

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



**DÜZ CAMIN RODAJLANMASINDA KULLANILAN KESME
PARAMETRELERİNİN İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLA
OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KADİR ÖZBEK

BOLU, KASIM - 2018

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



**DÜZ CAMIN RODAJLANMASINDA KULLANILAN KESME
PARAMETRELERİNİN İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLA
OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KADİR ÖZBEK

BOLU, KASIM - 2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Kadir ÖZBEK tarafından hazırlanan "DÜZ CAMIN RODAJLANMASINDA KULLANILAN KESME PARAMETRELERİNİN İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLA OPTİMİZASYONU" adlı tez çalışması Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 21/11/2018 tarihinde BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Jüri Üyeleri

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

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

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DAL
Sakarya Üniversitesi

İmza


.....

.....

.....

Mezuniyet Tarihi :

Doç. Dr. Ömer ÖZYURT 
.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Aileme,

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Kadir ÖZBEK



ÖZET

DÜZ CAMIN RODAJLANMASINDA KULLANILAN KESME PARAMETRELERİNİN İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLA OPTİMİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KADİR ÖZBEK

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. SABRİ ÖZTÜRK)

BOLU, KASIM - 2018

Bu araştırmada, üç farklı taşlama taşı kullanılmış, farklı kesme hızı ilerleme değerleri, sabit kesme derinliği için elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri karşılaştırılmıştır. Rodaj disklerinin mikroyapı analizi, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji dağıtıcı X-ışını analiz cihazı (EDX) ile gerçekleştirildi. Tüm testler düz cam işleyen fabrikanın üretim hattında gerçekleştirilmiştir. Yüzey kalitesi ile kesme parametreleri arasındaki ilişkinin analizi için ANOVA (Analysis of Variance) kullanılmıştır. Taşlama işleminin belirsizliğine göre, kesme parametrelerinin performansını tahmin ve optimize etmek için istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. İşleme parametreleri, yanıt yüzey metodolojisi (RSM) dikkate alınarak optimize edilmiştir. Son olarak, olasılıklı belirsizlik analizi, ilerleme miktarı ve tekerlek dönme hızının bir fonksiyonu olarak Monte Carlo simülasyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Müşteriler tarafından istenen yüzey pürüzlülüğü değeri için en uygun taşlama parametreleri yapılan optimizasyon ile belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Düz cam, Yüzey pürüzlülüğü, Kesme hızı, Taşlama, İlerleme hızı

ABSTRACT

OPTİMİZATION OF CUTTING PARAMETERS DURING GRINDING OF FLAT GLASS WITH STATİSTICAL APPROACH

MSC THESIS

KADİR ÖZBEK

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

BOLU, NOVEMBER 2018

In this research, three different grinding wheels are used and compared in terms of surface roughness in different cutting speeds and feed rates with a constant depth of cut value. The microstructure analysis of the grinding tools is performed with a scanning electron microscope (SEM) and an energy dispersive X-ray analysis device (EDX). All the tests are carried out on the production line in a flat glass plant. ANOVA (Analysis of Variance) is used for the analysis of relationship between the surface quality and the grinding parameters. According to the uncertainty of the grinding process, the statistical methods are being used for estimating the performance of cutting parameters and optimizing them. The machining parameters are optimized considering response surface methodology (RSM). Finally, the probabilistic uncertainty analysis is performed by using Monte Carlo simulation as a function of feed rate and wheel speed. By the optimization, the most suitable grinding parameters are determined for the surface roughness value desired by the customers.

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

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
TABLO LİSTESİ	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	3
3. CAM	6
3.1 Camın Tarihçesi.....	6
3.2 Cam Hakkında Genel Bilgiler	7
3.3 Camı Oluşturan Ana Maddeler ve Yardımcı Bileşenler.....	8
3.3.1 Camlaşıcılar	9
3.3.1.1 Silisyum Oksit (SiO ₂).....	9
3.3.1.2 Bor-Silikat Camlar (B ₂ O ₃ – SiO ₂)	9
3.3.1.3 Fosfor oksit (P ₂ O ₅)	10
3.3.2 Eriticiler	10
3.3.2.1 Sodyum Oksit (Na ₂ O)	10
3.3.2.2 Potasyum Oksit (K ₂ O)	10
3.3.2.3 Lityum Oksit (Li ₂ O).....	11
3.3.3 Stabilizatörler (Sabitleştiriciler).....	11
3.3.3.1 Kalsiyum Oksit	11
3.3.3.2 Kurşun Oksit	12
3.3.3.3 Baryum Oksit	12
3.3.3.4 Magnezyum Oksit	12
3.3.3.5 Çinko oksit	12
3.3.4 Yardımcı Bileşenler (İkincil Bileşenler).....	13
3.3.4.1 Yardımcı Bileşen Oksitleri.....	13
3.3.4.2 Camı Oluşturan Yardımcı Maddeler	13
3.4 Camın Özellikleri	13
3.4.1 Camın Fiziksel Özellikleri	13
3.4.2 Camın Kimyasal Özellikleri	15
3.4.3 Camın Mekanik Özellikleri	15
3.5 Cam Sanayisinde Dünya Ekonomisi ve AB Ülkelerinin Genel Durumu	16
3.6 Cam Sanayisinin Türkiye’deki Gelişimi ve Genel Durumu.....	18
3.7 Cam Sektörünün İhracat ve İthalat Değerlendirmesi	20
4. TAŞLAMA İŞLEMİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	22

4.1	Taşlama İşleminin Tanımı.....	22
4.2	Taşlama İşlemi ve Yüzey Kalitesi.....	24
4.3	Taşlama Çeşitleri.....	24
4.3.1	Silindirik Taşlama.....	25
4.3.1.1	Silindirik Dış Yüzey Taşlama.....	25
4.3.1.2	Silindirik İç Yüzey Taşlama.....	26
4.3.2	Düzlem Yüzey Taşlama.....	27
4.3.2.1	Yatay Düz Yüzey Taşlama.....	27
4.3.2.2	Düşey Düz Yüzey Taşlama.....	27
4.4	Rodaj Disklerin Bilenmesi.....	27
4.5	Taşlamaya Etki Eden Faktörler.....	28
4.5.1	Taşlama Taşının Özellikleri.....	28
4.5.2	Malzeme ve Şekli.....	30
4.5.3	Kesme Hızı.....	30
4.5.4	İş Parçasının Hızı.....	32
4.5.5	Tabla İlerleme Hareketi.....	32
4.5.6	Talaş Derinliği.....	32
4.5.7	Temas Yüzeyi.....	33
4.5.8	Kesme Sıvısı.....	33
4.6	Yüzey Pürüzlülüğü.....	33
4.7	Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Parametreleri.....	34
4.7.1	Aritmetik Ortalama Pürüzlülük (Ra).....	34
4.7.2	Ortalama Pürüz Yüksekliği (Rz).....	35
4.7.3	Kuadratik Ortalama Pürüzlülük (Rq).....	36
4.7.4	Azaltılmış Vadileri Yüksekliği (Rvk).....	37
4.7.5	Azaltılmış Tepe Yüksekliği (Rpk).....	37
4.7.6	Malzemenin Uzun Dönem Davranış Karakteri (Rk).....	37
4.7.7	Yatıklık (Rsk).....	37
4.8	Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri.....	38
4.8.1	Karşılaştırma Metodu İle Ölçüm.....	39
4.8.1.1	Görsel Muayene.....	39
4.8.1.2	Dokunarak Muayene.....	39
4.8.1.3	Çizik ile Muayene.....	39
4.8.1.4	Mikroskop ile Muayene.....	39
4.8.1.5	Yüzey Fotoğrafları ile Muayene.....	40
4.8.1.6	Mikro-İnterferometre.....	40
4.8.1.7	Wallace Yüzey Dinamometresi.....	40
4.8.1.8	Yansıyan Işık Yoğunluğu.....	40
4.8.2	Cihaz ile Ölçüm Yöntemi.....	40
4.8.2.1	Profilometre.....	41
4.8.2.2	Tomlinson Yüzeymetre.....	41
4.8.2.3	Taylor Hubson Talysurf.....	42
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	44	
5.1	Materyal.....	44
5.1.1	Deney Malzemesi.....	44
5.1.2	Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	45
5.1.3	Deneyde Kullanılan Makinalar ve Parçaları.....	47
5.1.3.1	Rohmer Makinası.....	47
5.1.3.2	Rodaj Diskleri.....	49
5.1.3.3	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	51

5.1.3.3.1	Jeol Jsm-6060 Lv SEM Cihazı.....	53
5.1.3.4	Marsurf M 300 Mobil Pürüzlülük Ölçme Aleti	55
5.2	Yöntem	58
5.2.1	Deneylerin Yapılışı	58
5.2.2	Deneyin Sonuçları.....	59
5.2.2.1	Üç Farklı Rodaj Disklerinin Karşılaştırılması.....	59
5.2.2.2	Yüzey Pürüzlülük Sonuçları	60
5.2.2.3	İstatistikler Analiz ve Optimizasyon.....	66
5.2.2.4	Sem Cihazı Sonuçları.....	75
5.2.2.5	Amaç Fonksiyonu	77
6.	BULGULAR VE TARTIŞMA	79
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	80
8.	KAYNAKLAR.....	81
9.	ÖZGEÇMİŞ.....	86



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Sıcaklık–özgül hacim ilişkisi	7
Şekil 3.2. Sıcaklık–viskozite ilişkisi	8
Şekil 3.3. Cam ve cam ürünlerinin ihracat değerleri	20
Şekil 3.4. Cam ve cam ürünleri ithalat değerleri (Milyon ABD Doları) ...	21
Şekil 4.1. Metallerin taşlama taşı ile işlenerek taşlanması	23
Şekil 4.2. Kesme için taşın kendi eksenini etrafında dönmesi	23
Şekil 4.3. Kesme için işin hareket etmesi	23
Şekil 4.4. Kaba ve final taşlanmış yüzeylerin mikroskop görüntüleri.....	24
Şekil 4.5. Puntasız taşlama sistemi	26
Şekil 4.6. Çeşitli silindirik iç yüzey taşlama işlemleri (alın–kanal–profil) taşlama	26
Şekil 4.7. Taşlama taşının üzerindeki rakam ve harflerin anlamı	29
Şekil 4.8. Taşlama taşı üzerindeki sembollerin anlamı	31
Şekil 4.9. Yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu gösterimi ve yüzey profili	34
Şekil 4.10. Ra yüzey pürüzlülüğün şematik gösterimi	35
Şekil 4.11. Ra, Ir ve z birimlerinin gösterimi	35
Şekil 4.12. On nokta yükseklik parametresinin tanımlanması	36
Şekil 4.13. Rpk, Rk, Rvk şekil üzerinde gösterimi	37
Şekil 4.14. Rsk şekil gösterimi	38
Şekil 4.15. Profilometre	41
Şekil 4.16. Tomlinson yöntemi şematik gösterimi	42
Şekil 4.17. Taylor Hubson Talysurf yöntemi şematik gösterimi	43
Şekil 5.1. Vakumlama işlemi	45
Şekil 5.2. Rohmer kontrol paneli	46
Şekil 5.3. Rodajlama işlemi	46
Şekil 5.4. Rodaj taş değiştirme masası	47
Şekil 5.5. Rohmer makinası	48
Şekil 5.6. Rodaj diski	50
Şekil 5.7. Taramalı elektron mikroskobu	52
Şekil 5.8. Atom ağırlığı–elektron demeti hacimsel etkileşim gösterimi	53
Şekil 5.9. Jeol Jsm – 6060 Lv sem cihazı	54
Şekil 5.10. Marsurf M 300	57
Şekil 5.11. Marsurf M300 ölçüm cihazı ile pürüzlülük ölçümü	58
Şekil 5.12. 9.Cam kenarının pürüzlülük değerleri	65
Şekil 5.13. Normal yüzdelik olasılık ve harici kalıntılar grafiği	69
Şekil 5.14. Geçek ve tahmin edilen değerlerin karşılaştırılması	70
Şekil 5.15. Tekerlek dönme hızı ile ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	71
Şekil 5.16. Yüzey pürüzlülüğüne kesme parametrelerinin etkileri (3 boyutlu grafik)	71
Şekil 5.17. Monte Carlo özet grafiği	72
Şekil 5.18. Deneysel veriler grafiği	73
Şekil 5.19. Taramalı elektron mikroskop bilgisayar görüntüsü	75
Şekil 5.20. Eas marka rodaj diski SEM görüntüsü	75
Şekil 5.21. TA3 marka rodaj diski SEM görüntüsü	76

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Camların önemli fiziksel özellikleri	14
Tablo 3.2. AB üyesi ülkelerin yıllar itibariyle cam üretimi (1.000 Ton).....	17
Tablo 3.3. Dünya cam ithalatı (1.000 ABD Doları)	17
Tablo 3.4. Dünya cam ihracatı (1.000 ABD Doları)	18
Tablo 3.5. Türkiye'nin ihracat yaptığı ülkeler (1.000 ABD Doları)	19
Tablo 3.6. Türkiye'nin ithalat gerçekleştirdiği ülkeler (1.000 ABD Doları)	20
Tablo 4.1. Taşlama taşlarının çalışma hızlarının renklerle gösterilmesi.....	31
Tablo 4.2. Ortalama hız değerleri	32
Tablo 5.1. Soda-kireç camı kimyasal analiz	44
Tablo 5.2. Rohmer makinası teknik özellikleri	49
Tablo 5.3. Kaba ve ince taneli rodaj diskleri	49
Tablo 5.4. Jeol Jsm – 6060 Lv sem cihazı özellikleri	55
Tablo 5.5. Marsurf M 300 mobil pürüzlülük ölçme aleti	56
Tablo 5.6. Rodaj disklerinin karşılaştırılması	59
Tablo 5.7. 1.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	60
Tablo 5.8. 2.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	60
Tablo 5.9. 3.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	60
Tablo 5.10. 4.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	61
Tablo 5.11. 5.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	61
Tablo 5.12. 6.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	61
Tablo 5.13. 7.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	62
Tablo 5.14. 8.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	62
Tablo 5.15. 9.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	62
Tablo 5.16. 10.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	63
Tablo 5.17. 11.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	63
Tablo 5.18. 12.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	64
Tablo 5.19. 13.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları	64
Tablo 5.20. On üç camın ortalama sonuçları	64
Tablo 5.21. Varyans analizi	67
Tablo 5.22. Tepki yüzeyinin kuadratik model ANOVA analizi	68
Tablo 5.23. Analiz değerleri	69

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
Sn	: 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 yardımcı olan danışman hocam Doç. Dr. Sabri ÖZTÜRK'e, tezimin uygulama aşamasında yardımcı olan Bolu Yorim Cam fabrikasında görev yapan Erdi ERDOĞAN'a ve tezimin analiz aşamasında yardım eden Arş. Gör. Mehmet Fatih KAHRAMAN'a teşekkür ederim



1. GİRİŞ

Endüstride kullanılan malzemelerde istenilen şekil ve boyutların oluşması için genellikle talaşlı imalat yöntemini seçeriz. Talaşlı imalat yönteminde tornalama, frezeleme, broşlama, delme ve taşlama gibi çeşitli talaş kaldırma yöntemleri vardır. Bu çalışmamızda talaşlı imalat konusu olan taşlama işleminden bahsedilmiştir.

Talaşlı imalat yönteminde özellikle tornalama ve frezeleme işlemlerinde önemli değişkenler kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğidir. Kesici takım yavaş çalıştırılırsa zaman kaybı, çok hızlı çalıştırılırsa aşınmadan dolayı zaman kaybı oluşmaktadır. Bu yüzden optimum hız seçilerek çalıştırılmalıdır. İş parçası çok yavaş ilerlerse imalat geç bitecek, çok hızlı ilerlerse de kesme ucunda zararlar meydana gelecektir. Bu nedenle kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği talaşlı imalat yöntemlerinde en önemli faktörlerdir (Şahin, 2000).

Talaşlı imalatta istenilen boyutta üretildikten sonra en önemli etken iş malzemesinin yüzey kalitesi ve pürüzlülüğüdür. Üretilen parça istenilen yüzey kalitesinde olmadığı zaman kaybı ve parçanın hurda olmasına sebebiyet vermektedir. İşlenen iş parçasında kullanılacak yere uygun yüzey pürüzlülüğü elde edilmelidir. Gereğinden fazla yüzey kalitesi maliyeti arttırmaktadır. Düşük yüzey pürüzlülüğü elde etmek için kesme hızının yüksek, ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin düşük olması gerekmektedir (Güllü, 1995).

Cam aşırı soğutulmuş alkali ve toprak alkali metal oksitleri ve bazı metal oksitlerin çözülmesi sonucu oluşan bir sıvıdır. Ana maddesi (SiO_2) silistir. Camlar erimiş haldeki amorf yapısını koruyarak katılaştıran inorganik cisimler olarak tanımlanabilir. Cam üretilirken hızlı soğuma sonucunda kristal yapı yerine amorf yapı oluşur. Böylece camda sağlamlık ve saydamlık özelliğini kazandırılır.

Düz camın üretimi son 30 yılda hızla büyümüş ve üretim hızları çok önemli hale gelmiştir. İmalat sürelerini azaltmak için taşlama aletinin ömrünü arttırmak gerekir (Selvaraj vd., 2009; Webb ve Jackson, 1998). Kesme kuvvetleri takım özellikleri, süreç sıcaklıkları ve titreşimler gibi faktörlere bağlı olduğunu

göstermektedir. Düz cam pencere çerçeveleri ve mobilya imalatında cam ambalaj üretimi gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle mutfaklarda ocaklarda kullanılmaktadır (Papov, 2009).

Cam üretiminin yanı sıra işlenmesi de önemli etkidir. Tez çalışmasında cam kenarlarının taşlanması konusu incelenmiştir. Rohmer makinası ve parçaları tanıtılmıştır. Taşlama yapılan parçaların yüzey kalitesi incelenmiş ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırılmıştır.



2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Cam kesimlerinde son yüzyılda artış görülmüştür. Optik cam, havacılık, bilgi, astronomi, tüketici optik ve mikro elektronik alanlarında camın geniş uygulama alanları bulunmaktadır. Mutfak mobilyaları da çeşitli ölçülerde cam levhalardan üretilmektedir. Metal bağlı elmas aletleri; havacılık ve cep telefonu sektöründe cam ambalaj üretimi gibi çoğu yerde cam taşlama yaygın olarak kullanılmaktadır (Chen ve Rowe, 1996).

Cam kesme işleminde bazı özel özellikler dikkate alınmalıdır; çentik oluşmaz çünkü taşlama işlemi yapılmaktadır. Ayrıca minimum taşlama kalınlığına ulaşmak için kesmek gereklidir. Taşlamada elmas taneciği camın içine nüfuz ederek malzemeyi uzaklaştırır. Elmas şekli ve kesme performansı arasındaki ilişki araştırıldı (Zeren ve Karagöz, 2007; Nitkiewich ve Swieerzy, 2006).

Yarım asırdır cam taşlama işlemlerinde metal bağlı elmas aletler kullanılmaktadır. 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).

Sinterlenmiş elmas takımlarının aşınmasını araştırmıştır (Polini ve Turchetta, 2005).

Elmas aletlerinde kullanım esnasında temas ile aşınma oranı arasındaki ilişki araştırılmıştır (Hird ve Wear, 2005).

Elmas örgü boyutunun ve taşlama çarklarındaki konsantrasyonun etkileri, iki tip taşlama tekerleği kullanılarak araştırılmıştır. Araçların ömrü karşılaştırıldı. Düz plakaların yuvarlatılmış köşeleri gibi gerekli yüzey niteliklerine sahip karmaşık şekilleri kesmek için taşlama diskleri uygulanmıştır. Mevcut çalışmada, dikkate alacağımız ve karşılaştıracığımız spesifik malzemeler demir ve bakır bağlı elmaslarıdır (Öztürk, 2014).

Taşlama çok ince yüzeylerin doğru boyutlandırma yapılması için kullanılan aşındırma işlemidir. Taşlama diski kesici takım olarak kullanılır. Taşlama taşı olarak en yaygın kullanılan malzemelerden biri elmadır. Elmas malzemesi en yüksek sertlik, en düşük termal genişleme 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).

Elmas malzemesi genellikle sert seramikler, taşlar ve camları işlemek için kullanılır. Cam kesimine talep son zamanlarda astronomi, medikal, mikro elektronik, havacılık ve bilgi endüstrisinde artmaktadır. Cep telefonlarında dokunmatik ekranların üretimi de cam kesme teknolojisi gerektirmektedir (Öztürk, 2014).

Taşlama, istenilen şekil kalitesini elde etmek için uygulanır. Taşlama ilerleme hızı, kesme derinliği, tane boyutu, sertlik ve ilerleme oranı gibi birçok parametreyi içeren süreç olarak kabul edilir. Mayer ve Frang, elmas taşlama diskleri ile numunenin mukavemet ve yüzey özellikleri ile kesme ve taşlama yönünün tane derinliği arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Kenar taşlama düz camdan yapılmış nesnelerin üretiminde uzun ömürlü teknolojik işlemdir. Bu çalışmada düz camların taşlanması literatür bilgisine katkıda bulunulmuştur (Mayer ve Fang, 1995).

Bağlama matrisi olarak bakır veya demir kullanılarak elmaslı tekerlekler ile düz cam taşlama endüstride kullanılmaktadır. Taşlama işleminde tekerlekteki parçalar düz camın içine nüfuz ederek malzemeyi uzaklaştırır. Bununla birlikte elmas aşındırıcıları aşındığı zaman penetrasyon derinliği azalır. Bu sebeple malzeme kaldırma oranı da azalmış olur. Düz plakaların yuvarlatılmış köşeleri yüzey kalitesiyle karmaşık hale getirilmiştir. 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).

Onishi ve arkadaşlarına göre elmas aletlerinin, demir dışı malzemeler için de kullanılan bakır veya demir bazlı çeşitli bileşimler içerir. SiC taşlama diskleriyle karşılaştırıldığında metal bazlı diğer taşlama diskleri iyi bir tutma kabiliyeti ve verimliğe sahiptir (Onishi vd., 1996).

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).

Lin ve arkadaşları, farklı tane boyutlarına sahip üç çeşit bakır bazlı taşlama çarkı üretti ve performanslarını birbirleri arasında karşılaştırmışlardır. Titreşim spektrumu yardımıyla taşlama performanslarını gözlemlemişlerdir. Taşlama işlemi sırasında metalik matris elmas takımları tercih edilmiştir (Lin vd., 2008).

Cam bağlayıcı CBN kesme diskleri, yüksek performanslı taşlama süreçlerinde kullanılan ve aşınmaya karşı dayanıklıdır (Jackson vd., 2001). Bunun nedeni CBN disklerinin düşük aşınma oranına sahip olacak şekilde tasarlanmasıdır. Bu nedenle cam bağlayıcılar ile aşındırıcı taneler arasındaki ara yüzey önemlidir. Cam bağlayıcı tanelerde düşük birleşme mukavemeti olsaydı, CBN aşındırıcı tanecikleri çalışma ömrünü tamamlamadan diskten ayrılır ve aşırı maliyete sebep olurdu. Bu nedenle son yıllarda CBN taşlama disklerinin performansı araştırılmıştır (Chen vd., 2002; Jackson, 2007).

T. I. Barry ve arkadaşları camlaştırılmış alümina diskleri için cam bağların bağlarının bileşimi olarak oksitler veya karbonatlar olarak bildirmiştir (Barry vd., 1980).

Polonya'da alümino-borosilikat camlar ile taşlama aletleri ile camlaşmış bağlayıcılar ile ilgili raporlar hazırlanmıştır (Procyk vd., 2000).

M.J. Jackson ve arkadaşları cam bağlayıcı aşındırıcı malzemelerin özelliklerine bağ bileşiminin etkisini incelemiştir (Jackson vd., 1994; Jackson ve Mills, 2004).

3. CAM

3.1 Camın Tarihçesi

Cam, asırlardan beri pencere camı, gözlük camı, sofraya gereçleri, saklama kapları, aydınlanma gereçleri, ayna, mücevher ürünlerinden endüstriyel malzemelere kadar birçok yerde insan hayatında önemli bir yer elde edinmiştir.

Doğada yapay camlar oluşmadan önce doğal camlar bulunmaktaydı. Bunlar obsidyen, tektays (tektites), purnis (purnice), kaya kristali ve lekatelieriye camlarıdır. Lekatelieriye; şimşeklerin biçimlendirmesiyle, obsidyen; volkanik patlamalar sonucu oluşmuştur, tektays; meteorik kaynaklı göktaşından, kaya kristali; altıgen biçiminde kuartz kristali, purnis; lav erimesi ile oluşmaktadır. Obsidyen gri, kahverengi, siyah gibi farklı renklerde bulunmaktadı. Obsidyen sadece tarih öncesinde değil daha sonraki dönemlerde kullanılmıştır. Doğal camların sert olması nedeniyle bıçak, mızrak ucu gibi kesme araçları yapılmıştır. Kaya kristalinde ise yüzeyi aşındırma yapılarak süs eşyası yapımında kullanılmaktadır (Akman, 2017).

İnsanoğlunun keşfettiği ve ürettiği en eski dönemlere ait maddedir. Arkeolojik kazılarda bulunan en eski cam ürünü M.Ö. 5500 yıllarına aittir.

Cam, Mısır'da fayansın geliştirilmesiyle icat edilmeye başlanmış olup fayans hamurunun fazla pişirilmesi, yüksek sıcaklıklara getirilmesi veya fazla sodyum içermesi sonucunda camın oluştuğu kabul edilir.

Doğadaki cam üretimi başlangıcı M.Ö. 16 yy. sonlarına doğrudur. Cam kaplar Kuzey Mezopotamya'da Mitanni krallığında "iç kalıplama" yöntemi ile şişe ve bardak olarak üretilmişlerdir (Arslan ve Lightfoot, 1992). M.Ö. 2500 yıllarına dayanan Mısır cam boncukları en eski cam ürünleridir. Aynı bölgede cam kapları yapılırken seramik yapımında kullanılan formlar uygulanmıştır.

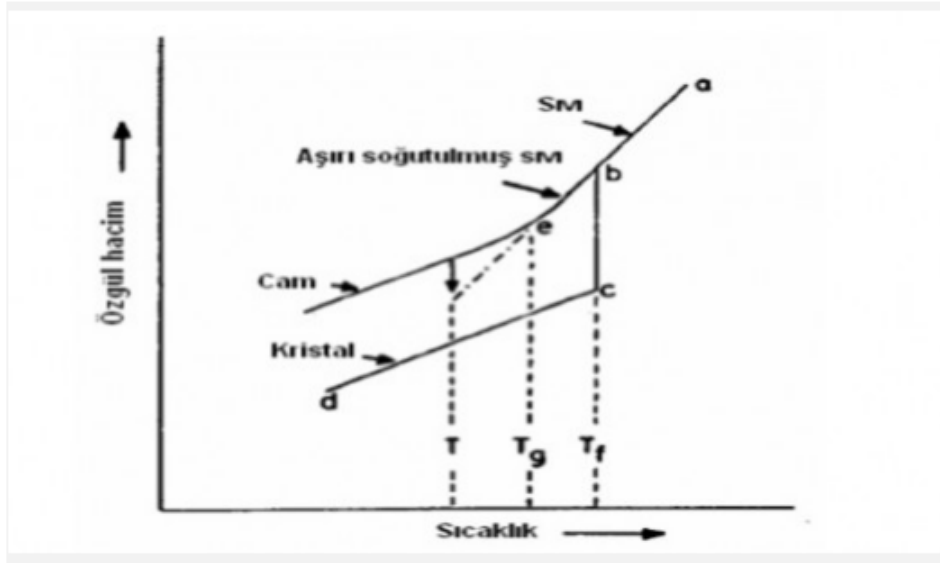
Cam malzemeler Mısırdan önce Kuzey Mezopotamya'da Hurri-Mitoni bölgesinde yapıldığı düşünülmektedir.

Camın hammaddeleri kum, soda ve kireç taşından oluşmaktadır. Cama şekil verilme işlemleri daha sonraki zamanlarda başlamıştır. Şekil verme işlemi, tahta veya çamur kalıbın etrafına eriyik cam sarılır, soğuduktan sonra kalıbın şeklini alır ve kalıbın çıkarılmasıyla işlem biter (Özet, 1987).

Cam yapımı ile ilgili yapım reçetesi ilk kez “Asurbanipol Kitaplığı” denilen arşivde (M.Ö. 668–627) bulunmuştur (Leo, 1970).

3.2 Cam Hakkında Genel Bilgiler

Soğutma esnasında sıvı halindeyken kristal yapı veya süreksizlik göstermeyen, soğuma ile birlikte viskozitesinde artış olan amorf katı haline cam denir. Camsı hal, kristal yapı ve sıvı halin özgül hacim ile değişimi şekilde gösterilmiştir (Jones, 1971). Camsı halin, kristal ve sıvı hal arasındaki ilişkinin sıcaklık ve hacim ile nasıl değiştiği şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Sıcaklık–özgül hacim ilişkisi (Rawson, 1980).

Grafikte sıcaklık ile birlikte özgül hacim değişimi verilmiştir.

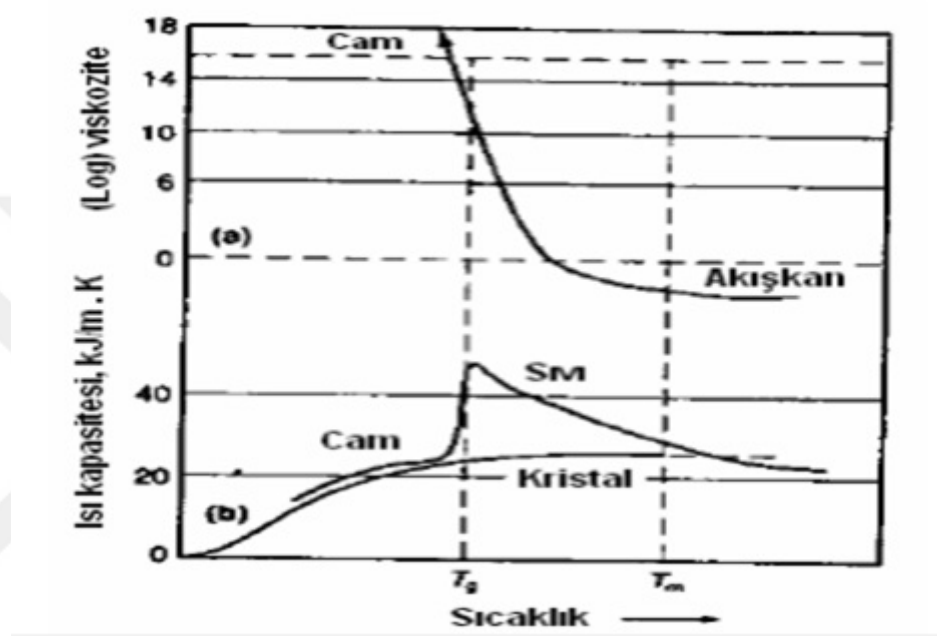
T_f : malzemenin erime sıcaklığını,

T_g : cam geçiş sıcaklığını göstermektedir.

Şekil 3.1'e göre sıvı halden soğutma sırasında 2 farklı yapı oluşmaktadır. Birinci zamanda yavaş soğuma yaparak atomların yayınması sağlanır ve düzenli bir yapı oluşturur. Düzenli yapıya kristal hal denir.

İkinci durumda ise hızlı soğuma gerçekleşerek atomların yayınması için fazla zamanı yoktur. Atomlar yayınamadığı için amorf yapı oluşturur.

Şekil 3.2'de camın sıcaklık-viskozite grafiği verilmiştir.



Şekil 3.2. Sıcaklık-viskozite ilişkisi (Johnson, 1990).

Cam malzeme erime sıcaklığından, özgül hacim, kristal oluşturacak seviyeye gelmeden hızlı bir şekilde soğutulmasıyla elde edilir. Aşırı soğumuş sıvıların viskozitesi fazladır. Viskozite anlamı akışkanlığın tersi olarak ifade edilir, aşırı soğumuş sıvılar içinde bu tanım kullanılmaktadır. Camlı yapılarda aşırı soğumuş sıvılar grubuna girmektedir. Böylece camlara aşırı viskoz sıvılarda diyebiliriz (Ekici, 2014).

3.3 Camı Oluşturan Ana Maddeler ve Yardımcı Bileşenler

Camın bileşiminde üç grup madde vardır. Cam haline gelebilen oksitler, eriticiler ve stabilizatörler denilen maddelerdir. Ana maddeler dışında cama önemli özellik kazandıran yardımcı bileşenlerde bulunmaktadır

(www.teknolojikarastirmalar.com). Camın ana maddesi SiO_2 'dir. Camın üretiminde kullanılan hammaddeler kum (SiO_2), soda (sodyum karbonat ile hidrat moleküllerinden oluşan karışım) ve kireçtir (CaCO_3). Camın esas maddesi kum olmasına rağmen düşük sıcaklıklarda akıcılığı sağlayan madde sodadır. Kimyasal etkilere karşı dayanımı arttıran madde ise kireçtir.

3.3.1 Camlaşıcılar

Camlaşma özelliği bulunan ve ağ oluşturan bazı oksitlerdir. En önemlileri SiO_2 , B_2O_3 ve P_2O_5 'dir.

3.3.1.1 Silisyum Oksit (SiO_2)

Silisyum dioksit, oksijen ve silisyum içeren kimyasal bileşiktir. Sembolü SiO_2 'dir. $1414\text{ }^\circ\text{C}$ 'de erime noktası, $3265\text{ }^\circ\text{C}$ 'de kaynama noktası bulunmaktadır. Metal ve ametal arası elementtir. Doğada oksijenden sonra bulunan ikinci elementtir. Kırılgan, yarı iletken ve elektro pozitifdir. Sıcaklığı arttıkça iletkenliği de artar. Kompleks kayalar, beyaz kumlar silisyum içerir. Silisyum oksit, kumun en yaygın bileşenidir.

Silika en yaygın cam yapıcı oksittir. Mukavemet ve kimyasal özellik kazandırır. Cama silisyum dioksit veren (SiO_2) silis kumu, feldspot ve yüksek fırın cürufudur.

Ergitilmiş haldeki camın akışkanlığını azaltır, camın sıcaklıktan dolayı genişmesini azaltır. Asitlerin etkisine karşı dirençlerin artmasına mukavemet kazanmasına ve soğumuş camın camsı özelliği kazanmasına sebep olur.

3.3.1.2 Bor–Silikat Camlar ($\text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$)

Bor silikat camında bor oksitin artması kimyasal dayanımın artmasını ve cam genişmesinin düşmesini sağlar. Kimyasal dayanım, ısıya dayanım gereken yerlerde özel optik camlarda kullanılır.

Bor silikatlı camlarda karışmazlık likidüs eğrisinin altında olduğu için yarı kararlı karışmazlık vardır. Lityum ve kalsiyum ilavesi edilerek yarı karışmazlık durumu teşvik edilir. Bor silikat antikoroziif kaplama olarak kullanılmaktadır. B₂O₃-SiO₂ jelleri sıcak presleme ile cama dönüştürülebilir (Demirkesen, 1992).

Bor – silikat camlarının karakteristik özelliği yarı kararlı faz ayrışması özelliği göstermektedir. Bu özelliği ile silikat camları ve bunlardan meydana gelen ürünler elde edilir. Meydana gelen cam Vycor prosesi ile elde edilerek vycor camları olarak adlandırılır (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.

3.3.1.3 Fosfor oksit (P₂O₅)

Fosfor oksitler, cam yapıcı madde sınıfına girerler fakat büyük hacimlerde üretimi yapılan camların yapımında kullanılmazlar.

3.3.2 Eriticiler

Eriticiler, ağ oluşturan cam haline gelebilen oksitlerin erimelerini kolaylaştırmak için cam bileşimine katılan maddelerdir. Camların erime sıcaklığını düşürmesini sağlar ve erimelerini kolaylaştırır. Silisin erime noktasını 1713 °C'den 1500 °C'ye düşürür. Başlıca eriticiler Na₂O, K₂O ve Li₂O'dur.

3.3.2.1 Sodyum Oksit (Na₂O)

Erimiş camın akıcılığını ve ısıl genişmesini artırır, ergime sıcaklığını düşürerek camın suya karşı direnci ve elektriksel dayanıklılığını azaltır. Aynı zamanda cama parlaklık kazandırır.

3.3.2.2 Potasyum Oksit (K₂O)

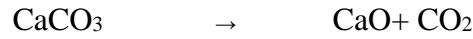
Camın viskozitesini arttırır ve etkisi sodyum okside benzerdir. PbO ile birlikte veya tek başına kristal cam yapımında kullanılır. Potasyum iyonu sodyum iyonuna göre çapı daha büyük olduğu için cam içindeki hareketliliği azaltır. Bu nedenle elektrik iletkenliği de düşüktür. Sodyum oksit yerine potasyum oksit kullanılırsa camın ergitilmesi zorlaşır. Camın ergimesinde en iyi sonuç sodyum oksit ve potasyum oksidin aynı anda kullanılması ile elde edilmiştir.

3.3.2.3 Lityum Oksit (Li₂O)

Lityum oksitin akışkan arttırıcı görevi vardır. Özel cam üretiminde tercih edilir. Sodyum okside göre camın ergitilmesi daha zordur. Camın ergimesinde en iyi sonuç sodyum oksit ve lityum oksidin aynı anda kullanılması ile elde edilmiştir. Cam elyaf üretiminde viskoziteyi düşürür ve elyaf üretiminin sürekli olmasını sağlar. Özel şişe üretiminde şekillendirme kolaylığı ve iyi görüntü sağladığı için camların bileşimine katılır.

3.3.3 Stabilizatörler (Sabitleştiriciler)

Sabitleştiriciler, camların dielektrik özelliklerine, kırılma indisine ve kimyasal dayanımlarına etki yapar. Camlara stabilizatör ilave edilmez ise su karşısında stabil özellik gösteremezler. Stabilizatör olarak kullanılan maddelerin başlıcaları CaO, PbO, BaO, MgO ve ZnO dur. MgO ise dolamitin (MgCO₃) ve CaO kireç taşının (CaCO₃) cam formülüne katılması ile CO₂ çıkar.



3.3.3.1 Kalsiyum Oksit

Cam kalsiyum oksit vermek için kullanılan ham madde kireç taşıdır (CaCO₃). Camlarda ergime sıcaklığını yükseltir, camın suya karşı ve mekanik etkilere karşı dayanıklılığını arttırır.

Kireç taşından kalsiyum oksit elde edilmesi zor ve pahalı olduğu için fazla tercih sebebi değildir. Kalsiyum oksidi temin etmek için kireç taşı yerine genellikle dolomit (mermer) kullanılır. Dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) kalsiyum ve magnezyum karbonattan oluşmuştur.

3.3.3.2 Kurşun Oksit

Kurşun oksit, optik camlarda ve mutfak gereçlerinde daha çok kullanılır. Camlarda kırılma indisini yükselterek pırıltılı olmasını sağlar. Ergime sıcaklığını düşürür. Kurşun oksitli camlar yumuşak yapıya sahip olduğu için kesme, parlatma işlemleri rahat ve kolay bir şekilde yapılabilir. Işığı iyi şekilde yansıtan kristal cam elde edilir.

3.3.3.3 Baryum Oksit

Pres, parfümeri ve optik camların elde edilmesinde kullanılır.

3.3.3.4 Magnezyum Oksit

2800 °C'de eriyen oksittir. 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. Camın viskozitesini artırır ve çabuk katılaşma özelliği kazandırır. Çabuk katılaştığı için şişe üretiminde kullanılır.

3.3.3.5 Çinko oksit

Camların yapımında çinko karbonat (ZnCO_3) kullanılmaktadır. Isıya dayanıklı camların bileşiminde kullanılır. Isıl genleşme kat sayısını düşürür. Soda-kireç camlarında opaklaştırıcı rolü vardır.

3.3.4 Yardımcı Bileşenler (İkincil Bileşenler)

Yardımcı bileşenler genellikle camın formülüne girmezler, ancak camların üzerinde değişik etki oluşturmak üzere kullanılan oksitlerdir.

3.3.4.1 Yardımcı Bileşen Oksitleri

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

3.3.4.2 Camı Oluşturan Yardımcı Maddeler

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

3.4 Camın Özellikleri

Camlarda erime noktası bulunmamaktadır. Isıtıldığında şekil verme işlemi yapılabilir ve yaklaşık 500 °C'nin üzerinde yumuşamaya başlayarak 800–1300 °C arasında sıcak şekillendirme yapılabilir (<https://www.kisacaozeti.com/cam-nedir-camin-ozellikleri-nelerdir.html>).

3.4.1 Camın Fiziksel Özellikleri

Camların fiziksel özelliğine bakacak olursak; camın şekil alması açısından en önemli etken vizkozitedir. Vizkozite, camın üretim sıcaklığına bağlı olarak değişim gösteren bir özelliktir. Camda istenilen şekli elde ettikten sonra bu şekli korumak için

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

Camların yoğunlukları camı oluşturan bileşenlerin oranına ve cinsine göre değişiklik göstermektedir. Camın özgül ağırlığı 2,2-7,2 g/cm³ arasında değişim göstermektedir. Pencere ve şişe camların yoğunluk değeri 2,3-2,6 g/cm³ arasındadır. Adi camlarda yoğunluk 2,4 – 2,6 g/cm³, kurşunlu camlarda ise 3–3.8 g/cm³'tür (Felekoğlu, 2014).

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 şöylece sıralanabilir ve tablo 3.1’de verilmiştir:

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

Termik genleşme katsayısı	$\alpha = 9.1 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$
Termik 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)
Saydamlık	% 80 - %98
Kırma indisi	Normal camda = 1.52 Kristal camda = 1.60
Yumuşama Sıcaklığı	500 – 600 °C

3.4.2 Camın Kimyasal Özellikleri

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.

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 sağlayan, amorf bünye içinde erimiş ve dağılmış durumda bulunan silisyum dioksittir. Saydamlık geçen ışığın gelen ışığa oranı olup 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 mercek kullanılarak değiştirilir. Camın içerisinde kurşun oksit miktarının yüksek olması camların kırılma indislerinin artmasına neden olmaktadır. Kırma indisi, doğrudan camın yoğunluğu ile ilgilidir. Normal camda 1.52 olan kırma indisi kristal camda 1.60'dır (Kantur, 2009).

3.4.3 Camın Mekanik Özellikleri

Cam kırılğan bir malzeme olup şekil değişimlerine ve darbeye dayanıklı değildir. Fakat basınç dayanımı oldukça iyidir. 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: $2.10^3-9.10^3$ N/m²
- Camların Basıya karşı oluşturduğu direnç: $4.10^4-12.10^4$ N/m²
- Elastik modülü: $6.10^4-10.10^4$ N/m²
- Poisson oranı: 0.22'dir.

Adi camların ortalama sertliği 200 civarındadır. Cam malzemedeki silis oranı arttıkça bu sayı 270'e kadar çıkmaktadır.

Mohs sertliğine göre camın sertlik aralığı 6 ile 7 arasındadır. Bu seviyedeki sertlik değerleri cama iyi bir şekilde aşınma direnci kazandırır. Pencere camlarında Mohs sertlik değeri 5.5 civarındadır (Felekoğlu, 2014).

3.5 Cam Sanayisinde Dünya Ekonomisi ve AB Ülkelerinin Genel Durumu

Dünyada yıllık cam üretim kapasitesi yaklaşık 180 milyon tondur. Bu kapasite yılda %2-4 oranında artış göstermektedir. %53'ü cam ambalaj, %29 düz cam, % 5'i cam ev eşyası %2'si cam lifi ve % 11'i diğer ürünler oluşturmaktadır.

Cam sektöründe Dünyada en büyük 25 firma bulunmaktadır. 7 si ABD, 5'i Japonya, 4'ü Fransa, 3'ü İngiltere ve 1 er tanesi de Almanya, İsveç, Belçika, İtalya, Endonezya ve Türkiye de bulunmaktadır. Toplam üretim hacminin %30'u Avrupa, % 34'ü Asya bölgesine, %29'u ABD ve %7'si diğer bölgelerde yapılmaktadır.

Tablo 3.2'de AB üyesi ülkelerin yıllar itibariyle cam üretimini göstermiştir. 2006 yılından 2014 yılına kadar düzcam, cam ev eşyası, cam elyaf ve diğer camların üretiminde azalış görülürken cam ambalaj üretimi hemen hemen aynı oranda üretilmeye devam ettiği görülmektedir.

Tablo 3.3'de Dünya cam ithalatı hakkında bilgi verilmiştir. Bu tabloya göre en çok cam ithalat eden ülkeler arasında ABD, Çin ve Almanya gelmektedir.

Tablo 3.2. AB üyesi ülkelerin yıllar itibariyle cam üretimi (1.000 Ton) CPIV (Standing Committee of the European Glass Industries).

Yıllar	Düzcamlar	Cam Ambalaj	Cam Ev Eşyası	Cam Elyaf	Diğer Cam	Toplam
2006	9.981	20.967	1.526	796	1.162	34.432
2007	10.119	21.621	1.547	821	1.214	35.322
2008	9.865	21.270	1.440	823	966	34.364
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 3.3. Dünya cam ithalatı (1.000 ABD Doları) (International Trade Center, Trade Map).

ÜLKELER	2012	2013	2014	2015	2016
ABD	6.377.071	6.613.678	7.446.792	7.878.609	7.836.241
ÇİN	7.267.865	7.461.719	7.330.477	6.603.425	6.827.604
ALMANYA	5.226.363	5.612.721	6.084.786	5.557.382	5.908.556
FRANSA	3.403.212	3.538.082	3.687.220	3.191.169	3.249.159
KANADA	2.394.413	2.440.920	2.529.691	2.548.248	2.554.602
İNGİLTERE	2.203.241	2.348.770	2.518.013	2.448.196	2.434.419
KORE CUMHURİYETİ	3.839.899	3.471.525	2.761.947	2.426.186	2.343.197
HONG KONG	2.066.367	2.631.341	2.674.629	2.000.083	2.323.736
JAPONYA	2.566.826	2.426.567	2.484.036	2.285.346	2.283.163
DÜNYA TOPLAMI	71.858.368	73.805.677	75.727.414	69.261.378	71.056.634

Tablo 3.4’de Dünya cam ihracatı ile ilgili bilgi verilmiştir. 2012 yılı ile 2016 yılları arasında Dünyada en çok ihracat yapan ülkeler Çin, Almanya ve ABD’dir. 2016 yılı verisine göre yaklaşık 954 milyon ABD doları ile Türkiye ihracatta 18. ülke olmuştur.

Tablo 3.4. Dünya cam ihracatı (1.000 ABD Doları) (International Trade Center, Trade Map).

ÜLKELER	2012	2013	2014	2015	2016
ÇİN	14.893.411	16.202.765	16.040.862	15.855.876	15.609.987
ALMANYA	6.441.944	6.944.043	7.361.100	6.463.874	6.722.296
ABD	5.295.622	5.602.321	5.780.073	5.786.542	5.756.021
FRANSA	3.368.999	3.447.949	3.562.203	3.078.354	3.128.480
JAPONYA	6.194.795	4.819.335	3.629.410	2.886.597	3.085.181
HONG KONG	2.090.438	2.877.372	2.807.509	2.388.799	2.557.296
İTALYA	2.778.654	2.898.860	2.896.784	2.466.181	2.486.850
TAYVAN	2.522.135	2.256.661	2.098.258	1.932.321	1.950.316
BELÇİKA	2.409.144	2.678.161	2.307.832	1.807.489	1.934.745
POLONYA	1.431.157	1.724.617	1.941.143	1.727.827	1.775.161
ÇEK CUMHURİYETİ	1.817.690	1.865.732	1.967.243	1.685.333	1.726.511
MEKSİKA	1.569.007	1.646.284	1.619.218	1.591.240	1.570.910
KORE CUMHURİYETİ	1.096.662	1.256.697	1.349.939	1.461.524	1.536.835
İSPANYA	1.249.794	1.791.159	1.480.311	1.350.516	1.446.228
HOLLANDA	1.347.041	1.416.269	1.410.142	1.240.376	1.286.028
İNGİLTERE	1.261.161	1.220.759	1.275.606	1.195.996	1.223.800
AVUSTURYA	1.192.288	1.331.524	1.316.664	1.037.275	1.048.710
TÜRKİYE	955.747	993.181	1.063.084	1.042.265	953.816
VİETNAM	547.730	547.678	737.699	911.463	876.699
DÜNYA TOPLAMI	71.734.209	74.850.209	74.336.688	69.533.364	69.094.426

3.6 Cam Sanayisinin Türkiye'deki Gelişimi ve Genel Durumu

Türkiye'de cam sanayisi cumhuriyetin kurulduğu yıllarda başlamıştır. Cam ithalatının önüne geçmek amaçlanmış olup ülkenin kendi gereksinimlerini ülke içinde gerçekleştirerek 1934 yılında Türkiye Şişe Cam Fabrikaları A.Ş. adında cam endüstrisi kurulmuştur.

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).

Cam endüstrisinde dünyada üretim biçimi ilk başlarda Fourcoul't (Dikey Çekme Yöntemi) tekniğinden başlayıp 1929'da Pittsburg tekniğine, 1953'de ise Pilkton tekniğine dönüşmüştür.

Türkiye’de ise 1961 yılında Fourcoulte tekniği uygulanmış ve zamanla diğer yöntemlere geçilmiştir (Özdoğan, 2003).

Bugün camın ana gruplarını oluşturan düz cam, cam ev eşyası, cam elyafı ve cam yünü ileri teknolojilerle üretimi gerçekleştirilmektedir.

Cam üretiminde kum, soda, dolomit, kuvarz maddeleri kullanılmaktadır. Ülkemiz bu kaynaklar açısından zengin olması sebebiyle %98 oranında yerli hammadde kullanılmaktadır.

Türkiye’de cam üretim kapasitesi 3.5 milyon tondur. Üretimin %90’ı Şişecam tarafından karşılanmakta olup bu oran yaklaşık 3 milyon tona karşılık gelmektedir. %50’si düz cam, %32 cam ambalaj, %16 cam ev eşyası, %2’si de cam elyaf kapasitesini oluşturmaktadır. Şişecam 150 ülkeye varan ihracatı bulunmaktadır.

Türkiye’de 2016 yılında verilerine göre 953 milyon Amerikan doları ihracat ve 799 milyon Amerikan doları ithalat gerçekleştirilmiştir. Türkiye’nin ihracat yaptığı ülkeler tablo 3.5’de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Türkiye’nin ihracat yaptığı ülkeler (1.000 ABD Doları).

İTHALATÇI ÜLKELER	2012	2013	2014	2015	2016
İTALYA	62.182	59.333	60.901	160.226	120.968
ALMANYA	98.250	103.519	115.313	89.760	84.898
FRANSA	55.550	57.537	55.265	59.654	49.841
İNGİLTERE	63.039	55.153	59.186	82.914	46.708
ABD	37.809	38.801	46.765	42.870	42.686
İSRAİL	30.418	35.078	40.457	37.671	40.436
İSPANYA	30.714	32.088	37.718	39.543	38.674
İRAN	22.512	17.397	29.985	27.177	37.935
İRAK	43.031	43.362	42.912	40.851	33.003
DÜNYA	955.747	993.181	1.063.084	1.042.265	953.816

En çok ihracat yaptığı ürünlerde süs eşyası, düz cam ve fiberler bulunmaktadır.

Türkiye’nin ithalat yaptığı ülkeler tablo 3.6’da gösterilmiştir.

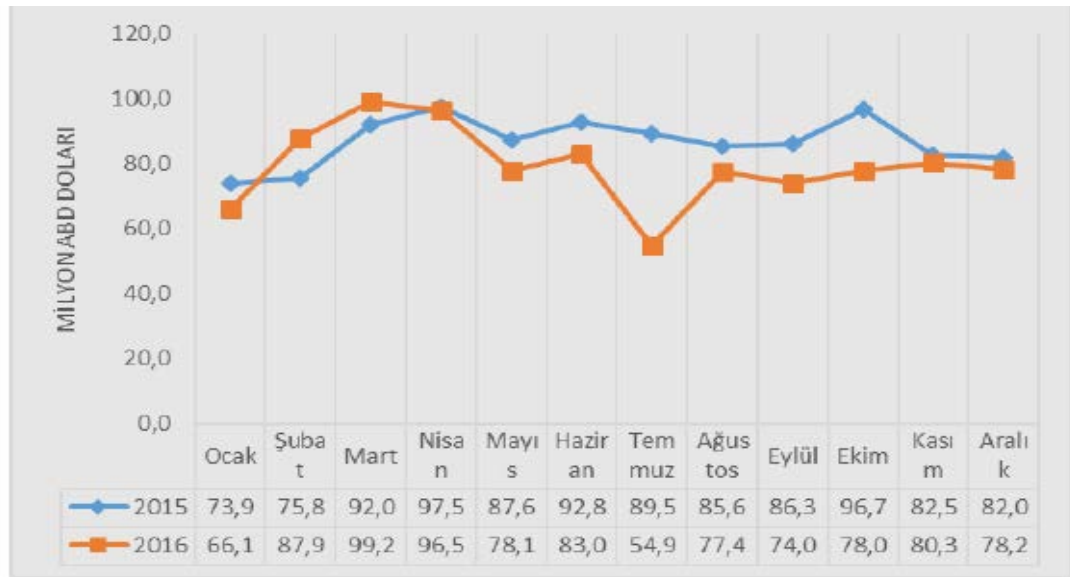
Tablo 3.6. Türkiye'nin ithalat gerçekleştirdiği ülkeler (1.000 ABD Doları)
(International Trade Center, Trade Map).

İHRACATÇI ÜLKELER	2012	2013	2014	2015	2016
ÇİN	207.135	237.581	238.476	223.749	202.222
ALMANYA	65.004	78.179	84.057	71.809	73.456
İTALYA	42.126	42.765	63.912	45.284	52.720
BULGARİSTAN	13.604	25.815	36.413	43.465	51.264
FRANSA	44.213	47.816	48.398	45.606	47.016
MISIR	8.415	16.199	41.574	28.579	44.543
RUSYA	7.432	24.866	35.934	34.204	44.105
ABD	24.751	32.341	37.881	42.858	39.434
DÜNYA	643.240	816.982	877.176	780.398	799.351

2016 yılında Çin, Almanya ve İtalya en fazla ithalatın yapıldığı ilk üç ülkedir.

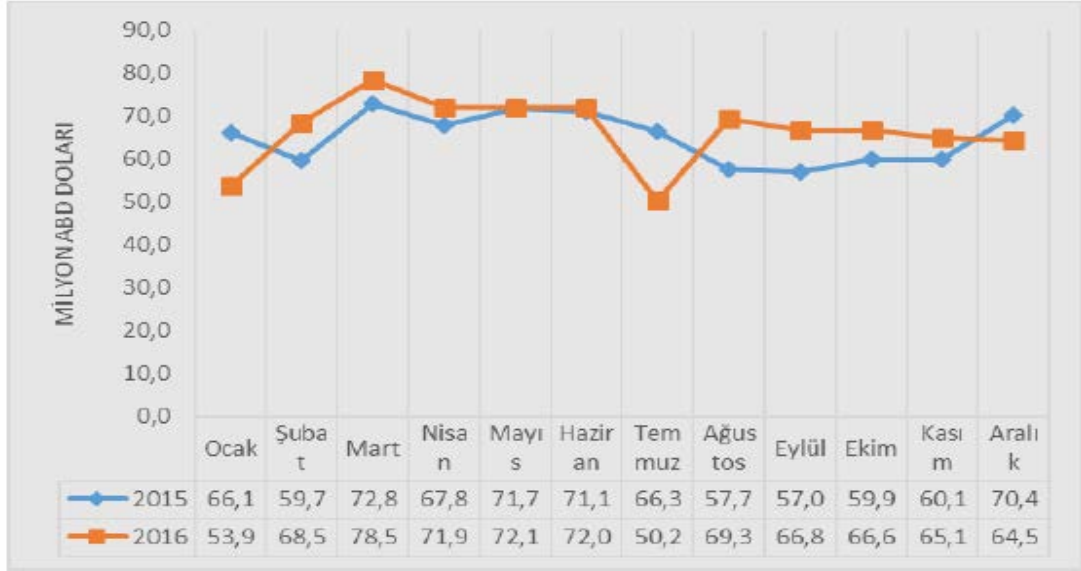
3.7 Cam Sektörünün İhracat ve İthalat Değerlendirmesi

TÜİK verilerine göre toplam cam ve cam ürünleri ihracatı 2016 yılı için 953 milyon ABD doları olup bir önceki yıla göre %8.5 oranında azalmıştır. Cam ithalatı ise 2015 yılına göre %2.4 oranında artarak yaklaşık 800 milyon ABD doları olarak gerçekleşmiştir (Cam Sektörü Raporu, 2017).



Şekil 3.3. Cam ve cam ürünlerinin ihracat değerleri (Milyon ABD Doları)
(TÜİK verileri, HS2 70 kodlu faaliyet).

Cam ve cam ürünleri ihracat değerleri şekil 3.3'de verilmiştir. Şekil 3.3'e göre 2015 yılında 1.042,2 milyon ABD doları olan ihracat 2016 yılında gerileyerek 953,6 milyon ABD doları olmuştur.



Şekil 3.4. Cam ve cam ürünleri ithalat değerleri (Milyon ABD Doları) (TÜİK verileri, HS2 70 kodlu faaliyet).

Cam ve cam ürünleri ithalat değerleri şekil 3.4'de verilmiştir. Şekil 3.4'e göre 2015 yılında 780,6 milyon ABD doları olan ithalat 2016 yılında artış göstererek 799,4 milyon ABD doları olmuştur.

4. TAŞLAMA İŞLEMİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

4.1 Taşlama İşleminin Tanımı

Taşlama işlemi, parça yüzeylerinden taşlama taşları ile talaş kaldırma işlemleridir. Taşlama taşı içinde bulunan kesici taneler metal parçacıkların üzerinden talaş kaldırma işine yarar. Kesici taneler taşlama işlemi yaparken zamanla yerlerinden koparlar. Bileme sonucunda keskin köşeli yeni taneciklerin ortaya çıkması ile kesme işlemi sürekli devam etmektedir.

Taşlama, aşındırıcı ve bağlayıcı maddelerden oluşan kesici alet ile malzeme üzerinden ince talaş kaldırma işlemine denir. Aşındırıcı taneler vasıtasıyla malzeme üzerinden parça koparılır. Kesici takım üzerindeki tanelerin düzenli şekli yoktur ve bu taneler iş parçasından birbirine benzeyen parçacıklar kopartırlar (Kalpakjian, 1991).

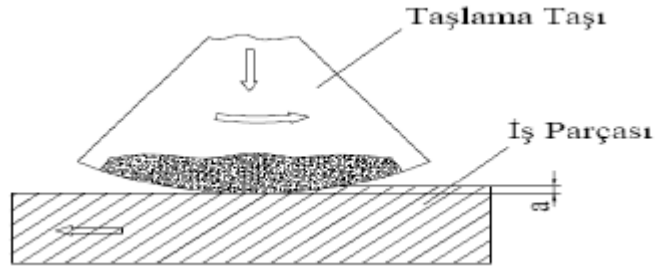
Taşlama işleminde 0.01 mm–0.002 mm aralığında ölçü tamlığı ve ortalama yüzey pürüzlülük değeri 6.3 µm–0.05 µm değerleri arasında sonuçlar elde edilebilir (Güllü, 1995).

Eski yöntemlerinden biri olan taşlama işlemi ahşap okların kayaların üzerinde bilenmesi ile başlamıştır. İlk taşlama taşı 19. yy. sonlarında üretilmeye başlanmıştır. Taşlama taşları sert aşındırıcıların geliştirilmesi ile daha kaliteli olarak günden güne gelişmektedir. İlk olarak çakıldan, korundum gibi doğal oksitlere ve daha sonrada sentetik karbürlerden üretilmişlerdir (Hegeman, 2000).

Taşlama işlemi üç değişik hareketin aynı zamanda bir araya gelmesiyle oluşur.

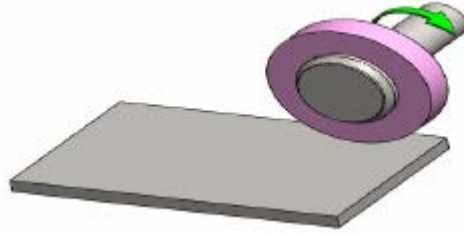
Taşlama işlemi, metallerin taşlama taşı ile taşlanarak işlenmesi, taşlama taşının kendi eksenini etrafında dairesel dönmesi ve kesme için iş parçasının hareket etmesi şeklinde yapılır (Sak, 1986).

Şekil 4.1’de metallerin taşlama taşı ile taşlanması gösterilmiştir.



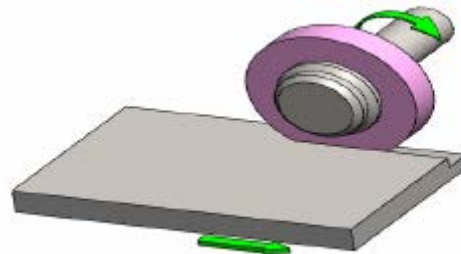
Şekil 4.1. Metallerin taşlama taşı ile işlenerek taşlanması (Sağlam, 2016).

Şekil 4.2’de kesme işlemi için taşın kendi etrafında dönmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Kesme için taşın kendi eksenini etrafında dönmesi (Sağlam, 2016).

Şekil 4.3’te kesme işlemi için iş parçasının hareket etmesi gösterilmiştir.

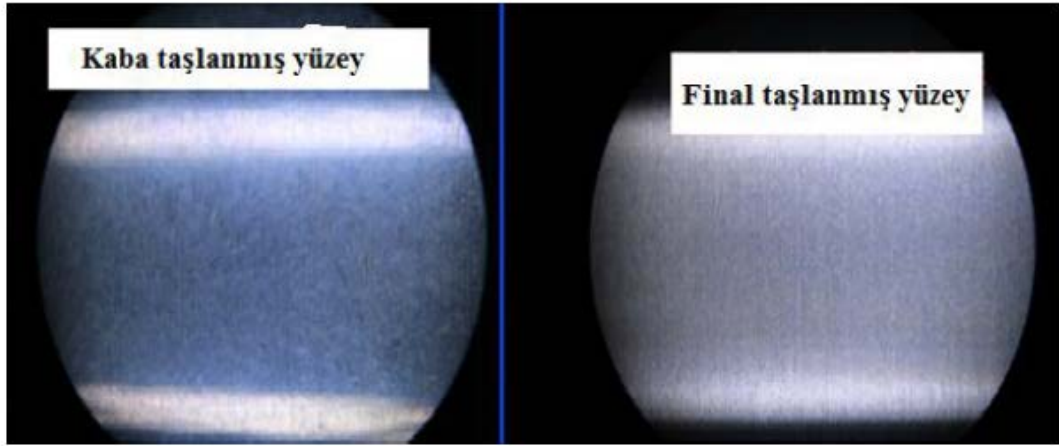


Şekil 4.3. Kesme için işin hareket etmesi (Sağlam, 2016).

4.2 Taşlama İşlemi ve Yüzey Kalitesi

Taşlama işleminde talaş kaldırma ve yüzey kalitesi arasında bağlantı bulunmaktadır. İş malzemesi, makine hassasiyeti, taşlama taşı ve makinayı kullanan kişi gibi değişkenler taşlama işleminde ve ortaya çıkan yüzey kalitesinde önemli etken olmaktadır.

Taşlama işlemi kaba ve ince taşlama olarak yapılır. Kaba taşlama işleminde iş parçası yüzeyinden talaşın büyük kısmı kaldırılır. Bu işlemden sonra ince talaş kaldırma uygulanacağından yüzey kalitesine pek önem verilmez. İnce taşlanmış yüzeylerde çok sayıda final geçişi yapıp, yüzeyden az az talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilir. Final taşlanmış iş parçası üstün yüzey kalitesine sahiptir (Mızrak, 2016). Şekil 4.4'de kaba ve final taşlanmış yüzeylerin mikroskop görüntüleri gösterilmiştir.



Şekil 4.4. 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

Mil, pim, merdane gibi silindirik yüzeylerin taşlanma işlemi bu yöntemle gerçekleştirilir. Silindirik taşlama dış ve iç yüzey taşlama olmak üzere ikiye ayrılır.

4.3.1.1 Silindirik Dış Yüzey Taşlama

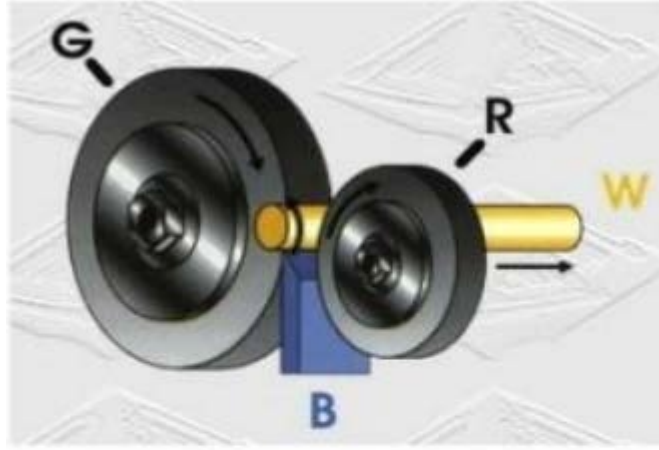
Boyuna taşlama, iş parçasının veya taşlama taşının kendi eksenine etrafında dönerken boyuna ilerleme hareketi gerçekleştirilmesi ile iki değişik şekilde taşlama işlemi gerçekleştirilir. Küçük kapasiteli taşlama tezgahları ile bazı özel amaçlı tezgahlar boyuna taşlama yöntemi ile çalışır (Oksel vd., 1991).

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.

Puntasız taşlama, iş parçasını hiçbir yere bağlamadan iki farklı çaplı taş arasından geçirilerek yapılan dış yüzey taşlama işlemidir. İş parçası dönme hareketini kesici taştan, boyuna ilerleme hareketini ise sevk taşından almaktadır.

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.



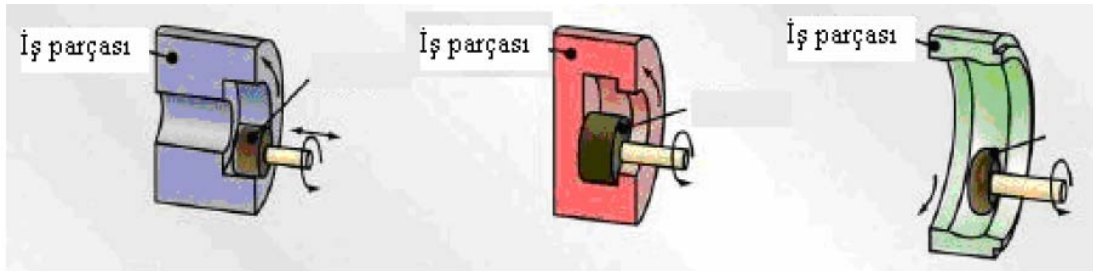
G - Taşlama taşı
R - Sevk taşı
W - İş parçası
B - Sevk kızıağı

Puntasız taşlama sistemi

Şekil 4.5. Puntasız taşlama sistemi (www.muhendisbeyinler.net/forum/dosyalar/taşlama1-pdf.807/)

4.3.1.2 Silindirik İç Yüzey Taşlama

Silindirik, konik gibi iş parçalarının iç yüzeyleri ve alın kısımlarının taşlama işlemi gerçekleştirilir. Çeşitli silindirik iç yüzey taşlama işlemleri şekil 4.6’da gösterilmiştir.



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

Alın taşlamada iş parçası kendi eksenini etrafında dönüyor ve aynı zamanda boyuna; taş ise dönme ve enine hareketi yapmaktadır. Kanal taşlama işleminde taş;

dönme, enine ve boyuna ilerleme yaparken iş parçası ise dönme hareketi gerçekleştirmektedir. Profil taşlamada, iş parçası dönme hareketi yapmaz sadece boyuna hareket yapar, taş ise eksen etrafında dönme hareketi gerçekleştirir (Çelik, 2010).

4.3.2 Düzlem Yüzey Taşlama

Düzlem yüzey taşlama ile yatay ve dik alın yüzeyler taşlanır. Bu taşlama yöntemi ile dönen taşlama taşının altından tablaya bağlanmış iş parçasının geçirilmesi ile yapılır. Yatay ve düşey taşlama olarak ikiye ayrılır.

4.3.2.1 Yatay Düz Yüzey Taşlama

Bu yöntemle iki farklı şekilde taşlama yapılır. İlk olarak iş parçası enine ve boyuna hareket ederken taş ise yatay düzlemde kendi eksenini etrafında dönerek enine ve boyuna ilerleme hareketi yapar. Diğer türde ise iş parçası kendi eksenini etrafında dönerken, taş ise yatay düzlemde dönme ve boyuna ilerleme hareketi yapmaktadır.

4.3.2.2 Düşey Düz Yüzey Taşlama

Bu yöntemle iş parçası yatay düzlemde boyuna ilerleme hareketi yapar veya kendi eksenini etrafında döner; taş ise dönme ve dik ilerleme hareketi yapar.

4.4 Rodaj Disklerin Bilenmesi

Rodaj diski içerisindeki elmasların zamanla bitmesi sonucu ile bilenme işlemi gerçekleştirilir. Diskler zamanla alttan ve üstten yeme yapar. Diskler bilenirken, bilenecek kenara dik bir şekilde işlem yapılmalıdır. Aksi halde diskte elmas bitmemesine rağmen kullanılamaz hale gelir. Disk kullanım ömründen önce bitmiş olur.

Talaş kaldırma işleminde zamanla taşların aşınması başlar ve ömürleri kısalmır. Kullanılan taşlar her talaş kaldırmadan sonra kesme kabiliyetlerinde azalma meydana gelmektedir.

Mc. Farland, Bailey tarafından yapılan çalışmada taş bileme aralıklarının düzenini ve derinliğinin karşılaştırılmasına sistematik bir şekilde yaklaşım getirmiştir (Kim vd., 1999).

Taş yüzeyine gelen kuvvetlerin ve bilenme işlemi yapılmış yüzeylerin özelliğini ölçmek için sensör kullanılmaktadır.

4.5 Taşlamaya Etki Eden Faktörler

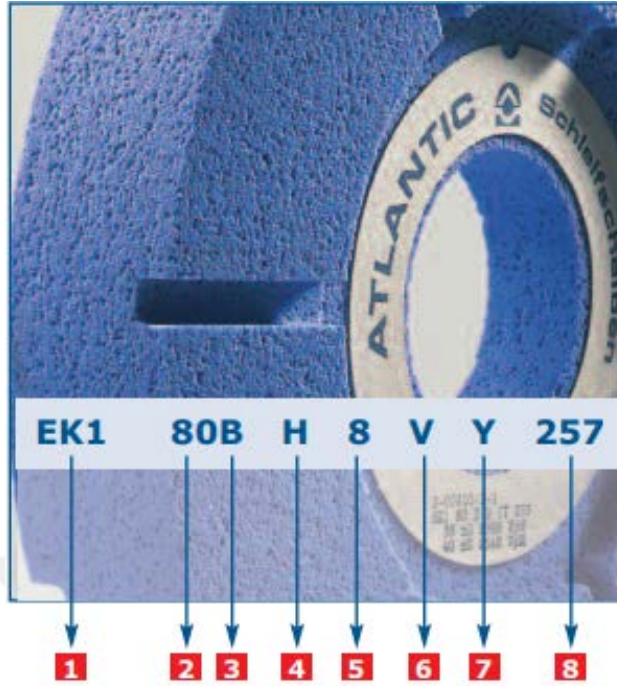
Taşlama işleminde taşlama taşının özellikleri, malzemenin şekli, kesme hızı, iş parçasının hızı, tabla ilerleme hareketi, talaş derinliği, temas yüzeyi, kesme sıvısı kullanma durumları taşlamaya etki eden faktörlerdir.

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 4.7’de taşlama taşının üzerindeki rakam ve harflerin anlamı verilmiştir.

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 taşlanmasında iri taneli sert taşlama aracı seçilmelidir.

Taşlama işleminde ortaya çıkan ısı önemlilik arz etmektedir. Kullanılan taş malzemesi ısı iletkenliğinin iyi olmaması gerekir (Çelik, 2010).



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

Kaba yüzey kalitesi isteniyorsa kaba taş, ince yüzey kalitesi içinde sık dokulu taşlar kullanılmalıdır. Körlenmiş taşlarla işlem yapılırsa istenilen ölçü ve yüzey kalitesi elde edilemez. Kaba taneli taşların iş parçası yüzeyine basıncı fazla olduğu için yüksek miktarda ısı ortaya çıkar, körlenen tanelerin geç dökülmesine ve kesme işleminin de zorlanmasına sebep olur (Oksel vd., 1991).

Aşındırıcı malzemelerde taşın kesme kalitesini belirleyen en önemli özelliklerden biri de malzemenin sertlik derecesidir (Kaya, 2007).

Zımpara taşlarında sertlik, taş tanelerinin sökülebilmesi veya taneleri birleştiren bağlayıcı maddenin taneleri bırakıp bırakmama özelliğine göre tanelerin birbirine olan bağlantı kuvvetidir. Zımpara taşının sertliği, birleştirme maddesinin aşındırıcı taneleri tutma direnci olarak söyleyebiliriz. Taşların sertliği büyük harflerle ifade edilmektedir. “A” en yumuşak, “Z” ise en sert zımpara taşını temsil etmektedir (Kaya, 2007).

4.5.2 Malzeme ve Şekli

Malzeme cinsi ve iş parçasının şekli taş seçiminde önemli etkenlerden biridir. Sert yüzeye sahip iş parçaları taşlanmaya karşı fazla direnç gösterdiğinden seçilecek taşlama taşı istenilen yüzey kalitesini sağlayacak şekilde buna uygun olmalıdır. Taş küçük taneli, sık dokulu ve yumuşak olması gerekmektedir. Taşın çevre hızı artırılmalı, talaş derinliği ve ilerleme miktarı azaltılmalıdır.

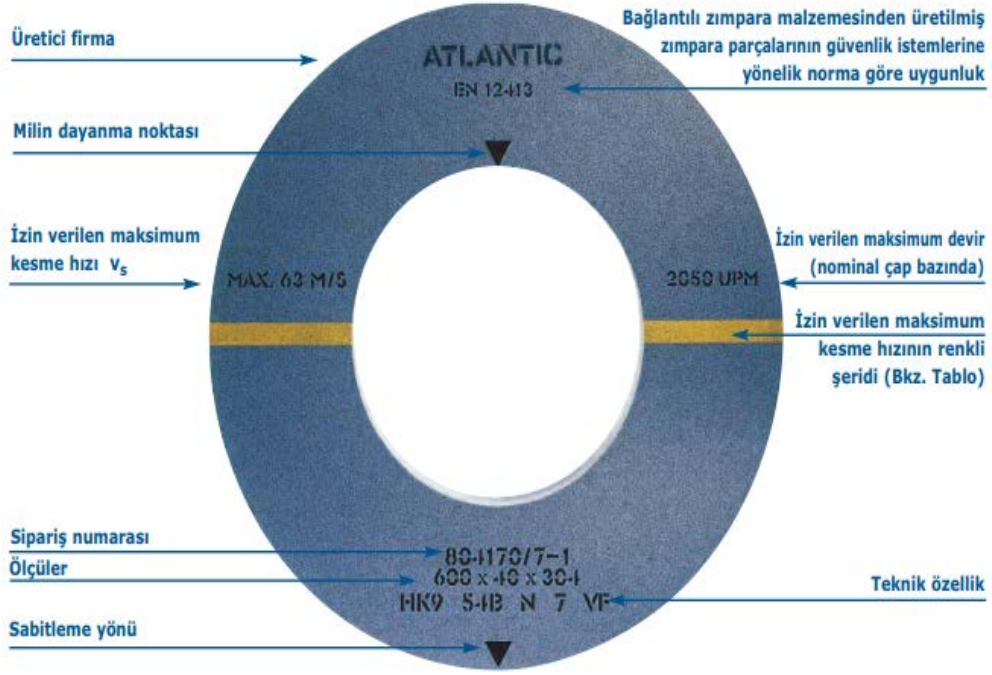
Taşlanacak iş parçasının biçimi ve kalınlığı taşa karşı göstereceği direnci belirler. İş parçalarında kesme baskısı, talaş derinliği ve debisi parçanın rijitlik derecesine göre artırılmalıdır. Yoksa iş parçasının taşlama süresi artar ve yüzey kalitesi istenilen seviyede çıkmaz. Taş seçiminde iş parçasının rijitlik derecesi önemlidir (Oksel vd., 1991).

4.5.3 Kesme Hızı

Kesme hızı, taşlama taşının çapı ve devir sayısına bağlı olarak taşın gücünü etkiler. Aşınan taşların çapı küçüldüğünden taşın kesme hızında azalma meydana gelir ve hızı sabit tutmak için taş devir sayısı artırılır. Değişen kesme hızını sabitlemek için devir sayılarını belirlemede bazı tezgahların üzerine konulmuş olan diyagramlardan yararlanılır (Oksel vd., 1991).

Taşın sertlik etkisi kesme hızının yükselmesi ile artar, düşmesi ile azalır. Yüzey kalitesinin iyi olması isteniyorsa uygun seçilen taş ile küçük ilerleme ve talaş derinliği ile sağlanır.

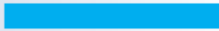
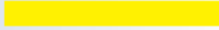



Şekil 4.8'de taşlama taşının üzerindeki sembollerin anlamı gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Taşlama taşı üzerindeki sembollerin anlamı (www.atlantic-schleifscheiben.de).

Taşlama taşlarının çalışma hızlarının renkleri tablo 4.1’de verilmiştir. Verilen tabloya göre çalışma hızı maksimum 125 m/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

Taşlama taşı ile iş parçasının hızı arasında uygun oran seçilmelidir. Bu oran sayesinde taşların yüzeyindeki kesici tanelerin zamanında kopmasını sağlayan kuvvetlerin belirlenmesi sağlanır. İş parçası hızı ayarlanarak istenilen kuvvetin belirlenmesi ile taşın kendiliğinden bilenme işlemi yapması sağlanır. İş parçasına verilecek ortalama hız değerleri tabloda verilmiştir (Oksel vd.,1991).

İş parçasının ortalama hız değerleri 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 Tabla İlerleme Hareketi

Kaba taşlama işlemi yapılırken iş parçasının her dönüşünde taş genişliğinden biraz az hareket edecek şekilde ayarlama yapılmalı, ince taşlama yapılırken ise aynı ayar korunmalı ve iş parçasının hızı arttırılmalıdır (Oksel vd., 1991).

4.5.6 Talaş Derinliği

Kesicinin iş parçasına bir defada dalma miktarıdır. Uygun seçilmiş taş ve iş parçası hızına göre talaş derinliği; tezgahın gücü, iş parçası malzemesi ve şekline göre değişiklik gösterir.

Talaş derinliği yumuşak ve düz yüzeylere göre sert ve biçimli yüzeylerde daha az seçilmesi gerekir (Oksel vd., 1991).

4.5.7 Temas Yüzeyi

Temas yüzeyi, taşın metal üzerinden talaş kaldırarak aldığı 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. Kaba taneli ve büyük gözenekli taşlar kullanılarak talaş boşluğu arttırılabilir (Oksel vd., 1991).

4.5.8 Kesme Sıvısı

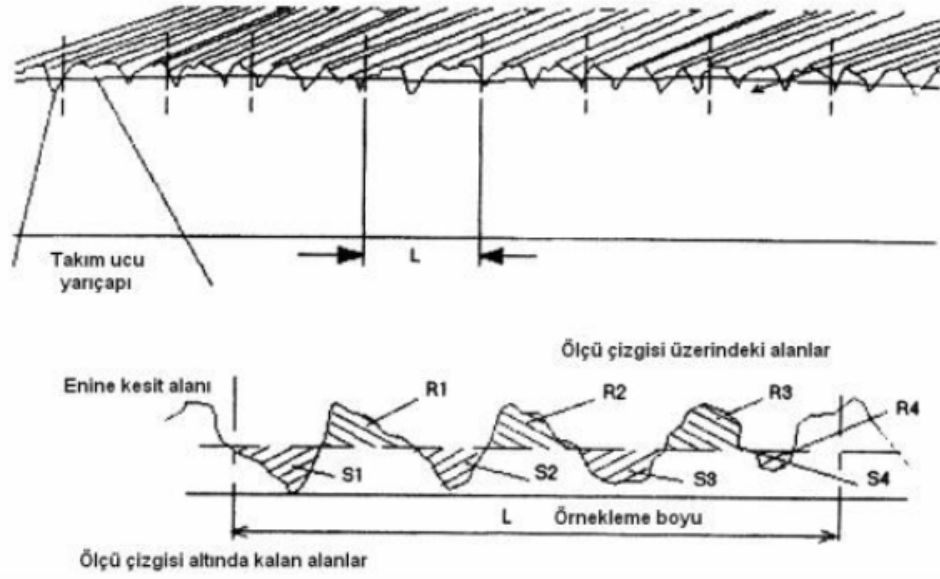
Taşlama işlemi ıslak veya kuru şekilde yapılabilir. Fazla ısı gerektirmeyen işlerde kuru taşlama işlemi gerçekleştirilebilir. Ortaya çıkan ısı hava ile dağılır.

Yüksek ısının ortaya çıktığı taşlama işlemlerinde soğutma sıvısı kullanılarak ısı absorbe edilmeye çalışılır. Bu taşlama işlemlerine ıslak taşlama işlemi denmektedir.

Soğutma işlemi yapılmadığı durumlarda taştan kopan parçalar uzaklaşmadan ortaya çıkan ısının etkisi ile tekrardan yapışarak gözenekleri tıkar. Böylece taşın kesme gücü azalır ve iş parçasında pürüzlü yüzey oluşur. Sonuç olarak iş parçasında çarpıklık ve ölçüm hatası meydana gelir (Oksel vd., 1991).

4.6 Yüzey Pürüzlüğü

Maddelerin üzerinde yapılan işlenmiş yüzeylerde yüzey pürüzlülüğü kesinlikle oluşmaktadır. Kesici takımın cinsi, işleme yöntem çeşidine göre kimyasal, fiziksel veya ısı faktörlerinin etkisi ile maddelerin yüzeylerinde izler oluşmaktadır. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde sapmalar meydana gelir ve yüzey pürüzlülüğü oluşur (Dişbudak, 2015).



Şekil 4.9. Yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu gösterimi ve yüzey profili (Şahin 2001).

Üç boyutlu yüzey pürüzlülüğü gösterimi şekil 4.9’da verilmiştir.

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

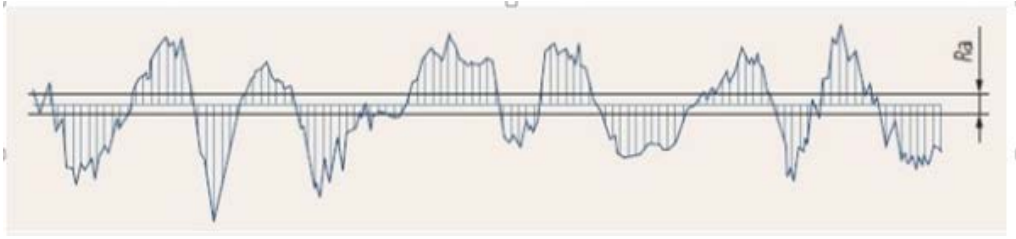
Talaşlı imalat yapılan parçanın yüzey kalitesi, kullanılacağı yerdeki fonksiyonel özelliklere göre değişim göstermektedir (Rogelio vd., 2003).

4.7 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Parametreleri

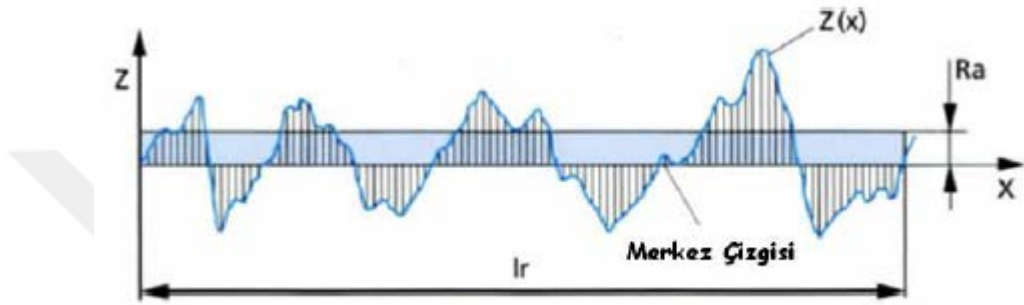
4.7.1 Aritmetik Ortalama Pürüzlülük (R_a)

Yüzey pürüzlülüğünün y koordinatlarının merkezden ortalama aritmetik sapmalarını inceler. Genellikle yüzey pürüzlülük ölçmede en çok tercih edilen ölçüm parametresidir.

Şekil 4.10 ve 4.11’ de Ra yüzey pürüzlülük şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.10. Ra yüzey pürüzlülüğünün şematik gösterimi (Hars ve Sanket, 2014).



Şekil 4.11. Ra, lr ve z birimlerinin gösterimi.

$$Ra = \frac{1}{lr} \int_0^{lr} Z(x) dx$$

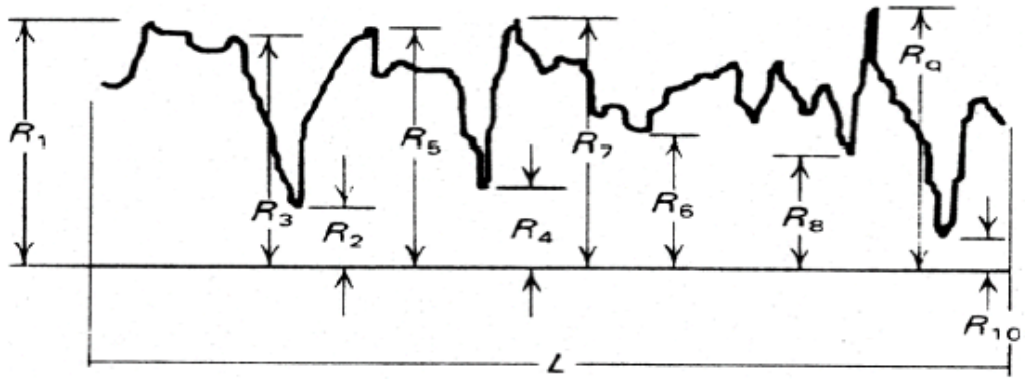
(4.1)

Ra değeri 4.1 denklemi ile hesaplanır. Tam sayıda dalga boyu uzunluğuna sahip olacak şekilde bir (lr) uzunluğu seçilir. Z sembolü ise merkez çizgisinin altındaki ve üstündeki eğri bölgelerin alanlarını temsil etmektedir.

4.7.2 Ortalama Pürüz Yüksekliği (Rz)

Ra’ya göre yüksek tepe ve derin çukurları daha iyi belirlediğinden hassas parametredir. Uluslararası Standart Organizasyonuna göre ölçülen kısımda en yüksek beş tepe ve en derin beş çukurun ortalamasının yükseklik farkı olarak hesaplanır (Motorcu, 2006).

Şekil 4.12’de Rz hesaplanması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.12. On nokta yükseklik parametresinin tanımlanması (RZ(ISO)) (Çelik, 2010).

$$Rz = \frac{(R1+R3+R5+R7+R9)-(R2+R4+R6+R8+R10)}{5} \quad (4.2)$$

Rz değeri 4.2 denklemi ile bulunur.

4.7.3 Kuadratik Ortalama Pürüzlülük (Rq)

Yüzey pürüzlülük profiline karşılık gelen y koordinatlarının kuadratik ortalama değeridir.

Rq'nun istatistiksel değeri Ra'dan daha büyüktür.

Profil çıkıntılarındaki ve boşluklardaki standart sapmayı ifade ettiği için yüzey profilinde istatistik olarak önemli bilgi elde edilir.

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{lr} \int_0^{lr} Z^2(x) dx} \quad (4.3)$$

Rq değeri 4.3’de verilen denklem yardımıyla bulunur (<http://yamasa.com.tr/242/1/4/yamasa/yuzeyolcumparametreleri.aspx>).

Ra ve Rq arasındaki fark; Ra profil çıkıntısı ve boşluk kesitleri ile ilgili hassasiyet göstermezken Rq yüzey profili hakkında istatistik önemli bilgi sağlar. Ra

pürüzlülük profili ordinatlarının mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. R_q değeri ise pürüzlülük profili ordinatlarının ortalama karakök ortalamasıdır.

4.7.4 Azaltılmış Vadileri Yüksekliği (R_{vk})

Çekirdek profilin içine doğru uzanan ortalama vadi derinliğidir.

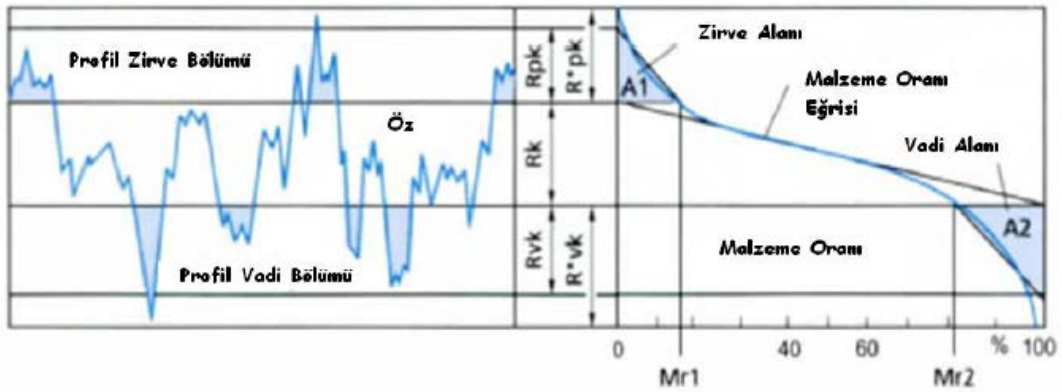
4.7.5 Azaltılmış Tepe Yüksekliği (R_{pk})

İlk çalışma esnasında çabuk aşınan yüzeyin üst bölümüdür.

4.7.6 Malzemenin Uzun Dönem Davranış Karakteri (R_k)

İş parçasının ilk çalışma sonrasındaki profil özünün pürüzlülük değeri olarak hesaplanır.

Şekil 4.13'te R_{pk} , R_k ve R_{vk} şematik gösterimi verilmiştir.

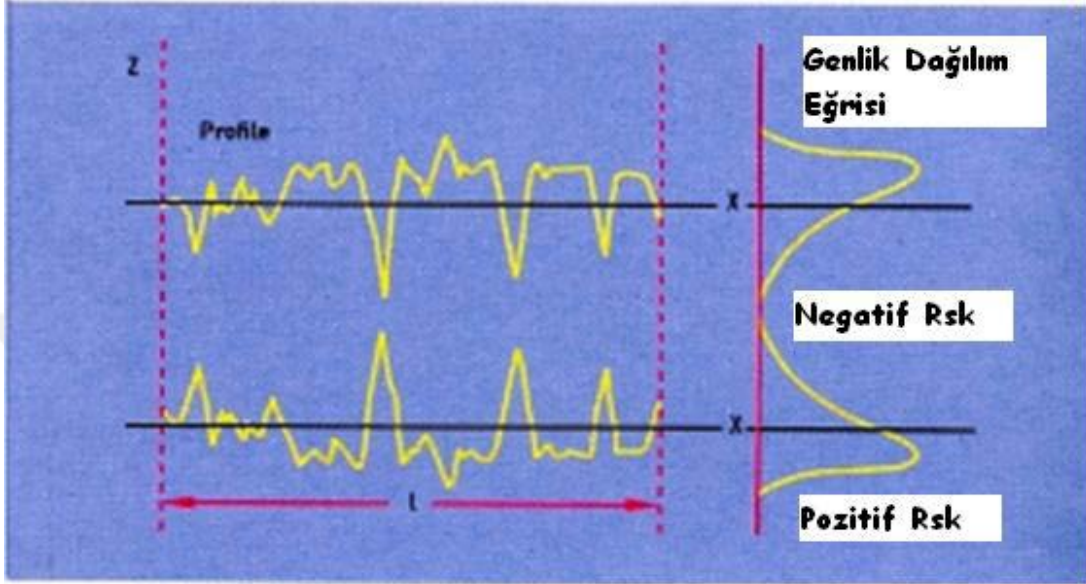


Şekil 4.13. R_{pk} , R_k , R_{vk} şekil üzerinde gösterimi (Çelik, 2010).

4.7.7 Yatıklık (R_{sk})

Profil çizgisinin ortalama çizgisine göre ölçüm şeklidir. Ra ve Rt ölçüm parametrelerinin yetersiz kaldığı durumlarda asimetrik profili ayırt etmek için kullanılır. Yüzey kalitesinin iyi olması isteniyorsa negatif yatıklık tercih edilmelidir.

Şekil 4.14’de Rsk şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.14. Rsk şekil gösterimi (Çelik, 2010).

4.8 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri

Yüzey pürüzlülük ölçümü genel olarak ikiye ayrılmaktadır.

-karşılaştırma metodu ile

-cihaz ile ölçüm

En yaygın ölçüm yöntemi cihaz ile olandır. Cihazda izleyici kafa ve sinyal yükselticiden oluşmaktadır. İzleyici kafada elmas iğne bulunmaktadır. İş parçasının yüzeyinde kafa gezdirilir. Gezdirilen yüzeydeki pürüzlülükten kaynaklanan iğne hareketleri izleyici kafa tarafından elektrik sinyaline çevrilir. Yükseltici tarafından büyütülen sinyaller cihaza kaydedilir. Referans çizgisine göre Ra, Rq ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri verir (Vural, 2006).

4.8.1 Karşılaştırma Metodu İle Ölçüm

Ölçülmek istenen yüzey pürüzlülüğü, özelliği bilinen bir yüzeyle karşılaştırma yapılarak ta ölçülebilir (Vural, 2006).

Görsel, dokunarak, çizik, mikroskop, yüzey fotoğrafları, mikro–interferometre, Wallace yüzey dinamometresi ve yansıyan ışık yoğunluğu ile ölçüm yapılabilir.

4.8.1.1 Görsel Muayene

Çıplak göz kontrolü ile yapılır. Büyük yüzeylerin incelendiği durumlarda doğru ölçüm yapılması zor olan ölçüm yöntemidir. Fazla tercih edilmez.

4.8.1.2 Dokunarak Muayene

Bu yöntemle iki farklı yüzey arasında hangisinin daha pürüzlü olduğunu anlamamızı sağlar ama pürüzlülüğün derecesini bilemeyiz.

İğne, kalem veya tırnağın ölçülecek yüzeye sürülmesi ile pürüzlülük hakkında bilgi edinilebilir (Güllü, 1995).

4.8.1.3 Çizik ile Muayene

Yumuşak olan malzemelerin yüzeylerine çizik atılarak oluşan çizik durumuna göre pürüzlülük ölçülür.

4.8.1.4 Mikroskop ile Muayene

Karşılaştırma ölçüm yöntemlerinden en güvenli metotlarından biridir. Küçük yüzey alanlarının ölçümü yapılabilir. Bu yöntemde, yüzey pürüzlülüğü bilinen iş

parçası referans alınarak ölçülmesi istenen iş parçası mikroskopta incelenerek ölçüm yapılır.

4.8.1.5 Yüzey Fotoğrafları ile Muayene

Yüzeyin büyütülmüş fotoğrafları çekilir ve yüzeydeki düzensizlikler ortaya çıkar. Dikey aydınlatma ile çekilen fotoğraflar da düz kısımlar aydınlık çıkarken çizikler koyu renk çıkmaktadır. Eğik aydınlatma da ise tam tersi durum söz konusudur.

4.8.1.6 Mikro-İnterferometre

İş parçasının yüzeyine optik düzlem konular ve monokromatik ışık kaynağı ile aydınlatılır. Aydınlatma sonucu düzensizlikler belirlenir.

4.8.1.7 Wallace Yüzey Dinamometresi

Sürtünme yöntemi ile ölçüm yapılır. Önceden bilinen yay basıncının uygulandığı sarkaçtan oluşur. Sarkaç başlangıçtaki konuma kaldırılır ve ölçüm yapılacak yüzey üzerinde salınma işlemi yaptırılır. Pürüzlü yüzeylerde az salınım, pürüzsüz yüzeylerde ise daha uzun sürede salınım yapmasına göre pürüzlülük ölçüsü değerlendirilir.

4.8.1.8 Yansıyan Işık Yoğunluğu

Işık demetleri iş parçasının yüzeylerine yansıtılır. Farklı yönlerde yapılan ışık demetleri ile ışık yoğunluğu değişimi fotosel ile ölçülerek yüzeylerin pürüzlülüğü değerlendirilir.

4.8.2 Cihaz ile Ölçüm Yöntemi

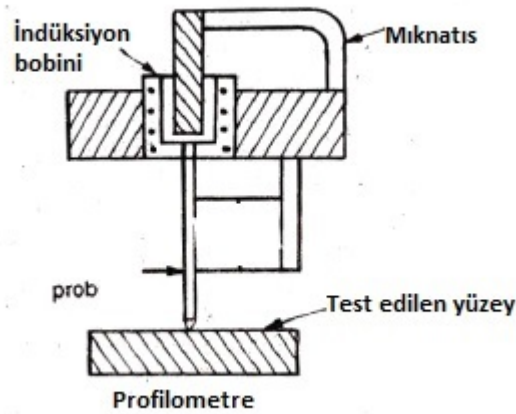
Bu yöntemde kalem uç kullanılarak pürüzlülük sayısal olarak belirlenir. Kalem uç ölçüm yapılacak yüzeyde ilerleme hareketi yapar ve sonuçlar cihazda okunur.

İnce uçlu kalem ile yüzeyde ilerleme hareketi gerçekleştirilir. Kalemin dikey hareketi pürüzlülük ölçmek için kullanılır. Kalemin ucu elmas veya sert malzemeden yapılır. Kalemin hareketi ile elektrik sinyalleri üretilir ve çıktı olarak kullanılır.

Yüzey ölçümü için kullanılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

4.8.2.1 Profilometre

Bu ölçüm aletiyle mikron seviyedeki yüzey pürüzlülüğü ölçebiliriz. Mıknatıs altında indüksiyon bobini bulunmaktadır. Prob, iş parçasının yüzeyinde hareket ettirilir ve yüzeydeki pürüzlülük yüzünden aşağı yukarı yönde hareket eder. İndüksiyon bobini mıknatıs alanına hareket eder ve voltaj oluşumu gerçekleşir. İndüklenen gerilim yükseltip kaydedilir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde en uygun yöntemden biridir. Şekil 4.15’de profilometre şekli gösterilmiştir.

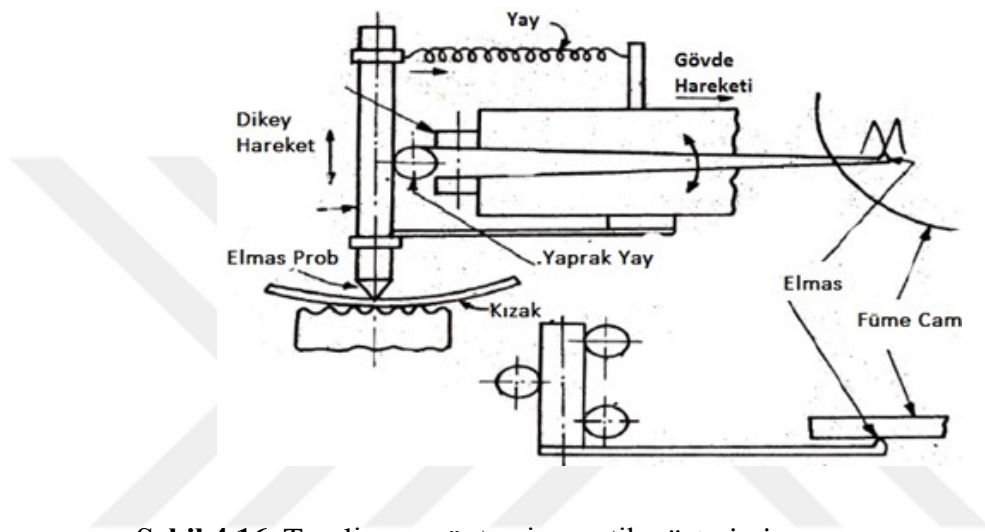


Şekil 4.15. Profilometre (<http://www.kuark.org/2017/10/yuzey-puruzluluk-olcumu>).

4.8.2.2 Tomlinson Yüzeymetre

Dr. Tomlinson tarafından tasarlanan bu yöntem diğerlerine göre daha ucuz ve güvenilirdir. Şekil 4.16’da Tomlinson yöntemi şematik gösterimi verilmiştir.

Algılama elemanı yüzeyin üzerinde aşağı yukarı yönde hareket eder. Pürüzlülük ölçülmesi için cihaz yüzey boyunca hareket ettirilir. Probu hareketi ile silindirde hareketlenir. Kol hareket etmesi ile dişli cam üzerindeki elmasında hareketi gerçekleşmiş olur. Bükücünün yatay hareketi ile cam plaka üzerinde iz oluşur. (Yeşilay, 2017)



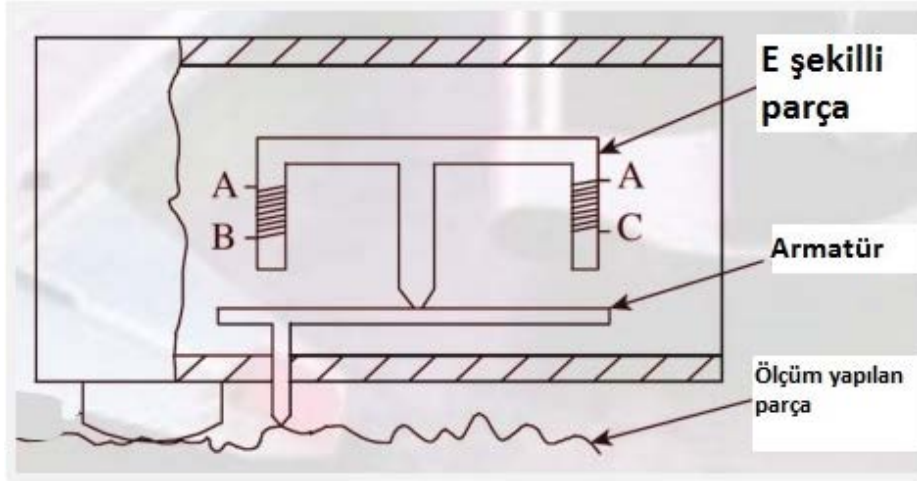
Şekil 4.16. Tomlinson yöntemi şematik gösterimi

(<http://www.kuark.org/2017/10/yuzey-puruzluluk-olcumu>).

4.8.2.3 Taylor Hubson Talysurf

Kalem, armatüre eklenir. Bobinlere akım verilir. Ölçüm yapılacak yüzeyde elektrikli motor ile doğrusal hareket ettirilir. Pürüzlülük ile kalem aşağı yukarı yönde hareket eder. Bu hareketler ile armatürün hareketi gerçekleşir ve hava boşlukları meydana gelir. Böylece alternatif akımda genlik oluşur ve yüzey pürüzlülüğü ölçülür (Yeşilay, 2017).

Şekil 4.17’de Taylor Hubson Talysurf yöntemi şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.17. Taylor Hubson Talysurf yöntemi şematik gösterimi.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1 Materyal

Materyal ve yöntem kısmında tez konusundaki yapılan çalışmalar için makine seçimine değinilmiştir. Makinenin özellikleri, çalışma prensipleri anlatılarak deney çalışmalarının nasıl ve hangi yöntemle yapıldığı konusunda bilgi vermek amaçlanmıştır.

5.1.1 Deney Malzemesi

Deney malzemesi olarak 4 mm kalınlığında düz cam kullanılmıştır. Kullandığımız düz camı tanımlayacak olursak, erimiş kalay üzerinde cam eriyiğinin yüzdürülme yöntemiyle üretilir. Renksiz, saydam ve yüksek ışık geçirgenliğine sahiptir. Genellikle inşaat, dekorasyon, otomotiv ve beyaz eşya alanlarında düz cam kullanılır. Düz cam, üretimden çıktığı şekliyle kullanılabilirdiği gibi ikincil işlemler yapılarak temperleme, işleme, kaplama vs. işlemler yapılarak emniyet ve güvenlik alanında, ısı kontrolünde, güneş kontrolünde, dekorasyonda kullanılabilir (<http://www.seyhancam.com.tr>).

Tablo 5.1’de soda – kireç camı kimyasal analiz değerleri verilmiştir.

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

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 Numunelerinin Hazırlanması

550*450 mm uzunluğunda dikdörtgen şeklinde 13 adet düz cam kullanılmıştır. Cam kenarlarının keskinliğini gidermek için rodaj makinasında kenar işleme prosesi gerçekleştirilecektir. Rodaj işlemini Glassline veya Rohmer makinelerinde yapabiliriz. Bu deneyimizde Rohmer makinasını kullanarak camların rodaj diski ile taşlanma işlemi yapılmıştır.

Rodaj yapılacak camlar istenilen ölçülerde kesildikten sonra cam yükleme paletleriyle vakum yapılacak alana getirilir. Vakum yapılırken camların düzgün yerleştiğine dikkat edilmelidir. Düzgün yerleşmeyen camlar vakumlama esnasında camların birbirine yapışması veya vakum ile camların alınmaması sorunu ortaya çıkabilir. Şekil 5.1’de vakumlama işlemi gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Vakumlama işlemi.

Camların işlenmesi için gerekli veriler kontrol paneline giriş yapılarak kenar işleme prosesi başlatılır. Şekil 5.2’de kontrol paneli gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Rohmer kontrol paneli.

Vakumlanan cam merdane ile transfer alanına götürülür. Rodaj yapılacak camın ilk başta iki karşılıklı kenarı işlenir. Rodajlama esnasında karşılıklı 2 kenardan 0.5 mm kalınlığında taşlama işlemi yapılmıştır. Camlar karşılıklı iki kenardan 0.5 mm taşlama yapıldığından normal ölçülerine göre 1 mm daha büyük kesme işlemi yapılarak rodajlama işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra diğer karşılıklı iki kenarın rodajlama işlemi yapılır. Şekil 5.3'te rodajlama esnasındaki görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.3. Rodajlama işlemi.

Rodaj kısımlarında 4 adet işleme kafası bulunmaktadır. İlk 2 taşlama kafası ile ince işlem gerçekleştirilir. Kaba işlem yapılırken D-121 taş kullanılır. İnce işlem yapılırken D-91 taş kullanılır. Şekil 5.4’de taş değiştirme masası gösterilmiştir. Rodajlama yapılırken disklerin ömrünü arttırmak ve yanık oluşmasını önlemek amacıyla sürtünmeyi azaltmak için rodaj disklerine su verilir.



Şekil 5.4. Rodaj taş değiştirme masası.

5.1.3 Deneyde Kullanılan Makinalar ve Parçaları

5.1.3.1 Rohmer Makinası

Rohmer makinasının genel özellikleri;

- Rodaj makinasında 4 adet kafa bulunmaktadır. Her kafa düzeneğinde mil motoru monte edilmiştir.

- Kayışların her iki tarafında 2.5 inç çıkıntı bulunmaktadır.
 - 45 derecelik bir açıda montaj edilir, makine otomatik moda olduğunda çalışma bir anahtarla tetiklenir.
 - Cam ebatlarına uyum sağlamak için makinanın sabit ve hareketli tarafları bulunmaktadır.
 - Max. yarıçap 17.0 mm, kayış hızı 7.0–8.0 m/dak, tekerlek boyutu 15.0–17.0 mm arasında olmalıdır.
 - İş mili devir sayısı 10.000–12.000 dev/dak arası önerilmektedir.
- Rohmer makinası şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Rohmer makinası.

Çalışma prensibi şu şekildedir,

Makinada 2 adet işleme kafası bulunmaktadır. Makine operatörü kenar işleme ürün bilgilerini kontrol paneline girer. Cam ebadına göre dayama tablaları ayarlanır. Cam ebatlarına göre rodaj diski ve sektör seçilir. Camlar vakumlu sehpa üzerine konulur. Rodaj diski, sektör ve parlatma keçeleri camın etrafında dönme işlemi yaparak işlem tamamlanır. Seri üretimlerde her 30 dakika da ölçüm yapılarak kontrol edilir. Bu makinalarda köşe kırma, radyus, rodaj ve iç rodaj yapılabilir. 4 mm den 10 mm'ye kadar cam kalınlıkları genellikle 200 mm çaplı disklerle rodaj işlemi yapılır (<http://www.glassinks.eu/rs-technology-rohmer.html>). Tablo 5.2'de Rohmer makinasının teknik özelliklerine yer verilmiştir.

Tablo 5.2. Rohmer makinası teknik özellikleri.

RS 8.44 Quard 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
Taşıma 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 taşıma 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

5.1.3.2 Rodaj Diskleri

Rodaj diskleri metal gövde, bağlayıcı ve aşındırıcıların (elmasların) bulunduğu iki kısımdan oluşmaktadır. Metal gövde alüminyum veya demir olabilir. Bağlayıcı kısmında 3 çeşit elmas kullanılır. Bunlar metal, rezine ve elektrolizdir. Cam sektöründe genellikle metal bağlayıcı kullanılmaktadır.

Bağlayıcıların aşındırma özelliği yoktur. Rodaj işlemleri sonucunda aşındırıcıların tükenmesi ile geriye sadece bağlayıcılar kalmaktadır. Bileme işlemi yapılarak bağlayıcılar bilerek tekrardan aşındırıcılar yüzeye çıkartılır. Genellikle kullanılan rodaj diskleri tablo 5.3’de gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Kaba ve ince taneli rodaj diskleri.

D -151	KABA
D-126	
D-107	
D-91	
D-76	
D-64	

D-52	İNCE
------	------

Tablo 5.3’de D’nin anlamı İngilizce yazılışı diamond olan elmastan gelmektedir. Yanındaki sayılar ise diskte bulunan elmas büyüklüğüdür.



Şekil 5.6. Rodaj diski.

Çalışmada kullanılan taşlama taşları şekil 5.6’da gösterilmiştir. Çalışma için 3 çeşit taşlama taşı seçilmiştir. Şekil 5.6 a’da Türkiye’deki bir firmada üretilen İtalyan menşeli bir markanın ürettiği taş görülmektedir. Bu taşta TA1 adı verilmiştir. Şekil 5.6 b’de görülen rodaj diski ise başka bir İtalyan markası olup Türkiye’de üretilmiştir. TA2 kod adı ile kodlanmıştır. Şekil 5.6 c ve d’de verilen resimde ise Türkiye’de üretilen disk görülmektedir. Bu diske TA3 kod adı verilmiştir. Belirtilen bu 3 disk aynı mesh boyutuna sahip elmas parçacıkları içermektedir. Bağlayıcı içeriği değişmektedir.

5.1.3.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

İnsanlar gözleri ile göremediği maddeleri görmek için ilk olarak ışık mikroskopları kullanmışlardır. Işık mikroskobu, ışınların mercekle ve aynalar yardımıyla maddenin üzerine düşürülerek görüntü alınmasını sağlıyor. Bu mikroskoplar yeterli bulunmadığı anlaşılmış ve elektron taramalı mikroskopların icat edilmesi süreci başlamıştır (Erdin, 1987).

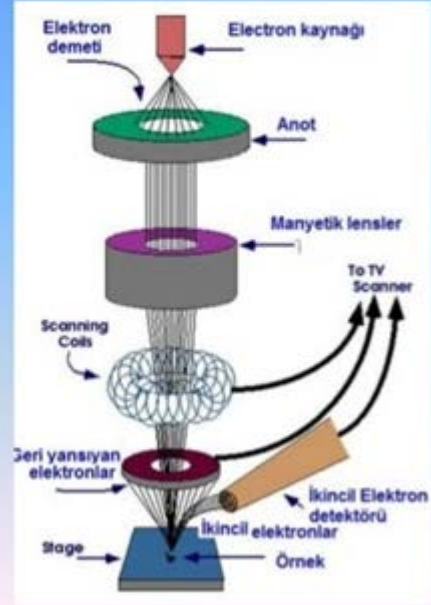
Ernst Ruska 1928 yılında bilimsel çalışmalarını bitirmiş ve 1931 yılında Dr. Max Knoll ile elektron mikroskobunun ilk üretimini gerçekleştirmiştir (Frängsmyr ve Ekspong, 1986). 1937 yılında ise Manfred von Ardenne yüksek çözünürlüklü taramalı elektronu yapmıştır (Ay, 2017).

Çalışma prensibi şu şekildedir;

Elektron mikroskoplarının çalışma mantığı, elektronların numune ile etkileşimleri sonucu ortaya çıkan verilerin algılayıcılar tarafından işlenmesi ile görüntü oluşmasıdır. Bu mikroskoplarda elektron kaynağı elektron tabancalarıdır. Elektron tabancasında volfram flaman tel bulunmaktadır. Flaman telin 2700 °K'e kadar çıkması için voltaj uygulanır ve elektron salınımı gerçekleştirilir. Flaman telin ömrünü arttırmak için kalınlığı arttırılmalıdır. Tel kalınlığı 0.125 mm olarak uygun görülmüştür (Erdin, 1987). Salınan elektronların flaman tele geri dönmemesi için anot levha kullanılır. Anot plakadan sonra elektronlar kondansör ve objektif mercekten geçmektedir. Kondansör mercek elektron demetini yoğunlaştırıp objektif olana yollar ve burada elektronlar incelenecek numuneye odaklanır. İşlemler vakum odasında gerçekleştirilerek elektronların sistemde bulunan gaz molekülleriyle etkileşimi önlenmektedir. Şekil 5.7'de taramalı elektron mikroskobu görünümü verilmiştir (Erdin, 1987).

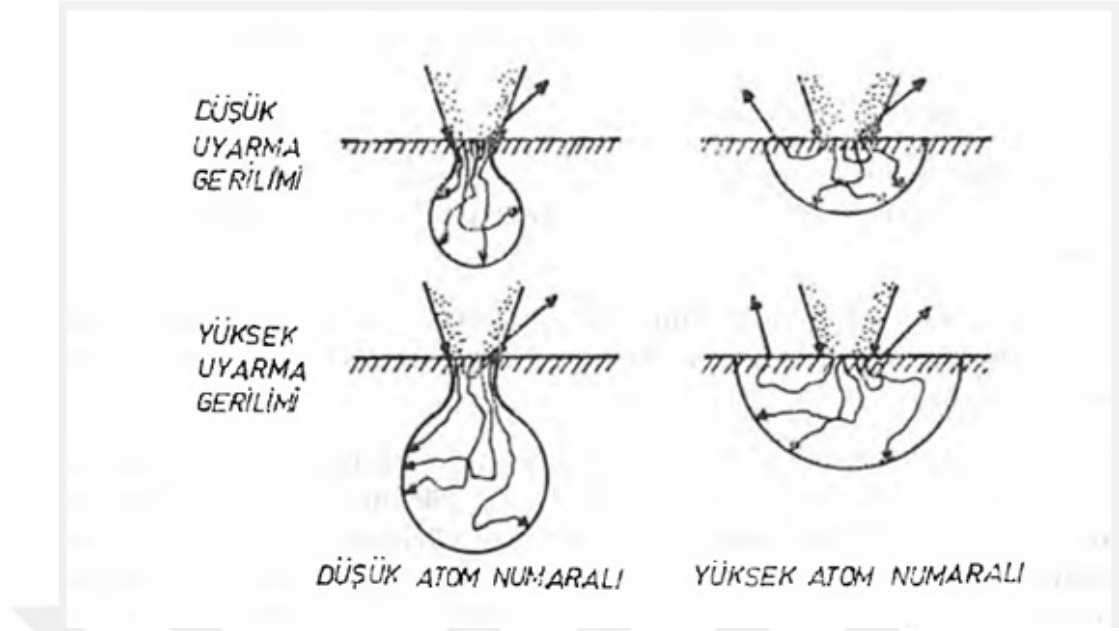
Mikroskobun çalışma prensibi

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



Şekil 5.7. Taramalı elektron mikroskobu (Ay, 2017).

Elektron demeti ile numune arasında su damlası şeklinde görüntü oluşmaktadır. Numuneye gönderilen elektronlar geri saçılan elektronları oluşturur. Dış yörünge atomları ile dış yörünge elektronlarının elastik olmayan etkileşimi ile Auger elektronlar oluşur. Bu elektronlar numune yüzeyi hakkında bilgiler taşımaktadır. Çarpışmalar sonucunda yörüngelerinden koparılmış ikincil elektronlar oluşmaktadır. İkinci elektronlar yüzeyden 10 nm derinliğe kadar indiği için numunenin topografik görüntüsünü oluşturur. Elektron demetleri x ışınlarını yaymaktadır ve bu ışınlar numune içindeki elementler hakkında bilgi oluşturmaktadır (Yıldırım, 2013).



Şekil 5.8. Atom ağırlığı – elektron demeti hacimsel etkileşim gösterimi (Erdin, 1987).

Atomların ortalama ağırlıkları numune ile elektronların hacimsel etkileşiminin boyutunu ve şeklini belirler. Eğer atom ağırlıkları düşük ise hacimsel etkileşim yağmur damlası şeklinde yüksek atom ağırlığına sahip ise yarı küresel hacimsel etkileşim görüntüsü oluşmaktadır. Uygulanan gerilimde hacimsel görünümün boyutunu etkilemektedir. Şekil 5.8’de gösterilmiştir.

İkincil elektronlar, Auger elektronlar, saçılmış elektronlar ve x-ışınları detektörler tarafından algılanarak bilgisayara veri olarak aktarılır. Bu veriler numunenin topografyası ile bileşimi hakkında bilgi vermektedir (Yıldırım, 2013).

Taramalı elektron mikroskobu malzeme bilimi, jeoloji, biyoloji, tıp vb. alanlarda uygulanmaktadır.

5.1.3.3.1 Jeol Jsm–6060 Lv SEM Cihazı

Deneyde taramalı elektron mikroskobu olarak Jeol Jsm–6060 Lv modele sahip cihazı kullandık. Cihaz şekil 5.9’da gösterilmiştir.

Bu cihazın teknik özellikleri şu şekildedir;

- Yüksek hassasiyet ve performansla donatılmış taramalı elektron mikroskopudur (https://www.jeol.co.jp/products/detail/JSM-6060_6060LV.html).
- SEM, bilgisayar kontrolü ile çalışmaktadır.
- K tipi tungsten filaman elektron kaynağı kullanılmaktadır.
- 5 eksen kartezyen kontrolü yapılabilir.
- 30 kV hızlandırıcı voltajı ve 8 mm çalışma aralığında 3.5 nm çözünürlük elde edebilmektedir.
- 0.5 kV–30 kV hızlandırıcı voltaj arasında inceleme yapabilir.
- İncelenen maddelerin boyutları 8x–300.000x arasında büyütme gerçekleştirilebilir (<http://biyoloji.gazi.edu.tr/posts/view/title/sem-ozellikleri-31125>).



Şekil 5.9. Jeol Jsm – 6060 Lv sem cihazı.

Jeol Jsm-6060 sem cihazının bazı teknik özellikleri tablo 5.4’de verilmiştir.

Tablo 5.4. Jeol Jsm – 6060 Lv sem cihazı özellikleri
(https://www.jeol.co.jp/products/detail/JSM-6060_6060LV.html).

Karar	3.5 nm
Hızlanma gerilimi	0,5 ila 30 kV (53 kademe değiştirme)
Büyütme	x 5 ila 300.000
Örnek boyutu	150 mm
Örnek hareket	X yönü: 20 mm Y yönü: 10 mm Z yönü: 5 ila 48 mm, eğim: -10 ° ila 90 ° Dönüş: 360 °

5.1.3.4 Marsurf M 300 Mobil Pürüzlülük Ölçme Aleti

M 300 profilometrenin genel özellikleri ve çalışma prensibi řu şekildedir;

- Değerlendirme ünitesi ile tahrik ünitesi arasında 4 metreye kadar bluetooth kablosuz bağlantı kurulabilir.
- Aydınlatmalı renkli ekrana sahiptir.
- Otomatik filtre seçimi vardır.
- Yüksek kaliteye sahip termal grafikli yazıcıya sahiptir.
- Termik grafik yazıcı ile r profili yazdırılır.
- Otomatik kayıt yazdırma özelliği vardır.
- USB ile bilgisayara sonuç aktarımı yapılabilir.
- R profili, P profili, malzeme oranı eğrisi ve ölçme kaydı yazdırma yapılabilir.
- Ölçü birimleri ($\mu\text{m}/\mu\text{inç}$) seçilebilir.
- Tolerans izleme özelliğine sahiptir.
- Max. 40.000 ölçüm sonucunu entegre bellekte tutabilir.
- Tuş takımı kilidi ve şifre koruması yapılabilir.
- řarj edilebilir pil bulunmaktadır.
- PHT 6-350 standartında pikap için pürüzlülük standardı vardır.

- Dinamik kalibrasyon fonksiyonu vardır.
- Ölçüm tarihi ve saatini göstermektedir (www.mahr.com/tr).

Tablo 5.5. Marsurf M 300 mobil pürüzlülük ölçme aleti.

	6910401–M300 MARSURF SET–2 UM
Ölçme prensibi	Tarama ucu yöntemi
Girdiler	Endüktif destekli prob
Ölçme üniteleri	Seçilebilir
Ölçüm aralığı mm	350 µm, 180 µm, 90 µm
Profil çözünürlüğü	32 µm, 16 µm, 8 µm
Dikey skala	Otomatik/seçilebilir
Yatay skala	Kesmeye bağlı
Günlük içeriği	R profili, MRK, P profili, sonuçlar
ISO/JIS'e göre filtre	Gaub filtresi, Ls filtresi
ISO/JIS'ye uygun kısa strok	Seçilebilir
ISO/JIS'e göre değerlendirme uzunluğu	1.25 mm, 4 mm, 12.5 mm
ISO/JIS'e göre örnekleme uzunluğu sayısı n	Seçilebilir: 1-5
Temas hızları	0.5mm/s
Tarama ucu	2 µm
Ölçüm kuvveti	Yaklaşık 0.7 Mn
LC Ekran	Renkli ekran, 3.5", 320x240 piksel
Yazdırılıyor	Otomatik/manuel zamanla kayıt
Yazıcı	Termal yazıcı, 384 nokta/yatay satır, 20 karakter/satır
Yazdırma hızı	Yaklaşık 6 satır/saniye karşılığı yaklaşık 25 mm/s
Thermopaper	40,0 mm–1,0 mm çap, 57.5 mm–0.5 mm genişlik, kaplamalı
Kalibrasyon işlevi	Dinamik
Şifre koruma	Evet

Aygıt ayarları için kilit	Evet
Güç yönetimi	Evet
Arabirimler	Sürücü ünitesi, güç grubu, USB, MarConnect
Bağıl nem	%30 - %85
Koruma sistemi	M 300 = IP 42, RD 18 = IP 40
İşletim sıcaklığı aralığı	+5 µm °C+40 °C
Depolama için sıcaklık aralığı	-15 °C-15 °C
Beslenen güç	NİHMH pil, kapasite yaklaşık 1.000 ölçüm
Tahrik ünitesi (UxGxY) boyutları	130 mm x 70 mm x 50 mm
Ölçüm aleti için (UxGxY) boyutları	190 mm x 140 mm x 75 mm
Ağırlık tahrik ünitesi	Yaklaşık 300 g
Ağırlık ölçüm aleti	Yaklaşık 1 kg

Marsurf M 300 cihazının teknik verileri tablo 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.10. Marsurf M 300 (www.mahr.com/tr).

Marsurf M 300 yüzey pürüzlülük cihazı şekil 5.10'da gösterilmiştir.

5.2 Yöntem

5.2.1 Deneilerin Yapılışı

Bu çalışmada, beyaz eşya endüstrisinde kullanılan düz camın rodaj makinasında taşlanmasıyla kenarlarında oluşan yüzey pürüzlülüğü değerleri incelenmiş ve rodaj disklerin SEM cihazında görüntüleri alınmıştır. 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı devirlerde camın rodajlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Camların rodajlama yapılan kenarlarındaki yüzey pürüzlülüğü ölçülerek optimum ilerleme hızı ve devirler belirlenmiştir.

Cam malzemenin taşlanmasında ilerleme hızı 7.5–8.25–9.0 mm/sn olarak üç farklı değer kullanılmıştır. Taşlama yapılırken 4200–5600–7000 dev/dk değerleri alınmıştır.

4 mm kalınlığında 13 adet 550*450 mm ebatlarında aynı malzeme olan düz cam kullanılmıştır. Her bir cam için farklı değerlerde devir ve ilerleme hızı ile rodajlama işlemi yapılmıştır. Cam malzemenin rodaj yapılan bir yüzeyinden 4 farklı noktadan ölçüm yapılarak yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülmüştür.

Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçüm sonuçları Marsurf M 300 cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.11'de görülen ölçüm cihazı ile yüzey kalitesi ölçümü yapılmıştır.



Şekil 5.11. Marsurf M 300 ölçüm cihazı ile pürüzlülük ölçümü.

5.2.2 Deneyin Sonuçları

5.2.2.1 Üç Farklı Rodaj Disklerinin Karşılaştırılması

Bu deneyimizde üç farklı firmaya ait rodaj disklerinin sabit devir, ilerleme hızı ve kesme derinliği ile düz camlara taşlama işlemi uygulanmış ve bunun sonucunda hangi diskle taşlanmış cam yüzeyinin pürüzlülük değerinin daha iyi olduğu araştırılmıştır.

Tablo 5.6. Rodaj disklerinin karşılaştırılması.

Rodaj Diskleri			
Devir (dev/dk)	5000		
İlerleme hızı (m/dk)	10		
Kesme derinliği (mm)	0.5		
	TA1 (μm)	TA2 (μm)	TA3 (μm)
Ölçüm 1	2.841	2.499	2.297
Ölçüm 2	2.847	2.297	2.351
Ölçüm 3	2.471	2.065	2.378
Ortalama	2.720	2.287	2.458

Tablo 5.6'ya göre hemen hemen birbirine yakın değerler bulunmuştur. Ama kıyaslama yaptığımızda TA2 ile taşlanan cam yüzeyleri daha pürüzsüz olduğu ortaya çıkmaktadır. İkinci yüzey kalitesi olarak TA3 kodlu taş bulunmuştur. İmalat esnasında gerekli olan yüzey pürüzlülüğü değerleri TA3 kodlu taş sağlamaktadır.

Ayrıca çalışmada belirtilen üç farklı taşın ömür değerleri incelenmiştir. Ömür değerlerine bakıldığında TA3 taşlama taşının diğerlerine göre ömür açısından daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmamızın diğer kısımlarında yüzey pürüzlülük değeri istenilen sınırlar dahilinde elde ettiğimiz ve ömrü en uzun olan TA3 rodaj diskinde gerçekleştirilecektir. Bir sonraki bölümlerinde TA3 rodaj diski ile yaptığımız çalışmalarda elde ettiğimiz yüzey pürüzlülük değeri incelenecek, istatistiksel olarak optimizasyon yapıp optimum çalışma değerleri belirlenecektir.

5.2.2.2 Yüzey Pürüzlülük Sonuçları

Gerçekleştirilen deneylerde 13 adet camın 4 kenarında yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Cam kenarında 4 adet ölçüm yapılarak bu değerlerin ortalaması bulunmuştur.

Tablo 5.7. 1.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 1				
Devir (dev/dk)		4200		
İlerleme hızı (mm/sn)		8.25		
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.392	2.556	2.412	2.452
Ortalama	2.453			

Tablo 5.7’de 1. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 4200 dev/dk ve 8.25 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.453 μm değerindedir.

Tablo 5.8. 2.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 2				
Devir (dev/dk)		5600		
İlerleme hızı (mm/sn)		8.25		
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.815	2.917	2.854	3.026
Ortalama	2.903			

Tablo 5.8’de 2. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 5600 dev/dak ve 8.25 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.903 μm değerindedir.

Tablo 5.9. 3.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 3				
Devir (dev/dk)	7000			
İlerleme hızı (mm/sn)	9.0			
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.876	2.913	2.917	2.942
Ortalama	2.912			

Tablo 5.9’da 3. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 7000 dev/dk ve 9.0 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.912 μm değerindedir.

Tablo 5.10. 4.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 4				
Devir (dev/dk)	5600			
İlerleme hızı (mm/sn)	9.0			
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	3.158	3.250	3.154	3.306
Ortalama	3.217			

Tablo 5.10’da 4. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 5600 dev/dk ve 9.0 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 3.217 μm değerindedir.

Tablo 5.11. 5.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 5				
Devir (dev/dk)	7000			
İlerleme hızı (mm/sn)	7.5			
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)

Ölçüm	2.480	2.445	2.574	2.541
Ortalama	2.510			

Tablo 5.11’de 5. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 7000 dev/dk ve 7.5 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.510 μm değerindedir.

Tablo 5.12. 6.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 6				
Devir (dev/dk)		7000		
İlerleme hızı (mm/sn)		8.25		
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.718	2.729	2.695	2.678
Ortalama	2.705			

Tablo 5.12’de 6. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 7000 dev/dk ve 8.25 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.705 μm değerindedir.

Tablo 5.13. 7.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 7				
Devir (dev/dk)		5600		
İlerleme hızı (mm/sn)		8.25		
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.918	2.938	2.874	2.882
Ortalama	2.903			

Tablo 5.13’de 7. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 5600 dev/dk ve 8.25 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.903 μm değerindedir.

Tablo 5.14. 8.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 8				
Devir (dev/dk)	4200			
İlerleme hızı (mm/sn)	9.0			
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.635	2.598	2.646	2.605
Ortalama	2.621			

Tablo 5.14’de 8. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 4200 dev/dk ve 9.0 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.621 μm değerindedir.

Tablo 5.15. 9.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 9				
Devir (dev/dk)	4200			
İlerleme hızı (mm/sn)	7.5			
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.165	2.211	2.365	2.346
Ortalama	2.272			

Tablo 5.15’de 9. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 4200 dev/dk ve 7.5 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.272 μm değerindedir.

Tablo 5.16. 10.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 10				
Devir (dev/dk)	5600			
İlerleme hızı (mm/sn)	8.25			
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.854	2.860	2.915	2.967
Ortalama	2.899			

Tablo 5.16’da 10. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 5600 dev/dk ve 8.25 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.899 μm değerindedir.

Tablo 5.17. 11.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 11				
Devir (dev/dk)	5600			
İlerleme hızı (mm/sn)	8.25			
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.875	2.885	2.915	2.929
Ortalama	2.901			

Tablo 5.17’de 11. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 5600 dev/dk ve 8.25 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.901 μm değerindedir.

Tablo 5.18. 12.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 12				
Devir (dev/dk)	5600			
İlerleme hızı (mm/sn)	7.5			
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.775	2.630	2.750	2.637
Ortalama	2.698			

Tablo 5.18’de 12. cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 5600 dev/dk ve 7.5 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.698 μm değerindedir.

Tablo 5.19. 13.camın yüzey pürüzlülük deney sonuçları.

Cam 13				
Devir (dev/dk)	5600			
İlerleme hızı (mm/sn)	8.25			
	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra4 (μm)
Ölçüm	2.875	2.853	2.978	2.906
Ortalama	2.903			

Tablo 5.19’da 13. Cam üzerinde yapılan deney sonuçları verilmiştir. TA3 marka rodaj disk kullanılmıştır. 5600 dev/dk ve 8.25 mm/sn ilerleme hızı ile talaş kaldırılmıştır. Ortalama ölçüm değerleri 2.903 μm değerindedir.

Tablo 5.20. On Üç Camın Ortalama Sonuçları.

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Tekerlek dönme hızı (dev/dk)	İlerleme Miktarı (mm/sn)	Yüzey Kalitesi (μm)
5	1	-1	1	4200	8.25	2.453
9	2	0	1	5600	8.25	2.903
4	3	1	1	7000	9.0	2.912
8	4	-1	1	5600	9.0	3.217
2	5	1	1	7000	7.5	2.51
6	6	-1	1	7000	8.25	2.705
12	7	0	1	5600	8.25	2.903
3	8	1	1	4200	9.0	2.621
1	9	1	1	4200	7.5	2.272
13	10	0	1	5600	8.25	2.899
11	11	0	1	5600	8.25	2.901
7	12	-1	1	5600	7.5	2.698
10	13	0	1	5600	8.25	2.903

Tablo 5.20’ye göre en iyi sonuç devir ve ilerleme miktarının azalması ile elde edildiği görülmüştür. 4200 dev/dk ile 7.5 mm/sn ilerleme ile en iyi sonuç 2.272 μm bulunmuştur.



Şekil 5.12. 9.Cam kenarının pürüzlük değerleri.

Şekil 5.12’de 9.cam kenarının profilometre ile ölçüm sonuçlarının görüntüsü verilmiştir.

5.2.2.3 İstatistikler Analiz ve Optimizasyon

Deneysel verilerin analizi için pratikte çok kullanılan ve pratiğe uygun olan istatistiksel bir hipotez olan varyans analizi (ANOVA) yani Analysis of Variance kısaltılması olan bu yöntem tercih edilmiştir. Belirtilen analiz yöntemi bağımsız değişkenlerin kendi içinde nasıl etkileşime girdiklerini, oluşan etkileşimin bağımlı değişken üzerinde olan etkilerini araştırır. Deneyimizde bağımlı değişken yüzey pürüzlülüğü, bağımsız değişken ise takım dönme hızı ve ilerleme miktarıdır. Özellikle bağımsız değişkenlerin sayısı çok ise bu analiz yöntemi tercih edilir.

Günümüzde sıkça kullanılır. Bu metot sayesinde ana kütle ortalamalar arasında bir fark değişkeninin olup olmadığı belirlenir. Bu yöntem ile mevcut parametrelerinin ana veya sonuç değişken üzerine olan etkileri yüzdelik olarak tanımlanabilir. Sonuç değişkenine en büyük etkiye sahip parametre belirlenmiş olur. Bunlardan farklı olarak elde edilen deneysel sonuçların istatistiksel olarak güvenilirliği test edilip deneyin geçerliliği yorumlanabilir.

Regresyon analizi ise sebep sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla parametre veya değişken arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak açıklayabilmek için uygulanan istatistiksel analiz yöntemidir. Bu teknik sayesinde tahminler yapılabilir. En iyi eğriyi oluşturabilmek için genelde en küçük kareler yöntemine başvurulur.

Monte Carlo simülasyonu ise rastgele sayılar arasında deneme yaparak sonuca ulaşmayı amaç edinmiş deneysel bir analiz yöntemidir. Bu sayede matematiksel bir çözüm uygulanır. Bu yöntem bir algoritma oluşturur. Bu algoritma sayesinde kesin çözümün zor olduğu problemlerde tahmini çözümler oluşturur. Bir başka deyişle yöntem olasılık teorisi üzerine bina edilmiştir. Bu yöntemde yapılan deneyler tesadüfî sayılar ile defalarca simüle edilir. İşlem çok sayıda tekrar içerdiğinden genelde istatistiksel program kullanılarak yapılır. Zamanın değerli olduğu günümüzde olasılık problemlerinin çözümünde en yaygın kullanılan simülasyon yöntemlerinden biridir. Bu sayede kullanılan değişkenlerin olasılık dağılımıyla modellenmesi sağlanmıştır.

Belirtilen metot ile bütün olası çıktılar görülebilir. Oluşabilecek risk etkileri değerlendirilebilir ve daha iyi karar verilebilir. Bu yöntemde tek bir değer yerine çok sayıda girdiye göre çıktıların nasıl bir dağılım göstereceği bulunur. Çıktı verilerinin hangi aralıkta değişkenliğine bağlı olarak olasılık dağılımları oluşturulur. Olasılık dağılımları kullanmak, analiz yaparken belirsizlikleri tanımlamak için uygulanabilir bir yöntemdir. Monte Carlo simülasyonunda değerler rastgele seçilir. Üretilen verilerin çıktıları ve olasılıkları grafiksel olarak gösterilir. Hangi girdinin daha fazla etkiye sahip olduğu belirlenebilir. Değişkenler arasında bağımlılıklar tanımlanabilir. Sonuç olarak analitik olarak üretilmesi çok zor veya imkansız yakın olan bazı dağılımların ampirik olarak elde edilmesine olanak sağlayan bir yöntemdir. Simülasyona sistem modellenerek başlanır. Bizde çalışmamızda ANOVA analiz

yöntemi ve Monte Carlo simülasyon yöntemi kullandık. Elde ettiğimiz grafikler ve sonuçlar bu bölümde şekiller ve çizelgeler yardımıyla açıklanacaktır.

Tablo 5.21. Varyans analizi.

	Katsayı		Standart	95% CI	95% CI	
Faktör	Tahmin	df	Hata	Düşük	Yüksek	VIF
Sınırlar	2.91	1	0.015	2.87	2.94	
A-Tekerlek dönme hızı	0.13	1	0.015	0.095	0.16	1.001
B-İlerleme miktarı	0.21	1	0.015	0.18	0.25	1.001
AB	0.013	1	0.018	-0.029	0.056	1.001
A ²	-0.35	1	0.022	-0.40	-0.30	1.17
B ²	0.029	1	0.022	-0.023	0.080	1.17

Tablo 5.21’de ANOVA (Analsis of Variance) değerleri verilmiştir. Bu tabloda tekerlek dönme hızı ve ilerleme miktarı değişkenleri gösterilmiştir. Burada en önemli değerler VIF (Varyans Enflasyon Faktörü) dür. Bu değer 10’un altında ve 0.2’nin üstünde olduğu zaman yapılan analizde sorun olmadığını göstermektedir. Varyans dağılımdaki tüm verilerin aritmetik ortalama ile olan farklarının toplamının veri sayısına bölünmesidir. Standart sapmanın karesi de varyansı vermektedir. Yapılan analizde %95 güven aralığında çözümleme yapılmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü matematiksel modeli

Yüzey pürüzlülüğü =

$$\begin{aligned}
 & -1.48200 \\
 & +1.98779E-003 * \text{Tekerlek dönme hızı} \\
 & -0.63001 * \text{ilerleme miktarı} \\
 & +1.26190E-005 * \text{Tekerlek dönme hızı} * \text{ilerleme miktarı} \\
 & -1.78475E-007 * \text{Tekerlek dönme hızı}^2 \\
 & +0,051004 * \text{ilerleme miktarı}^2
 \end{aligned}$$

Tablo 5.22. Tepki yüzeyinin kuadratik model ANOVA analizi.

Tepki Yüzeyinin Kuadratik Model ANOVA Analizi						
Varyans Tablosunun Analizi (Kısmen Kareler – Tip 3)						
	Toplamı		Ortalama	F	p-değeri	
Kaynak	Kareler	df	Kareler	Değer	Prob > F	
Model	0.74	5	0.15	114.69	< 0.0001	Anlamlı
A-Tekerlek	0.10	1	0.10	78.30	< 0.0001	

dönme hızı						
B-İlerleme miktarı	0.27	1	0.27	207.06	< 0.0001	
AB	7.023E-004	1	7.023E-004	0.54	0,4860	
A ²	0.34	1	0,34	260.32	< 0.0001	
B ²	2.273E-003	1	2.273E-003	1.75	0,2273	
Kalıntı	9.088E-003	7	1.298E-003			
Uyumsuzluk	9.075E-003	3	3.025E-003	945.32	< 0.0001	Anamlı
Teorik hata	1.280E-005	4	3.200E-006			
Toplam	0.75	12				

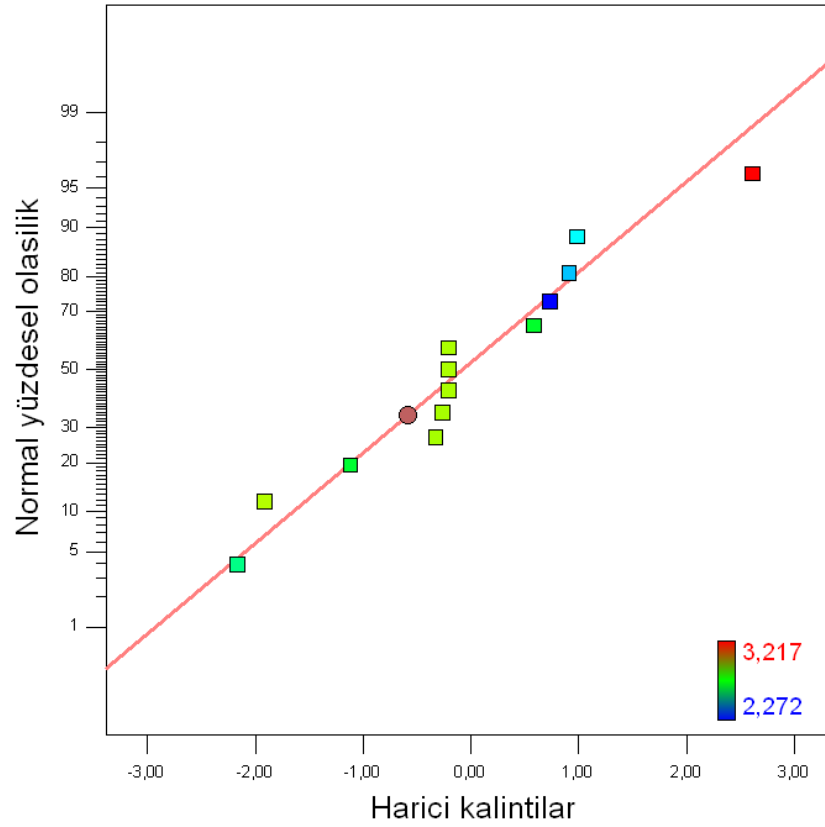
Tablo 5.22’de tepki yüzeyinin kuadratik model ANOVA analizi verilmiştir. F değeri 114.69 olduğu modelin önemli olduğunu ifade eder. Prob > F’ nin 0.05’den küçük değerleri modelin terimlerini gösterir. P değerlerinin 0.05’ten küçük olması model için önemlidir. Bu durumda A, B ve A² değerleri 0.05’den küçük olduğu için önemlidir. 0.1’den büyük değerler model terimleri için anlamlı olmadığını gösterir. Çok sayıda önemsiz veri olduğunda model azaltılarak geliştirilebilir. Uyumsuzlukta F değerinin yüksek olması istenir. Analizimizde 945.32 F değeri bulunarak bu veri için mükemmel ve önemli olduğu anlamı ortaya çıkmaktadır.

Tablo 5.23. Analiz değerleri.

Standart Sapma	0.036	R-Kare	0.9879
Ortalama	2.76	Düzeltilmiş R-Kare	0.9793
C.V. %	1.30	Tahmin Edilen R-Kare	0.8870
Baskı	0.085	Yeterli Hassasiyet	36.361
-2 Logaritma Olasılığı	-57.56	BIC	-42.17
		AICc	-31.56

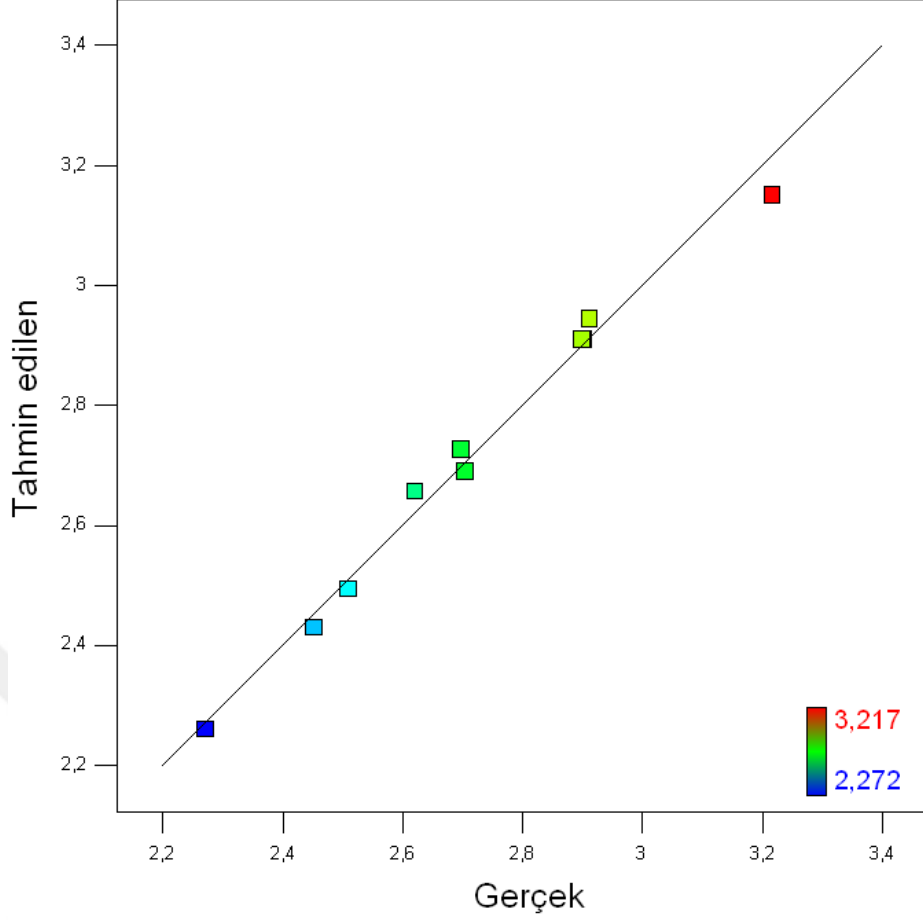
Tablo 5.23’de bulunan analiz değerleri verilmiştir. Ortalama pürüzlülük değeri 2.76 μm değerindedir. R kare değeri 0.9879 oranla geçerliliğini göstermektedir. R kare değeri modeldeki her bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni

açıkladığını varsayar. R kare varyasyon yüzdesini modelde bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkilediği gibi açıklar. Düzeltilmiş R kare değeri 0.9793 oranında bulunmuştur. Tahmin edilen R kare değeri 0.8870 olarak bulunmuştur. Tahmin edilen değerlerin %88 çıkmasıyla gerçek değere ortalama %12 oranında yaklaşmıştır. Tahmin edilen değer %70'in üzerinde olması istenir.



Şekil 5.13. Normal yuzdelik olasilik ve harici kalintilar grafiği.

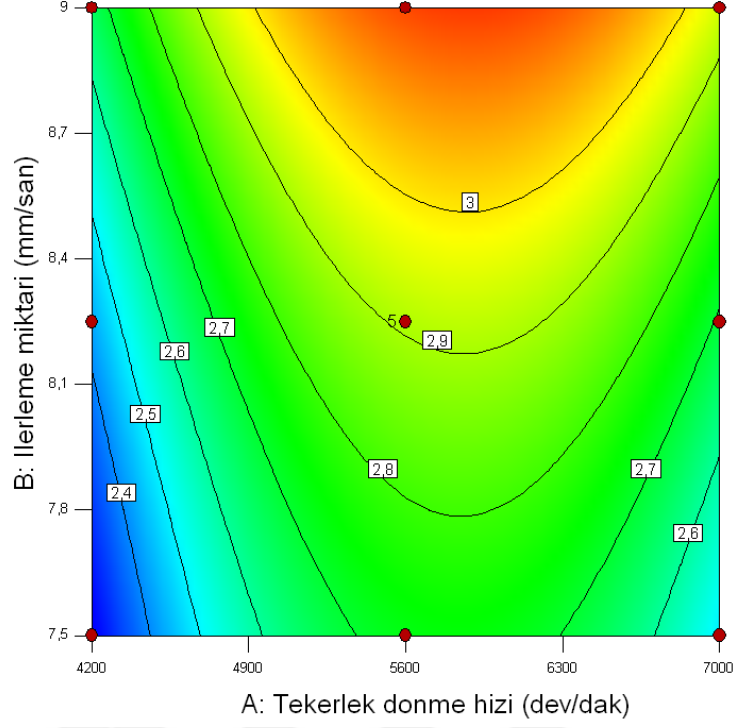
Şekil 5.13'te normal yuzdelik olasilik ve harici kalintilar grafiği verilmiştir.



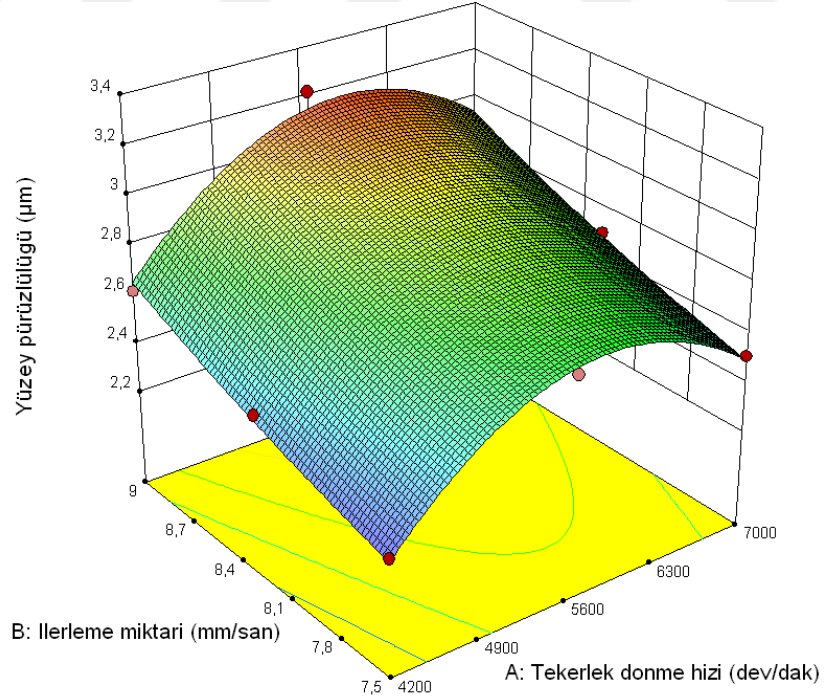
Şekil 5.14. Gerçek ve tahmin edilen değerleri grafiği.

Şekil 5.14’de gerçek ve tahmin edilen değerleri grafiği verilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi tahmin edilen pürüzlük değerleri gerçek değerlere yakındır.

Şekil 5.15’de tekerlek dönme hızı ile ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi gösterilmiştir. Bu değerler göre en düşük pürüzlülük 2.272 μm , en yüksek ise 3.217 μm olduğu görülmektedir.

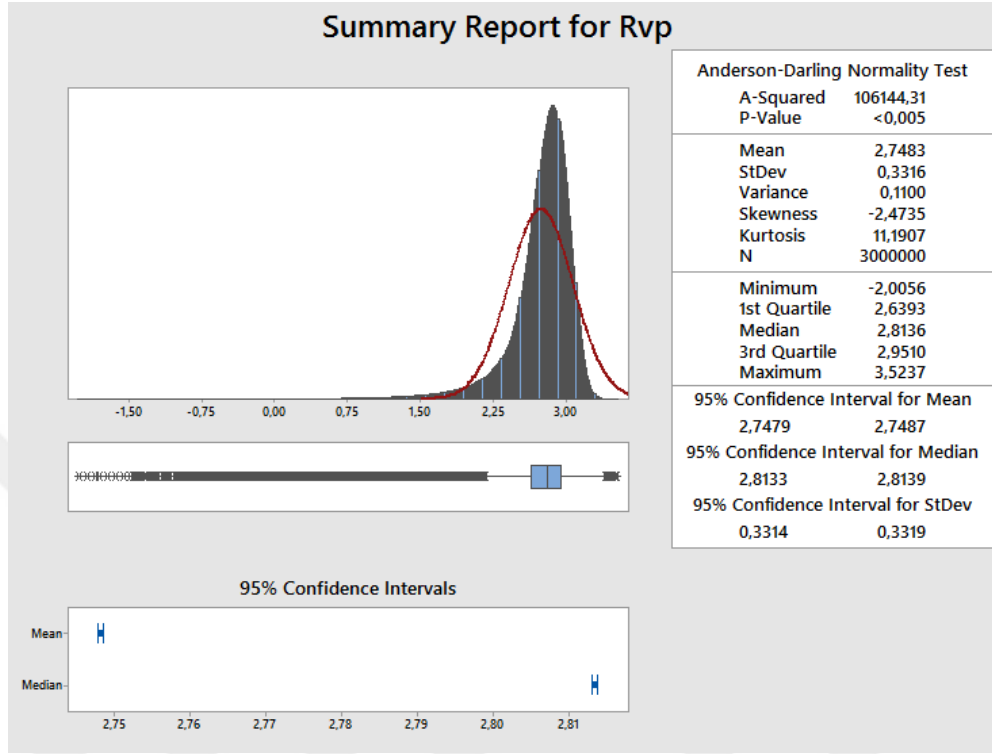


Şekil 5.15. Tekerlek dönme hızı ile ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.



Şekil 5.16. Yüzey pürüzlülüğüne kesme parametrelerinin etkileri (3 boyutlu grafik).

Şekil 5.16'da yüzey pürüzlülüğüne kesme parametrelerinin etkilerini gösteren 3 boyutlu grafik verilmiştir. Aynı şekilde bu grafikte de en düşük pürüzlülük 2.272 μm , en yüksek ise 3.217 μm olduğu görülmektedir.

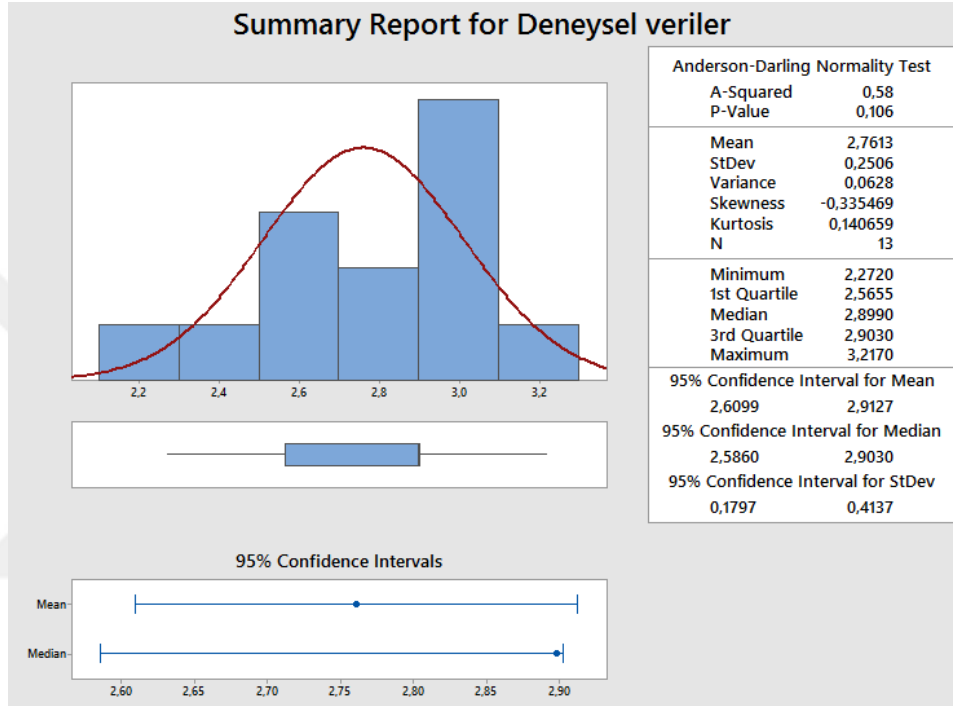


Şekil 5.17. Monte Carlo özet grafiği.

Şekil 5.17'de Monte Carlo analiz grafiği verilmiştir. 3.000.000 deney tekrarlanmasına göre ortalama pürüzlülük değeri %95 güvenilirlik aralığı ile 2.7483 μm olarak bulunmuştur.

Elde edilen değerler incelendiğinde ilerleme miktarı arttıkça yüzey pürüzlülüğünde azalma görülmektedir. Tekerlek dönme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi mevcuttur. Oluşturduğumuz matematik modelle edilen tahminler gerçek değerlere yakındır. Üç boyutlu grafik incelendiğinde yüzey pürüzlüğü için en küçük değer 2.272 μm en büyük değer ise 3.217 μm olduğu görülmüştür. İstatistiksel uygulamada Minitab 17 ve Design Expert programları kullanılmıştır. Response surface methodology (yanıt yüzey yöntemi) kullanılarak deney tasarımı yapılmıştır. Daha sonra matematik model oluşturularak regresyon analizi yapılmıştır. İkili etkileşimli grafikler çizilmiştir. Optimizasyon sonucunda en ideal değerler istatistiksel yöntemle belirlenmiştir. Yapılan optimizasyon değerleri kullanılarak

tekrardan deneyler yapılmış ve tahmin edilen optimize edilmiş değerler bulunmuştur. Modelin doğruluğunu belirlemek için ANOVA yöntemi uygulanmıştır. Düzeltilmiş R kare ile R kare arasında 0.2'den az değişim bulunmuştur. R kare değeri 80'nin üzerindedir. Bu modelin tahmin kuvvetinin iyi olduğunu göstermektedir. Ayrıca elde edilen P değeri 0.05'den küçüktür. Bu modelin geçerliliğini belirtmektedir. R kare değerinin 100'den çıkartılması sonucu bulunan değer tahmin edilememiş değerdir.



Şekil 5.18. Deneysel veriler grafiği.

Şekil 5.18'de yaptığımız deneyin grafiği verilmiştir. Yapılan 13 deney sonucuna göre %95 güvenilirlik aralığında ortalama pürüzlülük değeri 2.7613 olarak bulunmuştur. Deneysel veriler ile Monte Carlo yöntemiyle türetilen verilerin standart sapması çok yakın olduğu görülerek belirsizlik hemen hemen hiç olmadığı görülmüştür.

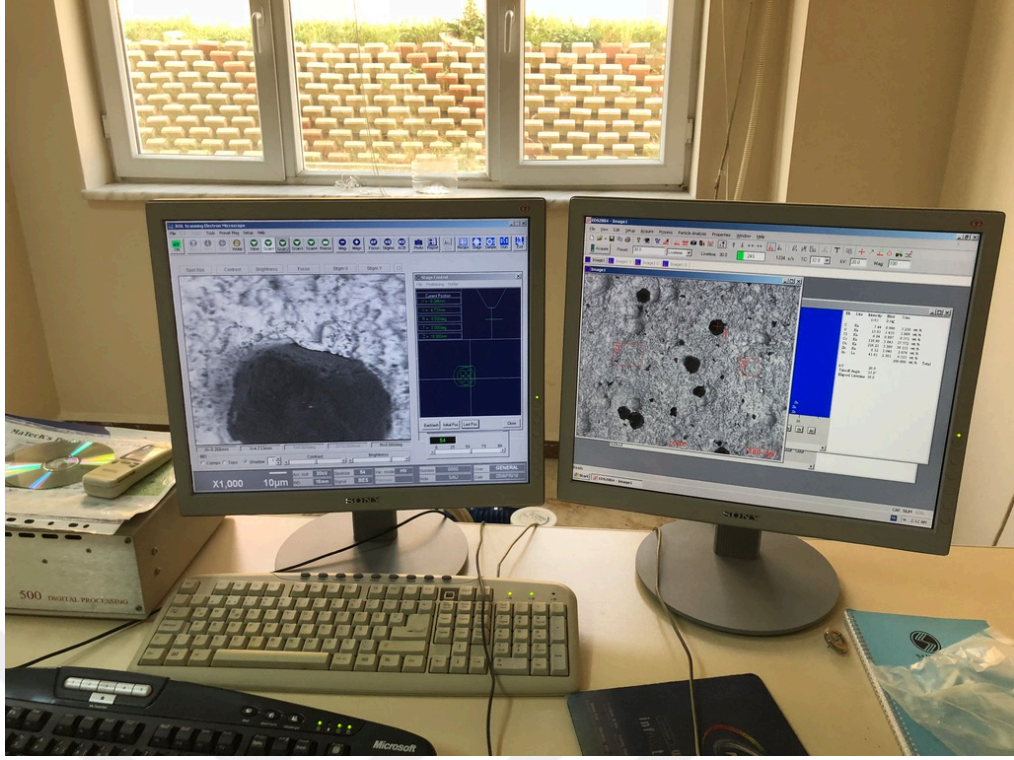
Bunun için aradaki tahmin edilememiş oran için Monte Carlo yöntemi kullanılarak rastgele 100.000 açıklayıcı değişken datası kullanılarak 30 tekrar alınıp 3.000.000 yakın değişkeni yani çıktı fonksiyonu elde edilmiştir. Monte Carlo ile regresyon modeli çözümü yapılmıştır. Histogram dağılımı yapıp Monte Carlo çözümü ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Deney verileri ile Monte Carlo analiz

yöntemi yardımıyla türetilen verilerin standart sapmaların çok yakın olduğu görülmüştür. Bu durum belirsizliğin sifıra yakın olduğunu göstermektedir. Ayrıca P value değerinde bulunan çok düşük değerler üretilen modelin makul mantıksal ve anlamlı olduğunu göstermiştir. Deney tasarımı sayesinde yapılması gerekenden daha az deney yapılmıştır. Bu sayede zaman tasarrufu olmuştur. Elde edilen deneyler ile en uygun yüzey pürüzlülük değerini veren rodaj diskinin ömür analizi yapılmış ve en uzun ömürlü TA3'ün olduğu görülmüştür. Yapılan SEM analizlerinde elmas taneciklerinin bazılarının kopmuş olduğu yüzeyinin temiz olduğu, taşlama taşı içinde kalan elmas taneciklerinin ise keskin olduğu görülmüştür. İçinde bulunan bağlayıcının yeterli derecede tutuculuk özelliği olduğu anlaşılmaktadır. TA3 diskinin ömür değerleri diğer ikisine göre yaklaşık 15.000 metretül daha fazladır. Yüzey pürüzlülüğü ise TA1 diskinin göre daha iyi TA2 ye göre daha kötüdür. Fakat elde edilen yüzey pürüzlülük değeri müşterilerin beklentisini karşılamaktadır.

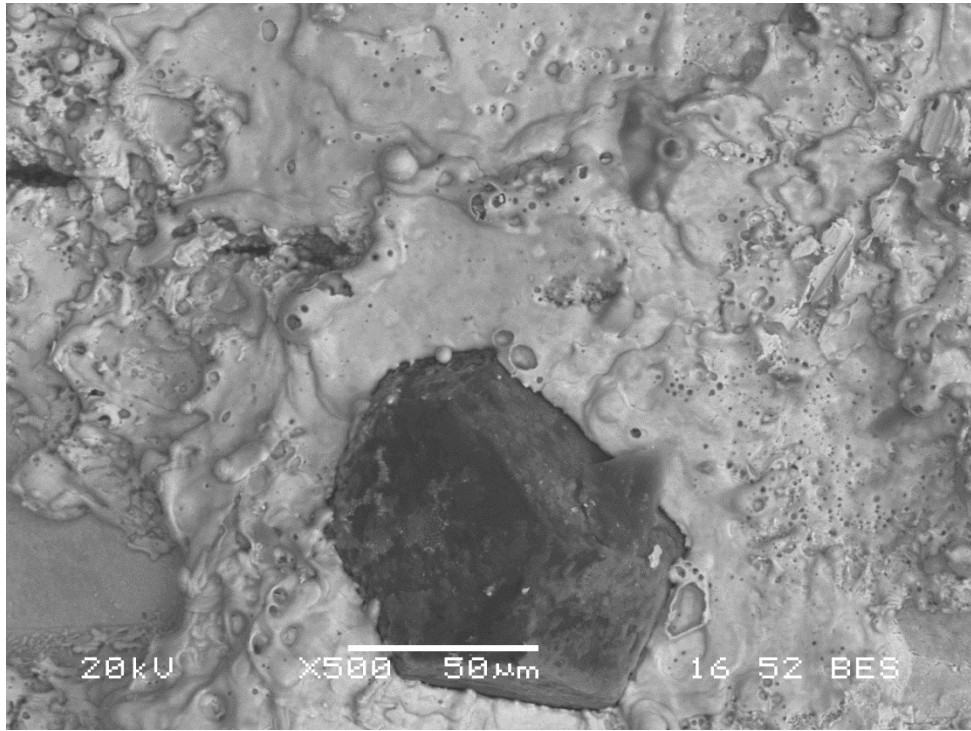
5.2.2.4 Sem Cihazı Sonuçları

Sem cihazını cam kenarlarında taşlama işleminde kullandığımız rodaj disklerinin yüzeyinde oluşan küçük ayrıntılarını görmek için kullandık. Kesme parametreleri optimizasyonu yaptığımız bizim için cam yüzeylerinin taşlanması ömür ve yüzey kalitesi açısından en elverişli olan TA3 kodlu diskin mikroyapı analizini yapmak için mikroskop görüntüleri alınmıştır.

Şekil 5.19'da taramalı elektron mikroskobu ile çekilen görüntülerin elde edilişi ve çalışma ortamı görülmektedir. Farklı büyütme oranlarında diskin mikro yapısının görüntüleri alınmıştır.



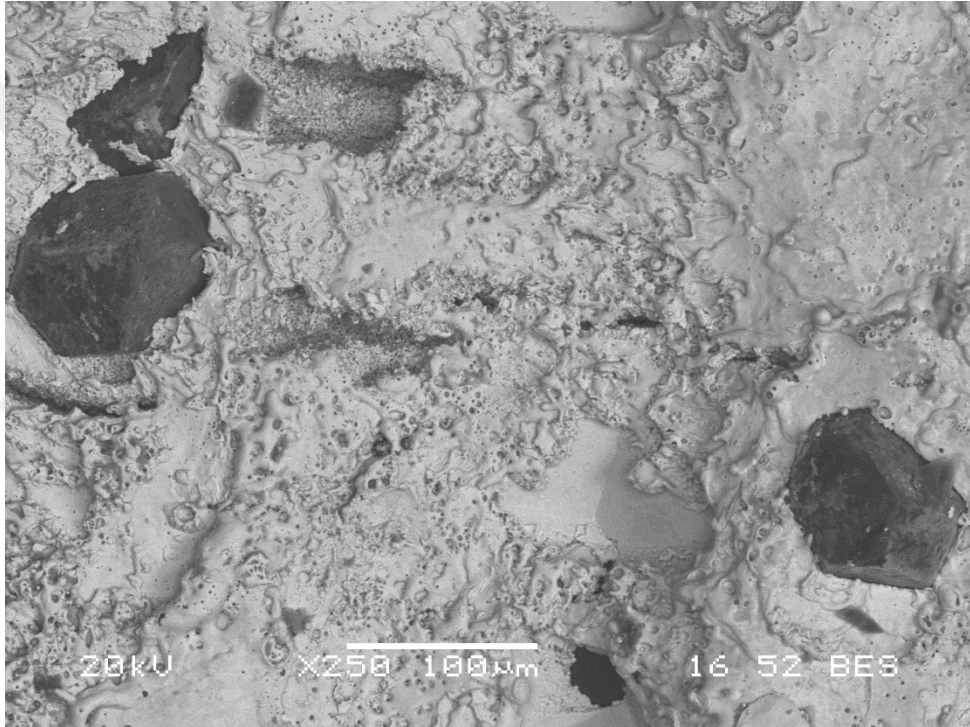
Şekil 5.19. Taramalı elektron mikroskop bilgisayar görüntüsü.



Şekil 5.20. TA3 kodlu rodaj diski SEM görüntüsü.

Şekil 5.20’de TA3 kodlu rodaj diskin 500 büyütmeli Sem görüntüsü verilmiştir. Bu görüntü incelendiğinde elmas parçacıkların iyi bir şekilde tutunduğu, elmas parçacığın yüzeyinde kalıntıya rastlanmadığı ve keskinliğinin devam ettiği görülmektedir.

Şekil 5.21’de ise TA3 diskinin 250 büyütme oranındaki görüntüleri verilmiştir. Bu görüntüler incelendiğinde bazı elmas parçacıklarını taştan ayrıldığı görülmektedir. İşlem gören ve körelen parçacıkların diskten ayrılması yüzey kalitesini iyileştirecektir. Siyah renkte görülen elmas parçacıkları halen diske yapışmış durumdadır. Parçacıklar yüzeyden taşlama yapabilir durumdadır.



Şekil 5.21. TA3 kodlu rodaj diski SEM görüntüsü.

5.2.2.5 Amaç Fonksiyonu

Öncelikli amacımız müşterinin istediği kalitede ürün çıkarabilmemiz için optimum seviyede fiyatı uygun ve ömür süresi uzun rodaj diski seçmektir. Deneyimizde TA3 diskinin TA2 diskine göre yüzey pürüzlülüğü daha kötü olmasına karşılık maliyeti ucuz ve istenilen ölçüde yüzey kalitesi sonucunu bulduk.

Buradaki amacımız Anova analizi yaparak bağımsız değişkenlerimiz olan takım dönme hızı ve ilerleme miktarının bağımlı değişkenimiz olan yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini inceleyerek, dönme hızı ve ilerleme miktarının optimum değerlerini bularak istediğimiz ortalama pürüzlük değerine ulaşmaktır. Oluşturulan yüzey pürüzlülüğü matematiksel modeli ile deneyimizdeki sonuçlara %95 güven aralığında çözüm sağlanmıştır.

Monte Carlo analizi yaparak ta 100.000 açıklayıcı değişken datası kullanarak 30 tekrar yaptırıldı. Aynı şekilde zaman kazanarak bu analizde de 2.7483 μm ortalama değer yakaladık.

Bizim istediğimiz yüzey pürüzlülük değeri 3.0 μm altında olmasıydı. Yaptığımız deneylerde de en düşük 2.272 μm yüzey pürüzlülüğüne ulaştık. Deneyimizde en yüksek pürüzlülük değeri de 3.217 μm olarak bulduk. Deneyimizi doğrulamak amacıyla yaptığımız regrasyon analizinde de ortalama değer olarak 2.7613 μm olarak bulduk ve deneyimize yakın değerler saptadık. Aynı zamanda da Monte Carlo analizi yaparak 2.7483 μm değerini bulduk.

Sonuç olarak yaptığımız deney sonuçlarını, analizlerle %95 güven aralığında %12 tahmin ile doğruladık. Bundan sonraki deneylerimizde de zaman kazanmak için Anova ve Monte Carlo analizlerini kullanabiliriz.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmalarımız Bolu'da bulunan beyaz eşya sektörüne cam imalatı yapan fabrikada gerçekleştirilmiştir. Yılda çok sayıda cam imalatı yapılmaktadır. İmalattaki hedef müşterinin istediği yüzey pürüzlülük değerlerine en hızlı ve doğru bir şekilde üretmektir. Bunun için uygun karışıma sahip rodaj takımları kullanılmaktadır. Bu disklerden beklenen ise uzun ömre sahip olmaları ve müşterinin talep ettiği yüzey pürüzlülük değerlerini sağlamasıdır. Farklı 3 firma tarafından üretilen diskler ilk önce yüzey kalitesi (yüzey pürüzlülüğü) açısından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda yerli üretim olan TA3 kodlu rodaj diskinin müşterilerinin yüzey pürüzlülük beklentisini karşıladığı görülmüştür. Bu diskle farklı dönme hızı ve ilerleme miktarlarında deney yapılabilmesi için deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımı ile birlikte yapılacak deneyler 13'e indirilmiştir. Bu 13 deney yapıldıktan sonra elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri çalışmada verilmiştir. Daha sonra matematik model çıkartılıp optimizasyon çalışması yapılmıştır. Elde edilen değerler ile tahmin sonucu karşılaştırılmıştır. Tekerlek dönme hızı ile ilerleme miktarlarının yüzey pürüzlülüğe olan etkileri üç boyutlu grafiksel olarak incelenmiştir. İncelemeler sonucunda optimum değerlerin; tekerlek dönme hızı için 4200 dev/dk, ilerleme miktarı için 7.5 mm/sn olduğu bulunmuştur. Verilerin doğruluğunu ve yaptığımız analizin geçerliliğini anlamak için Monte Carlo yöntemi ile belirsizlik analizi yapılmıştır. Monte Carlo simülasyonu sonucunda 100.000 adet rastgele değişken data üretildi. Bu işlem 30 tekrar ile yapıldı. Sonuçta 3.000.000 yanıt değişkeni belirlendi. Bu yanıt değişkenlerinin standart sapması bulundu. Deneysel veriler ile Monte Carlo yöntemi ile türetilen verilerin standart sapmalarının çok yakın olduğu görüldü. Bu yakınlıktan belirsizliğin çok az olduğu anlaşılmaktadır. P değerinin 0.05'den küçük olması Box- Benckhen yöntemi ile üretilen matematik modelin uygulanabilir ve kuvvetli olduğu görülmüştür. Çalışmada belirtilen matematik modelle yüzey pürüzlülüğü değeri için optimizasyon yapılarak kesme parametreleri seçilebilir. Bu sayede hem zaman kazanımı hem de maliyet düşümü sağlanabilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda özellikle beyaz eşya sektöründe kullanılan düz camların rodajlanmasının en uygun ve en ekonomik şekilde yapılması için 3 farklı firma tarafından üretilmiş aynı elmas parçacık boyutuna sahip farklı bağlayıcı ve özelliklere sahip rodaj diskleri kullanılmıştır. Bu rodaj diskleri farklı firmalar tarafından üretilmiştir. Anlatımda kolaylık olması için bu diskler TA1, TA2 ve TA3 olarak kodlanmıştır. Yaptığımız deneyler sonucunda müşterilerin istediği yüzey pürüzlülük değerlerine TA3 kodlu disk sağlamıştır. Bu disk 3 farklı disk ile yaptığımız deneylerde 2. en iyi yüzey kalitesini vermiştir. Bu değerlerle beklenen yüzey kalitesine erişilmiştir. Daha sonra TA3 disk ile yapılan optimizasyon çalışmalarında en iyi çalışma şartları olan 7.5 mm/sn ilerleme ve 4200 dev/dk kesme hızı değerleri istatistikler analizinde bulunmuştur. Matematik model oluşturulmuştur. Bu model taşlama prosesin optimizasyonu için kullanılabilir. Yapılan SEM mikroskop analizinde ise elmas parçacıklarının bir kısmı koptuğu diğerlerinin ise disk üzerinde kaldığı ve kalan elmas parçacıklarının yüzeyinin temiz ve keskin olduğu görülmüştür. Buda bize bağlayıcı karışımın uygun olduğu hakkında bilgi vermiştir.

İleri ki çalışmalarda bu üç farklı rodaj diskinin mikro yapısı detaylı bir şekilde incelenip bağlayıcı içerikli karışımlar hakkında araştırma yapılabilir. Bu sayede istenilen yüzey pürüzlülük değerlerine erişen ve uzun ömre sahip taşlama taşları tasarlanabilir.

8. KAYNAKLAR

- Aktaş N (2014) Camların Fiziksel Özellikleri, <https://prezi.com/k9mct8fxxzwx/camlarin-fiziksel-ozellikleri/>, (18.03.2018).
- Arif M, Rahman M and San WY et atc. (2011) “An experimental approach to study the capability of end-milling for microcutting of glass”, *The International of Advanced Manufacturing Technology*, 53: 1063-1073.
- Arslan M, Lightfoot CS (1992) Anadolu Antik Camları, Özel Bir Koleksiyon-Ancient Glass of Asia Minor, A private collection, 1.baskı, Nadir Kitap, Ankara.
- Ay O (2017) Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)–EDS Analizi, <http://www.kuark.org/2017/04/taramali-elektron-mikroskobu-sem-eds-analizi/>, (13, 05, 2018).
- Barry TI, Ray LA, Morrel R (1980) “The strengt hof experimental grinding wheel materials including use of novel glass and glass-ceramic bonds”, *Trans J Britt Ceram Soc* 79: 139–145.
- Chen X (1996) “Analysis and Simulation of the Grinding Process”, *International Journal of the Machine Tools and Manufacture*, 36:871.
- Chen X, Rowe WB, Cai R (2002) “Precision grinding using CBN wheels”, *International Journal of the Machine Tools and Manufacture*, 42: 585.
- Consept Solutions, RS Technology (Rohmer), <http://www.glassinks.eu/rs-technology-rohmer.html>, (10, 05, 2018).
- Çelik L (2010) Taşlama İşleminde Titreşimin İzlenmesi ve Yüzey Pürüzlülüğünün Regresyonla Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Demirkesen E (1992) Camlar ve Cam Seramikler Ders Notları, İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi, İstanbul.
- 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.
- Ekici H (2014) Metalik Camların Özellikleri ve Tarihçesi, <http://www.kuark.org/2014/12/metalik-camlarin-ozellikleri-ve-tarihcesi/>, (15.03.2018).
- Erdin N (1987) “Tarama Elektron Mikroskobunun Temel Prensipleri ve Numune Hazırlama”, *İstanbul Üniversitesi Orman Dergisi*: B-36-2.

- Hars Y Valera, Sanket N Bhavsara (2014) “Experimental Investigation of Surface Roughness and Power Consumption in Turning Operation of EN 31 Alloy Steel”, *Procedia Technology* 14: 528-534.
- Frängsmyr C ve Ekspong G (1986) Ernst Ruska–Biyografik, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1986/ruska-bio.html, (11, 05, 2018).
- Gazi Üniversitesi Biyoloji, SEM, <http://biyoloji.gazi.edu.tr/posts/view/title/sem-ozellikleri-31125>, (18 Nisan 2018).
- Güllü A (1995) Silindirik Taşlamada İstenilen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hegeman JBJW (2000) Fundamentals of grinding surface conditions of ground materials, Doktora Tezi, Groningen Üniversitesi, Matematik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Groningen.
- Hird JR and Field JE (2005) “A wear mechanism map for the diamond polishing process”, *Wear*, 258: 18.
- Jackson MJ (2007) “Sintering and vitrification heat treatment of CBN grinding wheels”, *Journal Mater Processing Technology*, 191: 232.
- Jackson MJ, Davis CJ, Hitchiner MP, Mills B (2001) “High-speed grinding with CBN grinding wheels—applications and future technology”, *J Mater Process Technol* 110:78–88.
- Jackson MJ, Mills B (2000) “Materials selection applied to vitrified alumina and CBN grinding wheels”, *Journal Mater Processing Technology*, 108: 114.
- Jackson MJ; Mills, B (2004) “Microscale wear of vitrified abrasive materials”, *J. Mater. Sci.*, 39, 2131–2143.
- Jackson M, J, Barlow N, and Mills B (1994) “The Effect of Bond Composition on the Strength of Partially-Bonded Vitrified Ceramic Abrasives”, *J. Mater. Sci. Lett.*, 13, 1287–9.
- Jeol, JSM–6060/6060 LV taramalı Elektron Mikroskopu, https://www.jeol.co.jp/products/detail/JSM-6060_6060LV.html, (15, 05, 2018).
- Jones, GO 1971, *Glass*, Second Edition, Chapman and Hall Ltd. and, Science Paperbacks, London.
- Kalpajian S (1991) “Manufacturing process for engineering materials”, AddisonWesley, New York, s120-121.
- Kantur U (2009) Kurşun Geçirmez Cam Üretim Sürecinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

- Kaya E (2007) Silindirik taşlamada helisel kanallı taşların yüzey pürüzlülüğüne etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Kısacaozeti, Cam Nedir? Camın Özellikleri Nelerdir?, <https://www.kisacaozeti.com/cam-nedir-camin-ozellikleri-nelerdir.html>, (17.03.2018).
- Kim S H Ahn, JH (1999) “Decision Of Dressing İnterval And Depth By The Direct Measurement Of The Grinding Wheel Surface”, Journal of Materials Processing Technology, 88: 190–194.
- Kuldip Singh Sangwan, Sachin Saxena, Girish Kant (2015) “Optimization of Machining Parameters to Minimize Surface Roughness using Integrated ANN-GA Approach” Procedia CIRP, 29: 305-310.
- Küçük Akman Z (2017) Camın Tarihi Hikayesi, <http://ehliseramik.blogspot.com.tr/2017/11/camin-tarihi-hikayesi.html>, (15.03.2018).
- Lin CS, Yang YL and Lin ST (2008), “Performances of metalbond diamond tools in grinding alumina”, Journal Mater Processing Technology, 201: 612-617.
- Mahr, Marsurf M 300 Mobil Pürüzlülük Ölçme Aleti, <https://www.mahr.com/tr>, (18 Mayıs 2018).
- Mayer JE and Fang Gp (1995) “ Effect of Grinding Parameters on Surface Finish of Ground Ceramics”, CIRP Ann: Manufacturing Technology, 44: 279-282.
- Mızrak H V (2016) Makara Dış Çap Taşlamada Gerekli Yüzey Pürüzlülük Değerinin Elde Edilmesi İçin Deneysel Tasarım Yöntemi İle Optimum Taşlama Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Motorcu A (2006) Ç1050, Ç4140 ve Ç52100 Çeliklerinin Farklı Takımlarla İşlenebilirliği Ve Modeller Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Nitkiewicz Z, Swierzy M (2006) “Tin influence on diamond-metal matrix hot pressed tools for stone cutting”, Journal of Materials Processing Technology, 175: 306.
- Oksel H, Öztürk O, Tunç S, Yardımcı M (1991) ”Motor Bölümü Yenileştirme Atelyesi İş ve İşlem Yaprakları”, MEB Basımevi, İstanbul.
- Onishi H, Kondo Y, Yamatomo 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.
- Oppenheim A Leo (1970) Glass making in Ancient Mesopotamia, Corning Cam Müzesi Müzesi / Associated University Press, New York / Londra.

- 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.
- Özet A (1987) “Ankara Anadolu Medeniyetler Müzesi’ndeki Cam Örnekleri ile Antik Çağda Cam Yapımı”, Belleten, (LI/200): 587–609.
- Öztürk S (2014) “Microstructural analysis of metal-bond diamond tools in grinding of flat glass”, Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik, 45:187-191.
- Polini W and Turchetta S (2005) “Evaluation of diamond tool wear”, The International of Advanced Manufacturing Technology, 26: 959.
- Popov AV (2009) “Increasing the efficiency of diamond edging of flat glass”, Glass Ceram, 66(5-6): 210-211.
- Procyk B, Staniewicz-Brudnik B, Majewska-Albin K et al (2000) “Aluminoborosilicate glasses as vitrified binders for superhard grinding tools - Selected physico-chemical properties”, Inter Ceram 49:308.
- Rogelio L, Hecker A, Steven Y, Liang B, Predictive Modeling of Surface Roughness in Grinding, Volume 43, Issue 8, June 2003, pages 755-761.
- Ruff AW, Shin H and Evans CJ (1995) “Damage Processes in Ceramics Resulting From Diamond Tool Indentation and Scratching in Various Environments” Wear, 181-183: 551-562.
- 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.
- 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.
- Seyhan Cam, Düz Cam, <http://www.seyhancam.com.tr/tr/?i=pages&id=137> , (09,05.2018).
- Şahin Y (2000) Talaş Kaldırma Prensipleri 1. Nobel Yayın Dağıtım, 196, 562s.Ankara.
- Şahin Y (2001) Talaş Kaldırma Prensipleri 2. Nobel Yayın Dağıtım, 240, 490s.Ankara.
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2017) Cam Sektörü Raporu, Ankara.

- Teknolojik araştırmalar, Yapı Malzemesi, http://www.teknolojikarastirmalar.com/e-egitim/yapi_malzemesi/icerik/cam.html, (15.03.2018).
- Tosun Felekoğlu K (2014) Dokuz Eylül Üniversitesi Ders Notları, <http://kisi.deu.edu.tr/kamile.tosun/>, (19.03.2018).
- Tönshoff, H K, Hillmann-Apmann H and Asche J (2002) “Diamond tools in stone and civil engineering industry: cutting principles, wear and applications”, *Diamond and Related Materials*, 11: 736.
- Vural M (2006) İML 401 İmalat Laboratuvarı-1 Talaşlı İmalatta Yüzey Pürüzlülüğünün Tayini, Ders notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yamasa, Yüzey Ölçüm Parametreleri, <http://yamasa.com.tr/242/1/4/yamasa/yuzeyolcumparametreleri.aspx>, 13 Haziran 2018.
- Yeşilay C (2017) Yüzey Pürüzlülük Ölçümü, <http://www.kuark.org/2017/10/yuzey-puruzluluk-olcumu/#prettyPhoto>, 4 Haziran 2018.
- Yıldırım E (2013) ZnSe Yarıiletken İnce Filmlerinin Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Wang SX, Geng L and Liu XJ et al. (2009) “Manufacture of a new kind diamond grinding Wheel with Al-based bonding agent”, *Journal Mater Processing Technology*, 209(4): 1871-1876.
- Webb SW and Jackson WE (1998) “Analysis of blade forces and wear in diamond stone cutting”, *Journal for Manufacturing Science*, 120(1): 84-92.
- Zeren M, Karagöz S (2007) “Sintering of polycrystalline diamond cutting tools”, *Materials Design*, 28: 1055.

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kadir ÖZBEK

Doğum Yeri ve Tarihi : Develi / 04.05.1991

Lisans Üniversite : Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Y. Lisans Üniversite (varsa): Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Elektronik posta : kadirozbe.k.s@gmail.com

İletişim Adresi : -