

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



CAMIN METAL BAĞLI ELMAS TAŞLARLA
TAŞLANMASININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİYAZİ ÜNLÜ

BOLU, KASIM - 2018

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



CAMIN METAL BAĞLI ELMAS TAŞLARLA
TAŞLANMASININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİYAZI ÜNLÜ

BOLU, KASIM - 2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Niyazi ÜNLÜ tarafından hazırlanan "CAMIN METAL BAĞLI ELMAS TAŞLARLA TAŞLANMASININ ARAŞTIRILMASI" adlı tez çalışması Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 21/11/2018 tarihinde ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Sabri ÖZTÜRK
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....
S. Öztürk

Üye
Doç. Dr. Murat Pakdil
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....
Murat Pakdil

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DAL
Sakarya Üniversitesi

.....
Hüseyin Dal

Mezuniyet Tarihi :

Doç. Dr. Ömer ÖZYURT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

AİLEME

Hayatımın son 14 yılındaki tüm zorlu süreçlerinde olduğu gibi tezimin hazırlanma süresince de sabırla yanımda olan, benden hiçbir yardımı esirgemeyen, gerek maddi gerekse manevi desteğini her konuda olduğu gibi bu konudada sonsuz cömertlikle paylaşan, bu süreçte benden daha fazla azim ve sabırla beni motive eden, hayat arkadaşım, can yoldaşım, yaşama sevincim sevgili eşim Şule ÜNLÜ'ye, tezimin hazırlanması ve raporlanması kısmında kendilerinden çalmış olduğum sürede sabırla ve anlayışla karşılayan, hayatıma girdikleri günden beri yaşama sebebim olan, benim için hayattaki anlamları canımdan daha öte olan biricik kızlarım Melis Nisa ÜNLÜ ve Miray Su ÜNLÜ'ye, yorgun düştüğüm ve azmimin azaldığını düşündüğüm zamanlarda beni cesaretlendirerek manevi desteğini esirgemeyen benim için her zaman bir kardeşten daha fazlası olan kardeşim Barış ÜNLÜ'ye teşekkür ederim.

ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

1. Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 2. Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 3. Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 4. Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 5. Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Niyazi ÜNLÜ



ÖZET

CAMIN METAL BAĞLI ELMAS TAŞLARLA TAŞLANMASININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
NİYAZİ ÜNLÜ
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. SABRİ ÖZTÜRK)
BOLU, KASIM - 2018

Taşlama, taşlama takımlarıyla iyi yüzey kalitesi elde etmek için kullanılan karmaşık bir aşındırıcı kesme işlemidir. Bu çalışmada, üç farklı elmas taşlama taşı hazırlanmış ve test edilmiştir. Deneyle, yüzey taşlama makinesi ile düz cam fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Taşlama disklerinin mikro yapısı Tarama Elektron Mikroskobu ve Enerji Dağıtıcı X-ışını Analiz Cihazı (EDX) kullanılarak analiz edildi. Ayrıca, elmas taşlama taşlarının ömürleri birbiriyle karşılaştırıldı. Sonuçlar, bakır bazlı elmas takımlara demir eklenmesinin takım ömrünü arttırdığını, ancak yüzey kalitesini düşürdüğünü göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Düz cam, Metal bağlı taşlar, Kesme hızı, Taşlama, İlerleme hızı

ABSTRACT

STUDY ON GRINDING OF GLASS WITH METAL-BOND DIAMOND TOOLS

**MSC THESIS
NİYAZİ ÜNLÜ**

**BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. SABRİ ÖZTÜRK)**

BOLU, DECEMBER 2018

Grinding is a complex abrasive cutting process used to obtain good surface quality with grinding tools. In this study, three different diamond grinding tools were prepared and tested. Experiments were performed in a flat glass factory with a surface grinding machine. The microstructure of the grinding wheels was analyzed using a Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Analysis Device (EDX). Moreover, a service life of the diamond tools is compared to each other. The results show that the addition of iron to copper-based diamond wheels increased the service life but reduced the surface quality.

KEYWORDS: Flat glass, Surface roughness, Cutting speed, Grinding, Feed Rate

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	3
3. CAM	7
3.1 Camın Genel Tanımı	7
3.2 Camın Tarihsel Gelişimi	9
3.3 Cam Hakkında Genel Bilgiler	13
3.4 Cam türleri ve kullanım alanları.....	15
3.4.1 Silika Camı (kuvars camı)	15
3.4.2 Alümina-Silikat Camları.....	16
3.4.3 Bora-Silikat Camları ($B_2O_3-SiO_2$)	16
3.4.4 Soda- Kireç camı ($Na_2O-CaO-SiO_2$)	17
3.4.5 Kurşun-Silikat Camları ($Na_2O-PbO-SiO_2$)	17
3.4.6 Fosfor oksit (P_2O_5).....	17
3.4.7 Eriticiler... ..	17
3.4.7.1 Sodyum Oksit (Na_2O)	17
3.4.7.2 Potasyum Oksit (K_2O)	18
3.4.7.3 Lityum Oksit (Li_2O).....	18
3.4.8 Stabilizatörler (Sabitleştiriciler).....	18
3.4.8.1 Kalsiyum Oksit	18
3.4.8.2 Magnezyum Oksit	19
3.4.8.3 Kurşun Oksit	19
3.4.8.4 Çinko oksit	19
3.4.9 Yardımcı Bileşenler (İkincil Bileşenler).....	19
3.4.9.1 Camı Oluşturan Yardımcı Maddeler	19
3.4.9.2 Yardımcı Bileşen Oksitleri.....	20
3.5 Camın Özellikleri	20
3.5.1 Camın Fiziksel Özellikleri	20
3.5.2 Camın Kimyasal Özellikleri	23
3.5.3 Camın Mekanik Özellikleri	24

3.6	Cam Sanayisinde Türkiye'deki Genel Durumu	25
3.7	Cam Sanayisinin Dünya ve AB'deki durumu	27
4.	TAŞLAMA İŞLEMİ.....	31
4.1	Taşlama İşleminin Tanımı.....	31
4.2	Taşlama İşlemi ve Yüzey Kalitesi.....	33
4.3	Taşlama Çeşitleri	34
4.3.1	Silindirik Taşlama.....	34
4.3.1.1	Silindirik Dış Yüzey Taşlama	34
4.3.1.2	Silindirik İç Yüzey Taşlama.....	36
4.3.2	Düzlem Yüzey Taşlama.....	37
4.3.2.1	Yatay Düz Yüzey Taşlama.....	37
4.3.2.2	Düşey Düz Yüzey Taşlama.....	37
4.4	Rodaj Disklerin Bilenmesi	38
4.5	Taşlamaya Etki Eden Faktörler	39
4.5.1	Taşlama Taşının Özellikleri.....	39
4.5.2	Malzeme ve Şekli.....	41
4.5.3	Kesme Hızı	41
4.5.4	İş Parçasının Hızı	42
4.5.5	Talaş Derinliği	42
4.5.6	Temas Yüzeyi	43
4.5.7	Tabla İlerleme Hareketi	43
4.5.8	Kesme Sıvısı	43
4.6	Yüzey Pürüzlüğü	43
5.	MATARYEL VE YÖNTEM	45
5.1	Materyal.....	45
5.1.1	Cam.....	45
5.1.2	Deney malzemesi rodajlama diskleri	45
5.1.3	Kenar rodajlama makinası	46
5.1.4	Deney Numunelerinin Hazırlanması	50
5.1.5	Sem Cihazı.....	53
5.1.6	Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDS).....	58
5.2	Yöntem	62
5.2.1	Deneyin Yapılışı	62
5.2.2	Sonuçlar	63
5.2.2.1	G1 Diski Analizi	63
5.2.2.2	G2 Numunesinin Analizi.....	69
5.2.2.3	G3 Numunesinin analizi.....	74
6.	BULGULAR VE TARTIŞMA	79
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER	80
8.	KAYNAKLAR.....	81

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 İşlenmemiş obsidiyen.....	8
Şekil 3.2 İşlenmemiş kuvars	9
Şekil 3.3 Kristal yapı ve camsı (amorf) yapı	13
Şekil 3.4 Camlaşabilen bir malzemenin Hacim-Sıcaklık grafiği	14
Şekil 3.5 Camlaşabilen bir malzemenin sıcaklık viskozite ilişkisi.....	15
Şekil 4.1 Taşlamada talaş oluşumunun üç aşaması	33
Şekil 4.2 Metallerin Taşlama Taşı İle İşlenerek Taşlanması.....	34
Şekil 4.3 Kaba ve final taşlanmış yüzeylerin mikroskop görüntüleri.....	35
Şekil 4.4 Silindirik dış yüzey taşlama	36
Şekil 4.5 Puntasız Taşlama Sistemi) taşlama	37
Şekil 4.6 Çeşitli Silindirik İç Yüzey Taşlama İşlemleri (alın – kanal – profil) taşlama	37
Şekil 4.7 Yatay taşlama	38
Şekil 4.8 Yatay taşlama	39
Şekil 4.9 Taşlama Taşının Üzerindeki Rakam Ve Harflerin Anlamı	40
Şekil 4.10 Taşlama taşı üzerindeki sembollerin anlamı	41
Şekil 4.11 Yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu gösterimi ve yüzey profili	45
Şekil 5.1 Robot Kol Yardımı İle Camların Beslenmesi İşlemi	48
Şekil 5.2 Rodajlama işlemi	48
Şekil 5.3 Rodajlama Makinası Kontrol Paneli	49
Şekil 5.4 Kenar rodajlama işlemi	50
Şekil 5.5 Esprit Cad/Cam Makinası İle Disklerin Kesim İçin Çizimlerinin Yapılması	51
Şekil 5.6 Telerezyon Makinasında Disklerin Kesim İşlemi	52
Şekil 5.7 Mitsubishi FA 20 Telerezyon Makinasının Kumanda Paneli	52
Şekil 5.8 Kesim Sonrası Disk Yüzeylerinin Kesit Görüntüleri	53
Şekil 5.9 Taramalı Elektron Mikroskopunun Şematik Görüntüsü	55
Şekil 5.10 Oluşan Su Damlasının Şematik Gösterimi	56
Şekil 5.11 Oluşan Hacimsel Farklılıkların Şematik Gösterimi.....	56
Şekil 5.12 SEM Cihazının Genel Görüntüsü.....	58
Şekil 5.13 SEM Cihazında Analiz Ekranı Görüntüsü.....	58
Şekil 5.14 Numune Üzerine Gönderilen Elektron Demetinin Şematik Gösterimi.....	59
Şekil 5.15 X-ışınlarının şekilsel görüntüsü.....	60
Şekil 5.16 Örnek Bir EDS Görüntüsü.....	61
Şekil 5.17 Örnek EDS Analiz Grafiği.....	62
Şekil 5.18 G1 Numunesi İçin 1000 Büyütmeli SEM Görüntüsü.....	64
Şekil 5.19 G1 Numunesi İçin 500 Büyütmeli SEM Analizi.....	65
Şekil 5.20 G1 Numunesi İçin 250 Büyütmeli SEM Analizi.....	66
Şekil 5.21 G1 Numunesi İçin 100 Büyütmeli SEM Analizi.....	66

Şekil 5.22	G1 numunesi için EDS görüntüsü.....	68
Şekil 5.23	G1 Numunesi EDS Analiz Grafiği.....	69
Şekil 5.24	G2 Numunesi İçin 1000 Büyütmeli SEM Görüntüsü.....	70
Şekil 5.25	G2 Numunesi İçin 500 Büyütmeli SEM Görüntüsü.....	71
Şekil 5.26	G2 Numunesi İçin 250 Büyütmeli SEM Görüntüsü.....	71
Şekil 5.27	G2 Numunesi İçin 100 Büyütmeli SEM Görüntüsü.....	72
Şekil 5.28	G2 Numunesi İçin EDS Analizi Görüntüsü.....	73
Şekil 5.29	G2 Numunesi İçin EDS Analiz Grafiği.....	74
Şekil 5.30	G3 Numunesi İçin 1000 Büyütmeli SEM Görüntüsü.....	75
Şekil 5.31	G3 Numunesi İçin 500 Büyütmeli SEM Görüntüsü.....	76
Şekil 5.32	G3 Numunesi İçin 250 Büyütmeli SEM Görüntüsü.....	76
Şekil 5.33	G3 Numunesi İçin 100 Büyütmeli SEM Görüntüsü.....	77
Şekil 5.34	G3 Numunesi İçin EDS Analizi Görüntüsü.....	78
Şekil 5.35	G3 Numunesi İçin EDS Analiz Grafiği.....	79
Şekil 5.36	Her Üç Disk İçin Mikroyapının Element Analiz Grafiği.....	81



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 Camların Önemli fiziksel özellikleri	24
Tablo 3.2 Türkiye'nin İhracat Yaptığı Ülkeler (1.000 ABD Doları)	27
Tablo 3.3 Türkiye'nin İthalat Yaptığı İlk On Ülke (1.000 ABD Doları).....	28
Tablo 3.4 Dünyadaki cam üretim kapasitesi	29
Tablo 3.5 AB Üyesi Ülkelerin 2009 ila 2014 yılları arası Cam Üretimi (1.000 Ton)	30
Tablo 3.6 Dünya Cam İthalatı (1.000 ABD Doları)	30
Tablo 3.7 Dünya Cam İhracatı (1.000 ABD Doları)	31
Tablo 4.1 Taşlama taşlarının çalışma hızlarınınr enklerle gösterilmesi.....	43
Tablo 4.2 Ortalama Hız Değerleri	43
Tablo 5.1 Soda – kireç camı kimyasal analiz.....	46
Tablo 5.2 Rohmer makinası teknik özellikleri	50
Tablo 5.3 G1 Numunesi EDS Analizi Kimyasal Kompozisyon.....	69
Tablo 5.4 G2 Numunesi EDS Analizi Kimyasal Kompozisyon.....	74
Tablo 5.5 G3 Numunesi EDS Analizi Kimyasal Kompozisyon.....	79

...

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

ABD	: Amerikan Bileşik Devletleri
A.Ş.	: Anonim Şirketi
Al₂O₃	: Alüminyum Oksit
As₂O₃	: Arsenik Trioksit
BaO	: Baryum Oksit
B₂O₃	: Bor Oksit
°C	: Santigrat
CaCO₃	: Kalsiyum karbonat
CaO	: Kalsiyum Oksit
CaCO₃.MgCO₃	: Dolomit
Cm	: Santimetre
Cm₂	: Santimetrekare
Cm₃	: Santimetreküp
D	: Diamond
Dak	: Dakika
Dev	: Devir
Gr	: Gram
G	: Genişlik
ISO	: International Standart of Organisations
°K	: Kelvin
Kg	: Kilogram
KV	: Kilovolt
K₂O	: Potasyum Oksit
KNO₃	: Potasyum Nitrat
Kcal	: Kilokalori
Li₂O	: Lityum Oksit
Lr	: Boy
Max	: Maksimum
M	: Metre
Mm₂	: Milimetrekare
MgCO₃	: Magnezyum Karbonat
Mh	: Milihenri
MnO₂	: Manganez Dioksit
MgO	: Magnezyum Oksit
M.Ö.	: Milattan Önce
MgSO₄.7H₂O	: Magnezyum Sülfat
Na₂SO₄	: Sülfür
Na₂O	: Sodyum Oksit
S	: Saniye
SEM	: Scanning Electron Microscope
SiO₂	: Silisyum Oksit
P₂O₅	: Fosfor Pentaoksit

PbO	: Kurşun Oksit
Ra	: Aritmetik Ortalama Pürüzlülük
Rz	: Ortalama Pürüz Yüksekliği
Rq	: Kuadratik Ortalama Pürüzlülük
Rvk	: Azaltılmış Vadileri Yüksekliği
Rpk	: Azaltılmış Tepe Yüksekliği
Rk	: Malzemenin Uzun Dönem Davranış Karakteri
Rsk	: Yatıklık
T_f	: Malzemenin Erime Sıcaklığı
T_g	: Cam geçiş sıcaklığı
Y	: Yükseklik
U	: Uzunluk
YY.	: Yüzyıl
Z	: Genlik
ZnO	: Çinko Oksit
ZnCO₃	: Çinko Karbonat
3MgO.4SiO₂.H₂O	: Talk
β	: Ses Tutuculuk Değeri
K	: Isı Geçirimsizlik Değeri
α	: Termik Genleşme Katsayısı
λ	: Termik İletkenlik Katsayısı
μm	: Mikrometre
%	: Yüzde

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması sürecinde beni yönlendiren ve bu süreçte desteğini esirgemeyen ve bilgilerini paylaşarak sürekli yardımcı olan, çalışma hayatının çok yoğun olduğu dönemlerde bile her zaman bana vakit ayıran, tez çalışmamın tamamlanmasında maddi ve manevi desteği çok fazla olan danışman hocam sayın Doç. Dr. Sabri ÖZTÜRK'e, tezimin uygulama aşamasında yardımcı olan Bolu Yorim Cam fabrikasına ve tezimin analiz aşamasında ve raporlanmasında her zaman yardımcı olan Arş. Gör. Mehmet Fatih KAHRAMAN'a teşekkür ederim. Ayrıca Barilla Gıda A.Ş de birlikte çalıştığım ve yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarıma ve özellikle gösterdiği anlayış ve verdiği destekten dolayı bölüm müdürüm Volkan UĞUR'a teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Camın insanoğlunun hayatına doğal haliyle girişi çok eskilere dayanmakla birlikte yapay camın ilk olarak ne zaman keşfedildiği ile ilgili tam bir tarih vermek imkânsızdır. Ancak literatür araştırmalarına göre yapay cam ilk olarak M.Ö 3000 yıllarında kullanılmaya başlanmıştır (Özgümüş, 2013).

Bu bilgilerdende anlaşılacağı gibi cam tarihten günümüze kadar olan süreçte ve özellikle günümüzde tüm endüstriyel alanlarda yerini almaktadır. İlk çağlarda süs eşyası olarak insanlığın hayatına giren cam günümüzde astronomi, beyaz eşya, uçak, mikro elektronik ve iletişim gibi birçok alanda hayatımızın vazgeçilmez bir ürünü haline gelmiştir (Öztürk, 2014; Öztürk, 2016).

Günümüzde kullanılan camlar miktar olarak incelendiğinde en çok düz camın kullanıldığı görülmektedir. Düz cam pencere çerçeveleri ve mobilya imalatında cam ambalaj üretimi gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle mutfaklarda ocaklarını daha dekoratif hale getirmek için kullanılmaktadır (Papov, 2009). Ayrıca inşaat ve otomotiv gibi büyük üretim alanların da düz cam yoğun olarak kullanılmaktadır.

Cam üretimi aşamasında özellikle de düz camın nihai son tüketiciye ulaştırılması esnasında kullanılan üretim yöntemlerinden biri de taşlama, delme gibi talaş kaldırma işlemleridir. Bu işlemlerde elde edilen yüzey kalitesi son ürünün kalitesini belirler. Bu nedenle işlenen camın yüzey pürüzlülüğü nihai ürünün kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Üretilmiş olunan parçanın istenen yüzey kalitesi sonuçlarını karşılamaması durumunda, parçanın yeniden işlenmesi için geçen süre kaybı ve ilk işlenen parçanın hurda olması gibi üretim maliyetini artırıcı sonuçlar kaçınılmaz olur. Düşük yüzey pürüzlülüğünü sağlayabilmek için kesme hızının yüksek, ilerleme hızının ve talaş derinliğinin düşük olması gerekmektedir (Güllü, 1995).

Talaşlı imalat yönteminde en önemli faktörler kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğidir. Bu faktörler optimum talaş kaldırma derinliği ve hızı bulunarak işlenmemesi durumunda yüzey kalitesinin bozulması, takım ömrünün azalması, işlemin olması gerekenden çok uzun sürmesi gibi birçok olumsuzluğa neden olur. Bu nedenledir ki talaş kaldırma işlemi sırasında, takım hızı, parça hızı ve talaş kaldırma derinliği optimum noktada seçilerek çalışma yapılmalıdır (Şahin, 2000).

Son yıllarda, mutfak, beyaz, inşaat ve otomotiv gibi sektörlerin hızla gelişerek üretim kapasitelerinin artması sonucu cam kullanımında artış görülmektedir. Bu sektörlerde genellikle düz cam kullanılması sonucu, son 30 yılda düz cam üretimi hızla büyümüş ve üretim hızları çok önemli hale gelmiştir. İmalat sürelerini azaltmak için taşlama takımının ömrünü arttırmak gerekir (Selvaraj vd., 2009; Webb ve Jackson, 1998).

Taşlama için kullandığımız taşlama disklerinin tasarımı ve doğru taş seçimi üretim hızı ve takım ömrü açısından önem arz etmektedir. Disklerin içerisindeki aşındırıcı malzemeyi bağlamak için kullanılan metalik bağlayıcılar yüksek yapışma ve sıcaklık dayanımına sahiptirler (Denkena, Grove, Bremer, & Behrens, 2016). İstenilen uygun taşlama davranışının oluşabilmesi için taşlama parametrelerinin önemi kadar taşın içyapısı da önem arz etmektedir (Butler, Blunt, See, Webster. Stout, 2000; Nguyen, Butler, 2008).

Cam üretiminde önemli işlem sıralamalarından biri de camın işlenmesidir. Bu tez çalışmasında taşlama işlemi için farklı metalik bağ yapılarında üretilmiş olan üç adet rodaj diski incelenmiştir. Diskler Rohmer marka kenar rodajlama makinasında cam rodajlama işleminde kullanılmıştır. Taşlama işlemleri sonrası parçaların yüzey kalitesi ve takım ömrü incelenmiştir. Taşlama takımları yüzeyinden parçalar kesilerek bu parçalar üzerinde SEM ve EDS cihazında incelemeler yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Giriş kısmında bahsedildiği gibi camın endüstriyel alanlarda kullanımı son çeyrek yüzyılda oldukça artmıştır. Beyaz eşya, uzay teknolojisi ve mikro elektronik bunların başında gelen alanlardır (Öztürk, 2014; Öztürk, 2016). Dünyada otomotiv, inşaat ve beyaz eşya gibi sektörlerde kullanılan camların çoğunluğunu düz camlar oluşturur (Popov, 2009).

Üretimlerinin tamamlanmasının ardından tam anlamıyla kullanılacak niteliklere sahip olabilmesi için istenen ebat ve boyutlarda kesimleri yapılmaktadır (Karabulut, 2009). Ayrıca kesme ve boyutlandırmanın dışında camlar son nihai halini almadan önce çeşitli işlemlere tabi tutulmaktadırlar. Bu işlemlerden biride bir tür talaş kaldırma yöntemi olan taşlamadır. Bu yöntem sayesinde yüzey kalitesinin istenen şartlarda olması sağlanır.

Taşlama işlemi sırasında, talaşlı imalat yöntemi prensiplerine göre; taşlama işlemini gerçekleştirecek olan takım parçası içerisindeki aşındırıcı malzeme olarak adlandırılan elmas parçacıklarının iş parçası olan camın içerisine nüfuz ederek bir miktar malzemeyi iş parçası üzerinden uzaklaştırması ile meydana gelir. Bu konudaki literatür araştırmaları incelendiğinde aşındırıcı malzeme olan elmas şekli ve kesme performansı arasında doğrudan bir ilişki olduğu ortaya çıkmaktadır (Zeren ve Karagöz, 2007; Nitkiewich ve Swieerzy, 2006).

Taşlama işleminin tarihsel gelişimi incelenecek olursa; insanoğlu var olduğu ilk yıllarda doğal yollarla oluşmuş olan sert taşları avlanma ve savunma amaçlı silahların yapımında kullanmıştır. Daha sonraları ise nispeten daha sert olan taşları birer aşındırıcı olarak kullanmış ve böylece diğer maddeleri şekillendirerek günlük hayatta kullandığı cisimleri üretmeyi başarmıştır. Sanayi üretimlerinin hızla gelişmesinden sonra gelişen üretim teknolojileri ile birlikte aşındırıcı olarak adlandırdığımız bu sert maddeleri toz halinde üretmiş ve çeşitli birleştirme yöntemleri kullanarak, günümüzde kullanılan taşlama disklerini üretmeyi başarmıştır. Literatürde sert aşındırıcı parçaların kullanılarak herhangi bir iş parçası yüzeyinden talaş kaldırma

metodu ile o iş parçasının yüzeyinin temizlenme işlemine taşlama denilmektedir (Malkin, and Guo, 2008).

Aşındırıcılar ilk olarak torna tezgâhların da sert çelikten üretilmiş olan parçaların istenilen ölçülere getirilmesinde veya yüzeylerinin parlatılmasında kullanılmıştır. Daha sonraki yıllarda keçeler yüzeyine yerleştirilen bu sert aşındırıcılar yardımı ile kesici aletler bilenmiştir. Günümüzde ise bu aşındırıcıların kullanıldığı taşlama diskleri ile yapılan taşlama işlemi yüzey kalitesinin artırılarak pürüzlülüğün azaltılması amacı ile kullanılmaktadır (Bağcı, Erişkin, Aslaner,1982;Tonshoff, Karpuschewski and Mandrysch,1998). Günümüze gelindiğinde ise taşlama yöntemi yüksek yüzey kalitesi istenilen medikal araç üretimi, aerodinamik yapıların imali, hassas otomotiv parçaları, elektronik uygulamaları gibi son teknoloji ürünlerinin üretildiği alanlarda kullanılmaktadır. Tüm bu şöhretine rağmen taşlama işlemi hala kara büyü olarak tanımlanmaktadır (Tonshoff, Friemuth, and Becker, 2002; Günay, 2003).

Taşlama yönteminde kullanılmak üzere üretilmiş olan taşların yapısında yaklaşık olarak yarım asırdan beri metal bağlı elmas aletler kullanılmaktadır. Elmas malzemesi en yüksek sertlik, en düşük termal genleşme ve sürtünme katsayısı, en yüksek aşınma direnci gibi çok iyi mekanik özelliklere sahiptir. Mühendislik uygulamaları için üstün kesici takım malzemesi olarak kabul edilir (Ruff vd. 1995). Metal bağlı elmas aletler taşlama teknolojisinin yoğun ve etkin bir şekilde kullanıldığı havacılık, medikal, cep telefonu ve cam ambalaj üretiminde de sıkça kullanılmaktadır (Chen ve Rowe, 1996, Öztürk, 2014).

Taşlama disklerindeki ömür ve dayanımın artırılması için kullanılan elmas ile metalik bağlayıcıların bağ yapısını güçlendirmek için bağlayıcı olarak bakır alaşımları da tercih edilmektedir (Butler vd., 2000; Wegener vd., 2011; Nguyen ve Butler, 2008). Takım performansları gelişmesine rağmen elmas takım aletleri maliyet açısından temel faktör olarak kullanılmaktadır. Sonuç olarak yapılan bazı araştırmalar da optimum süreç parametrelerini bulmak ve elmas üzerindeki etkilerini değerlendirmek için çalışılmaktadır (Tonshoff ve Hillmann-Apmann, 2002).

Aşındırıcı madde olarak kullanılan elmas ve bu elmasları bir arada tutmaya yarayan bağlayıcı matris yapı üzerine birçok araştırma ve deney yapılmıştır. Örneğin bir araştırmasında, elmas-metal ara yüzündeki metalik matrise parçaların kesme takımları üzerindeki etkisini eleştirmiştir (Artini vd., 2012). Başka bir çalışmada ise sinterlenmiş elmas takımlarının aşınmasını araştırmıştır (Polini and Turchetta, 2005). Diğer bir inceleme ise elmas aletlerinde kullanım esnasında temas ile aşınma oranı arasındaki ilişki üzerine yapılmıştır (Hird ve Wear, 2005).

Taşlama çarklarındaki elmas örgü boyutunun ve konsantrasyonunun incelenmesi için iki farklı çeşit taşlama diski kullanılarak araştırma yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda dikkate alınması gereken en önemli husus bağlanma matrisinin özelliğini oluşturan bakır ve demir bağlı elmaslardır (Öztürk, 2014). Bağlanma matrisi için demir ve bakır kullanılarak yapılan taşlama diskleri düz camın taşlanması kullanılmaktadır. Taşlama esnasında aşındırıcı olan elmas parçacıklarının düz camın yüzeyine temas etmesi sonucu cam yüzeyinden parça kaldırarak talaş kaldırma işlemi gerçekleştirirler. Bu işlem sırasında elmas tanelerinin aşınması ve kopması nedeni ile yüzey etki derinliklerinde azalmalar meydana gelir ve bu durumun sonunda yüzeyden malzeme kaldırma oranında düşüş oluşur. Onishi ve arkadaşlarına göre metal bazlı taşlama diskleri SiC taşlama diskleriyle karşılaştırıldığında iyi bir tutma kabiliyeti ve verimliğe sahiptir (Onishi vd., 1996).

Arif ve arkadaşları cam ürünlerini kesmek için cam frezeleme işlemini gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca cam frezeleme iyi yüzey kalitesi sağlar ve taşlama taşı ile iyi bir yüzey kalitesi oluşturarak düz camın yuvarlatılmış yüzeyleri taşlanır (Arif vd., 2011). Wang ve arkadaşları Al bazlı bağlayıcıların kesme hızı kabiliyetlerini ve aletlerin bağlanma mukavemetini arttırdığını ispatlamışlardır. Ayrıca kırılma malzemeler için mikro taşlama araçları araştırmacılar tarafından üretilip test edilmiştir (Wang vd., 2009). Wang ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışma sonucunda, sinterleme sıcaklığının elmas parçacıklarının grafitizasyonuna ve taşlama takımlarının mekanik özelliklerine doğrudan ve önemli etkisi olduğu ortaya konulmuştur (Sun, Tsai, Lin, 2015., Wang, Li, Zhu, 2009). Lin ve arkadaşları tarafından yapılan farklı bir çalışmada ise, farklı tane boyutlarına sahip üç çeşit bakır bazlı taşlama çarkı birbirleri arasında karşılaştırılmıştır. Titreşim spektrumu yardımıyla taşlama performanslarını gözlemlemiş ve taşlama işlemi sırasında metalik matris elmas

takımları tercih edilmiştir (Lin vd., 2008). Cam taşlama işleminde kullanılan taşların üretimleri esnasında yapılarında bulunan metal bağlayıcı matrisleri takım ömrü ve iş parçasının yüzey kalitesi açısından büyük önem arz etmektedir. Geçmiş yıllarda çeşitli matris malzemeye sahip taşlama taşları üzerinde bazı araştırmaların yapıldığını görebilmekteyiz (Tillmann vd., 2007; Lin vd., 2008; Dai vd., 2015). Diğer bir çalışmada ise yapısında aşındırıcı malzeme bulunduran taşlama takımları mikro yapısal açıdan incelenmiştir (Wu ve Funkenbusch, 2010).

Literatür incelemesi sonucu karşımıza çıkan bir diğer çalışma ise; Nitkiewicz ve arkadaşları tarafından bulunan aşındırıcı malzeme olan elmas parçacıklarının şekli ile takım performansı arasındaki ilişkiyi gösteren çalışmadır (Nitkiewicz ve Świerzy, 2006; Zeren ve Karagöz, 2007). Farklı bağ matrisi geliştirilerek üretilen kesici takım ve taşlama disklerinden biride, kimyasal buhar birikim yoluyla üretilmiş olan fiberler ve kaba taneli elmas taneciklerinin kullanıldığı taşlama diskleridir (Smith vd., 2003; Zhao vd., 2013).

Özellikle beyaz eşya, otomotiv ve ambalaj sanayi gibi üretim alanlarında kullanılan düz camlar nihai ürünle birlikte tüketicinin kullanımına sunulmaktadır. Bu durum kullanılan düz camın yüzey kalitesinde asgari şartların belirlenmesini sağlar. Ortaya çıkan bu asgari yüzey kalitesinin sağlanmasında en önemli faktör yüzey taşlama işlemi olan kenar rodajlama işlemidir. Kenar rodajlama işlemi için metal bağlayıcılarla birbirine bağlanmış elmas aşındırıcı parçacıkları içeren rodajlama diskleri kullanılmaktadır. Kullanılan bu disklerin yüzey işleme kalitesi kadar kullanım ömürleri de üretim maliyetlerini direk olarak etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretim maliyetlerinin düşük tutulabilmesi açısından kullanılan diskin en uzun kenar taşlama miktarına ulaşabilmesi hedeflenmektedir. Fakat bu en uzun kullanım ömrü sağlanırken müşteri memnuniyetini etkileyecek herhangi bir yüzey kalitesi düşüşü de yaşanmamalıdır. Bu doğrultuda tez çalışmasında üç farklı üretici tarafından üretilmiş olan ve aynı elmas parçacıklarının farklı bağ yapıları ile birbirine bağlanarak üretimleri yapılan üç farklı rodaj diski ömür ve yüzey kalitesi açısından incelenmektedir. Disklerin bu inceleme esnasında SEM ve EDS cihazında analizleri yapılarak, kabul edilen yüzey kalitesi için en uzun ömürlü disk bağ yapısı açısından incelenmektedir.

3. CAM

3.1 Camın Genel Tanımı

Cam, çok eski zamanlardan günümüze kadar hayatımızın birçok alanında kullanmış olduğumuz bir malzemedir. Günlük hayatta binaların pencerelerinden otomobil camlarına, sofralarımızda kullanmış olduğumuz süs eşyalarından laboratuvar malzemelerimize, daha iyi görebilmemize yarayan gözlük camlarımıza kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Cam günlük hayatımıza öylesine girmiştir ki, bizim tarafımızdan doğal malzemelerden ayırt edilmeksizin yadırganmamaktadır. Oysaki cam doğal çevrenin bir parçası olmamakla birlikte tam tersine yapay bir malzemedir.(Küçükerman,1985).

Günlük yaşantımızda en sık karşılaştığımız cam, doğal maddelerin karışımlarının ergitilmesi ile elde edilir. Camın en önemli hammaddesi yer kabuğunun %60'ını oluşturan silikat (SiO_2) olan bir yapay maddedir. Tuz yataklarının buharlaşması sonucu oluşan sodyum karbonat, soda (NaCO_3) ve deniz organizmalarının kalıntılarının fosilleşmesi ile oluşmuş kireçtaşı (CaCO_3) diğer önemli hammaddelerdendir (Kocabağ, 2002).

Bir maden olarak tanımlanan camı diğer madenlerden ayıran en önemli özelliği, “ergime noktası” yerine yumuşama noktası olmasıdır. Bu özelliğinden dolayı camın içinde bulunduğu ortam sıcaklığı artırıldıkça cam sıvılaşır ve daha fazla akıcılık kazanır. Sonuç olarak cam çok değişik üretim yöntemleri ile üretilmesine olanak sağlanabilen, şişirilmesi sonucu farklı şekiller kazanabilen özel bir maddedir.

Yapısı açısından cam yalın bir maddedir. Silisyum dioksit ve maden oksitlerinin bir karışımından oluşur. Cama özelliklerini kazandıran ise camın atom yapısıdır. Atom yapısından ötürü cam ne tam olarak bir sıvıdır, ne de kristal yapılu gerçek bir katıdır. İkisinin arasında bulunan çok özel bir konumdadır. Bir benzetme yapılacak olursa, camdaki atomların dizilişi rastgeledir, bu bir sıvı madde atomlarının dizilişine benzer. Fakat sıvı olarak nitelendirdiğimiz cam çok kıvamlıdır ve bu özelliğinden dolayı de yer çekiminden etkilenmez ve aldığı biçimi korur. Camın

üretimi esnasında yapısına katılan çeşitli katkılarla ışık emme ya da ışık geçirme özellikleri şaşırtıcı boyuta ulaştırılabilir (Küçükerman, 1985).

Yapay camın bulunuşuna dair tam olarak bir tarih verilememekle birlikte doğal camın dünyanın oluşumundan bu yana var olduğu, çeşitli kaynaklarda vurgulanmaktadır. Cam yapay olarak üretilmeden önce, doğal cam her zaman var olmuştur ve obsidiyen de doğal bir cam çeşididir. İnsanoğlu obsidiyeni işleyerek genellikle mızrak ucu, bıçak, balta gibi kesici aletlerin yapımında kullanmıştır (Küçükerman, 1985). Şekil 3.1 de doğal obsidiyen görüntüsü verilmektedir



Şekil 3.1. İşlenmemiş obsidiyen.

Kuars mineralinin magmatik yolla şekillenerek volkanik bir kayaç olan ve camın doğadaki ilk halini oluşturan obsidyenleri/volkan camlarını meydana getirdiği ayrıca yine kuvarsin meta formik yolla meydana gelmiş hali olan dağ/kaya kristallerinin de doğal cam türlerinden olduğu bilinmektedir (Eker, 2010). Şekil 3.2 de kuvarsin görseli verilmektedir



Şekil 3.2. İşlenmemiş kuvars.

3.2 Camın Tarihsel Gelişimi

İnsan tarafından kullanılmak üzere yapılmış ilk yapay camlar dekoratif amaçlı süs eşyalarında kullanılmıştır. Mısırın en gelişmiş dönemi olan 18. firavunlar döneminden (M.Ö. 1570- 1370) günümüze güzellikleri üst düzeyde cam eserler kalmıştır. Bu eserlerin yapıldığı dönemde Mısır'da boncuk yapımının ön planda olduğu anlaşılmaktadır (Kocabağ, 2005).

Yapay camın keşfedilmesinin tarihi tam olarak bilinmemekle birlikte, camın bir rastlantı sonucu bulunduğu genel olarak kabul gören bir bilgidir. Bunlardan en yaygın olarak bilineni Romalı tarihçi Pliny tarafından aktarılan hikâyedir. Hikâyeye göre mola vermek için karaya çıkan Fenikeli denizciler, yakmış oldukları ateş üzerine gemilerinde bulunan soda formulu blokları koymuşlardır. Ateşin etkisi ile eriyen bloklar sıvı olarak sahilde bulunan kumların üzerine akmışlardır. Bu blok ve kum karışımını soğuma sonrasında saydam ve kırılmalı kristalimsi bir yapıya dönüştüğü denizciler tarafından fark edilmiştir. Böylece ilk yapay camın bulunuşu rastlantı sonucu gerçekleşmiştir. Hikâyenin gerçek olup olmadığı bir yana buradan anlaşılacağı gibi basit olarak camın oluşumu için silika yani kum, soda ve kireç yeterli hammaddelerdir. İlginç olan diğer bir bilgi ise Mısırlıların ve Mezopotamyalıların camı daha önce üretmiş olmalarına rağmen, geniş çaplı ilk cam ticaretinin Fenikeliler tarafından

yapılmış olması ihtimali daha yüksektir (Watkins-Baker, 2010). İnsanlık tarihinde ateşin bulunması büyük önem arz etmektedir. Ateşin bulunmasından sonra kontrol altına alınıp yüksek ısılarla ulaşılması ile birlikte, ısı kullanılarak yapılan el sanatları ortaya çıkmış ve hızlı bir gelişim göstermiştir (Karasu ve Ay, 2000).

Öncesinde de bahsedilmiş olduğu gibi ilk cam sanatı eserleri daha çok mısır ve Mezopotamya bölgesinde gelişmiştir. Bu iki bölgede odun ateşi ile yana ocaklar kullanılarak camın işlendiği düşünülmektedir (Megep, 2008). İlk çağlarda cam el sanatının en parlak dönemlerinin Mısır'da olduğu, bu çağlardan günümüze ulaşan nadide güzellikteki eserlerden de anlaşılmaktadır (Günay ve Yılmaz, 2010). O dönemlerde Mısır'da dekorasyon amaçlı olarak kullanılan perdah taşı, kesme taşı, cam ve cam iplik sarma tekniği bahsettiğimiz dönemlerde sanat ve dekorasyon konularında Mısır'daki ilerlemelere ışık tutmaktadır. Daha sonraki dönemlerde cam iplik sarma tekniği Venedikliler tarafından yeniden canlandırılarak hayata geçirilmiş ve parlak bir dönem yaşamıştır. Mısır'ın komşusu durumunda olan Babil'de de cam sanatının ne kadar ileri seviyede olduğu günümüze ulaşan eserler aracılığı ile anlaşılmaktadır (Kantur, 2009). Mezopotamya'daki Akad yerleşim bölgesinde bulunan Eşşunna 'da yapılan kazılar sonucu ortaya çıkartılan mavi yeşil yarısaydam çubuğun bilinen en eski cam olduğu belirtilmiştir. Bu cam çubuk Sargon dönemine ait (M.Ö. 2340-2284) eserlerle birlikte çıkartıldığı bilinmektedir. Böylece literatür kaynaklarına dayandırılan en eski camın M.Ö 3000 yıllarına dayandığı anlaşılmaktadır (Özgümüş, 2013).

Mısır ve Mezopotamya'dan sonra cam üretiminde üfleme yönteminin bulunması sonucu cam işleme işçiliğinin de hızla gelişmesine neden olmuştur. Cam ustaları tarafından yüzyıllardın geliştirilerek uygulanan üfleme metodu günümüz endüstriyel cam üretim tesislerine prototip teşkil etmiştir (Arslan, 2013). Üfleme piposunun icadından sonra hızla gelişen cam üretiminde ilk olarak seramik pipolar kullanılmıştır (Elitez, 2003).

Mısırlılardan sonra camın hızlı gelişmesinde Romalılar ön plana çıkmaktadır. Camın tam anlamıyla endüstrileşmesi Roma döneminde olmuştur. M.Ö 1. Yüzyıla ait olarak bulunmuş kalıntılarda, üfleme tekniğinin ilk olarak Romalılar tarafından kullanıldığını göstermektedir. Bu üretim yöntemi sayesinde cam daha ucuza ve seri bir şekilde üretilmiştir (Uçkan, 2008). Romalılar camı sadece günlük kullanım amacı

ile üretmemişler ve camı pano, dış cephe kaplaması gibi dekoratif amaçlarla da kullanmışlardır. Ayrıca camın arkasına altın ve gümüş gibi metallerle kaplama yolu ile camı yansıtıcı ayna olarak ilk kullanmaya başlayanlarda Romalılardır (Lightfoot ve Arslan, 1992).

Roma İmparatorluğu'nun yıkılmasından sonraki 600 yıllık Roma sonrası dönemde camla ilgili pek fazla bir bilgi yoktur. Bizans bu süreçte cam üretimini devam ettirmiştir. Bizans'ta sofraya eşyasından süs eşyasına geniş çaplı bir üretim gerçekleştirilir. Doğuda 10. yüzyıla kadar İskenderiye camcılığın merkezi olmuştur. Bunu daha sonra 15. yüzyıla kadar Şam sürdürmüştür. Avrupa'da ise özellikle Venedik X. Yüzyılın sonlarından başlayarak önemli bir cam merkezi haline gelmiştir (Günay ve Yılmaz, 2010).

Avrupa'da 1600'lü yıllarda cam kesme ve oyma sanatı ortaya çıkmıştır. 1615 yılında cam sanayisinde yakıt olarak odunun yanı sıra kömürde kullanılmaya başlamış, İngiltere'de yakıt olarak odun kullanımı yasaklanmıştır. Avrupa'da camcılığın yayılmasıyla birlikte cam teknolojisinde de önemli gelişmeler yaşanmıştır. 1676 yılında İngiltere'de George Ravenscroft tarafından kurşunlu cam ve bununla birlikte İngiliz kristali geliştirilmiştir (Stone, 2000).

Endüstri devrimi ile birlikte cam alanında özellikle teknik bakımdan önemli gelişmeler yaşanmıştır. Camın kimyasal kompozisyonunda değişiklikler yapılarak farklı biçimlendirme tekniklerine uygun camlar geliştirilmiştir. Bununla birlikte cam biçimlendirme teknikleri de gelişim göstermiştir. 1830'da Bohemya camının, 1835'de Uranyum camının (Almanya'da Joseph Riedel tarafından) geliştirilmesi, 1840'da ayna gümüşleme yapılması ve patentinin alınması, 1878 yağ ve gazın cam üretiminde kullanılan önemli yakıtlardan olmaları, bu gelişmelere örnek olarak verilebilir (Stone, 2000). Endüstri devrimiyle birlikte gelen makineleşme üretimde standartlaşmayı getirmiş ve ne yazık ki üretimdeki serilik, küçük cam atölyelerinin kapanmasına zemin hazırlamıştır. Yine bu dönemde cam alanında hızlı bir sanayileşme başlamış ve büyük cam fabrikaları kurulmuştur.

Cam endüstrisinde bir devrim sayılabilecek olan otomatik cam şişe üfleme makinesi Michael Owens tarafından icat edilmiştir. İcat edildiği tarih kesin olarak bilinmemekle birlikte Cummings' e göre 1903 yılında Owens Şişe Üfleme Makinesi Şirketi kurulmuştur (Cummings, 2002).

20. yüzyıl, teknolojinin gelişmesi ile birlikte camın endüstriyel bir ürün olarak hayatımızın her aşamasına dâhil olduğuna tanıklık eder. Bu kadar geniş alanda kullanılan bir araç olmasının yanı sıra camın çağdaş tasarım ve sanatsal üretim amacıyla da tercih edilen bir malzeme olduğu izlenir. Günümüzde cam tasarımı dendiğinde sanatsal üretim ve bu çerçevede geliştirilen katkıların cam sanatına aktarımı düşünülür. Diğer boyutu ise cam üretimine ilişkin makine üretiminin geliştirilmesidir. Burada karşımıza ilginç bir zıtlık çıkar: El işçiliği camlar özgün ancak ekonomik olarak daha pahalıdır. Makinede seri üretilen camlarda ise hem hayatımızı kolaylaştırmaya yönelik hem de dekoratif olarak değerlendirebileceğimiz objelerin daha ucuza satılıyor olması tüketiciyi bu tarafa kaydırmıştır. Şüphesiz günümüz tüketicisinin her iki türe de gereksinimi vardır. Tüm bu nedenlerle 20. ve 21. yüzyıl cam sanatını yazmak oldukça zordur. Geçmişten beri temel ilkeleri değişmeyen cam üretiminde, makinelere yapılan küçük müdahalelerle hayal gücümüzü zorlayan biçimler yaratılması ise şaşırtıcıdır (Uçkan, 2008).

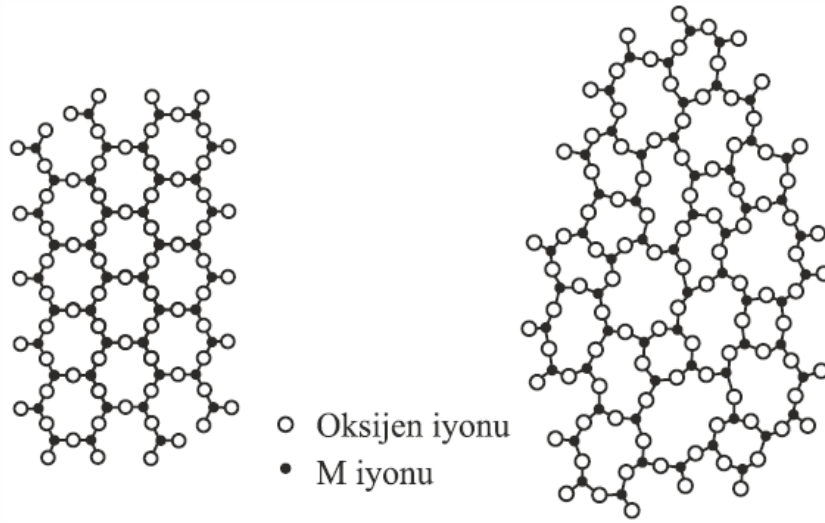
Türkler 'de camın Selçuklular döneminde kullanılmaya başlandığı tahmin edilmektedir. Selçuklular, Orta Asya'dan Anadolu'ya yeni göç ettikleri döneme ait bazı Selçuklu cam ürünleri bilinmektedir (Megep, 2008). Türkler 'de cam sanayi 16. yüzyıldan itibaren büyük gelişim kazanmıştır. Modern olarak ilk cam fabrikası Cumhuriyet'in ilanından sonra 17 Şubat 1934'de kurulmuştur (Günay ve Yılmaz, 2010).

Türkiye'de 1935 – 1960 yıllar cam sanayinin kuruluş dönemini oluşturduğu yıllardır. Bu zaman diliminde cam, atölye üretiminden seviye atlayıp fabrika üretimine geçmiştir. II. Dünya Savaşı sonrası, ithalat azalmıştır. İthalatın azalması Türkiye Şişe Ve Cam Fabrikaları A.Ş.'nin ilerlemesine, artan ihtiyaçları karşılamak üzere küçük ölçekte bireysel imalathanelerin açılmasına da sevk etmiştir (Karlıoğlu, 2007). Cam, günümüzde ise günlük hayattaki kullanımdan, uzay teknolojisine kadar çoğu yerde karşımıza çıkmaktadır. Pencere camı, aydınlatma gereçleri, gözlük camı, çeşitli

lensler, serum şişesi, pişirici cihazlar, set üstü, televizyon, telefon, yemek saklama kapları, yalıtım maddeleri, kablo ve ayna olarak cam birçok alanda kullanılmaktadır (Yazar ve Aslan, 2013).

3.3 Cam Hakkında Genel Bilgiler

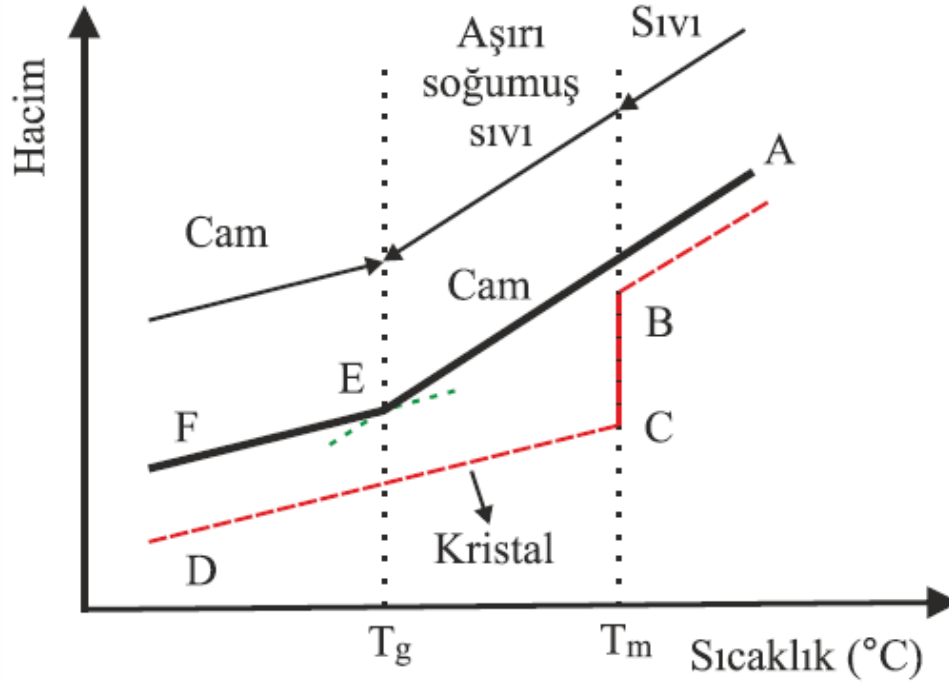
Camlar genel olarak atomik düzeni 10 mm den büyük olmayan, uzun düzen parametresine sahip olan, sıvı fazında bulunan uygun maddelerin hızlı bir şekilde soğutulması sonucu elde edilen, homojen, şeffaf ve kırılma olan yapılardır . Camlar üretimi, sıvı bir malzemenin kristal yapıyı oluşturmasına izin verilmeden, cam geçiş sıcaklığı altında bir sıcaklığa hızla soğutulması yöntemi ile yapılmaktadır. Şekil 3.2 de kristal yapı ve camsı yapı görünümleri verilmektedir.



Şekil 3.3. (a) Kristal yapı, (b) camsı (amorfl) yapı (Paul, 1990).

Eriyik haldeki saf bir malzeme soğutulduğunda katılaşmaya başladığı bir donma noktası bulunmaktadır. Bu donma noktası kristal yapının oluşumu ile doğrudan ilgilidir. Eğer sıvı haldeki saf madde kristal yapı oluşmadan donma noktasının altındaki bir sıcaklığa hızla soğutulabilirse oluşan bu yapıya aşırı soğumuş yapı denir. Bu şekilde kristal yapı çekirdekleri oluşmadan aşırı soğumuş bir malzemenin üretilmesi mümkün olabilir (Yamane, Asahara 2000, Yüksel, 2007).

Camlar ise kristal malzemelerden farklı olarak tam bir erime sıcaklık noktası göstermezler. Şekil 3.4 de camlaşma özelliği olarak nitelendirdiğimiz bu durum sıcaklık- hacim grafiği olarak verilmektedir.



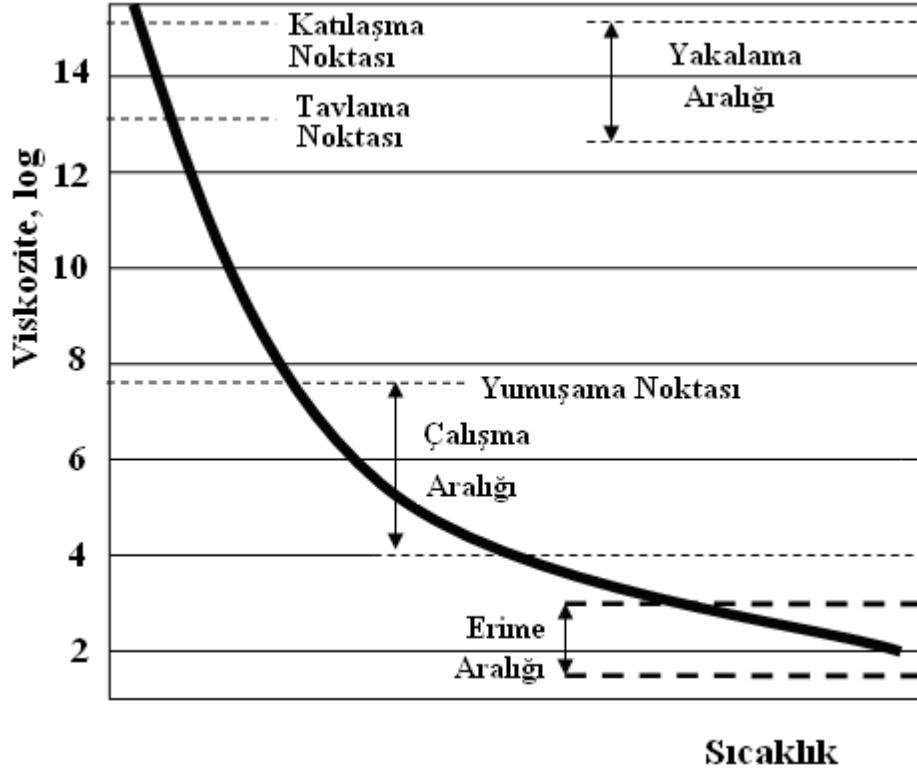
Şekil 3.4. Camlaşabilen bir malzemenin hacim-sıcaklık grafiği (Günay, 2010).

Şekil 3.4 de verilen grafikten de anlaşılacağı gibi sıvı durumda bulunan bir maddenin soğutulması halinde, hacminde sürekli olarak küçülme meydana gelir ve katılaşma noktası olan T_m sıcaklığında kristalleşme oluşur. Eğer soğuma çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilirse kristalleşme oluşmadan B-E aralığında aşırı soğumuş sıvı elde edilir. Camlaşma sıcaklığı olarak adlandırdığımız T_g sıcaklığı noktasında hacim-sıcaklık grafiğinde önemli bir değişim meydana gelir ve camlaşma sadece bu T_g sıcaklığının altında gerçekleşir. Cam geçiş sıcaklığı noktasında viskozite çok yüksek olur (Günay, 2010; Sümer, 2007; Öztürk, 2006).

Eritilmiş halde bulunan camın şekillendirilebilmesi için en önemli kriterlerden biri viskozitedir. Viskozite akışkanların akmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Viskozitesi daha yüksek olan sıvı haldeki bir maddenin viskozitesi düşük alan diğer sıvı bir maddeye göre akışkanlığı daha azdır. Camlarda sıvı formunda iken viskozite

sıcaklığa bağlı olarak sürekli değişkenlik göstermektedir. Yani kısacası her sıcaklık noktası için farklı viskozite değerleri gösteren cam hamurunun düzgün bir biçimde şekillendirilebilmesi için sıcaklık viskozite eğrisinin bilinmesi gerekmektedir.

Şekil 3.5 te sıcaklığın bir fonksiyonu olarak viskozitenin logaritmik eğrisi verilmektedir (Sarıkaya, 1988).



Şekil 3.5. Camlaşabilen bir malzemenin sıcaklık viskozite ilişkisi (Toydemir, 1990).

3.4 Cam türleri ve kullanım alanları

Dünyada cam beyaz eşya, otomotiv, inşaat, uzay sanayi, mikro elektronik ve uçak endüstrisi gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Öztürk, 2014; Öztürk, 2016). Ayrıca camın evlerde ve birçok başka alanda sanatsal anlamda işlenerek süs eşyası olarak kullanılması asırlardan beri süre gelen bir durumdur. Camın birleşim özelliği kullanım alanlarını ve camın genel özellikleri ile doğrudan ilgilidir.

3.4.1 Silika Camı (kuvars camı)

İçeriğinde yüksek oranda (%99 dan fazla) SiO₂ içerir. Isıl genleşme katsayısı bağlar arası ısıl titreşimin düşüklüğünden dolayı azdır ve yoğunluğu düşüktür (2,21 g/cm³). Mukavemetinin ve kimyasal dayanımını yüksek olması nedeni ile laboratuvar malzemeleri ve lazer reflaktörü gibi malzemelerin yapımında sıklıkla kullanılmaktadır. Dayanımının yüksek olmasının temel sebebi içeriğinde bulunan Si-O bağlarının kuvvetli olmasıdır (Kocadağ, 2005; Yılmaz, 2008).

3.4.2 Alümina-Silikat Camları

Üretimleri zor olan bu camlar, yüksek güçlü vericiler benzeri yüksek güç içeren elektronik tüp benzeri malzemelerde kullanılmaktadır. (SiO₄)⁻⁴ yapısında, Al +3 yüklü olan iyon Si iyonu yerine geçebilir. Yük dengesizliğinin giderilmesi sonucu, ısıl genleşme katsayısı düşük, kimyasal dayanımı yüksek ve yüksek sıcaklığa dayanıklı cam üretilmektedir (Martin, 2005; Kocadağ, 2005).

3.4.3 Bora-Silikat Camları (B₂O₃-SiO₂)

Boro-silikat camları % 70-80 SiO₂, % 10-25 B₂O₃, % 1-4 Al₂O₃, % 4-5 Na₂O Bileşim özelliklerinde olurlar. B₂O₃ tek başına cam yapabilmemesinin yanında B⁺³ oksijenle çevrilidir ve SiO₂ ye göre bağları daha zayıftır. Bu durum neticesinde ısıl genleşmesi yüksek dayanımı düşük bir yapı elde edilir. Silika camına B₂O₃ konulması ile birlikte B atomu (SiO₄)⁻⁴ tetrahedrasında Si atomu yerine geçebilir. Bor atomunun +4 koordinasyon sayısına geçmesi için + bir yüke ihtiyacı vardır. Bu da yapıya Na⁺ ilavesi ile sağlanır. Bu durum donrasında Isıl genleşme katsayısı önce düşer, ancak biraz daha Na₂O miktarından sonra tekrar artar (Callister, 2007).

Alkali içeren ve karakteristik yapıları yarı kararlı faz ayrışması gösteren Bor-Silikat camlarının özelliğinden faydalanılarak, silis içeriği %96'yı bulan yüksek saflıkta ve çok düşük ısıl genleşmeye sahip silikat camları oluşturulur.. Bunlar Vycor camları olarak adlandırılırlar (Demirkesen, 1992). Vycor camında %60 SiO₂, %27,6 B₂O₃, %8,9 Na₂O ve %3,5 Al₂O₃ bulunmaktadır. Bu camlar genellikle laboratuvar eşyalarında, teleskop aynalarında ve yüksek sıcaklık ölçen termometrelerde kullanılmaktadır

3.4.4 Soda- Kireç camı ($\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$)

Dünyada üretim açısından en fazla olan ve ticari olarak üretilen camların çoğunluğunu oluşturan cam türüdür. Genellikle düz cam, mutfak ürünleri, ampul üretimi gibi alanlarda üretilen bu camın bileşiminde yaklaşık olarak; % 15 Na_2O , % 10 CaO , % 5 K_2O % 70 SiO_2 atomları bulunmaktadır. SiO_2 'nin kolay bulunabilmesi ve cam yapma özelliğinin mükemmel seviyelerde olması üretim miktarının fazla olmasını sağlamaktadır (Demirkesen, 1992).

3.4.5 Kurşun-Silikat Camları ($\text{Na}_2\text{O}-\text{PbO}-\text{SiO}_2$)

Bileşimleri soda-kireç camlarına benzemekle birlikte bu camın birleşiminde CaO 'nun yerine PbO 'nun eklenmesiyle oluşan camlardır. Bileşiminde oluşan bu farklı yapı nedeni ile camın yumuşama noktası düşer ve daha kolay işlenebilir hale gelir. Bu nedenle daha çok el sanatları camcılığı ve dekoratif amaçlı üretilen camlarda kullanılmaktadır.

3.4.6 Fosfor oksit (P_2O_5)

Saf fosfat camlarının ergime sıcaklıkları çok düşüktür. Bunun temel sebebi 5 valanslı fosfor atomlarının yapı içerisine köprü yapmayan oksijenleri sokmasıdır. Fosfor oksitler, cam yapıcı madde sınıfına girerler fakat büyük hacimlerde üretilen camların yapımında kullanılmazlar.

3.4.7 Eriticiler

Camların erime sıcaklığını düşürmesi amacı ile yapı içerisine katılan ve cam yapıcı malzemelerle bağ oluşturabilen oksitlere eriticiler olarak adlandırılır. Silisin erime noktasını $1713\text{ }^\circ\text{C}$ ' den $1500\text{ }^\circ\text{C}$ ' ye düşürür. Başlıca eriticiler Na_2O , K_2O ve Li_2O ' dur.

3.4.7.1 Sodyum Oksit (Na_2O)

Ergime derecesini düşürmek için kullanılan bağ yapıcıların başında gelir. Sodyum oksidi sağlayan temel madde sodyum karbonattır. Ergime derecesini azaltırken malzemenin ısıl genleşme kat sayısını artırır ve kimyasal dayanımını azaltır. Alkali silikat camlarda soda artışı viskozitenin düşmesine neden olur. Aynı zamanda cama parlaklık kazandırır (Morst, Scholze, Glaz, 1977).

3.4.7.2 Potasyum Oksit (K₂O)

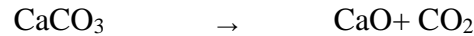
Genellikle kristal cam yapıda kullanılan potasyum oksit sodaya benzer bir biçimde ağ düzenleyicidir. Sodyum oksit kadar camın viskozitesi ve ısıl genleşme katsayısı üzerinde etkin bir madde değildir.

3.4.7.3 Lityum Oksit (Li₂O)

Özel cam üretiminde tercih edilen Lityum oksit akışkanlaştırıcı görevi üstlenir. Camın ergimesinde en iyi sonuç sodyum oksit ve lityum oksidin aynı anda kullanılması ile elde edilmiştir. Cam elyaf üretiminde viskoziteyi düşürdüğü gözlenmiştir. Özel şişe üretiminde şekillendirme kolaylığı ve iyi görüntü sağladığı için camların bileşimine katılır.

3.4.8 Stabilizatörler (Sabitleştiriciler)

Stabilizatör olarak kullanılan maddelerin başlıcaları CaO, PbO, BaO, MgO ve ZnO dur. MgO ise dolomitin (MgCO₃) ve CaO kireç taşının (CaCO₃) cam formülüne katılması ile CO₂ çıkar. Sabitleştiricilerin, camların dielektrik özellikleri, kırılma indisleri ve kimyasal dayanımları üzerinde direk olarak etkileri vardır. Stabilizatör ilave edilmeyen camlar su karşısında stabil özellik gösteremezler.



3.4.8.1 Kalsiyum Oksit

Kalsiyum oksit vermesi amacı ile kullanılan ana madde kireçtir (CaCO_3). Camlarda ergime sıcaklığını yükseltir, camın suya karşı ve mekanik etkilere karşı dayanıklılığını artırır. Kimyasal dayanıklılığı artırır ve çalışma aralığını daraltır. Fakat camın devitrifikasyon eğilimini artırır.

3.4.8.2 Magnezyum Oksit

Camın havaya karşı dayanımını artırma özelliği vardır. Yapı olarak kalsiyum okside benzer ancak devitrifikasyonları artırma eğilimi daha azdır. Magnezyum oksit magnezyum karbonat (MgCO_3), dolomit ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$), magnezyum sülfat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), talk ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ve deniz suyundan elde edilir. Cam üretiminde kullanılan magnezyum oksit çoğunlukla dolomitten elde edilir. Çabuk katılma özelliği nedeni ile şişe üretiminde kullanılır.

3.4.8.3 Kurşun Oksit

Ara oksitlerden biri olarak nitelendirebileceğimiz kurşun oksit camın kırılma indisini yükseltir, böylece camın parlak ve ışıltılı olmasını sağlar. Ayrıca elle işlemeyi oldukça kolay hale getirir. Kesim ve parlatma işleri için daha yumuşak bir cam oluşmasını sağlar.

3.4.8.4 Çinko oksit

Camların yapımında çinko karbonat (ZnCO_3) kullanılmaktadır. Isıl genleşme kat sayısını düşürür ve ısıya dayanıklı camların bileşiminde kullanılır.

3.4.9 Yardımcı Bileşenler (İkincil Bileşenler)

Genellikle camın formülüne girmeyen ancak camların üzerinde değişik etki oluşturmak üzere kullanılan oksitler yardımcı bileşenler olarak adlandırılabilir. Renk verme, saydamlığı artırma, ergime hızını artırma ve ergimeye yardımcı olma gibi etkileri vardır.

3.4.9.1 Camı Oluşturan Yardımcı Maddeler

- Sodyum sülfat, istenilen ergime hızını sağlar.
- Seryum konsantre, mavi ve mor renk verir.
- Çinko seleneit ve kobalt oksit, renksizleştirme işleminde kullanılır.
- Cam kırığı, ergimeye yardımcı olan maddelerdir.

3.4.9.2 Yardımcı Bileşen Oksitleri.

- MnO_2 : Camın rengini açar.
- Arsenik: As_2O_3 renk vericidir, saflaştırır.
- Potasyum nitrat (KNO_3): Camın saydamlığını gidermesini sağlar
- Sülfür (Na_2SO_4): Redükleyici etki yapar

3.5 Camın Özellikleri

Cam üretim prosesi sonrasında üretilen nihai ürünün, tüm üretim süreçleri sonrası üretilen ürünler gibi bazı istenen özellikleri vermesi ve aranan nitelikleri karşılaması beklenir. İstenen bu özelliklerdeki camı üretebilmek için camın yapısına uygun olarak üretim adımlarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Uygulanacak bu proses adımlarının iyi bilinmesi ve doğru adımları izlemesi için camla ilgili bazı özelliklerin iyi şekilde bilinmesi gerekmektedir. Bu özelliklerin en başında geleni ise camın fiziksel özelliğidir.

3.5.1 Camın Fiziksel Özellikleri

Camın mekanik özellikleri, endüstriyel alanda kullanımı ve günlük hayatta camdan beklenen özellikleri karşılaması açısından oldukça fazla önem arz eder. Bu mekanik özelliklerin başında, dayanım, rijitlik ve kırılmaya karşı direnç örnek gösterilebilir. Rijitlik esnemeye karşı göstereceği dirence denirken dayanım kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Camın kullanımı esnasındaki en büyük zaafı olan kırılma olayını engelleyebilmek için buna benzer mekanik özelliklerin çok iyi bilinmesinde fayda vardır (Kuşculuoğlu, Yücesoy, Engin, 1993).

Camın şekil alması açısından en önemli etken viskozitedir. Viskozite, camın üretim sıcaklığına bağlı olarak değişim gösteren bir özelliktir. Camda istenilen şekli elde ettikten sonra bu şekli korumak için camın viskozitesinin yüksek olması gerekir.

Cama şekil verirken diğer etken yüzey gerilmesidir. Bu şekilde cam ince gözeneklere girerek gözeneklerin doldurulması sağlanır (Aktas, 2014).

Viskozite, akışkanlarda (sıvı ve gaz) akmaya karşı gösterdiği direnç anlamına gelen bir tür iç sürtünme olayıdır. Bu şekildeki bir sürtünme, akışkan içerisinde bulunan moleküller arasında meydana gelirken ve akış yönüne zıt yönlü bir kuvvet doğurmaktadır. Viskoziteyi tanımlarken dikkate aldığımız kuvvet, bu sürtünme kuvvetidir.

Cam üretiminde viskozitenin rolü, hammaddenin ergitilmesiyle başlamaktadır. Ergimiş camın viskozitesi 10-102 poise arasında değişkenlik göstermektedir. Oda sıcaklığında bulunan suyun viskozitesinin 0.01 poise ve balın viskozitesinin 100 poise olduğu düşünüldüğünde, eriyik halde bulunan camın viskozitesinin ne kadar yüksek olduğu anlaşılır. Oda sıcaklığındaki camın viskozitesinin yaklaşık olarak 1022 poise olduğu düşünülmektedir. Bu sınır değerler arasında bazı kritik değerler vardır ki, bu karakteristik noktalar, bütün cam türleri için aynı anlamı ifade eder ve bu değerler tüm cam türlerinde aynı amaçla kullanılır. Bu karakteristik noktaları şöyle sıralayabiliriz: Erime Bölgesi: Üretimde kullandığımız harmanın eriyik hale geldiği sıcaklık bölgesidir. Bu bölgede viskozite 10-102 poise aralığındadır. Damlama Noktası: Bu sıcaklıkta viskozite yaklaşık 103 poisedir. Bu nokta damla veya fişkanın alındığı sıcaklıktır olarak adlandırılır. Akma Noktası: Viskozitenin bu noktada 105 poise olduğu söylenebilir. Cam, bir yüzeyde akma özelliği gösterir ve el imalatında presleme ile şekillendirmenin hala yapılabildiği bir sıcaklıktır. Sinterleşme Sıcaklığı: Cam viskozitesinin 106 poise olduğu ve cam parçalarının birbirine yapıştığı sıcaklık olarak bilinir. Yumuşama Noktası: Bu noktada Viskozite 107,65 tir. Tavlama Noktası: Cam viskozitesi 1013 poisedir ve camda bulunan gerilmelerin 15 dakika içinde ortadan kalktığı sıcaklıktır değeridir. Gerilme Noktası: Viskozite bu noktada diğer noktalardan daha yüksek bir değerdedir. Viskozite 1014,5 poise olduğundan dolayı bu sıcaklık değerinde cam içinde oluşan gerilmeler yaklaşık 4 saat içerisinde yok olur. Çalışma Aralığı: Camın şekillendirilmesinin yapıldığı sıcaklık aralığıdır. Damlanın kesildiği sıcaklıktan ($\eta= 103$), camın sıvıdan katıya geçiş noktası olan ve şekillendirmenin son bulunduğu yumuşama noktasına ($\eta= 107,65$) kadar olan aralıktır.

Camların yoğunlukları camı oluşturan bileşenlerin oranına ve cinsine göre değişiklik göstermektedir. Camın özgül ağırlığı $2,2 - 7,2 \text{ g/cm}^3$ arasında değişim göstermektedir. Pencere ve şişe camların yoğunluk değeri $2,3 - 2,6 \text{ g/cm}^3$ arasındadır. Adi camlarda yoğunluk $2,4 - 2,6 \text{ g/cm}^3$, kurşunlu camlarda ise bu değer $3 - 3,8 \text{ g/cm}^3$ tür (Felekoğlu, 2014).

Cam yoğunluğu da tıpkı viskozite gibi, camın içeriğinde bulunan elementlerin oluşturduğu kompozisyonu ile direk olarak ilişkili olan bir parametredir. Kompozisyon içerisinde daha fazla bulunan silisyum dioksitin düşük yoğunluğunu, cam yoğunluğunun en önemli parametresi olarak kabul edebiliriz. Az miktarda alkali olan ve toprak alkali gibi oksitlerin ilave edilmesi cam yoğunluğunu az miktarda değiştirmektedir. Bir başka anlatımla diğer oksitlerin miktarı ne kadar fazla ve SiO_2 'den farklı yoğunlukta ise yoğunlukta meydana gelen değişim de o kadar fazla olur. Yoğunluk ölçüm metotları: Yaygın olarak dört farklı yoğunluk ölçüm metodu kullanılır. Bunlar; hacimsel, yüzdürme, Arşimet ve piknometrik metottur. Arşimet yöntemi: Bu metotta numune ilkönce havada daha sonra ise yoğunluğu bilinen bir sıvı içerisinde tartılır ve bu yol kullanılarak hızlı ve güvenilir bir şekilde sonuca ulaşılmış olur. Kullanılan sıvının viskozitesinin çok yüksek olması gerekmektedir. Aksi halde sıvı ile hava arasındaki yüzey gerilimlerinin hataya neden olur. Bu metotta kullanılan sıvı genellikle sudur ve gümüş veya platin tel kullanılarak ölçüm yapılır. Bu yöntem camın içindeki platin ağırlığının tartımı esasına göre yüksek sıcaklıktaki yoğunluğun ölçümüne de imkân tanır. Fakat cam viskozitesi fazla ise bu metodun hata oranı yüksektir. Piknometrik yöntem: Bu yöntemde ilk önce, yoğunluğu bilinen sıvı ile doldurulmuş ağırlığı ile ağırlığı bilinen bir camın bu sıvı içerisine konulması esasına dayanır. Bu yöntemde uygulanırken en büyük zorluklardan biri olan sıvı içerisine bırakılan camın çevresine hava kabarcıkları olma ihtimali yüksektir ve bu hava kabarcıklarını ortadan kaldırmak zordur. Yüzdürme yöntemi: Cousen, Turner ve Morey tarafından bulunan bu yöntemde standart bir cam ve ölçülecek olan numune kullanılır. Ölçümü yapılmak istenen numune daha önceden yoğunluğu ayarlanmış bir sıvı içerisine konulur ve bu numune sıcaklık değişim ile kabın dibine çöker ve böylece ölçüm tamamlanmış olur (Morey, Mervin, 1932; Johnston, Adams, 1912).

Camlarda sertlik değeri Mohs sertliğine göre $6 - 7$ arasında değişim göstermektedir. Bu düzeydeki sert camlar iyi bir aşınma direnci kazandırır. Camlar

500-600 °C arasında yumuşamaya başlar. Camların diğer önemli fiziksel özellikleri tablo 3.1’ de verilmiştir:

Tablo 3.1. Camların önemli fiziksel özellikleri (Felekoğlu, 2014).

Isıl genişleme katsayısı	$\alpha = 9,1 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$
Isıl iletkenlik katsayısı	$\lambda = 0,7-1,1 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ (pencere camı) $\lambda = 0,035 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ (cam yünü)
Isı geçirimsizlik değeri	$K = 6 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ (tek cam) $K = 2,3 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 12 mm boşluklu çift cam
Ses tutuculuk değeri	$\beta = 30 \text{ db}$ (6 mm tek cam) $\beta = 32 \text{ db}$ (12 mm boşluklu 6 mm çift cam) $\beta = 45 \text{ db}$ (20 mm boşluklu 6 mm çift cam)
Saydırlık	% 80 - % 98
Kırma indisi	Normal camda = 1,52 Kristal camda = 1,60
Yumuşama Sıcaklığı	500 – 600 °C

3.5.2 Camın Kimyasal Özellikleri

Camdan beklenen en önemli kimyasal özellik, kimyasal dayanımlarının yüksek olması yönündedir. Yani başka maddelerle örneğin gazlar ve sıvılarla reaksiyona girmemesi gerekmektedir. Buna camların kimyasal dayanımı denir. Camlardan özellikle laboratuvar ortamında kullanıldıklarında, gerek içinde buldukları hava ile gerekse içlerine konulan kimyasallarla reaksiyona girmemeleri gerekmektedir.

İletkenlik: Elektrik iletkenliği elektrolitik tiptendir. Elektrolitik iletkenlik elektrik akımının yüklü iyonlar tarafından taşınması demektir. Camlarda elektrik iletkenliği çok düşüktür ve sıcaklık arttıkça artış gösterir. Bu neden camlar, yüksek bir

elektriksel dirence sahiptir. Camın elektriği geçirmeme özelliği nedeni ile yalıtkan malzemeler gibi, sigorta parçası ya da izolatör olarak kullanılmasını sağlar.

Işık geçirgenliği: Adi camlar, mor ötesi ışınları geçirmezler. Renkli camlarda ise mangan içerenler sadece kızıl ötesi ışınları geçirmektedir. Geçirgenlik, ışığın camın içinden geçmesidir. Günlük hayatımızda geçirgenlik özelliği en çok pencere camlarında işimize yaramaktadır.

Saydam cam, camın bir tarafından bakıldığında diğer tarafından net görülmesi olayına denir. Camın saydamlık özelliğini veren, amorf bünye içerisinde eriyik ve dağılmış durumda bulunan silisyum dioksittir. Saydamlık geçen ışığın gelen ışığa oranıdır. Ve camlarda $K = \% 80 - \% 98$ 'dir. Bu nedenle cam, yüksek bir saydamlığa sahiptir. Işık geçirildiği halde net görülmezse yarı saydam, ışık bir yüzeyden geri dönüyorsa yansıma yapar. Yansıma olayı genellikle aynalarda görülür, bu sayede kişinin görüntüsü camda oluşmaktadır.

Optik aletlerde ışığın sapması gerçekleşir. Gözlüklerde ışığın sapma miktarı prizma ya da ince – kalın mercekle kullanılarak değiştirilir. Camın içerisinde kurşun oksit miktarının yüksek olması camların kırılma indislerinin artmasına neden olmaktadır. Kırma indisi, direk olarak camın yoğunluğu ile ilgilidir. Normal camda 1.52 olan kırma indisi kristal camda 1.60'dır (Kantur, 2009).

3.5.3 Camın Mekanik Özellikleri

Camın günlük yaşantımızdaki kullanım alanları göz önünde bulundurulduğunda mekanik özelliklerinin yüksek oranda önem arz ettiğini biliyoruz. Bunlardan ilk akla geleni camın fazlaca basınç altında ya da ani bir darbeye uygulandığında göstereceği direnç önemlidir. Mekanik dayanım, aşınmaya karşı direnç ve rijitlik camın mekanik özellikleridir (Kuşculuoğlu, Yücesoy, Engin, 1993).

Cam kırılğan türde malzeme olup darbeye ve şekil değişimlerine imkân sağlamamaktadır. Fakat basınç dayanımı oldukça yüksektir. Camların basma ve çekme dayanımları arasında büyük fark vardır, basma dayanımları yaklaşık 15 – 20 kat daha

fazladır (Felekoğlu, 2014) İçeriğinde alüminyum ve silis olan camların dayanımları fazladır, alkali oranlarıyla dayanımı düşmektedir.

Camların kopma yükü 392-981 kPa, baskıya karşı direnci 588 – 1.177 MPa Elastik modülü 44.128 – 98.067 MPa ve Poisson oranı ise 0,22'dir. Sertlik adi camlarda 200 civarındadır. Cam malzemedeki silis oranı arttıkça sertliği 270' e kadar çıkmaktadır. Mohs sertliğine göre camın sertliği 6 ile 7 arasındadır. Bu düzeydeki sertlik cama iyi bir aşınma direnci kazandırır. Normal pencerelerde kullanılan camlarında Mohs sertlik değeri düşük olup 5,5 civarındadır (Felekoğlu, 2014).

3.6 Cam Sanayisinde Türkiye'deki Genel Durumu

Türk Cam Sanayi, Mustafa Kemal Atatürk tarafından İş Bankası'na Türkiye'de Cam Sanayini kurma ve geliştirme talimatı vermesi ile birlikte başlamıştır. Bu doğrultuda, Paşabahçe'de 3 bin ton kapasiteli, ilk cam tesisinin kurulur ve Türkiye'de cam serüveni başlamış olur. 1934 yılında ülkenin 3500 tonluk cam tüketim kapasitesinin 3000 tonu fabrikalarda üretiliyordu. 1948 yılına kadar üretimler el ile yapılmaktadır. 1954 yılında tamamıyla mekanikleşme üretimine geçilmiştir. Bu sayede hızlı ve ucuza üretim yapılmış ve yıllık kapasite 5000 tonu bulmuştur (Özdoğan, 2003).

Seksen yıllık geçmişinde sürekli büyüyerek gelişen Türk Cam Sanayi, 1960 yıllarından itibaren ihracata yönelmiş ve yurt dışında markalaşma yoluna gitmiştir. 1960'lara kadar tek tesiste cam ambalaj ve cam ev eşyası üretimi yapılmıştır, 1960'dan başlayarak 1980 yılına kadarlık geçen yirmi yılda, değişen günün şartları doğrultusunda ortaya çıkan cam üretim ihtiyacını karşılamak için faaliyet alanını büyütmüş ve ürün çeşitliliğini artırmıştır. Bu yıllarda ortaya çıkmaya başlayan teknolojik gelişmeler ışığında 1970'li yıllardan sonra dünya pazarında yerini bulmaya başlamıştır. Türk cam sanayi 1990'lı yıllardan sonra bölgesel liderliğe yönelik bir büyüme ve gelişme gösterdiği görülmektedir. Sektör günümüzde tüm teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek üretim süreçlerinin modernizasyonunu yapmaktadır. Bu modernizasyonlar sayesinde ülkemizde düz cam, cam ev eşyası, cam elyaf, cam yünü cam ambalaj gibi birçok alanda son teknoloji ürünlerini üreterek gerek ülkemizin ihtiyaçlarını karşılama konusunda gerekse üretilen ürünleri dünya pazarına

sunma konusunda küresel büyük ölçekli rakipleriyle yarışabilecek konuma gelmiş durumdadır.

Cam üretiminde kullanılan en önemli girdiler olan hammadde %98 oranında ülkemizden yerli olarak karşılanmaktadır. Türk cam Sanayi her geçen yıl büyümesini sürdürmektedir. Ülkemizde cam üretim kapasitesi yaklaşık 3,7 milyon ton/yıldır. Bu kapasitenin yaklaşık %50'si düz cam, %32'si cam ambalaj, %16'sı cam ev eşyası, kalan yaklaşık %2'lik kesim de cam elyaf üretimidir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayii Genel Müdürlüğü Cam Sektörü Raporu 2011).

Türkiye' de 2016 yılında verilerine göre 953 milyon Amerikan doları ihracat ve 799 milyon Amerikan doları ithalat gerçekleştirilmiştir. Türkiye' nin ihracat yaptığı ülkeler tablo 3.2' te gösterilmiştir. En çok ihracat yaptığı ürünlerde süs eşyası, düz cam ve fiberler bulunmaktadır.

Tablo 3.2. Türkiye'nin İhracat Yaptığı İlk On Ülke (1.000 ABD Doları)

İTHALATÇI ÜLKELER	2013	2014	2015	2016
İTALYA	59.333	60.901	160.226	120.968
ALMANYA	103.519	115.313	89.760	84.898
FRANSA	57.537	55.265	59.654	49.841
İNGİLTERE	55.153	59.186	82.914	46.708
ABD	38.801	46.765	42.870	42.686
İSRAİL	35.078	40.457	37.671	40.436
İSPANYA	32.088	37.718	39.543	38.674
İRAN	17.397	29.985	27.177	37.935
İRAK	43.362	42.912	40.851	33.003
DÜNYA	993.181	1.063.084	1.042.265	953.816

1996 yılında Türkiye'nin Gümrük Birliği'ne girmesinin ardından, otomotiv sanayi, beyaz eşya ve inşaat gibi üretim sektörlerinde meydana gelen hızlı büyüme sonucu cam tüketiminde de artış meydana gelmiştir. Bu durumla doğru orantılı olarak cam üretiminde artış olmaması sonucu ülkemiz cam ithalatı 2011 yılına kadar sürekli artış göstermiştir. 2012 yılında ise ithalat parasal işlem hacmi olarak %8,8 oranında azalarak 643 milyon \$ seviyesinde, tonaj olarak ise %6,9 oranında azalarak 485 bin ton seviyesinde gerilemiştir. Cam sektörü ithalatı ülkemiz toplam ithalatı içinde çok

düşüp bir paya sahip olup bu oran yaklaşık olarak binde 2,7'dir. Türkiye' nin ithalat yaptığı ülkeler tablo 3.3' da verilmektedir.

Tablo 3.3. Türkiye'nin İthalat Yaptığı İlk On Ülke (1.000 ABD Doları)
(International Trade Center, Trade Map)

İHRACATÇI ÜLKELER	2013	2014	2015	2016
ÇİN	237.581	238.476	223.749	202.222
ALMANYA	78.179	84.057	71.809	73.456
İTALYA	42.765	63.912	45.284	52.720
BULGARİSTAN	25.815	36.413	43.465	51.264
FRANSA	47.816	48.398	45.606	47.016
MISIR	16.199	41.574	28.579	44.543
RUSYA	24.866	35.934	34.204	44.105
ABD	32.341	37.881	42.858	39.434
DÜNYA	816.982	877.176	780.398	799.351

3.7 Cam Sanayisinin Dünya ve AB'deki durumu

Global ekonominin her geçen yıl büyümesine paralel olarak, dünya cam sektörü yılda ortalama %2-%4 düzeyinde büyümektedir. Dünyada pazar hâkimiyetini elde etme amacı doğrultusunda cam üretimi giderek konsolide hale gelmiştir. Bunun sonucu olarak özellikle ana üretim alanlarında daha az sayıda cam üretim firması kendi alanlarına hakim olmaktadır. Uluslararası rekabet, cam üretim firmaları belli kapasite üzerinde olan üreticiler tarafından yapılabilmektedir. Yatırımlar hızlı büyüme gösteren Orta ve Doğu Avrupa, Uzakdoğu ve Güneydoğu Asya ülkelerinde daha fazla artış göstermektedir. Çin'de ve Rusya'da eski teknolojilerle üretim yapan kuruluşlar yerini en son teknolojiye sahip ve büyük üretim kapasitelerine sahip yeni tesislere bırakmaktadır.

Dünya yıllık cam üretim kapasitesi miktar olarak yaklaşık 180 milyon tondur. Bu miktarın parasal olarak karşılığı ise 130 - 140 milyar \$ düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu üretim kapasitesinin miktar olarak, %45'ini düz cam, %44'ünü cam ambalaj %11'ini cam ev eşyası, cam elyaf ve diğer camlardan oluşmaktadır. Tablo 3.4 de dünya cam üretim kapasitesinin cam türlerine göre dağılımı verilmiştir.

Tablo 3.4. Dünyadaki cam üretim kapasitesi

	Üretim Kapasitesi (MilyonTon)	Pay (%)
Düzcamlar	81,0	45%
Cam Ambalaj	79,0	44%
Cam Ev Eşyası		
Cam Elyaf ve	20,0	11%
Diğer		
Toplam	180,0	100%

Cam sektöründe Dünyada bulunan en büyük 25 firmadan, 7 si Amerika Birleşik Devletleri'nde, 5 i Japonya'da, 4 ü Fransa'da, 3 ü İngiltere'de ve 1 er tanesi de Almanya, İsveç, Belçika, İtalya, Endonezya ve Türkiye de bulunmaktadır. Toplam üretimin %30' u Avrupa' da iken, % 34 Asya'da, %29 Amerika Birleşik Devletleri'nde ve %7' si diğer bölgelerde yapılmaktadır.

Tablo 3.5' de AB üyesi ülkelerin yıllar itibariyle cam üretimini göstermiştir. 2006 yılından 2014 yılına kadar düz cam, cam ev eşyası, cam elyaf ve diğer camların üretiminde azalış görülürken cam ambalaj üretimi hemen hemen aynı oranda üreilmeye devam ettiği görülmektedir.

Tablo 3.5. AB üyesi ülkelerin 2009 ila 2014 yılları arası cam üretimi (1.000 Ton) (CPIV (Standing Committee of the European Glass Industries))

Yıllar	Düzcamlar	Cam Ambalaj	Cam Ev Esvası	Cam Elvaf	Diğer Cam	Toplam
2009	8.965	19.366	1.041	476	946	30.794
2010	9.405	19.957	1.016	713	1.005	32.096
2011	9.514	20.920	1.090	831	1.031	33.386
2012	8.633	20.321	1.006	634	887	31.481
2013	8.095	20.278	1.108	664	902	31.047
2014	8.289	20.858	1.046	658	204	31.728

Tablo 3.6' te Dünya cam ithalatı hakkında bilgi verilmiştir. Bu tabloya göre en çok cam ithalat eden ülkeler arasında ABD, Çin ve Almanya gelmektedir.

Tablo 3.6. Dünya cam ithalatı (1.000 ABD Doları) (International Trade Center, Trade Map)

ÜLKELER	2013	2014	2015	2016
ABD	6.613.678	7.446.792	7.878.609	7.836.241
ÇİN	7.461.719	7.330.477	6.603.425	6.827.604
ALMANYA	5.612.721	6.084.786	5.557.382	5.908.556
FRANSA	3.538.082	3.687.220	3.191.169	3.249.159
KANADA	2.440.920	2.529.691	2.548.248	2.554.602
İNGİLTERE	2.348.770	2.518.013	2.448.196	2.434.419
KORE CUMHURİYETİ	3.471.525	2.761.947	2.426.186	2.343.197
HONG KONG	2.631.341	2.674.629	2.000.083	2.323.736
JAPONYA	2.426.567	2.484.036	2.285.346	2.283.163
DÜNYA TOPLAMI	73.805.677	75.727.414	69.261.378	71.056.634

Tablo 3.7' da 2013 yılı ile 2016 yılları arasında Dünya cam ihracatı ile ilgili bilgi verilmiştir.

Tablo 3.7. Dünya cam ihracatı (1.000 ABD Doları) (International Trade Center, Trade Map)

ÜLKELER	2013	2014	2015	2016
ÇİN	16.202.765	16.040.862	15.855.876	15.609.987
ALMANYA	6.944.043	7.361.100	6.463.874	6.722.296
ABD	5.602.321	5.780.073	5.786.542	5.756.021
FRANSA	3.447.949	3.562.203	3.078.354	3.128.480
JAPONYA	4.819.335	3.629.410	2.886.597	3.085.181
HONG KONG	2.877.372	2.807.509	2.388.799	2.557.296
İTALYA	2.898.860	2.896.784	2.466.181	2.486.850
TAYVAN	2.256.661	2.098.258	1.932.321	1.950.316
BELÇİKA	2.678.161	2.307.832	1.807.489	1.934.745
POLONYA	1.724.617	1.941.143	1.727.827	1.775.161
ÇEK CUMHURİYETİ	1.865.732	1.967.243	1.685.333	1.726.511
MEKSİKA	1.646.284	1.619.218	1.591.240	1.570.910
KORE CUMHURİYETİ	1.256.697	1.349.939	1.461.524	1.536.835
İSPANYA	1.791.159	1.480.311	1.350.516	1.446.228
HOLLANDA	1.416.269	1.410.142	1.240.376	1.286.028
İNGİLTERE	1.220.759	1.275.606	1.195.996	1.223.800
AVUSTURYA	1.331.524	1.316.664	1.037.275	1.048.710
TÜRKİYE	993.181	1.063.084	1.042.265	953.816
VİETNAM	547.678	737.699	911.463	876.699
DÜNYA TOPLAMI	74.850.209	74.336.688	69.533.364	69.094.426

4. TAŞLAMA İŞLEMİ

4.1 Taşlama İşleminin Tanımı

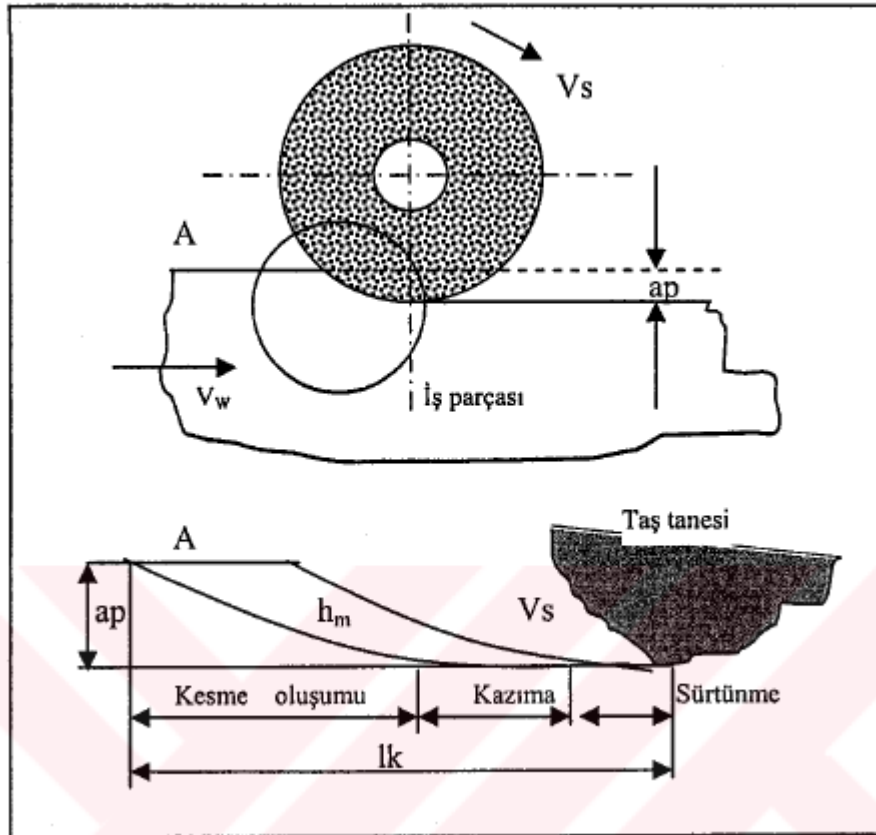
İnsanoğlunun ilk olarak kullanmaya başladığı yüzey işleme yöntemlerinden biri olduğu tahmin edilmektedir. Üzerindeki pürüzlülük miktarlarındaki farklılıktan dolayı, bazı maddelerin diğer maddelerin yüzeylerini çizerek aşındırdığı görülmüştür. Bu sert maddelerin aşındırma özelliğinden kaynaklı olarak isimleri literatürde aşındırıcı olarak anılmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte aşındırıcılar ve aşındırma işlemi gelişme kaydetmiş ve endüstriyel üretim içerisinde taşlama işlemi olarak yüzey işleme işlemleri arasında vazgeçilmez yerini almış durumdadır (Güllü, 1995).

Taşlama işlemi, aslında bir talaş kaldırma yöntemidir. Talaş kaldırma işlemi ile arasındaki temel fark, talaş kaldırma işlemi yapan freze çakısında işi yapan kısım olan derin keskin dişler yerine, yüzey içerisine serpiştirilmiş küçük kesici tanelerin bulunmasıdır. Taşlama işlemini sırasında kesici tanelerin zamanla takım yüzeyi üzerinden kopması, istenmeyen ve kaçınılmaz bir durumdur. Taşlama işleminin düzgün yüzey kalitesini sağlayabilmesi ve uygun takım ömürlerinin elde edilebilmesi için; doğru aşındırıcı malzemenin seçimi, makina hızı, taşlanacak ana malzemenin karakteristik özellikleri gibi birçok parametrenin çok iyi bilinmesi gerekmektedir (Wegener, 2011; Nguyen, Butler, 2008). Taşlama işleminde ana malzeme üzerinde karşılaşılan sorunların giderilmesi için çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen bu sorunlar tam olarak ortadan kaldırılamamıştır (Demir, Güllü, 2001).

Kısaca taşlama işleminde bağlayıcı maddelerden oluşan kesici takım ile malzeme yüzeyinden talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilir. Kesici takım üzerindeki tanelerin düzenli şekli yoktur ve bu taneler iş parçasından birbirine benzeyen parçacıklar kopartırlar (Kalpakjian, 1991). Yüzeyden kopan parçacıkların çok küçük olması nedeni ile iş parçası yüzeyinde 0,01 mm – 0,002 mm aralığında ölçü tamlığı ve ortalama yüzey pürüzlülük değeri 6,3 µm – 0,05 µm değerleri arasında sonuçlar elde edilebilir (Güllü, 1995).

İlk paragrafta bahsedildiği gibi çok eski yöntemlerinden biri olan taşlama işlemi ahşap okların kayaların üzerinde bilenmesi ile başlamıştır. 19. yy. sonlarında ilk taşlama taşlarının üretilmesinden sonra teknolojik gelişmeler ile birlikte, sert aşındırıcıların geliştirilmesi ile daha kaliteli hale gelmiştir. İlk olarak çakıldan, korundum gibi doğal oksitlere ve daha sonrada sentetik karbürlerden üretilmişlerdir (Hegeman, 2000).

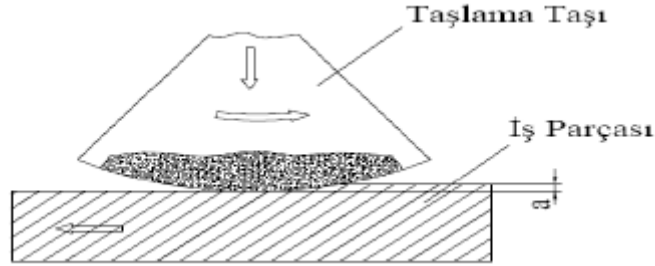
Taşlama işleminde kesici taş ve iş parçasının hareketi arasındaki kinematik ilişki kesici tanelerin her birine uygulanmaktadır. Aşındırıcı tanelerin taşlama sırasındaki bazı yönleri bir tane ve iş parçası arasında bulunan geometrik ilişki ile gösterilebilir. Aşındırılarak kopartılmamış talaş şekli, parça yüzeyinden kesme işini yapan diskin takım yolu ve iş parçası yüzeyinden kopartılan talaşın geometrisi arasındaki ilişki şekil 4.1 de verilmektedir.



Şekil 4.1. Taşlamada talaş oluşumunun üç aşaması(Chen, And Brain, 1996; Huang, Chen and Chang, 1999).

Taşlama yapabilmek için u farklı hareketin aynı anda bir araya gelmesi gerekmektedir. Taşlama işlemi, metallerin taşlama taşı ile taşlanarak işlenmesi, taşlama taşının kendi eksenini etrafında dairesel dönmesi ve kesme için iş parçasının hareket etmesi şeklinde yapılır (Sak, 1986).

şekil 4.2' de metallerin taşlama taşı ile taşlanması gösterilmiştir.

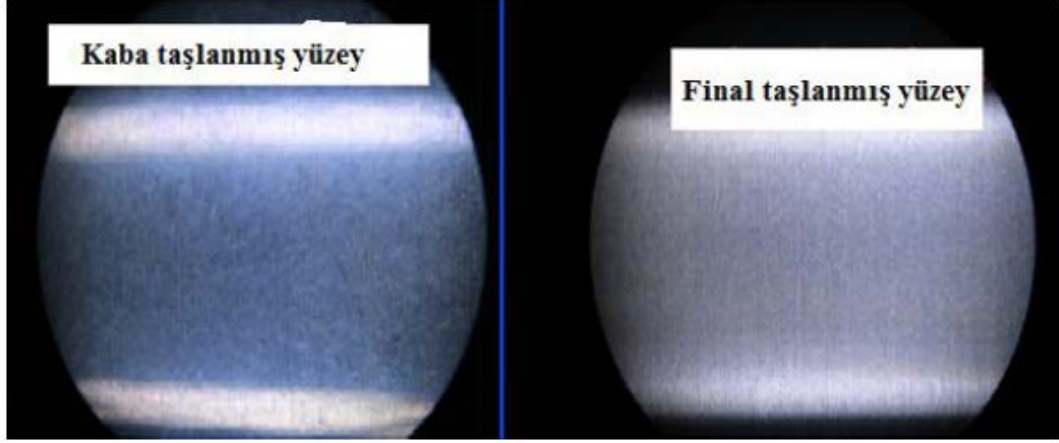


şekil 4.2. Metallerin taşlama taşı ile işlenerek taşlanması (Sağlam, 2016).

4.2 Taşlama İşlemi ve Yüzey Kalitesi

Taşlama işlemi ile iş parçasının işlem bitimindeki yüzey kalitesinde doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Taşlama malzemesinin cinsi, taşlama yöntemi, kullanılan tezgâh ve taşlamayı yapan personel gibi birçok değişkenin etkili olması sonucu işlem sonrası yüzey pürüzlülük kalitesi değişkenlikler göstermektedir.

Kaba ve ince taşlama olarak yapılan taşlama işleminde, kaba taşlama işleminde bahsedilecek olursa; iş parçası yüzeyinden kaldırılmak istenen talaş büyük oranda kaldırılmış olur ve bu işlemden sonra ince talaş kaldırma uygulanacağından yüzey kalitesi çok önemli değildir. İnce taşlanmış yüzeylerde ise çok sayıda final geçişi yapılıp iş parçası yüzeyinden az az talaş kaldırma işlemi yapılması gerekmektedir. Final taşlanmış iş parçası yüksek yüzey kalitesine sahiptir (Mızrak, 2016). şekil 4.3' te kaba ve final taşlanmış yüzeylerin mikroskop görüntüleri gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Kaba ve final taşlanmış yüzeylerin mikroskop görüntüleri
(Mızrak, 2016).

4.3 Taşlama Çeşitleri

Taşlama işleminde iş parçasının yüzeyleri genellikle silindirik veya düzlem şeklinde olduğu için iki gruba ayrılır.

4.3.1 Silindirik Taşlama

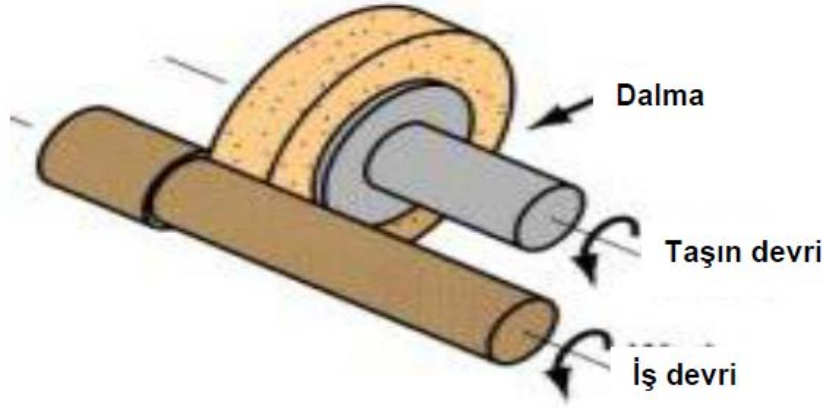
Silindirik taşlama işlemi dairesel kesitli bir parçanın iç ve dış yüzeylerine yine silindirik kesitli bir taşlama taşı ile taşlanması işleme yöntemidir. Bu yöntemin iki çeşidi bulunmaktadır.

4.3.1.1 Silindirik Dış Yüzey Taşlama

Parçaların dış silindirik yüzeylerinin taşlanması işlemidir. Boyuna taşlama, iş parçasının veya taşlama taşının kendi eksenini etrafında dönerken boyuna ilerleme hareketi gerçekleştirilmesi ile iki değişik şekilde taşlama işlemi gerçekleştirilir. Küçük kapasiteli taşlama tezgâhları ile bazı özel amaçlı tezgâhlar boyuna taşlama yöntemi ile çalışır (Oksel ve ark, 1991).

Boyuna dalma ve biçim taşlama, taşlama taşı iş parçasının içine doğru ilerleyerek taşlama işlemi yapılmasıdır.

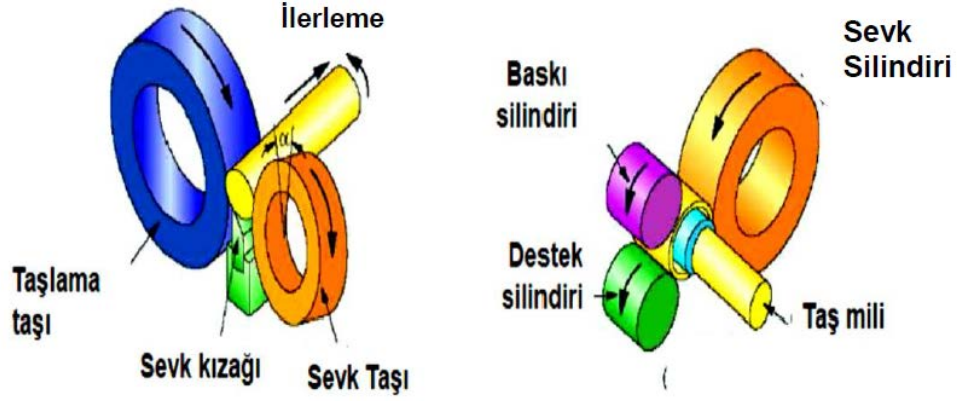
Dalma biçim taşlama, iş parçasının şeklini almış taşlama taşıyla iş parçasının dış yüzeylerinin taşlanmasıdır. Vida taşlanması bu şekilde yapılmaktadır. Şekil 4.4 da silindirik dış yüzey taşlama işlemi verilmiştir.



Şekil 4.4. Silindirik dış yüzey taşlama (Adıyaman, 2015).

Puntasız taşlama, Küçük çaplardaki ve özellikle de kısa dairesel kesitli parçaların iç ve dış yüzeylerinin iki silindirik taşlama taşı arasında alınarak taşlanması yöntemidir

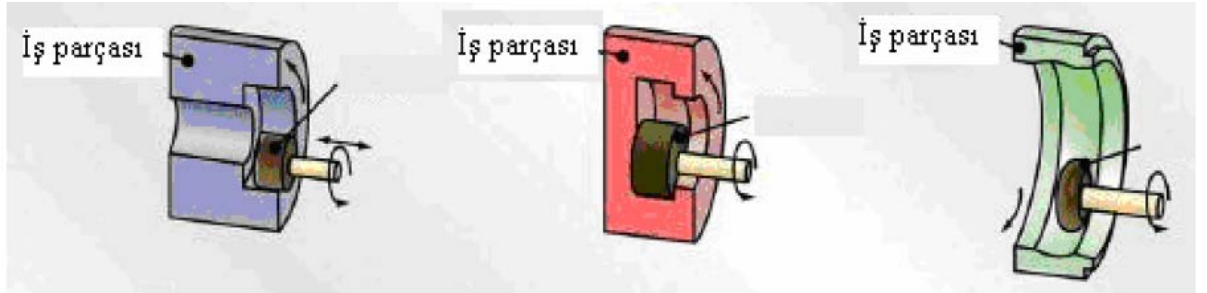
Şekil 4.5' de puntasız taşlama işlemi şekil ile gösterilmiştir. Puntasız taşlama işlemi yapılabilmesi için taşlama taşı, sevk taşı, sevk kızıağı ve iş parçasının olması gerekmektedir.



Şekil 4.5. Puntasız taşlama sistemi (Adıyaman, 2015).

4.3.1.2 Silindirik İç Yüzey Taşlama

Parçaların içeride kalan silindirik yüzeylerin taşlanması şeklindedir. İçteki taşlanacak yüzey düz şekilde, içten faturalı ve iç yüzey profilli olan şekilde olabilir. Bu şekil 4.6 de gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Çeşitli silindirik iç yüzey taşlama işlemleri (alın – kanal – profil) taşlama (Çelik, 2010).

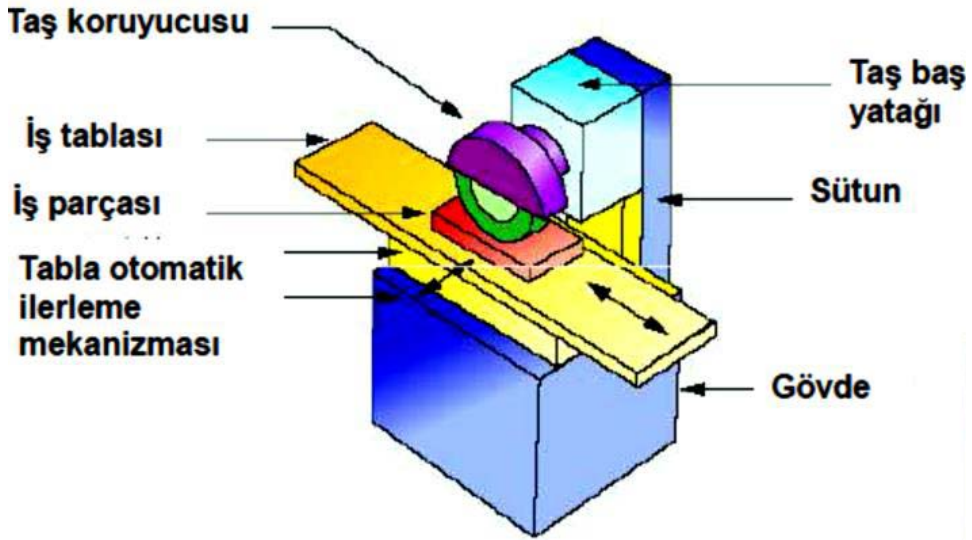
Alın taşlamada işleminde, iş parçası kendi eksenini etrafında dönerken aynı zamanda boyuna hareket etmektedir. Taş ise dönme ve enine hareketi yapmaktadır. Kanal taşlama işleminde taş; dönme, enine ve boyuna ilerleme yapmaktadır. İş parçası ise dönme hareketi gerçekleştirmektedir. Profil taşlama işleminde ise farklı bir durum olarak, iş parçası dönme hareketi yapmaz sadece boyuna hareket yapar, taş ise eksen etrafında dönme hareketi gerçekleştirir (Çelik, 2010).

4.3.2 Düzlem Yüzey Taşlama

Şekil ve biçime bağlı olmaksızın her hangi bir parçanın yüzeyinin taşlanması yüzey taşlama olarak adlandırılır. Aşındırıcı ile işlemede, yüzey taşlama işlemi ifadesi, genelde dönen taşlama diski altındaki yatay düzlemde iş parçasının ilerlemesiyle, düz, açı sal ve değişik geometriye sahip yüzeylerin elde edilmesi işleminin adıdır. Yatay milli düzlem yüzey taşlama ve düşey milli düzlem yüzey taşlama olarak ikiye ayrılır.

4.3.2.1 Yatay Düz Yüzey Taşlama

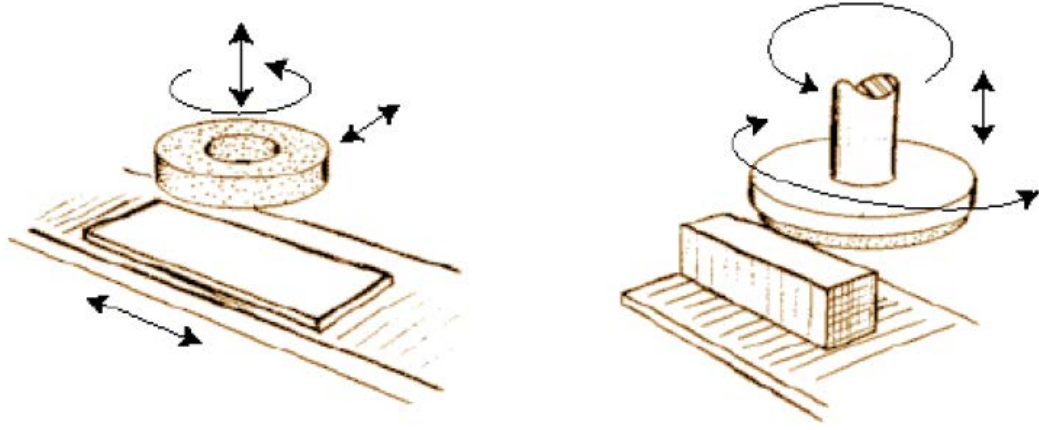
Taş eksenin yatay konumda olup taşın silindirik yüzeyinin iş parçası üzerinde doğrusal ve açısal hareketleri ile taşlama işlemine yatay taşlama işlemi denir. Şekil 4.7 te yatay taşlamanın örnek bir tezgâh üzerinde gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.7. Yatay taşlama (Adıyaman, 2015).

4.3.2.2 Düşey Düz Yüzey Taşlama

Taş ekseninin dikey konumda olup, doğrusal ve dairesel olarak ilerleyen iş parçası üzerinden taşın alın yüzeyi ile taşlama işleminin yapıldığı taşlama yöntemine düşey taşlama denilmektedir. Şekil 4.8 te düşey taşlama şematik görüntüsü verilmektedir.



Şekil 4.8. Düşey taşlama (Adıyaman, 2015).

4.4 Rodaj Disklerin Bilenmesi

Talaş kaldırma işleminde, taşlama taşlarının yüzeylerinde bulunan aşındırıcı malzemeler yüzeyden kopmaya başlar. Kopan bu malzemelerin artması sonucu disk aşınmış olur ve yüzey pürüzlülük kalitesi düşmeye başlar.

Rodaj diski içerisindeki aşındırıcı materyal olan elmasların zamanla yüzeyden koparak bitmesi sonucu disk yüzeyinde aşınma meydana gelir ve bu aşınma neticesinde diskler bilenir. Diskler bilenirken, bilenecek kenara dik bir şekilde işlem yapılmaması durumunda diskte elmas bitmemesine rağmen disk kullanılamaz hale gelir. Böyle bir hatanın yapılması durumunda diskin kullanım ömründen önce bitmesi kaçınılmaz olur

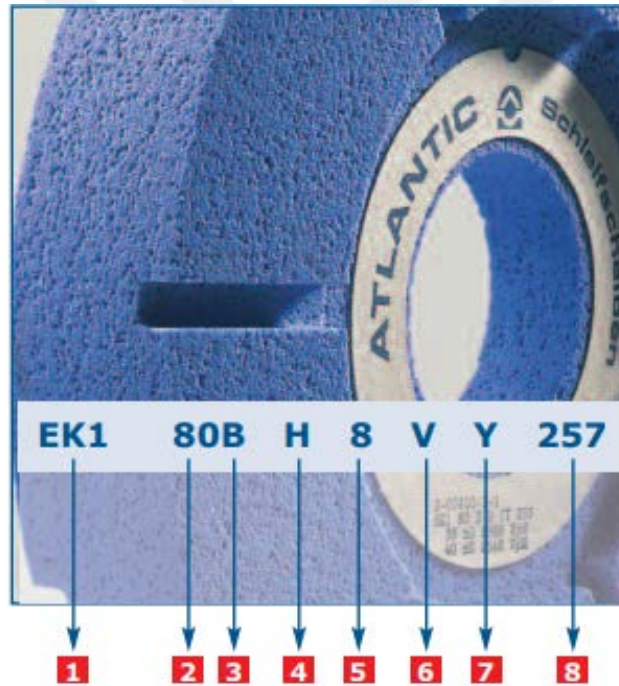
Mc. Farland, Bailey'in yapmış olduğu bir çalışmada taş bileme aralıklarının düzenini ve derinliğinin kararlaştırılmasına sistematik bir şekilde yaklaşım getirildiğinden bahsedilmektedir (Kim ve Ahn, 1999).

4.5 Taşlamaya Etki Eden Faktörler

Taşlama işleminde, kesme işleminin hızı, malzemenin şekli, taşlama taşının yapısı ve özellikleri, kesme sıvısı kullanılıp kullanılmaması, tabla ilerleme hareketi gibi etkenler taşlama işlemini direk olarak etkilemektedir.

4.5.1 Taşlama Taşının Özellikleri

Taşlama yapılmadan önce taş seçimine dikkat edilmelidir. Taşlamada taşın özellikleri, kesici tanelerin cinsi ve sertliğine bakılarak seçim yapılmalıdır. Şekil 4.9’ da taşlama taşının üzerindeki rakam ve harflerin anlamı verilmiştir.



1-zımpara malzemesi

2-kum büyüklüğü

3-kum kombinasyonu

4-sertlik derecesi

5-yapı

6-bağlayıcı madde

7-Atlantic bağlayıcı tipi

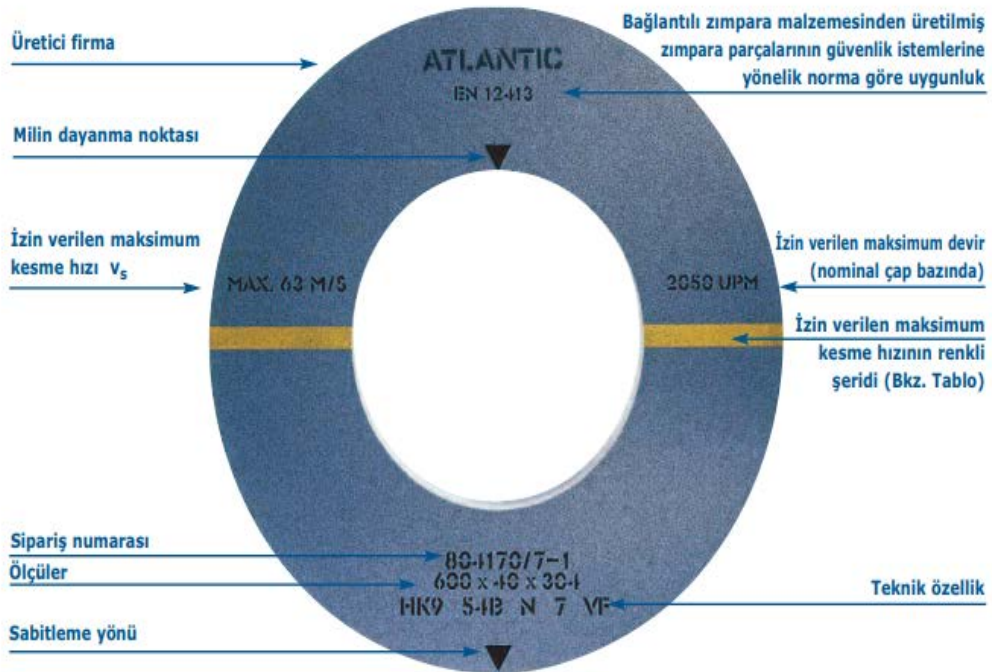
8-Ek(isteğe bağlı bilgiler)

Şekil 4.9. Taşlama taşının üzerindeki rakam ve harflerin anlamı (www.atlantic-schleifscheiben.de)

Taşlama esnasında yumuşak veya sert olan tanecikler yerinden kopar. Yumuşak tanecikse kolay, sert tanecikse zor kopma işlemi olur. Sert iş parçaları için yumuşak, pirinç ve alüminyum gibi yumuşak iş parçalarının taşlanması için iri taneli sert taşlama aracı seçilmelidir.

Kaba yüzey kalitesi istenmesi halinde kaba taşlar seçilirken, ince yüzey kalitesinin yakalanabilmesi için sık dokulu taşlar kullanılmalıdır. Her işlemde aşınmış parçaların kötü sonuca sebep olacağı gibi taşlama işleminde de aşınmış yani körlenmiş taşlarla işlem yapılırsa istenilen ölçü ve yüzey kalitesi elde edilemez. Kaba taşlama yapmak için kaba taneli taşların seçilmesi neticesinde kaba taneli taşların iş parçası yüzeyine basıncı fazla olduğu için yüksek miktarda ısı ortaya çıkar, bu durumda körlenen tanelerin geç dökülmesine ve kesme işleminin de zorlanmasına sebep olur (Oksel ve ark, 1991).

Kesme kalitesini belirleyen en önemli özelliklerden biri de aşındırıcı malzemenin sertlik derecesidir (Kaya, 2007). Zımpara taşının sertliği, bağ maddesinin aşındırıcı taneleri tutma direnci olarak söyleyebiliriz. Taşların sertliği büyük harflerle ifade edilmektedir. "A" en yumuşak, "Z" ise en sert zımpara taşı temsil etmek için kullanılır (Kaya, 2007). Şekil 4.10 de taşlama taşı üzerindeki sembollerin anlamları verilmektedir.



Şekil 4.10. Taşlama taşı üzerindeki sembollerin anlamı (www.atlantic-schleifscheiben.de).

4.5.2 Malzeme ve Şekli

Taş seçimi yaparken karşımıza çıkan en önemli etkenlerden biride malzeme cinsi ve işlenecek olan iş parçasının şeklidir. Sert yüzeye sahip iş parçaları işlenirken taşlamaya karşı yumuşak malzemelere göre daha fazla direnç gösterecektir. Bu nedenle seçeceğimiz taşlama taşı istediğimiz yüzey kalitesini vermeye uygun olmalıdır. Taş sık dokulu ve yumuşak olurken küçük taneli olmalıdır.

Taşa karşı ortaya çıkacak olan direnci işlenecek iş parçasının kalınlığı ve şekli belirler. İş parçalarında kesme baskısı, talaş derinliği ve debisi parçanın rijitlik derecesine göre arttırılmalıdır. Yoksa iş parçasının taşlama süresi artar ve yüzey kalitesi istenilen seviyede çıkmaz. Taş seçiminde iş parçasının rijitlik derecesi önemlidir (Oksel ve ark, 1991).






4.5.3 Kesme Hızı

Kesme hızı da taşlama işlemini direk olarak etkileyen parametrelerdendir. Taşın çapına ve devir sayısına göre taşın gücünü etkiler. Kesme taşlarının aşınması nedeni ile çaplarında küçülme olur ve bu küçülmeden dolayı kesme hızı azalır. Kesme hızındaki bu azalmayı tölere edebilmek için taşın devir sayısı artırılır. Değişken olan bu kesme hızlarının ayarlanabilmesi için değişken devir sayılarını gösteren tablolar tezgâhların üzerine konulur (Oksel ve ark, 1991).

Taşın sertlik etkisi kesme hızının yükselmesi ile doğru orantılıdır. Yüzey kalitesinin iyi olması için uygun olarak seçilen taş ile küçük ilerleme ve az taş derinliği uygulanmalıdır.

Taşlama taşlarının çalışma hızlarının renkleri tablo 4.1' de verilmiştir. Verilen tabloya göre çalışma hızı maksimum 125m/s ye kadar ulaşmaktadır ve mavi/sarı renkle temsil edilmektedir.

Tablo 4.1. Taşlama taşlarının çalışma hızlarının renklerle gösterilmesi
(www.atlantic- schleifscheiben.de)

Çalışma Hızı	Renk
40 m/s'ye kadar	yok
50 m/s	mavi 
63 m/s	sarı 
80 m/s	kırmızı 
100 m/s	yeşil 
125 m/s	mavi/sarı 

4.5.4 İş Parçasının Hızı

İş parçasının hızı ile taşlama taşının hızı arasında uygun bir oran uygulanması sonucu, yüzeydeki kesici tanelerin zamanında kopmasını ve taşın ömründen önce aşınmamasını sağlar. İş parçasına verilecek uygun ortalama hız değeri tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.2. Ortalama hız değerleri (Çelik, 2010).

Gereç	Kaba Taşlama (m/dak)	İnce Taşlama (m/dak)
Yumuşak çelik	15	22.5
Sertleştirilmiş çelik	7.5	12
Font	12	18
Bronz	18	22.5

4.5.5 Talaş Derinliği

Kesicinin iş parçasına bir defada dalma miktarıdır. Uygun seçilmiş taş ve iş parçası hızına göre talaş derinliği; tezgâhın gücü, iş parçası malzemesi ve şekline göre değişiklik gösterir. Talaş derinliği yumuşak ve düz yüzeylere nazaran sert ve biçimli yüzeylerde daha az seçilmesi gerekir (Oksel ve ark, 1991).

4.5.6 Temas Yüzeyi

Temas yüzeyi, adından da anlaşılacağı gibi taşın metal üzerinden talaş kaldırarak ilerlediği yolda taş ile iş parçası arasındaki yüzeydir. Temas yüzeyi büyük olan taşlama işlerinde yumuşak taş tercih edilmeli ve ortaya çıkan ısıyı azaltmak için talaş boşluğu arttırılmalıdır.

4.5.7 Tabla İlerleme Hareketi

Tabla ilerleme hareketi taşlama işlemini etkileyen diğer faktörlerden biridir ve yüzey kalitesi konusunda en az diğerleri kadar önemlidir.

Eğer kaba taşlama işlemi yapılacak ise iş parçasının her dönüşünde taş genişliğinden daha az hareket edecek şekilde ayarlama yapılmalı, ince taşlama yapılırken ise aynı ayar korunmalı ve iş parçasının hızı arttırılmalıdır (Oksel ve ark, 1991).

4.5.8 Kesme Sıvısı

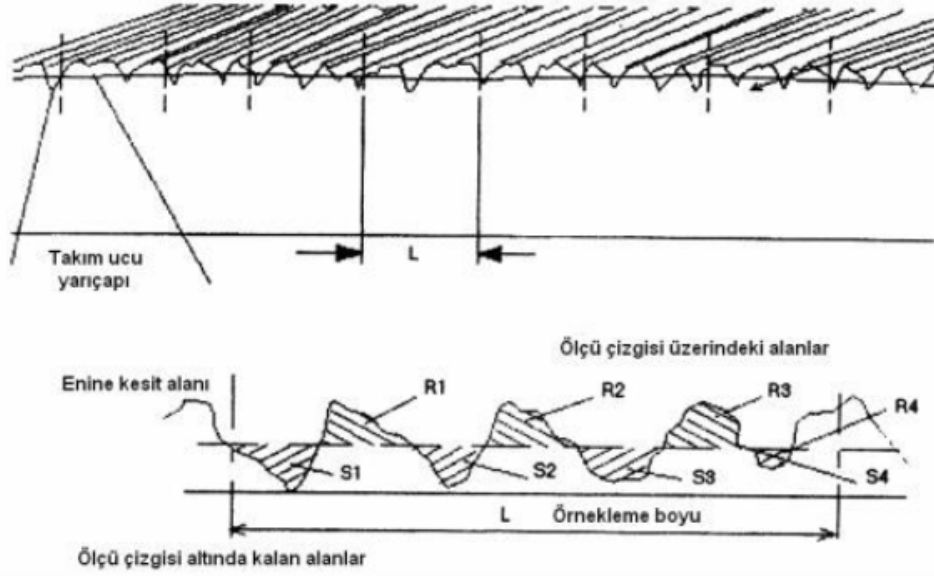
Taşlama işlemimde diğer talaş kaldırma yöntemlerinde olduğu gibi ıslak veya kuru olarak uygulanabilir. Burada önemli olan taşlama işleminde fazla ısı açığa çıkıp çıkmamasıdır. Eğer işlem sırasında fazla ısı oluşmuyorsa işlem kuru olarak yapılabilir ve ortaya çıkan ısı havaya atılır. Yüksek miktarda ısının açığa çıktığı işlemlerde taşlama işlemi sıvı ile soğutularak yapılmalıdır.

Soğutma işlemi yapıp yapılmaması da yüzey kalitesini direk olarak etkiler. Öğleki soğutma yapılmaması sonucu taştan kopan parçalar uzaklaşmadan ısının etkisi ile tekrardan taş yüzeyine yapışarak gözenekleri tıkar. Bu durum taşın kesme gücü azalmasına ve iş parçasının yüzeyini pürüzlü olmasına neden olur (Oksel ve ark, 1991).

4.6 Yüzey Pürüzlüğü

Maddelerin üzerinde yapılan işlenmiş yüzeylerde yüzey pürüzlülüğü kesinlikle oluşmaktadır. Kesici takımın cinsi, işleme yöntem çeşidine göre kimyasal, fiziksel

veya ısıl faktörlerin etkisi ile maddelerin yüzeylerinde izler oluşmaktadır. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde sapmalar meydana gelir ve yüzey pürüzlülüğü oluşur (Dişbudak, 2015).



Şekil 4.11. Yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu gösterimi ve yüzey profili (Şahin, 2001).

Üç boyutlu yüzey pürüzlülüğü gösterimi şekil 4.11’ da verilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğü uygun değerler arasında olursa malzemenin kırılma ve korozyon dayanımı artmış olur. Bu sayede cismin yüzeyi güzel görünür (Sangwana ve arkadaşları, 2015).

Talaşlı imalat yapılan parçanın yüzey kalitesi, kullanılacağı yerdeki fonksiyonel özelliklere göre değişim göstermektedir (Rogelio ve arkadaşları, 2003).

5. MATARYEL VE YÖNTEM

5.1 Materyal

Materyal konu başlığında tez konusu olan mikro yapının disk ömrüne etkisinin incelenmesi amacı ile kullanılan cam, rodajlama diskleri, rodaj makinası, telerezyon makinası, SEM ve EDS cihazının teknik özellikleri, çalışma prensibi gibi özellikleri anlatılmıştır. İlave olarak deney malzemelerinin bu makinalardaki kullanım şartları ve deney malzemesinin hazırlanmasından bahsedilmiştir.

5.1.1 Cam

Deney için kullanılan farklı mikro yapıdaki disklerin standart proses şartlarında kullanımı sonrası yüzeylerinden alınan numunelerde mikro yapı analizi yapılır. Kenar rodajlama işleminde 4mm kalınlığında düz camlar kullanılmıştır. Düz camlar makinada işlenmeden önce büyük cam plakalarından istenen ölçülerde kesilerek hazır hale getirilir. Camlar rodajlama işlemi öncesinde çatlak, çizik veya kenar kırığı olup olmadığı kontrol edilir. Tablo 5.1 de kullanılan düz camın kimyasal özellikleri verilmiştir

Tablo 5.1 Soda – kireç camı kimyasal analiz (<http://www.nkfu.com/cam-nedir-camin-yapisi-ve-cam-cestitleri>)

Kimyasal Analiz(%Ağırlık)					
Element	SiO ₂	Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
Ölçülen değerler	71- 74	13 - 17	5 -14	0,5	1-2

5.1.2 Deney malzemesi rodajlama diskleri

Deney malzemesi olarak aynı rodajlama makinasında aynı devir ve ilerleme hızlarında kullanılan 3 farklı mikro yapıda rodajlama diskleri kullanılmıştır. Bu rodaj diskleri deney boyunca kullanılmak üzere G1, G2 ve G3 olarak kodlanmıştır. Kullanılan bu diskler üç ayrı üreticiden temin edilmiştir. G1 rodaj diski İtalyan menşei bir markanın Türkiye'deki müşterisi için üretmiş olduğu disklerdir. G2 diski ise yine

Türkiye’de cam işleme faaliyeti gösteren bir firma için İtalyan bir firma tarafından üretilmiştir. G3 diski ise Türkiye’deki rodajlama diski üreten bir firma tarafından üretilmiş olan taştır. Rodajlama disklerinde ana gövde farklı metal yapılarında olabilir. Aşındırıcı malzeme olarak elmas parçacıkları kullanılmaktadır. Kullanılan bu aşındırıcı elmas parçacıklarını birbirine bağlamak için farklı bağlayıcılar kullanılabilir. Bu üç diskte 140/170 mesh boyutuna sahip elmas parçacıklar kullanılmıştır. Disklerin içyapılarında kullanılan elmas miktarları aynı olmamakla birlikte bağ yapıları farklılık göstermektedir. Farklı yapılarındaki diskler 4mm düz camın kenar keskinliğini gidermek için aynı proses şartları altında kullanılmıştır. Ve kullanma sonrasında bağ yapılarındaki farklılar nedeni ile kullanım ömürleri değişkenlik göstermiştir. Bu deney çalışmasında en uygun ömre sahip takım araştırılmıştır. Rodaj disklerinden kesilen numuneler SEM görüntüleme cihazına alınmıştır ve aynı zamanda EDS ile yapı ve içerik analizi yapılmıştır. Bu çerçevede kesilen numuneler üzerinde farklı büyütme oranlarında mikro yapı incelemesi yapılmıştır. Rodajlama işlemi Rohmer marka rodaj makinasında yapılmıştır. Disklerin aynı kullanım süreleri sonunda değiştirilmiştir.

5.1.3 Kenar rodajlama makinası

Deney aşamasında yüzeylerinin mikro yapısı incelenecek olan rodajlama disklerinin aynı proses şartları altında kullanılması gerekmektedir. Bahsi geçen bu proses camların yarı mamul ambarından paletli olarak rodajlama yapılacak olan alana getirilmesi ile başlar. Paletli camlar ön kontrollerden geçirildikten rodajlama makinasına bağlanarak taşlama işlemine başlanır.

Her bir rodajlama diski için aynı proses şartları geçerli olacağı için kullanılan cam ölçüleri ve kalınlığı, talaş kaldırma miktarı ve tezgâh ilerleme hızı gibi parametreler aynı kalacak şekilde Rohmer taşlama makinası kontrol paneline giriş yapılır. Paletli olarak makina giriş ağzına getirilen camlar vakumlu otomatik universal robot kolla alınarak makina besleme bölümüne yerleştirilir. Şekil 5.1 de makina besleme bölümüne robot kolla ile yerleştirme gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Robot kol yardımı ile camların beslenmesi işlemi.

Robot kol yardımı ile makineye beslenen camlar otomatik bir konveyör yardımı ile rodajlama bölümüne girer. Rodajlama bölümünde kenar taşlama işlemi biten camlar pnömatik progresiv vakumlu taşıyıcı yardımı ile rodaj kısmından alınarak çıkış konveyörü üzerine bırakılır. Çıkış konveyöründen otomatik olarak makina çıkış ağzına gelen camlar tekrar paletler üzerine dizilir. Şekil 5.1 de rodajlama makinasının görüntüsü verilmektedir



Şekil 5.2. Rodajlama işlemi.

Kullanılan cam ölçüleri 50x60x4 mm dir. Talaş kaldırma miktarı olarak 0,5 mm seçilmiştir. Tezgâh ilerleme hızı ise her bir taş için 8 mm/saniye olarak ayarlanmıştır. Taşların her biri iş parçasının kalite açısından müşteri memnuniyetini sağlayacak minimum değere kadar kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü açısından her bir disk farklı kullanım ömrü göstermiştir. Makina ilerleme hızı, talaş kaldırma miktarı, rodaj disklerinin dönme hızları gibi proses parametreleri her bir deney numunesi için aynı olacak şekilde değiştirilmemek üzere kontrol paneline girilir. Şekil 5.3 de Rohmer rodajlama makinasının kontrol paneli verilmiştir.



Şekil 5.3. Rodajlama makinası kontrol paneli.

Numunelerin hazırlanması için kullanılmış olan Rohmer marka rodajlama cihazı operatör müdahalesi olmadan kontrol paneline girilen üretim parametreleri çerçevesinde tamamen otomatik olarak çalışmaktadır. Şekil 5.4 de rodajlama işleminin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.4. Kenar rodajlama işlemi.

Tablo 5.2 de rodajlama işlemi için kullanmış olduğumuz Rohmer marka rodajlama makinasının teknik özellikleri verilmektedir

Tablo 5.2. Rohmer marka rodajlama makinasının teknik özellikleri

RS 8.44 Quartd teknik bilgi	
Cam levha max	L:490x1300 mm takım çapı 150mm L:525x1300 mm takım çapı 80 mm
Cam kalınlığı	1,2 mm – 19 mm
Tolerans	-0,1 / + 0,1 mm
Taşlama hızı	Max. 38 m/dak
İş mili	Frekans kontrolü 3000 - 1000 1/dak
Mil radyal akışı	<0,005 mm
Kenar tipi	Eğimli kenar vb.
Takımlar	Elmas taşlama ve parlatma aracı
Takım değiştirme	Hızlı takım değiştirme
Soğutma	Geometrik olarak optimize edilmiş soğutma halkası ile ideal su miktarı verilir
Cam desteği	Esnek, bakımı ve değiştirilmesi kolay vakumlu sistem
Yükleme	Manuel ya da otomatik yükleme Cam boyutlarına bağlı olarak 4 parça

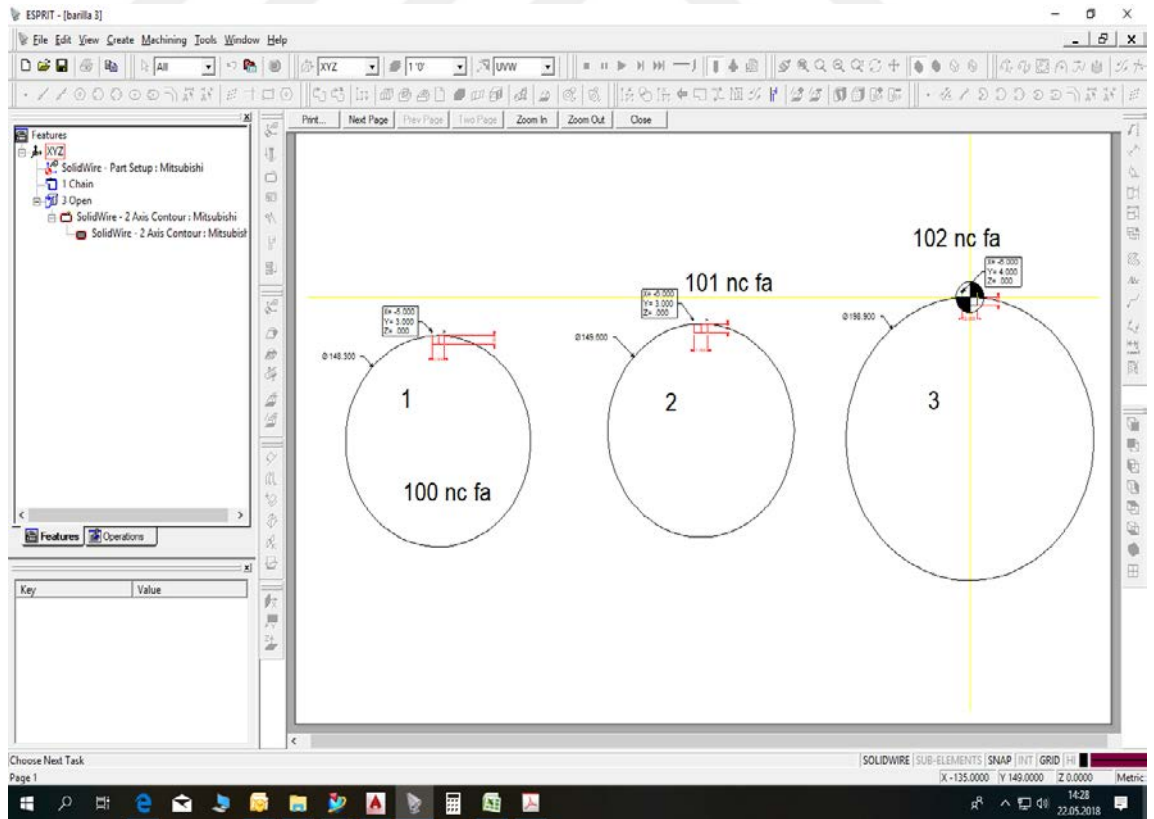
5.1.4 Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney numuneleri tel erozyon makinası yardımı ile G1,G2,G3 disklerinin üzerinden SEM cihazında incelenebilecek boyutlarda markalanarak kesilmiştir.

İlk olarak kesilecek parçaların Autocad programında teknik resmi çizildi. Tel erozyon Kesimi için Esprit cad/cam programında kesilecek olan kontüre göre program yapıldı. Nc Cad çıkartıldı.

Kesim için Mitsubishi FA 20 Tel erozyon tezgâhına bağlandı. Parçanın sıfırlarının(referans) alınmasından sonra programını yapmış olduğumuz kesim kontürünün Nc kodlarını makineye yükleyerek programı başlatıldı. Numuneler makineye üç tarafından mengenerler ile sabitlenerek bağlanmıştır. Ve her bir diskten 10x10x10 mm ölçülerinde dikdörtgen prizma şeklinde numuneler çıkartılmıştır.

Şekil 5.5 da Esprit cad/cam programında kesilmek üzere hazırlanmış rodaj disklerinin çizimleri verilmektedir.



Şekil 5.5. Esprit Cad/Cam makinası ile disklerin kesim için çizimlerinin yapılması.

Şekil 5.6 da numune parçaların çıkarımı için disk yüzeyinden tel erozyon makinasında kesim işlemi gösterilmiştir. Şekil 5.6 da ise kesimlerin yapıldığı Mitsubishi FA 20 modeli tel erozyon makinasının kumanda paneli gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Tel erozyon makinasında disklerin kesim işlemi.



Şekil 5.7. Mitsubishi FA 20 tel erozyon makinasının kumanda paneli.

Şekil 5.8 de kesme işleminden sonra alınan numunelerin disk üzerindeki kesitleri görülmektedir



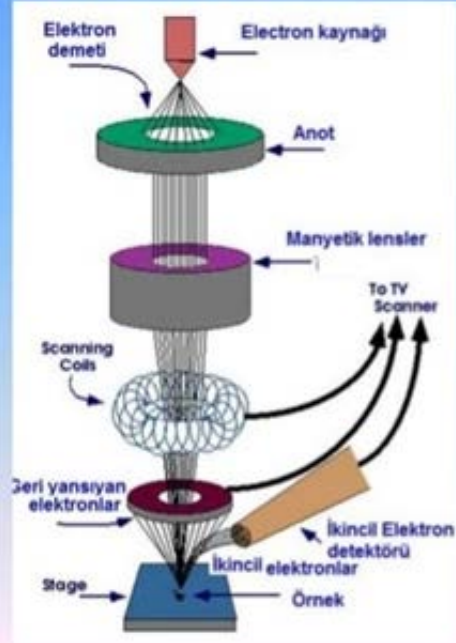
Şekil 5.8. Kesim sonrası disk yüzeylerinin kesit görüntüleri.

5.1.5 Sem Cihazı

Taramalı elektron mikroskobu olarak adlandırılan SEM görüntüleme cihazı prensip olarak, çalışması esnasında elektron kaynağından salınan elektronların incelenmek istenen parça ile etkileşime girmesi ile bu etkileşimlerin çeşitli algılama aygıtları tarafından algılanıp işlenerek görüntü elde edilmesidir. Elektronlar elektron tabancası adı verilen aygıtlar içerisinde volfram flaman tel tarafından üretilir. Yüksek voltaj nedeni ile flaman telin sıcaklığı 2700 Kelvin e kadar çıkmaktadır. Isısı artan telde zamanla korozyon oluşması sonucu oksitlenerek gevrekleşmektedir. Burada önemli unsurlardan biri de uygun tel kalınlığıdır. Telin uzun ömürlü olması nedeni ile kalınlığı artırılabilir ancak optimum tel kalınlığının üzerine çıkılması durumunda elektron salınımı yapılmasının önüne geçilmiş olur. Yapılan hesaplamalar sonucunda uygun olan tel kalınlığının 0.125 mm olduğu kanısına varılmıştır. Elektronların numune yüzeyine doğru yönlendirilmesi amacı ile anot plaka kullanılmaktadır. Elektronlar elektro manyetik özellikli olan, kondansatör mercek ve objektif mercek olarak adlandırılan iki adet mercekten geçmektedir. Kondansatör mercek tarafından yoğunlaştırılarak objektif merceğe gönderilen elektronlar buradan numune üzerine odaklanır. Sistem vakum altında çalıştırılarak elektronların gaz molekülleri ile etkileşmesinin önüne geçilir. Şekil 5.9 de taramalı elektron mikroskobunun şematik görüntüsü verilmiştir.

Mikroskobun çalışma prensibi

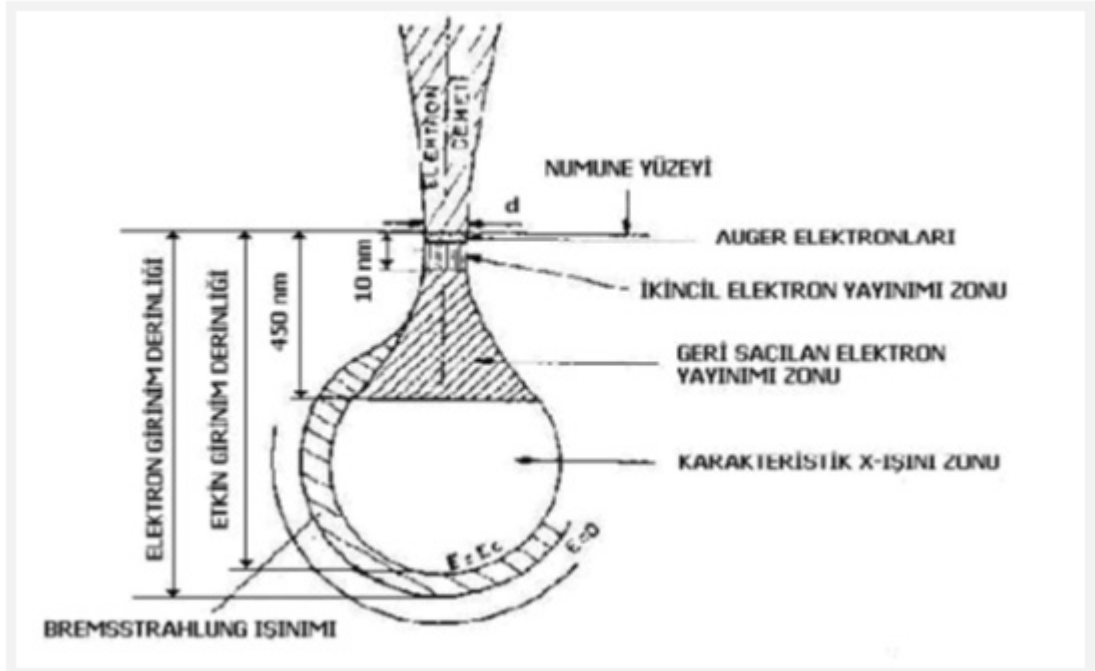
- Elektron tabancası
- Saptırma bobinleri
- EM Lensler
- Aperture
- Örnek tutucu
- Dedektörler
- Vakum chamber



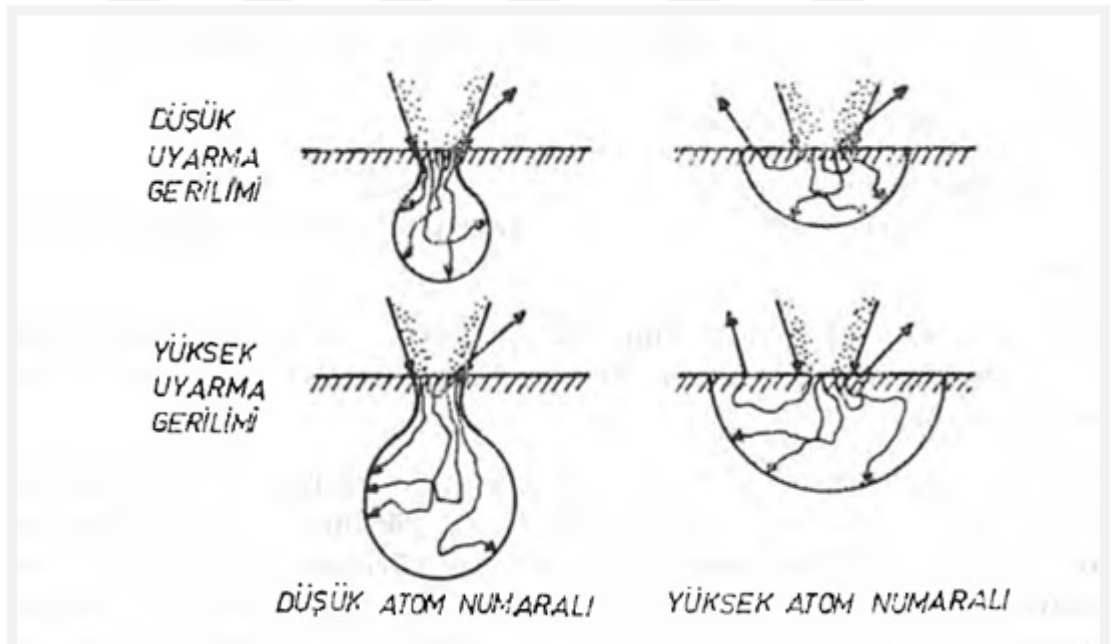
Şekil 5.9. Taramalı elektron mikroskobunun şematik görüntüsü.

İvmelenmiş olan elektron demeti ile numune arasında etkileşimler oluşmaktadır. Oluşan bu etkileşimler su damlası olarak adlandırılır. Bu su damlası şekil 5.10 da verilmektedir. Numune atomları ile elastik çarpışmalar sonucu yön değiştiren ve saçılan elektronlar geri saçılmış elektronları oluştururlar. Numuneyi oluşturan dış yörünge atomları ile etkileşen demet elektronları Auger adı verilen düşük enerjili atomları oluştururlar. Auger elektronları tarafından numune yüzeyi hakkında bilgiler taşınır. Yüzeyden koparılan ve enerjisi düşen demet elektronları ikincil elektronları oluşturmaktadır. İkincil elektronlar sayesinde numune hakkında yüksek çözünürlükte görüntüler elde edilir. Elektron demetleri tarafından uyarılmış olan elektronlar x-ışınları yayımlarlar. Bu x-ışınları numuneyi meydana getiren elementler hakkında bilgiler verir. Numuneyi oluşturan atomların ortalama ağırlığına bağlı olarak elektron demetinin hacimsel etkileşim şeklinde farklılıklar oluşmaktadır. Şekil.5.11 da bu farklılıklar gösterilmiştir.

Taramalı elektron mikroskobu malzeme bilimi,biyoloji,tıp gibi çok çeşitli bilim alanlarında kullanılmaktadır.



Şekil 5.10. Oluşan su damlasının şematik gösterimi.



Şekil 5.11. Oluşan hacimsel farklılıkların şematik gösterimi.

MODEL : JEOL JSM-6060 LV

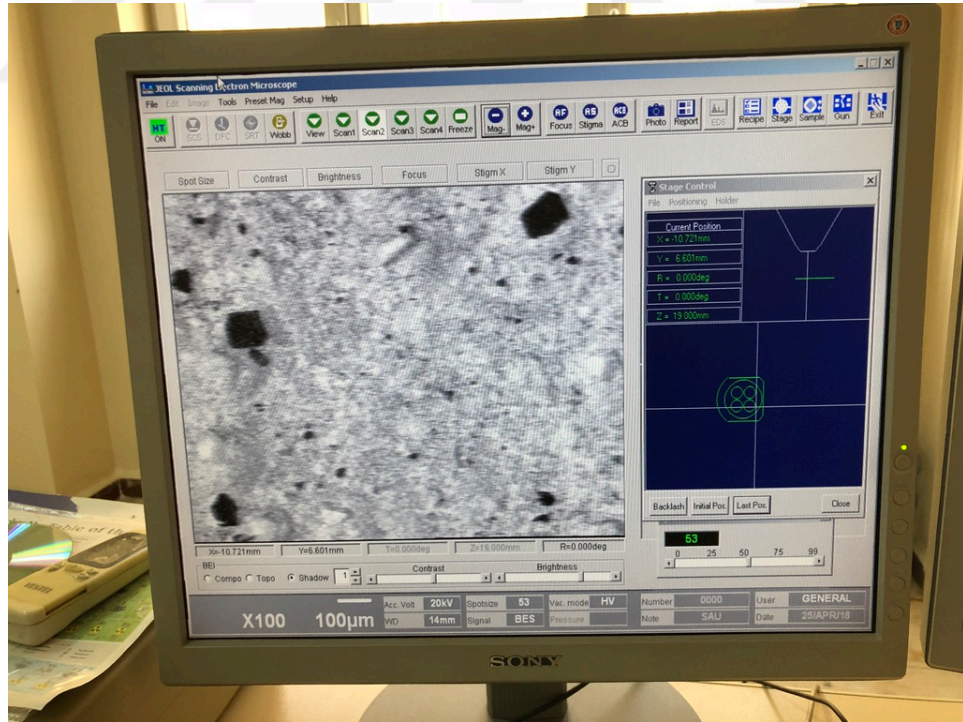
TEKNİK ÖZELLİKLER:

- Taramalı elektron mikroskobu (SEM) tamamen dijital olup bilgisayar kontrolü ile çalışmaktadır.
- Elektron kaynağı olarak K- tipi tungsten filaman kullanılmaktadır.
- 5 eksen motorize kartezyen kontrolü (X=20mm, Y=10mm, Z=40mm, Tilt= - 10° ve +90°, Dönme=360°) ile çalışmaktadır.
- 30 kV hızlandırıcı voltajı ve 8 mm çalışma aralığı koşullarında 3,5 nm çözünürlük elde edilmektedir.
- SEM'de 0,5 kV-30 kV hızlandırıcı voltaj aralığında inceleme yapılabilmektedir.
- 8x-300.000x arası büyütme kapasitesine sahiptir. (Çalışma aralığının 48 mm ve hızlandırma voltajının da 10kV olması durumunda 5x büyütmesine kadar inilmektedir.)
- Üç tip numune tutucu vardır :
 - 1- 10 mm çapında numunenin yerleştirildiği 5 veya 10 mm yüksekliğindeki pirinç tablaların sabitlendiği tekli tutucu,
 - 2- Aynı ölçülerdeki tablolardan dört numunenin birden bakılmasına olanak sağlayan dörtlü tutucu.
 - 3- 32 mm çapında numunenin yerleştirildiği 5 veya 10 mm yüksekliğindeki pirinç tablaların yerleştirildiği tekli tutucu.

Şekil 5.10 ve 5.11 de SEM cihazının görüntüsü verilmektedir



Şekil 5.12. SEM cihazının genel görüntüsü.

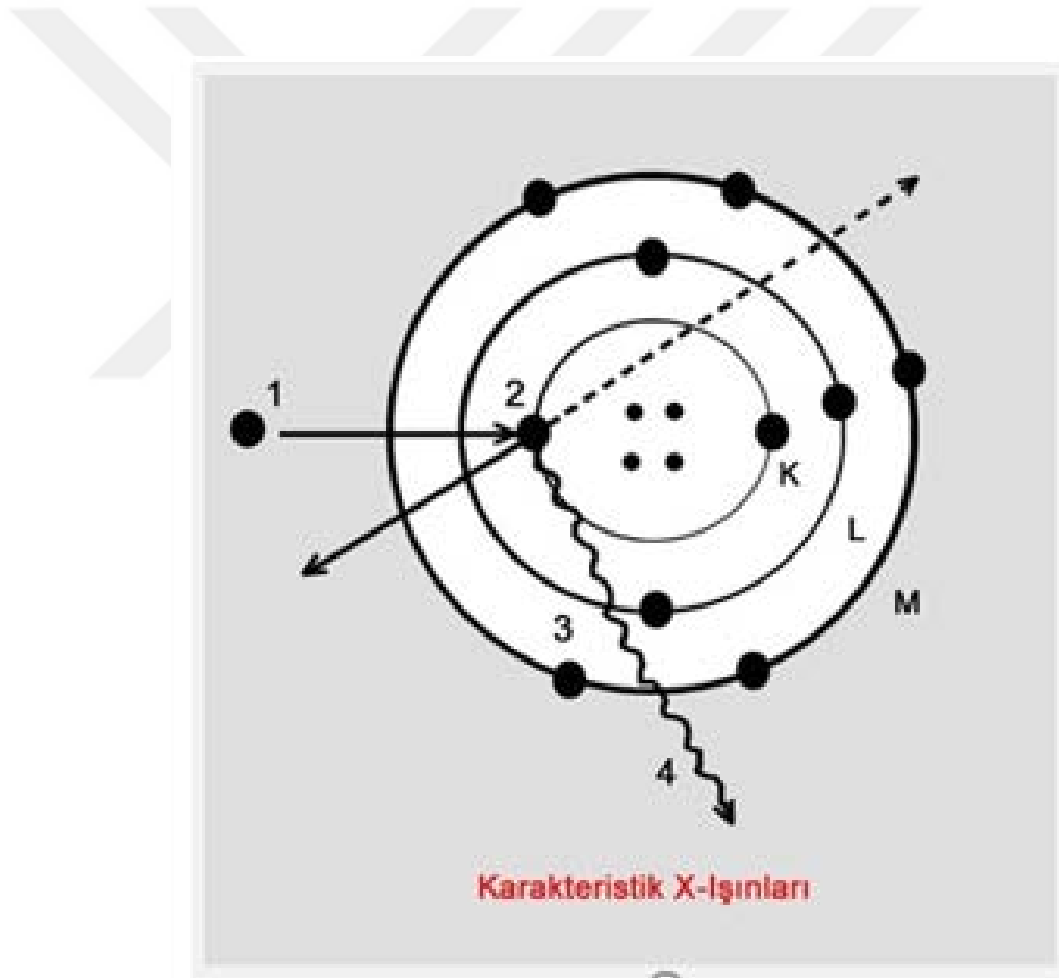


Şekil 5.13. SEM cihazında analiz ekranı görüntüsü.

5.1.6 Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDS)

Enerji dağılım spektroskopisinin İngilizce ifadesi; “Energy Dispersive Spectroscopy” şeklindedir. EDS ile materyallerin nokta element analizleri yapılmaktadır. EDS analizleri taramalı elektron mikroskobuna bağlı olarak yapılmaktadır (Apay ve Gülenç, 2013). EDS analizi yönteminde materyallerin hangi elementlerden, yüzde olarak ne kadar içerdikleri hakkında bilgi sahibi olunmaktadır (Ergün ve Yenisey, 2006).

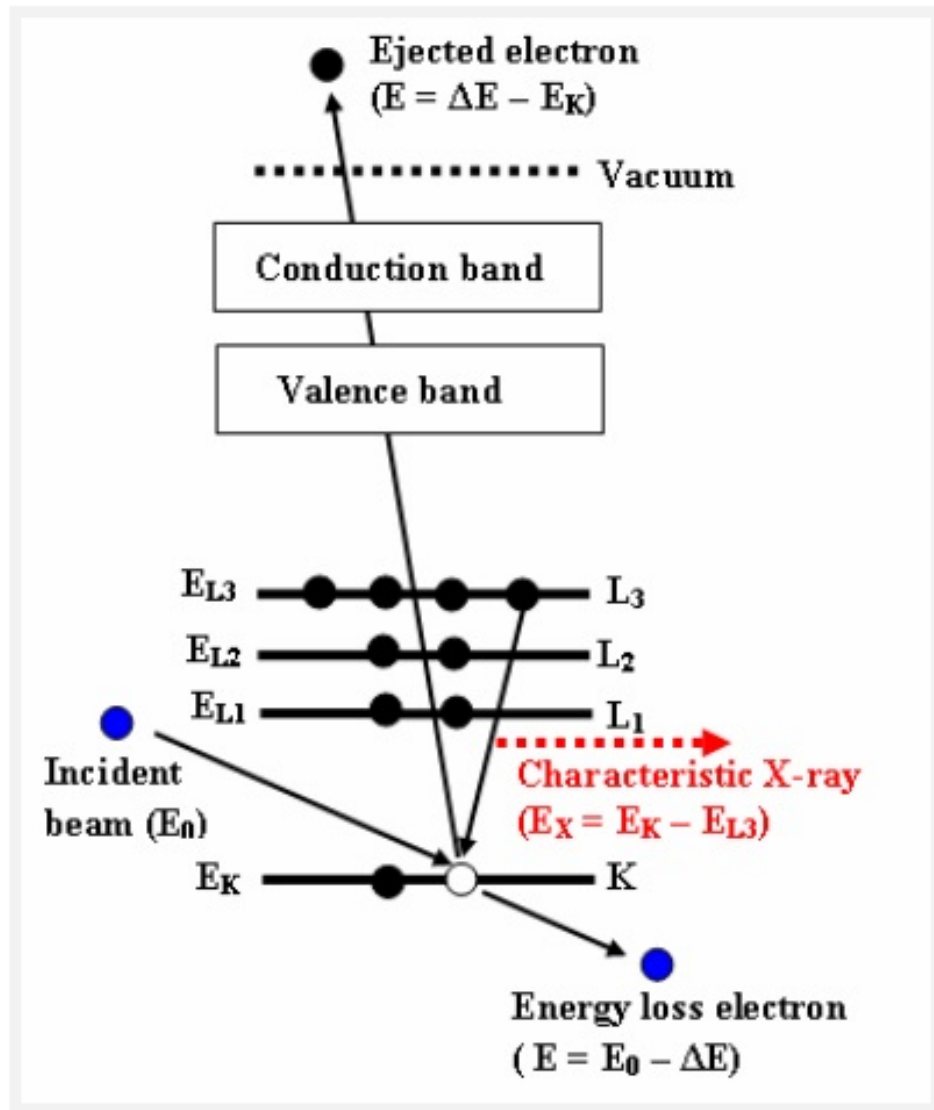
Şekil 5.14 da numune üzerine gönderilen elektron demetinin şematik görüntüsü verilmektedir.



Şekil 5.14. Numune üzerine gönderilen elektron demetinin şematik gösterimi.

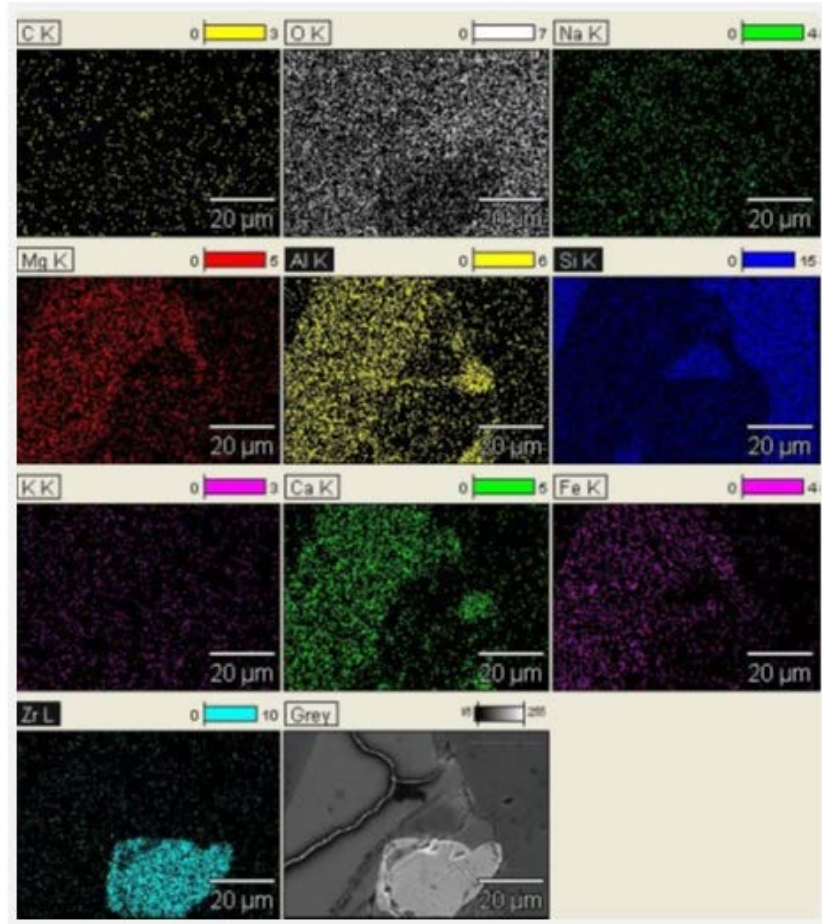
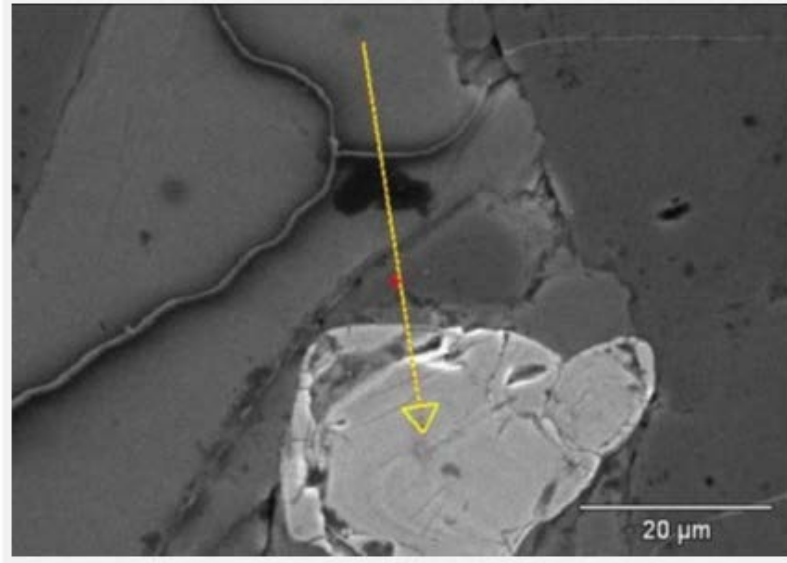
Numune yüzeyinden yüksek enerjili elektronlar kullanılarak elektron kopartılır. İç yörüngeden kopan elektronlar arasına dış yörüngeden kopan elektronlar

sıçrama yaparak kararlılığı sağlarlar. Dış yörüngede bulunan elektronlar fazla enerjilerini ışımaya yapmak sureti ile kaybederler. Bu ışımaya sonucu X-ışınları yayımlanır, yansıyan bu ışınlar numune içyapısının hangi element atomlarını barındırdığını ve hangi enerji kabuğundan yansıdıkları ile ilgili bilgiler içerirler. Bu bilgiler elektron algılayıcılar tarafından algılanarak bilgisayar tarafından işlenerek analiz tamamlanmış olur. Şekil 5.15 de elektronlar arası etkileşim ve yansıyan karakteristik X-ışınlarının şekilsel görüntüsü verilmektedir.



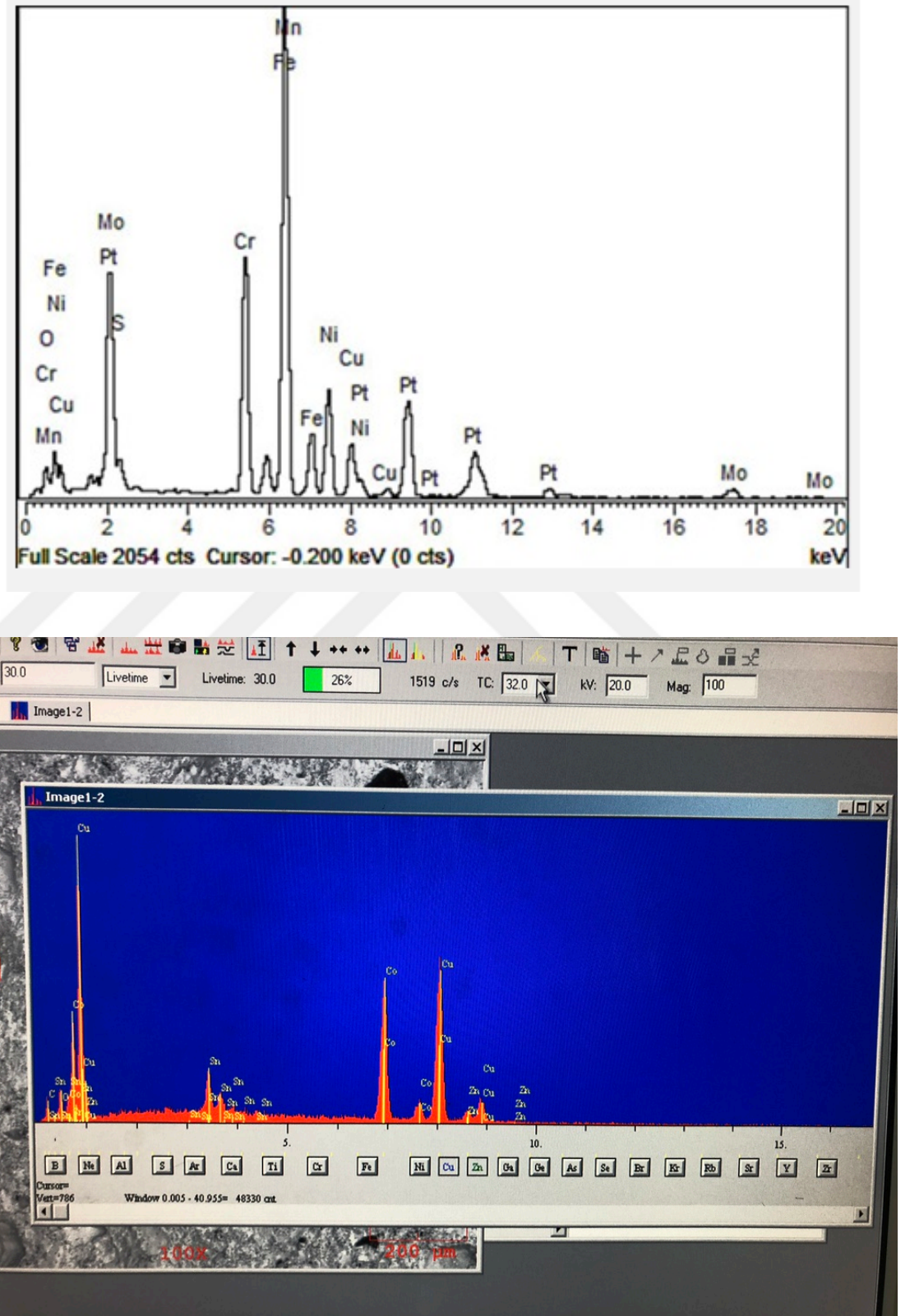
Şekil 5.15. X-ışınlarının şekilsel görüntüsü.

Şekil 5.16 de EDS analizi yapılan örnek bir numune yüzeyinden alınmış görüntü örnekleri verilmiştir.



Şekil 5.16. Örnek bir EDS görüntüsü.

Şekil 5.17 de EDS cihazı tarafından alınan yüzey görüntülerinin bilgisayar tarafından analizi verilmiştir.



Şekil 5.17. Örnek EDS analiz grafiği.

5.2 Yöntem

5.2.1 Deneyin Yapılışı

Bu çalışmada deney malzemesi olarak beyaz eşya sektöründe kullanılan düz camların kenar keskinliklerinin giderilmesi için uygulanan rodajlama işleminde kullanılmış olan farklı mikro yapıdaki taşlama diskleri bağ yapıları ve ömür ilişkisi çerçevesinde incelenmiştir. Deney için farklı firmalar tarafından üretilmiş, aynı elmas boyutunda aşındırıcı içeren fakat bu elmas parçacıklarının birbirine bağlanması için kullanılan metal bağ yapısı birbirinden farklı olan üç adet taşlama diski kullanılmıştır.

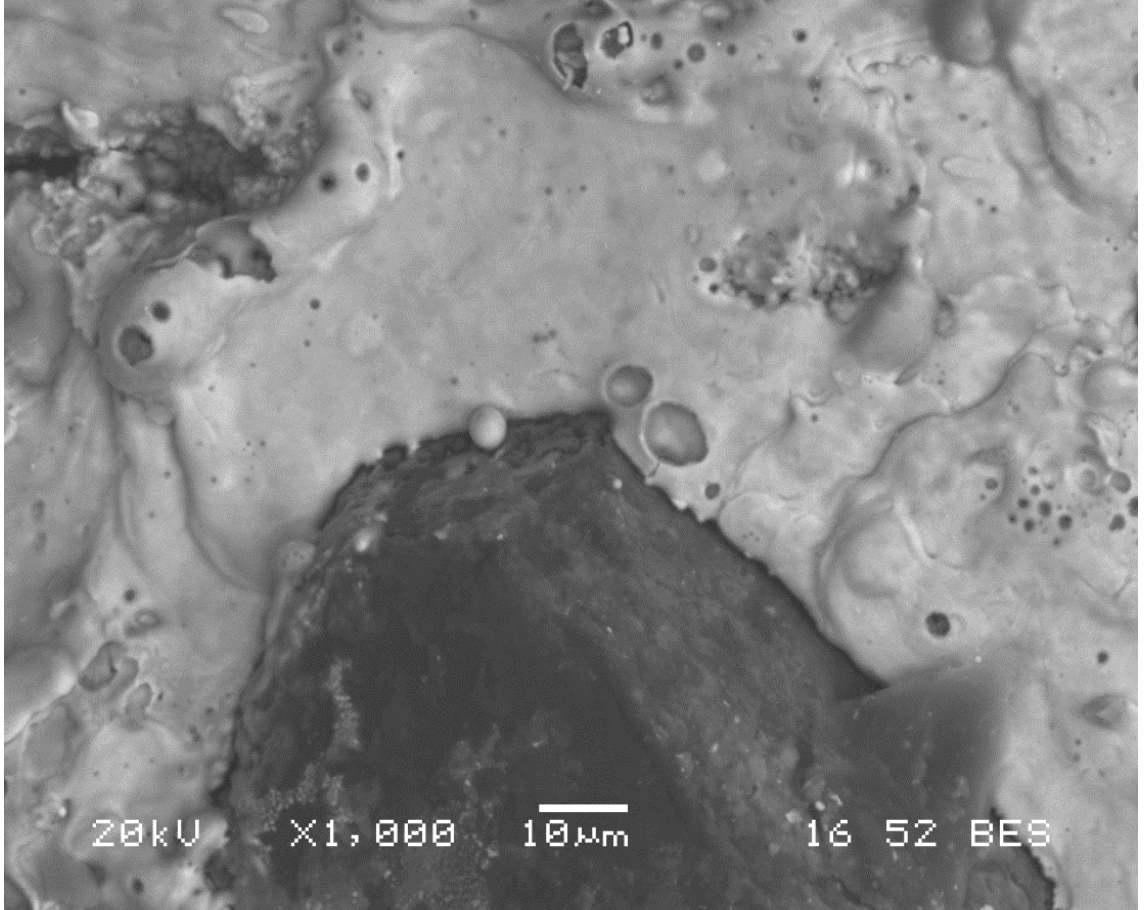
Taşlama diskleri ile Bolu'da beyaz eşya yan sanayisi olarak üretimini yapmakta olan düz cam işleme fabrikasında deneyler gerçekleştirilmiştir. Cam kenarlarının rodajlanması amacı ile kullanılan Rohmer marka rodaj makinasında farklı bağ yapıdaki diskler ile taşlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Deney sırasında her üç diskle yapılan taşlama parametreleri, kullanılan cam çeşidi ve kalınlığı aynı tutulmak koşulu ile müşteri tarafından beklenen asgari yüzey pürüzlülüğünü sağlaması hedeflenmiştir. Taşlama esnasında takım ömürlerinin olumsuz olarak etkilenmemesi için kesme makinasında soğutma sıvısı kullanılmıştır.

Taşlamalar sonucunda her disk için farklı ömür değerine ulaşılrken, tüm diskler minimum yüzey pürüzlülük kalitesini sağlamış olmalarına rağmen, yüzey pürüzlülük kalite performanslarında da farklılıklar görülmüştür. Taşlama işlemlerinin bitmesi sonunda deney süresince G1, G2, G3 olarak adlandırdığımız taşlama diskleri yüzeyinden tel erozyon makinası yardımı ile numune parçalar kesilerek çıkartılmıştır. Çıkartılan bu parçalar SEM ve EDS görüntüleme cihazları ile analiz edilmiş ve kimyasal kompozisyonları üzerinde bilgiler edinilmiştir. Elde edilen bu görüntüler ve kimyasal analizler sonucunda metalik bağlı elmas aşındırıcı parçacıklı taşlama disklerinin, içyapısındaki kimyasal bağ matrisi ile kullanım ömrü arasında doğrudan bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Aşağıda bu bağ matrisi ve kimyasal kompozisyon ile takım ömrü arasındaki ilişki açıklanmaktadır.

5.2.2 Sonuçlar

5.2.2.1 G1 Diski Analizi

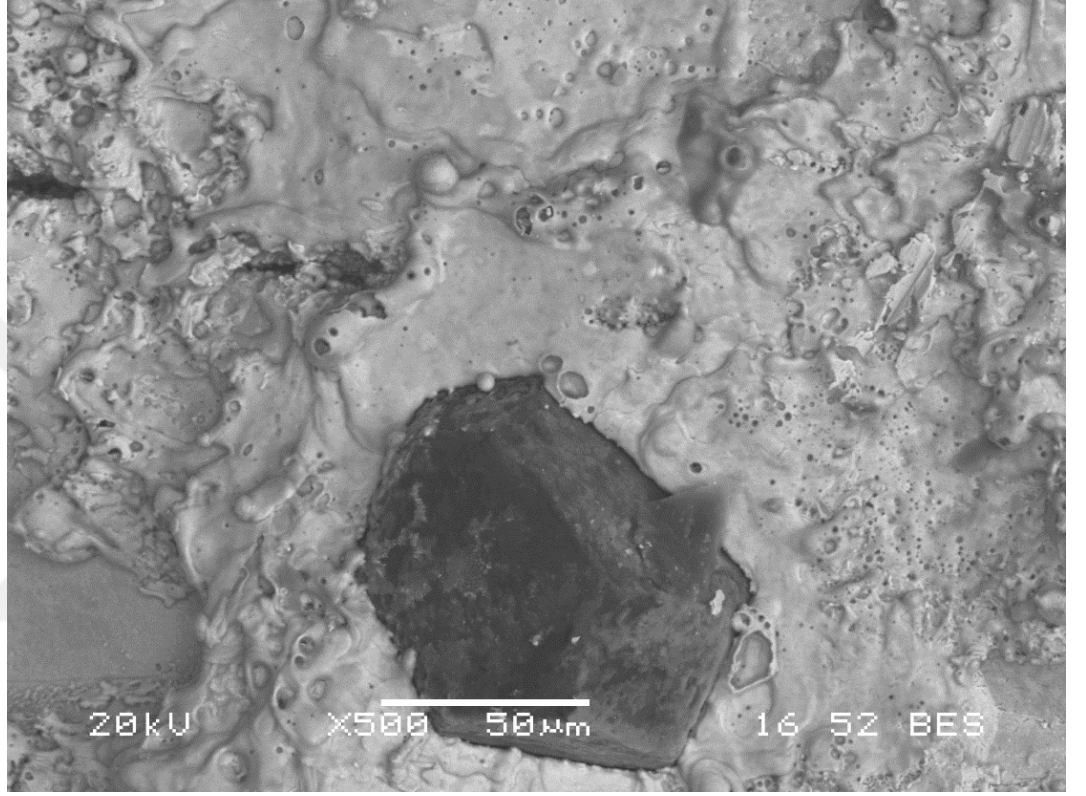
G1 kodlu disk iş parçası olan kenar taşlama işlemi yapılan cam yüzeyinin işleme kalitesi açısından en iyi diskidir. Fakat takım ömrü açısından istenilen performansı verememiştir. Toplam 12.000 mtül cam rodajlama işlemi yapabilmemiştir. Aşağıda SEM cihazında çekilmiş olan farklı bytmelerdeki analizler incelendiğinde, örneğin 1.000 büyütmedeki analiz incelendiğinde elmas taneciğinin dış yüzeyinin parlak olduğu görülmektedir. Şekil 5.18 de G1 numunesinin SEM cihazındaki 1.000 büyütmeli görüntüsü verilmektedir.



Şekil 5.18. G1 numunesi için 1.000 büyütmeli SEM görüntüsü.

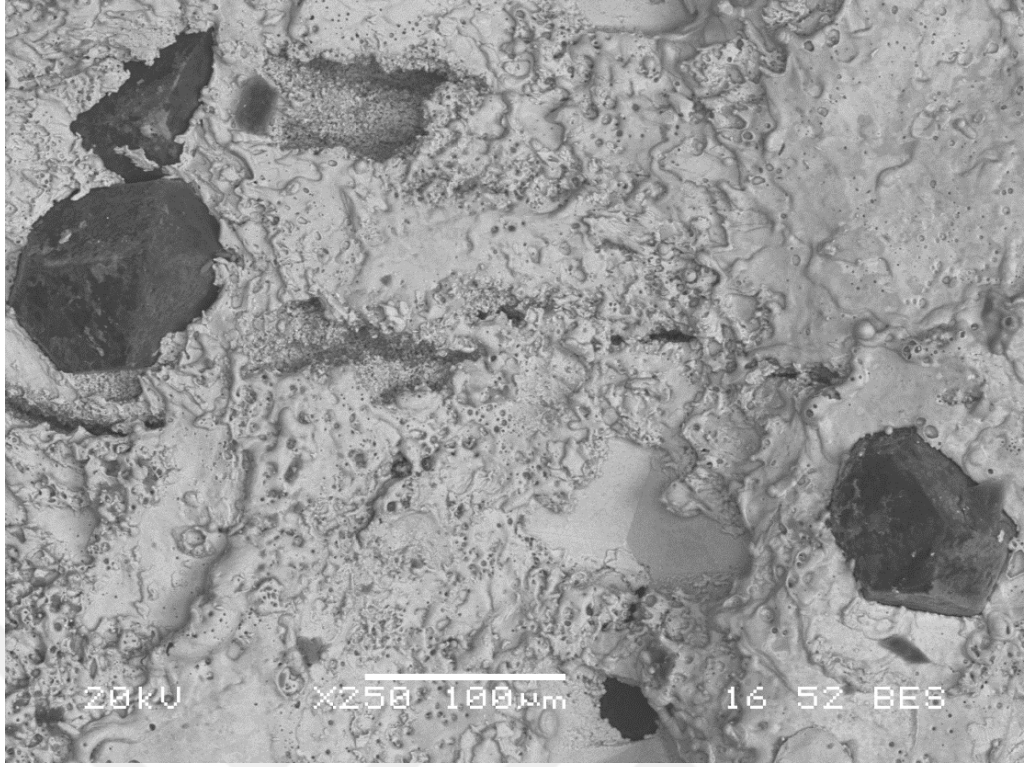
Diğer resimler 100 ve 250 bytmelerdeki SEM analizlerine bakıldığında bazı yerlerde elmas parçacıklarının ko-ptuğu veya dştğu görülmektedir. Özellikle 100

büyütmeli parçacığın görüntüsü incelendiğinde çok sayıda parçacığın düştüğü anlaşılmaktadır. Bağ yapısı sert olduğundan dolayı bu düşmeler meydana gelmiştir. İncelemeye tabi tutulan rodajlanma diski istenilen ömür değerini vermemiştir ve bu nedenle EDS incelemesine tabi tutulması gerekmektedir. Şekil 5.19 da G1 diski için 500 büyütmeli SEM analizinin görüntüsü verilmektedir

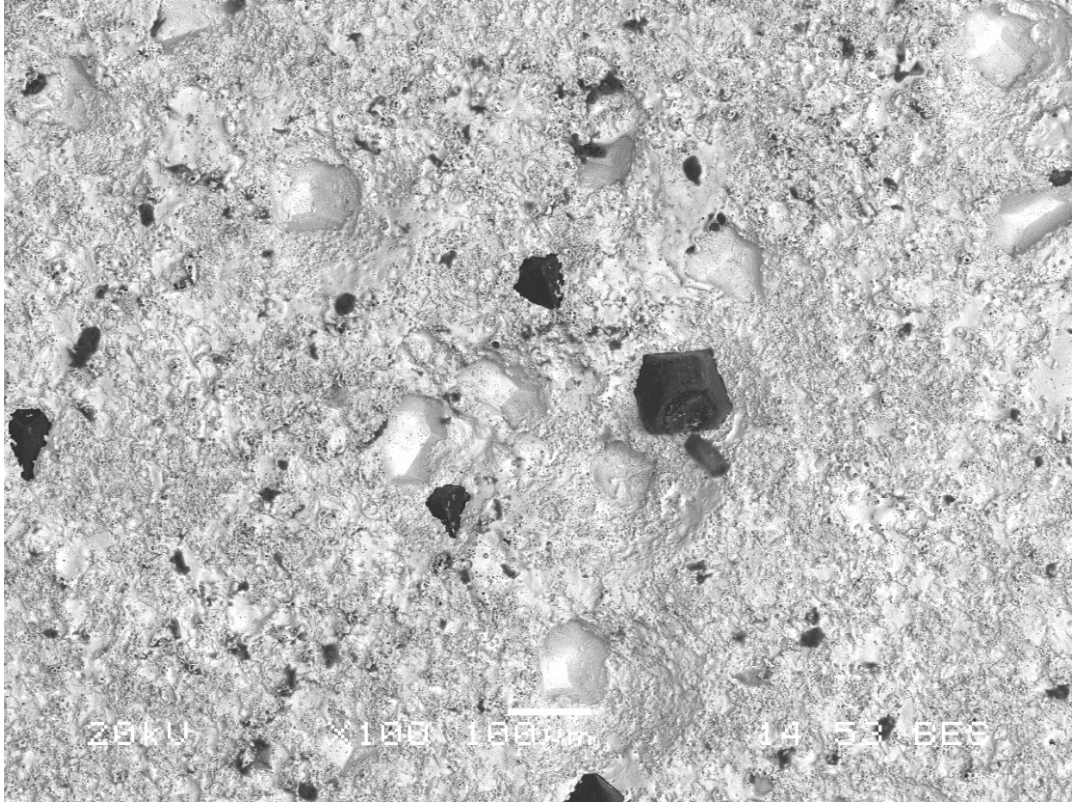


Şekil 5.19. G1 numunesi için 500 büyütmeli SEM analizi.

Şekil 5.20 de G1 numunesi için 250 büyütmeli SEM analizi görüntüsü ve Şekil 5.21 de yine G1 diskinden alınan numune için 100 büyütmeli SEM analizi görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.20. G1 numunesi için 250 büyütme SEM analizi.



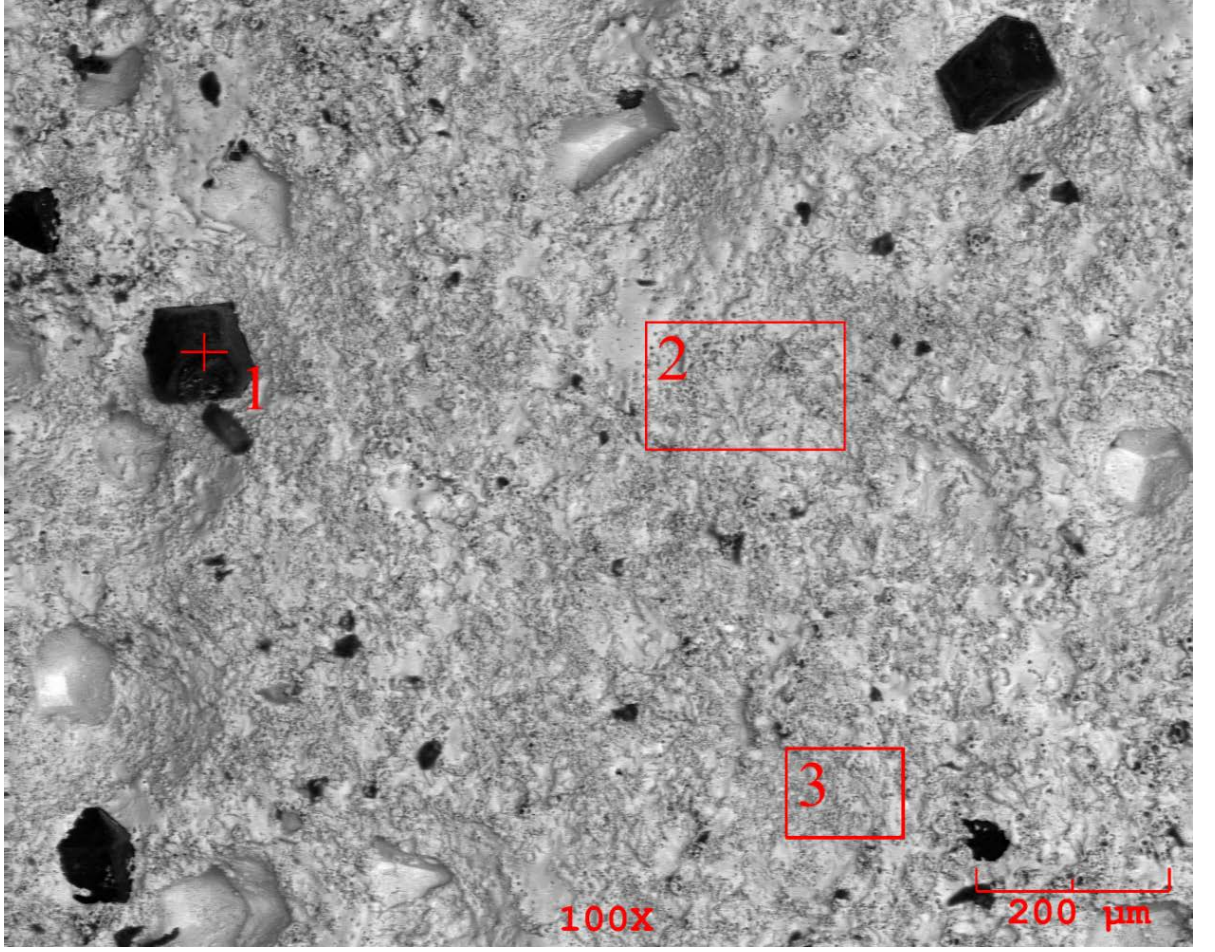
Şekil 5.21. G1 numunesi için 100 büyütme SEM analizi.

EDS analizi incelenmesi amacı ile üç adet bölge seçilmiştir. Bunlardan birinci bölge siyah taneciklerin olduğu bölgedir. Bu bölgenin içeriğinin tamamının karbon olduğu görülmüştür ve bu bölgenin elmas olduğu anlaşılmaktadır. EDS analizinin incelenmesi sonucu % 4 oksijen görülmüştür. Bu oksijenin işlem esnasında hava ile etkileşim sonucu olduğu gözlemlenmiştir.

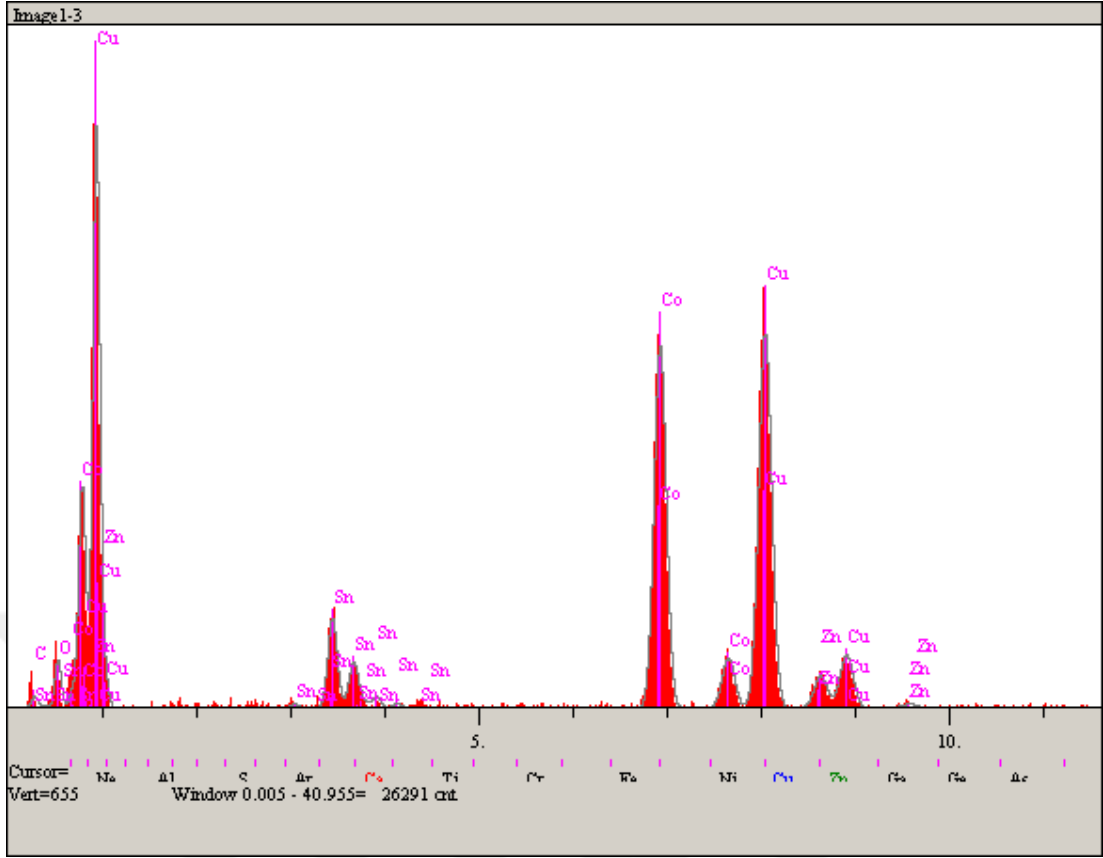
Ayrıca % 0.4 oranında klor olduğu anlaşılmıştır. Bunun temel sebebinin rodajlama işlemi sırasında kullandığımız soğutucu sıvı içerisinde bulunan sudan kaynaklanabileceği anlaşılmaktadır. İnceleme sonrasında % 27 oranında kobalt bulunduğu görülmüştür. Kobalt taşıma diski içerisinde bağlayıcı olarak tercih edilmiştir. Abrasife parçacık olan elmasların disk üzerine tutunmasını sağlamaktadır. Ana malzeme olarak bakır kullanılmış olup oranı % 54 tür. Ayrıca az miktarda çinko ve kalay bulunmaktadır.

Üçüncü bölgeyi incelediğimizde ikinci bölge ile aynı içerik bulunmaktadır. Buda bize rodaj diski içerisinde homojene yakın bir karışım olduğunu göstermektedir. Elmas kopan bölgeler incelendiğinde ise oluşan çukurların parlak ve düzgün olduğu görülmüştür. Bu durum ise kopmaların elmas parçacıklarının diskten çabuk kopması sonucu olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 5.22 de G1 numunesi için 1,2 ve 3 noktaları için yapılan EDS analizinin görüntüsü verilmektedir. Şekil 5.23 de G1 numunesi için yapılmış olan EDS analizinin kimyasal kompozisyonunun grafiği verilmektedir. Tablo 5.3 te ise yapılmış olan EDS analizi sonucuna göre kimyasal bağ yapısının durumu verilmiştir.



Şekil 5.22. G1 numunesi için EDS görüntüsü.



Şekil 5.23. G1 numunesi EDS analiz grafiği.

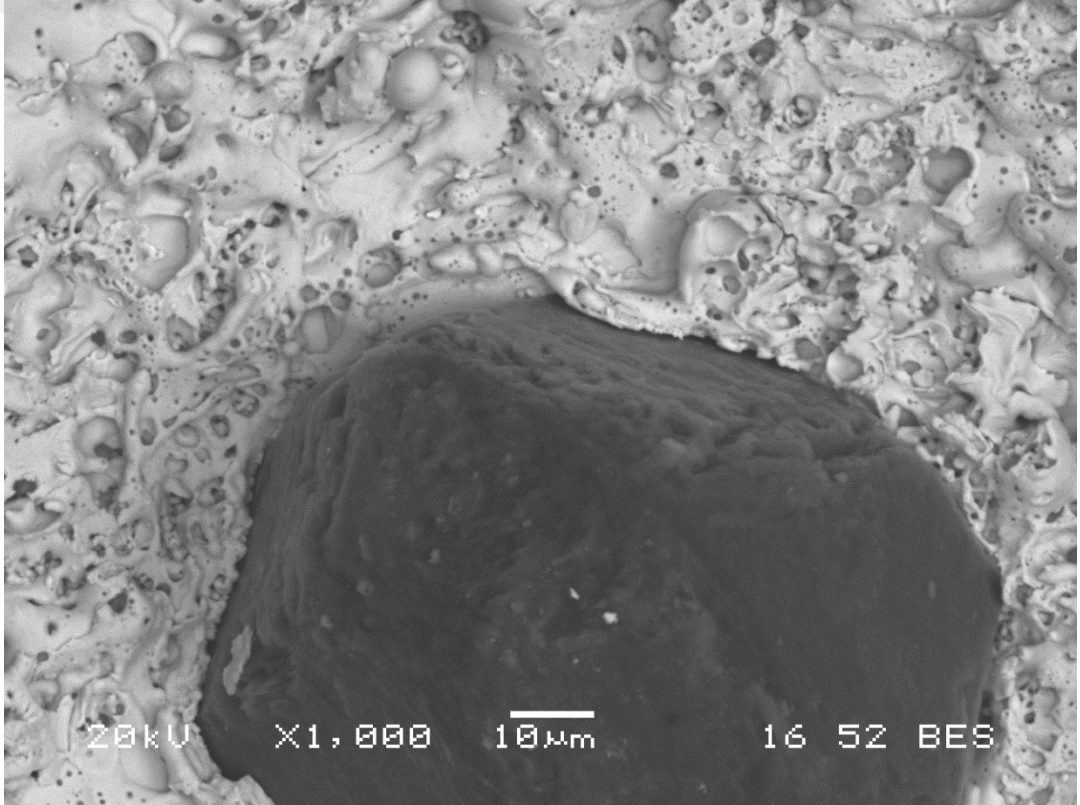
Tablo 5.3. G1 numunesi EDS analizi kimyasal kompozisyon

Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	3.48	0.681	2.325	wt.%	
O	Ka	13.36	1.334	3.605	wt.%	
Co	Ka	187.19	4.995	28.425	wt.%	
Cu	Ka	207.68	5.262	52.711	wt.%	
Zn	Ka	18.53	1.572	5.651	wt.%	
Sn	La	35.88	2.187	7.283	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

5.2.2.2 G2 Numunesinin Analizi

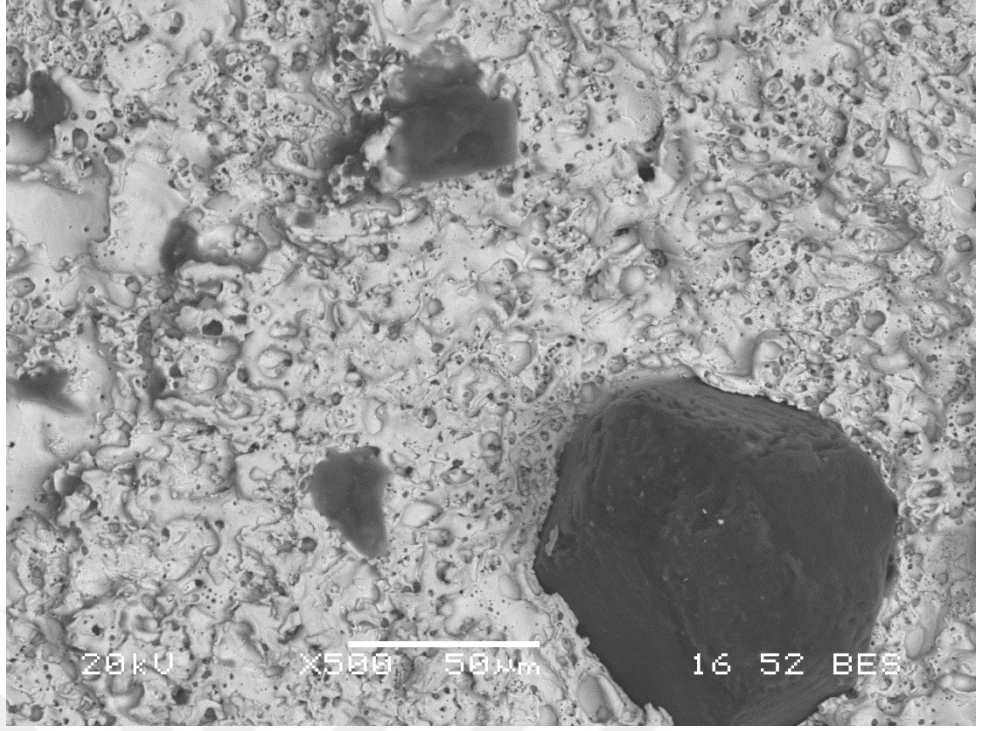
G2 rodajlama taşı incelendiğinde, aynı boyutta elmas parçacıklarının olduğu kopmaların daha az olduğu görülmektedir. Ayrıca kopma boşluklarının G1 numunesinde olduğu gibi parlak ve keskin olmadığı görülmektedir. Elmas parçacıklarının tutunması G1 numunesine göre daha iyidir. Bu ise bize yapının yumuşak olduğunu göstermektedir. Yüzey kalitesi diğer taşlara göre daha iyidir. Ömür açısından ise G1 e yakın olup 12.600 mtül taşlama işlemi yapmıştır. Yine üç bölge analizi yapılmıştır.

Şekil 5.24 te G2 diskinde ait 1.000 büyütme SEM analizi görüntüsü verilmektedir.

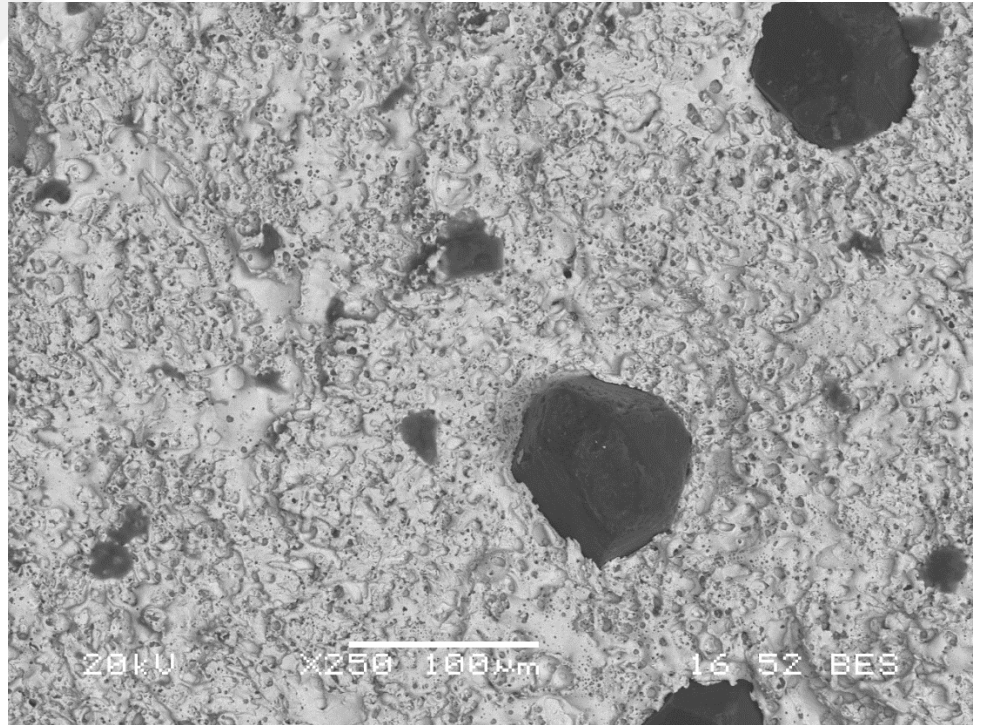


Şekil 5.24. G2 numunesi için 1.000 büyütme SEM görüntüsü.

Şekil 5.25 te G2 numunesine ait 500 büyütme ve 5.26 da G2 diskinde ait 250 büyütme SEM analiz görüntüsü verilmiştir.

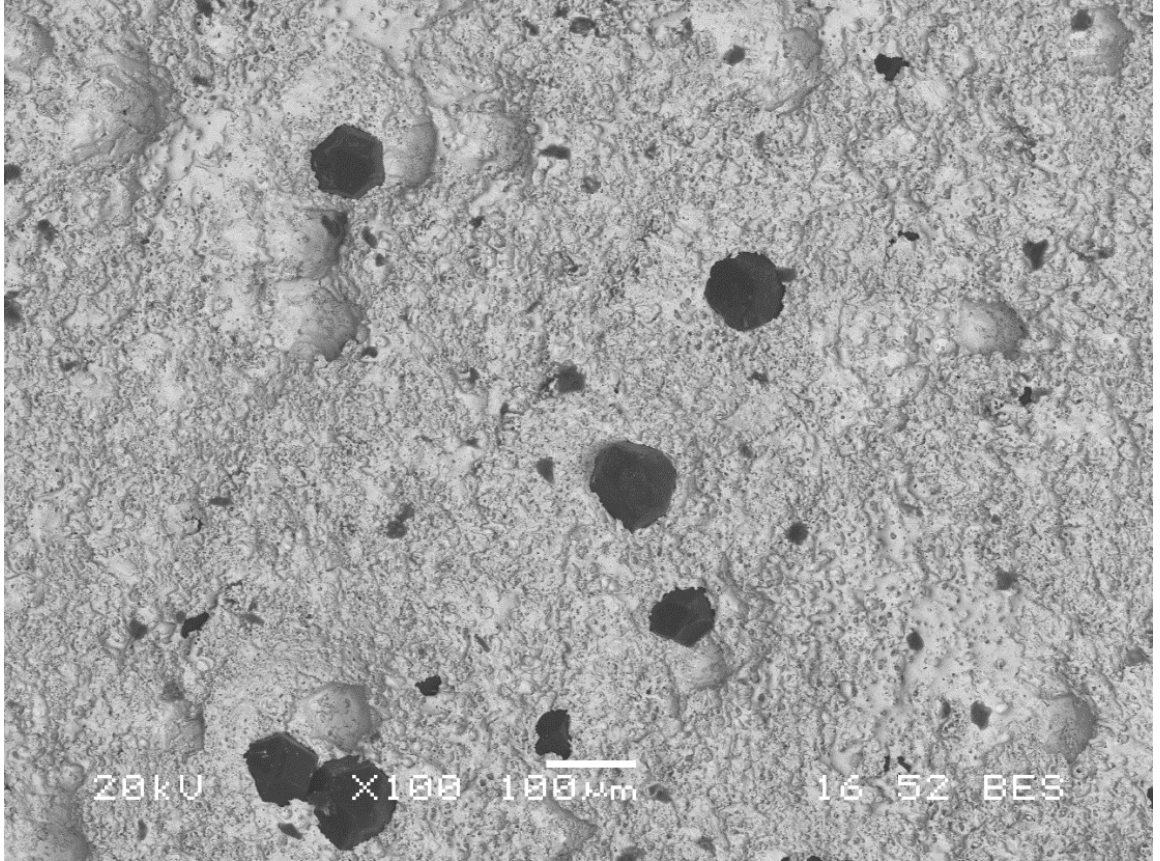


Şekil 5.25. G2 numunesi için 500 büyütmeli SEM görüntüsü.



Şekil 5.26. G2 numunesi için 250 büyütmeli SEM görüntüsü.

Şekil 5.27 da G2 numunesi için 100 büyütme SEM analizi görüntüsü verilmiştir.



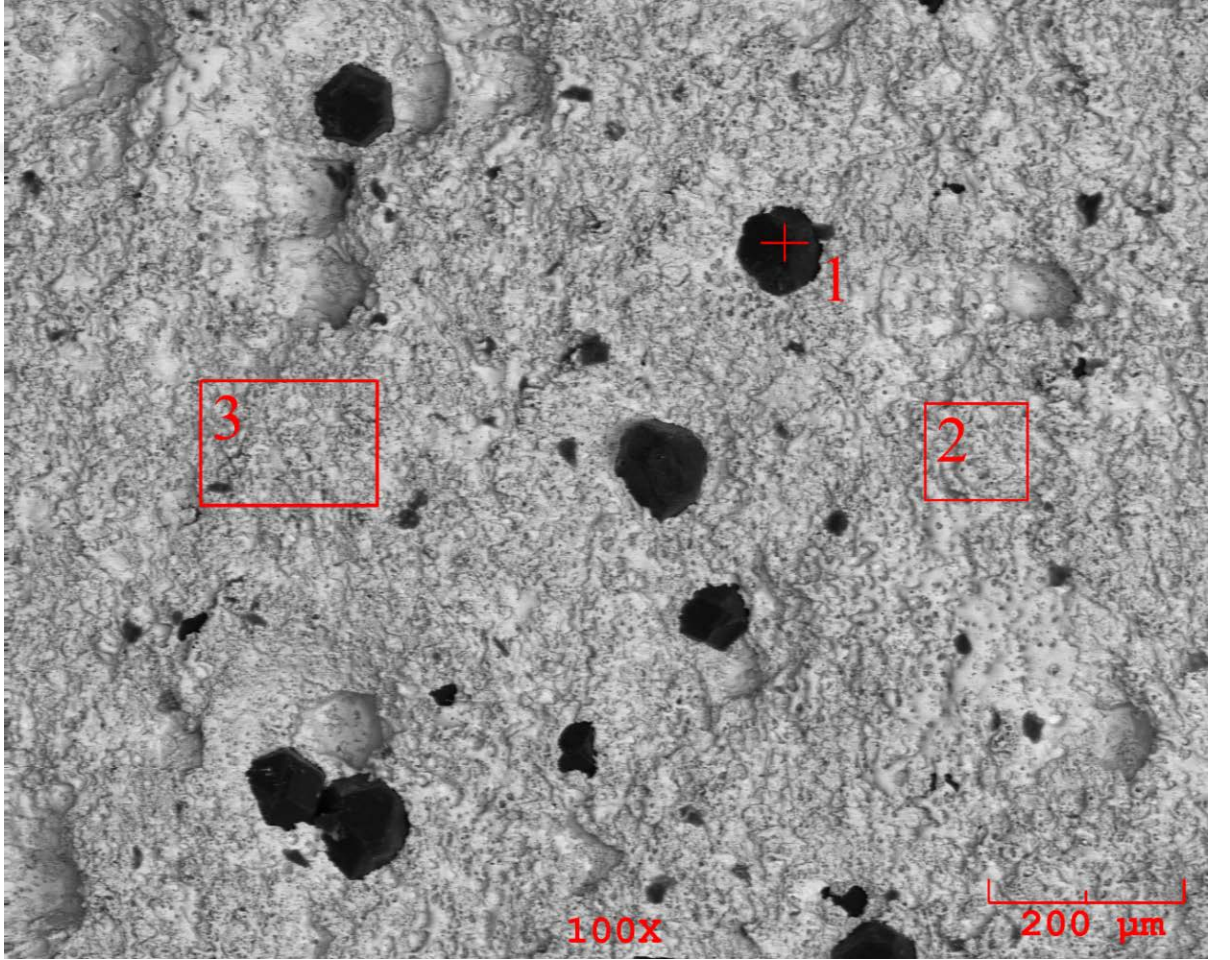
Şekil 5.27. G2 numunesi için 100 büyütme SEM görüntüsü.

İlk numunede olduğu gibi yukarıdaki SEM görüntüleri analiz edilmiş ve EDS analizine gerek olduğu sonucuna varılmıştır. Birinci bölge siyah parçacıkların olduğu bölge olup tamamı karbondur ve elmas parçacıkları içermektedir. Bölge iki incelendiğinde ise % 5 oranında oksijen görülmüştür. Buda bize taşlama esnasında hava ile etkileşim olduğunu göstermektedir.

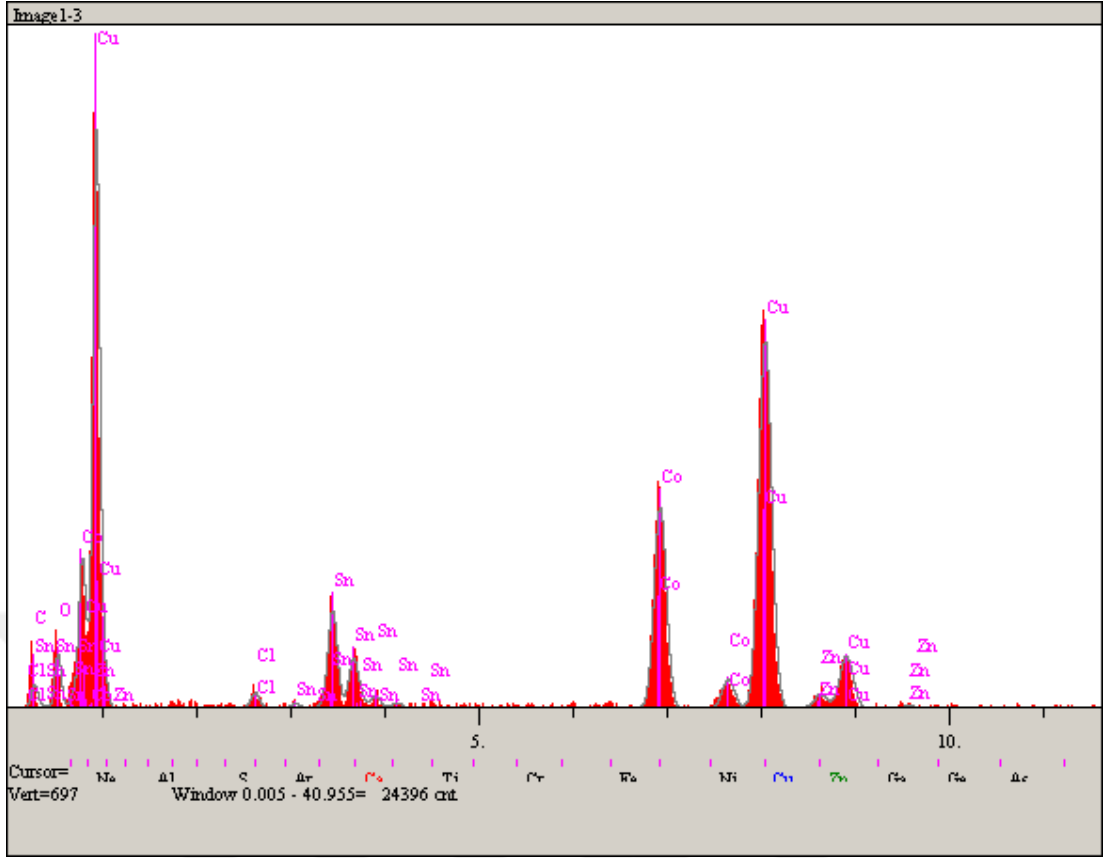
Az miktarda silisyum ve klor bulunmaktadır. Silisyum un camın yapımında kullanılan kumdan geçtiği klor un ise soğutma sıvısı içinde bulunan sudan geçtiği düşünülmektedir. Kobalt oranı G1 e göre daha az, bakır oranı ise % 60 civarında olup G1 e göre % 10 daha fazladır. Bu durum G2 nin yumuşaklığını artırmaktadır. Daha az kobalt ve daha fazla bakır kullanılarak daha yumuşak bir rodaj diski elde edilmiştir. Çinko ve kalay oranı ise G1 ile aynıdır.

Üçüncü bölge incelendiğinde ikinci bölge ile elde edilen oranlara yakın sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Sadece kobalt oranında az miktarda farklılık bulunmaktadır. Kenarlarda numunelerden taşlama sonrası diğer disklere göre az oranda çapak görülmektedir.

Şekil 5.28 de G2 rodajlama diskine ait ESD görüntüsü ve Şekil 5.29 da analiz grafiği verilmektedir.



Şekil 5.28. G2 numunesi için EDS analizi görüntüsü.



Şekil 5.29. G2 numunesi için EDS analiz grafiği.

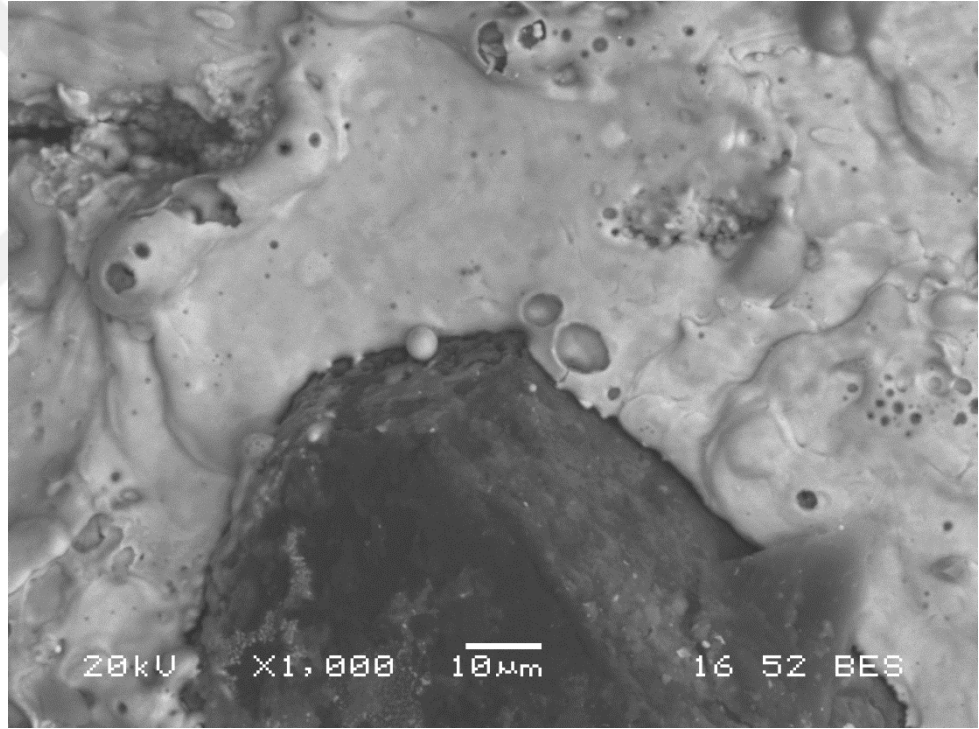
Tablo 5.4. G2 numunesi EDS analizi kimyasal kompozisyon

Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	7.44	0.996	5.250	wt.%	
O	Ka	15.83	1.453	5.069	wt.%	
Cl	Ka	6.04	0.897	0.571	wt.%	
Co	Ka	110.90	3.845	17.772	wt.%	
Cu	Ka	216.21	5.369	59.151	wt.%	
Zn	Ka	8.12	1.040	2.674	wt.%	
Sn	La	41.81	2.361	9.513	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

5.2.2.3 G3 Numunesinin analizi

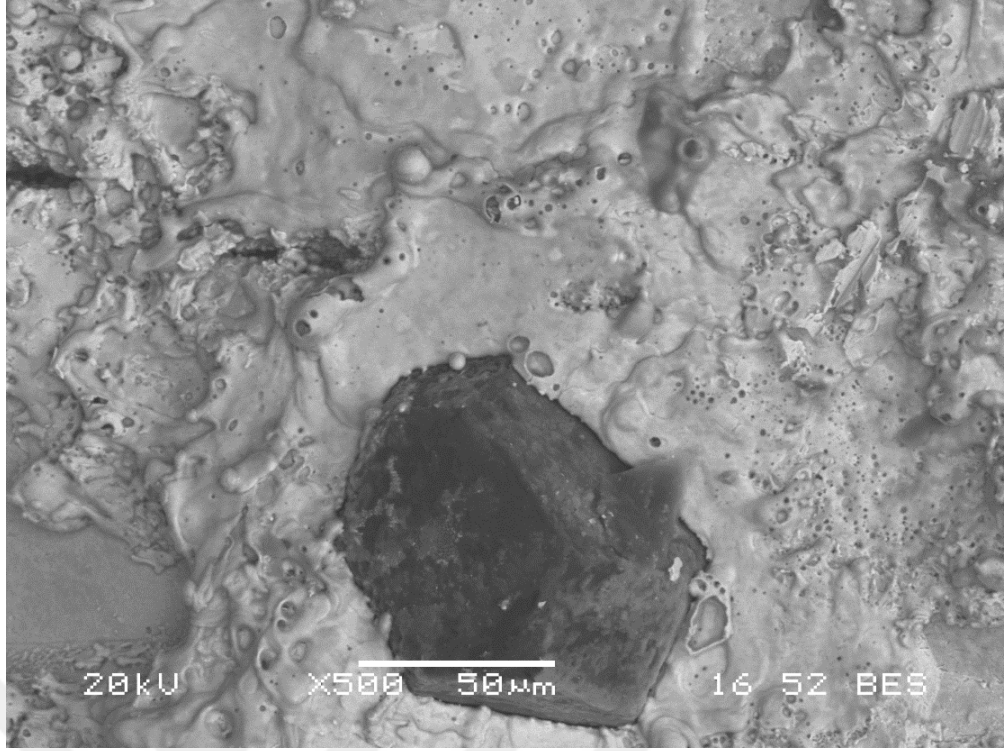
G3 diski incelendiğinde elmas parçacıklarının yüzeyinin parlak olduğu görülmüştür. Yine kopmalar vardır fakat biraz daha az sayıdadır ve tutuculuk özelliği diğerlerine göre daha fazla olduğu SEM görüntülerinden anlaşılmaktadır.

Ömür açısından 30.000 mtül taşlama miktarına ulaşmıştır. Bu açıdan bakıldığında en uzun ömürlü alıştırma dönemi diski olduğu anlaşılmaktadır. Yüzey kalitesi açısından incelendiğinde ise G2 numunesi kadar iyi olmayıp G1 rodaj diskinden daha iyi yüzey kalitesine sahip olduğu elde edilebilmektedir. Beklentileri karşılayacak yüzey kalitesi için en uzun ömürlü rodaj diskidir. Şekil 5.30 da G3 diskine ait 100 büyütme SEM görüntüsü verilmektedir.

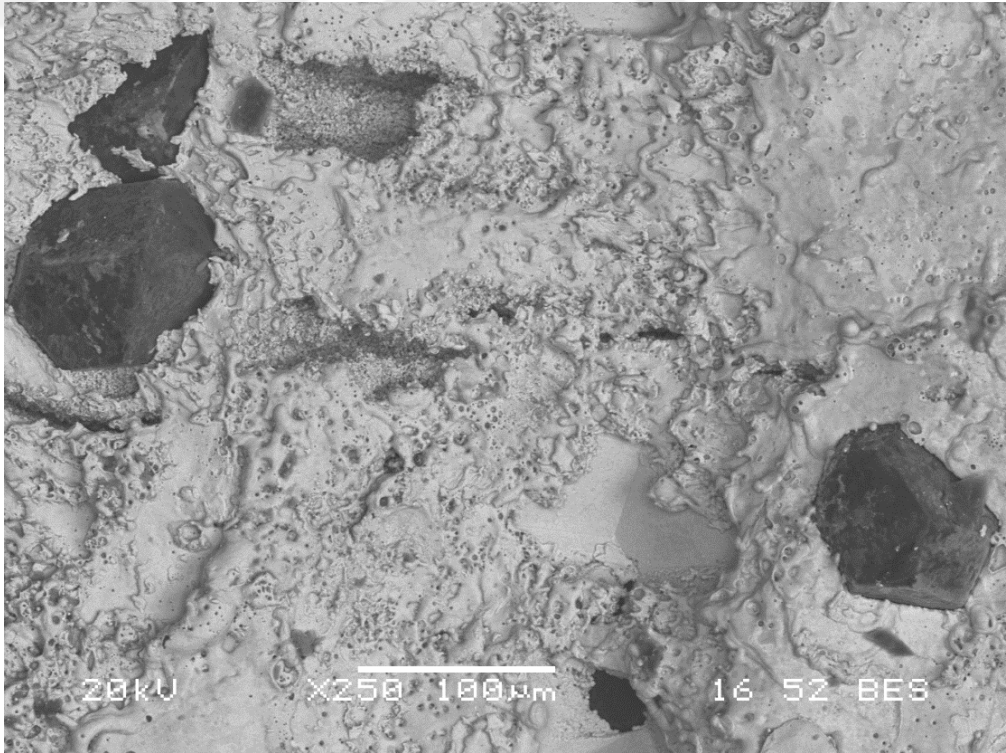


Şekil 5.30. G3 numunesi için 1000 büyütme SEM görüntüsü.

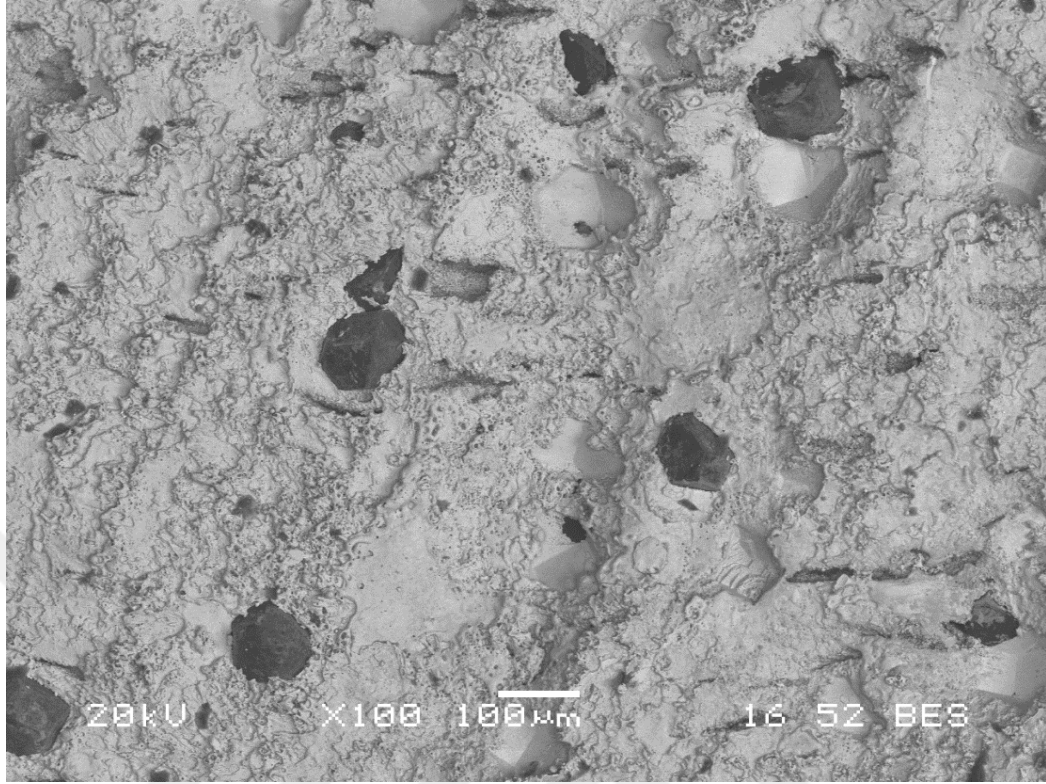
500 büyütme SEM analizi görüntüsü Şekil 5.31, 250 büyütme SEM analizi görüntüsü Şekil 5.32 ve 100 büyütme SEM analizinin görüntüsü Şekil 5.33 de verilmiştir.



Şekil 5.31. G3 numunesi için 500 büyütmeli SEM görüntüsü.



Şekil 5.32. G3 numunesi için 250 büyütmeli SEM görüntüsü.



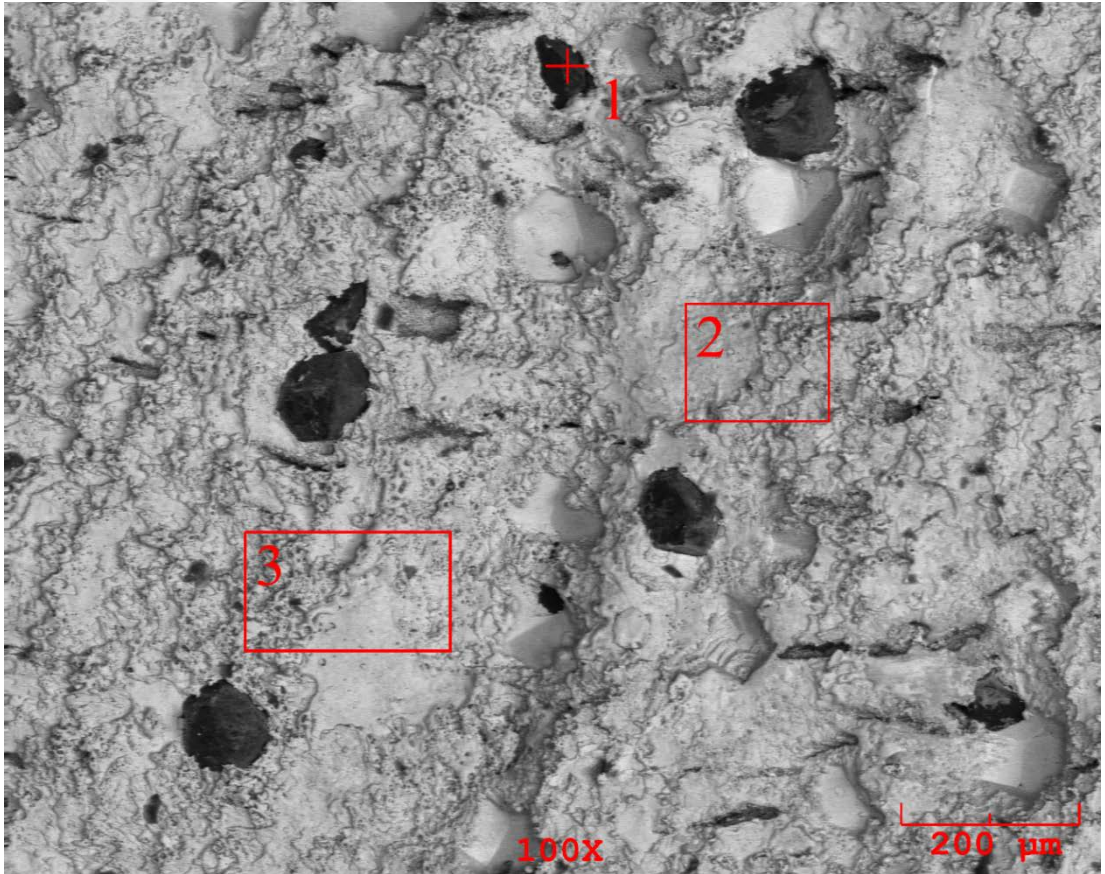
Şekil 5.33. G3 numunesi için 100 büyütmeli SEM görüntüsü.

G3 numunesi için EDS analizi incelendiğinde ise birinci bölgenin elmas parçacığına sahip olduğu görülmektedir. İkinci bölge incelendiğinde ise oksijen miktarının G1 ve G2 ye göre % 3 ila % 4 arasında daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi ise ömrünün daha uzun olduğundan dolayı işlem sırasında hava ile temasının daha fazla olmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. İkinci bir neden olarak ise yapının içinde demir olmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Yine diğer disklerde olduğu gibi az miktarda silisyum ve klor a rastlanmıştır. Bunun nedeni olarak daha önce belirtildiği gibi iş parçası olan camdan ve soğutma sıvısından geçtiği düşünülmektedir. Kobalt oranı G2 ile aynı G1 den daha düşüktür.

Önemli olan nokta ise bakır oranını % 40 lar civarında yani diğer iki diskten daha düşük olduğu görülmüştür. Kullanılan demirle yapı daha sert hale getirilmiştir. Bu durum uzun ömre sahip olmasının nedenlerinden biri olabilir. Diğer önemli bir nokta ise G3 diskinde görülen çinko değerinin G1 ve G2 disklerinden çok fazla olduğu

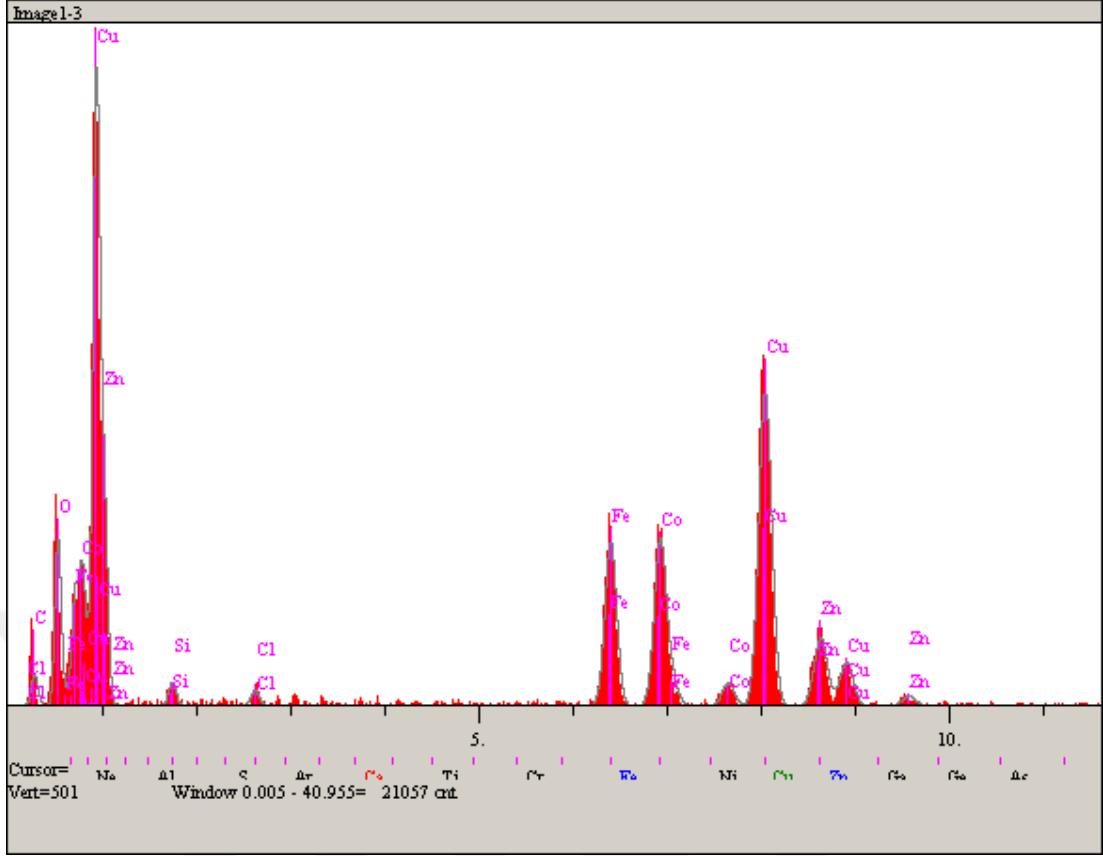
görülmüştür. G3 diskinde % 12 ila % 14 arsında çinko bulunmaktadır. G1 ve G2 disklerinde ise bu oranda çinko görülmemiştir. Kobalt ve bakır oranını azaltıp çinko ve demir oranını artırarak elmas parçacıklarını tutma özelliği daha fazla olan sert rodaj diski elde edilmiştir. Bu sayede ömür değerlerinde artış görülmüştür. Tutunmalar daha fazla olup elmas parçacıkları rodajlama işlemini daha uzun süre yapmıştır. Böylece takım ömrü olarak 30.000 mtül değerini aşmıştır.

Üçüncü bölgedeki EDS analizi ile ikinci bölgedeki analiz değeri birbirine yakındır ve bu nedenle yapısının homojen olduğu anlaşılmaktadır. Müşteri beklentisini karşılayacak pürüzlülük değeri için uygun ömür elde edilmektedir. Bu sayede üretim maliyetlerinden tasarruf sağlanabilir. Şekil 5.34 te G3 diski için EDS görüntüleri ve analiz grafikleri verilmektedir.



Şekil 5.34. G3 numunesi için EDS analizi görüntüsü.

Şekil 5.35 te G3 numunesi için EDS analizi grafiği ve tablo 5.5 te kimyasal kompozisyon durumu verilmektedir.



Şekil 5.35. G3 numunesi için EDS analizi grafiği.

Tablo 5.4. G3 numunesi EDS analizi kimyasal kompozisyon

Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	7.10	0.972	6.534	wt.%	
O	Ka	35.01	2.160	11.380	wt.%	
Si	Ka	6.12	0.903	0.961	wt.%	
Cl	Ka	4.45	0.770	0.509	wt.%	
Fe	Ka	63.09	2.900	10.930	wt.%	
Co	Ka	65.62	2.958	12.844	wt.%	
Cu	Ka	132.86	4.208	44.824	wt.%	
Zn	Ka	29.48	1.982	12.019	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Gelişen cam endüstrisi ile son yıllarda birçok alanda cam kullanılmaya başlanmıştır. Kullanım alanlarının günden güne genişlemesi ile birlikte çok yüksek miktarda camın işlenmesine gerek duyulmaktadır. Üretimin hızlı ve doğru toleranslarda olması için çalışmalar yürütülmektedir. Bizde bu kapsamda cam kenarlarının rodajlanmasında kullanılan rodaj disklerinin farklı karışıma sahip 3 çeşidiyle farklı deneyler gerçekleştirdik. Hepsini farklı karışıma sahip disklerle Bolu'da bulunan beyaz eşya sektörüne cam üretimi yapan firmada deneylerimizi gerçekleştirdik.

Deneylerde 3 farklı kimyasal bileşime sahip aynı elmas parçacıkları içeren takımlar kullanılmıştır. Deney kısmındaki kesme parametreleri aynı alınmıştır. Deney sonrasında rodaj disklerinin SEM ve EDS analizi yapıp kimyasal kompozisyonu çıkartılmıştır.

İncelenen diskler sonucunda bir nolu diskin en az ömre sahiptir. İki nolu disk ömür açısından bir nolu diske göre daha iyi olduğu görülmüştür. En yüksek kullanım ömrüne sahip olan disk ise üç nolu disk olmuştur. Fakat yüzey pürüzlülüğü açısından ise 2 nolu disk daha iyi sonuç vermiştir.

Bunların nedenleri araştırıldığında disklerin kimyasal bileşiminin işlenen cam yüzey kalitesine etki ettiği belirlenmiştir. Aynı zamanda kimyasal birleşim takım ömrünü de etkilemektedir. Genel olarak baktığımızda temel matris malzeme olarak kullanılan bakır, taşlama disklerinde tercih edilebilir.

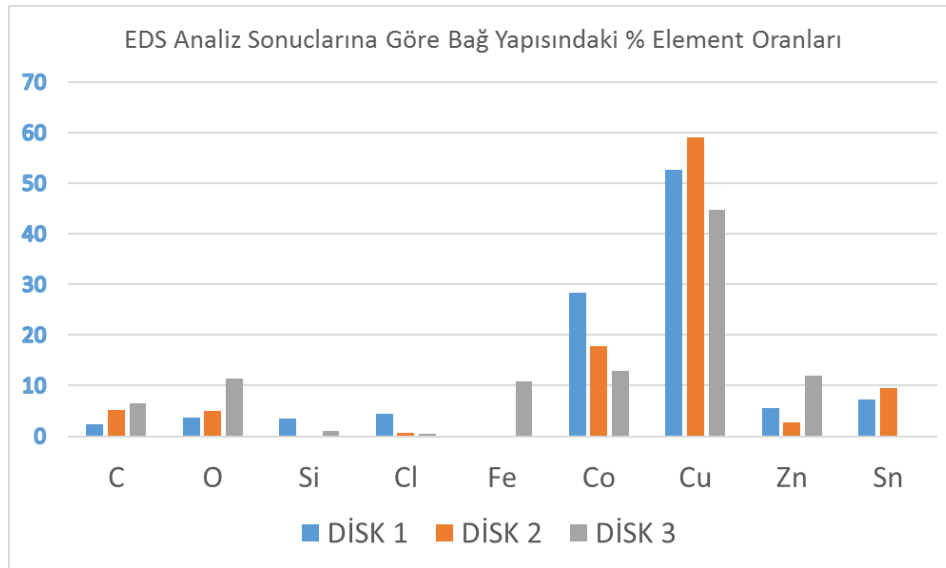
Disklin ömrünü artırmak için 3 nolu diskte olduğu gibi bakır matrisli malzemeye demir eklenebilir. Demir eklemekle rodaj disklerinde belirli ömür artışı görülmektedir. Fakat bu ömür artışı sağlanırken yüzey kalitesinde azalmalar meydana gelebilmektedir. İstenen yüzey kalitesini sağlması halinde bakır bazlı demir eklenmiş rodaj diski tercih edilebilir. Bu sayede ömrü yüksek disk kullanılıp maliyet düşümü sağlanabilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

3 farklı firma tarafından Türkiye’de üretilmiş elmas mesh boyutuna sahip farklı kimyasal bileşime sahip rodaj disklerinde yapılan incelemeler sonucunda, kimyasal bileşimi yüzey kalitesine ve takım ömrüne etki ettiği görülmüştür. Cam fabrikasında yapılan deneyler sonucunda 140/170 mesh boyutunda elmas taneciklere sahip rodaj disklerinin kullanımı beklenen yüzey kalitesini sağlamaktadır. Takım ömrünü artırabilmek için 3 nolu rodaj diskinde olduğu gibi bakır bazlı yapıya demir eklenebilir. Bu sayede 30.000 metre tül takım ömrüne çıkılabilir.

SEM mikroskop analizinde elmas parçacıklarının yüzeyinin temiz ve keskin olduğu görülmüş buda bize rodaj disklerinin iyi bir karışıma sahip olup elmas parçacıklarını iyi bir şekilde tuttuğunu göstermektedir. 3 nolu rodaj diski için elde edilen yüzey kalitesi müşteri tarafından uygun görüldüğünde bu diskin kullanımı ömür artışı sağlayacaktır.

Karışım oranı% 40 bakır, % 11 demir, % 13 çinko olan ve 140/170 mesh boyutuna sahip elmas parçacığı içeren rodaj diski ömür açısından kullanıma uygundur. İleriki aşamada bu rodaj diskiyle farklı parametrelerde deney yapılarak optimizasyon tekniği ile en uygun kesme parametreleri bulunabilir. Şekil 5.36 da rodaj disklerinin bağ yapısında bulunan elementlerin oransal olarak grafiği verilmiştir.



Şekil 5.36. Rodaj disklerinin bağ yapılarının element analiz grafiği.

8. KAYNAKLAR

- Adıyaman O (2015) Geliştirilen ikincil dönel eksenli taşlama mekanizması ile düzlem yüzey taşlama işleminde kesme parametrelerinin araştırılması. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Aktaş N (2014) Camların Fiziksel Özellikleri, <https://prezi.com/k9mct8fxxzwx/camlarin-fiziksel-ozellikleri/>, (18.03.2018)
- Apay S ve Gülenç B (2013) “AISI 1018 Çelik Yüzeyine GTA Yöntemiyle Stellite 6 Kaplamanın Mekanik Özelliklere Etkisi”, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 1(2): 62-76
- Paul (1990) Chemistry of Glasses, Second Edition, Chapman and Hall,
- Arslan N (2013) “Serbest Cam Tasarımı ve Endüstriyel Cam Tasarımı Eğitiminde Sıcak Cam Atölyesinin Önemi”, İstanbul
- Artini C, Muolo M.L, Passerone A (2012) “Diamond–metal interfaces in cutting tools: a review” Journal of Materials Science, 47: 3252–3264.
- Baker (2010) Kiln Forming Glass. Marlborough, Wiltshire: The Crowood Press Ltd
- B. Yüksel (2007) %20–35–50 LAS4 İçeren LS2- LAS4 Camlarının Kontrollü Kristalizasyonu, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Butler D.L, Blunt LA, See B.K, Webster J.A, Stout K.J (2000) “The Characterization of Grinding Wheels Using 3D Surface Measurement Techniques”, Journal of Materials Processing Technology, Volume 127, Pages 234–237
- Callister D.W (2007) Materials Science and Engineering AnIntroduction, Utah University, Utah, U.S.A,
- Chen X (1996) “Analysis and Simulation of the Grinding Process”, International Journal of the Machine Tools and Manufacture, 36:871.
- Chen X And Brain W (1996) “ Analysis and simulation of the grinding process, Part II: Mechanics of grinding” , International Journal of Machine Tools & Manufacture , 36:883-896
- Cummings K (2002) A History of Glassforming. London: A. & C. Black
- Demir H, Güllü A, (2001) Taşlamada Parametrelerin Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7.2: 189-198.
- Demirkesen E (1992) Camlar ve Cam Seramikler Ders Notları, İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi, İstanbul.

- Denkena B, Grove T, Bremer I, & Behrens L (2016) ‘‘Design of bronze-bonded grinding wheel properties’’, CIRP Annals-Manufacturing Technology, Volume 65(1), Pages 333-336.
- Dişbudak T (2015) Alüminyum Alaşımının Talaşlı İşlenmesinde İlerleme Miktarı, Kesme Hızı ve Kesme Derinliğinin Yüzey Kalitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, AİBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Elitez G (2003) Plastik Sanatlarda Cam Malzemenin Uygulanışı. Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi
- Ergün G, Yenisey M (2006) ‘‘Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit (FGK) Sabit Protezlerin Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İle Değerlendirilmesi ve İçeriklerinin Element Analizlerinin (EDS) Yapılması’’, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 7(2): 73-81.
- Gross U, Strunz V (1985) ‘‘The Interface of Various Glasses And Glass ceramics with a Bony Implantation Bed’’, J. Biomed Mater. Res. 19, 241.
- Güllü A (1995) Silindirik Taşlamada İstenilen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Günay M (2003) Talaş Kaldırma İşlemlerinde Kesici Takım Talaş Açısının Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Günay V, Yılmaz Ş (2010) ‘‘Cam- Seramikler Bilim ve Teknolojisi’’, TÜBİTAK, Gebze.
- Günay V (2010) Cam-Seramikler Bilim ve Teknolojisi, TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü
- Hegeman J.B (2000) Fundamentals of grinding surface conditions of ground materials, Doktora Tezi, Groningen Üniversitesi, Matematik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Groningen.
- Hird J R and Field J E (2005) ‘‘A wear mechanism map for the diamond polishing process’’, Wear, 258: 18.
- Huang L, Chen Joseph C, Chang T (1999) ‘‘Effect of tool/chip contact length on orthogonal turning performance’’, Journal of Industrial Technology , 15(2):88-91
- Johnston J, Adams L (1912) The American Chemical Society, Inc., vol.563, no.34
- Kalpakistan S (1991) ‘‘Manufacturing process for engineering materials’’, AddisonWesley, New York, s120-121.

- Kantur U (2009) “Kurşun Geçirmez Camların Üretim Prosesi ve Kurşun Geçirmez Camların Balistik Testleri İncelemesi”, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mak. Müh. Fak
- Karabulut Y.Ş (2009) Düz Cam Sanayisindeki Yeniliklerin Dış Ticaret Üzerine Etkisi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Karasu B, Ay N (2000) Cam Teknolojisi Temel Ders Kitabı. Ankara: Milli Eğitim Basımevi
- Kaya E (2007) Silindirik taşlamada helisel kanallı taşların yüzey pürüzlülüğüne etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Kim S.H, Ahn J.H (1999) “Decision Of Dressing İnterval And Depth By The Direct Measurement Of The Grinding Wheel Surface”, Journal of Materials Processing Technology, 88: 190–194.
- Kocabağ D (2002) Cam Kimyası, Özellikleri, Uygulaması. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Kocabağ D (2005) Camların Kimyası ve Özellikleri, Birsen Yayınları, İstanbul,
- Kohler L (1998) Glass An Artist's Medium. Iola: Krause Publications.
- Kuşçuluoğlu S, Yücesoy D, Engin S (1993) Cam Teknolojisine Giriş, 1. Baskı, I. Cilt, s. 19–23, Şişecam Eğitim Müdürlüğü, İstanbul
- Küçükerman Ö (1985) Cam Sanatı ve Geleneksel Türk Camcılığında Örnekler. Ankara: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları
- Lightfoot C, Arslan M (1992) Ancient Glass of Asia Minor: The Yüksel Erimtan Collection Anadolu Antik Camları: Yüksel Erimtan Koleksiyonu. Ankara: Ünal Offset Ltd. Şti
- Malkin S, and Guo C (2008) Grinding technology - Theory and applications of machining with abrasives, Industrial Press, New York
- Martin S.W, Lecture Notes - Iowa State University, Iowa, U.S.A, <http://mse.iastate.edu/who-arc/people/faculty/Steve-W-Martin.html>, Nisan, 2005.
- M. Yamane, Y. Asahara, Glass Properties, Cambridge University Press (2000)
- Megep (2008) “Seramik ve Cam Teknolojisi Camın Kimyasal Yapısı”, MEB, Ankara.
- Mızrak H. V (2016) Makara Dış Çap Taşlamada Gerekli Yüzey Pürüzlülük Değerinin Elde Edilmesi İçin Deney Tasarım Yöntemi İle Optimum Taşlama Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Morey G.W, Mervin H.E (1932) Journal of Optical Soc. Am., vol.632, no.22
- Morst, Scholze, Glaz (1977) natur, structur und Eigenschaft der springer- vorlong, s.130
- Mustafa B, Yakup E, Mustafa A (1982) Taşlamacılık ve Alet Bileme Teknolojisi, sh 1, İstanbul.
- Nguyen A. T, Butler D. L (2008) Correlation of grinding wheel topography and grinding performance: A study from a viewpoint of three-dimensional surface characterisation. Journal of Materials Processing Technology, 208(1), 14-23.
- Oksel H, Öztürk O, Tunç S, Yardımcı M (1991) "Motor Bölümü Yenileştirme Atelyesi İş ve İşlem Yaprakları", MEB Basımevi, İstanbul
- Onishi H, Kondo Y, Yamamoto S et al. (1996) "Fabrication of porous cast-iron bonded diamond grinding wheels and their evaluation to grind ceramics", Journal of the American Ceramic Society, 104: 610-613.
- Özdoğan M (2003) %15 Fluorapatit İçeren Potasyum-Kalsiyum Mika Cam Seramiklerinin Kristalleşme Davranışları, Mikro Yapısı ve İşlenebilirlik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Öztürk M (2006) "Temperli otomobil camlarında mekanik özelliklerin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-10
- Özgümüş Ü. C (2013) Çağlar Boyu Cam Tasarımı. İstanbul: Arkeoloji Sanat Yayınları.
- Öztürk S (2014) Microstructural analysis of metal-bond diamond tools in grinding of flat glass. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 45(3), 187-191.
- Ozturk S (2016) Grinding of flat glass with Fe-and Cu-based diamond tools. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 0954405416673113.
- Polini W and Turchetta S (2005) "Evaluation of diamond tool wear", The International of Advanced Manufacturing Technology, 26: 959
- Popov A. V (2009) "Increasing the efficiency of diamond edging of flat glass", Glass and Ceramics, Volume 66(5), Pages 210-211
- P.W. Mc Millan (1979) Glass-Ceramics, Second Edition, Academic Press,
- Sağlam M (2016) Taguchi Deney Tasarım Yöntemi Kullanılarak Sementasyon Çeliğinin Teğetsel Silindirik Taşlama Yöntemi İle İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.

- Sak C (1986) “ Genel Taşlamacılık”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sarikaya Y (1988) A. Ü. Fen Fak., Fizikokimya ve uygulamaları, İstanbul,
- Selveraj P, Radhakrishnan P and Asithan M (2009), “An integrated approach to design for manufacturing and assembly based on reduction of product development time and cost”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 42: 13-29.
- Sun Y. X, Tsai Y. T, Lin K. H (2015) “The influence of sintering parameters on the mechanical properties of vitrified bond diamond tools”, Materials & Design, Volume 80, Pages 89-98.
- Sümer G (2007) “Cam Teknolojisi”, Çağrı Ofset, Eskişehir, 30-82, 155-160
- Stone G (2010) Firing Schedules for Glass The Kiln Companion. Melbourne: Igneous Glassworks.
- Şahin Y (2001) Talaş Kaldırma Prensipleri 2. Nobel Yayın Dağıtım, 240, 490s. Ankara.
- Tosun Felekoğlu K (2014) Dokuz Eylül Üniversitesi Ders Notları, <http://kisi.deu.edu.tr/kamile.tosun/>, (19.03.2018).
- Tonshoff H.K, Karpuschewski B, and Mandrysch T (1998) Grinding Process Achievements and their Consequences on Machine Tools Challenges and Opportunities, Annals of the CIRP, 47, 651-668
- Tonshoff H. K, Friemuth T and Becker J. C (2002) Process Monitoring in Grinding, Annals of the CIRP, 51, 551-571.
- Toydemir N (1990) Cam Yapı Malzemeleri, Sakarya Gazetecilik ve Matbaacılık Tic. A. Ş., Eskişehir,
- Uçkan O, Yelda B (2008) Cam Tarihine Genel Bir Bakış. Anadolu Sanat, Sayı:19,97-110.
- Wang P. F, Li Z, H, Li J, Zhu Y. M (2009) “Effect of ZnO on the interfacial bonding between Na₂O–B₂O₃–SiO₂ vitrified bond and diamond”, Solid state sciences, Volume 11(8), Pages 1427-1432.
- Webb S and Jackson W (1998) “Analysis of blade forces and wear in diamond stone cutting”, Journal for Manufacturing Science, 120(1): 84-92.
- Wegener K, Hoffmeister H. W, Karpuschewski B, Kuster F, Hahmann W. C, & Rabiey M (2011) Conditioning and monitoring of grinding wheels. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 60(2), 757-777.

Yazar T ve Aslan T (2013) “Biçimlerin Temel İlkeleri Bağlamında Simge Olarak Geleneksel Türk Cam Sanatı Ve Gelişimi”, The Journal of Academic Social Science Studies, 6: 829-854.

Yılmaz Ş (2008) Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Cam ve Cam-seramik Malzemeler ders notları, Sakarya



9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Niyazi ÜNLÜ
Doğum Yeri ve Tarihi : Mudurnu / 25.06.1985
Lisans Üniversite : Sakarya Üniversitesi
Y. Lisans Üniversite (varsa): Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Elektronik posta : niyazi.unlu@barilla.com
İletişim Adresi : İzzet Baysal Mah. Esin Sok. No:11 D:7
Yayın Listesi : -
Ödüller : -