T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜS TAŞLARININ İYİLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER VE TAYİNLERİ: KORUND VE BERİL MİNERALLERİ UYGULAMALARI

Nazan BOYAN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Namık AYSAL

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma, 28.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, ...nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Namık AYSAL (Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Sabah YILMAZ ŞAHİN
İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Mustafa KUMRAL
İstanbul Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Davut LAÇİN
İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

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.

ÖNSÖZ

Bu tez; İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ana bilim dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada; özellikle mücevher sektöründe önemli bir yere sahip olan Beril ve Korund grubu minerallerin mineralojik ve petrografik özellikleri ile Dünya üzerinde üretimi yapılan alanlar ve oluşum ortamları anlatılacak, ayrıca bu minerallere uygulanan iyileştirme yöntemleri ile sentetik üretim uygulamaları detaylı olarak ele alınacaktır.

Yapılan uygulamalar sonucunda elde edilen iyileştirilmiş ve yapay olarak üretilmiş minerallerin, laboratuvar verileri ve gözlemsel veriler kullanılarak doğal minerallerden ayırma yöntemleri; çeşitli kaynaklardan elde edilen bilgiler ve International Gemmology Instute (IGI) Laboratuvar'ında yapılan çeşitli deneyler sonucunda elde edilen veriler kullanılarak yorumlanacaktır.

Bu tez çalışması sonucunda; mücevher sektöründe yoğun olarak kullanılan beril ve korund grubu minerallerinin doğal, işlem görmüş ve sentetikleri arasındaki farkların neler olduğu net bir şekilde ortaya konması hedeflenmektedir.

Bu tezi hazırlamamda yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Namık AYSAL'a, desteğinden dolayı Prof. Dr. Sinan ÖNGEN'e, gerekli çalışmalar için Laboratuvarını kullanmama izin veren IGI Dubai kurumuna, tezi hazırlama sürecinde bana destek olan Hacı Osman BOYAN ve Melik ÖZKAN'a, her zaman bana destek olan aileme teşekkür ederim.

Haziran 2019 Nazan BOYAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **xi**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xii**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1. BERİL VE KORUND GRUBU MİNERALLERİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ 3
2.1.1. Beril Grubu 3
2.1.2 Korund Grubu 7
3. MALZEME VE YÖNTEM **12**
3.1. LUP 12
3.2. POLARİSKOP 12
3.2.1. Çalışma Prensibi 13
3.2.2. Polariskop Altında Değerli Minerallerin İncelenmesi 14
3.2.2.1. İzotropik Mineraller *14*
3.2.2.2. Anizotropik Mineraller *14*
3.2.2.3. Düzensiz Çift Kırılma *14*
3.3. KONOSKOP 15
3.4. REFRAKTOMETRE (KIRILMA İNDİSİ ÖLÇER) 16
3.4.1.1. İzotropik Mineraller *18*
3.4.1.2. Anizotropik Mineraller *19*
3.5. DİKROSKOP 20
3.6. HİDROSTATİK TARTI 23
3.7. SPEKTROSKOP 24
3.8. FLORESANS 25
3.9. CHELSEA FİLTRESİ 27

3.10. MİKROSKOP 29
3.11. UYGULAMALAR 30
4. BERİL VE KORUND MİNERALLERİNE UYGULANAN İYİLEŞTİRME İŞLEMLERİ 33
4.1. BERİL MİNERALİNE UYGULANAN İYİLEŞTİRMELER 33
4.2. KORUND MİNERALİNE UYGULANAN İYİLEŞTİRMELER 35
4.2.1. Boyama 35
4.2.2. Derin Difüzyon 35
4.2.3. Berilyum Difüzyon 36
4.2.4. Cam Doldurma ve Eritme 37
4.2.5. Isıl İşlem 38
5. BERİL VE KORUND MİNERALLERİNİN SENTETİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ 39
5.1. VERNEUIL TEKNİĞİ 39
5.2. CZOCHRALSKİ TEKNİĞİ 42
5.3. ERGİTME TEKNİĞİ (FLUX YÖNTEMİ) 43
5.4. HİDROTERMAL ZÜMRÜT ÜRETİMİ 47
6. BULGULAR 50
7. TARTIŞMA VE SONUÇ 60
KAYNAKLAR 64
EKLER 65
ÖZGEÇMİŞ 79

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2-1. Heksagonal sistemde kristallenmiş yeşil renkli Kolombiya zümrütü (solda) ve yine heksagonal sistmdemde kristal yapısına sahip alalade beril (sağda, ölçeksizdir; HRD, 2012)..... 4

Şekil 2-2. Dünyanın çeşitli madenlerindeki zümrüt örnekleri: A) Doğal zümrütlerde bulunan zümrüt bahçesi yapısı olarak isimlendirilen iki – üç fazlı kapanımlar, B) Kolombiya'dan çıkarılmış doğal zümrüt kristal yapısı içesindeki üç fazlı kapanımlar, C) Trapiche zümrütleri içerisinde büyüme yönüne paralel karbon parçalarının oluştuğu yapı (Kolombiya Muzo madeni), D) Zümrüt minerali içerisinde turmalin kapanımı (HRD, 2012) 5

Şekil 2-3. Dünyanın çeşitli madenlerinden zümrüt örnekleri: A) Karışık iç yapılı doğal zümrüt, B) Rastgele dağılmış tremolit iğnecikleri içeren zümrüt, C) Zümrütte parmak izi yapısı, D) zümrüt içerisinde büyme çizgileri (HRD, 2012). 6

Şekil 2-4. Korund Minerali kristal yapıları. 8

Şekil 2-5. Ana kaya içersindeki kırmızı renkli yakut kristalleri (HRD, 2012). 8

Şekil 2-6. Dünyanın çeşitli madenlerinde üretilen yakut örnekleri: A) Rutil iğnecikleri içeren yakut, B) Yakut kristalinde parmak izi, C) Yakut içerisinde böhmit iğnecikleri, D) Damarlı parmak izi yakın görünüm (HRD, 2012)..... 9

Şekil 2-7. Dünyanın çeşitli madenlerinde üretilmiş yakut ve safir örnekleri: A) Ham haldeki parlatılmamış yakut, B) Yakut içerisinde rutil iğnecikleri, C) Kristal içerisindeki gerilme çatlakları, D) Uzun ve düzenli sıralanmış rutil iğnecikleri (HRD, 2012). 10

Şekil 2-8. Dünyanın çeşitli madenlerinde üretilen safir örnekleri: A ve B) Keşmir bölgesinde üretilen safirlere özgü kapanımlar, C) Safirdeki negatif kapanım ve D) parmak izi yapısı (HRD, 2012)..... 11

Şekil 3-1. Lup Örneği 12

Şekil 3-2. Polariskop..... 13

Şekil 3-3. Çapraz polarizasyon filtreleri: polariskopta göründüğü üzere görüntünün karanlık kısmı (HRD, 2012). 13

Şekil 3-4. Paralel polarizasyon filtreleri: polariskopta göründüğü üzere görüntünün aydınlık kısmı (HRD, 2012). 14

Şekil 3-5. Düzensiz çift kırılma örneği (HRD, 2012)..... 15

Şekil 3-6. Konoskopide sırasıyla çapraz – Hedef Noktası - Airy's Spiral görünümü (HRD, 2012). 16

Şekil 3-7. Konoskopideki bıyık ve fırça izleri 16

Şekil 3-8. Değerli mineraller için kullanılan refraktometre (HRD, 2012). 17

Şekil 3-9. Kritik açı refraktometresinin çalışma prensibi (HRD,2012). 18

Şekil 3-10. Mineral yarı-silindire yerleştirildiğinde görülen gölge sınırı gösterir. (HRD,2012). 18

Şekil 3-11. 2 farklı dikroskop türü (HRD, 2012). 21

Şekil 3-12. Elmaslar kübik sisteme dahildir ve dolayısıyla izotropik davranır. Bir ışık ışını, değişmez olarak her yönde aynı reaksiyonu gösterecektir. İzotoprik minerallerde pleokroizm yoktur ve şekilde görülen simule edilmiş renksizlik (A) ve imgelenmiş sarı elmas (B) gibi aynı renk hassasiyetini gösterirler (HRD, 2012). 21

Şekil 3-13. Saydam kuvars, kuvarsın renksiz türüdür. Bu simülasyonda, masa optik eksene dikey olacak şekilde konumlanmıştır ve kuşak üzerinde kırılma indisindeki maksimum değer tespit edilmiştir. Ancak mineral renksiz olduğu için pleokroizma gözlenmez (HRD, 2012)..... 22

Şekil 3-14. Tabla fasetinin optik eksene dikey olarak mükemmel şekilde konumlandırıldığı durumda, yapay yakutta ışığın davranışı (HRD, 2012). 23

Şekil 3-15. Dikroskopla incelenen bir zümrüt, maksimum varyasyonunda mavimsi yeşil (solda) ve sarımsı yeşil (sağda) görünür. (HRD, 2012). 23

Şekil 3-16. Bir optik ağ kırınım spektroskobunda, bir ışık ışını sabit bir aralıktan (a) geçerek merceğe (b) ve ardından bir cam prizmaya (c) yapışık olan optik ağa düşer (HRD, 2012). 25

Şekil 3-17. 4 adet yakutun A) günışığı koşulları ve B) UV radyasyonu altındaki hali. (HRD, 2012). 26

Şekil 3-18. Chelsea Filtresi (HRD, 2012). 27

Şekil 3-19. Solda sentetik spinel ve sağda aquamarinin UV altında görünümü (HRD, 2012)..... 28

Şekil 3-20. Elmasların ve diğer değerli minerallerin incelenmesi için kullanılan G-Skobu (HRD, 2012). 29

Şekil 3-21. G-skobunda kullanılan aydınlatma (HRD, 2012). 29

Şekil 3-22. Solda Karanlık alan aydınlatmasının veya yanlamasına aydınlatmanın prensibi, yanlara doğru model aydınlatması ve iletilen ışığın bloke edilmesini kapsar. Sağda ise Soldaki kurulumda, karanlık alan aydınlatmasının üstten görünümü (HRD, 2012). 30

Şekil 3-23. İncelemeler sırasında kullanılan ekipmanlar genel görünüm. 31

Şekil 3-24. Refraktometre (solda) ve mikroskop (sağda) ile inceleme. 31

Şekil 3-25. Polariskop ve incelemede kullanılan numuneler. 32

Şekil 3-26. Hidrostatik terazi (solda) ve gün ışığı lambası (sağda) altında inceleme. 32

Şekil 4-1. Zümrüt çatlağina uygulanmiş yağ ve yeşil boya (HRD, 2012). 34

Şekil 4-2. Opticon uygulanmış zümrütün taçtan görüntüsü (HRD, 2012). 34

Şekil 4-3. Aynı mineral ters döndürülüp incelendiğinde (HRD, 2012). 35

Şekil 4-4. Safir ve derin difüzyon işlemi uygulamak için gerekli katkı maddesi ve kaplar 36

Şekil 4-5. Cam doldurma işlemi uygulanmış yakut (HRD, 2012). 37

Şekil 5-1. Verneuil'in geliştirdiği fırın sistemi (HRD, 2012). 40

Şekil 5-2. A ve B) Sentetik olarak üretilen yakut örnekler (HRD, 2012)..... 40

Şekil 5-3. A ve B) Verneuil tekniğinin bir sonucu olarak oluşan "kavisli şeritler" (HRD, 2012)..... 41

Şekil 5-4. A) Sentetik Yakut ve B) Yakutta yapay olarak oluşturulan duvak görüntüsü (HRD, 2012) 42

Şekil 5-5. Czochralski çekme aparatı 43

Şekil 5-6. Zümrüt kristallerinin ergitme tekniğiyle üretimi (HRD, 2012)..... 44

Şekil 5-7. Yakuttaki bir parmak izindeki turuncu (A) ve grimsi beyaz (B) flux kalıntıları. Aynı zamanda flux parmak izlerinin bir bölümünü oluşturan iki fazlı (2ph) kapanımlar gözlenmektedir (HRD,2012). 45

Şekil 5-8. A- Parmak izi içindeki kristal benzeri kapanımlar aslında ergiyik kalıntılarıdır. Ayrıca bu taşların içindeki duvaklar belirgindir (40X), B- Fotoğraftaki Örnek açıkça görülen duvaklara sahiptir (40X; HRD,2012). 45

Şekil 5-9. A) Ergiyik tekniği ile büyütülen bır zümrütün genel görüntüsü (15X), B) Duvak oluşumunun detaylı görüntüsü (40X), C ve D) Parmak izi oluşumunun detaylı görüntüs (40X; HRD, 2012). 46

Şekil 5-10. A ve B) Lennix zümrütleri, A'da görüldüğü üzere, kayda değer derecede porselen kapanımlar içerirler (10X). B'de ise detaylı bir görüntü mevcuttur (15X). Düz üçgen ve altıgen biçimli, mat metal yansımalı levhalar Platin kapanımları olarak tanımlanıyor (HRD, 2012). 47

Şekil 5-11. Kuvars kristallerinin bir basınçlı kap veya "bomba" yardımıyla hidrotermal üretimi (HRD, 2012) 48

Şekil 5-12. A ve B) Hidrotermal olarak üretilen zümrüt görüntüsü 49

Şekil 6-1. A ve B) Ergiyik yöntemi ile üretilen zümrüt (büyütme 30X) içerisinde platik kristalleri ve düzenli küçük, beyaz hava kapanımları. 51

Şekil 6-2. A ve B) Ergiyik yöntemil ile üretilen zümrüt (büyütme 30X) kristalinde duvak görüntüsü. 52

Şekil 6-3. Zambia'da üretilmiş doğal zümrüt kristali içerisinde muskovit mineralleri (büyütme 30X). 53

Şekil 6-4. A ve B) Kolombiya2da ürerilmiş doğal zümrüt kristalide 2 ve 3 fazlı kapanımlar (büyütme 30X). 54

Şekil 6-5. Yağ ile doldurularak iyileştirişmiş zümrüt örneği (büyütme 25X) içerisinde kırılma indisi farkından dolayı oluşan farklı renklenmeler. 54

Şekil 6-6. Sentetik Safir kristlinde (büyütme 25X) hava baloncuları. 55

Şekil 6-7. Ergiyik ile üretilen Safir (büyütme 30X) içerisinde renk değişimleri. 56

Şekil 6-8. Doğal safir örnekleri: A) Örnek 9'da katı kristal kapanım (büyütme 25X) ve B) Örnek 10'da 2 ve 3 fazlı kapanımlar (büyütme 40X). 57

Şekil 6-9. İşlem görmüş yakut: A) Heksagonal büyüme çizgileri (büyütme 25X) ve B) Koyu renkli yuvarlak katı kapanımlar ve yağ ile doldurulduğunu gösteren sarı renkli çatlak dolguları (büyütme 20X) 58

Şekil 6-10. Doğal yakut örneği (büyütme 30X) 59

Şekil 6-11. Sentetik yakut örneği: A) Duvak yapısı (büyütme 25X), B) Kristalin külah kısmındaki koyu renkli bulutsu görünüm (büyütme 40X). 59

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2-1. Beril Minerali Renk ve Kimyasal Bileşimine Göre Çeşitleri (IGI, 2014). 3

Tablo 2-2. Korund Minerali Renk ve Kimyasal Bileşimine Göre Çeşitleri (IGI, 2014)..... 7

Tablo 3-1. İzotropik minerale verilen örnek kırılma indisi (HRD, 2012) 18

Tablo 3-2. Anizotropik tek eksenli minerale verilen örnek kırılma indisi (HRD, 2012). 19

Tablo 3-3. Anizotropik çift eksenli minerale verilen örnek kırılma indisi (HRD, 2012)..... 20

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
Be	: Berilyum
Al	: Alüminyum
Si	: Silisyum
Cr	: Krom
Fe	: Demir
Mn	: Mangan
V	: Vanadyum
B	: Bor
Cs	: Sezyum
Ti	: Titanyum
Li_2O-MoO_3	: Lityum Molibdat

Kısaltmalar	Açıklama
RI	: Kırılma İndisi
UV	: Morötesi Işın
IR	: Kızılötesi Işın
UVS	: Kısa Morötesi Işın
UVL	: Uzun Morötesi Işın
LIBS	: Lazerli Kırma Spektrometresi

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜS TAŞLARININ İYİLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER VE TAYİNLERİ: KORUND VE BERİL MİNERALLERİ UYGULAMALARI

Nazan BOYAN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Namık AYSAL

Bu tez; mücevher sektöründe yoğun olarak kullanılan Beril ve Korund minerallerinin, doğal, işlem görmüş ve sentetikleri arasındaki farkların belirlenmesi amacıyla uygulanan yöntemleri ve işlemleri içermektedir.

Mücevher sektöründe, değerli taş olarak adlandırılan Korund grubu minerallerinden Safir ve Yakut ile Beril grubu mineralinden olan Zümrüt minerali ekonomik olarak sektörde çok büyük değere sahiptir. Bu minerallerin bu kadar değerli olması, minerale uygulanan işlemler ile sentetik üretimin yolunu açarak muadil taşlar üretilmeye başlanmıştır.

İyileştirme işlemleri ile minerallerin çekiciliğini arttırarak daha güzel görünmesini sağlamak amaçlanmaktadır. Bu işlemlerde özellikle renklerin daha doygun yapılması temel amaçtır. Bir diğer işlem ise, berraklığa etki eden işlemlerdir. Burada da amaç mineralin içindeki kapanımları yok etmek, çatlak yada kırıkların görünürlüğünü azaltmaktır.

Sentetik üretim yöntemleri ise; laboratuvar ortamında üretilmesi istenen mineral ile aynı fiziksel, kimyasal ve optik özelliklere sahip temelde doğalı ile aynı olan bir taş üretmektir. Bunu yapmakta amaç; bu değerli taşların tüm ihtiyacı cevaplamadığı durumda devreye girmektir. Ya

da farklı sektörler için kullanılmasıdır. Doğaldır ki sentetik üretilen taşlar asla doğal olan ile aynı ekonomik değerde değildir. Sentetik taşlar her zaman daha düşük değere sahiptir. Bu yüzden bu taşların ticareti yapılırken doğal veya sentetik olduğunu belirtmek çok önemlidir.

Bu tezde; doğal safir, yakut ve zümrüt ile çeşitli işlemlere tabi tutulan ve sentetik üretilen safir, yakut ve zümrüt taşlarının ayırma metotları detalı olarak incelenmiştir.

Haziran 2019, 96 sayfa.

Anahtar kelimeler: Beril, Korund, Değerli mineraller, Sentetik üretim, Mineral İyileştirme, mücevher, ayırma yöntemleri

SUMMARY

M.Sc. THESIS

DETERMINATION AND METHODS USED TO IMPROVE OF GEM STONES: APPLICATION OF BERYL AND CORUND MINERALS

Nazan BOYAN

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Geological Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Namık AYSAL

This thesis, have been prepared with the aim of understanding the difference between natural, treated and synthetics Beryl and Corundum minerals which are used extensively in the jewellery sector.

The group of Corundum mineral whıch are sapphıre and ruby and the group of Beryl which is emerald called as gemstone have a great value economically in the jewellery sector. The fact that these minerals are so valuable has opened the way for synthetic production and treatment applied to the mineral and the equivalent stones have begun to be produced.

It is aimed to increase the attractiveness of minerals and make them look more beautiful by means of improvement processes. In these processes, the main purpose is to make the colors more saturated. Another process is affect to the clarity. The aim is to eliminate inclusions in the mineral and reduce the visibility of cracks or fractures.

Synthetic production methods; to produce a stone which has the same physical, chemical and optical properties as the mineral desired to be produced in the laboratory. The purpose of doing this; all the needs of these precious stones is to come into play in case it does not enough for consumption. Or it is used for different sectors. For sure, synthetic stones are never the same

economic value as natural ones. Synthetic stones always have lower value. Therefore, it is very important to specify that these stones are natural or synthetic when it is trading.

In this thesis; separation methods of natural sapphire, ruby and emerald stones and sapphire, ruby and emerald stones which are synthetically produced are examined in detail.]

June 2019, [96] pages.

Keywords: [Beryl, Corundum, Gemstone, Synthetic Prosses, Mineral treatment, Jewellery, Determination methods]

1. GİRİŞ

İnsanoğlu tüm zamanlar boyunca parlak, renkli ve gösterişli eşyalara ilgi duymuş ve bunları sergileme ihtiyacı hissetmiştir. Mücevherler de bu şekilde ortaya çıkmış olup çeşitli metaller ile parlak ve renkli mineraller birleştirilerek sergilenmiştir. İnsanlık tarihi boyunca mücevherler; gelişen teknolojinin de etkisi ile evrim geçirip çeşitlense de ham maddeler çoğunlukla aynı kalmıştır. Elmas her zaman mücevherde en değerli mineral olarak kullanılmıştır. Onu takip eden safir-yakut (korund), zümrüt (beril) de değerli mineral sınıfına girmekte ve mücevher sektöründe vaz geçilmez mineraller arasında yer almaktadır. Bu üç mineralin kullanımı tıpkı elmas gibi milattan öncesine dayanmaktadır. Parlaklığı, sertliği ve göz alıcı renkleri ile insanoğlu bu minerallerin varlığını çok eski zamanlarda keşfetmiş ve kullanmaya başlamıştır (Gia, 2012).

Beril grubunun en çok bilinen üyesi olan zümrütün, M.Ö. 330 yıllarından itibaren kullanıldığı eski yazıt ve kaynaklarda belirtilmiştir (Finlay, 2006). İlk zümrüt madenleri; zümrüte çok düşkün olduğu bilinen Kleopatra tarafından Mısır'da açılmıştır. Çıkarılan iyi kalitedeki zümrütler sadece Kleopatra tarafından kullanılmış ve bir kısmı da kraliyet ailelerine hediye olarak verilmiştir. O dönemde zümrüt, en az elmas kadar değerliydi ve güç göstergesi olarak kullanılmaktaydı. Sınıfsal farkın belirgin şekilde gösterilmesinde önemli rol oynayan zümrüt; aynı zamanda yeşil renginden dolayı rahatlattığı düşünüldüğü için kraliyet ailesinin ve zengin kesimin çeşitli değerli ev eşyalarında da kullanılmıştır. Bunun haricinde; batıl inanışları olan bazı toplumlar da zümrüte farklı anlamlar yükleyerek büyü, şifa gibi durumlarda zümrütleri kullanmışlardır (Finlay, 2006). Günümüzde en güzel renk ve kalitedeki zümrüt madenleri Kolombiya'dadır. Ayrıca Brezilya, Zambiya, Zimbabwe, Rusya, Pakistan ve Afganistan'da da ticari değeri olan zümrüt madenleri bulunmaktadır (Gübelin ve Koivula, 2008).

Korund minerali ticari olarak safir ve yakut isimleriyle bilinir. Değerli mineral grubuna giren bu iki mineral sadece kimyasal yapısındaki iz element içeriklerindeki değişiklik sebebi ile oluşan farklı renklerden dolayı bu isimleri almıştır. Yakut; kırmızı renkli korund mineralinin adı iken, safir; mavi renkli korund mineraline denir. Bu iki renk haricinde oluşan diğer korund mineralleri ise safire rengin ön ekini alınarak safir olarak isimlendirilir (ör.: sarı safir, pembe safir, yeşil safir gibi). Safir ve yakut diğer değerli

mineraller gibi yüzyıllardan beri kraliyet aileleri ve yüksek gelirli kişiler tarafından, güç sembolü olarak, ayrıca kötülüklerden korunma, sağlık, zenginlik ve şans getirme, aşkı pekiştirme gibi inanışlar sebebi ile de yaygın olarak kullanılmıştır (Finlay, 2006). Dünyada bilinen en iyi kalitedeki yakutlar Myanmar (Burma) bölgesindedir. Ayrıca Tayland, Sri Lanka, Tanzanya, Vietnam, Kenya, Madagaskar ve Afganistan'da da ticari değeri yüksek yakut madenleri bulunur. Hindistan - Pakistan Keşmir bölgesi çok iyi kalitedeki safir madenleri ile meşhurdur. Ancak günümüzde üretim çok sınırlı hale gelmiştir. Ayrıca; Avustralya, Kamboçya, Çin, Kenya, Madagaskar, Nijerya, Pakistan, Ruanda, Sri Lanka, Tayland, ABD, Vietnam gibi ülkeler de safir madenine sahip diğer ülkelerdir (Gübelin ve Koivula, 2008).

İnsanoğlu her zaman mücevherlere ve değerli minerallere sahip olma arzusunda olmuştur. Bu durum; beraberinde mücevher sektöründe doğal taşlara iyileştirme işlemlerini, sentetik olarak üretilmiş taşları ve taklit taşların kullanımını da beraberinde getirmiştir. Rengi ve berraklığı çok iyi olmayan taşlar çeşitli iyileştirme işlemlerine tabii tutularak rengi ve berraklığı daha çekici hale getirmek amaçlanır. Sentetik olarak üretilen taşlar ise; laboratuvar ortamında üretilen, fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri doğalı ile aynı veya benzer şekilde olan taşlardır. Taklit taşlar ile sadece dış görünüş olarak aynı, diğer tüm özellikleri farklı olan ve birbiri yerine kullanılan taşlardır. Örneğin; yakut ve kırmızı spinel birbirine benzeyen kırmızı renkli bir taşlardır. Ekonomik olarak yakut spinelden çok daha değerlidir. Tarihteki örneklerde ve günümüzde düzgün ticaret yapmayan kişiler kırmızı spineli yakut diyerek ve yakut fiyatına satabilmektedir.

Mücevher sektöründe doğru beyanın önemi gün geçtikçe artmaktadır. Teknolojinin gelişimi ile farklı taklit, sentetik üretim ve iyileştirme yöntemleri gelişmiştir. Dolayısı ile, sektörün güvenilirliği için satışı yapılan taşın doğru bilgiler verilerek satılması çok önemlidir. Bu yüzden o taşın ne olduğu ve hangi işlemlerden geçtiği dikkatle belirlenmelidir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. BERİL VE KORUND GRUBU MİNERALLERİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ

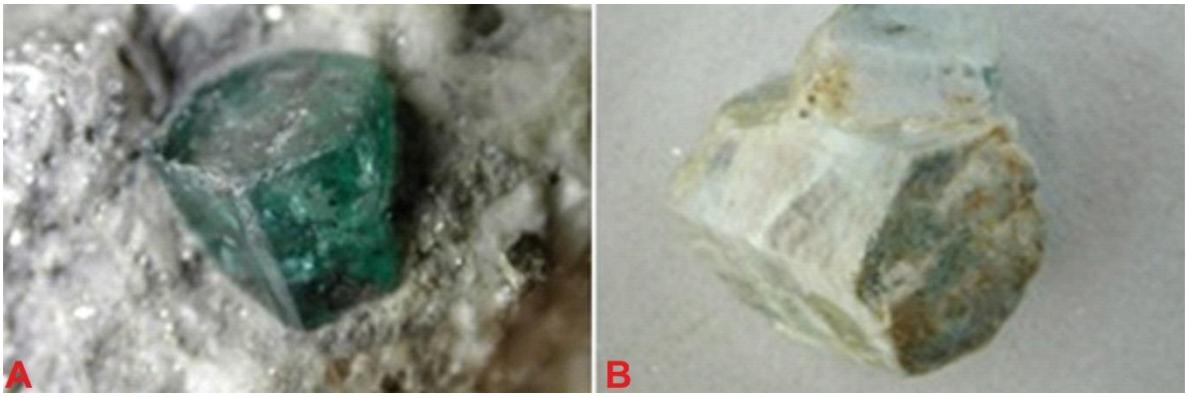
2.1.1. Beril Grubu

Kimyasal bileşimi; $Be_3Al_2(Si_6O_{18})$ dir. İçeriği genellikle %14 BeO, %19 Al_2O_3, %67 SiO_2 den oluşur (Read, 2007). Kimyasal yapısına giren Cr, Fe, Mn, V, Cs ve B eser elementleri ise mineralin renk oluşumunu etkiler. Ayrıca kristal yapısında bulunan boşluk ve kanallarda H_2O ve CO_2 de gözlenebilir (IGI, 2014).

Tablo 2-1. Beril Minerali Renk ve Kimyasal Bileşimine Göre Çeşitleri (IGI, 2014).

Mineral Bileşimi ve İçerdiği elementler	**Renk**	**Adı**
Saf Beril ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$)	Renksiz	Gosenit
Krom + Vanadyum $Cr^{3+}V$	Yeşil	Zümrüt
Ferro Demir Fe^{2+}	Mavi	Akuamarin
Demir – Fe^{3+}	Sarı	Heliodor
Mangan+Sezyum+Rubidyum	Pembe	Morganit
Mangan Mn	Kırmızı	Biksbit
Mangan+Sezyum	Fuşya	Pezzotaite
Sezyum+Bor	Koyu Mavi	Maksit Beril

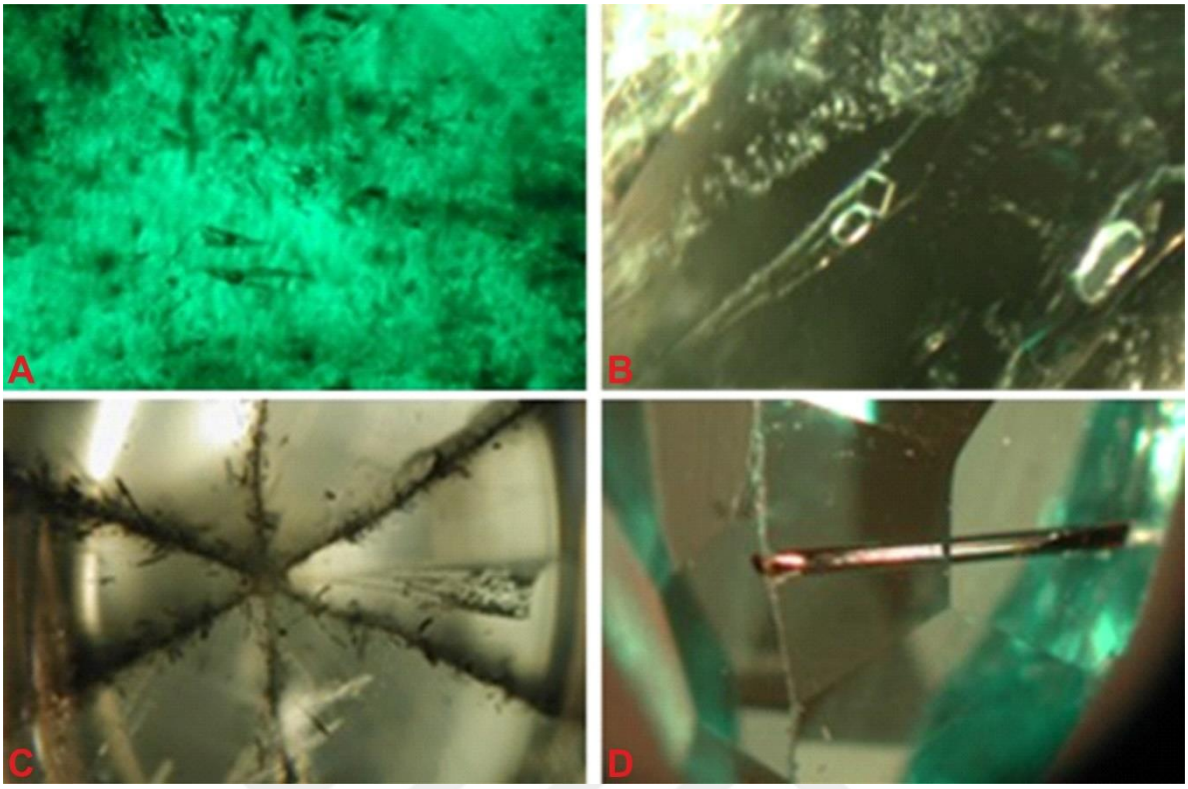
Sertliği 7.5 – 8 olan berilin kristalleri cam cilalıdır. Özgül ağırlığı 2.71 (+0.07 -0.05) ve kırılma indisi 1.565 – 1.602 dir. Heksagonal sistemde kristallenir (Şekil 2.1 A ve B) ve belirgin prizmatik kristalleri vardır. Kristal sistemi yapısından dolayı çift kırılma indisine sahiptir (Cipriani ve Borelli, 1999).



Şekil 2-1. Heksagonal sistemde kristallenmiş yeşil renkli Kolombiya zümrütü (solda) ve yine heksagonal sistmdemde kristal yapısına sahip alalade beril (sağda, ölçeksizdir; HRD, 2012).

Beril; jeolojik olarak genellikle magmatik kayaçlarda (granit ve pegmatitlerde) bulunmakla birlikte mika şistlerde de beril varlığı gözlenmektedir. Berilin bulunduğu ortamlar genelde hareketli ortamlar olduğu için özellikle zümrütün iç yapısında bol miktarda kırık ve çatlaklar gelişmiştir. Bu yapılar zümrüt için karakteristik özellik niteliğindedir. Ayrıca zümrüt; turmalin, biyotit, kalsit, tremolit gibi minerallere ana kaya görevi de görebilir. Böyle durumda bu mineraller kristal kapanım şeklinde zümrüt içerisinde gözlenir ve zümrütün doğal olup olmaması yada kökeninin belirlenmesinde önemli rol oynar. Dünya'nın mücevher kalitesindeki en değerli zümrüt kaynakları; Kolombiya'da bitümlü kireçtaşlarında bulunmaktadır. Ayrıca çeşitli metallerle alaşımlar yapmak için diğer endustrilerde kullanılan Berilyum kaynağı beriller ile mücevher kalitesindeki zümrütler Brezilya ve A.B.D'de de bulunmaktadır (Gübelin ve Koivula, 2008). Ayrıca Zambia, Güney Afrika, Hindistan, Pakistan ve Rusya'da zümrüt madenleri olan diğer ülkelerdendir.

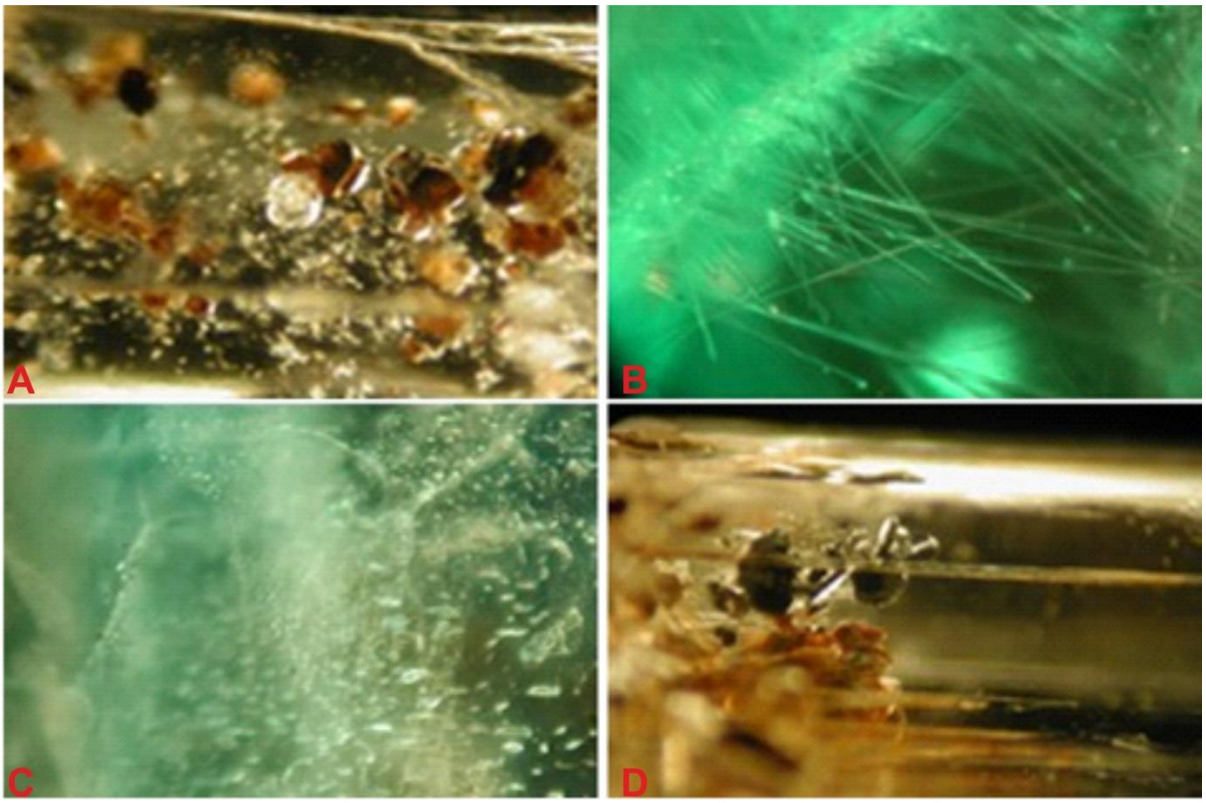
Mücevher kalitesindeki zümrütler, oluşum ortamlarındaki farklı etkenler nedeni ile, yapısında bol miktarda kapantılar bulundurur. Zümrütlerin hemen hepsinde görünen bu yapılar bize zümrütün doğallığı ve kökeni hakkında bilgi verir. Zümrüt içinde var olan bazı kapanımlar mineral hakkında net yorumlar yapmamıza imkan sağlar. Aşağıdaki fotoğraflarda görünen örnekler dünyadaki çeşitli madenlerden alınan zümrütlere ait olup, bazı karakteristik özellikleri belirtirmiştir (HRD, 2012).



Şekil 2-2. Dünyanın çeşitli madenlerindeki zümrüt örnekleri: A) Doğal zümrütlerde bulunan zümrüt bahçesi yapısı olarak isimlendirilen iki – üç fazlı kapanımlar, B) Kolombiya'dan çıkarılmış doğal zümrüt kristal yapısı içesindeki üç fazlı kapanımlar, C) Trapiche zümrütleri içerisinde büyüme yönüne paralel karbon parçalarının oluştuğu yapı (Kolombiya Muzo madeni), D) Zümrüt minerali içerisinde turmalin kapanımı (HRD, 2012)

Doğal zümrütlerde bulunan ve zümrüt bahçesi olarak isimlendirilen görüntünün en tipik örneği Şekil 2.2 A'da verilmiştir. Bu görüntü; zümrütün oluşum ortamının hareketliliğinden dolayı içerisinde meydana gelen kırık, çatlak ve kapanım yapılarından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda içerisinde iki ve üç fazlı kapanımlarda içeren zümrütün, bu görüntüsü ile doğal olduğunu söyleyebilir (büyütme 40X). Şekil 2.2 B'de örneğin üç fazlı (3ph) kapanım içermesi ve oluşumu esnasında içerisine giren farklı kapanımlar ile doğal olduğunu kanıtlanır. Tüm dünyadaki zümrüt madenlerinden alınan örnekler karşılaştırıldığında, 3 fazlı kapanımlarının sadece Kolombiya madenlerinden çıkan zümrütlerde görüldüğü tespit edilmiştir. Dolayısı ile Şekil 2.2 B'deki örneğe Kolombiya'dan çıkarılmış doğal zümrüt demek oldukça doğrudur (büyütme 40X). Şekil 2.2 C'deki örnek ise zümrütün özel bir oluşumunu göstermektedir. Sadece Kolombiya zümrütlerinde görülen bu oluşum, zümrüt gelişimi esnasında, büyüme yönüne paralel karbon parçalarının yapıya girmesi ve altı kollu yıldız şeklinde bir görüntü sunmasıdır. Bu şekilde oluşan zümrütlere Trapiche zümrütleri denir. Bu görüntü zümrütün

doğal olduğunu ve Kolombiya'daki Muzo madeninden alınan bir örnek olduğununun kanıtıdır (büyütme 30X). Zümrüt büyüme aşamasındayken çoğu zaman bulunduğu bölgedeki mineraller için bir "ana kaya" görevi görür (Şekil 2.2. D). Buradaki güzel bir turmalin kapanımı görülmektedir. Turmalin, zümrütün oluştuğu ortamda yapısına girmiş ve bir kapanım görüntüsü oluşturmuştur. Turmalin kristalinin renk geçişleri net şekilde gözlenmektedir. Sadece bu turmalin kristalin varlığı bile, bu zümrüt örneği için doğal zümrüttür yorumunun yapılmasına yeterli bir delildir (büyütme 40X; HRD, 2012).



Şekil 2-3. Dünyanın çeşitli madenlerinden zümrüt örnekleri: A) Karışık iç yapılı doğal zümrüt, B) Rastgele dağılmış tremolit iğnecikleri içeren zümrüt, C) Zümrütte parmak izi yapısı, D) zümrüt içerisinde büyme çizgileri (HRD, 2012).

Şekil 2.3 A'da zümrütün karışık iç yapısı görülmektedir. Buradaki farklılık içerisindeki bu karmaşık yapının farklı renkte olmasıdır. Daha önce zümrütün çevresindeki mineraller için ana kaya görevi yaptığına değinilmişti. Bu örnekte de kahverengi biyotit pulları ve renksiz bir kalsit minerali zümrütün yapısına girmiştir. Bu görüntü zümrütün kökeninin doğal olduğuna dair önemli bir delil sunmaktadır (büyütme 40X). Saydam (berrak) tremolit iğnecikleri (Şekil 2.3 B) rastgele dağılmış şekilde zümrütün yapısına girmiştir. Bu tarz karmaşık tremolit iğnecik

yapısına sadece Zimbabwe madenlerindeki zümrütlerde rastlanmıştır. Tüm bu ip uçları bu örneğin doğal zümrüt minerali olduğunu ve Zimbabwe'nin Sandawana bölgesinde çıkarıldığını göstermektedir (büyütme 40X). Zümrütün içerisnde parmak izi yapısı (Şekil 2.3 C), 2 fazlı kapanımların varlığı ve sağ alt köşede gözlenen katı kristal varlığı bu örneğin doğal olduğunun belirtecidir (büyütme 40X). Zümrütün içindeki büyüme çizgilerinin (Şekil 2.3 D) sebebi, heksagonal kristal yapısıdır ve zümrüt büyüme çizgileri ile aynı yönde kesildiği için mineralin içerisinde bu yapıyı çok net görülebilmektedir (büyütme 40X; HRD , 2012).

Zümrütler çoğu zaman demantoit, tsavorit, yeşil turmalin, yeşil kuars gibi minerallerle karıştırılabilir. Bu minerallerden; sertlik, özgül ağırlık, kırılma indisi ve içerisindeki kapantılar yardımıyla ayırt edilir. Zümrütün sahip olduğu yüksek sertliğe oranla, yapısındaki çatlaklar sebebi ile kırılgan bir yapısı vardır. Bu yüzden ayırt etme işlemleri uygulanırken dikkatli olmak ve fazla baskı uygulamaktan kaçınmak gerekir.

2.1.2 Korund Grubu

Kimyasal bileşimi Al_2O_3 olan Korund, içeriğinde %53 Al, %47 O bulunur. İçerisindeki eser miktardaki Cr, Fe, Ti sebebi ile çeşitli renkler alır.

Tablo 2-2. Korund Minerali Renk ve Kimyasal Bileşimine Göre Çeşitleri (IGI, 2014).

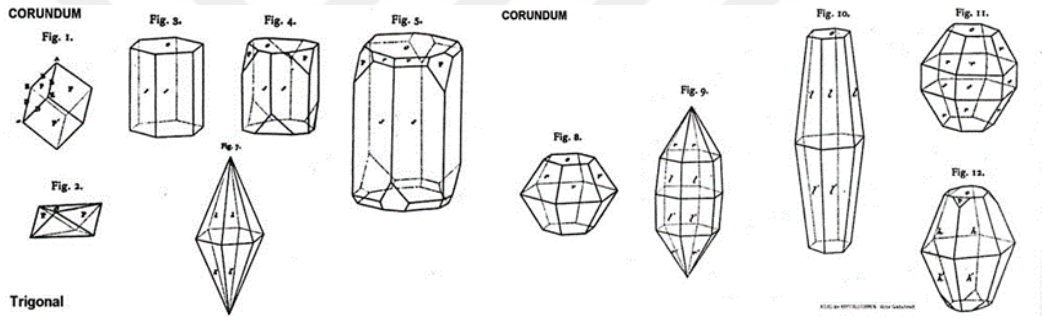
Mineral Bileşimi ve İçerdiği elementler	**Renk**	**Adı**
Saf Korund Al_2O_3	Renksiz	Lökosafir
Üç değerli krom Cr^{3+}	Kırmızı	Yakut
Ferrüs Demir ve Titanyum	Mavi	Safir
Ferrik Demir	Sarı	Sarı Safir
Ferrüs ve Ferrik Demir	Yeşil	Yeşil Safir
Krom- Vanadyum	Turuncu	Padparadsch

Elmastan sonra doğadaki en sert ikinci mineral olan korundun MOHS'a göre sertliği 9'dur ve kristalleri elmas ya da cam cilalıdır. Özgül ağırlığı 4.01 kırılma indisi 1.762 – 1.770 dir. Trigonal sisteminde kristallenir ve kristaller genellikle kaba kristalli veya masif ya da ince kristtaller halinde ana kayada bulunur (Şekil 2.4; HRD, 2012).

Korund; 400 – 700 derece sıcaklıkta ve 2–6 kbar basınçta kristallenir. Özellikle felsik magmatik kayaçlarda, sertliğinden dolayı çok uzun süre korunabildiği için de sedimenter kayaçlarda

aşınmadan kurtulmuş kristaller halinde ve metamorfik kayalarda da aksesuar mineral olarak bulunur (IGI, 2014). Büyüme esnasında korundun yapısına giren rutil mineraline sıklıkla raslanmaktadır. Bu da korundun doğallığı ve kökeni hakkında yorum yapmaya olanak sağlar. Mücevher kalitesindeki en iyi korund yatakları, Burma ve Keşmir'dedir. Ayrıca Sri Lanka, Tayland, Kenya, Afganistan, Pakistan Tanzanya, Kamboçya gibi ülkelerde de mücevher kalitesinde korund yatakları mevcuttur.

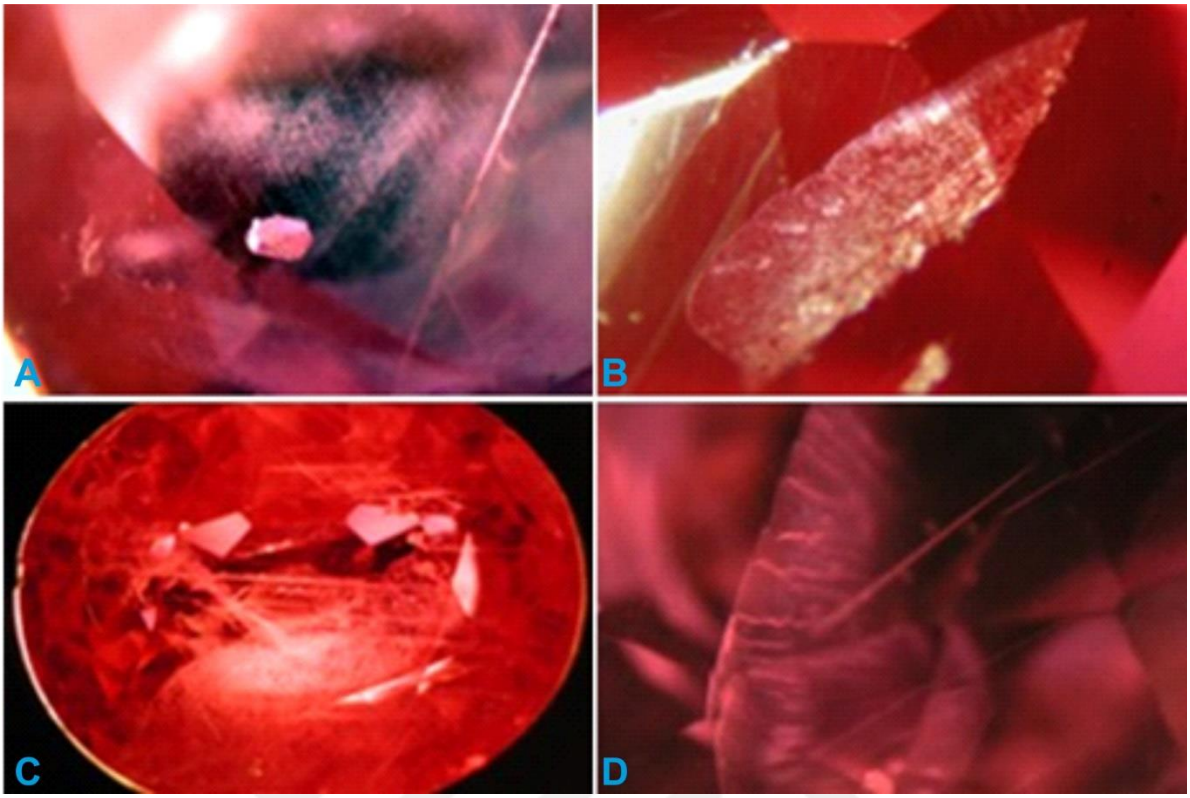
Korundun iyi kalitedeki kristalleri mücevher sektöründe değerli mineral olarak kullanılır. Safir ve yakut (Şekil 2.5) kesim sanayi, makine endüstrisi ve saat yapımında da kullanılır. Safir ve yakut oluşum ortamlarına bağlı olarak içerisinde çeşitli kapanımlar, klivaj ve yapısal desenler bulundurur. Bunlar: köken belirleme işlemlerinde ve işlenmiş olanlardan ya da sentetiklerinden ayırmada oldukça faydalıdır.



Şekil 2-4. Korund Minerali kristal yapıları.



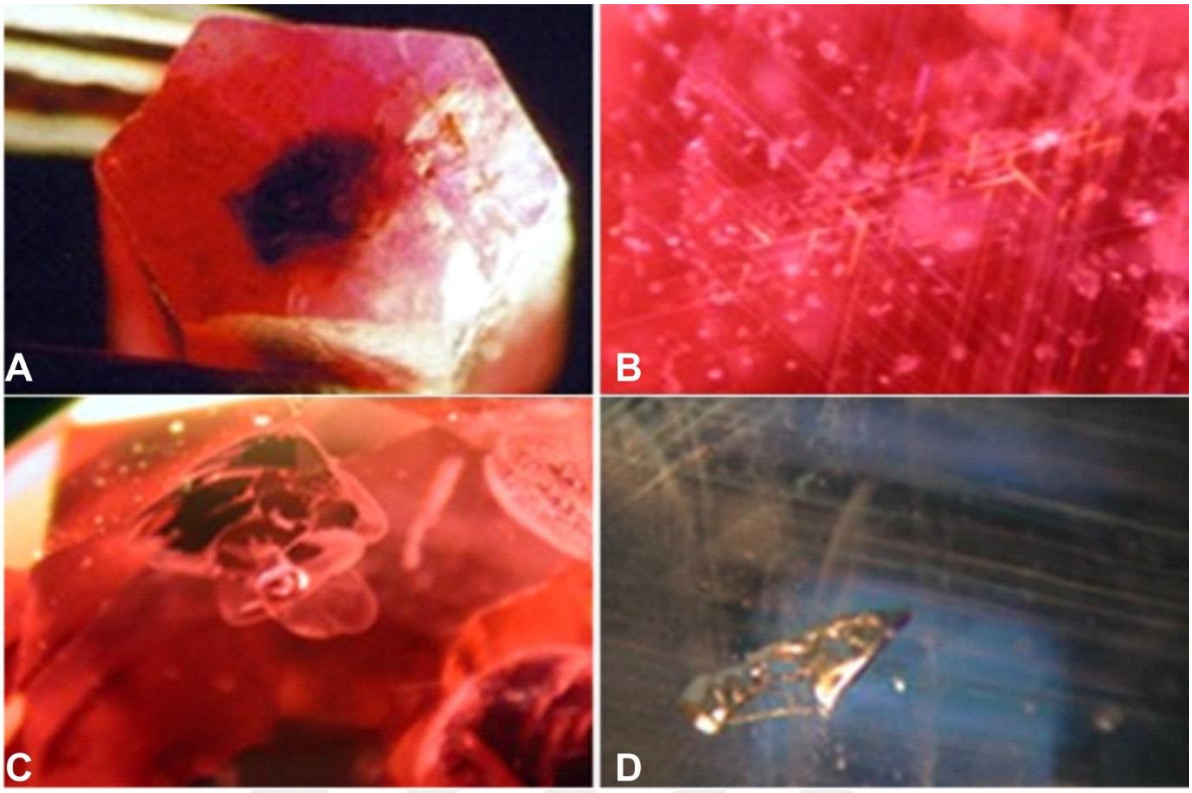
Şekil 2-5. Ana kaya içersindeki kırmızı renkli yakut kristalleri (HRD, 2012).



Şekil 2-6. Dünyanın çeşitli madenlerinde üretilen yakut örnekleri: A) Rutil iğnecikleri içeren yakut, B) Yakut kristalinde parmak izi, C) Yakut içerisinde böhmit iğnecikleri, D) Damarlı parmak izi yakın görünüm (HRD, 2012).

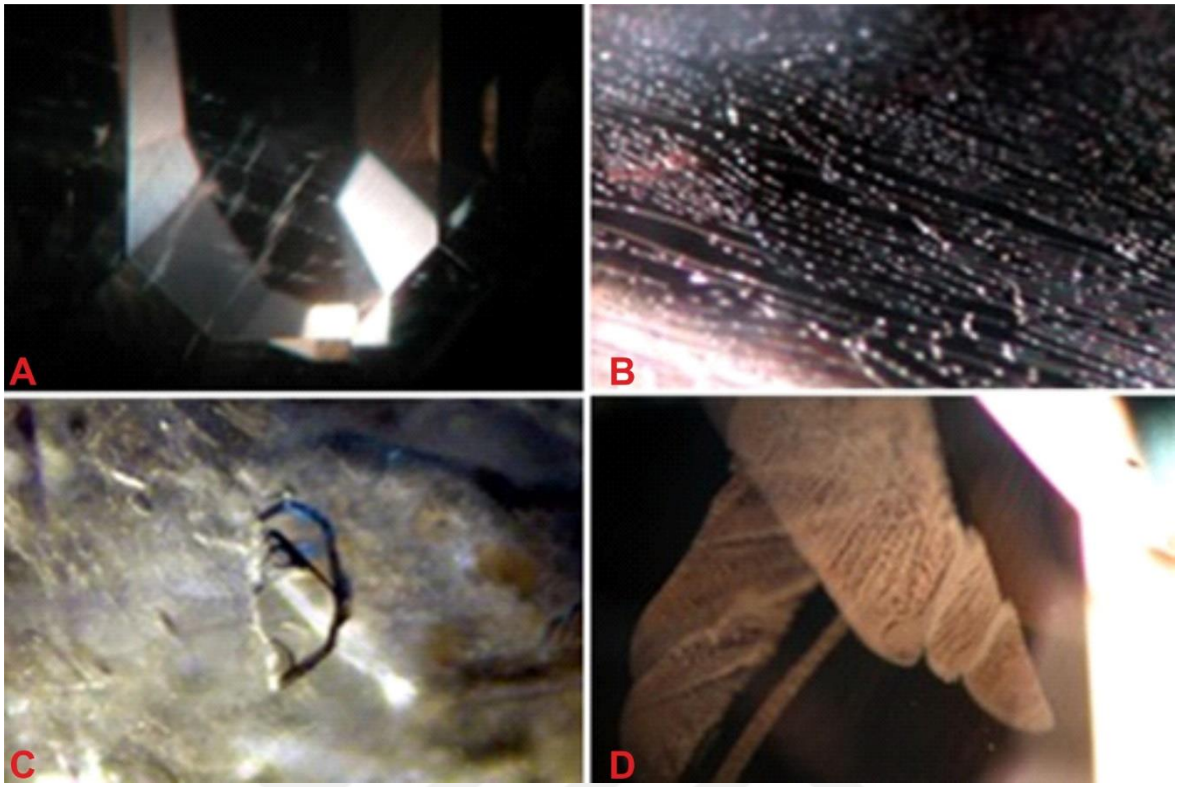
Yakut kristalinde kısa rutil iğneciklerinin (ipek) yoğun bir örgüsü (Şekil 2.6 A). Ayrıca mineralin orta kısmında yer alan katı kristal bu yakut hakkında doğal yorumu yapılmasına olanak sağlar. Bu ipek görüntü sadece Burma yakutlarında görülmektedir. Şekil 2.6 B ve D'deki örneklerdeki damarlı parmak izleri yapısı yakutun doğal olduğunu gösterir ancak kesin kanıt değildir. Parmak izi yapısı incelendiğinde bunların sadece tek bir yönde ilerlediği görülür, ayrıca parmak izi içindeki damar yapıları sadece Burma yakutuna özgüdür. Dolayısı ile bu iki örneğin doğal olduğunu ve Burma dan geldiğini söylemek doğru bir yaklaşımdır (büyütme 40X). Şekil 2.6 C'de ise renksiz, kalın iğnecikler her yöne dağılmış şekilde görülmektedir. Bu iğneler muhtemel böhmit mineralidir ve bu iğne yapısı yakutun kökenin Siam olduğunun en önemli belirtisidir (büyütme 20X; HRD ,2012).

Henüz parlatılmamış bir yakut örneğinde ortadaki mavi çekirdek ortamda Ti ve Fe in önce kullanılarak safir oluştuğunu onun üzerine ise Cr kullanılarak yakut geliştiğini ve safiri içine aldığını gösterir (Şekil 2.7. A).



Şekil 2-7. Dünyanın çeşitli madenlerinde üretilmiş yakut ve safir örnekleri: A) Ham haldeki parlatılmamış yakut, B) Yakut içerisinde rutil iğnecikleri, C) Kristal içerisindeki gerilme çatlakları, D) Uzun ve düzenli sıralanmış rutil iğnecikleri (HRD, 2012).

Bu yapı sentetik yakutlarda asla gözlenmez. Dolayısı ile bu yakut doğaldır yorumunu yapmak mümkündür. Ayrıca tüm yakutlarla karşılaştırıldığında bu yapının sadece Mong Hsu (Burma) ve Jegdalek (Afganistan)'da üretilenler yakutlarda görüldüğü belirlenmiştir (büyütme 15X). Yakutun içerisinde uzun açık rutil iğneciklerinin oluşturduğu ağ belirli bir düzende ilerler (Şekil 2.7. B). Ayrıca örnekte kristal kapanımları yoğun şekilde gözlenmektedir. Bu görüntü sadece doğal yakutlarda raslanan bir görüntüdür (büyütme 40X). Kristal içerisindeki gerilme çatlakları doğal minerallerde görülür (Şekil 2.7 C). Bu söz konusu mineralin basınç farkından dolayı bir deformasyona maruz kaldığını ya da minerale ısıl işlem uygulandığı esnada kristalin ya da kırığın etrafında bu şekilde gerilmeler oluştuğunu gösterir (büyütme 30X). Uzun ve düzenli sıralanmış rutil iğneciklerinin uzun açık ağları, bu safirin Sri Lanka kökenli olduğunu kanıtlamaktadır (Şekil 2.7 D). Ayrıca sol alt köşede gözlenen katı kristal de safir örneğinin doğal olduğunu gösteirir (büyütme 40X; HRD, 2012).



Şekil 2-8. Dünyanın çeşitli madenlerinde üretilen safir örnekleri: A ve B) Keşmir bölgesinde üretilen safirlere özgü kapanımlar, C) Safirdeki negatif kapanım ve D) parmak izi yapısı (HRD, 2012)

Keşmir'e özgü safirlerdeki kapanımlar (Şekil 2.8 A ve B). Şekil 2.8 A'da "fırça vuruşları" olarak adlandırılan belirli yönlerde gelişmiş iğne yapıları ile Şekil 2.8 B'de cam üzerinden akan su damlacıkları görüntüsünü andıran izler. Bu yapılar sadece Keşmir madenlerindeki safirlerde gözlenmiştir (büyütme 40X). Safirdeki bir negatif kapanım (Şekil 2.8 C). Kapanımda iki fazlı (2ph) dolmuş sıvı ve gaz gözlenmiştir. 2 fazlı kapanım yapısı doğal olduğuna kesin kanıt değildir ve diğer kapanım ve parametrelerle değerlendirerek yorum yapılmalıdır (büyütme 40X). Safirlerdeki damarlı parmak izleri yapısı çok karakteristiktir (Şekil 2.8 D) ve bu izler içinde bulundukları mineralin Burma kökenli olduğunun bir işaretidir. Söz konusu parmak izi yapısını sentetik olarak yapmak mümkün değildir. Dolayısı ile bu örnek için rahatlıkla doğaldır yorumunu yapılabilir (büyütme 40X; HRD , 2012).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Süs taşlarının incelenmesinde (Gemolojide) kullanılan ekipmanlar ve kullanma prensipleri her bir ekipman için ayrı bir başlık altında detaylı olarak verilmiştir.

3.1. LUP

Lup basit bir ince kenarlı mercekler sistemidir. Değerli minerallerin kalite derecelendirilmesi için kullanılan bir lupun (büyüteç) büyütme oranı ortalama 10 kattır (Şekil 3.1). Gemolojide de aynı standart kullanılır. İyi bir lupta küresel ve renksel sapma olmamalıdır. Küresel sapma, merceğin bir yüzeyinde bütün noktaların aynı zamanda ışık geçirememesi anlamına gelir. Bu etkiye merceğin kavisi sebep olur ve ilk merceğin distorsiyonunu ortadan kaldıran ikinci bir merceğin eklenmesiyle bu hata düzeltilebilir. Renksel sapma; renklerin, merceğin yüzeyinde dağılma yoluyla ayrılmasıdır. İkinci bir mercek eklemek bunun için de faydalıdır. Bu iki şekilde (aplanatik ve akromatik) düzeltilmiş luplara "tamamen düzeltilmiş lup" denir ve bunlar üç farklı lensin birbirine kaynaştırılmasıyla oluşturulur. Bu nedenle elmas luplarına "triplet (üçlü)" denir. Buna ek olarak, lupun görüş alanı olabildiğince geniş olmalıdır. Çerçevenin renksiz olması önerilir.



Şekil 3-1. Lup Örneği

3.2. POLARİSKOP

Polariskop, gemolojide kullanılan en basit ve ama aynı zamanda da en önemli aletlerden biridir (Şekil 3.2). Polariskopun asıl amacı, minerallerin izotropik veya anizotropik olduklarının belirlenmesidir. Değerli minerallerin titreşim yönünü bulma veya ışığın polarizasyonunu bulma

amacıyla kullanılır. Bu alet opak mineraller dışındaki tüm mineraller için uygundur. Yarı-berrak ile berrak arası, cilalı ve işlenmemiş olan mineraller polariskopla incelenebilir.

3.2.1. Çalışma Prensibi

Polariskop; bir ampulden yayılan ışığın yarı saydam beyaz bir ekran tarafından dağıtıldıktan sonra, doğrudan kuzey-güney yönünde sabitlenmiş ve kuzey-güney yönlü olanlar dışındaki tüm titreşimlerin eleyen bir polarizan filtreden geçecek şekilde oluşturulmuştur. Bu nedenle; bu filtre bir polarlaştırıcı (kutuplandırıcı) şeklinde tasarlanmıştır. Uygulanan testlere bağlı olarak, üst filtre serbestçe döndürülebilir. Buna "analizör" adı verilir.

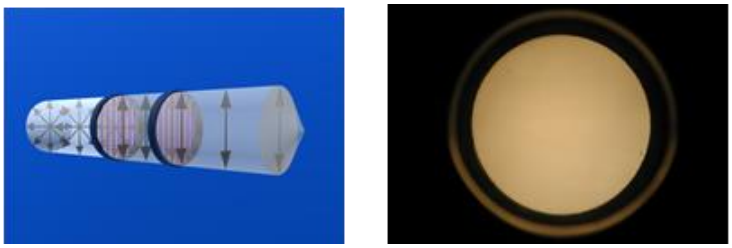
Analizer doğu-batı yönüne döndürülürse, en karanlık pozisyona ulaşırız. Tüm titreşim yönleri bloklanmıştır (Şekil 3.3). Bu kuruluma "çapraz filtreler" veya "ortoskop" denir. Analizerin kuzey-güney yönü -böylece polarizere paraleldir- en aydınlık pozisyonda neticelenir (Şekil 3.4). Kuzey-güney kutuplu ışık değişmemiş olarak kalır.



Şekil 3-2. Polariskop.



Şekil 3-3. Çapraz polarizasyon filtreleri: polariskopta göründüğü üzere görüntünün karanlık kısmı (HRD, 2012).



Şekil 3-4. Paralel polarizasyon filtreleri: polariskopta göründüğü üzere görüntünün aydınlık kısmı (HRD, 2012).

3.2.2. Polariskop Altında Değerli Minerallerin İncelenmesi

3.2.2.1. İzotropik Mineraller

Nasıl döndürülmüş olursa olsun, eğer bir mineral karanlık görünüyorsa, polarize ışığın titreşim yönünü değiştirmek mümkün değildir. Mineralin içinde tercih edilen optik bir yönelim olmadığı için, polarize ışık mineralden değişmemiş olarak geçecek ve analizer filtre tarafından bloklanacaktır. Bu tür mineraller ya amorf ya da kübik sistemde kristallenmiştir ve bu yüzden izotroptur veya tek bir kırılma özelliğine sahiptir.

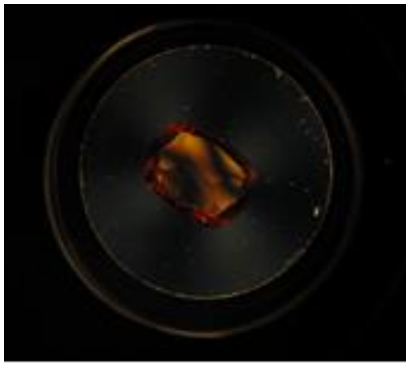
3.2.2.2. Anizotropik Mineraller

Bir mineral tam bir döndürmeyle açıktan koyuya doğru iki kez kırpışma gösteriyorsa, bu mineral anizotropik veya çift kırılma özelliğine sahiptir. Üst filtreden açıkça görülebilen ışığın bu şekilde kırpışmasının nedeni; mineralin bir pozisyonunda mineralden geçen ışığın polarizasyonunun alt filtreyle aynı olmasıdır ve polarize ışık üzerinde hiçbir etkisi yoktur. Minerali biraz daha döndürdüğümüzde, modelin özelliklerine bağlı olarak polarize ışık, iki polarize ışına ayrılacaktır. Artan miktarda ışık, artık maksimum aydınlık görünene kadar üst filtreyi geçebilir hale gelmiştir. Biraz daha döndürmek bir parlaklık azalmasına sebep olacak, tamamen sönme veya karanlıkla sonlanacaktır. Bu işlem 360 derece tam bir döndürmeye kadar tekrarlanır.

3.2.2.3. Düzensiz Çift Kırılma

Birçok tek kırılımlı mineralin içinde çok miktarda birim deformasyon veya gerilme söz konusudur. Bu durum; mineralin polariskop altında incelenmesiyle ortaya çıkan “bez” ya da

"yılanlar"a benzeyen düzensiz yok olma modeline sebep olur. Her iki fenomen de anormal çift kırılma olarak adlandırılır (Şekil 3.5). Çoğunlukla camda, sentetik spinel ve lal mineralinde görülür.



Şekil 3-5. Düzensiz çift kırılma örneği (HRD, 2012).

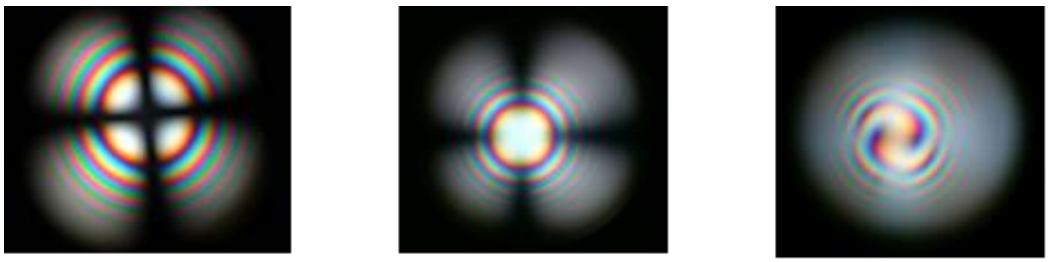
3.3. KONOSKOP

Polariskop kullanımı; bir değerli mineralin izotropik veya anizotropik olduğunu belirlemek için kullanılır. Ancak minerali tam anlamıyla tanımlamak için, incelemeyi daraltmak ve mineralin tek optik eksenli mi yoksa çift optik eksenli mi olduğunu ve optik eksenlerin nerede konumlandığını kontrol etmek gerekir. Bu bilgi, ortoksobun -çapraz filtreli polariskop-, güçlü yakınsak bir mercekle yani bir adet 10X lup ile bileştirilerek filtreler arasında yerleştirilmesiyle ortaya çıkarılabilir. Bu düzeneğe "konoskop" adı verilir. Bu düzenek kullanılarak yalnızca berrak, tek kristal ve anizotropik minerallar hakkında yararlı bilgi elde edilebilir.

İnceleme altındaki bir mineral, dairesel bir yapı içinde parlak renkler görülünceye kadar çapraz filtreler arasında rastgele eğilir. Bu renk kümesine "girişim renkleri" denir. Bu renkli halkaların merkezine doğru siyah bir şekil görülebilir. İşte renklerle birlikte bu şekil "interferans şekli" oluşturur. O anda mineral sabit kalır ve lup, üst filtre ve mineral arasına getirilir. Lupu aşağı ve yukarı hareket ettirmek, şeklin üzerine odaklanmayı sağlar. Girişim şekilleri yalnızca bir minerali polarize ışıktaki optik eksen boyunca (veya çok yakınında) incelerken gözlemlenebilir. İzotropik minerallerin sonsuz optik ekseni bulunur. Fakat bunlarda girişim şekilleri görülmez.

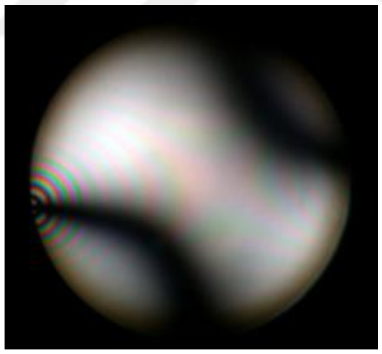
Trigonal, tetragonal ve heksagonal kristal sistem grubundaki saydam anizotropik minerallerin yalnızca bir tane optik ekseni vardır ve dolayısıyla tek optik eksenlidirler. Bunlar, optik eksen

boyunca, “Airy’s Spiral” veya “hedef noktası” gösteren bazı kuvars mineralleri haricinde, bir “çapraz” melatop gösterirler (Şekil 3.6).



Şekil 3-6. Konoskopide sırasıyla çapraz – Hedef Noktası - Airy’s Spiral görünümü (HRD, 2012).

Ortorombik, monoklinal ve triklinal sistem grubundaki saydam anizotropik mineraller, “biaxial” adı verilen iki optik eksene sahiptir ve bu nedenle iki tane “bıyık” veya “fırça” görüntüsü sergilemeleri gerekir (Şekil 3.7). Ancak; inceleme altındaki mineralin tek eksenli olduğunu göz ardı edersek, çoğu zaman sadece bir tane bıyık görülecektir. Bazı çift eksenli minerallerde, optik eksenler arasındaki gerçek fiziksel açı oldukça küçüktür ve bıyıklar bir çapraz oluştururken neredeyse birbirine değecekmiş gibi görünür. Kırılma indisi değerleri yine de mineralin çift eksenli olduğunu ortaya koyar.



Şekil 3-7. Konoskopideki bıyık ve fırça izleri

3.4.REFRAKTOMETRE (KIRILMA İNDİSİ ÖLÇER)

Refraktometre; fasetli mineraller ve kapşonlar gibi sadece iyi cilalanmış yüzeye sahip saydam ve yarı saydam minerallerde kullanılmaktadır. Her mineralin kendine özgü kırılma indisi vardır ve refraktometre sonucu elde edilen değerdir. İncelenen minerali tanımada çok büyük etkiye sahip olsa da diğer aletlerin sonuçları ile birlikte değerlendirimesi gereklidir. Refraktometreler, farklı bilim alanlarında ve endüstride yaygın bir şekilde kullanılır. Bu aletlerin büyük

çoğunluğu sıvılar için kullanılır ve her birinin kendi teknik özellikleri vardır. Gemolojide kullanılan refraktometre, kapağı olan küçük camlı bir muhafaza içerir (Şekil 3.8). Aynı zamanda polarizan filtreli bir merceği bulunur. Cam, üstü düz bir yarı-silindir şeklindedir. Yarı-silindir; yüksek yoğunluklu camdan üretilir, kırılma indisi incelenen mineralden farklıdır ve ancak 1.30 ile 1.81 arasındaki kırılma indislerini ölçmeyi sağlar. Yapısından dolayı yüzeyi çok yumuşaktır.



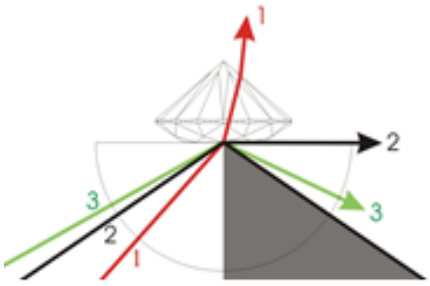
Şekil 3-8. Değerli mineraller için kullanılan refraktometre (HRD, 2012).

Refraktometrenin çalışma prensibi, yarı-silindir ile ilişkili olarak bir değerli mineralin kritik açısının saptanması temeline dayanır. Mineralin kırılma indisleri ile yarı-silindir arasındaki fark büyükse, kritik açı küçük olacaktır ve tam tersine aradaki fark küçükse, kritik açı büyük olacaktır. Cilalanmış bir minerali yarı-silindir üzerine yerleştirirken oluşan kritik açı bu alet ile ölçülür ve bir kırılma indisine dönüştürülür. Bu nedenle bu alete "kritik açı refraktometresi" de denir (HRD, 2012).

Harici bir ışık kaynağından çıkan ışık, aletin alt kısmından içeri girer. Bir ışık ışını alete geldiğinde, 90 dereceden daha küçük bir açıyla yarı-silindire girer. Yarı-silindirin üzerine bir mineral yerleştirildiğinde ise kritik açı oluşur (Şekil 3.9; HRD, 2012).

Eğer ışık ışınının yansıma açısı (1) kritik açıdan küçükse, kırılacak ve yarı-silindiri terk edecektir. Eğer yansıma açısı artarsa, kritik açıyla aynı büyüklüğe ulaşacaktır (2). Bu noktadan itibaren toplam yansıma oluşmaya başlar ve ölçeği aydınlatır (3). Bu, kırılma indisini belirleyen ölçeğin üzerine iz düşürülmüş ışık ile karanlık arasındaki sınırdır (Şekil 3.10). Gerçekte, "karanlık" bölge daha çok bir gölge alan gibi görünür. Merceğin üzerindeki polarizan filtresi, bir refraktometre için vazgeçilmezdir. Anizotropik minerallar bir ışık ışınını, iki farklı kırılma

indisli iki ışına ayıracaktır. Polarizan filtresini yavaşça döndürmek, gerçekleşmesi halinde şu fenomeni gözler önüne serecektir: anizotropik minerallerin "sıçrayan" bir gölge sınırı vardır.



Şekil 3-9. Kritik açı refraktometresinin çalışma prensibi (HRD,2012).



Şekil 3-10. Mineral yarı-silindire yerleştirildiğinde görülen gölge sınırı gösterir. (HRD,2012).

3.4.1. Değerli Minerallerin Refraktometre ile Değerlendirilmesi

3.4.1.1. İzotropik Mineraller

Tablo 3-1. İzotropik minerale verilen örnek kırılma indisi (HRD, 2012)

	TABLA TARAFI		KÜLAH TARAFI	
Açı	**Maksimum kırılma indisi (RI)**	**Minimum kırılma indisi (RI)**	**Maksimum kırılma indisi (RI)**	**Minimum kırılma indisi (RI)**
0°	1,718	1,718	1,718	1,718
45°	1,718	1,718	1,718	1,718
90°	1,718	1,718	1,718	1,718
135°	1,718	1,718	1,718	1,718

Tüm değerler aynı sonucu verir. Yani, yalnızca tek bir kırılma indisi gözlenmektedir. Bu mineral açıkça izoktroptur, bu nedenle kübik sisteme dahildir veya amorftur. Örneğin kırılma indisi RI = 1.718'dir ve mineral tablosundan kontrol edildiğinde bu mineralin spinel olduğu söyleyebilir.

Çoğu kez bazı değerlerin belli belirsiz farklılıklar verdiğini göreceksiniz. Bunun nedeni üçüncü hanenin tahmini olmasıdır. Aynı zamanda, farklılığın sebebi mineralin içindeki birim deformasyon olabilir. Örneğin, 1.718 yerine 1.720 ölçebilirsiniz. Eğer en yüksek ve en düşük değerler arasındaki fark 0.003'ten daha büyük olmayan bir değişiklik gösteriyorsa, mineral hala izotrotur (HRD, 2012).

3.4.1.2. Anizotropik Mineraller

Tek Optik Eksenli Mineraller

Gerçeğe uygun olan bu örnek, korundun ölçülmesi sırasında elde edilen tipik sonuçlara dair iyi bir değerlendirme sunar. Sonuçların doğru yorumlanması, pozitif tanımlamaya katkı sağlayan çok fazla bilgi verir. Tablo 3.2, biri değişken diğeri sabit olmak üzere iki parçaya ayrılmış bir ışık ışınını açıkça gösterir. Söz konusu örnekte maksimum kırılma indisi sabit ve birçok yönden 1.770 olarak görülmektedir. Bu değişmez bileşendir ve "kırılma yasasına uyan ışın – olağan ışın" olarak adlandırılır. n_ω olarak gösterilir (HRD, 2012).

Tablo 3-2. Anizotropik tek eksenli minerale verilen örnek kırılma indisi (HRD, 2012).

	TABLA TARAFI		**KÜLAH TARAFI**	
AÇI	**Maksimum kırılma indisi (RI)**	**Minimum kırılma indisi (RI)**	**Maksimum kırılma indisi (RI)**	**Minimum kırılma indisi (RI)**
0°	1,770	1,765	1,770	1,770
45°	1,768	1,761	1,770	1,762
90°	1,770	1,760	1,770	1,764
135°	1,770	1,768	1,770	1,760

Minimum kırılma indisi değişkendir: bu da kırılma yasasına uymayan ışın – olağandışı ışındır (n_ε). Olağan ışının en büyük varyasyonlu değeri 1.760'tır. Bu durum, trigonal, tetragonal ve heksagonal kristal sistemleri grubundaki minerallerde meydana gelir (HRD, 2012). Tek eksenli minerallerde, minimum ve maksimum kırılma indisleri için aynı değerleri tek bir pozisyon

verir. Bu, optik eksenin yönüdür. Optik eksenin yönünden dolayı olağan ve olağandışı ışın tam olarak aynı şekilde davranır. Bu durumun her zaman gözlenmediğini göz önünde bulundurulmalıdır (HRD, 2012).

İki Optik Eksenli Mineraller

Bu örnekte, her iki maksimum ve minimum kırılma indisi değişir. Bir kural olarak bu, mineralin iki optik ekseni olduğu anlamına gelir. Ortorombik, monoklinal ve triklinal sistem grubundaki bütün mineraller, üç değişik hızdaki ışıkla ve bu nedenle üç kırılma indisiyle sonuçlanarak bu etkiyi gösterecektir. Bunlar n_α, n_β, ve n_γ olarak gösterilir (HRD, 2012). n_α bütün minimum kırılma indisi değerleri arasında minimum iken, n_γ bütün maksimum kırılma indisi değerleri arasında maksimumdur. n_β orta dereceli kırılma indisidir fakat ölçülemez. Bunun yerine, ortalama kırılma indisi değerlerinin maksimum ve minimum arasındaki farkın en küçük olduğu pozisyondaki hesaplamayla belirlenir. Bu örnekte, n_α = 1,630; n_β = 1,641; ve n_γ = 1,645'tir. Bu değerlerden çiftkırılım hesaplanabilir. Bu da, maksimum ve minimum kırılım indisi arasındaki farktır: 0.015. (HRD, 2012).

Tablo 3-3. Anizotropik çift eksenli minerale verilen örnek kırılma indisi (HRD, 2012)

	TABLA TARAFI		KÜLAH TARAFI	
POS	**Maksimum kırılma indisi (RI)**	**Minimum kırılma indisi (RI)**	**Maksimum kırılma indisi (RI)**	**Minimum kırılma indisi (RI)**
0°	1,642	1,639	1,645	1,640
45°	1,641	1,636	1,642	1,636
90°	1,640	1,632	1,641	1,630
135°	1,642	1,640	1,640	1,635

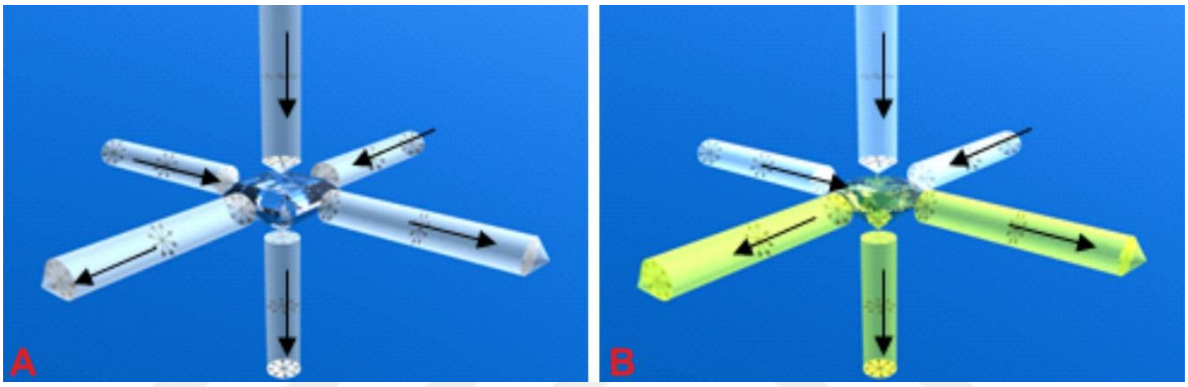
3.5. DİKROSKOP

Dikroskop, minerallerde anizotropiyi görselleştirmek için kullanılan küçük bir alettir (Şekil 3.11). Dikroskop, farklı ışık polarizasyonu altındaki minerallerin rengini basitçe gözleyebilmeyi sağlar. Bu nedenle, izotropik ve anizotropik mineralleri, hatta bazı durumlarda tek optik eksenli ve çift optik eksenli mineralleri bile ayırt etmede kullanılan vazgeçilmez bir cep aletidir. Hem cilalı hem de işlenmemiş renklerdeki saydam mineraller için kullanılabilir (HRD, 2012).

İzotropik – tek kırılma indisli- bir minerale bir ışık ışını girdiğinde, yönünü ve hızını değiştirir, yani kırılır (Şekil 3.12). Mineralin içindeki yön incelendiğinde, kırılma aynıdır. Bununla birlikte, mineralden ayrılan ışık ışınının rengi, mineralin yönünden bağımsızdır (HRD, 2012).



Şekil 3-11. 2 farklı dikroskop türü (HRD, 2012).



Şekil 3-12. Elmaslar kübik sisteme dahildir ve dolayısıyla izotropik davranır. Bir ışık ışını, değişmez olarak her yönde aynı reaksiyonu gösterecektir. İzotoprik minerallerde pleokroizm yoktur ve şekilde görülen simule edilmiş renksizlik (A) ve imgelenmiş sarı elmas (B) gibi aynı renk hassasiyetini gösterirler (HRD, 2012).

Anizotropik minerallar iki alt gruba ayrılabilir. Trigonal, tetragonal ve heksagonal kristal sistemlerinde bir tane optik eksen bulunur. Bu da, gelen ışık ışınının farklı polarizasyona sahip iki ışına ayrılmasına sebep olur; çift kırılma bu şekilde meydana gelir (HRD, 2012).

Işık hızı ve yönündeki değişimin yanı sıra, ayrılmış ışık ışınlarının polarizasyonu da önemlidir. Her iki ışık ışını, birinin polarizasyonu diğerinin üzerine dikey düşecek şekilde polarize olur. Ayrıca renkli bir mineralden çıkan farklı polarizasyona sahip iki ışık ışını da farklı renklerde olabilir. Buna "dikroizm (çift renklilik)" denir (HRD, 2012).

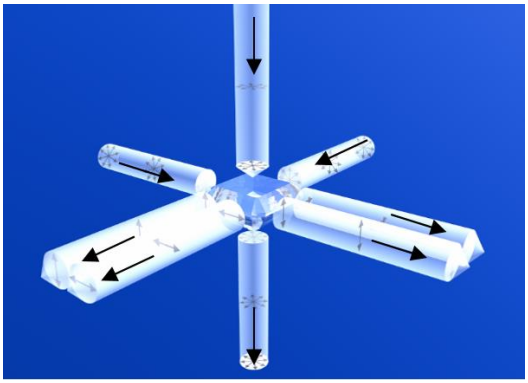
Işık ışını optik eksen boyunca çiftkırılma göstermez ve (dolayısıyla mineralin 'en iyi' rengi olan) yalnızca tek bir rengi gösterir. Kuşağa diklemesine pozisyonda kontrol edildiğinde, çift

kırılma efektinin maksimumda olduğu görülür. Bu da olağan ışın nedeniyle bir hız bileşeni (yatay ok) ve olağandışı ışın nedeniyle de bir bileşen olduğunu gösterir (dikey ok). Bu bileşenler birbirinden farklı olduğu için birbirine çok hafif farklılıklara sahip renk tonlarına yol açacaktır. Ancak insan gözü her iki ışını birbirinden ayırt edemediğinden, bizler bunu karışık bir renk olarak görürüz (HRD, 2012).

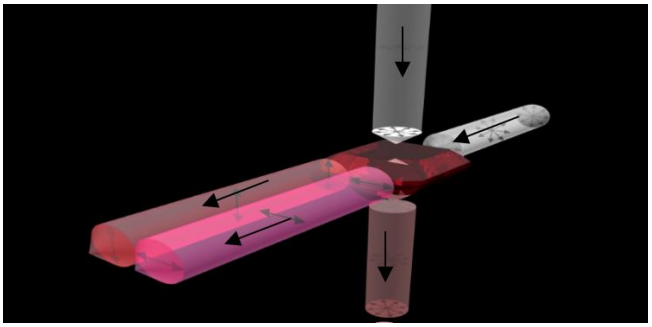
Bu nedenle; bir mineralden üç farklı ışık bileşeni çıkar. Açıktır ki; bu durum üç farklı renge yol açabilir. Bu duruma "üç renklilik" yani 'trikroizm' denir. Her iki fenomeni kapsayan terim ise 'pleokroizm'dir. Yunanca kökenli bu sözcük "birçok renk" anlamına gelir (HRD, 2012).

Renksiz mineralleri pleokroizm için test etmek tamamıyla gereksizdir, çünkü gözlenen renkler renk satürasyonuna göre değişken olacaktır. Renkli izotropik minerallerde pleokroizm görülmez, çünkü optik özellikleri kristal oryantasyondan (yönelim, uyumlandırma) bağımsızdır (Şekil 3.13). Örnekleri renkli elmaslar, lal mineralları ve spinellerdir. Ayrıca cam, plastik ve kübik zirkonyum gibi amorf (şekilsiz) maddeler de aynı sonucu verirler (HRD, 2012).

Anizotropik tek eksenli minerallerin iki pleokrik rengi vardır. Onlarda dikroizm görünür (Şekil 3.14). Dikroizm en iyi şekilde, derinlemesine satüre olan minerallerde gözlenir. Yüksek çiftkırılımlı mineraller, çıplak gözle bile görülebilen bir dikroizm sergileyebilirler. Turmalin ailesi buna güzel örnekler verir.

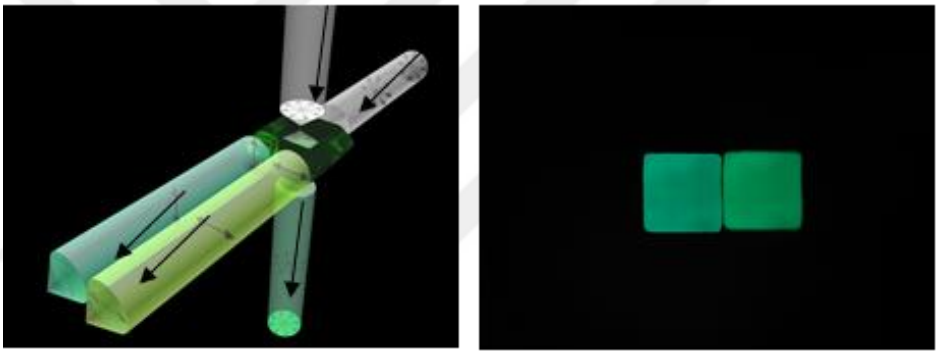


Şekil 3-13. Saydam kuvars, kuvarsın renksiz türüdür. Bu simülasyonda, masa optik eksene dikey olacak şekilde konumlanmıştır ve kuşak üzerinde kırılma indisindeki maksimum değer tespit edilmiştir. Ancak mineral renksiz olduğu için pleokroizma gözlenmez (HRD, 2012).



Şekil 3-14. Tabla fasetinin optik eksene dikey olarak mükemmel şekilde konumlandırıldığı durumda, yapay yakutta ışığın davranışı (HRD, 2012).

Anizotropik çift eksenli minerallerin incelenmesi, "trikroik (üç renkli)" adı verilen üç pleokrik rengi ortaya çıkarabilir. İyolit ve andaluzit, koleksiyoncunun gözle görülebilen bir trikroizm gösteren çok güzel minerallere örnektir. Ancak, dikroskop ile trikroik mineralleri incelemek, nadiren bir üçüncü rengi gösterebilir (Şekil 3.15).



Şekil 3-15. Dikroskopla incelenen bir zümrüt, maksimum varyasyonunda mavimsi yeşil (solda) ve sarımsı yeşil (sağda) görünür. (HRD, 2012).

3.6.HİDROSTATİK TARTI

Bir mineralin özgül ağırlığını hidrostatik dengeyle belirlemek Arşimet Kanunu'na dayanır. Gerçekte, mineralin ağırlığı havada ve daha sonra suda ölçülür. Suyun yukarıya doğru baskısı, mineralden suyun ağırlığına eşit miktardaki gözle görülür bir ağırlık kaybına neden olur. Formül bu şekilde ortaya çıkar (HRD, 2012).

$$\text{Mineralin özgül ağırlığı} = \frac{\text{Mineralin havadaki ağırlığı}}{\text{Suda tartıldığındaki su kaybı}} * \text{Suyun özgül ağırlığı}$$

Bununla birlikte, suyun yüzey gerilimine bağlı olarak, küçük minerallerin suya batırılması zor olabilir. Ayrıca minerale tutunan küçük hava kabarcıkları da hatalara yol açabilir. Bu durum, bu yöntemden beklendiği kadar kesin sonuçlara ulaştırmayacaktır. Böyle durumlarda çifte kontrol yapmak uygundur. Bu yöntem, hem işlem görmemiş hem de cilalanmış minerallerin özgül ağırlıklarının belirlenmesinde çok faydalıdır.

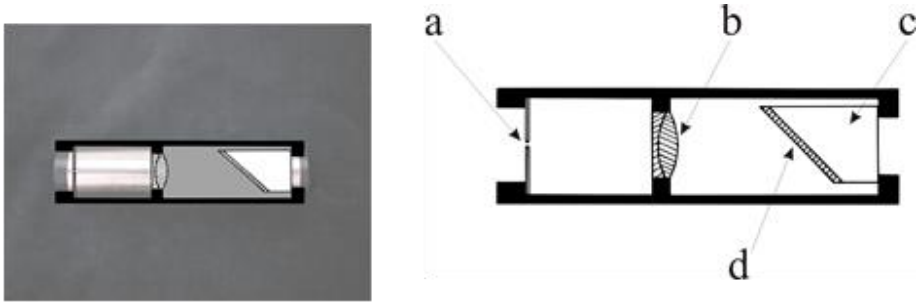
3.7. SPEKTROSKOP

Spektroskop (Direct-vision spectroscope), muhtemelen gemolojide kullanılan en güçlü tanımlama aletidir; çünkü bir mineralin bütün özelliklerini harfi harfine ortaya çıkarır. “Direct vision” spektroskobu bir mineralin spektrumunu görsel olarak incelemede kullanılır. En büyük avantajları, hem cilalı hem de işlenmemiş minerallerde kullanılabilen küçük ve çok amaçlı bir alet olmasıdır (HRD, 2012).

Spektroskop, dalgaboylarının absorbsiyonunu görselleştirmek için kullanılmaktadır. İlk olarak yapılması gereken, ışığın spektral renk bileşenlerine ayrılmasıdır. Bir ışık demeti bir cam prizma üzerine düştüğünde, ışık spektral renklerine ayrılacaktır. Isaac Newton bunu 1666 yılında keşfetmiştir. Bir optik ağ üzerine bir ışık demeti gönderilmesi halinde, farklı dalgaboylarında dispersiyon meydana gelecektir. Bu, paralel oymalı çizgilere sahip bir cam veya plastik tabakada, tipik olarak milimetre başına 550 ila 1000 çizgi bulunur. Her iki yöntem sırasıyla prizma ve optik ağ kırınım spektroskoplarının yapımında uygulanmıştır (HRD, 2012).

Spektroskobun en önemli ikinci bölümü, ışık demetinin aletin içine girdiği aralıktır. Bu aralık ne kadar dar ise, o kadar keskin spektrum gözlenir. Bazı spektroskoplara bu aralık sabitlenmiştir, bazı modellerde ise ayarlanabilirdir.

Optik ağ kırınım spektroskobu ile desteklenerek oluşturulan spektrum eşit boşlukludur (Şekil 3.16). Bu, eşit dalgaboyu farklarıyla gözlenen spektral renklerin birbirlerinden eşit uzaklıklarda bulunduğu anlamına gelir. Bu bir doğrusal spektrumdur.



Şekil 3-16. Bir optik ağ kırınım spektroskobunda, bir ışık ışını sabit bir aralıktan (a) geçerek merceğe (b) ve ardından bir cam prizmaya (c) yapışık olan optik ağa düşer (HRD, 2012).

3.8. FLORESANS

Görünür ışığın dalgaboyu aralığı mor uçta 375nm ile kırmızı uçta 780nm arasındadır. Spektrumun ultraviyole (morötesi) (UV) kısmı 375nm değerinin altında başlar. 200nm'nin altına kadar yayılır. Bu dalgaboyları daha kısadır ve dolayısıyla insan gözü bunları göremez. 780nm'nin üzerindeki dalgaboyunda da ışık görünmezdir. Spektrumun bu kısmına infrared (kızılötesi, IR) denir (HRD, 2012).

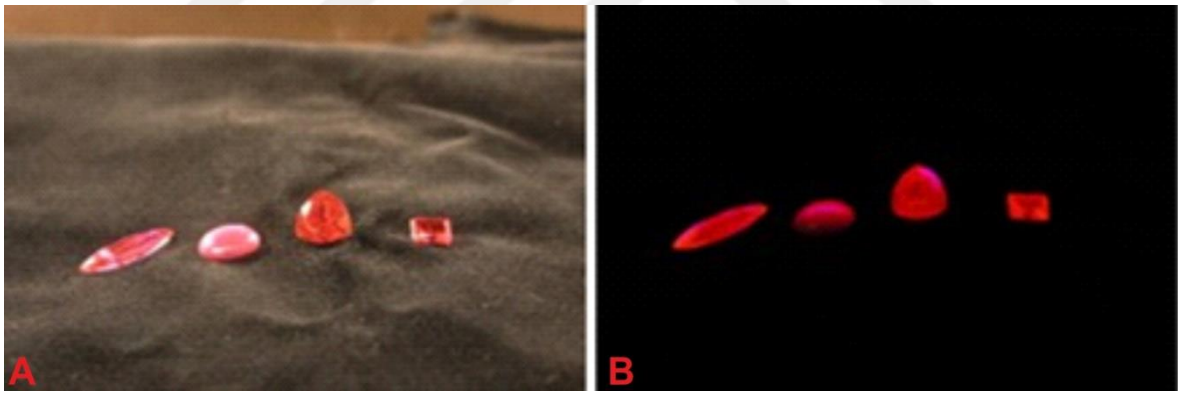
Havaya bir top atıldığını varsayın. Onu yukarıya doğru yönlendirmek için, ona enerji vermek gerekir. Belli bir noktada durup aşağıya geri düşecektir: ilk başta verilen enerji, dışa verilecektir. Doğal minerallerde da durum benzerdir: bu kez topun yerini doğal mineralde atomik safsızlıkta (örneğin bir geçiş elementi) bir elektron alacaktır. Bu tür atomların enerji verilerek mineralin dışına çıkartılması sağlanacak ve bir veya daha fazla elektron böylelikle daha yüksek bir enerji seviyesine çıkartılacaktır. Verilen enerji tükendiğinde elektronlar, tıpkı düşen top gibi fazla enerjiyi hızla geri vererek orijinal durumlarına geri döneceklerdir (HRD,2012).

Değerli minerallerdeki atomlar, tam elektromanyetik spektrum, diğer bir deyişle görünür ve görünmez radyasyon tarafından mineralin dışına çıkarılabilir. Görünmez radyasyon bir mineral üzerine geldiğinde ve görünür radyasyon geri gönderildiğinde, bu formlardaki enerji geri gönderilebilir ve bu fenomene "luminesans" (ışıldama) denir. Eğer mineralden çıkan radyasyon spektrumun UV bölümüyle sınırlıysa, yayılan radyasyon "floresans" olarak adlandırılır. Esasında, değerli minerallerin görünmez UV radyasyonunu görünür radyasyona

"dönüştürdüğünü" söyleyebiliriz. Her bir mineral UV radyasyonuna karşı kendine özgü bir tepki gösterir (Şekil 3.17). Nihai olmamakla birlikte, bu test mineral tanımlanmasında yardımcı olabilir.

Değerli minerallerin ultraviyole ışığa gösterdikleri reaksiyonu incelemek için, minerallerin içindeki atomları dışarı çıkarmak için bir UV lambası gerekecektir. Spektrumun UV bölümü iki alt kısma ayrılır; 366 nm'de ortalanmış bir dalgaboyuna sahip uzun bir UV dalgası ve 253,7nm civarında yayılan kısa UV dalgası. Görünmez UV radyasyonuna dair bilgi edinmelerinin ardından, UV lambalarının tipik morumsu mavi ışığını gördüklerinde çoğu zaman insanların aklı karışır. Bu elbette UV radyasyonu değildir, fakat görünür radyasyonun kaçınılmaz artık kısmıdır.

Genel bir kabul olarak, negatif etkileri nedeniyle herhangi bir çeşit kısa dalga radyasyonuyla ilgilenildiği durumlarda dikkatli olmak gerekir. UVS (kısa UV dalgası) yanmalara sebep olur. Asla lambaya direkt olarak bakılmamalıdır. Lambaların açık veya kapalı olduğunu anlamak için küçük bir parça floresan kağıdı UV kaynağının altına tutulmalıdır.



Şekil 3-17. 4 adet yakutun A) günışığı koşulları ve B) UV radyasyonu altındaki hali. (HRD, 2012).

Diğer bütün aletlerde olduğu gibi, bir mineralin özelliğini nihai olarak belirleyebilmek için, UV lambasının sonuçları da diğer testlerin sonuçlarıyla birlikte ele alınmalıdır. Özellikle de önyargılı olarak sentetik olduğu düşünülen bir mineralle ilgilenirken. Mineraller her zaman hem UVS hem de UVL altında incelenir. Eğer bu dalgaboylarından biri ya da ikisi altında hiçbir reaksiyon gözlenmiyorsa, o zaman mineralın "inert" (durağan) olduğu söylenir. Söz konusu

dalgaboyunda diğer tüm reaksiyonlar için renk “zayıf”, “orta dereceli” ve “güçlü” olarak not alınmalıdır.

Kristal kafesindeki farklı safsızlıklar, floresans üzerinde farklı etkilere sahiptir. Örneğin demirin varlığı, floresans oluşumunu engeller. Krom genellikle güçlü floresansa sebep olur; ancak minerallerin doğanın bir ürünü olduğunu, dolayısıyla belli bir miktarda başka safsızlıklar ve yabancı maddeler içermeleri ihtimali olduğunu unutmamak gerekir.

3.9. CHELSEA FİLTRESİ

Chelsea Renk Filtresi ya da kısaca Chelsea Filtresi, 1934 yılında Chelsea Bilim ve Teknoloji Enstitüsü’nde, yüksek kaliteli zümrütleri taklitlerinden ayırt etmeye yarayan bir alet olarak geliştirilmiştir (Şekil 3.18).

Chelsea Filtresi 2 dalga boyu aralığını iletebilen jelatinimsi bir katmandan yapılmıştır: koyu kırmızı (ateş kırmızı) 690nm civarı ve sarı-yeşil 570nm civarı. Filtrenin iletimi, zümrüt absorpsiyon spektrumunda görülebileceği üzere, zümrüdün koyu kırmızı (ateş kırmızı) ve sarı-yeşil iletimine uygundur. Zümrüde rengini krom verir; dolayısıyla literatürde “zümrüt filtresi” ya da “krom filtresi” olarak da geçebilir.



Şekil 3-18. Chelsea Filtresi (HRD, 2012).

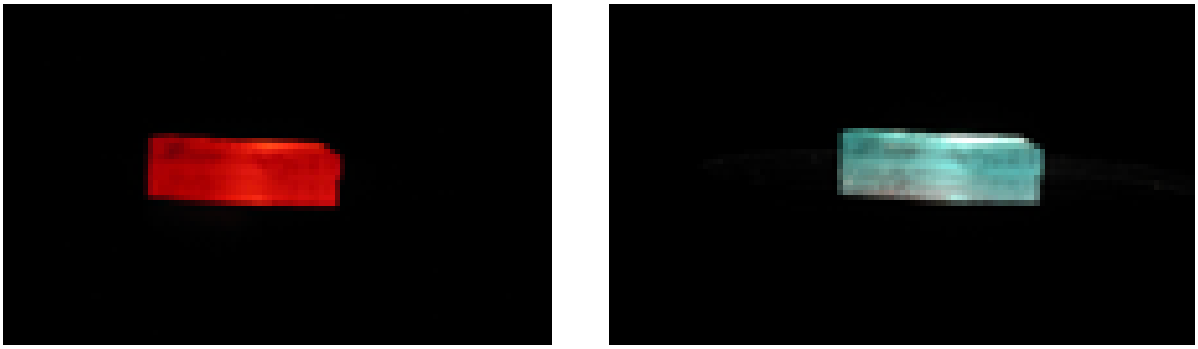
Zümrütlerin incelemesinde kromun varlığı kırmızımsı reaksiyon ortaya çıkarırken, demirin varlığı ise bunu engeller. Renklenmelerini içeriğindeki kroma borçlu olan minerallar yalnızca zümrütler değildir. Aslında, demantoid ve tsavorit (veya tsavolite), lal mineralinin kromla

renklenmiş iki çeşididir ve bunlar da Chelsea Filtresi altında kırmızımsı reaksiyon vereceklerdir. Bu uygulama sırasında yeşil zirkon ve krom-turmaline de rastlanır.

Doğal mavi mineraller renklerini iki değerlikli (divalent veya ferrüs) demirden (Fe^{2+}) alırlar. Bir önceki konuda belirtildiği üzere, demirin varlığı floresansı ve de Chelsea Filtresi altında kırmızımsı bir reaksiyon oluşmasını engeller. Ne zaman filtre aracılığıyla belirgin bir kırmızı reaksiyon görülürse, özellikle mavi minerallerde, bu büyük olasılıkla kobaltın varlığına işaret eder. Kobalt yalnızca nadiren doğal mavi minerallerde oluşur ancak cam ve sentetiklerin mavi ile renklendirilmesinin son aşamasında yaygın olarak kullanılır. Bu nedenle, Chelsea Filtresi, mavi minerallerin muhtemel sentetik niteliğine dair güçlü bir işaret verebilir.

Doğal minerallerde bulunan kobalt, Chelsea Filtresinin altında kırmızı bir reaksiyon ile pembe gövde renkleri verir. Filtre altında zayıf bir kırmızı reaksiyon gösterebilen Sri Lanka safiri ve spineli, bilinen yalnızca iki ender doğal mavi mineraldir. Reaksiyon, krom izlerinin varlığına bağlı olarak ortaya çıkar.

Filtre, deniz yeşili zümrüt rengindeki sentetik spineli gök zümrütten (aquamarine) ayırt etmek için önemlidir (Şekil 3.19). Sentetik spinel renklenmesini, oldukça belirgin olan morumsu kırmızı reaksiyon veren kobalta borçluyken, gök zümrüt (aquamarine), mineralini inerte dönüştüren ferrüs demiriyle renklenir.



Şekil 3-19. Solda sentetik spinel ve sağda aquamarinin UV altında görünümü (HRD, 2012).

3.10. MİKROSKOP

Değerli minerallerin tanımlanmasının yanı sıra diğer bir önemli konu, bir mineralin doğal mı yoksa yapay mı olduğunun belirlenmesidir. Bu parametreyi belirlemek için en değerli alet mikroskoptur. G-skobu, sabit olmayan yüksek güçlü bir halojen lamba gerektirir (Şekil 3.20, 3.21). Bu bize bir minerali farklı ışık koşullarında inceleme imkanı verir. Mikroskopla çalışma esnasında, minerallerin alkolle iyice temizlenmiş olması ve gözlemleri etkileyebilecek toz parçacıklarını gidermek amacıyla bir bez bulundurulması son derece önemlidir (HRD,2012).



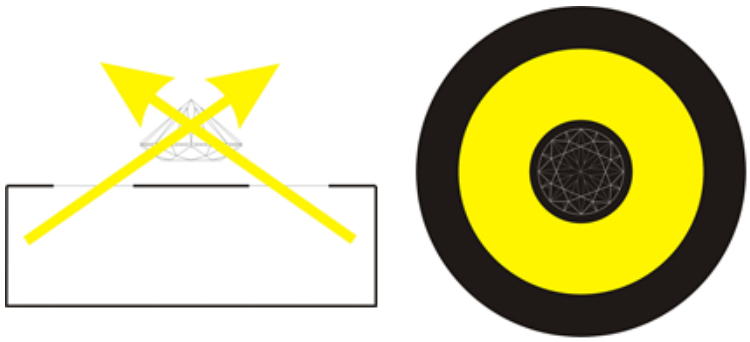
Şekil 3-20. Elmasların ve diğer değerli minerallerin incelenmesi için kullanılan G-Skobu (HRD, 2012).



Şekil 3-21. G-skobunda kullanılan aydınlatma (HRD, 2012).

Hem elmaslarda hem de değerli minerallerde bulunan kapanımların görselleştirilmesi için en yaygın şekilde kullanılan teknik karanlık alan aydınlatmasıdır (Şekil 3.22). Kondensörün yapısı ışığın minerale kenarlardan girmesini sağlarken, merkezi yönde bloke olur. Bu şekilde aydınlatıldığında, koyu bir arka plana karşılık kapanımlar çok net olarak görünür. Bu yöntem,

lupla incelendiğinde hemen hemen temiz çıkan bir elmasta çok küçük noktalara bakmak ya da yakutta rutil ile böhmit arası göstergeleri ayırt etmek amaçlı kullanım için son derece uygundur.



Şekil 3-22. Solda Karanlık alan aydınlatmasının veya yanlamasına aydınlatmanın prensibi, yanlara doğru model aydınlatması ve iletilen ışığın bloke edilmesini kapsar. Sağda ise Soldaki kurulumda, karanlık alan aydınlatmasının üstten görünümü (HRD, 2012).

3.11. UYGULAMALAR

International Gemological Institute Dubai'de safir, zümrüt ve yakut örneklerine, gemolojik ekipmanlar kullanılarak yapılan incelemeler ve görüntüleri aşağıda sunulmuştur. Ayrıca bu incelemelerde elde edilen veriler bulgular kısmında detaylı anlatılmıştır.

Kullanılan ekipmanlar: Mikroskop, polariskop, konoskop, lup, refraktometre, dikroskop, gün ışığı lambası ve hidrostatik terazidir.

İnceleme Aşamaları: İncelemesi yapılan mineraller ilk olarak çıplak göz ile yapılan belirli testlerden geçirilmiştir. Bu testlerde mineralin rengi, opaklığı ya da saydamlık derecesi gibi parametreler belirlenmiştir. Daha sonra ekipman kullanarak detaylı inceleme aşamalarına geçilmiştir. İlk kullanılan ekipmanlardan biri refroktometredir. Mineralin kırılma indisinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır (Şekil 3.23). Kırılma indisi saydam ve yarı saydam mineraller için karakteristik bir özelliktir. Bazı durumlarda kırılma indisi hassas biçimde belirlenemez. Böyle durumlarda mineralin çift kırma ya da tek kırıma gösterip göstermediği belirlenir (Şekil 3.24). Safir, zümrüt ve yakutların sentetik veya işlem görüp görmediğini belirlemek için en büyük yardımcımız mikroskoptur. Mikroskop incelemesi ile mineral içerisinde var olan kapanım veya diğer faklı yapılar bize o mineralin hangi işlemlerden geçtiğini

açıkça göstermektedir. Tüm incelemelerden sonra incelenen mineral hakkında net kanıya varılır ve bu karar o mineralin değerini belirler (Şekil 3.24). Polariskop kullanarak mineralin tek mi yoksa çift kırmalı mı olduğu, dolayısı ile kristal sistemi hakkında bilgi sahibi olunur (Şekil 3.25).



Şekil 3-23. İncelemeler sırasında kullanılan ekipmanlar genel görünüm.



Şekil 3-24. Refraktometre (solda) ve mikroskop (sağda) ile inceleme.

Ayrıca hidrostatik tartı (Şekil 3.26) ile belirlenen özgül ağırlık değeri de yine her mineral için karakteristiktir. Tüm bu ekipmanlar ile elde edilen verilere göre mineralin ne olduğunu belirlemek mümkündür. Ancak; sadece incelemesi yapılan mineralin ismini belirlemek yeterli

değildir. Mineralin sentetik, doğal ya da iyileştirilmiş olup olmadığının da belirlenmesi gerekir. Çünkü mücevher sektöründe kullanılan bu minerallerin değerini belirlemek için, sadece ne olduğu değil, hangi işlemlerden geçtiği, nereden çıkarıldığı ya da sentetik üretim olup olmadığı da dikkatle belirlenmelidir.



Şekil 3-25. Polariskop ve incelemede kullanılan numuneler.



Şekil 3-26. Hidrostatik terazi (solda) ve gün ışığı lambası (sağda) altında inceleme.

4. BERİL VE KORUND MİNERALLERİNE UYGULANAN İYİLEŞTİRME İŞLEMLERİ

İyileştirme uygulamaları bir mineralin ticari değerini arttırmak amacı ile yapılır ve bunu gerçekleştirmek için mineralin berraklığı ya da rengi iyileştirilerek görünüşü daha güzel ve çekici hale getirilmesi amaçlanır.

Değerli mineraller ocaktan çıkarıldıklarında büyük çoğunlukla hiçbir çekiciliğe sahip değillerdir ve mineralleri çekici hale getirmek için çeşitli işlemlere tabii tutulurlar. Her mineralin kimyasal ve fiziksel özellikleri farklı olduğu için uygulanan işlemler de minerale göre farklılık göstermektedir. Bu tez çalışmasında beril ve korund minerallerine uygulanan işlemler ele alınacaktır.

4.1. BERİL MİNERALİNE UYGULANAN İYİLEŞTİRMELER

Beril grubu mineraller siklosilikattır ve çok kırılgandır. Değerli mineral olarak en fazla kullanılan zümrüt jeolojik olarak karmaşık bir ortamda oluşur. Dolayısı ile içerisindeki kapanımlar, yapısındaki çatlaklar ve kırılganlığı sebebi ile uygulamalar esnasında çok dikkat ve özen isteyen bir mineraldir. Mücevher minerali olarak kullanılan doğal zümrütlerin neredeyse % 95 ten fazlası iyileştirilmiştir (Gübelin ve Koivula, 2008).

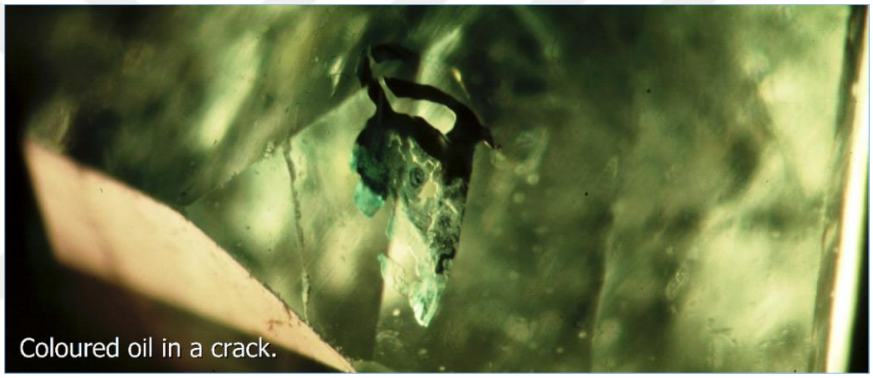
Zümrütlerin yapısındaki çatlaklar zümrütün berraklığını ve kullanımı sırasındaki dayanıklılığını olumsuz yönde etkiler. Bu etkinin ortadan kaldırılması için mineralin çatlaklarına yağ doldurma işlemi uygulanır (Şekil 4.1). Bu işlem çok uzun yıllardır uygulanmaktadır. İşlemde zümrüt herhangi bir yağ dolu kapta bir süre bekletilir ve daha sonra kurumaya bırakılır. Ancak bu işlem kalıcı değildir ve mineral bir süre sonra eski haline geri döner. Bu işlemi tekrar tekrar uygulamak gerekir. Son zamanlarda; çatlakları doldurmanın yanı sıra rengi de daha yoğun hale getirmek amacı ile yağın içine boya katılmakta ve hem berraklığı hem de rengi iyileştirilmektedir.

Ayrıca çatlaklara uygulanan bir diğer işlem ise reçine enjekte etmektir. En sık kullanılan reçine çeşidi olan opticon çatlaklara vakum yöntemi ile enjekte edilir ve kuruması sağlanır (Şekil 4.2).

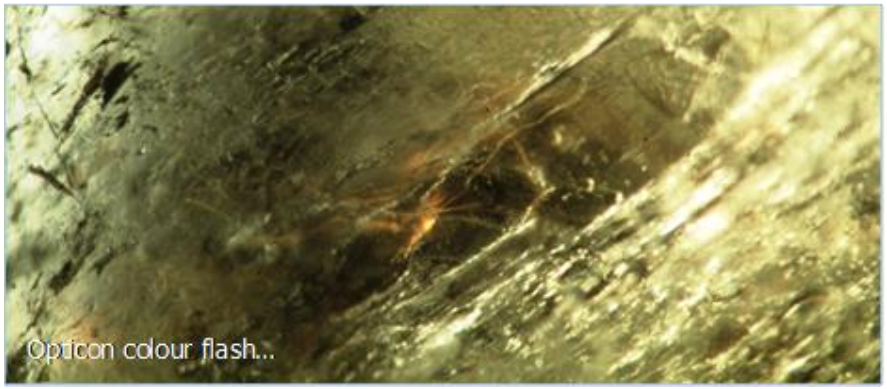
Bu işlem çatlaklardaki boşlukları doldurur ve kalıcıdır. Bu sayede zümrüt hem daha berrak hem de daha duraylı hale gelir ve işlenmesi kolaylaşır.

Ayırma yöntemi: İşlem görmüş bir zümrüt mikroskop ya da lup yardımı ile beyaz ışık altında, işlem görmemiş doğal zümrütten kolayca ayırt edilebilir. Doğada çoğu maddenin kırılma indisi birbiri ile aynı değildir. Dolayısı ile zümrüt ve zümrütün içerisine uygulanan maddenin de kırılma indisleri farklı olacaktır. Mineralin içerisine giren ışık her 2 maddede farklı yönlerde kırılacak ve bu farklı kırılma sonucu farklı renkler oluşturacaktır (Şekil 4.3).

Sonuç olarak işlem görmüş bir zümrüt minerali incelendiğinde; mineralin içerisinde sarı, turuncu ya da mavi renkli yansımalar gözlenirse bu mineralin işlem gördüğü rahatlıkla söylenebilir.



Şekil 4-1. Zümrüt çatlağina uygulanmiş yağ ve yeşil boya (HRD, 2012).



Şekil 4-2. Opticon uygulanmış zümrütün taçtan görüntüsü (HRD, 2012).



Şekil 4-3. Aynı mineral ters döndürülüp incelendiğinde (HRD, 2012).

4.2. KORUND MİNERALİNE UYGULANAN İYİLEŞTİRMELER

Ticari adıyla safir ve yakut olarak bilinen korund minerali, elmastan sonra mücevher sektöründe en çok kullanılan minerallerdir. Bu minerallerin görünümünü ve dayanımını iyileştirmek minerallerin sektördeki yeri için oldukça önemlidir. Isıl işlem, boyama, difüzyon iyileştirmesi, berilyum difüzyonu ve çatlak doldurma bu minerallere uygulanan iyileştirme işlemleridir (HRD, 2012).

4.2.1. Boyama

Renk değiştirmek için kullanılan en basit ve yüzyıllardır kullanılan işlemdir. Rensiz ve açık renkli mineraller; renklendirilmiş yağa batırılıp bir süre beklettikten sonra kurumaya bırakılır. Genellikle yakutlara uygulanan bu yöntem oda sıcaklığında yapıldığı için mineralin içerisindeki kapanımlarda herhangi bir bozulma meydana gelmez.

Boyama işlemi uygulanmış mineraller aseton sayesinde kolayca belirlenebilir. Peçete veya pamuğa dökülen aseton safir veya yakuta dokunduğunda hemen mineralin rengini alır. Bu durumda o mineralin boyama işlemi ile iyileştirildiği söylenebilir.

4.2.2. Derin Difüzyon

Difüzyon işleminde, mineraller seramik kapta titanyum okside (TiO_2) batırılır ve bileşiğin mineralin içine nüfuz etmesini sağlamak için 1800 dereceye kadar ısıtılır (Şekil 4.4). Ancak

bileşik mineralin sadece yüzeyinden belli bir kısmına kadar ilerler, tüm minerale yayılmaz. Dolayısı ile renk değişimi sadece yüzeyi etkiler.



Şekil 4-4. Safir ve derin difüzyon işlemi uygulamak için gerekli katkı maddesi ve kaplar

Derin Difüzyon uygulanmış bir mineral incelendiği zaman faset kenarları, kemer bölgesi ve mineralin içerisindeki çatlaklar daha koyu gözlenir. Renk belli bölgelere yoğunlaşmıştır. Özellikle mikroskopla yapılan uygulamalarda mineralin içerisindeki açık renk ve koyu renk bantlarının birlikte bulunması bu işlemin uygulandığını gösterir. Ayrıca bu işlem yüksek ısıda uygulandığı için mineralin içerisinde bazı kapanımlarda çözünmeler meydana gelmesi muhtemeldir.

4.2.3. Berilyum Difüzyon

Yakut ve safire titanyum ile difüzyon işlemi uygulandığında, uygulamanın nüfuz derinliği yüzeyde kalır ve mineralin içine kadar işleyemez. Dolayısı ile işlemin uygulandığını belirlemek kolaydır. Yapılan çalışmalar sonucu daha küçük atom çapına sahip diğer elementler kullanılmış ve berilyumun korundum kristal örgüsünde kolayca hareket ettiği tespit edilmiştir. Berilyum ile uygulanan renklendirme işlemi 1900 derece kadar yüksek ısıda uygulanır. Yüksek sıcaklıkta eriyen Berilyum elementleri korundum içine kolayca nüfuz eder ve rengini kalıcı olarak iyileştirir.

Berilyum Difüzyon işlemi uygulanan bir minerali belirlemek çok zordur. İşlem çok yüksek ısıda uygulandığı için mineralin içerisindeki zirkon hariç diğer kapanımlar muhtemelen tamamen yok olmuştur. Bazen çatlak bölgelerinde gerilim hareleri duvak şeklinde gözlenir. Bu görüntü Berilyum Difüzyon işleminin uygulandığını belirtir. Ancak genel olarak bu işlemi

belirlemek zor olmakla birlikte Laser Induced Breakdown Spectrometry (Lazerli Kırma Spektrometresi - kısaca LIBS), bir numuneyi lazer ışını altında 1063nm'de kimyasal bileşenlerini taramak üzere buharlaştırmak için çok yüksek bir sıcaklık kullanır. Bu yöntem tahrip edici olsa da, en yüksek kalitede korundun içinde bulunan berilyumun varlığına dair nihai sonuçlar veren tek yöntemdir.

4.2.4. Cam Doldurma ve Eritme

Yakutlardaki yüzey çatlakları, boşluklar veya kapanımlar "Eritme (flux) iyileştirmesi" yöntemiyle düzeltilebilir. Eritme iyileştirmesi yöntemi, minerali bir ısı ve solvent bileşimine (boraks ve/veya diğer ergiyikler) maruz bırakarak düşük viskoziteli ergimiş camla her boşluğu doldurmayı gerektirir. Ergiyik karışımı bir boşluğu doldururken, boşluğun içindeki sıvı erimiş korund/yakut çözeltisiyle satüre olmaya başlayıncaya kadar boşluğun duvarları çözülür.

Ergiyik karışımı soğuduğunda, yapay korund kalıcı bir şekilde akarak çatlakla birleşir, ancak bu işlem sonrasında katılaşmış cam ile çevrelenmiş küçük hava boşlukları bırakacaktır. Bu göstergeler, iyileştirme işleminin tipik işaretleridir. Çatlakların ergiyikle iyileştirilmesi, çatlakla birlikte eriyip birleşirken, yakutu daha berrak ve dayanıklı yaparak iç yansımaları azaltacaktır (Şekil 4.5).



Şekil 4-5. Cam doldurma işlemi uygulanmış yakut (HRD, 2012).

4.2.5. Isıl İşlem

Bu yöntem en eski ve en çok kullanılan yöntemdir. Burada amaç korundun renginin iyileştirilmesidir. Bu işlemde ısı minerale, ocaktan çıkarıldığı esnada ya da çıkarıldıktan sonra kesilmeden uygulanır. Isı ile mineralin renginin yoğunluğu arttırılır.

Bu işlemi tanımlayabilmek için mineralin içerisinde varolan kristal, iğne ve parmak izi kapanımları incelenmelidir. Erimiş kristal izleri, yer yer çözünen iğne kapanımlar, çözünen parmak izi görüntüsü ve ısıl işlemden dolayı mineralin içindeki boşluklarda oluşan gerilim çatlakları minerale uygulanan ısıl işlemin belirtileridir.

5. BERİL VE KORUND MİNERALLERİNİN SENTETİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ

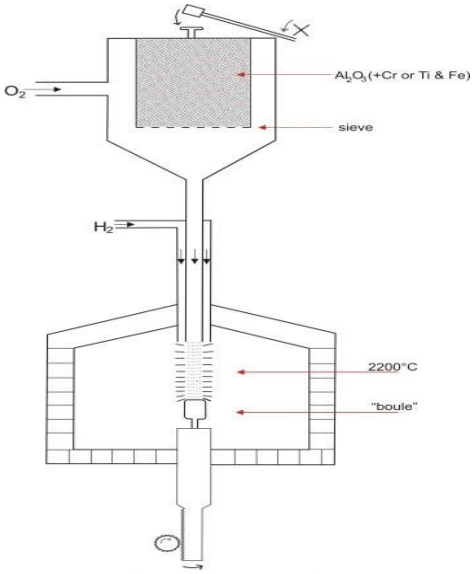
Sentetik kelimesi “laboratuvarda üretilen” anlamına gelir. Değerli taşlarda sentetik üretim; tüm fiziksel, optik ve kimyasal özellikleri doğal olanı ile aynı, sadece oluşum ortamı farklı olarak değerlendirilir. Hazırlanan kimyasal bileşimler çeşitli ekipmanlar kullanılarak bir günden birkaç aya kadar değişen zaman aralıklarında özel olarak oluşturulmuş laboratuvar ortamlarında üretilirler. Beril ve korumd için de durum aynıdır. Farklı kişilerin geliştirdikleri sentetik üretim yöntemleri safir, zümrüt ve yakut için uzun zamandır kullanılmaktadır.

Sentetik malzemeler çoğu zaman iyi dayanımlarıyla şaşırtırlar. Ancak her bir teknik, kimyasallar ve kullanılan üretim koşullarının neden olduğu kendine özgü özellikler taşır. Fenakit ve platin hariç olmak üzere kristaller hiçbir zaman sentetik taşların içinde oluşmazlar. Üstelik bazı kapanımlar doğal olmayan bir şekilde üretilmiş gibi görünebilir (Matlins , 2010).

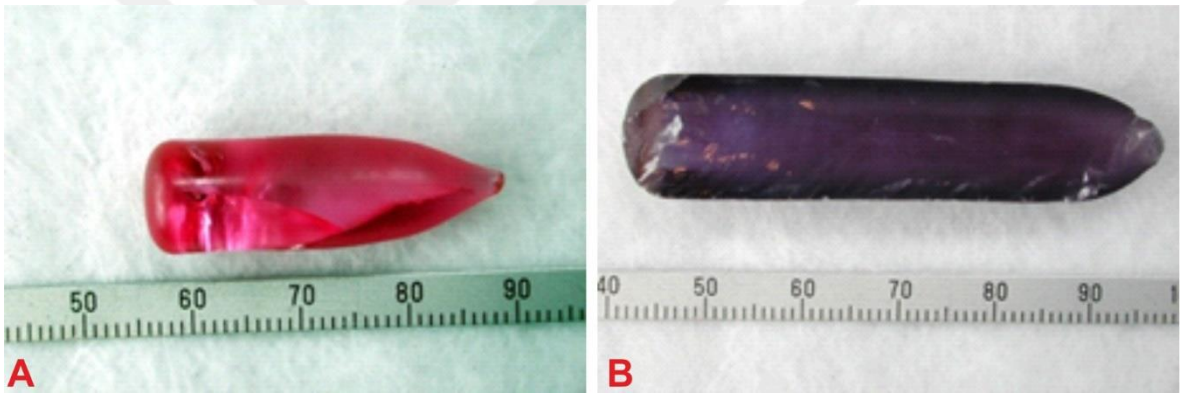
5.1. VERNEUIL TEKNİĞİ

Verneuil, safir ve yakut oluşturmak için bir yöntem geliştiren ilk kişidir. Bu yöntemde toz Al_2O_3 ile ortam basıncında, 2050 derece ve üzeri sıcaklık kullanarak kapalı bir fırın sistemi geliştirmiştir (Şekil 5.1). Bir hidrojen-oksijen yakıcısının alevinde azar azar alumina salan bir aparat ile toz erir ve alçaltılabilen bir masanın üzerine düşer. İlk aşamalardan birinde, üzerinde büyük bir kristalin büyümeye başlayacağı küçük bir merkezi tekli korund kristali küçük bir koni oluşur (Şekil 5.2 A ve B). Aslında ergimiş toz damlaları gerçek anlamda iyi korunmuş kristal yüzlü bir kristalin içine değil, yuvarlak bir şekle sahip yapay bir korundun içine büyümektedir (HRD, 2012).

Verneuil tekniği ile oluşturulan şekildeki korundum örnekler yaklaşık 4 saat sürede oluşmuştur. Oluşumu tamamlandıktan sonra, içerisinde oluşan gerilimi serbest bırakmak için uzunlamasına kesilmiştir. Böylece yakutlar mücevher taşı olarak kesilmeden önce gerilimi alınmış olur. Aksi takdirde mücevher taşı kesimi sırasında taş patlayarak kullanılmaz hale gelebilir (HRD, 2012).



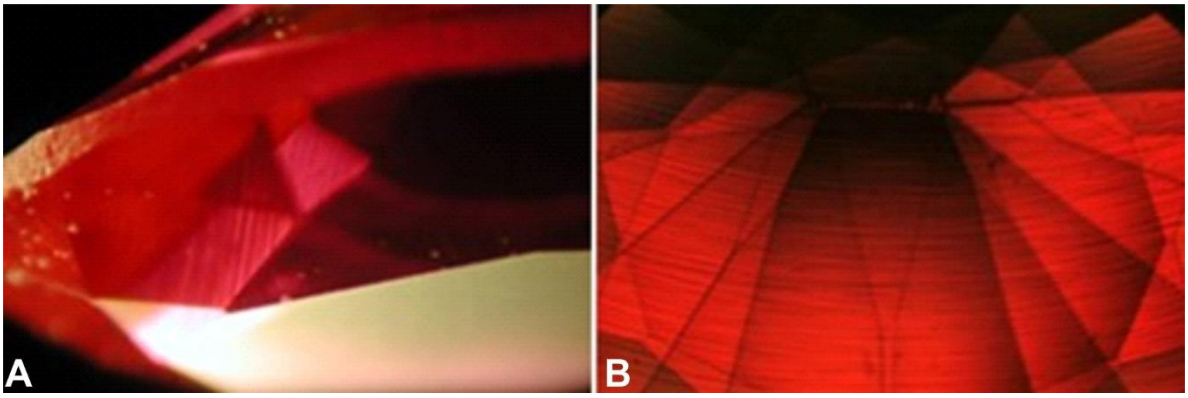
Şekil 5-1. Verneuil'in geliştirdiği fırın sistemi (HRD, 2012).



Şekil 5-2. A ve B) Sentetik olarak üretilen yakut örnekler (HRD, 2012).

Orijinal yuvarlak yapay yakut ne kadar büyükse, şerit de o kadar düz olacaktır. Soldaki resimde mikroskop ile görüldüğü üzere şeritler görülmektedir. Suya batırılmada (sağda) ise aynı şeritler daha belirgindir (HRD,2012).

Yüksek büyüme oranından dolayı gaz baloncukları çoğu zaman yapay yakut yuvarlağında hapsolmuştur ve bu nedende cam ve sentetikler için diğer bir tanılayıcı özellik olacaktır. Ayrık gaz baloncukları doğal cam hariç hiçbir zaman doğal bir mineralde oluşmaz. Yakut ve safir bütün renkleri bu şekilde büyür. Birkaç yıldan beri Verneuil sentetikleri ısıl işlem görmektedirler. Bu, 1000°C'nin üzerinde ısıtıldıklarında şeritlerin daha az fark edilebilir olmalarına neden olur (Şekil 5.3). Kimi zaman şeritler oldukça belirsiz olurlar, bu durumda onları suya batırma yöntemiyle incelemek gerekir (Themelis , 2003).



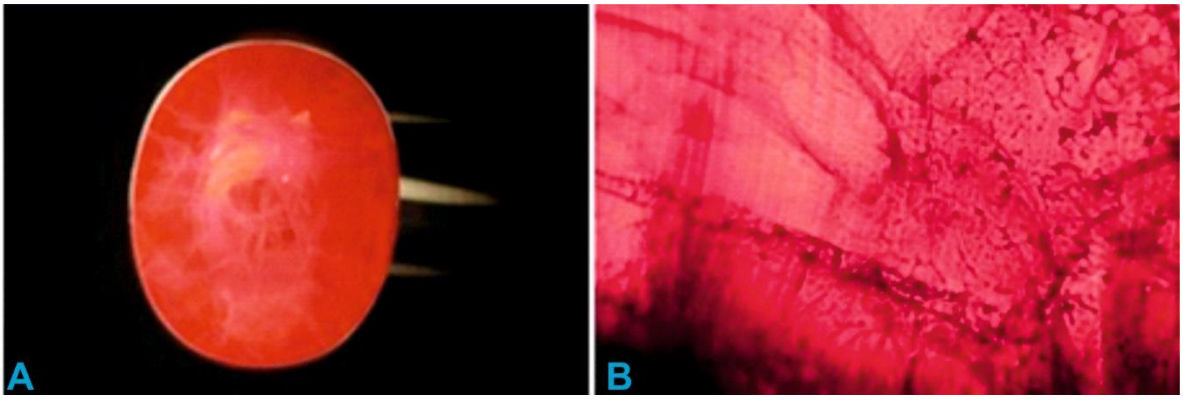
Şekil 5-3. A ve B) Verneuil tekniğinin bir sonucu olarak oluşan "kavisli şeritler" (HRD, 2012).

Diğer bir yöntemde ise, bu ısıl işlemden sonra taşlar hızla buzlu suya konulur, bunun amacı çatlaklar oluşturmaktır. Daha sonra mineral tekrar ısıtılır ve yavaşça soğumaya bırakılır. Bu, "indüklenmiş parmak izleri" adı verilen kısmen iyileştirilmiş çatlaklar getirir (HRD, 2012).

Birçok kişi, uygulanabilir olmadığı için sentetik Verneuil'e ısıl işlem yapmanın yararsız olduğunu düşünür. Ancak bu doğru değildir. Nadiren mineraller laboratuar testlerinden geçer ve bir Burma yakutu olarak satın alınır. Mikroskobik inceleme, insanların yüksek fiyatlı Burma cevherleri satın aldıklarını düşünürken, aslında olan parmak izi indüklenmiş Verneuil sentetikleriyle kandırıldıklarıdır.

Bu durum, satın alınmak üzere değerlendirilen minerallerin dikkatlice incelenmesi gerektiğini tekrar vurguluyor. Her şeyden önce, düzgün bir temizleme ile minerallerin boyalı olma ihtimali hızla ortadan kaldırılır. Parmak izlerinin şekilleri, dikkatle gözlenmesi gereken ikinci hususdur. Doğal işlenmemiş mineraller büyük olasılıkla tek düzlemde duran parmak izleri gösterirken, işlenmiş minerallerdaki parmak izleri çok daha üç boyutludur. Ancak bu gözlemleme bir belirlemedir ve nihai değildir.

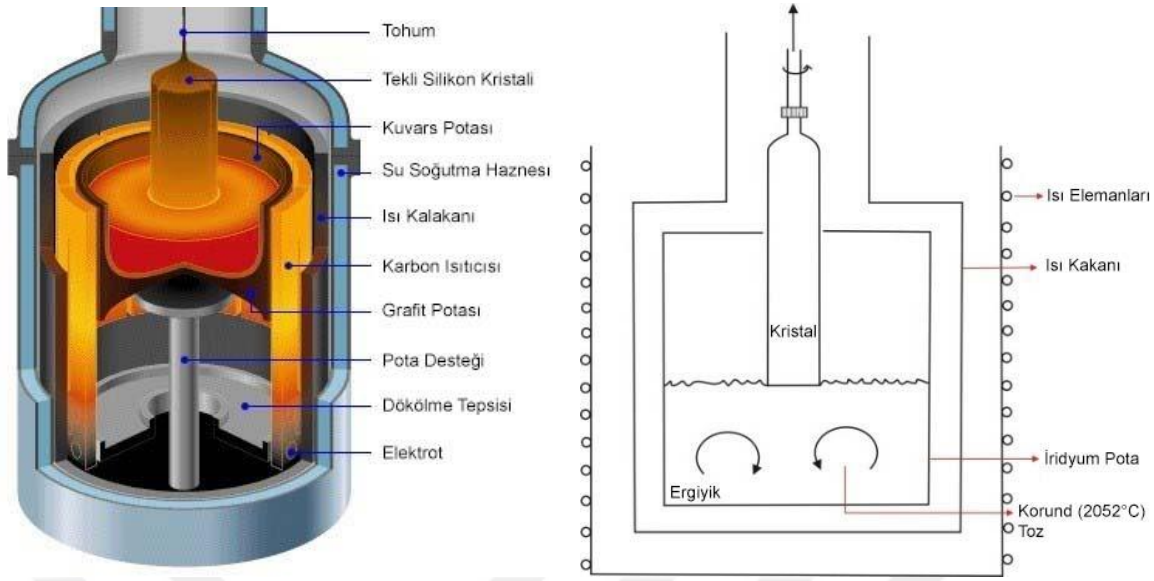
Aşağıdaki örneklerindeki gibi (Şekil 5.4 A ve B) bir görünüme sahip yakutu incelerken dikkatli olmak gerekir. Bu örnekte suya batırılma esnasında oluşan kavisli şeritler net bir şekilde görülüyor. Ayrıca duvak yapısı yapay olarak oluşturulmuş (HRD, 2012).



Şekil 5-4. A) Sentetik Yakut ve B) Yakutta yapay olarak oluşturulan duvak görüntüsü (HRD, 2012)

5.2. CZOCHRALSKİ TEKNİĞİ

Elektro-optik uygulamalar için gereken kristaller tamamen gerilimsiz olmalıdır. Bu tür kristalleri elde etmek için Czochralski çekme tekniği geliştirilmiştir. Aslında Verneuil ile aynı prensipte çalışır; tek farkı, kaynak kristalin tümünün eriyik olması ve bir döndürme kalıbının bunun içine daldırılmış olmasıdır (Şekil 5.5). Kalıpta, son derece saf kristal büyümesine olanak sağlayan hafifçe soğuk bir bölüm vardır. Burada ilginç olan, mükemmel bir silindirden çok kanallı tüplere kadar her türlü kesime sahip kristallerin büyüyebilmesidir. Tüm kurulum, gaz akışının altına yerleştirilmiştir. Genelde yüksek bir yatırım gerektirdiğinden, bu teknik çoğunlukla endüstriyel amaçlar için kullanılmaktadır. Czochralski tekniğiyle üretilen mücevher mineralleri bu nedenle çok az bulunur.



Şekil 5-5. Czochralski çekme aparatı
(http://meroli.web.cern.ch/Lecture_silicon_floatzone_czochralski.html)

Czochralski yöntemiyle üretilen kristaller nadirdir. Ancak oluşan kristaller ise son derece saf olurlar. Doğal mineraller de yüksek saflıkta oluşur fakat çok ender bulunurlar. Böyle bir mineralle karşılaşıldığında şüpheyle yaklaşılmalı ve daha sonra mineral suya batırılma tekniğiyle test edilmelidir.

5.3. ERGİTME TEKNİĞİ (FLUX YÖNTEMİ)

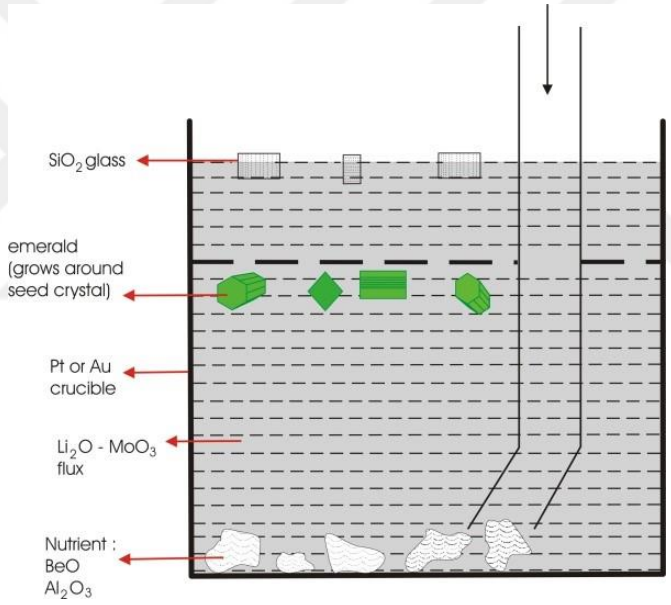
Çoğunlukla zümrüt üretimi için kullanılan bu yöntemde platin bir kap ve farklı bileşimde solventler kullanılır. Solvent bir tuz çeşidi olup farklı firmalar faklı bileşimler kullanmaktadır. Düşük risk nedeni ile en sık kullanılan Lityum Molibdatdır (Li_2O-MoO_3). Zümrüt veya üretilecek kristalin kimyasal bileşimi solvent tuz içinde çözündürülür. Solvent bileşimin erime noktası taşın erime noktasını düşürmeye yarar. Daha sonra ısı ile tamamen eriyen bileşim aşama aşama soğutularak homojen kristal olmayan camsı yapıda bir kütle elde edilir (Şekil 5.6).

Zümrüt büyümesi, platin bir kabın içinde birkaç ay boyunca sürer. Platinyuma ve dikkatle kontrol edilen büyüme koşullarına yapılan yatırım, bütün işlemi oldukça riskli hale getirir. Deneyimli kristal üreticileri dahi, berilyum silikat fenakitin (Be_2SiO_4) ani ve büyük

gelişiminden dolayı ciddi kayıplarla karşı karşıya kalmışlardır. Bu arada bu olay, sentetikleri tanımlamada bir anahtar kapanımdır. Kaptaki platin de hızlıca taşın içine dahil olur.

Ergitme tekniğiyle üretimin diğer bir önemli yönü de büyüme koşullarıdır. Tipik ergitme sıcaklıkları, ortam basıncında çoğu zaman 850 ila 1350°C arasında değişir. Bu da büyüme ortalamasını, doğal kristal gelişimindekinden daha durgun yapar ve bu kapanım görünümüne yansır.

Diğer cevherler ve endüstriyel materyaller de ergiyik içinde üretilmiş olmasına rağmen, ergiyikten büyümeli sentetiklere en verimli örnek zümrüttür. Piyasada pek çok ergiyik tekniğiyle üretilmiş yakutlar bulmak mümkündür. Aleksandrit ve spinel de ergiyikten büyütülebilir iki muhtemel mineraldir.

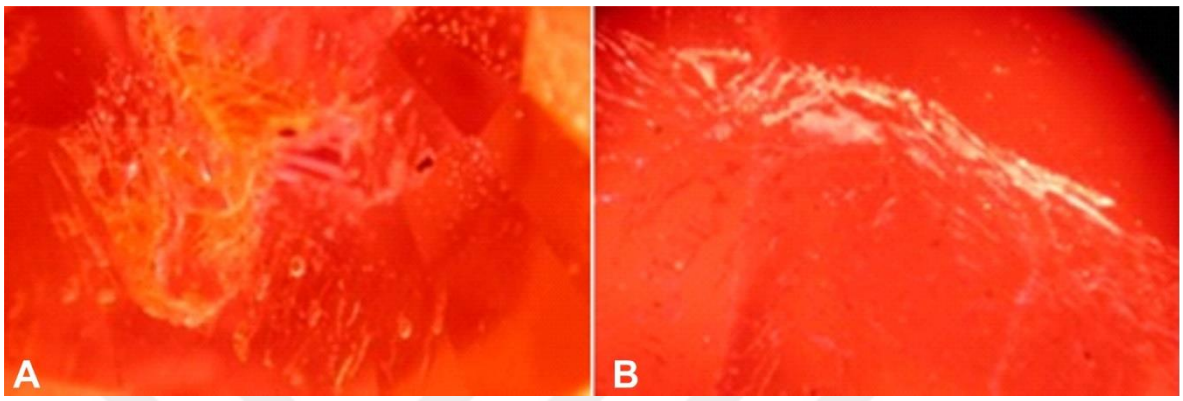


Şekil 5-6. Zümrüt kristallerinin ergitme tekniğiyle üretimi (HRD, 2012).

Ergitme tekniğiyle üretilen sentetikler belki de tanımlanması en zor taşlardır. Çünkü kimi zaman sadece parmak izlerini gösterirler. Bu nedenle, yeterli derecede yorumlama son derece önemlidir.

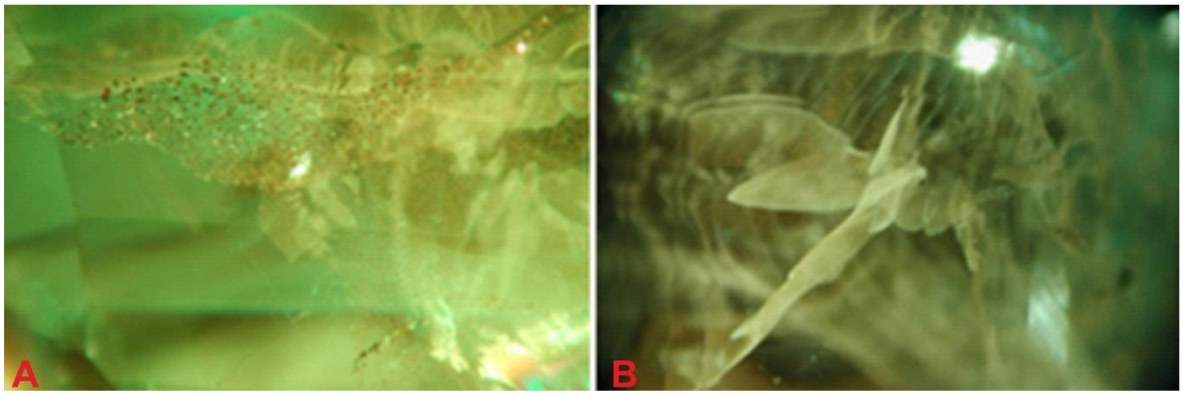
Doğal ve sentetik taşlardaki parmak izleri aslında büyüme süresinde oluşmuş çatlaklardır ve her zaman sıvıların bir şekilde sıkışmasına işaret eder. Doğal minerallerde bu sıvılar su gibi maddelerdir ve mineralin içinde daha çok saydam parmak izleri bırakırlar. Ergiyik tekniğiyle

üretilen sentetiklerde ise sıkışan sıvılar, yani ergiyik kimyasallarıdır. Bazı üreticiler, bir kez sıkışmış ergiyik kimyasallarını sahte kapanımlar oluşturmak için kullanırlar. Ramaura ya da Douros minerallerindeki turuncu ergiyik kalıntıları veya vanadyumla üretilen taşlardaki grimsi beyaz parmak izleri bunun örnekleridir (Şekil 5.7 A ve B).



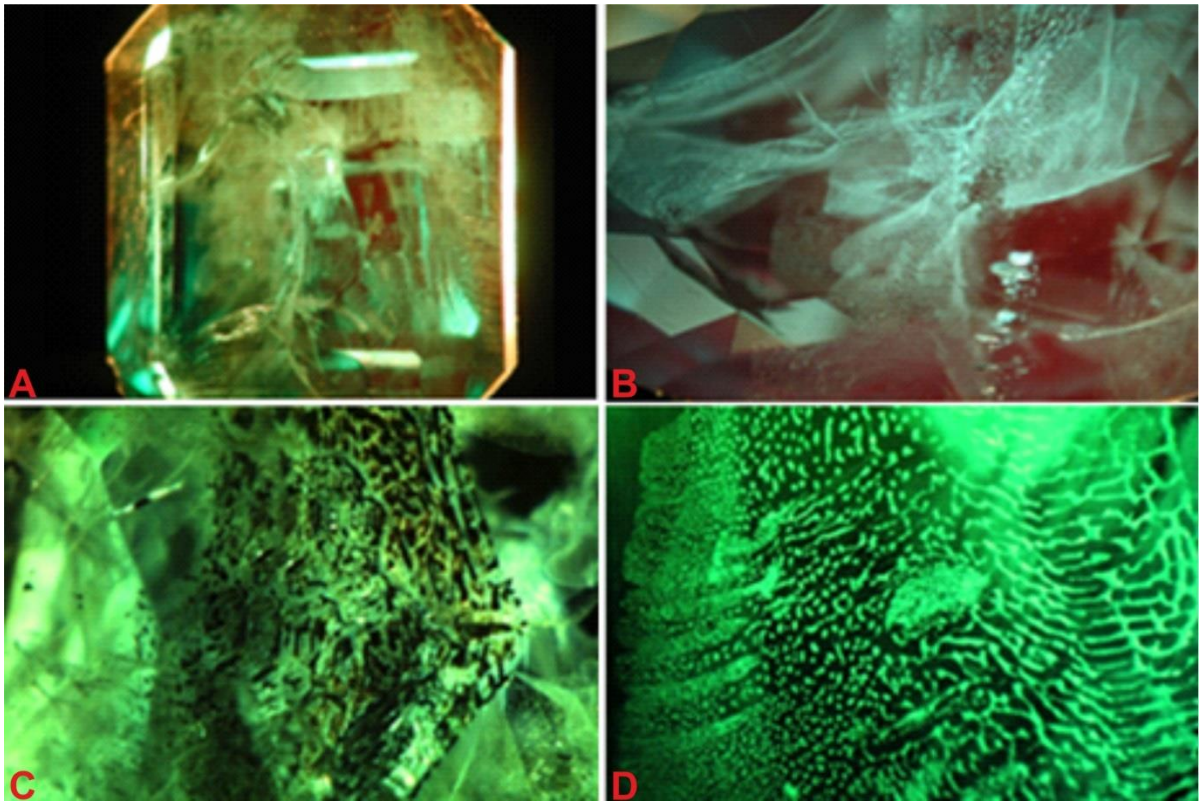
Şekil 5-7. Yakuttaki bir parmak izindeki turuncu (A) ve grimsi beyaz (B) flux kalıntıları. Aynı zamanda flux parmak izlerinin bir bölümünü oluşturan iki fazlı (2ph) kapanımlar gözlenmektedir (HRD,2012).

Birçok durumda parmak izleri oldukça kavisli ve kıvrımlıdır ve bu nedenle mineral yapay görünür (Şekil 5.8 A). Çok kıvrımlı parmak izlerine "duvak" denir (Şekil 5.8 B). Sentetik mineraller için bir gösterge niteliğindedirler. Bu gösterge genelde doğru olmasına rağmen, genel görünüme ve tüm parametrelere dayanarak bir sonuca varmak önemlidir.



Şekil 5-8. A- Parmak izi içindeki kristal benzeri kapanımlar aslında ergiyik kalıntılarıdır. Ayrıca bu taşların içindeki duvaklar belirgindir (40X), B- Fotoğraftaki Örnek açıkça görülen duvaklara sahiptir (40X; HRD,2012).

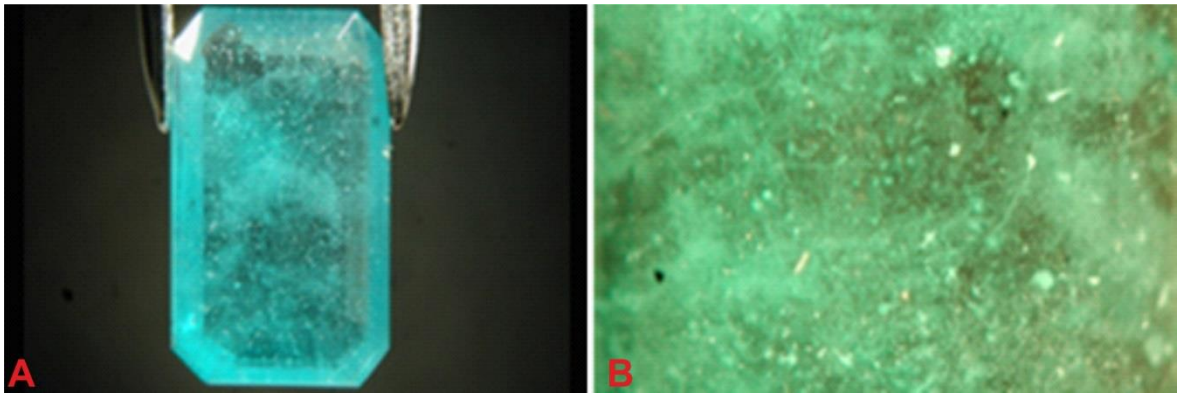
Ergitme tekniğiyle üretilen zümrütler, parmak izlerinden daha başka özelliklere sahiptir (Şekil 5.9). Öncelikle, içerdikleri krom miktarı çok fazla olabilir ve böylece mineral Chelsea Filtresi ile incelendiğinde çok fazla reaksiyon gösterir. Zümrüt belirgin krom absorpsiyon spektrumu sergileyecektir. Ancak bu durum bütün sentetik zümrütler için geçerli değildir. İkinci olarak, ergitme tekniğiyle üretilen zümrütlerin yoğunluğu ve kırılma indisleri, birçok doğal zümrütten daha düşüktür. Bu da sentetik zümrütü ayırt etmede değerlendirilmesi gereken bir parametredir.



Şekil 5-9. A) Ergiyik tekniği ile büyütülen bır zümrütün genel görüntüsü (15X), B) Duvak oluşumunun detaylı görüntüsü (40X), C ve D) Parmak izi oluşumunun detaylı görüntüs (40X; HRD, 2012).

Lennix ergitme tekniğiyle üretilen zümrütler, tamamen farklı bir özelliğe sahiptir. Fransız üretici, düzenli aralıklarla değiştirilmesi gereken kabın maliyetini düşük tutmak için platin yerine seramik kaplar kullanarak bir zümrüt büyütme yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem, ergitmenin kimyasal baskısından kaynaklanan bir küçük seramik yumakları kalıntı bırakır (Şekil 5.10 A). Bu problemler, kullanılan kap platin de olsa yine her zaman var olacaktır. Kimyasal saldırı yine olacak ve bunun sonucunda kabın minik parçacıkları, büyüyen taşın içinde çözülerek tortulaşacaktır. Platin kristalleri çok düz ve üçgen ya da altıgen biçimlidir,

ayrıca mikroskop altında incelendiğinde ayna benzeri bir görünüme sahip oldukları görülür (Şekil 5.10 B).

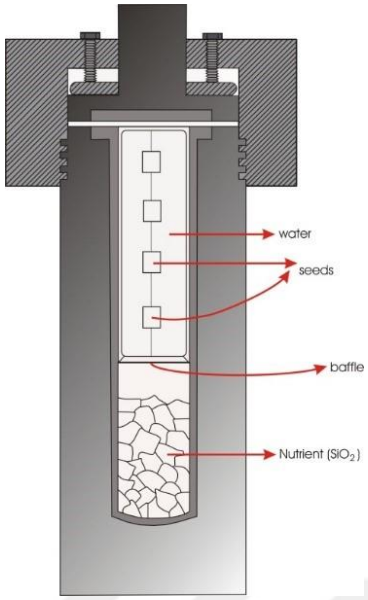


Şekil 5-10. A ve B) Lennix zümrütleri, A'da görüldüğü üzere, kayda değer derecede porselen kapanımlar içerirler (10X). B'de ise detaylı bir görüntü mevcuttur (15X). Düz üçgen ve altıgen biçimli, mat metal yansımalı levhalar Platin kapanımları olarak tanımlanıyor (HRD, 2012).

5.4. HİDROTERMAL ZÜMRÜT ÜRETİMİ

Hidrotermal zümrüt üretiminde de bir çeşit solvent kullanılır. Kristal büyümesi için gerekli olan bileşenlerin çözülmesi için dayanıklı kimyasalların (tuzlar) yerine, su ve bir tür "mineralleştirici" ya da katalizör kullanılır. Bu karışım, kapalı bir kapta maksimum 600°C sıcaklığa kadar ısıtılır. Doluluk oranı ve kabın sıcaklığı yüksek bir basınca neden olacaktır; dolayısıyla bu bir "bomba" olarak nitelendirilir (Şekil 5.11).

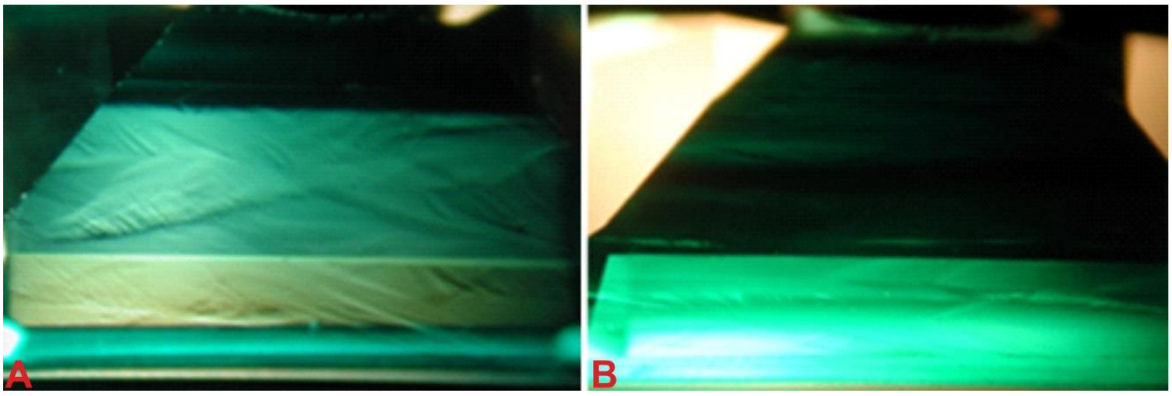
Orta dereceli bir sıcaklık ve yüksek basınç altına sulu bir çözelti koymak, doğal kristallenme için en iyi yaklaşımdır. Genel basınca bağlı olarak kristallenme işlemi, ergitme (flux) tekniğindekine oranla çok daha durgundur ve büyümüş kristalleri oldukça saf bir hale dönüştürür. Bu yalnızca zümrütte değil, ayrıca son zamanlarda kırmızı beril ve akuamarin gibi diğer hidrometal berillerde de yansıtılır. Kuvars, telekomünikasyon amaçlı olarak endüstriyel bir ölçekte üretilir.



Şekil 5-11. Kuvars kristallerinin bir basınçlı kap veya "bomba" yardımıyla hidrotermal üretimi (HRD, 2012)

Zümrüt ve kuvars, hidrotermal olarak üretilen en önemli sentetik minerallerdir. Rusya'da, hem hidrotermal yakut, hem kırmızı beril hem de akuamarin üretilir. Otoklavın (basınçlı fırın) içindeki susuz ortamdan dolayı yüksek kaliteli kristaller üretilebilir. Bu tür durumlar oluştuğunda her zaman suya batırma yönteminin kullanılması tavsiye edilir. Mikroskopta görünmese bile, benzil benzoat içerisinde koyulduklarında hidrotermal zümrütler hiç şüpheye yer bırakmadan minerallerin büyüme özelliklerini ortaya çıkaracaktır.

Aşağıdaki fotograflarda hidrotermal olarak üretilmiş zümrütlerin tipik büyüme özellikleri görünmektedir (Şekil 5.12 A ve B). Şekil 5.12 A'daki görünüm "kılçık yapı" olarak adlandırılır (30X). Şekil 5.12 B deki görünüme ise "Rusya Dağları" adı verilmiştir (40X). Bu yolla üretilen zümrütlerde kristal kapanımlarına rastlanmaz (HRD, 2012).



Şekil 5-12. A ve B) Hidrotermal olarak üretilen zümrüt görüntüsü

6. BULGULAR

Dünya üzerinde sadece belirli yerlerde oluşan değerli minerallerin ve süs taşlarının varlığı bazı karakteristik özelliklerinden dolayı incelemeleri kolaylaştırmaktadır. Tüm Dünyadaki önemli süstaşı madenleri incelenmiş ve her birinin kendine özgü karakteristik özellikleri olduğu belirlenmiştir (Gübelin ve Koivula, 2008). Örneğin: bir zümrüt minerali içinde gözlenen 3 fazlı kapanımlar veya spiral büyüme çizgileri bize o zümrütün Kolombiya'daki madenlerden üretilmiş doğal bir zümrüt olduğunu gösterir. Benzer şekilde incelenen bir zümrüt örneğinin koyu renkli kromit ve beyaz renkli dolomit kristtelleri içermesi onun Brezilya zümrütü olduğunnun kanıtıdır. Afrika zümrütlerinde ise ince saç teli şeklinde tremolit iğneler ile 2 fazlı ve tek yönde dizilmiş kristaller karakteristiktir. Hindistan zümrütleri yapısındaki sıvı ve gaz içeren 2 fazlı kapanımları ile karakteristiktir. Afganistan ve Pakistan zümrütleri ise; yapısında tekrar eden tipik büyüme çizgileri ile diğerlerinden ayrılmaktadır (Gübelin ve Koivula, 2008).

Bilinen en kaliteli safirler Keşmir'den gelmektedir ve kristal yapısındaki ikiz zirkon kristalleri Keşmir safirinin karakteristik kapanımlarıdır. Burma yakutları içerdiği kısa rutil iğneleri ile tanınır. Benzer şekilde Sri Lanka safir ve yakutları da uzun rutil iğneleri içerir ve negatif kristal kapanımları karakteristiktir. Ayrıca pembe turuncu renkli Padparadscha safiri de sadece Sri Lanka da üretilir (Gübelin ve Koivula, 2008).

İşlem görmüş safir, yakut ve zümrütler mikroskop incelemesi sırasında farklı renk yansımaları, yer yer çözünmüş kapanım görüntüsü, çatlaklarda gözlenen gaz baloncukları ve mineralin geneline hakim açık koyu renk geçişleri ile belirlenir (Read, 2007).

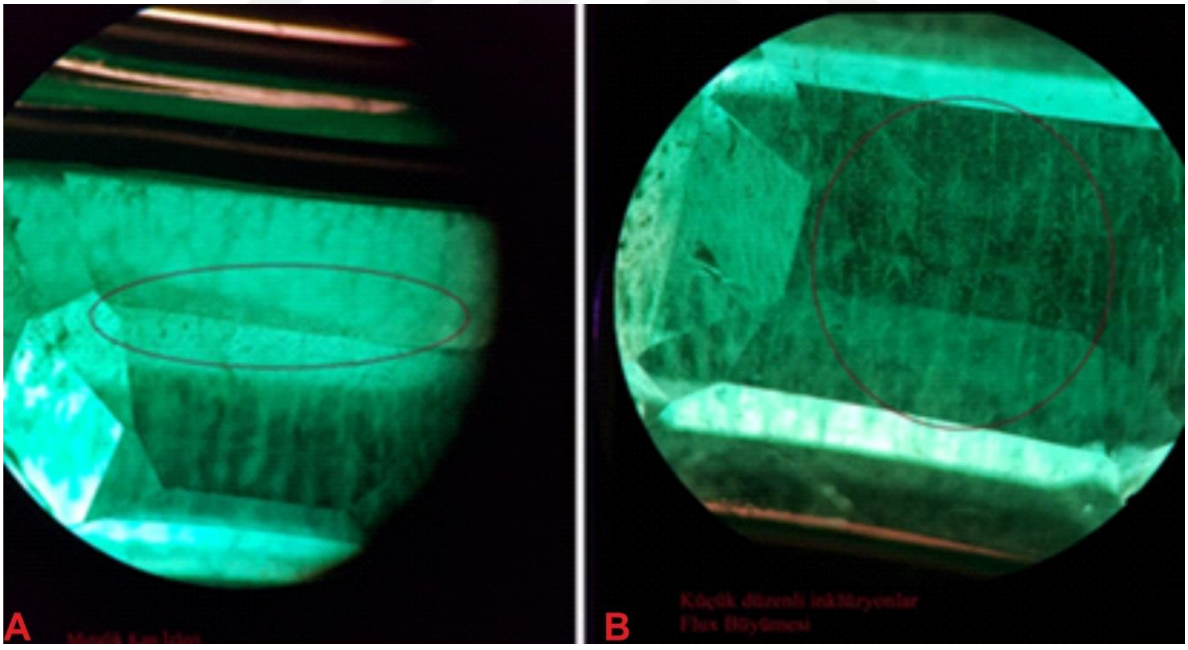
Sentetik minerallerin en belirgin ayırtman özellikleri ise mineralin iç yapısında, kusursuz yuvarlak gaz baloncukları, yay şeklinde renk bantları, metalik kristal izleri, çekirdek kristal varlığı, duvak görüntüsü, parmak izi görüntüsü, kılçık yapısı veya doğal görünmeyen sıralı büyüme çizgilerinin varlığıdır. Bunun gibi karakteristik izler sayesinde bir mineralin sentetik olup olmadığı rahatlıkla söylenebilir (Read , 2007).

Tez çalışması kapsamında; International Gemological Institute of Dubai'de 13 örnek üzerinde yapılan çalışmaların sonuçları ve elde edilen bilgiler aşağıda sunulmuştur. Örnekler çıplak gözle incelendikten sonra sırası ile; refraktometre, polariskop, hidrostatik tartma, Floresans,

Chelsea Filtresi ekipmanları kullanarak tanımlanmıştır. Daha sonra örnekler mikroskopla incelenerek mineralin doğal mı, işlem görmüş mü ya da sentetik olarak mı üretilip üretilmediği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda detaylı şekilde açıklanmıştır.

ÖRNEK 1: Ergiyik Yöntemi İle Üretilmiş Sentetik Zümrüt

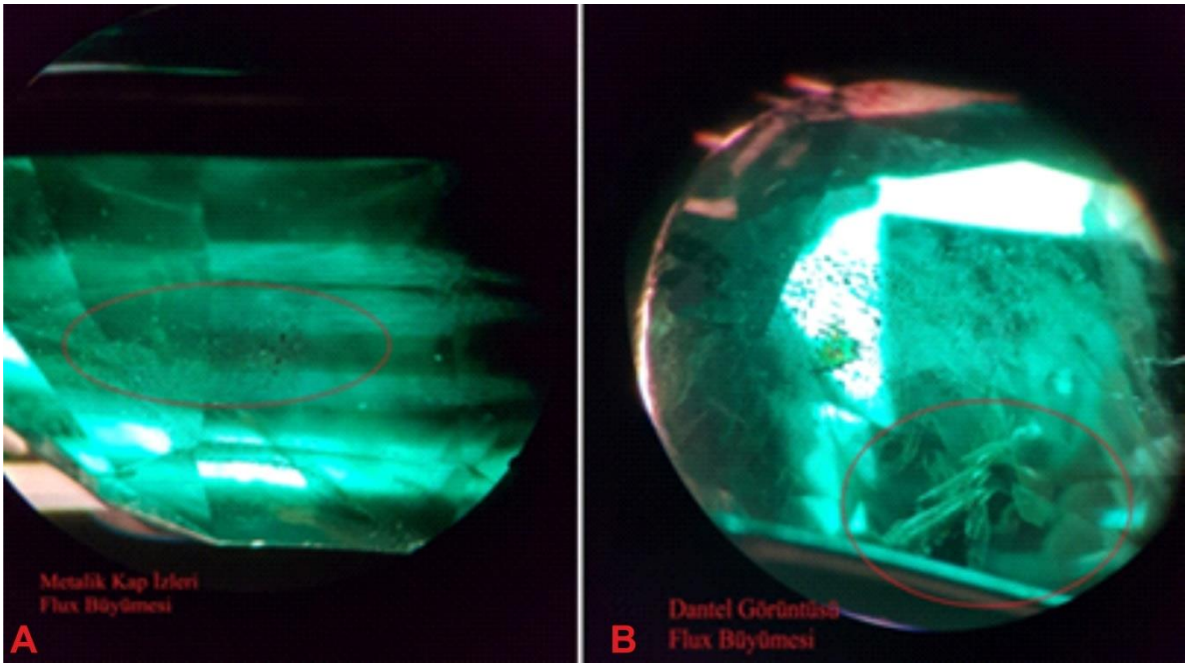
Ergiyik yöntemi ile üretilen zümrütler, ortam basıncı, yüksek sıcaklık ile platin kaplarda uzun bie zamanda üretilir. Bu süreçte üretim yapılan kap hareketsiz bir ortamda bulunmalıdır. Bu işlemin sonucu olarak zümrüt içerisinde gözlenen küçük platin kristalleri ve düzgün sıralanmış, küçük, beyaz hava kabarcıkları gelişir. Yapılan mikroskop çalışmalarında ergiyik öntemi ile üretilmiş bir zümrütte bu oluşumları varlığı belirlenmiştir (Şekil 6.1 A ve B). Doğal oluşan zümrütlerin içerisinde gözlenen kapanımlar asla bu kadar düzenli değillerdir. Bu nedenle ile, incelenen zümrütün ergiyik yöntemi ile oluşturulmuş bir sentetik zümrüt kristali olduğunu söylemek doğru bir sonuç olacaktır.



Şekil 6-1. A ve B) Ergiyik yöntemi ile üretilen zümrüt (büyütme 30X) içerisinde platik kristalleri ve düzenli küçük, beyaz hava kapanımları.

ÖRNEK 2: Ergiyik Yöntemi İle Üretilmiş Sentetik Zümrüt

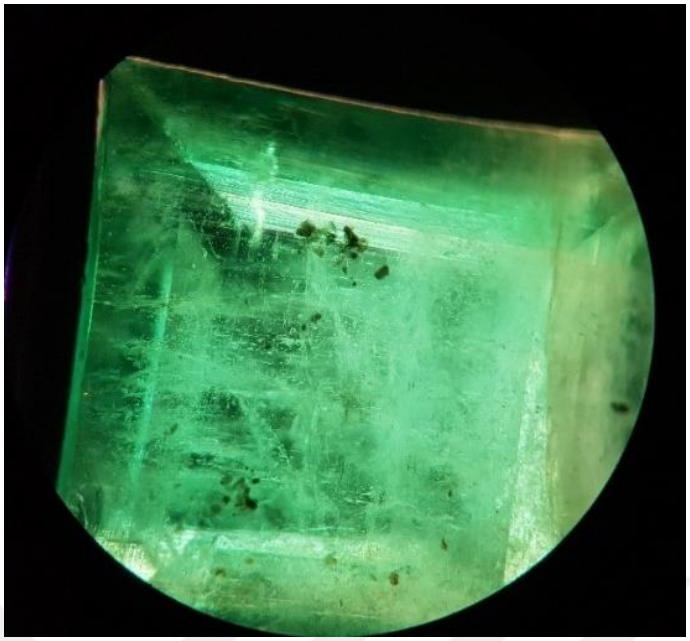
Ergiyik büyütme yönteminin bir diğer tipik özelliği ise duvak görüntüsüdür. Bu görüntü zümrütün duraylı bir ortamda uzun sürede oluşturulmasının bir sonucudur. Örnek 2'de yapılan mikroskop çalışmalarında sentetik olarak üretilen zümrüt kristalinde duvak yapısı net bir şekilde gözlenmiştir (Şekil 6.2 A ve B).



Şekil 6-2. A ve B) Ergiyik yöntemil ile üretilen zümrüt (büyütme 30X) kristalinde duvak görüntüsü.

ÖRNEK 3: Doğal Zümrüt Kristali

Zümrütler oluşum ortamının özellikleri nedeniyle çok düzensiz iç yapılara sahiptir. Doğal zümrüt içerisinde gözlenen karakteristik yapılan bir zümrütün sadece doğal olup olmadığını göstermez aynı zamanda o zümrütün kökeni hakkında da önemli bilgi verir. Bu nedenle de her zümrüt madeni kendine has karakteristik özellikler taşımaktadır. Doğal zümrüt kristallerinde gözlenen doğal karakteristik özellikler; renk tonu farklılığı, mineralin içerdiği kapanımların şekli ve bileşimidir. Örnek 3'te doğal bir zümrüt kristali içerisinde gözlenen muskovit kristalleri bu zümrütün Zambia'dan geldiğinin ve doğal olduğunun en önemli kanıtıdır.



Şekil 6-3. Zambia'da üretilmiş doğal zümrüt kristali içerisinde muskovit mineralleri (büyütme 30X).

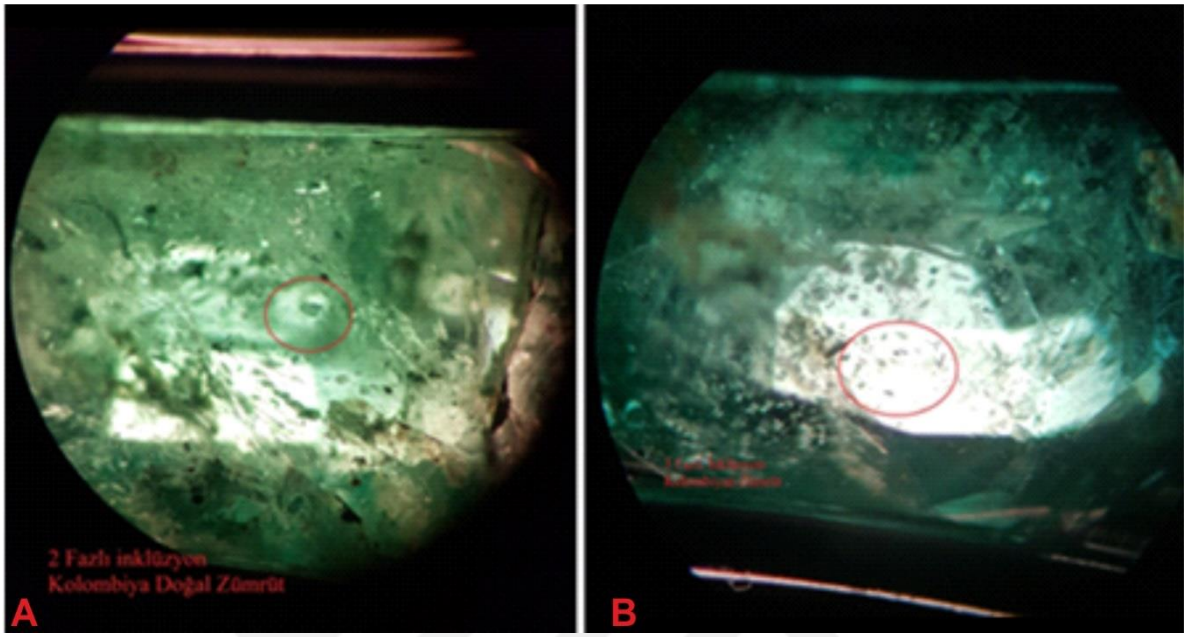
ÖRNEK 4 ve Örnek 5: Doğal Zümrüt Kristali

Örnek 4 ve 5'de görüldüğü gibi zümrüt içerisinde görülen 2 ve 3 fazlı kapanımlar söz konusu zümrüt kristallerinin doğal olduğunun en önemli kanıtıdır. Bu özellik Kolombiya'da üretilen zümrütler için karakteristik olduğunun incelenen 4 ve 5 nolu örneklerin Kolombiya'da üretilen zümrütleri temsil ettiğini söylemek mümkündür (Şekil 6.4 A ve B). Dünyadaki tüm zümrüt madenlerinde yapılan çalışmalar 2 ve 3 fazlı kapanımların sadece Kolombiya zümrütlerinde gözlendiğini kanıtlamıştır (Gübelin ve Koivula, 2008).

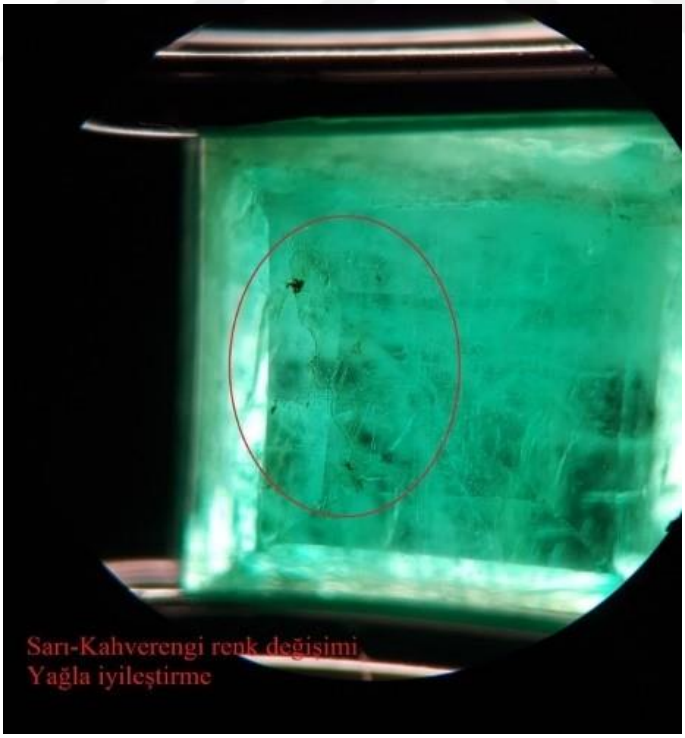
ÖRNEK 6: İşlem Görmüş Doğal Zümrüt Kristali

Doğal zümrüt kristalleri üretildiklerinde çoğunlukla yapısında kırık ve çatlaklara rastlanır. Bu nedenle de dayanımları düşüktür. Mineralin dayanımını arttırmak ve yapısındaki çatlakları doldurmak amacı ile bazı iyileştirme yöntemleri uygulanır. Doğal zümrütlerde kullanılan en önemli iyişleştirme yöntemi yağla iyileştirme işlemidir. Bu yöntemde Zümrüt yağa batırılarak çatlakların yağ ile dolması beklenir. Bu işlemi belirlemek kolaydır çünkü dolgu işleminde kullanılan yağın kırılma indisi doğal zümrütten farklı olduğu için mikroskop incelemesi

sırasında yağlı olan bölgede sarı-kahverengi renklenmeler gözlenir. Örnek 6'da da bu renk değişimi net bir şekilde görülmektedir (Şekil 6.5).



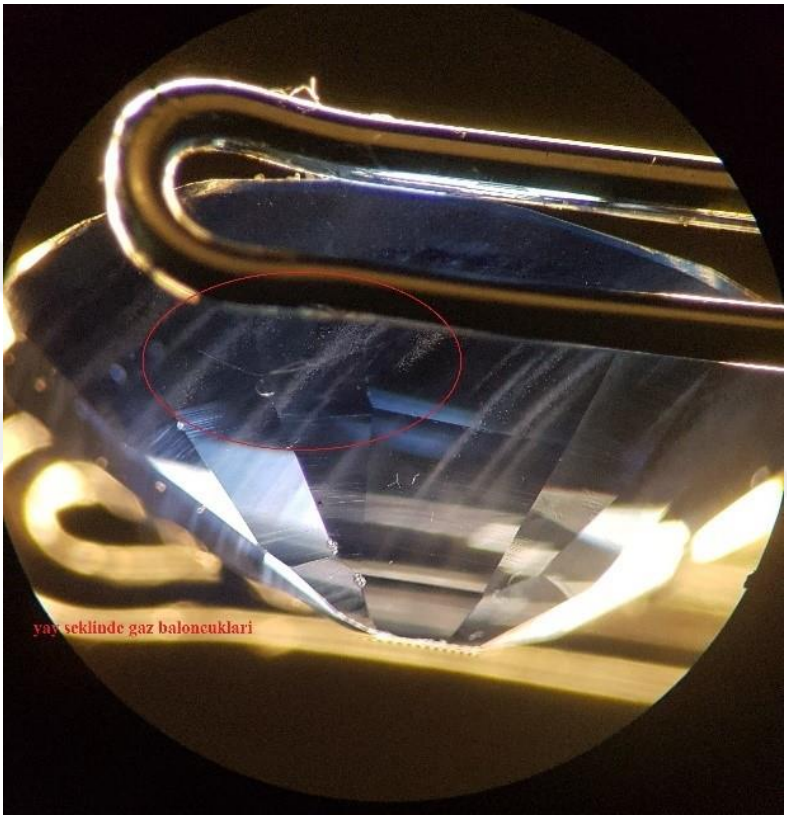
Şekil 6-4. A ve B) Kolombiya2da ürerilmiş doğal zümrüt kristalide 2 ve 3 fazlı kapanımlar (büyütme 30X).



Şekil 6-5. Yağ ile doldurularak iyileştirişmiş zümrüt örneği (büyütme 25X) içerisinde kırılma indisi farkından dolayı oluşan farklı renklenmeler.

ÖRNEK 7: Sentetik Safir Kristali

Diğer değerli süstaşlarında olduğu gibi, safirlerin içerisindeki kapanımlar da mineralin oluşum ortamı hakkında önemli bilgiler verir. Örnek 7'de yapılan incelemede yay şeklinde sıralanmış mikro ölçekteki küçük gaz baloncukları bu safirin laboratuvar ortamında üretildiğini göstermektedir (Şekil 6.6). Doğal yollarla oluşan safirler içerisinde böyle hava kabarcıklarını asla barındırmazlar. Dolayısıyla bu kabarcılar görüldüğünde mineralin sentetik olarak üretildiğini söylemek mümkündür.

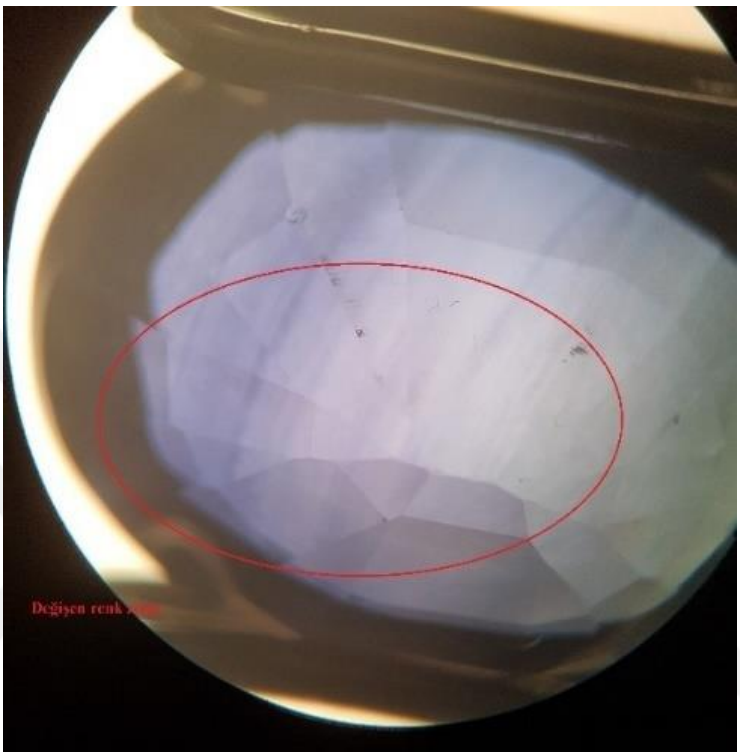


Şekil 6-6. Sentetik Safir kristlinde (büyütme 25X) hava baloncuları.

ÖRNEK 8: Ergiyik Yöntemi İle Üretilen Sentetik Safir Kristali

Süstaşları ve değerli mineraller mikroskop altında incelendiğinde bazen mineralin içerisinde herhangi bir yapıya rastlanmaz. Böyle bir durumla karşılaşıldığında şüphelenmeli ve kristal çok ince bir metaryel (ince yağlı kağıt, ince kağıt peçete vs.) ile ışık kaynağına konarak inceleme yapılmalıdır. Böylece kristalin renginde şerit şeklinde değişimler görülebilir ve bu durum kristalin sentetik olarak üretilen bir kristal olduğunu ve ergiyik yöntemi ile üretildiğini gösterir.

Aynı zamanda bu durum çözeltinin kristalin her yerinde homojen dağılmadığının da bir göstergesidir. Örnek 8'de benzer şekilde üretilen bir sentetik safir kristalinde kristalin altına konan ince bir kağıt ile aydınlatıldığında gözlenen şerit şeklindeki renk değişimleri (Şekil 6.7) bu kristalin sentetik olarak ve ergiyik yani ergitme yöntemi kullanılarak üretildiğini gösterir.

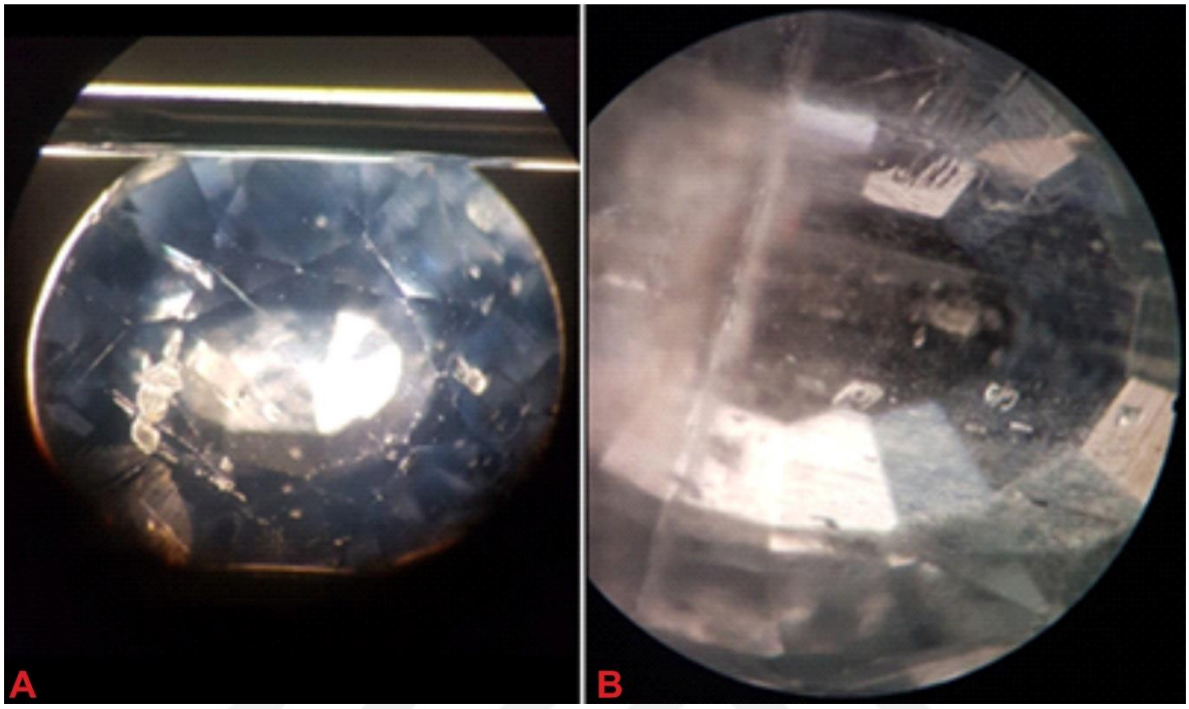


Şekil 6-7. Ergiyik ile üretilen Safir (büyütme 30X) içerisinde renk değişimleri.

ÖRNEK 9 ve Örnek 10: Doğal Safir Kristali

Doğal safir mimerallerinde mineralin doğal yollarla oluştuğunu gösteren özellikler incelenmiştir. Örnek 9'da safirin iç yapısında kristal bir kapanımı gözlenmektedir. Kenar hatları belli ve katı olan bu kapanım mineralin doğal olduğunun en önemli göstergesidir. Örnek 10'da ise belirgin bir şekilde 2 fazlı kapanım gözlenmektedir. 2 (sıvı+gaz) veya 3 fazlı (sıvı+gaz+katı) kapanımların varlığı mineralin doğal olduğunun en önemli kanıtıdır. Sentetik minerallerde asla 2 ve 3 fazlı kapanım varlığı gözlenmez. İki ve üç fazlı kapanımlar doğal olarak minerallerin oluşumu sırasındaki çözelti transferi ile doğrudan ilikilidir. Ayrıca ortamın fiziko-kimyasal özellikleri (sıcaklık, basınç, tuzluluk, oksijen fugasitesi ...vb) oluşan kapanımların faz

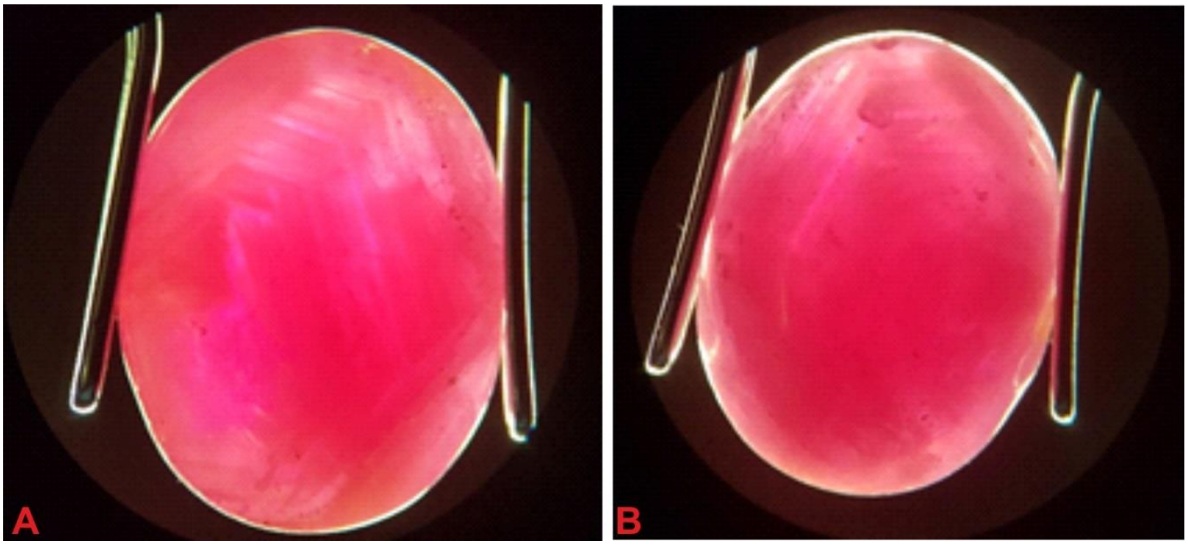
içeriklerinin de belirlenmesi sağlar. Bu işlemler tamamen doğal yollardan oluşan mineraller için geçerlidir.



Şekil 6-8. Doğal safir örnekleri: A) Örnek 9'da katı kristal kapanım (büyütme 25X) ve B) Örnek 10'da 2 ve 3 fazlı kapanımlar (büyütme 40X).

ÖRNEK 11: İşlem Görmüş Doğal Yakut

Yakut mineralinin mikroskop görüntüsünde hekzagonal büyüme çizgileri belirgin bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 6.9 A). Bu kesin kanıt olmamakla birlikte mineralin doğal olduğu hakkında ip ucu verir. Koyu renk yuvaklak katı kapanımlar ise mineralin doğal olduğunun diğer önemli belirtisidir (Şekil 6.9 B). Ancak mineralin geneline hakim olan ve kenar kısmında belirgin şekilde gözlenen sarı renk bu yakutun iyileştirildiğini ve çatlaklarının doldurulduğunun kanıtıdır (Şekil 6.9 B). Dolayısı ile bu yakut doğal yollardan oluşmuş bir yakut olduğunu ancak çatlakların yağ ile doldurma işlemi gördüğünü göstermektedir.



Şekil 6-9. İşlem görmüş yakut: A) Heksagonal büyüme çizgileri (büyütme 25X) ve B) Koyu renkli yuvarlak katı kapanımlar ve yağ ile doldurulduğunu gösteren sarı renkli çatlak dolguları (büyütme 20X)

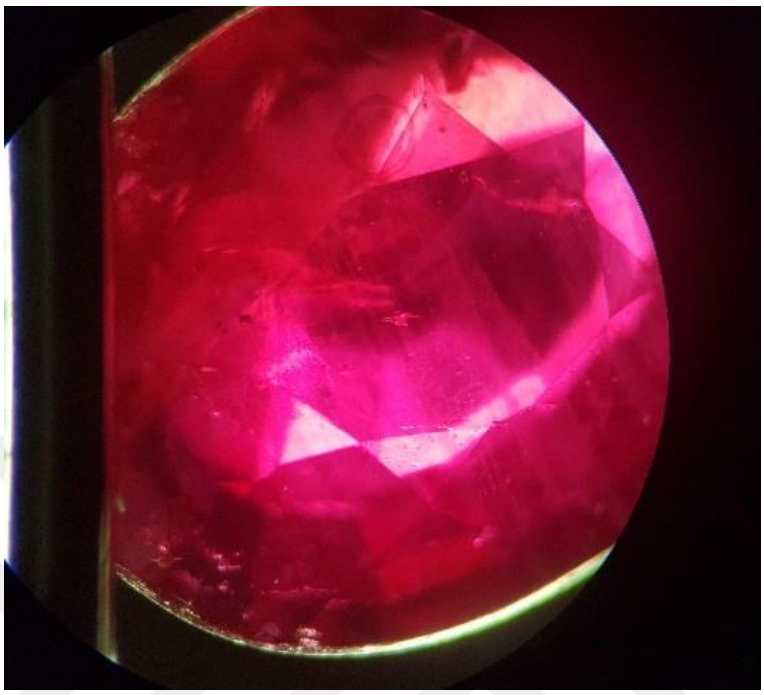
ÖRNEK 12: Doğal Yakut

Doğal bir yakut mineralinin (Örnek 12; Şekil 6.10) mikroskop altındaki görüntüsünde tabla fasetinin ortasında bulunan katı kristal kapanım, mineralin doğal olduğunun en önemli kanıtıdır. Ayrıca mineralin genelinde çeşitli boyutlarda kristal kapanımlar gözlenmektedir. Diğer süs taşlarında ve mücevher minerallerinde olduğu gibi bu tür katı mineral kapanımları sadece doğal mineraller içerisinde yaygındır.

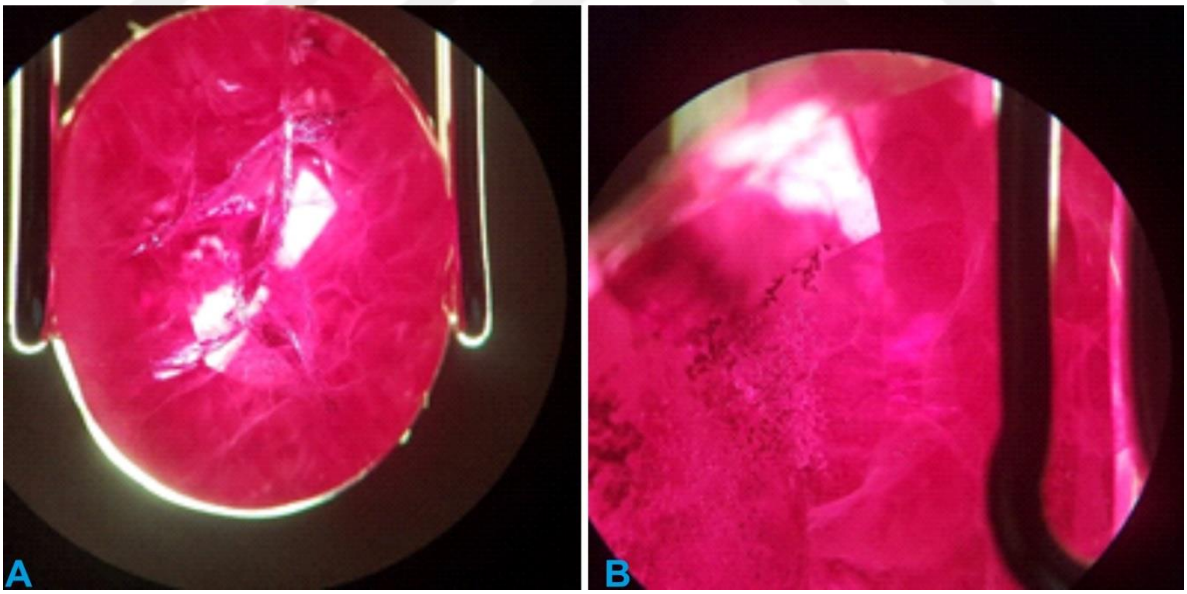
ÖRNEK 13: **Sentetik Üretilmiş Yakut**

Örnek 13 te incelenen yapılan yakut kristalinin mikroskop görüntüsünde kristalin iç yapısının doğal olmadığı dikkat çekmektedir. İlk fotoğraftaki (Şekil 6.11 A) duvak görüntüsü doğal minerallerde gözlenmez. Dolayısı ile sadece bu görüntüye dayanarak bile Örnek 13 olarak incelenen kristalin sentetik olarak üretildiğini söylenebilir. Ayrıca ikinci fotoğrafta (Şekil 6.11 B) kristalin arka (külah) kısımdan incelendiğinde; koyu renkli bulut görüntüsünü net bir şekilde saptamak mümkündür. Bu görüntü; üretim sırasında çözeltinin içinde bulunduğu metal kabın

(genellikle platin veya alaşım) kristallerinin, yüksek ısı etkisi ile kristalin yapısına girmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 6-10. Doğal yakut örneği (büyütme 30X)



Şekil 6-11. Sentetik yakut örneği: A) Duvak yapısı (büyütme 25X), B) Kristalin külah kısmındaki koyu renkli bulutsu görünüm (büyütme 40X).

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma kapsamında süs taşı olarak kullanılan beril ve korund grubu mineralleri incelenmiştir. Doğal yollardan oluşan beril ve korund grubu minerallerinin ayırtman özellikleri tanımlanmış, bu mineraller üzerine uygulanan iyileştirme yöntemleri hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Ayrıca söz konusu minerallerin sentetik olarak üretilen kristallerinin doğallarından nasıl ayrıldığı tanımlanmıştır.

Değerli mineraller, süstaşı veya mücevherler incelemeye başlandığında en önemli husus o mineralin doğal yolllarla oluşmuş bir mineralden mi yoksa sentetik olarak üretilmiş bir kristalden mi yapıldığıdır. Çünkü bu iki ürün arasında oldukça önemli bir değer farkı vardır. Her değerli mineral kullanıcısı yüksek ücretler ödeyerek aldığı mücevherlerin doğal olması ister ve sentetik olarak üretilmiş kristalleri kullanmak istemez. Bu nedenle incelenen mücevherin ne olduğu (adı) belirlendikten sonra oluşum ve üretim koşullarını tanımlamak gerekmektedir. Aşağıdaki sunulan akış şeması bir mücevherin ve/veya süstaşının sentetik kristal ya da doğal mineral sınıfına dahil edilip edilmeyeceği konusunda karşılaştırmalı bilgi vermektedir.

MÜCEVHER / SÜSTAŞI	
DOĞAL MİNERAL	**SENTETİK KRİSTAL**
1. Üç boyutlu kristaller belirgin şekil ve hacimde gözlenir, 2. Sınırları belirgin iğnecikler (katı mineral kapantıları) içerirler, 3. İki ve üç fazlı negatif kristaller her zaman geçerli olmamakla birlikte doğal oluşumu işaret eder, 4. Kristal formuna bağlı olarak değişkenlik gösteren, açılı büyüme çizgileri (mineral büyüme zonları) içerirler, 5. Rastgele dağılmış sıvı damlacıkları çok güzel bir parmak izi yapısı oluşturur.	1. Fenakit ve metal parçacıkları haricinde kristal oluşumu gözlenmez, 2. İğnecik yapısı sentetik kristallerde asla gözlenmez, 3. İzole edilmiş hava (gaz) baloncukları içerirler, ancak her zaman kesin kanıt değildir, 4. Kavisli şeritler, balık kılçığı ve duvak yapısı gibi özel yapısal görünümler içerirler, 5. Parmak izi yapısı genellikle kalın ve yansımalı, turuncu, sarı ve siyah dolgular içerecek şekildedir.

Tabloda sunulan kriterlere göre yapılan incelemeler sonucunda eğer mücevher veya süstaşının sentetik olduğu anlaşılırsa incelemeye daha fazla devam edilmez ve işlemler sonlandırılır.

Ancak inceleme sonunda mücevher veya süstaşının doğal bir mineralden üretildiği sonucuna ulaşılırsa işlemlere devam edilir. Sonraki aşamada mineralin doğal olmasının yanı sıra herhangi bir işlem görüp görmediği belirlenmelidir. Bu nedenle incelemeye devam edilir ve iyileştirme işlemlerinin uygulanıp uygulanmadığına bakılır. Eğer iyileştirme yöntemleri uygulanmışsa ne amaçla (renk ve berraklığı iyileştirmek …vb) iyileştirme uygulandığı belirlenmelidir. Hangi uygulamanın yapıldığını belirleyebilmek için mineralin iç yapısı mikroskop ile detaylı olarak incelenir. Söz konusu mikroskop incelemesinde;

- ❖ Mineraldeki iğne ve kristal kapanımlarında erime görüntüsünün varlığı,
- ❖ Mineral renginde açık koyu renk dalgalanmalarının varlığı,
- ❖ Mineraldeki çatlaklarda koyu renk yansımaların varlığı belirlenmelidir.

Bu çalışma kapsamında; International Gemological Institute of Dubai'de doğal, sentetik ve işlem görmüş 13 adet örnek üzerinde çalışılmıştır. Örnekler öncelikle çıplak gözle incelendikten sonra sırası ile; refraktometre, polariskop, hidrostatik tartı, floresans, Chelsea Filtresi ekipmanları kullanarak tanımlanmıştır. Daha sonra örnekler mikroskopla detaylı olarak incelenerek doğal mı, doğalsa işlem görmüş mü ya da sentetik olarak mı üretilip üretilmediği belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmaya göre;

- Ergiyik yöntemi kullanılarak üretilmiş iki adet zümrüt (Örnek 1 ve 2) kristali incelenmiştir. Söz konusu sentetik zümrütlerden Örnek 1 içerisinde küçük platik kristalleri ve düzgün sıralanmış, beyaz hava kabarcıkları gözlenmiştir. Örnek 2'de ise yine ergiyik yöntemiyle üretilen sentetik zümrütler için karakteristi olan duvak yapısı izlenmiştir. Doğal zümrüt minerallerinde gözlenen kapanımların bu kadar düzenli olmaması ve duvak yapısı gelişmemesi nedeniyle bu örnekler sentetik kristal olarak değerlendirilmiştir.
- Örnek 3, 4 ve 5'te ise doğal zümrüt mineralleri incelenmiştir. Doğal zümrüt kristallerinde gözlenen doğal karakteristik özellikler; renk tonu farklılığı, mineralin içerdiği kapanımların şekli ve bileşimidir. Örnek 3'te gözlenen muskovit kristalleri bu zümrütün Zambia'dan geldiğinin ve doğal oluşumlu olduğunun en önemli kanıtıdır. Örnek 4 ve 5'te ise iki ve üç fazlı kapanımlar söz konusudur. Dünyadaki tüm zümrüt madenlerinde yapılan çalışmalar iki ve üç fazlı kapanımların sadece Kolombiya

zümrütlerinde gözlendiğini göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 3, 4 ve 5 numaralı örneklerin hem doğal oldukları hem de üretildikleri ocaklar hakkında bilgilere ulaşılmıştır.

- Örnek 6 olarak seçilen doğal zümrüt mineralinde ise minerale iyileştirme işlemlerinin uygulandığı belirlenmiştir. Örnek 6 üzerinde yapılan mikroskop çalışmalarında iyileştirme için uygulanan yağların sarı – kahverengi renklenmeler gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum mineralin kırılma indisi ile iyileştirmede kullanılan yağın kırılma indisleri arasındaki farktan kaynaklanmakta ve minerale iyileştirme uygulandığını göstermektedir.
- Örnek 7 ve 8'de ise sentetik safr kristalleri incelenmiştir. Örnek 7'de yapılan incelemede yay şeklinde sıralanmış mikro ölçekteki küçük gaz baloncukları bu safirin laboratuvar ortamında üretildiğini göstermektedir. Doğal yollarla oluşan safirler içerisinde böyle hava kabarcıkları gözlenmez. Dolayısıyla bu kabarcılar görüldüğünde mineralin sentetik olarak üretildiğini söylemek mümkündür. Örnek 8'de ise ergiyik yöntemi ile üretilen bir sentetik safir kristalinde kristalin altına konan ince bir kağıt ile aydınlatıldığında gözlenen şerit şeklindeki renk değişimleri gözlenmiştir. Bu renk değişimleri söz konusu kristalin sentetik olarak ve ergiyik yani ergitme yöntemi kullanılarak üretildiğini gösterir. Doğal kristallerde bu tür renk değişimleri izlenmez.
- Örnek 9 ve 10 olarak da doğal safir minerali incelenmiştir. Örnek 9'da safirin iç yapısında kristal bir kapanımı bulunur. Kenar hatları belli ve katı olan bu kapanım mineralin doğal olduğunun göstermektedir. Örnek 10'da ise belirgin bir şekilde 2 fazlı kapanım gözlenmektedir. 2 (sıvı+gaz) veya 3 fazlı (sıvı+gaz+katı) kapanımların varlığı mineralin doğal olduğunun en önemli kanıtıdır. Sentetik minerallerde asla 2 ve 3 fazlı kapanım varlığı gözlenmez. İki ve üç fazlı kapanımlar doğal olarak minerallerin oluşumu sırasındaki çözelti transferi ile doğrudan ilikilidir.
- Örnek 11'de doğal ancak işlem görmüş bir yakut minerali incelenmiştir. Yakut mineralinin mikroskop görüntüsündeki heksagonal büyüme çizgileri ve koyu renkli yuvarlak kapanımlar mineralin doğal olduğunu kanıtlar. Ancak mineralin geneline hakim olan ve kenar kısmında belirgin şekilde gözlenen sarı renk bu yakutun iyileştirildiğini ve çatlaklarının doldurulduğunun gösterir. Dolayısı ile bu yakut doğal

yollardan oluşmuş bir yakut olmasına rağmen çatlaklara yağ ile doldurma işlemi uygulandığını göstermektedir.

- Örnek 12'de doğal bir yakut incelenmiştir. Mineralin mikroskop altındaki görüntüsünde tabla fasetinin ortasında bulunan katı kristal kapanım, mineralin doğal olduğunu gösterir. Ayrıca mineralin genelinde çeşitli boyutlarda kristal kapanımlar gözlenmektedir. Diğer süs taşlarında ve mücevher minerallerinde olduğu gibi bu tür katı mineral kapanımları sadece doğal mineraller içerisinde yaygındır.
- Örnek 13'te ise sentetik olarak üretilmiş bir yakut kristali incelenmiştir. Yakut kristalinin mikroskop görüntüsünde kristalin iç yapısının doğal olmadığı dikkat çekmektedir. Kristal içerisindeki duvak yapısı ve kristalin arka (külah) kısımdan incelendiğinde; koyu renkli bulut görüntüsünü bu kristalin sentekik olarak üretildiğini gösterir. Bu görüntü; üretim sırasında çözeltinin içinde bulunduğu metal kabın (genellikle platin veya alaşım) kristallerinin, yüksek ısı etkisi ile kristalin yapısına girmesinden kaynaklanmaktadır.

Süs taşları ve değerli mücevher mineralleri ender bulunan ve ekonomik değerleri yüksek olan minerallerdir. Dolayısıyla bu minerallerin ekonomiye kazandırılması amacıyla bir takım iyileştirme yöntemlerinin uygulanması kaçınılmazdır. Ancak yapılacak her türlü müdahalenin de mineralin değerini olumsuz yönde etkileyeceğini unutmamak gerekmektedir. Bu nedenle uygulanan iyileştirme yöntemlerinin gerektiğinden fazla olmamasına özen gösterilmeli, mineralin türüne en uygun iyileştirme yöntemleri tercih edilmelidir.

Sonuç olarak; değerli minerallere uygulanan iyileştirme işlemlerinin bilinmesi o mineralin değerinin belirlenmesi ve güvenli ticaret yapılması açısından oldukça önemlidir. Mücevher sektöründe oldukça büyük bir yeri olan süstaşlarının alım satım işlemleri yapılırken mümkünse tüm özelliklerinin yazılı olduğu ve uluslararası geçerliliği olan sertifikaların kullanılması sektörün güvenli ticareti açısından çok daha faydalıdır. Ayrıca yanlış beyanın ve sahteciliğin önüne geçilmiş olacaktır. Aksi halde; piyasada, doğal olmadığı halde, doğal mineral fiyatına satılan sentetik ve işlem görmüş kristaller olacaktır ve güvensiz bir ticaret ortamı oluşacaktır.

KAYNAKLAR

Cipriani C. And Borelli A., 1999, *Guide to Gems and Precious Stones*, Simon & Schuster, New York

Finlay V., 2006, *Mücevherlerin Gizli Tarihi*, Pegasus

GIA, 2012, *Colored Stone Essentials*

Gübelin E.J. ve Koivula J.I, 2008, *Photoatlas of Inclusions in Gemstones*, Opinio, Basel Switzerland

HRD, 2012, *Renkli Taş Eğitim ve Uygulama Kitabı*

Hurlbut C.S. and Kammerling R.C., 1991, *Gemology*, 2.nd ed, John Wiley & Sons, USA

IGI, 2014, *Introduction to Colored Stone Understanding and Testing*

Joyner L. And O"Donoghue M., 2007, *Identification of Gemstones*, BH, G. Britain

Matlins A., 2010, *Colored Gemstones*, 3.th ed, Gemstone Press, Vermont

Read P.G., 2007, *Gemmology*, 3.th ed., Elsevier, England

Themelis T., 2003, *Beryllium Treated Rubies and Sapphires*

Yeniyol M., 2015, *Mineraloji*

EKLER

IGI Laboratuarda yapılan çalışmalarda; Bulgular bölümünde belirtilen safir, zümrüt ve yakut örnekleri üzerine yapılan çalışmalar sırasında kullanılan çalışma kağıtları ve kaydedilen veriler ile değerli mineralleri ayırma tablosu ekte verilmiştir.

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nazan Boyan **Stone Number** ÖRNEK 1

Color Green (Yeşil) **Transparency** Tp. (Transparent)

Shape and Style Emerald Cut - Faceted **Phenomenon** None (Yok)

Carat Weight **Air** 5,500 **Water** 3,447

Specific Gravity 2,68

**Formula:* $\frac{\textit{Weight in Air}}{\textit{Weight in Air} - \textit{Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,562
Low Reading	1,559
Birefringence	0,003

Pleochroism

Strong	
Medium	
Weak	✓

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification Fingerprints (Parmak izi) - metalic Inc. (Metalik Kristal inklüzyon)

Additional Observation/immersion —

Treatments —

Species Beryl (Beril)

Variety Emerald (Zümrüt) - Flux Synt.

Origin (Fluks yöntemi ile üretilmiş sentetik zümrüt)

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nazan Boyan **Stone Number** ÖRNEK 2

Color Green (Yeşil) **Transparency** Tp (Transparan)

Shape and Style Oval Cut – faceted **Phenomenon** None (Yok)

Carat Weight **Air** 5,62 **Water** 3,50

Specific Gravity 2,65

**Formula:* $\frac{\textit{Weight in Air}}{\textit{Weight in Air – Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,589
Low Reading	1,580
Birefringence	0,009

Pleochroism

Strong	
Medium	
Weak	

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification Growth Lines (Büyüme çizgisi) – Metalic Inc. (Metal Kristal inklüzyon)

Additional Observation/immersion (Duvak görüntüsü)

Treatments

Species Beryl (Beril)

Variety Emerald (Zümrüt) – Flux Synt.

Origin (Fluks ile üretilmiş sentetik Zümrüt)

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nazan Boyan **Stone Number** ÖRNEK 3

Color Green (Yeşil) **Transparency** Tp (Transparent)

Shape and Style Princess Cut – faceted **Phenomenon** None (Yok)

Carat Weight **Air** 7,01 **Water** 4,42

Specific Gravity 2,71

**Formula:* $\frac{\textit{Weight in Air}}{\textit{Weight in Air} - \textit{Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,590
Low Reading	1,582
Birefringence	0,008

Pleochroism

Strong	
Medium	✓
Weak	

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification Dark Crystal (Kayu renkli kristaller)

Additional Observation/immersion Tipik muskovit kristal inklüzyonlar.

Treatments —

Species Beryl (Beril)

Variety Emerald (Zümrüt) – Natural (Doğal)

Origin Zambian Emerald (Zambia Zümrüdü)

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nazan Boyan **Stone Number** ÖRNEK 4

Color Green (Yeşil) **Transparency** Tp (Transparan)

Shape and Style Round Cut (Yuvarlak) **Phenomenon** None (Yok)

Carat Weight **Air** 4,40 **Water** 2,76

Specific Gravity 2,68

**Formula:* $\frac{\textit{Weight in Air}}{\textit{Weight in Air – Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,588
Low Reading	1,580
Birefringence	0,008

Pleochroism

Strong	
Medium	✓
Weak	

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification 2 phase (2 fazlı kapanım) – Dark Inc. (Koyu renkli kapanımlar)

Additional Observation/immersion Fracture (Çatlaklı yapı (yoğun şekilde))

Treatments

Species Beryl (Beril)

Variety Emerald (Zümrüt) – Natural (Doğal)

Origin Kolombian Emerald (Kolombiya Zümrüdü) * 2. fazlı inklüzyon.

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nazan BOYAN **Stone Number** ÖRNEK 5

Color Bluish Green (Mavimsi Yesil) **Transparency** Tp (Transparan)

Shape and Style Oval Cut (Oval Kesim) **Phenomenon** None (Yok)

Carat Weight **Air** 5,720 **Water** 3,617

Specific Gravity 2,719

**Formula:* $\frac{\textit{Weight in Air}}{\textit{Weight in Air – Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,580
Low Reading	1,575
Birefringence	0,005

Pleochroism

Strong	
Medium	
Weak	✓

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification 2 phase ink (2 fazlı ink) – fracture (catlak) – fingerprint (parmak izi yapısı)

Additional Observation/immersion Dark cryst. (Koyu renk kristal kapanım)

Treatments Oil treatment (Kenara yakın bölgede renk değişimi)

Species Beryl (Beril)

Variety Emerald (Zümrüt) – Natural (Doğal) – 2 fazdan oluşur.

Origin Kolombian Emerald (Kolombiya Zümrüdü)

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nazan Boyan **Stone Number** ÖRNEK 6

Color Light Green (Açık Yeşil) **Transparency** Tp. (Transparan)

Shape and Style Emerald Cut (Zümrüt Kesim) **Phenomenon** None (Yok)

Carat Weight **Air** 5,83 **Water** 3,76

Specific Gravity 2,81

**Formula:* $\frac{\text{Weight in Air}}{\text{Weight in Air} - \text{Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,580
Low Reading	1,575
Birefringence	0,005

Pleochroism

Strong	
Medium	
Weak	✓

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification Fracture (Yoğun çatlak) – Small cryst. (Küçük kristal kapanımlar)

Additional Observation/immersion

Treatments Oil treatment. (Yağ ile iyileştirme işlemi uygulanmış)

Species Beryl (Beril)

Variety Emerald (Zümrüt)

Origin

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nazan Boyan **Stone Number** ÖRNEK 7

Color Blue (Mavi) **Transparency** TP. (Transpon)

Shape and Style Oval Cut **Phenomenon** —

Carat Weight **Air** 6,47 **Water** 4,84

Specific Gravity 3,97

**Formula:* $\frac{\text{Weight in Air}}{\text{Weight in Air} - \text{Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,765
Low Reading	1,758
Birefringence	0,007

Pleochroism

Strong	
Medium	✓
Weak	

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification Curved gas bubble (Kürük gaz balonçukları yay şeklinde)

Additional Observation/immersion gas cryst. inc. (Yuvarlak belirgin gaz kapanımı)

Treatments —

Species Corundum (Korundum)

Variety Sapphire (Safir)

Origin Synthetic. (Sentetik safir.)

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name NAZAN BAYAN **Stone Number** ÖDEVEK 8

Color Blue (Mavi) **Transparency** Tp- (Transparan)

Shape and Style Oval cut **Phenomenon** —

Carat Weight **Air** 7,05 **Water** 5,27

Specific Gravity 3,96

**Formula:* $\frac{\textit{Weight in Air}}{\textit{Weight in Air – Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,774
Low Reading	1,770
Birefringence	0,004

Pleochroism

Strong	
Medium	
Weak	✓

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification —

Additional Observation/immersion Color change zone (açık-koyu mavi renk değişimlei gözlemektedir.)

Treatments

Species Corundum (Korund)

Variety Sapphire

Origin Syntetic: (Sentetik Safir)

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nazan BOYAN **Stone Number** ÖRNEK 9

Color Blue (Mavi) **Transparency** Tp (Transparan)

Shape and Style Oval Cut. **Phenomenon** —

Carat Weight **Air** 4,93 **Water** 3,71

Specific Gravity 4,04

**Formula:* $\frac{\textit{Weight in Air}}{\textit{Weight in Air} - \textit{Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,769
Low Reading	1,764
Birefringence	0,005

Pleochroism

Strong	
Medium	
Weak	✓

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification Crystal Inc (Hatlon belirgin kristal kapanımlar) – Fracture (Çatlak)

Additional Observation/immersion

Treatments

Species Corundum (Korundum)

Variety Sapphire (Safir) – Natural

Origin

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nizan Boyan **Stone Number** ÖRNEK 10

Color Light Blue (Açık Mavi) **Transparency** Tr (Transparan)

Shape and Style Round Cut (Yuvarlak) **Phenomenon**

Carat Weight **Air** 5,20 **Water** 3,92

Specific Gravity 4,06

**Formula:* $\frac{\textit{Weight in Air}}{\textit{Weight in Air} - \textit{Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,765
Low Reading	1,758
Birefringence	0,007

Pleochroism

Strong	
Medium	✓
Weak	

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification 3 Phase (3 fazlı kapanım)

Additional Observation/immersion

Treatments

Species Corundum (Korundum)

Variety Sapphire (Safir) – Natural

Origin

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nazan Boyan **Stone Number** DENEK 11

Color Red **Transparency** S-Tr (Yarı transparan)

Shape and Style Oval Cut. **Phenomenon** —

Carat Weight **Air** 3,92 **Water** 2,91

Specific Gravity 3,90

**Formula:* $\frac{\textit{Weight in Air}}{\textit{Weight in Air} - \textit{Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,768
Low Reading	1,760
Birefringence	0,008

Pleochroism

Strong	
Medium	✓
Weak	

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	✓
Weak	
Moderate	
Strong	

Magnification Growthlines (Büyüme Çizgileri) – Crystal Inc. (Kristal kapanımlar)

Additional Observation/immersion Kemer kısmına doğru sarıya doğru renk geçişi.

Treatments Fracture Filling Treatment (Çatlak Doldurma)

Species Corundum (Korund)

Variety Ruby (Yakut) – Natural

Origin

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nazan Boyan **Stone Number** DENEK 12

Color Red (Kırmızı) **Transparency** Tp. (Transparan)

Shape and Style Oval Cut **Phenomenon** —

Carat Weight **Air** 6,126 **Water** 4,599

Specific Gravity 4,01

**Formula:* $\frac{\text{Weight in Air}}{\text{Weight in Air} - \text{Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,770
Low Reading	1,760
Birefringence	0,010

Pleochroism

Strong	
Medium	
Weak	✓

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	
Weak	✓
Moderate	
Strong	

Magnification 3 phase inc. (3 fazlı kapanım) – fracture (çatlak)

Additional Observation/immersion

Treatments

Species Corundum (Korund)

Variety Ruby (Yakut) – Natural (Doğal)

Origin

INTERNATIONAL GEMOLOGICAL INSTITUTE DMCC

Doc. Title: Test Worksheet – Colored Stone Identification Program	
Doc.No: F/ED – 21	Rev. Date: 10.08.2014
Rev. No: 00	Page 1 of 1

IGI COLORED STONE GRADING PROGRAM 2014

Practice Worksheet

IGI School of Gemology-Dubai

Student Name Nizan Boyan **Stone Number** DENEK 13

Color Red (Kırmızı) **Transparency** Tp. (Transparan)

Shape and Style Oval Cut **Phenomenon** —

Carat Weight **Air** 4,853 **Water** 3,631

Specific Gravity 3,97

**Formula:* $\frac{\textit{Weight in Air}}{\textit{Weight in Air – Weight in Water}}$

Refractive Index (RI)

High Reading	1,770
Low Reading	1,762
Birefringence	0,005

Pleochroism

Strong	
Medium	✓
Weak	

Optical Characteristic

SR	
DR	✓
ADR	
AGG	

Fluorescence

Inert	
Weak	✓
Moderate	
Strong	

Magnification Duvak gözüntüsü – Metalik inc. (Metal kap izi ink.)

Additional Observation/immersion fingerprint (parmak izi)

Treatments —

Species Corundum (Korund)

Variety Synteti Ruby (Sentetik Yakut)

Origin

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	NAZAN BOYAN
Doğum Yeri	MALATYA
Doğum Tarihi	03.11.1985
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	05556378833
E-Posta Adresi	nazanboyan@gmail.com
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
Fakülte	MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
Bölümü	JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
Mezuniyet Yılı	2007

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