

172592

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AGLOMERE NANOKRİSTALİN ELMASIN DEĞİŞİK
MALZEMELERDE PARLATMA DAVRANIŞI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Müh. Serap GÜMÜŞ

Ana Bilim Dalı: Metalurji ve Malzeme Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Şadi Karagöz

KOCAELİ, 2006

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AGLOMERE NANAOKRİSTALİN ELMASIN DEĞİŞİK
MALZEMELERDE PARLATMA DAVRANIŞI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kimya Müh. Serap GÜMÜŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 28.12.2005

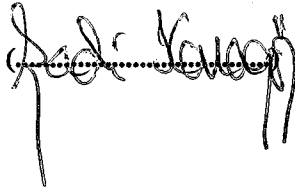
Tezin Savunulduğu Tarih : 08.02.2006

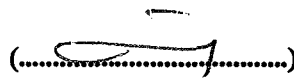
Tez Danışmanı

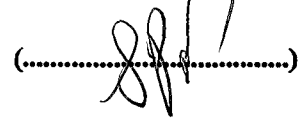
Üye

Üye

Prof.Dr.Şadi KARAGÖZ Prof.Dr.Müzeyyen MARŞOĞLU Yrd.Doç.Dr.Şeyda POLAT







KOCAELİ, 2006

AGLOMERE NANOKRİSTALİN ELMASIN DEĞİŞİK MALZEMELERDE PARLATMA DAVRANIŞI

Serap GÜMÜŞ

Anahtar Kelimeler: Parlatma, nano kristalin elmas, yüzey pürüzlülüğü, refleksiyon

Özet : Bu çalışmanın amacı; nanokristalin elmas tozunun parlatma davranışının, değişik malzemelerin yüzey parlaklığı ve pürüzlülük özellikleri üzerine etkisini incelemektir. Bu çalışmada üç tür mermer (bazalt, granit ve diyabaz) ile bir tür çelik (IF çeliği) kullanılmıştır. Sonuçları karşılaştırmak amacıyla yüzey pürüzlülüğü ve yüzey refleksiyon konumları ölçülmüş ve ilişkilendirilmiştir. Yüzeylerin değişik topografi karakteristikleri ışık mikroskobu (İM), stereo mikroskop (SM) ve tarama elektron mikroskop (scanning electron microscope; SEM) ile görüntülenerek belirlenmeye çalışılmıştır.

DETERMINATION OF THE POLISHING BEHAVIOR OF NANO CRYSTALLINE DIAMOND POWDER ON VARIOUS MATERIALS

Serap GÜMÜŞ

Keywords : Polishing, nano crystalline diamond, surface roughness, reflection.

Abstract : The purpose of this study was to analyze the influence of the polishing behaviour of the nano crystalline diamonds powder on the surface gloss and roughness of various materials. In this study three types of marble (basalt, granite and diabaz) and one type of steel (IF steel) are used as test material. To compare the results surface gloss and surface roughness of the materials are determined and related to each other. Different topographical characteristics of the surfaces are determined by imaging them with light microscope (LM), stereo microscope (SM) and scanning electron microscope (SEM).

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Nanokristalin malzemeler son yılların öncelikli araştırma konusudur. Nanokristalin boyut oldukça yoğun kristal hatalarını da beraberinde getirdiğinden bu tür malzemelerin özellikleri standart çok kristalli konumlarına göre son derece farklı ve çoğunlukla avantajlı olmaktadır. Bu çalışma aglomere nanokristalin karbonun parlatma uygulamalarında kullanım imkanlarını araştırmayı hedeflemektedir. Bu malzemenin elmas karakterinde olması nedeniyle- metal ve doğaltaş, özellikle granit parlatmasında kullanımına yönelik bir dizi çalışma laboratuvar ölçeğinde yürütülmüştür.

Bana tez çalışmalarım sürecinde sınırsız destek veren danışmanım sayın Prof. Dr. Şadi KARAGÖZ'e teşekkür ederim. KOÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü elemanlarına gösterdikleri ilgi ve destekleriyle tez çalışmalarına katkılarından dolayı başta Ar. Gör. Onur BİRBAŞAR olmak üzere, Ar. Gör. Esra YILMAZ, Kıdemli Üsteğmen Alpay YILMAZ ve Tekn. Mahmut Mert'e minnet duygularımı dile getiriyorum. Bana her zaman en büyük yardım ve desteği veren eşime, hergün benim ile mesai ye kalan kızım Başak a ve her akşam pencerede sabırla bekleyen on beş aylık oğluma sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ.....	xix
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. ..Parlatma Mekanizmaları	2
1.1.1. ..Beilby teorisi.....	2
1.1.1.1..... Beilby teorisinin mikroskopik kanıtlanması	4
1.1.1.2..... Yüzeyde sıcaklık oluşumu	6
1.1.1.3..... Tabakanın aşırı büyümesi	8
1.1.1.4..... Refleksiyon modlu elektron difraksiyonu	11
1.1.1.5..... Parlatma sürecinde yüzey malzemenin davranışı	14
1.1.1.6..... Beilby teorisinin değerlendirilmesi	14
1.1.2. ..Mekanik kesme mekanizması.....	15
1.1.3. ..Kimyasal – mekanik mekanizma	20
1.1.4. ..Kimyasal ve elektrokimyasal mekanizma	21
1.1.5. ..Değişik mekanizmaların karşılaştırılması	21
1.1.6. ..Parlatmada talaş oluşum mekanizması.....	24
1.2. ..Metalografik Numune Hazırlama	26
1.3. ..Metalografik Parlatmada Değişkenler	29
1.3.1. ..Aşındırıcı tipi	30
1.3.2. ..Parlatma çuhasının tipi	36
1.3.3. ..Uygulamada parlatma hızları.....	40
1.3.3.1..... Parlatma hızının belirlenmesi.....	40
1.3.3.2..... Aşındırıcı ilavesi	40
1.3.3.3..... Aşındırıcı boyutu	42

1.3.3.4..... Elmas tipi	44
1.3.3.5..... Aşındırıcı miktarı	46
1.3.3.6..... Parlatma çuhası seçimi	48
1.3.3.7..... Parlatma sıvısı	53
1.3.3.8..... Numuneye uygulanan yük	56
1.3.3.9..... Numune malzemesi	56
1.3.3.10.... Pratikte parlatma koşulları	59
1.4. ..Nanokristalin Elmas İle Parlatma	61
1.4.1. ..Sonuçların irdelenmesi	61
1.4.2. ..Parlatma	62
1.4.3. ..Çizmek.....	63
1.4.4. ..Plastik deformasyon (Akma)	64
1.4.5. ..Kimyasal-mekanik parlatma.....	66
1.4.6. ..Kati partiküllerinin topaklanma konumunun etkisi	67
1.5. ..Uygulama Örnekleri.....	69
1.5.1. ..Çeliklerde parlatma	69
1.5.1.1..... Sertleştirilmiş ve sertleştirilmemiş çeliklerin parlatılması	70
1.5.1.2..... Sertleştirilmemiş malzeme.....	74
1.5.1.3..... Sertleştirilmiş malzeme	74
1.5.1.4..... Çeliklerin parlatılmasında yüzeysel değişim	75
1.5.2. ..Mermerlerde parlatma	79
1.5.2.1..... Mermerlerin parlatılmasında etki faktörleri.....	79
1.5.2.2..... Mermerlerde mekanik özellikler ile parlatabilirlik ilişkisi	81
BÖLÜM 2. DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN PARAMETRELERİN AÇIKLANMASI	88
2.1. ..Yüzey Pürüzlülüğü	88
2.1.1. ..Ölçüm karakteristikleri.....	88
2.1.2. ..Pürüzlülük parametreleri	90
2.2. ..Renkler	98
2.2.1. ..Renklerin tanıtımı	98

2.2.2. ..Renk Tonu (hue)	102
2.2.3. ..Doygunluk (saturation).....	104
2.2.4. ..Aydınlık (lightness/brightness).....	104
2.3. ..Metallerin Refleksiyonu ve Bunların Hesaplanması	110
2.3.1. ..Optik sabitler	110
2.3.2. ..Metalik yüzeylerin refleksiyonu	111
2.3.3. ..Yüzey pürüzlülüğünün refleksiyona etkisi.....	114
BÖLÜM 3. DENEY MALZEMELERİNİN TANIMI	
.....	116
3.1. ..Sert Doğaltaşlar	116
3.1.1. ..Granit.....	116
3.1.2. ..Bazalt.....	117
3.1.3. ..Diyabaz.....	118
3.2. ..IF Çeliği.....	119
3.3. ..Nanokristalin Elmas.....	120
3.3.1. ..Nanokristalin elmasın parlatma yöntemi ile üretimi	120
3.3.2. ..Parlatma yöntemi ile üretilen nano elmas topaklarının dağıtılması	127
BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMA	129
4.1. ..Nanokristalin Elmas İle Parlatma Karakteristiğinin Belirlenmesi	129
4.1.1. ..Granit ve bazalt numunelerin nanokristalin elmas ile parlatılması.....	130
4.1.2. ..IF türü çeliklerin nanokristalin elmas ile parlatılması.....	148
4.2. ..Nanokristalin Elmas İle Parlatmanın Yüzey Parlaklığına Etkisi.....	154
4.2.1. ..Diyabaz ve granit numunelerinde spektralfotometrik ölçümler	154
4.2.2. ..IF çeliği yüzeylerinde spektralfotometrik ölçümler.....	165
BÖLÜM 5. SONUÇ VE İLERİ BAKIŞ	168
KAYNAKLAR.....	171
ÖZGEÇMİŞ	175

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR LİSTESİ

f_n	:	tane başına normal kuvveti
F_N	:	normal kuvvet
K_A	:	Archard aşınma-sabiti
K_p	:	Preston sabiti
R_a	:	gerçek profilin absolut değerlerinin aritmetik ortalaması
R_t	:	pürüzlülük derinliği
R_z	:	ortalama pürüzlülük derinliği
R_{max}	:	en yüksek pürüzlülük, μm
p	:	basınç
T_0	:	parlatma işlemi öncesi yüzeyin sıcaklığı
T_f	:	parlama sıcaklığı
V	:	aşınma hacmi
V_C	:	kesme hızı
v_R	:	bağıl hız
w	:	temas genişliği
α	:	alfa
λ	:	dalgaboyu, nm
μm	:	mikron metre
n	:	kırılma indisi
nm	:	nano metre
μ	:	aşındırıcı ile numune arasındaki sürtünme sabiti
AFM	:	Atomic Force Microscope (Atomik kuvvet mikroskobu)
CIE	:	Commission Internationale de l'Éclairage (Uluslararası Işıklandırma Komitesi)
CMP	:	Chemical-Mechanical Process (Kimyasal-mekanik proses)
DIN	:	Deutsches Institut für Normung (Alman Norm Enstitüsü)

FWHM	:	Full Weight at Half Maximum (Yarı Maksimumda Tam Genişlik)
HRC	:	Rockwell Sertlik
HRTEM	:	High Resolution Transmisyon Electron Microscope (Yüksek Çözünürlüklü Transmisyon Elektron Mikroskobu)
HV	:	Vickers Sertlik
MRFM	:	Magnetic Resonance Force Microscope (Manyetik Rezonans Kuvveti Mikroskobu)
STM	:	Scanning Tunneling Microscope (Tarama Tünelleme Mikroskobu)
TEM	:	Transmission Electron Microscope (Transmisyon Elektron Mikroskobu)
UDD	:	Ultrafine Dispersed Diamond (Ultra İnce Elmas)
UDDP	:	Ultrafine Dispersed Diamond Powder (Ultra İnce Elmas Tozu)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Bowden ve arkadaşlarına göre parlatma sırasında oluşan Beilby tabakasının şematik gösterimi	3
Şekil 1.2. Tek kristalli gümüşün mekanik-parlatılmış yüzeyinde oluşan çiziklerin faz-kontrastı ile alınmış görüntüleri.	4
Şekil 1.3. Beilby nin deneylerinden birinin tekrarlanması sonucu alınan görüntüler.	5
Şekil 1.4. Beilby teorisi ile lokal deformasyon teorisinin karşılaştırması.	6
Şekil 1.5. Parlatılabilme yeteneği ve aşındırıcı parlatma tozu ile parlatılan numunenin ergime sıcaklıkları arasındaki ilişki.	7
Şekil 1.6. Mekanik parlatılmış bakır yüzeyi üzerinde büyümüş elektro-tabakaların görüntüsü.....	9
Şekil 1.7. 6 µm elmas ile parlatılmış bir bakır yüzeyi üzerinde büyümüş elektro-tabakasına ait dik kesitin görüntüsü	10
Şekil 1.8. Parlatılmış tek kristalli gümüşün yüzeyinden alınmış refleksiyon elektron difraksiyon patternleri.....	12
Şekil 1.9. Magnezyum oksit ile parlatılmış tek kristalli bir gümüşün yüzeyinden alınmış refleksiyon modlu elektron difraksiyon patternleri.....	13
Şekil 1.10. Tavlanmış, yüksek saflıkta bir bakır yüzeyinin 6 µm elmas ile parlatılmış görüntüsü.....	16
Şekil 1.11. Bir bakır numunesinin, bir aşındırıcı ile mekanik işleme prosesi sonucu oluşan talaş partikülleri.	17
Şekil 1.12. 6µm elmas ile parlatma işleminde kullanılan sentetik süet çuha.....	18

Şekil 1.13. Parlatmanın olası mekanik mekanizmasının şematik gösterimi.....	18
Şekil 1.14. Bir pasta içinde uygulanan 6 µm elmasın çeşitli parlatma çuhasına ilave edilmiş konumda tarama elektron mikroskop görüntüleri.....	19
Şekil 1.15. Parlatmada talaş oluşum mekanizmasının şematik gösterimi.	24
Şekil 1.16. 10-20 µm alüminyum oksit (sol taraftaki görüntüler) ile 6 µm elmas (sağ taraftaki görüntüler) ile kaba parlatılmış çeşitli yüzeylerin karşılaştırılması.....	31
Şekil 1.17. 6 µm elmas tanesine ait tarama elektron mikroskop görüntüsü.	32
Şekil 1.18. Bir üreticiden sağlanmış, maksimum 0,1 µm tane boyutuna sahip bir elmas aşındırıcılar içerisinde bulunan büyük bir ince plaka şeklinde bir tanenin (yaklaşık 45-35 µm) tarama elektron mikroskop görüntüsü.....	33
Şekil 1.19. Metalografide yoğunlukla kullanılan farklı boyutlarda sentetik polikristalin elmasların elektron mikroskop görüntüleri.	35
Şekil 1.20. Çeşitli parlatma çuhalarının parlatma sonrası temas yüzey kesitlerinin (sol taraf) ve çalışma yüzeylerinin düzenini gösteren tarama elektron mikroskop görüntüsü (sağ taraf).....	38
Şekil 1.21. Çeşitli parlatma çuhalarının parlatma sonrası temas yüzey kesitlerinin (sol taraf) ve çalışma yüzeylerinin düzenini gösteren tarama elektron mikroskop görüntüsü (sağ taraf).....	39
Şekil 1.22. Aşındırıcının parlatma çuhası üzerine farklı metotlarla uygulanması sonucu, numune yüzeyinden malzeme uzaklaştırma miktarı ile parlatma hızının numune devir sayısı ile ilişkisi.....	42
Şekil 1.23. 70:30 pirinç numunesinde parlatma hızının aşındırıcı tane boyutu ile değişimi.....	43
Şekil 1.24. Polikristal ve monokristal aşındırıcılarda, parlatma hızının numune devir sayısı ile değişimi	45

Şekil 1.25. 2×10^4 devir sayısı sonrası aşındırıcı miktarının parlatma hızına ve toplam uzaklaştırılan malzeme miktarı üzerine etkisi	47
Şekil 1.26. Pirinç (sol) ve sertleştirilmiş çelikte (sağ), çeşitli parlatma çuhaları ile elde edilen parlatma hızları	48
Şekil 1.27. Sertleştirilmiş çeliğin parlatılmasında kullanılmış çuhaların tarama elektron mikroskopta alınmış yüzey görüntüleri.....	50
Şekil 1.28. Parlatma çuhasında yıkama ve aşındırıcı ilavesinin etkisi.	51
Şekil 1.29. Kullanılmış parlatma çuhaların 2×10^4 devir sayısından sonra tarama elektron mikroskop ile alınmış yüzey görüntüleri.....	52
Şekil 1.30. Standart parlatma pastası kullanıldığında, parlatma sıvısının (kerosen ile su) parlatma hızına etkisi	53
Şekil 1.31. Standart parlatma pastası kullanıldığında, parlatma sıvısı kerosen ile suyun dönüşümlü kullanımının etkisi.	54
Şekil 1.32. Parlatma sıvı ilavesinin parlatma hızın etkisi.....	55
Şekil 1.33. Parlatma çuhasına aşırı parlatma sıvı kerosen ilavesinin etkisi.....	55
Şekil 1.34. 6 μm elmas ile kuru süet bir çuha üzerinde parlatılmış bir pirinç numunesinin yüzeyinde oluşmuş lekelenmeler, dökülmeler.	56
Şekil 1.35. Maksimum parlatma hızının sertlik ve ergime noktası ile değişimi.	58
Şekil 1.36. Monokristalin ve polikristalin elmasta numune sertliğinin parlatma hızına etkisi.....	59
Şekil 1.37. Nano elmas süspansiyon ile parlatılmış malzeme yüzeylerinin AFM görüntüleri.....	63
Şekil 1.38. Malzeme yüzeylerinin nötral nano elmas süspansiyon ile parlatılması sonrası yüzeyde görülen nano boyutlu çiziklerin AFM görüntüleri.....	64

Şekil 1.39. Ultra ince dağıtılmış elmas (UDD) süspansiyon ile parlatılmış malzeme yüzeylerinde plastik akışın AFM görüntüleri	65
Şekil 1.40. Kimyasal aktifleştirilmiş nano elmas süspansiyon ile kimyasal-mekanik olarak parlatılmış malzeme yüzeylerinin AFM görüntüleri.....	66
Şekil 1.41. Katı nano partiküllerinin topkalanmış hallerinin Ge ve Si un yapı ve yüzey rölyefleri üzerine etkisi.....	68
Şekil 1.42. Her iki sıcak iş takım çeliğinin uzaklaştırma davranışı	71
Şekil 1.43. Proses parametrelerinin yüzey kalitesine etkisi.....	71
Şekil 1.44. Adım adım parlatma sırasında yüzey topografinin gelişimi.....	73
Şekil 1.45. Sertleştirilmemiş ve sertleştirilmiş çeliğin yüzey deformasyonları.....	74
Şekil 1.46. Işığın refleksiyon oluşumu	82
Şekil 1.47. Yüzey pürüzlülüğünün grafiksel açıklanması	83
Şekil 1.48. Afyon Tiger Skin mermeri için parlaklık ve pürüzlülük diyagramı.	84
Şekil 1.49. Parlaklık (%) ile pürüzlülük (R) dağılım grafikleri	85
Şekil 1.50 Parlaklığın sürtünmeye karşı aşınma direncine karşı çizilmiş noktasal dağılımı.	87
Şekil 2.1. Yüzey ölçüm tekniklerinin temel kavramları.	90
Şekil 2.2. Ortalama pürüz derinliğinin (R_z) DIN 4768'e göre tanımlanması	90
Şekil 2.3. Ortalama pürüzlülüğün grafik olarak ifade edilmesi.	91
Şekil 2.4. Aynı R_a , ortalama pürüzlülük, değerine sahip üç farklı yüzey. Bu üç yüzey aynı R_a değerlerine sahip olmalarına rağmen farklı şekilleri göz ile bile hemen ayırtılmaktadır.	92
Şekil 2.5. Aynı R_a , ortalama pürüzlülük, değerine sahip üç farklı yüzey.....	92

Şekil 2.6. R_t , R_p ve R_v 'nin şematik olarak gösterilmesi.	93
Şekil 2.7. $R_{z(ISO)}$ 'nin şematik olarak gösterilmesi.	96
Şekil 2.8. R_{3zi} 'nin şematik olarak gösterilmesi.	96
Şekil 2.9. Pik sayımı P_c ve pik sayım eşiğinin şematik gösterimi.....	97
Şekil 2.10. Taşlanmış bir yüzey ve tornalanmış bir yüzey için pik sayımına karşı pik sayımı eşiği.	98
Şekil 2.11. Renk olgusu: renklerin algılanması (a), ışık yoğunluğunun renkler üzerindeki etkisi (b) ve beyaz ışık karakteristiği (c).	99
Şekil 2.12. Beyaz ışığın ışık kaynaklarına göre değişimi (a) ve ışık kaynaklarının renk sıcaklıkları (b).....	100
Şekil 2.13. Nesnelerin renkli olarak algılanması (a) ve nesne-ışık etkileşimi (b)....	100
Şekil 2.14. İnsan gözünün renkleri algılaması.	101
Şekil 2.15. Renklerde artalan etkisi.	102
Şekil 2.16. Renklerin üç temel özelliği, renk tonu (a), doyum (b) ve aydınlık (c). .	103
Şekil 2.17. Munsell renk düzenleme sistemi (a), iki boyutlu ve üç boyutlu renk sisteminin gösterimi (b) ve üç boyutlu sistemin z ekseni: aydınlık (c).	105
Şekil 2.18. Renk değeri hesaplaması (a), CIE kromatizite diyagramı (b) ve renkmetre sistemi (c).....	106
Şekil 2.19. Sprektralfotometre cihazı ve çıktı diyagramı (a), asetat filmi ile monitör arasındaki renk kapasitesi farkı (b) ve baskı sistemleri arasındaki renk kapasitesi farkı (c).	107
Şekil 2.20. a) Aynı renk çeşitlerini ve bütünleyici renkleri gösteren doğrular içeren renk üçgeni;b) Renk üçgeni. Renkler, herbir renk çeşidinin bulunduğu yerleri gösterir. Burada E renksiz noktadır;c) Renk cetvelinde toparlanan renk çeşitlerini ve doygunluk eğrilerini içeren renk üçgeni.	109

Şekil 2.21. Dikey düşüş açısında Al ve Ag için hesaplanmış refleksiyon değerleri	111
Şekil 2.22. Giriş açısının bir fonksiyonu olarak yeşil ışıpta (500 nm) alınmış Al ve Ag ün R, Rs ve Rp değerleri	113
Şekil 2.23. Refleksiyonun a) Al ve b) Ag nin tabaka kalınlığı ile ilişkisi.	113
Şekil 2.24. Refleksiyonun a) Al ve b) Ag nin tabaka kalınlığı ile ilişkisi.	115
Şekil 3.1. Farklı koruyucu ortamlarda patlatma sonucu elde edilen oksidasyon ürünün XRD paterni	121
Şekil 3.2. Görünürde iki partikülün topaklanması sonucu oluşan elmas kristali	122
Şekil 3.3. Elmasın tek element faz diyagramı (a) ve üretim yöntemlerinin faz diyagramında gösterimi (b)	123
Şekil 3.4. Yaklaşık 2-10 nm boyutlarında küresel partiküller içeren elmas tozun HRTEM görüntüsü	124
Şekil 3.5.a) Birçok kristalden alınmış elektron difraksiyon paterni; b) dört kristal içeren bir elektron ışınının nano-difraksiyon paterni	125
Şekil 3.6. Bir elmas tozunun yüzeyinde görülen ve yaklaşık 0,25 nm boyutunda olan pürüzlülüklerinin HRTEM görüntüsü	125
Şekil 3.7. Nano elmas fraksiyon 2 ve 5 in düşük açı ve artalan (background) sıyırılması a, b) öncesi ve c, d) sonrası alınan X-ışını difraksiyon paternleri.	126
Şekil 3.8. a) Orjinal, b) grafitizasyon-oksidasyon sonrası nano elmasların tane boyut dağılımları.	128
Şekil 4.1. Bölümde bulunan Mahr Perthometre M4Pi cihazı	130
Şekil 4.2. Bölümde bulunan Metkon GRIPO zımparalama ve parlatma cihazı.	131
Şekil 4.3. Bölümde bulunan ve PEDEPIN otomatik parlatma kafası ile modifiye edilmiş Metkon GRIPO 200-1 zımparalama ve parlatma cihazı.	131

Şekil 4.4. 600 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile parlatılmış bazalt numunesi.	133
Şekil 4.5. Bazalt numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüleri.	134
Şekil 4.6. 1000 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile parlatılmış bazalt numunesi.	135
Şekil 4.7. Bazalt numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüleri.	136
Şekil 4.8. Nanokristalin elmas ile parlatılmış büyük boyutlu (70x70 mm) bazalt numunesi.	137
Şekil 4.9. Büyük boyutlu bazalt numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüsü.	138
Şekil 4.10. 600 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile parlatılmış granit numunesi.	139
Şekil 4.11. Granit numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüleri.	140
Şekil 4.12. 1000 mesh den nanokristalin elmas ile parlatılmış granit numunesi.	141
Şekil 4.13. Granit numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüleri.	142
Şekil 4.14. Nanokristalin elmas ile parlatılmış büyük boyutlu (70 x 70 mm) granit numunesi.	143
Şekil 4.15. Büyük boyutlu granit numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüleri.	144
Şekil 4.16. Büyük boyutlu bazalt numunesinin stereomikroskop görüntüleri; a,b) orjinal numune; c),d),e),f) Nanokristalin karbon ile 20 dak.lık parlatma sonucu büyük boyutlu (70x70 mm) bazalt numunesine ait görüntüler.	145

Şekil 4.17. Büyük boyutlu bazalt numunesinin stereomikroskop görüntüleri; a,b) orjinal numuneye; c),d),e),f) Nanokristalin karbon ile 20 dak.lık parlatma sonucu büyük boyutlu (70x70 mm) bazalt numunesine ait görüntüler.	146
Şekil 4.18. 320 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas (UDDP) ile 3 µm ticari elmas ile parlatılmış IF numunelerinin karşılaştırılması.....	150
Şekil 4.19. 600 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas (UDDP) ile 3 µm ticari elmas ile parlatılmış IF numunelerinin karşılaştırılması.....	151
Şekil 4.20. 1000 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas (UDDP) ile 3 µm ticari elmas ile parlatılmış IF numunelerinin karşılaştırılması.....	152
Şekil 4.21. Bölümde bulunan Konica Minolta CM 3600d tipi spektrofotometre. ...	155
Şekil 4.22. Konica Minolta CM 3600d tipi spektrofotometre cihazının çalışma prensibi.....	155
Şekil 4.23. Konica Minolta CM 3600d tipi spektrofotometre cihazında SCI ve SCE çalışma modunun çalışma prensibi.....	156
Şekil 4.24. UDDP ile parlatılmış açık renkli diyabaz numunesinde pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin parlatma kademesi ile değişimi.....	157
Şekil 4.25 UDDP ile parlatılmış açık renkli diyabaz numunesine ait spektralfotometrik ölçüm sonuçları.....	158
Şekil 4.26. UDDP ile parlatılmış koyu renkli diyabaz numunesinde pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin parlatma kademesi ile değişimi.....	159
Şekil 4.27. UDDP ile parlatılmış koyu renkli diyabaz numunesine ait spektralfotometrik ölçüm sonuçları.....	160
Şekil 4.28. UDDP ile parlatılmış kırmızı granit numunesinde pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin parlatma kademesi ile değişimi.	161
Şekil 4.29. UDDP ile parlatılmış kırmızı granit numunesine ait spektralfotometrik ölçüm sonuçları.	162

Şekil 4.30. UDDP ile parlatılmış gri granit numunesinde pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin parlatma kademesi ile değişimi.	163
Şekil 4.31. UDDP ile parlatılmış gri granit numunesine ait spektralfotometrik ölçüm sonuçları.....	164
Şekil 4.32. UDDP ile parlatılmış IF numunesinde pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin parlatma kademesi ile değişimi.	167



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. 70:30 pirinçin parlatılmasında kullanılan aşındırıcı tipleri ve ulaşılan parlatma hızları.....	30
Tablo 1.2. Farklı metal ve alaşımlarında sentetik süet çuha üzerinde 6 µm polikristal elmas ile ulaşılan maksimum parlatma hızları.....	57
Tablo 1.3 Mermerlerin parlaklık-pürüzlülük değerleri.....	83
Tablo 1.4. Parlaklık ile pürüzlülük arasındaki matematiksel bağlantısı.....	84
Tablo 1.5 Mermerlerin mekanik özellikleri.....	86
Tablo 2.1. Yüzey profili parametreleri.....	89
Tablo 3.1. Karacadağ bazaltlarına ait petrografik özellikler.....	117
Tablo3.2. Tablo 3.1 de verilen bazaltların kimyasal analizleri.....	118
Tablo 3.3. Diyabazlarda Makro-Mikro Özellikler	118
Tablo 3.4. Nano elmasda ölçülmüş bazı özellikler	124
Tablo 3.5. Toz elmasın X-ışınının difraksiyon sonuçları ve analizleri	126
Tablo 4.1. Bazalt numunesine ait başlangıç pürüzlülük değerleri.....	132
Tablo 4.2. Granit numunesine ait başlangıç pürüzlülük değerleri	132
Tablo 4.3. 600 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile 20 dakikalık parlatma sonucu bazalt numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri.....	133
Tablo 4.4. 1000 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile 20 dakikalık parlatma sonucu bazalt numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri.....	135

Tablo 4.5. Nanokristalin elmas ile 20 dakikalık parlatma sonucu büyük boyutlu (70x70 mm) bazalt numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri.	137
Tablo 4.6. 600 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile 20 dakikalık parlatma sonucu granit numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri	139
Tablo 4.7. 1000 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile 20 dakikalık parlatma sonucu granit numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri.....	141
Tablo 4.8. Nanokristalin elmas ile 20 dakikalık parlatma sonucu büyük boyutlu (70x70 mm) granit numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri.....	143
Tablo 4.9. Ticari 3 µm elmas ile parlatılmış 4. IF numunesine ait pürüzlülük değerleri.	149
Tablo 4.10. 320 mesh zımparlama sonrası UDDP ile parlatılmış 1. IF numunesine ait pürüzlülük değerleri.....	150
Tablo 4.11. 600 mesh zımparlama sonrası UDDP ile parlatılmış 2. IF numunesine ait pürüzlülük değerleri.....	151
Tablo 4.12. 1000 mesh zımparlama sonrası UDDP ile parlatılmış 3. IF numunesine ait pürüzlülük değerleri.....	152
Tablo 4.13. UDDP ile parlatılmış açık renkli diyabaz numunesine ait pürüzlülük ve parlaklık değerleri.....	157
Tablo 4.14. UDDP ile parlatılmış koyu renkli diyabaz numunesine ait pürüzlülük ve parlaklık değerleri.....	159
Tablo 4.15. UDDP ile parlatılmış kırmızı granit numunesine ait pürüzlülük ve parlaklık değerleri.....	161
Tablo 4.16. UDDP ile parlatılmış gri granit numunesine ait pürüzlülük ve parlaklık değerleri.	163
Tablo 4.17. UDDP Nano elmas ile parlatılmış IF numunesine ait pürüzlülük ve parlaklık değerleri.....	166

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Aşındırıcı etkisi altında aşınan bir yüzey, farklı mikroyapılı bir tabaka içermektedir. Eğer nihai yüzeyde bu tabaka kısmen veya tamamen kalıyorsa, yalnız bir yapı sergileyebilmektedir (numune hazırlamada artefaktların oluşumu). Numune hazırlamada parlatma sırasında ilk dikkat edilecek şey hatta en önemlisi olan aşınma-sonucu oluşan bu tabakanın kaldırılmasıdır. Aksi takdirde istenen ve doğru mikroyapıyı gösteren nihai yüzey elde edilmemektedir. Bu nedenle burada, mekanik parlatma yöntemi ile yüzeyden malzeme uzaklaştırılıp uzaklaştırılmadığı ve uzaklaştırılıyorsa bunun maksimum hızı ne kadar olduğu anlaşılmaya çalışılacaktır.

Parlatılmış yüzeyin kabul edilmesi için ilk kriter “belirsiz yapılar içeren tabakaların yüzeyde olmaması gerekmektedir”. Önceden, mekanik parlatma sırasında “Beilby tabakası” olarak bilinen amorf bir malzemenin yüzeyde sürünme sonucu oluştuğu ve bu tabakanın yalnız bir yapı gösterdiği düşünülmüştür [1]. Bu nedenle burada önce mekanik parlatmanın hangi mekanizma ile gerçekleştiği ve gerçekten yüzeyde bu belirsiz yapının oluşup oluşmadığını incelenecektir.

İlk olarak “parlatılmış yüzey” ile ne demek istenildiğinin açıklanması gerekmektedir. Parlatılmış yüzey, genelde ışığı ayna gibi parlak şekilde yansıtan olarak tanımlanır. Buna regüler veya speküler yansıma denilmekte ve örneğin aşındırılmış yüzey gibi pürüzlü yüzeyden elde edilen difüz (yayılmış/yoğun saçılmış) yansımanın tam tersidir. Işık atomik düzeyde düz yüzeyden başka yüzeylere çarptığında, speküler ve difüze olmuş yansıma arasında keskin bir fiziksel fark yoktur. Bazı ışık, her zaman speküler olarak yansırken bazıları difüze olmaktadır [1]. Artan pürüzlülükle speküler yansıma oranı azalmaktadır. Pürüzlülüğü gelen ışığın dalga boyu ile karşılaştırılabilecek ölçüde olan yüzeylerde görünür ışığın speküler yansıması pürüzlülük boyut dağılımına bağlı iken difüze olan yansıma eğim dağılımına yani yüzey topografisinin ince detaylarına bağlıdır. Bu nedenle “parlatma” bir kademenin ifadesidir ve yüzeyde speküler yansıma oranının yüksek olması metalografide

gereklidir. Metalografik “parlatılmış yüzey” in tam tanımını yapmak mümkün değildir, çünkü parlatılmış ve aşındırılmış yüzeyin pürüzlülüğü kademe kademe değişmektedir. Bu nedenle parlatmanın tanımını yapmak için “zayıf”, “iyi” ,”kaba” veya “ince” sıfatları kullanarak nitelendirilmelidir. Bununla beraber uygulamada aşınma ile parlatma arasındaki farkı bilmek faydalıdır, çünkü her ne kadar yalnız kademe olarak fark varsa da bu fark önemlidir.

Aşınmış yüzeyler sadece bir tip proses ile oluşturulmaktadır. Parlatılmış yüzey (yüksek speküler yansımaya sahip yüzey) ise mekanizma ve etki bakımından birbirinden farklı olan birçok mekanik proseslerle elde edilmektedir. Burada standart metalografik parlatma prosesi incelenecektir. Bu proseste aşındırıcı (aşındırma işlemini yapan sert madde partikülleri) bir inert sıvı içerisinde süspansiyon şeklinde bulunmakta ve çuha gibi bir elastik desteğe dayandırılmaktadır. Numune pozitif bir etki yapacak şekilde bu çuha üzerine sürülmektedir. Aşındırıcı sıvının içine dağlama ayırıcı ekleyerek baskın bir etki yapmak için kimyasal etkinin yaratıldığı prosesler de göz önünde tutulmalıdır ve özellikle belirtilmelidir. Endüstriyel uygulamalarda benzer yöntemler (örn. pürüzsüz bir katıyı daha yumuşak bir katıya sürtme) içeren kaba prosesler burada göz önünde tutulmayacaktır, çünkü bu tarz işleme metalografik yüzey hazırlaması için uygun bir hazırlama yöntemi değildir.

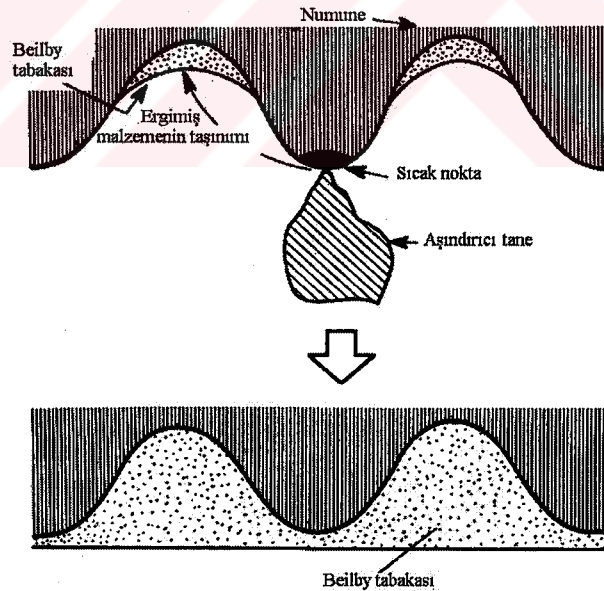
1.1. Parlatma Mekanizmaları

1.1.1. Beilby teorisi

Hooke, Newton ve Herschel’e [1] göre parlatma prosesi sırasında ince aşındırıcı partiküller, aşındırılmış yüzeydeki pürüzlülükleri kesmekte ve bunları daha incelerle değiştirmektedir. Bu basit bakış açısındaki tereddütler 20. yüzyılın başlarında ortaya çıkmaya başlamıştır ve Sir George Beilby’nin çalışmaları ile neticelenmiştir [1,2]. Beilby’ye göre malzeme, yüzey üzerine sıvanarak ve varolan çukurları kapayarak parlatma işlemi gerçekleşmektedir. Pürüzlü yüzey bu anlamda pürüzsüz yüzeydeki malzeme ile keklerin üzerindeki şekerli karışım gibi kaplandığını iddia etmiştir. Beilby’ye göre sıvanan tabaka sıvı halden geçmiş ve yüzey geriliminden dolayı

katılaştırılmıştır. Ayrıca ona göre bu katman amorf bir tabaka idi. Ancak daha sonraları bu alanda çalışanlar bu fikri biraz da olsa modifiye etmişlerdir. Örneğin Thompson [1, 3], elektron difraksiyon sonuçlarına bakarak sıvanan tabakanın çok veya az amorf kristallerden oluştuğunu ve amorf tanımının kullanılabileceğini belirtmiştir.

Beilby bu sıvanma prosesi için herhangi özel bir mekanizma açıklamamıştır, fakat Bowden ve Hughes [1,4] makul bir açıklaması sunmuşlardır. Onlara göre, aşındırıcı pürüzlü yüzeydeki çıkıntılara sürüldüğü zaman temas ettiği noktalarda geçici çok yüksek sıcaklıklara ulaşılmakta ve bu çıkıntılar ergime noktasına veya ergime noktasına yakın sıcaklıklara çıkmaktadır. Bu sıcaklıkta bu bölgeler ergimekte veya plastikleşmekte ve aşındırıcının değdiği noktalardaki sürtünme kuvveti nedeniyle tepeler birbirleri ile birleşmektedir (Şekil 1.1). Daha sonraları, hızlı katılma nedeniyle numune yüzeyindeki vadilere taşınan malzemenin burada amorf yapıya benzer bir yapıyı, yani Beilby tabakasını oluşturduğunu varsaymışlardır. Amorf bir yapının oluşabilmesi için ısınan malzemenin gerçekten ergidiğine dikkat edilmelidir. Aksi takdirde malzeme ancak plastikleşmiştir.

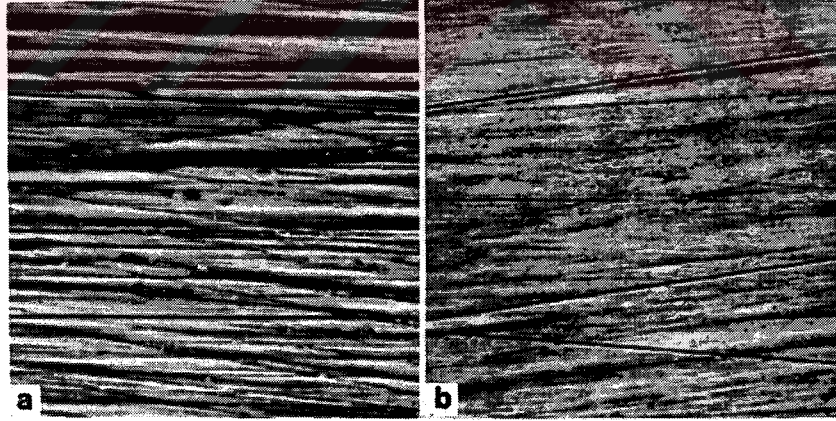


Şekil 1.1. Bowden ve arkadaşlarına göre parlatma sırasında oluşan Beilby tabakasının şematik gösterimi [1].

1.1.1.1. Beilby teorisinin mikroskopik kanıtlanması

Beilby'nin bu teorisinin direkt kanıtı, metal yüzeyinin optik mikroskop altında aydınlık alanda incelenmesine dayanmaktadır. Fakat bu tekniğin küçük yüzey düzensizlikleri incelemek için birçok sınırlamaları olduğu görülmüştür ve daha hassas teknikler kullanılmıştır.

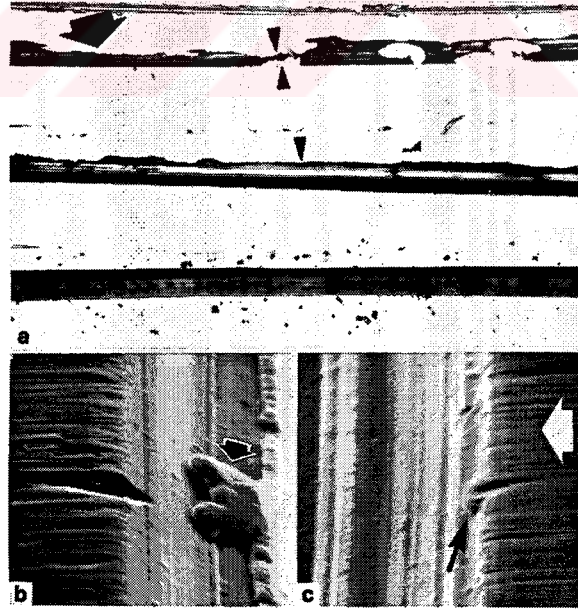
Beilby'nin ilk gözlemlerine göre aşındırılmış yüzeyde topografik düzensizliklerin görülebildiği, fakat parlatılmış yüzeyde bunun görülmediğidir. Parlatılmış yüzeyler camsı bir görünüm vermektedir. Bu, parlatma için yeni bir mekanizmanın araştırılması için bir motivasyon olmuştur ve parlatılmış yüzeylerin bir camsı tabaka ile kaplı olduğu görüşünün temelini oluşturmaktadır. Modern inceleme yöntemleri, ilgili yöntemlerle parlatılan bütün yüzeylerde ince olukların (saban izi, parlatma çizgileri) oluştuğunu göstermiştir (Şekil 1.2.). Gerçekten, farklı hassas yöntemlerle aşındırılan ve parlatılan yüzeyler incelendiğinde nihai yüzeyde oluşmuş çizgilerin sadece derece (boyut) olarak farklı, fakat çeşit olarak aynı oldukları gözlenmiştir. Önceden de belirtildiği gibi pürüzlülük (çukurlukların yüksekliği) ve olukların eğimi azaldıkça speküler yansıma artmaktadır.



Şekil 1.2. Tek kristalli gümüşün mekanik-parlatılmış yüzeyinde oluşan çiziklerin faz-contrastı ile alınmış görüntüleri. a) 1 µm elmas ile parlatılmış, x2000; b) 0,1 µm alüminyum oksit ile parlatılmış, x2000. Aydınlık alanda bu iki görüntü de incelendiği zaman strüktürsüz görünmektedir [1].

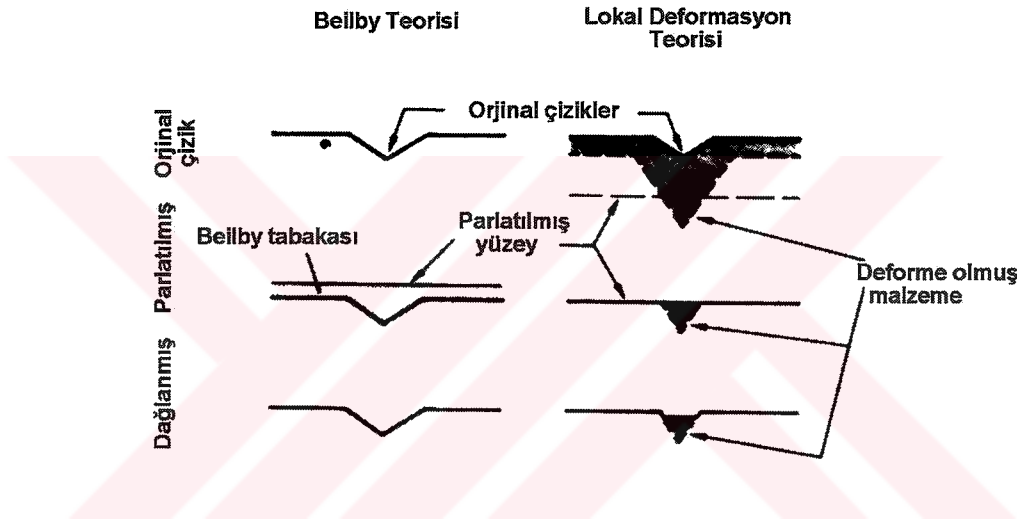
Beilby ayrıca bir adım daha ileriye giderek yüzey akışını incelemek için farklı deneyler yapmıştır. Bunun için yüzeyde tek yönlü çizgiler oluşturulmuştur. Daha sonra yüzey, bu aşınma çizgilerine dik yönde ve bu çizgiler arasında parlak düz

yüzey oluşana kadar parlatılmıştır. Beilby, bu çizgiler (zımparalama ve parlatma) arasındaki düzlüklerin kenarlarında düzensizlikler gözlemiş ve bu oluklara, düz olan bölgelerden malzemenin taşındığını düşünmüştür (Şekil 1.3). Yüzey, optik mikroskopta incelendiğinde kısmen parlatma sonrası kalan aşınma çizgilerinin keskin kenarlara sahip olduğu görülmektedir (Şekil 1.3a'da en alttaki çizgi). Burada beklendiği gibi çıkıntılar (tepe olarak da adlandırılır) basit bir biçimde kesilmiştir. Bunun yanında bazı durumlarda düz yüzeyden çıkıntılara doğru malzeme taşınmıştır ve oluklar (vadi olarak da adlandırılır) genişlemiştir (Şekil 1.3a'da ortadaki çizgi). Bu gözlem Beilby'nin vurgulamak istediği noktadır. Fakat bazı durumlarda çıkıntıların bir taraftan veya iki taraftan da genişlediği görülmüştür (Şekil 1.3a'da en üstteki çizgi). Bu da Beilby'nin teorisine ters düşmektedir. Bu olukların tarama elektron mikroskobu ile incelenmesi, Şekil 1.3a da okla gösterilen noktanın, hiç şüphesiz aşınma oluklarına taşınan malzeme olmadığı göstermiştir. Aksine parlatma işlemi sırasında yüzeyin düzleştiği ve bu düzlemin bazen olukların içerisine doğru yöneldiği öne sürülmüştür (Şekil 1.3b). Bazen bir çapak parlatma çizgisinden aşınma oluşuna doğru genişlemektedir (Şekil 1.3c). Fakat bu çapak 0,1µm den daha küçük ve optik mikroskobun ayırma gücünün altındadır.



Şekil 1.3. Beilby nin deneylerinden birinin tekrarlanması sonucu alınan görüntüler. a) temsili çizikler içeren alanın optik mikroskop görüntüsü, x250; b) ve c) tipik bir çizige ait karşılıklı iki kenarın tarama elektron mikroskop görüntüsü, x6400 [1].

Beilby tarafından geliştirilen teorinin temelini oluşturan en önemli kanıt, metalografik uygulamalarda büyük önem taşıyan bir fenomen ile ilgilidir. Beilby bu olayda parlatma işlemi ile giderilen çizgilerin dağlama işlemi sonrası tekrardan ortaya çıktığına dikkat çekmiştir. Beilby nin açıklamasına göre parlatma sırasında çizgiler Beilby tabakaları ile dolmaktadır (Şekil 1.1). Bu tabaka, kristal malzemeye göre kimyasal olarak daha aktif olduğu için dağlama sırasında çözünmektedir (Şekil 1.4). Günümüzde bu yaklaşımın doğru olmadığı açıkça bellidir. Bu fenomen basitleştirilebilir ve şu şekilde açıklanabilir: parlatma sırasında çizgiler giderilse de deforme olmuş tabaka tamamen uzaklaştırılamamakta ve dağlanmaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Beilby teorisi ile lokal deformasyon teorisinin karşılaştırması [1].

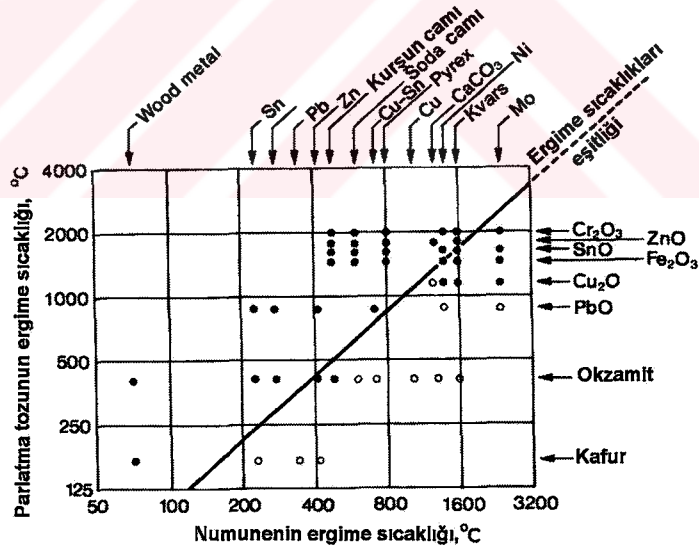
1.1.1.2. Yüzeyde sıcaklık oluşumu

Bowden [1] parlatma mekanizması, aşındırıcı partiküllerin çıkıntılara süründüğü zaman yüksek geçiş sıcaklıklarının oluştuğunu ileri sürmektedir. Bu ileri sürülen mekanizma direkt ve indirekt olarak iki yolla ispatlanmıştır.

Bunun için direkt kanıt bir metal numunenin, dönen düz bir cam diskin üzerine bastırılmasıyla ve temas yüzeyinin, cam diskin tersinden bakılmasıyla elde edilmiştir. Sürtünen yüzeylerde küçük kıvılcımların çıktığı görülmüştür. Bu kıvılcımların oluştuğu yerler an ve an değişmektedir. Uygulanan yük ya da dönme hızının artırılmasıyla kıvılcımların parlaklığı artmaktadır, ancak diskin sürtünme yüzeyine bir sıvı ya da aşınma çamuru uygulanması ile bunlar etkilenmemektedir. Kıvılcımlar

tarafından çıkarılan ışıklar kızılötesi (enfraruj) ışınlar karşı hassas bir fotosel yardımı ile analiz edilmiştir ve uygun kalibrasyon ile kıvılcımların sıcaklıkları tahmin edilmiştir. Genel olarak yükün artmasıyla (kritik yüke ulaştıktan sonra) sıcaklık artmaktadır ve -düşük ergime sıcaklığına sahip metallerde- metalin ergime sıcaklığı ile sınırlanmaktadır. Bununla beraber çelik malzemelerde 500 °C yi geçmek için numune cam disk üzerine çok şiddetli sürtülmelidir. Bu kıvılcımların sürtünen yüzey çıkıntılarının üzerinde oluşan sıcak noktalar tarafından yayıldığı sonucuna varılmıştır.

Highway ve Taylor [1, 5] daha sonraları daha sofistek cihazlar kullanarak kıvılcımlar tarafından yayılan ışığın karakterini incelemek amacıyla bu deneyi tekrarladılar. Onlar, parlama zamanına dikkati çekmişlerdir ve sıcak noktalarının metal yüzeyde oluşmadığına aksine cam diskin yüzeyinden kopan ve metal yüzeyine gömülen küçük cam parçacıkların deformasyonu sonucu eski haline dönmeleri sırasında oluştuğuna dikkat çekmişlerdir.



Şekil 1.5. Parlatılabilme yeteneği ve aşındırıcı parlatma tozu ile parlatılan numunenin ergime sıcaklıkları arasındaki ilişki [1].

Bowden ve Hughes [1, 4] tarafından geliştirilen indirekt kanıt, belirli bir aşındırıcı tozun ilgili metali parlatması, sertliklerine değil aksine bunların birbirine göre ergime sıcaklıklarına bağlı olduğunu gösteren geniş kapsamlı deneylere dayanmaktadır.

Uzun yıllar bir numune yüzeyin parlatılabilmesi için yüzeyin önce ergimesi veya ergime noktasına yakın bir sıcaklığa ısıtılması gerektiği kabul edilmiştir. Fakat Rabinowicz [1, 6], Bowden ve Hughes un deneysel sonuçlarının o zaman ikna edici görüldüğü gibi olmadığını detaylı bir analiz ile belirlemiştir. Ergime noktası ile parlatılabilme yeteneği arasındaki bağıntı, yüksek ergime noktasına sahip metaller için geçerli olmamaktadır (Şekil 1.5). Bu gerçekten yola çıkarak Bowden ve Hughes in deneyleri gerçekte bağıl sertliği veya aşınma-tipi kesmeyi parlatmada ana faktör olarak dahil etmişlerdir. Sadece 100 den 200 °C ye bir yükseliş, yeterince düşük ergime noktasına sahip metallerin sertliklerini parlatma tozu malzemesinininkinin altına düşürmeye yetecek şekilde düşürecektir. Diğer yandan, yüksek ergime noktasına sahip metaller bu anlamda yumuşamayacaktır ve o zaman kesin faktör, yumuşamayan metal ile parlatma tozu malzemesinin birbirine göre bağıl sertlikleri olacaktır.

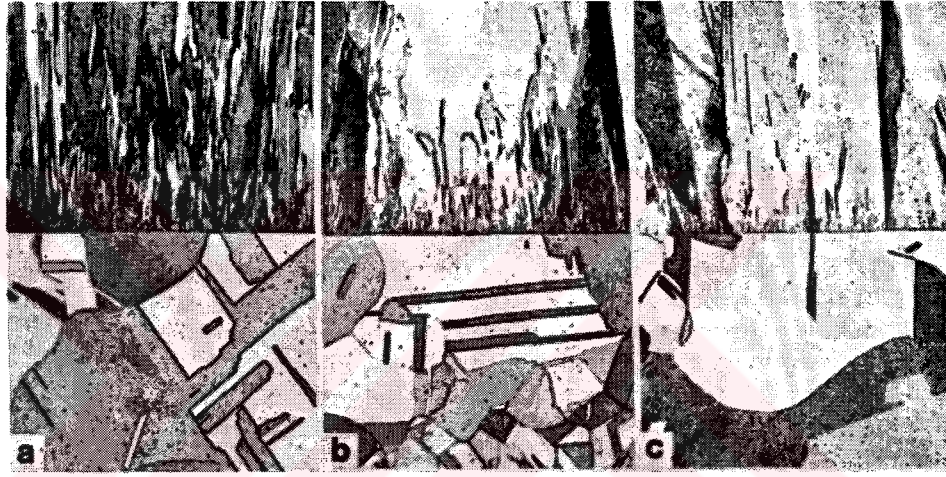
Metalografik parlatma işlemi sırasında yüksek sıcaklıklara ulaşılmadığına dair indirekt kanıt, parlatılmış yüzeyin ince yapısının transmisyon elektron mikroskobu ile incelendiğinde görülmektedir. Ulaşılan maksimum sıcaklık 100 ile 150 °C dir. Bu nedenle birçok metal bu sıcaklıkta ergimemektedir.

1.1.1.3. Tabakanın aşırı büyümesi

Beilby çalışmalarını tamamladığı sıralarda bir yandan yüzeyde bir kristalin büyüdüğünü, diğer yandan numunenin kristal yönlenmesi doğrultusunda başka bir kristalin büyüdüğünü ve bu iki kristal yapı arasında bir bağlantının olduğu bilmekteydi. Bu olay yönlenmiş aşırı büyüme veya epitaksi olarak bilinmektedir. Beilby tabakasının öne sürülen herhangi bir yapısının varlığı, bu tercihli aşırı büyüme engellemesi beklenen bir olaydır.

Beilby, parlatılmış kalsit yüzeyi üzerinde aşırı büyüme deneyi yapmış ve bir sulu çözeltiden buharlaşan sodyum nitrat kristallerinin bu yüzeyde tercihli aşırı büyüdüklerini göstermiştir. O, kalsitin “kristal etkisi”nin Beilby tabakasının içine doğru yayıldığını kabul etmiştir. Fakat yeni bakış açıları atomik kuvvet alanlarında bunun mümkün olamayacağını açıklamıştır. Bununla beraber kalsit artık Beilby mekanizması ile parlatılmadığından bu soru burada önemsizdir.

Daha sonraları parlatılmış yüzeyde büyüyen elektro-tabaka kesitlerinin optik mikroskop altında incelenmeleri sonucu bu tabakaların epitaksiyel olmadıkları gözlenmiştir [1, 7-9]. Parlatılmış yüzeyde büyüyen elektro-tabakaların üzerinde numunenin kendi taneleri ile hiçbir bağıntısı olmayan çok sayıda küçük taneler bulunmuştur (Şekil 1.6a). Diğer yandan numune aşırı dağlandıktan sonra aynı yüzeyde büyüyen tabakaların içindeki her bir tanenin, numunenin kendi taneleri ile bağlantılı olduğu görülmüştür (Şekil 1.6c.). Parlatılmış yüzeydeki tabakaların, dağlama ile kaldırılan Beilby tabakası nedeniyle epitaksi şeklinde büyümedikleri kabul edilmiştir.

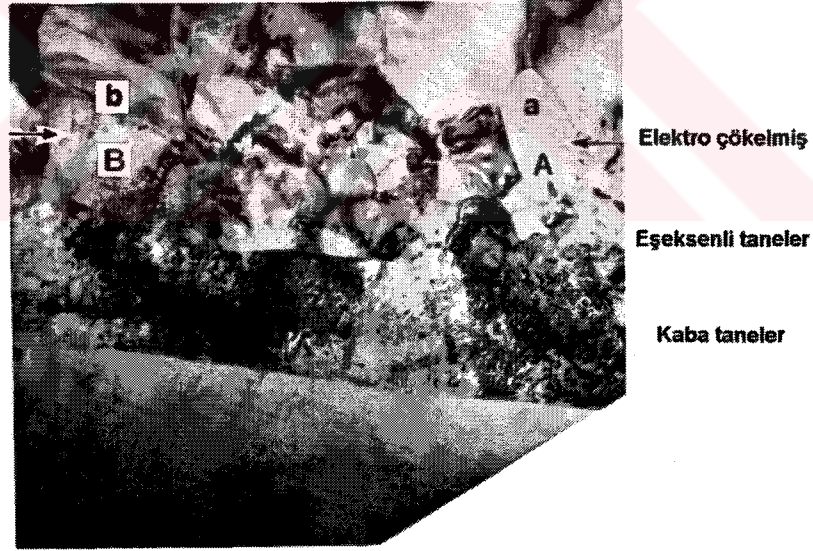


Şekil 1.6. Mekanik parlatılmış bakır yüzeyi üzerinde büyümüş elektro-tabakaların görüntüsü; bütün kesitler demir klorür ile dağlanmıştır, x250. a) 1 µm elmas ile parlatılmış. Süreksiz aşırı büyüme görülmektedir. b) 2 µm alüminyum oksit ile parlatılmış. Kısmen aşırı büyüme sürekliliği görülmektedir, fakat tabakada alt taneler de oluşmuştur. c) magnezyum oksit ile parlatılmış. Sürekli bir aşırı büyüme görülmektedir [1].

Detaylı bir inceleme sonucu bu kabullenmenin de geçerli olmadığı saptanmıştır.[1, 10]. Gerçekte, bir elektro-tabakasındaki her bir kristalin epitaksiyel çekirdeklendiği, fakat kristallerin oryantasyonunun -numune üzerinde çekirdeklendikleri yüzeylerin oryantasyonunun geniş bir aralıkta değişmesi sonucu geniş bir aralıkta değişmekte olduğu görülmektedir. Bu, parlatma sonucu yüzeyin plastik deformasyonundan kaynaklanmaktadır. Kaba parlatmada, yani parlatılmış yüzeyde kristallerin oryantasyon aralığının geniş olduğu durumlarda tabakadaki kristallerin oryantasyonları o kadar geniştir ki aşırı büyümenin sürekliliği optik

mikroskop ile görülememektedir (Şekil 1.6a). Bununla birlikte, aşırı büyümenin sürekliliği, numune transmisyon elektron mikroskobu altında incelendiği zaman görülebilmektedir. (Şekil 1.7).

İnce parlatmada, yani parlatılmış yüzeylerde kristallerin yönlenme aralığının dar olduğu durumlarda, tabakadaki kristallerin yönlenme aralığı dar ve tabakadaki taneler farklı yönlenmelerde birçok alt taneler içermesine rağmen (Şekil 1.6b) numune ile tabakanın taneleri arasındaki ilişki optik mikroskop altında görülebilmektedir. Parlatma işlemi incelidikçe aşırı büyümenin sürekliliği daha belirgin hale gelmektedir. Bununla birlikte tabakadaki tanelerin alt tane sayıları tamamen yok olana kadar azalmakta ve aşırı büyümenin sürekliliği optik mikroskopta da görülebilecek şekilde belirginleşmektedir. Bu koşullara ulaşabilmek için gerekli parlatma inceliği metal tipine göre değişmektedir. Düşük ergime sıcaklıklarına sahip metaller için daha az düzgün olan parlatmalar gereklidir, çünkü burada parlatma sonucu oluşan yanlış yönlenmelerin relaksasyonu beklenir.



Şekil 1.7. 6 µm elmas ile parlatılmış bir bakır yüzeyi üzerinde büyümüş elektro-tabakasına ait dik kesitin görüntüsü [1].

Aşırı büyüme ile ilgili daha modern araştırmalarda, parlatılmış yüzeyde Beilby tabakasının bulunmadığı açıklanmıştır. Eğer sonuçlar Beilby teorisi (Beilby tabakası, tabaka oluşturmak için kullanılan çözelti içerisinde çözünür veya tabakanın sürekli

olmadığı durumda tabaka içerisindeki kristaller sadece bu süresiz alanlarda çekirdeklenir) ile açıklanmış olsaydı açıklamalar daha karmaşık olacaktı.

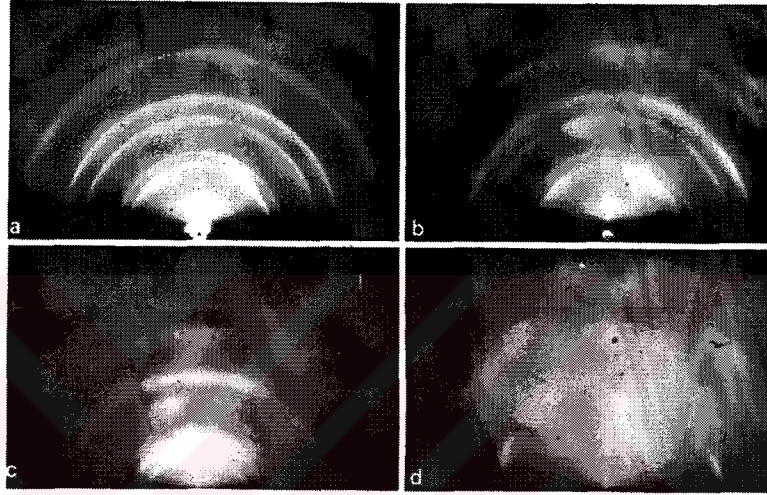
1.1.1.4. Refleksiyon modlu elektron difraksiyonu

Belki de Beilby teorisi için en büyük fayda 1930'lu yıllarda, bir elektron demetinin düşük giriş açılara hizalanması ve yansıyan demetin bir yansıma modunda belirlenmesi ile kristal kafesinde elektron difraksiyonunun mümkün olabileceğinin keşfedilmesi ile olmuştur. Çünkü bu durumda elektronlar metalin içine sadece birkaç atomik tabakaya kadar girebilmektedir. Bu teknik, Beilby tabakası gibi ince yüzey tabakaların incelenmesi için ideal gözükmetedir.

Parlatılmış yüzeyler kristal malzemelerden beklendiği gibi keskin spot paterni yerine oldukça kuvvetli difüze olmuş difraksiyon paterni vermektedir [1, 11-13]. Parlatılmış yüzeylerde genelde iki tane yayılmış difüz halka görülebilmektedir (Şekil 1.8a ya benzer) ve aynı tip patern sıvı metal (civa) yüzeyinden elde edilmiştir. Ayrıca parlatılmış yüzeydeki ince tabaka dağlama ile uzaklaştırıldığında keskin difraksiyon paterni elde edilmiştir. Burada, parlatılmış yüzeyde Beilby'nin ileri sürdüğü gibi sıvıya benzer malzeme bulunduğu dair şüphesiz bir kanıt görülmüştür. Parlatılmış yüzeyden daha kalın bir tabaka uzaklaştırıldığı zaman oluşan paterndeki değişimin incelenmesi sonucu metallografik olarak parlatılmış yüzey üzerinde oluşan Beilby tabakasının 5 ile 10 nm kalınlıkta olduğu tahmin edilmiştir.

Fakat kısa bir süre sonra bu kanıtın tersinin ispat edilebileceği görülmüştür. Elektronların penetrasyon derinliğinin çok küçük olmasından dolayı hangi yüzey tabakasının hangi difraksiyon paterni oluşturduğuna dair tereddüt bulunmaktaydı. Bununla birlikte, o zamanların vakum teknolojisi zordu ve gelişmemişti. Difraksiyon cihazları da kısmen mum ve gres gibi organik malzemeler içermekteydi. Sonuç olarak bazı araştırmacılar parlatılmış yüzeyde biriken karbon tabakasının, paterndeki halkaya neden olduğunu iddia etmişlerdir. Bazıları ise parlatma sırasında yüzeyde oluşan oksit tabakasının buna sebep olduğunu düşünmüşlerdir. Burada tartışılmayan fakat gerçek makaleler incelendiği zaman ortaya çıkan konu, incelenen yüzeylerin çok kötü koşullar altında hazırlanmış olduğudur.

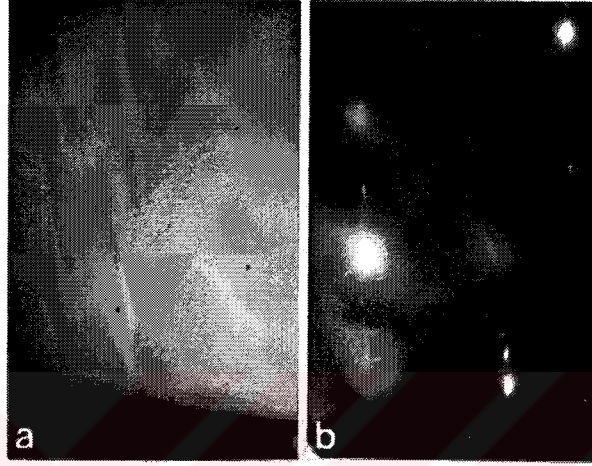
Samuels ve Sanders [1, 14], uygun metalografik metotlar ile parlatılmış yüzeylerin bu alanındaki ilk araştırmayı yapan kişilerdir. Oksitin oluşmadığı tek kristalli gümüşü incelemiş ve incelenecek numune üzerindeki yabancı birikimleri engelleyecek şekilde tasarlanmış difraksiyon cihazı kullanmışlardır. Elektron demeti çizgilere paralel ya da dik gelecek şekilde incelenen yüzeye tek yönlü parlatma çizgileri oluşturulmuştur. İncelenen yüzey topografisine tipik bir örnek Şekil 1.2 de gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Parlatılmış tek kristalli gümüşün yüzeyinden alınmış refleksiyon elektron difraksiyon patternleri. a) 1 μm elmas; b) 0,3 μm α -alüminyum oksit; c) 0,1 μm γ -alüminyum oksit; d) magnezyum oksit ile parlatılmış. Herbir durumda elektron demeti aynı yöndeki çizgilere dik bir şekilde gelmektedir. Herbir pattern tamamen kristal bir malzeme için karakteristiktir. a) Sürekli halkalar: yüzeyin küçük, rastgele yönlü alt tanelerden oluştuğunu göstermektedir. b)-d) Ark şeklini alan halkalar: bu alt tanelerin yanlış yönlülenmesini göstermektedir [1].

Elektron demeti çizgilerin boyuna dik bir şekilde düştüğü zaman, tek kristalli yapıdan beklenen keskin spot paternin aksine tamamen kristalin olan malzemedeki karakteristik olan keskin difraksiyon paterni elde edilmiştir (Şekil 1.8). Bu da yüzeye rastgele paralel yönlü küçük alt tanelerden oluşan yüzey tabakasına işaret etmektedir. Parlatma işleminin derecesi inceldikçe (ince parlatmaya doğru gidildikçe) difraksiyon halkalarının sürekliliği azalmaktadır (yay şeklini almaktadır; Şekil 1.8b ve 1.8c). Bu da yüzeydeki alt tanelerin farklı yönlü olduklarını, fakat hala bir aralık boyunca yönlülenmelere sahip olduklarına işaret etmektedir. Yayların buldukları bölgeler, $\{011\}$ düzlemlerine hemen hemen paralel olan tercihlili

yönlenme tekstürün ve parlatma çizgilerine hemen hemen paralel olan $\langle 100 \rangle$ doğrultusunun var olduğunu göstermektedir. Bu aşındırılmış bir gümüş yüzeyinde gözlenmiş üç yönlenme tekstüründen biridir. En ince parlatılmış yüzey, tek kristallerde görülen ağ paternlere benzer ve spotların sadece yaklaşık $\pm 5^\circ$ lik kafes yönlenme bozukluğu ile yayındığı paternleri vermektedir.



Şekil 1.9. Magnezyum oksit ile parlatılmış tek kristalli bir gümüşün yüzeyinden alınmış refleksiyon modlu elektron difraksiyon paternleri. a) Elektron demeti, aynı yöndeki parlatma çiziklerine paralel gelmektedir [1].

Elektron demetinin çizgilere dik doğrultusu saptırıldıkça difraksiyon paterninin şiddeti ve kontrastı azalmaktadır ve çizgilere paralel olduğu zaman minimum değerdedir. Daha sonraki durumda paternler hemen hemen hiçbir bilgi vermemektedir (Şekil 1.9a); Beilby tabakasına göre daha az belirgin olan ve güçlkle ayırt edilebilen halkalar içermektedir. Benzer paternler gelişigüzel yönlenmiş çizgiler içeren ince parlatılmış yüzeyden elde edilmektedir. Bu paternlerde keskin difraksiyon maksimumunun bulunmaması Samuels ve Sanders tarafından gösterilmiştir. Bu çalışma elektronların geliş doğrultusunda olacak şekilde yüzey yeterince düz olduğu zaman difraksiyona uğramış ışınların çıktığı yüzeyde bir iç refleksiyona neden oluşturmak için yapılmıştır. Elektron demeti dik doğrultuda geliyorsa daha belirgin bir patern elde edilmektedir, çünkü o zaman difraksiyon parlatma çizgilerin eğimli piklerinden doğru oluşmaktadır. Karbon gibi yüzeydeki kirliliklerin oluşturduğu belirsiz halka paternlerinin -ilk patern iç refleksiyon ile bastırıldığı zaman- görülmesi beklenebilir.

İlgili teknik parlatılmış yüzeyden elde edilen halka paternleri konusunda mümkün bir açıklama vermesine rağmen bilgi edilecek tek yöntem bu değildir. Önemli nokta bu çalışmanın refleksiyon modlu elektron difraksiyon konusunun metalografik parlatılmış yüzeyin yapısını açıklamak için uygun olmadığını göstermesidir. Bu tür metotlar ile parlatılan yüzeyler şüphesiz kristaldir, fakat parlatma sırasında plastik deformasyon sonucu kafesin 'yanlış' yönelmesini de ortaya koymaktadır.

1.1.1.5. Parlatma sürecinde yüzeysel malzemenin (Beilby tabakasının) davranışı

Daha önceki Beilby'nin teorisi ile ilgili tartışmalarda parlatma sırasında belirli miktarlarda malzemenin kaldırılıp kaldırılmadığı hakkında bilgi verilmemiştir. Şekil 1.1 de gösterilen Beilby-Bowden mekanizmasına göre malzeme bir noktadan diğer noktaya taşınmakta ve malzemede net bir kayıp olmamaktadır. Ancak bu açıklama metalografik parlatma için bu şekilde gerçekleşmez. Parlatma işleminde uygun bir aşındırıcı kullanıldığı sürece belirli miktarda malzeme yüzeyden kaldırılmaktadır.

Şekil 1.1 de gösterilen pik ile oluk arasındaki mesafe gerçek metalografik durumda 0,1 ile 1,0 µm arasındadır. Şekil 1.1 de altta gösterildiği gibi oluklar dolmamaktadır.

1.1.1.6. Beilby teorisinin değerlendirilmesi

Çeşitli standart metalografik yöntem ile hazırlanmış bakır numunesi transmisyon elektron mikroskopisinde incelenmiştir. Bu yöntemin ayırma gücü tahmin edilen kalınlıktaki Beilby tabakasını görmek için yeterli olmaktadır. Şimdiye kadar böyle bir tabaka görülememiştir (Şekil 1.7).

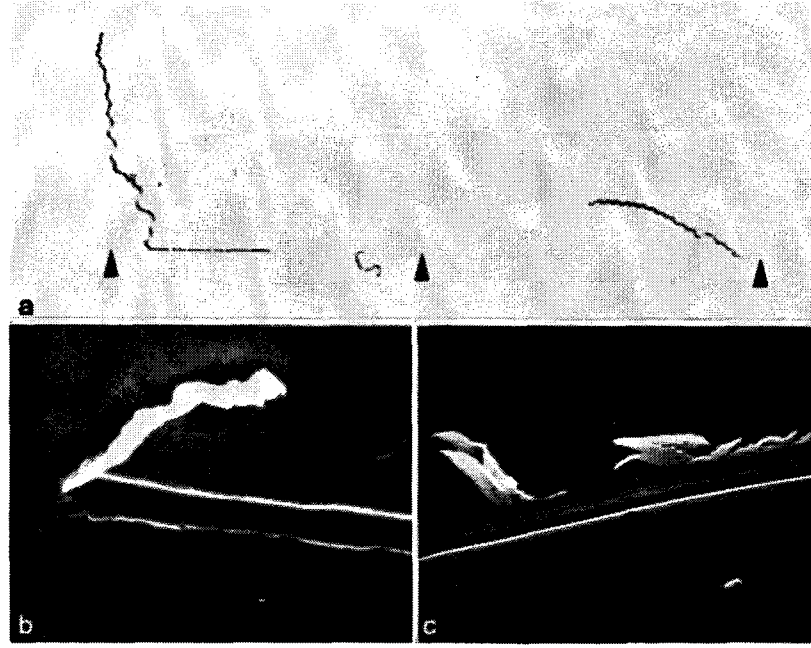
Hala geçerliliği olduğu söylenen Beilby teorisini destekleyen herhangi bir kanıt bulunamamıştır ve gerçekte parlatılmış metal yüzeyinde amorf yapıya benzer bir tabakanın bulunmadığına dair daha çok direkt ve indirekt kanıt bulunmaktadır (en azından standart metalografik yöntem ile hazırlanmış yüzeylerde). Beilby ve daha sonra da Bowden tarafından ileri sürülen sürünme mekanizmasının geçerliliği yoğun olarak tartışılabilir.

1.1.2. Mekanik kesme mekanizması

Şüphesiz düzgün yansıma yapan bir yüzey, mekanik kesme yöntemi ile elde edilebilmektedir. Bunlar rutin olarak torna ve freze tezgahları ile üretilmektedir, fakat hassas hazırlanmış kesme kenarlarına sahip elmas takımların kullanıldığı, özellikle düşük vibrasyonlu makinelerde üretilmektedir. Buradaki soru metalografik parlatma prosesinde hangi kesme mekanizmasının gerçekleştiğidir. Buna benzer bir hipotezi destekleyen hem direkt hem de indirekt kanıtlar bulunmaktadır.

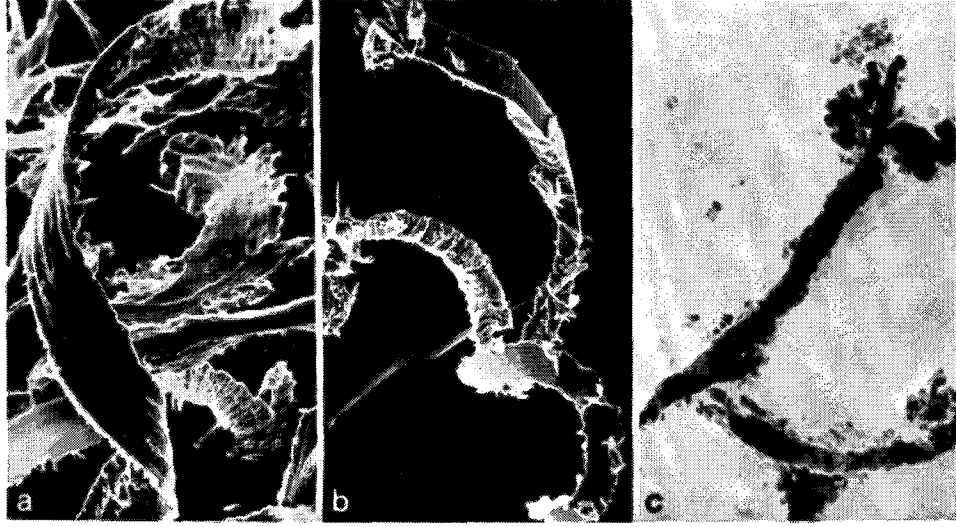
İndirekt kanıt, metalografik aşınma ve parlatma işlemleri birbirinden işlem derecesi yönünden farklı, fakat mekanizma tarzı açısından aynı olduklarını göstermektedir. Bu kanıtta göre parlatmada kullanılan aşındırıcı taneler V tipi işleme takımları gibi davranmaktadır. Burada bazı taneler talaş alarak malzeme uzaklaştırırken bazıları ise sadece sabanlama işlemi ile oluklar açmaktadır. Bu kanıtta göre mekanizma şu şekilde işlemektedir:

1. Malzeme hem aşınma (zımparalama) hem de parlatma işleminde sürekli uzaklaştırılmaktadır. Parlatma işlemindeki uzaklaştırma hızı zımparalama işlemindekine göre daha düşüktür.
2. Bu iki yöntemle işlenen yüzeyin topografisi yaklaşık V tipi oluklardan oluşmaktadır. Oluk yüksekliği ve kenarın eğimi parlatma işleminin inceliği (incelik derecesi) arttıkça azalmaktadır.
3. Genelde benzer karakteristikte olan plastik deformasyona uğramış tabakalar her iki proseste oluşmaktadır. Parlatma kademesi inceldikçe bu tabakalar sığlaşmaktadır (düzleşmektedir).



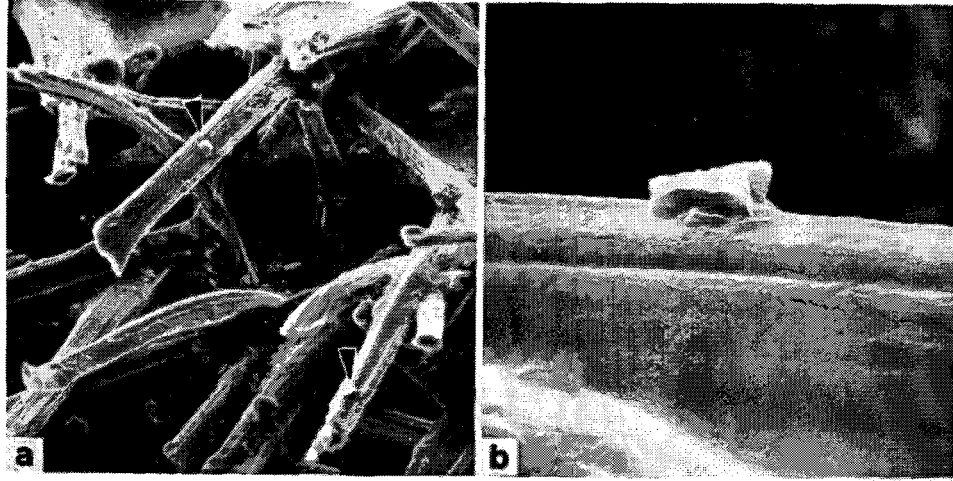
Şekil 1.10. Tavlanmış, yüksek saflıkta bir bakır yüzeyinin 6 µm elmas ile parlatılmış görüntüsü. a) parlatma çiziklerine (ok ile gösterilen) tutulmuş talaşların optik mikroskop görüntüsü; b) parlatma çiziklinin bitimine tutunmuş bir talaşın tarama elektron mikroskop görüntüsü; c) Parlatma çiziklinin kenarında oluşmuş şeritvari talaşın tarama elektron mikroskop görüntüsü [1].

Direkt kanıt, yüzeyin ilk önce çok ince parlatılması ve sonra gözlem altında parlatma çuhası üzerinde çok kısa bir süre parlatılması sonucu elde edilmiştir. Mekanik işleme talaşlarından farklı karakterde olan şeritvari metal talaşları ile birkaç yeni parlatma çizikleri görülmektedir (Şekil 1.10a ve b). Yassı talaşlar genelde olukların bir kenarı boyunca oluşmakta ve bu tür talaşlar daha sonra çapraz gelenler tarafından koparılmaktadır. Bu bir malzeme uzaklaştırmada gerçekleşen küçük mekanik mekanizmanın bir fenomenidir. Ayrıca parlatma diski üzerinde biriken metalik parçalar, talaşlı işlem karakteristiğine sahip abrazif talaşların morfolojisini göstermektedir. (Şekil 1.11). Transmisyon elektron difraksiyonu ile incelenen şeritvari talaşların işlenen malzeme ile aynı kompozisyona sahip ve kristal yapıda, fakat çok küçük tane boyutlarına sahip olduğu görülmüştür (yani bu talaşlar şiddetli bir deformasyona uğramıştır). Sonuçta parlatma işleminde oluşan şeritvari talaşlar, zımparalamada kesme sonucu çok sığ derinliklerde oluşan talaşlar ile aynı karakterdedir. Yalnız parlatma talaşlarının genişliği (Şekil 1.11) ve bunları oluşturan aşındırıcıların çapı zımparalama talaşlarına göre daha küçüktür (Şekil 1.11c).

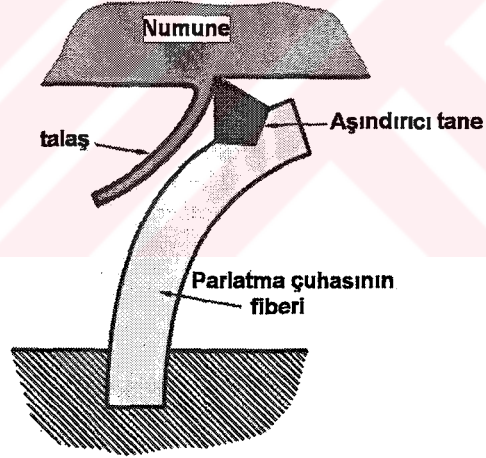


Şekil 1.11. Bir bakır numunesinin, bir aşındırıcı ile mekanik işleme prosesi sonucu oluşan talaş partikülleri. a) Mekanik zımparalama, tarama elektron mikroskop görüntüsü b) 400 mesh boyutlu silisyum karbür zımpara kağıdı üzerinde zımparalama işlemi, tarama elektron mikroskop görüntüsü; c) 1µm elmas ile parlatılmış, transmisyon elektron mikroskop görüntüsü. a) ve b) deki talaşlar torna tezgahlarında görülenler ile aynı, fakat daha düzensiz, boyutları daha büyük ve bir kenarı düz, diğer kenarı ise pürüzlüdür (testereye benzer), c) kısmen küçük, düzensiz parçalar burada da görülmektedir [1].

Gözlemlerden çıkan olasılıklardan biri, parlatma çuhasının yıkandıktan sonra aşındırıcı tanelerin fiberler içinde gömülmüş halde bulunması olmuştur (Şekil 1.12). Bu gömülmüş taneler sadece bir ucu destekli yaylar (tüylü çuhalar için çok hafif yay ve tüysüz çuhalar için biraz daha ağır yaylar) gibi davranan fiberin elastisitesi üzerinden tutulmaktadır (Şekil 1.13). Zımparalama işleminde bunun tam aksine, herbir aşındırıcının temas noktasına oldukça yüksek kuvvetler uygulanabilmekte ve bu noktalar daha rijit bir şekilde, örneğin bir bağlayıcı ile zımpara kağıdına tutunmaktadırlar. Bununla birlikte elmas aşındırıcıların metalografik parlatma çuhasının fiberleri arasına gömülü bir şekilde bulunduğu dair direkt kanıtlar bulunmuştur. Şekil 1.12'de bu şekilde gömülü bulunan birkaç elmas tanesi görülmektedir. Zaten çok az gömülü taneler gerekmektedir, çünkü tipik bir metalografik parlatma prosesinde temas eden tane sayısı $10/\text{cm}^2$ civarında olması gerekmektedir. Bu sayı zımparalama prosesinde daha fazladır.



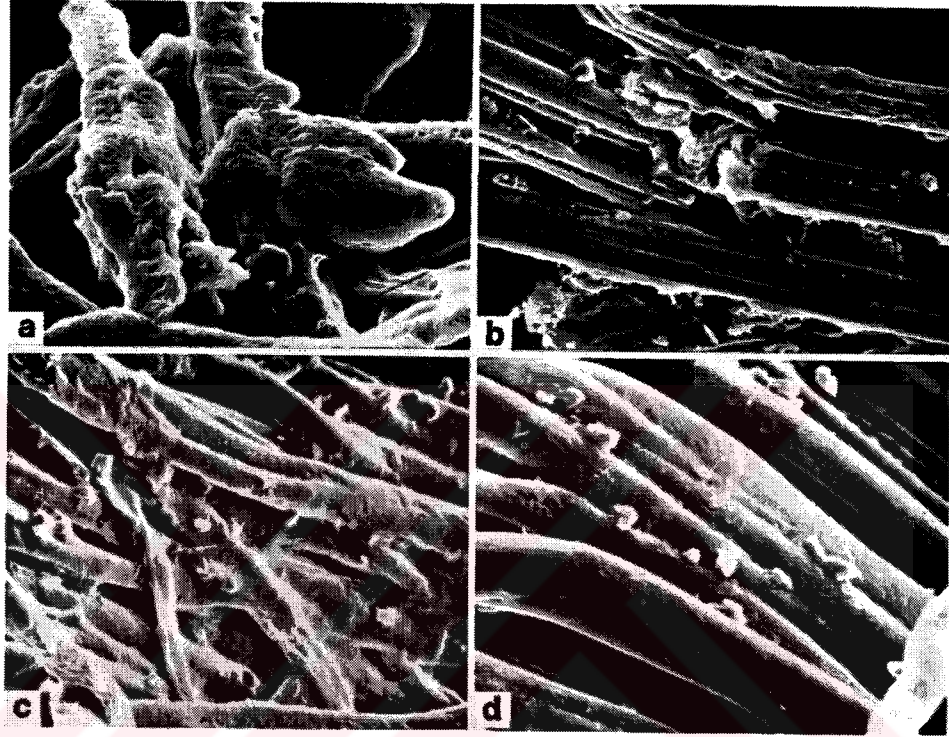
Şekil 1.12. 6µm elmas ile parlatma işleminde kullanılan sentetik süet çuha. a) genel görünüm: parlatma çuhasının fiberlerine tutunmuş elmas tanelerin tarama elektron mikroskop görüntüsü; b) çuhanın fiberine tutunmuş elmas tanenin detaylı tarama elektron mikroskop görüntüsü [1].



Şekil 1.13. Parlatmanın olası mekanik mekanizmasının şematik gösterimi. Parlatma çuhasının fiberine tutunmuş bir aşındırıcının nasıl talaş alabildiğinin gösterimi [1].

Elmas aşındırıcı tanelerin bir pasta içerisinde kullanıldığı zaman gerçekleşen bir başka olasılık, elmas tanelerin yoğun vizkoz pasta sayesinde çuhanın fiberlerine tutulmalarıdır. Bu şekilde pastanın taneleri zayıf şekilde tuttuğu düşünülebilir, ancak tanelerin bu şekilde tutulduğu kanıtlanmıştır ve önemli mekanizmalardan biridir. Örneğin parlatma sıvısı olarak kerosen kullanıldığı zaman özel hazırlanan taşıyıcı pasta Şekil 1.14a'da gösterildiği gibi çuhanın fiberlerine kümeler şeklinde

yapışmaktadır, fakat su kullanıldığı zaman bu gerçekleşmemektedir (Şekil 1.14b). Parlatma sıvısı olarak su kullanıldığı zaman pasta disperse olmakta ve sadece birkaç aşındırıcı tane çuhanın fiberlerine gömülecektir. Bunun sonucu olarak da düşük parlatma hızları elde edilecektir. Konu daha sonra Parlatma Sıvıları Bölümünde detaylı olarak gösterilecektir.



Şekil 1.14. Bir pasta içinde uygulanan 6 µm elmasın çeşitli parlatma çuhasına ilave edilmiş konumda tarama elektron mikroskop görüntüleri.

- Sentetik süet çuhası ve parlatma sıvısı olarak kerosenin kullanıldığı durum;
- Sentetik süet çuhası ve parlatma sıvısı olarak suyun kullanıldığı durum;
- Pamuklu çuha ve parlatma sıvısı olarak kerosenin kullanıldığı durum;
- Naylon çuhanın ve parlatma sıvısı olarak kerosenin kullanıldığı durum [1].

Üçüncü bir olasılık aşındırıcı tanelerinin birbiri ile temas veya karışmış halde bulunan fiberler arasında, örneğin Şekil 1.14d'deki gibi mekanik olarak tutunmalarıdır. Ancak bu mekanizmanın uygulamada ne kadar geçerli olduğunu tahmin etmek güçtür.

Şekil 1.13 de gösterilen prensiplerin aynısı yukarıda anlatılan mekanizmalara uygulanabilmektedir. Ayrıca bütün bu mekanizmalar parlatma çuhasına eklenen

aşındırıcı tanelerin sadece bir kısmının numune yüzeyine etkili bir şekilde temas ettiğini ve bu kısmı birçok faktörlerin belirlediğini ifade etmektedir.

1.1.3. Kimyasal – mekanik mekanizma

Malzemeyi dağlayabilen kimyasal, bazen parlatma çuhasına bilerek katılmaktadır ve hatta aşındırıcı içermeyen bir dağlama çözeltisi bile kullanılmaktadır. Bu çerçevede altında malzeme uzaklaştırmanın (kaldırmanın) kimyasal mekanizmasının da açıklanması gerekmektedir. Kimyasal mekanizma, mekanik mekanizma (başka bir deyişle kimyasal-mekanik mekanizma) ile açıklanabilmektedir. Bu yolla parlatılan yüzey yeterince dikkatli incelenirse dağlandığına dair bazı belirtiler göstermektedir. Fakat numune sadece aktif çözelti içine daldırılarak dağlanma yöntemine göre daha düzgün dağlanmışır. Aşındırıcı ve/veya parlatma çuha fiberlerinin rolü, dağlama sonucu oluşan reaksiyon ürünlerini yüzeyden sürekli uzaklaştırmalarıdır. Böylece sadece yalnız başına yapılan dağlamaya göre yüzeyden malzeme uzaklaştırma daha uniform ve daha hızlı olmaktadır. Kimyasal çözünme ile malzeme uzaklaştırma, kullanılan çözelti dağlayıcı olarak etki etmezse gerçekleşmektedir. Örneğin, oksijen daima parlatma çözeltisi içerisinde bulunmaktadır ve sürekli metali oksitleyerek malzeme uzaklaştırmayı sağlayabilmektedir. Kaydırarak parlatma tekniği buna bir örnektir. Burada ne parlatma çizgileri ne de yüzey deformasyon tabakaları oluşmaktadır. Kaydırarak parlatılmış yüzey elektron mikroskobu altında yüksek büyütmelerde incelendiğinde yüzeyin -kimyasal çözünmenin bir sonucu olarak- küçük dağlama çukurcuklarını içerdiği görülmektedir.

Kimyasal-mekanik mekanizmaları, dağlama çözeltisi eklemeyen de gerçekleşmektedir. Bu tip mekanizma diğer tüm mekanik parlatma proseslerini açıklamada yardımcı olmaktadır. O zaman iki sınırlayıcı durum söz konusudur: (a) tamamen talaş kaldırma ile yüzeyden malzeme uzaklaştırmanın gerçekleştiği mekanik parlatma, ve (b) mekanik etki ile kimyasal çözünmenin hızlandırıldığı kimyasal-mekanik parlatma. Burada özellikle pratik parlatma prosesinde malzeme uzaklaştırmada bu iki mekanizmadan hangisinin ne oranda katkıda bulunduğu sorusu önem kazanmaktadır. Bununla ilgili gerçek bir kanıt bulunmamaktadır. Büyük olasılıkla standart metalografik parlatma prosesi genelde mekanik mekanizma ile

gerçekleşmektedir. Ancak nihai ince parlatma proseslerinde kimyasal-mekanik mekanizmalar büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır.

1.1.4. Kimyasal ve elektrokimyasal mekanizma

Spekülar bir tarzda refleksiyon yapan yüzeyler, hem akım uygulayarak (elektrolitik parlatma) hem de akım uygulamadan (kimyasal parlatma) özel bir kimyasal çözelti içerisine daldırarak elde edilebilmektedir. Bu parlatma proseslerin metalografik uygulamaları ile ilgili mekanizması Tegart [1, 15] tarafından incelenmiştir. Burada ya bir viskoz sıvının oldukça kalın bir tabakası ya da katı reaksiyon ürünü olan bir ince filmin yüzeyde oluşması sağlanmaktadır. Numunenin orjinal yüzeyindeki yüksek noktaları –daha yüksek kimyasal potansiyelleri doğrultusunda- alçak noktalara göre daha hızlı çözünmektedir.

Bu proses aşındırıcı içermeyen bir parlatma mekanizmasına sahiptir.

1.1.5. Değişik mekanizmaların karşılaştırılması

Abrazifler ile metallerin parlatma işlemi bir sürtünme ve aşınma olayı olarak düşünülür. Malzeme uzaklaştırma hızının artırılması üzerine gelişmeler birçok araştırmacı için bir çalışma konusu olup sadece mekanik bir olay olarak değerlendirilmemelidir. Oksidasyon gibi kimyasal etkilerin de ulaşılan temas sıcaklığı tarafından aktive edilmesi olasılığının göz önünde tutulması gerekmektedir.

Geçmişte, parlatma sırasında gerçekleşen olayları açıklamak için birçok teoriler geliştirilmiştir. 20 yüzyılın başlarında Beilby akış hipotezini geliştirmiştir. Beilby'ye göre parlatma ve zımparalama arasında büyük bir fark bulunmaktadır, çünkü parlatma işleminde numune yüzeyi üzerinde malzemenin yer değişimi gerçekleşmektedir. Böylece, bir önceki işleme bölümünde oluşan çizik ve sabanlama izlerinin üzerleri kapatılır (örtülür). Bu durumda yüzeyin yapısı amorf olarak varsayılmaktadır. Beilby'ye göre parlatılmış yüzey dağlandığı zaman altta kalan yüzey, çizikleri ile birlikte gözükmektedir.

Bu teori Bowden ve Tabor [16, 17] tarafından daha da geliştirilmiştir. Onlara göre parlatma aşındırıcı tanelerin yüzey üzerindeki hareketleri sırasında yüksek sıcaklık

pikleri ortaya çıkmaktadır. Böylece yüzeyde oluşan bu yüksek spotların bulunduğu noktalar ergimekte ve pürüzlülüğün vadilerine akmaktadır. Bu nedenle metallerin parlatılması sırasında malzeme uzaklaştırma (talaş alma) hızı sertlikte değil ergime noktası ile ilişkilendirilmelidir.

Akış hipotezi, önceden de bahsedildiği gibi metalografik parlatma prosesini inceleyen Samuel [16, 18-19]. tarafından reddedilmiştir. Samuels, yüzey akışının oluşumunu reddetmemiştir, fakat onun görüşüne göre akan yüzey tabakası çizik derinliğini (vadiyi) tamamen kapatacak kadar kalın olmayabilmektedir. Yine Samuels göre, Beilby etkisi (akış etkisi) bir işlemde malzeme uzaklaştırma olmadan da oluşabilmektedir. Bu gerçekten doğru değildir, çünkü parlatma prosesinde malzeme uzaklaştırması gözlemlenebilir. Aslında Beilby etkisinin tam tersine Samuels, metalografik parlatmada zımparalama ve parlatma arasındaki farkın uzaklaştırma mekanizmasında olmadığını, sadece talaş ve çizik boyutu gibi terimlerde olduğunu belirtmiştir.

Geçen 20 yıl içerisinde mikroelektronik devreler için kullanılan substratların düzleştirilmesi amacıyla kimyasal-mekanik işlemler (chemical-mechanical process: CMP) geliştirilmiştir. CMP tekniklerinde en üst yüzey tabakası bir sıvı ile sistematik olarak kimyasal modifikasyona uğratılmaktadır. Böylece kimyasal olarak etkilenen tabakalar suspansiyonun içindeki partiküller tarafından uzaklaştırılır.

Birçok parlatma işleminin temeli Preston hipotezine dayanmaktadır [16, 20] Bu hipoteze göre parlatma işleminde malzeme uzaklaştırma hızı, dz/dt uygulanan basınç p ve numune ile çuha arasındaki bağıl hız v_R ile orantılıdır:

$$\frac{dz}{dt} = K_p \times p \times v_R \quad (1.1)$$

K_p faktörü Preston sabiti diye adlandırılır. Preston eşitliği, kayma aşınması için 20. yüzyılın ortalarında geliştirilen Archard eşitliğine benzerdir [16, 21]:

$$V = K_p \times \frac{F_N \times}{H} \quad (1.2)$$

Bu eşitlikte, aşınma hacmi, V , normal kuvvet, F_N , kayma mesafesi, x , ve aşınan malzemenin sertliğinin bir fonksiyonudur. K_A faktörü Archard aşınma-sabiti olarak adlandırılmaktadır. Parlatma işlemi ile aşınma mekanizması arasındaki benzerliği Eşitlik (1.2) çok iyi göstermektedir. Preston sabiti ile Archard sabiti arasında şu ilişki olduğu kolayca görülmektedir:

$$K_p = \frac{K_A}{H} \quad (1.3)$$

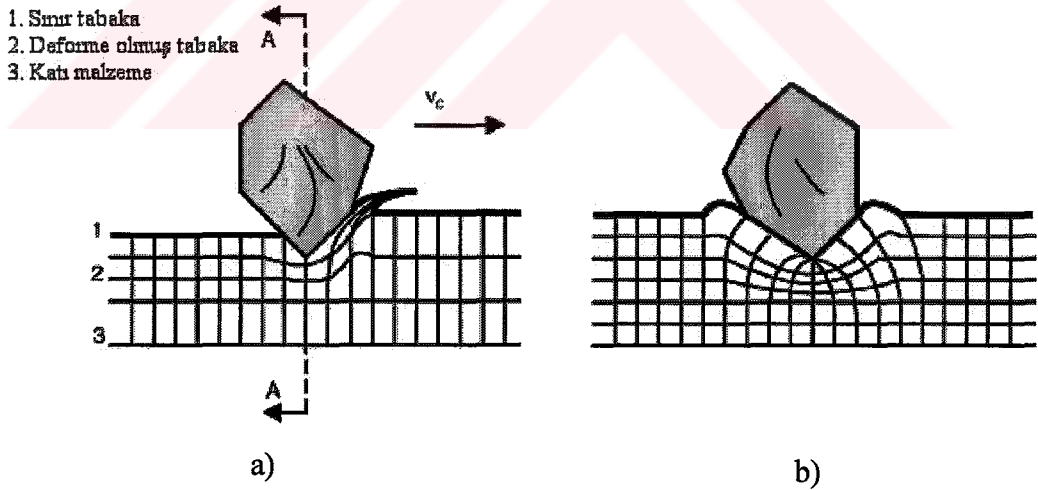
Parlatmada malzeme uzaklaştırmayı kantitatif olarak açıklayan tek eşitlik Preston eşitliğidir. Birçok parlatma cihazların tasarım fikri bu eşitliğe dayanmaktadır. Bununla birlikte pratik uygulamada bu eşitlik bazı sorunlar getirmekte, çünkü Preston sabiti zaman ile değişmekte ve bu nedenle önceden tahmin edilememektedir. Buna rağmen çeşitli araştırmacılar Preston sabitini tanımlamak için farklı yaklaşımlar geliştirmişler, ancak henüz kapsamlı bir model geliştirilmemiştir. Bu nedenle son zamanlardaki araştırmalar, sistem bileşenleri (aşındırıcı tane boyutu, parlatma sıvısı, numune) ile parlatma çuhası arasında gerçekleşen arayüzey reaksiyonları üzerine odaklanmıştır [16, 22-24].

Çeliklerin parlatma işleminde arayüzey reaksiyonları incelenirken yüzey topografisinin gelişimi de göz önünde tutulması gerekmektedir. Parlatılmış yüzeylerin kalıcı koşullar altında incelenmesi, sistem bileşenleri arasındaki etkileşimin karakterize edilmesi ve malzeme uzaklaştırma mekanizmaları açısından önemlidir. Bu bağlamda aşındırıcı yüzeye doğru bastırıldığı ve yüzeyi çizdiği sırada oluşan tribolojik gerilimler (stres) büyük bir rol oynamaktadır. Bu gerilimler sınır tabakalarının mikroyapısındaki değişimlerden sorumlu olabilmektedir. Umamoto [16, 25] bu tür değişimleri Erichson testlerinde de gözlemlemiş ve aynı olayın parlatmada da gerçekleşebileceğini kabullenmiştir. Temas basıncı ve sıcaklık değerleri bu tür bir etkiyi ve Beilby tarafından öne sürülen sınır tabakaları üzerinde malzemenin akışı veya Samuels'in öne sürdüğü abrazif aşınma gibi parlatma mekanizmalarını anlamak açısından önemlidir.

1.1.6. Parlatmada talaş oluşum mekanizması

Metalik malzemelerin parlatılma işlemi sırasında malzeme uzaklaştırılmasının ağırlıklıla abrazif aşınma karakteri taşıdığı varsayımına dayanarak talaş oluşum mekanizması üç basamaklı olarak incelenebilir:

1. Parlatma aşındırıcısı malzemenin yüzeyi ile temasa geçiyor ve yüzey elastik olarak deforme olmaya başlıyor. Bu iki sürtünme çiftinin bağlı hareketinden dolayı bir yandan numunenin yüzeyinde kayma gerilimi artarken diğer yandan da aşındırıcının yüzey üzerine uyguladığı basınç nedeniyle basma gerilmeleri oluşmaktadır.
2. Malzemenin akma mukavemet değerinin aşılmasıyla malzemenin yüzeyi plastik olarak deforme olmaktadır. Bu ayrıca aşınma izinin (vadinin) yanında malzeme birikimine neden olmaktadır (şekil 1.15b).
3. Başka bir aşındırıcın penetrasyonu sırasında bölgesel olarak çekme mukavemeti aşılarak talaş oluşmaktadır. Talaş oluşumundan sonra, sınır tabakanın altında plastik olarak deforme olmuş alt bir tabaka kalmaktadır (şekil 1.15a).



şekil 1.15. Parlatmada talaş oluşum mekanizmasının şematik gösterimi; V_c : kesme hızı. (a) yan görüntü, (b) AA kesim görüntüsü. [16].

Zum Gahr'a [16, 26] göre farklı talaş oluşum mekanizmaları, kesme hacminin kesme izi hacminin oranı ile karakterize edilebilmektedir. Deneysel olarak, bu tek nokta kesme çalışmalarında veya son zamanlarda karmaşık bilgisayar simülasyonlarında başarılmıştır [16, 27]. Bununla birlikte, sahip oldukları küçük tane boyutu nedeniyle

(70 nm ile 2-5µm arası) pratikte parlatma işlemlerinde tek nokta kesme işlemi oldukça zordur. Talaş oluşum veya uzaklaştırma mekanizmalarının değerlendirilmesi de bu nedenle sadece indirekt olarak yapılabilmektedir. Başka bir deyişle yüzeye yakın zon veya parlatma suspensiyonu analizleri üzerinden yapılabilmektedir [16, 23].

Bunun ötesinde, küçük tane boyutları, parlatma tanesi (aşındırıcı) ile numunenin yüzeyi arasındaki küçük temas yüzeyi nedeniyle daha küçük sürtünme alanlarına neden olmaktadır. Yüksek bir sıcaklıkta metalik yüzeyin reaktivitesi artmaktadır. Sulu çözeltilerin genelde suspensiyon şeklinde kullanılmasından dolayı numunenin yüzeyi ile reaksiyon engellenmemektedir. Bu nedenle, parlatma sisteminin tasarımına bağlı olarak mekanik-kimyasal talaş uzaklaştırma mekanizması metalik malzemelerinin parlatma prosesleri için geçerlidir. Bir kayma temasında bölgesel olarak artan parlama sıcaklığı, T_f , yi belirlemek için genelde aşağıda verilen eşitlik uygulanmaktadır:

$$T_f = T_0 + \frac{\mu \cdot f_n \cdot v_R}{2 \cdot \omega \cdot (k_1 + k_2)} \quad (1.4)$$

Burada T_0 : parlatma işlemi öncesi yüzeyin sıcaklığını, μ : aşındırıcı ile numune arasındaki sürtünme sabitini, f_n : tane başına normal kuvveti, v_R : bağıl hızı ve w : temas genişliğini göstermektedir. Numune ve aşındırıcının termal iletkenlikliği sırasıyla k_1 ve k_2 değişkenleri ile verilmektedir. [16, 17].

Bunun yanında, pratikte bu eşitlik zor uygulanabilmektedir, çünkü bağıl hız dışında diğer değişkenlerin belirlenmesi oldukça zordur. k_1 ve k_2 gibi μ de direkt olarak sıcaklığa bağlıdır. Temas genişliği, w , tanenin geometrisi ile ilişkilidir. Genelde, aşındırıcıların geometri modelleri küresel kabul edilmektedir (1.4. Eşitliğindeki gibi), fakat elmaslar için bu basitleştirme geçerli değildir. Elmaslar için en iyi varsayım onları birer açılı partiküller olarak kabul etmektir. Son olarak, tane başına düşen yük, f_n , özellikle numune ile temasta olan aşındırıcı sayısına bağlıdır. Bu değişken sadece tahmin edilebileceğinden dolayı parlama sıcaklığı sadece kalitatif olarak belirlenebilir.

1.2. Metalografik Numune Hazırlama

Malzeme mikroyapısının incelenmesinde en önemli adım öncelikle zımparalama ve parlatma kademelerinden oluşan numune hazırlama bölümüdür. Bunun ötesinde numune ya parlatılmış konumda, yada fazlararası kontrastı oluşturmak ve artırmak amacıyla değişik yöntemlerle işlenir; bunların en basiti kimyasal dağlamadır. Bu nedenle bu bölümde aşındırıcılar ile kaba ve ince zımparalama ve parlatma kademeleri tanıtılacaktır.

Aşındırıcılar:

Aşındırıcıların tane büyüklüğü, mesh veya mikrometre cinsinden belirtilir. Zımparalar genellikle zımpara numarası ile ifade edilir.

Yoğun olarak kullanılan silisyum karbür (SiC) bir sentetik aşındırıcı olup, kum ve kok dan elde edilir. Mohrs sertliği 9,5 dir ve hegzagonal yapıdadır. SiC taneleri hem toz, hem de kağıt veya kumaş üzerine bir bağlayıcı ile sabitlenerek zımpara şeklinde kullanılır. Örneğin zımpara kağıdında zımparalar -yukarıda belirtildiği gibi- SiC taneleri veya genellikle doğal %55-75 Al_2O_3 (korindon) ve magnetit tozu ihtiva ederler. Bazen korindon yerine boksitin elektrikli fırında işlenmesinden elde edilen alumina (Al_2O_3) da kullanılır. 800 veya 0000 (4/0) numara zımpara kağıdı çok ince olduğundan her zaman kullanılamaz. Diğer zımpara kağıtları da numunenin cinsine göre seçilir.

Kaba ve Nihai Parlatmada Kullanılan Aşındırıcılar:

Kaba ve nihai parlatma için genellikle Al_2O_3 , Cr_2O_3 , MgO, Fe_2O_3 veya elmas tozu gibi sert aşındırıcılar kullanılır. Teorik esasta işlem bir abrazif aşındırma olduğu için kullanılan tüm aşındırıcılar, parlatılacak malzemedan daha sert olma zorunluluğundadır. Bunlardan en sert olan elmas tozu, macun veya spreyc şeklinde, diğerleri ise toz veya damıtık su ile süspansiyon halinde kullanılır. Parlatılan numune eğer sudan etkileniyorsa bu durumda etilen, glikol, alkol, kerosen veya gliserin kullanılır. MgO, Mg, Al ve alaşımlarının parlatılmasında nihai parlatma kademesinde tavsiye edilir. Parlatmada kullanılacak MgO in içerisinde suda çözünen diğer alkaliler numune yüzeyinde leke bırakır ve numune ile kimyasal reaksiyona girerler. Diğer taraftan MgO, yavaşça su ile reaksiyona girerek zamanla magnezyum hidroksit oluşur. Bu da havadaki veya musluktaki CO_2 ile birleşerek karbonat haline dönüşür

ve parlatma diskinin üzerinde tortulaşır. Bu durumda parlatma kumaşı ya tamamen değiştirilmeli, ya da % 2 HCl çözeltisinde iyice yıkanmalıdır.

Parlatmada, parlatma kademesine ve numune karakteristiklerine göre sert çuha, flanel, naylon, poplin, koton kadife gibi parlatma kumaşları ile kaplanır. Parlatma kumaşlarında aranan özellikler, dokularının sık ve homojen olmasıdır.

Mekanik Parlatma Tekniği:

Parlatılacak yüzeyde, ön işlemlerden kaynaklanan izler bulunur. Ayrıca kesme esnasında parlatılacak yüzey bir miktar deforme olmaktadır. Parlatılacak yüzey orjinal yapıyı temsil ettiğinden, toplam deformasyona uğramış yüzey tabakasının ortadan kaldırılması parlatmanın esas amacıdır. Bu iş esasta abrasif aşındırma olup başlıca iki kademe yapılr:

Kaba ve İnce Zımparalama Kademesi:

Kaba zımparalama kademesinin amacı, bir sonraki zımparalama ve parlatma kademeleri için gerekli düz yüzeyi elde etmektir. Bu işlemde yüzey önce zımpara taşına tutulur. Böylece numunedeki çapaklar ve numuneyi kesen aletin izleri ortadan kaldırılmış olur. Arkasından, sırayla 80 ve 150 no.lu zımpara ile zımparalanır. Genellikle bu zımparalar, kayış şeklinde üretilmiş olup iki kasnak vasıtasıyla motor gücü ile döndürülür. Kaba zımparalamada özellikle döner zımpara kullanılıyorsa dikkat edilecek husus, numunenin ısınmasını önlemektir. Bunun için işlemlenen yüzey zaman zaman soğuk suya tutulmalıdır.

İnce zımparalama kademesinde 240, 320, 400, 600 no.lu zımparalar kullanılır. Bir zımparadan diğerine geçileceği zaman, bir önceki zımpara tanelerinin, kendisinden daha ince taneli olan zımparaya geçmesini önlemek açısından el ve parlatılan yüzey iyice yıkanmalıdır. Bu kademe, çatlak ve porozite içeren numunede bu bölgelere yerleşen zımpara tanelerinin numuneden yıkama ile uzaklaştırılması mümkün değildir. Bu durumda numunenin ultrasonik temizleyicide temizlenmesi gerekir.

İnce zımparalama kademesi genellikle yağ yapılıır. Bu işlemin numunenin ısınmasını önlemenin yanısıra diğer bazı yararları vardır. Sıvı ortam, numune yüzeyi ile zımpara arasında daha homojen bir temas sağlar. Diğer taraftan sıvı, zımpara abrasivlerini bir arada tutarak etrafa dağılmalarına engel olur. Numunenin karakteristiklerine bağlı

olarak zımparalama esnasında bazen su yerine daha yüksek viskozitesi olan sıvılar da kullanılabilir.

Pratikte bir zımparadan diğerine geçildiğinde, numune 90° çevrilerek bir evvelki zımparalama yönüne dik olarak zımparalanır. Bu nokta zımparalama süresinin tesbiti bakımından önemlidir. Örneğin belirli bir zımpara ile zımparalama süresi, bir evvelki zımparalama esnasında meydana gelen çiziklerin tamamen yok edinceye kadar geçen sürenin iki katı kadardır. Zımparalama esnasında numune yüzeyinde oluşan çizikler ve deformasyon tabakası bir sonraki zımparalama ile ortadan kalkar. Bunun için her zımparalama kademesi sonunda numune gözle kontrol edilmelidir.

Zımparalama esnasında oluşan çiziklerin derinliği ve deformasyon tabakasının kalınlığı, numunenin sertliğinin yanısıra zımparadaki aşındırıcının tane boyutu ile doğrudan ilgilidir.

Kaba ve İnce (Nihai) Parlatma Kademesi:

Her iki kademedede yüzey parlatma işlemine tabi tutulur. Kaba parlatma kademesinde genellikle çadır bezi gibi tüysüz kumaşlar seçilirken, nihai parlatma kademesinde kısa tüylü kumaşlar tercih edilir. Genellikle bu kademedede kullanılan aşındırıcılar sırasıyla x-alumina (15-0.3 µm) ve aluminadır (0,05 µm). Her ikisi de damıtık su ile süspansiyon şeklinde kullanılır. Numune parlatma diskinde tutulur ve alumina solusyonu parlatma kumaşına tatbik edilir. Burada dikkat edilecek nokta, parlatma kumaşının nem derecesidir. Minimum nem miktarı, numune parlatma diskinden uzaklaştırıldığında havada 1-5 saniye içerisinde hemen kurummasına tekabül eder. Nem miktarının daha az olması, numune yüzeyinde lekelenmeye yol açar. Bu nedenle parlatma kumaşının kurummasına meydan verilmeksizin zaman zaman aşındırıcı süspansiyon kullanılmalıdır. Aşırı nem de parlatma süresini uzatır ve oyuklanmaya yol açar. Kumaşta yeterli miktarda aşındırıcı olup olmadığı numunenin yüzeyine bakılarak anlaşılır. Yüzeyde ince opak bir tabaka mevcutsa aşındırıcı miktarı yeterlidir.

Kaba parlatma esnasında numunenin bastırılması yararlıdır. Bastırılma nihai parlatmada tedricen azaltılmalıdır. Uzun süreli zımparalama, kaba ve nihai parlatma ikinci fazın dökülmesine yol açabilir.

Elmasla parlatmada ise bilinen en sert malzeme olan elmas (HV 7000) tozu kullanılır. Elmasın çok sert veya yumuşak ve sert fazı bir arada içeren (örneğin; kalıntı faz bulunan) yüzeylerin parlatılmasında kaba zımparalamadan sonra kullanılması kısa zamanda çok başarılı neticeler vermektedir. Bu tür numuneler normal yöntemlerle parlatıldığında parlatma süreci çok uzamakta ve bu da özellikle kalıntı fazın dökülmesine ve parlatabilirliğin düşmesine neden olmaktadır. Elmasla parlatmanın diğer bir üstünlüğü de parlatma süresi kısaldığından numune yüzeyinde meydana gelen deformasyon tabakasının minimuma inmesidir. Elmasla parlatma, seramik malzemelerde de başarı ile uygulanmaktadır.

Aşındırıcı olarak elmas tozlarının boyutu 15 µm ile 0.25 µm arasında değişmektedir ve piyasada macun veya sprej şeklinde bulunmaktadır. Elmas macunları genellikle şırınga içerisinde saklanır ve kullanılacağı zaman parlatma çuhası üzerine bir miktar sıkılır. Parlatma sıvısı olarak da düşük vizkoziteli yağ (örn. karbon tetraklorür) kullanılır. Bu sıvı, elmas taneciklerinin parlatma çuhası üzerinde homojen dağılımını sağlar. Elmas sprejlerinde elmas tozları ile ilgili yağ birarada bulunur ve parlatma esnasında sprej parlatma çuhasına sıkılır.

Başarılı parlatma işleminde, nihai parlatma kademesinden sonra numunenin yüzeyi ışığı maksimum seviyede yansıtır ve bu nedenle parlamış yüzey ayna efekti gösterir.

1.3. Metalografik Parlatmada Değişkenler

Metalografik parlatma proseslerini iki kategoriye ayırmak gerekmektedir: (a) Aşınma izlerini kaldırmak için kullanılan kaba parlatma; mikroskobik inceleme için uygun nihai yüzey elde etmek için kullanılan nihai ince parlatma. Metalografik parlatmada kullanılabilen aşındırıcı, parlatma sıvısı, parlatma çuhası, yük ve hızın çok sayıda kombinasyonları bulunmaktadır. Burada bunların hepsine değinmek mümkün olmadığı için içerikte en uygun olanları seçilmiştir.

1.3.1. Aşındırıcı tipi

Kaba parlatma prosesinde genelde kullanılan aşındırıcıların listesi ve bunların 6µm luk elmasa göre alınmış relatif parlatma hızları Tablo 1.1 de verilmiştir.

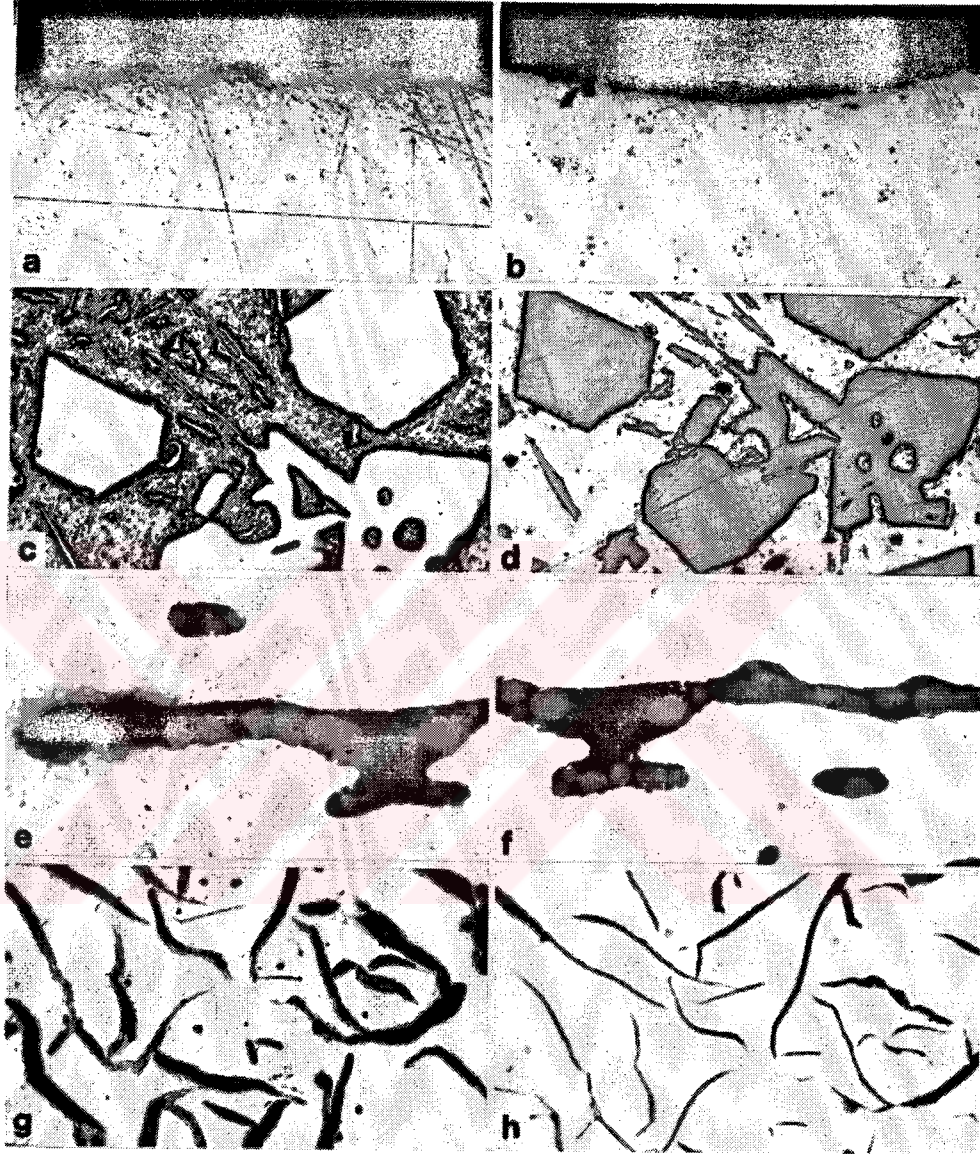
Tablo 1.1. 70:30 pirinçin parlatılmasında kullanılan aşındırıcı tipleri ve ulaşılan parlatma hızları [1].

Aşındırıcı		
Tipi	Boyut aralığı, µm	Bağlı parlatma hızı
Silisyum karbür	10-20	1,5
Aluminyum oksit, α-tipi	10-20	1,5
	0-1	0,3
	0-0,3	0,15
Aluminyum oksit, γ-tipi	0-0,1	0,1
Elmas	4,8	1,0
	0,1	0,3

En yüksek parlatma hızı kaba geleneksel aşındırıcılar (silisyum karbür ve aluminyum oksit) ile elde edilmiştir, fakat kenarların yuvarlaklaşmasına (Şekil 1.16a), fazlar arasında rölyeflerin oluşmasına (Şekil 1.16c) ve metalik olmayan kalıntıların düşmesine (Şekil 1.16e ve g) neden olarak parlatma kalitesinden ödün vermektedir. Yumuşak malzemelerde bu aşındırıcılar kullanıldığı zaman mat bir yüzey elde edilmektedir (Şekil 1.16b). Eğer muhakkak bu geleneksel aşındırıcıların kullanılması gerektiği konumlarda aşındırıcıların tane boyutları birbirine yakın olmalıdır. 600 mesh elek boyutu yaklaşık 15 µm luk tane boyutuna tekabül etmektedir, fakat ticari olarak bu boyutlar 5 ile 40 µm arasında değişmektedir. Birkaç büyük taneler parlatma hızını büyük ölçüde artırmamaktadır, fakat yüzeyde oluşan çizgilerin ve deforme olmuş tabakanın derinliğini büyük ölçüde artırmaktadır. Böylece küçük tanelerin parlatma hızına bir etkisi olmamaktadır. Tane boyutları 10 ile 20 µm arasında değişen mesh boyutları ticari olarak mevcuttur ve kaba parlatma için uygundur.

Kaba geleneksel aşındırıcılar ile elde edilen parlatma hızları elmas aşındırıcılar ile daha ince derecelerde elde edilmektedir (Tablo 1.1). Ayrıca yukarıda açıklanan kriterler açısından daha kaliteli bir parlatma yüzeyi elde edilmektedir (Şekil 1.16). Uygun parlatma hızları ve sonuçları, geleneksel aşındırıcılar ile parlatılamayan sert ve refrakter metallere de elde edilmektedir. Buna göre elmas aşındırıcıların avantajı

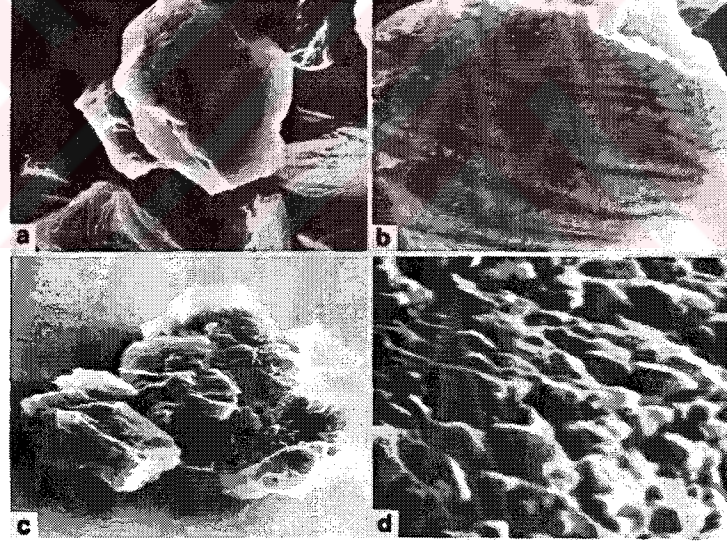
o kadar büyüktür ki aksi bir durum söz konusu olmadıkça kaba parlatma için tavsiye edilmektedir. Zaten ince parlatmada da yoğun olarak elmas kullanılmaktadır.



Şekil 1.16. 10-20 µm alüminyum oksit (sol taraftaki görüntüler) ile 6 µm elmas (sağ taraftaki görüntüler) ile kaba parlatılmış çeşitli yüzeylerin karşılaştırılması [1].
a) ve b) sertleştirilmiş bir çelik numunesinin kenarı, x100;
c) ve d) ötektik Al-Si alaşımı, x500;
e) ve f) bir çelik numunesinde kompleks metalik olmayan silikat kalıntıları
g) ve h) lamel grafitli dökme demirde grafit lamelleri, x250 [1].

Elmasın aşındırıcı olarak geniş esaslı olarak kullanılmamasının bir tek nedeni maliyetidir. Dereceli elmas aşındırıcılar ticari olarak üç şekilde mevcuttur:

1. Doğal Monokristal: Doğal veya maden olarak çıkarılan elmaslar kontrollü öğütme işlemi ile toz haline getirilir ve toz boyutlarına göre sınıflandırılır. Herbir grit şekil bakımından düzensiz ve keskin küçük noktalarda kesişen düz konkoid fasetler ile bağlıdır (Şekil 1.17a ve b). Herbir grit kendi başına bir kristaldir.
2. Sentetik Monokristal: Morfolojik olarak doğal monokristal elmasa benzer öğütme ürünüdür. Fakat grafitin yüksek sıcaklık ve basınçta kontrollü dönüşümü sonucu elde edilmektedir.
3. Sentetik Polikristal: Grafitin patlatılması sonucu oluşan elmas tanecikleridir. Herbir tane birçok küçük kristalden oluşmaktadır. Bunlar ayrıca bir öğütme işlemine tabii tutulmadan boyutlarına göre sınıflandırılmakta ve bunlar yaklaşık küresel şekildedir. Keskin kenarları olan düzensiz ana hatlara sahiptirler (Şekil 1.17c) ve birçok küçük fasetler içeren yüzeyler ile birbirine bağlıdırlar. Bu nedenle oldukça düzgün geometrik fasetlere sahiptir. Elmas polikristal şeklinde (ad: carbonadao) doğada da -ancak son derece sınırlı olarak- bulunmaktadır.



Şekil 1.17. 6 µm elmas tanesine ait tarama elektron mikroskop görüntüsü.

a) ve b) monokristal: a) x2000; b) x20 000;

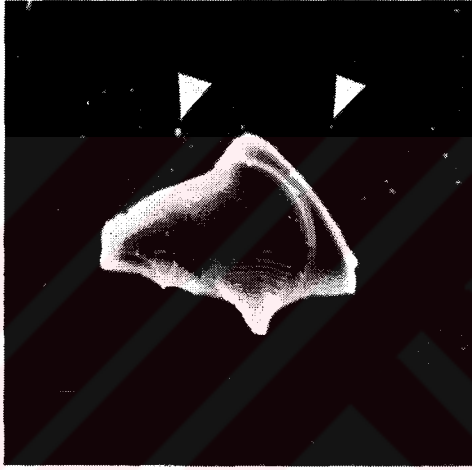
c) ve d) polikristal: c) x2000; d) x20 000.

Tanelerin genel şekli a) ve c) de gösterilmiştir. Tanelerin birbirine bağlanma yüzeylerin (arayüzey) topografisi b) ve d) de gösterilmektedir [1].

Şekil 1.17a'da gösterilen blokvari şekil öğütülmüş monokristallerde görülürken diğer şekiller ticari tozlarda bulunmaktadır. Bulunma oranı üçten fazla olan çubuk şeklindeki taneler sliver (şeritvari) olarak bilinmektedir. İnce plaka şeklindeki taneler

shale (yaprakvari) olarak bilinmektedir (Şekil 1.18). Sonuç olarak toz minimum miktarlarda şerit- ve yaprakvari taneler içermelidir.

Bu tozlar belli boyut aralıklarında mevcuttur. Tane boyutu, toz ile aynı alana sahip bir dairenin çapı olarak tanımlanmaktadır. Bunlar genelde Stoke'un çöktürme prosesi ile ayrılmaktadır. Bu ayırma yöntemi ile hazırlanan tozların tane boyut aralıkları kısmen şekillerinin dağılımına göre yapılmaktadır. Örneğin yaprakvari şeklindekiler daha yavaş çökeceğinden yanal boyutunun daha da artmasına neden olacaktır. Güvenilir üreticiden alınan elmas tozları bile boyutu gerçek boyutundan oldukça daha büyük olan shaller içerebilmektedir.



Şekil 1.18. Bir üreticiden sağlanmış, maksimum 0,1 μm tane boyutuna sahip bir elmas aşındırıcılar içerisinde bulunan büyük bir ince plaka şeklinde bir tanenin (yaklaşık 45-35 μm) tarama elektron mikroskop görüntüsü, x750. İstenilen ve gerçekte bulunması gereken tane boyutundaki taneler oklar ile gösterilmiştir [1].

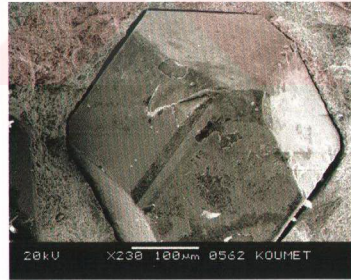
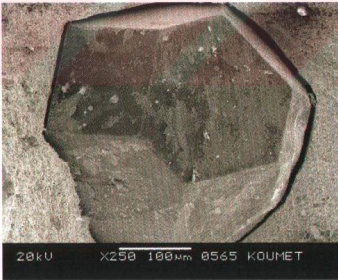
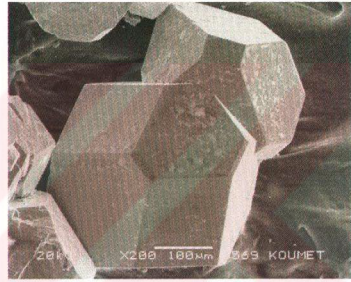
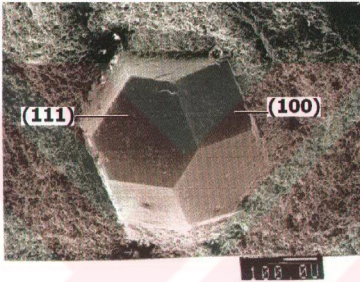
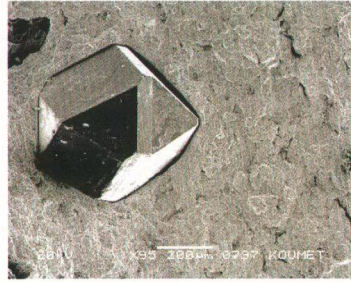
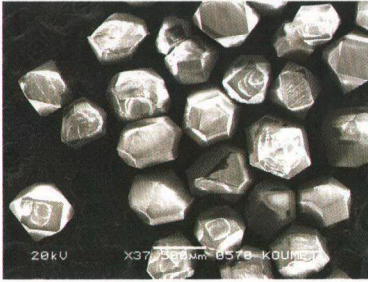
Bu da metallografik parlatmada aşındırıcının performansı olumsuz yönde etkileyecektir. Yaprakvari ve şerit şeklinde tanelerin ortamda bulunmasının yanısıra farklı kaynaklardan alınan ticari monokristal tozların boyut dağılımı büyük ölçüde değişmektedir. Birçok üreticinin tozları boyut ve şekil bakımından uniform olmasına rağmen metallografik amaçla kullanılacak tozların dikkatle seçilmesi gerekmektedir. Bu elmasların farklı boyutları burada eğer bir üst ve alt limit ile ayrıldıysalar medyan boyut üzerinden, eğer ama sadece üst limit ile ise maksimum boyut üzerinden verilmektedir. Birbirine bağlanma yüzeylerin (arayüzey) topografisi 1.17b) ve d) de gösterilmiştir.

Bir elmas aşındırıcı parlatma çuhasına yağimsı bir sıvı içeren solüsyon içinde bir spray veya pasta şeklinde uygulanmaktadır. Çoğu patentli pastalar ticari olarak bulunabilir, fakat metalografik proseslerde kullanmak için laboratuvarında çok kolay hazırlanabilmektedir. Ticari pastalar yaklaşık kütle-% 24 aşındırıcı içermektedir. Relatif maliyetler hesaplanırken bu, dikkate alınacak bir değerdir. Burada belirtilen parlatma hızları aksi birşey belirtilmedikçe aşağıda verilen formüle göre hazırlanmış pasta ile elde edilmiştir:

25 g	Stearik asit
12 ml	Trietanol amin
50 ml	Su
1 g (5 karat)	Elmas aşındırıcı

Elmasın birçok alışılmışın dışında özellikleri bulunmaktadır; bunlardan birisi 7000 HV ile bilinen en sert malzeme olmasıdır. Yüksek sertlik, sert malzemeler için bir avantaj olabilmekte, çünkü aşınmanın olabilmesi için aşındırıcının sertliği numunenin sertliğinden birkaç misli daha yüksek olmalıdır. Bununla birlikte yüksek sertliğin yumuşak malzemeler için de bir avantaj sağladığını kabul etmek gerekir. Elmasın diğer karakteristik özelliği metaller üzerinde düşük sürtünme katsayısına sahip olmasıdır ve bu da kesme işlemlerinde, düşük kesme açılarında bir avantaj sağlamaktadır. Numune ile temas halindeki noktaların geometrisi ve bu noktaların kırılmaya karşı nasıl direnç gösterdikleri de çok önemlidir. Noktanın veya kenarın sadece yaklaşık 0,1µm gibi (Şekil 1.17a ve c de 0,5 mm) çok küçük bir bölümü parlatma sırasında şeritvari talaş kaldırmaktadır. Burada temas noktasının geometrisi ve bu geometrinin ne şekilde etkilediği çok önemlidir.

Metalografide yoğunlukla kullanılan farklı boyutlarda sentetik polikristalin, fasetli keskin kenarlı düz elmas tanelerin görüntüleri Şekil 1.19 de gösterilmiştir.



Şekil 1.19. Metalografide yoğunlukla kullanılan farklı boyutlarda sentetik polikristalin elmasların elektron mikroskop görüntüleri.

1.3.2. Parlatma çuhasının tipi

Parlatma aşındırıcısı, bir diskin üstüne yapıştırılmış bir çuhanın üzerine uygulanmaktadır. Daha sonra bir sıvı eklenmekte ve parlatılacak numunenin yüzeyi bu çuhanın üzerine bastırılarak sürtülmektedir. Daha önceden de belirtildiği gibi parlatma mekanizmasında numune yüzeyinden malzeme uzaklaştırma, aşındırıcı olarak kullanılan elmasın çuhanın fiberleri içine nasıl gömüldüğü veya bu fiberler tarafından nasıl tutulduğuna bağlıdır. Bu parlatma modeli, fiberlerin elastik hareketlerinin azalması ile yüzeydeki çeşitli fazlar arasındaki rölyef oluşumunun azaldığını ileri sürmektedir. Diğer yandan sert, rigid fiberler malzeme uzaklaştırmadan sadece yüzeyi çizmektedirler. Ayrıca yüzeyden kesilen metal talaşların yüzeyden akması için fiberler arasında boşluk olması gerekmektedir. Aksi takdirde oluşan bu talaşlar parlatılan numune yüzeyine tahribat vermektedirler. Bu koşullardan bazıları birbiri ile tezat durumundadır. Bu nedenle optimum parlatma performansı elde etmek için çeşitli parlatma çuhalarına ihtiyaç vardır. Bu çuhalar dört gruba ayrılmaktadır:

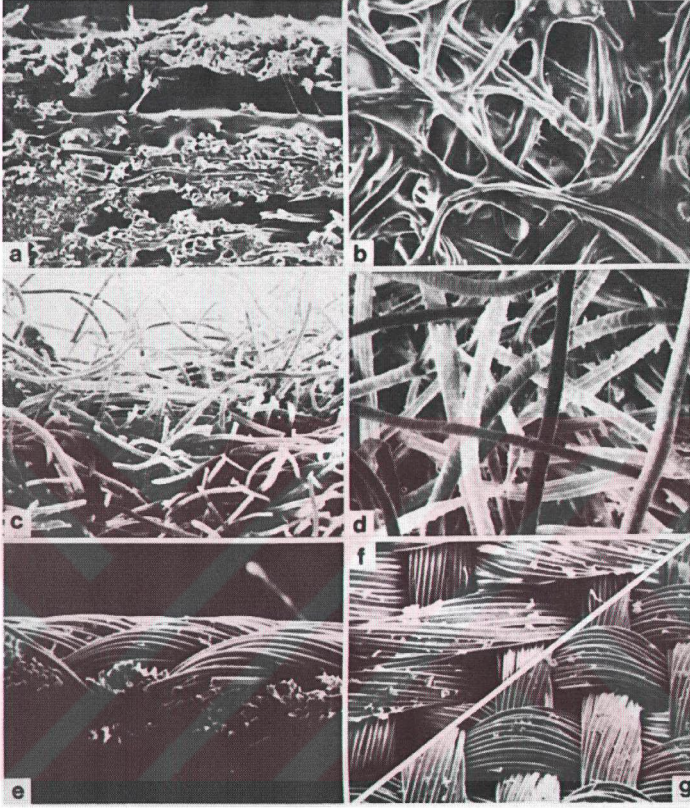
1. Kağıtlar: Kısa fiberler düzensiz bir şekilde dizilmiştir. Genelde dolgu maddesi olarak başka malzeme kullanılmaktadır. Doğal kağıtlar selüloz fiberlerden oluşmakta ve bazen metalografide kullanılmaktadır. Burada kullanılanlar örneğin akrilnitril/bütadien/stren kopolimer ile kaplanmış koton ve suni ipekten oluşan sentetik kağıtlardır (Şekil 1.20c ve d). Fiberler genelde numune yüzeyine paralel olacak şekilde ayarlanmış ve yüzeye yakın bölgelerde oyuklar içermektedir. Kimyasal-mekanik parlatmada kullanılan korozif çözeltilere karşı kararlıdır. Doyurulmuş kağıt olarak tanımlanmaktadır.

2. Keçe: Genelde yünden olan gevşek şekilde birbirine bükülmüş fiberlerden oluşmaktadır (Şekil 1.20c ve d). Bilardo bezi yün keçeden yapılmıştır. Keçeler birçok metalografik parlatmada iyi sonuç vermemektedir. Hatta elmas aşındırıcılar da kullanılsa da.

3. Dokuma Kumaş: pamuk veya yün iplik fiberlerinden dokunmuş kumaşlardır. Parlatma çuhaları genelde naylon (Şekil 1.20e, f ve g), ipek veya pamuktan (Şekil 1.20a ve b) yapılmaktadır. Fiberlerin şapları ve aralarındaki boşluklar değişmekte ve birçok dokuma şekilleri mevcuttur. Bunlardan ikisi genelde

metallografide kullanılmaktadır. Birisi enine uzanan iplik, uzunlamasına uzanmış ipliğin altından ve üstünden geçmektedir ve bükülmüş iplikler herbir bükülmüş ipliğe çapraz şekilde bulunmaktadır (Şekil 1.20f ve g).

4. Tüylü Çuha: Bu çuha üzerinde aynı veya farklı cinsten oluşan fiberlerden oluşmaktadır. Bu tüylerin oluşumu için genel iki metot bulunmaktadır. Birinde bir fiber tabakası destek üzerine elektrostatik olarak çökmekte ve bir nevi adhesif kuvvet ile tutunmaktadır (Şekil 1.21c). Tüyler böylece yassı bir şekilde durmaktadırlar. Bu yolla birçok tekstil fiberleri dizilebilmekte ve fiberlerin boyu ve yoğunlukları bu şekilde değiştirilebilmektedir. Fiberlerin yönü kullanılmamış bir çuhada çalışma yüzeyine dikey bir şekilde ayarlanır (Şekil 1.21c). Günümüzde kadife bu yolla üretilmekte. Suni ipek tüyünün, pamuklu veya polyesterden oluşan bir desteğe tutturulması ile üretilen bu tür kumaşlar metallografide elmas ile kaba parlatma için kullanılmaktadır. Bir başka kumaş çeşidi ise bir sentetik suetten yapılmış çuhadır (Şekil 1.21c ve d). Farklı özellikte olan suetler mevcuttur. Tüylü bir çuha elde etmenin diğer bir yöntemi tüylü fiberlerin kumaş dokunurken içine verilmesi ve dokuma işlemi sonunda kesilmesidir. Bu şekilde elde edilen tüylü fiberler elektrostatik yolla elde edilene göre daha düzensiz ayrılanmıştır. Klasik kadifeler bu yolla üretilmektedir. Şu anda nadiren üretilmektedir ve pahalıdır.

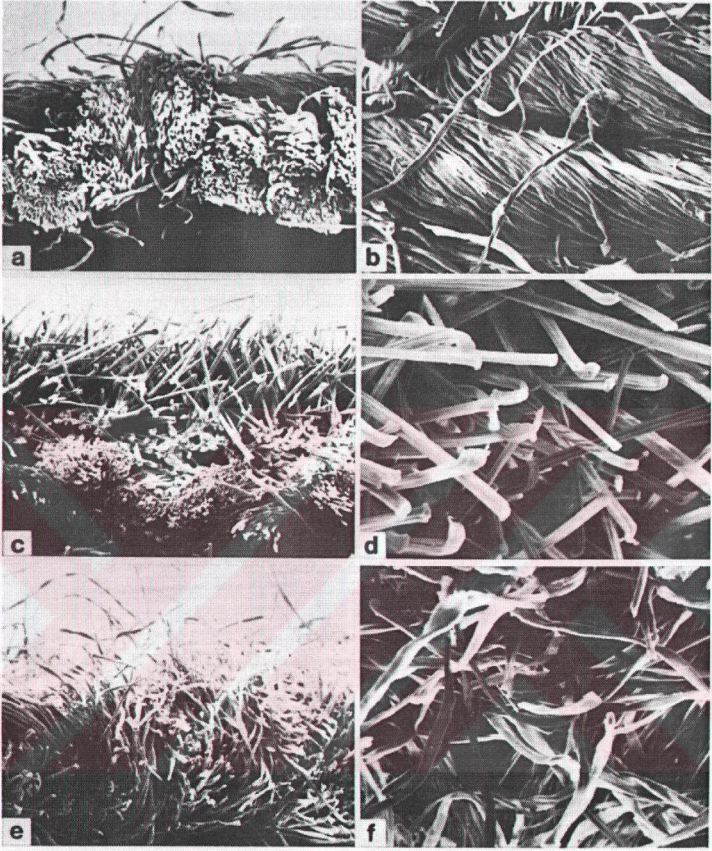


Şekil 1.20. Çeşitli parlatma çuhalarının parlatma sonrası temas yüzey kesitlerinin (sol taraf) ve çalışma yüzeylerinin düzenini gösteren tarama elektron mikroskop görüntüsü (sağ taraf).

a) ve b) Plastik sentetik kağıt içine gömülmüş pamuk ve ipek fiberlerden üretilmiş çuhalar; birçok boşluk içermektedir: a) x70; b) x80.

c) ve d) Yün çuha. Yün fiberlerin açık tekstürleri ve rastgele dizilimleri görülmektedir: c) x45; d) x150.

e), f) ve g) Naylon çuha. Fiberlerin düzenli dizilimleri görülmektedir, f) ve g) çuhanın iki yüzeyindeki ipliklerin farklı dizilimleri: e) x80; f) ve g) x75 [1].



Şekil 1.21. Çeşitli parlatma çuhalarının parlatma sonrası temas yüzey kesitlerinin (sol taraf) ve çalışma yüzeylerinin düzenini gösteren tarama elektron mikroskop görüntüsü (sağ taraf)

a) ve b) Pamuklu çuha. Bu çuha sert bir yüzeye sahiptir: a) x45; b) x70.

c) ve d) Sentetik süet çuha: c) x45; d) x150.

e) ve f) Pamuklu kadife çuha: e) x45; f) x150 [1].

1.3.3. Uygulamada parlatma hızları

1.3.3.1.Parlatma hızının belirlenmesi

Burada ağırlıktaki kayıptan yola çıkarak uzaklaştırılan kalınlık belirlenmiştir. Aksi birşey belirtilmemiş ise, kalıplanmamış 1,25 mm çapında bir numune diskin dönme yönüne zıt bir yönde tutularak gözetim altında bütün parlatma kademelerinden geçirilmiştir. 16 cm çapında bir disk üzerine 500 g (395 g/cm²) ılık bir yük uygulanmış ve 200 dev/dak dönme hızında çalışılmıştır. Sonuçlar mikrometre cinsinden derinlik olarak kaydedilmiştir.

Parlatma cihazlarında birçok değişkenler kontrol edilebilmektedir. Bu da aynı parlatma koşullarının yerine getirilmesini sağlamaktadır. Pratikte parlatmada yapılan rastgele hareket burada doğrusaldır. Sertlik indentasyon derinliğinin boyutundaki değişimine bağlı olarak ölçülen metot her parlatma işleminde kullanılmadığı için bu metot kullanılmıştır. Özellikle sert (tüysüz) çuhalar ve yumuşak malzemeler kullanıldığı zaman indentasyon izinin kenar ve köşeleri yuvarlaklaşmakta ve bu da anlamsız sonuçlara neden olmaktadır. Kalıplanmamış numune kullanılması gerekmektedir, çünkü numune ve kalıplama malzemesi arasında oluşabilen boşluklar parlatma ve temizleme sıvılarının absorpsiyonuna neden olabilmektedir. Uygulanan kuvvet, pratikte uygulananın aralığın en üst değerindedir. Test sırasında yüzey topografisinde oluşan değişikliklerden dolayı oluşan belirsizlikleri ortadan kaldırmak için numunenin tekrardan parlatılması daha uygundur. Sonuçlar ±%10 luk bir değerle tekrardan elde edilebilmektedir.

Parlatma hızını etkileyen birçok faktörler bulunmaktadır. Yumuşak malzemelerde yüksek parlatma hızları gerekmektedir, çünkü uzaklaştırılacak aşınma sonucu oluşan deformasyon tabakası oldukça derindir. Bununla birlikte parlatma için gerekli prensipler genel olarak uygulanabilir konumdadır.

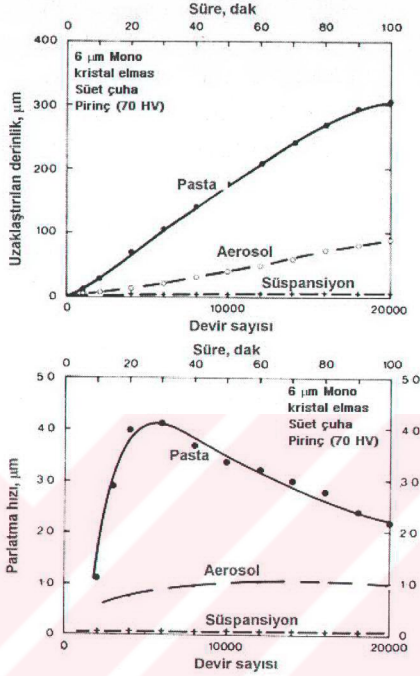
1.3.3.2. Aşındırıcı ilavesi

Parlatma diskinin üzerine pasta şeklindeki aşındırıcının kerosen ile birlikte uygulanması ile hafif bir yağın içerisindeki aşındırıcıya göre daha yüksek parlatma hızları elde edilmektedir (Şekil 1.22). Yağ içerisindeki aşındırıcı ile çok düşük

parlatma hızları elde edilmiştir. Aerosol spreyleyicilerin etkileri sayısal olarak diğer metotlar ile karşılaştırılmaz, çünkü sprey ile uygulanan aşındırıcının miktarı bilinmemekte ve kontrol edilememektedir. Bununla birlikte üreticinin tavsiye ettiği gibi spreyleme ile elde edilen aşınma hızları pasta ile uygulanan aşındırıcı ile elde edilene göre yine de düşük olmaktadır (Şekil 1.22). Fakat süspansiyon şeklinde uygulananlara göre daha yüksektir.

Bütün bu sonuçlar bir pasta şeklindeki aşındırıcının daha uygun olduğunu göstermektedir. Pasta şeklindeki aşındırıcının performansının daha yüksek olması bazı nedenlerden dolayıdır. Birincisi, çok kısa bir kullanım sonrası pasta daha doğrusu aşındırıcı parlatma diskin üzerine daha uniform dağılabilmektedir. İkincisi, pasta aşındırıcıları parlatma çuhanının üzerinde tutmakta ve böylece parlatılacak yüzeye teması sağlamaktadır. Son neden ise pastanın, herbir aşındırıcı partiküllerin kesici takım gibi davranmasını sağlayacak şekilde çuhanın fiberlerinde tutmasıdır. En son neden en önemlisidir.

Şekil 1.22 de gösterilen en üstteki eğriden de görüldüğü gibi bir parlatma sisteminin karakteristiğini belirleyebildiğimiz birçok kriter bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi ulaşılan maksimum parlatma hızı ve uzaklaştırılabilen toplam malzeme kalınlığıdır (sadece bir kere aşındırıcı ilave edilmiş). İkincisi ise daha çok pratikte kullanılabilen ve 2×10^4 devir sonunda uzaklaştırılan malzeme kalınlığıdır. Birinci kriter daha çok kullanılmaktadır.

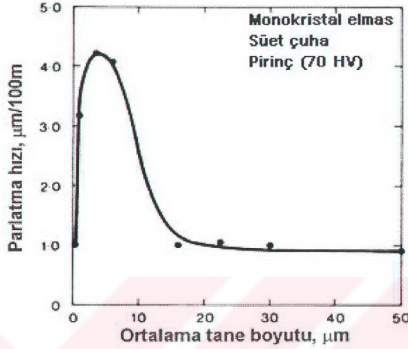


Şekil 1.22. Aşındırıcının parlatma çuhası üzerine farklı metotlarla uygulanması sonucu, numune yüzeyinden malzeme uzaklaştırma miktarı ile parlatma hızının numune devir sayısı ile ilişkisi [1].

1.3.3.3. Aşındırıcı boyutu

Bir pirinç numunesinin parlatılmasıyla elde edilen aşındırıcı tane boyutu ile parlatma hızı arasındaki ilişki Şekil 23 de gösterilmiştir. Buradaki parlatma hızları Şekil 20 deki diagramlarda elde edilen maksimum parlatma hızlarıdır ve optimum koşullar altında elde edilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi 5 µm ortalama tane boyutunda keskin bir maksimum bulunmaktadır. Buna benzer fakat daha az keskin bir maksimum noktası bakır ve alüminyum alaşımlarında da görülmüştür. Çelikler için bulunan maksimum daha az belirgindir ve yaklaşık 1 µm ortalama tane boyutunda belirmiştir. Başka bir çalışmada, çelik ve sertmetalin yumuşak bir çuha üzerinde

parlatıldığı zaman 7 µm ortalama tane boyutunda da bir maksimumun olduğu bulunmuştur. Ayrıca sert bir parlatma çuhası kullanıldığı zaman tane boyutunun hafif azalmasıyla parlatma hızının arttığını gözlemlemişlerdir.



Şekil 1.23. 70:30 pirinç numunesinde parlatma hızının aşındırıcı tane boyutu ile değişimi [1].

Elde edilen deneysel verilerin kısıtlı olmasına rağmen 6 µm ortalama tane boyutundan daha kaba aşındırıcı kullanmanın hiçbir avantaj getirmediği açıkça görülmektedir. Daha kaba aşındırıcılar parlatma hızını artırıcı bir gelişme getirmediği gibi daha düşük bir parlatma kalitesi sağlamaktadır. Şekil 1.23 de özetlenen incelemede kullanılan parlatma çuhasındaki fiberlerin çapı yaklaşık 20 µm dir (Şekil 1.14a ve 1.21d). Bu çuhasının fiberlerine 20 µm dan büyük tane boyutundaki aşındırıcıların tutunarak yüksek parlatma hızlarına ulaşılması imkansız görünmektedir. 20 µm dan küçük aşındırıcıların da bu fiberlerin üstünde tutunması zordur. Şekil 1.14a da gösterildiği gibi kaba taneler parlatmada aşındırıcı olarak kullanıldığında parlatma çuhasının fiberleri üzerine yapışmış pastaya ait hiçbir iz görülemez. Bu hipoteze göre bir aşındırıcının etkisi parlatma çuhasına göre, yani yüzeyine temas eden fiberlerin çapına göre değişmektedir [1]. Buna göre aşındırıcının tane boyutu maksimum etki gösterdiği tane boyutunun altına düşmesi ile parlatma hızının da düşmesi beklenmektedir. Bunun nedeni günümüzde bile hala anlayamamıştır [1].

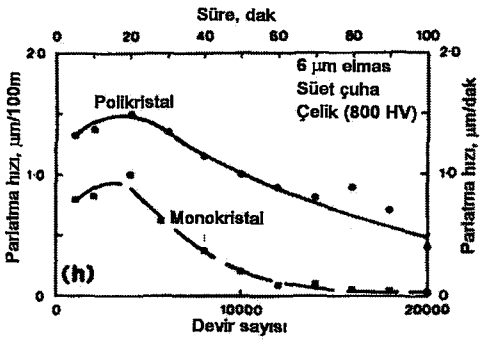
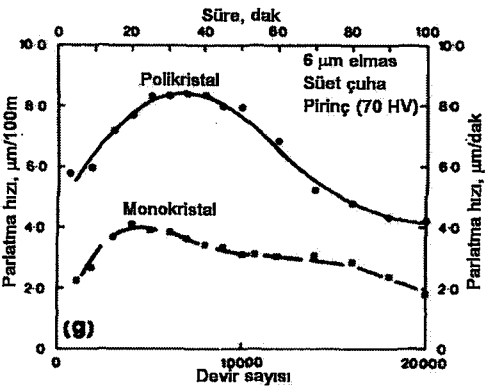
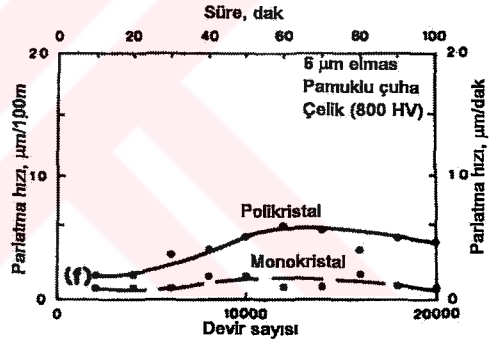
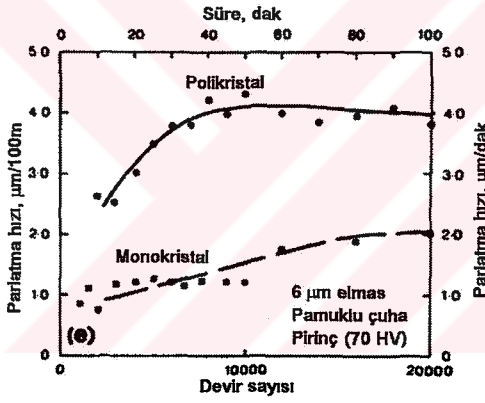
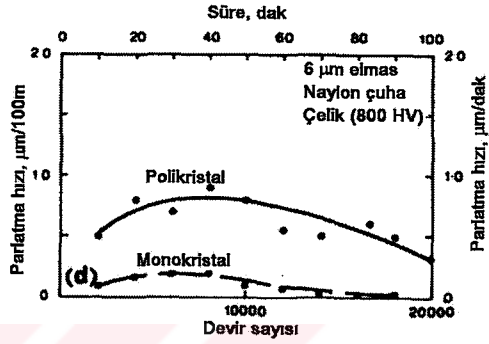
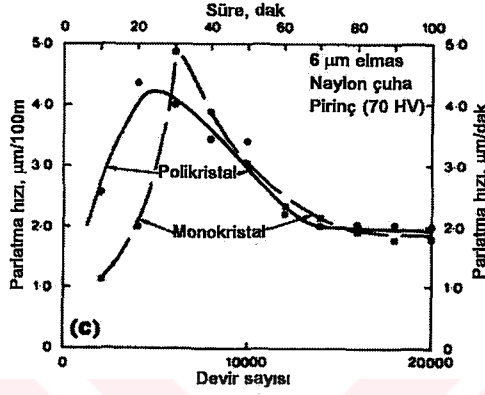
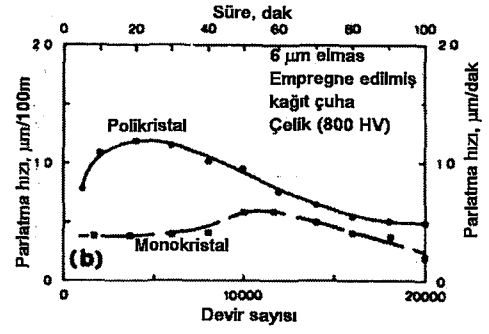
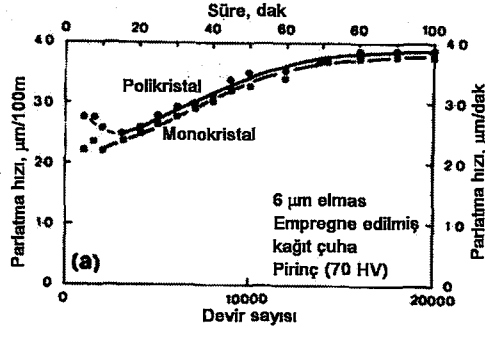
Sınırlı malzemeler ile ilgilenen ve bu nedenle sınırlı parlatma koşullarında çalışan laboratuvarlar kantitatif denemeler ile ilk kaba parlatma kademesi için uygun aşındırıcı boyutunu tespit etmelidir. Bu mümkün değilse ve genel uygulamalar için ilk kaba parlatma kademesi için 6 µm luk aşındırıcı kullanılması tavsiye edilmektedir. Buna ilaveten 1 µm veya 0,5 µm luk aşındırıcı kullanarak daha ince ve tamamlayıcı bir kademe uygulanması gerekmektedir. İki'den fazla kaba parlatma kademenin kullanılması manasızdır.

1.3.3.4. Elmas tipi

Tane boyutu ve şekil açısından doğal ve sentetik mono kristal elmasın performansı arasında pek fark yoktur. Farklı üreticilerden alındığı zaman doğal ve sentetik mono kristalin performansı arasında fark görülmüştür.

Diğer yandan polikristal elmas ile elde edilen parlatma hızı monokristalle elde edilene göre oldukça yüksektir (standart pasta şeklinde) (Şekil 1.24 ve Tablo 1.2). Sadece parlatma hızı değil aynı zamanda uzaklaştırılan malzeme miktarı da yüksektir. Bu faktör numunenin malzemesine, parlatma çuhasına ve kullanma süresine bağlı olarak iki veya beşe kadar çıkabilmektedir (Şekil 1.24).

Polikristalin elmasın bu yüksek performansını açıklayacak birçok olasılık bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ve en önemlisi herbir polikristal taneciğin kesme noktalarını oluşturan birden fazla köşeler içermesidir (Şekil 1.17). İkincisi işlem sırasında ilk temas noktası kırıldığı zaman kesme için yeni noktaların oluşabilmesidir. Bununla birlikte metalografik parlatma sırasında elmas partiküllerinin büyük ölçüde aşındıklarına dair bir kanıt yoktur. Üçüncüsü polikristallerin monokristallere göre fiberlere daha sıkı tutunduklarıdır. Fakat bunu destekleyen hiçbir kanıt yoktur. Sonuç olarak polikristal aşındırıcılar, tanelerinin daha düzenli olması nedeniyle monokristallere göre birbirlerine daha yakın boyutlandırılmıştır.



Şekil 1.24. Polikristal ve monokristal aşındırıcılarda, parlatma hızının numune devir sayısı ile değişimi [1].

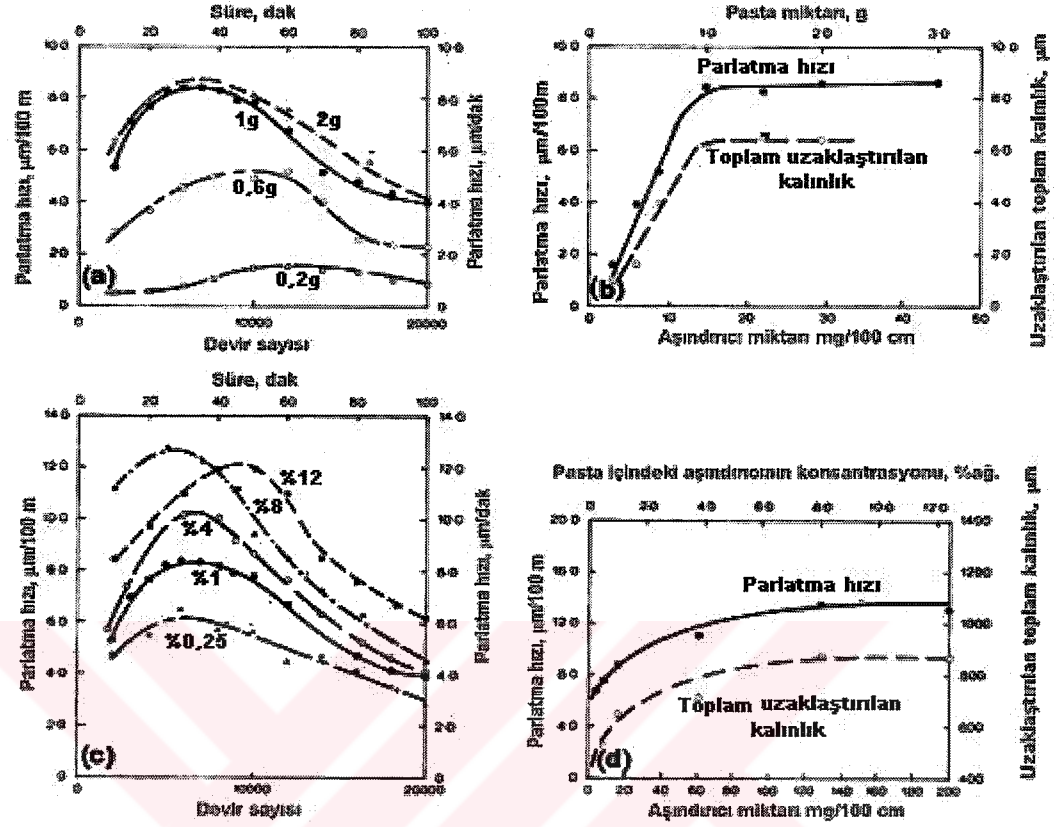
1.3.3.5. Aşındırıcı miktarı

Parlatma çuhasının üzerindeki çalışma alanına uygulanan aşındırıcı miktarı iki yolla tesbit edilir. Ya uygulanan pasta miktarı, ya da pasta içerisindeki aşındırıcı konsantrasyonu değiştirilir. Uygulanan pasta miktarını değiştirerek yani pasta içerisindeki aşındırıcı konsantrasyonunu (kütle-% 1) sabit tutarak incelenen etki Şekil 1.25a ve b de gösterilmiştir. Bu deneyde bir pirinç numunesi sentetik süet çuha üzerinde parlatılmıştır. Parlatma hızı eklenen aşındırıcı miktarı ile direkt ilişkilidir. Aşındırıcı miktarının artmasıyla parlatma hızı artmaktadır. 100 cm² lik alana 20 mg aşındırıcı miktarının gelmesiyle maksimum parlatma hızına ulaşılmıştır ve bu değerden sonra fazla bir değişme gözlenmemiştir. (Şekil 1.25b). Maksimum parlatma hızına ulaşabilmek için gereken dönme hızının pasta miktarının düşmesiyle arttığı dikkate alınmalıdır. Tahminen küçük miktarlardaki pastayı parlatma diskine uniform bir şekilde dağıtabilmek için daha fazla numuneyi döndürerek işlemlemek gerekmektedir.

Pasta içerisindeki aşındırıcı konsantrasyonu değiştirildiği zaman (eklenen pasta miktarı sabit tutulmakta, 1,0g/65 cm²) maksimum parlatma hızı aşındırıcı miktarı ile artmaktadır. Parlatma hızı 100 cm² lik bir alana 20 mg aşındırıcı tekabül edene kadar hızla artmaktadır. Bu değer pasta içerisinde %1 aşındırıcıya karşılık gelmektedir. Bu noktadan sonra parlatma hızı 100cm² ye 160 mg aşındırıcı gelene kadar daha düşük oranlarda artmaya devam etmektedir. Bu değerden sonra ya sabit kalmakta ya da az düşmektedir (Şekil 1.25c ve d).

Bu iki konsantrasyon parametresinin uzaklaştırılan toplam malzeme kalınlığına (bir kere aşındırıcı ilave ederek) etkisini incelemek maliyet açısından yararlı olacaktır. İlave edilen pasta miktarını dolayısıyla aşındırıcı konsantrasyonunu 20 mg/100 cm² değerinin üzerindeki bir değere artırmak, uzaklaştırılan toplam malzeme kalınlığını artırmamaktadır (Şekil 1.25b). Pasta içerisindeki aşındırıcı konsantrasyonun artmasıyla uzaklaştırılan toplam malzeme kalınlığında sadece az bir artış gözlenmektedir (Şekil 1.25d). Yüksek konsantrasyonda bir pastanın maliyeti daha düşük miktarlarda kullanarak düşürülmemektedir.

**6 µm polikristal elmas
Süet çuha
70:30 Pirinç (70 HW)**



Şekil 1.25. 2×10^4 devir sayısı sonrası aşındırıcı miktarının parlatma hızına ve toplam uzaklaştırılan malzeme miktarı üzerine etkisi [1].

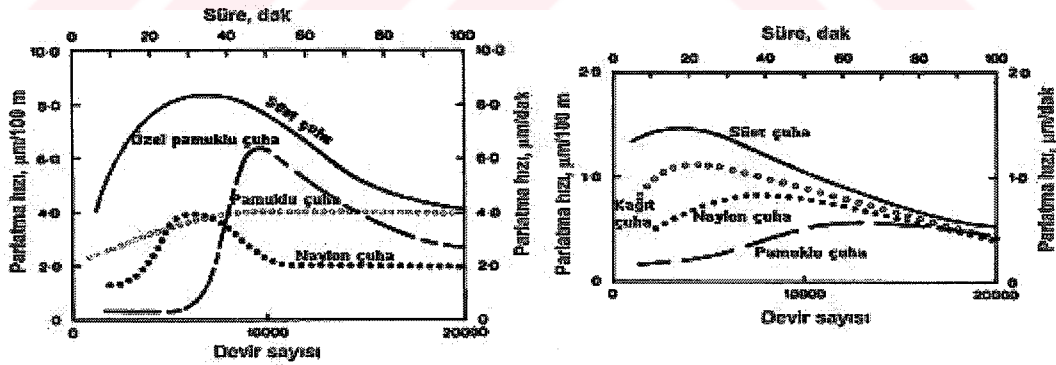
Bu iki parametre, tavllanmış 70:30 pirinçin sentetik süet çuha üzerinde optimum koşullar altında parlatılması sırasında incelenmiştir. Birçok deneyimler, yukarıda çıkarılan sonuçların metallerin ve çuhaların büyük çoğunluğuna uygulanabildiğini göstermiştir. Ayrıca yüksek konsantrasyonda pastanın tüylü çuha üzerinde kullanmanın tüysüz çuhaya göre daha düşük maliyet getirdiğini göstermektedir.

Özetlenirse, yüksek parlatma hızına ulaşmak için yüksek konsantrasyonda pasta kullanmanın daha düşük maliyet getirmesine rağmen pasta içindeki aşındırıcı konsantrasyonunu kütle-%1 üzerine çıkarmanın hiçbir etkisi olmamaktadır. Parlatma çuhasının üzerine uygulanması gereken pastanın (aşındırıcı konsantrasyonundan bağımsız) bir optimum miktarı vardır ve yaklaşık 100 cm^2 ye 2 g düşmektedir. Bu alanda çalışanlar zamanla parlatma koşulları için his kazanmaktadır. Bu da minimum pasta miktarında maksimum kayganlıktır. Aşırı pasta kullanmak aşırı konsantrasyonda aşındırıcı içeren pasta kullanmaya göre daha az savurganlıktır.

1.3.3.6. Parlatma çuhası seçimi

Dört farklı çuha üzerinde parlatılan biri sert ve diğeri yumuşak olan iki farklı numune sonuçları Şekil 1.24 de detaylı bir şekilde gösterilmiştir ve sonuçlar Şekil 1.26 de özetlenmiştir. Çuha üzerine bir miktar aşındırıcı eklendiği zaman parlatma hızı bir süre artmakta, daha sonra bir maksimuma ulaşmakta ve tekrardan düşmektedir. Artmaya ve düşmeye başladığı hızlar ve maksimum hıza ulaşıldığı süre çuhaya ve malzemeye göre değişmektedir. Genellikle yüksek parlatma hızları tüysüz çuhalar ile karşılaştırılırsa tüylü çuhalarda elde edilmektedir. Bütün çuhalar karşılaştırılacak olursa süet çuha yüksek performans sergilemektedir. Başka bir genelleme göre parlatmada yüzeyden malzeme uzaklaştırma hızı zımparalamadakine göre 100 misli daha düşüktür, ancak yapılması kaçınılmazdır.

Parlatma hızındaki ilk artışın birçok sebepleri olabilir: (a) pastanın (dolayısıyla aşındırıcı) parlatma diskinin üzerine numune ile yayılması sonucu oluşan yüksek uniformluk (çuha cinsine göre değişmektedir); (b) numune yüzeyine temas edecek şekilde çuhanın fiberlerine tutunan aşındırıcı sayısının yüksek olması; (c) gerçek temas alanının artmasına neden olan çuha yüzeyinin uygunluğu. Son faktör aşağıda tartışılacaktır.



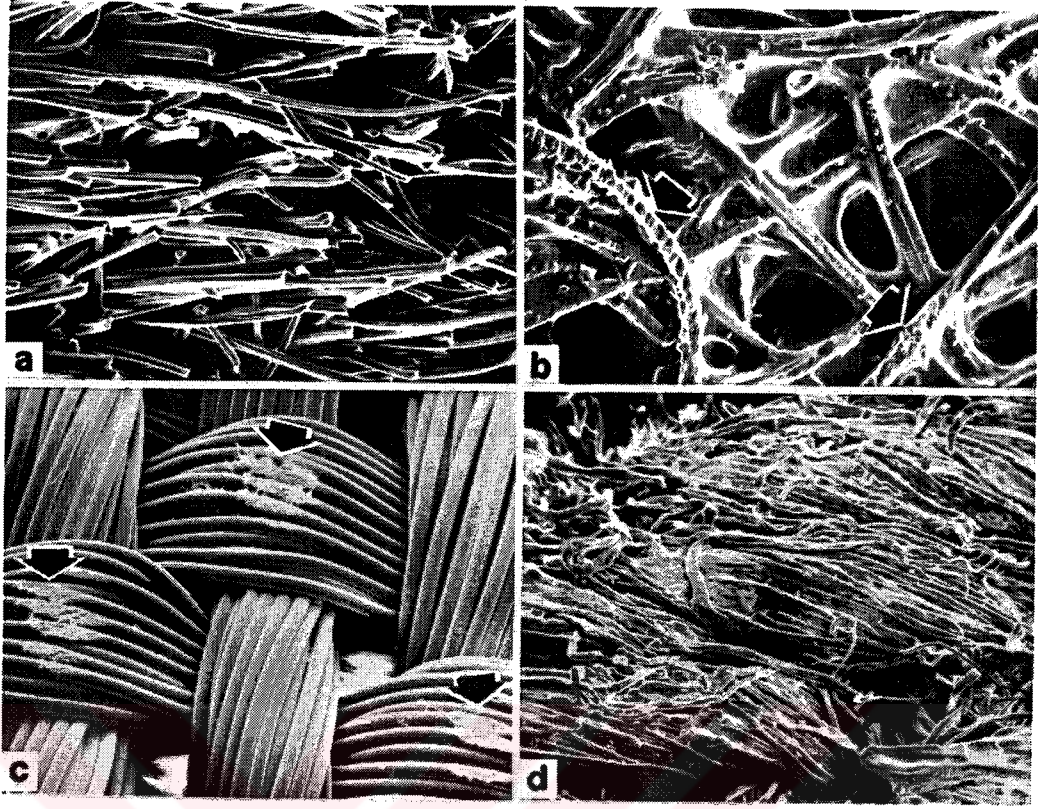
Şekil 1.26. Pirinç (sol) ve sertleştirilmiş çelikte (sağ), çeşitli parlatma çuhaları ile elde edilen parlatma hızları [1].

Tüylü çuhaların fiberleri parlatma işlemi sırasında temas yüzeyine paralel gelecek şekilde hemen bükülmektedirler (Şekil 1.27a; Şekil 1.21d ile karşılaştır). Dolayısıyla gerçek temas alanı artmakta ve bu olay bazı çuhalarda diğer çuhalara göre daha uzun

sürmektedir (yani sentetik çuhalara göre pamuklu çuhalarda özel doğal pamuklu çuha daha uzun ömürlüdür). Bu çuhalar ile elde edilen gerçek temas alanı tüysüz çuhalar göre oldukça geniştir. Bu, tüylü çuhalar ile elde edilen yüksek parlatma hızları için bir açıklama olabilir.

Tüysüz çuhada gerçek temas alanı başlangıçta oldukça düşüktür. Temas alanlarında düzlükler (yassı alanlar) elde edilmesiyle yavaş bir şekilde artmaktadır. Şekil 1.27b de gösterilen emprenye edilmiş bir kağıt belli bir süre kullanılmasına rağmen sadece iki alanı (okla gösterilen) numune yüzeyi ile temas etmiştir. Buna benzer, dokunmuş naylon çuhada sadece düğüm noktalarının üzerinde bulunan iplikler temas etmektedir (Şekil 1.27c). Diril çuhalarında (bir tür keten veya pamuk bezi) gerçek temas alanı ipliklerin düzleşmesi ile artmaktadır (Şekil 1.27d; Şekil 1.21b ile karşılaştır) ve göz önünde tutulan diğer tüysüz çuhalara göre daha fazladır. Gerçek temas alanı “en sert” çuhalarda en küçüktür. Bu, çuhanın yapısına ve dokunma şekline ve fiberlerin aşınma direncine bağlı bir faktördür.

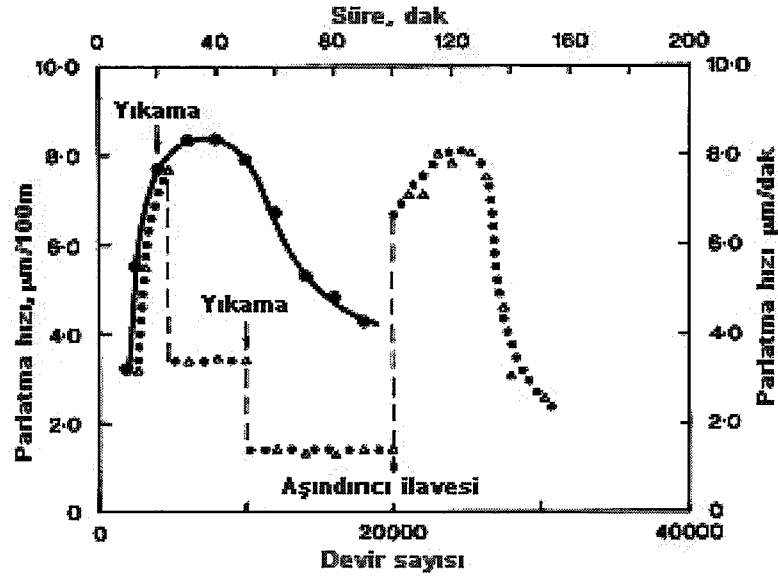
Parlatma hızındaki düşüşe başlıca temas alanındaki aşındırıcıların azalmasının neden olduğu görülmektedir. Bütün pasta bittiği zaman, parlatma hızı parlatma çuhasının fiberlerinde tutulu kalan aşındırıcılar tarafından belirlenmektedir. Pasta, ya numunenin ya da numune kaplamasının (eğer numune kaplandıysa) ön kenarı tarafından parlatma çuhasının yüzeyinden sıyrılmaktadır. Bu, numunenin kenarları yuvarlaklaştırılarak önlenmektedir. Ayrıca pasta, uygulanan kuvvet ile çuhanın içine gömülmektedir. Numunenin her kaldırılışında ve yıkanması ile aşındırıcı kaybı gerçekleşmektedir. Bundan başka aşınma ve kırılma sonucu parlatma çuhası üzerinden fiberlerin kaybı da olmaktadır. Dolayısıyla bu şekilde gerçek temas alanı düşmektedir, fakat parlatma çuhası uzun süreli kullanılmadıktan sonra bu söz konusu değildir.



Şekil 1.27. Sertleştirilmiş çeliğin parlatılmasında kullanılmış çuhaların tarama elektron mikroskopta alınmış yüzey görüntüleri.

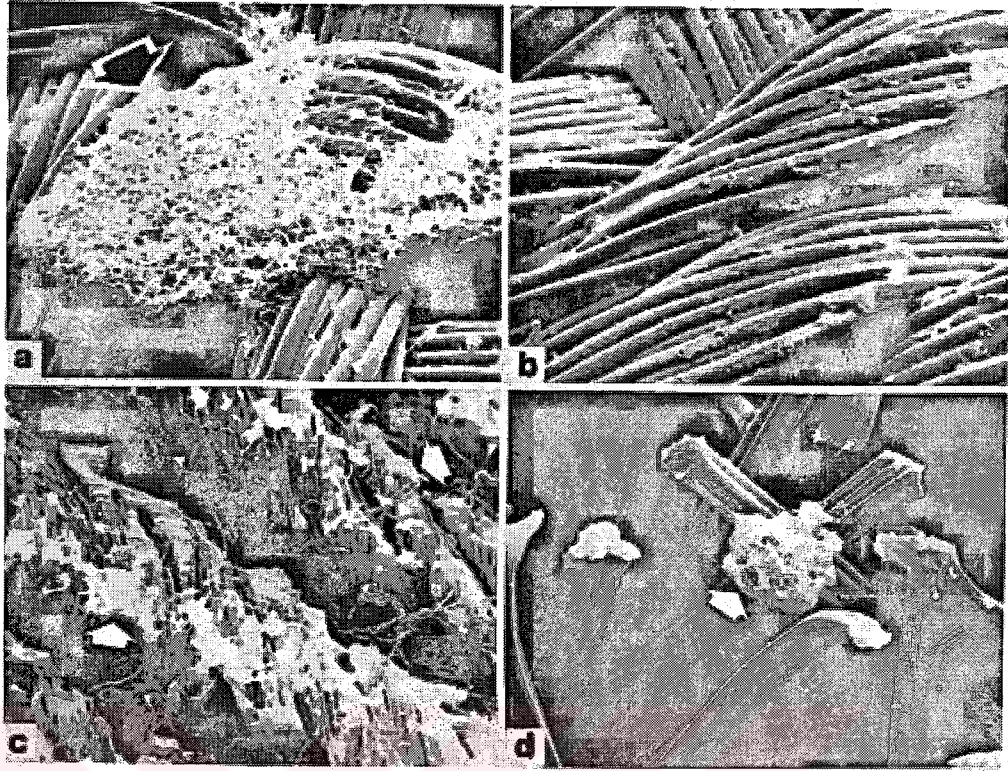
- a) Sentetik süet çuha. Fiberler parlatma düzlemine göre daha paralel konumda, x70;
 b) Empregne kağıt çuha. Sadece okla gösterilen noktalar numune yüzeyine temas etmiştir. x120;
 c) Naylon çuha. Sadece okla gösterilen ve aşınma sonucu düzleşen noktalar numune yüzeyine temas etmiştir. x125;
 d) Pamuklu çuha. Lifler düzleşmiş. x60. Çuhalar, aşındırıcıdan ve çeşitli atıklardan arındırılması için yıkanmıştır [1].

Şekil 1.28 da açıklanan deney bu faktörlerin relatif önemini göstermektedir. Yüzeyden pastayı kaldıracak, fakat fiberlerin içindeki gömülü aşındırıcıları kaldırmayacak şekilde parlatma çuhası yıkandığı zaman parlatma hızı hızlı bir şekilde düşmektedir (ancak sıfır olmamaktadır). Tekrardan çuhaya aşındırıcı eklendiği zaman parlatma hızı, parlatma çuhası yıkanmadan önceki hızına dönmektedir. Bir çuhaya tekrardan aşındırıcı ilave ederek ve tam bir çevrim döndürerek (Şekil 1.24 ve 1.26) tekrardan hızlı bir şekilde yüksek parlatma hızına ulaşılmaktadır. Bir çuha birçok çevrim kullanılabilir. Temas eden fiberlerde tutulu kalan pasta miktarı parlatma hızını belirleyen ilk faktör olarak gözükmektedir. Çuha fiberlerin içinde gömülü kalan aşındırıcıların sayısı ikincil rol oynamaktadır.



Şekil 1.28. Parlatma çuhasında yıkamanın ve aşındırıcının tekrardan ilavesinin etkisi [1].

Parlatma hızının düşüşünde önemli bir rol oynayan diğer bir faktör parlatma çuhasının içinde biriken parlatma kalıntılarıdır. Pirinç gibi yumuşak malzemelerde parlatma işlemi sırasında oluşan mikro işlem talaşları aglomeratların (topaklanma) oluşumuna neden olmaktadır. En kötü durumda oluşan bu aglomeratlar, genelde naylon çuhalarda, gerçek temas alanlarını üzerinde birikmektedir ve dolayısıyla örtmektedir (Şekil 1.29a). Bu şekilde gerçek temas alanları düşmekte ve bu nedenle büyük olasılıkla parlatma hızı da düşmektedir. Aglomerat oluşumu sonucu parlatma hızındaki keskin düşüş Şekil 26 (sol) da gösterilmiştir (naylon çuha kullanılmış ve 5000 çevrim gerçekleştirilmiştir). Buna benzer aglomeratlar başka tüysüz çuhalarda da oluşmakta, fakat bunlar temas alanından uzakta birikmektedir. Örneğin diril çuhalarda çoğunlukla liflerin arasında oluşmakta ve temas alanlarını kısmen örtmektedirler (Şekil 1.29c). Özel emprenye edilmiş kağıdın içindeki fiberlerin arasındaki kavis ve boşlukları doldurmaktadırlar. Fiberleri birbirine daha yakın kağıtlarda bu olay daha karmaşık olmaktadır. Diğer bir yandan tüylü çuhalarda aglomeratlar tüylerin arasında birikmekte ve çok az veya hiç etki yapmamaktadır (Şekil 1.29d). Bu, yüksek parlatma hızlarına katkıda bulunmakta ve tüylü çuhalar ile yüksek parlatma kaliteleri elde edilmektedir. Oluşan aglomeratlar basit bir yıkama ile çuhanın içinden uzaklaştırılabilir, fakat bu durumda çuhaya tekrardan aşındırıcı eklenmelidir.



Şekil 1.29. Kullanılmış parlatma çuhaların 2×10^4 devir sayısından sonra tarama elektron mikroskop ile alınmış yüzey görüntüleri.

- a) pirinçin parlatılmasında kullanılan naylon çuha, x150;
- b) sertleştirilmiş çeliğin parlatılmasında kullanılan naylon çuha, x150;
- c) pirinçin parlatılmasında kullanılan pamuklu çuha, x30;
- d) pirinçin parlatılmasında kullanılan sentetik süet çuha, x250.

Çuhalar kullanım sonrası yıkanmamıştır. Oklar parlatma atıklarını göstermektedir[1].

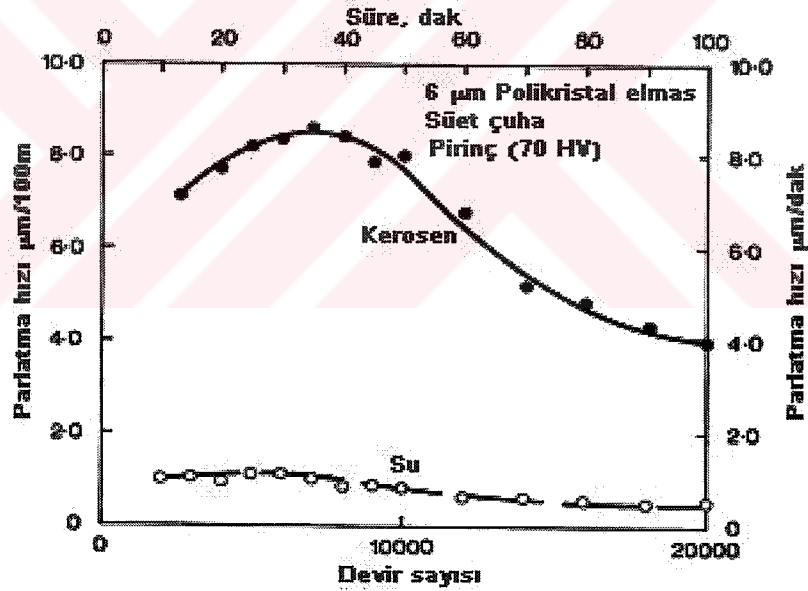
Her malzemenin parlatma işlemi sırasında aglomeratlar oluşmamaktadır. Örneğin çeliklerde bu oluşmamaktadır (Şekil 1.29b) ve bir pirinç numune naylon çuha üzerinde parlatıldığı zaman parlatma hızındaki erken düşüş görülmemektedir (Şekil 1.26b). Çeliklerin herhangi bir çuha üzerinde parlatılması sonucu oluşan parlatma talaşları ayırma gücü yüksek tarama elektron mikroskobu ile görülmemesine rağmen elektron prob mikroanalizi ile bir miktar demir bulunmuştur. Ya talaşlar ayıramayacak şekilde çok küçük ya da okside olmuş, kırılmış ve dağılmış olabilirler. Ya da pasta içerisinde asimile olmuştur.

Yetersiz bilgi nedeniyle malzemeleri uygun parlatma çuhalarına göre kategorize etmek mümkün değildir. Kullanılmış çuhalarda kalıntıların gelişimi düşük boyutlarda

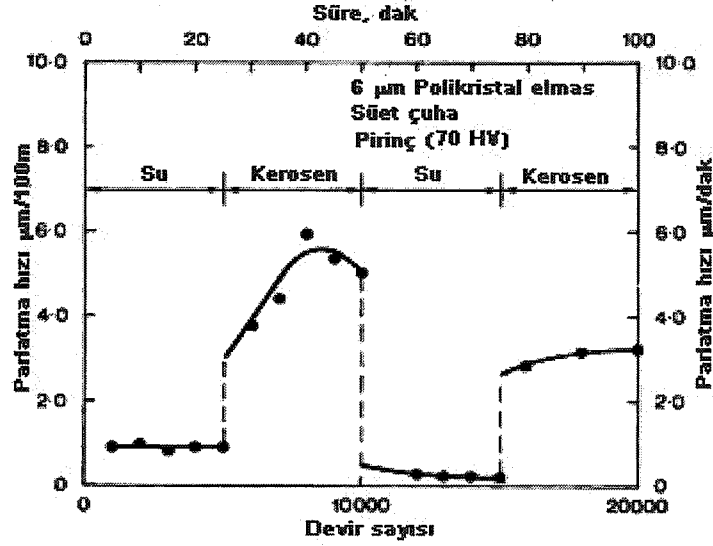
hatta çıplak gözle yeterince görülmektedir, fakat parlatma prosesini ciddi bir şekilde etkileyen noktalarda aglomeratların oluşup oluşmadığını açıklamak kolay değildir.

1.3.3.7. Parlatma sıvısı

Parlatma diskinin ilave edilen sıvının birçok açıdan önemi vardır. Parlatma çuhasına eklenen sıvının cinsi ve miktarı önemlidir. Örneğin pasta ile elde edilen parlatma hızı, parlatma sıvısı olarak kerosene yerine su kullanıldığı zaman düşer (Şekil 1.30). Parlatma hızı parlatma sıvının cinsine göre değişmektedir. Örneğin parlatma işlemine su ile başlandığı zaman parlatma hızı Şekil 1.30 da gösterilen grafikte alttaki eğriyi vermektedir, fakat parlatma sırasında su eklemeyi kesip kerosen ile devam edilirse parlatma hızı aniden artar ve üstteki eğri boyunca devam eder (Şekil 1.31). Diğer bir yandan eğer kerosen ilavesi kesilip tekrardan su verilirse eğri yine alttaki eski karakteristik şeklini almaktadır (Şekil 1.31). Bu çevrim birçok kere tekrar edilebilir.



Şekil 1.30. Standart parlatma pastası kullanıldığında, parlatma sıvısının (kerosen ile su) parlatma hızına etkisi [1].



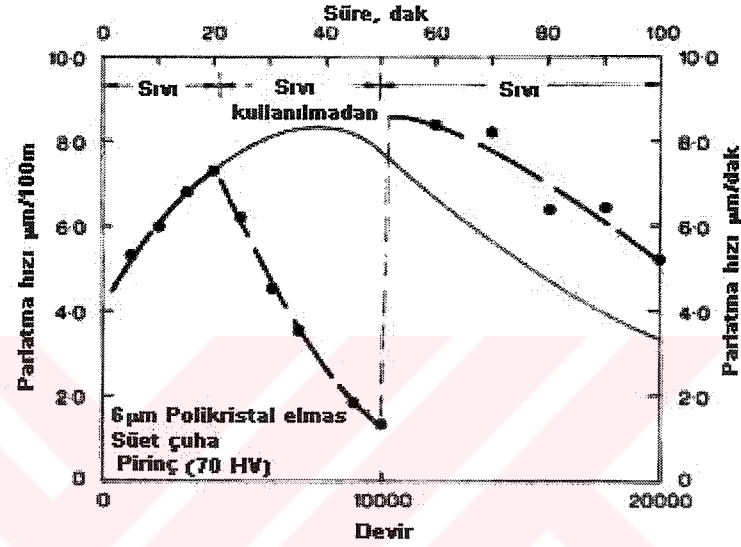
Şekil 1.31. Standart parlatma pastası kullanıldığında, parlatma sıvısı kerosen ile suyun dönüşümlü olarak kullanımının etkisi [1].

Parlatma hızının parlatma sıvısına bağlı olarak değişmesinin nedeni, pastanın parlatma çuhasının fiberleri arasına dağılma şeklini parlatma sıvısının etkilemesidir. Eğer su kullanılıyorsa pasta, çuhanın tüy veya kısa lifleri arasına dağılmaktadır (Şekil 1.14b). Ancak kerosen kullanıldığı zaman aşındırıcı küme şeklinde fiberlere tutunmaktadır (Şekil 1.14a). Şekil 1.14a ve b de gösterilen dağılım koşulları farklı parlatma sıvıları kullanılarak daha başka alternatifler sunabilmektedir. Yani su yerine kerosen kullanıldığı zaman Şekil 1.14b de belirtilen koşullardaki bir çuha Şekil 1.14a daki koşullara geri dönmektedir. Aşındırıcı tanelerin parlatma çuhasının fiberlerine tutunmasında rol oynayan pastanın diğer bir önemini göstermektedir. Bu ancak uygun bir sıvının varlığı ile mümkündür.

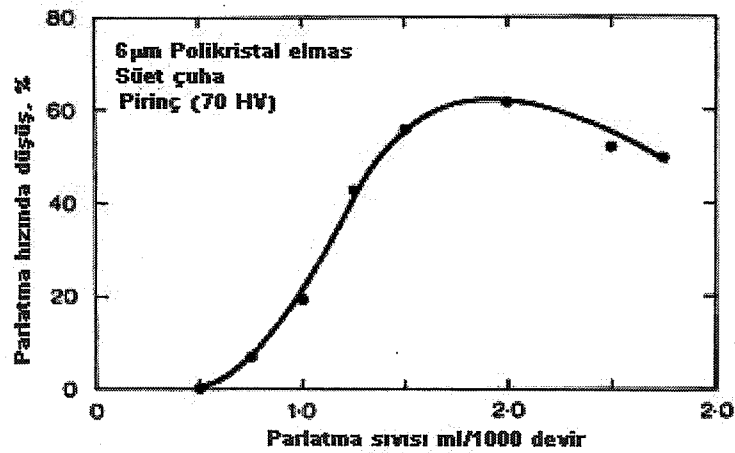
Burada göz önünde tutulan pasta, trietanolamin-stearik asit sabun içeren su bazlı bir emülsiyondur. Suyun bu tür emülsiyonu parlatma çuhasını içine doğru yıkayarak ittiğini düşünmek mantıklıdır. Kerosen ise büyük bir ihtimalle pastayı küçük kürecikler şeklinde çuhanın çalışma alanının üstüne doğru yüzdürmektedir.

Parlatma sıvısı olarak kerosen kullanılsa da maksimum parlatma hızına ulaşılacak ise parlatma çuhasını nemli tutmak için yeterli miktarda eklenmelidir. Ayrıca sıvı belli aralıklarla eklenmelidir. Sıvı eklenmediği zaman parlatma hızı belirgin şekilde düşmektedir, fakat tekrardan eklenmeye başlandığı zaman yeniden yükselmektedir (Şekil 1.32). Bu hem tüylü hem de tüysüz çuhalara uygulanmalıdır. Diğer yandan

fazla parlatma sıvısı eklendiğinde tüylü çuhalarda parlatma hızı düşerken (Şekil 1.33) birçok tüysüz çuhalarda düşmemektedir. Diril çuha gibi tüysüz çuhalar fazla eklenen sıvıyı absorbe etmekte ve dağıtmaktadır. Her halukarda parlatma çuhasına eklenmesi gereken parlatma sıvısının miktarı genelde kalitatif olarak ayarlanabilmektedir: çuha nemli olmalı, fakat yağ olmamalıdır. Bu nedenle belirli sürelerde sıvıyı kontrollü oranlarda ilave etmek çok avantajlıdır. Diğer yandan uçucu sıvılar dezavantajlıdır.



Şekil 1.32. Parlatma sıvı ilavesinin parlatma hızının etkisi [1].



Şekil 1.33. Parlatma çuhasına aşırı parlatma sıvısı kerosen ilavesinin etkisi [1].

Burada tartişılan diğer parlatma hızı ile ilgili deneylerde her 1000 çevrimde 0,5 ml kerosen eklenmiştir.

Parlatma hızının dūřmesinin yanısıra çok kuru çuhalar parlatılmıř yūzeyde lekeler meydana getirmektedir (řekil 1.34).



řekil 1.34. 6 μm elmas ile kuru sūet bir uha üzerinde parlatılmıř bir pirinç numunesinin yūzeyinde oluřmuř lekelenmeler, dkūlmeler. x250 [1].

1.3.3.8. Numuneye uygulanan yūk

Numuneye uygulanan yūkūn artmasıyla belli çevrim sonrası elde edilen parlatma hızı ve uzaklařtırılabilen malzeme miktarı belli bir deđerere ulařana kadar lineer olarak artmaktadır. Sentetik sūet uha için bu deđer yaklaşık 75 g/cm² dir.

1.3.3.9. Numune malzemesi

Belirli parlatma koşulları altında birçok malzeme grubu için elde edilmiş malzeme uzaklaştırma hızı Tablo 1.2 de verilmiştir. 2x10⁴ devir sonrası ve bir kere pasta ilavesi sonucu uzaklaştırılmış toplam kalınlık da listede gösterilmiştir. Malzeme uzaklaştırmak için en iyi koşulları vermek için parlatma koşulları optimize edilmiştir.

Tablo 1.2. Farklı metal ve alaşımlarında sentetik süet çuha üzerinde 6 µm polikristal elmas ile ulaşılan maksimum parlatma hızları [1].

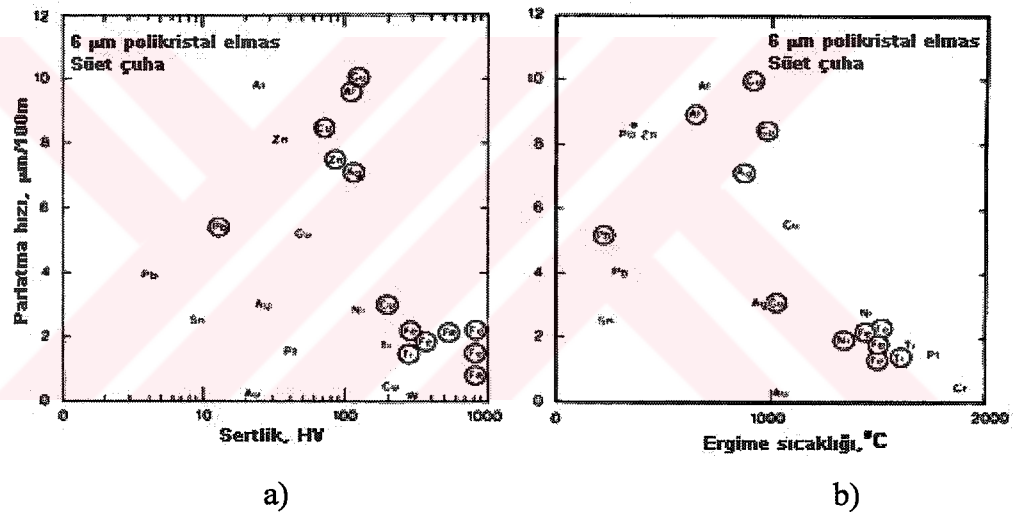
Metal veya Alaşım	Sertlik (HV)	Maksimum parlatma hızı (a), µm/100 m	2 x 10 ⁴ devir sonrası uzaklaştırılan kalınlık, µm
Aluminyum: Yüksek Saflık	24	9,9	780
Al-Alaşımı (% 4,5 Cu)	105	9,0	700
Bakır: Ticari Saflık	50	5,6	350
Pirinç (%30 Zn)	70	8,5	630
Pirinç (%40 Zn), kurşunlu	155	10	760
Aluminyum Bronzu (%11 Al)	200	4,0	205
Altın: Yüksek Saflık	22	0,10	4,5
Kurşun: Ticari Saflık	4	4,0	135
Pb-Alaşımı (% 50 Sn)	13	5,6	400
Nikel: Ticari Saflık	130	2,8	165
Ni-Alaşımı (b)	260	1,8	80
Platin: Yüksek Saflık	40	1,9	90
Çelik: % 0,15 C, Tavlanmış	130	2,2	140
% 0,65 C, Isıl İşlem Görmüş	340	1,8	100
% 0,75 C, Isıl İşlem Görmüş	800	1,4	100
% 1,40 C, Isıl İşlem Görmüş	840	2,1	170
Yüksek Hız Çeliği (M2)	800	0,65	30
Östenitik çelik, Tip 304	305	2,2	127
Gümüş: Yüksek Saflık	35	3,0	240
Ag-Alaşımı (% 7,5 Cu)	115	7,2	440
Kalay: Yüksek Saflık	9	2,5	180
Titanyum: Ticari Saflık	200	1,8	130
Ti-Alaşımı (% 6 Al, % 4 V)	295	1,6	195
Tungsten: Yüksek Saflık	300	0,16	7
Sertmetal (WC+% 12 Co)	1550	1,3	100
Çinko: Ticari Saflık	35	8,3	575
Zn-Alaşımı (% 4 Al, % 1 Cu)	90	7,3	425

(a) Parlatma işleminde uygulanan yük: 395g/cm³, (b): sürünmeye karşı dirençli bir kompleks alaşım.

Zımparalamada olduğu gibi parlatma işleminde de yüzeyden malzeme uzaklaştırma hızı ile malzemenin basit fiziksel veya mekanik özelliği arasında belirgin bir bağıntı

yoktur. Sertlikle de direkt bir ilişki yoktur (Şekil 1.35a). Bazı yumuşak malzemeler (altın gibi) çok düşük parlatma hızlarına sahiptir ve bazıları (alüminyum ve kurşun gibi) anormal bir şekilde yüksek parlatma hızlarına sahiptir. Yüksek sertlikteki alaşımlardan bazıları (su verme ile sertleştirilmiş %1,4 C lu çelik) oldukça yüksek parlatma hızlarına sahiptir. Çoğunlukla saf metaller daha sert olan alaşımlarına göre daha düşük parlatma hızlarına sahiptirler. Genel olarak söyleyebileceğimiz sadece sertliği 125 HV nin altında olan çoğu malzemeler, sertliği bu değer üzerinde olan malzemelere göre daha yüksek parlatma hızlarına sahiptir.

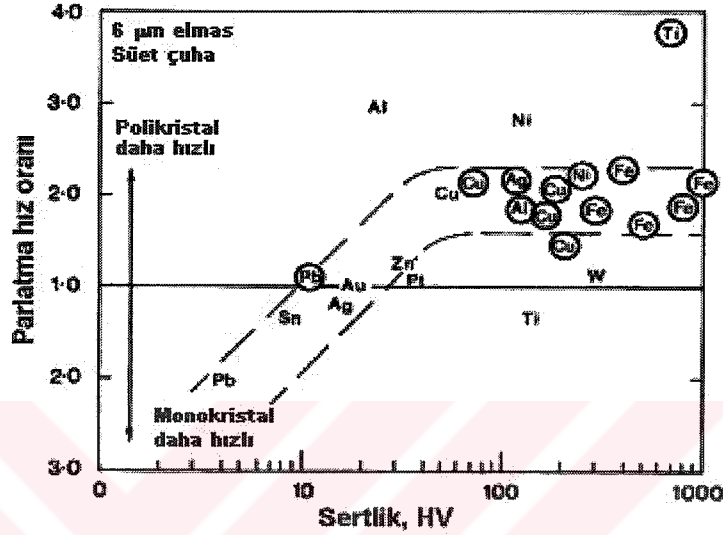
Ayrıca ergime noktası 1200 °C nin altında bulunan çoğu malzemeler ergime noktası bu değer üzerinde olan malzemelere göre daha yüksek parlatma hızlarına sahiptir (Şekil 1.35b).



Şekil 1.35. Maksimum parlatma hızının sertlik ve ergime noktası ile değişimi [1].

Tablo 1.2 de verilen değerler polikristalin elmas içindir. Polikristalin ve monokristalin elmaslar için parlatma hızı oranı grafiksel olarak Şekil 1.36 de gösterilmiştir. Birkaç istisnalar hariç numunenin sertliği 20 HV nin üzerinde ise monokristalin elmasa göre polikristalin elmas ile daha yüksek parlatma hızları elde edilmektedir (1,5-2,5 kat daha yüksek). Numunenin sertliği 10 ile 20 HV arasında ise parlatma hızı her iki elmas tipi için aynıdır ve eğer numunenin sertliği 10 HV nin altında ise monokristalin elmas ile parlatma daha hızlıdır. 2×10^4 devir sonrası uzaklaştırılan toplam miktar açısından karşılaştırma yapılacak olursa aynı sonuçlar elde edilmiştir. Parlatma işlemi sırasında taneciğin genel indentasyon derinliği belirli

değeri geçtiği zaman polikristalinin çok sayıdaki çok küçük fasetlerinin getirdiği avantaj kaybolmaktadır. O zaman taneciğin genel şekli önem kazanmaktadır ve polikristalin taneciğin daha yuvarlak olan şekli dezavantaj getirmektedir. Polikristaline göre monokristalin elmas ile daha hızlı parlatılan metaller çok nadirdir. Genel kullanım için polikristalin elmas daha etkili bir aşındırıcıdır.



Şekil 1.36. Monokristalin ve polikristalin elmasta numune sertliğinin parlatma hızına etkisi [1].

1.3.3.10. Pratikte parlatma koşulları

Zımparalamada olduğu gibi elmas ile parlatma işlemi sırasında uzaklaştırılan malzeme hızını etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Yüksek parlatma hızlarına ulaşmak için elmas aşındırıcı kullanmanın yeterli olmadığı açıkça görülmektedir. Çalışılan şartlara dikkat edilmez ise elde edilen hızlar büyük ölçüde değişebilmektedir.

Göz önünde tutulması gereken ilk faktör, elmas aşındırıcının parlatma çuhasının üzerine ne şekilde uygulandığıdır. Numune yüzeyine gerçekten temas edecek şekilde abrazif tanelerini parlatma çuhasının fiberlerine tutunmasını sağlayan pasta veya bir bileşik vasıtasıyla uygulanması yararlıdır. Samuele göre Bölüm 1.3.1 de bileşimi verilen pasta için en uygun kullanma koşulları şunlardır:

1. Ortalama tane boyutu 6µm dan büyük aşındırıcılar kullanılmamalıdır.

2. Polikristalin elmas kullanılmalıdır.
3. Konsantrasyonu kütle-% 0,5 ile 1,0 aşındırıcı olacak şekilde bir pasta kullanılmalıdır.
4. Kullanılan her 100 cm² parlatma çuha alanı için yaklaşık 2,0 g pasta eklenmeli ve mümkün olduğu kada pasta uniform bir şekilde dağıtılmalıdır.
5. Aşınma dirençli tüylü çuha kullanılmalıdır. Eğer önemli olan yüzey düzgünlüğü ise tüysüz çuha kullanılmalıdır.
6. Parlatma çuhasına belirli aralıklarda ve çuhanın yüzeyi nemli, fakat yağ olmayacak şekilde kontrollü miktarlarda kerosen eklenmelidir.
7. Numuneye mümkün olduğu kadar yüksek yük uygulanmalıdır.
8. Bir ön deneme ile parlatma hızının hangi kademede düşük seviyelere indiği belirlenmelidir: bu kademeye ulaşıldığı zaman parlatma çuhası yıkanmalı ve/veya tekrardan üzerine aşındırıcı eklenmelidir.
9. Parlatma çuhasının üzerinde görülebilir parlatma kalıntıları var ise çuha kısa aralıklar ile yıkanmalı ve tekrardan üzerine aşındırıcı eklenmelidir.
10. Parlatma çuhasının aşındığı açıkça görülüyorsa değiştirilmelidir.

Elmas içeren pastalar ve bileşikler farklı kompozisyonlarda ticari olarak bulunabilmektedir ve dolayısıyla yukarıda anlatılanlar hepsi için uygulanması gerekmemektedir. Bununla beraber, metallografik parlatmada aşındırıcıların parlatma çuhanın temas alanlarındaki fiberlere tutunmasını sağlayan bileşikler kullanılması gerektiği sonucu çıkartılmaktadır. Ayrıca buna ek olarak parlatma işlemi sırasında bu bileşiği aynı pozisyonda tutan bir sıvı kullanılmalıdır. Buna benzer birçok tavsiyeler verilebilmektedir. Örnek olarak kullanılan parlatma çuha cinsinin etkisi ve aşınma etkisi, parlatma çuhasının sertleşmesi, numuneye uygulanan yük verilebilir. Diğer yandan, bileşik içerisindeki aşındırıcı konsantrasyonu, optimum bileşik miktarı ve optimum parlatma sıvı miktarı gibi bazı tavsiyeler genel olarak uygulanamamaktadır.

Bu olaylar ancak mümkün olduğu kadar kantitatif olarak elde edilebilen metotlar ile deneysel incelemeler sonrası çözülebilmektedir. Elbette pratikte parlatma işleminde bütün faktörler dikkatlice optimize edilmektedir. Parlatma kalitesini düşürmeden

maksimum parlatma hızına nasıl ve niçin ulaşılabilirdiği hakkında bilgi sahibi olmak optimum parlatma koşullarına ulaşılmasını sağlamaktadır.

1.4. Nanokristalin Elmas İle Parlatma

Ultra ince boyutlu elmasların (ultrafine dispersed diamond: UDD) ve nano elmasların üretimi nano boyutlu malzemelerin gelişimi ile büyük önem kazanmıştır [28, 29]. Öncelikle nano elmas ile parlatma uygulamaları modern elektronik mühendisliğinde, elektronik malzemelerinin parlatılmasında gerçekleştirilmiştir. Bu alanda ilk çalışma yapanlardan A.S. Artemov, farklı kimyasal bileşime, yapı, elektronik özellik, sertlik ve uygulamalara sahip malzemeleri, parlatma yöntemi ile üretilen nano boyutlu elmas ile parlatarak yüzey pürüzlülüklerini atomik kuvvet mikroskobu (atomic force microscope: AFM) ile incelemiştir. Yaptığı bu çalışmada, kararlı nano elmas süspansiyonlarının parlatma, çizme, yüzey tabakadaki plastik akış ve kimyasal-mekanik parlatma gibi birçok etkiye neden olduğunu göstermiştir. Ayrıca böyle ince katı partiküllerin toplanmış konumda bulunmalarının büyük bir önem taşıdığını belirtmiştir. Nano elmas ile parlatma işleminde mekanik nano çizikler oluşur. Bu çizikler, nano elmas süspansiyonun içine bazı dağılayıcı katkısıyla düzeltilebilmektedir. Amorf nano partiküllerin kullanılması, malzeme yüzeyindeki deformasyona neden olmayan tek tekniktir [28].

Karşılaştırma yapabilmek amacıyla UDD bileşikleri ile parlatmadan başka seçilen malzemeler 1, 0.25, 0.1 µm boyutlu sentetik elmas tozu ile mekanik ve amorf kolloidal silika ile parlatılmıştır. Bu teknikler ön-final ve/veya final parlatma diye iki basamaklı olup elektronik ve optikte çok iyi tanınmakta ve uygulanmaktadır. Numune hazırlamanın her kademesinde UDD ile parlatma süresi 3-12 saat sürmüştür. Farklı şekil ve geometrik boyuttaki numuneler ilgili deneysel incelemede kullanılmıştır.

1.4.1. Sonuçların İrdelenmesi

Malzemenin yüzeyi ile puls şeklinde etkileşen abrazyonun mekanik enerjisi, yüzey morfolojisi, kristal ve elektronik yapı ve kimyasal bileşimde değişimlere

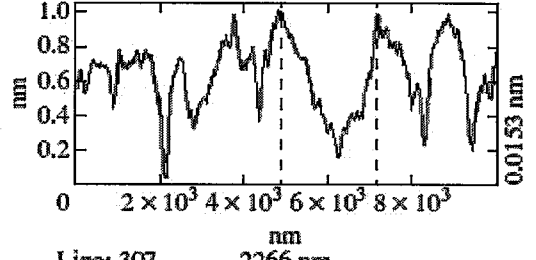
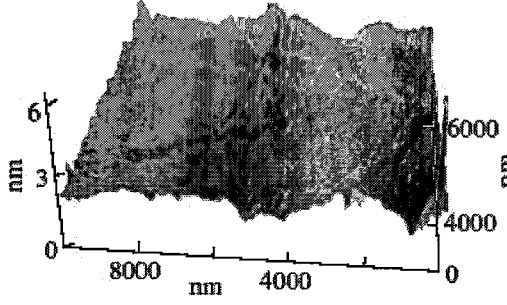
neden olmaktadır. Mikron boyutlu elmas yerine nano boyutlu elmas kullanıldığı zaman, elastik ve plastik deformasyonun gerçekleştiği, malzeme ile aşındırıcının arasındaki etkileşim alanı azalmaktadır. Bu çalışmada ilgi, bir yüzeyin üç temel özelliklerinden (geometrik, yapısal, mekanik) olan, mikro abrazif aşınma sonucu yüzeydeki deformasyonu gösteren ve sayısal olarak ifade edilebilen standart geometrik parametre olan pürüzlülüğe yoğunlaşmıştır. Ultra ince taneli elmas ile numune yüzeyi arasındaki etkileşim sonucu gelişen mekanizmalar parlatma kısmında verilmiştir.

1.4.2. Parlatma

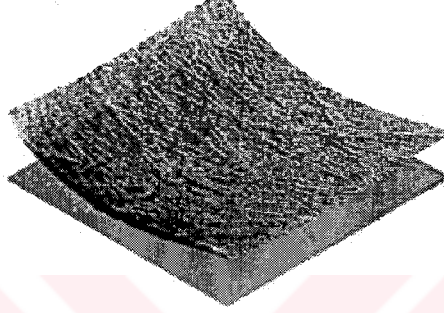
Uygun koşullar ve parlatıcılar kullanıldığında, birçok kesici takım makroskobik hata (talaş ve çatlak) oluşturmadan ayna parlaklığında yüzeyi düzgünleştirmektedir. Parlatma, malzeme kaybı ile gerçekleşmektedir. Malzeme kaybı, kullanılan kesici takım ve parlatıcılar, uygulanan koşullar, öncelikli işlemlere ve malzeme sertliğine bağlıdır. Bu hız geniş aralıklara yayılmakta ve parlatma işlem parametrelerinden biridir.

Bir malzemenin yüzeyine mikron boyutlu sentetik elmas uygulandığında, bütün yüzeyi kaplayan çok miktarlarda farklı yönlerde sürekli düz çizikler oluşmaktadır. Fakat nano boyutlu elmas kullanıldığında çiziklerin karakteri tamamen değişmektedir. Farklı tipte çizikler görülmektedir (genişliği eş olan çizikler, ortalarda geniş olup sonlara doğru daralan çizikler, kesikli çizikler ve kısa çizikler; Şekil 1.37). Hatta optik olarak ayırt edilebilen boyutta çizikler içermeyen bölgeler de bulunmaktadır.

W (111) (Ultrason ile işlemlenmiş sulu süspansiyon)



Al₂O₃ (Toz süspansiyon)



Gd₃Ga₅O₁₂ (Toz süspansiyon)

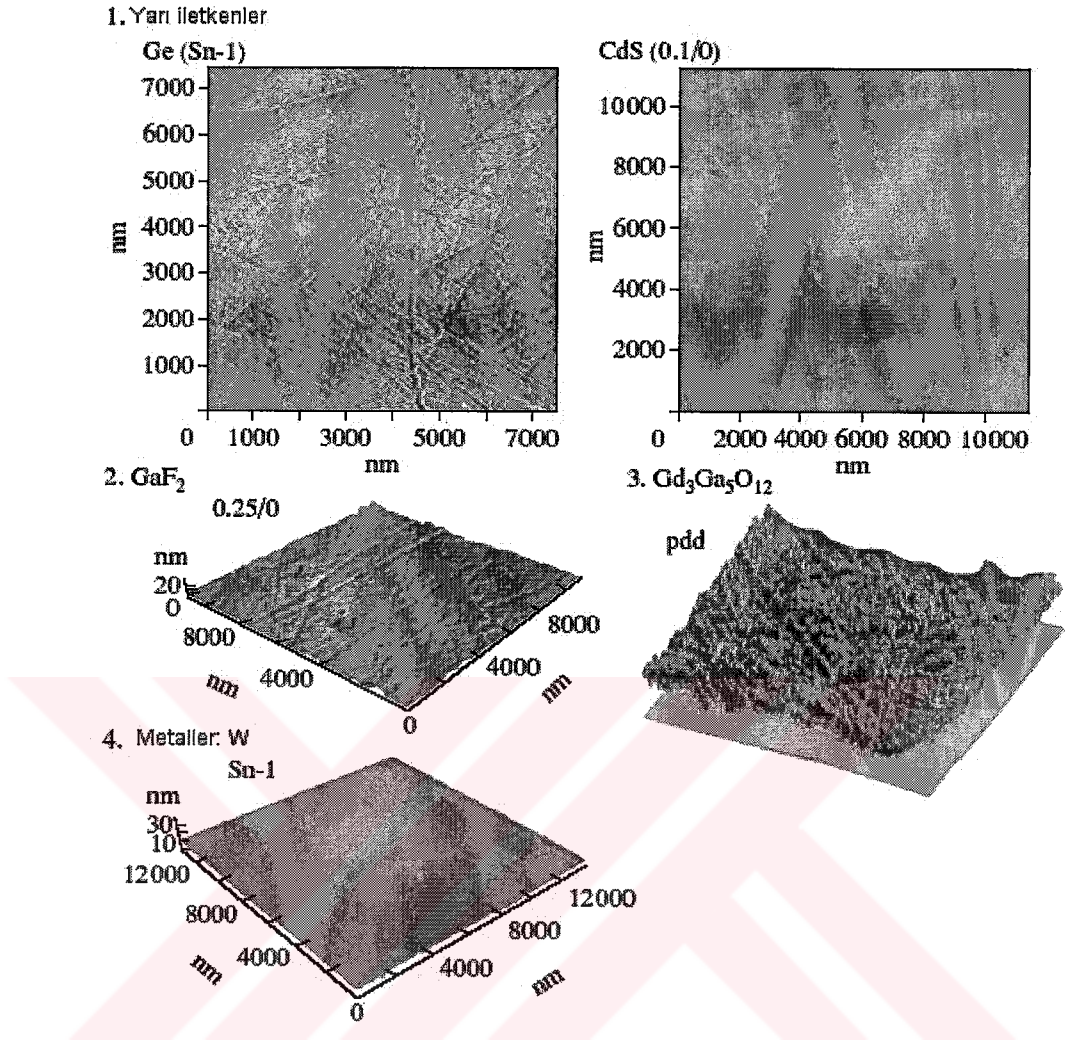


Şekil 1.37. Nano elmas süspansiyon ile parlatılmış malzeme yüzeylerinin AFM görüntüleri [28].

Bütün yüzeylerde derin çiziklere de rastlanmaktadır. Buna rağmen, her durumda elmasın boyutu mikrondan nano boyuta düşerken yüzey pürüzlülüğü de düşmektedir.

1.4.3. Çizmek

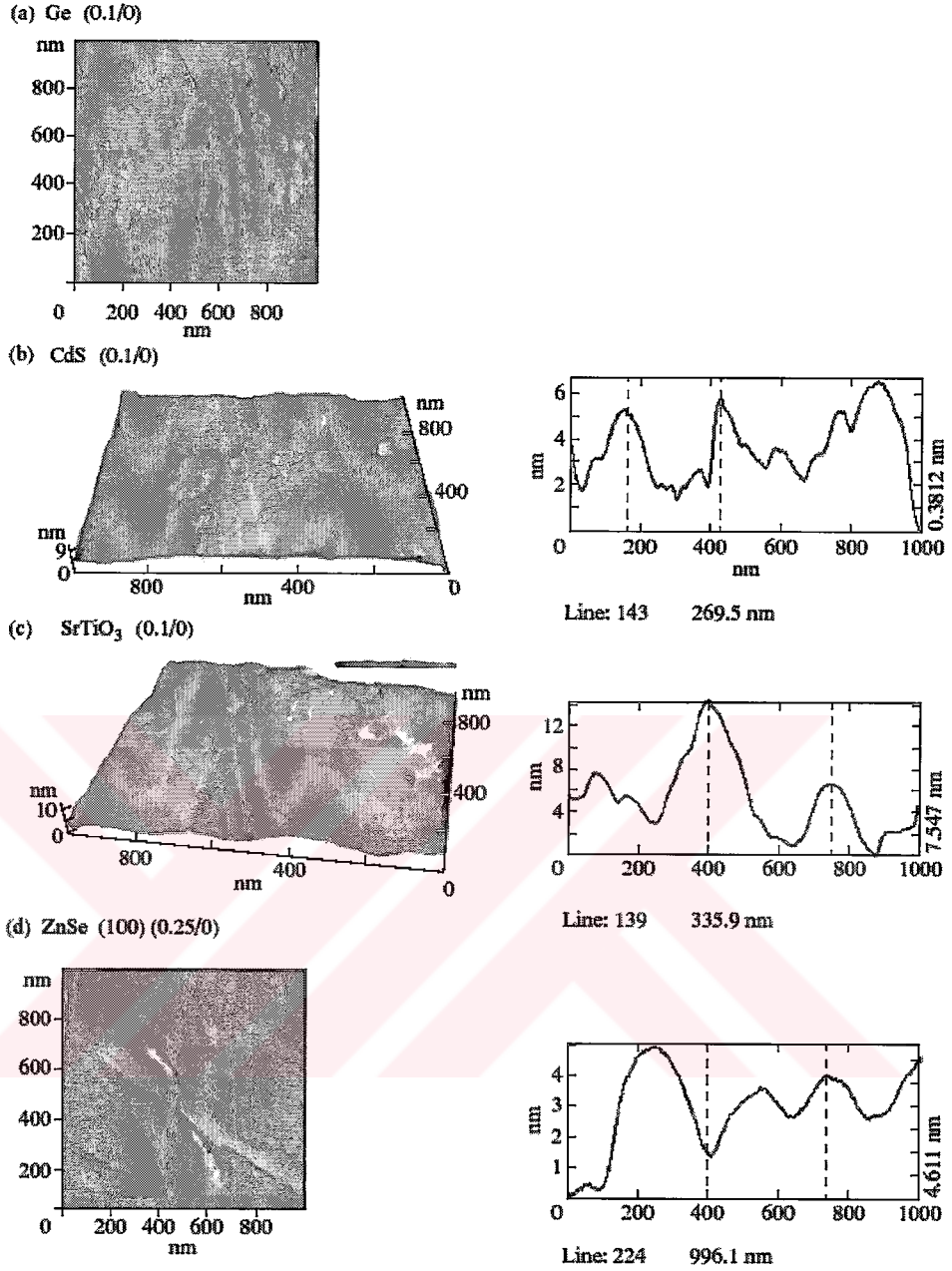
AFM görüntülerin incelenmesi ile malzemelerin sertliği ve diğer özellikleri göz önünde tutulmaksızın, nano boyutlu elmas ile parlatılmaları sonucu yüzeylerinde nano boyutlu çiziklerin oluştuğu görülmektedir (Şekil 1.38) Elmas tane boyutunun düşmesiyle bu çiziklerin boyutu azalmaktadır. Nano elmas ile parlatma sonucu oluşan mikro- ve nano çiziklerin ve nano pürüzlülüğünün giderilmesi, öncelikle topaklanmış partiküller ve topaklanmış partiküllerin ayrışması sonucu oluşan partiküller ile gerçekleşmektedir.



Şekil 1.38. Malzeme yüzeylerinin nötral nano elmas süspansiyon ile parlatılması sonrası yüzeyde görülen nano boyutlu çiziklerin AFM görüntüleri (pdd: toz süspansiyon) [28].

1.4.4. Plastik deformasyon (Akma)

Mikron altı ve nano elmas süspansiyonu ile parlatma sonucu yüzeyde vadiler ile birbirinden ayrılmış yuvarlak tümsekler, engebeler ve düz bölgeler oluşmaktadır (Şekil 1.39). Oluşan bu profil karakteristik keskin pürüzlülük dalgalanması içermemektedir. Aksine birkaç nano metreden birkaç yüz nano metre arasında değişen mikron altı dalga boyundaki dalgalara benzemektedir.

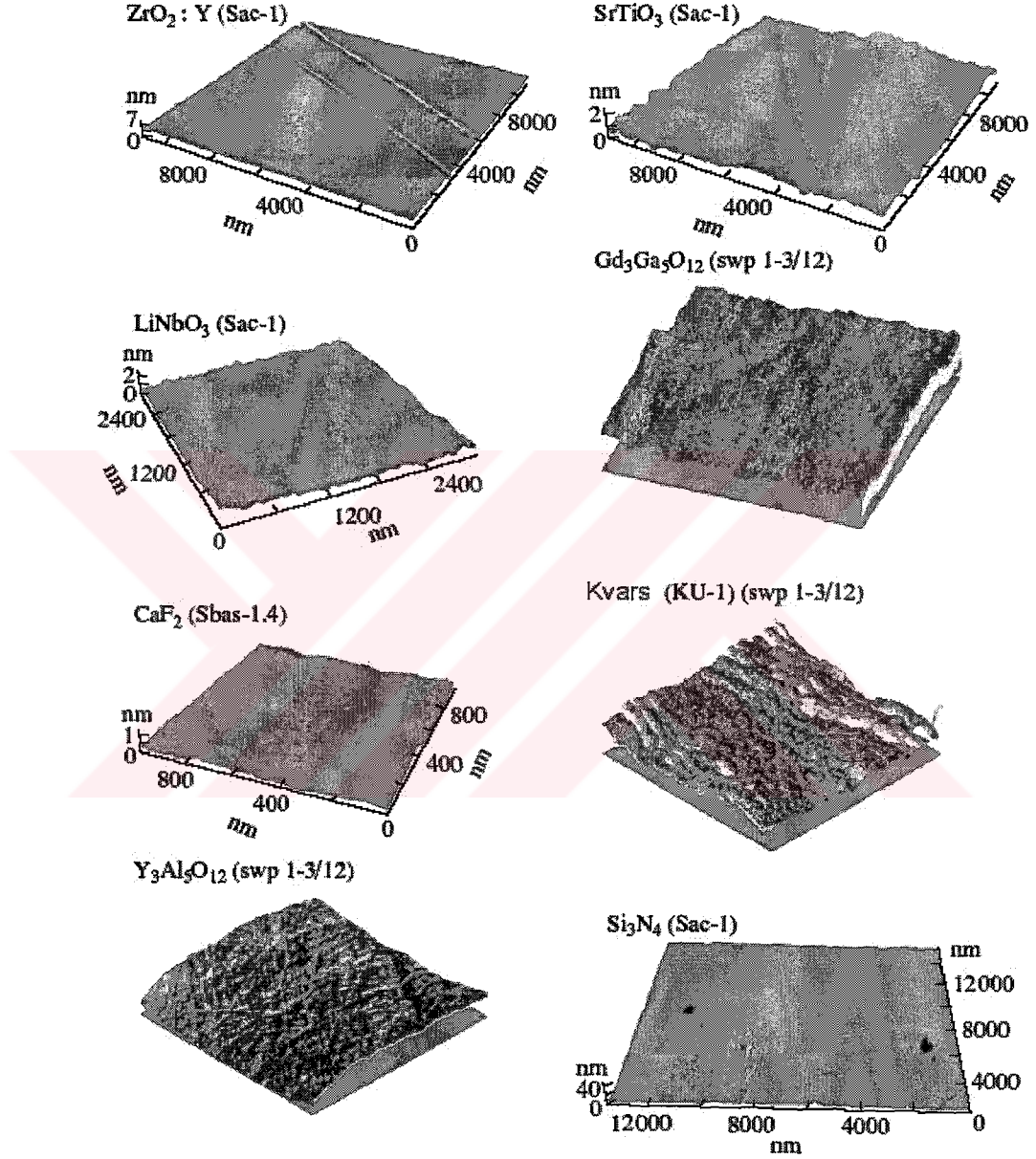


Şekil 1.39. Ultra ince dağıtılmış elmas (UDD) süspansiyon ile parlatılmış malzeme yüzeylerinde plastik akışın AFM görüntüleri [28].

Rölyefdeki spesifik oluşumlar, kristaldeki yüzey tabakalarının plastik akması ile açıklanabilir: bunun nedeni yüksek bölgesel sıcaklıklardır. Yüksek sıcaklık bölgeleri temas yörelerindeki yetersiz ısı çekişi sonucu oluşmaktadır. Bu, J. Ida'nın öne sürdüğü hipoteze dayanmaktadır [28, 29]. Burada mikroskobik abrazif parlatma sırasında dislokasyonlar oluşmaktadır. Bu durumda bölgesel sıcaklıklar plastik akma için gereken değere kadar çıkmaktadır (örneğin Ge için 500 °C, Si için 700 °C).

1.4.5. Kimyasal-mekanik parlatma

Şekil 1.40 de, bazı malzemelerin nano elmas ile kimyasal-mekanik parlatılmış yüzeylerini göstermektedir.

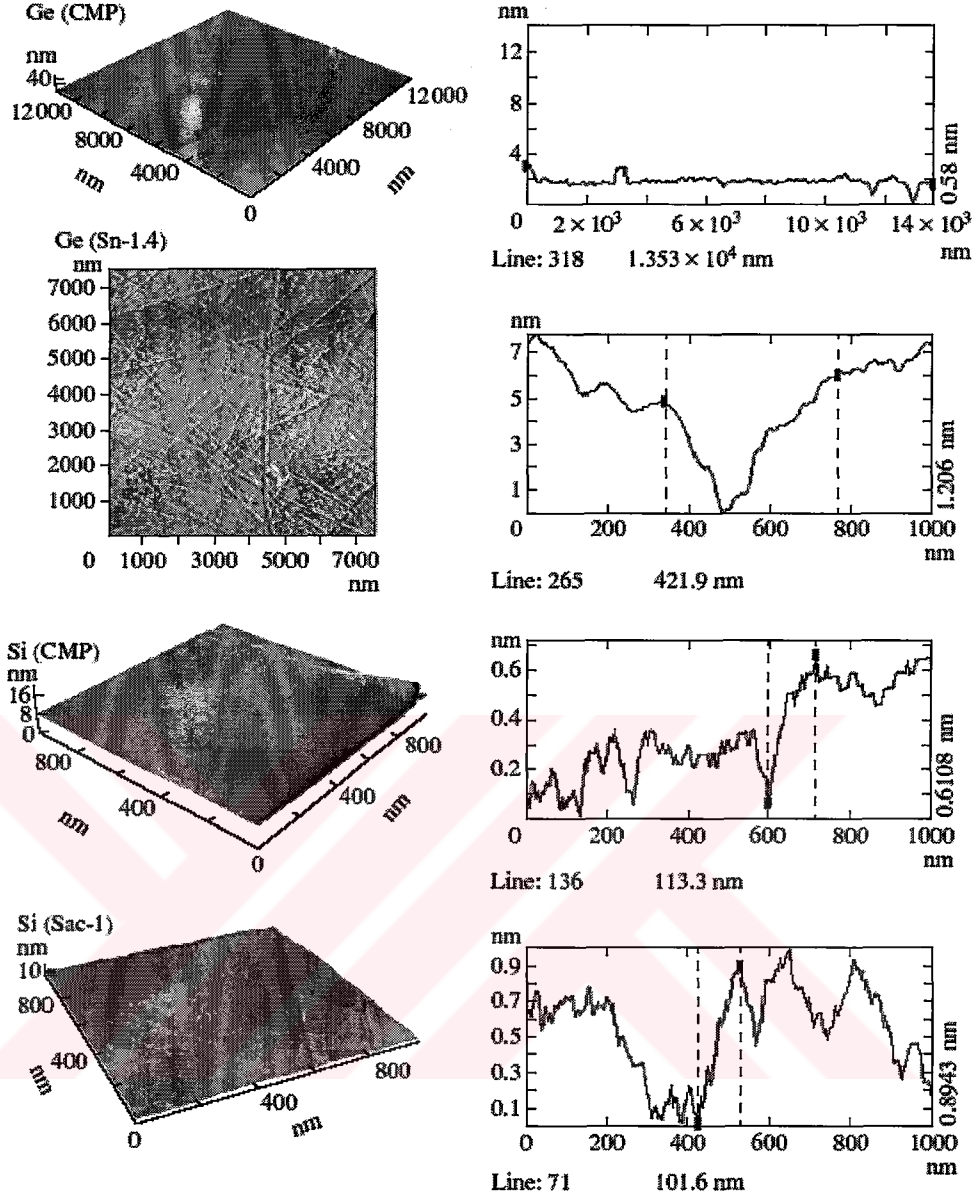


Şekil 1.40. Kimyasal aktiveştirilmiş nano elmas süspansiyon ile kimyasal-mekanik olarak parlatılmış malzeme yüzeylerinin AFM görüntüleri [28]; Sac-1: tozun asidik sulu süspansiyon, Sbas-1.4: ağırlıkça%8 lik sulu süspansiyonun alkali sulu süspansiyonu, swp 1-3/12: kompakt agragatların (topakların) süspansiyonu.

Görüldüğü gibi, burada yüzey rölyefi nano boyutlu elmas ile mekanik olarak parlatılan yüzeyler göre oldukça daha küçüktür. Nano elmas ile yüzeyde oluşturulan geniş çiziklerin giderilmesi zordur ve bunların giderilmesi sırasında yeni çizikler oluşmaktadır. İlgili kimyasal dağılayıcı ile nano elmas süspansiyonun birlikte kullanılması sonucu etkinin karakteri mekanikten kimyasal-mekaniğe doğru değişmektedir. Kimyasal-mekanik işlemler, malzemenin spesifik yüzeyinde artışlara neden olmaktadır (ortalama pürüzlülük düşmekte ve tüm alanda tekdüzelik artmaktadır). Yüzey pürüzlülüğünün, aşınma sonucu oluşan nano boyutlu mekanik ve kimyasal ürünleri anlamında düşmesi ve oluşan yapısal bozukluklarının çözünmesi sonucu elastik deformasyondaki artış oranı işlemi kuvvetlendirmektedir. En önemlisi kimyasal çözünme için gereken sıcaklığı düşürmektedir.

1.4.6. Katı partiküllerinin topaklanma konumunun etkisi

Şekil 1.41 de elde edilen sonuçlar, modern parlatmada en önemli soruyu yanıtlamaktadır: mükemmel bir yüzey için katı elmas partiküllerin tane boyutu mu yoksa topaklanma konumundaki boyutu mu önemlidir? Geometrik açıdan iki proses karşılaştırıldığında her ikisinin pürüzlülük mutlak değeri arasında hiçbir fark görülmemektedir. Amorf küresel partiküller ile kolloidal-kimyasal parlatmaya göre kararlı nano elmas süspansiyon kullanıldığında nano çiziklerin sayısı ve pürüzlülüğün düzensizliği (kararsızlığı) biraz daha fazladır. Yapısal açıdan bakıldığında, sadece nano- ve mikro çiziklenme (h_{maks} ve l cinsinden karakterize edilmiştir) prosesi için bir sonuç belirlenebilmektedir. Nano elmas ile parlatılmış ince yüzeylerin yapısının modern deneysel teknikler kullanılarak incelenmesi gerekmektedir. Ancak nano-indentasyon sonuçları esasına dayanarak dislokasyon mekanizmasının kütle transfer prosesine katkısının azaldığı söylenebilir. Nano elmas süspansiyon ile parlatmanın aksine aynı boyuttaki amorf partiküller ile kimyasal-mekanik parlatmada makroskopik kusur (çizik) ve yüzey tabakasında dislokasyonların oluşmadığı açıkça görülmektedir.



Şekil 1.41. Katı nano partiküllerinin topkalanmış hallerinin Ge ve Si un yapı ve yüzey rölyefleri üzerine etkisi [28].

İlgili çalışmada nano elmas ile elde edilen ideal koşullar aşağıda verilmiştir:

1. parlatma işlemi ile kontrol ederek nano elmasların boyutları dikkatli sınıflandırılmalıdır (10 nm ye kadar, 10-50 nm gibi).
2. en iyi parlatma bileşimi nano elmasın sulu süspansiyon şeklinde kullanılmalıdır.
3. nano elmasın yüzey ve fiziko-kimyasal özellikleri her bir yeni parlatma işleminde aynı olmalıdır (yani elmasın kırılması sonucu yeni keskin yüzeyler oluşmalıdır).

4. yüzeyde herhangi bir kirliliğe neden olmamak için nano elmas kimyasal safsızlıklar içermemelidir (özellikle mikro elektronik malzemelerinin parlatılmasında).
5. Nano elmaslarının maliyeti, uygun koşullarda üretilen mikron toz ve pastalarının maliyeti ile karşılaştırılabilir olmalıdır.

Nano elmaslar ile parlatma (örneğin silisyumlu mikro elektronikler, opto elektronikler, akustik elektronikler, hassas cihaz mühendisliğinde kullanılan diğer malzemelerde) yüksek hassasiyet isteyen metal işlemlerinde gelecek vaat etmektedir.

1.5. Uygulama Örnekleri

1.5.1. Çeliklerde parlatma

Parlatma işlemi, çeşitli parlatma kademeleri içerir. Her kademedede, bir evvelki kademedede kullanılan aşındırıcılardan daha ince aşındırıcı kullanılır ve böylece her kademenin numune yüzeyinde yarattığı deformasyon ve çizik minimuma indirilir. Numunelerin parlatılmasındaki başarı, parlatılacak malzemeye uygun yöntem ve aşındırıcının seçimine bağlıdır.

Çelikler, üretimleri sonucu yüzdürülemiyen ve böylece cürufa alınamayıp malzeme içinde kalan metalik olmayan kalıntılar da içerir. Bu kalıntıların genelde ısıl genleşme katsayıları çeliğe göre farklıdır. Bu nedenle ısıl genleşme katsayısı çelik matriksinden daha yüksek olan ve bunun sonucu olarak oda sıcaklığında çelikle bağlantısı çok zayıf olan kalıntılar (örneğin MnS) ile ısıl genleşme katsayısı çelik matriksinden daha düşük olan ve böylece çelik matrikse basma gerilmesi uygulayan kalıntılara (örneğin Al-oksit) kadar matriks içi davranışı değişik olacak birçok metalik olmayan kalıntı görülür. Böylece elmasın çok sert veya yumuşak ve sert fazı bir arada içeren (örneğin kalıntı faz bulunan) numunelerin parlatılmasında kaba zımparalamadan sonra kullanılması kısa zamanda çok başarılı neticeler vermektedir. Bu tür numuneler normal yöntemlerle parlatıldığında parlatma süreci çok uzamakta ve bu da özellikle kalıntı fazın dökülmesine neden olmaktadır. Elmasla parlatmanın

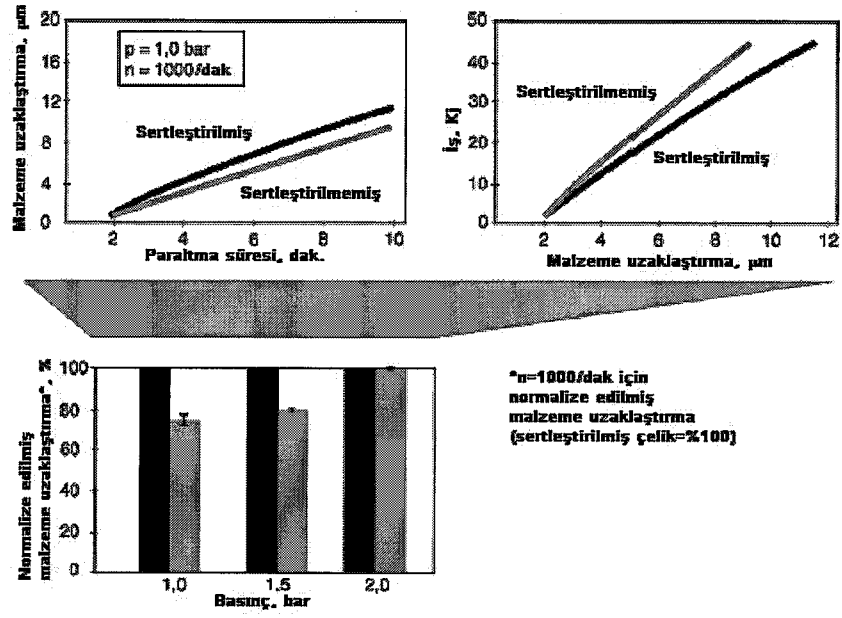
diğer bir üstünlüğü de parlatma süresi kısaldığından numune yüzeyinde meydana gelen deformasyon tabakasının minimuma inmesidir [30].

1.5.1.1. Sertleştirilmiş ve sertleştirilmemiş çeliklerin parlatılması

X38CrMoV51 tipi sıcak iş takım çeliğinin (Alman çelik normu malzeme no.su: 1.2343) yüzeyinden malzeme uzaklaştırma karakteristiği sertleştirilmiş (HRC \cong 50) ve sertleştirilmemiş (HRC < 30) konumlarda incelenmiştir. Sertleştirilmemiş konumda çelik mikroyapısı ince karbür içeren ferritten oluşurken sertleştirilmiş çelik mikroyapısı temperlenmiş martenzit olarak verilmiştir.

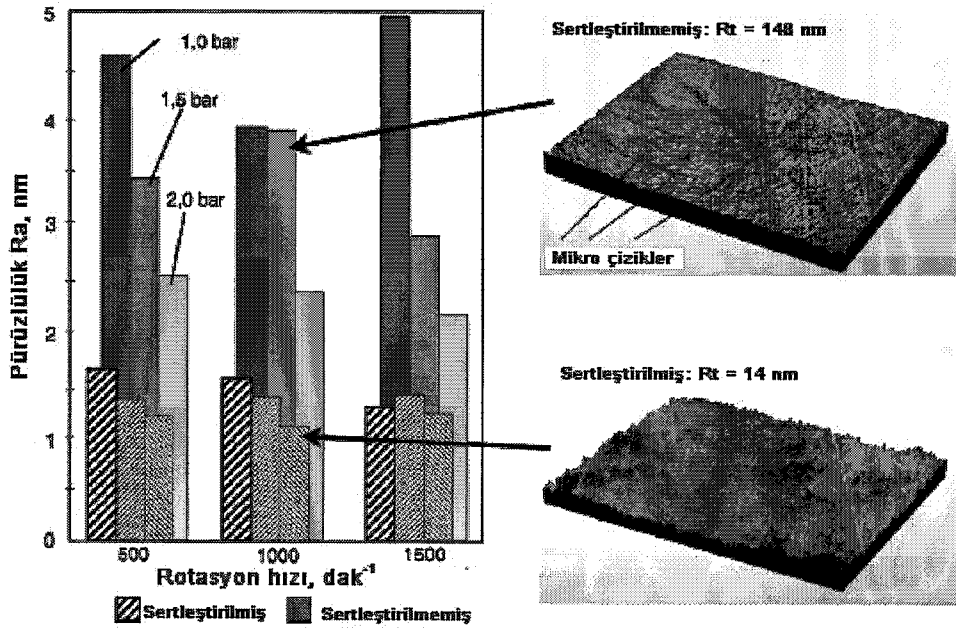
Küresel lenslerin parlatılmaları için uygun bir cihazda yapılan parlatma çalışmalarında işlem türü senkronize-hız teorisine dayanmakta ve bunun sonucu olarak numune ve takım hemen hemen aynı açısal hızda aynı yönde dönmektedir. Malzeme uzaklaştırmanın bağıl hız ve uygulanan basınç ile doğru orantılı olduğunu savunan Preston hipotezine göre malzeme uzaklaştırma numunenin tüm yüzeyinde sabit olmalıdır [16, 20]. Parlatma sıvısı olarak polikristalin elmas içeren su-glikol (65/35 oranında) bileşimi kullanılmıştır. Elmasların tane boyutu 2-4 μ m aralığındadır. Konsantrasyonu litre başına 50 karattır (10 g/l). Parlatma çuhası olarak poliüretan köpük kullanılmıştır. Her iki çeliğin parlatma öncesi yüzey kalitesi eşdeğerdir (yüzey pürüzlülüğü: Ra = 0.16 μ m ve yaklaşık Rt = 1.0 μ m).

Uygulamada en merak edilen parametre olan malzeme uzaklaştırma, zaman ve basıncın bir fonksiyonu ve parlatma işi ile ilişkisi Şekil 1.42 de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi sertleştirilmiş çelikte malzeme (talaş) uzaklaştırma hızı, sertleştirilmemiş çeliğe göre daha yüksektir. Bu nedenle burda incelenen prostepte abrazif aşınmanın malzeme uzaklaştırmaya neden olan tek mekanizma olmadığı ve başka etkileşimler meydana gelmiş olabileceği varsayılır. Ayrıca elde edilen farklı malzeme uzaklaştırma hızları enerji girişini etkilemektedir. Şekilden sertleştirilmemiş çelikte malzeme uzaklaştırmanın sertleştirilmiş çeliğe göre daha fazla enerji (iş) gerektirdiği görülmektedir.



Şekil 1.42. Her iki sıcak iş takım çeliğinin uzaklaştırma davranışı [16].

Ayrıca Şekil 1.42, malzeme uzaklaştırmadaki farkın proses parametrelerinin, özellikle basıncın bir fonksiyonu olduğunu göstermektedir. Parlatma işleminde basınç arttıkça her iki çelik tipindeki malzemede uzaklaştırma hızı değerleri birbirine yaklaşmaktadır. Öte yandan, dönme hızının etkisi basıncın etkisi kadar belirleyici değildir.

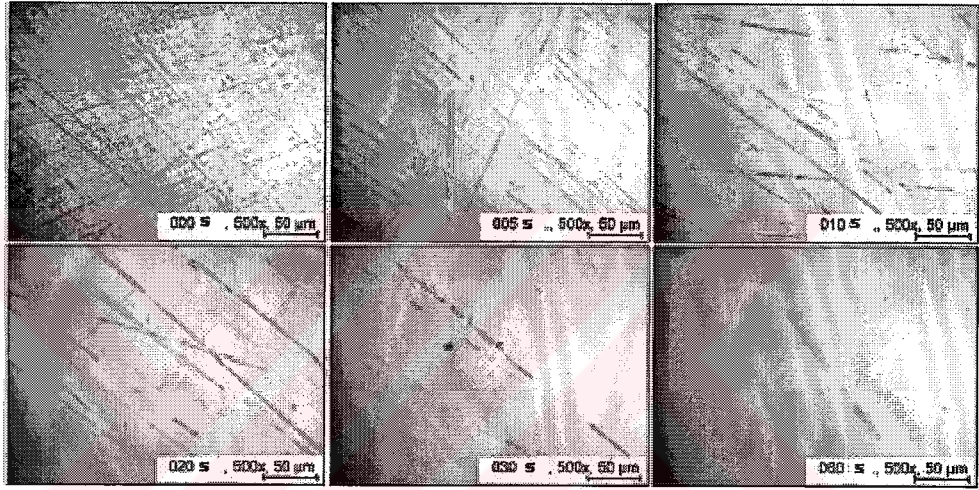
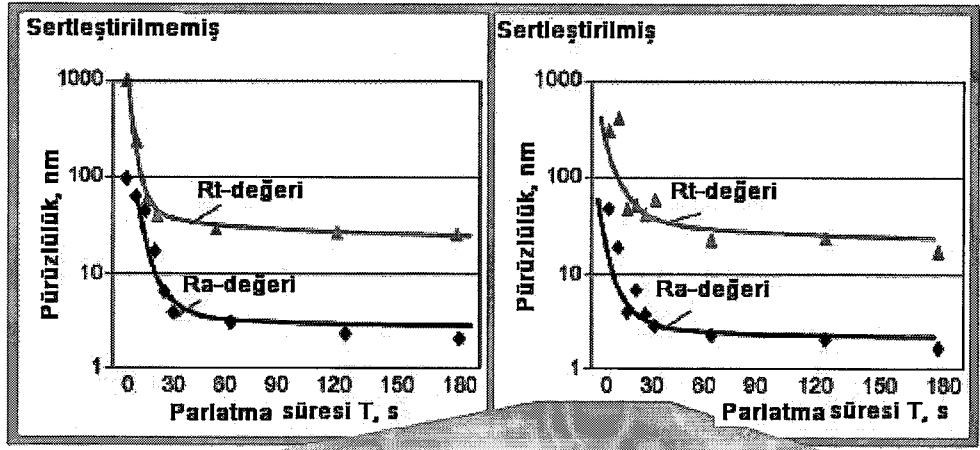


Şekil 1.43. Proses parametrelerinin yüzey kalitesine etkisi [16].

Giriş parametrelerinin çeşitliliği, elde edilebilecek yüzey kalitesini etkilemektedir (Şekil 1.43). Yüksek basıncın daha düşük pürüzlülük değerleri sağladığı gözle görülür niteliktedir. Bu gerçek sertleştirilmemiş malzemede daha güçlü olarak ortaya çıkar. 2 bar'lık parlatma basıncı ile sertleştirilmemiş çelik ile ulaşılabilecek Ra-değerleri, hemen hemen sertleştirilmiş çelik ile elde edilecek seviyededir. Daha düşük basınçlar kötü yüzey kalitesine neden olur. Bu tür davranış nedeni sertleştirilmemiş çeliğin parlatma işleminde çok daha yüksek derecede oluşan mikro-sabanlamadır (vadi oluşumu). Bu mikro-saban izleri özellikle bir kat daha yüksek olan Rt-değerlerini etkilemektedir. Sertleştirilmemiş çelikte yüzey ilk önce deforme olur ve sıvanırken sertleştirilmiş çelikte daha çok abrazif olarak aşınmaktadır. Bu sonuca dayanarak, daha yüksek basınçların daha fazla abrazif aşınmaya neden olduğu varsayılmaktadır. Bu nedenle mikro-sabanlama önlenmiş olur. Bunun sonucu olarak malzeme uzaklaştırma gibi yüzey kalitesi de yüksek parlatma basınçlarında her iki malzeme için birbirine benzer.

Parlatma işleminin ilk saniyelerinin incelenmesi, yüzeyin gelişimini gözlemek açısından önemlidir. Başlangıçta, numune yüzeyi zımparalama kademesinden kalan birçok çizikler ve sabanlama (vadi) izleri içermektedir. Bu çizikler nedeniyle yüzey, yüksek spotlar (maksimumlar, tepeler) içeren düzensiz bir topografiye sahip olmaktadır. Parlatma süresini uzatarak yüzey parlayana kadar pürüzlülük pikleri (maksimumlar) sürekli olarak kaldırılmaktadır. Bu işlemden sonra yüzey topografisi artık değiştirilmemektedir, çünkü yüksek spotların hepsi kaldırılmış olacaktır.

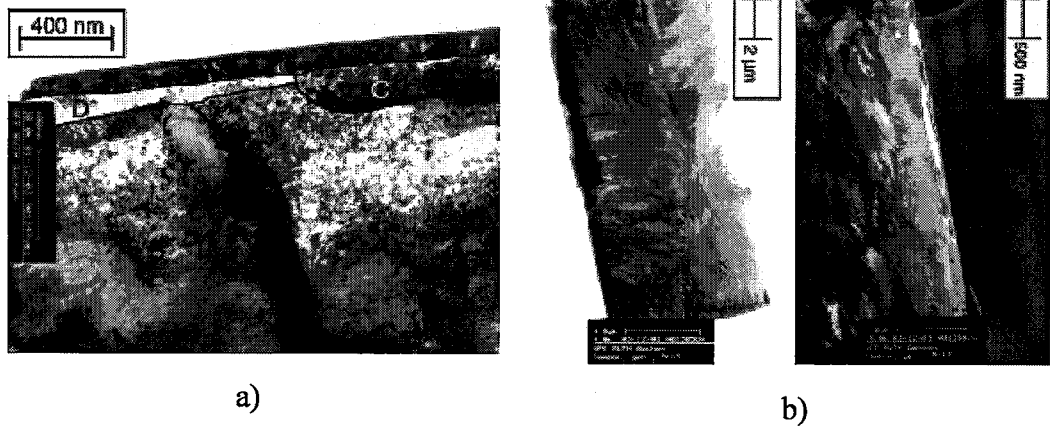
Şekil 1.44'da ışık mikroskop görüntülerinden görüldüğü gibi, zımparalama işleminde oluşturulan pürüzlülük pikleri (Şekil 1.44, sol üstte) parlatma kademesinin ilk saniyelerinde düzleştirilmiş veya kaldırılmıştır. 60 saniye sonra, tamamen parlatılmış bir yüzey elde edilebilmektedir. Ancak açıkça görüldüğü gibi bu konumda malzeme uzaklaştırmanın yeterli gelmediği, hala birkaç derin vadi görülmesinden anlaşılmaktadır. Sertleştirilmemiş malzemenin parlatılması esnasında, yüzeyin gelişimi kalitatif olarak mukayese edilir derecededir.



Şekil 1.44. Adım adım parlatma sırasında yüzey topografinin gelişimi [16].

Işık mikroskobu görüntülerinden elde edilen kalitatif izlenim kantitatif olarak da ispatlanabilir. Şekil 1.44'deki eğriler, parlatma kademesinin ilk saniyelerinde gerçekleşen pürüzlülük değerlerindeki hızlı düşüşü açıkça göstermektedir. Sertleştirilmiş ve sertleştirilmemiş her iki çelik için Ra-değerleri 20-30 saniye sonra 10 nm'nin altına düşmektedir. Bundan başka bir önceki zımparalama kademesinden kalan en derin saban izlerinin ihmal edilmesi ile birlikte pürüzlülük değerlerinde artık bir düşme görülememektedir. Başka bir deyişle, yüzeye yakın bölgelerin artarak deforme olduğu söylenebilir.

Parlatma mekanizmalarını açıklayabilmek için gerekli ayırma gücüne sahip transmisyon elektron mikroskobu (TEM) ile incelemeler yapılmıştır. TEM analizleri, mikro çatlakların karakterizasyonu ve plastik deformasyon işlemlerin teşhisi için uygundur.



Şekil 1.45. Sertleştirilmemiş (a) ve sertleştirilmiş (b) çeliğin yüzey deformasyonları [16].

1.5.1.2. Sertleştirilmemiş malzeme

Şekil 1.45a'da sertleştirilmemiş malzemeye ait yüzeye yakın bölge tanımlanmıştır. Daha büyük taneler "A" ve "B" ana malzemeyi göstermektedir. Tanenin birisinin boyutu 400 nm'den büyüktür. Bunun üzerinde (aynı görüntüde) daha uzun ve ince olan "C" ve "D" taneleri bulunmaktadır. İnce ve uzun olmaları yüksek plastik deformasyondan geçtiklerinin bir kanıtıdır. Aşındırıcı tanelerin parlatma hareketinden sonra arayüzey tabakasının hemen yanında plastik deforme olmuş bir tabaka beklenmelidir. C tanesindeki karanlık alanlar yüksek dislokasyon yoğunluklarına sahip bölgeleri temsil etmektedir (deforme olmuş alanlar).

1.5.1.3. Sertleştirilmiş malzeme

Şekil 1.45b'de sertleştirilmiş malzemedan alınmış iki görüntüyü ve sertleştirilme işleminden sonra oluşan iğnesel-taneli martenzitik yapısını göstermektedir. Sertleştirilmemiş malzemenin görüntülerinin aksine sertleştirilmiş malzemenin yüzeye yakın sınır tabakası ve ana malzeme arasında hiçbir fark görülmemektedir. Fakat bazı tanelerde plastik deformasyon gözlemlenebilmektedir. Şekilde sağ görüntüde beyaz kontrastlı alan uzun ve ince şekilli bir tane (deforme olmuş) göstermektedir.

TEM görüntüleri ile yapılan karşılaştırmada, sertleştirilmemiş malzeme yüzeyde oldukça yoğun bir deformasyon (yüksek dislokasyon yoğunluğu) gösterirken sertleştirilmiş malzemenin yüzeye yakın bölgesinde plastifikasyonun çok küçük derecede gerçekleştiği görülmektedir.

1.5.1.4. Çeliklerin parlatılmasında yüzeysel değişim

Şekil 1.42’de verilen malzeme uzaklaştırma diyagramları, sertleştirilmiş malzemede daha yüksek uzaklaştırma hızlarının elde edildiğinin göstermektedir. Yüksek sertlik genelde abrazif aşınmaya karşı daha yüksek direnç sağladığı için parlatma işlemi sırasında büyük ölçüdeki etkileşim, sınır tabaka ve hemen altında bulunan alt yüzeyinde gerçekleşmektedir. Bu yüzeylerin malzeme özellikleri bunların ana malzemesinden farklıdır. Bunun yanında parlatılmış numunelerde Ra-değerleri ve özellikle Rt-değerleri ilgili sertleştirilmiş malzemede daha düşüktür. Her iki çelik tipindeki bu farklı davranışının nedeni, yumuşak ve sünek malzemelerde gerçekleşen plastifikasyonun miktarı, gevrek (sertleştirilmiş) malzemelere göre daha yüksektir. Bu, sertleştirilmemiş yüzeyin mikro abrazif aşınma veya mikro talaş almaya göre daha fazla mikro sabanlamaya neden olmasıdır. Her ne kadar bu uzaklaştırma mekanizması tam olarak anlaşılammışsa da yüzeye yakın bölgenin bu tür deformasyona girmesi için enerjiye gerek duyulduğu varsayılmaktadır. O zaman malzeme uzaklaştırmak için enerji kalmamaktadır. Sonuç olarak yumuşak (sertleştirilmemiş) malzemede malzeme uzaklaştırma hızı sertleştirilmiş göre daha düşüktür. Ayrıca parlatma basıncının artırılması ile her iki tip çelikte de benzer malzeme uzaklaştırma hızı ve yüzey kalitesine ulaşılmasının nedeni, basıncın artması ile enerji yoğunluğunun da artması gerekçesinde yatmaktadır. Böylece oluşan fazla enerji yüzeyin mikro aşınması için kullanılabilir.

Parlatma kalitesini belirleyen pürüzlülük değerlerindeki düşüşün parlatmanın hemen başlangıcında gerçekleştiğini görmüştük. Bundan sonraki parlatma işlemi yüzey topografisini belirgin bir şekilde değiştirmemektedir, fakat bir önceki zımparalama kademelerinden kalan saban izlerini saklamaktadır. Buna ilaveten, parlatma işlemi sırasında hem aşınmanın hem de plastik deformasyonun gerçekleştiği söylenebilir. Sırasıyla sertleştirilmemiş ve sertleştirilmiş malzeme yüzeyleri parlatma sonrası üzerlerinde bir malzeme akışını göstermektedir.

Elmas ile parlatılan metallerde ağırlıkla abrazif aşınmanın malzeme uzaklaştırma mekanizması olarak etkin olduğunu kanıtlamaktadır. Bu işlem için plastik deformasyonun sayısal değeri tam olarak açıklanamamaktadır, fakat önceden de değinildiği gibi plastik deformasyon için enerji gerekmektedir ve malzeme uzaklaştırma için arta kalmamaktadır.

Parlatmada aşındırıcı tane ile numune yüzeyi arasında gerçekleşen etkileşimi daha iyi anlayabilmek için yapılan TEM-analizinde ilgili arayüzey tabakası ve alt yüzey bölgesi ile ilgili olarak, sertleştirilmemiş ve sertleştirilmiş malzeme arasında büyük farklılıklar görülmüştür. Sertleştirilmemiş çelik açısından incelendiğinde yüzeye yakın bölgelerde iki zon belirlenmektedir:

1. Ana zon:

Bu bölgede, herbir tane büyük ve açıkça belirlenebilmektedir. Parlatma işleminin hiçbir etkisi gözlenemez. Bu nedenle kafes yapısının yanında tane hacmi aynı kalmaktadır.

2. Deformasyona uğramış tabaka:

Bu tabakanın taneleri şiddetli bir şekilde deforme olmuştur. Bunlar uzun ve incedir (yaklaşık 200 nm kalınlığında). Hacimleri ana malzemede bulunan tanelerin hacminden oldukça küçüktür. Ayrıca bu bölgede dislokasyon yoğunluğu çok yüksektir.

Sertleştirilmiş malzemede böyle açık bir fark gözlenememiştir. Yüzeye yakın bölgede gözlenen deforme olmuş bazı taneler dışında sertleştirilmemiş çelikte gözlenen iyi tanımlanmış bir sınır tabakası burada görülmemiştir. Martenzitik çeliğin deformasyonu söz konusu olmadığından bu deforme olmuş tanelerin kalıntı östenit olabileceği varsayılabilir.

Alt yüzeyin yüksek tribolojik gerilim altındaki deformasyonu birçok araştırmacı tarafından görülmüştür. Rooch ve arkadaşları tren raylarında oluşan beyaz tabakaların oluşumunu incelemişlerdir [16, 31]. Sınır tabakada nano-taneli martenzitik bir yapı ve bu tabakayı takip eden paralel, şiddetli deforme olmuş, uzun ve ince taneler içeren bir bölge tespit etmişlerdir. Burada yüzeye yakın bölgedeki martenzit oluşumunun iki farklı mekanizması incelenmiştir. Birincisi yüzeye yakın

bölgede malzemenin ergimesi ve müteakiben hızlı soğuması sonucu martenzitin oluşumudur. Malzemenin ergimesi için gereken sıcaklık, sıcak-spot noktalar ile oluşturulmaktadır. Bu spot noktaların parlama sıcaklıkları östenit sıcaklığının üzerine çıkmaktadır. Diğer olası mekanizma ise yüksek kayma gerilmesi sonucu martenzitin oluşmasıdır. Burada sementit lamelleri çözünmekte ve karbonca aşırı doymuş bir α -demir katı ergiyiği oluşmaktadır; bu da çok serttir. Zum Gahr ve arkadaşları, kayma teması üzerinde olan kendinden yağlamalı çelik yüzeylerindeki beyaz tabakalarının oluşumunu incelemişlerdir [16, 32]. Ancak mikroyapısal değişim için yeterli yükseklikte sıcaklıkların oluşmaması sonucu mikroyapısal değişime devreye giren mekanik gerilmeler neden olmaktadır.

Giriş bölümünde de bahsedildiği gibi Beilby, parlatma işlemi esnasında pürüzlülük piklerinin plastik deformasyona uğrayarak bir amorf yapı oluştuğunu belirtmişti. Daha sonra bu teori Bowden ve Tabor tarafından geliştirilmiştir. Onlara göre parlatma aşındırıcı tanelerinin numune yüzeydeki hareket ve yüksek bölgesel basınçtan dolayı pürüzlülük pikleri ergimektedir. Fakat gözlenen (deformasyona uğramış) tanelerin çok büyük olması nedeniyle yüzey tabakasında ergimenin söz konusu olamayacağını TEM-analizi açıkça göstermektedir. Umamoto ve arkadaşları [16, 25, 33-35], Fecht ve arkadaşlarının [16, 36-38] incelediği, ince-taneli hatta nano-taneli yapıların oluşması için diğer bir mekanizma yüksek mekanik gerilimin yaratılmasıdır. Buna rağmen nano-taneli mikroyapının oluşumu hala tam olarak anlaşılmamıştır. Bu oluşum için gerekli koşullardan birisinin şiddetli plastik deformasyonun olmasıdır. Deformasyonun doğası basmadan kaymaya ve çekmeye değişmektedir. Bu kompleks deformasyon durumu, yüksek dislokasyon yoğunluğu ve dislokasyon hücreleri içeren bölgelerin oluşumuna neden olmaktadır. Bir kere kritik dislokasyon yoğunluğuna erişildiğinde taneler boyutları nanometreyi bulan alt tanelere dönüşmektedir. Bu kritik dislokasyon yoğunluğuna ulaşmak için yüksek gerinme hızlarına gerek duyulmaktadır. Gerinme hızı arttıkça dislokasyon hücre boyutu düşmekte ve yüksek disoryente olmuş (hatalı yönlendirilmiş) hücreler yaratılmaktadır. Bilye yuvalarında nano taneli yapıların oluşumunu inceleyen Liu ve arkadaşları, çarpışma noktalarındaki gerinme hızını 10^4 s^{-1} olarak belirlemişlerdir [16, 36]. Ayrıca lokal yüksek gerinme hızlarının sıcaklık artışına neden oldukları varsayılmıştır. Bu teoriler, sınır tabakadaki tane sınırlarını nano-boyutlu tane

sınırlarına dönüştüren dinamik toparlanma ve rekristalizasyon olayını desteklemektedir. Bu nedenle nano-taneli malzemeler yüksek dislokasyon yoğunluğu ve yüksek sertliğe sahip malzemeler olarak karakterize edilmektedir. Bu özellikler martenzitik yapıların sahip oldukları özellikler ile aynı, sadece farklı büyüklüktedir.

Burada incelen parlatma işlemindeki analizler, nano-taneli veya amorf bir yapının oluşmadığını göstermektedir. Bu nedenle ne nano-taneli yapının oluşumu için gerekli yüksek gerinme hızları, ne de yüzeyde bir ergimenin olabilmesi için gereken yüksek sıcaklık oluşmaktadır. Tanelerin boyutu ve lamelli yapı, parlatmada aşındırıcı tane ile numune yüzeyi arasındaki temas bölgesinde basma gerilmeleriyle aynı anda etkiyen (üstüste binen) teğetsel gerilmelerin varolduğu gerçeğini daha çok desteklemektedir. Fakat martenzitik çeliğin durumunda, yine de bir alt yüzeyin plastik deformasyonu teorik olarak mümkün değildir. Bu nedenle parlatma aşındırıcı tanesi, numune yüzeyini öncelikle aşındırıcı doğası ile çizmektedir.

Sertleştirilmemiş malzemede yüzeye yakın bölgenin plastik deformasyonu malzeme uzaklaştırma karakteristiğini büyük ölçüde etkilemektedir. Diyagramlardan da görüldüğü gibi malzeme uzaklaştırma hızı, sertleştirilmemiş malzemede sertleştirilmiş göre daha düşüktür. Bu nedenle yüksek deformasyona uğramış yüzeye yakın bölgenin oluşabilmesi için belli bir miktarda enerjiye gerek duyulmaktadır. Bu enerji parlatma aşındırıcı taneden temas bölgesine aktarılmaktadır. Yüzeye yakın bölgenin deformasyonu için harcanan enerji miktarı arttıkça malzeme uzaklaştırma için harcanabilecek enerji miktarı düşmektedir.

Çelikteki parlatma işleminin öncelikle bir deformasyon prosesi olduğu görülmektedir. Parlatmada aşındırıcı tane malzemenin içine girmekte (batmakta) ve bağıl hızdan dolayı malzeme taşımaktadır. Bu deformasyon bu bölgede lokal sertleşmeye neden olmaktadır. Bir kere malzemenin maksimum şekil değiştirilebilirliğine (plastik deformasyon yeteneğine) ulaşıldığında malzeme talaş halinde yüzeyden kaldırılmaktadır (kesilerek koparılmaktadır). Yüksek dislokasyon yoğunluğundan dolayı martenzitik (sertleştirilmiş) çelikte sertleşme yüksek olasılıkla söz konusu olmadığı için bu tip çeliklerde malzemenin kesilmesi aniden (birden) olmaktadır. Bu nedenle plastik deformasyon derecesi, malzeme uzaklaştırmayı etkilediği gibi nihai yüzey kalitesini de etkilemektedir.

1.5.2. Mermerlerde parlatma

Mermer plakalarının silim hatlarındaki aşındırma ve parlatılması işlemlerinde, aşındırıcı olarak isimlendirilen sert bir malzeme veya sert bir parçacığın, mermer yüzeyini çizerek veya kazıyarak parça koparması (abrazif aşınma) ve birim yüzey alanının pürüzsüz bir satıh alanına dönüştürülmesi prensibi uygulanmaktadır. Bu aşınma işlemine, yüzey pürüzlülüğü giderilinceye kadar kararlı bir şekilde devam edilmektedir.

Silinecek malzemenin cinsi, sertliği, silim makinesinin tipi, istenilen silim aktivitesi ve -klimatizasyonun olmadığı şartlarda üretim yapıldığında- istenilen parlaklık seviyesi bu farklılaşmada önemli rol oynamaktadır. Mermerlerin sertlikleri farklı olduğu gibi mermer aşındırıcılar da kendi içerisinde sertlik bakımından farklı olacaktır.

Aşındırıcı seçiminde sertlik derecesi, kristal yapısı, kırılma ve silinecek malzemenin cinsi büyük önem taşımaktadır. Belli başlı aşındırıcılar olarak elmas, SiC, Al₂O₃, bor nitrid, kuvars sayılabilir. Bunlardan en çok kullanılan silisyum karbürün tane şekli üçgen prizma şeklinde olup, köreldikçe kolay kırılmakta, böylece keskin yeni uçlar meydana getirerek aşındırma etkisinin sürekli olmasını sağlamaktadır. Kuvars sert olmakla birlikte iyi bir aşındırıcı değildir. Elmas ise kübik kristalli olup, çok sert olduğundan kolay körelmeyen bir yapıya sahiptir. Aşındırıcı sanayisinde bir devrim yaratan elmas aşındırıcılar bilinen en sert malzemedir. Elmas aşındırıcılar çok daha pahalı olmalarına rağmen klasik aşındırıcılardan en az 300 kat daha uzun ömürlüdürler ve silimde sürekliliği sağlamaktadırlar.

1.5.2.1. Mermerlerin parlatılmasında etki faktörleri

Aşındırıcı ve cilalama (not: metalografide parlatma işleminden bahsedilirken mermerlerde aynı işlem -yanlış olarak- cilalama diye adlandırılır) işlemlerine etki eden parametreler, genel olarak beş ana grup altında irdelenebilmektedir:

Kullanılan Makina ile ilgili Faktörler:

- Tipi
- Baskı kuvveti

- Aşındırıcının ve cilaların takıldığı disklerin devirleri
- Kapasitesi
- Gücü ve enerji tüketimi

Aşındırıcı ile ilgili Faktörler:

- Sertliği
- Dayanıklılığı
- Ufalanma yeteneği
- Kırılma tipi
- Ömrü
- Tane boyutu
- Tanelerin matrik içerisinde dağılımı
- Tanelerin matrik ile bağ yapısı

Matriks ile ilgili faktörler

- Basınç ve çekme dayanımları
- Sertliği
- Porozitesi
- Ömrü
- Elastisite özellikleri

Aşındırılan Malzeme ile ilgili Faktörler:

- Sertliği
- Kristal yapısı
- Kimyasal yapısı
- Basınç ve çekme dayanımları
- Kohezyon
- Elastisite özellikleri
- Aşınma kabiliyeti
- Korozyona dayanıklılık

Ekonomik Faktörler:

- Arzulanan yüzey kalitesi (pazar faktörü)
- Birim yüzey alanı başına aşındırma maliyeti

Bilindiği gibi çoğu mermer işleme tesislerinde mermer silim hatlarından silimi yapılarak çıkan mermer plaka ve/veya levhaların, yüzey kalitelerinin direkt olarak belirlenmesine yönelik bir işlem yapılmamaktadır. Burada yalnızca göz ile bir muayene yapılarak silimin kalitesi hakkında genel bir görüş belirtilmektedir. Bu uygulama şeklinin, şüphesiz yanlış algılamalara ve yanlış değerlendirmelere neden olabileceği kaçınılmazdır. Bu bakımdan, silinmiş mermer plakalarının yüzeyi, pürüzlülük ölçümleri veya parlaklık ölçümleri olarak isimlendirilen bir dizi uygulamalardan geçilerek daha optimum değerlendirmelere ulaşılabilmektedir.

Yüzey pürüzlülük ölçüm yöntemi ile mermer plaka yüzey kalitelerinin belirlenmesi, çoğu uygulamalarda sınırlı kullanım olanakları nedeni ile pek pratik olmamaktadır. Bunun yerine, daha pratik bir uygulama şekli olan yüzey parlaklığının ölçülmesi yöntemidir [39, 40].

Yüzey parlaklığının ölçülerek sayısal hale getirilmesinin temel amacı; mermerlerin fiziksel, kimyasal ve mineralojik farklılıklarını göz önünde bulundurarak, cila maddelerinin ve cilalama işlemlerinin geliştirilmesine olanak sağlayarak, bu şekilde yüzey parlaklığına etki eden faktörlerin belirlenmesine yardımcı olmaktır.

1.5.2.2. Mermerlerde mekanik özellikler ile parlatabilirlik ilişkisi

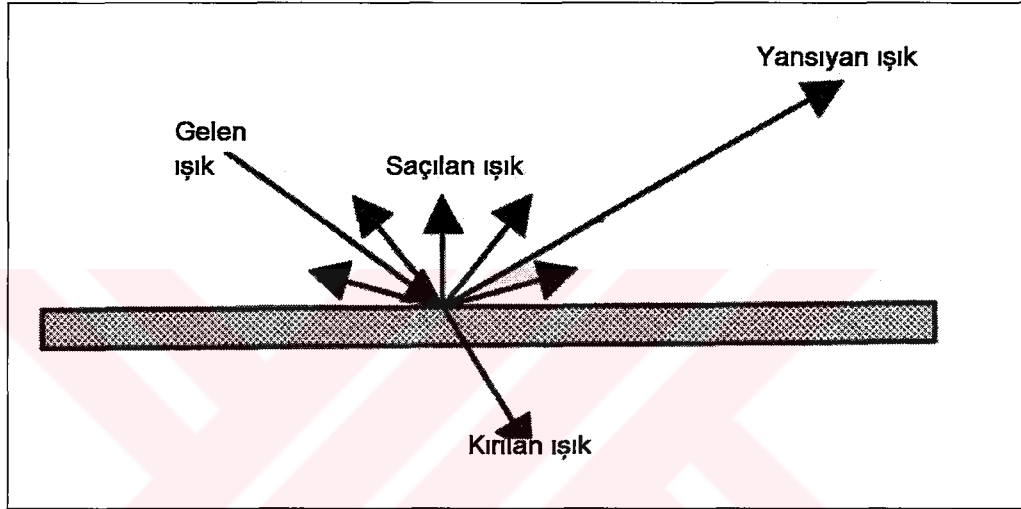
Mermerlerin cilalanması, üretim sürecinde önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle ürünün pazarlanması aşamasında mermerin kalitesini belirleyen unsurların başındadır. Parlak ve güzel görünümlü mermerler piyasada daha kolay ve yüksek fiyata alıcı bulmaktadır.

Her tür mermer aynı süreç içerisinde parlatılsa bile eşit düzeyde parlaklık kazanmaz. Bazı mermerler kolay ve az işleme (gerçek mermerler), bazıları zor ve çok işleme (magmatik kökenli mermerler) parlatılırlar. Bazı türler ise hiç parlatılamaz (travertenler, tüfler, limra).

M. Ersoy ve H. Köse nin yaptıkları çalışmada farklı mekanik özellikte 9 mermer örneğinin parlatabilirlik parametrelerini araştırmışlardır [41]. Her mermer örneği eşit koşullar altında otomatik silim makinasında parlatılmış ve her parlatma safhasında pürüzlülük ve parlaklık değerleri ölçülmüştür. Bulunan bütün veriler karşılaştırılarak

parlaklıkla mermer örneklerinin mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur.

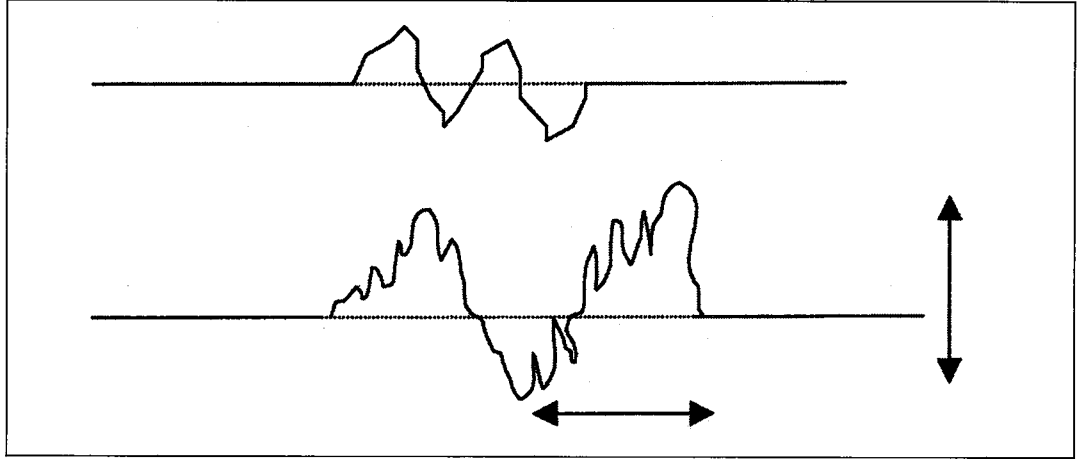
Parlaklık, bir yüzeyin refleksiyon derecesidir, yani refleksiyon kapasitesidir. Gelen ışınların bazıları yüzeye belli bir açı ile ulaşır ve yansırken, bazıları yüzey tarafından absorbe edilmekte ve bazıları ise yüzeyin içinden arka tarafa geçirilmektedir. Yüzeyden yansıyan ışığın şiddeti, yani parlaklık derecesi yüzeyde bulunan mikro pürüzlülüğe bağlıdır (Şekil 1.46) [41, Ozul oğul.1994].



Şekil 1.46. Işığın refleksiyon oluşumu [41].

Yüzeyden yansıyan ışığın yüzeye gelen ışığa oranı refleksiyon miktarını vermektedir. Eğer yansıyan ışık, yüzeye gelen ışığın yüzeye çarptığı açı ile aynı açı ile yansır ise bu olaya tamamen yansıma (ayna parlaklık) denilir. Eğer yüzey çeşitli pürüzlülük içeriyorsa, gelen ışığın bir kısmı pürüzlü bölgede saçılacak ve sonuçta yüzey donuk görünecektir.

Yüzeyin parlatılması esnasında pürüzlülük belli bir yönde gerçekleşecektir (Şekil 1.47). İlgili yüzeyde pürüzlülük tepeleri ve vadileri oluşacaktır.



Şekil 1.47. Yüzey pürüzlülüğünün grafiksel açıklanması [41].

Yüzey pürüzlülüğünde -bir sonraki bölümde detaylı olarak verildiği gibi- Ra, Rz, Rt vb. değerler ölçülür. Ra, ortalama yüzey pürüzlülük değerini veren terim olarak kabul edilir; bu ilgili yüzeyde bulunan tepelerin yüksekliklerinin (h) ortalamasıdır (Şekil 1.47).

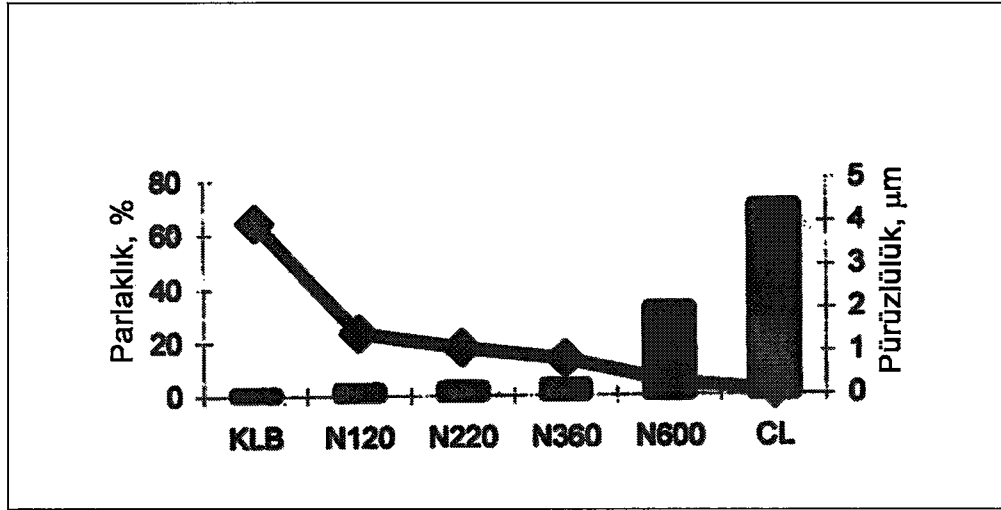
M.Ersoy ve H.Köse her numunede farklı üç noktada parlaklık ve pürüzlülük ölçümleri yapmıştır (Tablo 1.3, Şekil 1.48).

Tablo 1.3 Mermerlerin parlaklık-pürüzlülük değerleri [41].

Mermer Cinsi*	Parlaklık Pürüzlülük	Parlaklık (%) ve Pürüzlülük (μ) Değerleri					
		Kalibre	No120	No220	No360	No600	Eco-P.
Afyon Tiger Skin	Parlaklık	1.3	3.0	3.5	4.2	32.5	70.5
	Pürüzlülük	4.05	1.46	1.12	0.87	0.30	0.11
Afyon White	Parlaklık	1.2	2.8	3.5	6.3	48.0	67.5
	Pürüzlülük	5.02	2.28	0.84	0.59	0.35	0.11
Afyon Sugar	Parlaklık	1.3	2.0	4.0	5.8	52.5	75.7
	Pürüzlülük	3.10	1.47	0.74	0.50	0.21	0.10
Altıntaş White	Parlaklık	1.0	4.2	5.7	7.0	59.8	81.8
	Pürüzlülük	5.45	2.08	0.73	0.49	0.33	0.09
Muğla White	Parlaklık	1.2	3.8	5.0	8.7	62.7	89.3
	Pürüzlülük	3.69	1.25	0.91	0.62	0.22	0.06
Muğla Lilac	Parlaklık	1.3	2.0	4.0	5.8	52.5	84.1
	Pürüzlülük	3.06	2.08	1.06	0.48	0.24	0.07
Uşak White	Parlaklık	1.0	4.3	5.8	7.0	59.8	81.8
	Pürüzlülük	4.05	1.3	0.71	0.39	0.22	0.07
Uşak Gren	Parlaklık	1.2	3.0	4.0	7.0	44.7	59.7
	Pürüzlülük	4.01	1.77	1.17	0.94	0.36	0.13
Vize Pink	Parlaklık	1.0	3.0	4.0	5.9	33.7	55.8
	Pürüzlülük	4.77	3.91	3.5	2.45	1.31	0.18

*Orjinal mermer adları verilmiştir.

Şekil 1.48 de parlaklığın aşındırıcının tane boyutu ile orantısız olarak değiştiği ve aynı şekilde pürüzlülüğün de azaldığı görülmektedir.

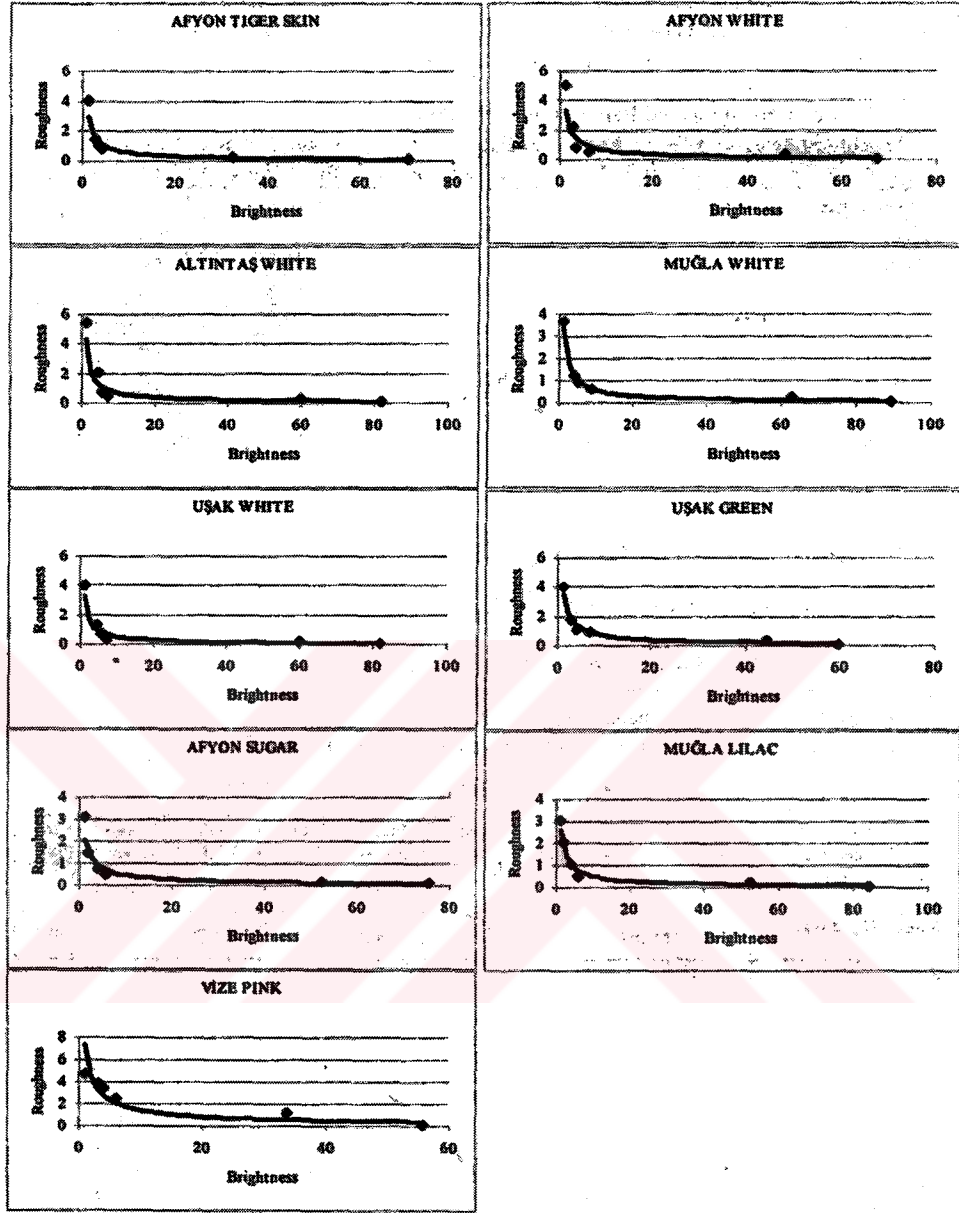


Şekil 1.48. Afyon Tiger Skin mermeri için parlaklık ve pürüzlülük diyagramı [41].

Parlaklık ve pürüzlülük arasındaki ilişkiyi açıklamak için, parlaklık ve pürüzlülük dağılımları aynı grafikte gösterilmiştir. Elde edilen eğrilerin eşitlikleri çıkarılmıştır ve bağıntı sabiti hesaplanmıştır (Tablo 1.4, Şekil 1.49). Bağıntı “ $y=ax^k$ ” bulunurken, “a” değerinin “2,52” ile “4,32” (Vize Pink hariç), k değerinin de -0,71 ile -0,85 arasında değiştiği görülmüştür.

Tablo 1.4. Parlaklık ile pürüzlülük arasındaki matematiksel bağlantısı [41].

Mermer Cinsi	Matematiksel İlişki	Korelasyon
Afyon Tiger Skin	$y=3.6509x^{-0.8007}$	0.98
Afyon White	$y=3.8988x^{-0.7854}$	0.93
Afyon Sugar	$y=2.5230x^{-0.7198}$	0.97
Altıntaş White	$y=4.3165x^{-0.8040}$	0.93
Muğla White	$y=3.9902x^{-0.8446}$	0.97
Muğla Lilac	$y=3.2016x^{-0.7931}$	0.97
Uşak White	$y=3.2993x^{-0.8043}$	0.96
Uşak Green	$y=4.1075x^{-0.7594}$	0.97
Vize Pink	$y=7.4136x^{-0.7111}$	0.89



Şekil 1.49. Parlaklık (%) ile pürüzlülük (R) dağılım grafikleri [41].

Bu durumda Vize Pink hariç diğer mermerler için parlaklık ve pürüzlülük arasındaki bağıntı aşağıdaki şekilde verilebilir:

$$y = 3,6 \cdot x^{-0,79} \quad (1.5)$$

Burada x parlaklığı gösterirken, y de pürüzlülüğü temsil etmektedir. Bu eşitliğe göre sadece farklı parlaklık değerleri için pürüzlülük hesaplanmamaktadır. Ayrıca %100 parlaklık için gereken pürüzlülük değeri de hesaplanabilmektedir. Bu bağıntıdan görüldüğü gibi parlaklık ile pürüzlülük arasındaki ilişki düzenli olduğu zaman mermerin parlatılması da daha kolay ve düzenli olmaktadır.

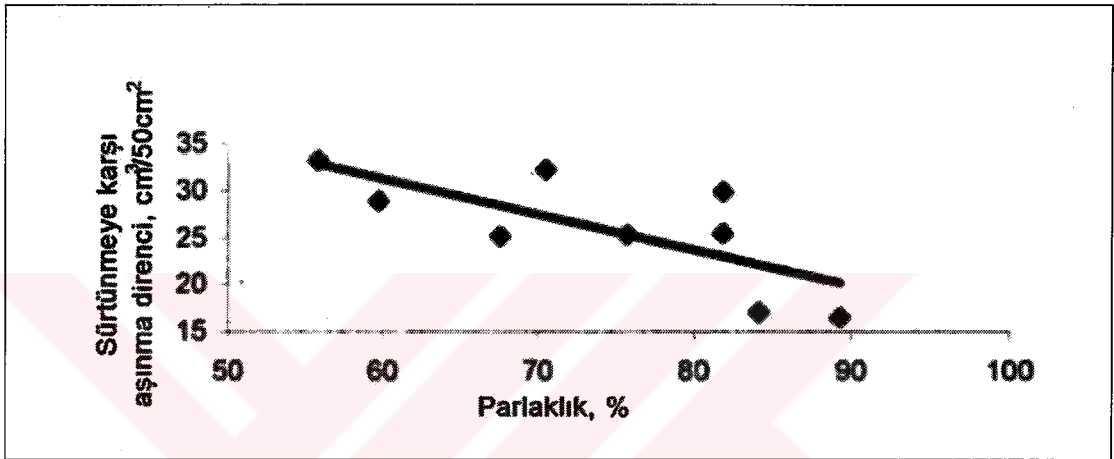
Mermerlerin yoğunluk, özgül ağırlıkları, porozite, sertlik, mukavemet ve aşınma direnci gibi mekanik özellikleri Tablo 1.5 de verilmiştir.

Tablo 1.5. Mermerlerin mekanik özellikleri [41].

Mekanik Özellikler	Af. T. Skin	Afyon White	Afyon Sugar	Alt. Sugar	Muğla Sugar	Muğla Sugar	Uşak White	Uşak Green	Vize Pink
Mohs Sertliği	4.0	3.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.5	4.0	3.0
Knoop Sertliği	132.2	161.8	148.6	158.3	164.2	141.7	164.7	144.9	140.5
Rockwell Sertliği	61.6	66.5	67.7	62.4	98.8	44.5	69.2	52.5	58.4
Hacim Ağırlık Oranı (g/cm ³)	2.71	2.73	2.73	2.74	2.71	2.72	2.72	2.73	2.72
Yoğunluk (g/cm ³)	2.73	2.74	2.74	2.75	2.77	2.74	2.74	2.76	2.74
Doluluk Oranı %	99.19	99.32	99.47	99.74	97.56	98.99	99.33	98.95	99.46
Porozite (%)	0.81	0.68	0.53	0.26	2.44	1.01	0.67	1.04	0.54
Eğme Mukavemeti (kg/cm ²)	66.68	157.43	151.35	162.00	144.53	163.50	122.25	146.18	151.95
Basma Mukavemeti (kg/cm ²)	649.39	703.38	693.98	846.99	510.03	1015.41	742.60	682.07	781.18
Aşınma Direnci (cm ³ /50cm ²)	32.24	25.13	25.27	29.93	16.56	17.08	25.47	28.86	33.23

Sonuç olarak grafik ve tablolardan görüldüğü gibi parlaklık ile yoğunluk, özgül ağırlık, doluluk faktörü, porozite, sertlik ve mukavemet arasında hiçbir ilişki olmadığı görülmüştür [41]. Hatta bazı özellikler için bağıntı sabiti %50-55 arasında olsa dahi, aradaki ilişkiyi bulmak için bu değerler yeterli gelmemektedir.

Parlaklık değerlerine karşı aşınma direnci çizilerek oluşan eğriden bağıntı sabiti %73 olarak bulunmuştur (Şekil 1.50). Grafikten görüldüğü gibi sürtünme sonucu oluşan aşınmaya karşı direnç azaldıkça parlaklık artmaktadır.



Şekil 1.50. Parlaklığın sürtünmeye karşı aşınma direncine karşı çizilmiş noktasal dağılım [41].

Sonuç olarak grafiklerden görüldüğü gibi (Şekil 1.49), parlatmanın ilk kademelerinde pürüzlülük hızlı bir şekilde düşerken parlaklık çok az artmaktadır. Fakat ilerleyen parlatma kademelerinde parlaklık hızlı bir şekilde artarken pürüzlülük yavaş azalmaktadır. Çıkarılan " $y=ax^k$ " eşitliğinden, eğrinin eğimini gösteren a sabitinin malzemenin kolay parlatılabilirliğini belirttiği anlaşılmıştır. Bu anlamda a sabiti büyüdükçe parlatma işlemi de kolaylaşmaktadır. Ayrıca sürtünme sonucu oluşan aşınma direnci mermerin parlaklığını etkilmektedir. Abrazyon endeksinin düşmesiyle parlaklık artmaktadır [41].

BÖLÜM 2. DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN PARAMETRELERİN AÇIKLANMASI

2.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Değişik üretim teknikleri sonucu nihai malzemede yüzey pürüzlülüğü (topografisi) görülür. Mekanik, optik vb. özellikler açısından yüzey pürüzlülüğü uygulamada hayati önem taşır; örneğin makina elemanlarında mekanik yüklenme genelde yüzeyde maksimum seviyede etki eder. Her çeşit yüzey hatası, örneğin yüzey pürüzü çentik etkisinde bulunarak malzeme tokluğunu düşürür ve kırılmaya yolaçar. Yüksek pürüzlü yüzeylerde tribolojik yüklenmeler aşınmanın hızlı gelişmesini sağlar.

Genelde makina sanayinde değişik çalışma koşulları için değişik yüzey profilleri öngörülür. Bu profiller değişik taşlama, zımparalama, parlatma vb. gibi işlemlerle sağlanır.

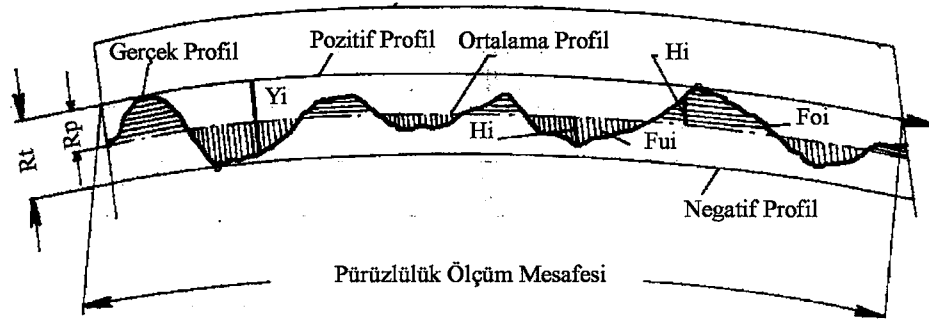
2.1.1. Ölçüm karakteristikleri

Karakteristik bir yüzey profili şekilde sunulmuştur. Ölçülen değerler ise Tablo 2.1 de listelenmiştir.

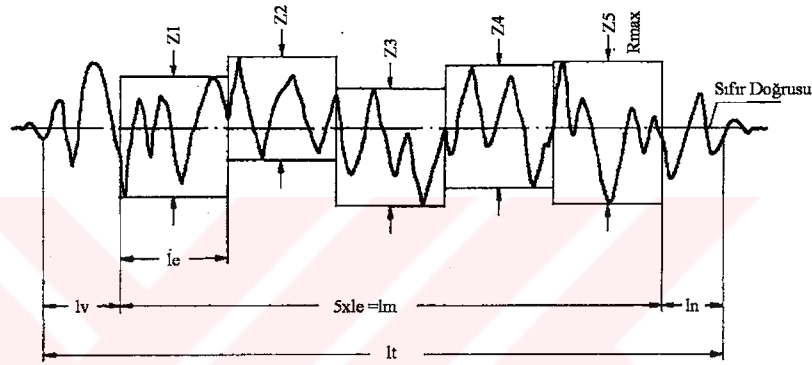
Ölçüm tablosunda verilen yüzey pürüzlülük değerleri (R_a , R_t , R_z vb.) DIN 4768'e göre ölçülür. Bu değerlerden R_a gerçek profilin absolut değerlerinin aritmetik ortalamasını (Şekil 2.1), R_t (pürüzlülük derinliği) ise negatif ve pozitif profil arasındaki mesafeyi (Şekil 2.1) ve R_z (ortalama pürüzlülük derinliği) ise bir ölçüm aralığındaki (l_e) en düşük negatif veya pozitif pürüzlülük ile en yüksek negatif veya pozitif pürüzlülük arasındaki mesafeyi (Z_i) vermektedir. Pürüzlülük ölçümlerinde toplam ölçüm mesafesi (l_t) içerisinde toplam 5 birim ölçüm aralığının (l_e) olması gereklidir. Toplam ölçüm mesafesindeki (l_t) başlangıç (l_v) ve sonundaki (l_n) ölçümler ise değerlendirme dışı bırakılır. Z_i pürüzlülükleri arasında en yüksek pürüzlülük ise R_{max} ile adlandırılır (Şekil 2.2).

Tablo 2.1. Yüzey profili parametreleri.

Parametre	Açıklama	Standartlar	İlgili Parametreler
Yükseklik Parametreleri			
R_a	Pürüzlülük aritmetik ortalaması (R_a)	1,2,3,4	P_a, W_a
R_q	Root Mean Square (RMS) Pürüzlülüğü	1,3,4	P_q, W_q
R_t	Profilin maksimum yüksekliği, pozitif profil ile negatif profil aramesafesi	1,3	P_t, W_t
R_v, R_m	Maksimum profil vadi yüksekliği	1,3,4	P_v, W_v
R_p	Maksimum profil pik (tepe) yüksekliği	1,3,4	P_p, W_p
R_z	Profilin ortalama maksimum yüksekliği	1,3	P_z, W_z, R_{tm}
R_{max}	Maksimum Pürüzlülük Derinliği	1	$R_y, R_{y_{max}}, R_{ti}, R_z$
R_c	Yüzey düzensizliklerinin ortalama yüksekliği	3,4	P_c, W_c
$R_{z(iso)}$	On nokta yüksekliği	4	
R_{3zi}	Üçüncü en yüksek pikten üçüncü en derin vadiye yükseklik		
R_{3z}	Üçüncü en yüksek pikten üçüncü en derin vadiye ortalama yükseklik		
R_{3zmax}	Üçüncü en yüksek pikten üçüncü en derin vadiye maksimum yükseklik		
Aralık Parametreleri			
S	Profil lokal piklerinin ortalama aralığı	4	
S_m, R_{Sm}	Profil düzensizliklerinin ortalama aralığı	1,3,4	P_{Sm}, W_{Sm}
D	Profil pik yoğunluğu	4	S_m
P_c	Peak Count (Pik sayımı)	1	



Şekil 2.1. Yüzey ölçüm tekniklerinin temel kavramları.



Şekil 2.2. Ortalama pürüz derinliğinin (R_z) DIN 4768'e göre tanımlanması.

2.1.2. Pürüzlülük parametreleri

Aşağıda ölçülen tüm pürüzlülük değerleri tanıtılmıştır.

Ra: Ortalama Pürüzlülük

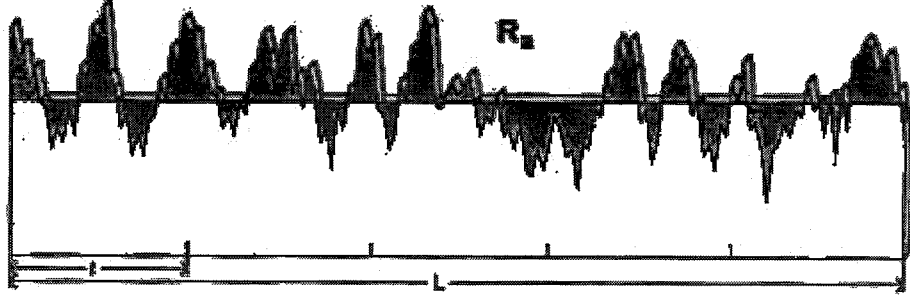
Aritmetik ortalama, merkez çizgi ortalaması ve profilin aritmetik ortalama sapması olarak da bilinir. Ortalama pürüzlülük; pürüzlülük profili ve onun ortalama çizgisi arasındaki alandır, ölçüm yapılan uzunluk üzerindeki pürüzlülük profili yüksekliğinin absolut değerinin integrali ile belirlenir:

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |r(x)| dx \quad (2.1)$$

Dijital data değerlendirilirken, integral trapezoidal kuralına göre yaklaşık olarak hesaplanır:

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |r_n| \quad (2.2)$$

Grafik olarak ortalama pürüzlülük, pürüzlülük profili ve ölçüm yapılan uzunlukla (herbiri birbirine eşit 5 örnek uzunluğa ayrılmış) sınırlanan onun ortalama çizgisi arasındaki alandır (Şekil 2.3).

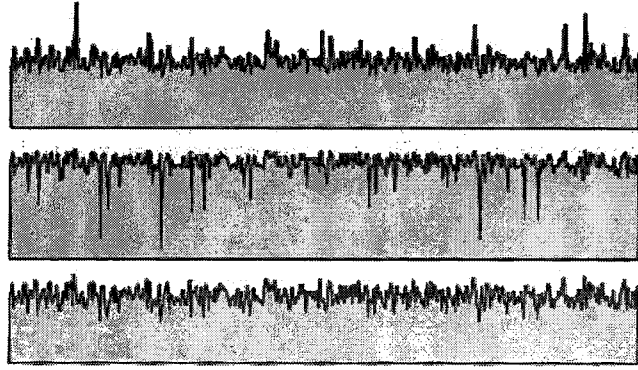


Şekil 2.3. Ortalama pürüzlülüğün grafik olarak ifade edilmesi.

Ortalama pürüzlülük, R_a , pürüzlülük profilinin kesin (absolut) değerinin integralidir. Ölçüm yapılan uzunluk, L ile sınırlı gölgeli alandır. R_a en genel olarak kullanılan pürüzlülük parametresidir.

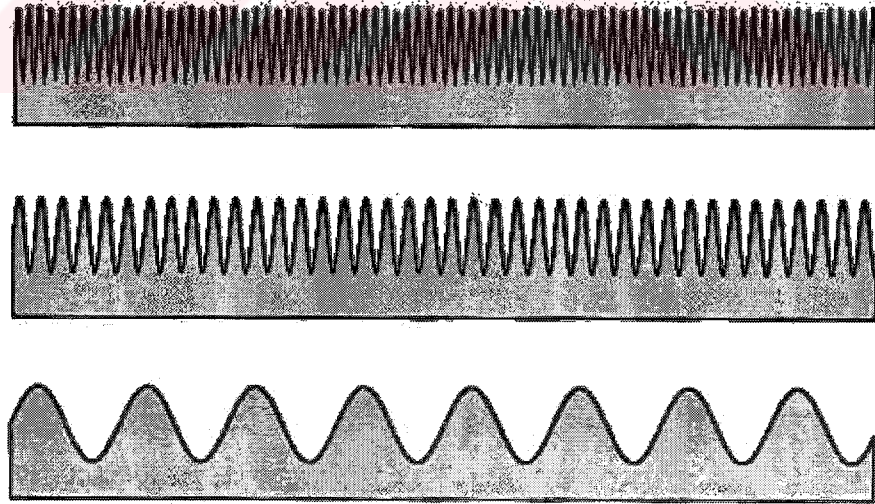
Ortalama pürüzlülük yüzey bitirmede diğer parametrelere göre en genel olarak kullanılan parametredir. İlk analog pürüzlülük ölçüm enstrümanları, iğnesel bir ölçü ucunun ileri ve geri hareket etmesiyle ve elektronik olarak (ortalamayı bulmak için) integral almasıyla sadece R_a 'yı ölçerlerdi. Sinyalin kesin değerini almak ve sadece analog elektroniği kullanarak sinyali integre etmek oldukça kolaydır. R_a 'nın böyle uzun bir geçmişe sahip olmasının da ana nedeni budur.

R_a yüzeyin tüm hikayesini anlatmaz. Örneğin, Şekil 2.4 tamamen aynı R_a değerine sahip üç farklı yüzey bulunmaktadır, ancak bunların birbirinden farklı yüzeyler olduğunu anlamak için yalnızca gözle inceleme yeterlidir. Bazı uygulamalar bunun gibi çok büyük farklılıklar gösterebilirler. Şekil 2.4'teki üç yüzeyde de profil biçimi farklıdır –ilki keskin piklere (tepelere), ikinci derin vadilere sahiptir, üçüncüde ise her iki durum da görülmemektedir.



Şekil 2.4. Aynı R_a , ortalama pürüzlülük, değerine sahip üç farklı yüzey. Bu üç yüzey aynı R_a değerlerine sahip olmalarına rağmen farklı şekilleri göz ile bile hemen ayırtedilmektedir.

İki profil benzer şekilde olsa bile, aralıkları farklı olabilir. Buna örnek olarak Şekil 2.5'deki üç yüzey de aynı R_a 'ya sahiptir. Şeklinde yada aralıklarında farklılıklar olan yüzeyleri ayırt etmek istiyorsak, yüzeyin piklerini, vadilerini, profil biçimini ve aralıklarını veren diğer parametreleri hesaplamamız gerekir. Ölçmek istediğimiz yüzey ne kadar karmaşık ise, R_a 'nın ötesinde ölçüm parametrelerini belirleyebileceğimiz daha sofistike bir ölçüm yapmamız gerekir.



Şekil 2.5. Aynı R_a , ortalama pürüzlülük, değerine sahip üç farklı yüzey. Profiller benzer biçimde olsa bile, aralıkları farklı olabilir.

Rq: Root-Mean-Square (Karekök) Pürüzlülüğü:

Bir yüzeyin root-mean-square (RMS: karekök) ortalama pürüzlülüğü, yüzey profilinin diğer bir integralinden hesaplanır:

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L r^2(x) dx} \quad (2.3)$$

Dijital olarak hesaplamada kullanılan denklem ise;

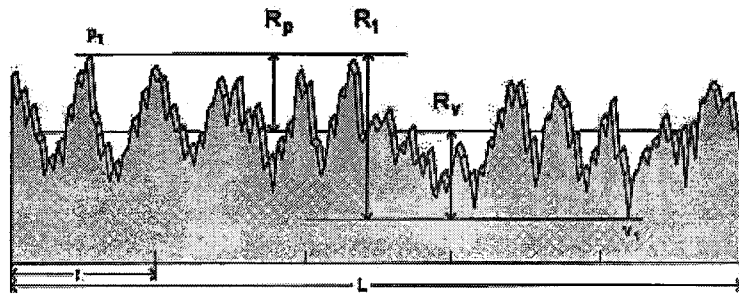
$$R_a = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N r_n^2} \quad (2.4)$$

Herhangi bir dalgaboyu ve genliğe sahip saf sinüs dalgası için R_q , R_a ile orantılıdır ve 1.11 kat daha büyüktür. Eski enstrümanlar analog olarak R_q hesaplaması için bu yaklaşımı kullanırlardı (bu yol analog olarak direkt R_q hesaplamasından daha kolaydır) ve R_q 'yu 1.11 ile çarparlardı. Ancak, gerçekte profiller sinüs dalgası kadar basit değildirler ve bu yaklaşım sık sık hata oluştururdu. Modern ölçümlerde ya profil dijitize edilir yada R_q hiç verilmez. R_a 'ya orantılı olarak hiçbir yaklaşım yapılmaz.

R_q metal işleme spesifikasyonlarında neredeyse tamamen yerini R_a 'ya bırakmıştır. R_q , bir yüzeyin optik kalitesi ile direkt ilişkili olduğundan hala optik değerlerde kullanılmaktadır.

R_t ve R_p ve R_v :

Pik pürüzlülüğü R_p ölçüm yapılan uzunluk üzerindeki en yüksek pikin (Şekil 2.6'da p_1) ortalama profilden mesafesidir. Benzer biçimde ölçüm yapılan uzunluk üzerindeki en derin vadinin (Şekil 2.6'de v_1) ortalama profilden mesafesidir.



Şekil 2.6. R_t , R_p ve R_v 'nin şematik olarak gösterilmesi.

Toplam pürüzlülük, R_t , bu ikisinin toplamıdır, yada en derin vadiden en yüksek tepeye olan dik uzaklıktır.

$$R_v = |\min[r(x)]|, 0 < x < L \quad (2.5)$$

$$R_p = |\max[r(x)]|, 0 < x < L \quad (2.6)$$

$$R_t = R_p + R_v \quad (2.7)$$

Bu üç önemli parametre olağanüstü koşulları, örneğin bir contaya zararlı olabilecek yüzeydeki keskin pikleri yada vadileri veya malzemenin/prosesinin zayıflığını belirleyici olabilen çatlakları yada çizikleri belirlemede yararlı olacaktır.

R_{tm} ve R_{pm} ve R_{vm} :

Bu üç parametre ortalama parametreleridir, numune ile ilgili uzunlukların ortalamalarını vermektedirler. Örneğin, i 'inci numune uzunluğu için maksimum yükseklik R_{pi} olarak belirlenir. o halde R_{pm} :

$$R_{pm} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M P_{pi} \quad (2.8)$$

benzer biçimde,

$$R_{vm} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M P_{vi} \quad (2.9)$$

ve

$$R_{tm} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M P_{ti} = R_{pm} + R_{vm} \quad (2.10)$$

burada R_{vi} i 'inci numunedeki en derin vadinin derinliğidir ve R_{ti} ise R_{vi} ve R_{pi} 'nin toplamıdır:

$$R_{vi} = |\min[r(x)]|, il < x < (i+1)l \quad (2.11)$$

$$R_{pi} = |\max[r(x)]|, il < x < (i+1)l \quad (2.12)$$

$$R_{ti} = R_{pi} + R_{vi} \quad (2.13)$$

Bu üç parametre pürüzlülükte bulunan olağanüstü durumlar için R_v , R_p ve R_t 'ye göre bazı avantajlara sahiptir, ancak yalın olağanüstü bir biçimin algılanmasında duyarlı değildirler.

R_{max} (yada R_y): Tek Kademe İçerisindeki Maksimum Pürüzlülük Yüksekliği

R_{max} ve R_y ; R_{ti} 'nin diğer isimleridir. R_{max} eski Amerikan isimlendirmesidir. R_y ise en yeni ISO gösterimidir ve Amerikan ismidir. Standart bir -beş kademede alınan- iz için beş farklı R_y değeri vardır. R_y bu tek kademe içerisindeki maksimum pikten en derin vadiye dik mesafedir.

R_{ymax} (ISO) - Maksimum R_y

R_{ymax} dahili veya R_{max} (yani R_{ti}) değerlerinin maksimumu olan bir ISO parametresidir.

$$R_{ymax} = \max[R_{ti}]_{1 \leq i \leq M} \quad (2.14)$$

R_t 'ye benzer bir işe yarar, ancak yüzeye yatay düzlemde birbirine en yakın olan pikten vadiye maksimumları belirler.

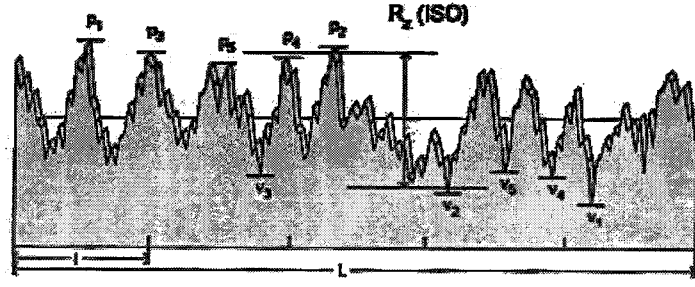
R_z (DIN): Beş Arka Arkaya Gelen, Yani 5 Kademeli Ölçüm Uzunluğunda Herbir Maksimum Pürüzlülük Yüksekliğinin Aritmetiksel Ortalaması

R_z (DIN), yani Alman DIN standartına göre R_z , Amerikan bilimsel adı ile R_{tm} (beş kademeli)'in sadece diğer bir adlandırılmasıdır.

$$R_z[DIN] = R_{tm} \quad (2.15)$$

R_z (ISO): On Nokta Yüksekliği

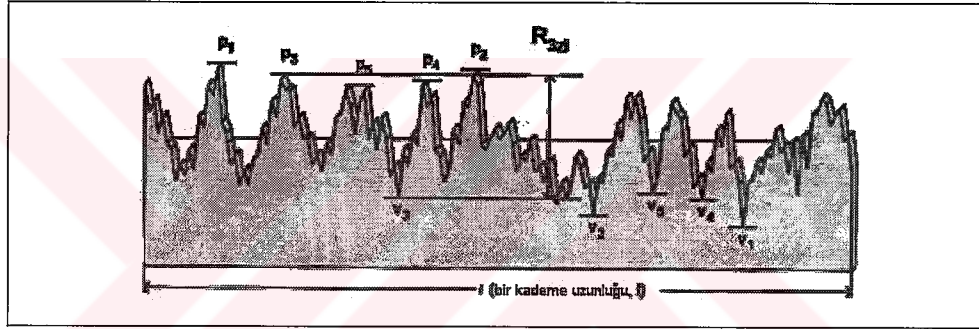
R_z (ISO) ölçüm uzunluğu üzerinde en yüksek beş pik artı en derin beş vadiye ortalaması olan bir parametredir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. $R_{z(ISO)}$ 'nin şematik olarak gösterilmesi.

R_{3zi} : Üçüncü En Yüksek Pikten Üçüncü En Derin Vadiye Yükseklik

R_{3zi} parametresi bir numune içinde üçüncü en yüksek pikten üçüncü en derin vadiye olan yüksekliktir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. R_{3zi} 'nin şematik olarak gösterilmesi.

R_{3z} : Üçüncü En Yüksek Pikten Üçüncü En Derin Vadiye Ortalama Yükseklik

R_{3z} , R_{3zi} değerlerinin ortalamasıdır:

$$R_{3z} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M R_{3zi} \quad (2.16)$$

R_z 'ye benzer amaç ile kullanılan R_{3z} , ölçülmüş olağanüstü olmayan pikleri ve vadileri hariç tutar.

R_{3zmax} : Üçüncü En Yüksek Pikten Üçüncü En Derin Vadiye Maksimum Yükseklik

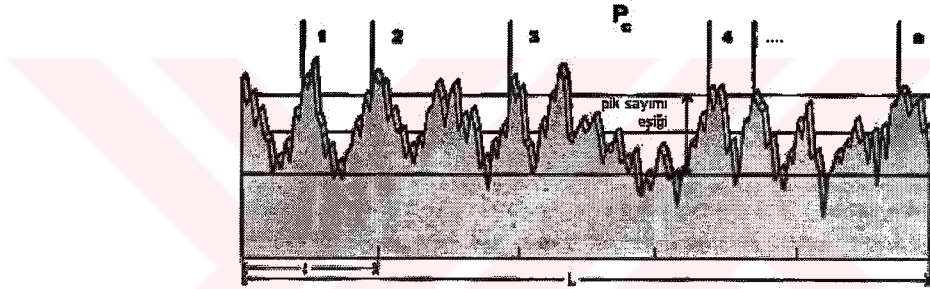
R_{3zmax} , dahili R_{3zi} değerlerinin maksimum olanıdır:

$$R_{3zmax} = \max[R_{3zi}]_{1 \leq i \leq M} \quad (2.17)$$

R_{3z} ve R_{3zmax} ulasal standartlarda tanımlanmamıştır, ancak en son çıkan enstrumanların çoğunda bulunmaktadır. Bu parametreler Almanya'daki Daimler-Benz standartına dayanırlar.

P_c : Pik Sayımı

Pik sayımı, bir profilde alınan izin uzunluğu boyunca sayılan piklerin sayısını verir. P_c 'nin hesaplanabilmesi için alt ve üst eşik değerleri olan bir "pik" tanımı yapmak gerekir. Genellikle tek bir sayı olarak "pik sayım eşiği" kullanılır, alt eşikten üst eşiğe mesafe olarak tanımlanır, merkezi ortalama profilden geçer. Bir "pik" sayılabilmesi için üst eşiğin üzerinden ve alt eşiğin altından geçmek zorundadır (Şekil 2.9).

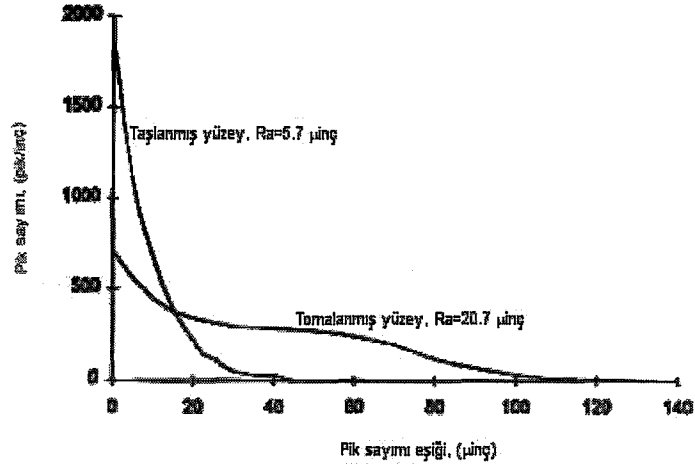


Şekil 2.9. Pik sayımı P_c ve pik sayım eşiğinin şematik gösterimi.

Pik sayımı ölçülen uzunluktaki (ilk pikin başlangıcından son pikin bitimine kadar mesafe) piklerin sayısıdır. P_c böylece (pik/inç) yada (pik/cm) olarak ifade edilir.

Bazı enstrumanlar ortalama profilden farklı yüksekliklerde eşik merkezi alınmasına da izin verirler. Bu ise standart dışıdır, ancak bazı durumlarda uygun olabilir. Örneğin, derin vadilerden oluşan düşük piklerin sayımında vadileşmiş yüzeylere uygun bir eşik çifti alınır.

P_c için elde edilen değer bir çok yüzeyde tamamen pik sayım eşiğine bağlıdır. Şekil 2.10, tipik numune olarak taşlanmış bir yüzey ve tornalanmış bir yüzey için pik sayımına karşı eşiği göstermektedir. Taşlanmış yüzey için parametre stabil değildir. Tornalanmış yüzeyde $40 \mu m$ nin civarında eşikte bir parça düzletme yapılmıştır, ancak bu yüzey için bile P_c eşik ile çok geniş bir dağılım göstermektedir.



Şekil 2.10. Taşlanmış bir yüzey ve tornalanmış bir yüzey için pik sayımına karşı pik sayımı eşiği.

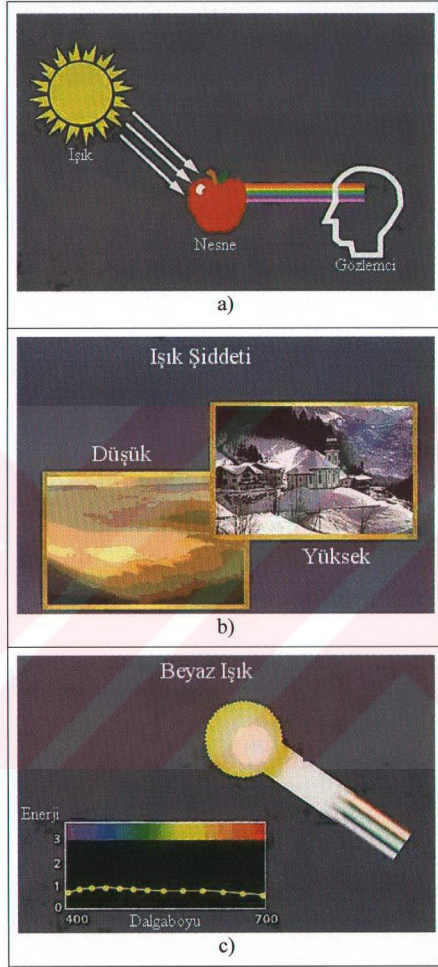
2.2. Renkler

2.2.1. Renklerin tanıtımı

Renkler, yaşamımızı doğal ve görsel deneyimler katarak zenginleştirir. Renkleri anlamak, çok daha etkili bir şekilde kullanılmalarını sağlayacaktır. Renkleri görebilmek için üç temel eleman bulunmalıdır: ışık, aydınlatılmış bir nesne ve bir gözlemci/ veya göz (Şekil 2.11a).

Gördüğümüz renkler, ışığın şiddeti ve ışığın spektral (tayfsal) içeriği tarafından etkilenmektedir. Düşük aydınlanma seviyelerinde nesnelere daha az renklilik görülür. Güneş ışığında ise daha fazla renk, daha yüksek kontrast ve doygunluk (saturation) görülür (Şekil 2.11b).

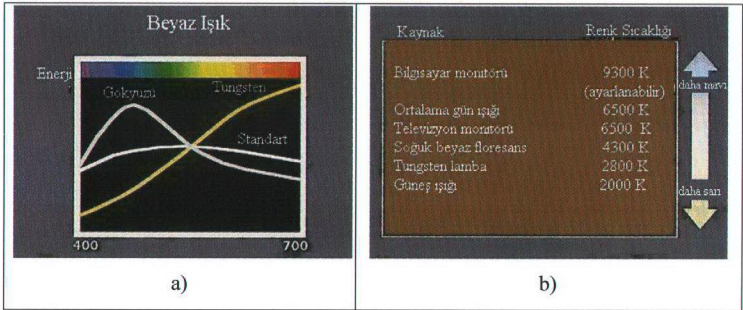
Renk spektrumu (tayfi) insan gözünün görebildiği enerjinin dalga boyu aralığını gösterir. Dalga boylarındaki değişim görülen renkleri değiştirir. Newton'ın prizmasında gördüğü gibi beyaz ışık, görülebilir spektrumdaki tüm renklerin karışımıdır (Şekil 2.11c).



Şekil 2.11. Renk olgusu: renklerin algılanması (a), ışık yoğunluğunun renkler üzerindeki etkisi (b) ve beyaz ışık karakteristiği (c).

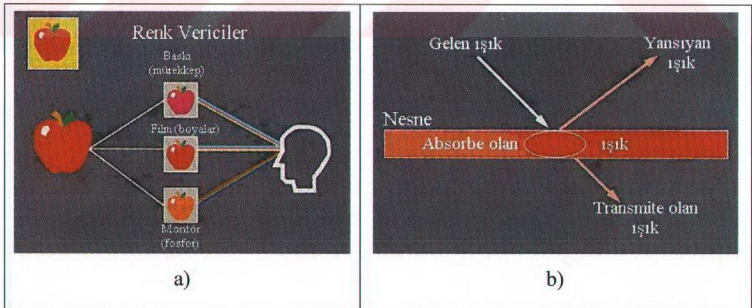
Aslında “beyaz” olduğu düşünülen ışık kaynakları spektral dağılımda farklılık gösterir. Bir ışık kaynağı olarak gökyüzü (güneş ışınlarının atmosferden geçmesi olarak düşünülebilir) mavimsi beyazdır. Tungsten ampüller, sarımtırak beyaz ışık

üretir. Kritik renk değerlendirmelerinde renk kaymalarını engellemek için özel standardize edilmiş ışık kaynakları kullanılır (Şekil 2..12a).



Şekil 2.12. Beyaz ışığın ışık kaynaklarına göre değişimi (a) ve ışık kaynaklarının renk sıcaklıkları (b).

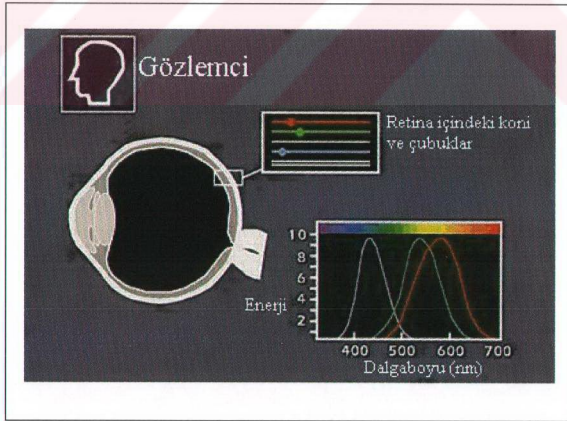
Işık kaynağı renk sıcaklığı açısından da farklılık gösterir. Bir bilgisayar monitöründe, beyaz nokta (white point), bir diğer ifadeyle monitörün renk sıcaklığı ayarlanabilir. Eğer bilgisayar ortamında yaratılan dijital görüntüler bir televizyon monitöründe görüntülenecekse, 6500'lük beyaz nokta seçilmelidir. Basılmış dökümanlardan dijital görüntü oluşturmada 5000'lük bir beyaz nokta ayarlaması standart koşulları karşılayacaktır (Şekil 2.12b).



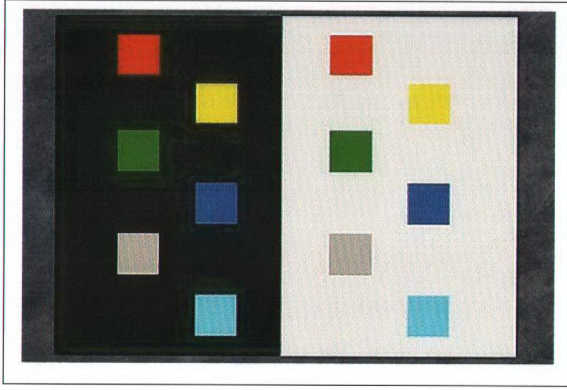
Şekil 2.13. Nesnelerin renkli olarak algılanması (a) ve nesne-ışık etkileşimi (b).

Işık göze ulaşmadan önce, izlenen nesnedeki renk vericiler (colorants) tarafından değiştirilir. Görüntülerin üretilmesinde kullanılan renk vericiler, pigmentler ve boyalardır (Şekil 2.13a). Işık bir nesneye çarptığında, dalgalıyı yansıtılabilir (refleksiyon), soğurulabilir (absorpsiyon) veya geçirilebilir (transmisyon) (Şekil 2.13b). Görülen renkleri ve dalgalıyı kontrol etmek amacıyla renk vericiler karıştırılabilir. Yansıtılan veya geçirilen ışığın miktarını ölçmek için densitometreler kullanılmaktadır. Tutarlı renk üretimi için bu aygıtlar son derece önemli kontrol araçlarıdır.

Göze ulaşan ışık dalgaları, henüz tam olarak anlaşılammış olan karmaşık görme prosesini harekete geçirir. Retina içindeki koniler (cones), renk tonları ve parlaklığa (brightness) duyarlıdır. Çubuklar (rods) ise yalnızca parlaklığa karşı duyarlıdır. Üç koni tipi, dalgalılarına karşılık vererek insanların gördüğü tüm renkleri oluşturur (Şekil 2.14). İnsan gözü yanyana yapılan renk karşılaştırmaları için mükemmel bir araçtır ve özellikle daha açık renklerde karşılaşılan ölçümü zor farklılıkları görebilir. İnsan gözü “kromatik adaptasyon” denilen otomatik renk dengeleme özelliğine sahiptir. Farklı ışık kaynakları ile üretilenlere benzer tüm renk kaymalarını ayarlayabilir.



Şekil 2.14. İnsan gözünün renkleri algılaması.



Şekil 2.15. Renklerde artalan etkisi.

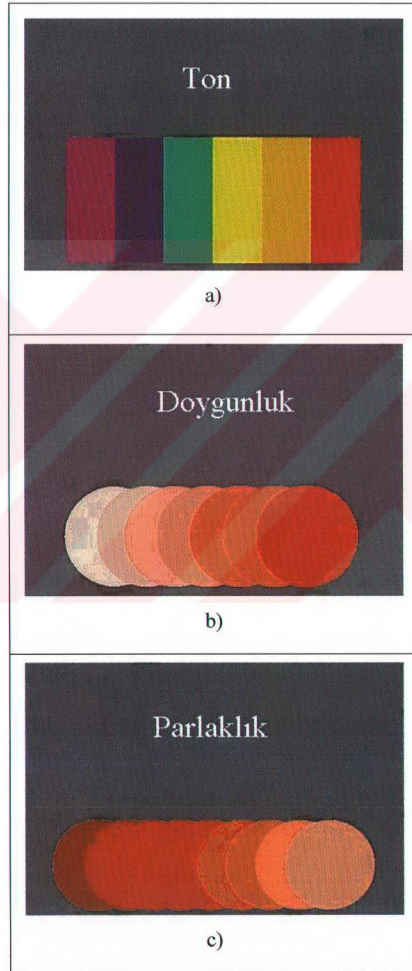
Renk algılama, görüntüyü çevreleyen tonlar ve renklerden de etkilenir. Şekil 2.15'deki sol ve sağ tarafta yer alan renkli kareler aynıdır. İnsanlar renk algılama yetersizliklerine de sahip olabilir. Erkeklerin %6-8 ve kadınların %0,5 inde belirli bir düzeyde renk algılama yetersizliği vardır. Genel olarak insanlar renklerin ayırılmasında herhangi bir araç kullanmaz. Çünkü insanlar renkleri, algılama olarak adlandırılan benzersiz bir psiko-fiziksel proses koşullarında görür.

Gözle algılanan renk ve renk hassasiyetinin net olarak açıklanabilmesi için şu üç terimin tanımlanması gerekmektedir: ton (hue), doygunluk (saturation) ve parlaklık/aydınlık (lightness veya brightness).

2.2.2. Renk Tonu (hue)

Günlük kullanımlarda kırmızı, yeşil, mavi vb. ile tanımlanmaktadır, siyah, beyaz ve gri "renkler" de "renksiz" olarak tanımlanmaktadır. Keskin bir tanıma göre renk tonu renkli renksizden ayıran bir özelliktir. Bir nesneye "kırmızı" dendiğinde o nesnenin sahip olduğu renk tonu kastedilmiş olur (Şekil 2.16a). Fiziksel olarak ışığın renk tonu, dalga boyu (λ) ile tanımlanmaktadır. Tek dalga boyulu ışık monokromatik ışık olarak tanımlanmaktadır. Yalnız ideal monokromatik bir ışık gerçekleştirilemez; band genişliği olarak tanımlanan yarı değer genişliği içerisinde başka frekanslar da belirmektedir. Monokromatik ışık, filtrelerle ve -kafesteki kırılmalar sonucunda yarı

değer genişliğinin 1nm ye kadar düşmesine izin veren- kafes monokromatörler ile üretilmektedir. Yarı değer genişliği ne kadar dar ise monokromatik ışığın şiddeti de o kadar düşüktür; öyle ki yarı değer genişlikleri 5 nm altında ışık optik esaslı araştırmalarda kullanılamamaktadır.



Şekil 2.16. Renklerin üç temel özelliği, renk tonu (a), doyum (b) ve aydınlık (c).

2.2.3. Doygunluk (saturation)

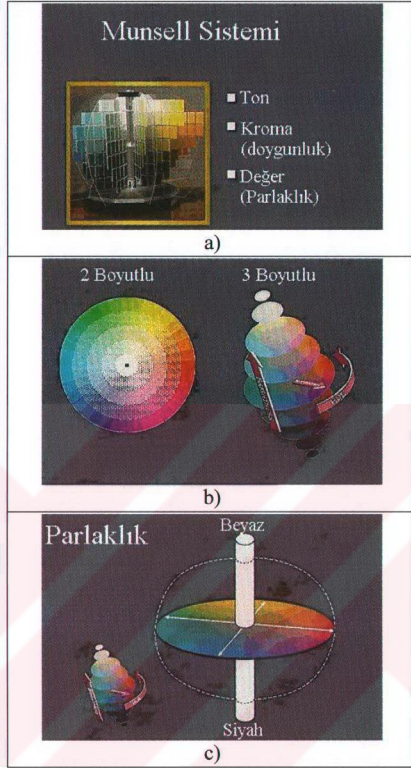
Beyaz ögenin bir ölçüsüdür. Bir rengin doygunluğu, rengin yoğunluğunu ifade eder. Eğer görülebilir ışık alanı içerisinde yani 400 nm ile 700 nm arasındaki bütün dalga boyları gözle aynı aydınlıkta görülüyor ise renk algılaması beyaz, yani renksizdir. 550 nm dalga boylu ışık yeşil olarak gözükmemektedir ve maksimum doyuma sahiptir. Bu ışığa beyaz eklendikçe doyum azalmaktadır ve renksizleşmektedir. Bu durumda doyum sıfırdır. Şekil 2.16b'de tümü aynı renk tonuna sahip olmasına karşın en sağdaki daire, en soldakine oranla çok daha canlıdır veya berraktır; yani doygundur.

2.2.4. Aydınlık (lightness/brightness)

Işık dalgasının amplitudu (genliği) tarafından belirlenmektedir. Aydınlık/parlaklık, yansıyan veya geçirilen renkteki ışık miktarını ifade eder (Şekil 2.16c). Beyaz ışık ile aydınlatmada, şeffaf objelerdeki geçirgenlik (transmisyon) veya şeffaf olmayan objelerdeki yansımalar (refleksiyon) ne kadar büyük olursa cisim o kadar aydınlık görünmektedir. Beyaz ışık ile aydınlatmada renk tonu aydınlatma şiddetine, yani aydınlığa bağlı değildir. Aydınlık için ölçü olarak karanlık basamakları (gri tonlar) kullanılmaktadır. Karanlık basamağı 0 gözle algılanan aydınlığın en büyüğüdür. Karanlık basamağı 10 ideal siyahı göstermektedir. Bunların arasındaki basamaklar insan gözünün aynı aydınlık farklarını algılayacağı şekilde oluşturulmuştur (bkz. gri skala).

2.2.5. Munsell Sistemi Ve Renk Üçgeni

Munsell Sistemi gibi renk düzenleme sistemleri her bir rengi tanımlamak için üç renk özelliğini kullanmaktadır. Bu tür sistemlerde renkler üç boyutta dağılmıştır (Şekil 2.17a). Buna karşın –rahat çalışabilme nedeniyle- çoğunlukla renkler iki boyutlu olarak düzenlenir (Şekil 2.17b; ilgili diskvare şekil renk üçgeni olarak adlandırılır.). Böylesi bir sistematik de yararlıdır, ancak gösterim tam değildir. Üç boyutlu olarak renklerin uzaysal tasarımı ideal bir konumdadır (Şekil 2.17b). Görüntü düzenleme yazılımlarında sıklıkla kullanılan, ancak renk üçgeninde görülmeyen üçüncü boyut parlaklıktır (Şekil 2.17c).

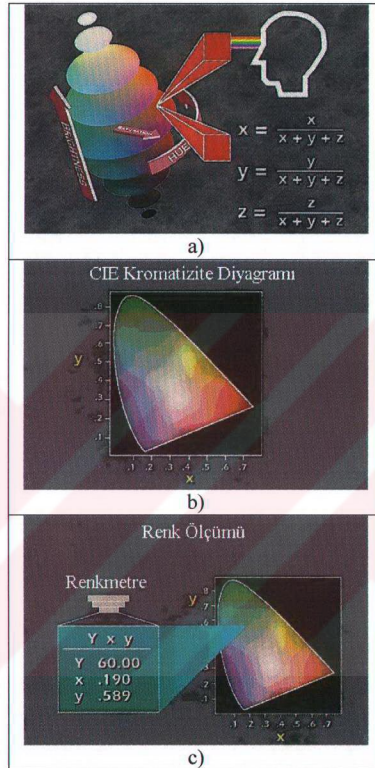


Şekil 2.17. Munsell renk düzenleme sistemi (a), iki boyutlu ve üç boyutlu renk sisteminin gösterimi (b) ve üç boyutlu sistemin z eksenini: aydınlık (c).

Belirli bir rengin görünümünü ölçmek amacıyla kullanılan matematiksel bağıntılar Şekil 2.18a da verilmiştir. Bilimsel renk değerleri 20. yüzyılın başlarında CIE grubu tarafından belirlenmiştir. CIE modelleri, tüm renklerin belirlenmesinde benzer basit rakamlar üzerine kurulmuştur. CIE değerleri, gözle gerçekleştirilen testlerle belirlenmiştir. Algılama esaslı bu değerler, farklı dijital görüntü oluşturma yöntemleriyle üretilen renkleri karşılaştırmak ve ölçmek için kullanılabilir.

CIE kromatizite diyagramı (CIE chromaticity diagram; buna renk üçgeni adı da verilir) insan gözünün görebileceği renklerin sistematik olarak düzenlenebileceği bir yöntemdir (Şekil 2.18b). Herbir renk sahip olduğu kromatik değerle tanımlanabilir.

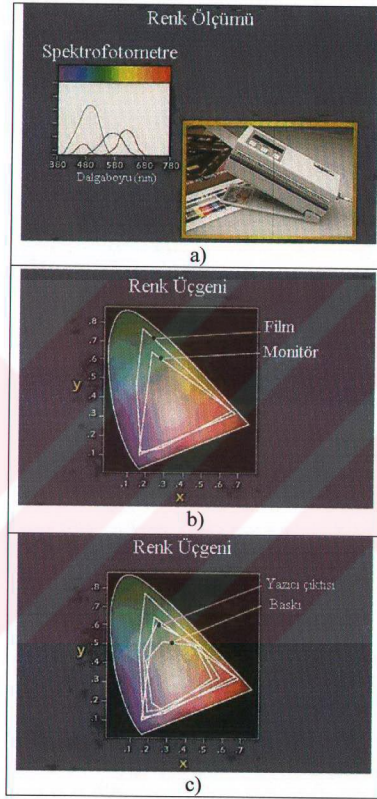
Bu prensipten hareketle geliştirilen renkmetre (colorimeter), CIE değerlerinden elde edilen sayıları kullanarak renkleri ölçen bir aygıttır (Şekil 2.18c).



Şekil 2.18. Renk değeri hesaplaması (a), CIE kromatizite diyagramını (b) ve renkmetre sistemi (c).

Renk ölçümündeki bir diğer aygıt spektrofotometredir (spectrophotometer). Bu aygıt, dalgaboylarını renk tayfı boyunca örnekler (Şekil 2.19a). Renk ölçümleri, farklı yöntemlerle üretilmiş renk aralıklarının karşılaştırılmasını sağlar: konvansiyonel bir renkli film, bir monitörün görüntüleyemediği geniş bir renk aralığındaki bazı renkleri gösterebilmektedir (Şekil 2.19b). Dijital renkli yazıcılar ve baskı makineleri (printing press) farklı renk kapasitelerine sahiptir. Konvansiyonel bir renkli film üzerindeki renklerin tümünü asla yakalayamazlar, ancak rengin

dijitalize edilmesi kontrol edilebiliyorsa görünümü son derece başarılı olarak kopyalayabilirler (Şekil 2.19c). Renk yönetimi yazılımları (color management softwares), bu renk kapasiteleri arasındaki geçişlere yardımcı olmaktadır.



Şekil 2.19. Sprektralfotometre cihazı ve çıktı diyagramı (a), asetat filmi ile monitör arasındaki renk kapasitesi farkı (b) ve baskı sistemleri arasındaki renk kapasitesi farkı (c).

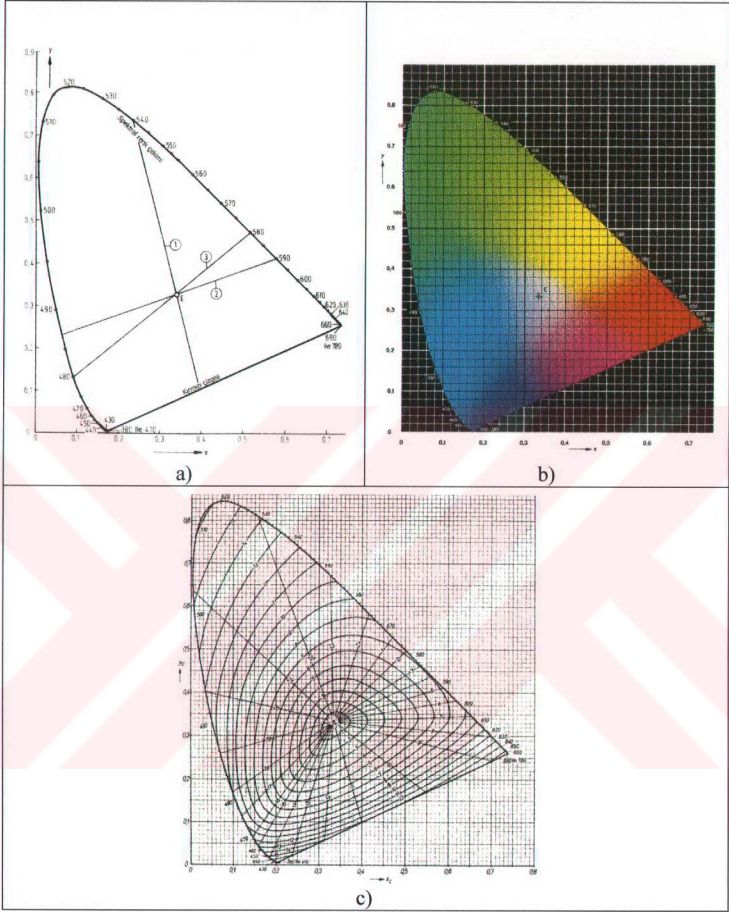
Önceden gösterildiği gibi bir rengin renk tonu, renk doygunluğu ve renk parlaklığı/aydınlığı ile net olarak açıklanabilmesi için gözün kırmızı (700 nm), mavi (435 nm) ve yeşil (545 nm) renk bileşenlerindeki duyarlılığını dikkate alması

gerekir; bunlardan da Şekil 2.19a ve 2.19b deki x- ve y-koordinatları oluşur. x, y ve z değerleriyle $x+y+z=1$ konumunda her renk net olarak belirlenir.

Şekil 2.20a ve 2.20b deki kenar eğrileri –dalga boyları ile tanımlanan- maksimal doyumlu renkleri gösterir. E noktası ise renksizlik noktasıdır ve beyaz renge eşdeğerdir. Kenar eğrisi (spektral renk hattı) ile renksizlik noktası arasındaki doğruya eşdeğer tonlu renkler bulunur; bunların doygunluğu renksizlik noktasına doğru azalır. Bu doğrular renk cinslerini oluşturur. Bir renk cinsinin tonu, DIN renk karşılaştırma tablosuyla veya renk tonu eşit dalga boyu ile tanımlanır. Bu, renk cinsi doğrusu ile kenar eğrisi, yani spektral renk hattı arasındaki kesişme sonucu oluşan dalga boyudur. Purpur renkleri için tamamlayıcı (karşıt) renklerin dalga boyu kullanılır (dalga boyu bu durumda – işaret ile gösterilir). Bir rengin beyaz kısmının ölçüsü olan doygunluk, renksizlik noktasına doğru azalır. Her iki şekil bir karanlık basamağı için geçerlidir. Şekil 2.20b, Şekil 2.16 da verilen renk cisminin sabit karanlık basamağında bir kesittir. Şekil 2.20b deki görüntüye dik eksen (z-ekseni), örneğin renksizlik noktası için siyahtan beyaza kadar değişik karanlık basamakları bulunmaktadır.

Renkler renksizliğe, yani beyaza tamamladığı zaman tamamlayıcı (karşıt) renk olarak adlandırılır. Bir tamamlayıcı (karşıt) renk, E noktasından geçen doğrunun karşıt taraftaki kenar eğrisiyle kesişme noktası üzerinde bulunur. Örneğin saf beyaz ışığın 480 nm (mavi) dalga boyu kapatıldığında gözümüzde tamamlayıcı (karşıt) renk olarak eşdeğer renk tonlu, 580 nm lik dalga boyuna sahip ‘sarı’ rengi etkisi oluşur. Şekil 2.20a da bu rengi elde etmek için spektral renk hattında 480 nm noktası E noktası ile birleştirilir; bu doğru noktadan öte tarafa çizilerek spektral renk hattı ile kesiştirilir (Şekildeki 3 no.lu doğru).

Bir başka örnek enterferans tabakalarından verilmiştir. Metalografide parlatılmış numune yüzeyi enterferans tabakası ile kaplanır. Bu kaplama sonucu α -demirin ışık refleksiyon minimumu 540 nm de, Fe_3AlC_x fazının ışık refleksiyon minimumu 590 nm de oluşur. Beyaz ışık ile aydınlatmada α -demir fazı tamamlayıcı renk olan purpur (kırmızısı) renginde görülür. 540 nm ile E noktasının birleştirilmesi Şekil 2.20a da 1 doğrusuyla gösterilmiştir. Fe_3AlC_x fazı ise mavi renginde görülür (2 no.lu doğru).



Şekil 2.20. a) Aynı renk çeşitlerini ve bütünleyici renkleri gösteren doğrular içeren renk üçgeni;b) Renk üçgeni. Renkler, herbir renk çeşidinin bulunduğu yerleri gösterir. Burada E renksiz noktadır;c) Renk cetvelinde toparlanan renk çeşitlerini ve doygunluk eğrilerini içeren renk üçgeni.

2.3. Metallerin Refleksiyonu ve Bunların Hesaplanması

2.3.1. Optik sabitler

Vakum dalga boyu ile kırılma indisi arasındaki bağıntı, bir malzemedeki ışığın dalga boyunu veya vakum dalga boyunun malzemedeki dalga boyuna oranı kırılma indisi, n yi vermektedir.

$$n = \frac{\lambda_V}{\lambda_M} \quad (2.18)$$

Işığın saçılması, malzemenin özelliklerine olduğu gibi ışının polarizasyonu ve giriş açısına da bağlıdır. Bu eklenen etkileri açıklayabilmek için kırılma indisi, n yerine daha karmaşık olan $N = n + ik$ eşitliği getirilebilir. Yapılan bu değişim ile Fresnel eşitlikleri metaller için de geçerli sayılırken kırılma indisi de kompleks boyuta çekilmektedir. k sabiti, absorpsiyon sabiti veya ekstinksiyon katsayısı olarak nitelendirilmektedir. Bu sabit ortamda genliğin düşmesi olarak tanımlanmaktadır.

$$A(x) = A(0) \cdot e^{-\frac{2\pi x}{\lambda_V} k} \quad (2.19)$$

Burada x , incelenen etki derinliğini (veya etken derinlik) göstermektedir. k yerine absorpsiyon indeksi, κ de kullanılmakta ve λ_M dalga boyundaki genlik azalması olarak ifade edilmektedir.

$$A(x) = A(0) \cdot e^{-\frac{2\pi x}{\lambda_V} \kappa} \quad (2.20)$$

Absorpsiyon sabiti K ışık şiddetindeki düşme (ışın verimi) olarak tanımlanmaktadır.

$$I(x) = I(0) \cdot e^{-K \cdot x} \quad (2.21)$$

K dalga boyuna bağlıdır ve $k = \frac{\lambda_V}{4\pi} \cdot K$ eşitliğine göre k ile ilişkilidir. Örneğin, K sabiti dalga iletim tekniğinde kullanılmaktadır.

Tüm optik sabitler, ışık dalga boyunun bir fonksiyonudur. Bu dalga boyu bağımlılığına dispersiyon da denmektedir.

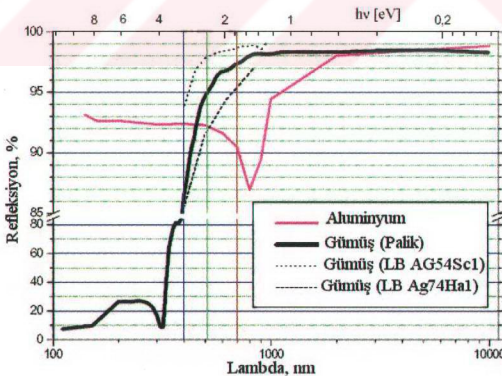
2.3.2. Metalik yüzeylerin refleksiyonu

Metallerin karakteristik özelliği, metal kafesleri içerisinde serbest elektronların varoluşudur. Metallerin sahip oldukları iyi refleksiyon özelliklerinin nedeni bu elektronlardır. Bir malzemenin optik özellikleri ışığın dalga boyuna ve geliş açısına bağlıdır. Bunun yanında bir metalin üzerindeki ince tabakanın ve yüzey pürüzlülüğünün de ölçülebilen refleksiyona etkisi bulunmaktadır.

Farklı metallerin refleksiyon özellikleri ve bunların optik sabitler cinsinden hesaplanması [Hass u.a. 1982] de gösterilmiştir. En önemli eşitlikler burada tekrar verilecektir. Düşey ışık girişinde metallerin refleksiyonu, R aşağıdaki gibidir:

$$R = \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2} \quad (2.22)$$

Literatür verilerden hesaplanmış, düşey ışık girişinde Al ve Ag için refleksiyon eğrileri Şekil 2.21 de gösterilmiştir.



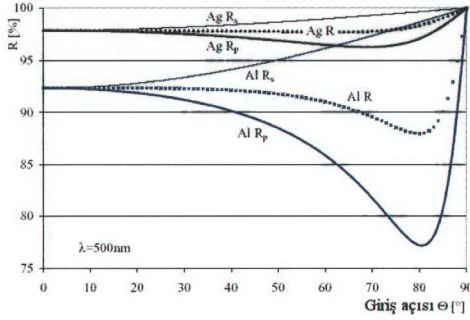
Şekil 2.21. Dikey düşüş açısında Al ve Ag için hesaplanmış refleksiyon değerleri [42].

Diagramdan da açıkça görüldüğü gibi, Al UV-bölgesinde daha yüksek refleksiyo na sahiptir. Teknik olarak önemli olan görünür ve enfraruj spektral alanda gümüş daha belirgin reflekte ederken alüminyum 830 nm de bir refleksiyon minimumu göstermektedir. Gümüş için literatürde görünür spektral alanda çok farklı optik sabitler verilirken, bu çalışmada ulaşılabilen refleksiyon hakkında hiçbir açıklık getirilememiştir (özellikle mavi ışıkta). Alüminyum için farklı literatürlerdeki veriler birbirini tutmaktadır.

Düşey olmayan ışık giriş açısında refleksiyon, ışığın polarizasyonuna ve giriş açısına bağlıdır:

$$R = \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2} \quad (2.23)$$

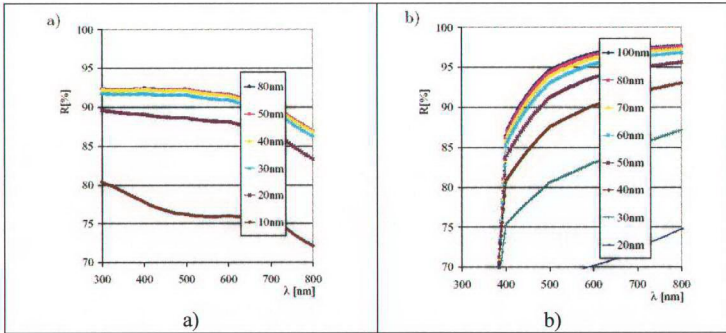
Bu eşitliklere göre, düşey polarize ışıkta geliş açısının artması ile refleksiyon, R_s artmaktadır. Bunun aksine paralel polarize ışıkta refleksiyon R_p , Pseudo-Brewster-açısına kadar düşmekte ve çok düşük ışık girişi ile yine artmaktadır. Al ve Ag için 500 nm dalga boyunda polarize ışıkta hesaplanmış refleksiyonlar Şekil 2.22 da gösterilmektedir. Ag için Şekil 2.21 de verilen en optimistik optik sabit kullanılmıştır. 30° lik giriş açısında alüminyumda gümüşe göre daha belirgin bir polarizasyon görülmektedir. Gümüşte polarizasyon oldukça belirsizdir. Polarizasyon bağımlılığı incelemek amacıyla $n^2 + k^2$ ve $k/2$ en çok ilgi çeken terimlerdir. Birinci terimin değeri arttıkça Pseudo-Brewster-açısı da artmaktadır ve ikinci terim büyüdükçe paralel polarize ışıkta refleksiyon düşmektedir.



Şekil 2.22. Giriş açısının bir fonksiyonu olarak yeşil ışıkta (500 nm) alınmış Al ve Ag ün R_s , R_p ve R_p değerleri [42].

Alüminyum ve gümüşün özellikleri karşılaştırıldığında, gümüşün tüm görünür spektral alanda belirgin şekilde daha yüksek refleksiyona sahip olduğu görülür. Alüminyumdan farklı olarak Ag deki refleksiyon polarizasyona hemen hemen bağlı kalmamaktadır. Bu nedenle paralel polarize ışıkta ve geniş giriş açısında Ag-tabakalarının Al-tabakalarının aksine daha avantajlı olduğu açıkça görülmektedir. Buna karşın alüminyum UV alanında da yüksek refleksiyon değeri taşımaktadır.

Mikrosistem tekniklerindeki uygulamalarda refleksiyon tabakaları gereğinden fazla olmamalıdır. Al ve Ag nin ne zaman optik olarak opak olacağını hesaplanması ticari "Filmstar" software ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Şekil 2.23 de verilmiştir.



Şekil 2.23. Refleksiyonun a) Al ve b) Ag nin tabaka kalınlığı ile ilişkisi [42].

Al tabakaları 30 nm lik bir tabaka kalınlığında maksimum refleksiyoa ulaşmaktadır. Buna karşın gümüş tabakalarının 70-100 nm lik bir kalınlığa sahip olmaları gerekmektedir. Gümüş tabakalarının sahip oldukları oldukça yüksek transparanlık (geçirgenlik) göz önünde tutularak, geçirgen veya kısmi geçirgen fonksiyon tabakaları üretilmektedir.

2.3.3. Yüzey pürüzlülüğünün refleksiyoa etkisi

Şimdiye kadar refleksiyon ve geçirgenliği tanımlamak için verilen eşitlikler sadece ideal düz yüzeyler içindir. Buna karşın gerçek yüzeyler refleksiyonu düşüren pürüzlülükler içermektedir. Bu oluşum (görünüm), normal ışık girişi için 2.24 eşitliğinden elde edilen pürüzlülük değerlerini kullanarak bir Gauss dağılımı ile açıklanmaktadır.

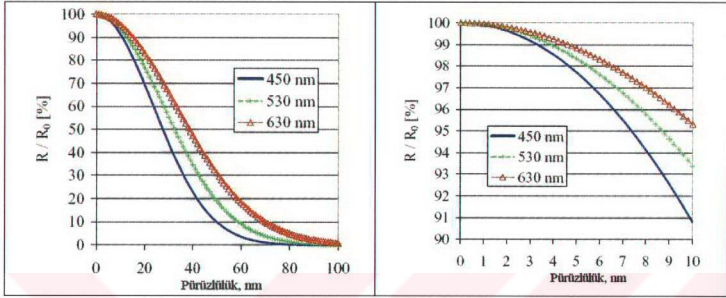
$$\frac{R}{R_0} = e^{-\left(\frac{4\pi\sigma}{\lambda}\right)^2} + \left(1 - e^{-\left(\frac{4\pi\sigma}{\lambda}\right)^2}\right) \cdot \left(1 - e^{-2\left(\frac{\pi\sigma\alpha}{m\lambda}\right)^2}\right) \quad (2.24)$$

R_0 : pürüzlülük içermeyen refleksiyonu, σ : pürüzlülüğü (rms-değeri), λ : dalgaboyunu, m : yüzey pürüzlülüğünün ortalama eğimi ve α : spektrometrenin yarım akseptans açısını göstermektedir. 2.24 deki ilk terim direk ışını ve ikinci terim de difüze olan ışını tanımlamaktadır. İkinci terim birinci terime göre dalga boyuna daha çok bağımlıdır ($1/\lambda^4$, $1/\lambda^2$). Küçük pürüzlülükler için 2.24 eşitliği basitleştirilebilir.

$$\frac{R}{R_0} = 1 - \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot \sigma}{\lambda}\right)^2 \quad (2.25)$$

Bağıl refleksiyon $\frac{\Delta R}{R_0}$, $\frac{\sigma}{\lambda} = 0,2$ değerinde sıfır noktasına yaklaşan bir Gauss eğrisi göstermektedir (Şekil 2.24a). Bu yaklaşım literatürde de deneysel olarak kanıtlanmıştır. Küçük pürüzlülük değerlerinde ve ilgili dalga boylarında hesaplanmış refleksiyon düşüşleri Şekil 2.25b de gösterilmiştir.

Şekil 2.24b den görüldüğü gibi uygulamalarda 2 nm altındaki pürüzlülüklere ulaşabilmek için çalışmalıdır, çünkü bu değerlerde refleksiyon hiç etkilenmemektedir.



Şekil 2.24. Refleksiyonun a) Al ve b) Ag nin tabaka kalınlığı ile ilişkisi [42].

BÖLÜM 3. DENEY MALZEMELERİNİN TANIMI

3.1. Sert Doğaltaşlar

Türkiye de yeni bir sanayi dalı olarak gelişen sert taşlar ülkemizin çeşitli yerlerine dağılmış halde bulunmaktadır. Sert taşlar kapsamı içerisine granitler, diyabazlar, gabrolar, dioritler, serpanitler vb. girmektedir. Bu kayaçları derinlik, damar ve yüzey taşları olarak üç gruba ayırabildiğimiz gibi bunları kimyasal yönden de sınıflandırabiliriz.

Bu çalışmada üç çeşit sert doğaltaş kullanıldığından sadece bunların özellikleri ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.1.1. Granit

Granitlerde renk genelde açık, beyaz veya beyaza yakın tonlardır. Değişik türlerde gri-beyazdan başlayarak gri, gri-yeşil hatta kahve-kırmızı tonlara kadar değişen zengin bir renk aralığına sahiptir. Bu özellik granitlerin oluşum koşullarıyla, kendi öz bileşimlerinden kaynaklanmaktadır. Sert mermer granit, kayaç olarak kimyasal bileşimde %66 dan fazla SiO₂ içermektedir [43]. Bu gruba giren kayaçlar silis ve alkalilerce (feldspatlarca) zengin, kalsiyum, demir ve magnezyumca (biyotit, amfibol) fakir, derin koşullarda (magma kökenli) oluşmuşlardır. Bu nedenle de bu grup, asidik, açık veya çok açık renkli kayaçlar sınıfına girer.

Granitler kristalin yapısı altında bileşimindeki mineraller itibariyle dikkate alındığında sertliği normal mermere oranla (3-4 Mohs) 2 misli (6-7 Mohs) daha büyüktür. Kristalin taneli özelliği yanında granit bileşiminde yer alan beyaz minerallerin (kuvars, otoz, albit) boyayıcı pigmentler içermeleri halinde, örneğin hematit ortoza pembe veya kırmızı tonda bir renk kazandırır. Böylece ortaya çıkan granit pembe veya kırmızı granite dönüşür. Benzer biçimde granitte amfibol veya klorit, epidot türü minerallerin yaygın olarak bulunması halinde renk yeşil tonlara

veya normal granitlerde olduğu gibi en yaygın tür olan gri ve beyaz benekli bir görünüm izlenir.

Granit sertliği ile aşınmaya, kimyasal ve fiziksel etkenlere karşı dayanıklıdır. Kristalin yapısı, dokusal özellikleri, bunlara ek olarak albeni renkleriyle süslemede ana malzemeyi oluştururlar.

3.1.2. Bazalt

“Sert mermer grubu” içinde yer alan gabro-diyabaz-bazalt üçlüsü petrografik açıdan, benzer mineralojik ve kimyasal bileşimli farklı yapı ve doku özellikleri gösteren “bazik kayaç grubu” nu oluştururlar [44]. Her üç kayaç derinlik, yarı derinlik (damar) ve yüzey kayaçları olarak mineralojik yönden piroksen-amfibol olivin ve labrador gibi koyu renkli minerallerden oluşur. Tablo 3.1 de farklı bölgelerden alınmış bazaltların makroskobik özellikleri ve mineral bileşimleri verilmiştir.

Tablo 3.1. Karacadağ bazaltlarına ait petrografik özellikler [44].

Örnek No	Yeri-Lokasyon	Makroskobik Özellikler	Mineral Bileşim	Adı
D1	Devegeçidi Mevkii	Gri-siyah, masif	Olivin, Mikrolit (Plajioikls+Olivin)	Olivinli Bazalt
D2	Fabrika Köyü	Gri-beyaz benekli	Olivin, Piroksen, Epidot, Labrador, Sfen Opak	Olivin-Piroksenli Dolerit
D3	Karabağçe (Savsak Dere)	Açık-koyu gri, masif ve ince boşluklu	Olivin, Labrador, Matriks, Mikrolit, Plajioiklas	Olivinli Bazalt
D4	Karabağçe (Savsak Dere)	Gri-kahve ve bol boşluklu	Olivin (30) Boşluk (15) Matriks (50) Mikrolit (Plaj.+Oliv.)	Boşluklu Olivinli Bazalt
D5	Karacadağ Zirve	Gri-siyah masif boşluklu	Olivin (40) Boşluk (10) Matriks (50) (Plaj.+Oliv.)	Boşluklu Olivinli Bazalt
D6	Karacadağ Zirve	Gri-siyah masif ince boşluklu	Olivin (40) Boşluk (5) Matriks (Plaj.+Oliv.)	Az Boşluklu Olivinli Bazalt

Tablo 3.2 de yine farklı bölgelerden alınan bazaltların kimyasal bileşimi verilmektedir. Burada verilen değerler incelendiğinde bazaltlar %40-50 silisyum

dioksit , %13-15 alüminyum oksit, %4-5 demir oksit, %1-1,5 potasyum oksit, %0,2-0,7 fosfor pentaoksit ve %2-3 titan dioksit içermektedir.

Tablo3.2. Tablo 3.1 de verilen bazaltların kimyasal analizleri [44].

Maj. Element	D-1 Devegeçidi	D-2 Fabrikaköy	D-3 Karabahçe Davsak D.	D-4 Karabahçe Savsak D.	D-5 Karacadağ Zirve	D-6 Karacadağ Zirve	Ort.
SiO ₂	44,77	49,30	46,04	47,87	46,79	45,88	47,28
Al ₂ O ₃	13,59	14,33	13,89	14,43	14,18	13,68	14,02
Fe ₂ O ₃	4,76	4,61	4,89	4,64	4,62	4,69	4,70
FeO	8,57	8,30	8,80	8,36	8,31	8,44	8,46
MnO	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
MgO	8,28	8,50	8,76	8,27	9,19	8,82	8,64
CaO	8,24	8,41	9,12	8,93	8,77	9,32	8,79
Na ₂ O	3,95	3,07	3,64	3,15	3,18	3,78	3,46
K ₂ O	1,44	0,87	1,04	1,07	1,30	1,63	1,23
P ₂ O ₅	0,61	0,26	0,44	0,38	0,51	0,69	0,48
TiO ₂	2,58	2	3,18	2,68	2,94	2,86	2,71
Toplam	99,94	99,81	99,95	99,94	99,95	99,95	99,93

3.1.3. Diyabaz

Diyabaz tanım olarak oluşum yönünden damar kayaçları içinde yer alırken, renk yönünden, yeşil sert mermerler, serpantin, gabro, diyabaz üçlü grubunu oluşturur [43]. Diyabazların makro ve mikro özellikleri Tablo 3.3 de verilmiştir.

Tablo 3.3. Diyabazlarda Makro-Mikro Özellikler [43].

Makro Özellikler	Tane Boyutu Renk Özelliği yok Boşluk Oranı Çatlaklılık	İnce Taneli, Afanitik (tane yapısız) Yeşil, benekli, mavi-yeşil tonlarda Yoktur Belirli boyutlarda yoktur Rastlanır
Mikroskobik Özellikler	Doku Mineral Bileşimi	Farklı tane boyutlu (porfirik) Diyabaz (grift-ofitik) İri kristaller: ojit, plajkioklas, amafibol, (olivin); Ara Dolgu: Proksen, plajkioklas ve klorit
İkincil Mineraller		Albit, klorit, epidot, zeolit, sfen, opak, kalsit
Ayrışım Olayı		Spilitleşme (albit, klorit, kalsit) Hidrotermal ayrışım

Yurdumuzda seret mermer grubu içinde yer alan diyabaz oldukça yaygın ve büyük potansiyele sahiptir. Diyabaz-mermer, sertliği ve diğer mermerler yanında özel işletme özelliklerine sahiptir. Diyabaz-mermer basınca karşı büyük direnci, asite karşı dayanımı, süsleme ve renk, desen özellikleri yanında, istenilen plaka haline gelme ve geçirimsiz yüzey eldesi vb. özellikleriyle diğer mermer türlerinden ayrılırlar.

3.2. IF Çeliği

IF (Interstitial – Free) çelikleri mükemmel çekilebilirlik ve derin çekilebilirliğin gerektiği yerlerde kullanılan çeliklerdeki en son gelişmelerdir. IF çelikleri sıcak daldırma ile galvanizleme ya da sürekli tavlama hatlarında ekstra derin çekme sacların üretimine imkan sağlar. Bu çelikler düşük karbon ve azot içerdiklerinden dolayı (örnek olarak $< 0.0030 \% C$ ve $< 0.0040 \% N$) biçimlendirmeye en uygun olup, ayrıca düşük akma dayanımı ve incelmeye karşı yüksek direnç gösterirler.

Sürekli tavllanmış, dinlendirilmiş çelik sacların mekanik özellikleri üzerinde karbon içeriğinin etkili olduğu bilinmektedir. Yaklaşık $\% 0.02$ 'lik bir karbon içeriği yaşlanmaya karşı, iyi şekillendirilebilir bir çelik elde etmek için iyi bir orandır. Sonuçta bu teknoloji otomobil dış panelleri için iyi derin çekilebilir ve fırınlama sertleşmesine sahip yeni yüksek dayanımlı çelik sacların sürekli tavlama ile üretimine olanak sağlamıştır.

Dünyada üretilen soğuk sacların en önemli kullanım alanları otomotiv ve beyaz eşya sektöründe görülmektedir. Son yıllarda otomotiv endüstrisinde artan yakıt fiyatları ve karoseri dizaynları üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırma çalışmalarında otomobil karoserinin hafifletilmesi konusunda önemli adımlar atılmıştır. Bu yönde geliştirilen iyi şekillendirilebilen IF çelikleri, sürekli tavlama hattında üretilmektedir. Ülkemizde Erdemir'de sadece niobyumlu IF çelikleri üretilmektedir.

IF çeliklerinde, çözeltide mevcut C ve N miktarları vakumla gaz giderme ve Ti veya Ti + Nb ilaveleriyle 20 ppm seviyelerine düşürülmüştür. Ti ve Nb ilaveleri sonucunda mevcut ara yer atomları TiC, TiN veya NbCN stabil bileşikleri şeklinde

çökeler. C ve N ara yer atomlarının ferrit çözültiden ayrılması çeliğe yaşlanma özelliği göstermeyen üstün bir şekillendirilebilirlik kazandırmaktadır.

IF çelikleri ara yer atomları açısından çok düşük değerlere sahip olduğundan yapay yaşlandırma ünitesine gereksinim duymazlar ve sıcak daldırma ile galvanizleme ya da sürekli tavlama hatlarında gereken hızlı ısıtma hızlarında da üretilebilme olanağı sunarlar. Ti ilk olarak bu çeliklerde çözülmüş karbon ve azotu TiC ya da TiN şeklinde bağlamak için kullanılmış daha sonra bu amaçla Nb ve Nb + Ti da kullanılmıştır. IF çeliklerinin üretimi günümüzde de yalnızca soğuk ve sıcak saclar için değil, aynı zamanda çinko kaplı çelik saclar, yüksek dayanımlı çelik saclar vb. değişik uygulamalarla artmaktadır. Oksijen konvertörlerde çelik üretimi sonucunda elde edilen ürünün azot miktarı ancak 20 ppm'e, karbon miktarı da 100-200 ppm civarına kadar düşürülebilir. Buna ilaveten döküm sırasında vakum ile gaz giderme ile toplam karbon oranı 30-50 ppm civarına düşürülür. IF çelikleri genel olarak, yüksek derecede şekillendirilebilirliğin gerektiği yerlerde ihtiyaç duyulan çeliklerdir. Karbonitrür oluşturu elementler ilavesi ile derin çekilebilirlik ve yaşlanmama özellikleri daha da geliştirilebilir. Bu amaçla katılan niyobyumun etkisi, düzlemsel anizotropiyi geliştirme ve kulaklanma olayını azaltma yönündedir. Bunun nedeni soğuk haddemele işleminden daha önce, sıcak haddelenmiş yapının küçük tane boyutlu olmasıdır[45].

3.3. Nanokristalin Elmas

3.3.1. Nanokristalin elmasın patlatma yöntemi ile üretimi

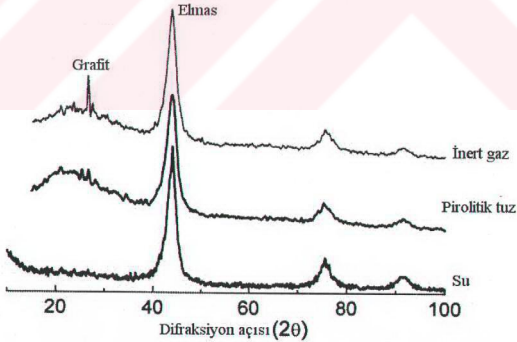
C, H ve N gibi elementler ile oksijenin patlatılması sonucu nano boyutlu elmas kristalleri elde edilmektedir. Burada C, H ve N elementlerin oksidasyonunu engellemek amacıyla oksijen miktarı, oksidasyon için gerekenden daha düşük tutulmalıdır. Bu tür bir patlatma gerçekleştiği zaman, serbest kalan karbon atomları topaklanmakta ve patlatma sonucu oluşan yüksek sıcaklık ve yüksek basınç altında nano boyutlu elmas kristalleri oluşturmak üzere yeniden bir düzene girmektedir. Nano boyutlu elmas, 1980 li yıllarının ortalarında yüksek enerjili patlayıcıların inert

bir gaz ortamında patlatılması sonucu bulunmuştur [46-48]. Bu metot, nano malzemelerin üretilmesi için özel bir yöntem olarak kabul edilmiştir.

Üretim prosesinin ilk kademesi, reaksiyonda kullanılan elementlerin (ki bu genelde TNT/RDX -tri nitro toluen/hekzogen- bileşimidir) koruyucu bir malzeme içerisinde patlatılmasıdır. Koruyucu malzemenin kullanılmasının amacı, patlatma reaksiyonu sonucu oluşan nano boyutlu elmasın, patlatma ürünlerinin yayılma kademesinde, oksidasyonunu ve grafitleşmesini önlemektir.

Daha önceki çalışmalarda yüksek kalitede elmas elde etmenin en etkili yöntemin, reaktiflerin (patlatma reaksiyona giren elementler) yeterli miktarda su içerisinde patlatılmasının olduğu belirtilmiştir [46, 49]. Bu patlatmada nihai ürün olarak amorf karbon ve grafitten arındırmak üzere kuvvetli bir oksidant (perklorik asit ve $KMnO_4$) ile yıkanmış, nano boyutlu elmas içeren bir gri toz elde edilmiştir.

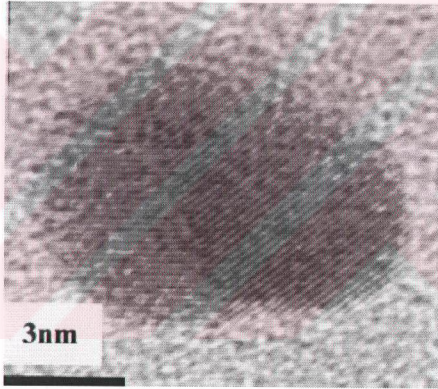
Q. Chen ve S. R. Yun un yaptığı çalışmada, patlatma reaksiyonu sırasıyla su, pirolitik tuz ve inert bir gaz ortamında gerçekleştirilmiştir [46]. Oluşan ürünler daha sonra saflaştırma kademesinden geçirilmiştir.



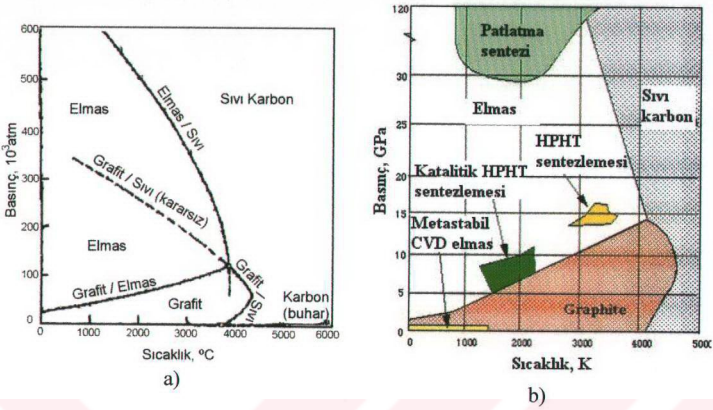
Şekil 3.1. Farklı koruyucu ortamlarda patlatma sonucu elde edilen oksidasyon ürünün XRD paterni [46].

Şekil 3.1 de gösterilen X-ışını paternleri, elde edilen elmasların kübik formda olduklarını göstermektedir.

Suyun koruyucu malzeme olarak kullanıldığı reaksiyon ürünün en az grafit içerdiği açıkça görülmektedir. Paterndeki geniş düz pikler, nano metre boyutundan ve elmas kristallerin mikro gerilimlerinden kaynaklanmaktadır. Çizgi genişleme analizi (line-broadening analysis) ile tane boyutunun 4-6 nm ve mikro gerilimin en fazla %1 olduğu belirlenmiştir. Burada elde edilen mikro gerilim, statik basınç altında üretilen mikro taneli elmaslara göre daha yüksektir. Birçok elmas tanenin küresel şekilde olduğu transmisyon elektron mikroskobu görüntüleri ile gösterilmiştir. Şekil 3.2 de gösterilen büyük tane, görünürde iki ergimiş tanenin topaklanması sonucu oluşmuştur. Bu da oluşum prosesi sırasında sıvı karbon dropletlerin topaklandığı bir kademenin var olduğunu göstermektedir [46, 50].



Şekil 3.2. Görünürde iki partikülün topaklanması sonucu oluşan elmas kristali [46].



Şekil 3.3. Elmasın tek element faz diyagramı (a) ve üretim yöntemlerinin faz diyagramında gösterimi (b) [51].

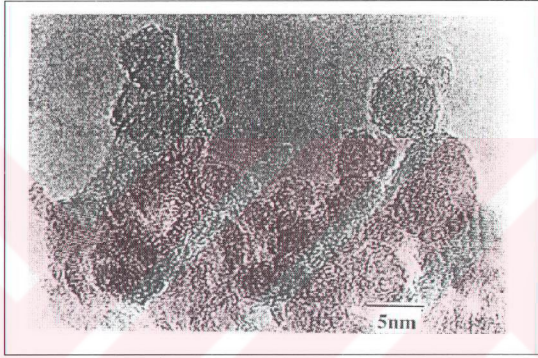
Ayrıca, tane-boyutu dağılım eğrileri, droplet topaklanma mekanizması sonucu oluşan diğer nano malzemelerinkine benzer şekildedir. Yani küçük tane boyut dağılımında keskin dik bir eğim görülürken büyük tane boyutlarına doğru sürekli kabalaşma görülür. Buna rağmen karbon faz diagramına bakıldığında (Şekil 3.3), patlatma reaksiyonunun oluşturduğu termodinamik koşulları (3000-3500 K, 30-35 GPa) elmasın sıvı hal bölgesine tekabül etmediği görülmektedir. Mikron boyutlu elmasın bu patlatma sıcaklığı ve basıncı altında ergiyememesi, ancak nano boyutlu elmasın ergime sıcaklığını etkili bir şekilde düşürebilmesi sonucu karbon dropletlerin oluşabilmesi ve bu termodinamik koşullarda topaklanabilmesi, bu çelişki için uygun bir açıklamadır [46, 52]. Tane boyutunun patlatma reaksiyon sıcaklığı ve basıncı ile çizilen grafikten bu tür bir ilişkinin var olduğu ispatlanmıştır. Dropletlerin hızlı soğuması sonucu nano boyutlu elmaslarda oldukça çok kusurlar oluşmaktadır [46].

Bir başka çalışmada, farklı iki saflıkta bulunan (Tablo 3.4 de bileşimleri verilmiştir) nano boyutlu elmasların tane boyutu ve yapısını incelemek amacıyla yüksek ayırma gücüne sahip transmisyon elektron mikroskobu (HRTEM) ve elektron difraksiyonu kullanılmıştır [53].

Tablo 3.4. Nano elmasda ölçülmüş bazı özellikler [53].

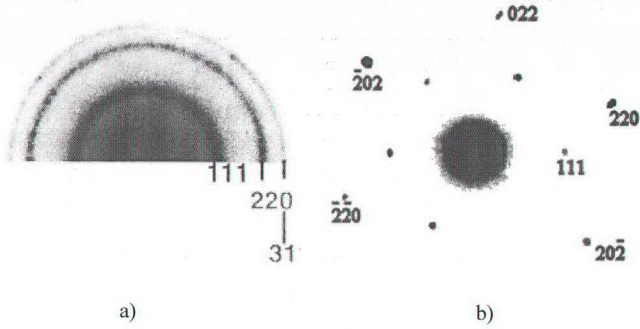
Fraksiyon No.	Kül., %	Okside olabilecek karbon, kütle-%	Yoğunluk, g/cm ³
2	3.1	0.2	3.25
5	0.15	0.1	3.25

Yapılan HRTEM incelemelerinde, elmas tozunun 2-10 nm boyutlarında partiküller içerdiği görülmüştür (Şekil 3.4).

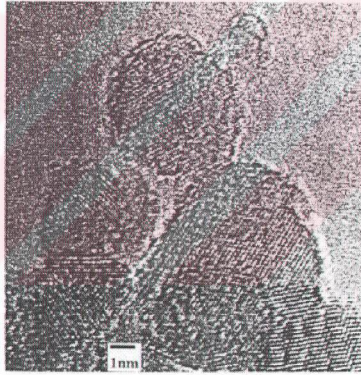


Şekil 3.4. Yaklaşık 2-10 nm boyutlarında küresel partiküller içeren elmas tozunun HRTEM görüntüsü [53].

Şekil 3.5a da birçok kristalden alınmış elektron difraksiyon paterni verilmektedir. Şekil 3.5b ise dört kristal içeren bir elektron ışının nano-difraksiyon paternini göstermektedir. Bu difraksiyon paternlerinde, çok küçük miktarlarda dahi amorf karbon ve grafitin olmadığına dair kesin bir belirti yoktur. Bu difraksiyon spotlarının bazı ince olanları nano boyutlu kristallerden beklenen şekil dönüşüm etkisinden dolayı oluşmaktadır.



Şekil 3.5.a) Birçok kristalden alınmış elektron difraksiyon paterni; b) dört kristal içeren bir elektron ışınının nano-difraksiyon paterni [53].

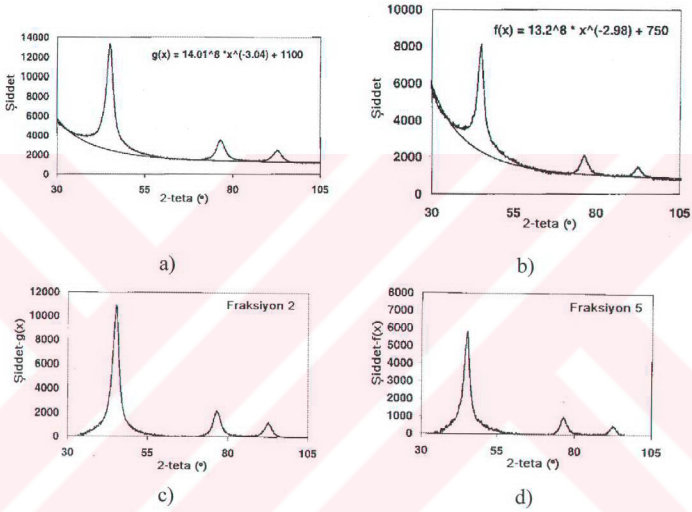


Şekil 3.6. Bir elmas tozunun yüzeyinde görülen ve yaklaşık 0,25 nm boyutunda olan pürüzlülüklerinin HRTEM görüntüsü [53].

Bunun yanında, Şekil 3.6 da, 7 nm boyutundaki bir partikülün 35 adet 111 düzlemi içerdiği görülmektedir [53]. Ayrıca nano elmasların pürüzlü bir yüzeye sahip oldukları da belirlenebilmektedir. Bu pürüzlü tabakanın yaklaşık 0,2-0,4 nm kalınlıkta olduğu gözükmemektedir. Genel olarak grafit yüzey tabakaları için spesifik olan 0,34 nm boyutundaki basamaklar burada görülmemektedir. Burada görülen çoğu elmas tanelerinin küresel olmalarına rağmen, bazı tanelerin oktahedral, kübik-

oktahedral ve daha az düzenli yapıda olduğu başka yüzey analiz yöntemleri ile belirlenmiştir [53].

Tablo 3.4 de farklı iki saflıktaki elmas tozlarına ait X-ışını difraksiyon paternleri Şekil 3.7 de, 111, 220 ve 311 düzlemleri için hesaplanmış pik genişlikleri (yarı yükseklikteki tam genişlik, FWHM) Tablo 3.5 de verilmiştir



Şekil 3.7. Nano elmas fraksiyon 2 ve 5 in düşük açı ve artalan (background) sıyırılması a, b) öncesi ve c, d) sonrası alınan X-ışını difraksiyon paternleri[53].

Tablo 3.5. Toz elmasın X-ışının difraksiyon sonuçları ve analizleri [53].

Fraksiyon no	(hkl)	$\Delta(2\theta_{ölç.})^{\circ}$	θ°	$\Delta(2\theta_{gerçek.})^{\circ}$	$L_{ölç.}$ (nm)
2	111	2.3	44.02	0.2	3.45
5	111	2.5	44.02	2.0	3.73
2	002	2.3	75.47	2.0	3.45
5	002	2.5	75.47	2.0	3.75
2	311	2.3	91.72	2.0	3.45
5	311	2.5	91.72	2.0	3.73

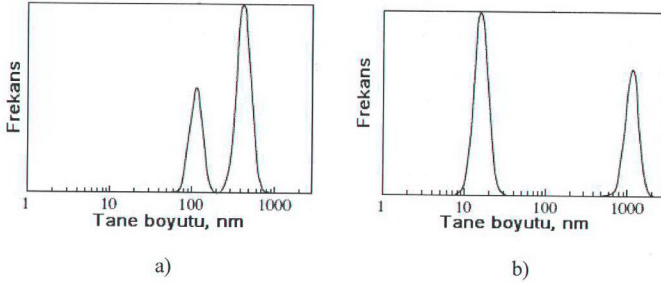
3.3.2. Patlatma yöntemi ile üretilen nano boyutlu elmas topraklarının dağıtılması

Patlatma yöntemi ile üretilen nano boyutlu elmaslar yüksek ayırma güçlü transmisyon elektron mikroskobu ile incelendiği zaman, boyutlarının 4-6 nm aralığında olduğu fakat transmisyon elektron mikroskobu ile de çok sayıda toplanmış tanelerin olduğu görülmüştür. Bu toplanmış elmas boyutlarının yüzlerce nano metre hatta birkaç mikro metre olduğu tespit edilmiştir. Buna rağmen, nano elmasın toplanmış yapısı hala tam olarak açık değildir. Nano elmas ultrasonik yöntemle su içerisinde dağıtıldığında nano elmas tozunun sadece bir kısmı çapları 100 nm nin altında olan partiküllere dönüştürülebilmektedir [54, 55].

Birçok çalışmaya göre nano malzemelerde iki tip toplanma bulunmaktadır: partiküllerin adsorbasyonu sonucu oluşan “yumuşak (zayıf) toplanma” ve partiküller arasında gerçekleşen kimyasal bağlanma sonucu oluşan “sert (kuvvetli) toplanma”dır. Herbir nano boyutlu partikülün aynı kafes görüntüsü veren tek bir elmas kristal ve iki kristal arasında belirgin olmayan bir bağın var olduğu T. Xu, K. Xu ve J. Z. Zhao un çalışmalarındaki HRTEM görüntülerinden görülmektedir [54, 56]. Bu yapının sert (kuvvetli) toplanmanın bir çeşidi olduğuna ve kimyasal bağlı toplanmadan daha kuvvetli olduğuna inanılmaktadır. Ayrıca bu tür bağın sıradan bir kimyasal metot ile koparılamıyacağı görülmektedir [54].

Toplanmayı dağıtma metodundan biri olan grafitizasyon-oksidasyon yönteminin deneysel çalışmasında, soğutma ve koruyucu ortam olarak suyun, 50/50 oranında TNT/RDX maddelerin kullanıldığı patlatma reaksiyon ürünü nano elmas incelenmiştir [54]. Nano elmas bileşimlerini ayırmak amacıyla elde edilen siyah toz (kurum), kaynar nitrik ve sülfirik asit ile işlenmiştir. Daha sonra grafitleştirmek için nano elmas N_2 ortamında 1000 °C de 1 saat ısıtılardan geçirilmiştir. Elmasın giderek koyulaşm grafitleşmenin gerçekleştiğinin bir göstergesidir. Oksidasyon için, numune 450 °C de havada birkaç saat bekletilmiştir. Hafif oksidasyon sonucu, yani 450 °C de hava akımı ile 2 saat ısıtıldığında grafitleşmiş elmasın rengi solmakta ve nano elmas kendi orjinal rengini (açık kül grisi) almaktadır. O halde, nano elmasın 1000 °C de 1 saat ısıtılma tabi tutulması sonucu yüzeyde sadece ince bir grafit tabakası oluştuğu söylenebilir.

Nano elmas, grafitizasyon-oksidasyon işlemi sonrası ultrasonik olarak su içerisinde dağıtılmıştır. Ölçülen tane boyutu dağılımı Şekil 3.8 de verilmiştir.



Şekil 3.8. a) Orjinal, b) grafitizasyon-oksidasyon sonrası nano elmasların tane boyut dağılımları. [54].

Şekil 3.8 den görüldüğü gibi nano elmas süspansiyonunda, grafitizasyon-oksidasyon işlemi sonrası partiküllerin %50 den fazlasının çapları 50 nm nin altında (Şekil 3.8b) iken, işlem görmemiş nano elmas süspansiyonunda bu değer daha büyüktür (Şekil 3.8a). Sonuç olarak grafitizasyon-oksidasyon sonucu yönteminin topaklanmayı kısmen dağıttığı, fakat bunun yanında bazı büyük çaplı partiküllerin oluştuğu görülmektedir.

Q. Chen ve S. R. Yun un yaptığı çalışmadan da görüldüğü gibi birbirine bağlı bu topakları dağıtmak için bazı uygun kimyasal reaksiyonların kullanılması gerekmektedir [54].

BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1. Nanokristalin Elmas İle Parlatma Karakteristiğinin Belirlenmesi

Parlatma genelde hem makina parçası üzerinde gerilmelerin yüzeyde maksimum olması nedeniyle yüzey pürüzlülüğünü kaldırma, hem de kalıp malzeme yüzeylerinde yapışmayı minimuma indirme açısından yoğun olarak uygulanır. Ayrıca estetik nedenler açısından yapılan uygulamalar sanayide geniş bir yer tutar. Esasta parlatma işlemi, çeşitli parlatma kademeleri içerir. Herbir kademede, bir evvelki kademede kullanılan aşındırıcılardan daha ince aşındırıcı kullanılır ve böylece her kademenin numune yüzeyinde yarattığı deformasyon ve çizik minimuma indirilir. Numunelerin parlatılmasındaki başarı, parlatılacak malzemeye uygun yöntem ve aşındırıcının seçimine bağlıdır.

Günümüzde teknoloji artık mikron boyuttan nano boyuta doğru ilerlemektedir. Genelde bütün mühendislik alanlarında artık nano malzemeler kullanılmaya ve bunun doğrultusunda üretilmeye başlanmıştır. Bu malzemelerin nihai yüzeyleri, özellikle elektronikte büyük önem taşımaktadır.

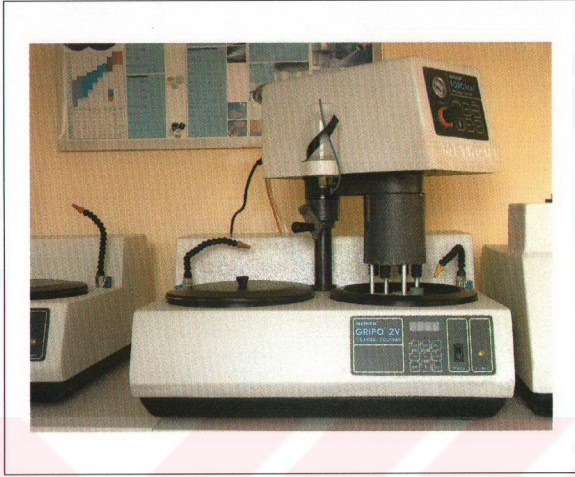
Bu çalışmanın amacı, giderek artan bir şekilde uygulanan nanokristalin elmas ile - günümüze kadar mikron boyutlu polikristalin elmas ile yapılan- parlatmayı gerçekleştirmek ve elde edilen sonuçları doğru bir şekilde yorumlayarak nanokristalin elmasın sert doğaltaş parlatımı ile metal parlatımında (ve doğal olarak metalografide) kullanımını saptamaktır. İlk etapta nanokristalin elması, yerine geçebileceği malzeme olan mikron boyutlu elmas ile karşılaştırmak gerekmektedir. Ayrıca nihai parlatılan yüzey kalitesinin parlatma koşullarına (malzeme sertliğine, yapısına, malzemeye uygulanan basınç, parlatma çuhası vb.) bağlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu çalışmada parlatılacak malzeme seçimi malzeme sertliğine göre yapılmıştır. Sert malzeme olarak doğaltaşlardan bazalt, granit ve diyabaz, yumuşak malzeme olarak da IF çeliği seçilmiştir.

4.1.1. Granit ve bazalt numunelerin nanokristalin elmas ile parlatılması

Çalışmanın ilk etabında granit ve bazalt tipi yüksek sertlikteki doğaltaş malzemelerin aglomere nanokristalin elmas ile parlatılması üzerine çalışılmıştır. Bu doğrultuda nanokristalin elmasın yüzey pürüzlülüğü üzerine parlatma etkisini görmek amacı ile ilk etapta numunelerin pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Pürüzlülük ölçümü için Mahr Perthometre M4Pi cihazı (Şekil 4.1) kullanılmıştır. İlgili değerler başlangıç pürüzlülük değerleri olarak Ra, Rq, Rz, Rmax ve Rt cinsinden bazalt için Tablo 4.1 ve granit için Tablo 4.2 de verilmiştir. Daha sonra zımparalama ve parlatma kademesi gerçekleştirilmiştir. Küçük boyutlu numunelerin parlatma işlemi tam otomatik Metkon GRIPO zımparalama ve parlatma cihazında (Şekil 4.2) yapılırken, büyük boyutlu numunelerin boyut kısıtlaması dolayısıyla bölümde bulunan PEDEPIN otomatik parlatma kafasıyla modifiye edilmiş Metkon GRIPO 200-1 cihazında (Şekil 4.3) gerçekleştirilmiştir. PEDEPIN otomatik parlatma kafasına takılan döner diskten üç adet (4 adet 23.4 mm çaplı yuvarlak numune taşıyabilen disk, yine 4 adet 40x40 mm kare boyutlu numune taşıyabilen disk ve 1 adet 70x70 mm kare boyutlu numune taşıyabilen disk) üretilmiştir. İlgili zımparalama ve parlatma cihazında numuneye uygulanan kuvvet (basınç) ve parlatma diskinin dönme hızı sayısal olarak ayarlanmıştır. Büyük boyutlu numuneler için kuvvet manuel olarak ayarlanmıştır ve dönme hızı sabittir.



Şekil 4.1. Bölümde bulunan Mahr Perthometre M4Pi cihazı .



Şekil 4.2. Bölümde bulunan Metkon GRIPO zımparalama ve parlatma cihazı.



Şekil 4.3. Bölümde bulunan ve PEDEPIN otomatik parlatma kafası ile modifiye edilmiş Metkon GRIPO 200-1 zımparalama ve parlatma cihazı.

Tablo 4.1. Bazalt numunesine ait başlangıç pürüzlülük değerleri.

Numune	Başlangıç Pürüzlülükleri, R (μm)				
	Ra $\bar{x} \pm s$	Rq $\bar{x} \pm s$	Rz $\bar{x} \pm s$	Rmax $\bar{x} \pm s$	Rt $\bar{x} \pm s$
600 mesh için küçük numune	0.55 ± 0.13	0.86 ± 0.23	5.22 ± 1.57	9.00 ± 3.56	9.04 ± 3.51
1000 mesh için küçük numune	0.29 ± 0.10	0.57 ± 0.19	3.92 ± 1.16	7.66 ± 2.53	8.13 ± 2.85
70x70 mm lik büyük numune	0.84 ± 0.38	1.50 ± 0.83	7.06 ± 2.35	13.47 ± 7.10	13.75 ± 6.96

Tablo 4.2. Granit numunesine ait başlangıç pürüzlülük değerleri.

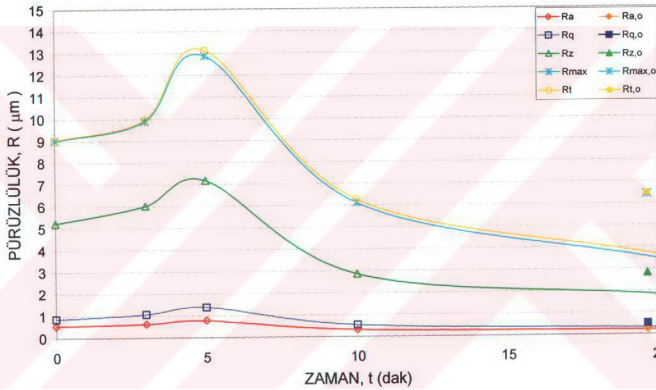
Numune	Başlangıç Pürüzlülükleri, R (μm)				
	Ra $\bar{x} \pm s$	Rq $\bar{x} \pm s$	Rz $\bar{x} \pm s$	Rmax $\bar{x} \pm s$	Rt $\bar{x} \pm s$
600 mesh için küçük numune	0.26 ± 0.16	0.53 ± 0.36	2.84 ± 1.44	6.22 ± 4.06	6.69 ± 4.74
1000 mesh için küçük numune	0.20 ± 0.07	0.36 ± 0.17	2.57 ± 0.96	5.48 ± 3.55	5.54 ± 3.52
70x70 mm lik büyük numune	1.15 ± 0.67	2.56 ± 1.26	10.69 ± 6.22	25.62 ± 10.42	25.74 ± 10.62

Zımparalama ve parlatma işlemi 250 mm çapında bir disk üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kaba ve ince zımparalama kademesi için 80-1000 mesh boyutlu SiC zımparalama kağıtları, parlatma işlemi için Metkon Fedo-3, kısa tüylü çuha kullanılmıştır. Otomatik parlatma cihazı için diskin dönme hızı 450 dev/dak, çalışma basıncı 10 N a ayarlanmıştır. Parlatma sıvısı olarak % 30 etilen glikol ve % 70 etil alkol içeren bir süspansiyon hazırlanmıştır.

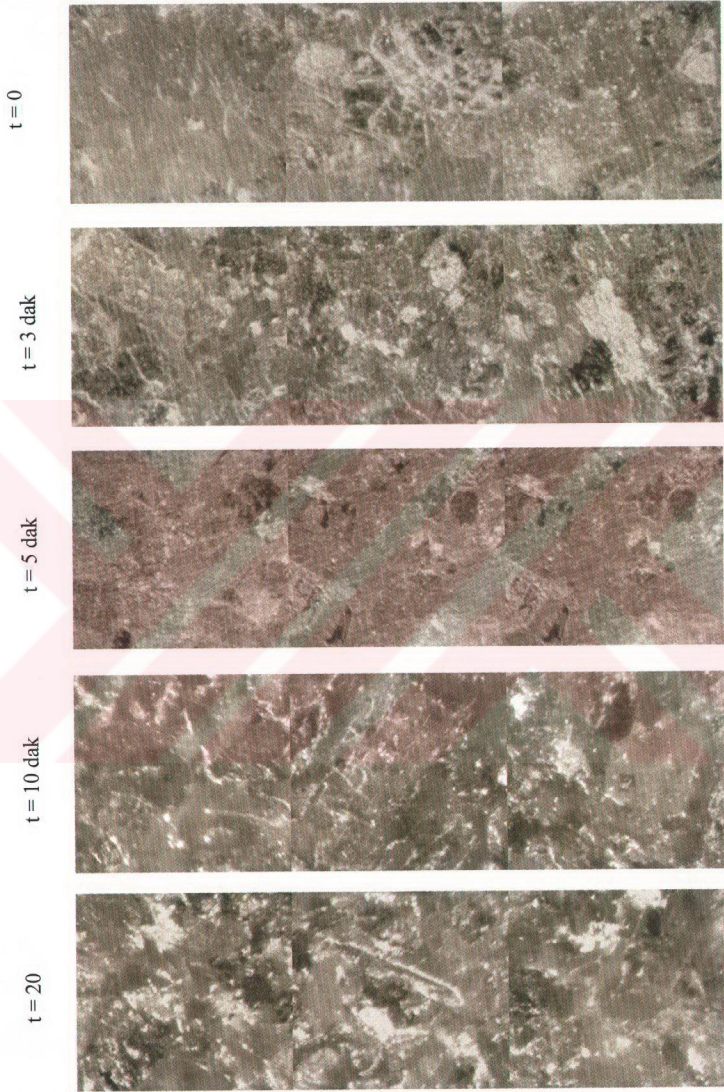
Bütün 30 mm çapındaki küçük ve 70x70 boyutundaki büyük numunelerin yüzeyleri kaba zımparalama ile düzeltilmiştir (80, 120 ve 320 mesh). 600 mesh den sonra nanokristalin elmas ile parlatma deneyi için küçük boyutlu numuneler 600 mesh'e kadar zımparalanarak nanokristalin elmas ile parlatma kısmına geçilmiştir. 1000 mesh den sonra parlatma deneyi için ise 1000 mesh e kadar ince zımparalama yapılmıştır. Nanokristalin elmas ile parlatmada her kademe sonrası yüzeyin stereo mikroskop görüntüsü alınmış ve yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Her numune ve her kademe için ilgili yüzey pürüzlülük ölçüm değerleri, pürüzlülük değişim grafiği ve stereo mikroskop görüntüleri verilmiştir.

Tablo 4.3. 600 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile 20 dakikalık parlatma sonucu bazalt numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri.

Numune	Pürüzlülük Değerleri, R (μm)				
	Ra $\bar{x} \pm s$	Rq $\bar{x} \pm s$	Rz $\bar{x} \pm s$	Rmax $\bar{x} \pm s$	Rt $\bar{x} \pm s$
Orjinal parl.bazalt	0.24 ± 0.07	0.52 ± 0.20	2.82 ± 0.67	6.42 ± 2.64	6.47 ± 2.56
Nanoelmas parl. bazalt	0.22 ± 0.08	0.32 ± 0.11	1.82 ± 0.80	3.46 ± 1.31	3.66 ± 1.33



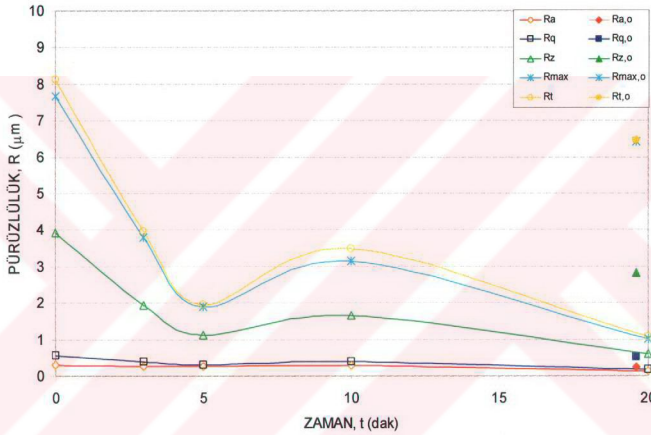
Şekil 4.4. 600 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile parlatılmış bazalt numunesi.



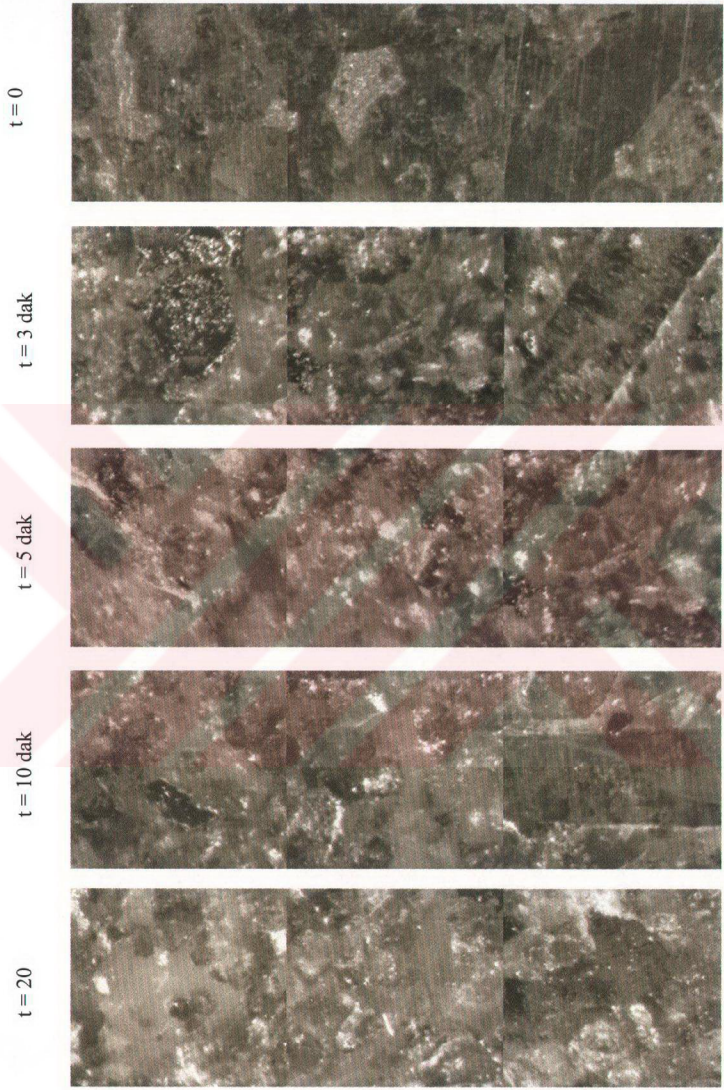
Şekil 4.5. Bazalt numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüleri.

Tablo 4.4. 1000 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile 20 dakikalık parlatma sonucu bazalt numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri.

Numune	Pürüzlülük Değerleri, R (μm)				
	Ra $\bar{x} \pm s$	Rq $\bar{x} \pm s$	Rz $\bar{x} \pm s$	Rmax $\bar{x} \pm s$	Rt $\bar{x} \pm s$
Orjinal parl.bazalt	0.24 ± 0.07	0.52 ± 0.20	2.82 ± 0.67	6.42 ± 2.64	6.47 ± 2.56
Nanoelmas parl. bazalt	0.13 ± 0.03	0.18 ± 0.03	0.60 ± 0.09	1.01 ± 0.12	1.07 ± 0.17



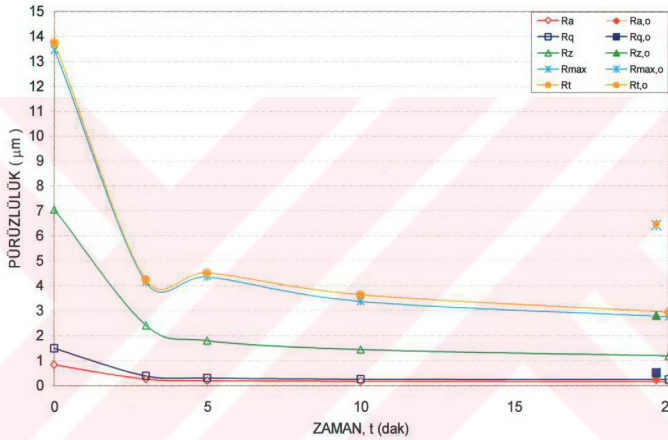
Şekil 4.6. 1000 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile parlatılmış bazalt numunesi.



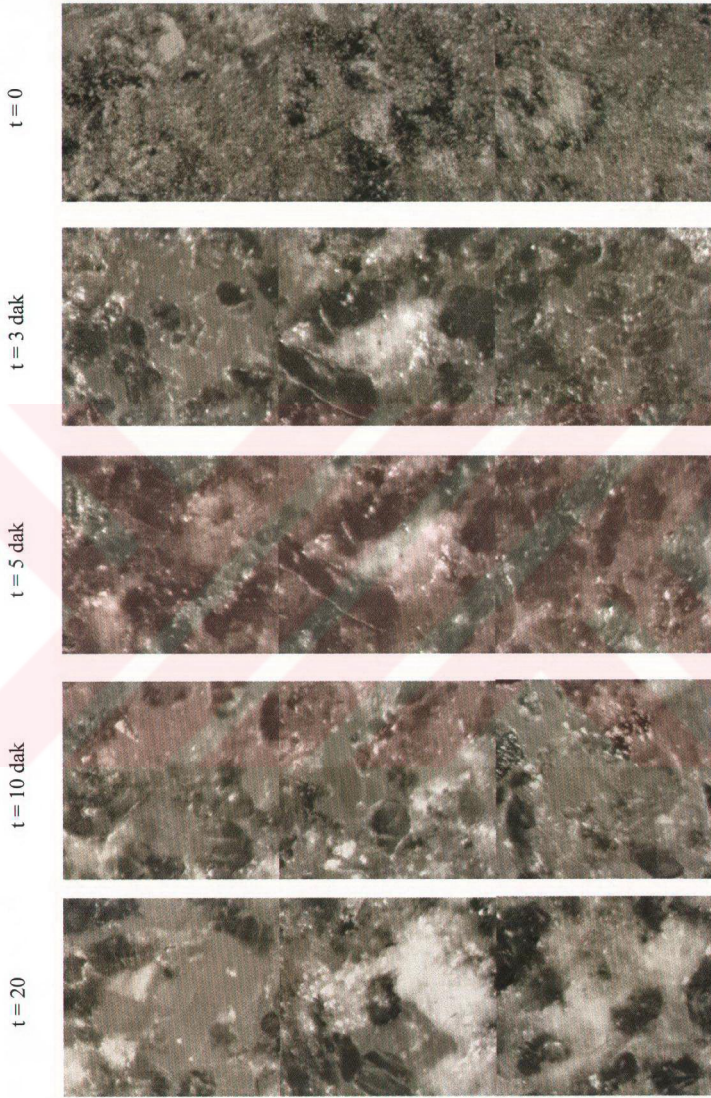
Şekil 4.7. Bazalt numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüleri.

Tablo 4.5. Nanokristalin elmas ile 20 dakikalık parlatma sonucu büyük boyutlu (70x70 mm) bazalt numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri.

Numune	Pürüzlülük Değerleri, R (μm)				
	Ra	Rq	Rz	Rmax	Rt
Orjinal parl.bazalt	0,24 $\pm 0,07$	0,52 $\pm 0,20$	2,82 $\pm 0,67$	6,42 $\pm 2,64$	6,47 $\pm 2,56$
Nanoelmas parl. bazalt	0,16 $\pm 0,04$	0,24 $\pm 0,08$	1,20 $\pm 0,40$	2,76 $\pm 1,63$	2,94 $\pm 1,59$



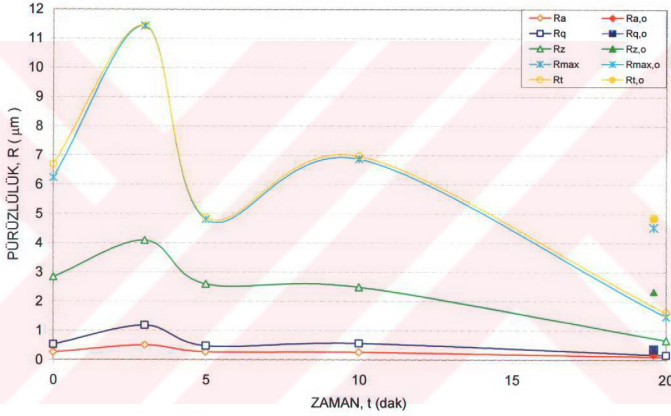
Şekil 4.8. Nanokristalin elmas ile parlatılmış büyük boyutlu (70x70 mm) bazalt numunesi.



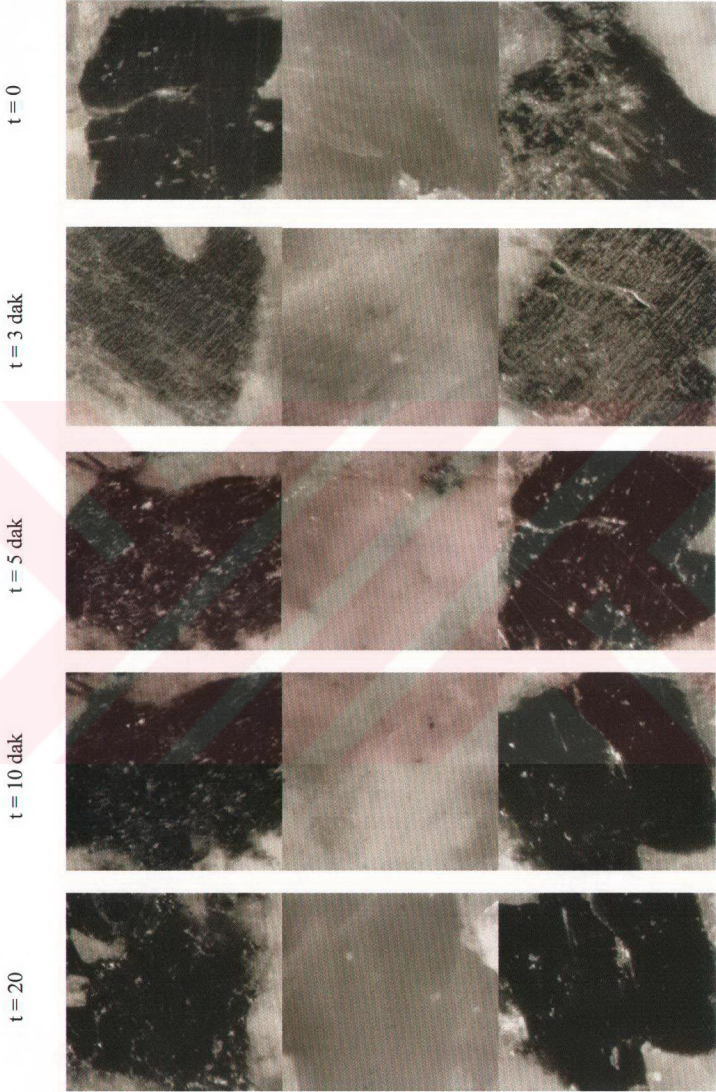
Şekil 4.9. Büyük boyutlu bazalt numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüsü.

Tablo 4.6. 600 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile 20 dakikalık parlatma sonucu granit numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri

Numune	Pürüzlülük Değerleri, R (μm)				
	Ra $\bar{X} \pm s$	Rq $\bar{X} \pm s$	Rz $\bar{X} \pm s$	Rmax $\bar{X} \pm s$	Rt $\bar{X} \pm s$
Orjinal parl. granit	0,20 $\pm 0,20$	0,37 $\pm 0,30$	2,33 $\pm 1,61$	4,53 $\pm 3,78$	4,85 $\pm 3,65$
Nanoelmas parl. granit	0,11 $\pm 0,08$	0,17 $\pm 0,12$	0,67 $\pm 0,37$	1,47 $\pm 0,92$	1,61 $\pm 0,93$



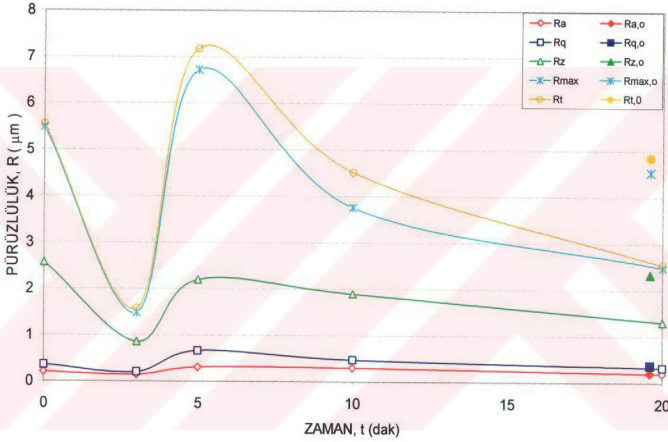
Şekil 4.10. 600 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile parlatılmış granit numunesi.



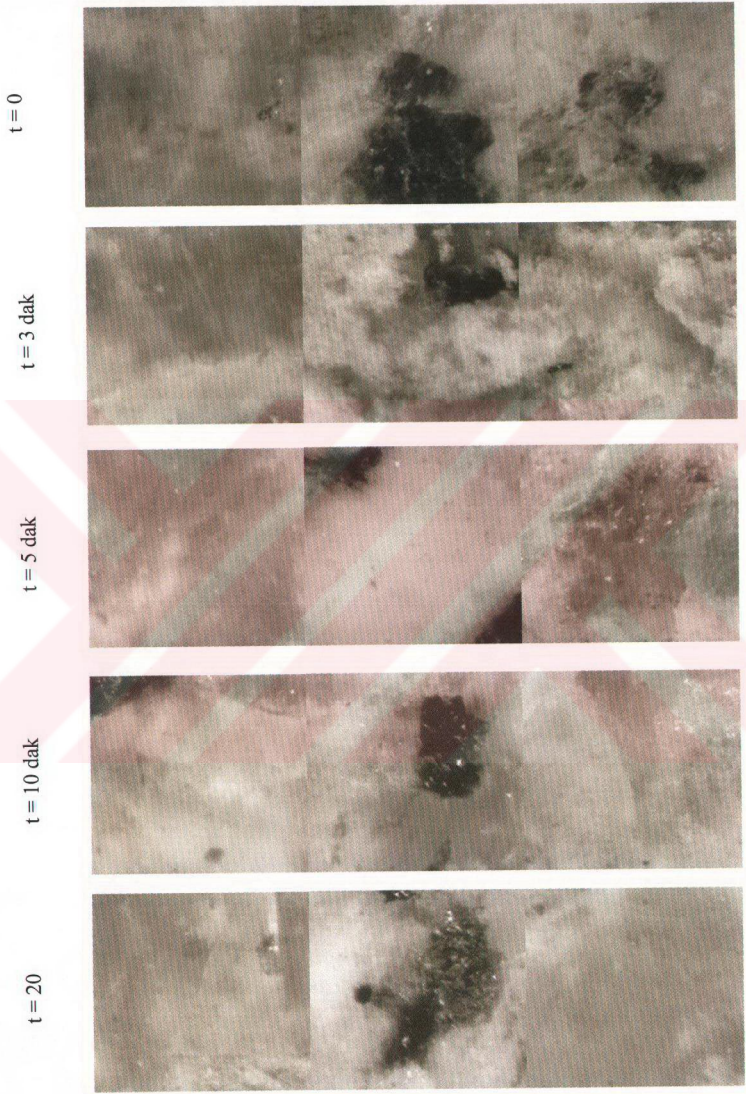
Şekil 4.11. Granit numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüleri.

Tablo 4.7. 1000 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile 20 dak.lık parlatma sonucu granit numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri

Numune	Pürüzlülük Değerleri, R (μm)				
	Ra $\bar{x} \pm s$	Rq $\bar{x} \pm s$	Rz $\bar{x} \pm s$	Rmax $\bar{x} \pm s$	Rt $\bar{x} \pm s$
Orjinal parl.granit	0,20 $\pm 0,20$	0,37 $\pm 0,30$	2,33 $\pm 1,61$	4,53 $\pm 3,78$	4,85 $\pm 3,65$
Nanoelmas parl. granit	0,20 $\pm 0,11$	0,32 $\pm 0,20$	1,31 $\pm 0,80$	2,48 $\pm 1,39$	2,53 $\pm 1,41$



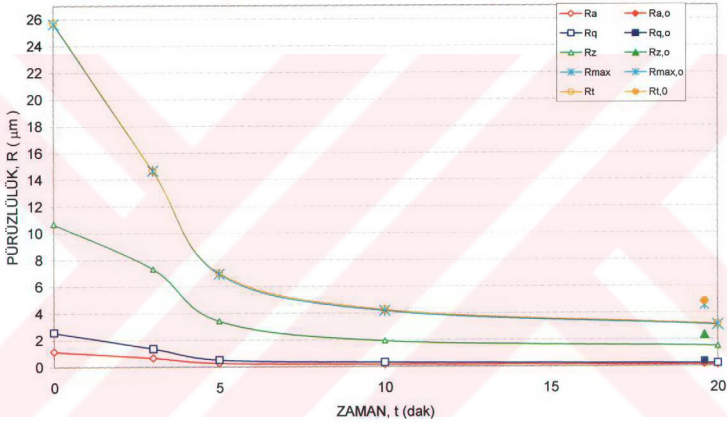
Şekil 4.12. 1000 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas ile parlatılmış granit numunesi



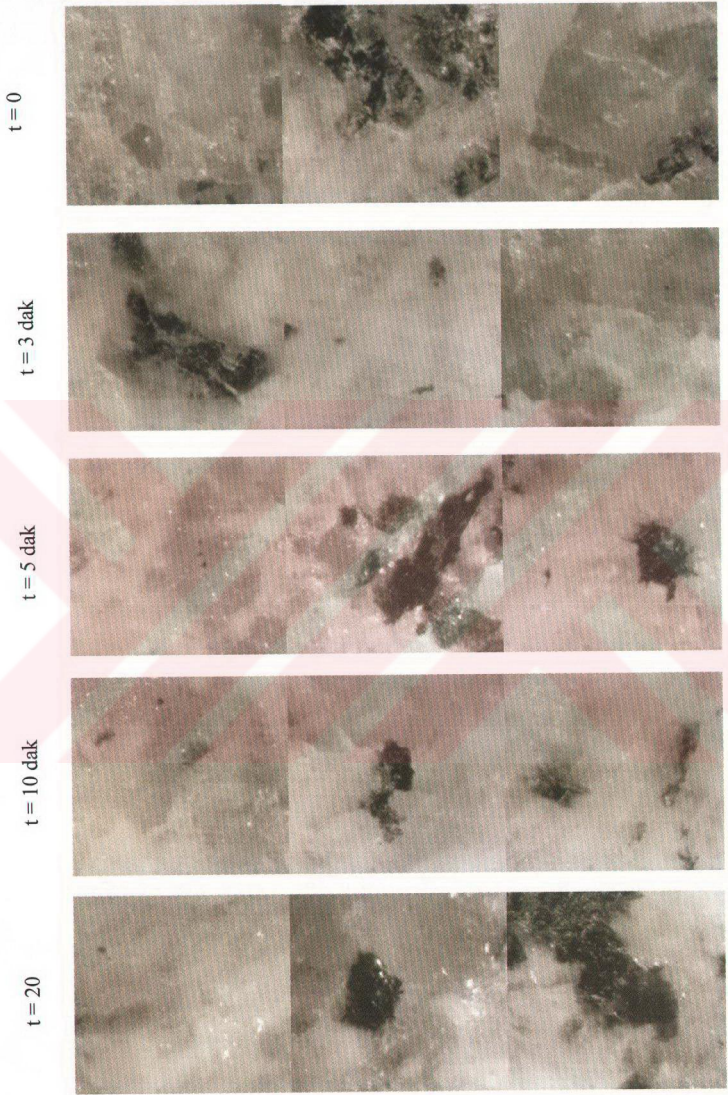
Şekil 4.13. Granit numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüleri.

Tablo 4.8. Nanokristalin elmas ile 20 dak.lık parlatma sonucu büyük boyutlu (70x70 mm) granit numunesine ait nihai pürüzlülük değerleri.

Numune	Pürüzlülük Değerleri, R (μm)				
	Ra $\bar{x} \pm s$	Rq $\bar{x} \pm s$	Rz $\bar{x} \pm s$	Rmax $\bar{x} \pm s$	Rt $\bar{x} \pm s$
Orjinal parl.granit	0,20 $\pm 0,20$	0,37 $\pm 0,30$	2,33 $\pm 1,61$	4,53 $\pm 3,78$	4,85 $\pm 3,65$
Nanoelmas parl. granit	0,13 $\pm 0,07$	0,22 $\pm 0,11$	1,50 $\pm 1,02$	3,08 $\pm 1,79$	3,15 $\pm 1,81$

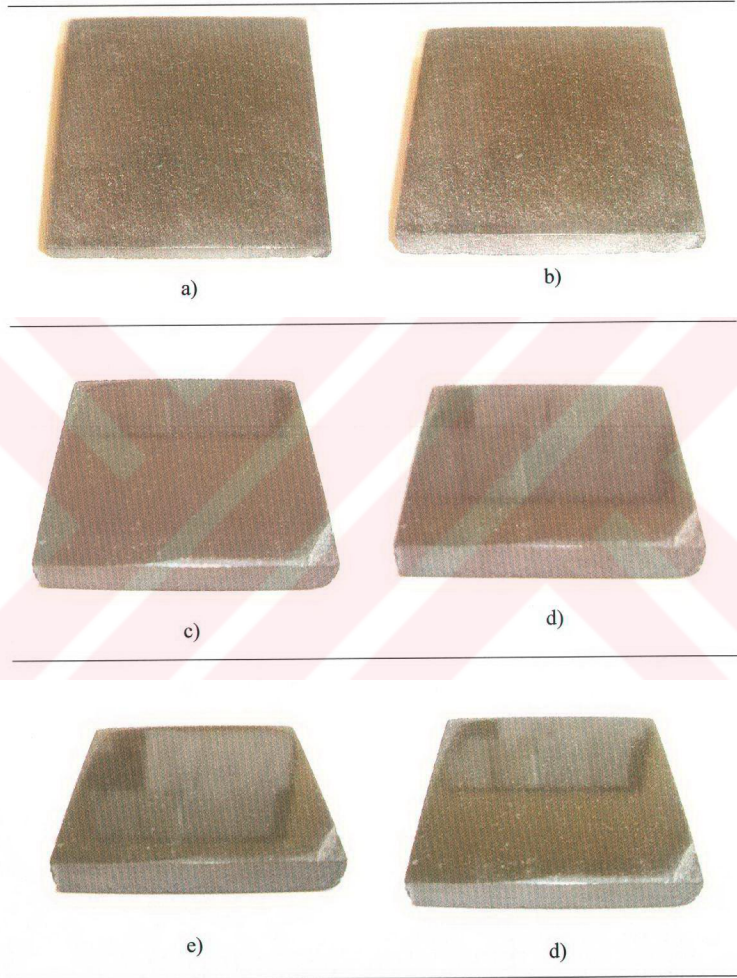


Şekil 4.14. Nanokristalin elmas ile parlatılmış büyük boyutlu (70 x 70 mm) granit numunesi.

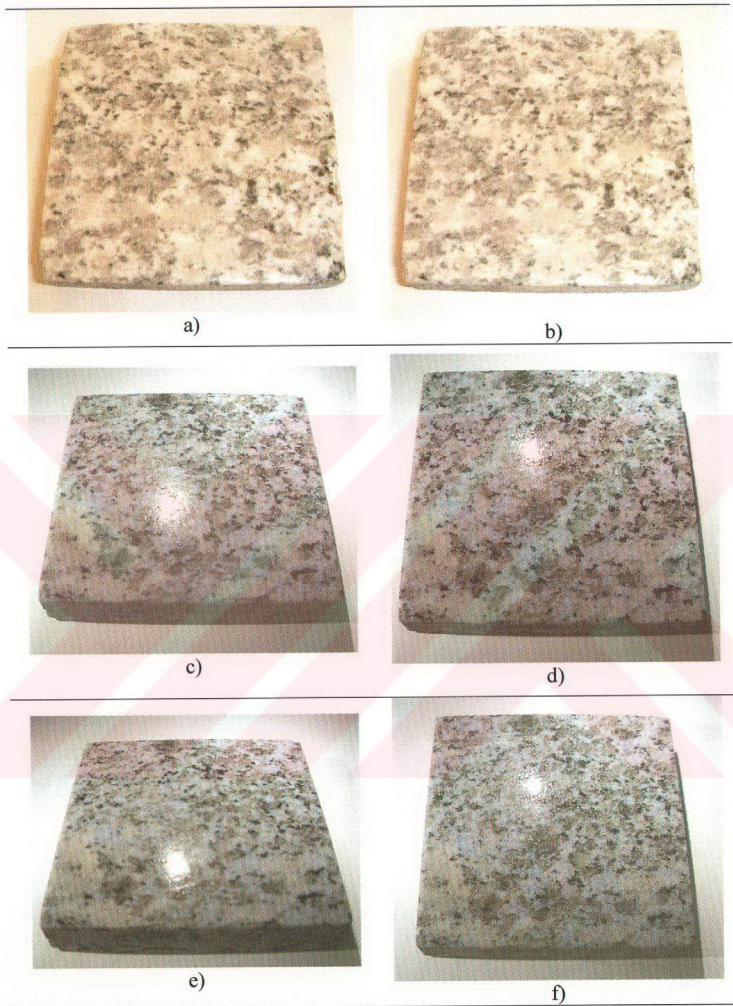


Şekil 4.15. Büyük boyutlu granit numunesinin her zımparalama kademesi sonucu alınan stereo mikroskop görüntüleri.

Nihai parlatılmış konumda bazalt numunesinin görüntüleri Şekil 4.16 da, granit numunenin görüntüleri ise Şekil 4.17 de sunulmuştur.



Şekil 4.16. Büyük boyutlu bazalt numunesinin stereomikroskop görüntüleri; a,b) orjinal numune; c),d),e),f) Nanokristalin karbon ile 20 dak.lık parlatma sonucu büyük boyutlu (70x70 mm) bazalt numunesine ait görüntüler.



Şekil 4.17. Büyük boyutlu bazalt numunesinin stereomikroskop görüntüleri; a,b) orjinal numuneye; c),d),e),f) Nanokristalin karbon ile 20 dak.lık parlatma sonucu büyük boyutlu (70x70 mm) bazalt numunesine ait görüntüler.

Yapılan çalışmalardan ve ilgili tablo ve grafiklerden görüldüğü gibi nanokristalin nanokristalin elmas ile parlatılan nihai yüzeylerde orjinaline göre daha düşük pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

Pürüzlülük grafiklerinde genelde hepsinde parlatma kademesinin ilk 5. dakikasında pürüzlülük değerlerinde bir yükseliş görülmüştür. Nanokristalin elmasın yapısı ile ilgili yapılan çalışmalardan [44, 48], bunların çok küçük tane boyutlarına sahip oldukları ve gerilme nedenli olarak topaklanmış halde bulunmakta olduğu bilinmektedir. Bu nano elmas taneleri ultrasonik yöntemle su içerisinde dağıtıldığında nano elmas tozunun sadece bir kısmı çapları 100 nm nin altında olan partiküllere dönüştürülebilmektedir [49, 50]. Birçok çalışmaya göre bu yapının sert (kuvvetli) topaklanmanın bir çeşidi olduğuna ve kimyasal bağlı topaklanmadan daha kuvvetli olduğuna inanılmaktadır [49, 51]. Ayrıca bu tür bağın sıradan bir kimyasal metot ile koparılamıyacağı da görülmektedir [49]. İşte bu çalışmada parlatma kademesinde ilk beş dakikada pürüzlülükte görülen bu artışın bu elmas tanelerinin topaklanmış durumlarının neden olduğu varsayılmaktadır. Bu elmas taneleri arasındaki bağ, parlatma işlemi sırasında malzeme ve parlatma çuhası içerisinde gömülü olan nanokristalin elmas arasında uygulanan basınç, başka bir deyişle sürtünme sonucu mekanik olarak kopmaktadır. Bunun sonucunda esas parlatma işlemini (mikro sabanlama) gerçekleştiren oktahedral yapısı ile birlikte 111 ve 100 düzlemleri (Bkz. Şekil 1.18) ortaya çıkarak esas parlatma işleminin başladığı varsayılmaktadır.

Sonuç olarak çalışmanın bu aşamasında nanokristalin elmas ile genelde kullanılan elmasa göre daha iyi bir parlatma sonucu elde edilmiştir. Burada kullanılan malzemenin tane boyutunun çok küçük olması (4-6 nm) ve bunun sonucu olarak temas yüzeyinin artmasının bu farkı yarattığı düşünülmektedir.

Bunun yanında nanokristalin elmas ile parlatılan yüzeylerin parlaklığı, -bu çalışmada taşları sunan- Granitaş firmasınınca üretilen eşdeğer doğaltaşların yüzeylerinden daha parlak olduğu görülmüştür. Granitaş firmasınınca el kolorimetresiyle yapılan refleksiyon ölçümlerinde nanokristalin elmas malzeme ile yaklaşık % 25 seviyesinde daha yüksek parlaklık elde edilmiştir.

Mermerlerin nihai görüntülerine bakıldığında mermer yüzeylerinde -mermeri daha parlak gösteren- bir camsı faz oluştuğu varsayılmaktadır. Günümüzde parlatma işleminde kullanılan mikron boyutlu sentetik elmasa göre nanokristalin elmasın daha iyi sonuç vermesinin nedeni tane boyutu ve temas yüzeyidir. Parlatma işlemi sırasında malzemeye uygulanan basınç sonucu parlatma çuhanının içinde gömülü haldeki nanokristalin elmas ile parlatılacak malzeme yüzeyi birbirine sürtünmektedir. Bu etkileşim sırasında sürtünme nedeniyle malzeme yüzeyi bölgesel olarak ısınmaktadır. Özellikle aşındırıcı, pürüzlü yüzeydeki çıkıntılara sürüldüğü zaman temas ettiği noktalarda geçici çok yüksek sıcaklıklara ulaşmakta ve bu çıkıntılar ergime noktasına veya ergime noktasına yakın sıcaklıklara çıkmaktadır. Bu sıcaklıkta bu bölgeler ergimekte veya plastikleşmekte ve aşındırıcının değiştiği noktalardaki sürtünme kuvveti nedeniyle tepeler birbirleri ile birleşmektedir (bkz. Şekil 1.1). Daha sonra hızlı katılaşma nedeniyle numune yüzeyindeki vadilere taşınan malzemenin burada amorf yapıya benzer bir yapıyı, yani Beilby tabakasını oluşturduğu varsayılmaktadır [1].

4.1.2. IF türü çeliklerin nanokristalin elmas ile parlatılması

Çalışmanın bu bölümünde doğaltaşlara göre çok daha yumuşak olan ferritik çelik malzemelerin aglomere nanokristalin karbon ile parlatılması üzerine çalışılmıştır. Bu doğrultuda nanokristalin elmasın yüzey pürüzlülüğü üzerine parlatma etkisini görmek amacı ile ilk etapta numunelerin pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Pürüzlülük ölçümü için Mahr Perthometre M4Pi cihazı (Şekil 4.1) kullanılmıştır. İlgili değerler Ra, Rq, Rz, Rmax ve Rt pürüzlülük değerleri cinsinden verilmiştir. Daha sonra zımparalama ve parlatma kademesi gerçekleştirilmiştir. Parlatma işlemi tam otomatik Metkon GRIPO zımparalama ve parlatma cihazında (Şekil 4.2) yapılmıştır.

Çalışmada 15x15 mm boyutundaki ferritik sac numuneler kalıplanarak yüzeyleri kaba zımparalama ile düzeltilmiştir (120 ve 320 mesh). İlk grup deneylerde 320 mesh den sonra nanokristalin karbon ile parlatma yapılmıştır. İkinci grup deneylerde numuneler 600 mesh e kadar zımparalanmış ve bundan sonra nanokristalin karbon ile parlatma kısmına geçilmiştir. Üçüncü grup deneylerde numuneler 1000 mesh e kadar zımparalanmış ve bundan sonra nanokristalin karbon ile parlatma kısmına

geçilmiştir. Nanokristalin elmasın parlatma performansını karşılaştırmak amacıyla paralel olarak standart 3 µm boyutlu elmas ile aynı numunelerde parlatma testleri gerçekleştirilmiştir. Tüm yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları Tablo 4.9 - 4.12 de verilmiştir. Her bir başlangıç pürüzlülüğü için zamana bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün değişimi ise Şekil 4.18 - 4.20 de gösterilmiştir. Diyagramın sağ ekseninde aynı koşullarda yapılan konvansiyonel elmas parlatma değerleri verilmiştir. Görüldüğü gibi her durumda nanokristalin malzeme ile daha iyi parlatma sonucu almak mümkün olmuştur.

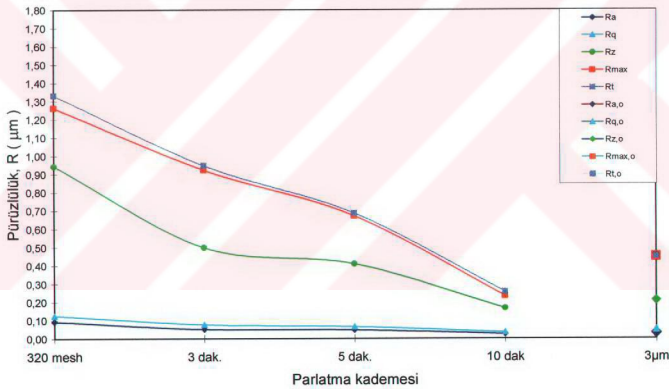
Tablo 4.9. Ticari 3 µm elmas ile parlatılmış 4. IF numunesine ait pürüzlülük değerleri.

Parlatma kademeleri	Pürüzlülük değerler, R (µm)				
	Ra x̄ ± s	Rq x̄ ± s	Rz x̄ ± s	Rmax x̄ ± s	Rt x̄ ± s
320 mesh zımparalama sonrası	0,11 ±0,04	0,16 ±0,06	1,02 ±0,48	1,59 ±0,96	1,66 ±0,92
600 mesh zımparalama sonrası	0,05 ±0,01	0,06 ±0,01	0,55 ±0,15	0,71 ±0,26	0,83 ±0,32
1000 mesh zımparalama sonrası	0,03 ±0,00	0,04 ±0,00	0,32 ±0,05	0,49 ±0,15	0,52 ±0,14
Ticari 3 µm elmas ile 3 dakika parlatma sonrası	0,03 ±0,01	0,05 ±0,02	0,21 ±0,08	0,45 ±0,30	0,45 ±0,30

Tablo 4.10. 320 mesh zımparalama sonrası UDDP ile parlatılmış 1. IF numunesine ait pürüzlülük değerleri.

Parlatma kademeleri	Pürüzlülük değerler, R (μm)				
	Ra $\bar{x} \pm s$	Rq $\bar{x} \pm s$	Rz $\bar{x} \pm s$	Rmax $\bar{x} \pm s$	Rt $\bar{x} \pm s$
320 mesh sonrası	0,09 $\pm 0,03$	0,13 $\pm 0,04$	0,94 $\pm 0,30$	1,26 $\pm 0,37$	1,33 $\pm 0,37$
UDDP ile 3 dakika parlatma sonrası	0,05 \pm 0,01	0,08 $\pm 0,02$	0,50 $\pm 0,14$	0,92 $\pm 0,38$	0,95 $\pm 0,39$
UDDP ile 5 dakika parlatma sonrası	0,05 \pm 0,01	0,07 $\pm 0,02$	0,41 $\pm 0,19$	0,67 \pm 0,38	0,69 \pm 0,37
UDDP ile 10 dakika parlatma sonrası	0,03 $\pm 0,01$	0,04 $\pm 0,01$	0,17 $\pm 0,03$	0,24 $\pm 0,08$	0,26 $\pm 0,07$

NUMUNE 1 (320 MESH SONRASI UDDP İLE PARLATMA)

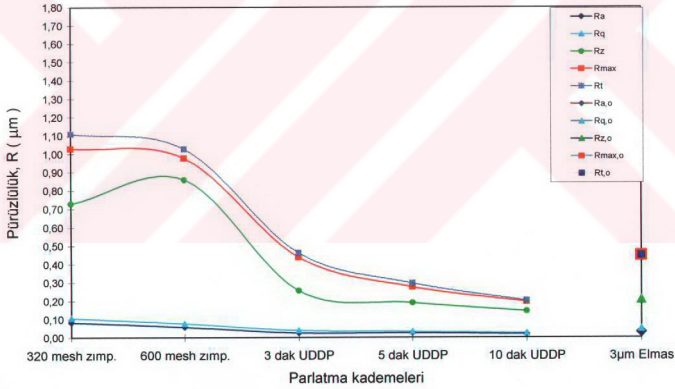


Şekil 4.18. 320 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas (UDDP) ile 3 μm ticari elmas ile parlatılmış IF numunelerinin karşılaştırılması.

Tablo 4.11. 600 mesh zımparalama sonrası UDDP ile parlatılmış 2. IF numunesine ait pürüzlülük değerleri.

Parlatma kademeleri	Pürüzlülük değerler, R (μm)				
	Ra $\bar{X} \pm s$	Rq $\bar{X} \pm s$	Rz $\bar{X} \pm s$	Rmax $\bar{X} \pm s$	Rt $\bar{X} \pm s$
320 mesh zımparalama sonrası	0,08 \pm 0,01	0,11 \pm 0,01	0,73 \pm 0,13	1,03 \pm 0,36	1,11 \pm 0,36
600 mesh zımparalama sonrası	0,06 \pm 0,01	0,08 \pm 0,02	0,86 \pm 0,62	0,98 \pm 0,57	1,03 \pm 0,56
UDDP ile 3 dakika parlatma sonrası	0,03 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	0,26 \pm 0,05	0,44 \pm 0,15	0,46 \pm 0,14
UDDP ile 5 dakika parlatma sonrası	0,03 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	0,19 \pm 0,05	0,28 \pm 0,10	0,30 \pm 0,08
UDDP ile 10 dakika parlatma sonrası	0,02 \pm 0,00	0,03 \pm 0,01	0,15 \pm 0,02	0,20 \pm 0,04	0,20 \pm 0,03

NUMUNE 2 (600 MESH SONRASI UDDP İLE PARLATMA)

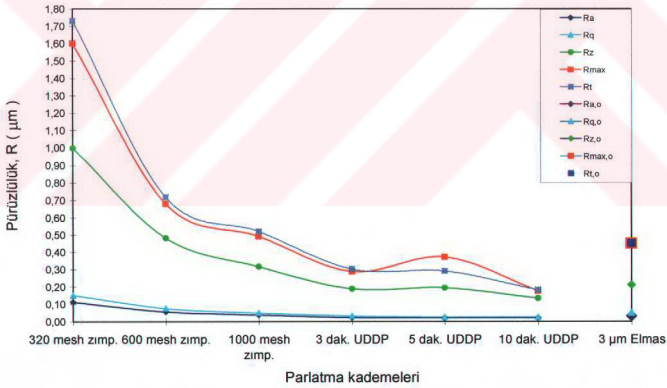


Şekil 4.19. 600 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas (UDDP) ile 3 μm ticari elmas ile parlatılmış IF numunelerinin karşılaştırılması.

Tablo 4.12. 1000 mesh zımparlama sonrası UDDP ile parlatılmış 3. IF numunesine ait pürüzlülük değerleri.

Parlatma kademeleri	Pürüzlülük değerler, R (μm)				
	Ra $\bar{x} \pm s$	Rq $\bar{x} \pm s$	Rz $\bar{x} \pm s$	Rmax $\bar{x} \pm s$	Rt $\bar{x} \pm s$
320 mesh zımparlama sonrası	0,11 $\pm 0,03$	0,15 $\pm 0,05$	1,00 $\pm 0,25$	1,60 $\pm 0,58$	1,73 $\pm 0,49$
600 mesh zımparlama sonrası	0,06 $\pm 0,01$	0,08 $\pm 0,02$	0,48 $\pm 0,06$	0,68 $\pm 0,09$	0,72 $\pm 0,12$
10000 mesh zımparlama sonrası	0,04 $\pm 0,00$	0,05 $\pm 0,01$	0,32 $\pm 0,03$	0,49 $\pm 0,17$	0,52 $\pm 0,16$
UDDP ile 3 dakika parlatma sonrası	0,02 $\pm 0,00$	0,03 \pm 0,01	0,19 $\pm 0,05$	0,29 $\pm 0,13$	0,30 $\pm 0,14$
UDDP ile 5 dakika parlatma sonrası	0,02 $\pm 0,01$	0,03 $\pm 0,01$	0,19 $\pm 0,05$	0,37 $\pm 0,18$	0,29 $\pm 0,21$
UDDP ile 10 dakika parlatma sonrası	0,02 $\pm 0,00$	0,03 \pm 0,01	0,13 $\pm 0,02$	0,18 $\pm 0,04$	0,18 $\pm 0,04$

NUMUNE 3 (1000 MESH SONRASI UDDP İLE PARLATMA)



Şekil 4.20. 1000 mesh zımpara kademesinden itibaren nanokristalin elmas (UDDP) ile 3 μm ticari elmas ile parlatılmış IF numunelerinin karşılaştırılması.

İkinci etap deneylerde nanokristalin elmasın, oldukça yumuşak bir malzeme olan IF çeliği yüzeyi üzerinde parlatma etkisi incelenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü değerleri ile ilgili diyagramlar, nanokristalin elmasın parlatma davranışının mikron boyutlu sentetik elmasa göre daha üstün olduğunu göstermektedir. Nanokristalin elmas ile daha kısa sürede düşük pürüzlülük değerlerine ulaşılmaktadır. Ayrıca pürüzlülük değerlerinden R_{max} değeri (parlatma işlemi sırasında oluşturulan en derin çizik) incelendiğinde, nanokristalin elmas ile parlatılmış yüzeylerde nihai değer mikron boyutlu sentetik elmasa göre hep daha düşüktür. Tablo 4.11 den de görüldüğü gibi bir ara zımparalama kademesi (1000 mesh ile zımparalama) atlanmasına rağmen üç dakika sonra daha düşük bir değer elde edilmektedir.

IF in parlatma işleminde, nanokristalin elmasın yüzeye doğru bastırıldığı ve yüzeyi çizdiği sırada oluşan tribolojik gerilimler (stres) büyük bir rol oynamaktadır. Bu gerilimler sınır tabakalarının mikroyapısındaki değişimlerden sorumlu olabilmektedir. Temas basıncı ve sıcaklık değerleri bu tür bir etkiyi ve -Beilby'nin öne sürdüğü- sınır tabakaları üzerinde malzemenin akışı veya -Samuels'in öne sürdüğü- abrazyon aşınma gibi parlatma mekanizmalarını anlamak açısından önemlidir. Metalik malzemelerinin parlatılma işlemi sırasında malzeme uzaklaştırılmasının ağırlıklı abrazyon aşınma karakteri taşıdığı varsayılmaktadır [16]. Parlatma işlemi sırasında nanokristalin elmas çeliğin yüzeyi ile temasa geçerek yüzeyin elastik olarak deforme olmasına neden olmaktadır. Bu iki sürtünme çiftinin bağlı hareketinden dolayı bir yandan numunenin yüzeyinde kayma gerilimi artarken diğer yandan da aşındırıcının yüzey üzerine uyguladığı basınç nedeniyle basma gerilmeleri oluşmaktadır. IF çeliğinin akma mukavemet değerinin aşılmasıyla yüzeyi plastik olarak deforme olmaktadır ve bölgesel olarak çekme mukavemetinin aşılmasıyla da talaş oluşmaktadır. Talaş oluşumundan sonra, sınır tabakanın altında plastik olarak deforme olmuş bir alt tabakanın kaldığı varsayılmaktadır [16]. İnce tabaka varlığının belirlenmesinde kullanılan bir cihaz (transmisyon elektron mikroskobu gibi) bölümde bulunmadığından dolayı IF çeliğinde oluştuğu varsayılan bu plastik deformasyon tabakası görüntülenememiştir.

4.2. Nanokristalin Elmas İle Parlatmanın YüzeY Parlaklığına Etkisi

4.2.1. Nanokristalin elmas ile parlatılmış diyabaz ve granit numunelerinin yüzeYlerinde spektralfotometrik ölçümler

Deneysel çalışmanın bu kısmında sert bir malzemede nanokristalin elmasın yüzeY parlaklığına etkisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda bir önceki deneysel çalışmalarla bağlantı kurmak amacı ile yüzeY pürüzlülüğü de ölçülmüş ve ilişkilendirilmiştir. Ayrıca bu bölümde zımparalama işlemi gerçekleştirilmemiştir. Numunelerin ürettiği firmada parlatıldığı konum nihai satış konumudur ve bu pürüzlülük konumu başlangıç konum olarak alınmıştır. Yani bu bölümde geleneksel mermer parlatma işlemi ile parlatılan mermer yüzeYleri tekrardan nanokristalin elmas ile parlatılmıştır.

Numunelerin parlatma işlemi PEDEPIN otomatik parlatma kafasıyla modifiye edilmiş Metkon GRIPO 200-1 cihazında parlatma cihazında (Şekil 4.3) yapılmıştır. Zımparalama ve parlatma işlemi 250 mm çapında bir disk üzerinde gerçekleştirilmiştir. Parlatma işlemi için Metkon Fedo-3, kısa tüylü çuha kullanılmıştır. Numuneye uygulanan basınç elle ayarlanmıştır. Parlatma diskin hızı da sabittir. Parlatma sıvısı olarak %30 etilen glikol ve %70 etil alkol içeren bir süspansiyon hazırlanmıştır.

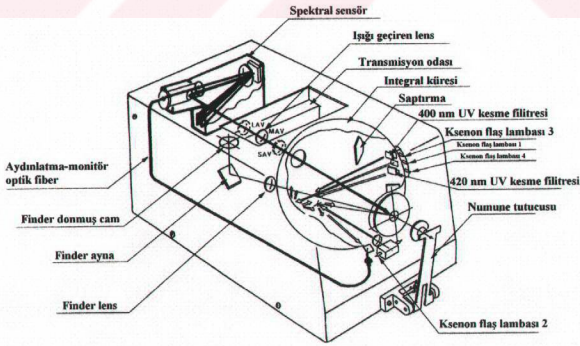
Pürüzlülük ölçümleri Mahr Perthometre M4Pi cihazında (Şekil 4.1) gerçekleştirilmiştir. Bir önceki deneysel kısım ile benzer karakteristik sergilediğinden dolayı bu deneysel kısımda pürüzlülük değeri olarak sadece ortalama pürüzlülük değeri, Ra, alınmıştır.

Parlaklık ölçümü Konica Minolta CM 3600d tipi spektrofotometrede gerçekleştirilmiş ve ilgili datalar Color Data Software, Spectral Magic NX Pro. paralel bilgisayar yazılımında işlenmiştir (Şekil 4.21). Mermer yüzeYleri 24 mm çaplı bir apertür ile ölçülmüştür.

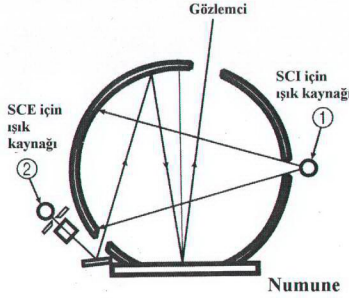


Şekil 4.21. Bölümde bulunan Konica Minolta CM 3600d tipi spektrofotometre.

Günümüzde farklı firmalar ait farklı çalışma prensiplerine dayanan spektrofotometre ve kolometreler bulunmaktadır. Bölümde kullanılan spektrofotometrenin sistem çalışma prensibi Şekil 4.22 de gösterilmiştir. Bu sistemde SCI (specular component included, spekular bileşenin dahil edildiği) ve SCE (specular component excluded, spekular bileşen dahil olmadığı) tipi iki farklı ölçüm seçeneği bulunmaktadır (Şekil 4.23).



Şekil 4.22. Konica Minolta CM 3600d tipi spektrofotometre cihazının çalışma prensibi.



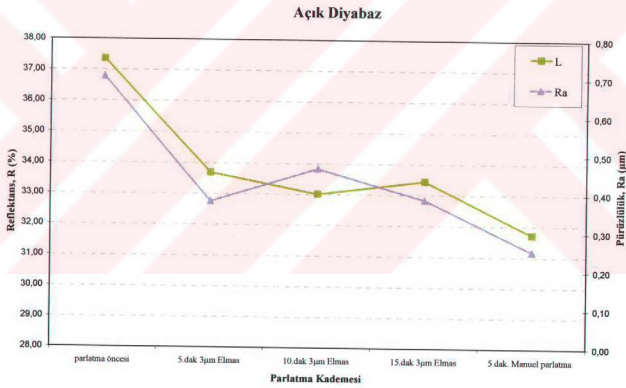
Şekil 4.23. Konica Minolta CM 3600d tipi spektrofotometre cihazında SCI ve SCE çalışma modunun çalışma prensibi.

Bir ışık bir yüzeye çarptığında iki bileşene ayrılarak geri yansımaktadır. Bunlardan biri spekular yansıma ve diğer de difüz yansıma adını alır. Spekular yansıma gelen ışığın aynı açı ile geri yansması ve gözlemci tarafından numunenin parlaklığı olarak algılanır. Difüz yansıma ise numune yüzeyinden farklı açılarda yansıyan bileşendir. Bir numunenin görünen rengini belirlemek için spekular yansımadan ziyade difüz ışığa konsantre olunmalıdır.

SCE modunda, spekular yansıma dışarı çıkartılmakta ve ölçülmemektedir. Çok parlak (aynavari) bir yüzey ölçüldüğünde spekular yansıma kullanılmaktadır [57]. SCI modunda yapılan ölçümde hem spekular hem de difüz yansıma ölçülecek ve numunenin parlaklığı hakkında kesin bir bilgi alınamayacaktır. Oysa SCE modunda sadece difüz yansıma ölçülecek ve difüz yansıma değeri düştükçe parlaklık artacaktır. Ayrıca yüksek parlaklıktaki bir numune göze daha kromalı (renkli) ve daha koyu belirecektir.

Tablo 4.13. UDDP ile parlatılmış açık renkli diyabaz numunesine ait pürüzlülük ve parlaklık değerleri.

Parlatma kademeleri	Pürüzlülük değerler, Ra, (μm)	Reflektans değerleri, R, %
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
Parlatma	0.70±0.58	37.36
UDDP ile 5. dakika parlatma sonrası	0.38±0.15	33.69
UDDP ile 10. dakika parlatma sonrası	0.47±0.04	33.01
UDDP ile 15. dakika parlatma sonrası	0.39±0.14	33.45
UDDP ile 5 dakika manuel parlatma sonrası	0.25±0.10	31.72



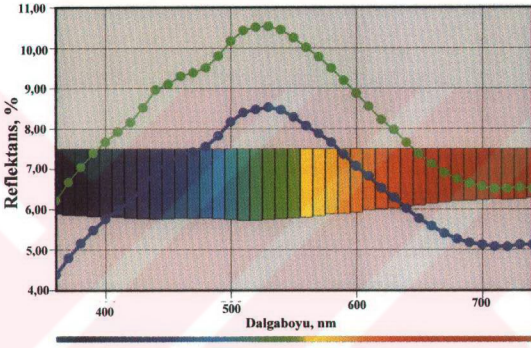
Şekil 4.24. UDDP ile parlatılmış açık renkli diyabaz numunesinde pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin parlatma kademesi ile değişimi.



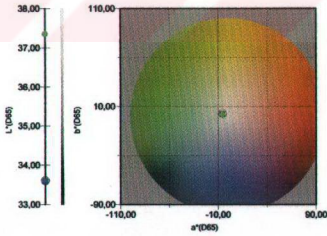
a)



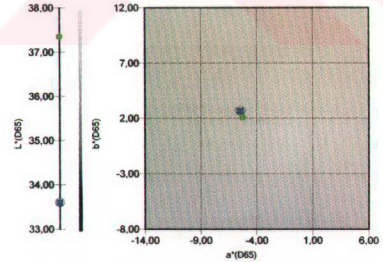
b)



c)



d)



e)

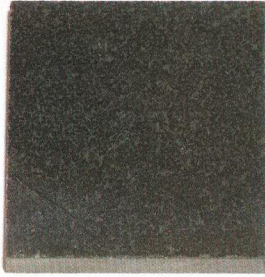
Şekil 4.25 UDDP ile parlatılmış açık renkli diyabaz numunesine ait spektralfotometrik ölçüm sonuçları: a) Firmadan geldiği parlaklık konumu; b) Nanokristalin elmas ile nihai parlatma yüzeyi; c) Spektrumda a konumu (yeşil eğri) ve b konumu (mavi eğri); d) Renk küresinde ölçüm noktaları: a konumu (yeşil nokta) ve b konumu (mavi nokta).

Tablo 4.14. UDDP ile parlatılmış koyu renkli diyabaz numunesine ait pürüzlülük ve parlaklık değerleri.

Parlatma kademeleri	Pürüzlülük değerler, Ra, (μm)	Reflektans değerleri, R, %
	$\bar{X} \pm s$	\bar{X}
Parlatma	0.09±0.02	18.35
UDDP ile 5. dakika parlatma sonrası	0.14±0.01	17.02
UDDP ile 10. dakika parlatma sonrası	0.10±0.01	16.90
UDDP ile 15. dakika parlatma sonrası	0.13±0.03	16.72
UDDP ile 5 dakika manuel parlatma sonrası	0.10±0.02	14.65



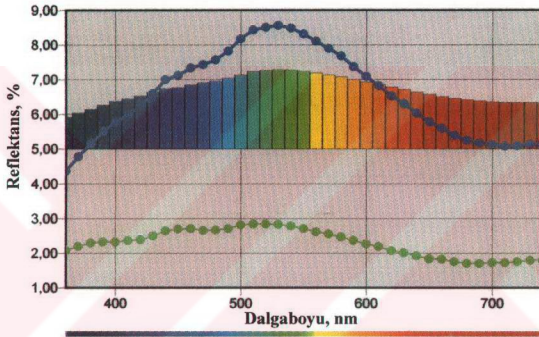
Şekil 4.26. UDDP ile parlatılmış koyu renkli diyabaz numunesinde pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin parlatma kademesi ile değişimi.



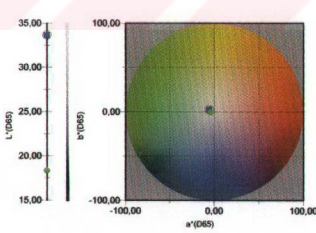
a)



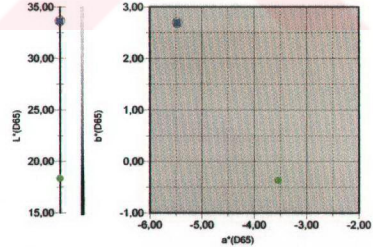
b)



c)



d)

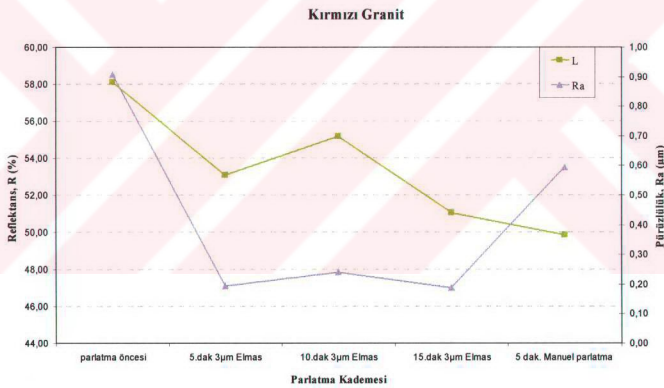


e)

Şekil 4.27. UDDP ile parlatılmış koyu renkli diyabaz numunesine ait spektralfotometrik ölçüm sonuçları: a) Firmadan geldiği parlaklık konumu; b) Nanokristalin elmas ile nihai parlatma yüzeyi; c) Spektrumda a konumu (yeşil eğri) ve b konumu (mavi eğri); d) Renk küresinde ölçüm noktaları: a konumu (yeşil nokta) ve b konumu (mavi nokta).

Tablo 4.15. UDDP ile parlatılmış kırmızı granit numunesine ait pürüzlülük ve parlaklık değerleri.

Parlatma kademeleri	Pürüzlülük değerler, Ra, (μm)	Reflektans değerleri, R, %
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
Parlatma	0.91 \pm 0.68	58.09
UDDP ile 5. dakika parlatma sonrası	0.19 \pm 0.14	53.08
UDDP ile 10. dakika parlatma sonrası	0.24 \pm 0.20	55.17
UDDP ile 15. dakika parlatma sonrası	0.19 \pm 0.11	51.03
UDDP ile 5 dakika manuel parlatma sonrası	0.59 \pm 0.25	49.84



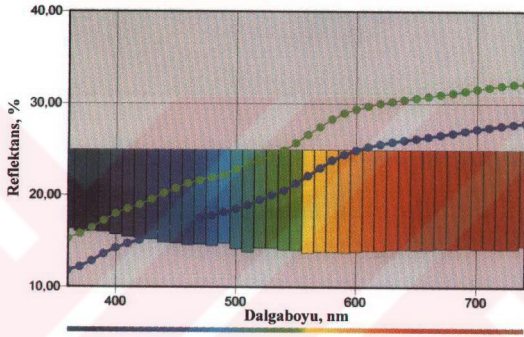
Şekil 4.28. UDDP ile parlatılmış kırmızı granit numunesinde pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin parlatma kademesi ile değişimi.



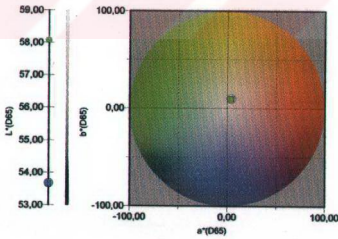
a)



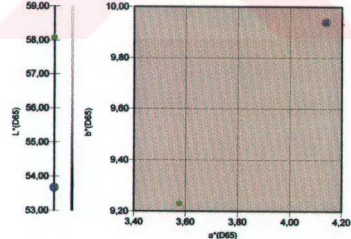
b)



c)



d)



e)

Şekil 4.29. UDDP ile parlatılmış kırmızı granit numunesine ait spektralfotometrik ölçüm sonuçları: a) Firmadan geldiği parlaklık konumu; b) Nanokristalin elmas ile nihai parlatma yüzeyi; c) Spektrumda a konumu (yeşil eğri) ve b konumu (mavi eğri); d) Renk küresinde ölçüm noktaları: a konumu (yeşil nokta) ve b konumu (mavi nokta).

Tablo 4.16. UDDP ile parlatılmış gri granit numunesine ait pürüzlülük ve parlaklık değerleri.

Parlatma kademeleri	Pürüzlülük değerler, Ra, (µm)	Reflektans değerleri, R, %
	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}
Parlatma	0.53±0.43	61.82
UDDP ile 5. dakika parlatma sonrası	0.42±0.03	57.46
UDDP ile 10. dakika parlatma sonrası	0.20±0.25	56.66
UDDP ile 15. dakika parlatma sonrası	0.10±0.05	56.57
UDDP ile 5 dakika manuel parlatma sonrası	0.07±0.06	55.19



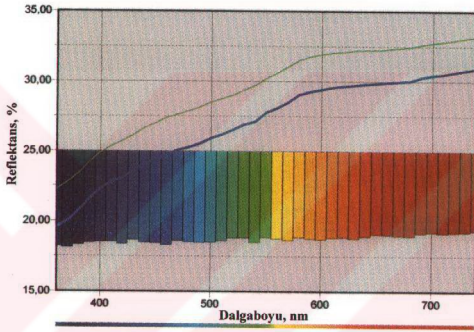
Şekil 4.30. UDDP ile parlatılmış gri granit numunesinde pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin parlatma kademesi ile değişimi.



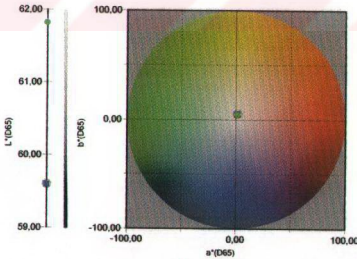
a)



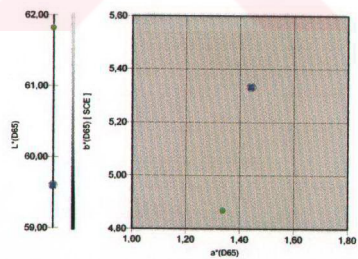
b)



c)



d)



e)

Şekil 4.31. UDDP ile parlatılmış gri granit numunesine ait spektralfotometrik ölçüm sonuçları: a) Firmadan geldiği parlaklık konumu; b) Nanokristalin elmas ile nihai parlatma yüzeyi; c) Spektrumunda a konumu (yeşil eğri) ve b konumu (mavi eğri); d) Renk küresinde ölçüm noktaları: a konumu (yeşil nokta) ve b konumu (mavi nokta).

Bu deneysel kısımda önceden de bahsedildiği gibi PEDEPIN otomatik parlatma kafasıyla modifiye edilmiş Metkon GRIPO 200-1 cihazı kullanılmıştır. Şekil 4.3b den görüldüğü gibi numuneler cihaza merkezden bağlanan bir disk içindeki uygun yuvalara monte edilmekte ve sağ yandaki kol ile parlatma diskine doğru bastırılmaktadır. Bu cihazda uygulanan basınç değeri ölçülememektedir. Ayrıca elle uygulanan basıncın numunelerin üzerinde eşit şekilde dağıtılmadığı varsayılarak, numuneler son kademede 5 dakika süre ile elle parlatılmıştır. Sonuçlar ilgili tablo ve şekillerde gösterilmiştir.

Tablo ve şekillerden görüldüğü gibi pürüzlülükte bazı sapmalar olmuştur. Bunun nedeninin yukarıda anlatıldığı gibi parlatma cihazında uygun homojen koşullarının sağlanamaması ve ilgili mermer yüzeylerinde bazı fazların dökülmesi olduğu tahmin edilmektedir. Bu varsayımın doğruluğu son kademede elle 5 dakika parlatma sonucu elde edilen değerler ve mermer yüzeylerinden alınan ilgili makro görüntüler kanıtlamaktadır. Ayrıca genelde ilk 3 kademede parlaklık değeri yavaş düşerken son kademede parlaklık değer farkı artmaktadır. Bu da yine parlatmada kullanılan numune tutucusu diskinin bu koşullar için uygun olmadığını göstermektedir.

Mermerlerin makro görüntülerinden, nanokristalin elmas ile parlatılmış yüzeyin daha renkli ve daha koyu belirdiği görülmektedir. Bu da başta belirtildiği gibi daha parlak yüzeylerin göze daha renkli ve daha koyu kontrastlı görünmesi sonucudur.

Sonuç olarak 1.4 eşitliğinden kaba bir hesaplamada parlama sıcaklığının, T_f , direkt olarak elmas tanenin sürtünme alanı ile ilişkili olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda nitel olarak hesaplanan bu değerden mermerin parlatılma işlemi sırasında hiç olmazsa yöresel olarak sürtünme sonucu camsı geçiş sıcaklığına ısıtıldığı ve böylece nihai yüzeyde camsı bir tabakanın oluşmasına yol açtığı varsayılabilir.

4.2.2. Nanokristalin elmas ile parlatılmış IF çeliği yüzeylerinde spektralfotometrik ölçümler

Deneysel çalışmanın bu kısmında yumuşak bir malzemede nanokristalin elmasın yüzey parlaklığına etkisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda bir önceki deneysel çalışmalarla bağlantı kurmak amacı ile yüzey pürüzlülüğü de ölçülmüş ve ilişkilendirilmiştir.

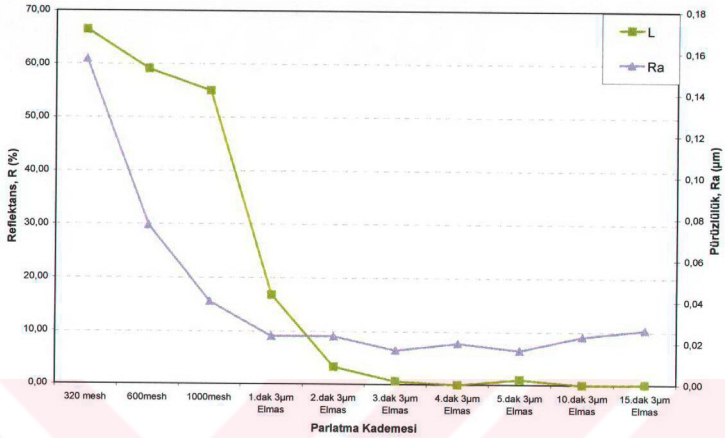
Numunelerin parlatma işlemi tam otomatik Metkon GRIPO zımparalama ve parlatma cihazında (Şekil 4.2) yapılmıştır. Zımparalama ve parlatma işlemi için 250 mm çapında bir disk üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kaba ve ince zımparalama kademesi için 320-1000 mesh boyutlu SiC zımparalama kağıtları, parlatma işlemi için Metkon Fedo-3, kısa tüylü çuha kullanılmıştır. Otomatik parlatma cihazı için diskin dönme hızı 450 dev/dak, çalışma basıncı 10 N a ayarlanmıştır. Parlatma sıvısı olarak %30 etilen glikol ve %70 etil alkol içeren bir süspansiyon hazırlanmıştır.

Pürüzlülük ölçümleri Mahr Perthometre M4Pi cihazında (Şekil 4.1) gerçekleştirilmiştir. Bir önceki deneysel kısım ile benzer karakteristik sergilediğinden dolayı bu deneysel kısımda pürüzlülük değeri olarak sadece ortalama pürüzlülük değeri, Ra, alınmıştır.

Parlaklık ölçümü Konica Minolta CM 3600d tipi spektrofotometrede gerçekleştirilmiş ve ilgili datalar Color Data Software, Spectral Magic NX Pro. paralel bilgisayar yazılımında işlenmiştir (Şekil 4.21).

Tablo 4.17. UDDP Nano elmas ile parlatılmış IF numunesine ait pürüzlülük ve parlaklık değerleri.

Parlatma kademeleri	Pürüzlülük değerler, Ra, (μm)	Parlaklık değerleri, L, %
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
320 mesh zımparalama sonrası	0.12 \pm 0.03	42.89 \pm 0.65
600 mesh zımparalama sonrası	0.06 \pm 0.01	53.27 \pm 0.92
1000 mesh zımparalama sonrası	0.05 \pm 0.02	43.62 \pm 1.56
UDDP ile 1. dakika parlatma sonrası	0.01 \pm 0.01	18.58 \pm 11.80
UDDP ile 2. dakika parlatma sonrası	0.01 \pm 0.01	12.94 \pm 20.60
UDDP ile 3. dakika parlatma sonrası	0.01 \pm 0.00	31.80 \pm 13.37
UDDP ile 4. dakika parlatma sonrası	0.01 \pm 0.00	15.37 \pm 13.32
UDDP ile 5. dakika parlatma sonrası	0.01 \pm 0.00	11.21 \pm 9.44
UDDP ile 10. dakika parlatma sonrası	0.01 \pm 0.00	20.33 \pm 13.48
UDDP ile 15. dakika parlatma sonrası	0.01 \pm 0.00	13.56 \pm 21.18



Şekil 4.32. UDDP ile parlatılmış IF numunesinde pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin parlatma kademesi ile değişimi.

Tablo 4.17 ve Şekil 4.32 den de görüldüğü gibi pürüzlülük düştükçe reflektans değeri de düşmektedir. Başta da belirttiğimiz gibi reflektans değerinin düşmesi parlaklığının artması demektir.

BÖLÜM 5. SONUÇ VE İLERİ BAKIŞ

Günümüz mermer işleme fabrikalarında, birbirinden farklı karakteristik özelliklere sahip değişik silim hatları bulunmakta ve bu hatlarda farklı özelliklerde silim taşları kullanılmaktadır. Mermerin ürün kalitesine etki eden temel öğelerden bir tanesi, mermerin silim hattı sonrası aldığı cilanın niteliğidir. Mermerin iyi cila almış olması, silim hattında kullanılan silim taşları ve serisinin ne kadar optimum değerlerde ve özelliklerde kullanıldığının bir göstergesidir. Bugün kullanımda alışlagelmiş silim taşları genelde, ya manyezit kökenli ya da sentetik kökenli silim taşlarıdır. Bu silim taşları (aşındırıcılar) ile, herbir işletmeye özgü geleneksel bir anlayışla deneme yanılma yolu tercih edilerek, silinecek kayaca uygun en ideal bir silim serisi oluşturulmaktadır. Ancak, ne var ki bu tarz uygulamalar, işletme açısından pek verimli olmamakla birlikte, silim hattında ürün olarak çıkan mermer fayans, plaka veya levhanın cila alma oranı oldukça düşük olabilmekte ya da silinmiş ürünün yeniden silime girmesi gerekebilmektedir. Bu bakımdan bu konunun detay olarak incelenmesi, oldukça önemli bir husustur.

Ülkemizde mevcut silim taşı firmaları, silim taşlarının ana maddesi olan aşındırıcıları İtalya, İngiltere gibi ülkelerden ithal etmek suretiyle üretim yapmaktadır. Bunun yanında piyasada tamamen ithal kaynaklı silim taşları da bulunmaktadır. Bir doğal taş işletmesinde, aşındırma-parlatma işlemleri, birim maliyette %40 civarında bir paya sahip olmaktadır. Bunun en önemli sebebi, doğal taş işleme müesseselerinin bir çoğunun yerli üretimlere karşı ithal silim taşlarını tercih etmeleridir. Buna bir de bilinçsizce kullanım neticesinde ortaya çıkan silinen malzemedeki değer, zaman, işgücü, enerji ve su kayıpları eklendiğinde birim maliyetin, hem üreticiye hem de tüketiciye hem de ülke ekonomisine getirdiği artı yükler daha belirgin olarak ortaya çıkacaktır. Ülkemizde üretilen silim taşlarının aşındırma ve parlatılabilirlik performanslarının artırılması ve doğal taş işleminde yerli üretimlerin tercih edilmesi, ayrıca tüketicilerin kullanım konusunda bilinçlendirilmesi ile birim

maliyetin önemli oranlarda düşmesi sağlanacaktır ki bu da doğal taş endüstrisine büyük katkılar sağlayacaktır.

Uzun yılların çalışmaları sonucunda, bilim adamları nanometre (nm) boyutlarında yapıları, katmanları ve parçacıkları hassas bir şekilde sentezlemek ve özelliklerini incelemek olanaklarına kavuşmuştur. Son yıllarda elde edilen veriler bu alanın çağdaş medeniyet üzerinde olağanüstü etkileri olabilecek gelişmelere gebe olduğunu göstermektedir. Bilim dünyası içinde yaşadığımız bilgi çağını nanobilim çağının takip edeceğine inanmaktadırlar. Bir insan saçının çapı 50.000 nanometredir ve bir nm atom ve moleküllerin boyuna yaklaşıır.

Son 10 yıl içerisinde Nano-Bilim'de çok önemli aşamalar kaydedilmiştir. Önemli bir gelişmenin nanoboyutlu yapıları izleme alanında olduğu söylenebilir. STM (Scanning Tunneling Microscope), AFM (Atomic Force Microscope) ve MRFM (Magnetic Resonance Force Microscope) bunların başında gelmektedir. Bu mikroskoplar kullanılarak sadece nano boyutta inceleme yapılmasının yanısıra atom ve moleküller hareket ettirilerek isteniler noktalara yerleştirilebilmektedir.

Nano malzemelerinin üretilmesi yanı sıra bunların kimyasal, fiziksel incelenmesini sağlayan ve görüntülenmesini sağlayan cihazlarının gelişmesiyle dünya çapında yeni bir çağ açılmıştır.

Sanayileşmiş ülkelerde hem yeni malzemeler sentezlenmekte, hem de yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Bilgi hızla yayıldığı için, herhangi bir köşede yapılan bir çalışma, gelişmiş ülkelerde hızla üretime uygulanmaktadır.

Bu durumda gelişen ülkeler bir taraftan yatırım yaptıkları teknolojilerin kısa sürede "eski"mesine şaşırırken, diğer taraftan gelişmiş ülkeler olağanüstü albenili yeni ürünlerin yağmurunu altında kaynakları tüketmektedirler.

Biz de ülkemizde bu şaşkınlıklara son vermek amacıyla bir adım atmak istedik ve bu çalışmayı gerçekleştirmeye karar verdik.

Teknolojide yeni ihtiyaçların artmasıyla malzeme modifikasyonuna veya yeni malzeme üretimine gidilmiştir. Bunlardan birisi de sertlik özelliği ve çeşitli kimyasal yapıları nedeniyle çok yerde uygulama alanı bulan elmaştır. Şimdiye kadar nano

boyutlu elmas ya bir malzemenin sertliğini artırmak için alaşım elementi (ökelti sertleşmesi) ya da yüzey modifikasyonlarında ince filim oluşturulmasında (C:H tabakası) kullanılmıştır. Yalnız nano malzemeler üretilirken bunların aynı zamanda yüzey temizliğine ve düzgünlüğüne dikkat etmek gerekmektedir. Biz de nano boyutlu elmasın geleneksel mekanik parlatmada kullanılan mikron boyutlu elmasın yerini alabileceğini düşünerek bu çalışmayı gerçekleştirdik. Yapılan çalışmalardan da görüldüğü gibi oldukça olumlu sonuçlar alınmıştır. Yapılan deneysel çalışmalardan nano boyutlu elmasın mikron boyutlu elmasın yerini alabileceği görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. SAMUELS, L. E. Metallographic Polishing by Mechanical Methods, American Elsevier Publishing Co., New York, 1971,
2. BEILBY, Sir George "Aggregation and Flow of Solids", MacMillan, London, 1921.
3. THOMPSON, G. P. Structure and Properties of Solids Surfaces, edited by Gomer, R. ve Smith, C. S Univ. Chicago Press., Chicago, 1953, p.185.
4. BOWDEN, F. P. ve HUGHES, T. P. Proc. Roy. Soc., 1937, 160a, s. 575.
5. HEIGHWAY R. J. Ve TAYLOR, D. S, Wear, 1966, 9, 310
6. RABINOWÍCZ, C., Scientific American, 1968, 218 (6), 91
7. BLUM, W. and RAWDON, H.. S., Trans. Amer. Electrochem. Soc. 1923, 44, 397.
8. PORTEVİN, A. M. ve CYMBOLISTE, M., Trans. Faraday Soc.,1935, 31, 1211
9. JAQUET, P. A., J. Chemie. Phys., 1936, 33, 226
10. SAMUELS, L. E., J. Inst. Metals, 1956-57, 85, 177
11. THOMSON, G. P., Proc. roy. Soc., 1930, 128A, 649
12. FRENCH, R. C., Nature, 1932, 129, 169
13. RAETHER, H., Z. Physik,1933, 86, 82
14. SAMUELS, L. E. and SANDERS, J .V., J. Inst. Metals, 1958-59, 87, 129
15. TEGART, W. J. McG. "The electrolytic and Chemical Polishing of Metals", Pergamon, London, 1959.
16. KLOCKE, F., DAMBON, O. and CAPUDİ FİLHO, G. G., "Influence of the polishing process on the near-surface zone of hardened and unhardened steel", Wear 258 (2005), 1794-1803.
17. BOWDEN, F. P. ve TABOR, D., The Friction and Lubrication of Solids, Clarendon Press, Oxford, 1950.
18. SAMUELS, L. E., Metallographic Polishing by Mechanical Methods, ASM International, 2003.
19. AGHAN, R. L., SAMUELS, L. E., Mechanisms of abrasive polishing, Wear 16 (1970) 293-301
20. PRESTON, F. W., The theory and design of plate glass polishing machines, J. Soc. Glass Technol. 11 (1927).

21. ARCHARD, J. F., Contact and rubbing of flat surfaces, *J. Appl. Phys.* 24 (1953) 981-988.
22. SAKA, N., LAJ, J. Y., CHUN, H., Mechanism of Material Removal in the Mechano-Chemical Polishing Process Employed in the Semiconductor Industry, MIT, USA.
23. KLOCKE, F., DAMBON, O., SCHNEIDER, U., Removal Mechanisms in the Mechano-Chemical Polishing of Steel Using Synchro-speed Kinematics, *Annals of The WGP I/104*.
24. HAMBÜCKER, S., Technologie der Politur sphärischer Optiken mit Hilfe Der Synchro-speed kinematics, PhD-Thesis, University of Technology Aachen RWTH, 2001.
25. UMEMOTO, M., HUANG, B., TSUCHIYA, K., SUZUKI, N., Formation of nano-crystalline structure in steels by ball drop test, *Scripta Mater.* 46 (2002) 383-388.
26. ZUM GAHR, K. H., MEWES, D., Werstoffabtrag beim Furchungsverschleiss, *Metall* 37 (1983) 1212-1217.
27. BRINKSMEIËR, E., KLOCKE, F., GIWERZEW, A., VUCETIĆ, D., Spanbildungsmechanismen beim Schleifen mit niedrigen Schnittgeschwindigkeiten, *Industrie Diamanten Rundschau* 4, 2002.
28. ARTEMOV, A. S., Polishing Nanodiamonds, *Physics of the Solid State*, Vol. 46, No.4, 2004, pp. 687-695. Translated from *Fizika Tverdogo Tela*, Vol. 46, No.4, 2004, pp.670-678.
29. IDA, J., *Seimitsu Kikai* 29 (6), 444 (1963).
30. Genel Malzeme Laboratuvarı II, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli , 2000.
31. ROOCH, H., PENG, X. L., OESTERLE, W., Metallographical investigation of white etching layers on railway lines, *Prakt. Metallogr.* 38 (2001) 1.
32. ZUM GAHR, K. H., SCHOEFER, J., REHBEIN, P., STOLZ, U., LOEHE, D., Formation of tribochemical films and white layers on self-mated bearing steel surfaces in boundary lubricated sliding contact, *Wear* 248 (2001) 7-15.
33. UMEMOTO, M., TODAKA, K., TSUCHIYA, K., Formation of nano-crystalline structure in carbon steels by ball drop and particle impact techniques, *Mater. Sci. Eng. A*, 2004, in press.
34. UMEMOTO, M., TODAKA, Y., TAKAHASKI, T., LI, P., TOKUMIYA, R., TSUCHIYA, K., High temperature deformation behavior of bulk cementite produced by mechanical alloying and spark plasma sintering, *Mater. Sci. Eng. A*, 2004, in press.
35. LIU, Z. G., HAO, X. J., MASUYAMA, K., TSUCHIYA, K., UMEMOTO, M., HAO, S. M., Nano-crystal formation in a ball milled eutectoid steel, *Scripta Mater.* 44 (2001) 1775-1779.
36. LIU, Z. G., FECHT, H. J., XU, Y., YIN, J., TSUCHIYA, K., UMEMOTO, M., Electron -microscopy investigation on nano-crystal formation in pure Fe and carbon steel during ball Milling, *Mater. Sci. Eng. A*, 362 (2003), 322-326.

37. LIU, Z. G., FECHT, H. J., UMEMOTO, M., Electron Microstructural evolution and nano-crystal formation during deformation of Fe-C alloys, *Mater. Sci. Eng. A*, (2004), in press.
38. IVANİSENKO, Yu., LOJKOWSKI, W., VAILEV, R. Z., FECHT, H. J., The mechanism of formation of nanostructure and dissolution of cementite in a pearlite steel during high pressure torsion, *Acta Mater.* 51 (2003) 5555-5570.
39. GÜZEL, Ö., GÜNDÜZ, L., Mermer silim hatlarında kullanılan silim taşları: Alternatif matris form analizi, *MERSEM*'2001, 249.
40. CEYLANOĞLU, A., Bazı mermer birimleri için optimum aşındırma cilalama koşullarının belirlenmesi ve malzeme özellikleriyle ilişkilendirilmesi çalışmaları (Araştırma projesi), Sivas CÜ Müh. Maden Müh. Böl.1998,
41. ERSOY, M., KÖSE, H., Mermerlerin mekanik özellikleriyle parlatma kolaylığı arasındaki ilişki, *Türkiye III.Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 2001.
42. KRUIJATZ, Dipl. Phys. Jörg, Herstellung von Spiegelschichtsystemen auf der Basis von Aluminium oder Silber für den Einsatz in der Mikrosystemtechnik, Dissertation, Fakultät für Naturwissenschaften der Technischen Universität Chemnitz, 2002.
43. ONARGAN, Yrd. Doç. Dr. T., KÖSE, Prof. Dr. H., Mermer, Dokuz Eylül Mühendislik Fakültesi, İzmir, 1997.
44. UZ, B., ESENLİ, V., YAVUZ, O., MANAV, H., BACAĞ, G., Sert Mermer Grubuna Bir Örnek; Karacadağ (Diyarbakır) Bazaltlarının "Mermer" Açısından İncelenmesi., *MERSEM*'2001, 2001.
45. <http://www.abshell.net/phpBB2/viewtopic.php?p=90961&sid=64b629296958cd9028f2ff0ec7bd00a0> (Ziyaret tarihi: 20.01.2006).
46. CHEN, Q., YUN, S., Nano-sized diamond obtained from explosive detonation and its application, *Mater. Research Bulletin* 35 (2000), 1915-1919.
47. Fizika gorenii I vzryva 24 (5) (1987) 3-5
48. GREİNER, N. R., PHİLİPS, D. S., JOHNSON, J. D., VOLK, F., *Nature* 333 (1988) 440-442.
49. CHEN, Q., MA, F., YUN, S. R., *J High Pressure* 12 (2), 1998, 129-133.
50. CHEN, Q., YUN, S. R., HUANG, F. L., DİNG, J., Study on the formation of condensed carbon in detonation by analyzing graphite and diamond crystallites in soot, 11th Detonation Symposium, Snowmass, CO, 1998, 241.
51. BUNDY, F. P., The P, T Phase and Reaction diagram for elemental Carbon, 1979; *J. Geophys. Res.* 85 (B12) (1980) 6930.
52. CHEN, Q., doctoral dissertation, Beijing Institute of technology, 1998, 7
53. BURSİLL, L. A., FULLERTON, A. L., Size and Surface Structure of Diamond Nano-crystals, *Int. Journal of Modern Physics, B*, Vol. 15, No.31, 2001, 4087-4102.

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Ankara da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Almanya da, lise öğrenimini Ankara da tamamladı. 1990 yılında girdiği Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendislik Bölümü nden 1995 yılında Kimya Mühendisi olarak mezun oldu (bir sene İngilizce hazırlık okudu). 1998 yılının mart ayında girdiği Aydın Örne Tekstil Firmasında Kalite Kontrol Sorumlusu olarak görev aldı. Ekim 1998 yılında Ege Kimya A.Ş. nde yine Kalite Kontrol Sorumlusu olarak görev yaptı. Haziran 2000 yılında Kocaeli Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü ne araştırma görevlisi olarak atandı. Haziran 2002 yılında yine aynı Bölümde uzmanlık kadrosuna atandı. Aynı yıl içerisinde Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji Anabilim dalında Malzeme programında Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır. Evli ve iki çocuk annesidir.