T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNCE TANELİ ELMAS TOZLARININ ÇÖZÜNMÜŞ HAVA FLOTASYONU (ÇHF) YÖNTEMİ İLE GERİ KAZANIMI OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Mehmet Bahadır KARADENİZ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Faruk ESKİBALCI

II. DANIŞMAN
Doç. Dr. Kenan ÇİNKU

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Maden Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 23.07.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden Mühendisliği Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Faruk ESKİBALCI
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi
Maden Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Ilgin KURŞUN ÜNVER
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi
Maden Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Gülay BULUT
İstanbul Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin ....-.... numaralı projesi ile desteklenmiştir.
Bu tez, ...-.... numaralı .....-..... projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi ve yönlendirilmesindeki katkılarından dolayı değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Faruk Eskibalcı ve Doç. Dr. Kenan Çinku'ya en içten şükranlarımı sunarım. Deneysel çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Onur Özkaya ve mesai arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Haziran 2019 Mehmet Bahadır KARADENİZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **xi**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xii**
ÖZET ..... **xiviv**
SUMMARY ..... **xvivi**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1. ELMASIN TANIMI……..……..…….....3
2.1.1. Elmasın Tarihçesi……..……....3
2.1.2. Elmas Madenciliği Çalışmaları……...……...…4
2.1.3. Elmasın Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Jeolojik Açıklaması……6
2.1.4. Dünyanın Katmanları ve Elmas Oluşumu....……6
2.1.5. Elmasın Coğrafi Bölgesinin Saptanması……10
2.1.6. Birincil ve İkincil Elmas Yatakları……...11
2.1.7. Birincil Elmas Yatakları……..11
2.1.8. İkincil, Alüvyon Elmas Yatakları…...……12
2.1.9. Minerallerin Test Edilmesi……..15
2.2. ELMASIN KRİSTAL FORMU ve ATOM YAPISI……...18
2.2.1. Elmas ve Grafit……18
2.2.2. Termal Genleşme ve İletkenlik……19
2.3. PIRLANTANIN DEĞERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN SAPTANMASI……....19
2.3.1. Ham Elmas Sınıflandırması……19
2.3.2. Elmas Madenciliği ve Kimberley Süreci……..20
2.3.3. Elmas Madenciliği ve Zenginleştirme İşlemleri……..20
2.4. DÜNYA ELMAS KAYNAKLARI……24
2.4.1. Asya……24
2.4.2. Afrika……..……24
2.4.3. Orta Afrika……...26

2.4.4. Rusya……...27
2.4.5. Kanada……28
2.4.6. Amerika Birleşik Devletleri……29
2.5. PIRLANTA 4C BİLGİSİ (KESİM, AĞIRLIK, RENK, BERRAKLIK)……29
2.5.1. 4C Birinci Özelliği, Kesim (*Cut*)……32
2.5.2. 4C İkinci Özelliği, Kırat (*Carat*)……..43
2.5.3. 4C Üçüncü Özelliği, Renk (*Color*)……..45
2.5.4. 4C Dördüncü Özelliği Berraklık (*Clarity*)……...48
2.5.4.1. İçsel İzler……..51
2.5.4.2. Yüzeysel İzler……52
2.5.5. Berraklığı Değerlendirme……55
2.6. ÇÖZÜNMÜŞ HAVA FLOTASYONU (ÇHF)……..…….58
2.6.1. Çözünmüş Hava Flotasyonu Mekanizması……..59
2.6.2. Çözünmüş Hava Flotasyonu Sistemi……...61
2.6.3. Taneler ve Mikro Kabarcıklar Arasındaki Etkileşimi Kapsayan Mekanizmalar…….62
2.6.4. Hava Kabarcığı Oluşumu ve Boyutu……64
2.6.5. Flotasyon Sistemlerinin Tasarımı……65
2.6.6. ÇHF Prosesinin Kullanım Alanları……..65
2.6.7. ÇHF Prosesin Avantaj ve Dezavantajları……65
3. MALZEME VE YÖNTEM 66
3.1. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Tanımı……66
3.2. Yöntem……...68
3.3. Elektrokinetik Özelliklerin Belirlenmesi……....68
3.4. Çözünmüş Hava Flotasyonu (ÇHF) Çalışmaları……74
4. BULGULAR 76
4.1. MİNERALOJİK ANALİZ……76
4.2. ZETA POTANSİYEL ÖLÇÜMLERİ……77
4.3. TEMAS AÇISI ÖLÇÜMLERİ……...78
4.4. ÇHF SONUÇLARI……80
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 89
KAYNAKLAR 92
EKLER 95
ÖZGEÇMİŞ 96

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: İpek Yolu haritası……3

Şekil 2.2: Ham elmas görselleri……...4

Şekil 2.3: Güney Afrika haritası üzerinde elmas araştırmaları……5

Şekil 2.4: Jubilee pırlantası..……5

Şekil 2.5: Birbiri üzerinde kayan katmanlar ve üst manto şeması.……..8

Şekil 2.6: Kimberlit ve elmas oluşum katmanları yeryüzüne çıkış şeması……..9

Şekil 2.7: Rusya Yakutistan bölgesinde ki Mir Madeni…….……12

Şekil 2.8: Birincil ve ikincil elmas yatakları şeması……..13

Şekil 2.9: Havadan sistemli bir şekilde manyetik alan taraması yapılması..…….....14

Şekil 2.10: Gösterge mineralleri; olivin, diopsit, serpantin, apatit, garnet vb. resmi…..……16

Şekil 2.11: Kimberlit bacasından alınan örnek..……17

Şekil 2.12: Elmas kristali resmi……...……...17

Şekil 2.13: Soldan sağa doğru elmas ve grafit atom yapısı……19

Şekil 2.14: Rusya ve Kanada'dan çıkarılmış elmas örnekleri……20

Şekil 2.15: Blok göçertme tekniği ile madencilik yapılması……..21

Şekil 2.16: Ağır ortam, yoğunluk farkına göre ayırma yöntemi…….……...22

Şekil 2.17: Gres kemeri ile elmas kazanımı……...23

Şekil 2.18: X ışınları ile elmasların hava jeti ile ayrılması……23

Şekil 2.19: Cullinan madeninde patlatma için delik çalışmaları……25

Şekil 2.20: Cullinan madeninde kullanılan altı ton taşıma kapasiteli yer altı ekskavatörü……25

Şekil 2.21: Namibya deniz madenciliğinden çıkarılan elmas örnekleri…….26

Şekil2.22: Sibirya elmas madeni……...……..27

Şekil 2.23: Elmas tozu ile kaplı kesici ile kesim aşaması……..29

Şekil 2.24: Oktahedral elmas kristali.……...……30

Şekil 2.25: Elmasın içsel izleri……...32

Şekil 2.26: Elmasın, kesim öncesinde işaretlenmesi...……...32

Şekil 2.27: Modern yuvarlak 57 yüzeyli pırlanta kesim……34

Şekil 2.28: 57 yüzeyli yuvarlak kesim pırlanta bölümleri ve kesim-ışık ilişkisi...……35

Şekil 2.29: Marcel Tolkowsky ideal kesim pırlanta oranları…….35

Şekil 2.30: Kalp, damla, dikdörtgen ve oval kesim pırlanta görselleri……..36

Şekil 2.31: Elmas kesim aşamaları…….36

Şekil 2.32: Ham elmasın bilgisayar yazılımı yardımı ile işaretlenmesi…….37

Şekil 2.33: İlk fasetleme çalışmaları……..40

Şekil 2.34: İlk fasetleme aşamasında kullanılan su soğutmalı elmas diskli sistemler……...41

Şekil 2.35: Parlatma işleminde kullanılan scaife ve tang adı verilen elmas tutucu……42

Şekil 2.36: Markiz kesim pırlantanın temel simetri yüzeylerinin oluşturulması……...42

Şekil 2.37: Yuvarlak pırlanta bölümleri…….44

Şekil 2.38: GIA ve HRD pırlanta sertifika örneği……..45

Şekil 2.39: Fantezi kesim canlı mavi renkli pırlanta……..46

Şekil 2.40: Nadir D rengi damla şeklinde pırlanta. ……...46

Şekil 2.41: Pırlantanın rengini belirlemek için kullanılan örnek pırlantalar……..47

Şekil 2.42: Pırlanta renk skalası…….……47

Şekil 2.43: Elmas içerisindeki garnet kristali…….49

Şekil 2.44: 10 kat yaklaştıran elmas inceleme merceği…….50

Şekil 2.45: Pırlantanın içindeki izlerin incelenmesi ……..52

Şekil 2.46: Pırlanta işlenirken oluşan yüzeysel izler……..…53

Şekil 2.47: Pırlanta yüzey çizikleri örneği…….54

Şekil 2.48: Pırlanta içerisindeki doğal izler, büyüklükleri ve konumları……...56

Şekil 2.49: Daha fazla iz içeren ve daha az iz içeren taş kıyaslaması……56

Şekil 2.50: VS1 pırlanta incelemesi……...57

Şekil 2.51: VS2 pırlanta, sağ alt kısmında bir grup iğne benzeri izler ve küçük bir kristal içerir…….57

Şekil 2.52: Soldan sağa doğru SI1 ve SI2 berraklığa sahip pırlantalara ait resimler…….58

Şekil 2.53: I1, I2 ve I3 Pırlantaya ait resimler……58

Şekil 2.54: ÇHF Sistemi……61

Şekil 2.55: Yükselen kabarcıklar ile agreganın fiziksel sürüklenmesi……...62

Şekil 2.56: ÇHF'de kabarcık oluşma mekanizması……63

Şekil 3.1: Q SPEQ Gliss 3000 doğal ve sentetik elmas tesipi……66

Şekil 3.2: -1000, -300 ve -100 µm tane boyutlu pırlanta numuneleri…….…….....67

Şekil 3.3: 10x mercek altında büyütülmüş pırlantalar……67

Şekil 3.4: Boyut küçültmede kullanılan jeolog çekici ve sertleştirilmiş çelik havan……..…...67

Şekil 3.5: Elekroforetik hareketlilik……...70

Şekil 3.6: Zeta potansiyeli grafiği……..70

Şekil 3.7: Brookhaven ZetaPlus zetapotansiyeli ölçüm cihazı……...71

Şekil 3.8: Hanna HI 221 marka pH metre……..71

Şekil 3.9: Deneysel çalışmalarda kullanılan ÇHF ünitesi……..74

Şekil 3.10: Çözünmüş hava flotasyonu deneyinde kabacıklar ile yüzeye çıkan elmas taneleri…….75

Şekil 4.1: QSPEC GLIS3000 pırlanta ayırım cihazı……..76

Şekil 4.2: Floresans ve fosforesans ışık altında elmas ve sentetik elmas türevlerinin yansımaları…...76

Şekil 4.3: Pırlanta ve sentetik pırlanta numunelerinin pH'ya bağlı zeta potansiyel değişimi……...77

Şekil 4.4: Doğal Pırlanta Temas Açısı……...79

Şekil 4.5: Sentetik Pırlanta Temas Açısı……....79

Şekil 4.6: Temas açısı ölçüm cihazı……...80

Şekil 4.7: 1lt/dk sabit doyurulmuş su besleme hızında ve değişen basınca göre yüzen ve batan elmas grafiği……..81

Şekil 4.8: 2lt/dk sabit doyurulmuş su besleme hızında ve değişen basınca göre yüzen ve batan elmas grafiği…….....82

Şekil 4.9: 3lt/dk sabit doyurulmuş su besleme hızında ve değişen basınca göre yüzen ve batan elmas grafiği……..83

Şekil 4.10: 60 psi sabit basınçta, 1lt/dk, 2lt/dk ve 3lt/dk değişen besleme hızlarına göre yüzen ve batan elmas grafiği…….……..84

Şekil 4.11: 50 psi sabit basınçta, 1lt/dk, 2lt/dk ve 3lt/dk değişen besleme hızlarına göre yüzen ve batan elmas grafiği…….……..85

Şekil 4.12: 40 psi sabit basınçta, 1lt/dk, 2lt/dk ve 3lt/dk değişen besleme hızlarına göre yüzen ve batan elmas grafiği……..……..86

Şekil 4.13: 30 psi sabit basınçta, 1lt/dk, 2lt/dk ve 3lt/dk değişen besleme hızlarına göre yüzen ve batan elmas grafiği……..87

Şekil 4.14: 60 psi sabit basınçta ve değişen pH a göre yüzen ve batan elmas grafiği.……...88

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1: Hava içerisinde bulunan gazların hacimce % değerleri……..59

Tablo 2: Gazların 20°C ve 760mmHg basıncındaki su içerisindeki çözünürlükleri…….60

Tablo 3: Sıcaklığa göre hava karakteristikleri……...60

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
γ	: Yüzey Gerilimi
Δ	: Ağızlık İçerisindeki Basınç Değişimi
ξ	: Zeta Potansiyeli
Ψ0	: Yüzey Potansiyeli
1/K	: Elektriksel Çift Tabaka Kalınlığı
Δ	: Kesme Düzlemi Kalınlığı
μ	: Elekroforetik Hız
η	: Ortam Viskozitesi
ε	: Dialektrik Sabiti
v	: Akış Hızı
RD	: Kapiler Borusu'nun Yarıçapı
μ	: Viskozite
l	: Kapiler Borusu'nun Uzunluğu
ΔP	: Basınç Farkı
ϵ	: Malzeme Yığını Gözenekliliği
ρ	: Sıvı Yoğunluğu
R	: Tüp İç Çapı
ɵ	: Temas Açısı
c	: Geometrik Faktör
γL	: Sıvının Yüzey Gerilimi
m	: Ağırlık
t	: Süre

Kısaltmalar	Açıklama
Abr	: Aşınma
Brn	: Yanık
Ch	: Yonga
Cld	: Bulut
ÇHF	: Çözünmüş Hava Flotasyonu
Dop	: Dop Yanması
EC	: Açıklık
EF	: Ekstra Yüzey
FL	: Kusursuz
GIA	: Amerika Gemoloji Enstitüsü
HRD	: Antwerp Gemoloji Ensitüsü
IF	: Kusursuz
I	: Gözle Görünen İzler
IDL	: Uluslar Arası Pırlanta LAboratuvarı
IGI	: Uluslar Arası Pırlanta Laboratuvarı
IIDGR	: DeBeers Pırlanta Laboratuvarı
LDH	: Lazer Delme Deliği
LMR	: Lazer İzleri
N	: Doğal İzler
Nck	: Çentik
Ndl	: İğne Ucu
Pp	: Nokta
PL	: Cila Çizgileri
RG	: Kalın Kemer
Scr	: Çizik
SGR	: Yüzey Pürüzlenmesi
SI	: Hafif İzler İçeren
VS	: Çok Az İzler İçeren
VVS	: Çok Çok Az İzler İçeren

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNCE TANELİ ELMAS TOZLARININ ÇÖZÜNMÜŞ HAVA FLOTASYONU (CHF) YÖNTEMİ ile GERİ KAZANIMI OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Mehmet Bahadır KARADENİZ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Faruk ESKİBALCI

II. Danışman: Doç. Dr. Kenan ÇİNKU

Bu tez çalışmasında, madencilik faaliyetleriyle çıkartılan her kaynağın bir gün tükeneceği düşünülerek, kaynakların en verimli şekilde kullanımı noktasından hareketle, ince taneli elmas tozlarının geri kazanımı hedeflenmiştir.

Elmas kesim aşamasında aşınma ve benzeri nedenlerle ince boyutta kayıplar oluşmaktadır. Mikron boyutundaki bu elmas tanelerinin geri kazanımını sağlamak için elmas kesme/parlatma cihazlarına ilave edilebilecek çözünmüş hava flotasyonu (ÇHF) ünitesinin faydalı olabileceği düşünülmüştür. Doğal hidrofob (suyu sevmeyen) özelliği nedeniyle kolaylıkla yüzdürülebilen elmasın kesme/parlatma cihazlarında soğutma amaçlı kullanılan su içerisinde batmayacağı fikrinden hareketle ince boyutlu elmas tanelerinin ÇHF ile oluşturulan mikron boyutlu hava kabarcıkları yardımıyla yüzdürülerek geri kazanımı planlanmıştır.

Laboratuvar çaplı ÇHF cihazı kullanılarak gerçekleştirilen deneysel çalışmalar esnasında toplam 30 kırat (6 gr), elmas kullanılmıştır. Pırlanta tanelerinin ÇHF ünitesinde kullanımına uygun hale getirilmesi için jeolog çekici ve sertleştirilmiş özel çelik havan yardımıyla 30 kıratlık pırlanta tanelerinin tamamı önce -300 mikron sonrasında ise -100 mikron tane boyutunda olacak şekilde boyut küçültmeye tabi tutulmuştur.

Kompresör, hava doygunlaştırma tankı ve toplama ünitesi entegre edilmiş silindirik flotasyon hücresinden oluşan ÇHF düzeneğinde gerçekleştirilen deneylerde; 30, 40, 50 ve 60 psi olacak şekilde 4 farklı farklı basıncın yanı sıra 1, 2 ve 3 lt/dk olacak şekilde 3 farklı hava ile doyurulmuş su besleme hızında ve 4, 6.5 ve 12 pH olacak şekilde 3 farklı ortam pH'sı parametreleri kullanılmıştır.

ÇHF deneylerinde; basınç ve hava ile doyurulmuş su besleme hızı arttıkça geri kazanılan elmas miktarının arttığı görülmüş ve %66 kazanma verimlerine ulaşılmıştır.

Elde edilen bilimsel sonuçlar ışığında, ince taneli elmas tozlarının geri kazanılarak pırlanta sektörüne katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Haziran 2019, 113 sayfa.

Anahtar kelimeler: ÇHF, pırlanta, geri kazanım, hidrofob, elmas

SUMMARY

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF RECOVERY POSSIBILITIES OF FINE GRAINED DIAMOND POWDERS BY DISSOLVED AIR FLOTATION (DAF) METHOD

Mehmet Bahadır KARADENİZ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Mining Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Mehmet Faruk ESKİBALCI

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Kenan ÇİNKU

In this thesis, considering the fact that each resource extracted by mining activities will be exhausted one day, recovery of fine-grained diamond powders is aimed for the most efficient use of resources.

At the diamond cutting stage, thin losses occur due to abrasion and the like. It is contemplated that a dissolved air flotation (DAF) unit, which will be added to the diamond cutting / polishing devices, may be useful to recover these micron sized diamond grains. Based on the idea that the diamond, which can be easily floated due to its natural hydrophobic character, does not sink in the water used for cooling purposes in cutting / polishing devices, it is planned to recover the fine-sized diamond grains by floating them with help of micron-sized air bubbles formed by DAF.

A total of 30 carat (6 gr) diamonds were used during the experimental studies performed using laboratory scale DAF device. In order to make the diamond grains suitable to be used in the DAF unit, all the diamonds were grounded to -300 microns and then -100 microns with the help of geologist hammer and specially hardened steel mortar.

In the experiments, dissolved air flotation system consisting of a compressor, air saturation tank and a cylindrical flotation cell were carried out four different pressure as 30, 40, 50 and 60 psi and feed with three different speed rates of air-saturated water 1, 2, 3 lt/min and media pH was changed into three ways of 4, 6,5 and 12.

In DAF experiments; it was observed that the amount of diamond recovered increased with increasing pressure and air saturated water feed rate and 66% recovery was reached.

In the light of the scientific results obtained, it is thought that fine-grained diamond powders can be recovered and thus this may contribute to the diamond sector.

Thus, it is concluded that this experimental study is applicable in a industrial and scientific manner.

June 2019, 113 pages.

Keywords: DAF, brilliant, recovery, hydrophobic, diamond.

1. GİRİŞ

Elmas, başta ışıltısından dolayı mücevher sektöründe, yüksek ısı iletkenliğinden dolayı otomobil ve uzay teknolojilerinde, aşındırma özelliğinden dolayı diş sektörü gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır.

Türkiye'de elmas üretim ve işleme tesisi bulunmamaktadır. 2018 yılı De Beer's raporlarına göre; yıllık elmas üretimi dünya çapında 147 milyon kırat, bu üretimin kesim atölyeleri tarafından ilk alım değeri yaklaşık 16 milyar dolar ve elmasların işlendikten sonra dünya çapında perakende sektöründeki değeri ise yaklaşık olarak 82 milyar dolardır.

Dünyada elmas yataklarının sınırlı olması nedeniyle maden mühendisleri bu kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını amaçlamaktadır. Bu hedeften yola çıkılarak, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü yüzey kimyası laboratuvarı ile cevher hazırlama ve zenginleştirme laboratuvarında bulunan cihaz ve ekipmanlar yardımıyla pırlanta işleme atölyelerinde ortaya çıkan atıklardan pırlanta tozlarının geri kazanılması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmalarda elmas inceleme ve ilk 8 yüzeyin oluşturduğu kesim aşamaları sırasında meydana gelen aşınmalar sebebiyle parçacıkların ve mikron bazında kayıpların oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu kayıpların geri kazanılmasını sağlamak için kesim cihazlarına adapte edilebilecek bir aparat veya ek cihaz yardımıyla cihazlarda soğutma amaçlı kullanılan su sistemlerinin içerisinden iri taneli parçacıkları batırarak ve ince taneli mikron boyutundaki elmas tanelerinin hidrofob özelliğinden yararlanarak çözünmüş hava flotasyonu ile geri kazanılması amaçlanmıştır. Sisteme kompresör yardımı ile 30-40-50-60 psi basınç altında hava ile doyurulan saf su, 1-2-3lt/dk. doyurulmuş su besleme hızı ile elmas tozu su karışımına verilmiştir. Kimyasal kullanılmadan yapılan bu işlemde elmas tozu içeren pülp içerisine verilir. Toplayıcı ve köpürtücü gibi flotasyon kimyasalları kullanılmaksızın gerçekleştirilen bu işlemde doğal hidrofob elmas tanelerinin oluşturulan mikro kabarcıklar yardımıyla yüzdürülerek sistemden uzaklaştırılması sağlanmış, bir vakum pompası yardımıyla filtrasyona tabi tutularak suyu süzülmüş sonrasında ise kurutulmak suretiyle yüzen ve batan elmas tozlarının tartımı sonrasında flotasyon verimleri hesaplanmıştır.

Elmas üretim maliyetlerinin çok yüksek ve çok zahmetli madencilik çalışmaları gerektirdiği düşünülürse, kesim sırasındaki değersiz görünen bu kayıpların aslında birçok alanda kullanılabilir kaynaklar olması bu çalışmanın yapılmasına yön vermiştir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ELMASIN TANIMI

2.1.1. Elmasın Tarihçesi

İlk elmaslar MÖ 4. yy'de Hindistan'da bulunmuş, ancak bu yatakların en küçüğü 900 milyon yıl önce oluştuğu düşünülmektedir. Bu ilk taşların çoğu, genellikle İpek Yolu olarak bilinen Hindistan ve Çin'i birbirine bağlayan ticaret yolları ağı boyunca taşınmıştır. Keşifleri sırasında elmaslar, sertliği, parlaklığı ve hafif metalleri kazıma kabiliyeti nedeniyle değerliydi. Karanlık çağlarda elmaslar tıbbi bir yardım olarak da kullanılıyordu ve yutulduğunda hastalıkları ve yaraları iyileştirdiği düşünülüyordu [1].

Dünyanın elmasa ilgisi, ülkenin nehir ve akarsularından elmasların toplandığı Hindistan'da başladı. Bazı tarihçiler, Hindistan'da dördüncü yüzyılın başlarında elmaslarla ticaret yapıldığını tahmin ediyor. Ülke kaynakları sınırlı olduğundan, başlarda Hindistan'ın sadece çok zengin kesimi için sınırlı miktarda üretim yapılmaktaydı. Ancak bu durum zamanla değişti ve Hint elmasları, diğer egzotik ürünlerle birlikte, Venedik'in orta çağ pazarlarına giden kervanlarla Batı Avrupa'ya doğru gönderilmeye başladı. 1400'lerde elmaslar, Avrupalıların seçkinleri için modaya uygun aksesuarlar haline geldi. 1700'lerin başında, Brezilya önemli bir kaynak olarak ortaya çıkınca, Hindistan'ın elmas arzı azalmaya başladı. Şekil 2.1'de İpek Yolu haritası verilmiştir [1].



Şekil 2.1: İpek Yolu haritası [2].

Amazon Nehri'nin kollarında altın madenciliği yapan madenciler eleklerinde elmaslar keşfettiler. Brezilya, 150 yıldan fazla bir süre elmas piyasasına hâkim oldu. Kaynaklar değişirken, elmas pazarı kendi evrimini yaşadı. En büyük tüketici olan egemen

sınıflar 1700'lerin sonunda azalmaya başladı. Fransız Devrimi gibi politik karışıklıklar servet dağılımında değişikliklere neden oldu [1].

1800'ler Batı Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'ne artan bir refah getirdi. Elise Misiorowski gibi varlıklı Avrupa aileleri, egemen sınıfların yerine elmas takıların ana tüketicileri oldu. Bu durum, elmaslar dahil her türlü lüks mal talebini artırdı. 1800'lerin sonunda kaşifler, genişleyen pazara cevap verebilecek ilk büyük Güney Afrika kimberlit yataklarını ortaya çıkardı. Şekil 2.2'de ham elmas görselleri verilmiştir [2].

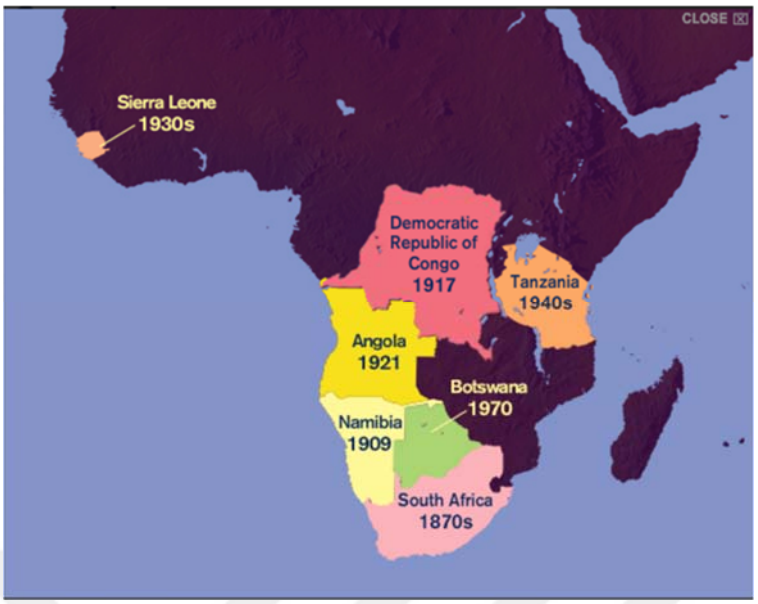


Şekil 2.2: Ham elmas görselleri [3].

1866'da 15 yaşındaki Erasmus Jacobs, Orange Nehri'nin kıyılarında dolaşırken sıradan bir çakıl taşı olduğunu düşündüğü şeye rastladı ve sonradan bunun 21,25 kıratlık bir pırlanta olduğu ortaya çıktı. 1871'de, Colesberg Kopje olarak adlandırılan sığ bir tepede, 83,50 kıratlık devasa bir elmas ortaya çıkarıldı. Bu bulgular, binlerce elmas araştırmacısının dikkatini bu bölgeye çekti ve Kimberly Madeni olarak bilinen ilk büyük ölçekli madencilik operasyonunun başlamasına yol açtı [3, 4].

2.1.2. Elmas Madenciliği Çalışmaları

Afrika pırlantalarının hikâyesi 1866'da 21,25 kıratlık elmasın keşfi ile başladı. Kimberley'de, Güney Afrika'nın güneyinde bir çiftlikte ham elmas keşiflerine dair kanıtlar bulundu. Resmi kayıtlara göre ilk bulunan elmas "Eureka" oldu ve onu bulan kişinin adını aldı. Eureka'dan sonra neredeyse üç yıl büyük keşifler olmadan geçti ve elmas araştırmalarına olan ilgi azaldı. 1869'da 83,50 kıratlık muhteşem Güney Afrika'nın Yıldızı bulundu. Şekil 2.3'de Güney Afrika haritası üzerinde yapılan elmas araştırmaları verilmiştir [4, 5].



Şekil 2.3: Güney Afrika haritası üzerinde elmas araştırmaları [3].

Güney Afrika'daki Kimberley bölgesi, 1800'lerde Güney Afrika elmas madenciliğinin merkezi idi. 1869'da Zandfontein'deki Güney Afrika Yıldızı'nın keşfi bölgeye gelecek adayları çekti, daha sonra Kimberley'deki madenlerin keşfi geldi ve daha kuzeyde, Jagersfontein'de Premier madeni kuruldu. Bu kazılar 1869'da Bultfontein ve Dutoitspan madenleri olan tortuların keşfedilmesine yol açtı. Her ikisi de Kimberley'in cazip bir elmas kasabası haline gelmesini güçlendirdi. Bu ve 1870-1871 yıllarında bunları takip edenler De Beers ve Kimberley madenleri olan yatakları, elmas endüstrisini ve Güney Afrika'yı sonsuza dek değiştirdi. Kimberley, bir zamanlar sıradan bir maden kasabası iken bugün 100.000'in üzerinde nüfusa sahip modern bir şehir haline geldi. Jubilee pırlantası 1895 yılında Kimberley madenlerinden çıkarıldı. 650,80 kırat ağırlığındaki, renksiz bir ham elmastan 245,35 kırat yastık kesim pırlanta üretildi. Şekil 2.4'de Jubilee pırlantasının resmi verilmiştir [4, 5].



Şekil 2.4: Jubilee pırlantası [3].

2.1.3. Elmasın Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Jeolojik Açıklaması

Son 50 yılda, bilim insanları elmasların nasıl oluştuğu ve yüzeye nasıl taşındıklarıyla ilgili çok araştırma yaptılar. Bu yeni araştırmalar elmas yataklarının yerlerini bulmayı kolaylaştırdı. Elmasın oluşum sürecini öğrenmek ve mücevher kalitesindeki elmasların nadirliğini ve değerini anlamak için yapılan araştırmalar ve edinilen bilgiler ışığında elmasların olağanüstü doğası daha iyi açıklanmaktadır [6, 7].

Aşırı sıcaklık ve basınç, herhangi bir maddede büyük değişikliklere neden olabilir. Su soğuduğu zaman donar ve katı hale gelir. Ancak çok yüksek basınç da suyu katı forma dönüştürebilir. Basınç azaldığında su hızla sıvı hale döner. Sıcaklık ve basınç birlikte daha da güçlüdür. Uygun sıcaklık ve basıncın bir arada bulunması, elmas atomlarının özel bir şekilde kovalent bağlarla birbirine bağlanmasına neden olur. Atomların bu şekilde bağlanması, elmasın yeryüzündeki en sert mineral olmasını sağlayan etmendir [6, 7, 8].

Elmas oluşumu ve yer bilimi ile ilgili bilgiler, jeologların potansiyel elmas yataklarını bulmalarına yardımcı olur. Bazı yüzey minerallerinin genellikle bir elmas yatağının varlığını gösterdikleri bilinmektedir [6, 7, 8].

2.1.4. Dünyanın Katmanları ve Elmas Oluşumu

Dünyamız yaklaşık 4,6 milyar yıl önce, güneş sistemini oluşturan gaz ve toz bulutlarının katılaşmasıyla oluşmuştur. Bu süreçte daha yoğun malzemeler merkeze doğru çekilmiş ve daha hafif malzemeler dış katmanlara yerleşmiştir [6,7,8].

Yerküre; kabuk, üst manto, alt manto ve çekirdekten oluşmaktadır. İlk tabaka kabuktur. Altındaki tabakalara göre çok ince, sert bir kaya tabakasıdır. Kalınlığı, dağlık bölgelerde daha kalın olmak üzere yaklaşık 100km'dir.Kabuk, okyanusların altında en ince formda bulunmaktadır. Kabuğun altında, yaklaşık 2.900 kilometre maksimum kalınlığa sahip manto vardır. Yapısal olarak manto, dış yüzeye yakın yerlerde kayalık, daha derin seviyelerde ise daha akıcıdır. Yerkürenin iç ısısı çekirdekten yayılır; yaklaşık 60000ºC ve güneşin yüzeyi kadar sıcaktır. Ortamı sağlam tutan tek şey, bu derinlikte, deniz seviyesinde dünya atmosferinden milyonlarca kat daha fazla olan aşırı basınçtır [6, 7, 8].

Yıllarca süren titiz bir araştırmadan sonra, bilim insanları doğal elmas oluşumu için gerekli koşulları öğrendiler. 1150 ile 1200 santigrat derece arasında bir sıcaklık ve 50 kilo ile 70 kilo

bar arası bir basınç gerektiği saptandı. Deniz seviyesinde basıncın yaklaşık bir bar olduğu ve kilogramın 1000 katı olduğu düşünülürse, elli kilo bar, normal basıncın elli bin katı demektir [6, 7, 8].

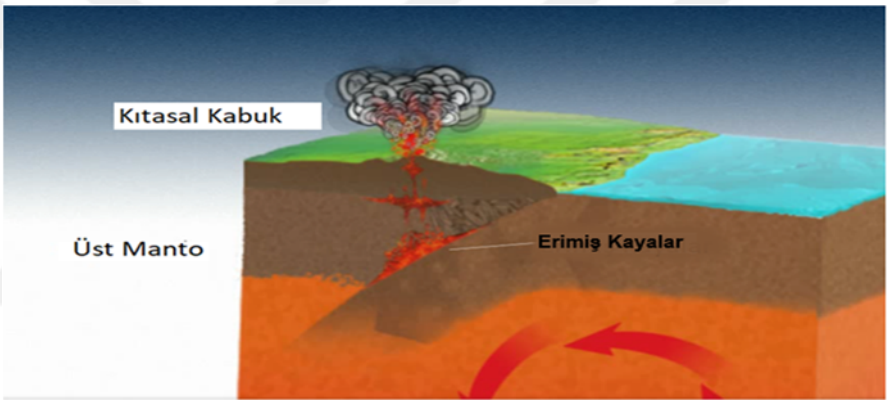
Bu inanılmaz rakamın ortaya çıkması ve elmasa yönelik araştırmalar, doğal elmas oluşumunun sırlarını açığa çıkardı. Herbert Strong ve James E. Cheney 1940'larda General Electric'de elmas sentezi araştırma ekibinde yer alıyorlardı. Elmas yapma araçlarından biri 1000 tonluk bir baskı makinesiydi. Elmas oluşumu için gerekli sıcaklık ve basınç koşulları hakkında bilgi sahibi olan modern jeologlar, elmasın yüzeye eşlik ettiği kaya türlerini incelediler. Ayrıca, elmasların içinde yer alan mineralleri incelediler. Daha sonra bu bulguları, dünyadaki farklı koşullar ve materyaller hakkında bildikleriyle karşılaştırdılar [6, 7, 8].

Doğru sıcaklık ve basınç koşullarının, dünyanın üst mantosunun çok sınırlı alanlarında, yüzeyin altında yaklaşık 140 kilometre ve 220 kilometre arasında olduğu sonucuna vardılar. Bu derinlikte ideal sıcaklık ve basınç, elmas kristallerinin içinde bulunan çok güçlü bağları oluşturmak üzere karbon atomlarını zorlamak için birlikte çalışır. Elmas oluşumu için en iyi sıcaklık ve basınç koşulları, çatlakların büyük, jeolojik olarak stabil parçaları altındaki kratonlarda bulunur. Kratonlar, toprak kütlelerinin en eski kesimleridir. Milyonlarca yıl boyunca değişmeden bulundukları kıtaların iç kısımlarında oluşurlar. Kratonlar sadece kıtaların bir parçası şeklinde bulunurlar. Okyanusların altında, kabukların daha ince olduğu yerlerde hiç kraton yoktur. Bilim insanlarının araştırmaları sonucunda, dünya okyanuslarının altındaki koşullar elmas oluşumu için uygun koşullar içermemektedir [6, 7, 8].

Elmas oluşumunun temel gereksinimleri, doğru oranlarda sıcaklık ve basınç koşulları ve yeterli miktarda karbon içeren bir ortamdır. Elmas kristallerindeki izlerin yanı sıra elmaslara eşlik eden kayaçların bilim insanları tarafından incelenmesi ile, elmasın iki farklı kaya türünde oluştuğu saptandı. Peridotit volkanik bir kayaç iken, eklojit metamorfik bir kayaçtır. Yumuşak kayaçlar başlangıçta eriyik veya kısmen eriyik halde iken, soğuduğunda katılaşır. Metamorfik kayaçlar, ısı ve basınç ile değişikliğe uğramış kayaçlardır. Peridotit ve eklojit kayaçlar farklı mineral bileşimlerine sahiptir. Her biri, yeryüzünün belirli derinliklerinde hassas sıcaklık ve basınç koşulları altında bulunur. Her biri de kendine özgü karbon içeriğine sahiptir. Her birinin farklı kristalli elmaslar ürettiğine dair kanıtlar vardır [6, 7, 8].

Elmaslar peridotit (volkanik) veya Eklojit (metamorfik) kayaçlar içeriseinde bulunur. Peridotit, elmas oluşumu için gerekli karbon kaynağına sahip eski bir kayaç türüdür. Peridotitler, elmasın varlığını gösteren ksenolit, kromit gibi mineraller içerir [6,7,8].

Peridotit, yeryüzünde meydana gelen hareketlerle açığa çıkan, dünyadaki en eski karbon kaynağıdır. Eklojit ise yer yüzeyine daha yakın, daha genç bir kayaçtır. Eklojit'in içindeki karbonlar, kısmen dünyanın ilk oluşumu sırasında var olmayan organik maddelerden gelir. Bu organik maddeler eklojitin bir parçası haline gelir ve yer hareketleriyle içerisindeki karbon açığa çıkar. İki yer katmanı çarpıştığında, biri diğerinin altına kayar ve eklojitlerden karbon açığa çıkar ve böylece elmas oluşumunu mümkün kılar. Şekil 2.5'de birbiri üzerinde kayan katmanlar ve üst manto şeması verilmiştir [6, 7, 8].



Şekil 2.5: Birbiri üzerinde kayan katmanlar ve üst manto şeması [3].

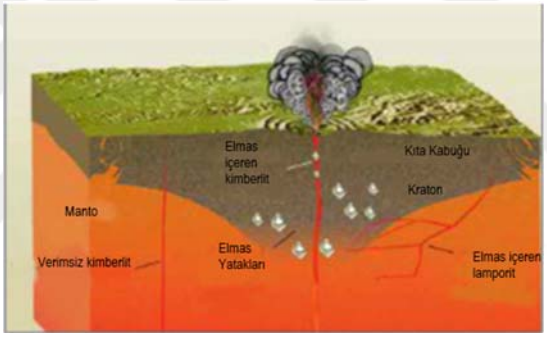
Yutma, iki katmanın çarpışması ve birinin diğerinin altına zorlanmasıyla gerçekleşir. Güçlendirilmiş katman ısınır, bileşen minerallerinin erimesine ve karbonu serbest bırakmasına neden olur [6, 7, 8].

Hem peridotit hem de eklojit kayaçlarda, sıcaklık, basınç ve diğer kimyasal faktörler elverişli ise, elmas kristallerini oluşturmak üzere karbon atomları serbest kalır. Elmaslar yüzeye çıkmadan yüz milyonlarca yıl bekleyebilir. Elmaslar yüzeye ulaşmadıkça, onlara erişmenin bir yolu yoktur. Uzun zaman mantoda kalan elmaslar daha büyük yataklar oluştururlar [6, 7, 8].

Kimberlitler ve lamproitler milyarlarca yıldır dünya yüzeyine itilmiştir. İlk elmas taşıyan yerleşme muhtemelen 2,5 milyar yıldan fazla bir zaman önce meydana gelmiş ve en sonuncusu yaklaşık 20 milyon yıl öncesine aittir. Dünyadaki elmas yataklarının çoğu kimberlit

yataklarında, ancak birkaç tanesi de lamproit yataklarında bulunmaktadır. Avustralya Argyle madeni, önemli bir lamproit elmas kaynağıdır [6, 7, 8].

Mücevher kalitesindeki elmasların kimberlit ve lamproitlerde oluşmadığını hatırlamak önemlidir. Bu kayaçlar sadece hali hazırda oluşmuş elmasları yüzeye taşır. Yeryüzünün içinde hapsolmuş ısı, mantonun parçalarını erimiş bir halde tutar. Sıcak olan magma yükselir. Magma yükseldikçe, soğumaya başlar ve ağırlaşır, böylece aşağı yönlü hareket etmeye başlar. Aşağı inerken, tekrar yukarı doğru ısınarak yeni bir yukarı doğru döngü başlatır. Bu sürekli tekrarlanan ısıtma ve soğutma çevrimleri, yükselen ve düşen konveksiyon akımları olarak adlandırılır. Mantonun kısmen erimiş tabakasını sürekli hareket halinde tutarlar. Kimyasal elementlerin karışımı doğruysa, magma kimberlit veya lamproit oluşturur. Şekil 2.6'da kimberlit ve elmas oluşum katmanları yeryüzüne çıkış şeması verilmiştir [6, 7, 8].



Şekil 2.6: Kimberlit ve elmas oluşum katmanları yeryüzüne çıkış şeması [3].

Eğer magma yükseldiği sırada, kabuk üzerinde var olan bir derin kırığa rastlarsa, yukarı doğru hareket etmeye devam edecektir. Yükselen kimberlit ve lamproit elmas bir kratonun içinden geçiyorsa, oluşmuş mevcut elmasları toplar ve taşır. Elmaslar, içinde bulundukları peridotitlerin ya da eklojitlerin büyük parçalarına gömülü kalabilirler. Ancak genellikle magma, çevreleyen kayaları şiddetle kırmakta ve elmasları yükselen karışıma bırakmaktadır. Yukarı doğru hareket eden karışım yüzeye doğru yükseldikçe, üzerindeki basınç azalır. Daha az basınçla, magma hızlanır. Bilim insanları, magmanın yeryüzüne çıkarken son 2,5 kilometre içinde hızının saatte yaklaşık 300 kilometreye kadar yükseldiğini tahmin etmektedir. Basınçtaki düşüş, magmadaki sıvıların bir kısmının gaza dönüşmesine izin verir. Bu gazlar çoğunlukla su buharı ve karbondioksittir. İleri ve geri hareketler sonrası basınç ile yeryüzünde patlamalar meydana gelir. Yeryüzüne çıkan sıcak lav gibi volkanik oluşumlar elmas içermez. Yüzeye elmas çıkaran malzemeler daha sağlamdır ve patlayarak yayılmaktadır [6, 7, 8].

Hız ve genişleyen gazların birleşimi, yükselen magmayı yüzeye patlayarak çıkmaya zorlayacak kadar güçlüdür. Kimberlit yeryüzüne çıktığında, baca olarak adlandırılan derin havuç şeklinde bir yapı oluşturur. Lamproit yerleşimi de aynı şekilde çalışır, fakat oluşturduğu bacaların tepesi daha geniştir, bu yüzden bir havuçtan çok bir mantar gibi şekillenir. Elmasların parçalanıp bozulmaması için gazların yayılması ve yayılma hızı önemlidir. Bu durum, elmasların yüksek bir sıcaklığa maruz kaldığında veya uzun bir süre boyunca düşük basınç altında grafit haline dönüşmesini engelleyen önemli bir faktördür [6, 7, 8].

Dünyanın yaşının yaklaşık 4,6 milyar yıl olduğu tahmin edilmektedir. Yeryüzündeki en eski kayaçların (Kanada'nın kuzeybatı toprakları) yaklaşık 3,6 milyar yıl öncesine ait olduğu tespit edilmiştir. Ancak yakın bir zamanda bilim insanları, Avustralya'nın Jack tepelerinde küçük bir zirkon kristalinin 4,4 milyar yaşında olduğunu doğruladı. Bilim insanları, bir mineralin yaşını radyometrik tarihlendirme denen bir süreçle ölçebilmektedir. Elmasın içindeki izler, belli oranlarda bozulan radyoaktif elementler içerir. Bu, onların ve içinde bulundukları elmasın yaşını belirlemeyi mümkün kılar [6, 7, 8].

Brezilya'da bir kimberlitte bulunan, bilinen en genç elmasların sadece 107 milyon yaşında olduğu düşünülmektedir. Öte yandan, bilinen en eski elmaslar 3,5 milyar yıl yaşında olduğu tahmin edilmektedir ve Kanada'daki Ekati madeninden çıkarılmıştır. Bilim insanları radyometrik tarihlendirme yöntemi kullanarak, elmasların genellikle ana kayalardan daha yaşlı olduklarını belirlediler. 3,5 milyar yıl önce oluşan elmaslar, sadece 100 milyon yıllık kimberlit yataklarında bulunmuştur. Bu, elmasların yeryüzüne taşınmadan önce uzun bir süre toprakta kalabileceğini ve kimberlitlerin ve lamproitlerin elmasın oluşum kaynakları değil, taşıyıcıları olduğunu kanıtlamaktadır [6, 7, 8].

2.1.5. Elmasın Coğrafi Bölgesinin Saptanması

Bazı araştırmacılar, pazara giren her elmas için kaynağının hangi ülke olduğunu gösteren bir rapor önermiştir. Her elmas jeolojik geçmişinin bazı izlerini taşımaktadır. (İçindeki izler ve diğer iç özellikler şeklinde). Ne yazık ki elmasların coğrafi yer tespiti yapılamamaktadır, ancak araştırmacılar bazı ortak noktaları belirleyebilmektedirler. Ancak, belli bir alandaki elmasların özelliklerine bakılarak o bölgedeki tüm elmasların tamamen aynı özelliklere sahip olacağından emin olunamamaktadır [6, 7, 8].

Üreticiler, coğrafi kökenlerine göre değil, belirli bir büyüklükte ve berraklıkta elmaslara yönelik ihtiyaçlarını temel alarak satın alma yaparlar. Kesme işlemi ile elmasın sahip olduğu bazı coğrafi özellikler kaybolabilmektedir. Şu anda var olan ileri düzey laboratuvar teknikleri bile, köken belirleme konusunda yetersiz kalmaktadır [6, 7, 8].

Bir elmas spektrumunun analizi (ışığın işleyiş şekli) ve kimyasal bileşimi ile bir elmasın çıkarıldığı yer arasında hiçbir ilişki olmadığını göstermiştir. Bilimsel kimlik tespiti olmadan bir "menşe ülke" raporu, ancak her bir elmas "resmi" bir kaynaktan geldiyse mümkün olabilmektedir [6, 7, 8].

2.1.6. Birincil ve İkincil Elmas Yatakları

Elmaslar milyarlarca yıl yer altında bekledikten sonra, kimberlit ve lamproit kayaçları tarafından yüzeye kadar hızla taşınırlar. Patlamayla yeryüzüne çıkarlar ve baca olarak adlandırılan derin tortulara yerleşirler [6, 7, 8].

Jeologlar kimberlit ya da lamproit bacalarını birincil elmas yatakları olarak değerlendirmektedir. Elmaslar ayrıca kimberlit ya da lamproit bacalarının dışında, ikincil yataklarda da bulunur. Kimberlit ve lamproit kayaçlar yeryüzüne ulaştığında, güneş ışığı, ısı, soğuk, rüzgâr, yağmur ve diğer çevresel faktörlerle hızlı bir şekilde bozulur. Bu durumlarda, kırık ve yıpranmış kimberlit veya lamproitten elmas taşıyan bir yüzey tabakası ortaya çıkar [6, 7, 8].

2.1.7. Birincil Elmas Yatakları

Birincil yataklardaki elmaslar, onları yeryüzüne taşıyan kimberlit veya lamproite gömülüdür. Birincil yatak madenciliğindeki temel amaç, kimberlit ve lamproit bacalarının içindeki ve etrafındaki tüm malzemeleri kazmak ve çıkarmaktır. Bu genellikle açık ocak madenciliği ile gerçekleştirilir [6, 7, 8, 9].

Bir açık ocak madeninin kazılması genellikle yüzeydeki kum, çakıl ya da bacayı kaplayan kaya katmanlarının kaldırılmasıyla başlar. Madenciler toprak örtüsünü kaldırır ve daha sonra bacaya delikler açılır, açılan deliklere patlayıcılar yerleştirilir ve patlatma sonrası cevher çıkartılır. (Elmasları parçalamaktan kaçınmak için düşük güçteki patlayıcılar kullanılır.) Ardından gevşetilmiş malzeme hidrolik kepçeler ve büyük tonajlı kamyonlar ile taşınır [6, 7, 8, 9].

Açık ocak bir madende, seviyeler, giderek derinleşen bir merkezin etrafında yuvarlak halkalar oluşturur. Seviyeler, kamyonların merkezi madencilik alanına girip çıkmasını sağlamak için bir spiral şeklinde düzenlenmiştir. Şekil 2.7'de 1950'lerin ortalarında Rusya Yakutistan bölgesinde açılan Mir madeninin resmi verilmiştir [6, 7, 8, 9].



Şekil 2.7: Rusya Yakutistan bölgesinde ki Mir Madeni.

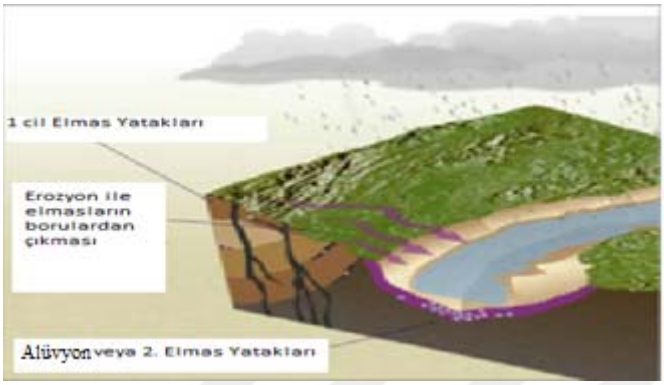
Açık ocak madeni geliştikçe, elmas bacanın kıvrımlarını izleyen derin bir koni oluşturur. Kenarlar, çukurdan çıkan madenleri taşımak üzere madenin çevresinde bir yol sağlamak için tasarlanmıştır. Kamyonlar kayaları, elmasların ayrıldığı ve cevherden geri kazanıldığı işlem tesisine taşır [6, 7, 8, 9].

Açık ocak madeninin derinliği, bacanın özelliklerine ve madencilik işletmesinin ekonomik durumuna bağlıdır. Bacanın derinliği arttıkça, alan daha da küçülür ve elmas miktarı azalır. Çukurun dibinde artık, kayayı kazmak ve nakletmek çok pahalı bir işlem haline gelir [6, 7, 8, 9].

2.1.8. İkincil, Alüvyon Elmas Yatakları

Kimberlit ya da lamproit bacaları aşındığında, elmaslar nehirler veya akarsular tarafından denizlere ve okyanuslara taşınırlar. Bir baca erozyona uğradığında, baca içerisindeki elmaslar nehirlere ve akarsulara karışabilirler. Nehirlerde ve akarsulardaki yataklar, alüvyon çökeller olarak adlandırılmaktadır. Nehir akıntıları yeterince güçlüyse, elmasları denize kadar taşıyabilir. Orada, okyanus akıntıları onları kıyıya bırakır ya da denize doğru geri iter. Bunlara deniz yatakları denir. Deniz yatakları genellikle elmaslarda birincil yataklardan çok daha

zengindir. Bunun nedeni, ana kaya ve hafif kaya malzemelerinin aşınması ve yıkanması ile, elmas ve daha ağır mineral yoğunluğunu barındırmasıdır. Şekil 2.8'de birincil ve ikincil elmas yatakları şeması verilmiştir [6, 7, 8, 9].



Şekil 2.8: Birincil ve ikincil elmas yatakları şeması.

En az 2000 yıldır alüvyonlar bilinen en eski elmas yataklarıdır. Bugün hâlâ birçok yerde uygulanan en eski ve en temel arama yöntemi, geçmiş ya da şimdiki akarsu ve nehirlerin yataklarını aramaktır. Sonunda, alüvyon birikintilerinin incelenmesi, onlarla ilişkili bacaların keşfine yol açtı ve araştırmacılar alüvyon izlerini nasıl takip edeceklerini öğrendiklerinde, elmas madenciliğine başladılar [6, 7, 8, 9].

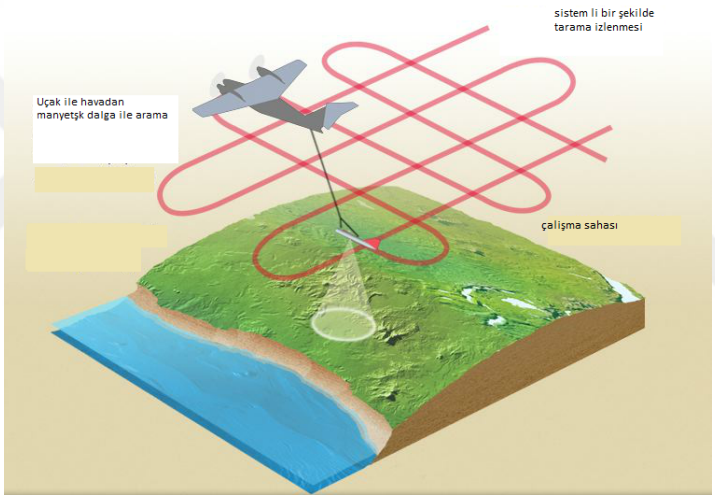
Modern elmas keşfi, dikkatli bir planlama ve karmaşık araçlar gerektirir. Bugün jeologlar, yer kabuğu, kimberlit ve lamproit bacalarını araştırmak için gerekli şartlar hakkında daha fazla bilgiye sahipler. Elmas arayışı daha sistematik ve çok çeşitli yeni cihazlar kullanılarak yapılmaktadır. Hava sistemleri, radar, elektromanyetik testler ve benzeri olmak üzere yeni teknolojiler kullanılmaktadır. Tüm bunlara rağmen, madencilik şirketlerinin elmas yataklarını bulması ve işletmesi ekonomik olmadığından onları yer altında bırakmaları yaygındır. Dünya çapında 1000'den fazla elmas yatağı vardır, ancak bunların sadece %10 gibi küçük bir yüzdesi madencilik için elverişlidir [6, 7, 8, 9].

Bir madenin potansiyelini belirlemek için, madencilik şirketleri üç faktörü değerlendirmektedir. Rezervin boyutu, daha büyük bacaların daha küçük bacalardan daha fazla elmas içerme olasılığı yüksektir [6, 7, 8, 9].

Elmasların bir baca içinde yoğunlaşmasına cevherin tenörü denir. Tenörü hesaplamak için yaklaşık 100 ton malzeme başına çıkartılan elmas kıratı sayılır. Madencilik şirketleri, alınan

örneklerden elmasların boyutu ve kalitesine göre ortalama dolar değerini tahmin etmelidir. Bunu, madenin kurulması ve işletilmesi için tahmini masraf ve fizibilite çalışmaları izler. Arama ekipleri, bir bölgede bulmayı beklediği cevher türlerine ve diğer faktörlere bağlı olarak farklı arama yöntemleri kullanır. Çoğu elmas arama projesi için şu genel adımlar izlenir: Nereye bakacağınıza karar vermek, aramayı daraltmak, mineralleri test etmek, bacaları bulmak ve elmas içeriği için bacaları test etmek [6, 7, 8, 9].

Havadan yapılan manyetik araştırmalar, yer keşfi başlamadan önce dahi kimberlit bacalarının varlığını tespit edebilir. Ekip, bölgenin iyice araştırıldığından emin olmak adına uçağın takip etmesi için ızgara şeklinde bir rota çizer. Şekil 2.9'da havadan sistemli bir şekilde manyetik alan taraması yapılma işleminin şematik görünümü verilmiştir [6, 7, 8, 9].



Şekil 2.9: Havadan sistemli bir şekilde manyetik alan taraması yapılması [3].

İlk ve en önemli adım alan seçimidir. Aramaya odaklanmak önemlidir, çünkü elmas taşıyan bacalar yer kabuğunun son derece küçük bir yüzdesini kaplar. Kratonların en eski, en kalın ve en stabil kısımları elmas yatakları için en uygun yerlerdir [6, 7, 8, 9].

Bilim insanları bu alanları ararken, yeraltı kaya katmanları ve yapılarının görüntülerini almak için ses dalgalarını kullanırlar. Kraton kendini çevreleyen genç kayalardan daha yoğundur, bu yüzden sismik bir dalga çarptığında, dalga daha hızlı hareket etmeye başlar. Cihazlar hızlı dalga hareketini tespit ettiğinde, araştırmacılar bir kraton bulduklarından emin olurlar [6, 7, 8, 9].

Havadan manyetik bir araştırmanın yapılması genellikle bir pilot ve bir teknisyeni içerir. Altta yatan bir kratonun varlığını belirledikten sonra araştırmacılar, aramayı yapısal, jeofizik ve

jeolojik verileri birleştirerek daha da daraltabilirler. Bölgedeki kayaçtan daha fazla yer çekimi olan kimberliti saptamak için bölgedeki yoğunluk değişimleri ölçülür. Kimberlitin yeryüzünün derinliklerinden geçişi için yollar sağlayabilecek zayıf bölgelere odaklanırlar. Yüzeyin bir resmini oluşturmak için radar ve kızılötesi fotoğrafçılığı da kullanabilirler. Uçaktan gönderilen ve yeryüzünden dönen elektromanyetik dalgalar ile bilgi toplarlar. Uzaktan algılama, kabuk katmanlarındaki çeşitliliği tespit eder ve aynı zamanda mevcut kaya tipini gösterir. İşlem sırasında, tam baca konumları kesin olarak belirlenemez, ancak bir alanın mineral bileşimi hakkında önemli bilgiler verebilir [6, 7, 8, 9].

Bir hava manyetik araştırma haritası, kimberlitlerin olası varlığının modellenmesi için kullanılır. Bunun gibi modern gelişmeler, önceden keşfedilmemiş alanlardaki elmas birikintilerinin saptanmasında yardımcı olmuştur. Jeofiziksel bir araştırma, hedeflenen alanın etrafında, havadan ve yerden keşif yapılmasını içerir. Bölgenin arazisini gösterir ve bir baca kümesini tespit edebilir. Uçaklardan yapılan çalışmalar, yerdeki jeologlara hatları belirlemelerine yardımcı olur. İkincil yataklar her zaman birincil olanlardan daha kolay bulunmuştur. Bunun nedeni geniş alanlara yayılmalarıdır. Saha haritalaması ve toprak örneklemesi daha geleneksel yöntemlerdir. Açık deniz bölgelerinde, dev pompalar numune almak için okyanus tabanında tarama yapar [6, 7, 8, 9].

2.1.9. Minerallerin Test Edilmesi

Aramalarını daha net bir şekilde odaklamak için jeologlar, genellikle elmaslı yatakların içinde ve çevresinde bulunan, gösterge mineralleri adı verilen belirli mineralleri ararlar. Mineral örnekleme, elmas arama çalışmalarındaki en önemli adımlardan biridir. Kimyasal ve fiziksel testler minerallerin yaşını, kaynağından ne kadar uzakta olduğunu ve oraya nasıl geldiğini belirleyebilir. Bu aşamada zamandan ve paradan tasarruf etmek için jeologlar mümkün olduğunca az örnekle mümkün olduğu kadar geniş bir alanı test etmeye çalışırlar [9, 10, 11].

Kimberlit ve lamproit içindeki ortak gösterge mineralleri kırmızı ve turuncu granat, siyah spinel ve daha birçok minerali içerir. Örneklerdeki elmaslar, özellikle jeolojik ortamda uzun bir süre bulundukları için yararlıdır ve bunların mevcudiyeti, kaynak yatağının muhtemelen yakında olduğunu gösterir [9, 10, 11].

Arama daraldıkça, bacaları bulmak için birkaç ileri teknoloji süreci kullanılır. Zemine yerleştirilen elektrotlar, çevredeki kayanın elektriksel direncini ölçebilir ve bir bacanın dış

hatlarını belirleyebilir. Havadan yapılan manyetik araştırmalar da yararlıdır. Hem kimberlit hem de lamproit genellikle manyetit gibi manyetik mineraller içerir [9, 10, 11].

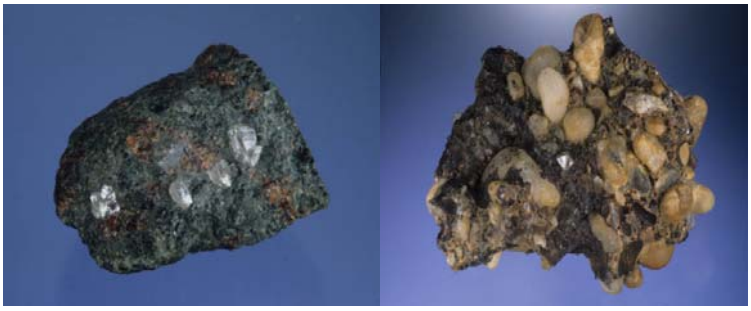
Gerçek arazi araştırması, hedef alan seçildikten sonra kimberlit veya lamproitin fiziksel işaretlerini araştırmaya başlar. Bu zor bir aşamadır, çünkü kimberlit ve lamproitler yüzeyde çok az iz bırakır [9, 10, 11].

Jeologlar uygun coğrafya, gösterge mineralleri ve potansiyel olarak elmas içeren kayaçları araştırdıktan sonra, gerçek elmas tespiti için numune aşamasına geçer. Test, daha pahalı ve elde edilmesi ve işlenmesi daha zor olan, giderek daha büyük numuneler gerektirir. Bu, araştırmayı sürdürme ve bir projeyi terk etme arasındaki farkı yaratan kritik bir aşamadır [9, 10, 11].

Elmas örneklemesi yapmak için üç aşama vardır. İlki, 0,2 mm ile 1,0 mm aralığındaki küçük elmasları arayan mikro elmas testidir. Bu aşamadaki örnekler mikroskop altında elle ayrılır. Testin ilk aşamasının sonuçları ümit veriyorsa, bir sonraki adım elmas karakter örneklemesidir. Bir madencilik şirketi, pırlanta çeşitlerinin bir göstergesi için 500 tona kadar toprak işleyebilir. Genellikle, bir bacadan birkaç farklı örnek almak gerekir. Şekil 2.10'da muhtemel bir elmas yatağının göstergesi olan minerallerin; olivin, diopsit, serpantin, apatit, garnet vb. resmi verilmiştir. Şekil 2.11'de Kimberlit bacasından alınan örnek resimler verilmiştir. Şekil 2.12'de ise elmas kristali resmi verilmiştir [9, 10, 11].



Şekil 2.10: Gösterge mineralleri; olivin, diopsit, serpantin, apatit, garnet vb. resmi [3].



Şekil 2.11: Kimberlit bacasından alınan örnek [3].



Şekil 2.12: Elmas kristali resmi [3].

Son aşama toplu örneklemedir. Karakter örneklemesine benzer, ancak daha büyük ölçektedir. İşleme için 5000 ton ile 10.000 ton arasında toprak gereklidir. Numuneler ezilir, temizlenir ve ölçülür. Daha sonra, yoğunluk farkına göre ayrılır. Yerçekimi ile ayırma yönteminde, daha hafif olan malzemeler test numunelerinden ayrılır ve böylece elmaslar sistem içerinden alınır. Doğru bir değerlendirme yapılabilmesi için yaklaşık 2000 kıratlık numune çalışmak gereklidir. Toplu örnekleme aşamasına gelindiği zaman, sahadaki işlemler küçük bir madenin işletilmesi ile aynıdır. Toplu numune alımı tamamlandıktan sonra, maden şirketi gelecek yıllarda bir bölgenin ekonomisini etkileyecek kararlar verir. Zemin örnekleri, geldikleri bölgeyi tanımlamak için torbalanır ve dikkatlice etiketlenir. Bu numunelerdeki herhangi bir elmas veya gösterge mineralleri, jeologların aramalarını belirli alanlarda odaklamalarına yardımcı olacaktır [9, 10, 11].

Kuyumculardan farklı olarak, madenciler elmasları sadece kesim, kırat, renk ve berraklık açısından değerlendirmezler. Kalite göstergelerinin tümü, madencilik faaliyetlerine karar vermelerine yardımcı olur. Genel bir kural olarak, daha büyük elmas daha iyidir. Daha iyi berraklığı ve nadir renkleri olan taşlar da önemli faktörlerdir. Ama en önemli faktör kesildikten sonra ulaşacağı kalitedir. Sürecin bu aşamasında, elmaslar kesilebilir veya endüstriyel olarak sınıflandırılır. Mücevher kalitesinde kesilen pırlantalar takı yapımında kullanılır, daha düşük

kalitedeki elmaslar ise endüstriyel elmaslar olarak endüstride; matkaplar, aşındırıcılar ve daha fazlası için aşırı sertlik gerektiren alanlarda kullanılır. Elmasın kesilebilir olması madencilik işlemine devam etme kararı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bir maden şirketi potansiyel bir madeni değerlendirirken, büyük bir alanı işlemiş ve analiz etmiştir. Bu, harcaması gereken zamanın ve yapması gereken masrafın sadece başlangıcıdır [9, 10, 11].

De Beers, Güney Afrika Venetia madenini üretime geçirmek için 400 milyon dolar harcadı. Zaman ve para, madeni işletme kararını etkileyen tek faktör değildir. Cevherin bulunduğu yer önemli bir konudur. Şehre yakın olan yataklar, uzak bir yerde bulunanlardan daha ekonomiktir. İklim de önemlidir. Kanada'nın kuzeybatısındaki bir maden işletmesinde hava şartları nedeniyle senenin belirli zamanlarında madencilik faaliyetleri yapılamamaktadır. Güney Afrika'nın Cape Town eyaleti, Botsvana'nın Kalahari çölünden iklim olarak daha uygundur. Bir maden şirketi, potansiyel bir madenin yerini, iklimini ve politik koşullarını içeriğiyle birlikte düşünmelidir [9, 10, 11].

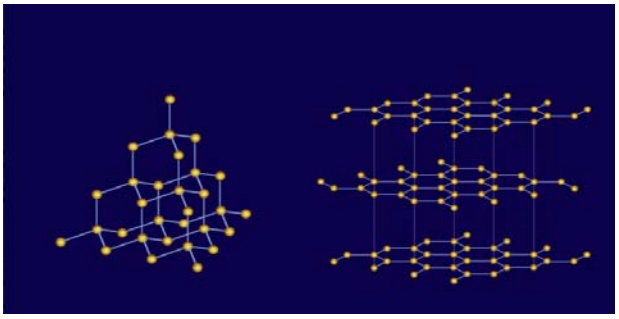
2.2. ELMASIN KRİSTAL FORMU ve ATOM YAPISI

Pırlanta, mücevher dünyasının eşsiz bir üyesidir. Bu benzersizlik tek bir element olan karbon atomlarından oluşmasından kaynaklanır. Başka bir özelliği ise kristal yapısının muhteşem sadeliğidir. Elmas kristalinin simetrisi, onu mücevher dünyasının eşsiz bir üyesi yapar. Elmasın yapısal olarak en belirgin özelliği, elmas atomlarının dizilme ve birleştirme şekilleridir. Her bir atom daha küçük atom altı parçacıklara sahiptir. Protonlar, nötronlar ve elektronlar ve atomun kalbi olan çekirdeği oluştururlar [10, 11, 12].

2.2.1. Elmas ve Grafit

Grafit, karbon atomlarından oluşmuş, yumuşak, kaygan ve mükemmel bir kayganlaştırıcıdır. Bu özelliği ile kâğıda kolayca sürülmesini sağlayan kalemlerde kullanılır. Ancak elmas, yeryüzündeki en sert mineral maddedir. Elmas ve grafit arasındaki fark, karbon atomlarının birbiri ile olan bağlanma biçiminde yatar. Bu fark, mineral oluşurken var olan farklı basınç ve sıcaklık koşullarından kaynaklanır. Grafit atomları güçlü bir şekilde bağlanmış tabakalar halinde düzenlenir, ancak tabakalar arası bağlar oldukça zayıftır. Elmasta ise atomlar, grafit atomlarından farklı olarak bütün yönlerde daha sıkı bağlanmış üç boyutlu modele sahiptir [10, 11, 12].

Grafit tabakaları arasındaki zayıf bağlar hareket etmeyi sağlar ve grafiti mükemmel bir kayganlaştırıcı yapar. Elmasın bağları ise onu dünyanın en sert minerali yapar. Şekil 2.13'te elmas ve grafit atom yapısı verilmiştir [10, 11, 12].



Şekil 2.13: Soldan sağa doğru elmas ve grafit atom yapısı [3].

2.2.2. Termal Genleşme ve İletkenlik

Termal genleşme ve termal iletkenlik oldukça basit kavramlar için verilen teknik isimlerdir. Isıl genleşme, ısıtıldığında genleşecek bir malzeme kapasitesidir. Bazı malzemeler diğerlerinden daha fazla genleşir [10, 11, 12].

Termal iletkenlik, bir mineralin yüzey sıcaklığının, ortam sıcaklığındaki bir değişikliğe tepki verdiği hızı ölçer. Termal iletkenlik ne kadar yüksekse, değişim o kadar yavaş olur. Elmaslar en yüksek termal iletkenlik seviyesine sahip mineraldir. Eğer bir pırlantaya dokunursanız, vücudunuz ısıl genleşmesine ve ısı iletkenliğine tepki olarak sıcaklığı çok yavaş arttığından, soğuk hissedecektir çünkü kimyasal bileşim ve kristal yapısı ile ilgilidir. Sıcaklık arttıkça, atomlar enerjiyi toplar. Enerji onları titreştirir ve daha uzaklara hareket ederler bu yüzden kristalin kendisi serin kalır. Hareket miktarı değişik mineraller için farklıdır. Elmasın yüksek termal iletkenliği, ısıyı çalışan elektronik donanımlardan uzaklaştırmak için faydalı hale getirir. Sentetik elmaslar, endüstriyel kullanım için özel olarak üretilen yan ürünlerdir. Bir termal test cihazı, termal iletkenliği ölçer ve çoğu sentetik elmasın saptanmasına yardımcı olur [10,11,12].

2.3. PIRLANTANIN DEĞERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN SAPTANMASI

2.3.1. Ham Elmas Sınıflandırması

De Beers, kazdığı veya satın aldığı ham elmasları topladıktan sonra, çeşitli boyut, şekil, berraklık ve renk kombinasyonlarına göre 14.000 farklı kategoriye ayırır. Bugün, kategori sayısı 16.000'e yakındır, ancak temel süreçler aynı şekilde yapılmaktadır [10, 11, 12].

Elmas sınıflandırma faktörlerinin bazıları cilalanmış pırlantaların sınıflandırılması ile benzerdir, ancak bazı farklılıklar vardır. Elmas içindeki izler çok büyük olmadıkça, netlik faktörleri ham elmasın değerini tespit etmek için daha zor olmaktadır. Renk tespiti aynı şekilde zordur. Renk, kristalin yüzeyine yakın veya kesimde kaybolabilecek alanlarda yoğunlaşmıştır. Elmas uzmanları, ham elmaslar için bazı standartları takip eder. Birçok elmasın rengi, netliği ve ağırlığı eşit olabilir. Ancak, sahip olduğu şekil nedeniyle diğerlerinden çok daha değerli olabilir. Çünkü bazı şekiller diğerlerinden daha değerli bitmiş pırlantalar oluşturur [10, 11, 12].

Doğal gün ışığı, ham elmasları dikkatlice incelemek ve değerlendirmek için geleneksel olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel elmasların kendi pazar alanları var ancak mücevher kalitesinde ham elmasları değerlendirmek için farklı parametreler kullanılır. Antwerp-Belçika, Tel Aviv-İsrail, New York-Amerika, Bombay-Hindistan, Bangkok-Tayland bugün Dünya'nın en büyük kesim merkezleridir. Hindistan, özellikle küçük taş boylarındaki kesim tecrübesi sebebiyle günümüzdeki en büyük merkezlerden biri olmuştur. Şekil 2.14'te Rusya ve Kanada'dan çıkarılmış elmas örnekleri verilmiştir [10, 11, 12].



Şekil 2.14: Rusya ve Kanada'dan çıkarılmış elmas örnekleri [3].

2.3.2. Elmas Madenciliği ve Kimberley Süreci

Modern elmas madenciliği operasyonları büyük ölçekli ve oldukça pahalıdır. Dev kazılar ve yüzlerce metre derinlik söz konusudur. Muazzam hidrolik kazıcıların ve devasa toplayıcıların kullanılması gerekir. Birçok elmas madeni son derece mekanize edilmiştir. Madenciler, kürek yerine uzaktan kumandalı robotik teknolojiler kullanırlar. Çoğu zaman baret giyip madene girmeleri bile gerekmeyebilir [10, 11, 12, 13].

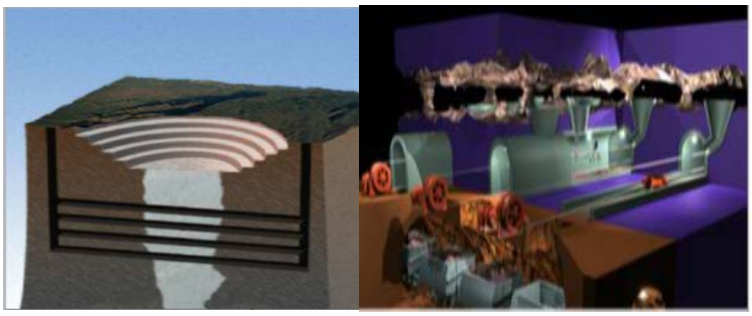
2.3.3. Elmas Madenciliği ve Zenginleştirme İşlemleri

Elmas madenciliğinde, açık ocak maden işletmeciliğinin ekonomik olmadığı derinliğe ulaşıldığında madende hala rezerv bulunuyorsa yer altı madenciliğine geçiş yapılmaktadır.

Örneğin; Güney Afrika'daki Finsch madeninin yaklaşık 430 metresi açık işletme olarak başlamış, daha sonra bir yeraltı madenine dönüştürülmüştür [13].

Bir yeraltı madeni, baca içinde ve çevresinde bir dizi dikey şaft ve yatay tünelden oluşur. Personel, ekipman, sarf malzeme ve havalandırma erişimi sağlamak üzere şaftlar baca yakınındaki kayalara doğru açılır. Daha sonra, kimberliti veya lamproiti çıkarmak için şaftlardan bacalara doğru yatay tüneller açılır [13, 14].

Günümüzde, yeraltı madenciliğinde blok göçertme yöntemi daha yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Blok göçertme, daha güvenli tünellere sahiptir çünkü daha mekanizedir ve daha az iş gücü gerektirir. Yatay tüneller beton ile kaplıdır. Her tünel doğrudan büyük bir cevher bölümünün altına yerleştirilir. Beton kaplamanın üstündeki cevhere ulaşmak için düzenli aralıklarla kaplamada boşluklar bırakılır. Bu boşluklara kimberlitin içine delikler delinir ve patlayıcı yüklenir. Patlama boşluktaki kimberlitin gevşemesini sağlar ve gevşemiş kimberlit boşluktan tünelin içine düşer. Kırılan cevher ağır ekipmanlar ile tünelden dışarı taşınırlar. Cevher, daha sonra yeraltında kırıcıya götürülmek üzere bir elektrikli trendeki arabalara yüklenir. Kırıcıdan, bir konveyör sistemi ile işlenmek üzere dikey şafttan yukarı doğru kovalar ile taşınır. Şekil 2.15'te Blok göçertme tekniği ile madencilik faaliyetlerinin resmi verilmiştir [13, 14].



Şekil 2.15: Blok göçertme tekniği ile madencilik yapılması [3].

Madenden kimberlit veya lamproit cevheri kazıldıktan sonra, kurtarma denilen bir elmas çıkarma işleminden geçer. Cevherin işlenebilmesini kolaylaştırmak için boyut olarak küçültülmesi gerekir. Bu işlemler bir dizi kırma ve eleme işlemi ile gerçekleştirilir. İlk olarak, birincil kırma cevheri yaklaşık 152 mm boyuta indirir. Yerüstü operasyonları için genellikle 50 mm'ye indirilir. Elmaslar ile kimberlit cevheri arasındaki ara yüz zayıftır, bu nedenle kırma kolayca elmasları serbest bırakır. Ne yazık ki kırma işlemi sağlam çıkarılabilecek maksimum

kaya veya elmas boyutunu sınırlar. Bu, sınırları aşan ham bir elmas tespit edilmezse tamamen yok edilebileceği anlamına gelir [13, 14].

Çoğu maden, büyük elmasları kırılmadan önce konveyörleri otomatik olarak durduran tespit sistemlerine sahiptir. Tesisin her bölümü, çıkarma işleminde farklı bir adımı yansıtır. Cevher sistemden geçerken, cevher ve elmas içeriği arasındaki denge sadece elmaslar kalana kadar değişir [13, 14].

Birincil kırma tesisinde, cevher kırılan parçacıklarını temizleyen bir ovucu olarak adlandırılan makineye gider. Cevher daha sonra elek boyu 25 mm olan elek üzerinden geçer. Elek üstü malzeme, tane boyutunu daha da azaltmak için başka bir kırma tesisine gönderilir ve elek altı malzeme küçük boyutları ayırmak için bir sonraki ağır ortam ile ayırma adımına geçilir [13, 14].

Ağır ortam; gravite ile ayırma elmas taşıyan cevheri daha hafif atık malzemelerden ayırır. Ağır ortam siklonu adı verilen bu kap, sıvıyı ve elmas taşıyan malzemeyi kabın tabanına doğru iterek karışımı karıştırır. Hafif malzemeler taşma yoluyla koniden uzaklaşırken, elmaslar ve daha ağır malzemeler dibe çöker. Döner kurutucular daha sonra sıvıyı buharlaştırarak katı maddeyi bırakır. Elmaslar geriye kalan atık kaya ve ağır minerallerden beraber bir gres kemeri veya X-ışını ayrımı kullanılarak ayrılır. Şekil 2.16'da ağır ortam ayırımına örnek verilmiştir [13, 14].



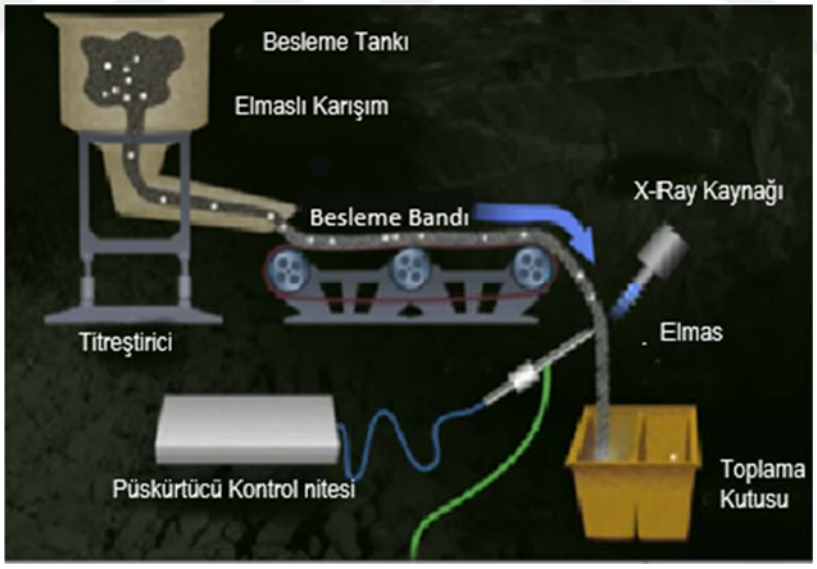
Şekil 2.16: Ağır ortam, yoğunluk farkına göre ayırma yöntemi [3].

Gres kemeri, 1800'lerin sonlarında yağ tablosundan esinlenerek geliştirilmiştir. Gres kayışı daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Elmaslar kayıştaki grese yapışır ve kalan mineraller yüzey üzerinde sürekli akan su ile yıkanır. Şekil 2.17'de gres kemeri cihazının resmi verilmiştir [13, 14].



Şekil 2.17: Gres kemeri ile elmas kazanımı [3].

1958'de, Sovyet bilim insanları elmasları kazanmak için X-ışını ile ayırma yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntem, elmasların X-ışınlarına maruz kaldıklarında her zaman floresan (görünür ışık) yaymaları gerçeğine dayanır. Yoğun bir X-ışınının önünden ince bir cevher akışı geçerken, bir elmas kristalinin yaydığı floresan ışığı, tanımlayan cihaz elması kolektörden uzağa üfleyen bir hava jetini tetikler. Şekil 2.18'de X-ışınları sistemine göre çalışan bir ayırıcın çalışma sistemi şema olarak verilmiştir [13, 14].



Şekil 2.18: X ışınları ile elmasların hava jeti ile ayrılması [3].

Her iki ayırma işleminden elde edilen malzeme gres kayışı veya X-ışını yüksek oranda elmas içerir. Ama yine de diğer mineralleri de beraberinde bulundurmaktadır. Bu yüzden elmaslar sonunda elle ayıklanırlar [13, 14].

2.4. DÜNYA ELMAS KAYNAKLARI

2.4.1. Asya

Çin'in ilk kimberlit kaynağı, Mengyin'de dört yıl süren araştırmalardan sonra 1966'da bulundu. 1970'lerde açık ocak işletmesi olarak başlayan çalışmalardan sonra 1999 yılında açık işletme faaliyetlerinin ekonomik olmaması nedeniyle yer altı işletmeciliğine geçildi.

Kuzey Çin'deki Wafangdian madeni, 1990'ların başında elmas üretmeye başlayan bir açık ocak madenidir. Çin'deki madenlerden çıkarılan elmaslar boyut olarak nispeten küçüktür ve çoğu kesiciler veya endüstriyel kullanımlar için ülke içinde kalmaktadır.

Asya'nın diğer bölgelerinden gelen elmaslar neredeyse tamamen alüvyon kaynaklıdır. Borneo adası sakinleri, Endonezya'nın Kalimantan Eyaleti (adı "elmas nehri" anlamına geliyor), en az 700 yıldır nehirlerinden ve pirinç tarlalarından alüvyon kaynaklı elmaslar topluyor [15, 16, 17, 18].

2.4.2 Afrika

Şu anda, Güney Afrika'daki üretimin %90'ı kimberlit bacalarından çıkmaktadır. Bu madenlerin en önemli üç tanesi, 1903'te ilk olarak Premier adıyla üretime alınan Cullinan 4, 1960'ların ortalarında kurulan Finsch ve 1991 yılında kurulan Venetia'dır [15, 16, 17, 18].

Cullinan 4 madeni, 100 kırat veya daha fazla ağırlığa sahip yüzlerce elmas üretmiş ve bazı nadir ve değerli mavi elmaslar da buradan çıkarılmıştır. Cullinan madeni, dünyanın en büyük elması Cullinan'ın keşfedildiği 1905 yılında uluslararası ün kazanmıştır. Adını madenin sahibinden alan bu dev ham elmas 3106 kırat ağırlığındaydı. Cullinan elması, şimdiye kadar bulunan mücevher kalitesindeki en büyük elmas olma özelliğini korumaktadır. Cullinan madeni büyük bir yeraltı maden işletmesidir. Cullinan madeni, mavi elmasların yanı sıra çok büyük elmaslar üretmesiyle tanınmaktadır. Şekil 2.19'da Cullinan madeninde patlatma için yapılan delik çalışmaları, Şekil 2.20'de ise madende kullanılan 6 ton taşıma kapasiteli yer altı ekskavatörünün resmi verilmiştir [15, 16, 17, 18].



Şekil 2.19: Cullinan madeninde patlatma için delik çalışmaları [3].



Şekil 2.20: Cullinan madeninde kullanılan altı ton taşıma kapasiteli yer altı ekskavatörü [3].

Finsch madeni, işletmeye alındığında açık işletme olarak çalışmaya başlamış, daha sonra 1990 yılında yer altı işletmesine dönüşmüştür. Dünyanın teknolojik olarak en gelişmiş yeraltı madeni olma özelliğini taşımaktadır. Maden işletmesi, son teknoloji ürünü otomatik ve uzaktan kumandalı cevher taşıma ve kaya kırma sistemlerine sahiptir [15, 16, 17, 18].

Venetia, Güney Afrika'nın en yeni ve belki de en önemli madeni konumundadır. 1970'lerin ortalarında keşfedilen maden, 1991 yılında üretime geçmiştir. Venetia yılda yüzde 40'ı mücevher kalitesinde olacak şekilde yaklaşık 4 ila 5 milyon kırat elmas üretmektedir. Elmasların toplam hacmi ve mücevher kalitesindeki taşların yüksek yüzdesi, Venetia'yı dünyanın önemli madenlerinden biri olarak konumlandırmaktadır [15, 16, 17, 18].

Dünyanın en önemli deniz yataklarından biri, Afrika'nın Atlantik kıyısı boyunca yer almaktadır. Kıyıya yakın elmas taşıyan bacalar bulunmadığından, jeologlar elmasların Güney Afrika'nın iç kısmındaki kimberlitlerden geldiğini düşünmektedirler. Kimberlitler son 100

milyon yıldır erozyona uğradıkça, içlerinde bulunan elmaslar yakındaki su yolları boyunca yıkandı. Oradan, elmaslar onları batıda Atlantik Okyanusu'na taşıyan Orange Nehri'nin eski alanlarına doğru toplandılar. Sonuçta deniz kıyısından çıkan taşların büyük bir kısmı mücevher kalitesinde oldu. Kıyıdaki elmaslar azalmaya başladıkça, madencilik faaliyetleri okyanus madenciliği teknolojisindeki ilerlemeler ile sürdürülmektedir. Şekil 2.21'de Namibya deniz madenciliğinden çıkarılan elmas örneklerinin resimleri verilmiştir [15, 16, 17, 18].



Şekil 2.21: Namibya deniz madenciliğinden çıkarılan elmas örnekleri [3].

2.4.3 Orta Afrika

Orta Afrika'nın elmas ticaretinde Botsvana, Angola ve Zaire Demokratik Cumhuriyeti'nin iç bölgeleri yer almaktadır. Sadece Botsvana'nın birincil kaynaklardan büyük bir getirisi bulunmaktadır. Ülkede iki büyük kimberlit bacası bulunmaktadır, bular Orapa ve Jwaneng madenleridir. Botsvana'nın üçüncü madeni ise Letlhakane'dir. Her üç maden de açık ocak işletmesidir [15, 16, 17, 18, 19].

Orapa, Botsvana'nın kuzey bölgesinde yer almakta ve faaliyetini 263 dönümlük bir alan üzerinde sürdürmektedir. Ekonomik açıdan önemli bir kimberlit bacası olan bu madende, yılda 6 milyon kırat elmas üretilmektedir [15, 16, 17, 18, 19].

Jwaneng, 1982'de güney Botsvana'daki Kalahari Çölü'nde faaliyete başlamıştır. "Küçük taşlardan bir yer" anlamına gelen ismine rağmen, maden, toplam dünya elmas üretiminin %22'sine karşılık gelen yaklaşık 5 milyar dolarlık bir değere sahiptir. Jwaneng madeni, Orapa ile birlikte dünyanın en büyük iki kimberlit bacasından biri olma özelliğine sahiptir. Jwaneng madenindeki iki küçük baca Orapa bölgesinden yaklaşık 48 km uzaklıktadır [15, 16, 17, 18].

Angola'daki elmaslar ve Kongo Demokratik Cumhuriyeti'ndeki kaynaklar, alüvyon yataklardır, ancak buradaki madenler yasadışı kazılar ve istikrarsız politikalarla boğuşmaktadır. Angola'da önemli bir kimberlit potansiyeli olmasına rağmen, ülkede yaşanan iç savaş nedeniyle bunları değerlendirmek mümkün olamamaktadır [15, 16, 17, 18].

Kongo Demokratik Cumhuriyeti, dünyanın en verimli elmas yataklarından biri olan Miba'ya ev sahipliği yapmaktadır. Üretimin çoğu alüvyon yataklardan yapılır. Üretim, her ne kadar son on yılda azalmış olsa da yılda yaklaşık 5 ila 6 milyon kırat civarındadır. Üretimin sadece yaklaşık yüzde 6'sı mücevher kalitesinde, geri kalanı ise sanayi kalitesindedir [15, 16, 17, 18].

Tanzanya'da, Kanadalı jeolog John Thorburn Williamson yapmış olduğu uzun araştırmalar sonucunda Mwadui'de muazzam bir baca keşfetmiştir [15, 16, 17, 18].

2.4.4 Rusya

Rusya'nın elmas üretiminin yüzde %98'inden fazlası Sibirya'nın Sakha (eskiden Yakutia olarak biliniyor) cumhuriyetinden gelmektedir. Rusya'nın üretimi neredeyse tamamen birincil kaynaklardan yapılmaktadır. 1955'li yıllarda yapılan araştırmalar neticesinde iki büyük elmas bacasının (Mir ve Udachnaya) keşfi gerçekleşmiştir. Udachnaya yatağı, Rusya'nın en büyük elmas madenidir ve toplam üretimin en az yüzde 90'ını oluşturmaktadır. Rusya'nın hava koşulları elmas madenciliğinde insan ve makinelerin çalışmasına olumsuz etkiler yapmaktadır [16, 17, 18, 19].

Bu bölgedeki üretim, esas olarak küçük sanayi taşlarından oluşmaktadır, bunların ancak yaklaşık yüzde 40'ı mücevher kalitesidir. Elmaslar, çoğunlukla yeşilimsi sarı renkli birkaç renkli kristal içermektedir. Yine madenlerde 232,10 kırat Yakutya Yıldızı bulunmuştur. Şekil 2.22'de Sibirya'da elmas madeni görülmektedir [16, 17, 18, 19].



Şekil 2.22: Sibirya elmas madeni [3].

Rusya'nın Sibirya elmas yataklarındaki madencilik koşulları, dünyanın herhangi bir yerinde bulunan en zorlu çalışma şartlarıdır. Yıllık sıcaklık değişimleri, kış aylarında -65 ºC ile yaz aylarında 35 ºC arasında değişir. Kış sıcaklık değişimleri, dizel dumanı, kükürt dioksit ve karbon monoksitten kaynaklanan tehlikeli hava kirliliği seviyelerini tetikler. Udachnaya madeni, kış aylarında ortalama 83 gün çalışmalarına ara vermektedir [16, 17, 18, 19].

Çevredeki kaya oluşumlarından gelen sel ve tehlikeli gaz sızıntısından kaynaklanan zorluklara rağmen maden çalışmaya devam etmektedir. 1990'ların sonlarında jeologlar tarafından, kuzeybatı Rusya'da, Beyaz Deniz'de elmas taşıyan kimberitlerin varlığı keşfedilmiştir. Bu bölgede de Sibirya elmas madenlerine benzer çevresel zorluklar yaşanmasının yanında, bu bölge ayrıca önemli balık yetiştirme alanlarına yakın olduğu için ekolojik hassasiyet gerektirmektedir [16, 17, 18, 19].

2.4.5 Kanada

1800'lü yıllarda, Büyük Göller eyaletlerinde, Kuzey Carolina ve Kaliforniya'da bazı elmaslar bulunmuştur. Bilim insanları, bu elmasların hepsinin kutuplardan genişleyen büyük bir buzulun içerisinde olduklarını keşfettiler. Elmasların buzul kökenlerini belirledikten sonra buzulların köklerini araştırdılar ve 1990'da ilk kimberlit bacasını Point gölünün altında keşfettiler. Kanada'nın elmas taşıyan kimberlitleri, dünyanın başka yerlerinde bulunan ekonomik bacalara göre daha düşük olmakla birlikte, tenör olarak daha zengindir. Ekati bölgesindeki elmas madenlerinden bazıları dünyanın herhangi bir yerindeki en iyi madenler arasında sayılmaktadır. Bu bölgedeki elmaslar grafit ile kaplanmış olduklarından dolayı gres kayışı kullanılarak ayıklanamazlar [18, 19].

Diavik madeni Kanada'nın ikinci operasyonel elmas madenidir. Maden sahası içinde 60'tan fazla küçük baca bulunmaktadır. Şimdiye kadar, jeologlar 26 bacanın üzerinde toplu numune alımını tamamladılar. Bu çalışma sonunda dördünün ekonomik olduğunu tespit ettiler. Her baca küçük bir gölün altında bulunmaktadır ve bu durum özel ve zahmetli madencilik çalışmalarını gerektirmektedir. Diavik'in gelişmiş elmas işleme tesisi, elmasları cevherden ayırmak için X-ışını ayırma yöntemi kullanmaktadır [18, 19].

Snap Lake, Kanada'nın Kuzeybatı Topraklarında başka bir elmas madendir. Ekati veya Diavik'den daha küçük bir işletme olmasına rağmen yapılan incelemelerde kaliteli elmasların varlığı saptanmıştır. Snap Lake Kanada'nın ilk yer altı madeni olma özelliğini taşımaktadır ve

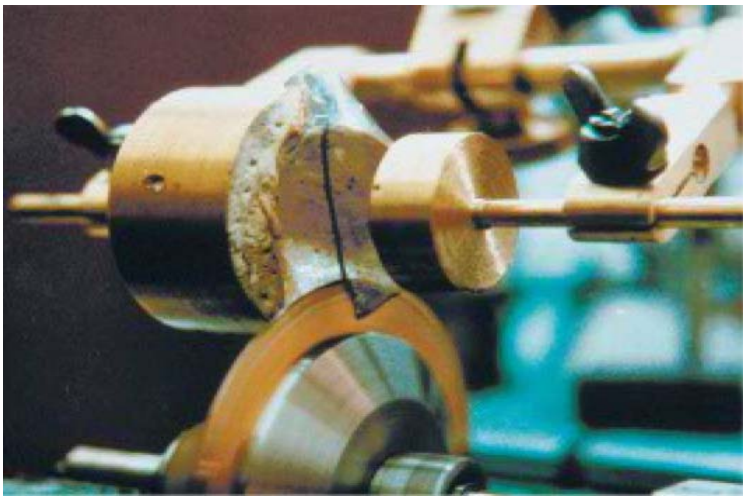
2000'li yılların başında De Beers tarafından satın alınmış ve halen De Beers tarafından işletilmektedir [18, 19].

2.4.6 Amerika Birleşik Devletleri

ABD'nin bazı kesimleri kratonlar üzerindedir. Ülkenin jeolojisi birçok araştırmacı tarafından elmas yatakları için elverişsiz olarak kabul edilmektedir. 1906'da John Huddleston isimli bir vatandaş, Murfreesboro Arkansas yakınlarındaki çiftliğinde bir elmas buldu ve bu olay o bölgedeki dört elmas bacasının keşfedilmesine yol açmıştı. 1924 yılında Arkansas madenlerinde 40,23 kırat elmas bulunmuştur. Ancak bulunan elmasların yüzde 90'ı endüstriyel kaliteydi. 1960'ların ortasında Colorado Wyoming sınırı boyunca bir takım kimberlit bacaları keşfedildi. 1996 yılında Colorado'da Kelsey Lake madeni açıldı ve bu ABD'deki tek ticari elmas üreticisi olma özelliğini taşıyordu [18, 19].

2.5. PIRLANTA 4C BİLGİSİ (KESİM, BERRAKLIK, RENK, AĞIRLIK)

Elmaslar mükemmel simetrik, deforme, parlak, berrak veya bulutlu olabilirler. Kötü kalite elmaslar sadece endüstriyel kullanım için uygundur. İyi kalite elmaslar yetenekli bir kesicinin tamamlayabileceği güzellik potansiyeline sahiptir. Şekil 2.23'de elmasın kesim işleminin resmi verilmiştir [18, 19, 20].



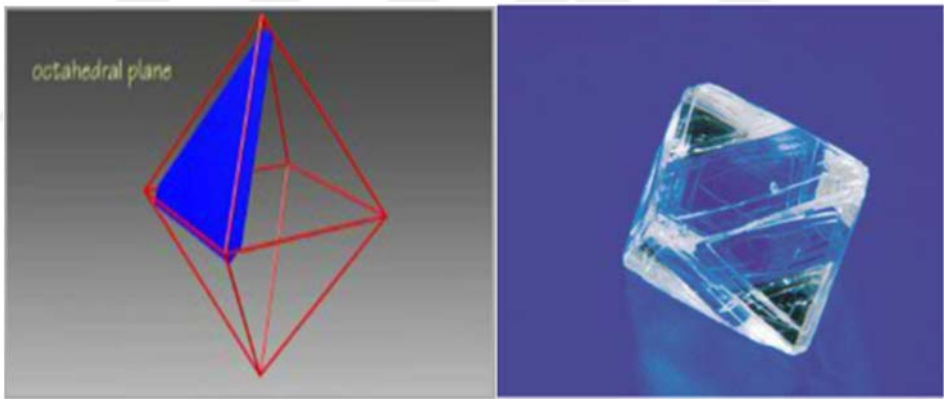
Şekil 2.23: Elmas tozu ile kaplı kesici ile kesim aşaması [3].

Bir zamanlar mücevheratta kullanılmaya uygun olmadığı düşünülen ham elmasların çoğu, günümüz tasarımcılarının, ilginç renk ve şekillerle modern takı stillerine bürünmüştür. Tüm

elmas şekilleri mükemmel oktahedral ve kristal berraklığında değildir. Aslında, çoğu küçük ve bulutlu olarak çıkartılır. Taş kalite kategorisinde, ham bir elmas kristalinin şekli, bir değerli taş olarak potansiyel değerindeki en önemli faktördür. Aynı renk ve berraklığa sahip iki kristal ağırlık olarak eşit olabilir, ancak tek başına şekil bazında diğerinden çok daha farklı olabilir. Bunun nedeni, kesicinin bitmiş mücevherin ağırlık miktarını belirlemesidir. Kristal yapı oktahedron veya bir küp ise, ondan en az bir tane mücevher kesmek kolaydır [18, 19, 20].

Elmas kristal yapısı düzenli tekrarlanan atom modellerinden oluşur ve bazı yönlerden atomlar diğerlerine göre daha yakındır. Bu farklı iç yönlere kristal düzlemler denir ve yarılmada belirleyicidir. Elmas üç iç kristal düzlemine sahiptir; kübik, oktahedral ve dodekahedral [18, 19, 20].

Bu düzlemler bir elmas kesicisi için önemlidir, çünkü bazıları kesme ve parlatma için çok verimli iken, diğerlerinin yarılması ve kırılması çok kolaydır. Şekil 2.24'te elmasların geometrik düzlemsel şekilleri verilmiştir [18, 19, 20].



Şekil 2.24: Oktahedral elmas kristali [3].

Kübik düzlemler oktahedral düzlemlerden daha yumuşaktır ve dodekahedral düzlemlerden daha zordur. Kübik düzlemleri büyük, düzenli şekilli kristalleri kesitler halinde kesmek için en etkili yönleri sağlar. Bölümler daha sonra ham elmastan çok fazla ağırlık kaybetmeden standart yuvarlak pırlantalara kesilebilir. Elmas kübik bir mineraldir fakat küp şeklinde, mücevher kalitesinde ham elmaslar çok nadirdir [18, 19, 20].

Büyüme işaretleri bir kristalin gelişimini yansıtan yüzey özellikleridir. Büyüme işaretleri iki nedenden dolayı önemlidir. Birincisi, belirli kristal yüzler ve yönlerle ilişkilidir. Bu yüzden kesicilerin kesim yönlerini belirlemelerine yardımcı olabilirler. İkincisi, elmas büyüme

işaretleri ayırt edici olduğundan, elmasları sentetiklerden ayırmaya yardımcı olurlar [18, 19, 20].

Ham elmas yüzeyindeki büyüme işaretleri, onun kristal yapısını gösterir. Bu kristalin üzerindeki dodekahedral yüzler, farklı paralel olukları gösterir. Mücevher kalitesinde dodekahedral kristaller bazı elmas yataklarında oldukça yaygındır. Birçok bilim insanı, dodekahedro'nun, dünya kabuğu içindeki sıcaklık ve basınç koşulları değiştiğinde ortaya çıktığını düşünmektedir. Çoğu dodekahedral kristaller yuvarlanır ve bunların birkaç tanesi mükemmel bir yüze sahiptir. Oktahedronlar gibi, dodekahedronlar da yuvarlak pırlantaları şekillendirmek için çok uygundur [18, 19, 20].

Şekil, kesilebilir ham elmas için en önemli değer faktörüdür. Aynı ağırlıkta, renkte ve berraklıktaki iki elmas kesildikten sonra birbirlerinden ağırlık olarak 10 kat farklı olabilirler. Çünkü şekil, nihai verimi belirler. Şekil, elmas kesicilerin elmas potansiyelini tanımlamak için özel terimler oluşturmaları açısından önemlidir. Son şekil, genellikle ham şeklinin benzeri olan tek bir taştır. Kesilebilir bir elmas, iki taş üretmek için bölünür ve daha fazla ağırlık kaybeder. Elmasın bölünmesi, küçük ya da değerli bölümlere, lazerle ya da yarma yoluyla ayrılabilen pırlantaları oluşturur [18, 19, 20].

İyi şekilli ham elmas, kesiciye bir dizi seçenek sunar ve alıcılar bu potansiyeli pazarlanabilir olması açısından dikkate alır. Örneğin, iyi biçimli bir ham elmastan büyük tek bir parça pırlanta kesmek yerine birkaç parça daha küçük boyda pırlantalar kesilmesi pazarlama açısından daha verimli olabilir. Bunun nedeni, daha küçük pırlantaların satılmasının daha kolay olabileceğidir [18, 19, 20].

Kesiciler, pırlantanın şekline karar verdiklerinde hem kırılma riski hem de en yüksek ağırlıkta olmasını dikkate alırlar. Yuvarlak pırlantalar, en çok tercih edilen şekil olduğu için ilk seçenek olabilir. Ancak bu, elmasın her parçasından kesilmesi gereken en karlı şekil olmayabilir [18, 19, 20].

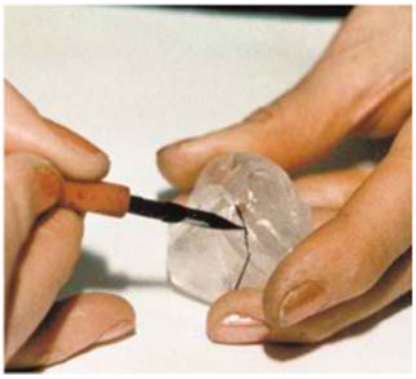
Eğer kesildikten sonra pırlanta ve ham elmas ağırlıkları arasında çok fazla kayıp var ise kesici doğru karar vermemiş demektir. Kesicinin en yüksek kırat ve pırlantanın değeri için vereceği karar, ham şeklin potansiyel değeri ile sınırlıdır. Ham elmasın rengi yüzey dokusu lekelerden etkilenebilir. İçsel izlerin sayısı, boyutu ve yeri de elmasın rengini etkileyebilir. En önemli durumlardan birisi renk ham elmas içinde homojen olarak dağılmamış olabilir. Çoğu elmasın

rengi sarı, kahverengi ve gri tonlarıdır. Şekil 2.25'te elmasın içsel lekelerinin resmi verilmiştir [18, 19, 20].



Şekil 2.25: Elmasın içsel izleri [3].

Bir uzman kesmek için elması hazırlamalı, kristal yapısını analiz etmeli ve dilimleme veya boyut küçültme için işaretlemelidir. Bir kümedeki her düzlem, diğer kümelerin düzlemleri ile kesin bir geometrik ilişkiye sahiptir. Onların göreceli konumları ve aralarındaki açıları her zaman aynıdır. Bu, düzlemlerden sadece birinin açık olduğu anlamına gelir, kesiciler diğer ikisinin pozisyonlarını belirleyebilir. Maksimum ağırlık tutma için kusurları analiz etmelerine ve çalışmalarını makul bir kesinlik ile planlamasına olanak tanır. Şekil 2.26'da elmasın kesim öncesi işaretlenmesi işleminin resmi verilmiştir [18, 19, 20].



Şekil 2.26: Elmasın kesim öncesinde işaretlenmesi [3].

2.5.1. 4C Birinci Özelliği, Kesim (*Cut*)

Elmas kesicileri, kusurları olan bir elmastan nasıl en yüksek değeri elde edeceğine karar verdiğinde, sadece kristal yapısını değil, dış şeklini de göz önüne alırlar. En fazla ağırlığı korumak için kesiciler, ham şeklini olabildiğince yakından takip eder. Örneğin, üçgen biçimli elmasın kusurları, üçgen biçimli bir pırlanta halinde kesildiğinde en az miktarda malzemeyi

boşa harcar. Kesme işleminin tüm aşamalarındaki teknik gelişmeler sayesinde, güzel bitmiş elmaslar neredeyse her çeşit pırlantayı ortaya çıkabilir. Üreticilerin hedefi ham bir parçadan en yüksek değeri elde etmektir. Bu, ilk kesimi yapmadan önce dikkatlice incelemeyi gerektirir [18, 19, 20].

Modern kesimler ile karşılaştırıldığında, antik bitmiş elmaslar çok sade idi. Orta Çağ'da yapılan mücevherlerden elde edilen pırlantaların çoğu daha çağdaş şekillere tekrar kesildiler. Elmas uzmanları eski resimlerdeki, kataloglardaki ve günlüklerdeki mücevherlerin açıklamalarına ve görüntülerine bakarak ilk kesim pırlantanın neye benzediğini araştırabiliyorlar. İlk çizimler, tarihi kesim stilleri için önemli ipuçları sağladı. En eski elmas kesimi on beşinci yüzyıla kadar popülerdi. Kesiciler, elmasları biçimlendirmek için elmas tozu ve zeytinyağı ile işlenmiş tahtaları kullandı. Kare kesim 1400'lerin ortalarında bulundu. Bir kare düzlem tabla ismini aldı ve kesici, oktahedronun çift piramidinin üst noktasını elmas tozu ve zeytinyağı ile işlenmiş bir tahta üzerine sürterek düzlem haline getirdi. Çoğu zaman, kesiciler ayrıca külah ucu adı verilen daha küçük bir kare yüzey yapmak için alt noktayı da ortaya çıkardı. Sonuç, yukarıdan taşa bakıldığında kare içindeki bir kareye benziyordu. Bu Rönesans Avrupası'nın ilgisini çekti [18, 19, 20].

Kare kesiminin bir diğer önemli kalitesi, izleyiciye geri dönen ışığın miktarını büyük ölçüde arttırmasıydı. Bu kesim elmaslara, kesim bıçaklardan daha fazla parlaklık ve pırıltı kazandırdı.

Gül kesim on altıncı yüzyılın başlarında ortaya çıktı ve on dokuzuncu yüzyıla kadar popülerdi. Gül biçimli taşlar düz bir tabana ve tepede bir noktaya gelen üçgen biçimli yüzeylere sahiptir. Gül kesiminin fasetleri kayda değer derecede parlaklık verir, ancak çok az ışıltı yansıtır. Kesiciler ayrıca gül kesiminde de farklılıklar geliştirmiştir. On yedinci yüzyıl kesintileri kare kesimini ve gül kesimini yaptıktan sonra, Avrupa kesim makineleri diğer kesim stilleri ile denenmiştir. 1600'lerin başındaki dini mücevherlerin çoğu elmasları içeriyordu. Kesiciler, Fransa'nın Kardinal Jules Mazarin'in talebi üzerine farklı bir elmas tasarladı. Çift kesimli olarak da bilinen Mazarin kesimi, toplam 34 faset ile yastık şeklindeydi [18, 19, 20, 21].

1600'lerin ortalarında kesiciler, oktahedral ham elmas şekline bağlı olarak tek kesimi ya da sekiz kesimi tanıttı. Bu basit tarzın parlaklık için kare kesiminden daha fazla potansiyeli vardı, çünkü daha fazla faset vardı. Bir tabla, sekiz taç faseti, sekiz köşeli yıldız faseti ve bazen bir külah ucu faseti içeriyordu [18, 19, 20, 21].

Basit kesim modern parlaklığın temelini oluşturdu, bugün bile, küçük elmasları basit kesim olarak adlandırdığımız 8 yüzeyli pırlantalar olarak kesilir. Şekil 2.27'de Modern yuvarlak 57 yüzeyli pırlanta kesim resmi verilmiştir [18, 19, 20, 21].

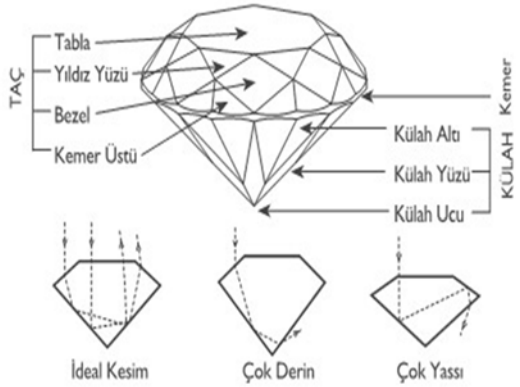


Şekil 2.27: Modern yuvarlak 57 yüzeyli pırlanta kesim [3].

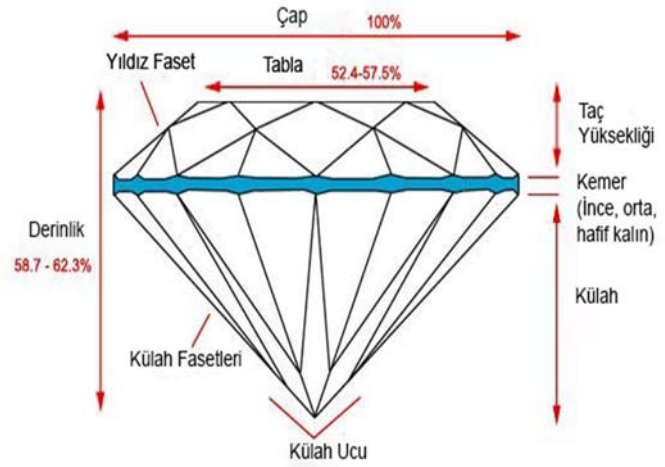
Modern yuvarlak pırlantayı, taç, kemer ve külah fasetleri oluşturur. Modern yuvarlak ışıltının ilk gelişimi aslında 1900 yıllarda başlamıştır. Bir Boston elmas kesici olan Henry Morse, optik olarak verimli bir kesim tasarımı elde etmeye çalışıyordu. Çok fazla deneme yanılma sonrasında, Morse aradığı etkiyi üreten oranları keşfetti. Morse'un oranlarının çoğu, 1919 yılında Marcel Tolkowsky tarafından yayınlanan oranlara çok benzer. 1919'da Marcel Tolkowsky, yuvarlak kesim pırlantanın en iyi kesim oranları için önerilerini yayınladı. Tolkowsky'nin yuvarlak bir pırlantanın en iyi açılarını ve oranlarını önermesi elmas üreticilerini, özellikle de büyük, yüksek kalitede ham şekillendiricilerini etkiledi. Ancak yuvarlak elmasların tümü Tolkowsky'nin önerdiği oranlarda kesilmemiştir. Bazı kesiciler biraz farklı oranlar tercih etmiş ve azami doğallığı korumak için daha düşük kalitede ham kesilmişlerdir. Kısa bir süre sonra, modern pırlantalardaki şekil çeşitliliği dünya çapında popüler hale geldi. Üreticiler faset düzenlemesini, mekik, armut, yastık, kalp ve oval gibi diğer şekillere uyacak şekilde değiştirdiler. Yuvarlak kesim bugünün pazarında hâkim pırlanta kesimdir. Elmas kesiciler, elmasın çekiciliğini artıran kesim stilleri geliştirmek için sanatsal yetenek ve teknik becerileri hala birbirine bağlar [18, 19, 20, 21].

1990'lı yıllarda birçok üretici ve perakendeci, maksimum parlaklık ve parıltı için en iyi oranlara sahip olarak pazarlanan "ideal kesim" yuvarlak pırlantaları geliştirdi. Bazı matematiksel sınırlar dahilinde oranlar kullandılar, elmas alımlarını araştıran tüketiciler üzerinde araştırmalar yapıldı ve elmas kesim değerlendirmesi için özel standartlar fikrini ortaya koydular. Günümüzde elmas müşterileri elmas oranlarındaki farklılıklar hakkında daha fazla bilgi sahibidir. Teknik

gelişmeler, kuyumculara müşterilere bir elmas kesme işleminin bir başkasıyla karşılaştırmasını göstermesini sağlar. Müşterilerin çeşitli elmasların nispi oranlarını ve simetrisini incelemelerine izin veren özel izleyiciler vardır. Şekil 2.28'de 57 yüzeyli yuvarlak kesim pırlanta bölümleri ve kesim ışık ilişkisi verilmiştir. Şekil 2.29'da ise Marcel Tolkowsky ideal kesim pırlanta oranları verilmiştir [18, 19, 20, 21].



Şekil 2.28: 57 yüzeyli yuvarlak kesim pırlanta bölümleri ve kesim-ışık ilişkisi [3].



Şekil 2.29: Marcel Tolkowsky ideal kesim pırlanta oranları [3].

Markiz ve armut yüzyıllardır zaten vardı, ancak üreticilerin yuvarlak pırlanta kesimindeki başarısı, bu kesimlerin ışıltısını daha da arttırdı. Şekil 2.30'da kalp, damla, dikdörtgen, oval kesim pırlanta görselleri verilmiştir [19, 20, 21].



Şekil 2.30: Kalp, damla, dikdörtgen ve oval kesim pırlanta görselleri [3].

Ham elmasın cilalı bir mücevher haline getirilmesi kolay değildir. Elmas sertliği ve kristal yapısı nedeniyle güzelliğini açığa çıkarmak için sabır ve beceri gerekir [19, 20, 21].

Ağırlık, kesim, renk, berraklık değerinden biri arttığında veya azaldığında, diğer değer faktörleri de etkilenebilir. Örneğin, kırat ağırlığını korumak veya artırmak için bittikten sonra, kesici kesim oranlarında sapmalar olabilir. Üretici, her seçimin bitmiş elmas üzerindeki etkisini bir bütün olarak düşünmelidir. Karları en üst düzeye çıkarmak için, üreticiler en düşük maliyetle mümkün olan en iyi kesim ve mümkün olan en fazla kırat ağırlığı elde etmeye çalışır. Çok fazla risk altında iken, bir elmas üreticisinin işi zor kararları almaktır. Şekil 2.31'de elmas kesim aşamalarının resmi verilmiştir [19, 20, 21, 22].



Şekil 2.31: Elmas kesim aşamaları [3].

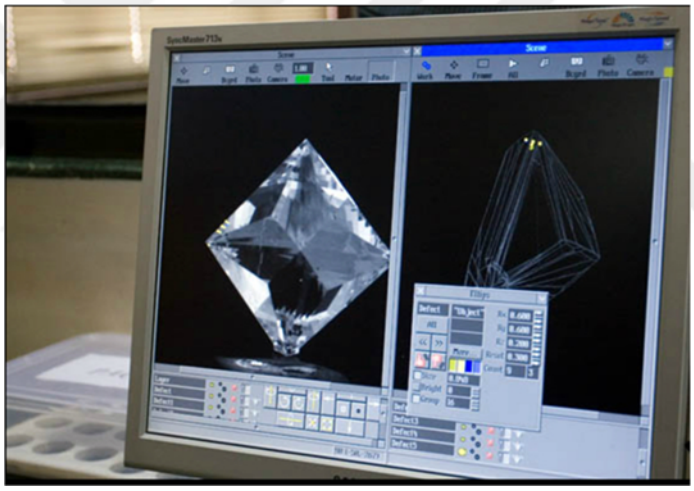
Kesiciler ayrıca, çeşitli elmas kesimleri için piyasa talebine dikkat etmeli ve en çok talep edilen kesimleri üretmeye odaklanmalıdır. Bu, ham şekle göre en belirgin stil seçenekleriyle mutlaka uyuşmayan kesimleri seçmeleri gerektiği anlamına gelir. Örneğin, ham bir parça şekli kalp

şeklindeki bir pırlanta için mükemmel olabilir. Ama eğer kalpler içeride değilse talep üzerine, kesici o hamdan hala karlı bir şekilde kesilebilecek farklı, daha çok aranan bir şekil seçebilir. Ticari kalitedeki pırlantalar için, pek çok elmas kesme aşaması neredeyse otomatiktir. Ancak en kaliteli elmas kusurların temizlenmesi hala el ile yapılmaktadır [18, 19, 20, 21, 22].

Standart kesilebilir ham elmas, adımları şu şekildedir:

- Planlama
- Dilimleme ve kesme
- İlk 8 yüzey oluşturulması (*bruting*)
- Parlatma cilalama ve fasetlerin tamamlanması

Şekil 2.32'de 4,00 kırat'lık bir ham elmasın bilgisayar yazılımı ile işaretlenmesi verilmiştir.



Şekil 2.32: Ham elmasın bilgisayar yazılımı yardımı ile işaretlenmesi.

Elmasın kristal yapısını anlamak, kesicilerin hangi kesim tekniğini kullanacağını belirlemesine de yardımcı olur. Ham kristalin yönü kesilecek pırlanta şeklini hem kolay hem de en az fire verecek şekilde belirlemeye yardımcı olur. Bazı ham parçalar, çok az fire vere tek bir pırlanta kesilir. Ancak planlayıcı, ham elmasın iki veya daha fazla istenen bitmiş taş verileceğine karar verirse, elmas bölünmelidir. Elması bölmek için iki yöntem vardır; Bölme ve dilimleme. Bölme, elmasın en zayıf olduğu düzlemlerinden bir tanesini kesmeyi içerir. Büyüme işaretleri, düzenli olarak biçimlendirilmiş bir oktahedron üzerindeki üçgenler gibi görünebilir [19, 20, 21, 22].

Bölünme; elması büyüme düzlemi boyunca iki veya daha fazla parçaya bölme işlemidir. Dilimleme; elmasın mekanik olarak lazerle parçalara bölünmesidir [19, 20, 21, 22].

Bölünme, elmasın bölme düzlemlerinden biri boyunca bölünmesini içerir. Kristalin en zayıf olduğu yerden bir yarılma düzlemi oluşturulur. Her bir oktahedral yüz, pürüzleri bölmek veya istenmeyen alanları çıkarmak için birçok seçenek sunan kendi paralel bölünme düzlemlerine sahiptir. Dilimleme, ham kristallerin kübik düzlemlerden biri boyunca veya bazı durumlarda on ikinci kat düzlemleri boyunca bölünmesini içerir. Planlayıcılar genellikle iki küçük pırlanta kesmeye karar verdiklerinde kesmek için ham oktahedralı işaretler. Nadiren, büyük bir pırlanta yapmak için noktayı bir oktahedrondan çıkarmak için de kullanılabilir [18, 19, 20].

Planlamacılar teknik bilgilerini, ham yapılarda bile kristal yapıyı görselleştirmek için kullanabilirler. Elmas dışa doğru formu açıkça belli etmez. Oktahedral yapıdaki elmasın bölünme düzlemleri belirlidir. Octahedral yüzlerine paralel ayrıca oktahedral ham dilimler ile kesiştiklerini biliyorlar. Kusurlu yüzeydeki büyüme işaretleri, iç kristal yönlerini belirlemeye yardımcı olur. Dilimleme, pırlantayı kübik veya on iki yüzlü düzlemlerden biri boyunca bölmeyi içerir. Dilimleme tek bir elmastan iki pırlanta kesmeyi mümkün kılar. Düzensiz bir elmas parçasının kristal yapısını saptamak çok daha zordur. Planlayıcılar, iç kristal yönlerini belirlemeye yardımcı olmak için ham yüzeyinde büyüme işaretleri kullanır. Planlayıcı bölünme yönünü bildiğinde, kesme yönünü belirleyebilir [19, 20, 21, 22].

Kristal yönü, bitmiş pırlantanın ağırlığını etkiler, ancak planlamacının, içsel kusurların doğasını ve yerleşimini de göz önünde bulundurması gerekir. Kusurları dikkate alındığında, bitmiş elmasların netliğini etkiler. Çoğu elmasın kusurları vardır. Planlamacılar içsel izler bulduğunda, kesimi bitmiş hazneden çıkarmak veya en az dikkat çekecekleri yere yerleştirmek için kesimi planlayabilirler. Bir planlayıcı, bitmiş bir mücevherin potansiyel berraklığını, ham elde edilebilecek maksimum ağırlığa karşı dengelemelidir [19, 20, 21, 22].

Planlama aşamasında, bitmiş bir elmasın netliğini tahmin etmek zor bir iştir. O yüzden ham elmas içine bakmayı zorlaştıran soğuk veya saydam olmayan bir yüzeye sahip olabilir. Kesici, kusuru görmek için pencere denilen küçük, düz bir faset oluşturabilir. Bazen, yüksek kalitede bir elmas elde etmek için biraz fedakârlık yapıp ham elması kesmek zorunda kalabilirler. Planlayıcı, mükemmel netlikte daha küçük bir bitmiş elmas ve bazı izlerle daha büyük bir elmas arasında seçim yapmalıdır [19, 20, 21, 22].

Bilgisayar Destekli Planlama bölünme veya dilimleme için ham bir elmasın nasıl işaretleneceğine karar vermek hem önemli hem de zordur. Bilgisayar destekli planlama ve teknolojideki son yenilikler işaretlemedeki zorlukları ve kesicilerin risklerini oldukça azaltır [19, 20, 21, 22].

Elmasın nerede ve nasıl kesileceğine karar verirken, planlayıcıların hem kristal yönünü hem de izleri dikkate almaları gerekmektedir. Amaç mümkün olan en kârlı bitmiş pırlantaları üretmektir, bu nedenle planlamacının ham elmasın işlenmesinin yarılmaya ya da kesmeye uygun olup olmadığına karar vermesi gerekir [19, 20, 21, 22].

Bu karar verildikten sonra, kesme işlemi için hazırlanmaya başlar ve elmas bir tahta tutucuya konur. Keskin bir elmas parçası kullanarak, işaretli elmasa bir çentik çizer. Ardından, yarıcı çelik bir yarma bıçağını çentiğe iter. Daha sonra bıçağı bir çekiçle vurur, bıçağı çentiği açmaya zorlar ve elması ikiye böler. Bu son adım, çok fazla beceri ve konsantrasyon gerektirir. En küçük bir hata elmasın kırılmasına yol açabilir. Kesim için, elmas dop denilen bir tutucuya sabitlenir. Daha sonra testere, yağ ile karıştırılmış elmas tozu ile gömülmüş dönen bir dairesel bıçağın üzerine indirir ve bıçaktaki elmas parçacıkları aşınır. Testere genel olarak yarma işleminden daha güvenlidir, ancak işlem tarafından açığa çıkan ısının elmasın parçalanmasına neden olma tehlikesi vardır. Döner testere, kesicilere oktahedral elmastan birden fazla pırlanta üretme olanağı verir [19, 20, 21, 22].

Dop; Testere, fırçalama veya parlatma sırasında elmasları sabitleyen tutucuya verilen isimdir.

Testere aslında planlamanın birazını ortadan kaldırır. Merkez testere kristali en kalın konumunda ikiye bölerek bitmiş elmasın bir parçası olabilecek önemli miktarda kayba neden olur. Geleneksel kerfing yöntemleri zaman alıcıydı ve onlara hâkim olmak yıllarca süren çalışma ve pratik gerektiriyordu. Bugün, çoğu elmas üreticisi dilimleme için lazer kullanıyor. Lazer, kerfing den daha verimlidir. Birkaç taş aynı anda çentiklenebilir ve elmasın eski elmas kazıma yönteminden daha hızlıdır. Bir diğer avantaj, lazer ışınının elmas üzerindeki işaretli çizgiyi daha kesin olarak izleyebilmesidir. Lazer aynı zamanda, geleneksel kerfingten daha dar ve daha sığ bir çentik oluşturur, bu durum özellikle büyük miktarlarda elmas işleyen üreticiler için daha yüksek kar anlamına gelir [19, 20, 21, 22].

Lazer testere, ilk 1970'lerin sonunda tanıtıldı. Metal testere bıçağı yerine lazer ışını kullanır. Lazer elması yakar ve elmastan dar bir kanal keserken buharlaştırır. Mekanik bir cihaz, sert

lazer testere altında ileri geri ve ileriye ve yana doğru hareket eder. Lazer testere, mekanik testere işleminden daha hızlı ve çok yönlüdür. Bir bıçakla kolayca kesilmeyen elmas, bir lazerle hassas bir şekilde kesilebilir. Mekanik testere, elmasın kübik veya testere düzlemlerine paralel yapılmalıdır. Kristal yönünün getirdiği sınırlamalar olmadan, lazer testere planlamacıların boyut, şekil ve netlik gibi hususlara dayanarak elmas işaretleme konusunda daha fazla özgürlük sağlar. Lazer testere elması herhangi bir kristal yönde bölebilir. Elmas ilerledikçe, sabit lazer ışınını kademeli olarak içinden geçirir [19, 20, 21, 22].

İlk yüzeylerin oluşturulması, testereyi takip eder. Bir pırlantayı bir başkasına karşı iterek zorlanacak bir taslak oluşturmak için iyi bir yoldur. İlk fasetleme (*Bruting*) işlemi sırasında, elmas bitmiş mücevher gibi görünmeye başlar. Uzmanlar biri elması kesmek için diğeri de yüzey açmak için kullanılan elmas için iki dop kullanırlar. Dopu elmasla birlikte dönen bir tornaya sabitlerler. Elmasın köşelerini yuvarlar ve yavaş yavaş bitmiş bir taş taslağını oluşturur. Elmaslar yuvarlak bir taslak almaya başlar. Şekil 2.33'de ilk fasetleme çalışmaları görülmektedir [19, 20, 21, 22].



Şekil 2.33: İlk fasetleme çalışmaları [3].

Geleneksel fasetleme deneme yanılma işlemiydi. Taş kesici, elması düzgün bir şekilde merkezlendiğinden emin olmak için işlemi sık sık durdurur, çünkü merkezden kırılan elmaslar önemli miktarda ağırlık kaybedebilir. Bu kesintilerden dolayı ve kesicilerin bir seferde bir taşı şekillendirme ile sınırlı kalması nedeniyle fasetleme süreci değerli zaman ve emek harcanan bir işlemdi [19, 20, 21, 22].

1980'lerin sonlarında tamamen otomatikleştirildi. Bugün, iki taş aynı anda taşlanabilir her bir taş diğerini şekillendirir. Yeni otomatik makinelerin küçük bir denetime ihtiyacı var. Yetenekli

bir kesici birkaç makineyi aynı anda izleyebilir ve ayarlayabilir. Otomatik bir yüzey oluşturma makinesi taşları ortalanmış halde tutar, böylece az ağırlık kaybıyla maksimum çapta taşlar üretebilir. Aynı anda birkaç makine tek bir operatör tarafından çalıştırılabilir [19, 20, 21, 22].

Bugün, otomatik merkezleme sistemleri taş tutucuyu hareket ettirir, böylece gelecek cilalı pırlantanın merkezi tam olarak dop'un merkezlerine ve yüzey oluşturma makinesine hizalanır. Artık insan hatasıyla uğraşmak zor bir iş değil, tüm merkezleme işlemi artık birkaç dakika veya geleneksel yöntemlerle birkaç dakikaya kıyasla elmas başına yaklaşık 30 saniye sürüyor. Lazer ile yüzey oluşturma 1992 yılında tanıtıldı ve tüm elmas şekilleri için kullanılabilmektedir. Özellikle yastık, oval, zümrüt kesim vb. gibi kesimler için kullanışlıdır, çünkü hassas ve simetrik olan ana hatlar oluşturulabilir. İsrail'de, markizler ve ovaller gibi eğri çizgileri olan süslü şekiller lazerle kesilir. Şekil 2.34'te İlk yüzey oluşturma aşamasında kullanılan sulu elmas diskli sistemler görülmektedir [19, 20, 21, 22, 23].



Şekil 2.34: İlk fasetleme aşamasında kullanılan su soğutmalı elmas diskli sistemler [24].

Kesme işleminin son aşamasını parlatma aşaması alır. Pırlantaya bitmiş boyutlarını verir. Elmas, aynı anda yüzeyleri oluşturulurken cilası da yapılır. Pırlantayı parlatmak için scaife adı verilen geniş ve hızlı dönen yatay disk kullanır. Genellikle dökme demirden yapılmış scaife, yüzeyine yapışmış elmas tozu ile kaplanmıştır. Modern üretim yöntemleri geliştirilmeden önce scaifler elle güçlendirilirdi. İşçiler scaife miline bağlı bir döner tekerleğini döndürmek için bir kolu itip, çekerek çalıştırırken teknoloji ilerledikçe elektrik motorları tarafından çalıştırılmaya başlandı [19, 20, 21, 22, 23].

Parlatmadan önce, elmas tang denilen bir cihaza sıkıca sabitlenir. Tang parlatıcıların skaife ile ilgili olarak elmas açısını ayarlamasına ve korumasına izin verir. Bu önemlidir çünkü elmas, tane boyunca bir yarılma düzlemine paralel olmayan bir yönde cilalanmalıdır ve yanlış

yerleştirilmiş bir elmasın düzgün şekilde yüzeylenmesi imkansızdır. Şekil 2.35'te Parlatma işleminde kullanılan scaife ve tang adı verilen tutucu görülmektedir [19, 20, 21, 22, 23].



Şekil 2.35: Parlatma işleminde kullanılan scaife ve tang adı verilen elmas tutucu [3].

Parlatma aşamasının çok önemli bir bölümüne bloklama denir. Bu adımda, bloklayıcı ilk 17 veya 18 faseti parlatır. Mücevher temel simetrisini oluşturduğu için dikkatlice yapılmalıdır. Engellenen mücevher düz değilse veya taç ve yıldız fasetleri kemer ile hizalı değilse, tekrar bloke edilmesi gerekir. Bu ağırlık kaybıyla sonuçlanır. Mücevherin tamamını yüzeylendirmek için, bloklayıcı elması birkaç kez çevirmelidir. Genellikle bloklayıcı bir faseti cilalar, daha sonra taşı yeniden konumlandırır ve tamamlanınca hemen karşısına başka bir faseti cilalar. Nitelikli kesiciler göze faset yansımalarını ve kesişen fasetlerin köşelerini sıraya sokarak doğru şekilde tıraş yapar. Engelleme çok önemli bir aşamadır çünkü mücevherin temel simetrisini oluşturur [19, 20, 21, 22, 23].

Bu markiz, ilk 17 veya 18 yüzünün parlatıldığı ve temel simetrisini oluşturduğu görülmektedir. Bir dop yerine metal çeneler tarafından yerinde tutulur. Şekil 2.36'da Markiz kesim pırlantanın temel simetri yüzeylerinin oluşturulmasının resmi verilmiştir [19, 20, 21, 22, 23].



Şekil 2.36: Markiz kesim pırlantanın temel simetri yüzeylerinin oluşturulması [3].

Modern elmas üretim yöntemleri, sektör için birçok olumlu değişiklikler ile sonuçlandı. Yararları arasında verimlilik artışı, daha kolay kesim kararları ve daha kaliteli bitmiş taşlar bulunur. Yüksek teknolojili elmas üretimi, verimliliği artırabilir ve sürekli olarak simetrik bitmiş elmaslarla sonuçlanabilir. Yeni elmas kesme teknolojisi, geleneksel kesme yöntemleri ile elde edilmesi zor olan hassasiyet ve simetri standartlarını getirdi [19, 20, 21, 22, 23].

Bu ideal kesimler üzerindeki önemi ortaya çıkardı. Ayrıca üreticilerin bazı tescilli kesim şekilleri oluşturmalarını sağlamıştır. Yirminci yüzyılın sonlarındaki elmas kesme ilerlemeleri olmasaydı kesim aşamaları daha çok işçilik ve seri üretim maliyetleri çok daha yüksek olurdu [19, 20, 21, 22, 23].

Ancak modern elmas üretiminin kendi sınırlamaları vardır. Birincisi, elektronik bir planlama cihazı henüz bir elmasın içindeki dahili izleri tespit edemiyor. İnsanlar hala tespitleri kendileri yapmak zorunda. Ek olarak, birçok modern yöntem, kurulması ve çalıştırılması pahalı olan ekipman gerektirir. En son teknoloji ürünü donanıma sahip bir elmas imalat tesisini açmanın maliyeti, geleneksel bir fabrikadan çok daha fazla olabilir. Ancak bir kez faaliyete geçtikten sonra, modern fabrika, özellikle işgücü maliyetlerinin yüksek olduğu bir alanda bulunuyorsa, aslında işletme maliyetinden tasarruf edebilir. Çünkü modern üretim yöntemleri ile ham elmastan daha fazla pırlanta üretiliyor ve daha az operatör gerektiriyor. Bu, elmas başına üretim maliyetini geleneksel bir kesim fabrikasına göre daha düşük hale getirmektedir [19, 20, 21, 22, 23].

Modern teknolojinin işgücü içinde yararları ve dezavantajları vardır. Bazı çalışanlar, yeni donanıma uyum sağlayamadıkları zaman işlerini kaybeder. Ancak, üretim arttıkça yeni işler yaratılabilir. Çalışma koşulları birçok modernize fabrikada temiz, modern ekipman ve iyi havalandırılan ortamlarda daha iyi çalışır [19, 20, 21, 22, 23].

2.5.2. 4C İkinci Özelliği, Kırat (*Carat*)

Günümüzde birçok ürün değişik ağırlık birimleri olan kilogram, ons, pound veya ton cinsinden satılmaktadır. Elmaslar ise metrik kırat cinsinden değerlendirilir ve "cts" olarak kısaltılır. Elmaslar 1 kırat; 0,20 gram yani gramın beşte biri olarak ölçülürler. Elmas ağırlıkları genellikle kırat ve onluk sayılarda 1,03 kırat taş olarak ifade edilir [24, 25, 26 ,27, 28].

0,20 ct= 20 point

1 kıratın üstündeki taşlar şöyle ifade edilir,

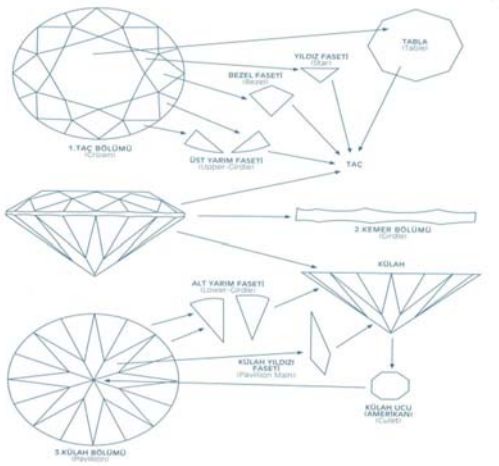
1,75 ct 1 carat 75 point

Kırat yükseldikçe fiyat artar. Ancak fiyat, aynı birim fiyatı üzerinden değil kademeli olarak artar. Örneğin; 0,50 ct elmasın fiyatı aynı kalitedeki 1,00 ct lik taşın yarısı değildir. 0,99 kırat ağırlıktan, 1,00 kırat'a geçtiğimizde fiyat birim kırat fiyatından yaklaşık %50 artar. O halde bir taşın fiyatını bilerek başka ağırlıktaki taşın fiyatını basit denklemle çözemeyiz [24, 25, 26 ,27, 28].

Kırat ağırlığı da sembolik olabilir 0,98 ct pırlanta ve 1,01 cts pırlanta arasındaki fark küçük olsa da birçok kişi daha yüksek bir fiyata daha büyük taşları tercih etmektedir. Kırat terimini Karat ile karıştırmamak gerekir. Karat, altının saflığını (veya inceliğini) tanımlayan bir ölçü birimidir. Kırat pırlantanın ağırlığıyken karat altının ayarıdır. Örneğin;14 ayar 14K ile ifade edilir. Şekil 2.37'de yuvarlak şekil kesilmiş pırlantanın bölümleri incelenmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].

Yuvarlak kesim pırlanta 3 bölümden oluşur:

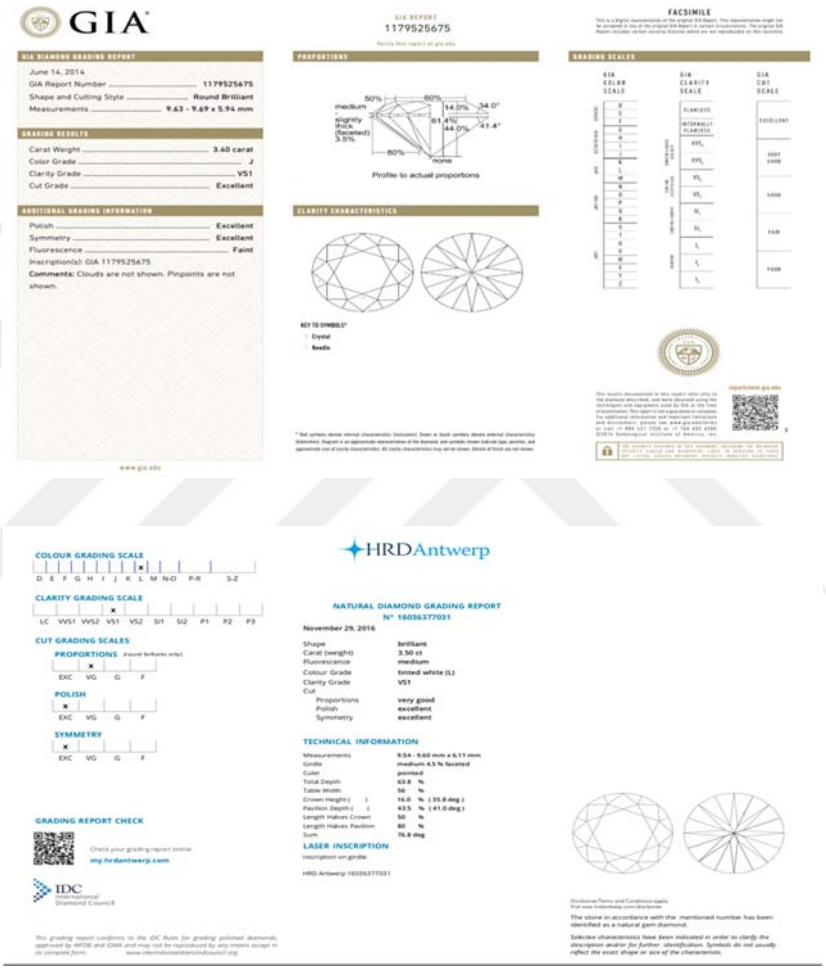
- Taç Bölümü
- Kemer Bölümü
- Külah Bölümü



Şekil 2.37: Yuvarlak pırlanta bölümleri [3].

GIA, HRD Laboratuvarı gibi saygın gemoloji laboratuvarları en doğru elmas sınıflarının güvenilir kaynaklarıdır. 4C olarak tanımlanan kalite faktörlerini listeleyen raporlar; netlik, renk,

kesim ve ağırlık kriterleri modern elmas ticaretinin muazzam bir parçası haline getirmiştir [24, 25, 26 ,27, 28]. Gemoloji laboratuvarları yılda yüzbinlerce elmas değerlendirir. Bu tecrübe, raporlardaki notları son derece güvenilir ve tutarlı hale getirir. GIA, HRD, IGI, IIDGR, IDL elmas derecelendirme kuruluşları uluslararası kabul görmüş elmas sertifikaları verirler. Şekil 2.38'de GIA ve HRD pırlanta sertifika örneklerinin resmi verilmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.38: GIA ve HRD pırlanta sertifika örneği [3].

2.5.3. 4C Üçüncü Özelliği- Renk (*Color*)

Elmas endüstrisinin temel bir prensibi ise nadir olan değerlidir. Bu durum özellikle elmas renk değerlendirmesi için geçerlidir. Normal renk aralığındaki elmaslar içinde renksiz olan elmaslar en nadir olanıdır. Renkli elmaslarda ise normal renk aralığının dışındaki en nadir renkler en değerli olanlarıdır. Değerli renkler doymuş pembeler, maviler ve yeşil renklerdir. Her durumda, hafif bir renk dalgalanması bile değer üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. Hafif ton

farklılıkları, büyük değer farklılıklarına neden olur. Şekil 2.39'da damla kesim canlı mavi renkli pırlantanın resmi verilmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.39: Fantezi kesim canlı mavi renkli pırlanta [3].

Açık sarılar, kahverengiler ve gri tonlar en çok bulunan renklerdir. Pırlanta renk derecelendirmesi zorlu, özenli bir işlemdir. D-Z aralığında, ton ve doygunluktaki çok küçük farklılıkları tanımlayabilmek gerekir. Bu aralığın dışındaki renkli pırlantalar için iyi seçilmiş renk karşılaştırma örnekleri belirlenir. Şekil 2.40'ta Nadir D rengi damla kesim pırlanta resmi verilmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.40: Nadir D rengi damla şeklinde pırlanta [3].

D-Z renk standardı getirilmeden öncesi kullanılan renk sınıflandırma sistemlerinin çoğu, açıkça tanımlanmış ticari terimler kullandıklarından, renk sınıfı kategorilerini netleştirmek için yeni bir sisteme ihtiyaç duyuldu. 1950'lerden bu yana, örnek taş setleri özenle oluşturuldu. Laboratuvarlarda kullanılan örnek taş seti, renk skalasındaki her bir renk sınıfının en düşük rengini temsil eden bir pırlanta örneğidir [24, 25, 26 ,27, 28].

Örnek taşlar, renksizden kademeli olarak sarı renk tonlarına kadar değişen renk derinliklerini temsil eder. Renkler H veya I gibi tam dereceli olarak değerlendirilir. H'den daha az renkli olan

herhangi bir pırlanta için G veya üzeri bir dereceye sahip olmak gerekir. Hafif renk farklılıkları tablada daha fazla görülebildiğinden, elmaslar renk değerlendirmesi için genellikle külah ucundan bakılarak değerlendirilir. Taşa bu şekilde bakmak, parlaklığın ve ateşin neden olabileceği karışıklığı gidermeye yardımcı olur ve elmas renginin en iyi şekilde görmenizi sağlar. Şekil 2.41'de Pırlanta renk belirleme için kullanılan örnek pırlantaların resmi verilmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.41: Pırlantanın rengini belirlemek için kullanılan örnek pırlantalar. [3]

Renk Ölçeği D ile başlar (renksiz) ve Z'ye (açık sarı, kahverengi veya gri) devam eder. Bir pırlantanın renk derecesi, tonuna ve doygunluğuna dayanır ve rengin iyi değerlendirilmesi gerekir. Bu, bir elmasta ne kadar az sarı, kahverengi veya gri olduğu, renk derecesinin o kadar yüksek olduğu anlamına gelir [24, 25, 26 ,27, 28].

Ölçek üzerindeki her harf, belirli bir noktayı değil, dar bir renk aralığını temsil eder ve her örnek taş o aralıktaki en düşük veya en yüksek renk miktarını işaretler. H ana taşından biraz daha az renkli bir elmas G rengini, G ana taşından biraz daha az renkli bir elmas F rengi olarak kabul edilir. G dereceli beş elmas, çok hafif beş farklı renk miktarına sahip olabilir, ancak hepsinin H ana taşından daha açık renk tonuna sahip olduğu için G aralığında değerlendirilir. Bu sınıflar arasındaki farklar aslında çok azdır. Aslında, 0.25 kırattan daha küçük elmaslarda neredeyse ayırt edilemezler. Şekil 2.42'de pırlanta renk skalası verilmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.42: Pırlanta renk skalası [3].

D-E-F sınıfları en üst renksiz ve ışıltılı pırlantalardır. G-H-I-J sınıfları neredeyse renksizdir. Bu aralıktaki pırlantalar monte edildiğinde, eğitilmemiş gözlere fark edilmeyen hafif renk farklılıklarına sahiptirler. Bu elmaslar oldukça popülerdir, çünkü oldukça yüksek renkteki pırlantalar daha düşük fiyatlarla satılır [24, 25, 26 ,27, 28].

K-L-M kalitelerindeki elmaslar çok soluk renkler göstermektedir. Altın mücevher üzerine konuldukları zaman ayar tipine bağlı olarak, küçük taşlar renksiz görünür, fakat büyük olanlar hafif bir renk tonu gösterir [24, 25, 26 ,27, 28].

N'den R'ye kadar olan pırlantalar çok açık sarı, kahverengi veya gri renklidir. Altın mücevher üzerinde bile renkler rahatlıkla seçilebilir. S ila Z elmasları açık sarı, kahverengi veya gridir. Bir elmas Z renk aralığının ötesine geçtiğinde, fiyatının yükselmesine neden olan Fantezi renkler olarak sınıflandırılır. Bazen, X- Z aralığında doygun renge sahip olan bir elmas, fantezi renkli bir pırlanta elde etmek için kesilebilir [24, 25, 26 ,27, 28].

D-Z aralığında bulunan ve oldukça yaygın olan kahverengi elmaslar bazı modifikasyonlarla derecelendirilir. Gri ve kahverengi elmas K renk veya koyu renkli harf sınıfına ve beraberindeki renkli elmas sınıfına sahiptir. K ile M için çok açık kahverengi, N ile R için açık kahverengi ve S ila Z için daha açık kahverengi olarak nitelendirilir [24, 25, 26 ,27, 28].

İnsan gözü milyonlarca renk arasında farklılık gösterebilse de renk derecelendirme elmaslar için sadece 27 ton olarak sınırlandırılmıştır. Bu muhtemel renk tanımlarına pratik bir sınır koyar ve laboratuvar için yeterince kesin fakat erişilebilir bir terminoloji oluşturur. Elmas renklerini tanımlayan bu 27 ton, kırmızı, mavi ve yeşil gibi temel renklerden ve kırmızı, yeşil-mavi ve yeşilimsi sarı gibi karışık renklerden oluşur. Bu ton ve doygunluk terimleri renkli elmas değerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Ton ne kadar güçlü olursa, elmas o kadar değerlidir [24, 25, 26 ,27, 28].

2.5.4. 4C Dördüncü Özelliği, Berraklık (*Clarity*)

Berraklık, gemologların ve mücevher uzmanlarının netlik özellikleri dedikleri şeyi bulmakla başlar. Müşteriler ve hatta bazı kuyumcular bu izleri kusur olarak nitelendirir. Netlik özellikleri bir pırlantanın görünümünü ve değerini olumlu veya olumsuz olarak etkileyebilir. Berraklık değerlendirmesi pırlantanın kalitesinin belirlenmesine yardımcı olan iç veya dış özelliklerdir [24, 25, 26 ,27, 28].

Bir elmas uzmanının elmastaki netlik özelliklerini bulup değerlendirebilmesi önemlidir. Şekil 2.43'te elmas içerisindeki garnet kristalinin resmi verilmiştir.



Şekil 2.43: Elmas içerisindeki garnet kristali [3].

Bazı koleksiyonerler olağandışı içsel kusurlardan etkilenmiştir. Bu büyük garnet kristali, farklı ışık kaynakları altında renk değiştirir. Uzmanlar, netlik özelliklerini belirledikten sonra görünürlüğünü değerlendirir. İki tür netlik özelliği vardır. İçsel izler, bir taş içine alınmış veya yüzeyden içine uzanan özelliklerdir. Yüzeysel izler, bir taş yüzeyine sınırlanmış dış özelliklerdir. Netlik değerlendirmesi taşın değerini belirlemeye yardım eder. Bir 10X büyüteç ve bir gemoloji mikroskobu, netlik derecelendirmesi için kullanılan araçlardır. Her birinin farklı durumlar için avantajları vardır. Bir büyüteç taşınabilir ve ekonomiktir. Bir mikroskop ile büyütme özelliğini ayarlayarak karakteristiklerini bulmayı ve tanımlamayı kolaylaştırır. Mikroskobun taşınabilirliği çok daha az olduğundan, bir mağaza veya ofiste daha kullanışlıdır. Karakteristik özelliklerini bulmak için mikroskop kullanıyor olsanız bile, her zaman bir pırlantanın netlik derecesi 10X lup görünümüne göre değerlendirilir [24, 25, 26 ,27, 28].

Bir pırlantaya tablasından bakarak edinilen ilk izlenim, netlik derecesini güçlü bir şekilde etkilemelidir. İç içe üç adet mercek metal bir halka ile sabitlenerek 10x lup oluşturur. İlk mercek büyüteçtir. İkinci mercek renk bozulmalarını düzeltir ve üçüncü mercek doğrusal bozulmaları düzeltir. Şekil 2.44'te 10 kat yaklaştıran elmas inceleme merceğinin resmi verilmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.44: 10 kat yaklaştıran elmas inceleme merceği [3].

Mikroskopla, netlik özelliklerini aramak ve incelemek için karanlık alan aydınlatmasını kullanmak gerekir. Karanlık alan aydınlatma pırlantayı yandan siyah, yansıtıcı olmayan bir arka plana karşı aydınlatır. Elmasın içini görmenizi sağlar ve izlerin karanlık bir arka plana karşı parlak nesneler olarak öne çıkmasına neden olur [24, 25, 26 ,27, 28].

Bazı içsel izler en iyi şekilde elmasın alttan aydınlatılmasıyla görülür. Bu, izlerin parlak bir arka plana karşı koyu renkli nesneler olarak öne çıkmasını sağlar. Aydınlık alan olarak adlandırılan bu tür aydınlatmayı yaratmak için, ışık karşıt yüzeylerin yüzeyinden yansıyana kadar pırlantayı eğmeniz gerekir. Çoğu pırlantanın içinde izler bulunur ve pırlantayı inceleyebilmek için ışık kaynağının bir yüzeye dik olarak gelmesi gerekir [24, 25, 26 ,27, 28].

Bu, bir fasetten taşa bakmanıza yardımcı olur. Eğer yüzeyini incelemek için pırlantayı ışık yüzeyden yansıyana kadar açı ile bakılması gerekir. Taşları incelemenin bir diğer yöntemi ise pasta dilimlerine ayırmaktır. Bir noktaya odaklandığınızda, bu noktanın üstünde ve altında belirli bir mesafedeki herhangi bir şey net ve keskin olacaktır. Bu mesafeye alan derinliği denir. Büyütme oranı arttırdıkça, alan derinliği daha da azalır. Konumu belirlemek için odağı ve alan derinliğini kullanabilirsiniz. Bir izin, elmasın içinde ne kadar derin olduğunu belirlemek için yansımasına bakmak gerekir. Taş içindeki yansıması ne kadar yakınsa, iz yüzeye o kadar yakındır. İz ve yansıması temas ediyor gibi görünüyorsa, bu izin yüzeyden taşın içine uzandığını gösterir. Aslında aynı katmanın yansımalarına bakarken birden fazla iz gördüğünüzü düşünebilirsiniz. Bunu kontrol etmek için taşa başka bir yönden bakmanız gereklidir. Bakış açısının değişimi genellikle yansımaları ortadan kaldırır ve yalnızca bir tane iz olduğunu kanıtlar. Kontrol etmenin bir başka yolu, çoklu izlerin aynı görünüp görünmediğini görmektir. Bu neredeyse her zaman fasetten yansımalar anlamına gelir. Herhangi bir izin tamamen aynı

görünmesi pek olası değildir. Taşı doğru pozisyona getirdiğinizde herhangi bir özelliği yansıtmaya zorlayabileceğinizi unutmayın. Netliği derecelendirirken, pırlantanın tablası yukarı bakarken görünen yüzeyler önemli olanlardır. Mikroskop çoğu karakteristiği belirlemek, tanımlamak ve derecelendirme işlemini daha verimli kılmak için kullanır. Ayrıca, bir özelliği doğru şekilde tanımlamak ve belgelemek için bazen daha fazla büyütmek gerekir [24, 25, 26 ,27, 28].

Değerlendirme sırasında aşağıdaki sıralama uygulanır.

- Pırlantanın bez ile iyice temizlenmesi gerekir.
- Taş tutma çifti ve 10X lup kullanılır.
- Taş yüzü yukarı bakacak şekilde tabladan bakılarak karanlık alan aydınlatmasıyla incelenir.

Sonrasında taşın kemer etrafındaki izleri ve lekeleri kontrol edilmelidir. Netlik derecesi belirlendiği zaman, pırlanta hakkındaki ilk izlenimler çok önemlidir.

- Pırlantaya farklı açılardan görebilmek çok önemlidir. Tabla pasta dilimlemesi yapılması gerekir taş tablası dörde bölünerek her seferinde dörtte birlik bölüm değerlendirilir.
- Sonrasında pırlanta tablasının ters yönünden ve külaha dik olarak bakılır. İlk olarak, külah yüzeyinden başlayarak incelenir ve ardından, kalan kısımları kontrol etmek için pırlantanın fasetleri incelenir.

Bir pırlanta incelediğinde, her bir iz özel isimler ile tanımlanır. İçsel izlerin kategorileri vardır. Bazıları tamamen pırlanta içine yer almaktadır ve diğerleri de taşın yüzeyinden içeriye doğru uzanır. Yüzeye ulaşan izler, oluşum sırasında, kesim aşamasında ya da biçimlendirildikten sonra elmasın zarar görmesi sonucu oluşabilir [24, 25, 26 ,27, 28].

2.5.4.1. İçsel izler

İçsel izler; bir kristal (Xtl), bir elmasın içerdiği bir mineral kristaldir.

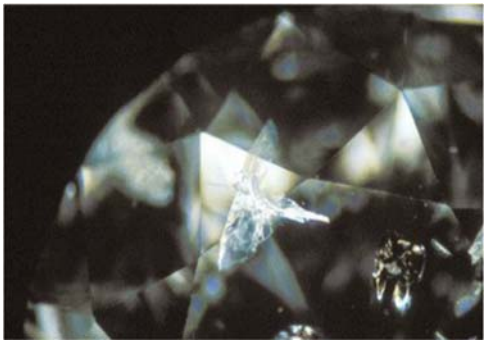
Elmaslarda bulunabilecek 24 farklı mineral kristalinden en yaygın olanları küçük elmas kristalleridir, ancak olivin ve bazen de garnet kristalleri görebilirsiniz. Kristaller hemen hemen her boyutta, renkli veya renksiz olabilir. Tek başına veya gruplar halinde de oluşabilirler. Önce kristaller, sonra onların etrafında elmas oluştuğu için koyu kristallere "karbon lekeleri" de denebilir [24, 25, 26 ,27, 28].

Bir iğne ucu (Ndl) 10X mercek ile büyütmede minik bir çubuğa benzeyen uzun ve ince bir kristaldir. Bir iğne ucu beyaz, parlak veya koyu görünebilir. İğne uçları genellikle gruplar halinde oluşan uzun, ince kristallerdir [24, 25, 26 ,27, 28].

Bir nokta (Pp) küçük bir noktaya benzeyen, genellikle beyaz olan çok küçük bir kristaldir, ancak bazen koyu da olabilir.

Bulut (Cld), sıkıca gruplandırılmış çok sayıda noktadan oluşur. Noktaları tek tek ayırt etmek çok zor olabilir, ancak birlikte puslu beyaz veya gri lekeler gibi görünürler. Bazı bulutlar küçük, bazıları taşın içine yayılabilir. Bazı bulutlar hafif bir sis gibi görünürken, diğerleri yoğun ve neredeyse görülmesi imkansızdır. Bir bulut büyük ve yoğunsa, pırlantanın saydamlığını ve dolayısıyla parlaklığını ve güzelliğini azaltabilir [24, 25, 26 ,27, 28].

Atıklar, kristal büyümesindeki düzensizliklerden kaynaklanır. Görünümü, çizgiler, açılar veya eğriler biçimini alabilir ve beyazımsı, renkli veya yansıtıcı olabilir. Taşın bir kısmına veya tümüne puslu bir doku verebilir ve şeffaflığını etkileyebilir. Ayrıca, taşa yerleştirilmiş ince bir yansıtıcı plastik levha veya ince beyaz veya renkli çizgiler gibi görünebilir. Şekil 2.45'te pırlanta içsel izlerinin incelenmesi görülmektedir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.45: Pırlantanın içindeki izlerin incelenmesi [3].

2.5.4.2. Yüzeysel izler

Bazı izler pırlantanın yüzeyine ulaşır veya yüzeyden taşa doğru uzanır.

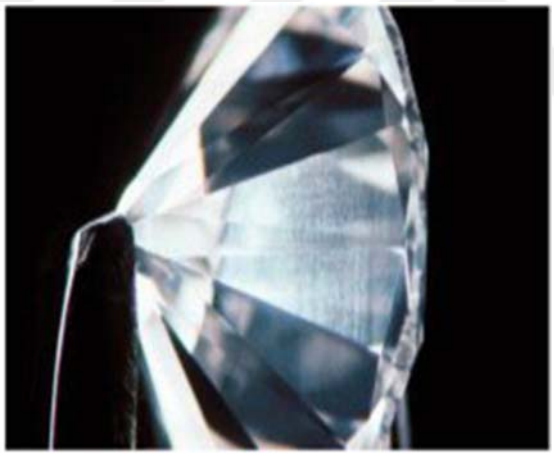
Tüy (Ftr) bir elmasın kırılması için genel bir terimdir. Bölünme düzleminde meydana gelen bir kırılmadır. Bir veya daha fazla elmasın dört oktahedral düzlemi boyunca zayıf bir kristal yönüdür. Tüy, görüntüleme yönüne bağlı olarak parlak ve beyaz, parlak veya saydam

görünebilir. Bazı tüyler ışığı yakalar ve taşı salladığınızda şeffaftan aydınlığa doğru yanıp söner [24, 25, 26 ,27, 28].

Bir kanal (EC), pırlantanın yüzeyinde başlayan ve içine uzanan açısal bir açıklıktır. Düz veya kavisli, sığ veya derin olabilir ve çoğunlukla dik çizgilere sahiptir

Bir yonga (Ch), kuşak kenarına, faset bağlanma yüzeyindeki sığ bir açıklıktır.

Bir boşluk, tüyün bir kısmı koptuğunda veya bir kristalin düştüğü veya zorlandığı zaman, tipik olarak girintili bir doğal (IN) parlatma esnasında ortaya çıkan, orijinal kristal yüzeyinin bir kısmı olan, bir boşluktur veya cilalı pırlanta yüzeyinin altına dalan bir boşluk. Orijinal yüzey, üçgenler veya paralel oluklar gibi büyüme işaretlerine sahip olabilir. Çentikler, oyuklar ve girintili doğal izler birbirinden ayırt etmek zor olabilir. Şekil 2.46'da Pırlanta işlenirken oluşan yüzeysel izlerin resmi verilmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.46: Pırlanta işlenirken oluşan yüzeysel izler [3].

Lekeler veya dış netlik özellikleri, aşınma veya kesme işleminden kaynaklanabilir veya kristal yapının bir sonucu olabilir.

Bir nick (Nck), bir faset kesişme yerlerindeki küçük bir çentiktir, genellikle kemer kenarı boyunca veya çıkıntıda meydana gelir. Çentikler tipik olarak, elmasın aşınmaya maruz kalabileceği kemer kenarında meydana gelir [24, 25, 26 ,27, 28].

Aşınma (Abr), bir faset kesim noktası boyunca bir dizi çizik veya çukurlardır. Kesim yerlerine beyaz veya bulanık bir görünüm verir.

Bir çizik (Scr), pırlantanın yüzeyindeki ince, mat, beyaz bir çizgidir. Şekil 2.47'de pırlanta yüzey çizikleri örneği verilmiştir.



Şekil 2.47: Pırlanta yüzey çizikleri örneği [3].

Fazladan bir faset (EF), kesim stilinin gerektirmediği bir fasettir. Fazla yüzeyler pırlantanın herhangi bir yerinde ortaya çıkabilse de en sık kemerde bulunurlar.

Cila aşamasında, ince, küçük, paralel oluklar oluşur. Bu oluklara cila çizgileri (PL) adı verilir. Herhangi bir faset üzerinde olabilirler, ancak faset kesişim yerlerinden geçemezler. Bitişikteki cila çizgileri elmaslarda farklı yönlerde ilerler [24, 25, 26 ,27, 28].

Yanık (Brn) parlatma sırasında oluşan puslu bir yüzey alanıdır.

Bir taşı çok hızlı parlatmak, cila olacak fasetleri yakabilir, beyazımsı bir film gibi, bulutlu veya buzlu bir görünüm yaratabilir. Herhangi bir fasetin bir kısmında veya hepsinde yanma görebilirsiniz. Parlatma çizgileri gibi, taşların diğer tarafından görmek genellikle daha kolaydır [24, 25, 26 ,27, 28].

Kalın kemer (RG), düzensiz, çukurlu veya granül yüzeyi belirtir. İyi işlenmiş kemer, buzlu cam bir dokuya sahip, pürüzsüz ve balmumu görünümündedir. Kalın kemer, bir şeker küpünün yüzeyi gibi, kalın görünmektedir [24, 25, 26 ,27, 28].

Çukur, genellikle küçük beyaz bir çukurdur. Çukurlar genellikle parlatma işlemi sırasında pırlanta noktasından çekildiğinde ortaya çıkar.

Bir lazer izi (LMR), lazer ile kesim aşamasında yaratılan bir karakteristiktir. Genellikle bitmiş bir pırlanta yüzeyinde kalan işaretlemedir. Bazen, lazer, elmasın içine nüfuz ederek iç veya yüzeye ulaşan bir kırılmaya neden olur [24, 25, 26 ,27, 28].

Doğal izler (N), elmasın orjinal yüzeyinin veya taş üzerinde kalan kısmıdır. Doğal izler, kristalin bir kalıntısı olduğundan, bazen büyüme izleri gösterir ve genellikle düzensiz bir yüzeye sahiptir. Bir kesici ağırlıktan tasarruf etmek için doğal bir izi bıraktığında, etkili bir kesim işareti olarak kabul edilir [24, 25, 26 ,27, 28].

Yüzey pürüzlendirmesi (SG), bitmiş bir pırlanta yüzeyindeki bir veya daha fazla saydam çizgiden oluşur. Pırlantanın kristal yapısındaki düzensizliklerin görünür bir göstergesidir.

Cilalama hatlarından farklı olarak, yüzey taneciği faset içindeki yönü değiştirebilir, faset bağlantılarını geçebilir veya cilalama hatalarından farklı bir yönde akabilir. Yüzeyi parlatmak neredeyse ortadan kaldırılır çünkü bir elmasın çarpık kristal yapısının bir parçasıdır [24, 25, 26, 27, 28].

2.5.5. Berraklığı Değerlendirme

Netlik karakteristiğinin bir taşın görünümü ve kalitesi üzerindeki genel etkiyi belirler. Bu faktörler:

- Boyut
- Numara
- Konum (konum)
- İz ve taş arasında oluşan kontrast
- Doğallık

Bazen bir faktör netlik derecesinde diğerlerinden daha fazla fark yaratır. Ama her zaman aynı değildir. Her bir faktörün nispi önemi, pırlantadan pırlantaya değişir ve izlerin yeri belirleyici faktördür. Uzmanlar, bir pırlantanın berraklık derecesini belirlemeden önce birçok faktörü göz önünde bulundurur. Bu elmasın büyük, parlak tüylerinin ve merkezi konumdaki kristallerinin birleşik etkisi, düşük dereceli bir ürün verecektir. Genel olarak, izlerin alanı ne kadar büyük ve gözle görülebilir ise, elmasın berraklık derecesi o kadar düşük olacaktır. Ayrıca, elmasın boyutu da göz önünde bulundurulur [24, 25, 26 ,27, 28].

Farklı büyüklükteki içsel izler var ise büyük izler genellikle sınıfı belirler. Diğer tüm faktörler eşit olduğunda, gördüğünüz daha fazla iz veya yansımalar netlik derecesi üzerindeki etkiyi belirler. Şekil 2.48'de pırlantanın içerisindeki doğal izler, büyüklükleri ve konumları

verilmiştir. Yuvarlak ışıltıdaki büyük düğüm (solda) taşın berraklık derecesini zümrüt kesim tabla altındaki küçük kristalden çok daha fazla etkiler (sağda).



Şekil 2.48: Pırlanta içerisindeki doğal izler, büyüklükleri ve konumları [3].

Şekil 2.49'da daha fazla içsel iz içeren ve daha az iz içeren taş kıyaslanması verilmiştir. Çok sayıda iz veya yansıma içeren bir elmas (solda) genellikle birkaç küçük görünür netlik özelliğine (sağ) sahip olandan daha düşük netlik derecesine sahiptir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.49: Daha fazla iz içeren ve daha az iz içeren taş kıyaslaması [3].

Kusursuz (FL) bir elmas, mercek altında incelendiğinde hiçbir iz ve leke göstermez.

İçsel kusursuz (IF) elmaslar, sadece 10X büyütme altında incelendiğinde önemsiz yüzeysel lekeleri gösterir. Bir IF elmasın içsel kusuru bulunmaz ancak üzerindeki lekeler çok küçük bir yeniden işlem yapılarak giderilebilir [24, 25, 26 ,27, 28].

Çok hafif iz içeren (VVS1 ve VVS2) pırlantaları ait izleri mercek altında görmek zordur. Bir VVS1 elmasın içerdiği izleri tabladan görünmesi oldukça zordur veya sadece yıldız fasetleri arasında görülebilirler. VVS2'de izler biraz daha görünür hale gelir. Minik tüyler veya oyuklar gibi yüzeyde ulaşan izler, boyutlarına ve tabladan görünürlüklerine bağlı olarak notu VVS1

veya VVS2 olarak belirlenebilir. Şekil 2.50'de VVS1 pırlanta incelemesi verilmiştir [24, 25, 26, 27, 28].



Şekil 2.50: VS1 pırlanta incelemesi [3].

Çok az iz içeren (VSI ve VS2) taşları, mercek altında görmek yine zordur. VS1 ile biraz daha kolay tespit edilen VS2 arasında değişen küçük izler içerir. Her tür izi görmek mümkündür. Beş netlik faktörü göz önüne alındığında, not genel görünürlüklerine bağlıdır. Notu belirleyebilecek tipik izler arasında küçük kristaller, belirgin bulutlar, tüyler, oyuklar veya girintili doğal izler gibi yüzeyde oluşan küçük kusurlar bulunur. Şekil 2.51'de VS2 pırlanta incelemesi verilmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.51: VS2 pırlanta incelemesi [3].

Hafif içeren SI1 ve SI2 elmasları, tablaları altında bulutlar ve kristaller gibi gözle görülür içsel izlere sahiptir. SI taşlar, görülmesi kolay veya çok kolay göze çarpan kusurlar içerir. Beş netlik faktörünün tümü dikkate alındığında, not genel görünürlüğüne bağlıdır. Notu belirleyebilecek tipik kusurlar kristaller, tüyler, bulutlar içerir. Şekil 2.52'de SI1 ve SI2 pırlantalarına ait resimler verilmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.52: Soldan sağa doğru SI1 ve SI2 berraklığa sahip pırlantalara ait resimler [3].

Çıplak gözle görünen izlere sahip I1, I2 ve I3 aralığına giren pırlantalar açıkça görülebilen izler içerir. Bu izler tabladan bakıldığında çok nettir. Taşın dayanıklılığını ciddi şekilde etkilerler. Şekil 2.53'te I1, I2, I3 pırlantalara ait ait resimler verilmiştir [24, 25, 26 ,27, 28].



Şekil 2.53: I1, I2 ve I3 pırlantaya ait resimler [3].

2.6. ÇÖZÜNMÜŞ HAVA FLOTASYONU, (ÇHF)

Çözünmüş hava flotasyonu (ÇHF) 1900'lü yıllarda cevher zenginleştirme yöntemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. İlk defa 1884 yılında Kitchenerin bir sistem içerisinde bulunan suya farklı atmosfer basıncındaki hava kabarcıklarını doyurarak yaptığı çalışmaları 1907 yılında H. Noris geliştirmiştir [29].

1970'lerden sonrasında ise Çözünmüş Hava Flotasyonu yöntemi etkili bir katı-sıvı ayırma yöntemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem çoğunlukla endüstriyel atık suların arıtımı ve mineral endüstrisinde kullanılmaktadır. Gravite yöntemine kıyasla çözünmüş hava flotasyonu'nun avantajları:

- Daha kısa flokülasyon (çok ince tanecikli olduğu için çökeltilemeyen katı taneciklerin, uygun maddeler katarak bir araya yaklaştırıp, büyüterek çöktürme işlemi) süresi,
- Yüzeysel yükleme hızının daha yüksek olması,

- Su kalitesinin daha iyi olması ve kullanılan filtre ömrünün daha uzun olması,
- Koagülant (topaklayıcı olarak kullanılan kimyasal maddeler) kullanımını düşürdüğü için kullanılan kimyasal madde maliyetini de düşürmektedir.
- Su sıcaklığı düştükçe suyun netliği ve rengin berraklığı daha da yükselmektedir.
- Küçük havuzlar kullanılabildiği için işletme maliyetlerinde düşüş sağlamaktadır,
- Sistemden ayrılan çamur katısı miktarı daha yüksek olduğu için susuzlaştırma maliyetinin düşük olması şeklinde sıralanabilir [29].

Çözünmüş hava flotasyonu yöntemi büyük oranda atık suların arıtımı için uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde hava, yaklaşık 30-60 psi basınç altında süspansiyon içinde çözünmektedir. Yedi dakika süresince 10-100 μm boyutları arasında değişen hava kabarcıkları sistem içerisinde çözünmektedir [29].

2.6.1. Çözünmüş Hava Flotasyon Mekanizması

Hava; oksijen ve nitrojenden oluşan bir gaz karışımıdır. İçerisinde %1'den daha az miktarda argon ve karbondioksit gibi diğer gazlar bulunmaktadır. Deneylerde diğer gazların miktarının az olmasından dolayı sadece hava içerisinde oksijen ve nitrojen içerdiği varsayılarak uygulama yapılır. Hava içerisinde bulunan gaz miktarları Tablo 1'de verilmiştir [30].

Tablo 1: Hava içerisinde bulunan gazların hacimce % değerleri.

Atmosferik Hava Bileşimi (CRS)	Hacimce (%)
Nitrojen	78,084 ± 0,004
Oksijen	20,946 ± 0,002
Argon	0,934 ± 0,001
Karbondioksit	0,033 ± 0,001
Diğer gazlar	0,003

Çözünmüş hava flotasyonu yönteminde, katı, sıvı ve gaz fazlar birlikte uygulanır. Sıvı içerisinden gaz fazın geçirilerek çözünmesi Henry kanunlarına göre uygulanır. Gazların 20°C ve 760 mmHg basıncındaki su içerisindeki çözünürlükleri Tablo 2'de verilmiştir [30].

Tablo 2: Gazların 20°C ve 760mmHg basıncındaki su içerisindeki çözünürlükleri.

	ml gaz / ml H_2O	gr gaz / gr H_2O
Azot	0,015	0,0019
Oksijen	0,031	0,0048
Hidrojen	0,018	0,00016
Karbondioksit	0,88	0,17
Karbonmonoksit	0,023	0,0028
Hava	0	1,87
Hidrojen sülfür	2,58	0,38
Kükürtdioksit	39,4	11,28

Havanın yoğunluğunun sıcaklığa göre değişimi ise Tablo 3'te incelenmiştir. Çözünmüş hava flotasyonunda hava 30-80 psi basınç altında, su içinde serbest hale geçen hava kabarcıkları karşılaştıkları taneciklere yapışarak onların da yükselmelerine sebep olur. Katı-hava kabarcıklarının çapları küçük olduğundan (30-120 μm) yükselme hızları Stokes kanunu uygulamalarına göre yapılır [30].

Tablo 3: Sıcaklığa göre hava karakteristikleri.

Sıcaklık (°C)	Hacimce Çöznürlüğü (mL/L)	Ağırlıkça Çözünürlüğü (mL/L)	Yoğunluk P (g/L)
0	28,8	37,2	1,293
10	23,5	29,3	1,249
20	20,1	24,3	1,206
30	17,9	20,9	1,166
40	16,4	18,5	1,130
50	15,6	17,0	1,093
60	15,0	15,9	1,061
70	14,9	15,3	1,030
80	15,0	15,0	1,000
90	15,3	14,9	0,974
100	15,9	15,0	0,949

2.6.2 Çözünmüş Hava Flotasyon Sistemi

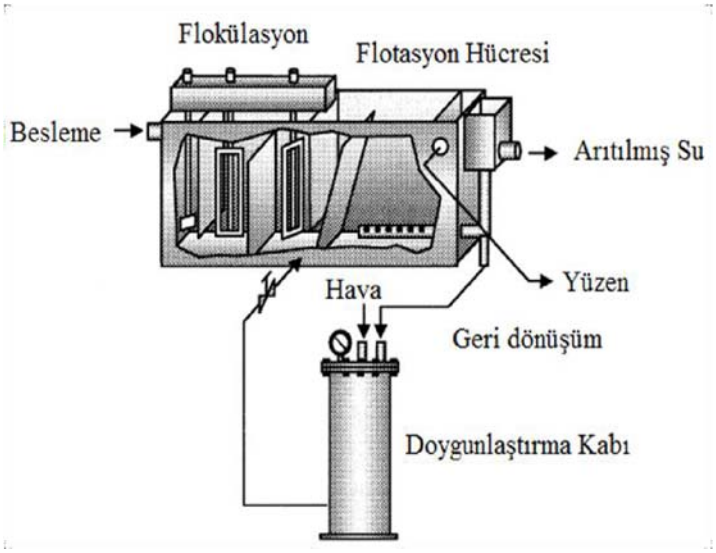
Çözünmüş hava flotasyonu taşıyıcı faz olarak mikro kabarcıkların kullanıldığı katı-sıvı veya sıvı-sıvı ayırma süreçlerinin çok iyi şekilde uygulandığı bir yöntemdir.

Yöntemde hava, suya uygulanan 30-60 psi arası basınç altında su içerisinde yedi dakika çözündürülür ve bu süre zarfında sistem içerisindeki su hava ile doyurulur. Daha sonra sistem üzerindeki basınç kaldırılır ve sistem vanası açılarak sistemdeki su katı sıvı karışımı olan hazneye verilir ve su ve hava karışımı içerisindeki hava kabarcıkları hazne içinde dağılarak katı tanelere yapışır ve flotasyon işlemini sağlar.

Flotasyon süreçlerini iyileştirmek için çoğunlukla kimyasallar kullanılır. Kimsayal maddeler hava kabarcıklarını yakalayarak yüzey veya yapıtaşı oluştururlar.

Çözünmüş hava flotasyonunda sistemin verimliliği için ön arıtma süreçleri çok önemlidir. Parçacıkların tane boyutlarının ayarlanması ve küçük flokların flotasyonunun gerçekleştirilmesi için kabarcık, flok arasında etkili çarpışma sağlanır. Ön arıtmada seçilen koagülant madde seçimi, uygun pH, flokülasyon zamanı, su kalitesi ve suyun sıcaklığı flotasyon verimliliği için çok önemlidir.

Flotasyon sürecinde; hava kabarcığı oluşumu, hava kabarcığı boyutu, kabarcık-partikül etkileşimi ve geri devir oranı önemli parametleri oluşturur. Şekil 2.54'te ÇHF sistem şeması görülmektedir.



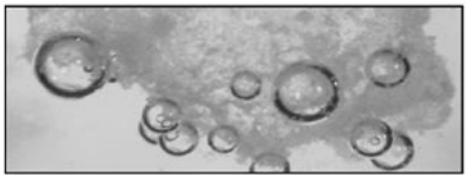
Şekil 2.54: ÇHF Sistemi.

2.6.3. Taneler ve Mikro Kabarcıklar Arasındaki Etkileşimi Kapsayan Mekanizmalar

Çözünmüş hava flotasyonu sisteminde hidrofobikliğin ön koşul olup olmadığı incelemiş ve endüstride atık ya da atık sudan elde edilen katıların flotasyonunun verimini arttırmak amacıyla çözeltiye yüzey aktif reaktifleri eklemek için uygun bir uygulama olmadığı anlaşılmıştır. Bu hidrofilik katıların mikro kabarcık flotasyonunun, flokların yapılarındaki kabarcıkların fiziksel yakalama yoluyla mümkün olduğunu ve tane agregasyonu çözünmüş hava flotasyonu yoluyla katı-sıvı ayırmada önemli bir faktör olduğu anlaşılmıştır [31, 32].

Çeşitli polimerik flokülant ve sürfaktanların varlığında silika ve kuvars ile yapılan çalışmalarda, mikro kabarcıklar ile flotasyonun kuvars-çözelti ara yüzeyinde sadece sürfaktan adsorpsiyonu varlığında mümkün olduğu ortaya konmştur. Bunun yanında hidrofobik kuvvetler ile ortak adezyondan başka, kabarcık-tane etkileşiminin mekanizması olan mikro kabarcık ile flotasyonunda şunlar önerilmiştir;

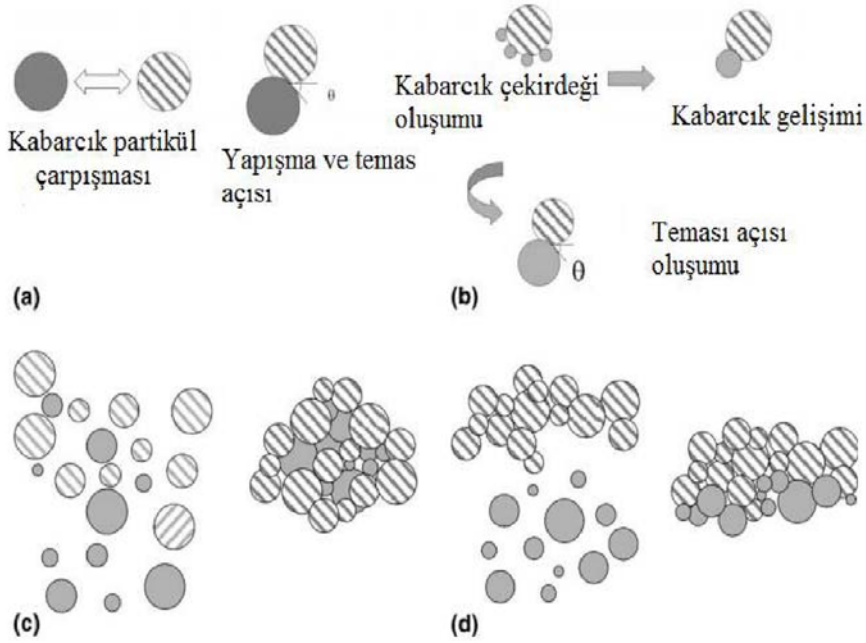
- Katı yüzeyinde çekirdekleşme oluşması. Su içinde çözünmüş havanın bir kısmı nozüldeki (gaz sıkıştırma ucu) kabarcıkların içinde dönüşemediğinden çözelti içinde ve tane yüzeylerinde çekirdekli olarak kalır. Bu durumda katı-sıvı ara yüzeyinde kabarcık çekirdekleri büyür. Bu mekanizma, yüzey hidrofobikliğinde bağımsızdır ve hidrofobik tanelerin flotasyonu için uygun koşul sağlayabilir. Örneğin kolektör olmadan mikro kabarcık ile flotasyon veya çözünmüş hava flotasyonu ile hidrofilik demir hidroksitin flotasyonu uygulamaları gösterilebilir.
- Havayla doyan flok oluşumu ya da flokların içinde fiziksel yakalanma ya da kabarcık girişi ve demir hidroksit floklarının içinde kalmasıyla oluşur. Sonuç olarak, kabarcık-tanelerin toplanma yoğunluğu büyük ölçüde azalır. Bu olay çok iyi bilinir ve son zamanlarda iyi bir şekilde araştırılmaktadır.
- Yükselen kabarcıklar Şekil 2.55'te olduğu gibi agregatları sürükler. Bu, kabarcıklar ile fiziksel tanelerin taşınması sağlanır ve kabarcık boyut dağılımı ya da hidrodinamiklerin üzerine esas olarak bağlıdır.



Şekil 2.55: Yükselen kabarcıklar ile agreganın fiziksel sürüklenmesi [31, 32].

Aşağıdaki şekil 2.56'da "a" ve "b" mekanizmaları, iri kabarcıklardan ziyade, sadece mikro kabarcıklar ile oluşurlar. Çözünmüş hava flotasyonunda neden kollektör ya da köpük olmadan gerekli olduğu ve neden kalın ve istikrarlı yüzer tabakanın flotasyon hücresinin en üstünde oluştuğunu açıklar. Yükselen vektörel hız, tane (agregat) yoğunluğunun üzerine ya da flokların içindeki yakalanan kabarcıkların üzerine büyük ölçüde bağlıdır. Mineral işleminde, yüzey çekirdeklenmesi ya da sürüklenmesiyle flotasyonu hidrofilik ya da hidrofobik tanelerin doğasıyla birlikte bağımsız bir şekilde oluşabilir ve gang mineralleri çok küçükse, bu seçici olmayan flotasyona sebep olacaktır [31, 32].

Bununla birlikte, hidrofobik taneler ve mikro kabarcık arasındaki etkileşimler, genellikle yüksektir ve hidrofilik taneler diğerine göre daha seçicidir. Şekil 2.56'da gösterilen tutulan kabarcık ve partikül arasındaki temas açısı kabarcıklarla partiküllerin flotasyonunu tanımlamakta kullanılır. ÇHF'de kabarcık oluşma mekanizması; (a) partikül-kabarcık çarpışma ve yapışması, (b) partikül yüzeyinde kabarcık teşekkülü, (c) küme içerisinde mikrokabarcık yakalanması, (d) kümelerle mikrokabarcıkların yakalanması ve temas açısı yeterli büyüklükte olmalıdır ve daha büyük temas açısı hidrofobikliği ve iyi yapışmayı sağlar. Temas açısının büyüklüğü aynı zamanda kabarcık ve partiküllerin boyutuna da bağlıdır [31, 32].



Şekil 2.56: ÇHF'de kabarcık oluşma mekanizması [31, 32].

2.6.4. Hava Kabarcığı Oluşumu ve Boyutu

Hava ile doyurulan su ve geri devir suyu valflar veya özel olarak dizayn edilmiş püskürtücülerle flotasyon tankına verildiğinde 100 μm'den daha küçük kabarcıklar oluşur. Kabarcık oluşumu, çekirdeklenme ve gelişme olarak iki aşamalı bir süreçtir. İlk aşama püskürtücüde basınç azalmasından sonra kendiliğinden başlar ve aşırı doygun suda kabarcık çekirdeklenmesi olarak görülür. Doyurulan sudan aşırı hava, çözünmüş fazdan gaz fazına geçtikten sonra ikinci aşama olan kabarcık gelişimi ile devam eder. Bu aşama süresince toplam hava hacmi sabit kalır ama kabarcıkların flotasyon tankı boyunca yükselmelerine bağlı olarak hidrostatik basınç azalır ve birleşmeyle kabarcıklar gelişir Suyun havaya tamamen doyduğu sistemlerde serbest enerji değişimini minimize eden termodinamik prensibe göre ağızlık içerisinde büyük basınç farklı kabarcık tanesinin kendiliğinden oluşumuna sebep olur [33, 34].

Hava ideal olarak düşünülürse homojen çekirdeklenme için hava kabarcıklarının kritik çapı denklem 2.1'de verilmektedir.

$$(dcb): dcb = \frac{4\lambda}{\Delta P(1)40} \tag{2.1}$$

Burada;

γ = Yüzey gerilimi
Δ = Ağızlık içerisindeki basınç değişimi

Çözünmüş hava flotasyonu sistemlerinde tercih edilen kabarcık boyutları 90-100 μm aralığında stabil bir durumun sürdürüldüğü şartlar tercih edilir. Stabil durum doygun basınca ve enjeksiyon akış hızına göre değişir. Sıvı içerisinde yüksek basınçta düşük basınçtan daha fazla gaz çözünür. Yüksek basınçta aşırı çözünmüş gaz, basınç azaltıldığında çözeltiden çıkması gerektiği anlamına gelir. Basınç arttırıldığı zaman mikro kabarcıklar için tane boyutu küçülür ve kabarcık sayısı artar. Büyük hava kabarcıkları laminer akış şartlarını aşabileceği ve flok kırılmasıyla zayıf bir verime neden olacağı için kabarcık boyutu flotasyon süreçleri için çok önemlidir. Büyük kabarcıklar, kabarcık sayısında azalmaya da sebep olurlar [33, 34].

Oluşan mikrokabarcıkların yükselme hızı büyük kabarcıklardan daha düşük olduğundan önemlidir. Yükselme hızının düşük olması, kabarcık ve partikül arasında çarpışma için daha

elverişlidir. Böylece flotasyon tankında kabarcık-partikül teması daha iyi sağlanır. Flotasyon tankında mikrokabarcıkların oluşumu için 400-600 kPa'lık doyurucu basıncı gerekir [33, 34].

2.6.5. Flotasyon Sistemlerinin Tasarımı

Flotasyon sistemlerinin tasarımı geçmişteki tecrübelere göre ya da laboratuar çalışmaları sonucu bulunan tasarım değerlerine göre yapılır. Flotasyon sistemlerinin tasarımında önce pilot tesis veya laboratuar ölçeğinde model çalışmalarına gerek duyulur. Tasarımda esas alınacak tasarı kriterlerini ve parametreler aşağıdaki gibidir:

- Hava-katı madde oranı,
- Flotasyon ile giderilecek maddelerin sudaki yükselme hızı (yüzeysel hidrolik yük),
- Geri devir oranı,
- Flotasyon havuzunda suyun hidrolik kalış süresi (bekleme süresi),
- Yüzeysel katı madde yükü,
- Atık su debisi ve basıncı
- Çıkış suyunda istenen yağ ve askıda madde derişimi,
- Köpüğün yüksekliği,
- Flotasyon ünitesindeki su derinliği.

2.6.6. ÇHF Prosesinin Kullanım Alanları

Çözünmüş hava flotasyonu atıkların geri kazanımında, değerli iyonların (Au, Pd, Ag, Pt) geri kazanımında ve içme sularının iyileştirilmesinde kulanılabilir. Kirletici petrol sızıntısını ya da emülsiyonları, ağır metal iyonlarını, kolloidal çökeltileri, atık organik kollektörleri ve köpürtücüleri uzaklaştırarak sıvı atıkların arıtılmasında da kullanılabilir [35, 36, 37, 38, 40].

2.6.7. ÇHF Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları

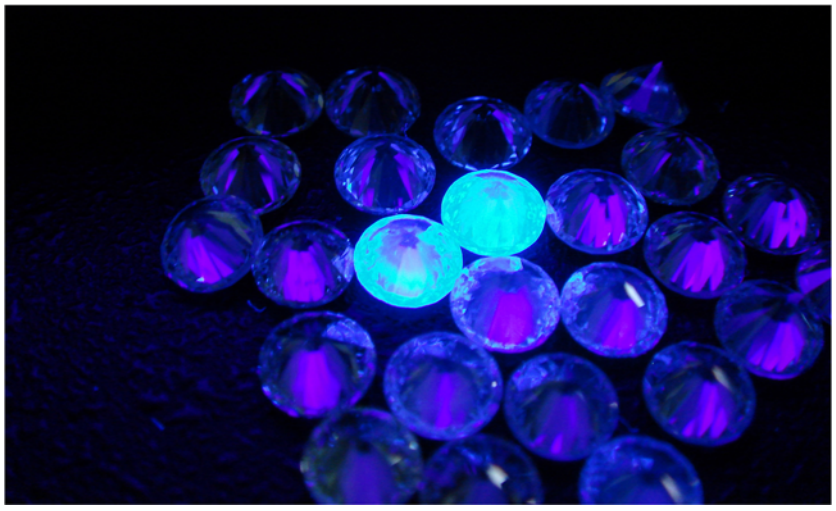
Çözünmüş hava flotasyonu avantajları;

- Su kalitesinde iyi durulma (1<NTU),
- Kabarcıklarla suda bulunan uçucu katıların giderimi,
- Düşük yoğunluklu tesisler için yüksek yüzeysel yükleme hızı (>10m/s),
- Yüksek hidrolik yükte iyi bir alg giderimi (%50-%80),
- Kimyasal madde kullanımı azdır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Tanımı

Deneysel çalışmalar, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama ve Yüzey Kimyası Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda Hindistan'dan getirtilen 30 kırat yaklaşık 6 gr ağırlığındaki 1-2 mm tane boyutundaki pırlantalar öncelikli olarak saflık kontrolü yapılmak üzere QSPEQ Glis3000 marka cihaz ile floresans ve fosforesans ışık altında doğal ve sentetik pırlantalar saptanmıştır. Yapılan test sırasında iki adet sentetik pırlanta tespit edilmiştir. Sonrasında pırlantalar jeolog çekici ve sertleştirilmiş çelik havan ile tane boyutu -300 µm ve -100 µm boyutundaki elmas tozları haline getirilmiştir. Deneysel çalışmaların esasını teşkil eden Çözünmüş Hava Flotasyonu işlemleri OFITE marka basınç tankı, kompresör ve flotasyon hücresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1'de QSPEQ Gliss 3000 ile saptanmış doğal ve sentetik pırlantalar görülmektedir. Şekil 3.2'de -1000, -300 ve -100 µm tane boyutlu pırlantalar görülmektedir. Şekil 3.3'te 10X mercek ve mikroskop altında büyütülmüş pırlantalar görülmektedir. Şekil 3.4'te pırlanta tanelerini kırmak ve öğütmek için kullanılan jeolog çekici ve sertleştirilmiş çelik havan görülmektedir.



Şekil 3.1: QSPEC Gliss 3000 doğal ve sentetik elmas tespiti.



Şekil 3.2: -1000, -300 ve -100 μm tane boyutlu pırlanta numuneleri.



Şekil 3.3: 10X mercek altında büyütülmüş pırlantalar.



Şekil 3.4: Boyut küçültmede kullanılan jeolog çekici ve sertleştirilmiş çelik havan.

3.2. Yöntem

Çözünmüş hava flotasyonu deneylerinde kullanılan pırlanta tozlarının yapısal özelliklerinin bilinmesi, deneyler esnasında gösterdikleri davranışların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle pırlanta tanelerinin zeta potansiyeli ve temas açısı ölçümleri yapılmıştır.

3.3. Elektrokinetik Özelliklerin Belirlenmesi

Katı bir madde su içine konulduğu zaman, ortamda başka iyonlar bulunmasa bile, katı maddeden suya geçen iyonlar ve sudaki H^+ ve OH^- iyonları nedeniyle katı maddenin yüzeyi pozitif veya negatif işaretli bir elektrik yükü kazanır. Elektrik yüklü bir yüzey ile bunu çevreleyen ve çeşitli iyonları ihtiva eden çözeltinin birbirine nazaran hareketleri elektrokinetik olayları meydana getirir. Yüzey ve zeta potansiyeli, elektriksel çift tabaka, stern düzlemi, yaygın ve çift tabaka gibi olaylar elektrokinetiğin temel elemanlarıdır.
Her tane, potansiyeli tayin eden iyonlar nedeniyle, sıvı içerisinde bir elektrik yüküne sahiptir. Bu sayede, taneler birbirlerini iter veya çekerler [35, 36, 37, 38, 40].

Sıvı içerisinde, genel olarak katyonlar ve anyonlar bir denge halindedir. Tane yüzeyinde katyonlar en yoğun şekilde yer alırlar.

Tane yüzeyinden itibaren bir molekül kalınlığındaki tabakaya “Stern tabakası”; bu noktadan başlayıp anyon ve katyonların dengeye ulaştığı mesafeye kadar olan tabakaya “Yaygın tabaka (diffuse layer)’’ her ikisinin de birlikte oluştuğu sisteme ise “Elektriksel çift tabaka” denir.

Katı yüzeyinin ölçülebilen elektrik yüküne “elektrokinetik potansiyel” veya “zeta potansiyel (ζ)” adı verilir. Bu potansiyel, tane yüzeyinden bir molekül kalınlığı uzaklıkta bulunan ve Stern düzlemi olarak adlandırılan hayali kesme düzleminde ölçülebilen potansiyeldir. Zeta potansiyel değerini ölçmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler Mikroelekroforesis, Streaming Potansiyel, Elektroosmosis ve Sedimantasyon Potansiyelidir. Bu çalışmada kullanılan Mikroelektroforesis yöntemi aşağıda açıklanmaktadır [35, 36, 37, 38, 40].

Çevresi iyonlarla kaplanmış bir tanecik elektrik yüklü alana konulduğunda tane ve çevresindeki iyon grubu farklı yönlere hareket edeceklerdir. Bu olaya "elektroforesis" adı verilir. Bu yöntemde ölçülen zeta potansiyel değeri aşağıdaki denklem 3.1 ile yüzey potansiyeline dönüştürülebilmektedir [35, 36, 37, 38, 40].

$$\xi = \Psi 0e - K\Delta \quad (3.1)$$

Burada;

ξ, Zeta potansiyeli;

Ψ0, yüzey potansiyeli;

1/K, elektriksel çift tabaka kalınlığı;

Δ, kesme düzlemi kalınlığı

Ortamda sadece tanelerin olması durumunda, taneler yüklerine ve işaretlerine göre hareket edeceklerinden, bu hızdan yararlanılarak zeta potansiyel değerleri denklem 3.2 ile ölçülebilir.

$$\mu m = \frac{\varepsilon\varepsilon}{4\pi\eta} \quad (3.2)$$

Burada;

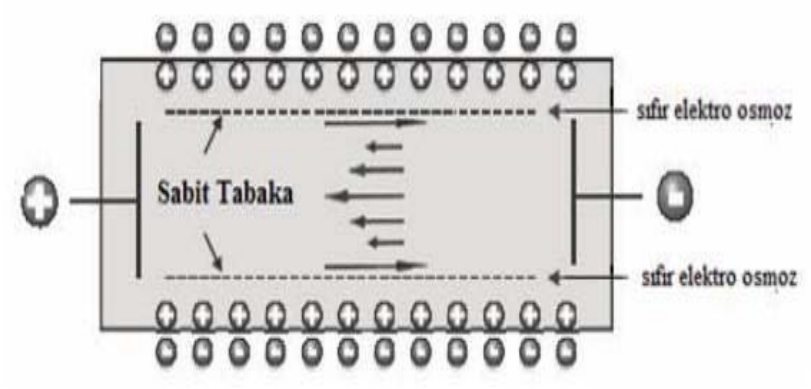
μ, Elektroforetik hız;

η, ortamın vizkozitesi;

ε, dielektrik sabiti (25°C'de su için 78,36)

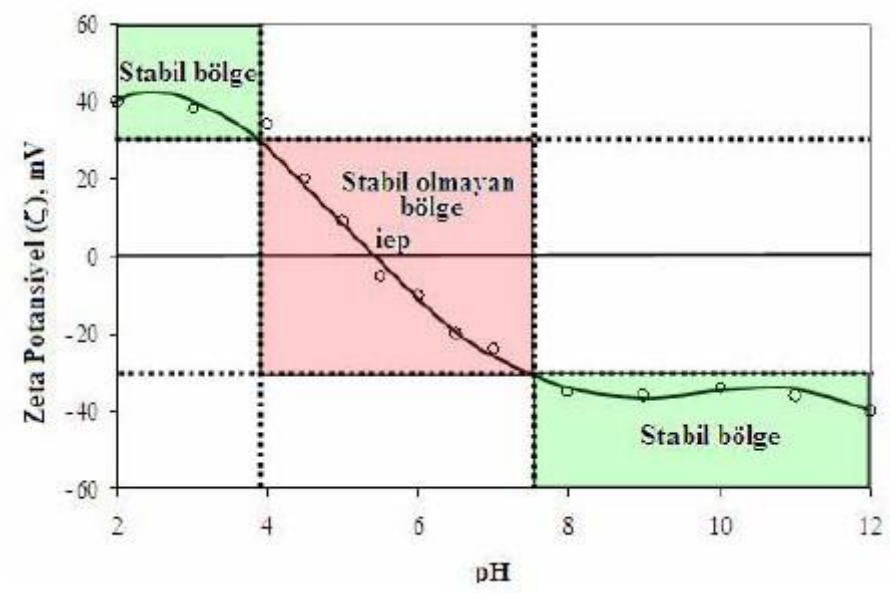
pH'nın bir fonksiyonu olarak çizilen zeta potansiyel değerlerinin oluşturduğu eğriye zeta potansiyel eğrisi adı verilir. Bu eğrinin pH eksenini kestiği noktada zeta potansiyel sıfır olmaktadır. Bu noktadaki pH değeri o malzeme için yükün sıfır olduğu nokta (syn) yani hareketin olmadığı pH değeridir. Bu noktaya sıfır yük noktası (iso electric point) yani eş yük noktası adı verilir.

Bir süspansiyon içindeki yüklü taneler dışarıdan verilen potansiyel farkına tepki gösterirler ve yüzey yükünün cinsine göre belli bir hız kazanırlar ki bu hıza elektroforetik hız denir. Taneler bu koşulda hareket ederken, elektriksel çift tabakadaki Stern tabakasında bulunan iyonlar da tane ile birlikte hareket eder. Zeta potansiyelinin ölçümü, tanelerin seyreltik bir çözelti içindeki elektroforetik hareketliliğini ölçerek hesaplanır. Şekil 3.5'te elektroforetik hareketlilik gösterilmiştir [35, 36, 37, 38, 40].



Şekil 3.5: Elekroforetik hareketlilik [40].

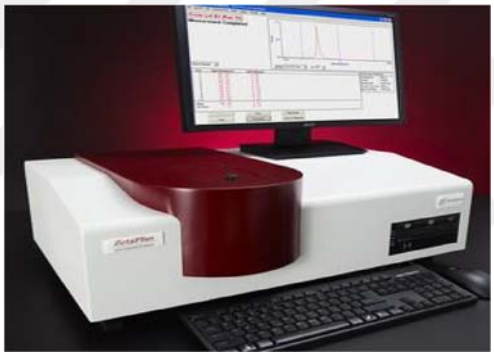
Zıt iyonlar içeren sistemlerde, yüzey potansiyelinin sabit kaldığı durumlarda zeta potansiyeli elektriksel potansiyelin değişim şiddetinin bir göstergesidir. Zeta potansiyelinin sıfır olduğu pH değeri izoelektrik noktası (isoelectric point, IEP) olarak adlandırılır. Hidrotasyona uğramış ve OH^- ya da H_3O^+ ile reaksiyon sonucu yüklenen yüzeyler için, pH'ın iep noktasından artması ya da azalması, başlangıçta zeta potansiyelinin değerini arttıracaktır. Ancak OH^- ya da H_3O^+'ın daha fazla ilavesi çift tabakayı sıkıştıracağından dolayı, zeta potansiyelinin azalmasına sebep olacaktır. Şekil 3.6'de stabil ve stabil olmayan bölgeleri de gösteren örnek bir zeta potansiyel grafiği verilmiştir [35, 36, 37, 38, 40].



Şekil 3.6: Zeta potansiyeli grafiği [40].

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen zeta potansiyel ölçümleri, mikro işlem donanımlı mikroelektroforesis yöntemi ile çalışan, voltaj ve tane hızını dikkate alarak, zeta potansiyel değerini otomatik olarak hesaplayabilen Brookhaven Zeta Plus cihazı ile yapılmıştır.

Ölçüm işlerinde gerilim, iletkenliğe bağlı olarak ayarlanmıştır. pH 2'den daha düşük ve 12'den daha yüksek pH değerlerinde iletkenlik yüksek olduğundan zeta potansiyel ölçümleri zorlukla yapılabilmiştir. Tüm deneylerde pH ölçümleri Hanna HI 221 marka pH metre ile yapılmıştır. Gerektiğinde pH ayarlayıcı olarak da 0,5 M HCl ile 0,5 M NaOH kullanılmıştır. pH'ya bağlı zeta potansiyel ölçümlerinde ölçüm öncesi ve sonrası pH değerleri ölçülerek, denge pH'sı olarak ölçüm sonrası pH değeri dikkate alınmıştır. Deneylerin oda sıcaklığında (25±2 °C) yapılmasına özen gösterilmiştir. Şekil 3.7'de Brookhaven Zetaplus marka zeta potansiyeli ölçüm cihazı görülmektedir. Şekil 3.8'de Hanna HI 221 marka pH metre cihazı görülmektedir [35, 36, 37, 40].



Şekil 3.7: Brookhaven ZetaPlus zetapotansiyeli ölçüm cihazı [40].



Şekil 3.8: Hanna HI 221 marka pH metre [40].

Temas açısı katı mineral yüzeylerinin ıslanabilirliğinin önemli göstergelerinden olup, temas açısı ile minerallerin flotasyonla yüzebilirliği arasında yakın bir ilişki vardır. Temas açısı ölçüm

yöntemlerini genel olarak, düz ve pürüzsüz yüzeylerin kullanıldığı yöntemler ve belirli bir şekli olmayan tanelerin kullanıldığı yöntemler olarak iki gruba ayırmak mümkündür [35, 36, 37, 38, 40].

Belirli şekli olmayan ve küçük boyutlu tanelerin temas açısını doğrudan ölçmek mümkün değildir. Bu özellikteki numunelerin temas açısının ölçülmesinde kullanılan yöntemlerden biri Washburn Kapiler Yükselme Tekniğidir. Bu yöntemde sıvının bir tüp içine doldurulmuş numune içerisinde kapiler yükselmesinden yararlanılır. Washburn denklemi 3.3'te verilen Poiseuille Kanunu'na dayanır [35, 36, 37, 38, 40].

$$v = \frac{R^2 D}{8\mu}\frac{\Delta P}{l} \tag{3.3}$$

Burada,
v, akış hızı;
RD kapiler borunun yarıçapı;
μ, viskozite;
l, kapiler borunun uzunluğu;
ΔP, basınç farkı
ΔP kapiler basınç ile hidrostatik basıncın toplamı olarak ifade edilirse, denklem 3.4 elde edilir.

$$\frac{dh}{dt} = \frac{R^2 D}{8\mu h}\left[\frac{2\gamma L\cos\theta}{Rs} + pgh\right] \tag{3.4}$$

Bu denklemde h, sıvı yüksekliği; g, yerçekimi sabiti; Rs, kapiler borunun statik yarıçapı, ρ ise sıvı yoğunluğudur. Hidrostatik basınç ihmal edilir, r=RD2/RS alınırsa, t=0 anında h=0 olduğundan Washburn Denklemi olarak adlandırılan denklem 3.5 elde edilir.

$$h^2 = \frac{r\gamma L\cos\theta}{2\mu}t \tag{3.5}$$

Gözenekli partikül yatağı sabit yarıçaplı paralel kapiler borular olarak düşünülebilir. Bu denklemin kullanımı sıvı yükselmesinin gözlenmesini gerektirir. Oysa sıvının ağırlığını ölçmek pratikte çok daha kolaydır. Silindir içinde yükselen sıvının ağırlığı denklem 3.6 ile hesaplanabilir.

$$w = \in p\pi R^2 h \tag{3.6}$$

Burada,

ϵ, malzeme yığını gözenekliliği;

ρ, sıvı yoğunluğu;

R; tüp iç çapı

Denklem 3.7'de "h" hesaplanıp, denklem 3.6'da yerine yazılırsa, denklem 3.7 elde edilir.

$$w^2 = (r \in^2 (\pi R^2)^2) \frac{p^2 \gamma L \cos\theta}{2\mu} t \quad (3.7)$$

Bu denklem 3.8'daki şekilde yazılabilir:

$$w^2 = c \frac{p^2 \gamma L \cos\theta}{\mu} t \quad (3.8)$$

Denklem 3.7'da görülen c'ye Geometrik Faktör adı verilir ve malzeme sıkılığı ve tane boyutu aynı kaldığı sürece sabittir. Her malzeme ve yerleşimi içim ayrı ayrı deneysel olarak hesaplanmalıdır. Apolar sıvıların temas açısı 0 olduğundan, bir apolar sıvı ile ölçüm yapılarak benzer sıkılıktaki aynı malzeme için Geometrik Faktör (c) hesaplanabilir.

Denklem 3.7'da bulunmak istenen temas açısı ve geometrik faktör eşitliğin bir tarafında bırakılırsa aşağıdaki denklem 3.9 olarak hesaplanır.

$$c.\cos\theta = \frac{\mu}{p^2 \gamma L} . \frac{m^2}{t} \quad (3.9)$$

Burada;

ɵ: Temas açısı;

c: Geometrik faktör;

μ: Sıvının viskozitesi;

ρ: Sıvının yoğunluğu;

γL: Sıvının yüzey gerilimi;

m: Ağırlık;

t: süre

Deneyler sonucunda ölçülen süreye karşı ağırlığın karesi (m^2-t) grafiği çizilir ve lineer regresyon yapılırsa, elde edilen doğrunun eğimi yani y=ax+b denklemindeki "a" katsayısı (m^2/t) değerini verecektir.

Temas açısı ölçümleri şekil 3.7'de gösterilen bilgisayar yazılımlı otomatik hesaplama yapan KSV marka Attention theta Lite cihazı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

3.4. Çözünmüş Hava Flotasyonu (ÇHF) Çalışmaları

Çözünmüş hava flotasyonu (Dissolved Air Flotation, DAF), yoğunluğu sudan düşük olan sıvı ve katıların yüzdürülerek sistemden geri kazanılması amaçlayan cevher zenginleştirme sistemidir.

Sisteme kompresör ile verilen basınçlı hava ile su içerisinde hava kabarcıkları oluşmaktadır. Bu kabarcıklara tutunan hidrofob elmas taneleri bu kabarcıklar yardımıyla su yüzeyine ulaşmakta ve elmas tanecikleri içeren hava kabarcıkları taşmak suretiyle sistemden alınmaktadır. Göreceli olarak iri olan taneler ve kısmen hidrofilik yüzeyler bulunduran taneler ise ıslanarak ÇHF haznesinin dibinde toplanmaktadır. Şekil 3.9'da deneysel çalışmalarda kullanılan çözünmüş hava flotasyonu seti görülmektedir.



Şekil 3.9: Deneysel çalışmalarda kullanılan ÇHF ünitesi.

Deneysel çalışmalar esnasında kullanılacak olan pırlantalar önce sertleştirilmiş jeolog çekici ile kırılmış, sonrasında ise sertleştirilmiş inox çelik havanda elle kademeli şekilde öğütülerek -300 µm ve -100 µm tane boyutlarında olacak şekilde boyut küçültmeye tabi tutulmuşlardır.

ÇHF sistemi içerisinde pırlanta geri kazanımını sağlamak amacıyla gerçekleştirilen deneylerde sırasıyla 30-40-50-60 psi basınçlarda ve 1, 2 ve 3 lt/dk doyurulmuş su besleme hızlarında çalışılmıştır. Tüm deneyler ultra saf su kullanılarak ve doğal pH değeri olan pH 6,5'de gerçekleştirilmiştir. Bununla beraber pH değişiminin pırlanta taneciklerinin yüzebilirliğine

etkisinin ortaya konması amacıyla 60 psi sabit basınçta ve 3 lt/dk kabarcık giriş hızlarında olacak şekilde pH 4, pH 6,5 ve pH 12'de olacak şekilde de deneyler gerçekleştirilmiştir.

ÇHF tekniği ile elmas taneciklerinin yüzebilirlinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen deneylerde %0,25 pülpte katı oranı1,75 gr (PKO) olacak şekilde 700 mL'lik süspansiyonlar hazırlanmış ve flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Flotasyon sonucunda yüzen ve batan ürünler ayrı ayrı vakum yardımıyla filtre edilmiş ve kuruma sürecini hızlandırmak için mikrodalga fırında kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrasında ürünler hassas tartı kullanılarak tartılıp flotasyon verimi değerleri gravimetrik olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.10'da Çözünmüş hava flotasyonu deney çalışmaları görülmektedir.



Şekil 3.10: Çözünmüş hava flotasyonu deneyinde kabacıklar ile yüzeye çıkan elmas taneleri.

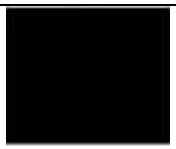
4. BULGULAR

4.1. MİNERALOJİK ANALİZ

Tane boyutu yaklaşık 1-2 mm arasında değişen elmas tanelerinin mineralojik analizleri 10 kat büyütmeli mercek yardımıyla belirlenmiştir. Pırlanta tanelerinin doğal/sentetik olup olmadıkları ise QSPEC GLIS-3000 pırlanta tayin cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Toplam 30 kırat pırlanta tanesi içerisinde yaklaşık 0,05 kırat (2 adet) sentetik pırlanta tespit edilmiştir. Şekil 4.1'de ve Şekil 4.2'de Qspec glis3000 marka *lüminesans* pırltanta tayin cihazını ve bu cihaz ile ayrılan doğal ve sentetik pırlantaların floresans ve fosforesans ışık altında yansıttıkları ışık görülmektedir.



Şekil 4.1: QSPEC GLIS3000 pırlanta ayırım cihazı [38].

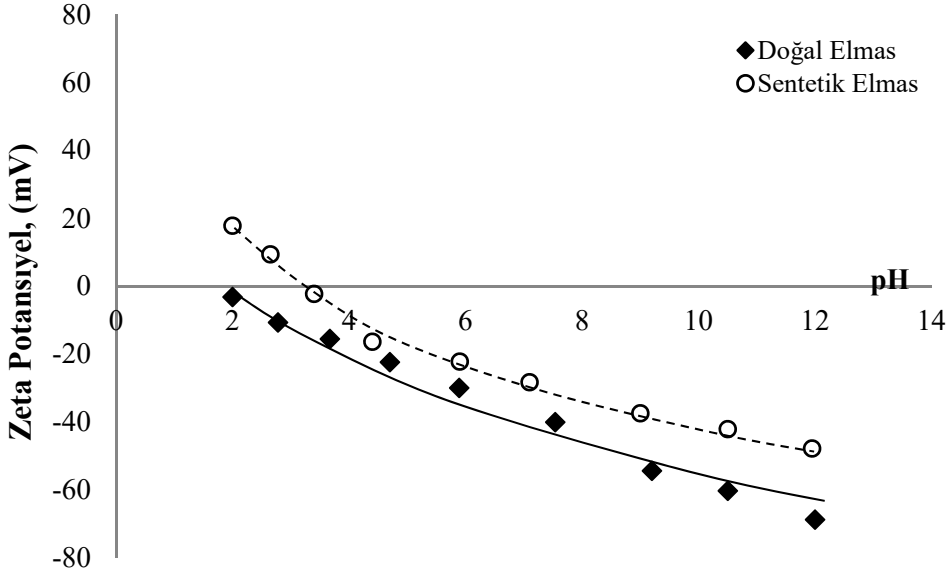
Floresans Işık	 Mavi	 Yeşilimsi mavi	 Yeşil	 Kırmızı	 Sarı
Fosforesans Işık	 Siyah	 Yeşilimsi mavi	 Siyah	 Siyah	 Siyah
Sonuç	Doğal pırlanta	Sentetik	Sentetik	Sentetik	Sentetik

Şekil 4.2: Floresans ve fosforesans ışık altında elmas ve sentetik elmas türevlerinin yansımaları [38].

4.2. ZETA POTANSİYELİ ÖLÇÜMLERİ

Bilindiği üzere flotasyon işlemlerinde minerallerin elektrokinetik özellikleri oldukça önemli bir role sahiptir. Bu nedenle pH'a bağlı zeta potansiyeli ölçümleri yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Yüksek saflıktaki pırlanta numunesinin ve sentetik pırlantaların elektrokinetik özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla zeta potansiyeli ölçümlerinde pH'ı ayarlamak için 0,5 M'lik HCl ve 0,5 M'lik NaOH çözeltileri hazırlanmıştır. Tüm ölçümlerde ultra saf su kullanılmış olup ultra saf suyun iletkenliği 18,20 mΩ.cm olacak şekilde hazırlanmasına dikat edilmiştir. pH düşürmek için analitik kalite Merck hidroklorik asit (HCl), pH arttırmak için ise yine analitik kalite Merck sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır. Ultra saf suların hazırlanmasında MilliQ marka millipore synthesis model cihaz kullanılmıştır [35, 36, 37,38, 40].

Numuneler çeker ocakta 2 saat boyunca, 10 dakika aralıklarla karıştırılarak önce HCl ile yıkanmış ve 15 kere saf su ile durulanmıştır. Ardından tekrar 2 saat boyunca, 10 dakika aralıklarla karıştırılarak NaOH ile yıkanmış ardından 15 kere saf su ile durulanmıştır. 2 saat boyunca, 10 dakika aralıklarla karıştırılarak temizlenen numuneler, pH 2-12 aralığında zeta potansiyeli ölçümüne tabi tutulmuşlardır. %0,25 pülp yoğunluğunda hazırlanan pırlanta numunelerinin ve sentetik elmasların pH'ya bağlı zeta potansiyel değişimi Şekil 4.3'te verilmiştir [35, 36, 37, 38, 40].



Şekil 4.3: Pırlanta ve sentetik pırlanta numunelerinin pH'ya bağlı zeta potansiyel değişimi.

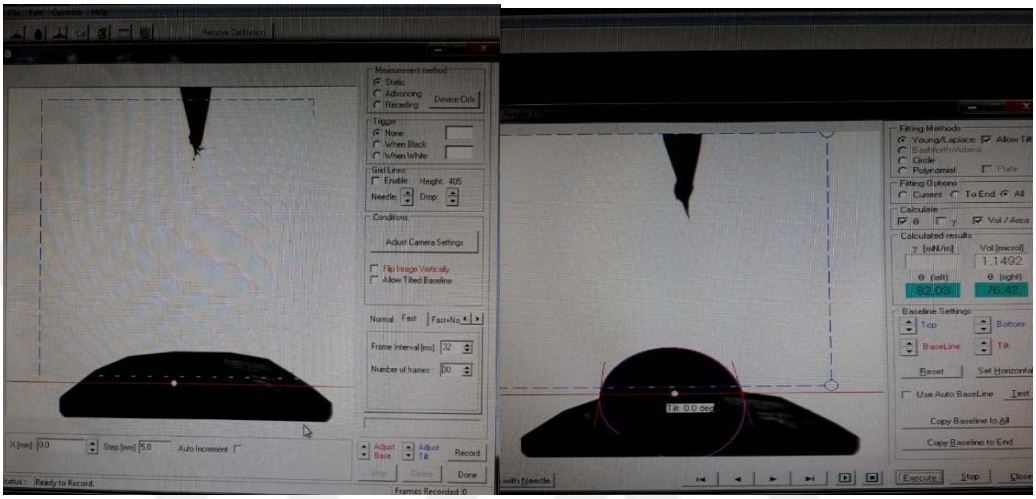
Şekil 4.3'te verilen pH'a bağlı zeta potansiyeli grafiğinde görüldüğü üzere doğal pırlanta numunesinin ölçüm alınan pH 2-12 aralığında negatif yüzey yüküne sahip olduğu görülmektedir. Sentetik pırlanta numunesinin ise pH 3,5 civarında sıfır yük noktasına eriştiği, bu pH'ın altındaki değerlerde yüzey yükünün pozitif, üzerindeki yüksek pH değerlerinde ise negatif yüzey yükünün söz konusu olduğu görülmektedir [35, 36, 37, 38, 40].

4.3. TEMAS AÇISI ÖLÇÜMLERİ

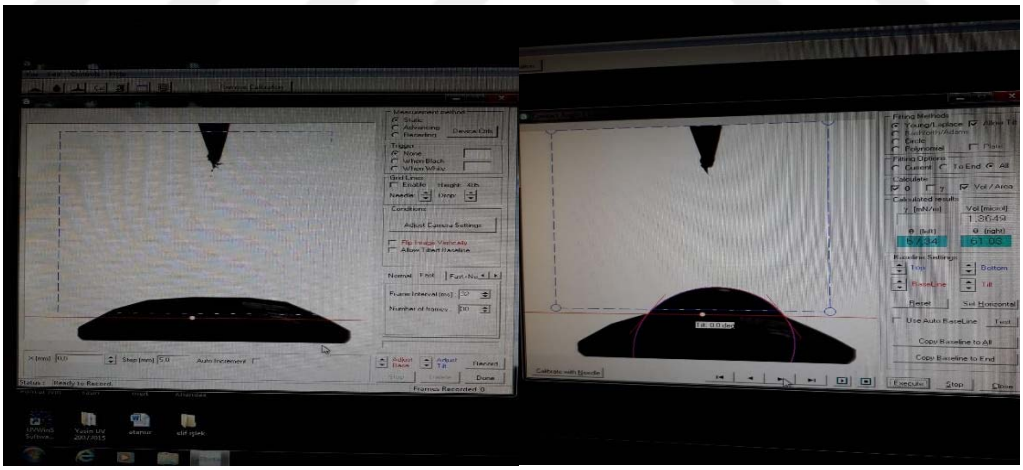
Termodinamik açıdan kütleler atomlardan oluştukları için olabildiğince az enerjiye sahip olmak isterler ve yüzey alanını küçültmek isterler. Bunun sebebi elektrokimyasal etkileşimlerdir. Aynı şekilde bir su damlasının şeklinin küre biçiminde olmasının sebebi de yüzey enerjisini ve yüzey alanını azaltma isteğidir. Bu duruma yüzey gerilimi denir. Yüzeyi geren enerjiye de yüzey enerjisi denir. Bir maddenin kendi molekülleri arasındaki çekim kuvvetine kohezyon, farklı iki madde arasında var olan ve bu iki maddenin birbirine yapışmasını sağlayan çekim kuvvetine adhezyon denir. Bu durumu sıvılar için ele alırsak, bütün sıvılarda şiddeti sıvının türüne göre değişen moleküller arası çekim kuvvetleri vardır. Sıvının iç kısmında moleküller birbirini her yönden çekerler. Yüzeydeki moleküller ise sadece yüzeyin altındaki moleküller tarafından çekildiği için yüzeydeki moleküllerin potansiyel enerjileri yüzeyin altındaki moleküllere göre daha düşüktür. Bu yüzden yüzeydeki moleküller sıvının iç kısmına doğru çekilirken yüzeyde tek moleküllük bir katman halinde sıkışırlar. Sonuç olarak sıvının yüzeyindeki moleküller daha sıkışık ve daha yoğun bir katman oluşturur. Bunu durumu sıvının yüzeyindeki tek moleküllük bir zara benzetebiliriz. Yüzeydeki moleküllerin içeri doğru çekilmesi ve yüzeyde daha kararlı bir şekilde dizilmesi sonucunda su damlası serbest haldeyken küre şeklini alır. Yüzeydeki bu gerilmeye yüzey gerilimi denir. Yani sıvı yüzeyindeki birim uzunluğu geren kuvvettir ve birimi dyne/cm dir. Sıvılar için yüzey gerilimi, katılar için yüzey enerjisi tanımını kullanmak daha yerinde olacaktır. Sonuç olarak bir sıvının yüzey alanını 1 cm^2 arttırmak için gerekli olan enerjiye de yüzey enerjisi denir ve birimi erg/cm^2 dir [37].

Temas açısı ise; katı yüzey ile temas eden bir sıvı belli miktarda bir açı oluşturur. Bu açı temas edilen katının ve temas eden sıvıya bağlı olarak değişir. Temas açısı ıslanabilirlik derecesini ifade eder. Bu açının büyüklüğü kohezyon ve adezyon kuvvetlerinin büyüklüğüne bağlıdır. Eğer temas açısı 90 dereceye yakınsa; hidrofobik. Eğer temas açısı 140 dereceden büyükse; süper hidrofobik. Eğer temas açısı 0 dereceye çok yakınsa; süper hidrofilik olarak tanımlanır.

Temas açısı ölçümleriyle pırlanta tanelerinin çözünmüş hava flotasyonu ile yüzdürülmesi esnasındaki flotasyon davranışının belirlenebilmesi amaçlanmış olup bunun için doğal pırlanta ve sentetik pırlantaların ayrı ayrı temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Şekil 4.4'te Doğal Şekil 4.5'de ise sentetik pırlantaların temas açısı ölçüm sonuçları görülmekte olup ölçümler şekil 4.6'da ise KSV Attention Theta Lite cihazıyla gerçekleştirilmiştir [37].



Şekil 4.4: Doğal Pırlanta Temas Açısı.



Şekil 4.5: Sentetik Pırlanta Temas Açısı.

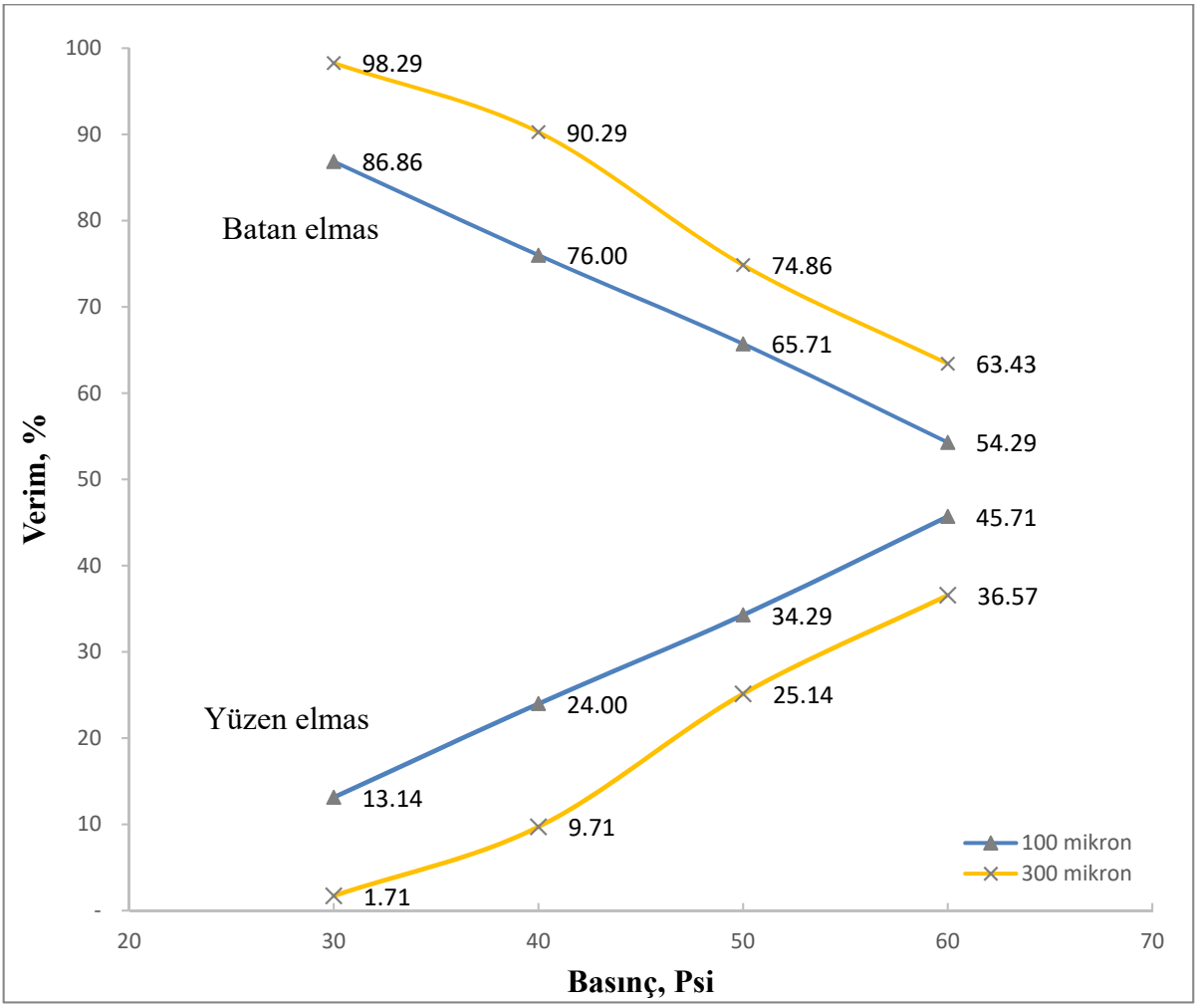
Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te görüldüğü gibi doğal pırlanta 82º, sentetik pırlanta temas açısı ise 61º olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.6: Temas Açısı Ölçüm Cihazı.

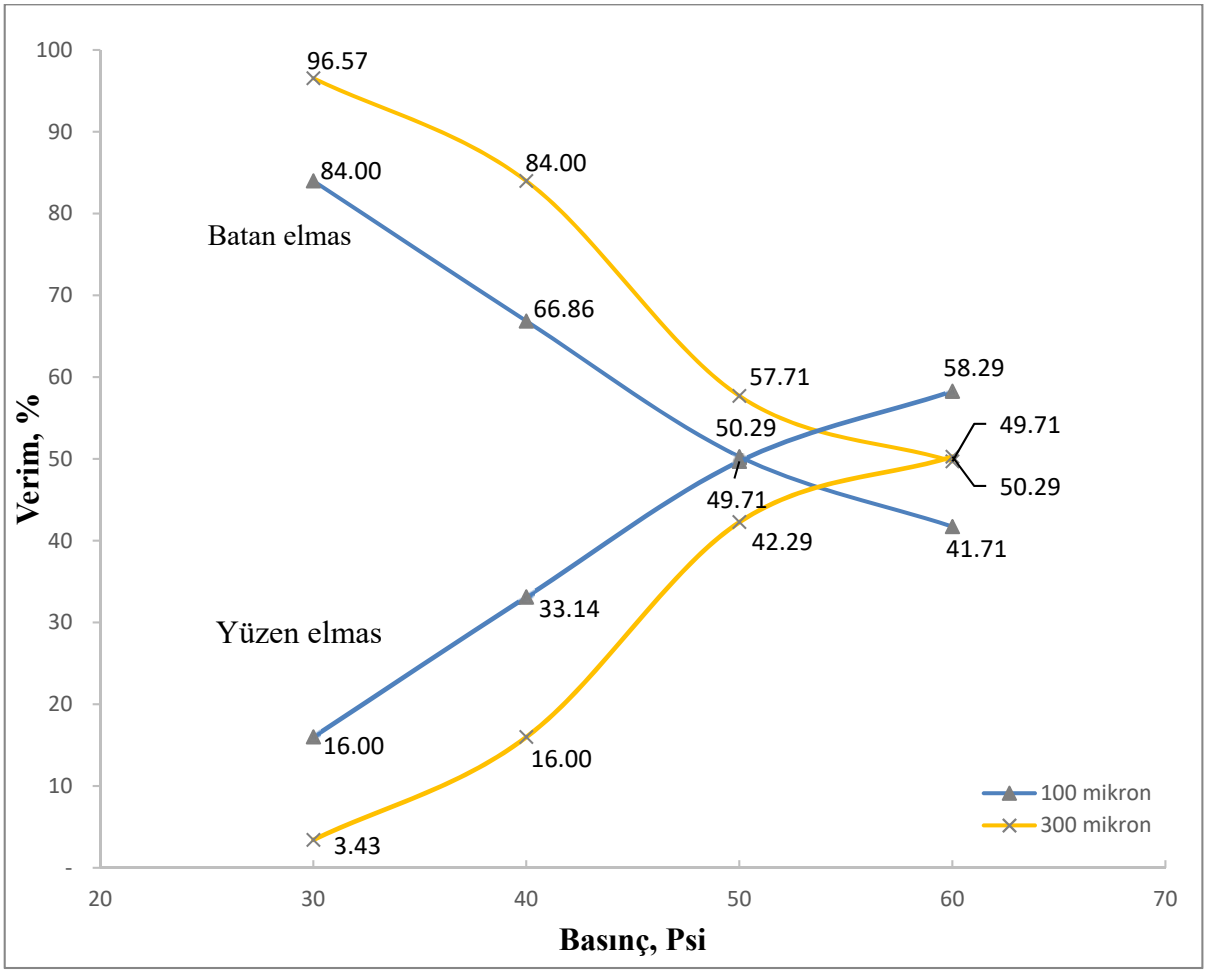
4.4. ÇHF SONUÇLARI

Deneysel çalışmalar kapsamında pırlanta tanelerinin çözünmüş hava flotasyonu ekipmanıyla yüzdürülebilmesi için yapılan araştırmalarda -300µm ve -100 µm olmak üzere iki farklı boyut grubundaki elmas tozları ile her bir tane boyutu için %0,25 sabit pülpte katı oranında olacak şekilde 1,75 gr, 8,75 kırat doğal elmas tozu ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Suyun hava ile doyurulması için basınç kabına 30-40-50-60 psi basınçlarda olmak üzere 4 farklı basınçta hava verilmiştir. 7 dakika boyunca hava ile doyurulan su flotasyon hücresine 1, 2 ve 3 lt/dk olacak şekilde üç farklı hızda beslenerek deneyler yapılmıştır. Bununla beraber optimum sonuçların elde edildiği 60 psi sabit basınçta ve 3lt/dk. doyurulmuş su besleme hızında yapılan deneylere ek olarak ortam pH 4, pH 6,5 ve pH 12 olacak şekilde üç deney daha gerçekleştirilmiştir. Hiçbir reaktif ve köpürtücü kullanılmaksızın gerçekleştirilen ÇHF deneyleri sonrasında elde edilen yüzen ve batan pırlantaların % verimini ifade eden grafikler sırasıyla Şekil 4.7'den Şekil 4.14'e kadar verilmiştir.



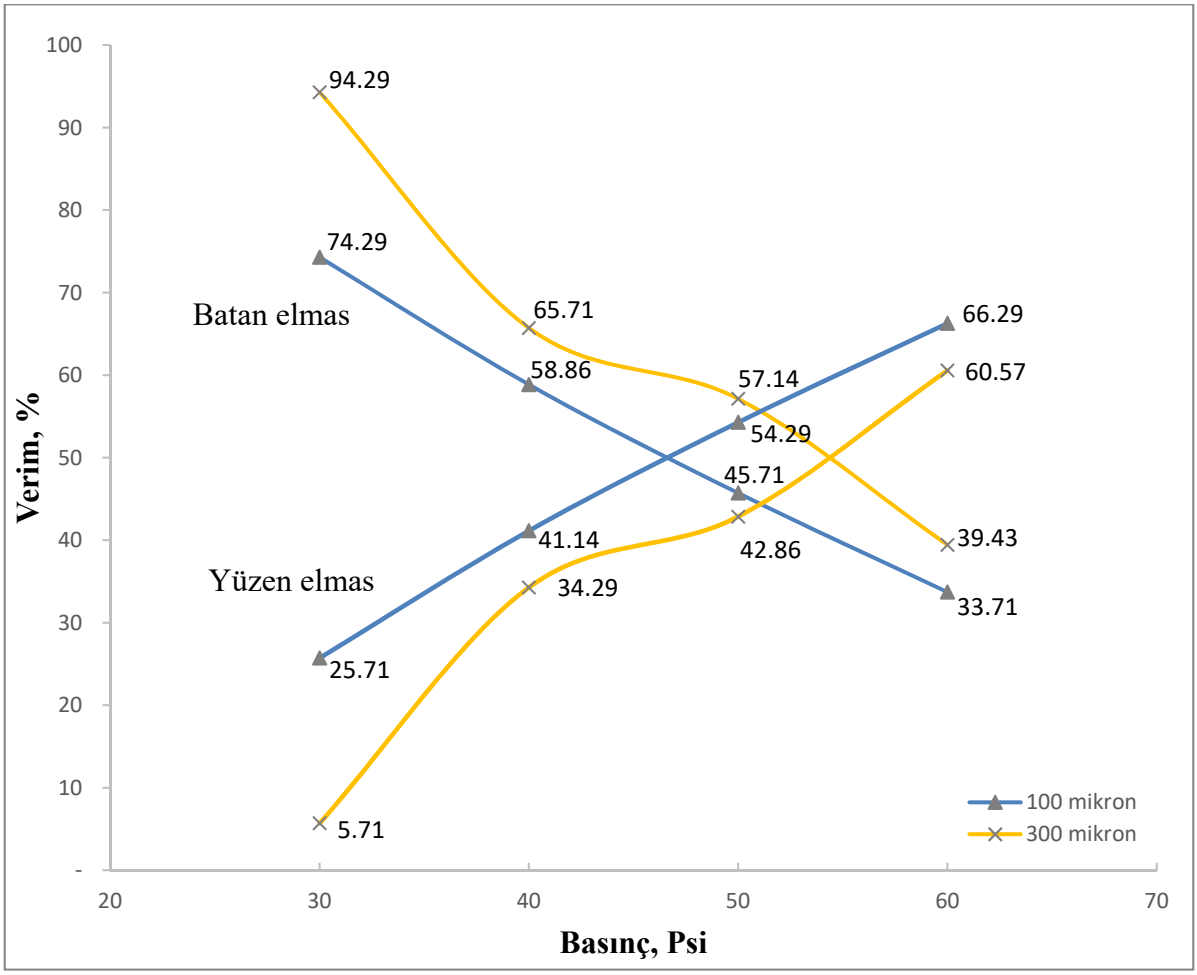
Şekil 4.7: 1lt/dk sabit doyurulmuş su besleme hızında ve değişen basınca göre yüzen ve batan elmas grafiği.

Şekil 4.7'de görüldüğü üzere çözünmüş hava flotasyonunda hiçbir reaktif kullanılmadan pırlanta numunelerinin 1lt/dk. doyurulmuş su besleme hızı sabit alınarak 30, 40, 50, 60 psi basınçlarındaki -300 µm ve -100 µm boyutlarındaki yüzen ve batan elmas miktarları verilmiştir. 30 psi basınçta -300 mikron boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,03 gr yüzerken, 60 psi basınçta 0,64 gr yüzmektedir. 30 psi basınçta -100 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,23 gr yüzerken, 60 psi basınçta 0,80 gr yüzdüğü gözlemlenmiştir.



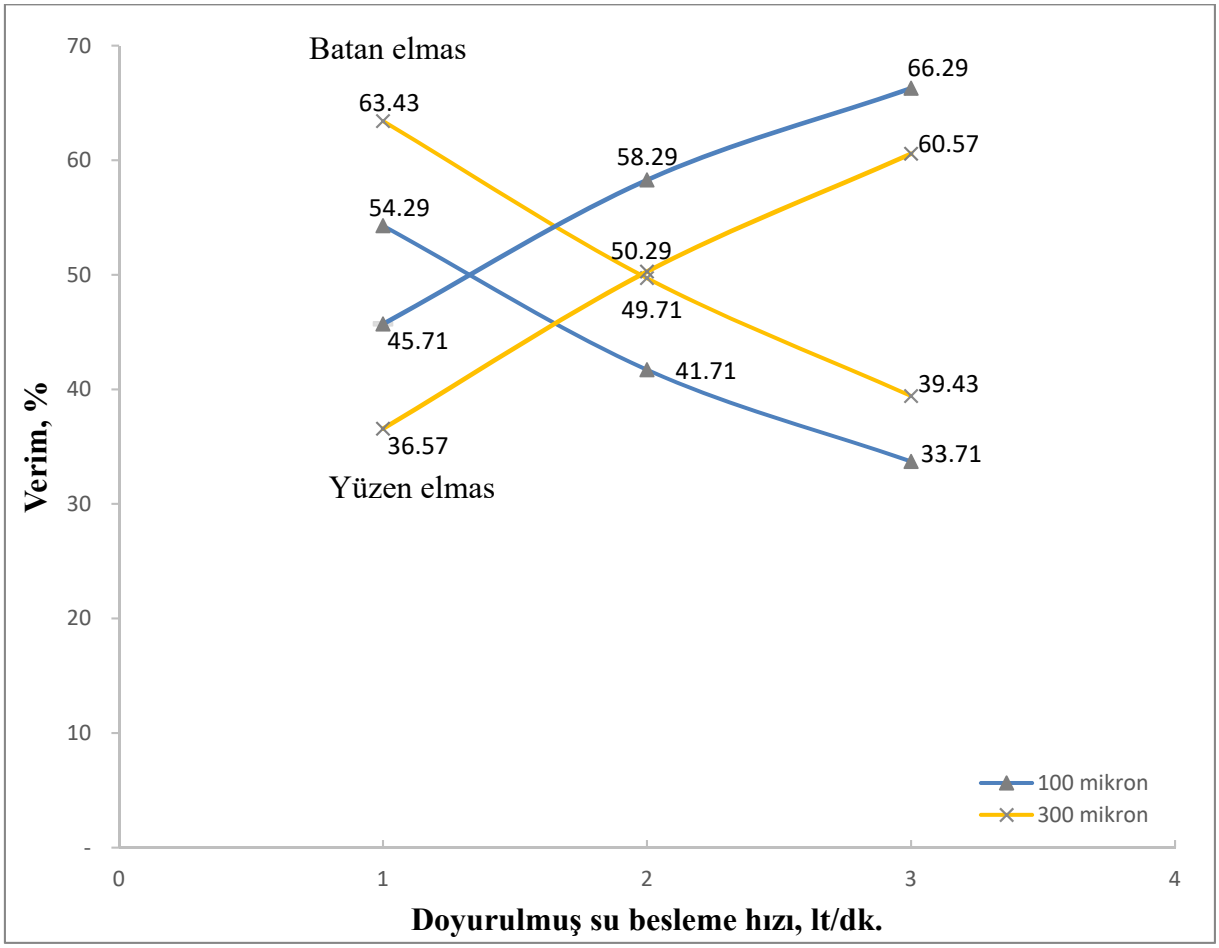
Şekil 4.8: 2lt/dk sabit doyurulmuş su besleme hızında ve değişen basınca göre yüzen ve batan elmas grafiği.

Şekil 4.8'de görüldüğü üzere çözünmüş hava flotasyonunda hiçbir reaktif kullanılmadan pırlanta numunelerinin 2lt/dk doyurulmuş su besleme hızı sabit alınarak, 30, 40, 50, 60 psi basınçlarındaki -300 µm ve -100 µm boyutlarındaki yüzen ve batan elmas miktarları verilmiştir. 30 psi basınçta -300 µm 1,75 gr elmasın 0,06 gr yüzerken, 60 psi basınçta 0,88 gr yüzmektedir. 30 psi basınçta -100 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,28 gr yüzerken, 60 psi basınçta 1,02 gr yüzdüğü gözlemlenmiştir.



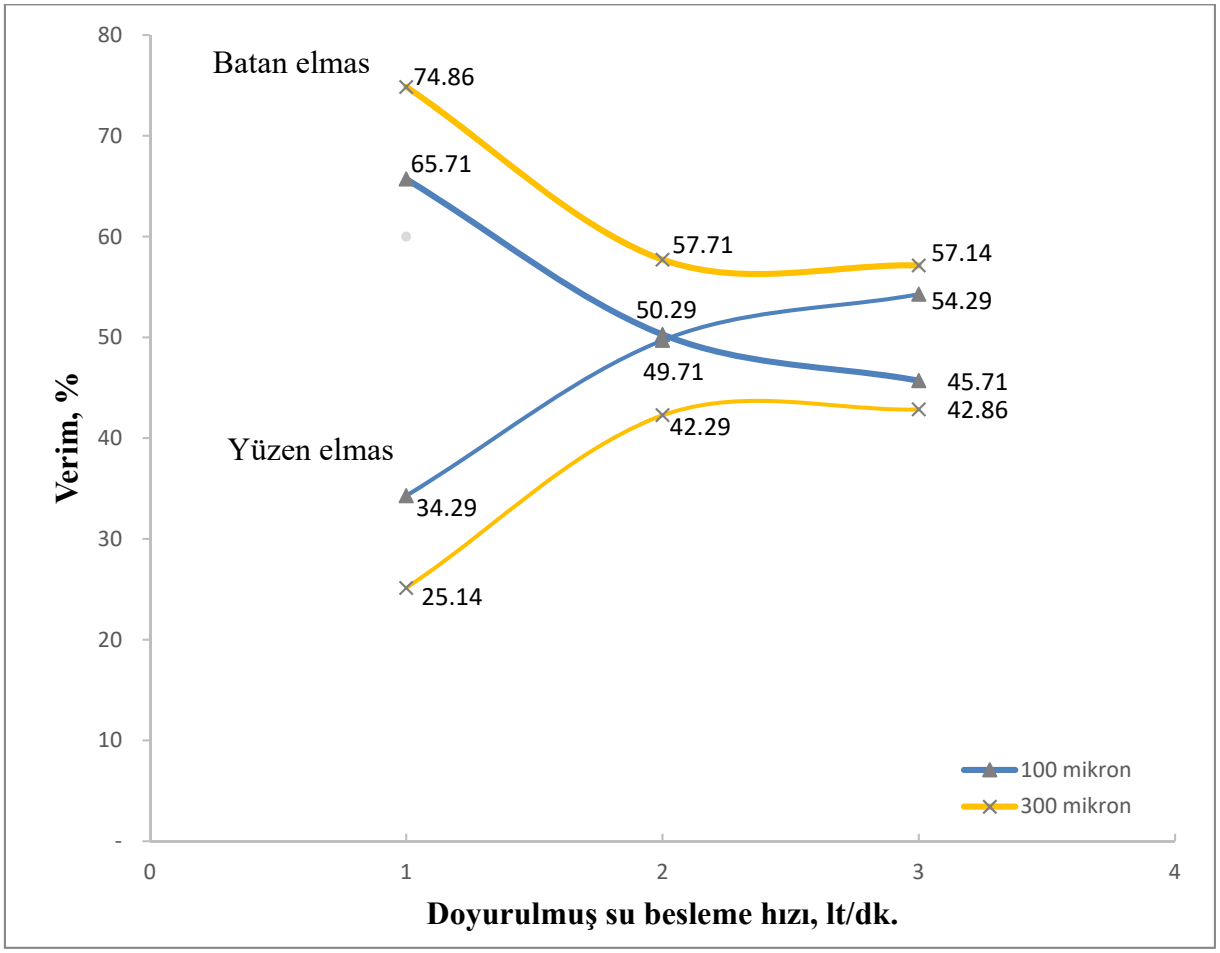
Şekil 4.9: 3lt/dk sabit doyurulmuş su besleme hızında ve değişen basınca göre yüzen ve batan elmas grafiği.

Şekil 4.9'da görüldüğü üzere çözünmüş hava flotasyonunda hiçbir reaktif kullanılmadan pırlanta numunelerinin 3lt/dk. doyurulmuş su besleme hızı sabit alınarak, 30, 40, 50, 60 psi basınçlarındaki -300 µm ve -100 µm boyutlarındaki yüzen ve batan elmas miktarları verilmiştir. 30 psi basınçta -300 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,10 gr yüzerken, 60 psi basınçta 1,06 gr yüzmektedir. 30 psi basınçta -100 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,45 gr yüzerken, 60 psi basınçta 1,16 gr yüzdüğü gözlemlenmiştir.



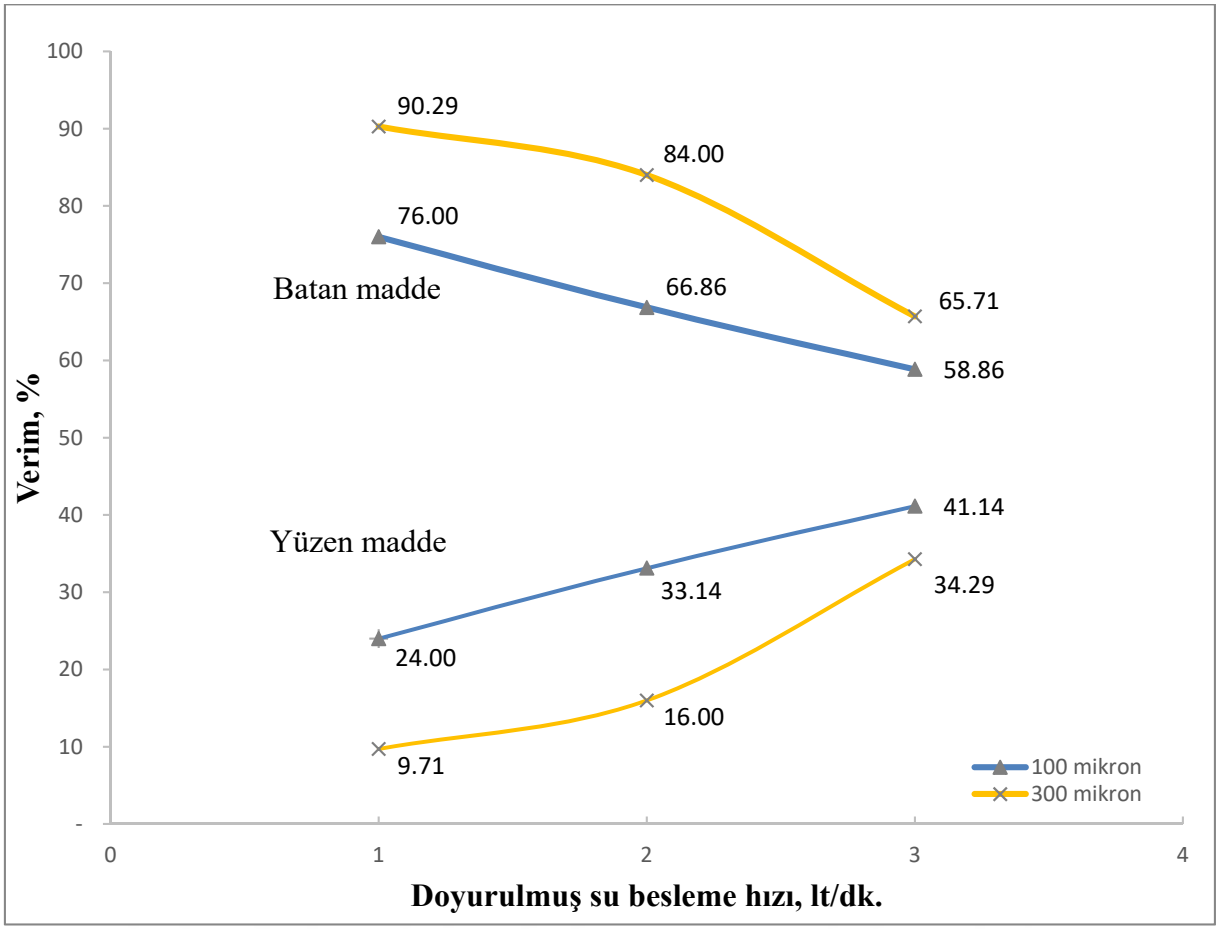
Şekil 4.10: 60 psi sabit basınçta, 1lt/dk, 2lt/dk ve 3lt/dk değişen besleme hızlarına göre yüzen ve batan elmas grafiği.

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere çözünmüş hava flotasyonunda hiçbir reaktif kullanılmadan pırlanta numunelerinin basınç 60 Psi sabit alınarak 1lt/dk, 2lt/dk, 3lt/dk doyurulmuş su besleme hızlarındaki -300 µm ve -100 µm boyutlarındaki elmas numunelerinin yüzen ve batan elmas miktarları verilmiştir. Doyurulmuş su besleme hızı 1lt/dk'da -300 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,64 gr yüzerken, besleme hızı 3lt/dk'da 1,06 gr yüzmektedir. Doyurulmuş su besleme hızı 1lt/dk'da -100 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,80 gr yüzdüğü gözlemlenirken, besleme hızı 3lt/dk'da 1,16 gr yüzdüğü gözlemlenmiştir.



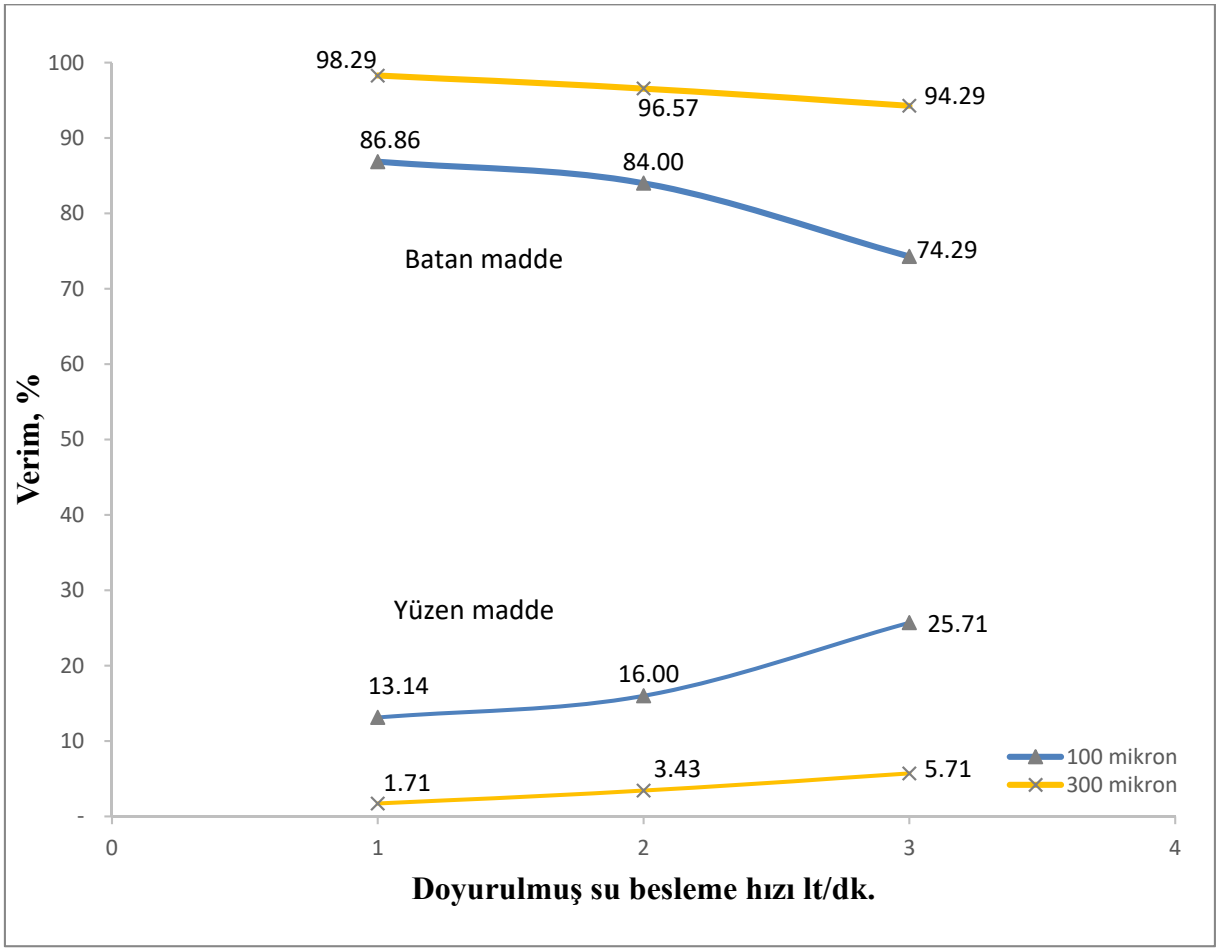
Şekil 4.11: 50 psi sabit basınçta, 1lt/dk, 2lt/dk ve 3lt/dk değişen besleme hızlarına göre yüzen ve batan elmas grafiği.

Şekil 4.11'de görüldüğü üzere çözünmüş hava flotasyonunda hiçbir reaktif kullanılmadan pırlanta numunelerinin basınç 50 Psi sabit alınarak 1lt/dk, 2lt/dk, 3lt/dk doyurulmuş su besleme hızlarındaki -300 µm ve -100 µm boyutlarında olan elmas numunelerinin yüzen ve batan elmas miktarları verilmiştir. Doyurulmuş su besleme hızı 1lt/dk'da -300 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,44 gr yüzerken, besleme hızı 3lt/dk'da 0,75 gr yüzmektedir. Doyurulmuş su besleme hızı 1lt/dk'da -100 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,60 gr yüzmektedir, besleme hızı 3lt/dk'da 0,95 yüzdüğü gözlemlenmiştir.



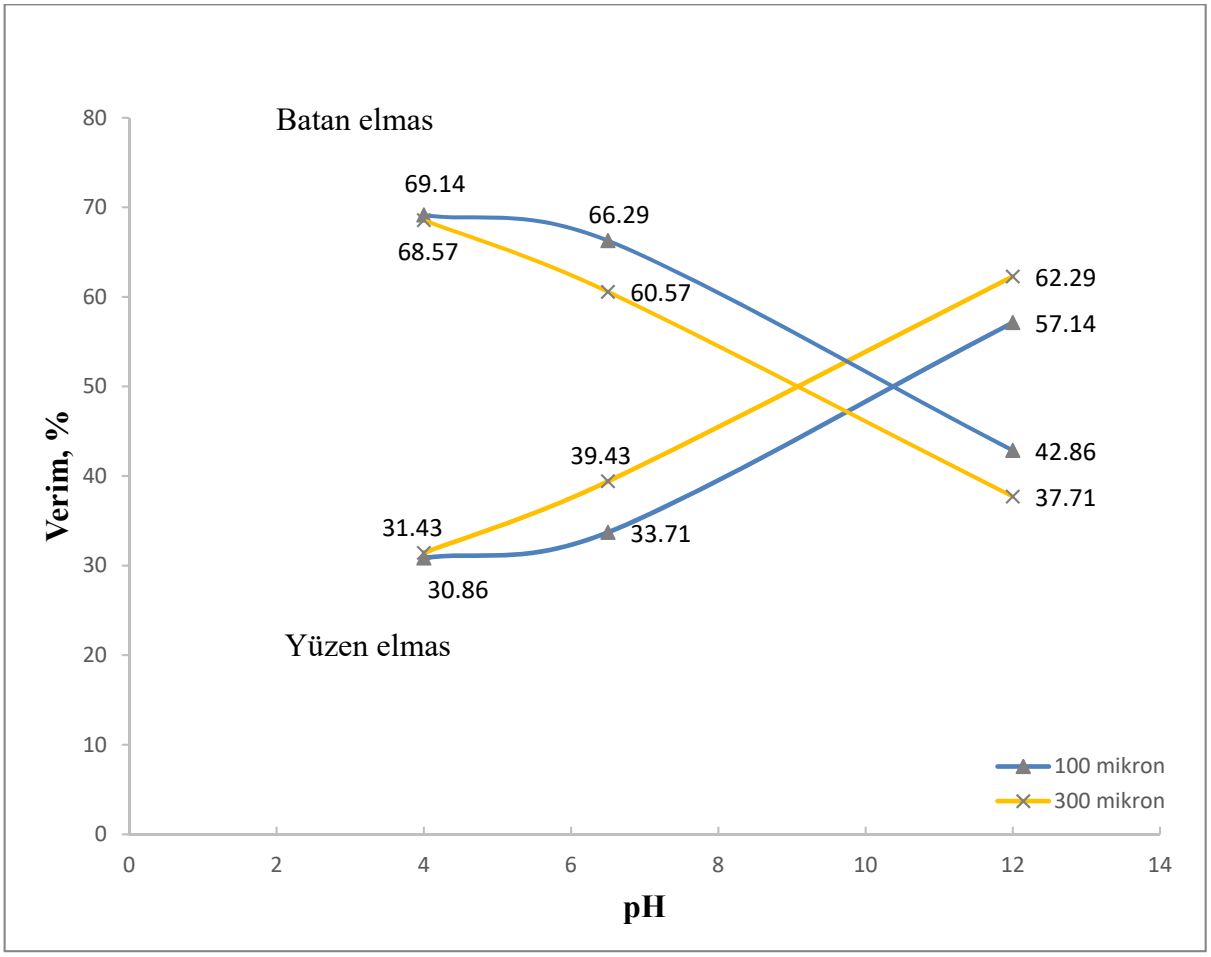
Şekil 4.12: 40 psi sabit basınçta, 1lt/dk, 2lt/dk ve 3lt/dk değişen besleme hızlarına göre yüzen ve batan elmas grafiği.

Şekil 4.12'de görüldüğü üzere çözünmüş hava flotasyonunda hiçbir reaktif kullanılmadan pırlanta numunelerinin basınç 40 psi sabit alınarak 1lt/dk, 2lt/dk, 3lt/dk doyurulmuş su besleme hızlarındaki -300 µm ve -100 µm boyutlarında olan elmas numunelerinin yüzen ve batan miktarları verilmiştir. Doyurulmuş su besleme hızı 1lt/dk'da -300 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,17 gr yüzerken, besleme hızı 3lt/dk'da 0,60 gr yüzmektedir. Doyurulmuş su besleme hızı 1lt/dk'da -100 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,42 gr yüzerken, besleme hızı 3lt/dk'da 0,72 gr yüzdüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 4.13: 30 psi sabit basınçta, 1lt/dk, 2lt/dk ve 3lt/dk değişen besleme hızlarına göre yüzen ve batan elmas grafiği.

Şekil 4.13'te görüldüğü üzere çözünmüş hava flotasyonunda hiçbir reaktif kullanılmadan pırlanta numunelerinin basınç 30 psi sabit alınarak 1lt/dk, 2lt/dk, 3lt/dk doyurulmuş su besleme hızlarındaki -300 µm ve -100 µm boyutlarında olan elmas numunelerinin yüzen ve batan miktarları verilmiştir. Doyurulmuş su besleme hızı 1lt/dk'da -300 µm boyutundaki 1,75 gr elmasın 0,03 gr yüzerken, besleme hızı 3lt/dk'da 0,10 gr yüzmektedir. Doyurulmuş se besleme hızı 1lt/dk'da -100 µm 1,75 gr elmasın 0,23 gr yüzerken, besleme hızı 3lt/dk'da 0,45 gr yüzdüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 4.14: 60 psi sabit basınçta ve değişen pH a göre yüzen ve batan elmas grafiği.

Şekil 4.14'te görüldüğü üzere çözünmüş hava flotasyonunda hiçbir reaktif kullanılmadan pırlanta numunelerinin sabit 60 Psi basınç ve sabit 3lt/dk doyurulmuş su besleme hızında pH 4, pH 6,5, pH 12 de 100 µm ve -300 µm boyutlarında olan elmas numunelerinin yüzen miktarları verilmiştir. pH 4'te -300 µm 1,75 gr elmasın 0,55 gr yüzerken, pH ayarı 6,5 te 0,69 gr, pH 12'de 1,09 gr yüzmektedir. pH 4'te -100 µm 1,75 gr elmasın 0,55 gr yüzerken, pH 6,5'te 0,69gr, pH 12 de 1,09 gr yüzdüğü gözlemlenmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında doğal hidrofob (suyu sevmeyen) özelliği nedeniyle kolaylıkla yüzdürülebilen elmasın kesme/parlatma cihazlarında soğutma amaçlı kullanılan su içerisinde batmayacağı fikrinden hareketle ince boyutlu elmas tanelerinin çözünmüş hava flotasyonu (ÇHF) ile oluşturulan mikro hava kabarcıkları yardımıyla yüzdürülerek geri kazanımına yönelik deneyler gerçekleştirilmiştir. Elmas tanelerinin kesimi aşamasında aşınma ve benzeri nedenlerle ince boyutta kayıplar oluşmaktadır. Mikron boyutundaki bu elmas tanelerinin geri kazanımını sağlamak için elmas kesme/parlatma cihazlarına ilave edilebilecek çözünmüş hava flotasyonu (ÇHF) ünitesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Elmas tozlarının çeşitli tane boyutlarında olmak üzere; diş sektöründeki delici uçlarda, inşaat sektöründeki delici ve kesici disklerde, mücevher sektöründe elmas parlatmak ve kesme aşamalarında, otomobil sektöründe motor bloklarında ve uzay teknolojilerinde yüksek ısıya dayanma ve iletme özelliğinden faydalanarak birçok alanda kullanılmaktadır.

Laboratuvar çaplı ÇHF cihazı kullanılarak gerçekleştirilen deneysel çalışmalar esnasında toplam 30 kırat, 6 gram pırlanta kullanılmıştır. Pırlanta tanelerinin ÇHF ünitesinde kullanımına uygun hale getirilmesi için jeolog çekici ve sertleştirilmiş özel çelik havan yardımıyla 30 kıratlık pırlanta tanelerinin tamamı önce -300 µm sonrasında ise -100 µm tane boyutunda olacak şekilde boyut küçültmeye tabi tutulmuştur. Kompresör, hava doygunlaştırma tankı ve toplama ünitesi entegre edilmiş silindirik flotasyon hücresinden oluşan OFITE marka ÇHF düzeneğinde gerçekleştirilen deneylerde; 30, 40, 50 ve 60 psi olacak şekilde 4 farklı farklı basıncın yanı sıra 1 lt/dk, 2 lt/dk ve 3 lt/dk olacak şekilde 3 farklı hava ile doyurulmuş su besleme hızı ve 4, 6.5 ve 12 pH olacak şekilde 3 farklı ortam pH'sı parametreleri kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan pırlantalar Hindistan'dan temin edilmiştir. Pırlanta numunelerinin mineralojik incelemeleri 10 kat büyütmeli mercek ve QSPEC Glis3000 marka *lüminesans* pırlanta tayin cihazı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Pırlantaların tamamının yüksek saflıkta olduğu belirlenmiş olup kontrol sırasında birkaç sentetik örnek ayrılmış ve deneylerde kullanılmamıştır. Çözünmüş hava flotasyonu deneylerinin tamamı hiçbir reaktif kullanılmaksızın gerçekleştirilmiş olup deneyler -300 µm ve -100 µm olmak üzere iki farklı boyut grubunda gerçekleştirilmiştir.

Optimum sonuçların elde edildiği 60 psi doyurma basıncı ve 3 lt/dk. doyurulmuş su besleme hızında yapılan ÇHF deneylerinde kulllanılan; -300 mikron boyutlu 1,75 gr elmas tozlarının, 3 lt/dk doyurulmuş su besleme hızında 1,06 gramı yüzmektedir. -100 μm boyutta ise, kullanılan 1,75 gr elmas tozlarının 3 lt/dk doyurulmuş su besleme hızında 1,16 gr yüzmektedir.

-300 mikron boyutlu 1,75 gr elmas tozlarının, 60 psi ve 3lt/dk doyurma basıncında yapılan ÇHF deneylerinde: Ortam pH4'te, 0,55 gr yüzmekte, ortam pH6,5'te 0,69 gr yüzmekte, ortam pH12'de ise 1,09 gr yüzmektedir. -100 mikron boyutlu 1,75 gr elmas tozlarının, 60 psi ve 3lt/dk doyurma basıncında yapılan ÇHF deneylerinde; ortam pH4'te 0,55 gr yüzmekte, ortam pH6,5'te 0,69 gr yüzmekte, ortam pH12'de ise 1,09 gr yüzmektedir.

Suyun havayla doyurulma basıncı artışı ve havayla doyurulmuş suyun flotasyon hücresine beslenme hızı artışıyla paralel şekilde pırlanta yüzme miktarlarında önemli artışlar meydana geldiği gözlenmiştir. Suyun havayla doyurulma basıncı arttıkça oluşan mikro kabarcık sayısının arttığı görülmüştür. Bu durum doğal hidrofob karakterli pırlanta tanelerinin hava kabarcığıyla karşılaşma ihtimalini arttırdığı için yüzen miktarda artış şeklinde kendini göstermiştir. ÇHF besleme tane boyutunun -300 μm'dan -100 μm'a indirilmesi de oluşan mikro kabarcıkların pırlanta tanelerini yukarı taşınmasını kolaylaştırarak yüzen miktarlarda önemli artışlara sebep olmuştur. Optimum veriler 60 psi soyurma basıncı ve 3 lt/dk. doyurulmuş su besleme hızında -300 μm boyutlu pırlantanın %60,57'si yüzerken -100 μm boyutlu pırlantanın %66,29'u yüzmüştür. ÇHF deneylerinde en iyi sonuçlar 60 psi basınç ve 3lt/dk doyurulmuş su besleme hızında elde edilmiş olup tüm deneyler doğal pH olan 6.5'te gerçekleştirilmiştir. pH'a bağlı zeta profili eğrilerinde elektroforetik mobilitenin; pH artışıyla (pH 12) paralel şekilde arttığı, düşük pH (4) değerleinde ise azaldığı görülmüştür. Bu nedenle doğal pH değeri dışında; 60 psi basınç ve 3lt/dk doyurulmuş su besleme hızında asidik ve bazik şartlarda da ÇHF deneyleri yapılmıştır.

-300 mikron boyutlu pırlantanın pH 4'te %31,43'ü, pH 6,5'te %39,43'ü ve pH 12'de ise %62,29'u yüzmüştür. -100 mikron boyutlu pırlantanın ise pH 4'te %30,86'sı, pH 6,5'te %33,71'inin ve pH 12'de %57,14'ünün yüzdüğü görülmüştür. Doğal pH'ta yaklaşık -40 mV olan zeta potansiyelinin pH 4'te -16mV'a düşmesi pırlanta tanelerinin yüzeylerinin hidrojen iyonlarıyla kaplanması nedeniyle stabil olmayan bölgede olduğuna işaret etmekte ve yüzdürülen pırlanta miktarın artışına neden olmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ışığında elde edilen sonuçların Cevher Hazırlama ve Pırlanta sektörüne bilimsel ve ekonomik katkılar sağlanmasının mümkün olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1]. Hatipoğlu, M., Eğitim Kitapçığı, Dokuz Eylül Üniversitesi, 2014

[2]. İpek Yolu Haritası, https://www.chinatravel.com/focus/silk-road/map.htm

[3]. Elmas ve Pırlanta Görselleri, https://www.gia.edu/

[4]. Janse, B., Winter 1995, Volume 31, No:4, History of Diamond Sources in Africa, Part1

[5]. Janse, B., Spring 1996 volume 32 no1 a history of diamond sources in Africa part 2.

[6]. Scarratt, K., Shor, R., Summer 2006, volume 42, no 2, The cullinan diamond centennial; a history and gemological analysis of cullinans 1,2.

[7]. Kirkley, M., Gurney, J., Levinson, A., Age, Origin and Emplacement of Diamonds, Scientific Advantages in the last Decade.

[8]. Melissa B. Kirkley, John J. Gurney, Alfred A. Levinson, Spring 1991 volume 27, No.1 Age Origin and Emplacement of Diamonds; Scientific Advances in the Last Decade.

[9]. Diehl, P., Herres N., Spring 2004, volume 40, no. 1, X-Ray Fingerprinting Routine for Cut Diamonds.

[10]. Kjarsgaard, A., Levinson, A., Fall 2002, volüme 38, no.3, Diamonds in Canada.

[11]. Sunagawa, I., Yasuda, T., Fukushima, H., Winter 1998, volüme 34, no.4 Fingerprinting of Two Diamonds cut from the Same Rough.

[12]. Sucher, S., Fall 2009, volume 45 no.3 A Crystallographic Analysis of the Tavernier Blue Diamond.

[13]. Levinson, A., Gurney, J., Kirkley, M., Winter 1992, volume 28, issue 4, Diamond Sources and Production,Past, Present and Future.

[14]. Janse, A., Summer 2007, Volume 43, no.2 Global Rough Diamond Production since 1870.

[15]. Shigley, E., Chapman, J., Ellison, K., Spring 2001, Vlume 37, no.1 Diacovery mining of the Agryle Diamond Deposit, Australia.

[16]. Gurney, J., Levinson, A., Smith, H., Winter 1991, Volume 27, no.4 Marine Mining of Diamonds of the West Coast of Southern Africa.

[17]. Severmedish, M., Miciak, R., Levinson, A., Spring 1998, Volume 34, no.1 The Rise to Prominience of the Modern Diamond Cutting Industry in India.

[18]. Shor, R., Spring 2013, Issue 49, Volume 1, Apowerful Market Influence on Major Diamonds and COlored Gems.

[19]. Shor, R., Fall 2005, Volume 41, no.3 AReview of the Politicial and Economic Forces Shapng Today's Diamond Industry.

[20]. Geurts, H., Reinitz, M., Gilbertson, M., Winter 2011, Volume 47, GIA's Symmetry Grading Boundaries for Round Brilliand Cut.

[21]. Caspi, A., Summer 1997, Volume 33, no.2 Modern Diamond Cutting and Polishing.

[22]. Watermeyer, B., 2006, volume 6, Diamond Cutting: A Complete Guide to Diamond Processing

[23]. Dröschel, R., Evers, J., Ottomeyer, H., Winter 2008, volüme 44, no.4 The Wittelsbach Blue.

[24]. Meruti Enterprise, Bruting Machines; http://www.diatech.co.in/

[25]. King., J., Shigley, E., Guhin, S., Gelb, H., Hall, M., Summer 2002, volüme 38, no.2 Characterization and Grading of Natural Color Pink Diamonds.

[26]. Crowningshield, R., Summer 1989, volüme 25, no.2 Grading Hope Diamond.

[27]. King, M., Geurts, H., Gilbertson, M., Shigley, J., Winter 2008, Volume 44, no.4 Color Grading D-Z Diamonds at the GIA Laboratory.

[28]. King, M., Moses, M., Wang, W., Winter 2006, Volume 42, The Impact of Internal Whitish and Reflective Graining on the Clarity Grading of D-Z color Diamonds at the GIA laboratory.

[29]. Verena, P. 2003, volume 9, Diamond Grading ABC.

[30]. Edzwald J.K., 1995, Principles and applications of dissolved air flotation, Water Science and Technology, Volume 31, No 3-4, Sayı 1-23.

[31]. Steinbach S., Haarhoff J., 2001, DESÇHF -Desing and Analysis of Packed Saturators in Dissolved Air Flotation Water Research Group Department of Civil and Urban Engineering.

[32]. Şengül, F., Küçükgül, E.Y., 1990, Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal veBiyolojik Temel İşlemler ve Süreçler, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi.

[33]. Solari, J.A., Gochin, R.J., 1992. Fundamental aspects of microbubbles flotation. In: Ralston, J., Laskowski, J.S. (Eds.), Colloid Chemistry in Mineral Processing. Development in Mineral Processing, vol. 12. Elsevier, Amsterdam, pp. 395–418.

[34]. Rubio, J., Capponi, F., Matiolo, E., Nunes, D., Guerrero, C.P., Berkowitz, G., 2003. Advances in flotation of mineral fines. Proceedings XXII International Mineral Processing Congress, Cape-Town, África do Sul, pp. 1002–1014.

[35]. Chung, Y., Choi, Y.H. and Kang, H.S., 2000, A Demonstration Scalinp-up of the dissolved air flotation, Wat. Res. Vol 34, No 3, pp 817-824.

[36]. Englert, A.H., Rodrigues, R.T., Rubio, J., 2009. Dissolved air flotation (ÇHF) of fine quartz particles using an amine as collector, International Journal of Mineral Processing, 90, 27-34.

[37]. Washburn, 1921, The Dynamıcs Of Capıllary Flow Second Series March, 1921 Vol. XVII, no.3.

[38]. Chau, T., 2009, A review of techniques for measurement of contact angles and their applicability on mineral surfaces, Minerals Engineering.

[39]. Qspec, Glis3000, http://www.gzbiaoqi.com/ProductShowen.asp?ArticleID=66

[40]. Özkaya, O., 2006, Silis Kumunun Çözünmüş Hava Flotasyonu Yöntemi ile Zenginleştirilmesi.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Mehmet Bahadır Karadeniz
Doğum Yeri	Afyon
Doğum Tarihi	02.03.1977
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	05325810627
E-Posta Adresi	bahadirk@zendiamond.com
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Maden Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2000

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Maden Mühendisliği

Makale ve Bildiriler