı Silindirler	49
2.11.1.3. Uydu (satellite) Şekli Elmas Kalibratörler	51

2.11.2. Birinci Parlatma Aşaması (Temizleme)	52
2.11.3. Parlatmanın İkinci (Asıl parlatma) Aşaması	56
2.11.4. Kareleme İstasyonu	57
3.MATERYAL VE METOD	59
3.1. Giriş	59
3.2. Numune Alınması ve Hazırlanması	60
3.3. Hazırlanan Numunelere Uygulanan Testler	61
3.3.1. Su Emme Miktarının Tespiti	62
3.3.2. Parlaklık Derecesi Ölçümü	62
3.3.3. Üç Nokta Eğilme Dayanımı Testi (MOR)	63
3.3.4. X-ışınları Difraktometresi ile Karakterizasyon	64
3.3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Mikro yapının incelenmesi	66
3.3.6 Pürüzlülük Ölçümü Testi	67
3.3.7. Weibull İstatistik Dağılımı Analizi	68
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	70
4.1. Giriş	70
4.2. Porselen Karonun Mikro yapısı	71
4.3. Su Emme Testi Sonuçları	75
4.4. Parlaklık Ölçümü Test Sonuçları	76
4.5. Pürüzlülük Testi Sonuçları	77
4.6. Eğilme Dayanımı Sonuçları ve Weibull İstatistiksel Dağılımları	80
4.7. Parlatma İşlemi Görmüş Numunelerin SEM ile incelenmesi	90
5. İRDELEME	96
KAYNAKLAR	99
ÖZGEÇMİŞ	102
EKLER	103

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MPa	Mega Paskal
GPa	Giga Paskal
L*	CLAB Uzay Sisteminde Parlaklık Derecesi
N	Newton
İSO	International Standarts Organization
Kcal	Kilo Kalori
μm	Mikron Metre
R _a	Ortalama Pürüzlülük
R _y	Maksimum Yükselti
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
XRD	X-Işını Difraktometresi
HF	HidroFlorik Asit
J.C.P.D.S	Joint Community for Powder Diffraction Standarts)
λ	X-Işını Dalga Boyu
d	Düzlemler Arası Mesafe
θ	Gelen X-Işını Açısı
n	Yansıma Derecesi
P	Kırılma Noktasındaki Maksimum Yük
L	Mesnetler Arası Mesafe
b	Numune Genişliği
h	Numune Kalınlığı
MOR	Modules Of Rupture
m	Weibull Modülü
m/dk	Metre Bölü Dakika
PVC	Polivinil Klorür
SWR	Spesifik aşınma oranı
E _p	Parlatma verimi
P _n	Kırılma olasılığı
σ_0	Kırılma mukavemeti

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1. 1. SEM Mikroskopunda Parlatılmış Çalışma Yüzeyinin Kesit Alanı	6
1. 2. Aşındırıcı Başlık ve Altında Karo Numunesi Arasındaki Hareketlerin Şematik Diyagram Gösterimi	10
1. 3. Başlangıç Kompozisyonunda Farklı Kuvars İçeriği Ve Tane Boyutuna Sahip Numunelerin Mikro Yapıları	11
1. 4. Parlatma Verimine Kuvars İçeriğinin ve Tane Boyutunun Etkisi	12
1. 5. Kuvars Tane Boyutuna Bağlı Olarak Eğilme Dayanımı Değişimi	14
1. 6. Grit Boyutu ve Parlaklık İlişkisi	15
2. 1. Porselen Karo Hammadde Öğütme Değirmenleri	23
2. 2. Değirmen Sonrası Elekler	25
2. 3. Boya Değirmenleri	26
2. 4. Sprey Kurutucu Öncesi Elekler	28
2. 5. Sprey-Dryer Görünümü	29
2. 6. Sprey Kurutucu Çıkışı	31
2. 7. Kuru Sistem Renklendirme Akım Şeması	32
2. 8. Yaş Sistem Renklendirme Akım Şeması	33
2. 9. Porselen Karo Üretiminde Kullanılan Preslerin Önden ve Arkadan Görünüşü	37
2.10. Roller Fırının Giriş ve Çıkışının Görüntüsü	41
2.11. Kalibrasyon Aşaması Sonrası Porselen Karonun Üstten Ve Görünümü	47
2.12. Eşli ve Eşsiz elmaslara sahip silindirler	48
2.13. Spiral Elmas Sarımlı Silindirler	50
2.14. Kombine Şekildeki Spiral Elmas Sarımlı Silindirlerin Porselen Karo Yüzeyinde Bıraktığı Etkiler	50
2.15. Tabak Şeklindeki Başlığın Görünümü	51

2.16.	Satellite (uydu) Yüzey Kalibratör Görünümü	51
2.17.	Satellite(uydu) Diskler Öncesi ve Sonrası Karo Yüzeyinin Yandan Kabaca Görünümü	52
2.18.	Çelik Plakaların Bant Altındaki Pozisyonu	54
2.19.	Aşındırıcı Gövdesi ve SiC Aşındırıcılar	55
2.20.	Kareleleme İstasyonu	57
3. 1.	Üç Nokta Eğme Mukavemeti Ölçüm Cihazı	63
3. 2.	Taramalı Elektron Mikroskobu	67
4. 1.	Şekil 4. 1. Endüstriyel Porselen Karo X-ışını kırınım indis deseni ve mevcut fazlar.	72
4. 2.a	Endüstriyel Porselen Karo Mikro yapısının SEM den elde edilmiş görüntüleri	73
4. 2.b	Endüstriyel Porselen Karo Mikro yapısının SEM den elde edilmiş görüntüleri	73
4. 3.	Mat Dağlanmamış Ürün 1000 Büyütme SEM Görüntüsü	74
4. 4.	Mat Dağlanmamış Ürün 500 Büyütme SEM Görüntüsü	74
4. 5.	Endüstriyel Parlatma Hattı Boyunca Parlaklık Derecesi Değişimi	77
4. 6.	Parlatma Aşamasına Bağlı Olarak Pürüzlülük Değişimi	79
4. 7.	Mat porselen karo ile çoklu elmas silindirler sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	81
4. 8.	Mat porselen karo ile spiral elmas sarım silindir–1 sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	81
4.9.	Mat porselen karo ile spiral elmas sarım silindir–2 sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	82
4. 10.	Mat porselen karo ile Satellite Diskler sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	82
4. 11.	Mat porselen karo ile 36 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	83

4. 12.	Mat porselen karo ile 46 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	83
4. 13.	Mat porselen karo ile 100 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	84
4. 14.	Mat porselen karo ile 150 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	84
4. 15.	Mat porselen karo ile 180 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	85
4. 16.	Mat porselen karo ile 240 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	85
4. 17.	Mat porselen karo ile 400 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	86
4. 18.	Mat porselen karo ile 600 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	86
4.19.	Mat porselen karo ile 1000 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	87
4. 20.	Mat porselen karo ile 1200 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	87
4. 21.	Mat porselen karo ile 1500 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	88
4. 22.	Mat porselen karo ile 1500 Lük Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları	88

4.23.	Mat (parlatılmamış) Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)	90
4.24.	Çoklu Elmaslardan Geçmiş Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)	91
4.25.	Spiral Sarım Silindir–2’den Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)	91
4.26.	Satellite (Tabak) Disklerden Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)	92
4.27.	240 Gritten Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)	92
4.28.	400 Gritten Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)	93
4.29.	1500 Gritten Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)	93
4.30.	1500 Lük Gritten Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)	94

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>		<u>Sayfa</u>
2.1.	Değirmenlerde Kullanılan Bilye Boyutları ve Miktarları	24
2.2.	Porselen Massesi Granül Tane Boyutu Analizi	30
2.3.	Parlatma Hattında Birinci ve İkinci İstasyonların Kullanılan Aşındırıcı Tipine ve Özelliklerine Bağlı Olarak Sıralanması	45
4.1.	%Su Emme Miktarı Sonuçları	76
4.2.	Pürüzlülük Testi Sonuçları	78
4.3.	Parlatma işlem sırasına göre Weibull istatistik diyagramlarından elde edilen ortalama mukavemet ve weibull modülü değerleri	89

1. GİRİŞ

1.1. Porselen Karolar Hakkında Genel Bilgiler

Porselen karolar camsı matriks içerisinde kristal fazların gömülü bulunduğu, hızlı tek pişirim yolu ile üretilen son derece yüksek bir kompakt yapıya sahip seramik kaplama malzemeleridir. Son yıllarda diğer seramik kaplama malzemelerinden (yer ve duvar karosu) daha hızlı bir gelişim göstermişlerdir. Farklı estetiğe sahip yüzeylerin sırsız olarak üretimine imkân sağlayan porselen karoların uzun yıllar kaplama sektörüne hizmet sunacağı kesindir.

Porselen karoların üretiminde hızlı pişirim uygun hammaddeler tercih edilmektedir. Başlangıç kompozisyonu üçlü faz diyagramına göre yaklaşık % 30–40 kil, %45–55 feldspat ve %10–15 kum veya kaoleni içerir. Kullanılan killer hızlı pişirime uygun kaolinitik veya illitik yapıdadır. Killerin ham ve pişmiş mukavemetleri yüksek olmalı ve çok fazla kirlilik içermemelidirler. Burada kullanılan feldspat yüksek oranda ergitici özelliğe sahip olmalıdır, böylece daha kompakt bir porselen yapı elde edilebilir.

Kil, feldspat ve dolgu malzemesi olarak alümina veya kuvarsın kullanıldığı üç bileşenli porselen bünye karmaşık bir yapıya sahiptir. Bununla beraber alümina mekanik dayanımı arttırmak amacıyla kuvarsın yerine geçebilir. Aynı şekilde feldspat yerine ergitici olarak nefelin siyenit alternatif bir bileşendir.

Termal davranış üzerinde, hammadde ve proses kimyasına bağlı olarak üç bileşenli porselen sistem, cam ve kristal fazların karışımından oluşturulur. $K_2O.Al_2O_3.SiO_2$ ve $Na_2O.Al_2O_3.SiO_2$ üçlü faz diyagramı endüstriyel porselenlerin farklı şekillerdeki kompozisyonları için yararlı bilgiler sağlamaktadır. Bununla beraber birinci ve ikinci hammaddeler endüstriyel porselen üretiminde kullanılmıştır ve fonksiyonları üzerine literatürde birçok makale yayımlanmıştır. [Swapan Kr. Das, 2003]

Porselen bünyelerin farklı bölgelerdeki termal davranışlarını kapsayan kimyasal reaksiyonlar, birçok yazar tarafından tartışılmıştır. Kil-kuvars-feldspat sisteminde porselen kompozisyonun ana hammaddeşi kaolinitik kil ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yaklaşık 550°C kristal suyunu kaybeder ve metakaolinite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) dönüşür ve bu farklı termal analizlerde ortaya çıkmış bir endotermik prosestir.

Metakaolinit $950\text{--}1000^\circ\text{C}$ sıcaklıkları arasında amorf silikanın serbest kalmasıyla birlikte dengede olmayan spinel fazlara parçalanır. Bu sıcaklık aralıklarında feldspat silika ile reaksiyona girer ve ötektik oluşturur. Tam ötektik sıcaklığı feldspatın çeşidine (Na-K feldspat) bağlıdır. 1000°C 'den sonra spinel fazın müllite dönüşmesiyle, sinterleme prosesini takiben viskoz akışı ile birlikte yoğunlaşma başlar. Sonunda 1200°C civarına kuvarsın bir bölümü kristobalite dönüşür, müllit gelişir ve feldspat taneleri arasında artık olarak kalır. Böylece porselen bünye mikroyapısı karmaşık camsı matriks içerisinde, ana kristal fazların kuvars ve müllit olduğu bileşenleri içerir. [Swapan Kr. Das, 2003]

Porselen karolar mekanik, aşınma, donma ve kimyasal dayanım gibi yüksek teknik özelliklere sahip cam bağlı malzemelerdir. Genel olarak bu mükemmel teknik özelliklere sahip porselen karolar $1180\text{--}1215^\circ\text{C}$ sıcaklıkları arasında soğuktan soğuğa 40–50 dk. gibi kısa bir sürede pişirilirler. Şekillendirme tekniği olarak tek eksenli kuru presleme tekniği kullanılır.

Mat porselen karolara, estetik olarak görünüm kalitesi arttırmak amacıyla, diğer seramik karolardan ayrı olarak parlatma işlemi uygulanır. Uygulanan parlatma işlemi ekstra bir işlemdir ve üretici firmalara ayrı bir yük getirmektedir. Bu maliyeti; tüm üretim maliyetinin yaklaşık %35–40'ı olarak tanımlayabilir.

Porselen karolarda yüzeyde farklı efektler ve renk dokuları, çeşitli pigmentler ve şekillendirme yöntemleri kullanılarak elde edilebilir. Dekoratif

amaçlı olarak iç ve dış mekânlarda, gerek mekanik davranış gerekse estetik özellikleri sebebiyle son derece kullanışlıdır.

Yüksek darbe ve aşınma dayanımı, yüksek sertlik derecesi ve neredeyse sifıra yakın su emmeye sahip olması porselen karoları diğer kaplama malzemelerinden ayrı kılmaktadır. Porselen karolar yüksek young modülü (max.75GPa) ve yüksek kırılma modülü (max.80MPa) gibi mekanik özellikleri ile diğer kaplama malzemelerinden daha güvenilirlerdir. [M.Dondi, 2001]

Hızla artan üretim kapasitesine ve farklı efekte sahip yüzeylerin üretilmesi ihtiyacına bağlı olarak son yıllarda porselen karolar üzerine birçok çalışma yapılmıştır ve yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar, porselen karo üretim prosesini kolaylaştırmak, alternatif hammadde kaynaklarını devreye sokmak ve maliyet girdilerini azaltmak amacına hizmet etmektedir. Son yıllarda birçok akademisyen veya üretici firma birlikte sayısız çalışmaya imza atmışlardır. Her porselen karo üretici firma, pazar payını kaybetmemek, kaliteli ürünü daha ucuza mal etmek için amansızca bir rekabet içerisinde.

Bu gibi gerekçeler sebebiyle daha fazla ve derinliğine araştırmaların yapılma gerekliliği, tüm porselen karo üretici firmaları için büyük faydalar sağlayacaktır.

1.2. Literatür Taraması

Yüksek hızda gelişen porselen karo üretim, satış ve pazar teknolojisi ister istemez yeni araştırmaların yapılmasını gerektirmiştir. Porselen karolar gerek farklı estetik özellikleri gerekse mükemmel teknik özelliklerinin yanı sıra ticari anlamda diğer seramik kaplama malzemelerinin her zaman bir adım önündedir. Porselen karo pazar payının ve ağının gitgide genişlemesi ve yeni birçok üretici firmanın pazara dâhil olması nedeniyle rekabet hızı artmıştır. Bu gibi nedenlerden dolayıdır ki yeni üretim teknolojilerini takip etmek ve bünyesine adaptasyonunu sağlamak her firma için zorunlu hale gelmiştir. Ayrıca alternatif ve daha ucuz hammaddeler kullanarak kaliteli ve yüksek

hizmet performansına sahip porselen karolar geliştirmek kaçınılmaz hale gelmiştir. Son yıllarda sanayi-üniversite işbirlikleri kurularak, hem bilimsel hem de ticari olarak ortak payda da buluşmalar gerçekleşmiştir. Bu bۆlümde porselen karolar ۆzerine geçmişte yapılan çalışmaları ve sonuçları anlatılacaktır. Seçilen alışmalar, daha çok endۆstriyel parlatma bandı ۆzerine yapılan araştırmalardan oluşmaktadır.

Esposito ve arkadaşları [2004] pişmiş ve parlatılmış olan porselen karoların eğilme dayanımları ve young's modۆllerini incelemişlerdir. Eğme testlerini, parlatma ۆncesi ve sonrası beş ticari numuneden kesilen uygun numuneler ۆzerinde yapmışlardır. Eğilme testi sonuçlarında bulunan farklılıkları, değişkenlik analizi ve Weibull parametrelerinin belirlenmesi yolu ile değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak; pişmiş karolar ve benzer parlatılmış karoların her zaman aynı malzeme olarak dۆřünۆlmemesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Parlatılmış ۆrۆnlerin veri taraması sonuçlarında weibull modۆlۆne gۆre, parlatılmış ۆrۆnlerin gۆvenilirliėi gitgide azalmıştır. Mikroyapısal incelemeler, yۆzey sertliği ve Vicker's sertlik ۆlۆmleri tarafından elde edilen sonuçlar, parlatmanın ilk aşamasının (yۆzey kalibrasyonu) şiddetli hasarlara neden olduğunu doğrudan doğruya gۆstermektedir. Young modۆlۆnۆn ise, birinci parlatmanın yol açtığı zarardan çok, başlangıç gۆzenekliliėine bağlı olduğunu gۆstermiřtirler. Ayrıca, bۆnyedeki albit fazı miktarının daha fazla olduğu bۆlgelerde eğilme dayanımının azaldığını gۆzlemlemiřlerdir. Tۆm bu çalışmalarının sonucu olarak, parlatılmış çalışma yۆzeylerinin durumu ve karakteristiğinin, pişmiş karonun mikroyapısına kuvvetle bağlı olduğunu gۆstermiřtir.

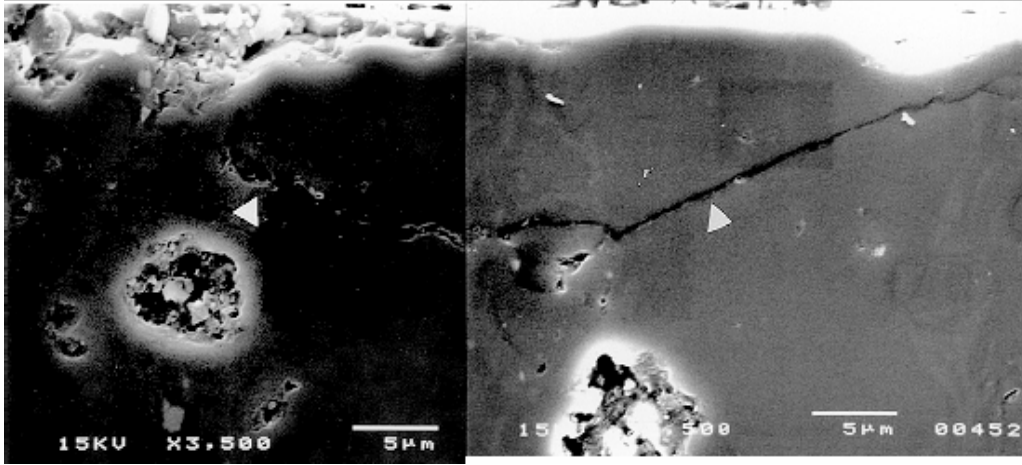
Esposito ve arkadaşları porselen karoların lekelenme sebeplerini araştırmaya yۆnelik çalışmalar yapmışlardır. Pişmiş ve benzer parlatılmış karolarda yۆzey ۆzelliklerini inceleyerek lekelenme kaynaklarını araştırmıştır.

Porselen karolar özel hizmet performansı gerektiren ev içinde ve dışında sade yapı uygulamalarında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tip karolar yüksek yoğunluk, yüksek eğme dayanımı, yüzey sertliği ve kullanım dayanıklılığı gibi fiziksel ve mekaniksel özellikleri çalışma yüzeylerinde parlatmaya olanak sağlamaktadır. Bu yüzey işlemi için en önemli gerekçe ürünlerin estetik kalitelerini arttırmaktır.

Son on yıl süresince doğal taş ile rekabet edebilmek için porselen karoların çalışma yüzeylerinin parlatılması daha geniş bir endüstriyel proses halini almıştır. Bununla beraber bu işleminden sonra karonun çalışma yüzeyi özellikle lekelenme etmenine karşı daha hassas hale gelmiştir. Bazı çalışmalar parlatma prosesi süresince malzeme kaldırımına bağlı olarak yüzey hasarları azalışına rehberlik etmişlerdir. Esposito ve arkadaşları, bununla beraber mekaniksel olarak parlatılmış karoların çalışma yüzeylerini incelemişler ve benzer parlatılmamış karoya karşın daha zayıf olduğu kanısına varmışlardır.

Bu yüzey bozunmasını farklı çatlak tiplerinin iki şekilde varlığına bağlamışlardır.

- Üretim teknolojisi yolu ile oluşan çatlaklar (presleme ve sinterleme) , yüzey tabakasının kaldırılmasından dolayı bulk gözenekliliğin ortaya çıkması
- Makinelerin verdiği zararlar yolu ile örneğin doğru olmayan makine işlemleri kullanımına bağlı olarak yanal çatlaklar yolu ile kesikler, çizikler ve çentikler



Şekil 1.1. SEM Mikroskobunda Parlatılmış Çalışma Yüzeyinin Kesit Alanı

Parlatılmış çalışma yüzeylerinin morfolojisi, lekelenme direncini ya da temizlenebilirliği desteklemez. Lekelendiriciler ve pislikler açık gözeneklerin içerisine nüfuz ederek yüzey hatalarına neden olduğunu vurgulamışlardır. Parlatılmış çalışma yüzeylerinin en can sıkıcı sonuçlarından biride parlak daireler ve lekelerle ilgili olarak estetik bozunmanın meydana gelmesidir. Genel olarak sonuç lekelenmesinin ortadan kaldırılmasının zor olduğu kanısına varmışlardır. Şekil 1.1' de parlatılmış kesit alanın SEM'deki görüntüsü yer almaktadır.

T.Fett ve arkadaşları [2002] yüksek gerilim gradyanları altında porselen karoların weibull analizi sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Seramiklerin yüksek gerilim gradyanları altında mukavemet dağılımlarının weibull parametresi m değerinin, orta şiddetteki gerilim gradyanlarından farklı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu durumu bir bağ yüklemesi olarak kabul etmişlerdir. Çubuklara silindirler aracılığı ile karşıt yoğun kuvvetler tarafından yükleme işlemi yapılmıştır. İncelenmiş birçok malzeme için ölçülmüş olan bağ mukavemetlerinde, dört nokta eğme teste ile karşılaştırılmalar sonucunda kuvvetli bir şekilde azalan weibull değerlerini gözlemlemiştirler. Bu çalışmanın yapılma sebebi karşılaştırılmış olan iki test için etkili hacim ve yüzeylerde yüksek gerilim gradyanlarının etkisinin araştırılmasıdır. Weibull teorisinin geçerli olduğu durumlar altında, etkili hacimler ve yüzeyleri, normal gerilim ve serbest enerjinin kritik oranına göre

hesaplamışlardır. İkinci bölümde homojen olmayan gerilimlerin kuvvetli bir şekilde sebep olduğu exponansiyel olarak azalan weibull değerleri görülmüştür.

Çatlak boyutu dağılımı, seramik malzemelerin geniş saçılım mukavemetleri ve mukavemette parça boyutunun etkisi üzerinde etkili olduğu kanısına varmışlardır. Orta dereceli gerilimler altında mukavemet dağılımının saçılımını gösterirken, weibull parametresi (m) seçilen herhangi bir yükleme durumundan bağımsız hale gelmiştir. Yüksek gerilim gradyanları uygulandığı durumlardaki m değeri orta dereceli gerilim gradyanlarındaki değerlerinden farklılık göstermiştir. Bu etki aşırı yükleme gradyanları ile homojen olmayan gerilimlerin sonucu olarak yorumlanmıştır.

Fabio Sousa ve arkadaşları [2006] porselen karolarda endüstriyel parlatma prosesi esnasında tek bir aşındırıcı parçanın hareketlerini ve yapıya olan etkileri incelemişlerdir. Porselen karolarda parlaklık eldesinde, çizilme olaylarının ve parlatma hareketleri tarafından optimize edilmiş olan endüstriyel parlatma prosesinin gerekliliğinden bahsetmişlerdir. Makalelerinde daha çok parlatma hareketleri üzerinde yoğunlaşmışlardır. Nitekim parlatma prosesini kapsayan en önemli kinematik denklemleri tanımlamışlardır. Modern parlatma makinelerinde kullanılan yanal titreşimlere ilaveten diğer benzer hareketleri de hesaba katmışlardır. Aşındırıcıların yörüngesi, kazıma hızları ve eğrilik yarıçapları her dakika için ayrı ayrı incelemiş ve hesaplamışlardır.

Parlatma prosesinin başarı ile tamamlanması için kabul edilen optimum kinematik parametrelerinin önemine dikkat çekmişlerdir. Elde edilen eşitliklerin daha sonraki parlatma prosesi optimizasyonu denemelerinde yararlı bir araç olarak hizmet edeceğine işaret etmişlerdir.

Endüstriyel parlatma prosesini kapsayan kinematik davranışları analiz etmişler ve modern parlatma makineleri ile işlemler için hesaplanan ilgili eşitlikleri elde etmişlerdir. Aşındırıcı parça verilerinden anlık pozisyon değerlendirme olanaklarına ilaveten kazıma hızı ve eğrilik yarıçapları

tespitleri ileriki parlatma prosesi simülasyonları için yararlı bir kılavuz olmuştur.

Bir tek aşındırıcı ile gerçekleştirilen çizme davranışı, porselen karo üzerinden malzemenin kaldırılmasında zikzak desenler göstermiştir. Bununla beraber bu desenler, son desenler araştırılmadan kabul edilmemiştir ve diğer tüm aşındırıcılarda hesaba katılmıştır.

Endüstriyel parlatma prosesini kapsayan makro kinematikler ile ilgili olarak öndeki hız ve yanal titreşim frekansı arasında bulunan oran üretim hattı boyunca aynı aşındırıcı boyutuna sahip parlatma başlıklarının sayısını göstermekte önemli bir rol oynadığına işaret etmişler ve bu durum komşu aşındırıcı başlıkları tarafından kaplanan bölgeler arası üst üste bindirme miktarı ile açıklamışlardır.

Üst üste binen patternler arasında ve kabul edilmiş kinematikler arasında ilişkilerde tespit edilmiştir. Bu nedenle parlatma prosesini optimize etmede deneme yanılma yönteminden küçük başarılar beklenilmiştir.

Bununla birlikte, yanal titreşim hareketinin frekansında bir artışın bulunmuş olması daha iyi üst üste binmiş patternlerin oluşmasına sebep teşkil etmeyeceğini göstermişlerdir.

Son olarak deneysel çalışmalar aşındırıcı ve karo yüzeyi arasındaki etkileşimleri çözümlemede, kinematiğin etkisinin daha derinliğine araştırılması gerektiğine işaret etmektedir.

Cavalcente ve arkadaşları [2007] beyaz porselen bünyelerin mikro yapıya ve yüzeye olan etkilerini araştırmışlardır. Son yıllarda parlatılmış porselen karolar bünye beyazlığının artmasıyla pürüzsüz ve camsı yüzey oluşturulmasıyla birlikte piyasada belirgin bir role sahip olmuşlardır. Parlak beyaz rengi, zirkon, korundum ve spinel gibi opaklaştırıcıların önemli bir miktarda katkısıyla elde etmişlerdir. Bu sınıf ürünlerin mikroyapısal ve mekaniksel, tribolojiksel (sürtünme bilimi) ve fonksiyonel davranışları

arasındaki karmaşık ilişkiyi daha iyi anlamak için, dört adet parlatılmış porselen karo seçilmiştir ve geniş ölçekte kimyasal, fiziksel ve mikroyapısal analizleri yapılarak karakterize edilmiştir.

Ürünler, gözeneklilik ve faz kompozisyonu özelliklerine açık bir şekilde bağlı olarak mükemmel mekanik özellikler (eğilme dayanımı, young modülü, kırılma tokluğu) sergilemişlerdir. Müllit ve zirkon, matriks desteklenmesinde baskın biçimde, kuvarsın karşıt rol oynamasına rağmen mekanik performansı artırıcı eğilimde rol oynamışlardır.

Çalışılmış olan ürünler; artık kuvars, feldspat, yeni şeklinde müllit ve opaklaştırıcı katkılar ve baskın olarak camsı fazdan meydana gelen faz kompozisyonunu sergilemiştir. Camsı fazın kimyasal kompozisyonu numuneden numuneye değişmektedir, bu nedenle yüksek sıcaklıklarda sıvı fazın vizkozitesi ve sinterleme kinetiği bünye formülasyonları üzerinden değişmektedir.

Sonuç olarak beyaz porselen karolar, farklı paketlenmelerin ve mikroyapıların sebep olduğu belirgin olarak %3–6 kapalı gözeneklilik içeren, çok düşük su emmeye sahip olarak karakterize edilmişlerdir. Beyaz porselen karolar mükemmel mekanik özellikler sergilemişlerdir.(65–88 MPa eğilme dayanımı, 69–77 GPa young modülü, 1,1–1,3 MPam^{0.5} kırılma tokluğu gibi)

Beyaz porselen karoların 6,2'den 6,8 GPa aralığında vickers sertliği ile bağlantılı olarak çok iyi bir aşınma direncine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Sanchez ve arkadaşları [2005] bu çalışmalarında parlatılabilirlik ve parlatma verimi üzerinde, porselen karo mikroyapısının etkisini açıklamaya çalışmışlardır. Sıra ile farklı pişirilmiş porselen karo mikro yapıları, başlangıç kompozisyonundaki değişik kuvars tane boyutu ve içeriğinden ve farklı zirve pişirim sıcaklıklarından elde edilmiştir.

Farklı özellikteki porselen karo numunelerinin parlatılabilirliği, çimento matrikse gömülü SiC aşındırıcı başlıklar kullanılarak endüstriyel parlatma

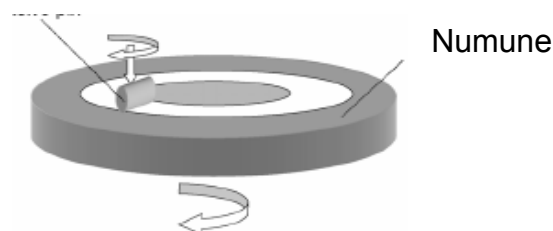
prosesine benzetilerek tasarlanmış olarak tribometre (parlatma cihazı) ile değerlendirilmiştir. Karo numunelerinin ve aşındırıcı başlıkların aşınma derecelerini ölçmüşlerdir.

Sanchez ve arkadaşları yeni bir parametre olarak adlandırılan parlatma verimini, karonun spesifik aşınma hızının başlık spesifik aşınma hızına oranı olarak tanımlamışlardır.

Başlangıç kompozisyonundaki kuvars tane boyutu ve içeriğine ilaveten zirve pişirim sıcaklığının, pişmiş karo mikro yapısında ve parlatılabilirlik üzerinde kuvvetli bir etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Pişirim sıcaklığı optimum değerin altına düştüğü zaman parlatma veriminin arttığına, parlatılmış yüzey kalitesinin ise azaldığına tanık olmuşlardır. Kuvars tane boyutu ve içeriğinin, maksimum parlatılmış yüzey kalitesini ve parlatma verimini sağlamak amacıyla başlangıç kompozisyonunda azaltılmasının gerektiğini savunmuşlardır.

Farklı pişmiş mikro yapılara sahip porselen karo numuneleri zirve pişirim sıcaklıkları modifiye edilerek üretilmiştirler. Kapalı gözeneklilik yaklaşık 1200°C civarında minimize edilmiştir.

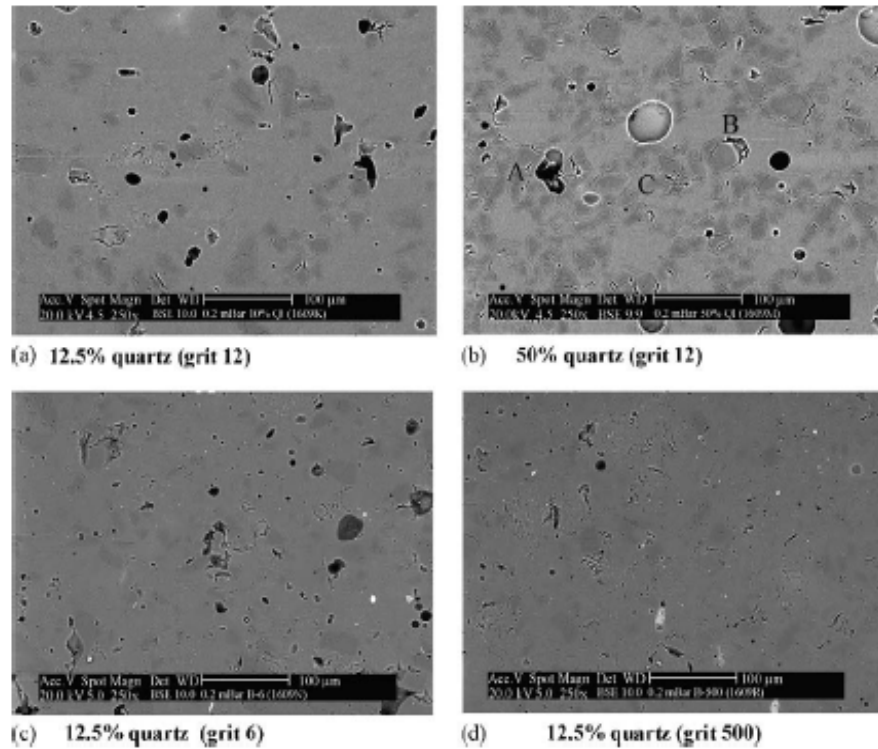
Porselen karo başlangıç kompozisyonundaki kuvars ilavesi veya kuvars tane boyutu artışı pişmiş numunelerin porozitesini önemli miktarda arttırmıştır ve bu nedenle bünyenin sinterlenme derecesi azalmıştır.



Şekil 1.2. Aşındırıcı Başlık ve Altında Karo Numunesi Arasındaki Hareketlerin Şematik Diyagram Gösterimi

Karo spesifik aşınma oranı (SWR) , gözenekliliğin minimize edilmiş olduğu sıcaklığa uygun zirve pişirim sıcaklığının artırılmasıyla birlikte önemli bir miktarda azalmıştır. Parlatma verimi (karo SWR/ aşındırıcı SWR) , E_p , karo SWR'na benzer eğilim izlemiştir. Şekil 1.2'de karo ve başlığın birlikte hareketi gösterilmektedir.

Daha büyük aşındırıcı tanelerin için kuvars içeriğinin artmasıyla birlikte karo SWR'da kuvvetli bir azalış olmuştur. Bu faktörün yüzey kalitesinde hasarlara sebep olması sonucuyla beraber karo kuvars içeriğinin minimize edilmesi gerektiğini tavsiye etmişlerdir.

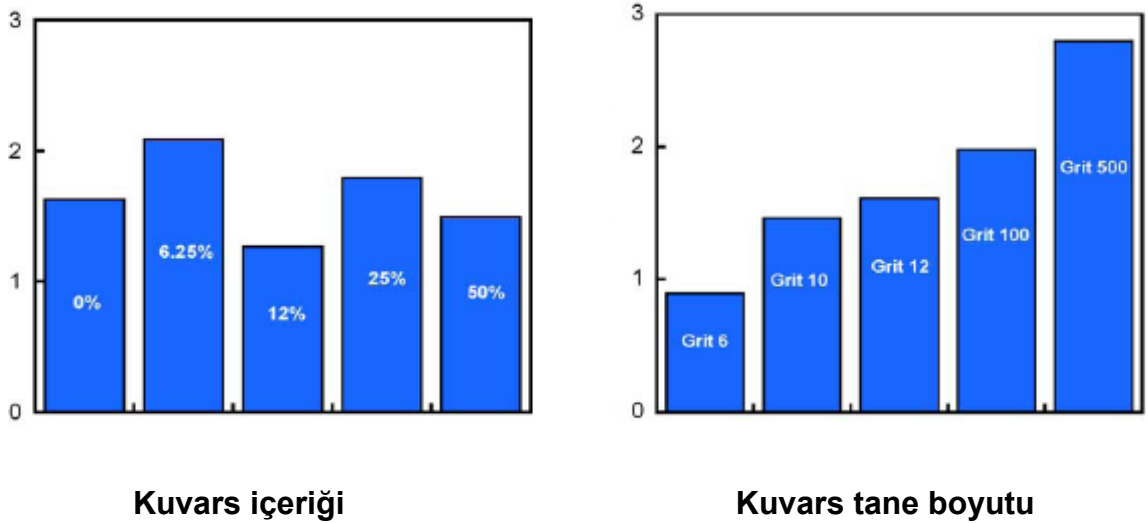


Şekil 1.3. Başlangıç Kompozisyonunda Farklı Kuvars İçeriği ve Tane Boyutuna Sahip Numunelerin Mikro Yapıları

Kuvars tane boyutu azaldığı zaman karo SWR'da önemsiz bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu etki kuvars içeriği değiştiği zamankinden daha küçüktür. Mukayese edildiğinde kuvars tane boyutunun artması, başlık SWR'da kuvvetli bir yükselişe yol göstermiştir. Sonuç olarak parlatma veriminin daha ince kuvars tane boyutları için, göze çarpan bir şekilde yükseldiğine dikkat

çekmişlerdir. Şekil 1.3'de kuvars tane boyutuna ve içeriğine bağlı olarak çekilen SEM görüntüleri yer almaktadır.

Pişmiş porselen karoların aşınma hızı ve mekaniksel özellikleri arasındaki ilişkiyi ispat etmek mümkün değildir. Bununla beraber aşınma hızı ve gözeneklilik arasındaki ilişki açık bir biçimde ispat edilebilir.



Şekil 1.4. Parlatma Verimine Kuvars İçeriğinin ve Tane Boyutunun Etkisi

Parlatma verimini ve parlatılmış yüzey kalitesini artırmak için, başlangıç kompozisyonlarında kuvars içeriği ve kuvars tane boyutu minimize edilerek kullanılması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Şekil 1.4'de kuvars içeriği ve tane boyutuna bağlı olarak parlatma veriminin grafikleri gösterilmiştir.

Leonelli ve arkadaşları [2000] mikro yapısal yaklaşım ile porselen karoların mekaniksel özelliklerini arttırmaya yönelik çalışmalar yapmışlardır.

Yapmış oldukları çalışmada endüstriyel hızlı tek pişirim tekniği ile üretilmiş porselen karolarda mikroyapısal ve faz gelişiminin karmaşıklığı üzerinde durmuşlardır. Mikro yapısal araştırmalar, seçilmiş olan düşük maliyetli mineral katkıların mekanik özellikleri geliştirip geliştirmediğini saptamaya rehberlik etmiştir. Test edilen mineraller kuvars, müllit ve kyanittir.

Eksenel olmayan pres ile şekillendirilmiş numuneler mikroyapısal analizler yapılmadan önce aynı fırın rejimine maruz bırakılmış ve Avrupa karo standartlarına göre test edilmişlerdir. Müllit ve kyanit ilaveli formülasyonlar mekanik özelliklerde hissedilir bir artış göstermişlerdir.

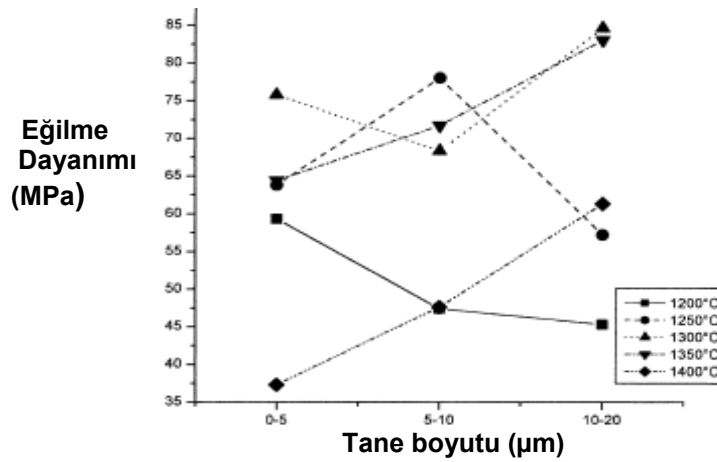
Çatlağın büyüme mekanizması, için genelde porselen bünyeler de birçok toklaştırma teknikleri tavsiye edilir.

Müllit ve kyanit içeren formülasyonlar için eğilme dayanımında artışta, SEM fotoğraflarında amorf fazın çevrelediği poligonal şekilli tipik reaksiyona girmemiş kristallerin görüldüğü daha fazla reaktif yüzeyler arası kalıntılara bağlı durumlar söz konusudur.

Bu çalışma, geleneksel ve kompozit malzemeler için temelde uygulanan metotların kullanılmasıyla elde edilmiş deneysel sonuçların porselen karoların mekanik özelliklerinin artırılmasında ve kontrolünde, bileşimsel değişiklikler tasarlanmasının gerekliliğine dikkat çekmiştir.

Işık ece ve arkadaşları [2001] porselenlerde farklı kuvars tane boyutları ile beraber kuvars-metahalloysit-kaolen-K-feldspat sistemi içerisinde pişirim sıcaklığının eğme dayanımı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Pişmiş bünyelerin yoğunlaşma derecesi bulk yoğunluğu ölçülerek, mineral bileşenlerinin yüzde oranı XRD ve SEM teknikleri kullanılarak belirlenmiştir.

Maksimum eğme dayanımını 1300–1350 °C aralığında 10–20 µm kuvars tane boyutlu porselenlerde elde etmişlerdir. Kapalı gözeneklerin dağılımı, geometrik şekilleri ve birbirleri ile olan bağlantı uygunluğu porselen bünyenin eğme dayanımıyla denetlenmiştir. Ayrıca porselen bünye içerisinde ergimemiş ince kuvars tanelerinin varlığı eğme dayanımını arttırmıştır. Eğilme dayanımı artışının bulk yoğunluğu ile beraber pişirim sıcaklığına da bağlı olduğu bulunmuştur, fakat maksimum pişirim sıcaklığı aşıldıktan sonra bulk yoğunluktaki azalma ile beraber nükseden izole olmuş gözeneklerin şişmesiyle ve kuvarsın kaybolmasına bağlı olarak eğilme dayanımı azalmıştır.



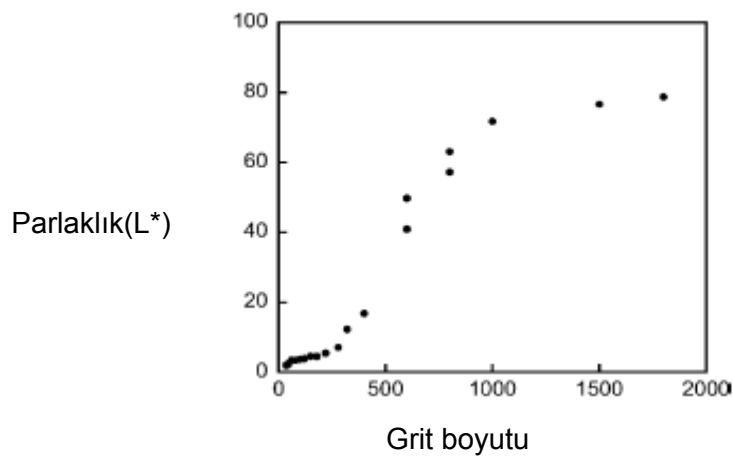
Şekil 1.5. Kuvars Tane Boyutuna Bağlı Olarak Eğilme Dayanımı Değişimi

Ergimenin gelişmesi, kapalı gözeneklerin heterojenliğinin artmasına sebep olmakta ve porselenin eğme dayanımını azaltmaktadır. Dayanım homojen camsı matrikse bağlıdır ve müllit içeriğinin eğme dayanımı üzerinde bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Deneysel çalışmalar sinterleme sıcaklığının üzerinde bir dayanım kaybı olduğunu göstermiştir. Ayrıca daha küçük kuvars tane boyutları aşırı pişirim nedeniyle bulk yoğunlukta bir düşüş meydana getirmektedir. Pişmiş numunelerde matriksin birincil gerilimi artık kuvars miktarına bağlıdır. Bu nedenle maksimum eğilme dayanımı 1300–1350 °C aralığında 10–20 µm kuvars tane boyutuyla elde edilmiştir. Şekil 1.5’de kuvars tane boyutuna bağlı eğilme dayanımı değişimi gösterilmiştir.

Eğilme testleri süresince çatlakın başlangıcına, diğer kapalı gözenekler ile bağlantılı olarak hareket eden kuvars tanelerinin çevresindeki mikro çatlakların sebep olabileceği düşünülmüştür. Bu olayın zincirleme reaksiyona benzer şekilde hareket etmesi sonucunda dayanımı azaltacağına ve bu engellenemez kusurlar boyunca numunelerin kırılabileceği gözlemlenmiştir. Kuvars tanelerinin 10–20 µm boyutlu homojen dağılımları kusurların meydana getirdiği bu negatif etkiyi tolere etmeye yardımcı olmuştur. SEM çalışmalarında küçük küresel porlar şişmenin etkisiyle ortaya çıkmaktadır ve daha fazla düzensiz şekilli, boyutlu ve keskin kenarlı gözeneklerin varlığına, ergime davranışının sebep olabileceğini savunmuşlardır.

Hutchings ve arkadaşları [2004] bu çalışmalarında porselen karolar için endüstriyel parlatma prosesinde, son yüzey geliştirmenin başlangıç testlerinden itibaren laboratuvar ölçeğinde tribometer ile simüle edilmesi üzerine çalışmışlardır. Prosedür olarak tipik bir endüstriyel parlatma prosesindeki mekanik koşullar analize edilmiştir ve laboratuvar simülasyonunda tekrar üretilebilme şartları tanımlanmıştır. Tribometer, bağlı kaydırma hızına ilaveten aşındırıcı başlık ve karo arasında kontrol edilebilen temas basıncının uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Ölçümler, pürüzlülük ve parlaklığa ilaveten karo ve başlık üzerinden kaldırılan malzeme miktarı oranına bakılarak anlaşılabilir.

Porselen karoların yüzey pürüzlülüğü ve optik parlaklıklarında meydana gelen değişimler birbirini takip eden farklı aşındırıcı başlıklar ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşındırıcı boyutunun benzer sıralandığı endüstriyel parlatma hattından toplanılan bilgiler ile karşılaştırılmıştır ve tribometer prosese bağlı olarak aynı özellikleri bize sağlamaktadır. Yüzey pürüzlülüğü ve parlaklık son karo özelliklerini değerlendirmede iki önemli değişkendir ve nihai parlatılmış yüzeyin değerlendirilmesinde farklı bölümlerde kalitenin daha faydalı ölçümüne yardım sağlar. Şekil 1.6'da SiC tane boyutuna bağlı parlaklık derecesi değişimi verilmiştir.



Şekil 1.6. Grit Boyutu ve Parlaklık İlişkisi

Parlatma hattından ve tribometer'dan alınan sonuçlarda 400 grit'ten daha küçük numaralı aşındırıcılara kadar bir parlaklık sağlanamamış, ancak 400 grit'ten büyük aşındırıcı boyutlarında parlaklıkta bir artış olduğu

gözlemlenmiştir. Deneysel yöntemler ile elde edilen sonuçların endüstriyel ölçek ile benzerlik gösterdiğine dikkat çekmişlerdir.

Hutchings ve arkadaşları porselen seramik karoların parlatma prosesinin optimizasyonu üzerinde çalışmalar yapmışlardır.

Parlatma yüksek kalitede sırsız porselen karoların üretiminde çok önemli bir prosestir ve toplam ürün maliyetinin (yaklaşık %40) büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Parlatma işletmesi gittikçe azalan aşındırıcı tane boyutu ile birlikte daha fazla birbirini izleyen bölüm çalıştırmaktadır. Aşındırıcı taneler genellikle silikon karbid, karo yüzeyine karşı baskı uygulayan döner parlatma başlığına monte edilmiş kompozit başlık üretiminde çimento matriks içerisine gömülmüştür. Yaygın endüstriyel uygulamalarda aşındırıcı boyutları sıralanarak parlatmada kullanılmıştır ve parlatma her aşındırıcıdan karoya kaç adet uygulanacağında deneyimlerden faydaniılmaktadır.

Karo parlatmanın önceki çalışmalarında, parlatma prosesi süresince yüzey pürüzlülüğünün azaltılması ve parlaklığın artırılması gibi karo yüzey yüzeyinin geliştirilmesinde farklı aşındırıcı boyutlarının farklı etkileri araştırılmıştır. Daha büyük aşındırıcı taneleri yaklaşık 400 grit altı) yüzey pürüzlülüğünde daha büyük etkiye sahip iken daha küçük taneler (400 grit üzeri) yüzey parlaklığında daha büyük etkiye sahiptirler. Bu makalede anlatılan çalışmada, parlatma prosesinin optimizasyonu ile parlatma maliyetlerinin azaltılma olasılığının incelenmesi ve nihai ürün kalitesinin artırılması için gerekli parametrelerin uygunluğu araştırılmıştır.

Laboratuar ölçeğinde parlatma donanımı geliştirilmiştir ve endüstriyel parlatma hattına uygun olarak kusursuz bir kopya meydana getirilmiştir. Teçhizat için tipik endüstriyel parlatma hattındaki aşamaların sırası kopyalanmıştır ve sırasıyla tüm aşındırıcı boyutları için parlaklık ve pürüzlülük gelişimi araştırılmıştır.

Deneysel uygulamalar sonucunda artan grit ve başlık numarası ile birlikte yüzey parlaklığı artarken, yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. 400 gritten

daha küçük tane boyutuna sahip aşındırıcı boyutlarında yüzeyden kaldırılan malzeme miktarı daha büyük aşındırıcı boyutlarına nazaran daha fazladır.

Tam ölçekli endüstriyel hatta parlatma başlıklarının azaltılması ile birlikte aynı parlaklık sağlanmıştır. Ayrıca parlatma bölümlerinin azaltılması aşındırıcı ve güç tüketiminde, fabrika bakım ve işçilik maliyetlerinde azalmaya sebep olmuştur. Buna ilaveten proses tarafından üretilen parlatma kalıntılarındaki azalmanın ekstra bir fayda sağlayacağını belirtmişlerdir.

Sanchez ve arkadaşları [2005] porselen karo mikro yapısının, parlatılmış karo özelliklerine olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında mekaniksel ve yüzey özellikleri üzerinde sinterlenmiş porselen karo mikroyapısının etkisinin saptanmasını ele almışlardır. Sinterlenmiş numunelerde pişirim sıcaklığında farklı mikroyapı pikleri elde etmekte endüstriyel sprej kurutucu ile elde edilen bünyeler çeşitlendirilmiştir ve kompozisyon takımlarına farklı kuvars içeriği ve tane boyutları ile değişkenlik kazandırılmıştır.

Sıvı faz sinterleme; izole edilmiş yuvarlak gözenekler olarak tanımlanmış, minimum gözenekliliği meydana getirmeyi amaçlayan tipik bir yoğunlaşma mekanizmasıdır. Başlangıç kompozisyonundaki kuvars içeriği ve tane boyutunun artması bünje sinterlenebilirliğinde bir azalmaya sebep olmaktadır ve bu durum pişmiş bünjede daha yüksek gözenekliliği beraberinde getirmektedir.

Mekanik özelliklerin pişmiş karodaki gözeneklilik artışından etkilendiğine dikkat çekmişlerdir. Gözeneklilikteki aynı varyasyonlar için mekaniksel özelliklerin, kuvars tane boyutundan daha çok kuvars içeriğindeki değişimlere karşı daha hassas olduğunu göstermiştir. Kuvars içeriğindeki artışa ve tane boyutundaki azalmaya bağlı olarak tokluk üzerinde bir etki gözlemlenmemiştir.

Kuvars içeriğinin ve tane boyutunun artmasıyla beraber daha fakir bir yüzey elde edilmiştir. Kuvars içeriğinin ve tane boyutunun artmasıyla

gözeneklilik artışı gözlemlenmiş ve bu durum mekaniksel özellikleri kötü yönde etkilemiştir. Sonuç olarak parlatılmış porselen karonun yüzey ve mekaniksel özellikleri başlangıç kompozisyonu ve proses şartlarından elde edilen mikro yapıya kuvvetli bir şekilde bağlıdır.

1.3. Projenin Amacı

Günümüzde porselen karolar gerek estetik gerekse teknik özellikleri nedeniyle seramik kaplama malzemeleri içerisinde önemli bir yere sahiptirler. Bugün gelinen noktada, porselen karo üreticileri bu çok geniş pazar içerisinde ömürlerini sürdürebilmek için teknolojik gelişmeleri takip etmek zorunda kalmışlardır.

Bu nedenler ile yeni üretim teknolojilerini takip etmek ve bünyelerine adapte etmek, alternatif hammadde kaynaklarını araştırmak, daha ucuz ve kaliteli ürün meydana getirmek porselen karo üreticilerinin vazgeçilmez hedeflerindendir. Ayrıca üretim prosesi kaynaklı zayıfları en aza indirgeyebilmek için tüm parametreleri daha da derinliğine inceleme ihtiyacı doğmuştur.

Bu çalışmanın amacı, endüstriyel porselen karo parlatma hattı boyunca ürünün mikroyapısal ve yüzey özelliklerini mercek altına alarak, ürün kalitesine ve verimliliğe olan etkileri araştırılmaya çalışılacaktır.

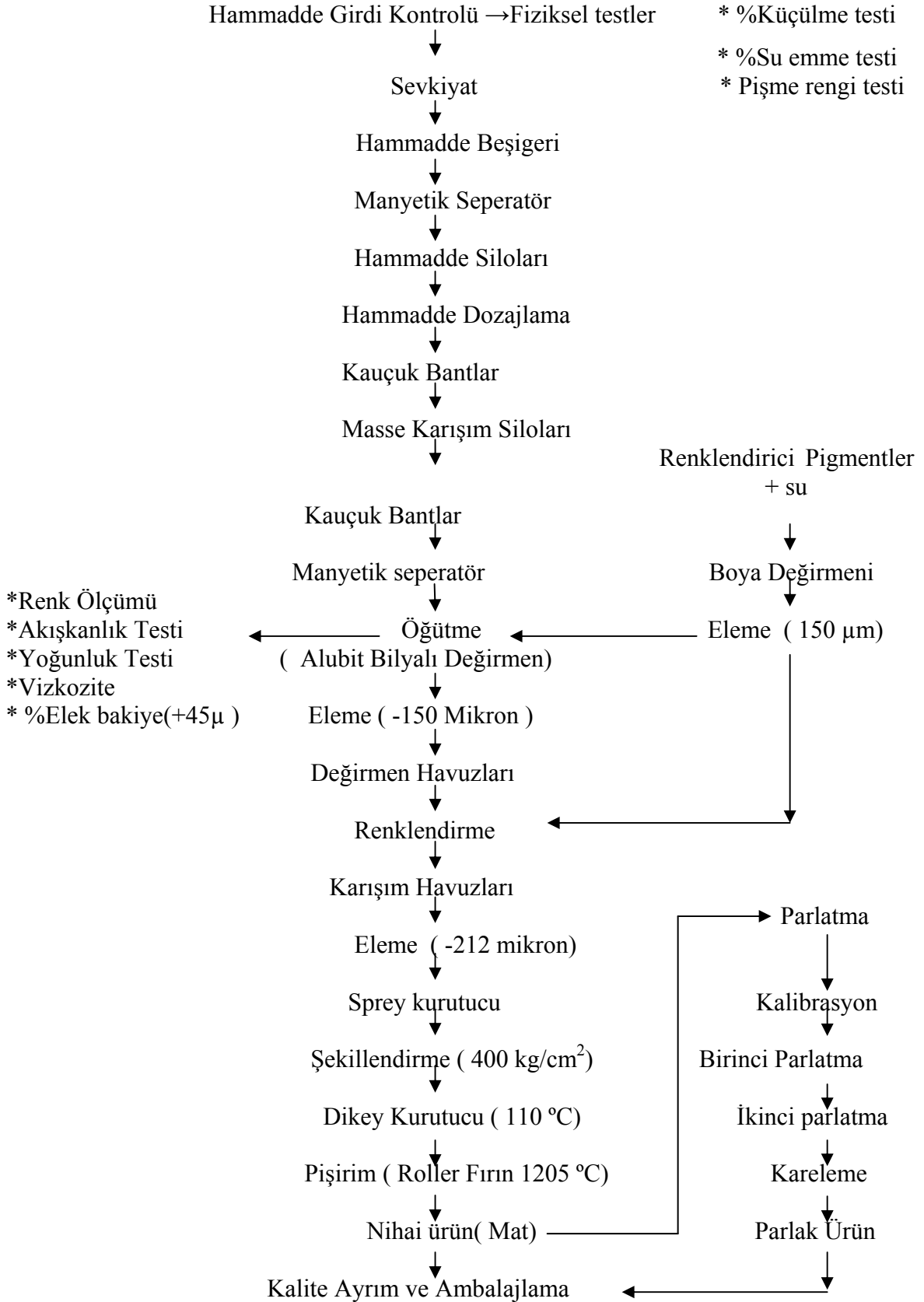
Tüm endüstriyel parlatma hattı boyunca basamak basamak alınan numune takımlarına %su emme testi, üç nokta eğme dayanımı, parlaklık ve pürüzlülük derecesi ölçüm testleri uygulanacaktır. Başlangıçta yapıyı ve ihtiva ettiği fazları belirlemek için numuneler SEM ve XRD analizlerine tabi tutulacaktır.

Üç nokta eğme testlerinden çıkan sonuçlar kullanarak weibull istatistik dağılımları hazırlanacaktır. Burada amaç, tüm basamaklar boyunca kırılma olasılığını gözden geçirmek ve mevcut basamağın olasılığa olan etkisini belirlemektir. Weibull istatistik dağılımlarını daha iyi irdelleyebilmek için mevcut basamakta numunelerin yüzeyinden SEM görüntüleri alınacaktır.

Yapılan testler vasıtasıyla tüm basamakların, mikroyapı ve yüzey özellikleri incelenerek porselen karo parlatma hattının nihai kaliteye ve verimliliğe olan etkisi açıklığa kavuşturulmaya çalışılacaktır.

2. PORSELEN KARO ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

2.1 Porselen Karo Üretim Prosesi Genel Akım Şeması



2.2. Proses Hakkında Genel Bilgiler

Porselen karo üretim prosesi genel olarak ikiye bölüme ayrılır. Birinci bölüm hammadde seçimi, öğütme, eleme ve granüle etme gibi başlangıç aşamalarını kapsar. Bu bölüm sonunda granül masse olarak adlandırılan yarı mamul oluşturulur. İkinci bölüm ise elde edilen yarı mamül kullanılarak şekillendirme, kurutma, pişirim, parlatma ve kalite ayrımı aşamalarını kapsar.

2.3. Hammadde Girdi Kontrolü ve Dozajlama

Porselen karo üretimi, öncesi kullanılacak olan hammaddelerden numuneler alınarak masse geliştirme ve fizik- kimya laboratuvarlarında birtakım fiziksel, kimyasal ve mineralojik (% küçülme, %su emme, renk ölçümü, dilatometre, DTA ve TG, XRD ve kimyasal vs.) testlere tabi tutulurlar. Buradaki araştırmalar vasıtasıyla mevcut olarak kullanılan ve yeni gelen hammaddeler arasındaki farklılıklar mukayese edilmeye çalışılır.

Teknik özellikler açısından kabul edilen hammaddeler porselen masse hazırlık tesislerinde bulunan beşiger adı verilen yaklaşık 20 cm delik çapına sahip ızgaralara kamyonlar vasıtasıyla boşaltılır. Bu ızgaranın buraya konulmasının amacı istenilen tane büyüklüğünden daha iri taneleri elimine etmektir. Beşigere altında bir bant ve bant üzerinde bir manyetik ayırıcı bulunmaktadır. Bu manyetik ayırıcı stok sahalarında, nakliyat işlemi esnasında ve hammaddenin kendi bünyesinden gelen demirli bileşikleri yapıdan uzaklaştırmak için kullanılır. Beşiger içerisinden bir çırçır bant vasıtasıyla hammaddeler stok silolarına çekilirler.

Hammadde stok silolarında proses kontrol laboratuvarı tarafından gelen hammaddelerin rutubetlerine bakılır ve sonuçlar kaydedilir.

Hammadde stok silolarının her birinin altında hareket edebilen kauçuktan yapılmış olan bantlar vardır. Hazırlanmış olan porselen masse reçeteleri dâhilinde silolardan hammaddeler bu bantların üzerine dökülür.

Her bir silonun altından geçen bantlarda belirli miktarda dozajlanmış

olan hammaddeler en son olarak ana karışım bandına alınırlar. Ana karışım bandı vasıtasıyla porselen masse karışımı değirmenlerin yanında yer alan masse karışım silolarına alınırlar veya direk olarak değirmene beslenirler.

2.4. Öğütme işlemi

Porselen karo massesi dozajlama işlemi gerçekleştirildikten sonra sıra bilyalı değirmenlerde öğütme işlemine gelmiştir. Öğütme işlemi öncesi yine değirmenlerin üst kısmında bulunan gezici bantlar üzerine konulmuş olan manyetik ayırıcılar vardır. Bu ayırıcılar; dozajlama ve stoklama işlemleri esnasında porselen masse bünyesine dâhil olan demirli bileşikleri uzaklaştırmaya yarar.

Porselen karo üretiminde renk ton farklılıkları önemli bir parametredir. Oluşabilecek renk ton farklılıklarının önlemine almak için prosesin birçok yerine manyetik ayırıcılar konulmaktadır.

Porselen karo masselerini öğütme işlemi için yaş sistem aktarılan ortamla çalışan değirmenler kullanılmaktadır. Sürekli ve süreksiz olarak çalışan değirmenler öğütme işlemlerinde kullanılmaktadır. Tüm hammaddeler (feldspat, kaolen, killer vs.) değirmene beraber beslenmekte ve beraber öğütülmektedir. Her hammaddenin öğünme derecesinin ve sertliğinin farklı olmasından dolayı sabit olmayan farklı tane boyutu dağılımları elde edilebilir. Bu durum nihai ürünün karakterini etkiler. Şekil 2.1.'de porselen karo masse öğütme işleminde kullanılan bilyeli değirmenler gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Porselen Karo Hammadde Öğütme Değirmenleri

Öğütme işlemi kırmaya benzer ebat küçültme işlemidir. İşletmede kullanılan değirmenler alabileceği katı miktarı kapasitesine göre sınıflandırılmaktadır. Yüksek güce sahip bir motorun ivmelendirmesiyle kauçuktan yapılmış olan kayışlar vasıtasıyla değirmenin dönme hareketi sağlanmaktadır. Değirmenler silindir şeklindedir ve discontinue (süreksiz) olarak çalışmaktadırlar. Kullanılan değirmenler gerek ortam gerekse içine konulan malzeme yükünü taşıyabilmeli, ayrıca ortamın darbe tesirlerine karşı koyacak dayanıklılıkta olmalıdır. Değirmen hacmi ve çapları direk olarak kapasite artışına etki eder.

Değirmenlerin iç çeperi (astar) yaklaşık olarak 12,5 cm kalınlığındaki sileks tuğlalarla kaplanmıştır. Değirmenlerde öğütücü malzeme olarak aşınma dayanımı yüksek olan alubit bilyeler tercih edilmiştir. Bu tercihin sebebi öğütme kapasitesini arttırmak ve öğütme işlemi esnasında bilyelerden kopması muhtemel parçacıkların süspansiyon bileşimine dâhil olmasını önlemektir.

Öğütme işlemi sırasında kullanılan öğütücü eleman olan bilyelerin çapları da optimum öğütmeyi sağlamak için boyutlandırılmıştır. 15 ton katı öğütme kapasitesine sahip olan bir değirmende yaklaşık olarak 20 ton civarında alubit bilye kullanılmaktadır. Alubit bilyelerin ebatlara göre dağılımları tablo 2.1’de verilmiştir;

Bilye Çapı (mm)	Miktar (ton)
30 mm (orta boyut)	10
40mm	5
25mm	5

Tablo 2.1. Değirmenlerde Kullanılan Bilye Boyutları ve Miktarları

Öğütme işlemleri sırasında sürekli aşınmaya bağlı olarak bilye miktarlarında değişiklikler yaşanacaktır. Bilye boyut ve ağırlıklarında azalmalar oluşacaktır. Bu nedenle belirli zamanlarda ortama büyük çapa sahip bilyelerden takviye yapılır.

Öğütme işlemi sırasında çalışılan yoğunluk aralığına (1680–1720 g/lt) göre değirmenlerin üzerlerinde bulunan su tanklarından gerekli miktarda su değirmene şarj edilir.

Süspansiyonun reolojik davranışlarını (Akışkanlık, Vizkozite) optimize edebilmek için yine değirmenlerin üst kısmında bulunan silolardan STPP (Sodyum tripoli fosfat) ve cam suyu (sodyum silikat) gibi akışkanlaştırıcılar (deflokülan) sisteme beslenir.

Öğütme işlemi sırasında değirmenlerde belirli bir kritik hızda çalışılır ve değirmen içindeki süspansiyonun hareket tipi serbest düşme şeklindedir. Kritik hızın üzerindeki veya altındaki değerlerde öğütme işlemi tam manasıyla yapılamaz. Değirmenlerde genel olarak yavaş bir devir (12devir/dk) söz konusudur.

Öğütme işlemi süresi ve optimum tane boyut dağılımını sağlamak için belirli zaman aralıklarında değirmen içerisinden numuneler alınarak 45 mikron üzeri elek bakiyesi testi yapılır. Eğer 45 mikron üzeri kuru madde miktarı % 2- 2,5 değerleri arasında ise yeterli öğütme gerçekleştirilmiştir.

Öğütme işlemi esnasında ayrıca alınan süspansiyon numunelerine vizkozite, akışkanlık, yoğunluk testleri uygulanır. Ayrıca alınan süspansiyonlar kurutulur, şekillendirilir ve işletme fırınlarında pişirilirler. Böylece süspansiyonun nihai fiziksel özellikleri (renk, küçülme ve su emme) hakkında önceden bilgi edinilmiş olunur. Eğer uygulanan testler sonucu değerler uygun değilse gerekli müdahaleler yapılır.

Öğütme işlemi esnasında ayrıca çeşitli boya maddeleri ile renklendirme işlemi de yapılmaktadır. Renklendirici boya maddeleri kuru şekilde diğer hammaddeler ile beraber değirmene beslenmektedir.

Süspansiyon 100–400 cps aralığındaki vizkoziteye ve ford cup ile yapılan testte uygun zaman aralığında ve kesiksiz olarak akma kabiliyetine sahipse değirmenden boşaltım için uygundur. Öğütme işlemi sonrasında süspansiyon manyetik ayırıcıdan geçirilir ve ilk önce 212 mikronluk daha sonra 150 mikronluk titreşimli eleklerden elenir. Şekil 2.2’de değirmen sonrası yer alan elekler gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Değirmen Sonrası Elekler

Eleme işlemi sonrasında porselen karo masse süspansiyonu karışım havuzlarına alınmaktadır. Karışım havuzları içerisinde homojeniteyi sağlamak ve çökmeyi engellemek amacıyla bir mile bağlı krom kaplama bıçaklar vasıtasıyla bir karıştırma (mix etme) mekanizması mevcuttur.

Renklendirme işlemi için daha düşük kapasiteye sahip olan boya değirmenleri kullanılır. Bu boya değirmenlerinde çok düşük tane boyutuna

sahip renklendirici pigmentler ve granüle edilmiş olan temel masseler kısa süreli karıştırma işlemine tabi tutulurlar. Karıştırma işlemi gerçekleştikten sonra renklendirilmiş süspansiyonlar manyetikten geçirilerek boya havuzu denilen havuzlara alınırlar. Şekil 2.3'de boya değirmenleri görülmektedir.



Şekil 2.3. Boya Değirmenleri

Masse havuzlarında bekletilen süspansiyonlar ile boya havuzlarında bekletilen renkli süspansiyonlar önceden belirlenmiş olan reçeteler dâhilinde dozajlanırlar. Dozajlama işleminde bir pompa değirmen havuzuna diğer pompa boya havuzuna bağlanır. Bir taraftan masse süspansiyonu diğer taraftan boya süspansiyonu gelirken helezon şeklindeki uygun bir karıştırıcı vasıtasıyla bir ana boru içerisinde tartım ve karıştırma işlemi yapılır. Burada gelen masse ve boya çamurunun yoğunlukları önceden bilinmektedir. Dijital tartım cihazına bu değerler girilirler. Tartım cihazı yoğunluğa bağlı olarak geçen kuru madde miktarına göre dozajlama işlemini gerçekleştirir.

Hazırlanan renkli süspansiyonlar, içerisinde aşınmaya karşı dirençli krom kaplama çelik merdanelerin kullanıldığı karışım havuzlarında belirli bir süre karıştırılırlar. Burada devamlı surette karıştırmanın amacı; renkli granüllerin homojen olarak dağılımını sağlamak, süspansiyonun çökmesini ve havuz çeperlerine yapışmasını engellemektir.

Havuzda karıştırma işlemi sırasında numune süspansiyonlar alınır. Alınan numune sliplerin viskozitesine, yoğunluğuna, 45 μ üzeri elek

bakiyesine bakılır, ayrıca laboratuvar şartlarında kurutulup şekillendirilip, işletme fırınında pişirildikten sonra nihai ürünün rengine ve % doğrusal küçülmesine bakılır. Bu prosedürün amacı renkli çamurun sprej edilmeden önce bir takım fiziksel testlerden geçirilip, herhangi bir müdahaleye gerek olup olmadığını araştırmaktır. Eğer ki renkli süspansiyonun pişme rengi uygun değilse karışım havuzu içerisinde, diğer koyu veya açık bazlı renkli süspansiyonlar veya boya maddeleri ile müdahale yapılır. Ayrıca bu prosedür uygulanmazsa hazırlanan karışım boş yere sprej edilmiş olacak ve enerji tüketimi artacaktır.

2.5. Granülasyon İşlemi

Karışım havuzlarında bekletilen belirli akışkanlığa ve yoğunluğa sahip renkli süspansiyonların bünyesindeki suyu buharlaştırmak için sprej kurutucular kullanılır. Sprej kurutucular renkli slipin granüle edilmesini sağlarlar. Sprej kurutucu çıkışında %5,5- 6,5 rutubet ihtiva eden şekillendirilmeye hazır küresel şekilli, renkli granüller elde edilir. Granülasyon işlemi sonrasında tanelerin şekillerinin ve yapısının bozulmamasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde nihai ürün yüzeyinde farklı renk bölgeleri oluşabilir, renk ve ton farklılıkları meydana gelebilir, daha da önemlisi kompakt bir yapı oluşumuna ve sinterleşme davranışlarına olumsuz yönde bir etki oluşabilir.

Yeterli homojenleştirme sağlandıktan ve gerekli tüm testler uygulandıktan sonra kabul gören renkli karışım süspansiyonu bir pompa vasıtasıyla karışım havuzundan pompa vasıtasıyla çekilir ve lastik borular yardımıyla sprej kurutucu öncesi mevcut olan eleklerle pompalanırlar. Şekil 2.4'te sprej kurutucu öncesi elekler gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Sprey Kurutucu Öncesi Elekler

Eleme işlemi gerçekleştirildikten sonra renkli süspansiyon elek altlarında bulunan sprej kurutucu silolarına alınır. Bu siloların iç çeperleri krom kaplamadır, paslanmaz çelikten yapılmışlardır ve içerisinde karıştırmayı sağlayan bir motora bağlı merdaneler bulunmaktadır. Silo içerisinde ayrıca bir manyetik ayırıcı mevcuttur. Siloların kaplaması ve merdaneler aşınmaya ve korozyona karşı yüksek dirence sahiptirler. Kaplama malzemesinin sürtünme direnci çok düşüktür.

Burada akışkanlık süspansiyonun kolay pompalanabilmesi için önemli bir parametredir. Süspansiyonumuzun akışkanlığı ne kadar yüksek olursa kurutma kulesine pompalama o kadar kolay olacak ve daha az enerjiye ihtiyaç duyulacaktır. Seramik karo üreticileri her zaman yüksek yoğunlukta ve yüksek akışkanlığa sahip süspansiyonlarla çalışmayı isterler. Bu durum daha az enerji kullanılarak daha fazla kapasite sağlanmasına ve daha problemsiz bir granülasyon işlemini beraberinde getirecektir. Şekil 2.5’de sprej kurutucunun görünümü yer almaktadır.



Şekil 2.5. Sprey-Dryer Görünümü

Sprey silolarında tekrar homojenleştirilen bekletilen süspansiyonlar artık spreylendirilme beslenmeye hazırdır. Renkli kütle süspansiyonu spreylendirmeden önce, spreylendiricinin iç yüzeyi tamamen bol suyla yıkanmaktadır. Bunun sebebi daha önceki üretimlerden kalan ve iç yüzeye yapışmış olan kirliliklerin yeni bünyeye girişini engellemektir.

Hazır halde spreylendirme silosu içerisinde bulunan renkli kütle süspansiyonu silo çıkışına bir boru bağlanarak spreylendirici girişine iletilir. Spreylendiriciye pompalama işleminden önce, buraya bir manyetik tutucu konulmaktadır.

Renkli kütle süspansiyonun spreylendiriciye pompalama basıncı ve uygulanan sıcaklık miktarı, renkli granüle olmuş tanelerin fiziksel özellikleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Özellikle optimum tane boyutunun yakalanması birincil şarttır. Spreylendiriciye renkli kütle süspansiyonu yaklaşık 25–30 bar arasında pompalanır ve spreylendiricinin üst kısmında 400–500°C sıcaklıkla karşılaşır. Yüksek yoğunluklarda yüksek bir spreylendirme üst ısı uyguladığımızda daha ince granül taneler elde ederiz, tam tersi bir durumda ise daha iri taneli granüller elde ederiz. Nihai granül tane boyutları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Spreylendiricide nozüllerin alt kısmındaki sıcaklık ise yaklaşık 100 °C civarındadır.

Elek çapı (µm)	%
+500	15–30
+250	65–70
+150	10–15
+75	2–5
-75	0–3

Tablo 2.2. Porselen Massesi Granül Tane Boyutu Analizi

Tablo 2.2’de porselen karo granül massesinin tane boyut analizi yer almaktadır. Granül masse tane boyutu dağılımında 150 µm üzeri maksimum %30 olmalı 150 µm altı ise maksimum %8 olmalıdır.

Süspansiyonun atomize edilmesi sprej kurutucunun orta kısmında bulunan nozüller sayesinde gerçekleştirilir. Burada kullanılan nozüller müllitten yapılmıştır. Müllit yüksek aşınma ve sürtünme direncine sahip olması nedeniyle tercih edilmiştir. Nozül şekil olarak elipsi andırmaktadır. Ortalama nozül çapları 5,4- 5,5 mm arasında değişmektedir. Nozül sayısı sprej kurutucunun kapasitesine göre değişiklik göstermektedir.

Yanma reaksiyonunu sağlamak için doğalgaz, ateşleme operatörü olarak ise brülörler kullanılmaktadır. Sprej içerisindeki tozları çekmek için kurutucunun alt kısmına bağlı bir hava emiş siklonu bulunmaktadır.

Sprej sonrası granül özellikleri rotorun düzenlenmesine, döndürme hızına, besleme hızına ve katı içeriğine bağlıdır. Dikkatli bir kontrol mekanizması oluşturulmadığı zaman küresel taneler yerine kısmen çökelmiş veya gamzeleri olan taneler elde edilebilir. Bu nedenle sprej işlemi devam ederken proses kontrol görevlileri belirli zaman aralıklarında sprej kurutucu

çıkışımdan numuneler alırlar ve rutubet testi uygularlar. Sprey çıkışımdan alınan granül massenin sıcaklığı yaklaşık olarak 25–30 °C'dir.

Sonuç olarak birbirinin üzerinde serbest olarak kayma özelliğine sahip, küresel şekilli, %5,5–6,5 rutubet ihtiva eden granüller elde edilir. Elde edilen çoğu tane küresel olabilir, fakat yüzeyinde veya içerisinde boşluklar ihtiva edebilir. Ayrıca doğru sıcaklıklar uygulanmadığı zaman küresel tanecikler aglomerasyonlar oluşturabilir. Son olarak granül haldeki masseye tane boyutu analizi yapılır ve proses için uygunluğu saptanır.



Şekil 2.6. Sprey Kurutucu Çıkışı

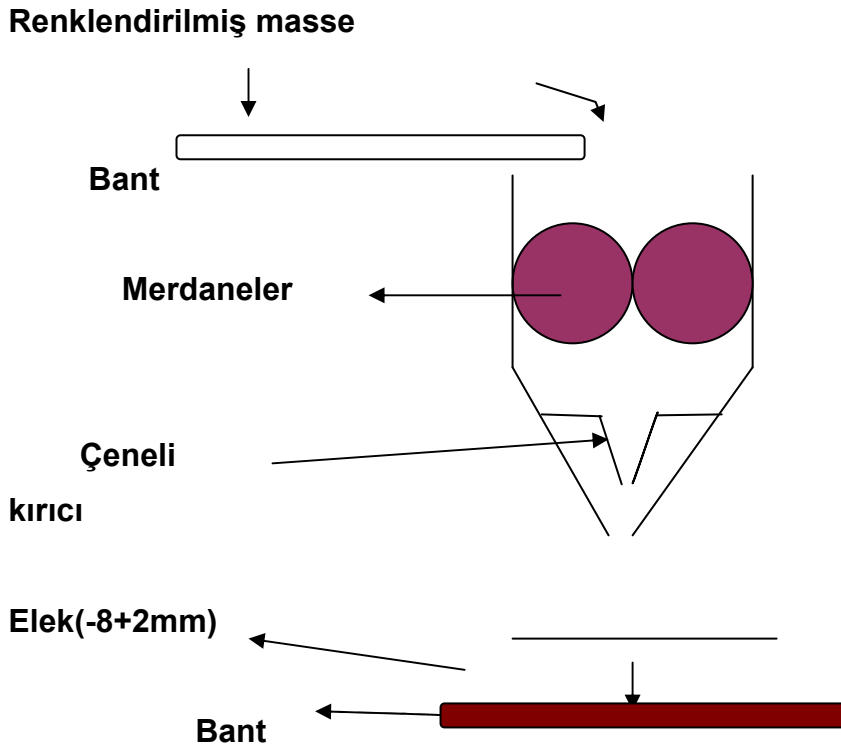
Şekil 2.6'da sprej kurutucu sonrası granüllerin banda beslenişi görölmektedir. Granüle edilmiş olan renkli taneler sprej çıkışında kauçuktan yapılmış olan bir bant üzerine bırakılırlar ve porselen karo üretim fabrikası arka kısmında bulunan silolara nakil edilirler. Bu silolar masse siloları olarak adlandırılmaktadır. Silolar içerisinde %5,5–6,5 rutubete sahip masse birkaç gün bekletilir. Bu bekletmenin sebebi rutubetin homojen olarak masse içerisinde dağılımını sağlamaktır.

Masse silolarının yanı sıra bu bölümde kuru ve yaş sistem renklendirme, peletleme, briketleme işlemleri yapılmaktadır.

2.6. Renklendirme Teknikleri

2.6.1. Kuru Sistem Renklendirme (Kuru Granulatör)

Bu tip renklendirmede ana amaç granül ile renkli tanenin birleştirilmesi sağlamak ana granül tanenin etrafını farklı renge sahip taneler ile çevrelemektir. Sistem tamamen kuru olarak çalışmaktadır. Çalışma anında bünyeye dâhil olabilecek kirlilikler manyetikler vasıtasıyla ortamdan uzaklaştırılmaktadır.



Şekil 2.7. Kuru Sistem Renklendirme Akım Şeması

Şekil 2.7’de görüldüğü üzere renklendirilmiş masse bir banda boşaltılıyor ve bu bant vasıtasıyla peletleme makinesine malzeme besleme yapılıyor. Malzemeyi boşaltılan hazne içerisinde birbirine ters yönlerde dönen iki adet merdane bulunmaktadır.

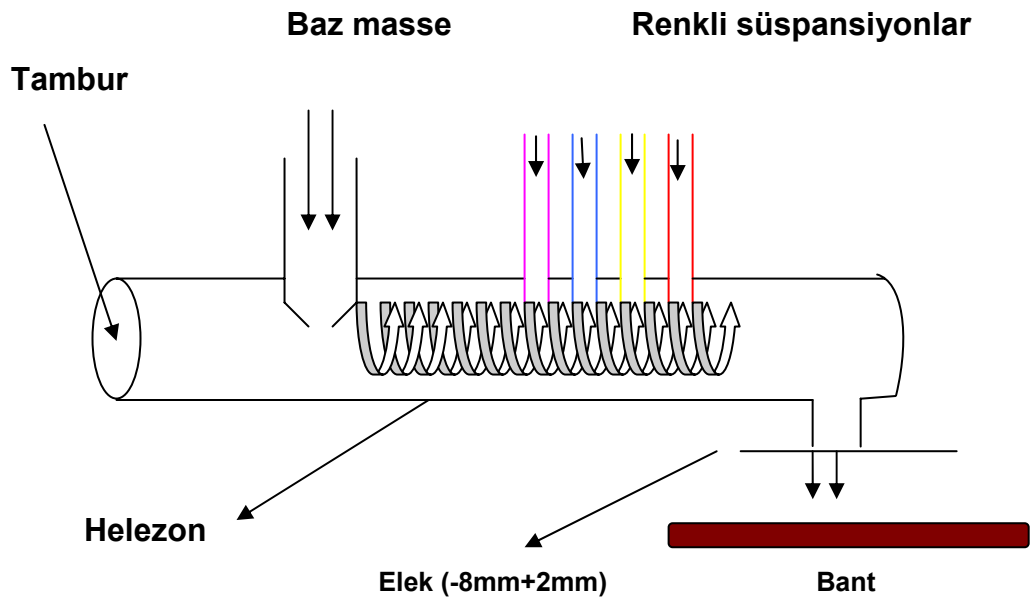
Bu merdaneler aracılığıyla renkli granül massesi sıkıştırma ve yapıştırma işlemine maruz bırakılarak pelet (birleştirilmiş haldeki taneler) haline getirilmektedir.

Peletleme işleminden sonra merdanelerin alt kısmında çeneli kırıcı vasıtasıyla istenilen boyuttan daha büyük peletler uygun boyuta indirgenirler. Belirli boyutuna sahip taneler en son olarak bir elekten elenir, bir banda boşaltılır ve kullanılmak üzere bir siloya depolanırlar.

Bu yöntem ile renklendirmeye ürün yüzeyinde daha iri boyutta renkli taneler oluşturularak porselen karo yüzeyinde farklı efektler yakalanabilir.

2.6.2. Yaş Sistem Renklendirme (Yaş Granülatör)

Bu renklendirme yönteminde sulu sistem kullanılmaktadır. Bu teknikte ana amaç bir tane içerisinde birden fazla rengi elde etmektir. Sistem kapalı bir sistemdir ve sonuç olarak belirli tane boyutuna ve farklı renklere sahip çok renkli granül taneler elde edilir. Sistemde yine kirlilikleri ortamdaki uzaklaştırmaya yarayan bir manyetik tutucu mevcuttur.



Şekil 2.8. Yaş Sistem Renklendirme Akım Şeması

Şekil 2.8’de yaş sistem renklendirme akım şeması görülmektedir. Proses olarak baz masse ve renkli masse ayrı silolar vasıtasıyla hazne içerisine beslenir. Ortama su beslemesi de yapıldıktan sonra hazne içerisinde bulunan helezon dairesel hareketi vasıtasıyla ortam taşınır. Bu taşınma ve karıştırma esnasında renkli taneler yüzeyi çevreler veya tam tersi vaziyette renkli tanelerin yüzeyi baz masse taneleri ile kaplanır. Böylelikle granül tane içerisinde gamze şeklinde birden fazla renk oluşumu sağlanır.

Hazne çıkışı %15–20 su ihtiva eden renklendirilmiş, belirli boyuta indirgenmiş (-8mm+2mm)sahip aglomera halde granüller elde edilir. Bu aglomera granüller ısıtıcı fan yardımı ile %5,5–6,5 rutubet elde edilinceye kadar kurutulurlar.

Sonuç olarak daha iri boyutta renkli taneler elde edilir. Bu tip renklendirilmiş masseleri şekillendirmek için daha yüksek pres basınçları gereklidir. Yavaş bir kurutma uygulanmaktadır ve daha uzun pişirim süreleri gerekmektedir. Genel anlamda proses pahalı bir renklendirme tekniğidir.

2.6.3. Kolay Renklendirme (Easy Color) Tekniği

Bu teknikte reçine ile yapışkanlık özelliği kazandırılmış boyalar vasıtasıyla granül yüzeyi kaplanır. İşlem kuru olarak uygulanmaktadır. Son yıllarda renklendirme maliyetlerini azaltmak amacıyla kolay renklendirme tekniği alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Cihaz bir hazne ve hazne içerisindeki bir helezondan oluşmaktadır. Hazne ve içerisindeki helezon birbirlerine zıt yönlerde dönmektedirler. Malzeme besleme işlemi belirli bir hıza sahip bant vasıtasıyla sağlanmaktadır. Kuru halde dozajlama işlemi yine bant hızı ile ayarlanmaktadır.

Haznenin içerisine alınan masse ve reçineli boyalar bir yandan helezon vasıtasıyla karıştırılırken diğer yandan çıkışa doğru sürüklenmektedir. Bu taşınma hareketi esnasında granül tanelerin yüzeyi

reçineli boyalar vasıtasıyla ince bir film gibi kaplanmaktadır. Bu teknikte yüksek renk çeşitliliği sağlanabilir. Taneleri aynı miktarda kaplanması ve şekillerinin bozulmaması dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerdir.

Yüzeyi kaplanmış granüller mikronize olarak adlandırılan cihazda 150 μ altına öğütülür. Bu tip mikronize hale getirilmiş renkli masseler daha çok traverten (çok katlı) denilen ürünlerin üretiminde kullanılırlar. Ana bünye üzerine mikronize boyuttaki masse ince bir film tabakası elde edilecek şekilde bırakılarak şekillendirme işlemi yapılır.

2.7. Porselen Karo Şekillendirme Prosesi

Porselen karoları şekillendirme işleminde izostatik kalıplara sahip hidrolik presler kullanılır. Bu tip preslerde tek eksenli çift yönlü bir sıkıştırma hareketi mevcuttur. İzostatik kalıplar uygulanan basıncı en iyi şekilde karo yüzeyine yaymak ve optimum paketlenmeyi sağlamak için kullanılmaktadır. Optimum değerlerden daha yüksek basınç değerleri kurutma ve pişirim prosesleri esnasında sıkıntılar yaratabilir. İstenilenden daha sıkı bir yapı ve daha yoğun bir yüzey oluşturmak kurutma esnasında bünye rutubetini uzaklaştırmakta, pişirim esnasında organiklerin yanarak bünyeyi terk etmesinde ve gaz çıkışlarında sorunlar doğurabilir.

Porselen karoları şekillendirmek için gerekli basınç yaklaşık 350–400 kg/cm^2 civarındadır. Bu basınç değerleri karo yüzeyine etki eden spesifik basınç değerleridir. Kullanılan basınç değerleri direk olarak %küçülme ve %su emme değerlerine etki ettiği için değişkenlik göstermektedir.

Hidrolik preslerde kullanılan izostatik kalıplar daha önceden bilinen %küçülme değerlerine göre boyutlandırılır. Eğer ki %küçülme olarak farklılıklar yaşıyorsa istenilen ebada uygunluğu sağlayabilmek için pres basınçlarına müdahale edilebilir. Genel olarak küçülme değerimiz istenilen değer aralığının alt sınırlarına yakın ise uygulanan basınç düşürülebilir, fakat böyle bir durumda da % su emme değerlerimizde farklılıklar oluşacaktır.

Buradaki hassas dengeyi sağlayabilmek standart ebatta çalışabilmek açısından önem arz eder.

Şekillendirme öncesi pres silosuna gelen porselen karo massesinin % rutubeti de burada önemli bir parametreyi teşkil etmektedir. Genel olarak şekillendirilebilirlik ve sıkıştırılabilirlik açısından porselen karo massesinin rutubeti %5,5–6,5 değer aralığındadır. Eğer ki % rutubet alt sınır değerine yakın veya altında ise % su emme değerimiz daha yüksek çıkacaktır. Düşük rutubetlerde tam bir sıkışma sağlanamaz, tam tersi durumda yüksek rutubette ise kurutma problemleri ve kalıp gözünde ham bünyeyi çıkaramama gibi problemler oluşabilir.

Porselen karo şekillendirmede pres gözlerinin dolum oranı ve sıkıştırılabilirlik oranı ürünün nihai kalınlık ve uzunluk gibi boyutsal parametrelere etki eder. Kullanılan porselen karo massesinin granül tane boyut dağılımı yüksek bir bulk yoğunluk elde etmek için gerekli şarttır. Taneler arasında ve taneler ile kalıp arasındaki sürtünmeler minimum seviyelerde olmalıdır, bu durum paketlenme derecesini artırır ve tanelerin morfolojik yapısının bozulmasını önler. Ayrıca bu gibi tribolojik faktörler basıncın eşit olarak dağılımını engelleyecek, tabakalaşmaya sebep olacaktır.

Porselen karo şekillendirme ön sıkıştırma, ön presleme ve son preslemeden oluşan üç ana aşamadan oluşmaktadır. Burada ön presleme ve son presleme arasında havalandırma aşaması ara aşamadır. Eğer ki havalandırma optimal bir şekilde yapılamıyorsa bünye içerisinde hava boşlukları oluşacaktır, bu boşluklarda kurutma ve pişirim esnasında problemlere yol açacaktır. Şekil 2.9'da porselen karo şekillendirmede kullanılan hidrolik presler önden ve arkadan görülmektedir.



Şekil 2.9. Porselen Karo Üretiminde Kullanılan Preslerin Önden ve Arkadan Görünüşü

Şekillendirme işleminde presin arka kısmında bulunan dolum haznesine, üst kısımdaki masse silosundan besleme işlemi yapılır. Dolum haznesinin alt kısmında bulunan pres sürgüsü olarak adlandırılan ızgaraya masse boşaltılır. Sürgü ileriye doğru hareket eder, pres kalıp gözlerine masseyi belirli oranda boşaltır. Sürgünün geri dönme hareketi esnasında yüzey sıyrılır ve düzleştirilir.

Sürgü hareketi sonlandıktan sonra üst matrisin aşağı doğru hareketi başlar. Sıkıştırma işlemi yapılırken masse ile birlikte sıkışan havanın dışarı çıkmasına fırsat verilmelidir. Aksi takdirde kuvvet yönüne dik bir vaziyette pres çatlakları oluşabilir. Bunun için önce düşük kuvvet etkisinde sıkıştırma yapılır. Alt matris yukarı çekilir, iç kısımdaki hava çıkışına izin verilir ve son olarak yüksek basınçta son sıkıştırma işlemi ($350\text{--}400\text{ kg/cm}^2$) uygulanır.

Porselen karo üretiminde farklı yüzey efektleri elde etmek için presleme esnasında farklı çalışma teknikleri mevcuttur. Örneğin traverten ürünlerde ana masse haznesine ilaveten ön kısımda bir adet mikronize ($-150\text{ }\mu\text{m}$) masse haznesi bulunmaktadır. Bu tip üretimlerde ilk önce ana masse sürgüye boşalır, kalıp gözlerini doldurur sürgü geri doğru hareket ederken mikronize masse belirli miktarlarda üst kısma boşaltılır. Böylelikle üst kısımda daha ince tane boyutlu daha iyi sinterleşebilme özelliğine sahip ince bir tabaka oluşturulur. Böylelikle daha pürüzsüz ve daha canlı yüzeyler elde edilebilir.

Bir diğ er ürün şek li olan multipipe üretimlerinde ise taban massesi sürgüsünün arka kısmında ikinci bir sürgü daha yer alır. Genel olarak yaş sistem renklendirme ile elde edilen renkli granüller bu ikinci sürgü vasıtasıyla bünyeye dâhil edilir. Bu tip üretimler yaygın olarak doğal granit görünümlü yüzeyleri elde etmekte kullanılır.

Presleme işlemi esnasında farklı boyutlarda ve kalınlıklarda çalışma imkânı vardır. Büyük ebata sahip ürünler genel daha kalın olarak üretilirler. 30x30, 40x40, 30x60, 60x60, 60x120 (cm) ve türevleri olarak farklı boyutlarda üretimler yapılabilir.

Şekillendirme işleminde porselen karoların yüzeyleri üst kısımda kalacak şekilde presleme işlemi yapılır. Şekillendirme sonrasında yeterli ham mukavemete (min. 4 N/mm²) sahip ham porselen karolar pres önünde bulunan taşıyıcı banda sürgü vasıtasıyla aktarılırlar. Yüzey fırçalar vasıtasıyla ve hava ile temizlenerek kurutma işlemi için uygun hale getirilir.

Ayrıca şekillendirme işlemi sonrası iç kısımda bulunan rutubet ve hava boşluklarından dolayı bir genleşme oluşacaktır. Porselen karo üretiminde bu geri genleşmenin % 0,5'i geçmemesi arzu edilir.

2.8. Porselen Karo Kurutma İşlemi

Porselen karolar şekillendirme işlemi sonrası diğ er tüm geleneksel seramik karo üretimlerinde olduğu gibi kurutma işlemine tabi tutulurlar. Kurutma işleminde yapı içerisinde bulunan bünye rutubeti uzaklaştırılır. Porselen karolar hızlı pişirim prosesi ile pişirime tabi tutuldukları için bünyesindeki su miktarı %0,5 'i geçmemesi arzu edilir. Bu değ erden daha yüksek değ erlerde roller fırın ön ısıtma bölgesinde kurutma kaynaklı çatlaklar oluşabilir.

Sağlıklı bir kurutma prosesi bünyeyi meydana getiren killerin niteliğine, tane boyutuna ve yapının bulk yoğunluğ una bağlıdır.

Porselen seramik karolar presleme sonrası mengil-dryer denilen dikey kurutucularda 1–1,5 saat süreyle 100–110 °C sıcaklıkta kurutma prosesine tabi tutulurlar. Dikey kurutucularda 20–21 adet karoların taşındığı sepet ve her sepette de 15–20 adet raf bulunmaktadır.

Kurutma zamanı porselen karonun ebadı ve kalınlığı ile doğru olarak artar. Kurutma sonrası porselen karo üründe bünye rutubetinin %0,5 geçmemesi temel arzudur. Ayrıca kurutma sonrası bantlardaki titreşim kinematiklerine ve aplikasyonlara karşı belirli bir mukavemete sahip olmalıdır. Bu nedenle kuru mukavemet değerinin minimum 20 kg/cm² olması gerekmektedir.

Porselen seramik karolarda kurutma homojenliğinin sağlanması nihai üründe karşımıza çıkabilecek renk ton farklılıklarını asgari seviyeye indirir.

2.9. Porselen Karo Pişirim Prosesi

Seramik porselen karolar hızlı tek pişirim prosesine uygun bir hammadde kompozisyonuna sahiptirler. Porselen karoları sinterleme sıvı faz sinterleme tekniği kullanılmaktadır. Genel olarak nihai seramik porselen karoda vitrifikasyon sonucu yüksek miktarda bir yoğunlaşma elde edilir. Nihai seramik porselen karo içerisinde camsı matriks içerisine gömülü vaziyette kuvars, feldspat(albit, ortoklaz)ve müllit kristalleri bulunmaktadır. Sonuç olarak seramik porselen karoda yüksek miktarda paketlenme ve sinterleşme sonucu % 0 oranında su emme değerine ve yüksek miktarda mukavemete ulaşılır.

Hızlı tek pişirimde yüksek miktarda sinterleşme ve yüksek bir reaktiviteyi sağlamak için gerekli bazı faktörleri sıralayacak olursak;

- Hızlı pişirime uygun bir bünye formülasyonu oluşturmak (Yeterli alkali, Al₂O₃ ve SiO₂ miktarları)
- Kullanılan killerin mineralojik yapısı (kaolinit, illit ve montmorillonit fazı miktarları), empurite miktarı, tane boyutu ve nihai fiziksel özellikleri (% su emme, üç nokta eğme dayanımı)

- Kullanılan süspansiyonun öğünme derecesi ve sprey edilmesi sonucu elde edilen tane boyut dağılımı ve spesifik yüzey alanı büyüklüğü
- Her bir bileşenin erime davranışı ve ısı karşısında gösterdiği boyutsal davranış
- Presleme esnasındaki rutubet miktarı, presleme basıncı ve basıncın homojenitesi
- Pişirim sıcaklığı, süresi ve pişirim intervali
- Fırın atmosferi

Yukarıda belirtilen parametreler aşağıda belirtilen nihai ürünün fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerine etki edecektir;

- Pişme küçülmesi
- Ebat sabitliği sağlama
- Üç nokta eğme dayanımı
- % Su emme değeri, kapalı ve açık porozite
- Lekelenme direnci
- Oluşan nihai fazlar ve miktarları
- Elastisite modülü ve kırılma tokluğu
- Paketlenebilme
- Isısal genleşme davranışları
- Deformasyon

Porselen karolar hızlı pişirim tekniğine uygun olarak tasarlanmış roller fırınlarda pişirilirler. Roller fırınlar genel olarak ön ısıtma, ateş bölgesi ve soğutma adı altında üç ana bölümden meydana gelmektedir. Ön karışımli sistem kullanılarak yanma havası ve yakıtın ateşleyici brülörler vasıtasıyla reaksiyonu gerçekleştirilerek gerekli sıcaklık temin edilir. Elde edilecek sıcaklık yanma odasına verilen yanma havası ve yakıtın miktarı ve basınçları ile doğru orantılıdır. Roller fırınlarda enerji kaynağı olarak doğalgaz kullanılmaktadır.

Porselen karo röleli pişirim fırınlarında sıcaklık izolasyonu refrakter tuğlalar ve cam yünü ile sağlanmaktadır. Böylelikle herhangi bir bölgedeki ısı kaçağının pişirim prosesine etkisi en aza indirgenmiş olur ve verilen sıcaklıktan maksimum derecede faydalanılmış olunur.

Porselen karoları fırın içerisinde taşınması için müllit yapıllı röleler tercih edilmektedir. Röleler yüksek sıcaklıklarda deforme olmamalı ve üzerinde taşıdığı ürün reaksiyonda girmemelidir. Fırınlarda kullanılan rölelerin çapları ön ısıtma, ateş ve soğutma bölgelerin değişiklik göstermektedir. Sıcaklığın daha yüksek olduğu kesimlerde daha büyük çapa ve et kalınlığına sahip röleler kullanılmaktadır.

Porselen karolar ebada bağılı olarak 1185- 1215°C sıcaklık aralığında 40- 75 dk süre ile pişirilmektedirler. Genel olarak daha büyük ebatlı ürünlerde optimum sinterleşmeyi sağlamak için daha yüksek süreler gerekmektedir.

Fırın içerisinde sıcaklık değişimleri ve fırın devri, özel yazılım programına sahip bilgisayar destekli üniteler ile fırın kontrol odalarından yürütülmektedir. Ayrıca fırın girişleri ve çıkışları fotoseller ve kameralar vasıtasıyla kontrol edilmektedir. Şekil 2.10'da roller fırın giriş ve çıkışı görülmektedir.



Şekil 2.10. Roller Fırının Giriş ve Çıkışının Görüntüsü

Porselen karo bileşiminde kullanılan komponentlerin getirdiği ısısal davranışlar nedeni ile başlangıçta yüksek sıcaklık derecelerine çok kısa sürelerde çıkılmakta olup, ateş ve soğutma bölgelerinde daha yüksek süreler ile birlikte yavaş bir devir uygulanmaktadır. Ön ısıtma ve soğutma bölgelerinde kuvars dönüşümleri sırasında oluşabilecek termal genleşmeleri minimuma indirgeyebilmek için daha yavaş sıcaklık geçişleri uygulanmaktadır.

Pişirim sonrası porselen karolar belli bir mukavemete ulaşmış olup, fırın çıkışı bantlar vasıtasıyla şematik olarak adlandırılan istifleyiciye veya kalite kontrol bandına direk taşınırlar.

2.10. Kalite Ayrımı ve Ambalajlama

Kalite ayrımı ve ambalajlama bölümü renk-ton farklılıkları, yüzey görünümü, deformasyon ve ebat gibi nihai ürün özelliklerinin test edildiği tüketiciye ürünün sevkiyatı yapılmadan önceki son proses noktasıdır. Bu birim genel olarak üretimin performans derecesini gösterir. Ayrıca sağlıklı bir kalite ayrımı yapılamıyorsa porselen karo üretici firmanın iç ve dış pazardaki itibarı sarsılır ve dolayısıyla pazar payı düşer. Bu gerekçeler sebebiyle kalite ayrımı, gerek firma içinde gerekse porselen karo pazarı içerisinde son derece önemli bir role sahiptir.

Kalite ayrımı İSO standartlarına göre yapılmakta olup uygulamış olduğumuz prosesin performansını değerlendirmek açısından da büyük önem taşımaktadır. Kalite ayrımı esnasında var olan proses hataları görülür, sebepleri incelenir ve bu doğrultuda gerekli yerlere uygun müdahaleler yapılır.

Kalite ayrımında porselen karo ürünler varolan standart kriterler göz önüne alınarak boyutsal, şekilsel ve görünüm olarak 1. kalite, 2.kalite ve ıskarta olarak ayrımlandırılır. Burada uluslar arası sınıflama ve teknik standartlar göz önüne alınarak sınıflama yapılmaktadır.

Bu bölümde özetle istifleyici olarak şematikler, ebata ve kaliteye göre sınıflayıcı olarak istifleme bantları, kutulama, barkodlama ve ambalajlama cihazları kullanılmaktadır. Tüm kalite ayrımı ve ambalajlama işlemleri gerçekleştirilen karolar paletlendikten sonra stok alanına alınırlar.

Porselen karo üretimi genel olarak mat ve parlak olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu bölüme kadar mat üretim anlatılmıştır. Tüketicinin, bayilerin ve pazarın talebine göre porselen karolar parlatma işlemine tabi tutulmaktadırlar. Parlak karo üretimindeki tek fark mat bir ürün yüzeyinin parlak hale getirilmesidir.

2.11. Porselen Karo Parlatma İşlemi

Porselen karo üretiminde parlatma işlemi, olağanüstü estetik etkiler bırakması nedeniyle seramikte genel bir prosestir. Sırsız porselen karolar belirli parlatma aşamalarından geçirilerek daha kaliteli ve pürüzsüz bir yüzey eldesi amaçlanır. Burada nihai ürün yüzeyi sürekli sürtünmeye maruz bırakılarak camlaşması sağlanmakta ve belirli bir parlaklık değerine ulaşıncaya kadar bu işlem devam ettirilmektedir.

Endüstriyel parlatma işlemi, doğal taş, granit ve mermer gibi diğer malzemelerden elde edilen deneyimlerde, aşındırıcı proses doğasının sistemik karakterine karşın deneme yanılma yöntemi üzerine kurulmuştur.

Genel anlamda parlatma işlemi yüzeyin cazibesini arttırmak için porselen karolara uygulanır. Fakat parlatma prosesinde bilimsel ya da teknolojik bakış açısının yanı sıra bu işlemin yüksek miktarda işletmelere bir maliyeti vardır. Porselen karo üretimlerinde parlatma işlemi toplam maliyete %30–40 civarında ek bir yük getirmektedir.

Parlatma işleminde genel amaç arzu edilen parlaklık görünümüne ulaşmaktır. Parlatılmış olan ürün yüzeyinde prosesten kaynaklanan çizikler, kesikler, oluklar ve göçmeler minimum seviyede olmalıdır. Aşındırıcı elemanın kalitesinden kaynaklanan tane kopmalarının yüzeyden iç kısımlara

penetrasyonu asgari olmalıdır, aksi takdirde yüzeyde bir proses kirliliği olarak karşımıza çıkacaktır.

Parlatma prosesi genel yapı olarak üç ana aşamadan meydana gelmektedir.

- Kalibrasyon veya öğütme istasyonu
- Parlatma istasyonu
- Kareleme istasyonu

Kalibrasyon ve öğütme aşamaları sonrasında parlatma işlemi yer alır. Bu bölüm de kendi arasında ikiye ayrılır. Birinci bölüm kalibrasyon ve öğütmeden kaynaklanan kirlilikleri temizleme aşaması, ikinci bölüm ise asıl parlatmanın uygulandığı aşamadır. Birinci aşama 400 grit'e kadar olan aşındırıcı numaralarını kapsarken, ikinci bölüm 400 gritten 1500 lüx'e kadar olan aşındırıcı numaralarını kapsar.

Her bölümden sonra ürün yüzeyi parlatma bandı operatörü tarafından izlenir. Operatör yüzeyde anormal farklılar gözlemlerse makine parametreleri ile gerekli oynamaları yapma imkânına sahiptir. (bant hızı, yükseklik vb.) Endüstriyel parlatma hattı aşamaları ve kullanılan aşındırıcı tipleri tablo 2. 3 'te gösterilmiştir. Yukarıda belirtilen parlatma istasyonlarını, makine parametrelerini ve kullanılan donanımları daha da derinliğine inceleyelim.

İstasyon	Aşama	Başlık	Bağlayıcı	Aşındırıcı	Grit Numarası
Kalibrasyon	1	Silindir	-	Çoklu Elmas	-
	2	Silindir	-	Çoklu elmas	-
	3-4	Spiral sarımlı Silindir 1	-	Elmas	-
	5-6	Spiral sarımlı Silindir 2	-	Elmas	-
	7-8	Satellite, yüzeysel	-	Elmas	-
Parlatma Birinci Aşama (Temizleme)	9-10-11	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	36
	12-13	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	46
	14-15	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	60
	15-16	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	80
	17	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	100
	18	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	120
	19	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	150
	20	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	180
	21-22	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	240
	23-24	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	320
Parlatma İkinci Aşama	25-26	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	400
	27-28	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	600
	29-30	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	800
	31-32	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	1000
	33-34	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	1200
	35	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	1500
	36	Teğetsel, yüzeysel	Manyezit	SiC	1500 lüx

Tablo 2. 3. Parlatma Hattında Birinci ve İkinci İstasyonların Kullanılan Aşındırıcı Tipine ve Özelliklerine Bağlı Olarak Sıralanması

2.11.1. Yüzey Kalibrasyonu ve Öğütme Aşaması

Bu aşama öncesi parlatılmak istenen mat ürünler kalibrasyon ve öğütme sistemi öncesine istiflenirler. İstifleme ve banda mat karoların beslenmesi için şematik adı verilen vakumlu hava sistemi ile çalışan cihazlar kullanılmaktadır. Şematiklerin kapasitesi ürünün ebadına göre değişmektedir.

Şematik (toplayıcı) vasıtasıyla ürün paletinden toplanan mat porselen karolar belirli bir hıza sahip üzerinde herhangi bir uygulama olmayan kısa mesafeli banda salınırlar. Bant hızı 1,5–2 m/dk arasında değişebilmektedir. Bant hızı ayarlama bazı kriterler mevcuttur. Mat üründe, daha önceki proseslere bağlı herhangi bir hata olmamalıdır. Mat ürünümüzde herhangi bir deformasyon, kalınlık farkı veya yüzey kalitesi problemi varsa bant hızı daha yavaş devirlere indirgenir. Burada yüzey kalitesinde kastımız gözle görülür yükselti farkları veya aşırı pürüzlülük gibi etkenlerdir.

Parlatma bandından optimum şekilde yararlanabilmek için bant üzerindeki tüm uygulamalar çalıştırılmalı ve çalışma şartları operatör tarafından devamlı kontrol edilmelidir.

Kalibrasyon ve öğünme aşamasına gelen porselen karolar daha önceden bir kareleme ve pahlama işlemine tabi tutulursa daha sağlıklı ve sorunsuz, birinci ve ikinci istasyonlardan geçişler sağlanabilir. Herhangi bir kenarın daha uzun olması demek o kenarın herhangi bir köşesindeki kopma olasılığını arttıracaktır.

Kalibrasyon ve öğünme aşaması öncesi porselen karoda herhangi bir deformasyon olup olmadığı incelenmelidir. Eğer ki karo da bir deformasyon mevcut ise homojen bir yüzey parlatma işlemi uygulanamaz ve karo bant üzerinde desteklere tam oturmadığı için kırılabilir.

Mat porselen karoda kalınlık probleminden homojen parlatılamama gibi sorunlar oluşabilir. Yüksek bölgelerden ve daha alçak bölgelerden aynı miktarda tabaka kaldırılır bu durumda yüksek bölgeler yine yüksek kalırken

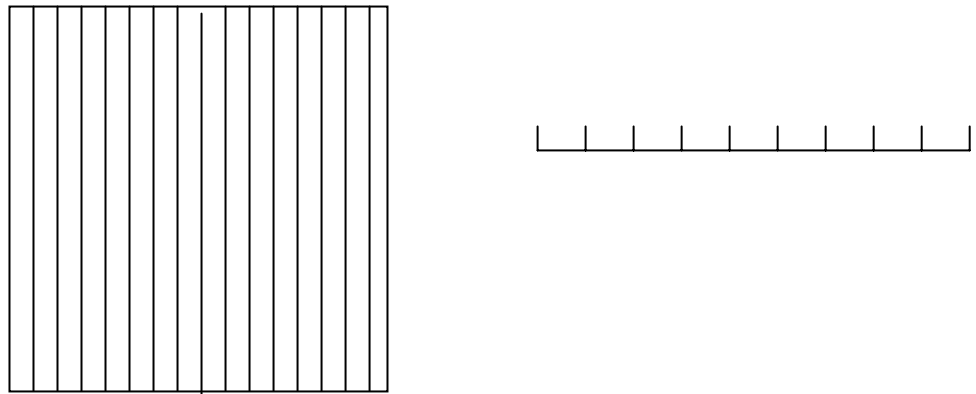
alçak bölgeler daha da alçalır. Bu sebeple yüksek bölgeler daha fazla parlatılmış olacak, alçak bölgeler ya daha az parlatılacak ya da parlatılmadan kalacaktır.

Parlatmanın dışında kalacak özellikte geometriksel (aşırı eğrilik derecesi, paralelizm, diagonallık vb.) hatalara sahip karolar kesinlikle parlatma hattına beslenmezler. Zaten bu tip hatalara sahip karolar daha önceden tespit edilir ve ıskartaya ayrılırlar.

Kalibrasyon ve öğütme yüzeyin daha sonraki aşamalar için uygun hale getirilmesi işlemidir. Parlatma hattı üzerindeki bu bölüm üç adet yüzey aplikasyonunun kombinasyonundan oluşmuştur.

2.11.1.1. Multi- Elmaslı (Eşli- Eşsiz elmaslar) Silindirler

Bu aşamada silindir şeklinde iki adet tambur kullanılmaktadır. Bu tamburların dış çeperleri elmas taşlar ile kaplanmıştır. Tambur üzerindeki her elmas blok yanındaki ve önündeki blok ile eşit mesafede dış çepere sabitlenmiştir. Tambur bir motor vasıtasıyla ivmelendirilir ve porselen karo yüzeyine paralel bir vaziyette dairesel hareket yapar. Şekil 2.11’de elmas silindirlerin karo yüzeyinde bıraktığı etki görülmektedir.



Şekil 2.11. Kalibrasyon Aşaması Sonrası Porselen Karonun Üstten ve Yandan Görünümü

Yukarıda görüldüğü üzere elmas bloklar ile kaplanmış tamburun dairesel hareketi ile mat karo yüzeyinde 0,5–0,6 mm derinliğinde oluklar açılmaktadır. Elmasların yüzey içerisine doğru girişi ve yoğun üst tabakanın kaldırımı porselen karonun içyapısına önemli ölçüde zarar vermekte ve kısmen de olsa içyapının değişmesine yol açmaktadır. Elmasların yüzeye sıfırlanması ile birlikte yüzeyin alt kısımlarında mikro çatlaklar oluşmaktadır. Bu mikro çatlakların varlığında homojen mikroyapı kaybolmaktadır.

Yüzeydeki bu olukların açılmasıyla birlikte yüksek kesimler oluşacaktır. Bu yükseltileri de sıfırlamamız için farklı özellikte bir elmas tambur kullanılmaktadır. Eğer bir önceki silindire eşli elmas denilirse, arkasından gelen elmas bağlı silindire eşsiz adını verilir. Bu iki elmas bloklu tambur arasındaki fark, birinci tamburdaki dizilim eğer elmas ile başlıyorsa, ikinci tamburun izdüşümündeki yerde boşluk mevcut olmalıdır. Bu şekildeki ikili kombinasyonda birinci elmas silindirden sonra kalan yüksek kesimlere, ikinci elmas silindir ile kazıma işlemi uygulanacak ve aradaki yükselti farkları giderilecektir. Böylelikle daha pürüzsüz bir yüzey eldesi sağlanacaktır. Şekil 2.12’de Çoklu elmas silindirlerin şekli görülmektedir.



Şekil 2.12. Eşli ve Eşsiz elmaslara sahip silindirler

Porselen karo yüzeylerinde bu tip oluklar oluşturularak yapılan yoğun üst tabaka kaldırımının hedefi alttaki daha yumuşak tabakalara ulaşmaktır. Bu işlem esnasında 0,5–0,6 mm kadar karo yüzeyinden kaldırılır ki bu toplam parlatma işleminde yüzeyden kaldırılan tabakanın % 75’ kadarıdır. Bu işlemler uygulanırken silindir gövdesinin üst kısmından karo yüzeyine belirli

basınçta ve miktarda su beslenmektedir. Su kullanılmasıyla yüzeyden kaldırılan tabakadan arda kalan çapaklar ve kopan taneler ortamdan uzaklaştırılır. Burada su kullanılmasının bir diğer sebebi de karo ve aşındırıcı ekipman arasındaki sürekli sürtünmeden dolayı açığa çıkan sıcaklık artışını indirmektir. Su kullanımı tüm parlatma hattı boyunca aşamaların her birinde mevcuttur.

Çok elmaslı silindirlerin yüzey üst seviyesinden yaklaşık olarak 0,5–0,6 mm derinliğe inecek şekilde sabitleme yapılır. Silindire gelen karonun ön, arka ve orta kısımlarından birkaç adet ölçüm yapılmalıdır. Buradaki yükseklik ayarı daha çok deneme-yanılma yöntemine bağlı kalınarak yapılmaktadır. Daha yüksek kalınlığa sahip karolara aynı yükseklikten tabaka kaldırma operasyonu uygulanırsa karo kırılabilir.

Bu elmas bloklu silindirlerin ömrü malzemenin sertliğine bağlı olarak değişmektedir. Yüzeyden alınan tabaka miktarında azalmalar varsa yenisi ile değiştirilmeleri gerekmektedir. Yaklaşık olarak 27–28 cm çapa sahiptirler.

Ayrıca eşli ve eşsiz olarak kullanılan bu tamburlardaki dairesel hareketler birbirine zıt yöndedir. Birincisi ön kısımdan saat yönünde bir giriş yaparsa, arkasından gelen yine ön kısımdan ters yönde yüzeye giriş yapmaktadır. Çapları ve boyutları parlatılacak olan porselen karonun ebadıyla doğru orantılı olarak değişmektedir.

2.11.1.2. Spiral Elmas Sarımlı Silindirler

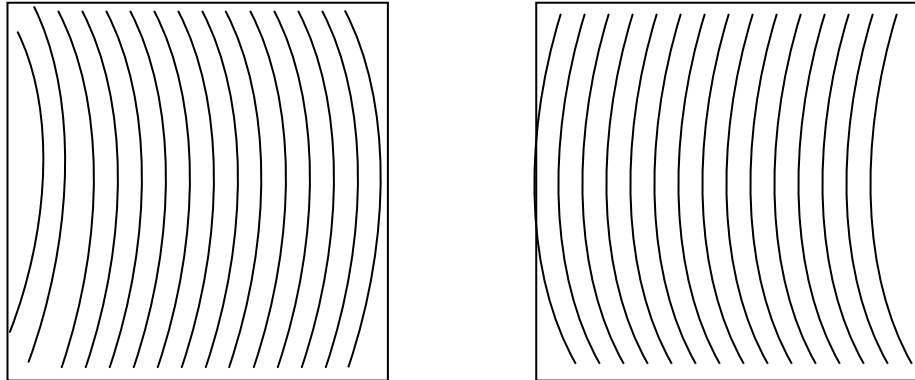
Çoklu elmas (eşli-eşsiz) silindirlerden sonra porselen karolar spiral şeklinde elmasların sarılı olduğu tamburlara gelirler. Bu bölüm yine bir yüzey kalibrasyon kısmı olup, eşli-eşsiz elmaslardan farklı olarak yüzeyde daha değişik etki bırakmaktadır. Burada iki adet spiral sarım silindir kombine şekilde bağlanmış olup birbirlerine ters yönde dairesel dönme hareketi yapmaktadır. Silindirlerin hareketi iki ucundan bir mile sabitlenmiş durumda bir motor vasıtasıyla sağlanmakta olup, ortamda soğutucu ve uzaklaştırıcı

olarak su kullanılmaktadır. Şekil 2.13'de spiral elmas sarım silindirlerin resmi görülmektedir.



Şekil 2.13. Spiral Elmas Sarımlı Silindirler

Spiral sarım silindirlerin çapları ve uzunlukları parlatılacak olan karonun büyüklüğüne göre değişiklik göstermektedir. Fakat silindirler burada kenarlarda 0,5 cm boşluk kalacak şekilde karonun yüzeyine etki etmektedir. Şekil 2.14'de parlatma bandında kullanılan spiral sarımlı silindirin porselen karo üzerinde dairesel hareketleri sonucu bıraktığı etkiyi görülmektedir.



Şekil 2.14. Kombine Şekildeki Spiral Elmas Sarımlı Silindirlerin Porselen Karo Yüzeyinde Bıraktığı Etkiler

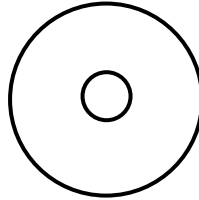
Yukarıdaki şekillerde görüldüğü üzere birinci silindir karonun ön bölümünden giriş yaptığında hilal şeklinde bir etki bırakmaktadır. İkinci silindir birinci silindirin tam tersi yönde döndüğü için bu etkiye ters yönde bir hilal

etkisi bırakmaktadır. İkili kombinasyon ile yüzey düzgünlüğü azaltılmaktadır. Yüzeyde çoklu elmas silindirlerden artık kalan yükseklikler giderilmektedir. Yaklaşık 0,1 mm gibi bir tabaka yüzeyden eşit bir biçimde kaldırılmaktadır.

Bu sürekli sert girişler nedeniyle ilk bölümde oluşan mikro çatlaklar iç kısımlara doğru ilerlemektedir ve daha da fazlalaşmaktadır.

2.11.1.3. Uydu (satellite) Şekli Elmas Kalibratörler

Spiral sarımlı silindirlerden sonra kalibrasyon aşamasında tabak şeklinde satellite adı verilen iki adet yüzey düzgünleştirici bulunmaktadır. Bu kalibratörler eşli-eşsiz elmaslar ve spiral sarımlı silindirlerin yüzeyde bıraktığı yükseklik farklılarını minimuma indirirler. Bant üzerinde iki adet bulunmakta olup birbirine ters yönde dönmektedirler. Yapı olarak bir adet ana gövde ve bu gövdeye bağlı olarak kollarda dört adet silindir bulunmaktadır. Silindirler halka şeklinde olup yatağa takılıp çıkartılması çok kolaydır. Şekil 2.15'de disklerin şekli gösterilmektedir.



Şekil 2.15. Tabak Şeklindeki Başlığın Görünümü

Bu gövde karo yüzeyine belirli bir yükseklikte oturulmuştur. Ürün kalınlığına ve aşındırıcının kalınlığına göre pozisyonu sağlanmaktadır.



Şekil 2.16. Satellite (uydu)
Yüzey Kalibratör
Görünümü

Bu tabak şeklindeki silindirlerin porselen karo yüzeyine etkisi spiral sarımlı silindirlere göre daha yüksektir. Eşli- eşsiz elmaslardan kalan yükselti farklılıkları uydular ile daha kolay giderilebilir, daha pürüzsüz bir yüzey elde edilebilir, fakat kullanım süreleri daha kısadır ve daha fazla maliyet getirmektedirler. Spiral sarımlı silindirlere sonra yüzeye kabaca baktığımızda, aşağıdaki gibi yükselti farklılıkları bulunmaktadır. Sadece uydular kullanılarak bu yükselti homojensizliği bir önceki basamakta kaldırılabilir. Tabak şeklindeki elmas bağlı yapıların yüzeyde etkisi daha fazladır ve daha homojen olarak yüzeye etki etmektedirler. Porselen karonun her alanına ulaşma kabiliyeti daha yüksektir. Şekil 2.17’de disklerin Yüzeyde bıraktığı etki görülmektedir.



Şekil 2.17. Satellite(uydu) Diskler Öncesi ve Sonrası Karo Yüzeyinin Yandan Kabaca Görünümü

Burada gövde belirli hızlarda (800–900 devir / dk) porselen karo yüzeyine yüzeysel (teğetsel) olarak dönmektedir. Karonun kenarlarına etki eden çevresel hız orta bölgeye nazaran daha düşüktür. Kenar ve kenara yakın bölgelerde bu etki daha fazladır. Bu aşamadan sonra bant üzerinde birkaç metre boşluk bulunmaktadır. Bu boşluktan sonra sıra parlatmanın birinci aşamasına (temizleme) gelir.

2.11.2. Birinci Parlatma Aşaması (Temizleme)

Kalibrasyon ve öğütme aşamasından sonra yüzeyde birçok hasara ve kusura rastlamak mümkündür. Yüzeyin kalitesi azalır, mekaniksel karakterizasyon bozunur ve servis performansı düşer. Başlangıçta porselen karonun sert ve yoğun yüzeyine yüksek kuvvetlerle ve derinden girişle beraber malzemenin mikroyapısı bozunur. Yüzeyde bulunan alt kısımlar ile

bağlantılı olan gözeneklerin üst kısımları açılır ve yüzeyde daha fazla yer kaplarlar.

Birinci aşamadan gelen bu gibi hataları gidermek için SiC aşındırıcı elemanlardan oluşan, 14 adet sıralı başlığın bulunduğu parlatmanın birinci aşaması gelmektedir. Fakat 400 grit'e kadar yüzeye herhangi bir parlaklık özelliği kazandırılmadığı için bu aşamayı daha uzun tutacağız.

Bu aşındırıcılar SiC 'ün tane boyutuna göre bant üzerinde sıralandırılmıştır. Aşındırıcıların sınıflandırılması yapılırken 1 mesh'lik alana düşen SiC tanesi sayısı baz alınır ve bu sayı grit (tane sayısı) olarak ifade edilir. Parlatma bandı üzerinde SiC tane boyutu en büyük olan başlık en önde bulunmaktadır.

Bu SiC taneli aşındırıcılar soğuk yöntem kullanılarak döküm yolu ile şekillendirilirler. Şekillendirmede SiC taneleri manyezit veya reçine ile bağlanarak çimento matriks içerisine gömülürler. Parlatmanın birinci aşamasının basamaklarını grit numarasına göre sayısına sıralayacak olursak;

36→36 → 36→ 46→ 46 → 60 → 60 → 80 → 80 → 100 → 120 → 150 → 180 → 240 → 240 → 320 → 320

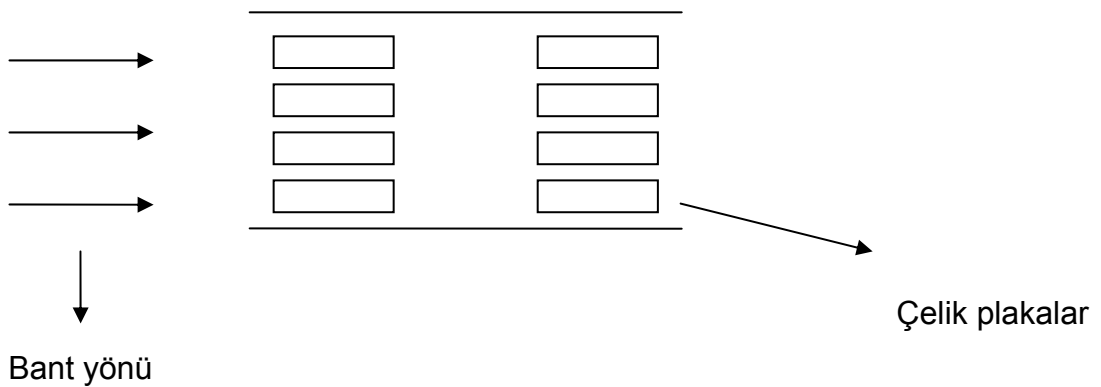
Toplam olarak 10 adet farklı grit tipi ve 17 adet aşındırıcı başlık kullanılmaktadır. Bu aşındırıcı başlıklar her biri birbirine ters yönde dönmektedirler ve tümü karo yüzeyine teğetsel olarak hareket etmektedir. Aşındırıcı başlıkların ters yönde dönmelerinin sebebi karo yüzeyinin bütün alanının aşındırma hareketine maruz kalmasını sağlamak ve karonun bant üzerindeki hareketlerini engellemek içindir.

Parlatma bandında karo yüzeyine teğetsel etki sağlanırken sadece başlık gövdesinin kütle ağırlığından faydaniılmaktadır. Bu kütle yaklaşık olarak 150 Kg.'dır. Bu ağırlıktaki bir kütleyi dengede tutabilmek için hidrolik sistem ile çalışan içi yağ dolu pompalar kullanılmaktadır. Gövde ve karo

yüzeyindeki yükseklik ayarı yapılırken, aşındırıcı başlıklar yüzeye yakınlaştırılmak isteniyorsa yağ basıncı düşürülür, gövde aşağı hareket eder. Tam tersi durumda ise yağ basıncı artırılır aşındırıcı başlıklar karo yüzeyinden uzaklaştırılır. Tabi bu sistem numune alınan parlatma bandı için geçerli eski bir sistemdir. Günümüzdeki pnömatik basınçla hareket eden sistemlerden faydaniılmaktadır.

Parlatma bandında kullanılan bantlar PVC yapılıdır. Kullanılan PVC bantlar kauçuk bantlara oranla daha fazla esnekliğe sahiptir. Porselen karo herhangi bir başlığın altına geldiğinde gövdenin ağırlığı ile karşılaşacak ve yüzeye yüksek bir yük binecektir. Bu yükü taşıyabilmek ve karonun kırılmasını önlemek amacıyla üzeri küçük daireler ile kaplı, esneklik özelliği yüksek olan PVC yapılı bantlar tercih edilmektedir.

Burada gövdenin ağırlığı ve dolayısıyla karo üzerinde meydana gelen kuvveti asıl olarak dengeleyen, bantın alt kısmında bulunan dikdörtgen şeklindeki levhalardır. Bu levhaların kısa kenarları bant yönüne doğru getirilip sabitlenmişlerdir. Bu levhalar yüksek aşınma direncine sahip çelik konstrüksiyonlardan yapılmışlardır. Şekil 2.18’de çelik plakaların bant altındaki düzeni gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Çelik Plakaların Bant Altındaki Pozisyonu

Örneğin bant üzerinde uzun bir süredir 40x40 cm ebatlarında porselen karo parlatma işlemine tabi tutuluyor. Çelik levhaların kapladığı genişlik 80 cm.’dir ve banttta dört adet bulunmaktadır. Porselen karonun

genişliği 40 cm olduğu için levhalardan sadece orta kısımda olanlar zamanla daha fazla aşınacak, kenarda kalanlar ise daha az aşınacaktır. Sonraki retimde 60x60 çalışılması durumunda, önceki üretimdeki homojen olmayan aşınmalar sebebiyle, yeni üretimdeki karonun orta kısımları alt destekten yoksun kalacak, daha az etkiye maruz kalacak hatta kırılacaktır. Bu nedenlerden dolayı bu elik levhaların aşınma durumu devamlı kontrol edilmektedir.

Parlatmanın birinci aşaması (temizleme) ve ikinci aşamasında (asıl parlaklık kazandırma) parlatma başlıkların hızı sabittir, her bir başlık birbirine ters yönde dönmektedir. Aşındırıcıların bulunduğu başlığın yanı sıra aşındırıcıların takılı olduğu yatakta, başlığın her bir turunda eğrisel bir hareket yapmaktadır. Bu şekildeki bir hareket, karo yüzeyindeki aşındırıcının etki alanı arttırmakta ve daha derin noktalara ulaşılabilmektedir. şekil 2.19'da aşındırıcı gövdesi ve SiC aşındırıcılar gösterilmiştir.



şekil 2.19. Aşındırıcı Gövdesi ve SiC Aşındırıcılar

Parlatma bandı boyunca tüm aşamalarda her başlıkta 6 adet SiC aşındırıcı 60 ° 'lik ana gövdeye bağlanmış vaziyettedir. 36 grit'te kullanılan SiC tanesi boyutu en küçük olmakla beraber, 400 grit'teki SiC tane boyutu yaklaşık 45 μm 'a tekabül etmektedir.

Bu aşamada kalibrasyon ve öğütme aşamasında gelen yükselti farkları giderilir, porselen karo asıl parlatma aşamasına hazır hale getirilir.

Ayrıca yüzey kalibrasyonu esnasında kopan ve yapıya giren elmas parçacıkları yüzeyden uzaklaştırılır.

Yine bu aşamada sürekli olarak ortama su beslenmektedir. Bu aşamanın sonunda porselen karonun yüzey sertliği azalmış ve artık parlatmaya uygun hale getirilmiştir. Kalibrasyon aşamasında kaynaklanan yükselti farkları asıl parlatma işlemi öncesi minimum seviyeye indirgenmiştir.

2.11.3. Parlatmanın İkinci (Asıl parlatma) Aşaması

Bu bölümde karo yüzeyi daha küçük SiC tanelerine sahip aşındırıcılar kullanılarak camlaştırılır, parlaklık derecesi artırılır. Bu bölüme gelen porselen karo yükselti farklılıkları ihtiva etmemeli ve önceki uygulamalardan dolayı herhangi bir deformasyona uğramamış durumda olmalıdır. Bu bölümde, bir önceki yüzey temizleme aşamasında kullanılan tüm makine parametreleri ve çalışma şartları aynıdır. Sadece kullanılan SiC aşındırıcıların numarası ve tane boyutu farklıdır. SiC aşındırıcıları grit numarasına ve bantta ki sayılarına göre sıralayacak olursak;

400→ 400 → 600→ 600→ 800→800→1000 →1000 → 1200 → 1200 → 1500 → 1500 lüx

Toplam 7 farklı numaralı ve 12 adet başlık bulunmaktadır. 1500 lüx grit' doğru gidildikçe SiC tane sayısı artmakta ve boyutu azalmaktadır. Asıl parlatma bandına giren porselen karo bu aşamaların hepsinden sırasıyla geçer. Bu bölümde yüzey parlaklık kazanmaya başlar.

Parlatma bandı sonrasında birçok mekaniksel etki dolayısıyla yüzey ve yüzey altı çatlaklar mevcut olabilir. Ayrıca yüzeydeki yoğun tabakanın kaldırılmasıyla birlikte alt kısımlardaki kapalı gözenekler yüzeye çıkabilir. Üst tabakanın kaldırılmasıyla malzeme yüzeyinin sertliği ve aşınmaya karşı direnci azalır. Eğer ki makine parametreleri optimum şekilde uygulanmazsa;

yüzeyde çizikler, kesikler, göçükler ve çatlaklar oluşacak, dolayısıyla yüzeyin lekelenendirme maddelerine karşı direnci azalacaktır.

Sonuç olarak belirli bir parlaklık derecesi ve yüzey estetiği kazandırılmış, daha yüksek cazibeye sahip porselen karolar elde edilecektir. Parlatma işlemi sonrası ebat kalibrasyonu için bant üzerinde kareleme istasyonu bulunmaktadır.

2.11.4. Kareleme İstasyonu

Parlatılmış haldeki karoları kalite ayrimından ve ambalajlamadan önceki son uğrayacağı istasyon kareleme istasyonudur. Bu istasyonda elmas diskler yardımıyla anizotropik küçülmelere sahip karoların ebat kalibrasyonu yapılır. Elmas diskler bir redüktöre bağlı olarak bant üzerinde karşılıklı olarak 5 'er adet bulunmaktadır. Elmasların ivmelendirilmesi ve dairesel olarak hareketleri bir motor vasıtasıyla sağlanmaktadır.

Elmas diskler porselen karoların yan cephelerine dik bir vaziyette konumlandırılmıştır. Elmas disklerin karşılıklı açıklığı sonunca disklerle doğru gitgide azalmaktadır. Diskler birbirine eşit uzaklıkta ve yüksekliktedir. Karonun bir kenarı (uzun veya kısa) elmas diskler ile kalibre edildikten sonra, bant üzerinde karo kayışlar vasıtasıyla döndürülerek diğer kenarları kalibre edilir. Şekil 2.20'de kareleme istasyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.20. Kareleme İstasyonu

Bu şekilde ebat kalibrasyonu sağlamanın yanı sıra elmas diskler vasıtasıyla karoda yapısında artık olarak kalan çekme gerilimleri giderilir. Sonuç olarak boyut kararlılığı sağlanmış parlak porselen karolar elde edilir.

Kareleleme işleminin sonra kenarlara pahlama işlemi uygulanır. Pahlama işleminde yine elmas diskler kullanılır. sağlıklı bir pahlama işlemi için porselen karonun optimum şekilde karelenmesi gerekmektedir. Ayrıca herhangi bir boyutsal deformasyona uğramamış olmalıdır. Burada elmas diskler karo kenarı ile 45° açı yapacak şekilde yerleştirilir ve pahlama işlemine tabi tutulur.

Pahlama işleminin yapılmasındaki ana amaç karoların modüler olarak döşenmesini kolaylaştırmaktır. Pahlama işleminin sonra parlak porselen karolar tekrar kalite ayırım ve ambalajlama bandına girerler. Bu bant sonrası artık parlak porselen karolar tüketiciye ulaştırılmak için hazır duruma gelirler.

3.MATERYAL VE METOD

3.1. Giriş

Porselen karolar, gerek teknik özellikleri gerekse estetik özellikleri bakımından son yıllarda seramik sektöründe gitgide önemi artan bir teknolojik gelişim göstermektedirler. Her geçen gün porselen karolar üzerine yapılan çalışmalar bunun bir kanıtıdır. Seramik üreticileri gelişen porselen karo teknolojisine ayak uydurmaya, yapılan tüm çalışmaları takip etmeye zorunlu durumda kalmışlardır.

Dünyada ve Türkiye’de porselen karo üreticilerinin sayısının artmasıyla yüksek hızlı bir rekabet ortamı doğmuştur. Bu nedenle tüm üreticiler porselen karo pazarında kaybolup gitmemek için yeni üretin tekniklerine ve farklı ürün çeşitlerine ihtiyaç duymuşlardır.

Porselen seramik karolar üzerine yukarıda sayılan sebepler nedeniyle gerek akademik gerekse üreticiler tarafından birçok çalışma yapılmıştır. Son yıllarda yüzeysel yapılan çalışmaların yanında daha çok tekniğe dayalı ve derinliğine araştırmalar yapılmıştır. Porselen karolar çok farklı üretim teknikleriyle üretilmesi sebebiyle uzun ve karmaşık bir prosese sahiptirler. Bu uzun ve karmaşık proses daha fazla proses parametresini ve çalışma şartını beraberinde getirmiştir. Bu gerekçeler sebebiyle proses ve proses parametrelerinin daha da derinliğine araştırılması kaçınılmaz olmuştur.

Bu çalışmada parlak porselen karo üretiminde, endüstriyel parlatma hattı boyunca her basamağın, malzemenin mikro yapısı ve yüzey özellikleri üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Yapılan test ve çalışmalar ile birlikte, daha kaliteli bir yüzey ve mikroyapı eldesi için, optimum makine parametreleri ve çalışma şartlarının tespiti araştırılmıştır.

Materyal ve metod bölümünde endüstriyel parlatma hattından numune alınması ve hazırlanması sonrasında, bu numunelere uygulanan testler ve uygulama teknikleri üzerinde durulacaktır.

3.2. Numune Alınması ve Hazırlanması

Bu çalışmada yukarıda belirtildiği gibi endüstriyel parlatma hattından numune alınmış ve gerekli testler için uygun boyutlara indirgeme işlemi yapılmıştır. Çalışmanın amacı ve uygulamaların yapılabilmesi için endüstriyel parlatma hattında kısa bir süreliğine de olsa üretim durdurulmuş ve sonrasında numune alımı gerçekleştirilmiştir. Numune alımı esnasında önceki herhangi bir üretim parametresine(sabit pres gözü, sabit fırın cephesi vs.) bağlı kalınmamıştır.

Numune alımı esnasında, endüstriyel parlatma hattında 40x 40 ebatlarında tuz-biber (salt and pepper) denilen porselen karo üretimi mevcuttur. Endüstriyel parlatma hattında numune alımı esnasında aktif olan yüzey kalibratörlerini ve SiC aşındırıcıları baştan sona doğru sıralayacak olursak;

Çok elmaslı (Eşli- Eşsiz) silindirler → spiral sarımlı silindirler → satellite (uydu) elmas diskler→36→36 → 36→ 46→ 46 → 60 → 60 → 80 → 80 → 100 → 120 → 150 → 180 → 240 → 240 → 320 → 320 →400→ 400 → 600 → 600→ 800→800→1000 →1000 → 1200 → 1200 → 1500 → 1500 lüx grit

Yukarıdaki sıralamada 36, 46, 60 vb. numaralandırmalar SiC aşındırıcıların tane boyutuna ve 1 mesh'lik alana düşen tane sayısına göre yapılmıştır. Bu bölümde ve çalışmanın gelecek bölümlerinde bu adlandırma 36 grit, 46 grit, 60 grit vb. şeklinde yapılmıştır. Burada grit kelimesi SiC aşındırıcıda 1 mesh'lik alana düşen tane sayısını ifade etmektedir.

Numune alımı her başlığın sonrasında gerçekleştirilmemiştir. Çalışmanın amacına uygun olarak belirli boyutlar tercih edilmiştir. Endüstriyel parlatma bandı belirli bir hızda, rutin olarak çalışırken bant durdurulmuş ve ilk olarak kalibrasyon aşamasının başlangıç elemanı olan çoklu elmaslardan sonraki ara bölümden iki adet numune alınmıştır. Tekrar parlatma hattı çalıştırılmış bu kez çoklu elmaslardan porselen karonun geçişi sağlanmış, daha sonra gelen spiral elmas sarımlı silindirlerden sonra iki adet numune alınmıştır. Bu işlem endüstriyel parlatma hattı sonuna kadar sırayla devam ettirilmiştir. Ayrıca hiç parlatma hattına girmeyen mat porselen karolardan da baz olarak ikişer adet alınmıştır.

Numune alımının gerçekleştirildiği istasyonları ve noktaları sıralayacak olursak;

Mat porselen karo → Çok Elmaslı (Eşli) Silindir → Çok Elmaslı (Eşsiz) → Silindir → Spiral Sarımlı Silindirler(1 ve 2) → Satellite (uydu) elmas diskler →36→ 46→ 100 → 150 → 180 → 240 → 400→ 600 →1000 → 1200 → 1500 → 1500 lüx

Yukarıda belirtilen sıralamaya göre her başlık sonrasında 40x40 ebatlarında ikişer adet porselen karo numunesi alınmıştır.

3.3. Hazırlanan Numunelere Uygulanan Testler

Bu bölümde kesilerek uygun boyutlara indirgenmiş olan numunelere uygulanan testler ve uygulama şartları anlatılacaktır. Hazırlanan numunelere uygulanan testleri sıralayacak olursak;

- Su Emme Deneyi
- Parlaklık Ölçümü
- Üç Nokta Eğilme Dayanımı Testi (MOR)
- Pürüzlülük Testi
- Taramalı Elektron Mikroskobu ile Yüzey Görüntüsü Alma
- XRD faz analizi
- Weibull İstatistik dağılım metodu ile güvenilirlik tespiti

3.3.1. Su Emme Miktarının Tespiti

Porselen karolar su emme miktarı tespitinde TS EN İSO 10545–3 standardı esas alınmıştır. TS EN İSO 10545–3' e göre tek bir karoda su emme miktarı kütlece %0,6'yı alan numune takımında ortalama % 0,5 değerlerini geçmemelidir.

Porselen karoların su emme testinde kaynatma metodu kullanılmıştır. Bu metotta su, yüzeyde doldurulabilen açık gözeneklere girer ve kütlece nüfuz eden suyun miktarına göre % su emme değeri hesaplanır.

Su emme miktarı testi 17 takımdan beşer adet numuneye uygulanmıştır. Başlangıç aşamasında teste tabi tutulacak numuneler bir terazi yardımıyla tartılmıştır. Tartılan numunelerin ağırlıkları not edilir. (m_1) Su emme testi yapılırken kazana koyulan suyun ilk önce ısıtılarak kaynaması sağlanmıştır. Kaynamış suya beşer adet numune bırakılmış ve iki saat süreyle bekletilmiştir. İki saat sonunda suyun ısıtıcı kaynağı kapatılır ve soğumaya bırakılmıştır. Soğuma sonrası, numuneler kazandan çıkartılıp, yüzeyleri bir güderi yardımıyla hafifçe kurulanmıştır. Yüzeyleri kurulan numuneler tekrar hassas terazide tartılmıştır. (m_2) Yapılan tartımlara göre su emme miktarı aşağıda verilen [3.1] formüle göre hesaplanır;

$$\% \text{ (Kütlece) Su Emme Miktarı} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad [3.1]$$

3.3.2. Parlaklık Derecesi Ölçümü

Parlaklık derecesi ölçümü pico-glossmetre (ERICHSEN, Pico- gloss model 500, Almanya) cihazıyla yapılmıştır. Burada toplam 17 adet setten beşer adet numunenin parlaklık derecesi ölçülmüştür. Parlaklık derecesi, yüzeyin camlaşma miktarı olarak düşünülebilir. Prosedür olarak başlangıçta cihaz ölçümleme plakası ile kalibre edilir. Test edilecek numunenin yüzeyi vakumlu hava ile temizlenir. Daha sonra test edilecek numune düz bir zemine konulur. Yüzeyin normali 60° olacak şekilde ışın kaynağı sabitlenir.

Bir yüzeyin parlaklığı, yüzeye gelen ışın yoğunluğunun, yüzeyden yansıyan ışın yoğunluğuna oranı olarak tanımlanmaktadır. Işığı yansıma kabiliyeti yüzeyin özelliği ile doğrudan ilgilidir. Yüzey pürüzlüğü ve düzensizlikleri ışığın düzgün yansıması engeller, bu da yüzeyin parlaklığını azaltır. Bunun yanı sıra, yine malzemenin özelliğine bağlı olarak, yüzeye gelen ışınların cisim tarafından kısmen kırılmasından dolayı yansıtma kabiliyetini azaltır. Bu gibi durumlar göz önüne alınarak parlaklık ölçümü yapılmıştır ve parlaklık derecesi(L^*) nicel olarak elde edilmiştir.

3.3.3. Üç Nokta Eğilme Dayanımı Testi (MOR)

Üç nokta eğme dayanımı testi numunelerin boyutlarına ve yükleme noktası sayısına bağlı olarak malzemenin mukavemet karakterizasyonunda kullanılır. Porselen karolarda eğilme dayanımı testi TS EN ISO 10545- 4 standardında belirtilen teknik uygulama şartlarına göre yapılır. Şekil 3.1’de üç nokta eğme dayanımı test cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Üç Nokta Eğme Mukavemeti Ölçüm Cihazı

Burada toplam 17 takımdan elde edilen 5x10 cm boyutlarındaki numunelere üç nokta eğilme dayanımı testi uygulanmıştır. Deney yapılmadan önce numunelerin kalınlığı ve yükseklikleri ölçülmüştür. Boyutları belirlenen numuneler metalden yapılmış, belirli sertlikte lastik ile kaplanmış eğilme dayanımı cihazı mesnet noktalarına yerleştirilir. Numune mesnetler arasına yerleştirildikten sonra, belirli bir yükleme hızında merkezi kuvvet iletim çubuğu numuneye yük oluşturmaya başlar. Belirli bir yükten sonra numune

kırılır. Kırılma yüküne göre değerler aşağıdaki formülde [3.2] yerine konularak, eğilme dayanımı N/mm^2 veya kg/cm^2 cinsinden hesaplanır.

$$\text{Eğilme Dayanımı (MOR)} = 2 PL / 3 bh^2 \quad [3.2]$$

P= Kırılma Noktasındaki Maksimum Yük

L= Mesnetler Arası Mesafe

b= Numune Genişliği

h= Numune Kalınlığı

Porselen karolarda TS EN ISO 10545- 4'e göre tek karoda eğilme dayanımı $32 N/mm^2$ nin, ortalamada ise $35 N/mm^2$ nin altında olmamalıdır.

3.3.4. X-ışınları Difraktometresi ile Karakterizasyon

Sinterleme sırasında porselen bünyelerin mikroyapısında gelişen kristal fazların tespiti X-ışını kırınım indeksi metodu ile gerçekleştirilmiştir.

X-ışını kırınım indeksi metodu herhangi bir numunedeki mevcut kristal fazların belirlenmesinde en güçlü ve en sıklıkla kullanılan tekniklerden biridir. Herhangi bir kristal olan bir madde X-ışını kaynağı tarafından radyasyona tabi tutulduğunda karakteristik bir kırınım indeksi üretir. Bu durum maddenin saf kristal halde veya farklı maddelerin karışımından meydana gelmiş bir bileşen olmasından bağımsızdır. Dolayısıyla ne olduğu bilinmeyen herhangi bir maddeden elde edilen kırınım indeksi deseni bu malzemenin ne olduğunun belirlenmesi için kullanılabilir. Bu teknikler Alexander ve Klug [1948] getirilmiştir.

Herhangi bir kırınım indeksi deseni; farklı açılarda (2θ) açığa çıkmış bir seri çizgiler ve bu çizgilere karşılık gelen şiddet değerleri ile belirlenmiştir. Kırınım indeksi deseninde açığa çıkan çizgilerin açıl pozisyonları kullanılan X-ışını kaynağının dalga boyuna bağlıdır. Alternatif olarak kristal düzlemleri (d değerleri) arasındaki mesafeler şeklinde

düşünmekte mümkündür. θ , d ve λ arasındaki mevcut ilişki Bragg eşitliği olarak bilinir ve aşağıdaki eşitlikteki [3.3] gibi formüle edilmiştir.

$$n \lambda = 2.d. \sin \theta \quad [3.3]$$

λ : Numune üzerine düşen X-ışını dalga boyu

d : Kristal kafesindeki düzlemler arası mesafe

θ : Gelen X-ışını açısı veya numune yüzeyine yansıya X-ışını açısı

n : Yansımanın derecesi (sadece birinci dereceden yansımalar düşünülecek)

Bu çalışmalar sırasında X-ışını kırınım indeks analizi, Gebze yüksek teknoloji Enstitüsü, Malzeme bilimi ve mühendisliği araştırma laboratuvarlarında mevcut olan grafit monokromatorlu Rigaku 2000 Gonyometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Burada tüp voltajı 40 kV ve akımı mA olacak şekilde ayarlanarak $Cu_{K\alpha}$ monokromatik radyasyonu kullanılarak numune analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz edilecek ısıtılma işlem görmüş porselen seramik numune kuvars havanda kırılarak toz haline getirildikten sonra X-ışını cihazı için özel numune tutucu lamel üzerine yerleştirilmiştir.

Numune tutucu cihaza dik konumda yerleştirildiğinden dolayı, kırılarak öğütülen numunelerin un şeklinde toz haline getirilmesi gerekmektedir. Daha sonra bu tozlar bir mikroskop camı ile üzerinden bastırılarak numune tutucudan düşmeyecek şekilde sıkıştırılmışlardır. Numune $2^\circ/\text{dk}$ tarama hızı ve 0,01 tarama kademesinde 10–70 (2θ) arasında taramaya tabi tutulmuşlardır. Bir bakır K_α ışını kaynağından ($Cu_{K\alpha} = 1,54050 \text{ \AA}$) üretilen X-ışını demeti numune tarafından kırınımına uğratılmıştır. Numunenin her bir 2θ için 1° dönmesiyle birlikte herhangi bir 2θ açısında ölçülen kırınımına uğramış ışınların şiddeti, kırınım desenlerinin elde edilmesini sağlamıştır. Karakteristik bir kırınım indeks deseni farklı açısız pozisyonlarda ve farklı şiddetlerdeki pikler içeren bir grafik şeklinde elde edilir.

Farklı açı ve şiddetlerde açığa çıkan piklere karşılık gelen kristal kafesi düzlemler arası mesafe değeri söz konusu kristale ait standart (J.C.P.D.S Joint Community for Powder Diffraction Standarts) değerler ile karşılaştırılarak mikro yapıda gelişmiş mevcut fazların belirlenmesi gerçekleştirilmiştir.

X-ışını ile faz analizinde sadece bir adet numune analize tabi tutulmuştur.

3.3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Mikro yapının incelenmesi

Sinterlenmiş ve farklı yüzey işlemlerine tabi tutulmuş olan numunelerin yüzeylerinden taramalı elektron mikroskobu ile görüntü alınabilmesi için özel bir hazırlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Numuneler önce döner elmas diskli kesicide 100dev/dk hızda, 1x1x1 cm boyutlarında kesilmişlerdir. Daha sonra kesilen parçalar kendinden sertleşen epoksi kit yardımı ile bakalite alınmışlardır. Bakalit içerisine alınan parçalar 10–12 saat kadar prizlenme gerçekleşinceye kadar bekletilmişlerdir. Bakalit içerisinden çıkarılan numuneler, 80 ile 1200 arası SiC numaraya sahip aşındırıcılar yardımıyla, kaba bir parlatma işlemine tabi tutulmuşlardır. Daha sonra pasta ve su kullanılarak daha ince taneli elmas aşındırıcılar vasıtasıyla, yüzey daha pürüzsüz ve parlak hale getirilmiştir. Parlatılan numunelerin içerisindeki fazların daha net görünebilmesi için sadece bir adet numune %5 'lik HF asit çözeltisi içerisinde dağlama işlemine tabi tutulmuştur.

SEM çalışması esnasında elektron demetinin yüzeyde yüklenmemesi için ve yüzey iletkenliğini sağlamak amacıyla altın ile kaplama işlemi yapılmıştır. SEM ile görüntü alma işlemi 8 adet farklı takımdan birer adet numuneye uygulanmıştır. Sadece bir adet numunenin yüzeyi dağlama işlemine tutularak analiz edilmiştir. Şekil 3.2.'de taramalı Elektron mikroskobu resmi verilmiştir.



Şekil 3.2. Taramalı Elektron Mikroskobu

Mikro yapısal analizler Philips XL 30 SFEĞ marka taramalı elektron mikroskobu kullanılarak yapılmıştır.

3.3.6 Pürüzlülük Ölçümü Testi

Porselen karo parlatma hattından alınan 17 takımdan toplam 5'er adet numuneye pürüzlülük testi uygulanmıştır. Beşer adet numune üzerinde, üçü boyuna üçü de enine olmak üzere toplam 6 adet ölçüm yapılmıştır. Pürüzlülük ölçümü parlatma hattı boyunca yükselti değişimini incelemek amacıyla yapılmıştır.

Pürüzlülük ölçümü testinde Mitutuyo SJ-400 marka Japon yapımı cihaz kullanılmıştır. Test numuneleri endüstriyel parlatma bandından alındığı için, alt yüzeyde kullanılan kalıp kaynaklı pürüzler bulunmaktadır. Bu yükselti farklarının bizi yanlış ölçümlere götürmemesi için numunelerin alt yüzeyleri düzgünleştirilmiştir. Bu işlem için alt yüzeye yumuşak bir hamur kaplanmış ve numune lamelerle yapıştırılmıştır. Lamel ile birlikte el presi vasıtasıyla sıkıştırma işlemi yapılarak numunenin tam olarak oturması sağlanmıştır.

Alt yüzeyi de düzgünleştirilen numuneler hassas elmas ucun altına yerleştirilmiştir. Elmas uç ile numune yüzeyinde 7 mm'lik doğrusal bir uzunluk taranmıştır. Elmas ucun hareketi sonrası cihaz ekranından pürüzlülük değeri okunarak kaydedilmiştir.

3.3.7. Weibull İstatistik Dağılımı Analizi

Weibull istatistiksel dağılım grafikleri hazırlanırken üç nokta eğme testi sonuçlarından elde edilen kırılma mukavemeti değerleri kullanılmıştır. Endüstriyel porselen karo parlatma hattında birbirini takip eden 17 adet basamaktan sırayla numuneler alınmıştır. Alınan numuneler elmas diskler yardımıyla kesilerek 5x10 cm boyutlarına indirgenmiştir.

Her numune takımı için en az 30 adet parça üç nokta eğme testine tabi tutulmuş ve elde edilen kırılma mukavemeti değerleri kaydedilmiştir. Kırılma mukavemeti sonuçları Ek-1’de verilmiştir.

Weibull istatistiksel analizi için her numune takımının kırılma değerleri en düşük mukavemet değerinden en yüksek mukavemet değerine doğru kendi içerisinde sıralanmıştır. Sıralama sonrası elde edilen dizi aşağıdaki 3.4’teki eşitliğe göre değerlendirilmiştir.

$$P_n = (i - 0,5) / N \quad [3.4]$$

P_n = Kırılma olasılığı

N = Ölçüm sayısı

i = Numunenin sıralamada kaçınıcı sırada yer aldığı

N adet parçanın ölçüm sonuçlarının değer aralıklarında artan sırayla birlikte P_n hesaplamaları her takım için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

$$P_n = 1 - \exp \left[- (\sigma_1 / \sigma_0)^m \right] \quad [3.5]$$

σ_1 = İnert mukavemet (kırılma yükü)

σ_0 = Kırılma olasılığının eşik değeri (X eksenini kesen nokta)

m = Weibull modülü

Yukarıdaki eşitliğe göre her numune takımından 30 adet parçanın kırılma mukavemeti sonuçlarına göre Y eksenine $\ln \ln (1 - P_n)$ [kırılma olasılığı], X eksenine ise $\ln \sigma_0$ ataması yapılmıştır. Böylelikle N adet numunenin kümülatif olarak kırılma olasılığı dağılımı grafiğe aktarılmıştır.

Kümülatif dağılımın doğrusal olarak eğimi alındığında, bu eğrinin eğimi Weibull değerini (m) verecektir. X eksenini kestiği nokta ise $\ln \sigma_0$ (kırılma olasılığı eşik mukavemeti) değerini verecektir.

Tüm grafiklerde mat porselen karo Weibull istatistik dağılımı referans alınmış ve diğer basamaklar ile karşılaştırmalar yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Giriş

Sırlanmamış halde yüksek oranda vitrifiye edilerek üretilen porselen karoların estetik görünümünün geliştirilerek, doğal taşlar ile rekabetini arttırılması amacıyla yüzeyleri mekanik olarak aşındırma-parlatma işlemine tabi tutulur.

Seramiklerin makine ile işlenmesi, malzemenin mikro yapısına ve çalışma parametrelerinin her ikisine de bağlı olan oldukça kritik ve çok pahalı bir prosestir. Seramiklerde malzemenin yüzeyden kaldırılması farklı kırılma mekanizmalarını kapsayan aşındırıcılar tarafından yapılır. Her şeyden önce bu mekanizmalar, çizik, kesik, oluk ve yaygın olarak alt yüzey çatlakları gibi zararları meydana getirir.

Parlatılmış çalışma yüzeyleri genellikle direk veya dolaylı olarak makine ile işleminin neden olduğu yüzey ve yüzey altı çatlaklarının karmaşık sisteminden dolayı mekanik özelliklere zarar vermektedir. Bu hatalar aşırı derecede olduğu zaman, daha fazla malzemenin kaldırılmasına ve bazen de ürünün kırılmasına neden olmaktadır.

Porselen karolar parlatılması sırasında, yoğun yüzey tabakasının kaldırılmasıyla malzeme hacmi içinde mevcut bulunan kapalı gözeneklerin üstlerinin açılması önemli bir rol oynamaktadır. Pişmiş durumlarda bu tip ürünler için bu hal hesaba katılmalıdır. Yüzeyde gözenekler mevcuttur, fakat su emme kabiliyetleri zayıftır. Porselen karolarda su emme yaklaşık olarak sıfırdır.

Parlatma sonrası çalışma yüzeylerinde sertlikte ve kullanım dayanıklılığında bir azalma meydana gelmektedir. Bu nedenle porselen karo yüzeyinin lekelenme maddelerine karşı hassasiyeti artmaktadır. Ayrıca çalışma yüzeylerinin mikro yapısı malzemenin mekanik davranışlarını etkiler. Eğer makine ile işlem prosesi kabul edilemez ürün kayıplarına neden

oluyorsa, mevcut olan pişmiş karolar ve benzer parlatılmış parçalar arasında kesin olmayan farklılıklar bu arada kanıtlanmalıdır.

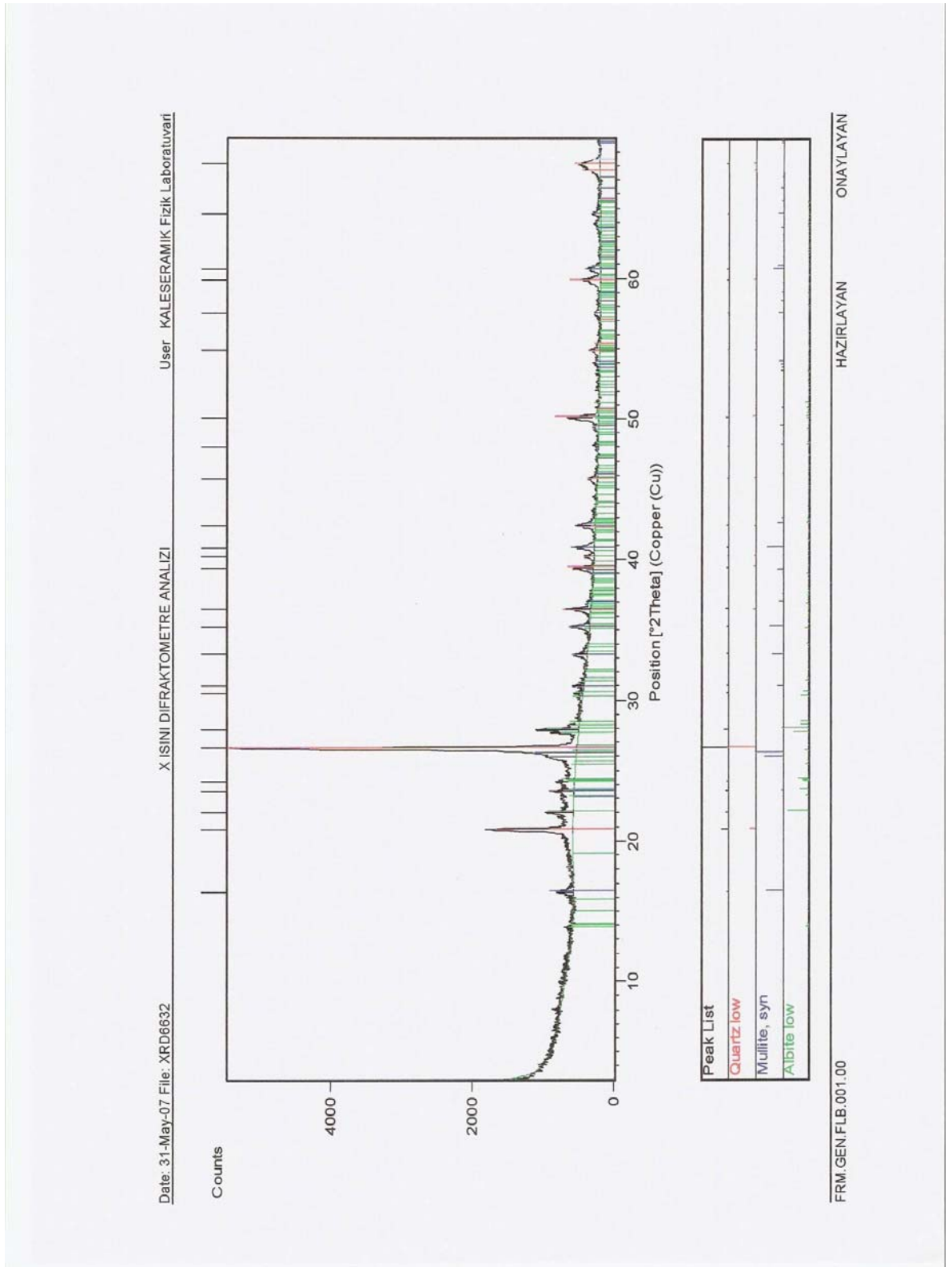
Bu çalışmada, porselen karo çalışma yüzeylerindeki değişimler ve bu değişimlerin yüzey ve mikro yapısal özellikler üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Kullanılan metot pişmiş ve birbirini takip eden 17 farklı parlatma aşamasından alınan ve kesilen uygun porselen karo numuneleri üzerinde, üç nokta eğme dayanımı testi tarafından elde edilen deneysel verilerin analizini kapsamaktadır. Bu veriler yüzey görüntüleri ile desteklenmeye çalışılmıştır.

Tüm ürünler için aynı makine işlem prosedürü ve çalışma parametreleri benimsenmiştir. Bu deneysel prosedür yöntemi farklı ürün grupları arasındaki değişimler ve rollerin belirlenmesine yardımcı olacaktır.

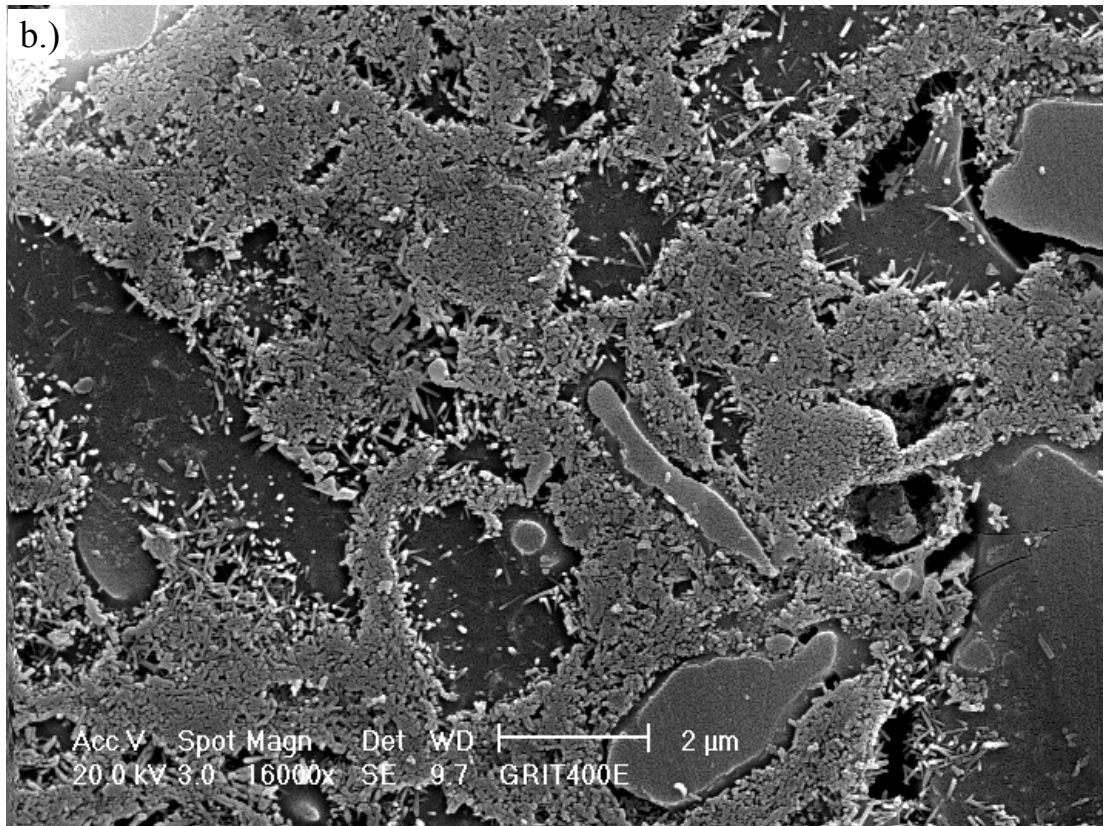
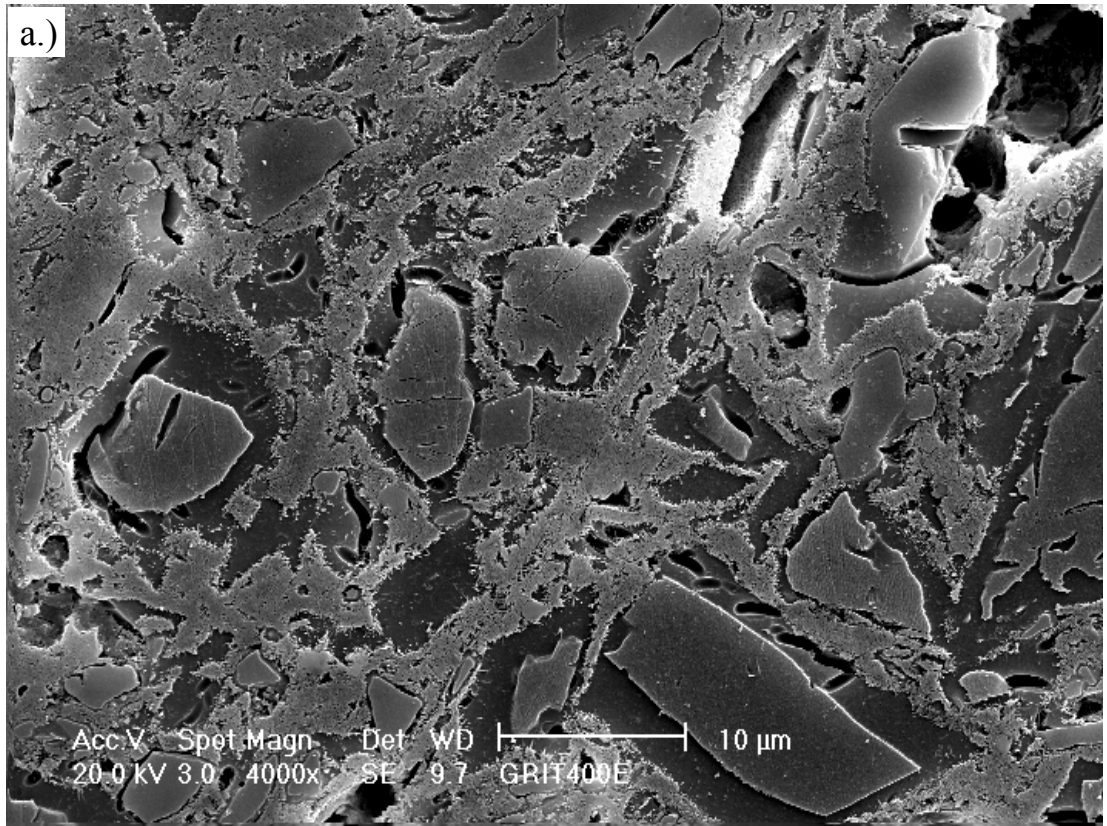
Bu bölümün giriş kısmında kullanılan endüstriyel porselen karonun faz ve mikroyapısı tanımlanacaktır. Daha sonra bu yapı üzerinde endüstriyel parlatma hattının ne derecede etkili olduğu mukavemet sonuçlarının değerlendirildiği Weibull istatistik metoduyla açıklanmaya çalışılacaktır.

4.2. Porselen Karonun Mikroyapısı

Çalışmada kullanılan numuneler, 1205°C'de ve 44 dakikada hızlı pişirim roller fırında sinterlenmişlerdir. Endüstriyel olarak üretilmiş porselen karo bünyesinden elde edilen tipik bir X-ışını kırınım indis deseni Şekil 4. 1'de ve mikro yapısını ortaya koyan SEM görüntüleri Şekil 4. 2.a ve b. de görülmektedir. X-ışını kırınım indis deseni ile SEM görüntülerinin birlikte incelenmesi ile pişmiş porselen karo bünyesinin, yüksek miktardaki camsı faz içerisine gömülü vaziyette kuvars, müllit ve albit kristallerinden meydana geldiği tespit edilmiştir. Bünyenin yaklaşık olarak %45-50'sini camsı faz teşkil etmektedir. Mikro yapının görülebilmesi için bu camsı faz HF asidi ile dağlanarak giderilmiştir.

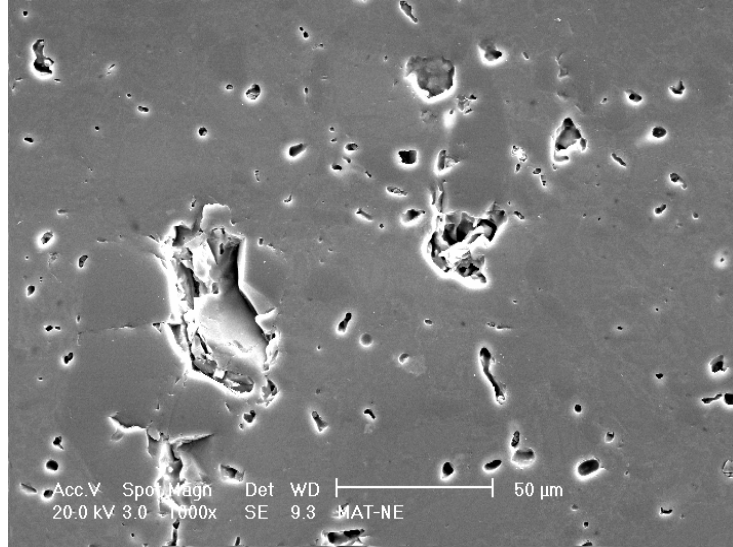


Şekil 4. 1. Endüstriyel Porselen Karo X-ışını kırınım indis deseni ve mevcut fazlar.

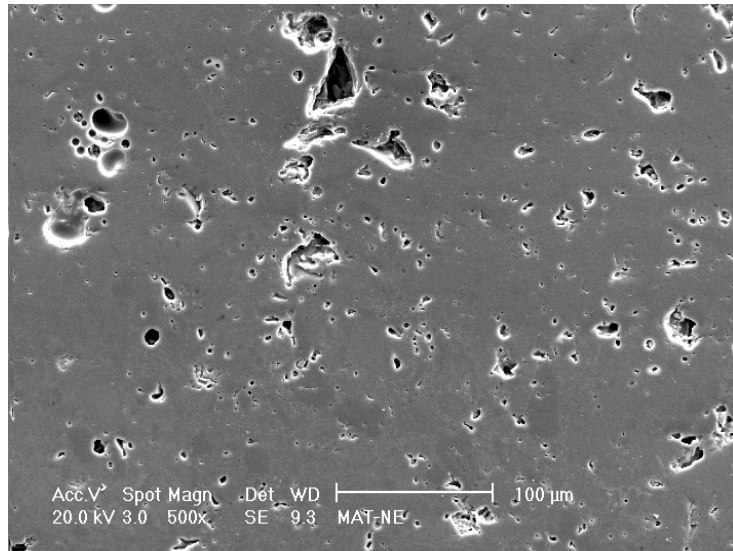


Şekil 4. 2.a ve b.) Endüstriyel Porselen Karo mikro yapısının SEM den elde edilmiş görüntüleri

Endüstriyel porselen karo parlatma hattına girmeden alınan, mat ürünün yüzeyden alınmış taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 4. 3 ve 4. 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 3. Mat Dağlanmamış Ürün 1000 Büyütme SEM Görüntüsü



Şekil 4. 4. Mat Dağlanmamış Ürün 500 Büyütme SEM Görüntüsü

Şekil 4. 3 ve 4. 4'te mat ürünün dağlanmamış 500 ve 1000 büyütmeli SEM görüntüleri incelendiğinde farklı büyüklük ve şekillerde gözeneklerin yüzeyde homojen bir şekilde dağılmadığını görülmektedir. 150 µm yakın büyüklükte gözenekler yüzeyde mevcuttur. Bu büyük gözeneklerin çevresinde bir hatta dizilmiş vaziyette irili ufaklı gözenekler mevcuttur. 1000

büyütmeli dağlanmamış numunedeki en büyük gözenek çevresinde mikro çatlaklar mevcuttur. Bu tip gözenekler daha çok iri taneli ve reaksiyona girmemiş kuvars taneleri etrafında yoğunluk kazanmaktadır.

Sonuç olarak bu büyük gözenekler veya yakın bölgelerine herhangi bir gerilim uygulandığında, bu noktalar bir çatlak merkezi teşkil edebilir ve malzemenin bu noktadan kırılmasına yol açabilir. Genel olarak bakıldığında, mat ürünün yüzey mikroyapısının düzenli ve güvenilir bir yapıya sahip olmadığı görülmektedir.

4.3. Su Emme Testi Sonuçları

Su emme testi, parlatma hattından alınan 17 takım karo numune setinden kesilen beşer adet numuneye uygulanmıştır. Yapılan test sonucunda tüm numune takımlarının ortalaması alınmıştır. Su emme testi sonuçları Tablo 4. 1'de listelenmiştir.

Endüstriyel porselen karo parlatma hattından alınan numunelerin % su emme miktarları sıfıra yakın değerlerdir. Parlatmanın yüzey kalibrasyon aşamasından itibaren asıl parlatmanın yapıldığı bölüme kadar tüm numune takımlarının % su emme değerlerinde anormal bir değişim tespit edilmemiştir. Parlatmanın yüzey kalibrasyonu aşamasında sert bir şekilde yüzeyden yoğun bir tabaka kaldırılmaktadır. Bu aşamada yüzeyden 0,4–0,5mm kadar bir tabaka kaldırılmaktadır. Böylece yüzeye yakın yerlerde oluşan, yüzeye ulaşamayan kapalı porların üzerleri açılmakta ya da yüzeyde küçük alana sahip, iç kısımlara doğru genişleyen porların üst kısımları açılmaktadır. Bu bölümden sonraki aşamalarda SiC aşındırıcılar ile yapılan parlatma işlemlerinde yüzey düzgünleştirilerek, yükselti farkları giderilmektedir. Tüm bu yüzey işlemleri sonunda açık poroziteye bağlı olarak herhangi bir su emme miktarı değişikliği gözlemlenmemiştir. Ayrıca porselen karonun farklı bölgelerinden numuneler alındığı için, yüzeyin tüm noktalarında por dağılımının birbirine yakın olduğu söylenebilir. Bu sonuçlar; parlatma sırasında açığa çıkan gözeneklerin, her ne kadar büyük boyutlu olsalar dahi,

sünger gibi su emmeyi sağlayacak şekilde birbirleriyle ilişkili olmadığı, birbirinden izole olmuş halde olduğunun ve sinterleme sonrasında iyi bir vitrifikasyonun sağlandığının bir göstergesidir.

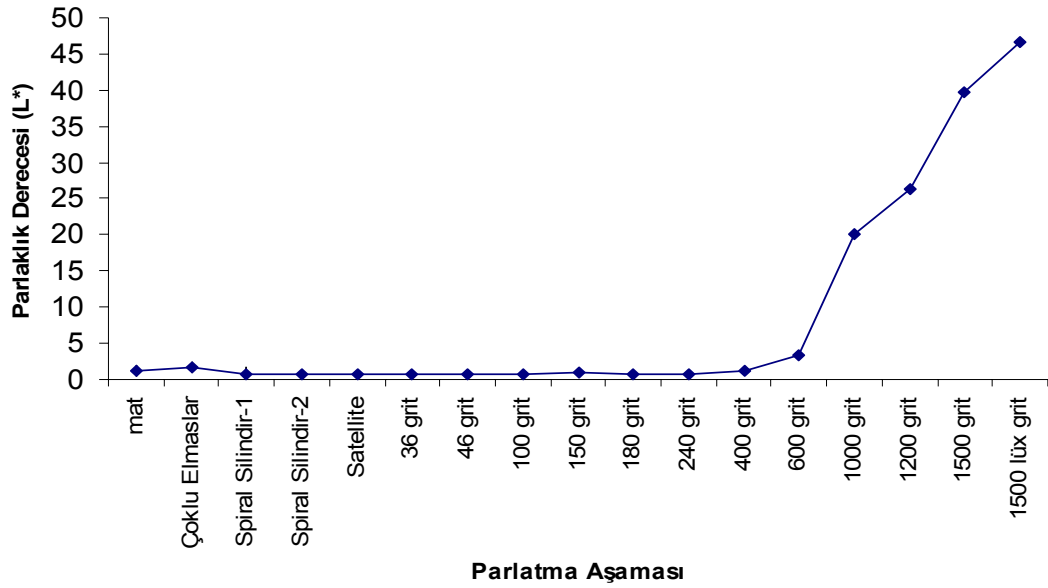
Tablo 4. 1. %Su Emme Miktarı Sonuçları

Parlatma Aşaması	Takım No	Parlatma Basamağı	% Su Emme Miktarı
Yüzey Kalibrasyonu	1	Mat (Parlatılmamış)	0,06
	2	Çoklu elmas silindirler	0,06
	3	Spiral elmas sarımlı silindir-1	0,08
	4	Spiral elmas sarımlı silindir-2	0,08
	5	Satellite(tabak) diskler	0,04
1.parlatma Aşaması (temizleme)	6	36 grit	0,06
	7	46 grit	0,03
	8	100 grit	0,03
	9	150 grit	0,07
	10	180 grit	0,08
	11	240 grit	0,10
2.parlatma Aşaması (asıl parlatma)	12	400 grit	0,08
	13	600 grit	0,05
	14	1000 grit	0,09
	15	1200 grit	0,06
	16	1500 grit	0,04
	17	1500 lüx grit	0,04

4.4. Parlaklık Ölçümü Test Sonuçları

Yüzey parlatma işleminin kalitesinin karakterize edilmesinde yaygın bir metotta parlatılan numune yüzeyleri üzerinden parlaklık derecesinin ölçümüdür. Parlaklık ölçümü endüstriyel parlatma hattından alınan tüm takımların beşer adet numunesine uygulanmıştır. Numunelerin yüzeyleri teste tabi tutulmadan önce basınçlı hava vasıtasıyla temizlenmiştir.

Test uygulanan setlerin beşer adet numunesinin parlaklık (L^* değeri) ortalaması alınmıştır ve grafiğe dökümü yapılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4. 5. Endüstriyel Parlatma Hattı Boyunca Parlaklık Derecesi Değişimi

Şekil 4. 5 aşındırıcı tipine bağlı olarak elde edilen parlaklık derecesini göstermektedir. Kalibrasyon ve parlatmanın birinci aşaması olan yüzey temizleme bölümlerinde parlaklık derecesinde herhangi bir artış gözlemlenmemiştir. Kalibrasyon aşamasında yükselti farkları oluşur. Parlatmanın birinci aşamasında bu yükselti farkları azalan SiC tane boyutu ile giderilmektedir. Parlatmanın birinci aşamasından sonraki bölümde ise uygun hale getirilmiş yüzeyde daha ince SiC taneli aşındırıcılar kullanılır. 400 gritten itibaren başlayarak parlaklık derecesi artmaya başlamıştır. Başlangıçta parlaklık derecesi sıfır iken son aşındırıcıdan sonra bu değer 50'ye ulaşmıştır.

4.5. Pürüzlülük Testi Sonuçları

Endüstriyel porselen karo parlatma hattından alınan 17 numune takımından toplam beşer adet parçaya pürüzlülük testi uygulanmıştır. Test edilen parçalarda, 3 kez boyuna ve 3 kez enine olmak üzere toplam 6 adet

ölçüm gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçlarının ortalama değerlerini ve maksimum yükselti değerlerini gösteren sonuçlar Tablo 4.2'de listelenmiştir.

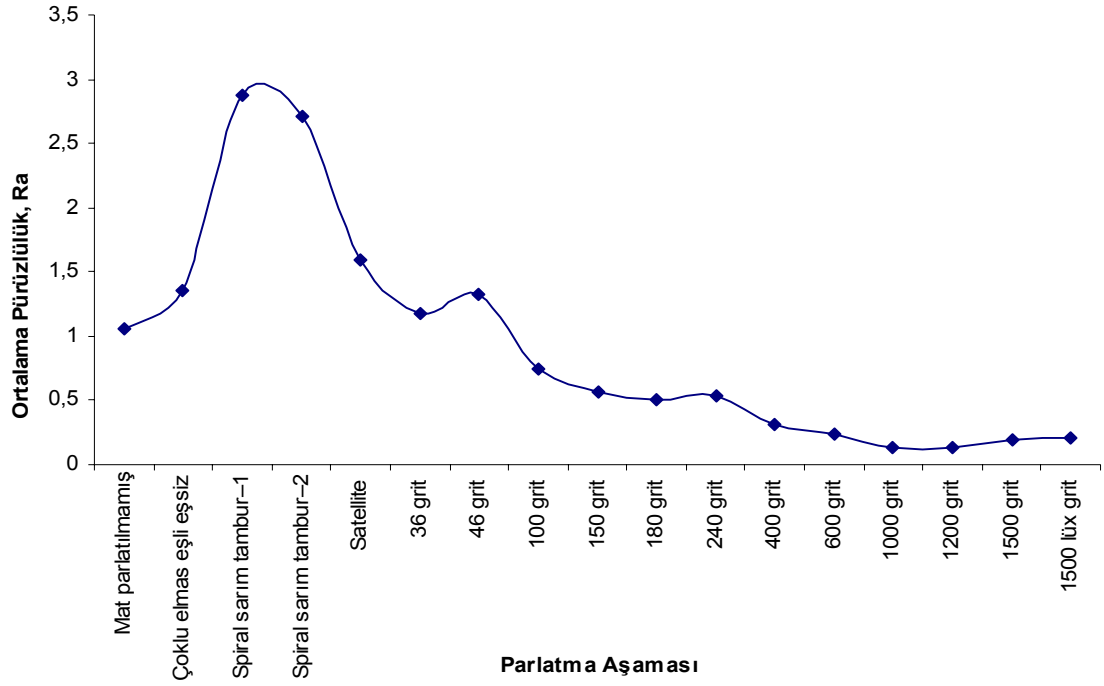
Tablo 4. 2. Pürüzlülük Testi Sonuçları

Parlatma Bölümü	Ra (μm)	Ry (μm)
Mat parlatılmamış	1,06	6,75
Çoklu elmas eşli eşsiz	1,36	8,49
Spiral sarım tambur-1	2,87	8,49
Spiral sarım tambur-2	2,71	14,95
Satellite	1,6	9,08
36 grit	1,18	7,99
46 grit	1,32	8,79
100 grit	0,74	6,19
150 grit	0,56	4,59
180 grit	0,51	4,52
240 grit	0,53	5,15
400 grit	0,32	3,67
600 grit	0,24	3,12
1000 grit	0,14	1,8
1200 grit	0,14	2,31
1500 grit	0,19	2,58
1500 lüx grit	0,21	2,46

Tablodaki pürüzlülük testi sonuçları incelendiğinde; kalibrasyon aşamasında pürüzlülükte genel bir artış, takip eden parlatma aşamalarında ise bir azalma mevcuttur. Kalibrasyon aşamasında, elmaslar vasıtasıyla yoğun yüzey tabakasının kaldırılması sırasında sert bir uygulama yapılmaktadır. Porselen karo yüzeyinin her bölgesinde yüzeyde oluklar ve çizikler meydana getirilmektedir. Dolayısıyla yüzey pürüzlülüğü artmakta, yükselti ortalaması 3 μm 'a ulaşmaktadır.

Kalibrasyon aşamasını takip eden 1. ve 2. parlatma bölümlerinde pürüzlülük derecesinde düzenli olarak bir azalma mevcuttur. Kullanılan SiC

aşındırıcıların tane boyutunun azalmasına bağlı olarak, yüzey aşama aşama düzgünleşmektedir. Bu bölümlerde yükselti farkları yok edilmektedir. Parlatmanın son aşamasından sonra ortalama yüzey pürüzlülüğü değerler $0.21 \mu\text{m}$ 'a kadar düşmektedir. Şekil 4. 6'daki grafik porselen karo parlatma hattındaki pürüzlülük değişimini göstermektedir.



Şekil 4. 6. Parlatma Aşamasına Bağlı Olarak Pürüzlülük Değişimi

4.6. Eğilme Dayanımı Sonuçları ve Weibull İstatistiksel Dağılımları

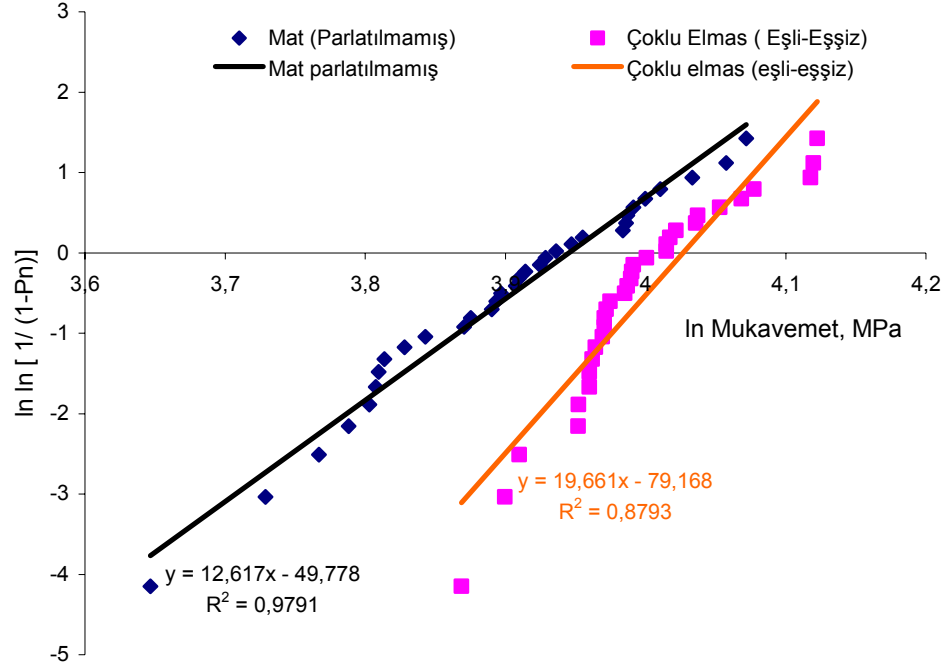
Seramikler bilindiği üzere gevrek kırılma mekanizmasına sahip malzemelerdir. Mühendislik cephesinde gevrek kırılma olayı için tokluktan, dayanıma doğru bir geri dönüş yaşanmaktadır. Bununla beraber yapısal tasarımlar dayanıklılığın yanında güvenilirliği de gerektirmektedir. Burada sormamız gereken tek soru malzemenin sağlıklı bir şekilde ne kadar süre bize garanti verebileceğidir.

Kırılgan malzemelerde güvenilirlik analizinin ana unsuru olarak, dayanım ve dayanım ömrü değişkenliğinin tanımlamasında ‘hata istatistiği’ önemli bir yere sahiptir. Teorik olarak uygulanan belirli bir yük altında malzemenin ne kadarının kırılmadan sağlam kalabileceği veya ne kadar oranda kırılma riskine sahip olacağını görmek bu tip dağılımlar kullanılarak görülebilir. Weibull istatistik analizi kırılma olasılığını tespit etmekte kullanılan yaygın bir tekniktir.

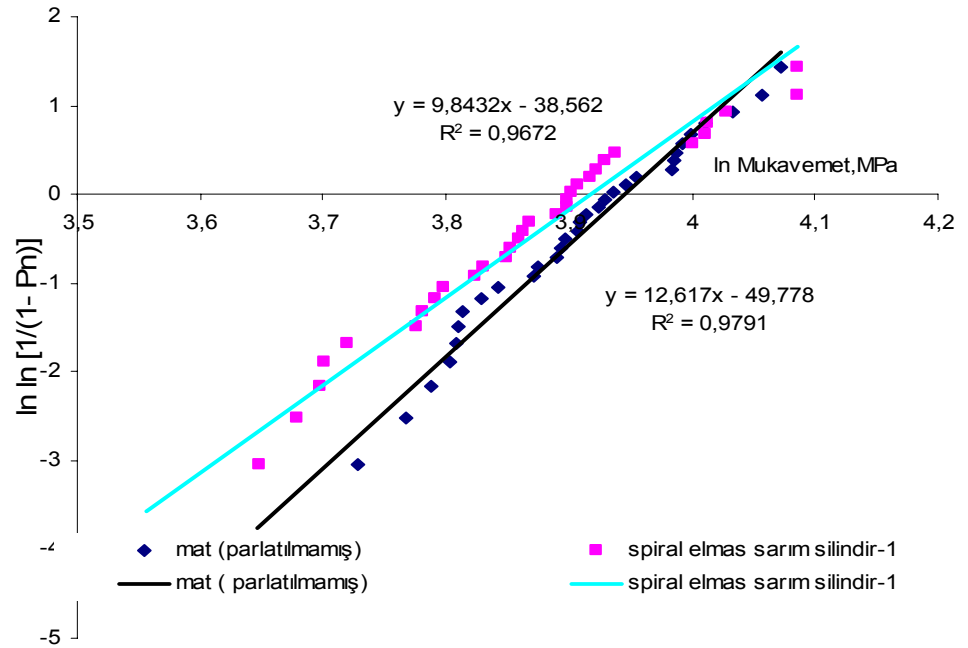
Weibull istatistik dağılımlarında Y eksenini kırılma olasılığını (P_n) , X eksenini ise gerçek kırılma değerini göstermektedir. Kümülatif kırılma değerlerinin doğrusal eğimi ise Weibull değerini (m) vermektedir. Mühendislik açısından dayanımın önemli olması kadar güvenilirliğin de artması önem arz eder. m değerinin artması güvenilirliğin artmasını göstermektedir.

Yüksek mukavemet değerli, fakat düzensiz bir saçılma sahip malzemelerin güvenilirliği düşüktür. Weibull dağılımı grafiklerinde X ekseninin altında kalan noktalar kırılma olasılığının daha düşük olduğu durumları ifade eder. Kümülatif dağılımın eğilim çizgisinin eğiminin artması güvenilirlik artışının göstergesidir.

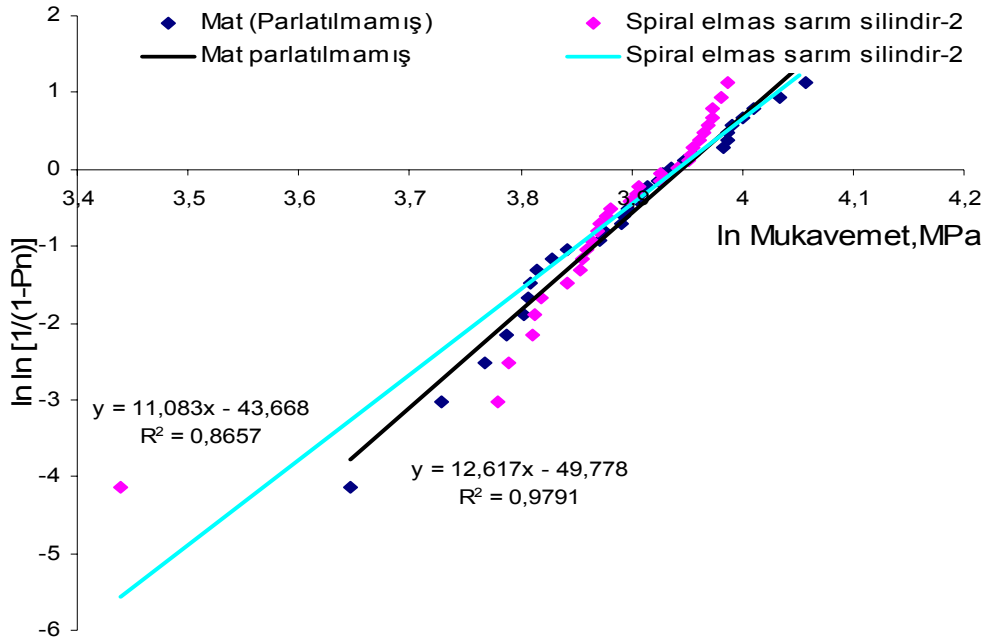
Parlatma hattının tümünü temsil eden 17 farklı parlatma aşamasından elde edilen numunelerin mukavemet sonuçlarından elde edilen Weibull diyagramları Şekil 4. 7 ile 4.22’te verilmiştir.



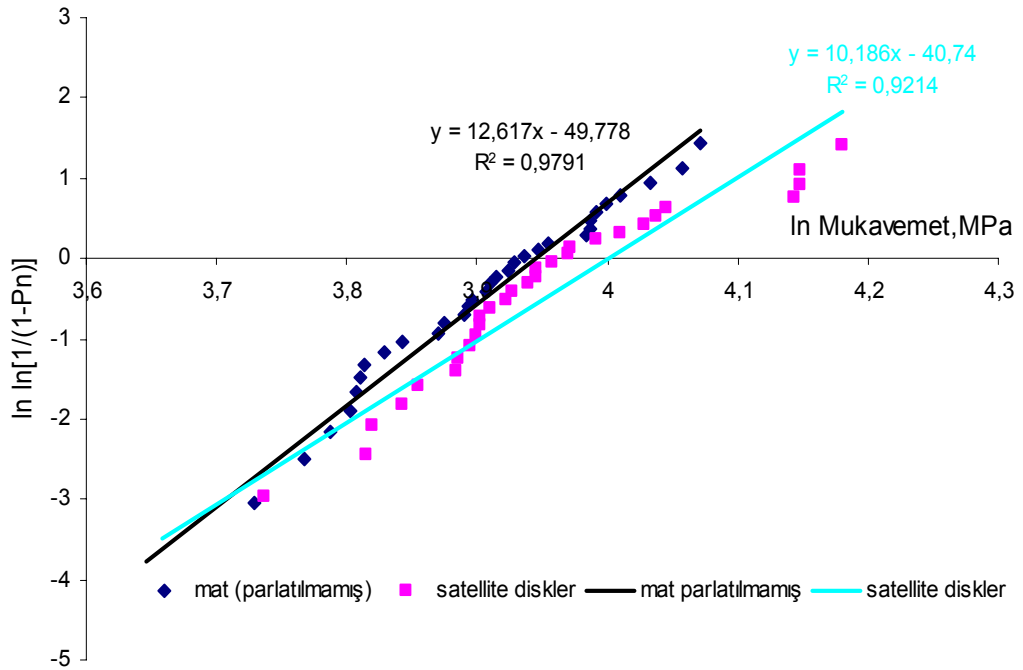
Şekil 4. 7. Mat porselen karo ile çoklu elmas silindirler sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



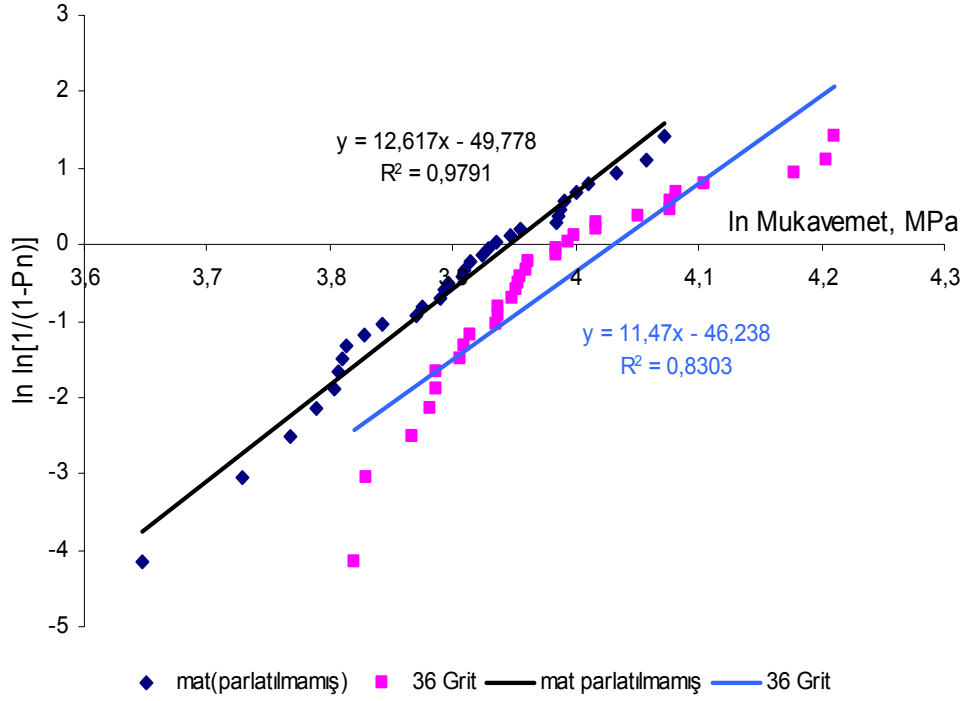
Şekil 4. 8. Mat porselen karo ile spiral elmas sarım silindir-1 sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



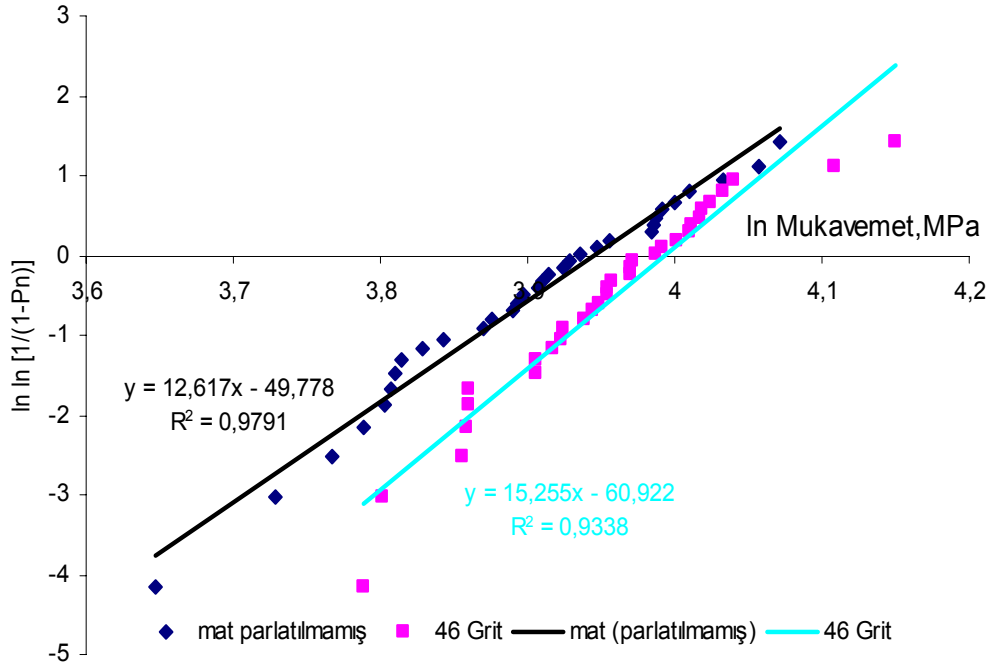
Şekil 4. 9. Mat porselen karo ile spiral elmas sarım silindir-2 sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



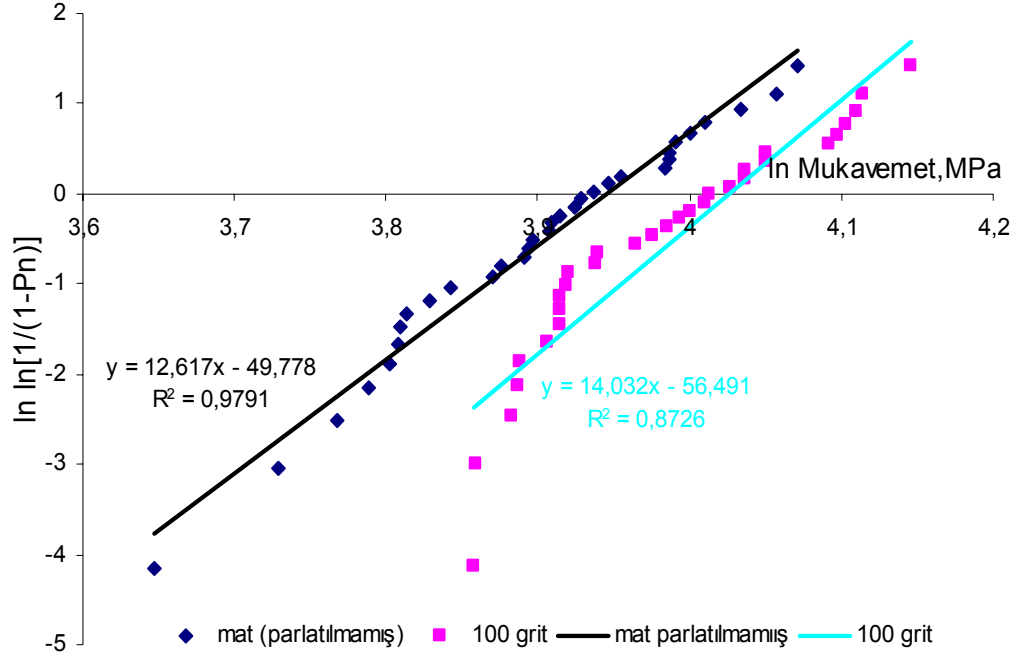
Şekil 4. 10. Mat porselen karo ile Satellite Diskler sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



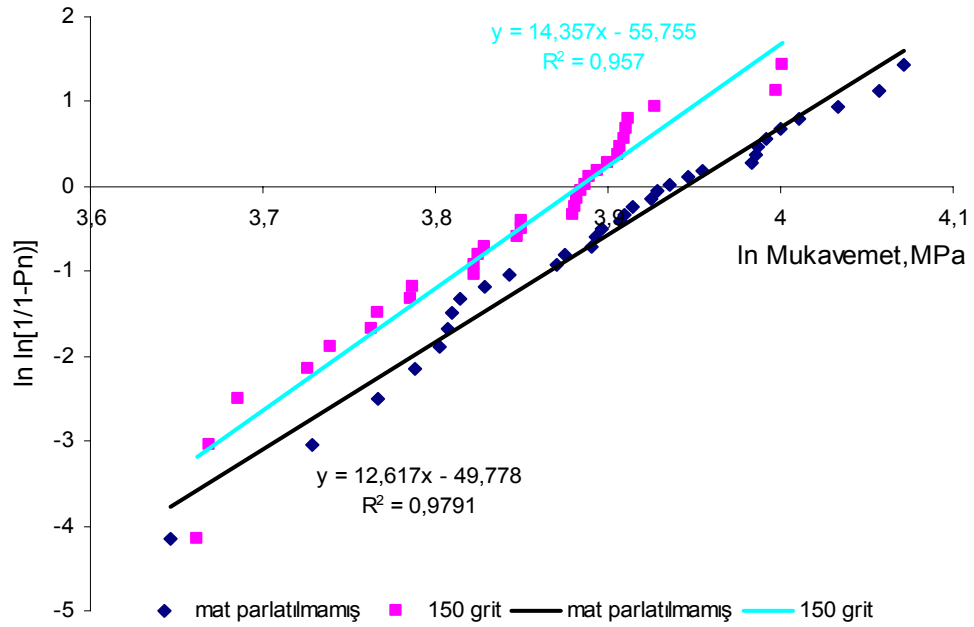
Şekil 4. 11. Mat porselen karo ile 36 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



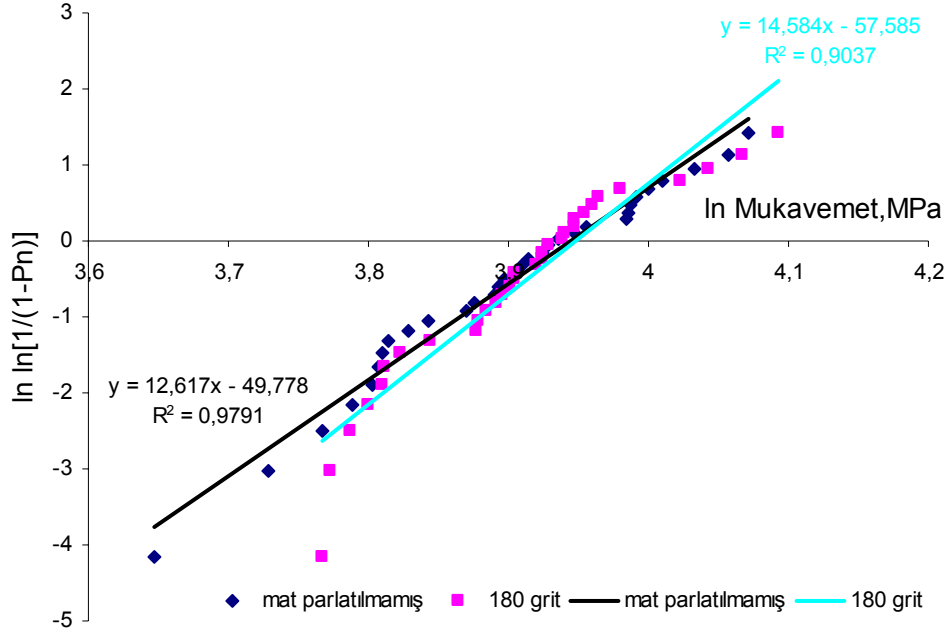
Şekil 4. 12. Mat porselen karo ile 46 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



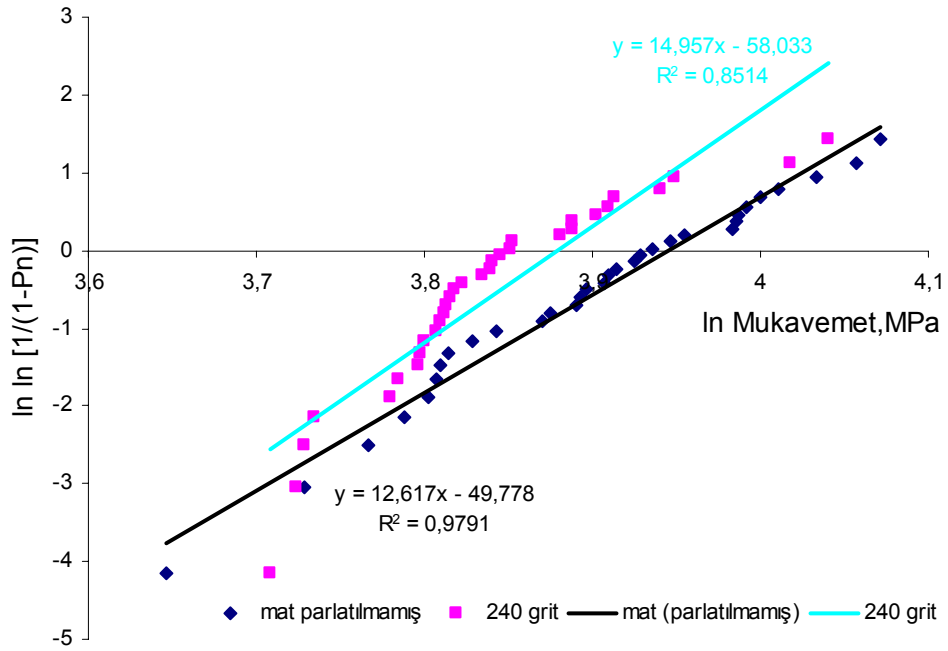
Şekil 4. 13. Mat porselen karo ile 100 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



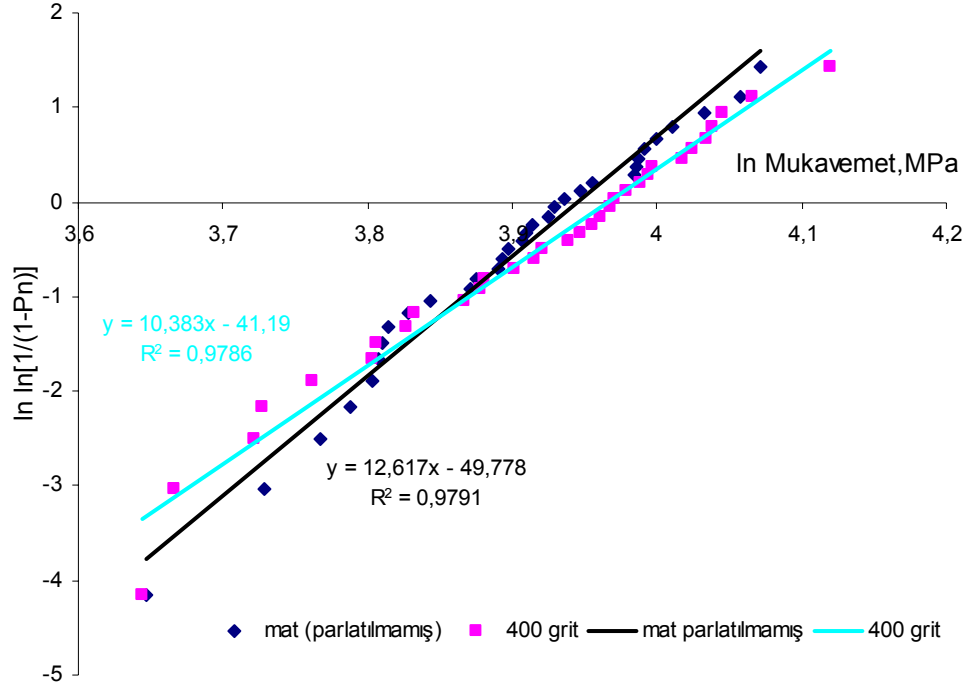
Şekil 4. 14. Mat porselen karo ile 150 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



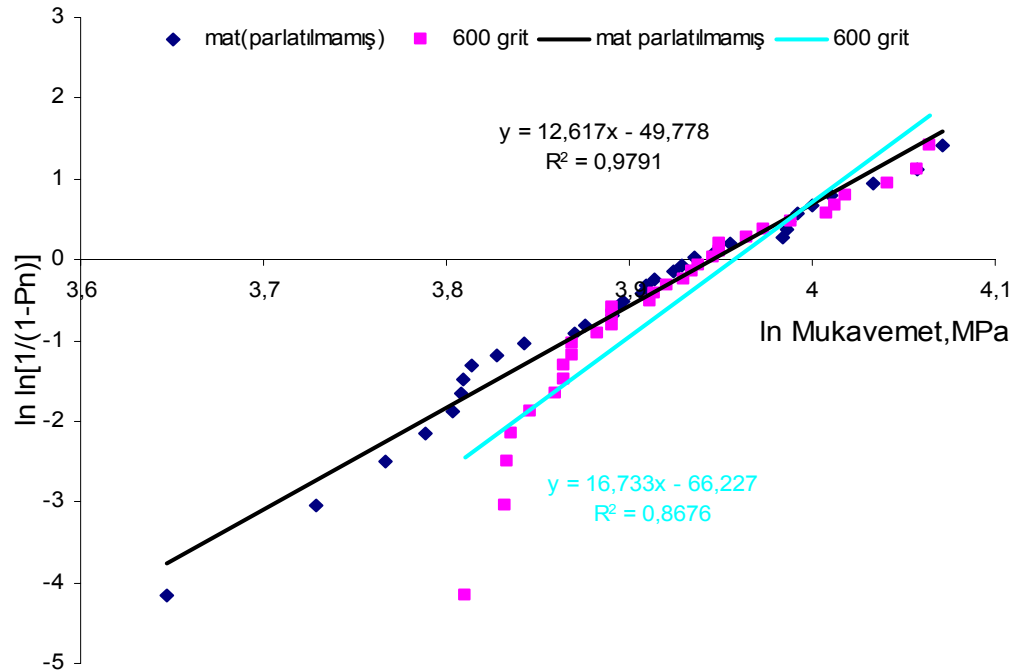
Şekil 4. 15. Mat porselen karo ile 180 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



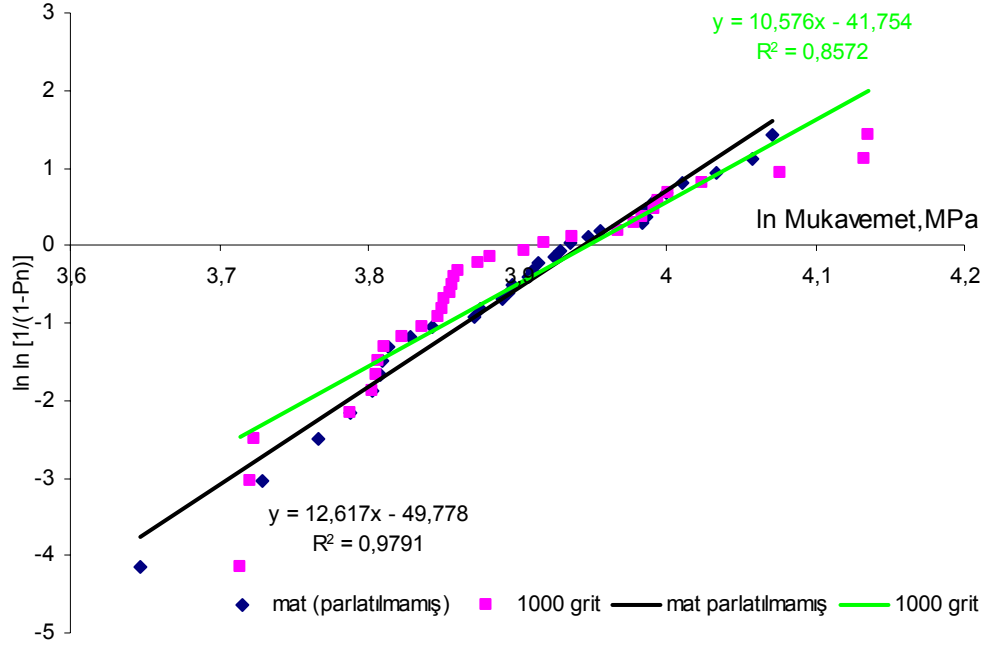
Şekil 4. 16. Mat porselen karo ile 240 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



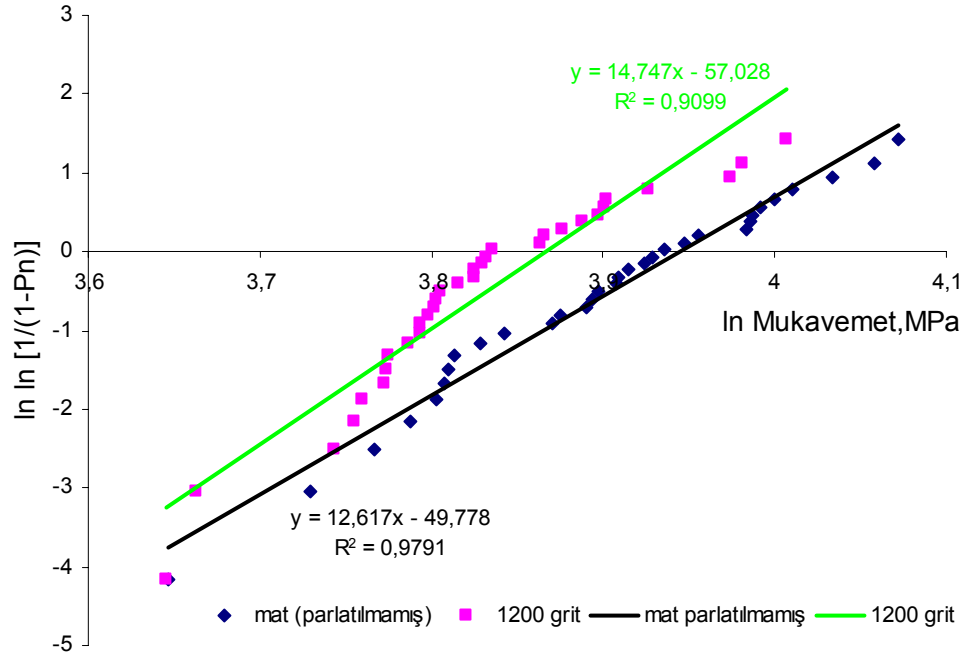
Şekil 4. 17. Mat porselen karo ile 400 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



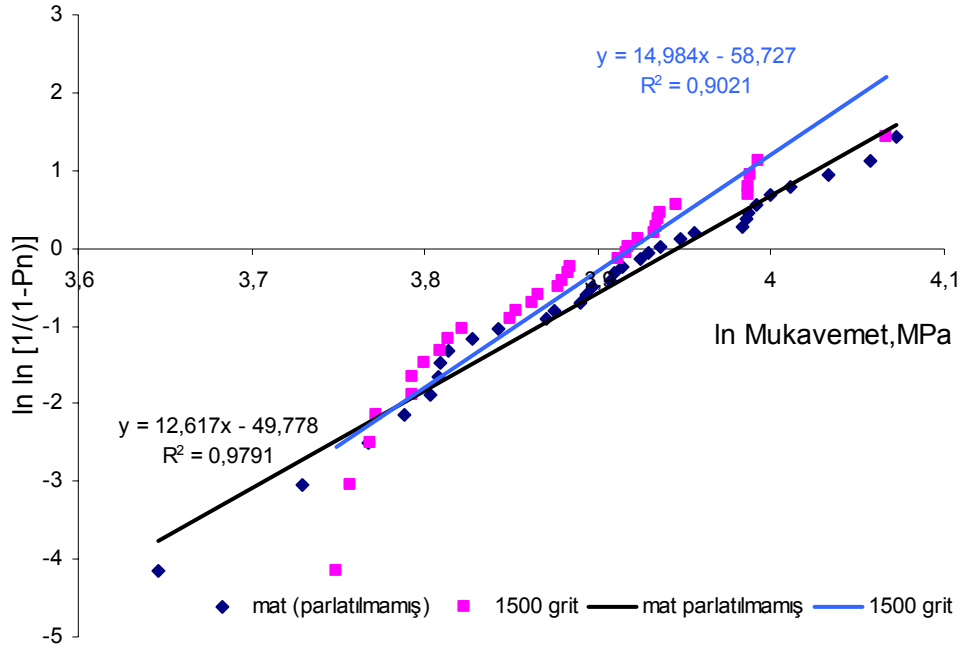
Şekil 4. 18. Mat porselen karo ile 600 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



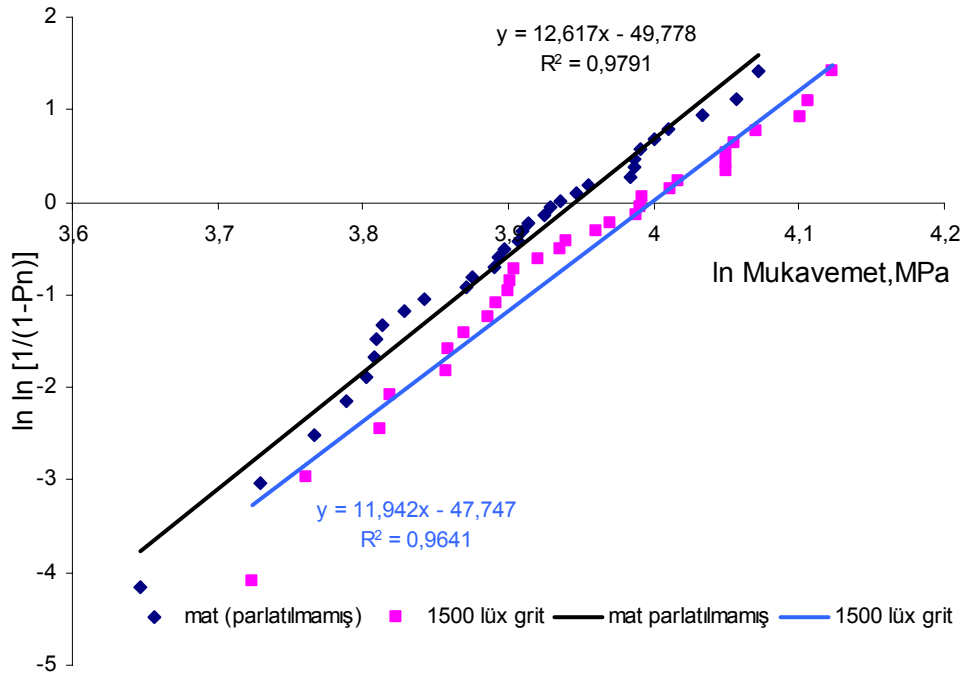
Şekil 4. 19. Mat porselen karo ile 1000 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



Şekil 4. 20. Mat porselen karo ile 1200 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



Şekil 4. 21. Mat porselen karo ile 1500 Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları



Şekil 4. 22. Mat porselen karo ile 1500 Lüx Grit sonrası alınan numunelerin kırılma mukavemeti değerlerine göre, hazırlanan weibull istatistiksel dağılımları

Yukarıda verilen Weibull dağılım grafikleri üzerinden parlatma hattının her bir kademesi için hesaplanan ortalama mukavemet ve Weibull modülü, m , değerleri Tablo 4. 3'te listelenmiştir.

Gerek grafiklerin gerekse Tablo 4. 3'ün incelenmesinden ortalama mukavemet ve Weibull modülü değerlerinin değişimi parlatma hattındaki işlem sırasına göre birbirini takip eder şekilde bir düzen oluşturmamakta değerler homojen olmayan bir saçılım göstermektedir. Yani; parlatma işleminin çok daha çetin olduğu yüzeyden görece daha fazla hacimde kütle kaldırımına sebep olan aşamada daha büyük ve zararlı mikro çatlakların oluşumu ve buna bağlı olarak daha düşük mukavemet değeri beklenirken tamamen tersi olduğu durumlar gözlenmiştir. Dolayısıyla parlatma hattının mukavemet üzerine ve daha da önemlisi güvenilirlik açısından çok fazla olumsuz etki yaptığı düşünülemez.

Tablo 4. 3 Parlatma işlem sırasına göre Weibull istatistik diyagramlarından elde edilen ortalama mukavemet ve weibull modülü değerleri.

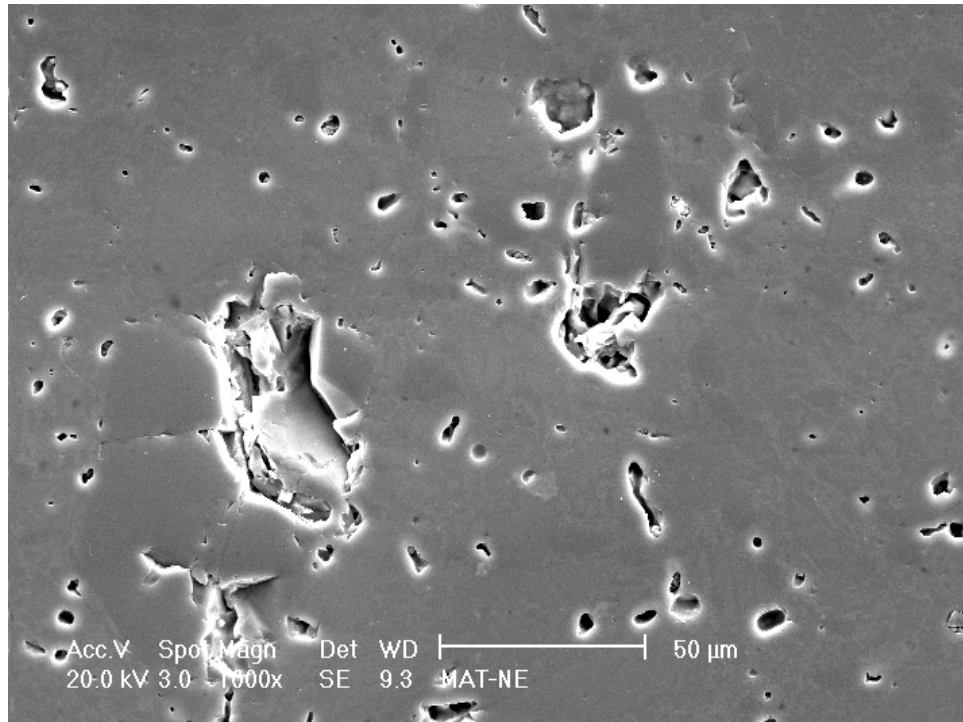
İŞLEM DURUMU	σ_o	m
MAT (PARLATILMAMIŞ YÜZEY)	51.65	12.617
MULTİ ELMASLAR (EŞLİ-EŞSİZ)	56.07	19.661
SPIRAL ELMAS SARIM SİLİNDİR-1	50.28	9.843
SPIRAL ELMAS SARIM SİLİNDİR-2	51.42	11.083
SATELLİTE	54.58	10.186
36 GRİT	56.33	11.470
46 GRİT	54.25	15.255
100 GRİT	56.03	14.032
150 GRİT	48.59	14.357
180 GRİT	51.86	14.584
240 GRİT	48.42	14.957
400 GRİT	52.83	10.383
600 GRİT	52.35	16.733
1000 GRİT	51.83	10.576
1200 GRİT	47.80	14.747
1500 GRİT	50.37	14.984
1500 LUX GRİT	54.50	11.942

Benzer sonuçlar, Esposito ve arkadaşları [2004] tarafından da gözlemlenmiştir ve sonuçların bu şekilde saçılım göstermesinin kaynağının porselen karoların her ne kadar aynı şartlarda üretilmiş balyalardan temin edilse dahi farklı homojenliğe veya mikroyapı açısından düzensizliğe sebep

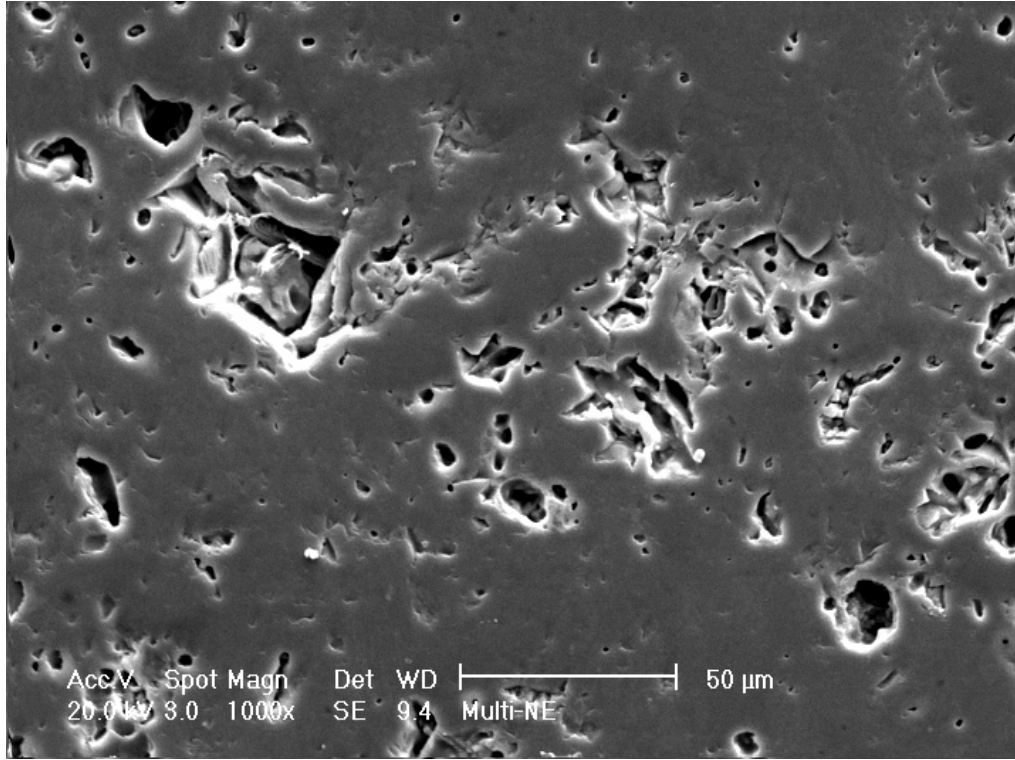
olabileceği ileri sürülmüştür. Parlatma sırasında porselen karoyu çevreleyen kütlenin kaldırılmasıyla açığa çıkan gözenekliliğin, parlatma sırasında oluşturulacak mikro çatlak, çiziklere göre mukavemetin düşük olmasında daha etkin olabileceğidir. Daha önceki bölümlerde verilen yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları da bu gözlemi desteklemektedir. Parlatma işlemi sırasında yüzeyde oluşturulan maksimum yüzey pürüzlülük değeri 25 μm iken parlatma sırasında açığa çıkan gözeneklerin boyutları bundan çok daha büyük olabilir. Bu öngörünün doğrulanması için parlatılan ürünlerin mikro yapılarının SEM de incelenmesi faydalı olabilecektir.

4.7. Parlatma İşlemi Görmüş Numunelerin SEM ile İncelenmesi

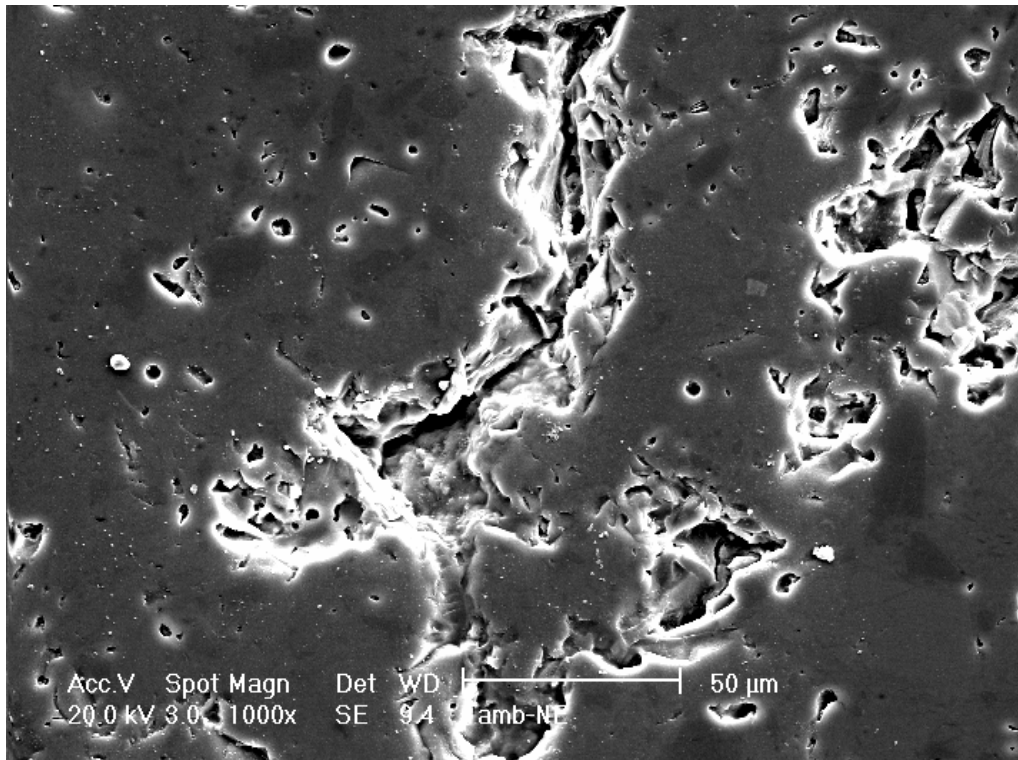
Bu bölümde; mat, çoklu elmas silindir ve spiral sarım elmas silindir-2, satellite diskler, 240, 400, 1500 ve 1500 Lük gritler sonrası alınmış olan numunelerin SEM görüntüleri Şekil 4.22-34'te verilmiştir. Tüm karşılaştırmalar aynı ölçekli büyütmelerde yapılmıştır.



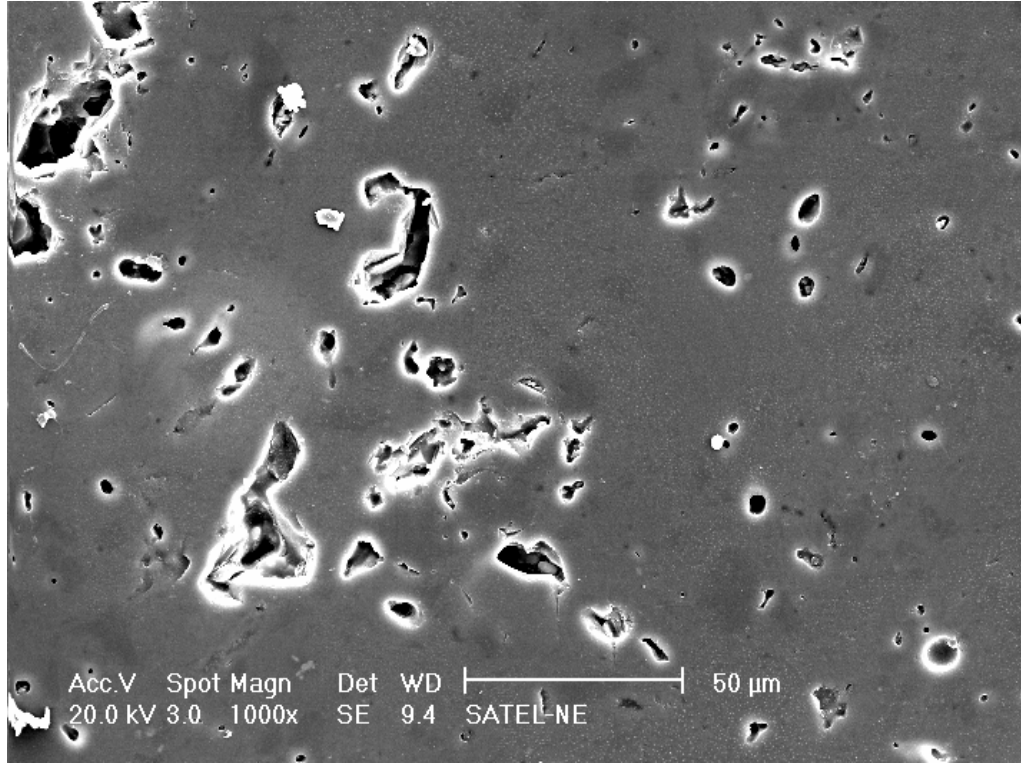
Şekil 4.23. Mat (parlatılmamış) Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)



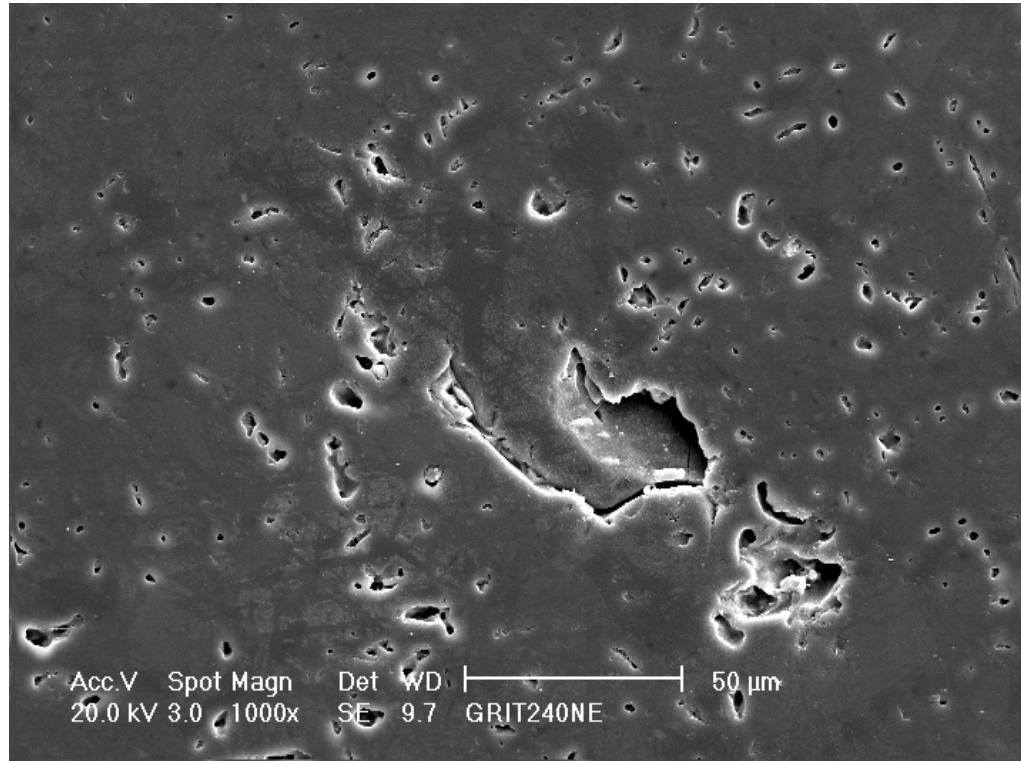
Şekil 4.24. Çoklu Elmaslardan Geçmiş Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)



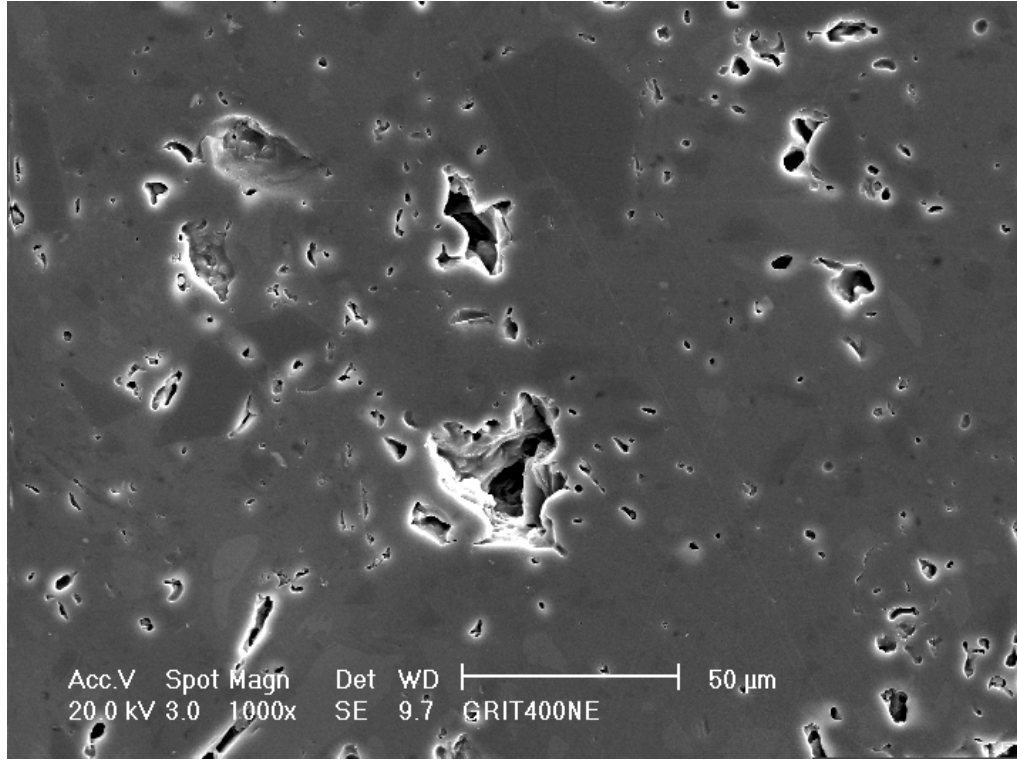
Şekil 4.25. Spiral Sarım Silindir-2'den Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)



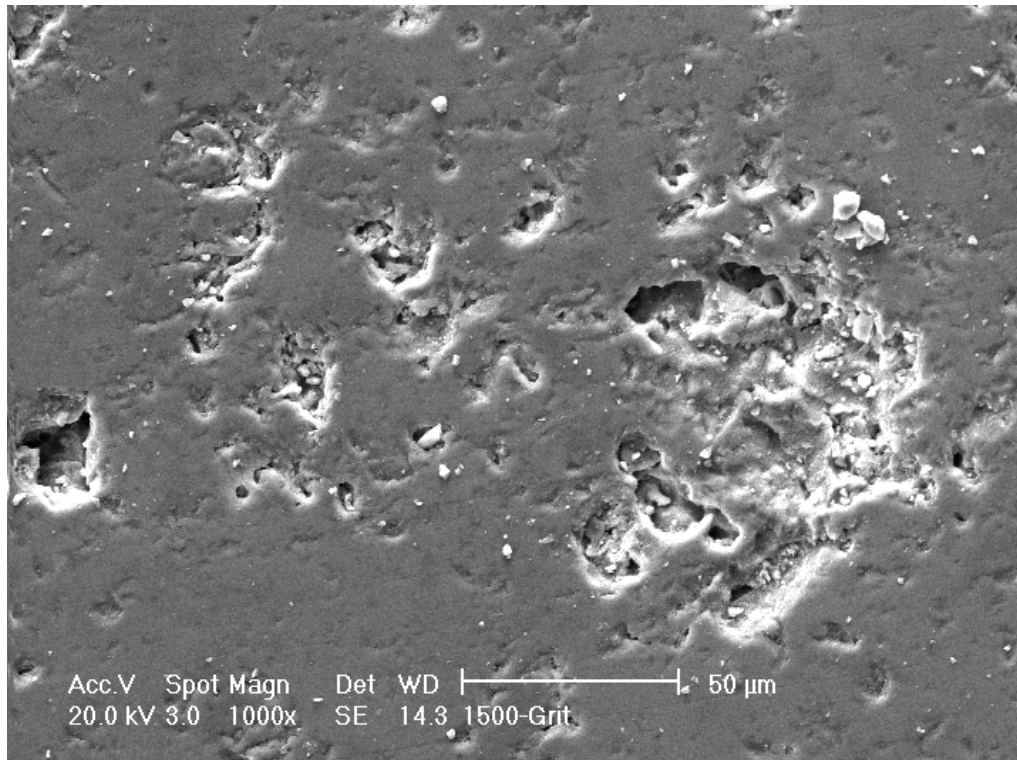
Şekil 4.26. Satellite (Tabak) Disklerden Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)



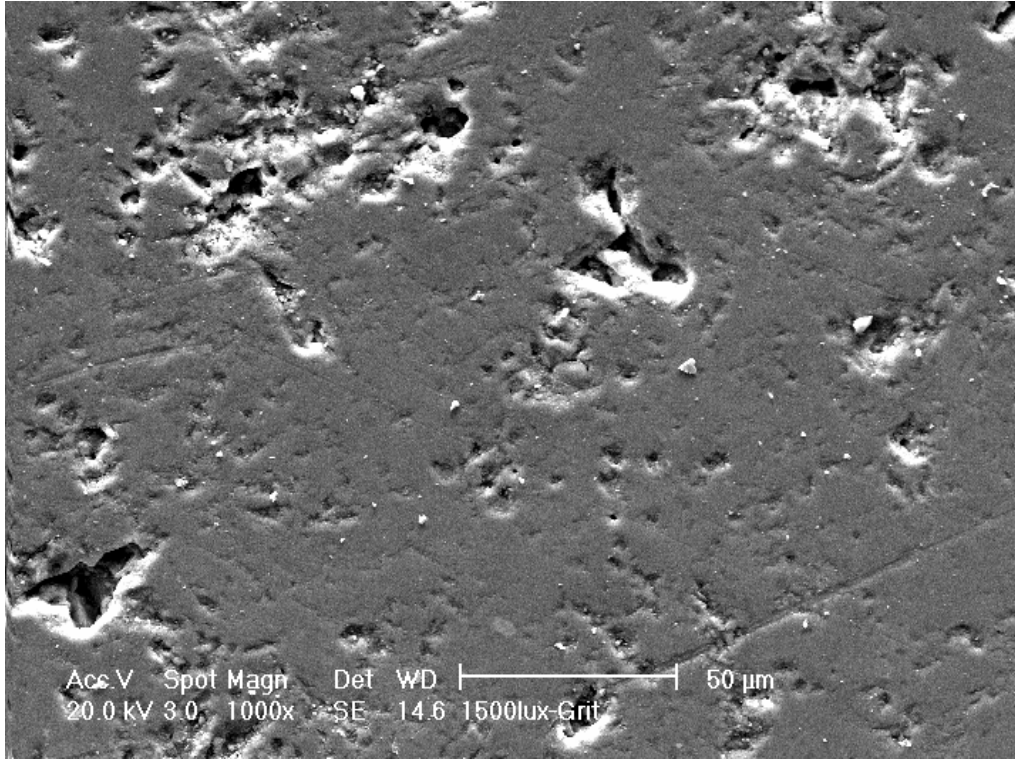
Şekil 4.27. 240 Gritten Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)



Şekil 4.28. 400 Gritten Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)



Şekil 4.29. 1500 Gritten Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)



Şekil 4.30. 1500 LUX Gritten Geçmiş, Numune Yüzeyi SEM Görüntüsü (X1000)

Endüstriyel parlatma bandından belirli aşamalara göre alınan numunelerin yüzeyleri, mat yüzey referans alınarak incelendiğinde çok fazla bir farklılık göstermemektedir. Genel olarak yüzeylere bakıldığında yer yer 150 μm 'a yakın büyüklükte gözenekler gözlenmektedir. Tüm yüzeylerde gözenek dağılımı düzensiz ve gözeneklerin şekilleri birbirinden farklıdır.

Parlatılmamış yüzey (mat) ile 1500 LUX grit sonrası alınan 1000 büyütme SEM fotoğrafları karşılaştırıldığında 1500 LUX grit numune yüzeyi görüntülerinde proses kaynaklı çiziklere ve kesiklere rastlanmıştır. Bu tip mikron boyuttaki çizikler ve kesikler sadece yüzey kalitesini düşürmektedir. Bu tip küçük boyutlu çizik bölgelerin herhangi bir gerilim altında çatlak başlangıcı oluşturma riski daha düşüktür. Burada etkili olan büyük çapa sahip gözeneklerdir. Bu gözeneklerin çevresinde mikro çatlak şeklinde, bir hat boyunca dizilmiş olan gözenek zincirlerinin çatlak merkezi olma olasılığı daha yüksektir.

Ayrıca bu derin ve büyük çaptaki gözenekler darbe ve lekelenme direncini düşürecektir.

Bu sonuçlara göre endüstriyel mat ve parlak karo arasında çok büyük bir mikroyapı farklılığı bulunmaktadır. Parlatılmış olan numunelerde makine ile işlem kaynaklı çizikler, kesikler ve göçükler bulunmaktadır. Ayrıca makine ile işlem sonrasında gözenekleri çevreleyen bölgelerde mikro çatlaklar mevcuttur. Bu nedenler sadece parlatılmış porselen karonun yüzey kalitesini düşürmektedir.

5. İRDELEME

- Endüstriyel porselen karo bünyesinin X-ışını kırınım metodu ile analiz edildiğinde kuvars, albit ve müllit kristal fazlarını içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca bünye yüksek miktarda camsı faz da içermektedir.
- Mat porselen karonun parlatılmış ve dağlanmamış 1000 büyütmeli Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülerinde yüksek miktarda gözeneklilik mevcuttur. Yüzeyde bulunan gözenekler farklı şekillere sahiptir ve düzensiz bir dağılım göstermektedirler. Gözenek büyüklükleri bölgesel olarak 150 μm 'a kadar ulaşmaktadır. Genel olarak, büyük boyutlu gözeneklerin çevresinde bir hatta dizili vaziyette küçük gözenek zincirleri mevcuttur. Bu tip tam olarak yoğunluk kazanmamış hassas bölgeler gerilime maruz bırakıldığında çatlak merkezi oluşturabilir ve ürünün kırılmasına yol açabilirler.
- Endüstriyel porselen karo parlatma bandından alınan 17 takım numunenin % su emme sonuçları sıfıra yaklaşık ve birbirine yakın çıkmıştır. Kalibrasyon aşamasında yüzeyden 0,4- 0,5 mm kadar bir tabaka kaldırılmaktadır. Bu tabakanın kaldırılmasıyla iç kısımda bulunan kapalı gözeneklerin üstleri açılmaktadır. Yapılan bu işlemler sonucunda kapalı gözenekler atmosfer ile temasa geçmektedir. Fakat bu durum su emme değerlerinde herhangi bir değişikliğe sebep olmamıştır. Bu olay gözeneklerin yapısı ve şekli ile ilişkilendirilebilir. Mikro yapıda oluşan gözeneklerin boyutları bölgesel olarak büyüktür ve bu büyük gözenekleri çevreleyen bölgelerde birbiri ile bağlantılı gözenek zincirleri mevcuttur. Bu bölgelerde tam bir yoğunlaşma sağlanamamıştır.
- Endüstriyel porselen karo parlatma hattından alınan, 17 takım numuneye uygulanan parlaklık derecesi ölçüm sonuçlarında parlaklık derecesinin 400 gritten sonra bir artışa rastlanmıştır. Bu bölüme kadar yapılan kalibrasyon ve 1. parlatma (temizleme) işlemleri sonucunda yüzey parlaklık derecesi sıfıra yakın çıkmıştır. SiC aşındırıcı tane boyutunun azalmasıyla birlikte, 400 gritten sonra parlaklık derecesi

aşamalı olarak artmıştır. Parlatma son aşındırıcı başlığı olan 1500 L μ x grit sonrası parlaklık derecesi değeri (I*) 50'ye ulaşmıştır.

- Endüstriyel porselen karo parlatma hattından alınan numunelerin pürüzlülük testi sonuçları incelendiğinde; kalibrasyon aşamasında pürüzlülükte genel bir artış, takip eden parlatma aşamalarında ise bir azalma görülmüştür. Kalibrasyon aşamasında, elmaslar vasıtasıyla yoğun yüzey tabakasının kaldırılması esnasında sert bir uygulama yapılmaktadır. Porselen karo yüzeyinin her bölgesinde yüzeyde oluklar ve çizikler meydana getirilmektedir. Dolayısıyla yüzey pürüzlülüğü artmış, yükselti ortalaması 3 μ m'a kadar ulaşmaktadır. Yüzey kalibrasyon aşamasını takip eden 1. ve 2. parlatma bölümlerinde pürüzlülük derecesinde düzenli olarak bir azalma mevcuttur. Kullanılan SiC aşındırıcıların tane boyutunun azalmasına bağlı olarak, yüzey giderek düzgünleşmektedir. Bu bölümlerde yükselti farkları ortadan kaldırılmaktadır. Parlatmanın son aşamasından sonra ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 0.21 μ m'a kadar düşmüştür.
- Endüstriyel porselen karo parlatma hattından alınan numunelerin mukavemet değerlerinden oluşturulan Weibull istatistik diyagramları incelendiğinde ortalama mukavemet ve Weibull modülü değerlerinin parlatma hattının aşamalarına bağlı olarak bir sıralama veya değerlerde iyileşmeyi takip etmediği, düzensiz bir saçılım gösterdiği tespit edilmiştir.
- Ortalama mukavemet ve Weibull modülü değerlerindeki parlatma proses aşamalarına bağlı olarak gözlemlenen saçılımın nedeninin tespit edilebilmesi için parlatma işleminin değişik aşamalarından seçilen numunelerin mikroyapısı SEM ile incelenmiştir. Parlatma işlemi sırasında yüzeyden kaldırılan ve iç kısma göre daha yoğun olan dış kısmın etkisiyle bünye içindeki gözenekler açık hale gelmektedir. Bu gözeneklerin yapı içerisinde bölgesel olarak yığıldıkları ve boyutlarının 150 μ m'a kadar ulaştığı tespit edilmiştir. Bu büyük gözeneklerin çevresinden yayılan mikro çatlaklar da gözlenmiştir. Bu mikroyapı sonuçları Weibull modülü ve ortalama mukavemet değerlerinin neden bir sıra takip etmediğinin, saçılım göstermesinin sebebini açıklamaktadır. Parlatma işlemlerinin en sert aşamalarında dahi

oluşturulan yüzey pürüzlülüğü ve çatlakların boyutunun yüzeyin parlatılması ile açığa çıkan gözeneklerin boyutları yanında ihmal edilebilecek kadar küçük kalmasındandır. Değerlerin saçılım göstermesi hem gözenek boyutundan hem de bu gözeneklerin belirli bölgelerde yığın oluşturmasındandır.

KAYNAKLAR

Biassini V., Dondi M., Guicciardi S., Melandri C., Raimondo V., Generali e., Settembre Blundo D.” Porselen Stoneware Karoların Mekanik Özellikleri Üzerine Cam-Seramik Sistemlerin Etkisi”

David W. Richerson “ Modern Ceramic Engineering, Properties, Processing and Use IN Design ” , Consultant and Adjunct Faculty The University of Utah, Salt Lake, Utah

Cristina Leonelli, Federica Bondioli, Paolo Verpnese, Merello Romagnoli, Tiziano Manfredini, Gian Carlo Pellacani, Valeria Cannillo “ Enhancing The Mechanical Properties Of Porcelain Stoneware Tiles: A Microstructural Approach” Faculty of Engineering, University of Modena and Reggio Emilia, 41100 Modena, Italy, September 2000

E. Sanchez, M.J. Ibanez, J. Garcia-Ten, M.F. Quereda, I.M. Hutchings, Y.M. Xu ‘ Porcelain Tile Microstructure: Implications For Polished Tile Properties” For Manufacturing, University Of Cambridge, Mill Lane, Cambridge CB21RX, UK, June 2005

Fabio J.P. Sousa, Jan C. Aurich, Walter L. Weingaertner, Orestes E. Alarcon “ Kinematics Of a Single Abrasive Particle During The Industrial Polishing Process Of a Porcelain Stoneware Tiles” Postgraduate Program In Material Science Engineering (PG Mat/EMC/labMat), Federal University Of Santa Catarina(UFSC) postcode 88040–900, CP 476, Florianopolis, SC, Brazil

I.M.Hutchings, K. Adachi, Y.Xu, E. Sanchez, M.J. Ibanez, M.F. Quereda " Analysis and Laboratory Simulation of an Industrial Polishing Process For Porcelain Tiles" Department Of Engineering Institute For Manufacturing, University Of Cambridge, Mill Lane, Cambridge CB21RX, UK, July 2004

I.M. Hutchings, Y. Xu, E. Sanchez,□, M.J. Ibanez, M.F. Quereda" Porcelain Tile microstructure: Implications For Polishability" *Institute For Manufacturing, University of Cambridge, Mill Lane, Cambridge CB21RX, UK*, 5 December 2004

Leonardo Esposito, Antonella Tucci, Daniele Naldi "The reliability of polished porcelain stoneware tiles"*Centro Ceramico Bologna, Via Martelli 26, 40138 Bologna, Italy* 2004; accepted 23 May 2004

M.Dondi, M.Raimondo, C.Zanelli, CNR-ISTEC, Institute Of Science And Technology For Ceramics, Faenza, Italy; P.M Tenorio Cavalcante, Coppe-UFRJ, Rio De Janeiro, Brazil

O. Işık Ece, Zenbe-e Nakagawa " Bending Strength Of Porcelains" Research Institute of Materials And Resources Science, Akita University, Japan, July 2001

P.M. Tenorio Cavalcante, M.Dondi, G.Ercolani, G. Guarini, C. Melandri, M. Raimondo, E. Rocha "The influence of microstructure on the performance of white porcelain stoneware" UFRJ, Federal University Of Rio De Janeiro, Brazil, CNR- Institute Of Science And Technology For Ceramic Via Granarolo, 64 480018, Faenza, Italy, 7 November 2007

Swapan Kr. Das, Kausik Dana "Differences in Densification Behaviour K and Na-feldspar- containing porcelain bodies" Central Glass and Ceramic Research Institute, 196 Raja S.C Mullick Road Kolkata 700032, India, 22 April 2003

T. Fett, E. Ernst^a, D. Munz^a, D. Badenheims^b, R. Oberacker^b "Weibull analysis of ceramics under high stress gradients"^a Forschungszentrum Karlsruhe, Institute für Materialforschung II, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe, Germany ^bUniversität Karlsruhe, Institut für Keramik im Maschinenbau, 76021 Karlsruhe, Germany, 15 December 2002

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Çanakkale'nin Çan ilçesinde doğan BURAK ÇAKIR İlköğrenimini Çan Atatürk İlkokulunda, Orta ve lise eğitimini Çan İbrahim Bodur Anadolu lisesinde tamamladı. Aynı yıl içerisinde Afyon Kocatepe Üniversitesini kazandı ve burada dört sene tahsilini devam ettirdi. Afyon Kocatepe Üniversitesinde Porselen Karolarda Na ve K feldspat'ın bünye üzerine etkileri üzerine bitirme tezini yaptı. Şu an Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Bilimi Anabilim Dalında yüksek Lisans eğitimi almaya devam etmektedir. Ayrıca Çanakkale Seramik Kalebodur Seramik A.Ş. Yer karosu AR-GE ve Teknoloji departmanında, Hammadde Araştırma Mühendisi olarak çalışma hayatını sürdürmektedir.

EKLER

EK-1

NO	Üç Nokta Eğme Dayanımı Mukavemet Değerleri (N/mm ²)								
	Mat	Çoklu elmas	Spiral Silindir 1	Spiral Silindir 2	Satellite	36 grit	46 grit	100 grit	150 grit
1	38,35	47,88	35,02	31,13	38,79	45,59	44,21	47,36	38,92
2	41,63	49,39	38,43	43,75	41,98	46,06	44,79	47,45	39,23
3	43,25	49,89	39,59	44,20	45,40	47,79	47,23	48,54	39,85
4	44,17	52,03	40,33	45,19	45,58	48,47	47,42	48,75	41,50
5	44,83	52,05	40,50	45,31	46,66	48,75	47,45	48,85	42,07
6	45,04	52,45	41,24	45,52	47,19	48,76	47,47	49,72	43,10
7	45,13	52,45	43,63	46,59	48,62	49,68	49,66	50,11	43,24
8	45,32	52,56	43,87	47,14	48,68	49,89	49,66	50,15	44,05
9	45,97	52,68	44,28	47,28	49,12	50,10	50,26	50,16	44,10
10	46,66	52,94	44,65	47,41	49,35	51,15	50,56	50,35	45,71
11	47,97	53,01	45,80	47,60	49,50	51,24	50,60	50,41	45,74
12	48,20	53,02	46,09	47,91	49,53	51,28	51,38	51,33	45,85
13	48,93	53,09	46,93	47,98	49,94	51,81	51,66	51,38	46,00
14	49,08	53,23	47,14	48,32	50,51	52,06	51,86	52,69	46,90
15	49,25	53,80	47,41	48,44	50,78	52,11	52,15	53,31	46,99
16	49,77	53,89	47,56	49,35	51,35	52,16	52,15	53,80	46,99
17	49,87	54,03	47,81	49,63	51,67	52,44	52,3	54,26	48,44
18	50,11	54,06	48,95	49,77	51,70	52,56	52,97	54,59	48,48
19	50,63	54,13	49,32	50,75	52,34	53,72	52,99	55,16	48,52
20	50,84	54,64	49,35	50,76	52,95	53,74	53,05	55,29	48,66
21	51,22	55,41	49,46	51,52	53,10	54,28	53,91	56,11	48,76
22	51,78	55,41	49,76	52,03	54,13	54,50	54,13	56,61	48,87
23	52,20	55,55	50,27	52,07	55,12	55,48	54,68	56,65	49,11
24	53,72	55,80	50,48	52,21	56,18	55,49	55,12	57,41	49,43
25	53,85	56,59	50,83	52,58	56,66	57,41	55,23	57,44	49,70
26	53,89	56,66	51,26	52,69	57,09	58,95	55,51	59,87	49,78
27	54,13	57,56	54,66	52,93	63,05	58,99	55,63	60,16	49,88
28	54,59	58,47	55,18	53,18	63,29	59,21	55,98	60,48	49,96
29	55,18	58,99	55,31	53,18	63,33	60,62	56,45	60,95	49,98
30	56,45	61,41	56,12	53,53	65,37	65,19	56,80	61,23	50,76
31	57,83	61,54	59,50	53,91		67,00	60,84	63,19	54,46
32	58,66	61,71	59,50	57,43		67,44	63,43		54,68

NO	Üç Nokta Eğme Dayanımı Mukavemet Değerleri (N/mm ²)							
	180 grit	240 grit	400 grit	600 grit	1000 grit	1200 grit	1500 grit	1500 Lüx grit
1	43,28	40,8	38,23	45,19	41,00	38,32	42,49	41,41
2	43,48	41,43	39,1	46,14	41,30	38,96	42,82	43,02
3	44,12	41,61	41,34	46,24	41,41	42,25	43,33	45,22
4	44,67	41,87	41,54	46,34	44,19	42,73	43,46	45,57
5	45,15	43,83	43,03	46,79	44,84	42,94	44,40	47,34
6	45,23	44,00	44,87	47,46	44,93	43,50	44,40	47,43
7	45,71	44,53	45,00	47,66	45,01	43,52	44,71	47,93
8	46,75	44,57	45,89	47,66	45,19	43,58	45,11	48,75
9	48,28	44,69	46,17	47,91	45,71	44,10	45,31	48,99
10	48,36	45,04	47,79	47,91	46,35	44,39	45,68	49,42
11	48,64	45,12	48,29	48,56	46,86	44,41	46,99	49,50
12	48,97	45,21	48,44	48,95	46,95	44,64	47,11	49,62
13	49,22	45,28	49,46	48,95	47,07	44,80	47,59	50,41
14	49,50	45,41	50,13	48,97	47,23	44,84	47,71	51,22
15	49,59	45,49	50,42	49,97	47,28	44,92	48,31	51,44
16	49,62	45,73	51,38	50,07	47,37	45,38	48,42	52,47
17	50,37	46,25	51,78	50,44	47,51	45,81	48,54	52,96
18	50,60	46,50	52,21	50,89	48,15	45,85	48,64	53,96
19	50,60	46,53	52,53	51,14	48,52	46,04	49,96	54,11
20	50,86	46,75	52,87	51,30	49,66	46,13	50,22	54,20
21	51,34	47,07	53,04	51,73	50,29	46,30	50,26	55,24
22	51,40	47,11	53,46	51,93	51,28	47,60	50,58	55,53
23	51,82	48,47	53,97	51,93	52,85	47,72	51,02	57,36
24	51,82	48,80	54,30	52,67	53,46	48,24	51,07	57,37
25	52,13	48,80	54,45	53,18	53,71	48,80	51,14	57,40
26	52,44	49,50	55,58	53,96	54,17	49,26	51,22	57,74
27	52,65	49,87	55,92	55,07	54,29	49,45	51,70	58,62
28	53,55	50,07	56,48	55,28	54,70	49,50	53,86	60,40
29	55,84	51,44	56,74	55,64	55,95	50,71	53,89	60,72
30	56,96	51,85	57,15	56,91	58,97	53,23	53,93	61,72
31	58,38	55,61	58,29	57,80	62,37	53,57	54,21	
32	59,91	56,88	61,59	58,21	62,51	54,99	58,36	