

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞAL VE SENTETİK ELMAS ARASINDAKİ FARKIN
LABORATUVAR KOŞULLARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

Deniz Tanju YILMAZ

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Süheyla KANBUR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA, 2022**



© 2022 [Deniz Tanju YILMAZ]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KONUYA İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	3
2.1. Elmasın Tanımı.....	3
2.2. Elmasın Yapısı.....	4
2.3. Elmasın Oluşumu.....	6
2.4. Elmasın Dünya Piyasasındaki Yeri.....	8
2.5. Elmas İle İlgili Gerçekler.....	11
2.6. Elmasın Tarihçesi.....	13
2.7. Elmaslarda Renklenme.....	16
2.7.1. Floresans ve Fosforesans.....	16
2.7.2. Yapay Renklenme.....	17
2.8. Elmaslarda Renk Özellikleri.....	17
2.9. Doğal Elmaslar.....	21
2.9.1. Doğal Elmas Kristallerinin Bazı Özellikleri.....	21
2.10. Sentetik Elmas Tanımı ve Özellikleri.....	23
2.10.1. Kristal Şekli ve Büyüme Yapısı.....	24
2.10.2. Kapanımlar, Tanelenme ve Gerilim Modelleri.....	26
2.10.3. Lüminesans.....	28
2.10.4. Kimyasal ve Spektroskopik Analiz.....	29
2.10.5. Diğer Özellikleri.....	31
2.11. CVD (Chemical vapour deposition) Elmaslar.....	31
2.11.1. CVD Elmas Türleri.....	33
2.12. HPHT (High Pressure High Temperature Diamond) Elmaslar.....	34
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	36
3.1. Elmasların Gemolojik Tanımlama Kriterleri.....	36
3.1.1. Gerginlik.....	36
3.1.2. Manyetizma ve Metalik İnklüzyonlar.....	37
3.1.3. Renk Bölgesi.....	38
3.1.4. Floresans.....	38
3.1.5. Fosforesans.....	38
3.1.6. Elmas Tür.....	39
3.1.7. Yazıt.....	39
3.1.8. Gelişmiş Test.....	39
3.2. Elmasların Gemolojik Cihazlarla İncelenmesi.....	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	47
5. SONUÇ.....	51
KAYNAKÇA.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	56

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞAL VE SENTETİK ELMAS ARASINDAKİ FARKIN LABORATUVAR KOŞULLARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Deniz Tanju YILMAZ

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Süheyla KANBUR

Günümüzde pırlantalar insanlar tarafından en çok tercih edilen mücevher taşlarıdır. Pırlanta ticareti ise son 10 yılda oldukça yaygınlaşmıştır. Bu durum da sentetik pırlanta imalatında faydalanan bütçenin yükselmesine, haliyle ihtiyaç duyulan teknolojilerin ilerleme göstermesine neden olmaktadır. Sentetik elmas imalatında HPHT ve CVD metotlarından faydalanılmaktadır. Zamanla sözü edilen metotlar ilerleme kaydetmekte ve daha düşük maliyetli 0,30 ile 0,70 karat ağırlıkları arasında bulunan renksiz pırlanta imalatı sağlanmaktadır.

Doğada bulunan elmasların çoğunun mücevher kalitesine sahip olmadığı, başka bir deyişle çoğunlukla opak oldukları, dolgunluklarından dolayı parlamadıkları veya renk bakımından daha az çekici oldukları bilinmektedir. Evet, nitelikleri beklendiği gibi olmayabilir, ancak fiziksel nitelikleri ile sektörde önemli bir kullanım alanına sahiptir. Elmaslar ender bulunduğu ve çıkarılmasının meşakkatinden ötürü de kıymetlidir. Endüstride elmasın yerine kullanılabilecek başka bir madenle alakalı araştırma yapılırken öte taraftan da elmasın sentetiğiyle alakalı faaliyetlere başlanmıştır.

Uzun çabalar neticesinde laboratuvar da elmas imal edilebilmiştir. Sözü edilen zaman diliminde teknoloji bakımından da sentetiği doğal olanından pahalıya mal olduğundan bilimsel çalışma şeklinde sürdürülmüş ve piyasaya satışı olmamıştır. Gelişen teknoloji ile daha uygun fiyata mal edilip önce sanayiide faydalanılacak elmaslar imal edilmiştir. Kristal yapısındaki yanlışlarla alakalı da metotlar ortaya konulunca mücevher değerinde elmaslar imal edilmeye başlanmıştır.

Sentetik elmas, elmasın doğal oluşum şartlarını laboratuvar alanında mümkün kılarak ulaşılan elmaslardır. Fiziksel ve kimyasal tüm nitelikleri özdeş olduğundan doğal elmasla sentetik elmasın ayrımının yapılması ileri laboratuvarlarda gemolojik cihazlar sayesinde gerçekleştirilebilmektedir.

Yürüttüğümüz bu çalışma kapsamında literatür tarama metoduyla makale, dergi yayınlanmış olan yüksek lisans tezlerinden yararlanarak, doğal ve sentetik elmasların laboratuvar şartlarında tespit edilmesiyle alakalı şekilde verilere

ulaşılmaya gayret edilmiştir. Çalışma sonucuna göre doğal ve sentetik elmasların, laboratuvarıda inceleme yapılmadan basit usûlde birbirlerinden ayırt edilmesi mümkün değildir. Tüm zellikleri aynı olan doğal ve sentetik elmaslar arasındaki fark, uygun teknik ve metotlar uygulanarak ileri spektroskopik cihazlar kullanılarak belirlenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Doğal Elmas, CVD Elmas, Sentetik Elmas, HPHT Elmas

2022, 56 sayfa



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EVALUATION OF THE DIFFERENCE BETWEEN NATURAL AND SYNTHETIC DIAMONDS IN LABORATORY CONDITIONS

Deniz Tanju YILMAZ

**Suleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Süheyla KANBUR

Nowadays, diamonds are the most preferred jewelry stones by people. The diamond trade has become quite widespread in the last 10 years. This situation causes the budget used in the production of synthetic diamonds to increase, and the technologies needed to progress. HPHT and CVD methods are used in the manufacture of synthetic diamonds. In time, the mentioned methods are making progress and production of colorless diamonds with a lower cost between 0.30 and 0.70 carat weights is provided.

It is known that most of the diamonds found in nature do not have the quality of jewellery, in other words, they are mostly opaque, unable to shine due to their fullness, or are less attractive in terms of color. Yes, its qualities may not be as expected, however, it has an important field of use in the industry with its physical qualities. Diamonds are also valuable because they are rare and difficult to mine. While research is being conducted on another metal that can be used instead of diamond in the industry, on the other hand, activities related to the synthetic of the diamond have been started.

As a result of long efforts, diamonds could be produced in the laboratory. In the aforementioned time period, it was continued in the form of scientific study, since its synthetics cost more than natural ones in terms of technology, and it was not sold to the market. With the developing technology, diamonds were produced at a more affordable price and used primarily in the industry. When the methods related to the mistakes in the crystal structure were introduced, diamonds worth jewelry began to be produced.

Synthetic diamonds are diamonds that are achieved by making the natural formation conditions of the diamond possible in the laboratory. Since all their physical and chemical properties are identical, the distinction between natural and synthetic diamonds can be made in advanced laboratories by means of gemological devices.

Within the scope of this study, we have tried to reach the data related to the detection of natural and synthetic diamonds under laboratory conditions by

using the literature review method, making use of the master's theses published in the article and journal. According to the results of the study, it is not possible to distinguish between natural and synthetic diamonds in a simple way without laboratory examination. The difference between natural and synthetic diamonds with all the same properties should be determined using advanced spectroscopic devices by applying appropriate techniques and methods.

Keywords: Natural Diamond, CVD Diamond, Synthetic Diamond, HPHT Diamond

2022, 56 pages



TEŞEKKÜR

Sentetik elmaslar, jeolojik süreçler sonucunda oluşan doğal elmasların aksine yapay süreçler uygulanarak üretilen elmaslardır. Özellikle mücevherat sektöründe ticari faaliyetlerde sorun yaşanmaması adına doğal ve sentetik elmasların doğru analiz edilmesi çok önemlidir. Bu çalışmada, hem elmasların özellikleriyle ilgili teknik bilgiler verilmiş olup hemde elmasların laboratuvar koşullarında değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur.

Bu tezin yazım aşamasında her türlü desteği sağlayan, bana yön veren, bilgi ve tecrübesiyle beni aydınlatan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Süheyla KANBUR'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim ve çalışmalarım boyunca desteğini ve yardımlarını esirgemeyen tüm hocalarıma, sektör mensuplarına teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Deniz Tanju YILMAZ
ISPARTA, 2022

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Elmasın Yapısı	3
Şekil 2.2. Konveksiyonel Manto, Dünyanın İç Elmas Oluşum Bölgeleri.....	8
Şekil 2.3. Ülkelerin Yıllara Göre Ham Elmas Üretim Yüzdesi	8
Şekil 2.4. Ülkelerin Yıllara Göre Ham Elmas İthalatı Ağırlığı ve Yüzdesi.....	9
Şekil 2.5. Ülkelerin Yıllara Göre İşlenmiş Elması İhraç Yüzdesi	10
Şekil 2.6. Elmasın atomik yapısı	18
Şekil 2.7. Pırlanta renk skalası	19
Şekil 2.8. Fancy renk taş örnekleri	20
Şekil 2.9. Renkli sentetik elmasların iç oluşum bölgeleri arasındaki katkı içeriklerinin farklılığı sebebiyle bariz renk bölgeleri	25
Şekil 2.10. 0,43 ct mavi sentetik elmasın bu dört DTC Diamond View görüntüsü	26
Şekil 2.11. 0.26 ct pembe numunede gösterilmekte olan metalik kalıntılar.....	27
Şekil 2.12. Bazı sentetik elmasların belirsiz şekilde nokta atışı kalıntılarına ilişkin görsel	28
Şekil 2.13. UV Uzun dalga ve kısa dalga işlem görmüş 4 elmas çeşidi.....	30
Şekil 2.14. Yontulmuş (0.21-1.04 kt) sentetik elmaslar	31
Şekil 2.15. Bu şematik diyagram, CVD sentetik elmasını büyütme için kullanılan türde bir mikrodalga CVD reaktörünü göstermektedir.	32
Şekil 2.16. HPHT floresan desenli sentetik elmas görüntüsü.....	34
Şekil 3.1. Doğal, CVD ve HPHT sentetik elmas	36
Şekil 3.2. Uçuk pembe 0,51 ct taşın daylight ışık altında üstten görüntüsü	40
Şekil 3.3. Uçuk pembe 0,51 ct taşın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü (Floresan rengi güçlü mavi)	41
Şekil 3.4. Uçuk pembe 0,51 ct taşın kızılötesi spektrum görüntüsü)	41
Şekil 3.5. Hrd sertifikalı d vvs2 0,30 ct taşın daylight ışık altında üstten görüntüsü.....	42
Şekil 3.6. Hrd sertifikalı d vvs2 0,30 ct taşın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü (Floresan rengi çok hafif mavi).....	42
Şekil 3.7. Hrd sertifikalı d vvs2 0,30 ct taşın kızılötesi spektrum görüntüsü	43
Şekil 3.8. G1a sertifikalı Fancy Yellow 2,01 ct büyüklüğündeki taşın üstten görüntüsü	43
Şekil 3.9. G1a sertifikalı Fancy Yellow 2,01 ct büyüklüğündeki taşın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü (Floresan rengi yok)	44
Şekil 3.10. G1a sertifikalı Fancy Yellow 2,01 ct büyüklüğündeki taşın kızılötesi spektrumu	44
Şekil 3.11. Kahverengi 0,731 ct taşın daylight ışık altında üstten görüntüsü	45
Şekil 3.12. Kahverengi 0,731 ct büyüklüğündeki taşın kızılötesi spektrum görüntüsü	45
Şekil 4.1. Renksiz 0.90 ct doğal elmasın daylight ışık altındaki görüntüsü.....	47
Şekil 4.2. Renksiz 0.90 ct doğal elmasın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü (Floresans rengi orta mavi).....	48

Şekil 4.3. Renksiz 0.90 ct doğal elmasın kızılötesi spektrum görüntüsü.....	48
Şekil 4.4. 0.40 ct HPHT sentetik elmasın kızılötesi spektrum görüntüsü	49
Şekil 4.5. 0.30 ct CVD sentetik elmasın kızılötesi spektrum görüntüsü.....	49



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge2.1. Ülkelerin Yıllara Göre Ham Elmas Üretim Hacimleri ve Yüzdesi (The Kimberley Process Working Group on Statistics.....	9
Çizelge2.2. Ülkelerin Yıllara Göre Ham Elmas İthalatı Ağırlığı ve Yüzdesi (The Kimberley Process Working Group on Statistics.....	10
Çizelge 2.3. Ülkelerin Yıllara Göre İhraç Edilen İşlenmiş Elmasın Ağırlığı ve Yüzdesi (The Kimberley Process Working Group on Statistics.....	11
Çizelge2.4. Polikristal CVD Elmas Seviyeleri	33
Çizelge2.5. Tek Kristal CVD Elmas Seviyeleri	33



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
HPHT	High Pressure High Temperature
CVD	Kimyasal buhar depolama
CZ	Kübik zirkonya
DTC	Diamond Trading Company
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
GIA	Gemological Institute of America
HRD	Diamond High Council (Hoge Raad voor Diamant)
PL	Fotoluminesans spektrometresi
SİC	Silisyum karbür
UV	Ultraviyole



1. GİRİŞ

İnsanlar tarafından pırlantaya oluşan talep sürekli artmaya devam etmektedir. Bunun neticesinde sentetik pırlanta imalatında faydalanan bütçede de bir artış meydana gelmekte ve lazım olan teknolojilerin ilerlemesine neden olmaktadır. Sentetik elmas imalatında HPHT ve CVD metotlarından faydalanılmaktadır. Zamanla söz konusu metotlar ileri düzeye taşınarak daha düşük bedelli ve ağırlıkları daha fazla olan pırlantaların üretimi yaygınlaşmıştır.

Sentetik elmaslar (kültür elması, yapay elmas veya ekili elmas) jeolojik süreçler neticesinde meydana gelen doğal elmasların tersine yapay süreçlerden faydalanılarak imal edilen elmas çeşitleridir. Sentetik elmaslar imalat metotlarına göre CVD elmas ve HPHT elmas şeklinde iki kısma ayrılırlar (sırası ile yüksek basınç, yüksek sıcaklık ve kimyasal buhar biriktirme kristal oluşumu metotları). Sentetik sözcüğü tüketicilerce taklit ürünlerle karıştırılmasına sebep olsa dahi sentetik elmaslar doğal elmaslarla aynı materyalden üretilmiştir (izotropik 3B formda kristalize saf karbon). Böyle bir yanlış anlaşılmayı ortadan kaldırmak adına sentetik elmaslar için laboratuvar üretimi, laboratuvar yapımı gibi benzeri alternatif ön eklerde kullanılmaktadır.

Sentetik denildiği zaman sentetik mozanit (SiC), kübik zirkonya (CZ) veya benzeri pırlanta taklidi şeklinde imalatı yapılan taşlar akla gelmektedir. Sözü edilen taşları pırlantadan ayıran kimyasal, fiziksel ve optik nitelikleridir ve bu taşlar çok düşük maliyetler karşılığında imal edilebilmektedir. Taklit taşların görsel cazibesi pırlanta gibi değildir ve bu iki taşı ayırt eden farkları anlamak için basit metotlar yeterlidir.

Sentetik pırlanta, doğal pırlantayla aynı fiziksel, kimyasal ve optik niteliklere sahiptir. Karbondan meydana gelir, kübik formda kristal sistemi vardır. Tecrübeli bir kesim ustası tarafından şekillendirilir ve cilalanır. Doğal olanıyla aralarındaki farkı görebilmek adına üst düzey gemolojik ekipmanın yanı sıra gerekli olan bilginin olması şarttır. İkisini birbirinden ayırt etmeyi sağlayan etken, birinin doğal yöntemlerle insan eli değmeden (kesimi hariç) meydana gelmesi, diğerinin

ise bilim insanlarınca yer altı şartları oluşturulmak suretiyle laboratuvar ortamında imal edilmesidir. Sentetik pırlantalar çok yeni üretilen genç pırlantalar, doğal pırlantaların yaşı ise milyarlarca seneyi bulmaktadır. Son dönemlerde bilhassa CVD (kimyasal buhar depolama) metoduyla imal edilmiş sentetik elmaslar laboratuvarlarda çok fazla incelenmektedir. Sentetik elmasa ait olan nitelikler elmasın imal sürecinde faaliyete sokulan metod baz alınarak değişim göstermektedir. Belli başlı sentetik elmasların imalat metodundan bağımsız olarak ısı iletkenliği, sertlik, elektrik iletkenliği gibi benzeri nitelikleri pek çok doğal elmastan dahi üstün olabilmektedir. Sentetik elmaslardan parlatma, aşındırma, kesi aletlerinde ve soğutucuların yapımında sıklıkla faydalanılmaktadır. Sentetik elmasların elektronik sahasındaki kullanımında sürekli artış göstermektedir. Ultraviyole (UV) ışın ya da yüksek enerjili partikül dedektörlerindede ticari anlamda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kimyasal ve termal stabilite, geniş spektrumda yüksek optik geçirgenlik, düşük genleşme oranı ve benzeri çok sayıda niteliğin ileri düzey bir kombinasyonunu bulunduran elmas, yüksek kuvvete sahip olan gyrotronlar (elektromanyetik dalga üretici) ve karbondioksit lazerleri adına en popüler materyale dönüşmüştür. Endüstriyel sahada faydalanılan elmasların nerdeyse %98'i sentetik nitelik taşımaktadır (Zimnisky, 2013).

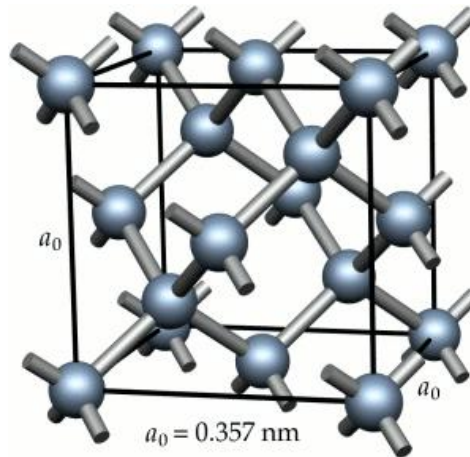
Hem HPHT hem de CVD metoduyla imal edilen elmaslar beyaz, sarı, kahverengi, mavi, yeşil, turuncu ve şeffaf olmak üzere farklı renklerde imal edilebilir ve iki taşa bölünebilme niteliğine sahiptir. Sentetik elmasların imal edilmeye başlanması elmas ticareti alanında mühim kaygılar oluşturmaya başlamıştır. Bu durumun neticesinde sentetik ve doğal elmasın ayrımını yapmak maksadıyla özel spektral cihazlar imal edilmeye başlanmıştır.

2. KONUYA İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Elmasın Tanımı

İngilizcedeki “diamond” ile Fransızcadaki “diamant” anlam bakımından eş sözcükler olup, köken olarak Yunanca “adamas”dan gelmektedir. Sözcük dilimize elmas şeklinde aktarılmış olup anlam olarak “en saf karbon olan ve cam gibi şeffaf, parlak maden” şeklinde çevirisi yapılmıştır. Elmaslar gemolojide incelenen diğer değerli taşlardan farklıdır ve olağanüstü özelliklere sahiptir. Yüksek basınç ve sıcaklıklarda tek element (karbon) ile oluşan dünyadaki en sert doğal mineraldir. Bilim insanlarına göre elmas, yerkabuğu derinliklerinde oluşan inorganik bir mineral iken genel anlamda tüketici gözünde sevgi, bağlılık, güç ile ilişkilendirilen ve sembol haline gelen değerli bir taştır.

Elmas kristalleşmiş arı karbon minerali şeklindedir tanımlanır. Elmasın benzersiz olması bütünüyle mineral yapısından kaynaklıdır. Karbon atomlarının her biri çevresinde yer alan diğer 4 karbon atomu ile çok kuvvetli ve düzenli bir bağ oluşturur. Bu bağ yapısının ismi kovalent bağ yapısıdır. Elmasın yapısal birimi, temelde bir küpte düzenlenmiş 8 atomdan oluşur. Bu yapı içerisinde her karbon atomu oktet hedefine ulaşmıştır, yani son yörüngelerinde sekiz elektron bulundurma durumuna ulaşmış durumdadır. Bu da temel olarak sertliği, elektrik geçirmemesi, asitlerden etkilenmemesi gibi özelliklerin sebebidir. Çünkü hiç elektron boşluğu kalmamıştır.



Şekil 2.1. Elmasın Yapısı (Squa, 2006)

Elmasta oluşan kovalent bağ yapısı, elmasa sertlik (hardness) gibi olağanüstü fiziksel özellikler kazandırmaktadır. Bu sertlik iç yapının direkt sonucudur ve bilinen en sert mineral olduğu için kesme, delme, mücevherat ve potansiyel bir yarı iletken malzeme olarak kullanılır.

2.2. Elmasın Yapısı

Elmas karbon atomlarından meydana gelmiştir. Elmasın sahip olduğu kendine has kristal yapı, onu diğer değerli taşlardan daha çok özel bir statüye koymaktadır. Elmas, bilinen en sert doğal mineraldir. Doğada renksiz ve saydam olması dışında mavi, kahverengi, pembe, kırmızı, turuncu gibi farklı renklerde mevcuttur. Bu renkli elmaslara fantezi renkli elmas tanımı yapılmaktadır.

Elmasın nitelikleri, tamamıyla birbiri ile kenetli hale gelmiş olan dörtyüzlü karbon atomlarından meydana gelen kristal şeklinden kaynaklanmaktadır. Mükemmel bir elmas kristal yapısında karbon, tetrahedronlar şeklinde yapıya bağlanır. Elmas karbon atomunun en yoğun kristalleşmiş halidir. Elmasın kafes birim yapısı, kübik kristal kafes veya yüzey merkezli kübik FCC (face centered cubic) kafes yapısındadır. Her bir karbon atomu düzenli dört yüzlü (dörtgen prizma) dört diğer karbon atomuna katılır.

Grafit kristalleştirilmiş karbonun bir diğer formudur. Grafit, hekzagonal kristal yapıya sahip karbonun doğal allotroplarından biridir ve bal peteğine benzeyen altıgen bir düzende düzenlenmiş tek karbon atomlarından oluşan bir katmandır. Karbonun diğer allotropu olan elmasın tersine, yumuşak, yağlı, koyu gri ile parlak bir renge sahiptir. Bu iki allotroplar arasındaki en temel farklar; grafitin iki boyutlu bir yapıda olması ve kimyasal bağ yapılarının birbirlerinden farklı olmasıdır.

Elmaslar, en genci ortalama 900 milyon yıl olan yaşlı minerallerdir. Yüksek basınç ve sıcaklık ortamlarında meydana gelmektedir. Meydana gelebilmesi için yerin 150-200 km altında meydana gelen yüksek bir basınca ve 1700-2000 derecelik bir sıcaklığa ihtiyaç vardır. Dünyaya volkanik patlamalar neticesinde

büyük kaya kütleleri sayesinde taşınmaktadırlar. Yanızca elmasa özel daha pek çok nitelik bulunmaktadır. Elmasın yapısı iki tane kare tabanlı piramidin taban tabana gelmiş durumu olduğundan dolayı genel anlamda kesim yapılacağı sırada yapısına uygun şekilde ham elmas iki parçaya ayrılır. Elmasın dayanıklılığı ve ışığı çok iyi kırmasından ötürü değerli bir mücevherat eşyası olmasının yanı sıra sertliğinden ötürü endüstriyel aletlerde faydalanılması çok önemli hale gelmiştir. Bir elmasın çizilmesi ve şekillendirilmesi yalnızca başka bir elmas tarafından gerçekleştirilebilir. Mineralojide faydalanılan ve Alman mineral bilimci Friedrich Mohs'un 1812'de geliştirdiği ölçekte elmaslar diğer mineraller arasında sertliği en yüksek olandır ve derecesi 10 şeklinde ifade edilmektedir.

Elmasın ardından gelen sertliği en fazla olan mineraller korindon (9), topaz (8) ve kuvars (7) şeklinde dizilmektedir. Elmasların tamamı bütünüyle renksiz olmayıp bir kısmı mavi, pembe, sarı ve eflatun gibi farklı renklerde de olabilmektedir. Elmasa sarı rengi veren nitrojenin (azot) katkısı, elmasa mavi rengi veren bor madeninin katkısıdır. Doğada en kıymetli olan elmaslar renkli olanlardır. Renklenmenin sebebi karbon atomu haricinde yabancı atomlar veya kafes deformasyonudur. Nitrojen, bor veya kafes deformasyonu elmasın kafes yapısında farklılık oluşturduğu için renksiz ve fantezi renkli elmaslar meydana gelmektedir.

Elmas, mükemmel bir elektrik izolatörüdür. Ayrıca ısı iletkenliği çok yüksek olan bir mineraldir. Bakır ile kıyaslama yapıldığında ısı iletkenlik bakıra göre 4 kat daha yüksektir. Elmaslar, asitler ve bazlara karşı harika bir koruma özelliğine sahiptirler. Kimyasal olarak kararlı yapıdadır. Asit ve alkaliler ile tepkimeye girmezler. Örneğin taş temizliği için taşlar H₂SO₄ sülfürik asit içerisinde kaynatılır. Sülfürik asit yüzey üzerindeki tüm kirlilikleri uzaklaştırır ama elmasa zarar vermez. Buna karşılık potasyum nitrat KNO₃ gibi eritilmiş tuzlar ise elmasta hasar bırakabilir.

Elmaslar suya karşı hidrofobik özellik göstermektedir. Yani su ile tepkimeye girmezler. Su atomları hidrojen bağları nedeniyle karbon atomlarına tutunamazlar. Elmasların su ile bu davranışına karşı yağ ile oldukça güçlü

etkileşime sahiplerdir. Elmaslar yağı severler yani yağ molekülleri elmas yüzeyine tutunurlar. Bu özelliklerinden dolayı da elmaslarda yüzey kirliliği oluşur, bu da elmastaki bildiğimiz parlaklık algısının zayıflamasına yol açmaktadır.

2.3. Elmasın Oluşumu

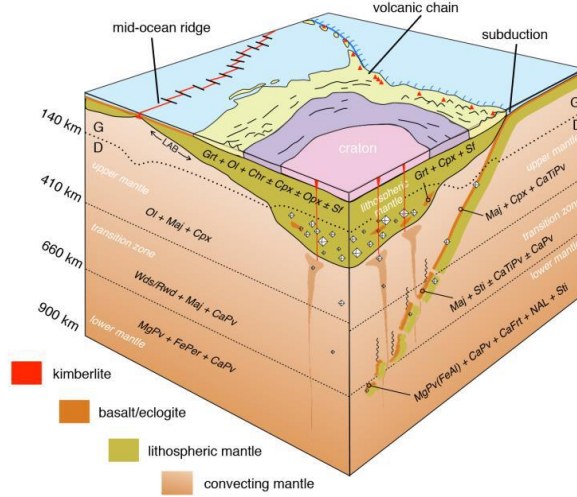
Elmasların oluşması için çok yüksek sıcaklık ve basınç gereklidir. Bu koşullara, dünya mantosunun sınırlı bölgelerinde rastlanmaktadır. Yerkabuğu için 150 km veya daha fazla derinlik elmasların oluşumu için elverişli ortamlardır. Elmas oluşumu ve durağanlığı için gereken kritik sıcaklık-basınç ortamı, dünyanın her tarafında mevcut değildir. Elmaslar, kıtasal kabukların durağan iç kısımlarının altındaki mantoda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu "elmas kararlılık bölgeleri"nde oluşup biriken elmaslar, derin kaynaklı volkanik püskürmeler sırasında dünya yüzeyine ulaşırlar. Magma içindeki elmaslar kimberlit damarlarından taşınarak yeryüzüne doğru hareket etmektedir. Pangea döneminde yerkabuğunun soğuması sayesinde, tektonik plakalar daha hızlı hareket ederek kimberlitler için mükemmel koşullar yaratmıştır. Elmaslar kimberlit ve lamproit bacalarında bulunduğu için yer kabuğunun her yerinde elmas madenciliği yapılamamaktadır.

Elmaslar, parça tipine (eklojit, peridotit) ve ilgili kaynak alanlarına yakın bir afiniteye sahip olduklarından, peridotitik kökenli olanlar (P-tipi) ve eklojitik kökenli olanlar (E-tipi) olarak alt bölümlere ayrılmaktadırlar. Bir elmas, Kimberlite matrisi içinde bir ksenokristal olarak bulunabilse de elmas kristalindeki kalıntılar veya kusurlar, onun kökenini belirleyebilmektedir. Elmaslardaki bu kusurlar veya kalıntılar, granat, piroksen, olivin, kromit ve sülfürler (pirotit) gibi ilişkili minerallerden oluşabilir. Mineral kapanımlarının kimyası, kaynaklarını belirlemek için eklojit ve peridotit parçalarında bulunanlarla karşılaştırılabilir. Manto içinde, elmaslar öncelikle litosferik manto şeklinde isimlendirilen üst mantonun sert tarafında meydana gelmektedir (Şekil 2.10.). Litosferik manto ve üstünü saran kabuk, konveksiyonlu astenosfer üzerinde savrulan tektonik plakaları meydana getirmektedir. Litosferik örtüden

ayrı olmak üzere, tipik astenosfer, elmas meydana gelişi bakımından müsait bulunmamaktadır (Shirey vd., 2013).

Genel anlamda, karbonun oksitlerde ve manto silikatlarında tipik şekilde düşük çözünürlüğü düşünüldüğünde, karbonat ya da metan benzeri bağımsız bir karbon bulunduran fazın mevcudiyetinde dünya mantosunun büyük bir kısmında elmas kristalleştirme potansiyeli mevcuttur. Fakat magmatizma ve yüzeye epeyce yavaş taşıma şartlarıyla elmaslar tekrardan dengelenerek ya grafitleşecek ya da daha büyük ihtimalle oksitlenme meydana gelecektir. Dünya'da litosferin altında derinliklerde kristalleşmesi gerçekleşen elmas oranı bilinmemekte olup kimberlit ile yüzeye ulaşan elmaslardan daha büyük boyutta elmasların varlığı düşünülebilir. Okyanus kabuğunun altında, sıcaklık diğer alanlara göre daha hızlı artmaktadır (yüksek jeotermal gradyan). Elmas ve grafit arasındaki denge çizgisi, 200 kilometreden daha büyük derinliklerde okyanus jeotermal gradyanı ile kesişir. Bu derinliğin, muhtemelen okyanus ortamında (çok sıcak) sıcaklığın yayılmaması nedeniyle, elmas üretimi için uygun olmadığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, Arkean çağındaki volkanik arazilerde (Michipecon Greenstone Belt) elmas içeren 'Lamproite benzeri' kayaların son keşifleri tespit edilmiştir. Arkean çağındaki kayalardaki bu mikro ve makro elmasların ekonomik olmak için yeterli büyüklükte ve miktarda elmas taşıyıp taşımayacağı hala araştırılmaktadır.

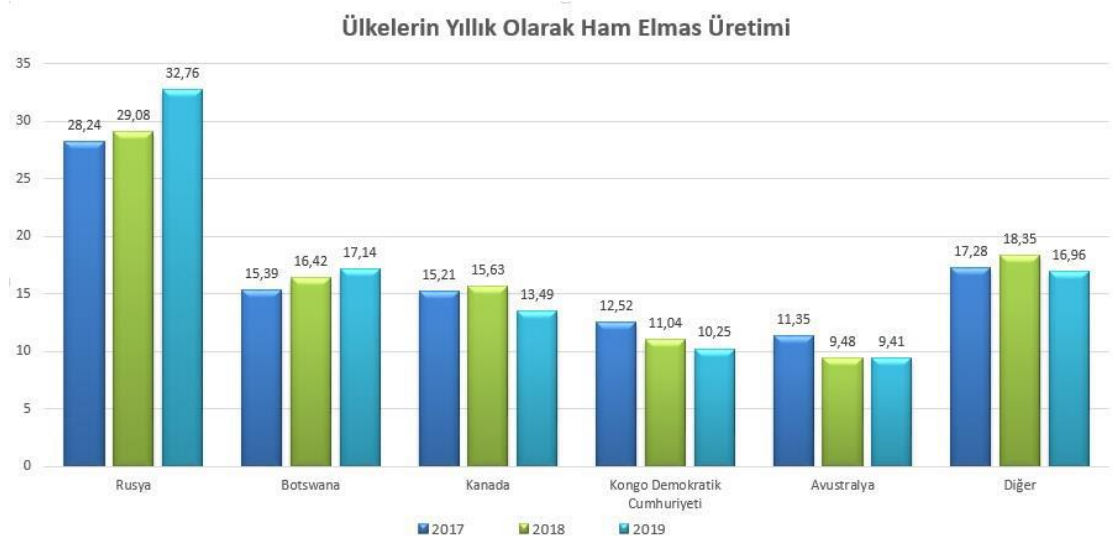
Elmas kristalleri aslında oluşumları için gerekli basınç ve sıcaklık (PT) koşullarında kratonik ve okyanusal alanların altında oldukça yaygın olabilir. Kratonların altındaki elmaslar mücevher kalitesine erişebilmesi için uzun oluşum süreçlerine ihtiyaç duymaktadır. Son 20 milyon yıldır dünyada ekonomik anlamda elmas barındıran kimberlit bacaları oluşturacak koşullar artık mevcut değildir.



Şekil 2.2. Konveksiyonel Manto, Dünyanın İç Elmas Oluşum Bölgeleri. G: Grafit, D: Elmas (Shirey vd., 2013)

2.4. Elmasın Dünya Piyasasındaki Yeri

Dünyada en çok elmas madeni çıkarmayı gerçekleştiren devletlere göz atıldığında birincilik Rusya'da iken ardından Botswana, Kanada, Kongo ve Avustralya gelmektedir. Şekil 2.3.'de açık olduğu üzere Rusya'nın elmas pazarında fazlaca yere sahip olduğu mühimdir. Son üç senelik verilere göz gezdirildiğinde Rusya'da aşağı yukarı % 6'lık bir yükselme dikkat çekmektedir (Arıyürek ve İyioğlu, 2020).



Şekil 2.3. Ülkelerin Yıllara Göre Ham Elmas Üretim Yüzdesi (The Kimberley Process Working Group on Statistics (WGS), 2019)

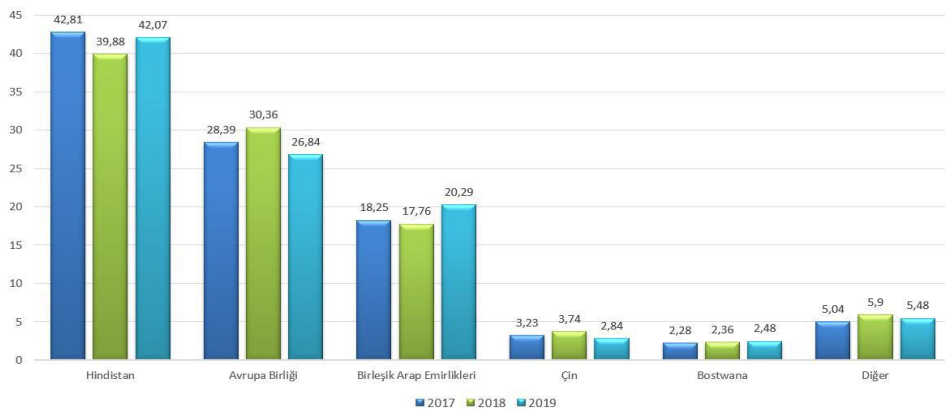
Elmas talebini etkileyen faktörler sırasıyla; ekonomik büyüme, tüketici güveni ve modadır. Bunun yanı sıra talebi büyük ölçüde dönemsel olarak etkileyen faktörler de bulunmaktadır.

Çizelge1’de gösterildiği üzere senelik ham elmas ticaret poyansiyeli 2017’de aşağı yukarı 151 milyon karat iken 2018 ve 2019 senelerinde aşağı yukarı 13 milyon karatlık bir azalma yaşanmıştır.

Çizelge2.1. Ülkelerin Yıllara Göre Ham Elmas Üretim Hacimleri ve Yüzdesi (The Kimberley Process Working Group on Statistics (WGS), 2019)

	2017		2018		2019	
Ülke Adı	Hacim, cts	Yüzde	Hacim, cts	Yüzde	Hacim, cts	Yüzde
Rusya	42,614,780.00	28.24%	43,161,058.83	29.08%	45,271,212.01	32.76%
Botswana	23,233,988.17	15.39%	24,377,529.00	16.42%	23,687,013.00	17.14%
Kanada	22,961,298.25	15.21%	23,194,168.77	15.63%	18,638,302.05	13.49%
Kongo Demokratik Cumhuriyeti	18,902,763.56	12.52%	16,390,520.26	11.04%	14,158,422.34	10.25%
Avustralya	17,134,730.00	11.35%	14,068,878.00	9.48%	12,998,986.70	9.41%
Diğer	26,078,802.27	17.28%	27,237,576.60	18.35%	23,437,056.86	16.96%
Toplam	150,926,362.25	100%	148,429,731.46	100%	138,190,992.96	100%

Dünyada en fazla ham elmas alımı gerçekleştiren ülkelere bakıldığında zaman birinci olanın Hindistan olduğu görülürken sonrasında Avrupa Birliği, Birleşik Arap Emirlikleri, Çin ve Bostawna gelmektedir. Şekil 2.4’de Hindistan’ın yaklaşık olarak %50’ye yakın ithalat düzeyi önemlidir. Dünya ham elmas ithalatının öncüsü olan devlet Hindistan olup ham elmas işleyen devletler arasındada öncüdür. Avrupa Birliği üyesi olan ülkeler arasında ise ham elmas ithalatı oldukça yüksek seviyelerdedir.



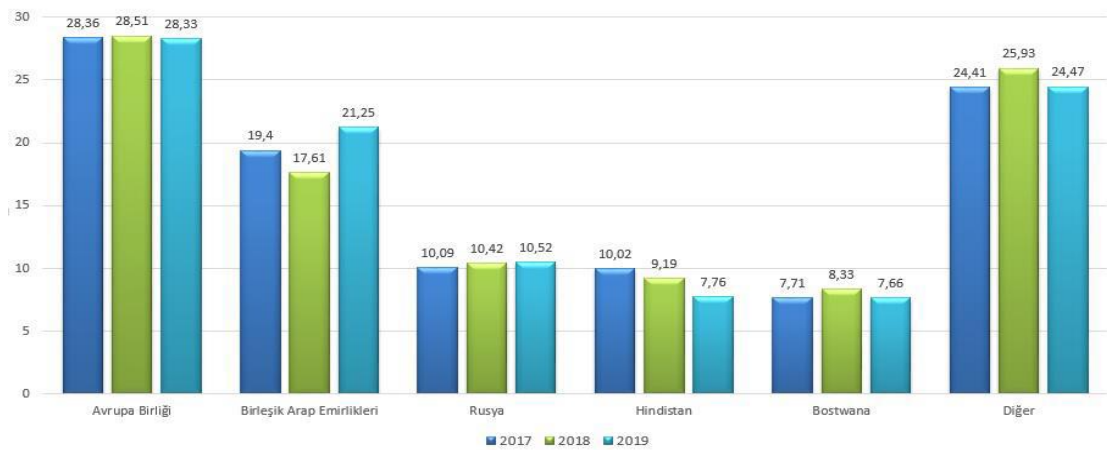
Şekil 2.4. Ülkelerin Yıllara Göre Ham Elmas İthalatı Ağırlığı ve Yüzdesi (The Kimberley Process Working Group on Statistics (WGS), 2019)

Çizelge2.2. 'de gösterildiği gibi senelik ham elmas ithalat oranlarında 2017'e nazaran 2018 ve 2019 senelerinde büyük oranda düşüş ortaya çıkmıştır. Hindistan ve Avrupa Birliği devletlerinin dış alım potansiyelinin azalması ile elmas alım satımında global anlamda farklılıklar oluşturmuştur.

Çizelge2.2. Ülkelerin Yıllara Göre Ham Elmas İthalatı Ağırlığı ve Yüzdesi (The Kimberley Process Working Group on Statistics (WGS), 2019)

Ülke Adı	2017		2018		2019	
	Yüzde	Ağırlık (Crt)	Yüzde	Ağırlık (Crt)	Yüzde	Ağırlık (Crt)
Hindistan	42,81%	195,003,865.60	39,88%	170,008,082.73	42,07%	158,626,843.66
Avrupa Birliği	28,39%	129,297,142.62	30,36%	129,407,958.07	26,84%	101,215,044.10
Birleşik Arap Emirlikleri	18,25%	83,140,875.38	17,76%	75,723,387.41	20,29%	76,521,454.76
Çin	3,23%	14,703,781.11	3,74%	15,955,111.07	2,84%	10,717,248.83
Bostwana	2,28%	10,401,700.94	2,36%	10,074,317.91	2,48%	9,333,500.06
Diğer	5,04%	22,950,051.23	5,90%	25,141,891.94	5,48%	20,672,536.27
Toplam	100%	455,497,416.88	100%	426,310,749.13	100%	377,086,627.68

Dünya kapsamında en çok işlenmiş elmas ihraç eden devletlere göz atıldığında Avrupa Birliği Ülkeleri ilk sırada bulunurken ardından Birleşik Arap Emirlikleri, Rusya, Hindistan ve Bostawna izlemektedir. Şekil 2.5.'de anlaşıldığı üzere Avrupa Birliği devletleri pazar payının %30'una sahiptir. Dünyada işlenmiş elmas ihracatının lideri Avrupa Birliği devletleridir. Diğer devletler ve Birleşik Arap Emirlikleri'nin ihracat oranları da gözardı edilemeyecek düzeydedir. Rusya ve Bostowna ise bir yandan ham elmas çıkaran diğer yandan ihraç eden devletlerdendir.



Şekil 2.5. Ülkelerin Yıllara Göre İşlenmiş Elması İhraç Yüzdesi (The Kimberley Process Working Group on Statistics (WGS), 2019)

Çizelge 2.3. 'de görüldüğü üzere senelik işlenmiş elmas ihracat oranlarında 2017'e kıyasla 2018'de ve 2019'da mühim oranda düşüş ortaya çıkmaktadır. Hindistan ve Avrupa Birliği devletlerinin ihracat potansiyelinin düşmesi dünyadaki elmas alım satımında ihracat oranlarını büyük ölçüde etkilemiştir (Arıyürek ve İyioğlu, 2020).

Çizelge 2.3. Ülkelerin Yıllara Göre İhraç Edilen İşlenmiş Elmasın Ağırlığı ve Yüzdesi (The Kimberley Process Working Group on Statistics (WGS), 2019)

	2017		2018		2019	
Ülke Adı	Yüzde	Ağırlık (Crt)	Yüzde	Ağırlık (Crt)	Yüzde	Ağırlık (Crt)
Avrupa Birliği	28,36%	129,158,244.84	28,51%	122,164,269.31	28,33%	105,566,760.46
Birleşik Arap Emirlikleri	19,40%	88,354,356.74	17,61%	75,457,891.73	21,25%	79,173,812.50
Rusya	10,09%	45,950,299.46	10,42%	44,659,512.05	10,52%	39,211,257.22
Hindistan	10,02%	45,609,092.14	9,19%	39,394,949.23	7,76%	28,925,665.12
Bostwana	7,71%	35,126,591.54	8,33%	35,699,398.61	7,66%	28,551,412.83
Diğer	24,41%	111,151,818.96	25,93%	111,086,038.19	24,47%	91,191,868.31
Toplam	100%	455,350,403.68	100%	428,462,059.12	100%	372,620,776.44

2.5. Elmas İle İlgili Gerçekler

Elmasların meydana gelebilmesi adına uzun bir zamana ihtiyaç vardır. Yaşları en genç olanların 900 milyon yaşında, en yaşlı olanlarının 3,2 milyar yaşında olduğu öngörülmektedir. Elmasların yaşı dünyanın meydana gelişle alakalı pek çok bilgiyi bünyesinde taşımaktadır ve hala araştırmalar devam etmektedir.

Yerkabuğunun 150 km ile 200 km derinliklerinde elmaslar, çok yüksek oranda ısı ve basıncın bulunduğu koşullarda meydana gelmişlerdir. Elmasın yerkabuğunun derinlerinde meydana geldiği ortama ait nitelikler:

- Isı; ortalama 1700 - 2000 C derece aralığında;
- Basınç; ortalama 50 - 70 ton/cm² aralığında;
- Derinlik; yer kabuğunu 150 - 200 km aralığında olacak şekilde ifade edilebilir.

Günümüzde laboratuvar koşullarında meydana getirilen elmaslar yüksek basınç, yüksek ısı metoduna uygun olarak imal edilmektedir.

Çıkarılan elmasların yüzde 80'lik kısmı sanayi sahasında kullanılırken yalnızca yüzde 20'lik kısmından mücevher yapımında faydalanılmaktadır;

- Cilalama ve kesme esnasında taşların her biri aşağı yukarı esas ağırlığının yarısından büyük kısmını yitirmektedir.
- Mücevher şeklini alan elmasların %5'inden az kısmı bir karattan çok daha büyüktür.
- Elmasın renkleri farklılık gösterebilir. En ender olanı kırmızı renkli olanıdır.
- Mücevher kalitesi anlamında dünyanın en büyük elması ünvanına sahip olan elmas Cullinan 1905 tarihinde Güney Afrika'da keşfedilmiştir. Kesilmeden önce yaklaşık 3.106 karat ağırlığındadır (aşağı yukarı bir devekuşu yumurtası büyüklüğünde).
- Elmas müzayedelerinde karat başına harcanmış olan en fazla fiyat, 0.95 karat ağırlığında, morumsu kırmızı renkte bir elmas için 1 milyon dolardır.
- Amerikalılar, dünyadaki elmas mücevherlerinin hemen hemen yüzde 50'sini satın almaktadır.
- Bir elmasın görsel cazibesi kesiminin ideal olması ve buna bağlı ışık geçirgenliğinden kaynaklıdır.
- Elmasların genleşme katsayısı düşük olduğu için belirli bir kuvvete maruz bırakıldığında kırılma, parçalanma meydana gelebilir.
- Elmaslar oksijenli ortamda yaklaşık 800 derecelik bir sıcaklıkta yanarak, karbondioksit gazına dönüşmektedir. 1500 derecelik sıcaklıkta ise oksijensiz ortamda faz değiştirerek grafit haline gelirler.
- Elmasların renklenmesinin başlıca sebepleri yapısında bulunan nitrojen ve bor gibi farklı elementlerin varlığıdır. Aynı zamanda kristalleşme sürecindeki ani basınç ve sıcaklık değişimiyle meydana gelen kafes deformasyonu da renklenme sebebidir.
- Elmasın 57 fasetli özel olarak kesilen haline pırlanta adı verilir. Faset, ışığı yansıtan açılı yüzeyler için kullanılan terimdir. Pırlanta üzerinde standart 57 faset vardır. Pırlanta modern kesim olarakta tanımlanmaktadır.

2.6. Elmasın Tarihçesi

Elmasların varlığı çok eski dönemlerden itibaren bilinmekte olup çok sayıda medeniyetçe elmas kıymet verilen bir madde şeklinde kullanılmıştır. 18. yy'a değin elmasın tek kaynağı olan Hindistan'da M.Ö. 800'den bu yana elmasın mevcudiyeti bilinmektedir. Bunun yanı sıra elmasın mevcudiyetiyle alakalı en erken keşfedilmiş olan belge de Hindistan'da yer almaktadır. 1905 yılında, tarihlendirmesi M.Ö. 4. yy olan bir Sanskrit el yazması keşfedilmiş olup söz konusu el yazmasının ismi farklı dillere çevrilmiş bulunmaktadır. Sözü edilen kayıtlar, Kral Kandragupta'nın sarayında yer alan Kautiliya adlı üst seviye bir saray görevlisince yazılmıştır. Kendisi muhteşem bir elması "büyük, ağır, simetrik noktalı, bir camı çizebilme özelliğine sahip ve çok parlak bir şekilde ışıldayabilen" olarak tanımlamıştır. Her zaman Hindistan elmasın anavatanı şeklinde kabul edilmiştir. 18'inci yüzyıla değin, dünyadaki elmas çıkarılan ana bölge şeklinde bilinmektedir. Dünyada renksiz elmaslar fırtınalar, şimşeklerle yaşam bulduğuna inanılan Tanrı İndra'ya adanmıştır. Siyah taşlara gelince ölümlerin tanrısı olarak kabul edilen Yama'ya adanmıştır (HRD Antwerp (2008). Antwerp ve Pırlantalar, Çev.: Aygen YOLCU, 235, Antwerp Diamond High Council Press, Antwerp, BELÇİKA.).

Başlangıçta elmaslar Roma'ya 1.yüzyılda getirilmiştir. Elmas sonunda, Roma İmparatorluğunun sınırlarını doğuya kadar genişletmesi ile batıya doğru yönelmeye başlamıştır. Belli başlı kültürler bir elmasın meydana gelebilmesi adına sadece tanrısal bir karışmaya ihtiyaç duyulacağına inanmışlardır. Elmaslar, Eski Yunan'da tanrıların gözyaşları diye kabul görürdü. Eski Ahit'te ifade edildiği gibi, eski papazlar tanrılar ile iletişim kurma seanslarında ya da onlardan gelecekle alakalı kehanetler ile alakalı destek talep ettiklerinde giyindikleri kostümlerin göğüs seviyesinde yer alan plakaların (Urum ve Thummim) üzerinde elmas bulundurulardı. Elmastan bundan daha eski dönemlerde genellikle tıbbi faaliyetlerde faydalanılıyordu. Kayıtlarda yer alan anekdotlarından birinde Azize Hildegarde, şayet hasta olan bir kimse elinde elmas tutar ve haç işareti yaparsa onun hastalığının iyileşeceğini, yaralarının kapanacağını önermektedir. Elmas tarihinde enterasan düşüncelerden birisi de birtakım toplumlarda elmasın

yutulması durumunda, bedenin içindeki hastalıkların sihirli bir biçimde iyileşeceğine inanılmasıdır. Elması bulunan kişinin daima refaha ulaşacağına inanılmıştır. Hintliler kendilerine ait kast sistemlerinin bile kapsamına elmasları derecelendirmek suretiyle sokmuşlardı. Yalnızca krallar bütün renkten elmasa sahip olabiliyordu. Avrupa'ya gelince soylular ve kraliyet mensupları 13.yüzyıldan sonra kendilerini inciler ile beraber donatmaya, süslemeye başlamışlardır. Fransız kralı IX Louis (1214-1270), elmasa yalnızca kralların sahip olabileceği ve onlar tarafından kullanılabileceğini ifade etmiştir. Avusturya Arşisi dükası Maximilian Mary Burgundi'ye elmas bir yüzük armağan edinceye değin söz konusu durum sürmüştür. Elmas yüzüğün hediye edilmesiyle birlikte, kadınlarca aşkın sembolü şeklinde çok geniş bir alanda Avrupa'da kullanılmaya başlanmıştır. Savaşa giderken Fransız kralı II. Henry (1519-59) şans getirmesi adına elmas yüzük taktığı bilinmektedir. Bunun yanı sıra, 16. yüzyılın ilk yarısında tahtta yer alan İngiltere kralı VIII. Henry ile Fransa kralı I. Francis'in ellerinde olan elmasları sunma hususunda birbirlerine karşı mühim bir gayret gösterdiklerinden söz edilmektedir. 17. yüzyıla ulaşıldığında artık zengin tüccarların da mücevher olarak elması kullanmaya başladığı görülmektedir. Elmasın cilalanması ve kesilmesi işlemine yalnızca 16. yüzyıla ulaşıldığı zaman başlanmıştır. Eski Yunan'da savaşa giden askerler kalkanlarında elmas bulundurarak, elmasın yenilmez niteliğini üstlerine geçirdiklerini düşünmüşlerdir. Ortaçağa gelindiği zaman ise sekizgen, kesilmemiş elmas kristalleri yüzüklere konulmaya başlanmış ve söz konusu durum bu yüzüklerin "cam kesen yüzükler" şeklinde isimlendirilmesine neden olmuştur (Ascensio, 2010).

17. ve 18. yüzyıla ulaşıldığı zaman ise elmasın yüksek miktarlarda alınıp-satılması ile elmas artık gücün, prestijin ve zenginliğin simgesi haline gelmiştir. Altın arayıcıları 1725'te Brezilya'da elmas keşfedinceye kadar olan zaman diliminde, dünyanın sahip olduğu tek elmas kaynağı Hindistan olarak kayıtlara geçmiştir. 1730 ile 1870 yılları arasında dünyadaki ana elmas tedarikçisi statüsüne Brezilya geçmiştir. Bundan sonra, 1870'te çok sayıda elmas yatakları Güney Afrika'da keşfedilmiştir. Sonraki zaman diliminde elmas ocaklarına olan rağbet ve maden damarlarının zenginliği elmas dünyasının şeklinde büyük bir dönüşüme sebep

olmuştur. İnsanlar tarafından elmasın farklı özelliklerinin keşfi ile artık elmasın sıradan bir taş olmadığı inancı oluşmuştur. Güney Afrika'da yer alan söz konusu zengin damarlardan dolayı 1871'de ilk defa elmas madenciliği 1,000,000 karatın üzerine ulaşmıştır. 1866'da 15 yaşında bulunan Erasmus Jacobs adlı beyaz bir Güney Afrikalı parlak bir taş bulmuştur. Ardından bulduğu taşın 21.25 karatlık bir elmas olduğu ortaya çıkınca dikkatler oraya çevrilmiştir. Sonraki süreçte Kimberley bölgesinde elmas madenciliği çok gelişmiştir. Güney Afrika'daki maden ocakları göçmen İngiliz ailelerince idare edilmekteydi ve söz konusu aileler zaman içinde elmastan elde ettikleri kazançla şöhret kazanmışlardır. Cecil Rhode, Barney Barnato ve ünlü De Beers firmaları sözü edilen ailelere en doğru örneklerdir. 1870'li yıllardan itibaren De Beers'ın kurucusu sayılan Cecil Rhodes küçük küçük elmas madenleri satın almaya başlamıştır. 1888'de sözü edilen madenler birleştirilerek De Beers dönemin en önemli elmas madenlerinin sahibi olmuştur. 19. Yy. sonlarına gelindiğinde Londra'daki Elmas Piyasası'nda De Beers'ın ticaret firması olan DTC (Diamond Trading Company) vasıtası ile dünyada var olan ham elmasların oranı %80'i geçmiştir. 2000 yılına kadar De Beers, kendi elmas envanterini oluşturarak elmas dağıtım kontrolünü elinde bulundurmıştır. Günümüzde ise De Beers, sektörün önde gelen bir kurumu olma pozisyonunu ALROSA, BHP Billiton ve Rio Tinto gibi kuruluşlara bırakmıştır. Firma günümüzde hala elmas sanayiine hakim olmayı sürdürmekte olup dünya ticaretinin % 40'ı De Beers aracılığıyla sağlanmaktadır (Carbaugh, 2006).

20. yüzyılın ilk zamanlarında elmas nişan yüzükleri popülerliğini muhafaza etmeyi sürdürse de büyük bunalım döneminde elmas ticareti % 50 oranında düşüş göstermiştir. II. Dünya savaşının ardından 1947'de De Beers tarafından, Amerikan reklam firması N.W. Ayer & Son'a yaptırılan uzun soluklu başarılı reklam kampanyaları sayesinde ünlü aşkı simgeleyen slogan "a diamond is forever" (elmas sonsuza kadar) oluşturulmuş ve elmas satışlarında büyük bir patlama yaşanmıştır. Söz konusu slogan 1999'da 20. Yüzyılın en başarılı reklam sloganı seçilmiştir. Reklam ile birlikte elmas yüzüğün manevi kıymeti bulunduğu anlayışının oluşmasına neden olmuştur. Bu kampanyayla yalnızca Amerika'da değil dünyadaki diğer devletlerde de elmas nişan yüzüğü geleneği zamanla artış göstermiştir. 1950'li yıllara ulaşıldığı zaman zengin elmas madenleri o dönemin

Sovyet Rusya'sının Yakutça bölgesinde keşfedilmiştir. 1980'li yıllara kadar Yakutya, Güney Afrika ve Zaire bölgeleri dünya elmas pazarına egemen olmaya başlamıştır. Her ne kadar ABD'nde en büyük tek parça elmas Pike'ta (Arkansas) erozyona uğramış olan bir volkan kraterinde bulunmuş da olsa, elmas alanının ilk başı çeken eyaletleri anlamında Arizona, Nevada ve Montene ile karşılaşmaktayız. 1960'lı yıllara ulaşıldığı zamansa De Beers Almanya, Japonya ve Brezilya benzeri pazarları ele geçirmeyi hedeflemiştir. 2000 ve sonrası yıllarda elmas madenciliğinde kurallara ve standartlara uymak adına elmasların madenden tüketiciye ulaşana kadarki sürecini kayıt altına alan *Kimberley Proses* süreci (2006) başlamıştır.

Geçtiğimiz on yılda elmas endüstrisi için birkaç eş zamanlı gelişimler değişimleri tetiklemiştir. Pırlanta talebini etkileyen faktörler sırasıyla; ekonomik büyüme, tüketici güveni ve modadır. Bunun yanı sıra talebi büyük ölçüde dönemsel olarak etkileyen faktörler de bulunmaktadır. Örnek olarak Türkiye için evlilik teklifleri ve sevgililer günü gibi önemli günlerde arz talep artışı olmaktadır. Günümüzde pırlanta ticareti yaygın olarak devam etmektedir. Hatta birçok uluslararası mücevherat fuarlarında elmas ticareti yapanlar bir araya gelmektedir.

Son yıllarda elmas sektörünü etkileyen diğer bir faktör ise, tüketicilerin daha bilgili hale gelmesidir. İnternette bulunan bilgiler ışığında elmasların fiziksel özellikleri dışında, menşei de öğrenilebilmektedir. Bu durumda nihai tüketiciler, elmasların kötü bir tabir ile kanlı ve çatışmalı mı yoksa etik şartlarda mı veya çevreye duyarlı bir şekilde yer altından mı çıkarıldığını öğrenmektedir.

2.7. Elmaslarda Renklenme

2.7.1. Floresans ve Fosforesans

Görünür ışığın haricindeki dalga boylarındaki radyasyonlar da kristaller tarafından soğurulabilir. Elde edilen enerjinin bir bölümü görünür ışık olarak çıkar. Elmaslarda zaman zaman renklenmeyle beraber fosforesans ve floresans da ortaya çıkar. Sözü edilenlere "chartreuse" elmasları, "yeşil ileticiler" ya da "yeşil yayıcılar" adı verilir. Bir kısım sarı elmaslar güçlü yeşil ışınsama

gerçekleştirirler. Burada yapıda yer alan H3 topluluğu mavi ışığı soğurmaktadır. Rengin yeşil bileşeninin şiddetine gelince uyaran ışığın bileşimi nispetinde değişim gösterir. Buradan hareketle; mavi renk bakımından zengin gün ışığında daha güçlü yeşil ışınama ortaya çıkar (Kumbasar, 2017).

2.7.2. Yapay Renklenme

Tabii renkli elmaslar çok ender ve değerli olduklarından renksiz elmasların suni şekilde renklendirilmesine gayret edilir. Bu aşamada faydalanılan radyasyonun türü ve elmasın nitelikleri mühimdir. Mor ötesi, gama gibi ışınları altında tutulan elmas ısıtıldığında turuncu, sarı ya da pembe renk oluşabilir. Pembe renk üzerinde çalışma yapılan numunenin niteliklerine, ışınlama işlemine ve ısıtma şartlarına göre oluşur. Radyasyon altında tutulmuş olan elmasın belli başlı iyonlarının dış kabuklarından bir elektronlarını kaybettikleri farz edilir. Enerji soğuran sözü edilen elektron iletkenlik bandına geçmiştir. Kafeste eksiklik yoksa uyarma işlemi bittiği zaman sözü edilen elektron yeniden eski yerine döner. Kafeste kusur varsa elektronun içinde hareketini gerçekleştirdiği yerel enerji seviyesi meydana gelecek ve kristal kapsamında enerji dağılımı farklılaştığından ışık enerjisini soğuran renk merkezleri oluşacaktır. Bu şekilde uyaran radyasyon durduğu zaman da renklenme sürer (Kumbasar, 2017).

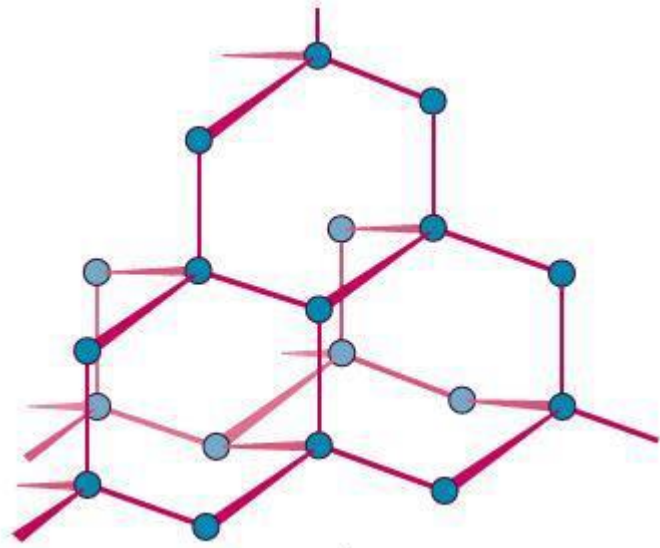
2.8. Elmaslarda Renk Özellikleri

Minerallerdeki tabii renklenme dalga boyları baz alınarak ışığın seçimli emiliminden kaynaklanır. Minerallerin ve süs taşlarının renklenmelerinin temel beş nedeni bulunmaktadır (Fritsch ve Rossman, 1987). Bunları şu şekilde sıralamak mümkündür;

- 1-Kristal alan dönüşümleri neticesinde renklenme
- 2-Moleküler orbital dönüşümleri sayesinde renklenme
- 3-Bir renk merkezi neticesinde renklenme
- 4-Bant geçişleriyle renklenme
- 5-Fiziksel faktörler ve öteki sebepler neticesinde renklenme

Sözü edilenlerden yalnızca 4. maddedeki bant geçişleri elmasların, öteki dört madde süs taşlarının renklenmesiyle alakalıdır. Elmas ideal bir yalıtkan olduğundan yüksek bir enerji aralığı bulunmaktadır. Beyaz ışığın tüm dalga boylarını geçirme niteliği vardır ve böylece renksiz ve saydam olur. Ne var ki bünyesindeki bir takım safsızlıkların farklı ek enerji düzeyleri meydana getirmesi soğurumlara sebep olmaktadır. Örneğin bazı zamanlarda elmasın bünyesinde bor ve azottan yüksek olan bütün dalga boyları soğurulur ve bant boşluklarına bor ve azot dolar. Bu durum da elmaslarda renklenmeye neden olmaktadır (Fritsch ve Rossman, 1987).

Elmasların çok büyük bir bölümünde azot vardır (Burns, 1993). Bazı zamanlarda çok eser oranda bazı zamanlarda yoğun olabilir. Esası itibariyle elmas saf karbondan meydana gelir. Elmasın kristal yapısında bulunan her karbon atomu öteki dört karbon atomuyla eşit mesafede bağ yapar. Elmasın kristal yapısı bir eşi bulunmayacak kadar sıralı ve düzenlidir. Yapısında yer alan karbon atomları birbirlerine kovalent bağla bağlı olup bu sebepten çok güçlüdür.



©1996 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Şekil 2.6. Elmasın atomik yapısı (Encyclopaedia Britannica, 2017)

Bütünüyle karbondan meydana gelen ve mükemmel olan elmas renksizdir (Theisen, 1990). Ne var ki bünyesinde atomik safsızlıklar bulunursa renklenme olur anlamına gelir. Elmasın bünyesindeki azotun mevcudiyeti ve dahası azotun

dağılım biçimi (dağınık bulunması veya gruplaşmış olması gibi) değişik renklerin meydana gelmesine neden olmaktadır (Nassau, 1978). Azot atomlarının elmas bünyesinde gruplaşması veya dağınıklık göstermesi bütünüyle beyaz ya da sarı-turuncu-kahverengi renklerde olması neticesini doğurur. Ender anlamda bir takım elmasların bünyesinde görülen bor iyonuna gelince taşın mavi ve gri rengini almasına neden olmaktadır. Taşın renkli olmasına neden olan bor iyonu milyon karbon başına birkaç adetle kısıtlıdır (Nassau, 1978). Kristale ait yapı bozuklukları ortaya koyan belli başlı taşlardaysa pembe mor benzeri renklenmeler bulunduğu görülmüştür. Kahverengimsi-sarı renk tonlarının nedenine gelince bazı zamanlarda kristalin yapısında ortaya çıkan bozukluklardan kaynaklanabilir. Ne var ki kristalin yapısındaki bozukluklardan kaynaklanan renklenmeler laboratuvarında yüksek yüksek basınç ve basınç metodu olarak isimlendirilen HPHT (High-pressure, high-temperature) sayesinde düzeltilmesi sağlanabilmektedir. HPHT uygulaması 1999'da faal olmaya başlamış olup renkli olmayan elmasların aydınlatılmasının haricinde süslü renklerin imal edilmesini tanımlayan metotlar sağlamıştır (McClure vd., 2010).

Elmaslardaki tabii renklenmede renk tonları çok önemlidir. Renksiz ve hafif sarı skalasındaki renkler D - Z harfleri aralığında sınıflandırılması yapılır. D renksiz elmas için kullanılan isimken her bir harf renk tonlarının koyulaştığını ifade eder ve söz konusu skalada renk koyulaştıkça taşın kıymeti azalır. Renksiz elmaslar; renksiz, neredeyse renksiz, hafif sarı, çok açık sarı, açık sarı benzeri adlarla tonlarına bakılarak isim alır (Theisen, 1990).

PIRLANTA RENK SKALASI

D

H

L

P

Z

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

Ekstra Beyaz

Beyaz

Beyaza yakın

Çok Açık Sarı

Açık Sarı

Şekil 2.7. Pırlanta renk skalası (Pırlanta Atölyesi, 2017)

Ayrıca söz konusu skaladan bütünüyle ayrı olan ‘fancy’ olarak isimlendirilen değişik bir grup bulunmaktadır. Fancy renkli taşlar için kullanılan addır. Sözü edilen grupta taşın rengi koyulaştıkça kıymeti yükselir. Fancy grubuna dahil olan koyu sarı bir taş açık sarı bir taşla kıyasla daha çok pahalıdır. Turuncu, kırmızı, sarı, pembe, mavi, yeşil benzeri renkleri olan muhteşem fancy taş örnekleri bulunmaktadır. Fakat söz konusu renkler sarıya kıyasla çok daha ender bulunduğundan fiyat anlamında çok daha değerlidir. Mesela tabii kırmızı rengi olan bir fancy elmas küçük bir şehri satın almaya yetecek kadar yüksek fiyatlandırılabilir (Theisen, 1990).

Kırmızı fancy taşlar arasında en pahalısı diye bilinmekte olup, rengi tahayyül edildiği gibi tam bir kırmızı olmayıp morumsudur. Siyah pırlanta da renkli taşlar kapsamında bulunur fakat öteki renkler kadar ender değildir. Rengini bünyesinde yer alan siyah grafit izlerinden alır ve opaktır. Ekseriyetle mücevher tasarımcılarınca koleksiyon ürünlerinde faydalanılır. Renkli taşlar D-Z skalasında bulunan taşlar gibi 4C (kesim, berraklık, renk, karat) ölçütlerine bağlı değildir. Diğer bir ifadeyle taşın bünyesindeki lekeler veya taşın kesiminden ziyade rengi önemsenmektedir. Rengin tonuna, taş içerisinde sahip olduğu dağılımına ve yoğunluğuna ayırt edilmektedir (Gülen, 2017).



Şekil 2.8. Fancy renk taş örnekleri (Prime Style, 2017)

Laboratuvar alanında elmasa uygulanan tek işlem taklit edilmesi değildir. Tabii elmaslara uygulanan uygulamalarla taşın kalite ve renk kıymetleri artırılabilir. Renk uygulamalarıyla taşın rengi talebe göre açılıp koyulaştırılabilir. Radyoaktif, ışınlama, ısıtma, elektromanyetik, basınç ve kaplama benzeri değişik metotlarla taşların renginde değişim meydana getirilerek bütünüyle renksiz veya sarı, pembe, turuncu, mavi, yeşil, kahverengi benzeri değişik renklere getirilmesi sağlanmaktadır. Ne var ki sözü edilen uygulamalar gemolojik aletler sayesinde rahatlıkla ayırt edilebilmektedir, sentetik taşlardakine benzer şekilde ayırt edilmesi güç olan bir hal değildir (Gülen, 2017).

2.9. Doğal Elmaslar

Kristal karbonun kübik, çok biçimli bir türü olan elmas, hem mücevher hem de üstün nitelikli bir aşındırıcı mühendislik materyali olarak değer gören dayanıklılığı dolayısıyla çekici olan bir mineral maddedir. Kusursuz fiziksel-kimyasal malzemeleri ile adının yenilmez Yunan adamlarından geldiğine inanılmaktadır. Karbon atomlarından oluşan bu kusursuz mineral elmas, periyodik tabloda elektropozitif ve elektronegatif kimyasal elementler arasında bir köprü görevi görmektedir. Tüm dünyada toplam çıkarılan 97 milyon karat doğal elmasın yaklaşık % 75 karatı mücevher olmak için uygun değil bunun yerine endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Doğal elmaslar; takı, zımparalama vediger materyalleri kesme amacıyla kullanılmaktadır. Her bir karbon atomun muazzam biçimde birbirine güçlü bir şekilde bağlandığı elmas, düzenli bir tetrahedronun uçlarındaki dört karbon atomuna güçlü ve direk olarak kovalent olarak bağlı halidir (Fecioru vd., 2001).

2.9.1. Doğal Elmas Kristallerinin Bazı Özellikleri

Elmasın yer bilimindeki önemini dikkate alarak ünlü bilim insanı Sir Charles Frank'in ünlü özdeyişini alıntı yapmadan edemeyeceğim: "Eğer bir kar tanesi bize gökyüzünden gelen bir mektup ise (Nakaga), öyleyse elmas bize derinliklerden gelen ve gökyüzünü ziyaret edebilmemiz için gönderilmiş okumaya değer bir

mektuptur. Hakikaten de, çoğu elmasın 150-200 km derinliklerde oluştuğu ve antik volkanik aktivitelerle yüzeye çıktığı bilinmektedir. Elmas sıradışı dayanıklılığı ve kimyasal eylemsizliği sebebiye, yeryüzünün derinliklerindeki örneklerin örneklerini yüzeye çıkarır. On yıllardan beridir, yer bilimindeki elmas araştırmalarına doğal elmaslarda barındırılan inklüzyonlarla birlikte yine elmaslarda bulunan ksenolit adı verilen özel kayalar üzerine yapılan araştırmalar ile hakim olunmuştur. Bu araştırmalardan kıymetli bilgiler elde edilmiştir. Doğal elmasların çoğunun iki ana parageneze atfedileceği saptanmıştır; peridotitik ve eklojitik (Haggerty, 1995; Sobolev, 1977).

Elmas içinde bulunan radyojenik izotopların kullanılmasıyla elmasların oldukça eski olduğu, yeryüzündeki yaşının yaklaşık üçte ikisini gösteren 3.0 Ga'dan aşağı ve en küçüğünün ise 1.0 Ga'dan daha az olduğu bulunmuştur. Elmastaki mineral ve sıvı içeriği üzerine yapılan bu ve bundan sonraki çalışmalar, yeryüzü kabuğundaki elmas jeokimyasal ve mineralojik ortamını anlamamıza ön ayak olmuştur (Richardson, 1984).

Son yıllarda, doğal elmas çalışmalarında halihazırda olan inklüzyonlara odaklanmaktan çok elmasın kendi iç yapısına ve özelliklerine çok daha fazla önem verilmesine açık bir eğilim olmuştur. Doğal elmas kristallerinin gerçek yapısı, genetik olarak değerli bilgiler için bir kaynak olarak kabul görmektedir. Son zamanlarda, bu elmasın gizemini ortaya çıkarmak ve deşifre etmek için çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Giovanna Agrosi, Gioacchino Tempesta, Giancarlo Della Ventura, Mariangella Cestelli Guidi, Mark Hutchison, Paolo Nimis ve Fabrizio Nestola katkılarıyla Sao Luiz'den elmas kristalleri üzerinde çalıştılar (Juina, Brazil) (Agrosi, 2017). Brezilya, Juina'da gelen elmaslar, 400 km'den fazla derinlerde sublitosferik koşullar altında oluşan süper derin elmas kristallerinin iyi bilinen örnekleridir (Kaminsky vd., 2009). Böyle süper derin elmaslar çok enderdir ve araştırmaları yeryüzünün katman geçiş bölgesi ve alt katman kadar derin bölgelerindeki fiziksel ve kimyasal koşullarıyla ilgili sıra dışı bilgiler vermektedir. Yazarlar, X-ışını dağılma topografisini ve FTIR mikrospektroskopisini kullanarak irdelenen kristallerin yüksek basınç ve sıcaklık altında katı hal difüzyon sürünmesi ile yaygın bir şekilde deformasyon özellikleri

gösterdiğini aktarmışlardır. Bu gözlemler Ju,na elmaslarının çok derin kökene sahip olduğunu ispatlamaktadır (Stachel vd., 2000 ; Kaminsky vd., 2012). Çeşitli kaynaklardan elde edilen elmasın iç yapısıyla ilgili detaylı çalışmalar, birincil kimberlitik ve ikincil alüvyon plaserleri arasında olası bağlantılar kurulmasına yardımcı olabilir. Alexey Ragozin, Dmitry Zedgenizov, Konstantin Kuper ve Yuri Palyanov katkılarıyla oktahedron ve yuvarlak eşkenar dörtgen dodecahedron arasında geçiş morfolojileri gösteren ve sektörel mozaik blok yapıya sahip Zarnitsa kimberlit borusundan (Yakutya) özel elmasları ele alıyor. Bu tür elmaslar, Yakutian elmaslı bölgesinin bilinen diğer kimberlit boruları için daha önce bildirilmemiştir, fakat bu çalışmada gösterildiği üzere Sibiry platformunun alüvyon plaserlerinden elde edilen elmaslarla iç yapıda bazı benzerliklerin olduğu görülmüştür. Fakat yazarlar elmasın iç yapısındaki fiziksel uyum ve benzerliğe rağmen Zarnitsa kimberlit borusundan elmas kristallerin ve alüvyon plaserlerinden yuvarlak elmasların aslında çeşitli işlemler sonucunda oluştuğuna dair önemli bir sonuca varmışlardır (Razogin vd., 2017).

Alüvyal elmasların kökeni problemi, Kuzeydoğu Sibiry platformunun alüvyon plaserlerinden sarı küboit elmasların iç yapısı üzerinde araştırma yapan Alexey Ragozin, Dmitry Zedgenizov, Konstantin Kuper, Viktoria Kalinina ve Alexey Zemnukhov'un katkılarıyla ele alınmıştır. Zengin elmas alüvyon plaser yatakları bu bölgede bulunmaktadır ve bu plaserdeki elmasların birincil kaynakları henüz keşfedilmemiştir. Burada merak uyandıran soru ise üzerinde çalışılan küboit elmasların alüvyon plaser elmas koleksiyonunun yaklaşık % 7-7,5'ini oluşturması, buna rağmen benzer yapıya sahip elmasların Sibiry kimberlitlerinde daha az görülmesi ve miktarının da bölgede bulunan toplam elmasların % 2'sini geçmemesidir. Bu sebeple, Sibiry platformunda keşfedilen kimberlitlerin bu elmas plaserlerin kaynağı olma ihtimalinin düşük olduğu görülmektedir (Razogin vd., 2017).

2.10. Sentetik Elmas Tanımı ve Özellikleri

Sentetik bir elması tanımak için öncelikle mevcut olan yetiştirilmiş ve işlenmiş malzeme türlerini tanımak gerekir. Az nitrojen içeren sentetik elmaslar üretmek

şimdi mümkün fakat güçlü bir şekilde renklendirilemeyebilirler. GIA, son on yılda mücevher ticaretinden edinilen sadece birkaç yönlü renksiz sentetik elmas olduğunu belgelemiştir (Rockwell, 2004).

Son yıllarda teknoloji ve tekniklerdeki gelişmeler daha büyük, daha düşük saflık içeriğine sahip ve daha kaliteli renkli sentetik elmasların üretilmesiyle sonuçlanmıştır. Bu iyileşen kalite, bazı durumlarda daha az belirgin renk bölgelerinin yanı sıra herhangi bir metalik kalıntı ve kusurun az olması durumunda kendini gösterir. Bunun yanı sıra, laboratuvar ortamında yapılan elmaslar hala çeşitli yöntemlerle tanınabilir. Son 30 yılda *Gems & Gemology*'de yayımlanan çok sayıda makale ve daha kısa raporlardaki bu yöntemler GIA tarafından özel bir cilt haline getirilmek üzere derlendi (Shigley, in preparation). Sentetik elmasların esas tanımlayıcı özellikleri ise aşağıda özetlenmiştir (Shigley, 2005).

2.10.1. Kristal Şekli ve Büyüme Yapısı

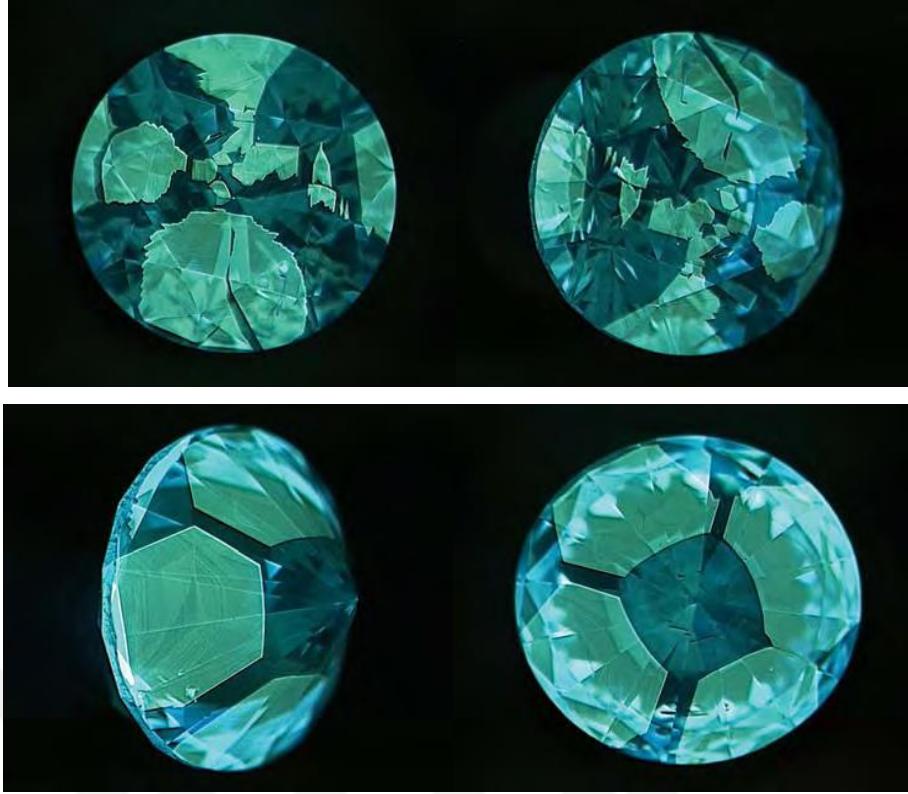
Doğal elmas kristalleri tipik olarak büyüme ve/veya çözülme sebebiyle birçok varyasyonla birlikte oktahedral bir oluşum sergiler (Orlov, 1977, pp. 59–106; Wilks and Wilks, 1994, pp. 108–126). Bunun aksine, sentetik elmaslar genellikle kübik, oktahedral ve oniki yüzlü iç büyüme sektörlerinin geometrik dzenlemesini kaplayan küboktahedral bir oluşuma sahiptir (Welbourn ve diğerleri, 1996).

Elmas kristalizasyonuna bu sektörlerde çeşitli miktarda katışkının eklenmesi refakat eder ve bu sebeple bu safsızlıklar sektörler arasında ayırma yol açar. Katkıların farklı şekilde eklenmesi ise birçok sentetik elmasta (doğal ile kıyaslandığında) belirgin renk, tanecik ve ışıldama ayırımına yol açar. Ortaya çıktığında, bitişik renk bölgeleri arasındaki sınırlar genelde keskin ve yüzeyseldir; ayrıca açısız figürler oluşması için birleşebilir. Bitişik kısımlar sadece aynı rengin daha açık ve daha koyu görünümüleriyle ya da çok farklı renkteki bölgelerle ayırt edilebilir. Örnek verecek olursak, şu anda Chatham Created Gems tarafından satılan, laboratuvar ortamında geliştirilen bazı yeşil numuneler mikroskopla bakıldığında hem sarı hem de yeşil görüntü sergiler (Shigley ve diğerleri, 2004).



Şekil 2.9. Renkli sentetik elmasların iç oluşum bölgeleri arasındaki katkı içeriklerinin farklılığı sebebiyle bariz renk bölgeleri (Shigley, 2004)

Yukarıdaki dört örnek (Şekil 2.9), bölge modellerinin genelde taç ve cumba şekillerinde nasıl görüldüğünü sergilemektedir. Materyali bir sıvıya daldırmak (burada su) bu modellerin gözlenmesine olanak sağlar. Gemolojik bir mikroskop ve çeşitli aydınlatma yöntemleri kullanılarak dikkatli inceleme, laboratuvar ortamında oluşturulan elmaslardaki bu yetiştirme sektörüyle renk bölgeleri ilişkisini görmenin en iyi yoludur. Çok daha iyi bir gözlem için numunenin bir sıvıya daldırılması da yardımcı olacaktır. Görüntüleme yönüne bağlı olarak bölgeleme, elmasın kübik kristal simetrisiyle alakalı iki, üç ya da dört katlı figürler gösterebilir. Çoğu durumda, cilalı bir numunenin yüzeyi, yüzey oluşturma esnasında maksimum ağırlık tutması, için orijinal kristalin küp yüzüne paralel olarak yönlendirilmiştir. Bu sebeple, tablo veya taç yüzeylerine veya alternatif olarak, numuneyi döndürürken kuşak yüzeylerine paralel olarak inceleyerek herhangi bir dört katlı renk veya floresan bölgeleme modelini aramak genellikle en iyisidir. Kilit nokta, farklı yüzeyssel sınırlarla ayrılmış renk ya da floresandaki değişiklikleri bulmak için numuneyi farklı yönlerden incelemektir (Shigley vd., 2004). (Şekil 2.10).



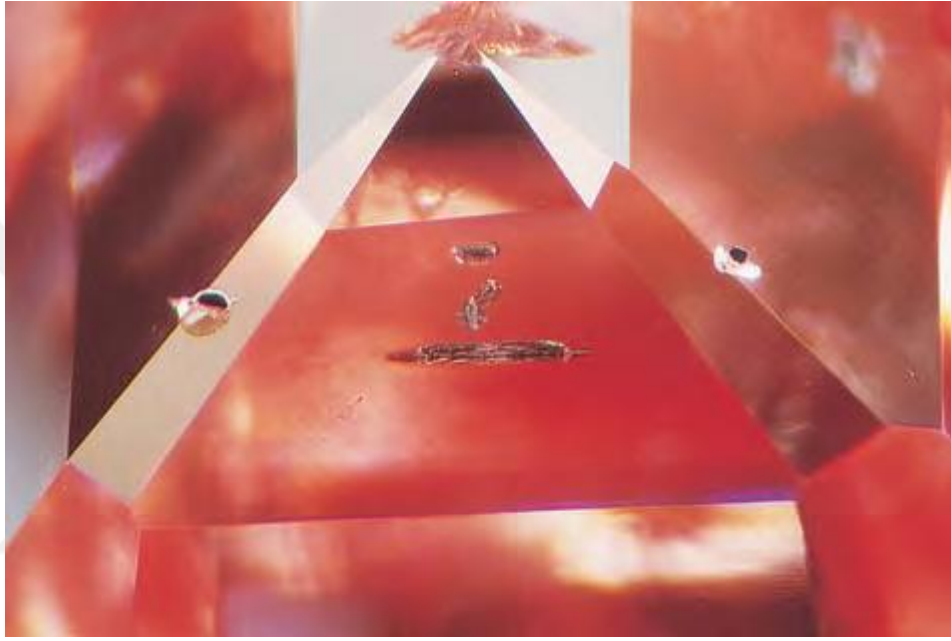
Şekil 2.10. 0,43 ct mavi sentetik elmasın bu dört DTC DiamondView görüntüsü (Shen, 2004)

Yukarıdaki Şekil 2.10.'da numunesi döndürüldüğünde görülen floresan ve floresan olmayan yetiştirme sektörlerinin değişen modelini göstermektedir. Ön yüz yukarı görünüm (A) HPHT ile yapılan sentetik elmaslara has dört katlı çapraz şekilli floresan modelini gösterir fakat bu örnek yetiştirme sektörünün karmaşık durumunu gösterir. Numune cumbaya (B ve C) doğru döndürüldüğünde yetiştirme sektörünün durumu daha düzenli bir hal alır. Cumba (C ve D) görünümünde sarımsı floresan çizgiler içindeki ince çizgiler (yetiştirme esnasında katkılardan dolayı küçük değişikliklerden kaynaklanan) görülebilir (Shigley vd., 2004).

2.10.2. Kapanımlar, Tanelenme ve Gerilim Modelleri

Yetiştirildiği esnada oluşumları engellenmedikçe ya da yontma esnasında fiziksel olarak temizlenmedikçe, metalik kalıntılar çoğu cilalı elmasta olan bir özelliktir. Yuvarlak, uzun ve düzensiz şekillerde olabilirler ve aktarılan ışıktaki opak ve yansıtılan ışıktaki koyu griden siyaha (ara sıra metalik bir parlaklıkla) görünürler. Tek tek ya da grup halinde görünebilirler ve ebatları değişebilir. Bazı

durumlarda, büyük boyutlarda olmaları onları görülebilir kılar; diğer koşullarda ise genelde bulut benzeri bir şekle sahip dağınık bir görüntü verir. (Bu noktasal kalıntıların bazıları metalik olabilse de, diğerlerinin sentez sırasında oluşabilecek farklı evreleri yansıtabileceğini not alınız). Bu kalıntıların bazıları standart bir gemolojik mikroskopla büyütülerek bile görünmez olabilir. Çünkü akıtkan kalıntılar genellikle demir içerdiğinden dolayı, sentetik bir elmas mıknatıs tarafından çekilebilir (Shigley vd., 2004).



Şekil 2.11. 0.26 ct pembe numune de gösterilmekte olan metalik kalıntılar (McClure, 2010)

Yukarıdaki numune de HPHT ile oluşturulan çoğu sentetik elmasın ayırt edici bir görsel özelliğidir. Doğal elmaslar doğrusal, çapraz çizgili ve düzensiz (mozaik) iç taneleme desenleri gösterebilir. Küboctahedral kristaller genellikle ağırlığın korunması amacıyla kare veya dikdörtgen olarak şekillendirildiği için, yüzeyli numunelerde tanelenmelerini kontrol etmek açısından en iyi yer tabla yüzeyi ve köşelerine yakın yerler yararlı olacaktır. Çoğu doğal elmas parlak karışım renklere sahip bantlı, çapraz taramalı ve benekli desenlerdeki çift anormal çift kırılma (ADR) ile sergilenir. Buna karşılık deneyimimiz sentetik elmasların çok daha zayıf bastırılmış karışım renkleriyle (siyah ve gri) çapraz benzeri “gerilme” deseni sergilediğini göstermiştir (Kane, 1980). (Şekil 2.11).

2.10.3. Lüminesans

Şimdi halihazırda olan birçok çeşit sentetik elmaslar göz önüne alındığında, kısa ve uzun UV radyasyonuna olan tepkileri floresan yoğunluğu, renk, dağılım modeli ve fosforesans bakımından büyük ölçüde farklılık gösterir. Laboratuarda yapılan numunelerinin çoğunun kısa dalga UV'ye karşı uzun dalgaya göre daha güçlü floresan gösterdiği belirtilmiş olsa bile zıt reaksiyon da gözlemlenmiştir ve bazı numuneler her iki UV uyarısına tepkisiz kalmıştır. Zayıf UV floresan reaksiyonlarını kontrol etmek için, gözlerin düşük ışık seviyesine alışmasını sağladıktan sonra numuneyi karanlık bir odada gözlemlemek en iyi yöntemdir. Günümüze daha yakın yıllarda, sadece zayıf UV floresanı gösteren ya da hiç UV floresanı göstermeyen sentetik elmasların sayısında artış olduğu farkedilmiştir. Bahsedildiği gibi, floresan renkleri de çeşitlilik gösterebilir fakat tipik olarak yeşilden maviye, turuncudan sarıya ya da turuncudan kırmızıya değişebilir. Daha da önemlisi, bu floresan genelde eşit şekilde dağılmaz bu yüzden numunenin bazı kısımları floresan ışık verirken bazı kısımları vermez veya farklı floresan ışık verir (Shigley vd., 2004). (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Bazı sentetik elmasların belirsiz şekilde nokta atışı kalıntılarına ilişkin görsel (McClure, 2010)

Bazı durumlarda sentetik elmaslar aslı belirsiz şekilde nokta atışı kalıntıların “bulutlarını” gösterir. Bazı doğal elmaslar da bu şekilde bir eğilim izlediği için güvenilir bir ayırma yöntemi olduğu söylenemez. Bu eşitsiz dağılım farklı katkı

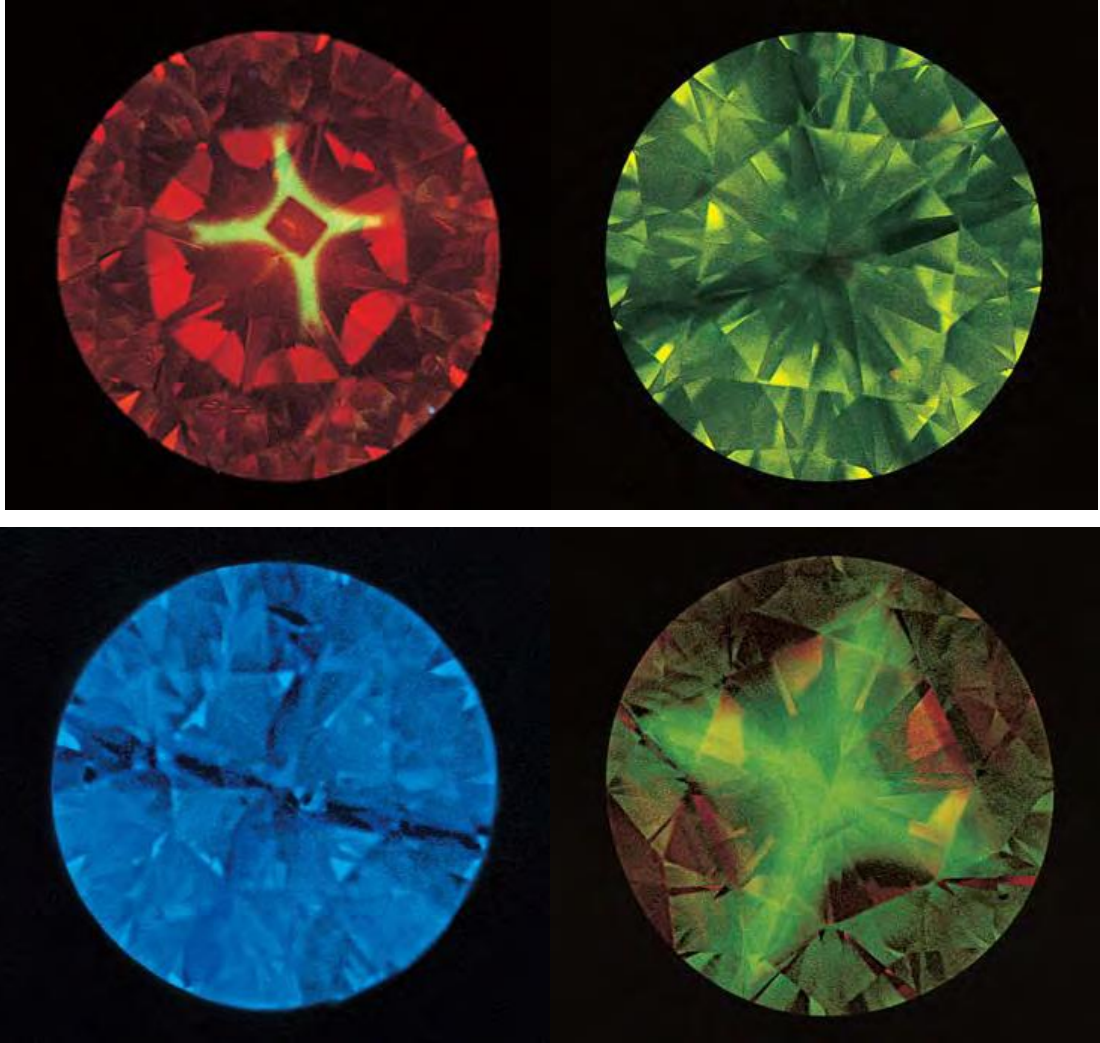
içeriklerinin yansımasıdır ve bu sebeple renk, tanecik ve UV floresan desenleri arasında doğrusan uzamsal bir ilişki vardır. En belirgin durumlarda, düzensiz floresan kare veya çapraz şekilde bir geometrik cisim olarak görülür. Tabii ki orijinal kristale göre renk, tanecik ve floresan durumları da etkilenecektir, bu sebeple birkaç numuneyi oryantasyonda incelemek gereklidir. Sentetik elmaslardaki benzer floresan desenleri de katodoluminesans yöntemi ile gözlemlenebilir (numune bir vakum odasında tutulup elektron demetine maruz bırakılır). Renksiz sentetik elmaslar ve katkı maddesi olarak bor içeren herhangi bir renkli numune, UV ışını kapatıldığında genellikle kalıcı yeşilimsi veya sarımsı fosforesans (60 saniyeye kadar veya daha fazla) gösterir (bkz. Shigley vd., 2002). Fosforesans zaman içinde yoğunluğu azalan bir fenomen olduğu için, numuneleri karanlık odada inceleyip bu tür ışımaları kontrol etmek gereklidir. Kişinin gözlerini kapatıp ardından UV ışını kapatılırken gözlerini açması da iyi bir yöntemdir. İçeriğinde bor olan bazı mavi (ve bazı renksiz) sentetik elmas numuneleri elektriksel iletkenlik gösterecek ve enteresan şekilde numuneleri iletkenlik ölçer probu ile dokunulduğunda sıklıkla anlık küçük beyaz ve mavimsi beyaz ışık flaşları biçiminde görünen elektrolüminesans gösterecektir (Shigley vd., 2004).

2.10.4. Kimyasal ve Spektroskopik Analiz

Tahribatsız kimyasal analiz metotları, elmas yetiştiriciliğinde kullanılan akışkanlığı olan metalleri (Ni, Co ve Fe) tespit ederek sentetik elmasları belirtmenin başka hızlı bir yoludur. Özellikle de ayırt edici görsel özelliklere sahip olmayan laboratuvar koşullarında oluşturulan elmasları tanımda faydalıdır ve günümüzde çoğu gemoloji laboratuvarında olan çeşitli birkaç spektroskopi teknikleridir. Geçiş metallerinin oluşunun sebep olduğu özel bantlar görünür spektroskopi ile büyütülmüş ya da işlem görmüş sentetik elmasları saptamak için gereklidir (Zaitsev, 2000). (Şekil 2.13).

Bu dört sentetik elmas uzun dalga (sol üstte, işlem görmüş) ve kısa dalga (büyütülmüş olan diğer üçü) UV radyasyonuna maruz kaldığında yukarıdaki gibi tipik bölge floresan reaksiyonları gösterir. Deneyimlerimize göre, floresan

genellikle büyütölmüş sentetik elmslarda uzun dalgaya oranla kısa dalga UV'ye karşı daha güçlüyken, işlem den geçmiş sentetik elmslara uzun dalga UV eşit yoğunlukta ya da daha güçlü olabilir. Yukarıda gösterilen her numuneye bakıldığında floresan çapraz şekilli numunede açığa çıkmıştır. Floresan sadece belirli bir alana yayılabileceğinden, numuneyi hem yüzü yukarı bakacak şekilde hem de aşağı bakacak şekilde incelemek gerekir. Bunun yanı sıra bazı doğal elmsların az miktarda nikel içerdiği bilindiğı için dikkatli inceleme yapılmalıdır. Fotolüminesans (PL) spektroskopisi, saptama için yararlı olan keskin PL bantları ile ilişkili olduğundan mücevher laboratuarları için oldukça önemli hale gelmektedir. Sentetik elmsları saptamak için ilave analitik teknikler gelecekte yararlı olabilir (Chalain, 2003; Lang vd., 2004; Hainschwang ve Notari, 2004).



Şekil 2.13. UV Uzun dalga ve kısa dalga işlem görmüş 4 elmas çeşidi (Chalain,2003)

2.10.5. Diğer Özellikleri

Tanımlama ve ifadeye destek olmak için, bazı üreticiler cilalanmış sentetik elmasların yüzeyine ayırt edici bir işaret veya yazı yazmaktadır, bu işaretler 10x büyütme ile rahatlıkla görülebilir. İlaveten, kimi mücevher-test laboratuvarları sentetik elmasların laboratuvar ortamında yapıldığına dair açıkça ifade edilen bilgiyi raporla yayımlamayı da kabul etmiştir (Shigley vd., 2004).

2.11. CVD (Chemical vapour deposition) Elmaslar

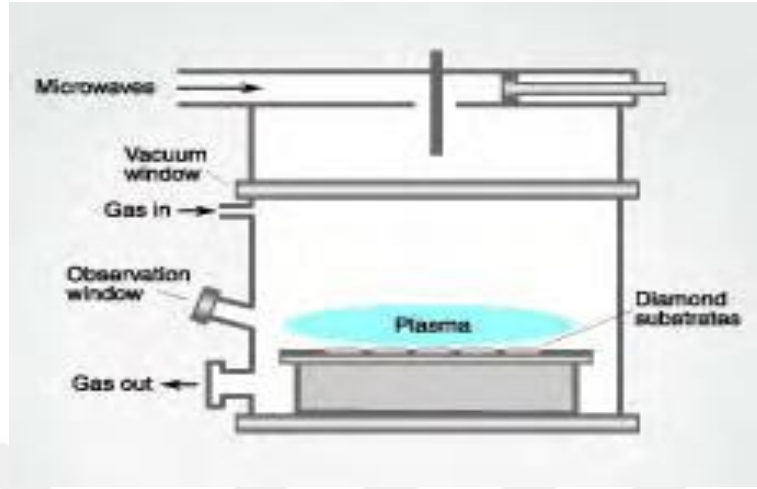
Daha yaygın olarak bilinen HPHT ile yetiştirilen sentetik elmasın aksine, CVD sentetik elmas düşük basınçlı ortamlarda metan gibi karbon içeren gazlardan oluşan onda bir bölgede üretilir. Bu sentez tekniği gaz molekülleri elmasın büyütülebileceği reaktif türlere ayırır (Bachmann, 1998; Goodwin ve Butler, 1998).



Şekil 2.14. Kesim uygulanmış (0.21-1.04 kt) sentetik elmaslar (Asmussen, 2002)

Bu yontulmuş sentetik elmaslar (0.21-1.04 kt) renksizden kahverengiye kadar değişebilir. Elmas Ticaret Şirketinin yonttuğu CVD sentetik elmasları ticari açıdan uygun değildir, yalnızca eğitim ve araştırma için üretilmiştir. Belki de en yaygın yöntem olan CVD ile gaz molekülleri, (genelde hidrojen ve metan) aşağıdaki şekilde bir reaktörde mikrodalgalar ile elde edilen yüksek sıcaklıktaki plazmada parçalanır. Grotjohn ve Asmussen (2002), bu tekniği mikrodalga plazma destekli CVD'yi yakın tarihli bir incelemede tanımlamıştır. Yehoda (2002), Wolden (2002),

Heberlein ve Ohtake (2002) sıcak filament, alev ve plazma jeti içeren başka yöntemleri de incelemiştir.



Şekil 2.15. Bu şematik diyagram, CVD sentetik elmasını büyütmek için kullanılan türde bir mikrodalga CVD reaktörünü göstermektedir. (Shigley vd., 2004)

Genellikle metan ve hidrojenden oluşan başlangıç gazlarının molekülleri, mikrodalga kullanılarak yapılan bir plazmada ayrışır. Elde edilen kimyasal türler, CVD elmas malzemesi oluşturma amacıyla reaktörün tabanına montelenmiş çekirdek kristallerinin yüzeyinde reaksiyona girer. Kullanılabilir büyüme alanının çapı yaklaşık olarak 2 ve 20 cm arasında değişebilir. CVD sentetik elmas genelde 800–1000°C aralığında bir sıcaklıkta tutulan bir alt yapı üzerine oluşturulur. Birçok endüstriyel uygulama için silikon ve metal substratlar kullanılır ve büyütülen malzeme polikristaldir çünkü çoklu kristaller alt yapı üzerinde çeşitli pozisyonlarda çeşitli kristalografik şekillerde çekirdeklenir (Wild ve diğerleri, 1993). Bu tür bir malzemeyle geleneksel bir mücevheri cilalamak oldukça zordur. Yeterimde büyük bir kalınlığa eriştiğinde, bu yolla elde edilen CVD sentetik elmas, mücevher uygulamaları için cilalanarak yontulmuş taşlara dönüşebilir. HPHT elmas sentezi, tipik olarak elmasın en değişmez karbon şekli olan basınç ve sıcaklıklarda (1400°C ve 55 kbar civarında) gerçekleştirilir. CVD sentezinde kullanılan düşük basınç şartları altındaki elmas yarı karardır. Bu, grafitin oluşmasını engellemek adına adımlar atılması gerekmesine karşın, kendi kendine grafitte dönüşmediği anlamına gelmektedir. Standart CVD işlemleri hidrojen zengin bir gaz karışımı kullanır ve CVD işleminde üretilen atomik hidrojen grafit

oluşumunu bastırma konusunda önemli bir role sahiptir (Goodwin ve Butler, 1998).

2.11.1. CVD Elmas Türleri

2.11.1.1. Teknik Seramik Elmas

CVD elmas kimi zaman tane boyutuna göre sınıflandırılır; ultra nano kristal (<10 nm), nano kristal (<50 nm), mikro kristal (<500 µm) ve tekli kristal elmas. Tane boyutu ise sentez şartlarına, alt tabakaya ve tabaka kalınlığına bağlıdır. ~ 50 µm üstündeki katmanlar taşıyıcı alt tabakalardan çıkarılabilir (Balmer, 2009).

2.11.1.2. Polikristal CVD Elmas

İçindeki katkıları ve tane sınırlarını kontrol ederek, 120 mm çapında serbest duran polikristal elmas dilimleri, en yüksek kaliteye sahip kusursuz elmasa yaklaşan termal ve kızılötesi optik özelliklere sahip olarak üretilebilir. 140 mm çapında, daha ince taneli, daha dayanıklı hatta bakırın 2,5 katından daha fazla termal iletkenliği olan bağımsız polikristal elmas helvalar da üretilebilir (Balmer, 2009).

Çizelge2.4. Polikristal CVD Elmas Seviyeleri (Balmer, 2009)

POLİKRİSTAL CVD ELMAS	
OPTİK DERECEŚİ	Uzak kızılötesi lazer optik uygulamaları için tasarlandı
ELEKTRONİK DERECEŚİ	Geniş alanlı pasif elektronikler için yüksek saflığa sahip malzeme
ISI DERECEŚİ	Yüksek ısı iletkenliği olan elmasın ısı yayımı
MEKANİK DERECEŚİ	Hassas işleme uygun yüksek dayanıklılığı olan elmas
ELEKTROKİMYASAL DERECEŚİ	Elektrokimyasal uygulamalar için bor katkılı elmaslar

Tam anlamıyla kusursuz IIa tip optik olan tek kristal elmas malzemesi termal ve mekanik özelliklere sahip 8 × 8 × 2 mm kadar ebatı mevcuttur (Balmer, 2009).

Çizelge2.5. Tek Kristal CVD Elmas Seviyeleri (Balmer, 2009)

TEK KRİSTAL CVD ELMAS SEVİYESİ	
TEK KRİSTAL	Doğal tip olan IIa elması için mühendislik ürün değişimi
OPTİK DERECEŚİ	Düşük soğurma ve çift kırılma özelliği
ALGILAMA DERECEŚİ	Quantum optiği ve elektronik için ultra yüksek saflık

2.12. HPHT (High Pressure High Temperature Diamond) Elmaslar

Sentetik elmas çeşitlerinin çoğu yüksek basınç ve yüksek sıcaklık (HPHT) yöntemi ile yapılır. HPHT elmasın doğasındaki termodinamik koşulları taklit etmeyi hedefler, fakat bunu büyük kinetik engeli azaltmak ve çözünmüş karboniğin taşıma ortamı oluşturmak için erimiş bir metal çözücü ile yapar. Bu yolla yetiştirilen materyal, atmosferden ve elmas kafesine nitrojen katılmasından dolayı tipik bir sarı renge sahip olur. Yüksek basınç ve yüksel sıcaklık (HPHT) koşullarında yapılan sentetik elmaslar 1990'ların ortalarından bu yana ticarete girmiştir. Bu çalışma, 2007 (GIA'nın Sentetik Elmas Derecelendirme Raporlarının yayımlanmaya başladığı yıl) ile 2016 arasında GIA'ya gönderilen tüm HPHT sentetik elmasları kapsamaktadır. Bu kadar çok sayıda HPHT sentetik elmas hakkında başka bir özet yayımlanmamıştır. Bu çalışmada, günümüzde mücevher kullanımı amacıyla satılan mallara yönelik teşhise yönelik açıklamalarda bulunuyoruz. Bu numunenin %12'si renksiz ile renksiz yakın (D-J), %12'si mavi, % 13'ü sarı, % 4'ü pembe ile kırmızı ve % 54'ü sarımsı turuncu ile oranj sarısıydı (Şekil 2.14.). Bu takım hem büyütülmüş hem de işlem görmüş renkleri yansıtır. Bazı numuneler, GIA tarafından üreticilerden ya da piyasadan satın alınırken veya üreticiler tarafından üzerinde çalışma amacıyla bağışlanırken, birçok tanılama ve derecelendirme raporu için cıralanarak GIA'ya verilmiştir. Bildiğimiz üzere, bu numune seti piyasada varolan mücevher kalitesinde HPHT sentetik malzemeyi sergilemektedir (Magana vd., 2017).



Şekil 2.16. HPHT floresan desenli sentetik elmas görüntüsü (Magana, 2017)

Şekil 2.16'da HPHT sentetik koleksiyonu, temel renkürünlerini sergilemektedir. Arka plan ise HPHT sentetiklerinin iyi bilinen teşhis özelliği olan çapraz şekilli floresan desenli bir DiamonView görüntüsüdür. HPHT sentetiklerinin evrimi öncesinde G&G makalelerinde (Shigley ve diğerleri, 2002, 2004; D'Haenens-Johannson ve diğerleri, 2014, 2015) ve Lab Notes girişlerinde (örn., Ardon ve Batin, 2017; Johnson ve diğerleri, 2017) detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Önceki çalışmalar, bazı üreticilerin yaptığı küçük malzeme yığınlarını (muhtemelen benzer bir yöntem ve HPHT yöntemi ile yapılan) incelerken, bu çalışma son on yılda çeşitli kaynaklardan HPHT sentetik elmasları arasında görülen ayırt edici özellikteki araştırmadır (Magana, 2017).

Bu çalışmada değerlendirilen on yıl boyunca, HPHT sentetik elmaslarının renkleri çoğunlukla sarı ve turuncudan renksiz ve maviye doğru değişmiştir. İlk yıllar (2007-2008) muhtemelen son on yıl boyunca üretilen renkleri yansıtır. O ilk yıllardaki çok sayıda önerme oldu; örneğin Shigley ve arkadaşları tarafından tartışılan sarı, yeşil pembe ve mavi renk aralıklarındaki sentetik elmaslar ticarete mevcut olan malzemeleri temsil eder (Shigley, 2004). Bunun yanı sıra boyut aralıklarında da etkileyici bir gelişme oldu. Bu, 10 karattan büyük cilalı mücevherleri (üretimi halasınırlı düzeyde olsa da) içerir ve ayrıca mücevher ticareti için HPHT sentetiklerinin hacim ve küçük taş boyutunun tanımlanması konusunda belli saptama sorunları ile oluşturulan ürünlerde artış olmuştur (Shigley ve McClure, 2004).

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Elmasların Gemolojik Tanımlama Kriterleri

HPHT sentetik elmaslar, bir gemologa teşhis koyma konusunda yardımcı olabilecek birkaç ayırt edici görsel özellik sunarken, birkaç özellik elmasın HPHT yöntemi ile yapılmadığını açıkça kanıtlayacaktır. Bu sebeple, sonucun negatif olması HPHT sentetik kökenini kapsam dışına almaz. Örnek verecek olursak manyetizma, HPHT oluşumunun güçlü bir göstergesi olmasına rağmen, manyetizmanın olmayışı olasılığı önlemez. Doğal ya da sentetik köken hususundaki güvenilir sonuçlar, gemolojik ve spektroskopik verilerin birleşmesinden oluşmalıdır ve bu şekilde köken gemolojik laboratuarda en iyi şekilde belirlenir. Aşağıdaki özelliklerin tamamı yayımlanmış olan literatürde açıklanmış ve gösterilmiştir (Magana, 2017).

3.1.1. Gerginlik

Bir elmasın polarize ışıkla incelendiğinde gözle görülür bir kırılmanın olmayışı (anormal çift kırılma), HPHT'nin güçlü bir göstergesidir (Şekil 3.1.). Elmaslar, uzun yetiştirilme ve taşınma tarihleri boyunca çeşitli gerilimlere maruz kalmışlardır. Buna rağmen, HPHT sentetik elmaslar tek tip bir yüksek basınç ortamında yetiştirilir. Yine de, CVD ile yapılan elmaslar genellikle, HPHT ile yapılan elmaslar nadiren gerginlik gösterdiği için çiftkırılmanın varoluşu sentetik kökeni saf dışı bırakmaz.



Şekil 3.1. Doğal, CVD ve HPHT sentetik elmas (Magana, 2017)

Şekil 3.1'de çapraz polarizörlerde bakıldığı zaman, doğal elmaslar (sol) ve CVD sentetik elmaslar (orta), tek düze çift kırılma gösteren HPHT sentetik elmaslarında görülenlerden çok daha yüksek derecede karışım renkleri gösterir. Bu fotoğraflarda 3.49 kt D renginde bir doğal elmas (sol), 2.51 kt H renginde bir CVD sentetik (orta) ve 0.46 kt D renginde bir HPHT sentetik elmas (sağ) vardır (Magana, 2017).

3.1.2. Manyetizma ve Metalik İnklüzyonlar

HPHT sentetikleri netlik ölçeğine sahiptir, fakat GIA tarafınca incelenen HPHT sentetikleri daha yüksek netlik düzeyine eğilimlidir. HPHT sentetiğinin yapılması için gereken akışkan-metal kimya sebebiyle, metalik kalıntılar gibi herhangi bir gözlemlenebilir özellik, genelde farklı bir yetiştirme ortamına kanıttır. Bu tür metalik kalıntılar doğal elmaslarda nadiren görülür (Smith ve diğerleri, 2016). Ara ara, saptanabilir bir manyetik reaksiyon üretmek için sentetik bir elmasta yeterli düzeyde metalik kalıntılar bulunur. Bu metalik kalıntıların veya metalik tepkinin yokluğu, yapılan araştırmalar manyetik çekimin tutarlı olarak sadece SII netlik aralığında ortaya çıktığını gösterdiğinden, HPHT sentetik kökenini kapsam dışı bırakmaz. (D'Haenens-Johansson ve diğerleri, 2014). Genelde, HPHT sentetik yetiştiriciliği, doğal elmas yetiştiriciliği şartlarına yaklaşmak için oluşturulmuş basınç ve sıcaklıkta sürer. Elmaslar yeryüzünde genellikle 5.5-8.0 GPa (55.000-80.000 atmosfer) basıncında ve 140-240 km derinlikte 1000-1400°C sıcaklıkta oluşurlar (Shirey ve Shigley, 2013). HPHT yetiştiriciliğinde, elmas oluşumunu kolaylaştırmak için diğer bileşenlerle birlikte grafit ya da elmas tozu gibi bir karbon kaynağı reaktör odasına bırakılır. Erimiş bir metal katalizör (genelde Fe, N, Co veya diğer elementlerin karışımından oluşur) oluşumun daha düşük sıcaklıkta gerçekleşmesini sağlar. Bu durum ayrıca teknolojik karmaşıklığı ve HPHT şartları altınca elmas yetiştiriciliğinin masraflarını biraz azaltır. HPHT yetiştiriciliği 5-6 GPa'lık basınçlarda (bir kişinin parmağının üzerine dengelenmiş bir ticari jet uçağının yaratacağı basınca eşdeğer) ve 1300-1600°C sıcaklıkta oluşur. CVD elmas yetiştirilişinde olduğu gibi, HPHT yetiştiriciliği karbon kaynağının elmas yetiştirme çekirdeğinden biraz daha yüksek bir sıcaklıkta olduğu bir sıcaklık gradyanı oluşturarak devam eder. Bu da karbon atomlarının

erimiş akıştan odanın daha soğuk bölümüne doğru yayılmasına yol açar, sentetikleri saptamak için elmas takımı üzerinde bir miknatıs gezdirilerek sentez sağlanır. Bu teknik önceki yıllarda yeterli bulunsa da artık güvenilir bir test değildir (Magana, 2017).

3.1.3. Renk Bölgesi

Yetiştirme teknikleri yüzünden, fantezi renki HPHT ile oluşturulan sentetiklerin bazı seçilmiş bölgelerinde nitrojen veya bor gibi atomların katkısı vardır. Özellikle sarı-turuncu yada mavi renkli elmaslarda bu tür bölgeleme modellerinin oluşu güçlü bir HPHT varlığının kanıtıdır. Doğal elmaslarda geometrik renk bölgeleme desenleri nadir görülür. Koyu renkli bölgeleri olan doğal elmaslar, HPHT sentetiklerinde görüldüğü gibi renk merkezlerinin değişkenliğinden ziyade grafit kapanımlardan kaynaklanır (Hainschwang ve diğerleri, 2014; Eaton-Magaña ve Shigley, 2016).

3.1.4. Floresans

HPHT sentetik elmasları genelde kısa dalga UV'ye, uzun dalga UV'ye oranla daha fazla reaksiyon göstermektedir. Bu eğilim hem renkli (Shigley ve diğerleri, 2002) hem de renksiz elmaslarda ortak gözlenmektedir (D'Haenens-Johansson ve diğerleri, 2005). Enteresan şekilde, bu gözlem Ib tip elmas ile ilişkili görülmüştür, King ve diğerleri (2005) de benzer tepki gösteren çok az sayıda doğal elmas arasında neredeyse tümünün Ib tipi olduğunu bildirmişlerdir. Baskın olan floresans renkleri yeşilden sarı ve turuncuya kadardır. İlaveten, renksiz aralıktaki HPHT sentetiklerinin çoğu, uzun dalga UV'ye karşı görülebilir bir floresans göstermez.

3.1.5. Fosforesans

Fosforesans oldukça zayıf olduğu için, reaksiyon en iyi karanlık ortamda gözlemlenir. Gözlem süresi, bir saniyeden daha az süreden birkaç on saniyeye kadar çıkabilir. Mavi ve renksiz HPHT ile yapılan sentetikler genelde 500 nm'de

merkezlenmiş lüminesans spektral bant ile açık mavi fosforesans gösterir. Bu renk aralığında, HPHT sentetiklerinde kimi zaman 575 nm’de turuncu fosforesans gözlemlenir fakat bu malzemeye has olduğu düşünülmektedir (Watanabe ve diğerleri, 1997; Eaton-Magaña ve Lu, 2011). Kısmi bor varlığına bağlı 500 nm fosforesans bandı, hem tip IIb doğal elmaslarda hem de CVD sentetik elmaslarda yaygın bir şekilde gözlemlenir fakat fosforesans genelde daha az yoğunur.

3.1.6. Elmas Tür

UV şeffaf veya FTIR absorpsiyon spektrumlarında saptanabili nitrojen göstermeyen tip IIb olan renksiz numuneler, HPHT işlemi görmüş ya da CVD veya HPHT sentetik elmaslardan olabileceğinden her zaman test edilmek için gemoloji laboratuvarına gönderilmelidir (Magana, 2017).

3.1.7. Yazıt

Büyük HPHT sentetik üreticileri genellikle taş üzerine kökeni yazarlar (örn. “Lab Grown” veya başka bir söz). Fakat elmaslar tekrar kesilebileceğinden veya bir üretici sentetik kökeni yazamayabileceğinden bir yazının olmayışı onun doğal elmas olmadığını göstermez (Magana, 2017).

3.1.8. Gelişmiş Test

Mücevher test laboratuvarları bir DiamondView görüntüleme bir FTIR absorpsiyon spektrometresi ve birkaç lazer ile çevrilmiş bir fotolüminesans (PL) spektrometresi tam bir gemolojik enstrümantasyonu sağlamalıdır. İlaveten bu laboratuvarlar, ticarete hali hazırda bulunan mevcut HPHT sentetiklerine erişim imkanına sahip olmalı ve bu ürünlerin özelliklerinin veri tabanı tutulmalıdır. Doğal, işlem görmüş ve sentetik elmasları tespit etmek için kullanılan standart kriterlerden şaşıp ortaya çıkan yeni trendlere karşı da açıkgozlü olunmalıdır. Mücevher laboratuvarları aynı zamanda günümüzde kullanılan güvenilir kriterlerin gelecekte uygulanamayacağı varsayımı üzerine çalışmalıdırlar, bu da

Üreticilerin teŖhis koymada teknolojiye uyum sağlamaları konusunda alternatif metotlara ihtiyaç olduğunu gösterir (Magana, 2017).

3.2. Elmasların Gemolojik Cihazlarla İncelenmesi

Elmas iyi bir yalıtkan olduğu için yüksek bir enerji aralığına sahiptir. Beyaz ışığın tüm dalga boylarını geçirir ve bu sayede saydam ve renksiz olur. Ancak içerisindeki bazı safsızlıkların eŖitli ilave enerji seviyeleri oluŖturması soğurumlara neden olmaktadır. Mesela bazen elmasın içinde azot ve bordan yüksek olan tüm dalga boyları soğurulur ve bant boŖluklarına azot ve bor dolar. Bu da elmaslarda renklenmeye sebep olmaktadır. Elmasların çok büyük bir kısmında azot bulunmaktadır. Bazen çok eser miktarda bazen de yoğun olabilir. Özünde elmas saf karbondan oluŖur. Elmasın kristal yapısındaki her karbon atomu diğer dört karbon atomu ile eŖit uzaklıkta ve kovalent bağ ile bağlanır. Bu nedenle çok kuvvetlidir ayrıca kristal yapısı bir benzeri olmayacak kadar düzenli ve sıralıdır (Burns, 1993, s.36).

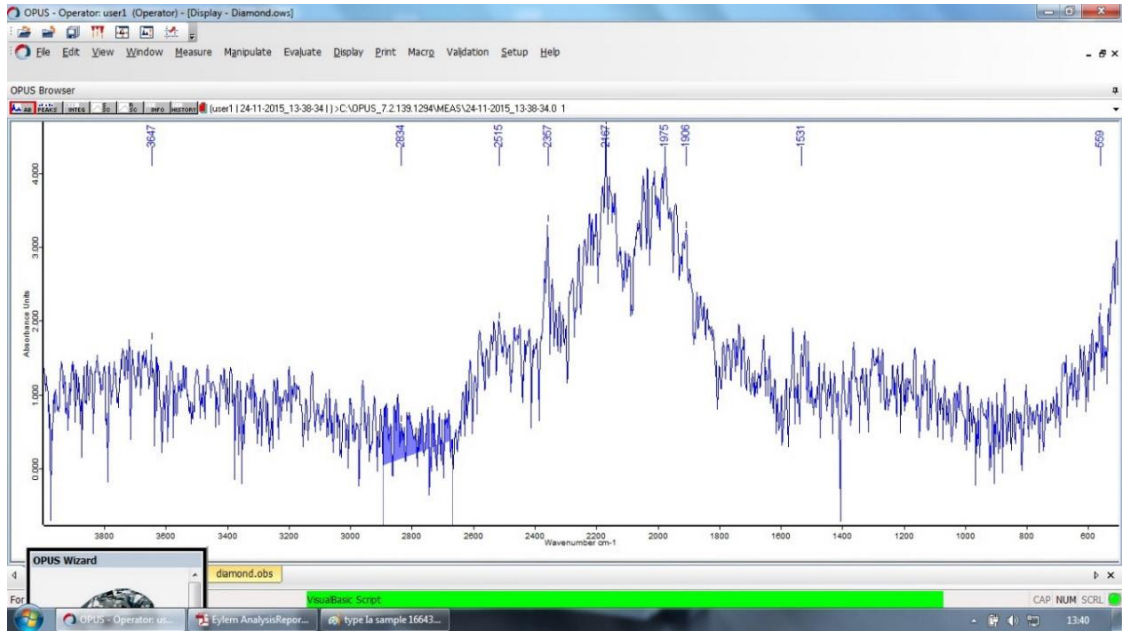
AŖaęıda detaylı bilgilerini verilen dört taŖ gemolojik incelemelerden gemiŖ, tek tek FT-IR cihazı ile incelenmiŖ ve bilgiler aŖaęıda fotoęraflanmıŖtır. Farklı renkte olan taŖların farklı pik değerleri verdiği ispatlanmıŖtır. Farklı renklerin farklı değerler vermesinin sebebi içerisinde bulunan farklı atomlardan ve diziliŖlerden kaynaklanmaktadır. Bu değerlere bakılarak taŖın doğal mı yapay mı olduğu hakkında da yorum yapılabilmektedir. Aynı zamanda muamele olup olmadığı herhangi bir iŖlemden geçip geçmediği anlaŖılabilir (Theisen, 1990: 20).



Ŗekil 3.2. Uçuk pembe 0,51 ct taŖın daylight ışıık altında üstten görüntüsü (Kaya, 2017)



Şekil 3.3. Uçuk pembe 0,51 ct taşın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü ((Floresan rengi güçlü mavi) (Kaya, 2017)



Şekil 3.4. Uçuk pembe 0,51 ct taşın kızılötesi spektrum görüntüsü (Kaya, 2017)

Şekil 3.4'te taş çıplak gözle bile zor ayırt edilebilecek kadar açık pembemsidir. Beyaz renk kâğıdına konulduğunda rengini belli etmektedir. Spektrum değerlerinde görüldüğü gibi 3647 cm^{-1} , 2834 cm^{-1} , 2515 cm^{-1} ve 2357 cm^{-1} değerlerinde yüksek pik vermiştir. Beyaz taşlarda $2300 - 2800\text{ cm}^{-1}$ değerlerinde pik çıkması beklenen bir durumdur ancak bu taşta farklı olarak 3647 cm^{-1} değerinde de pik görülmüştür. Bunun sebebinin içerisindeki hafif pembe tondan

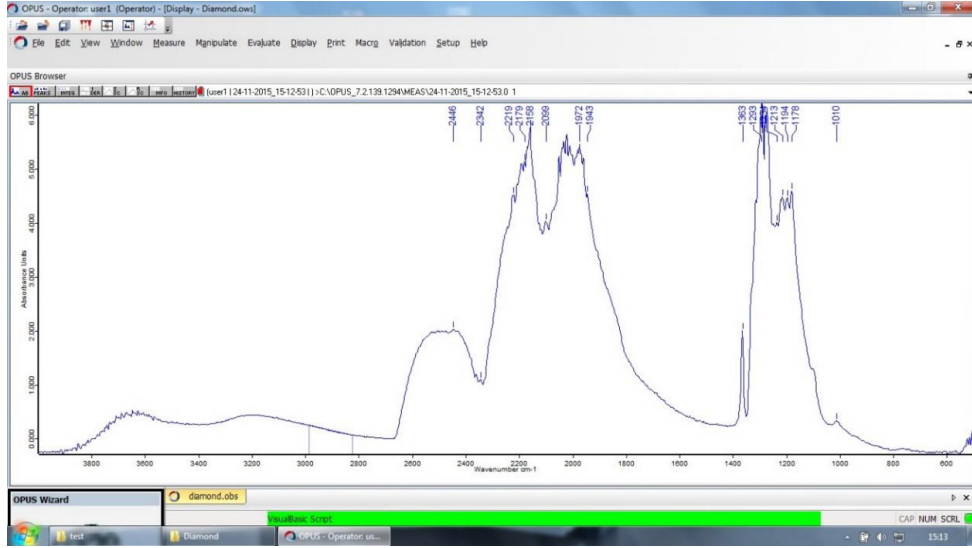
kaynaklandığı düşünölmektedir. Floresan rengi ve pik değeri sonucuna göre taş hem doğal hem de muamelesiz olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.5. Hrd sertifikalı d vvs2 0,30 ct taşın daylight ışık altında üstten görüntüsü (Kaya, 2017)



Şekil 3.6. Hrd sertifikalı d vvs2 0,30 ct taşın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü (Floresan rengi çok hafif mavi) (Kaya, 2017)

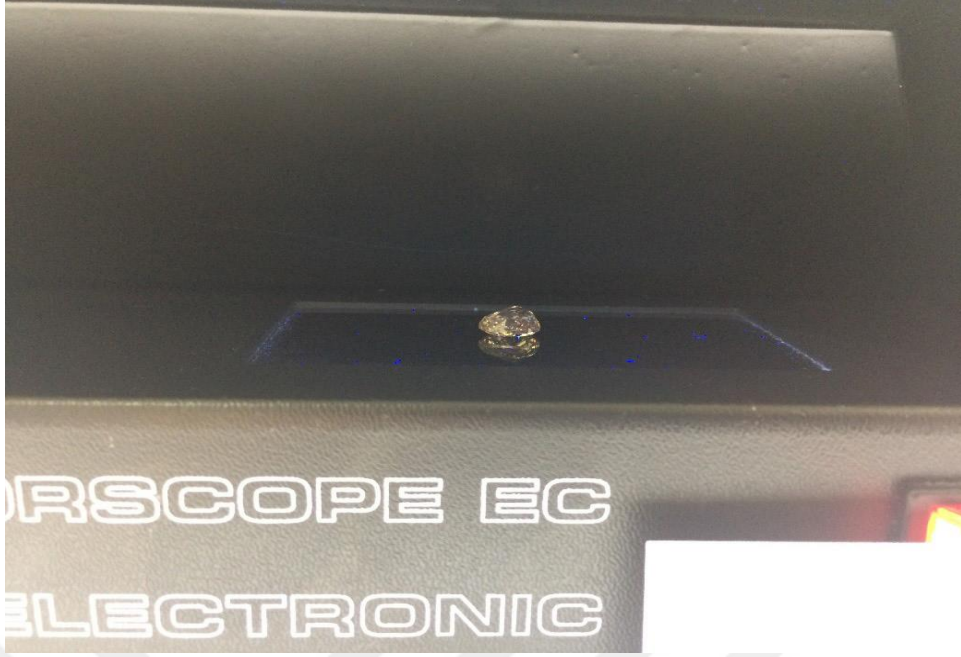


Şekil 3.7. Hrd sertifikalı d vvs2 0,30 ct taşın kızılötesi spektrum görüntüsü (Kaya, 2017)

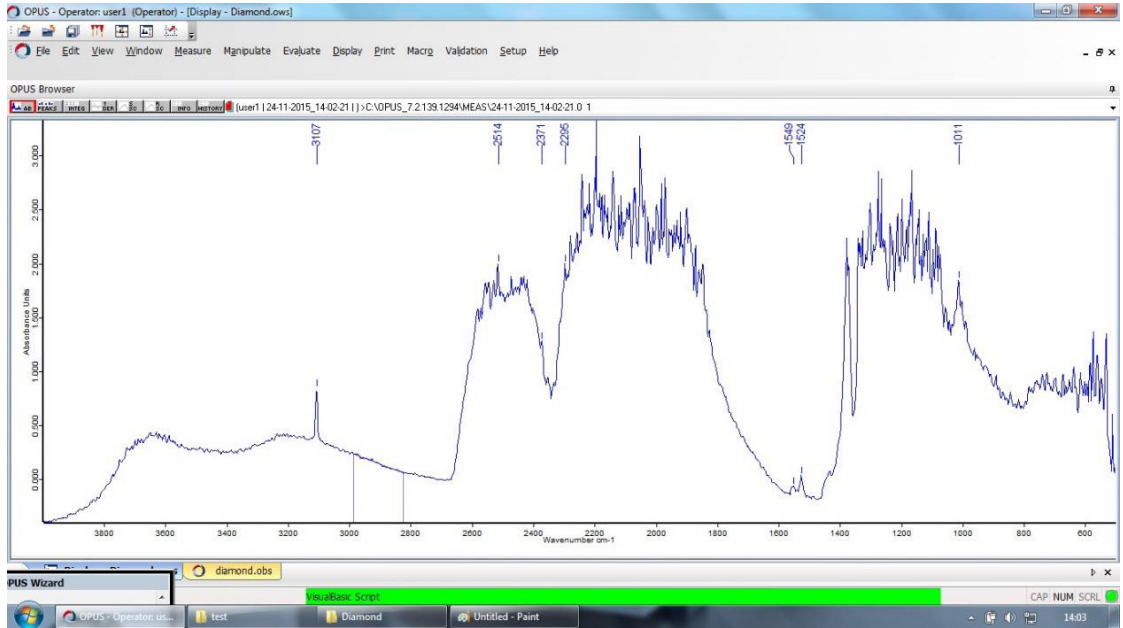
Şekil 3.5. ve 3.6.'da görülen örnek taş elmasın en beyaz rengi olan D rengidir. 2446 cm^{-1} ve 2342 cm^{-1} değerinde pik vermektedir. İncelenen taşlarda nitrojen yani azot bulunduran taşların 3100 cm^{-1} civarında pik değeri verdiği görülmüştür. Bu sebeple incelenen örnekte sertifikasını doğrulamakta ve D rengi olduğu için karbondan başka element bulundurmadığını çıkan pik değerleri ile ispatlamaktadır. İncelenen elmas doğal ve muamelesizdir.



Şekil 3.8. Gja sertifikalı Fancy Yellow 2,01 ct büyüklüğündeki taşın üstten görüntüsü (Kaya, 2017)



Şekil 3.9. G1a sertifikalı Fancy Yellow 2,01 ct büyüklüğündeki taşın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü (Floresan rengi yok) (Kaya, 2017)



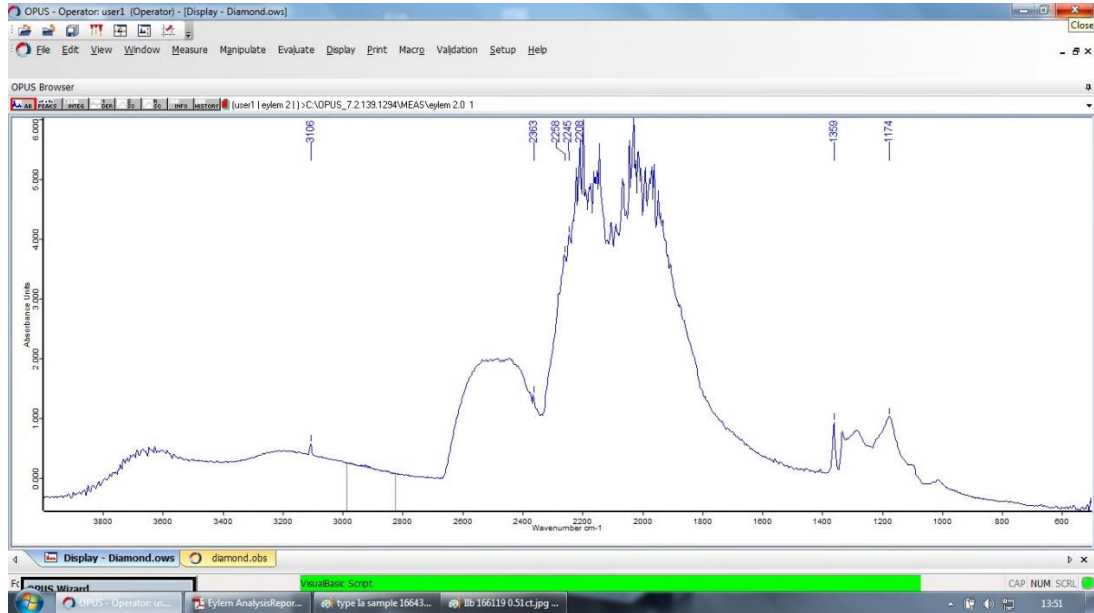
Şekil 3.10. G1a sertifikalı Fancy Yellow 2,01 ct büyüklüğündeki taşın kızılötesi spektrumu (Kaya, 2017)

Şekil 3.8. ve 3.9.'daki örnekte gördüğümüz taş GIA sertifikalı bir *fancy* taş örneğidir. Fancy; renkli elmaslara verilen isimdir (Theisen,1990: 20). D – Z arasındaki renk skalasından farklı bir skadır. Z den daha koyu sarı olan taşlar *fancy* grubuna girer. İçerisinde azot bulunduran bu taş 3107 cm^{-1} , 2514 cm^{-1} ,

2371 cm^{-1} değerlerinde pik vermektedir. Renginin sarı olması içerisinde azot bulundurduğunu düşündürmektedir, çıkan pik değerleri tipik azot bulunduran sarı bir taşta olması gereken pik değerleri olduğu için bu düşünceyi ispatlamış olmaktadır.



Şekil 3.11. Kahverengi 0,731 ct taşın daylight ışık altında üstten görüntüsü (Kaya, 2017)



Şekil 3.12. Kahverengi 0,731 ct büyüklüğündeki taşın kızılötesi spektrum görüntüsü (Kaya, 2017)

Son örnekteki taş içerisinde yine azot bulunduran kahverengi bir taştır. FT-IR cihazında 3106 cm^{-1} ve 2363 cm^{-1} pik değerlerini vermiştir. İncelenen başka

kahverengi örneklerde net olarak görülmüştür ki bu değerler bize elmasın kahverengi olduğunu ispatlayan pik değerleridir. Elmas kesinlikle doğaldır ve hiçbir muameleden geçmemiştir (Kaya, 2017).

Araştırmada laboratuvar içinde 3 taşın gemolojik analizi yapılmıştır.

- Doğal elmas F renginde olup 0.90 ct ağırlığındadır. Kumpas ölçülerine göre elmasın çapı 6,20 mm yüksekliği 3,72 mm dir.
- HPHT elmas 0,40 ct ağırlığındadır. Kumpas ölçülerine göre elmasın çapı 4.71 mm yükseklik 2.93 mm dir.
- CVD elmas 0.30 ct ağırlığındadır. Kumpas ölçülerine göre elmasın çapı 4,27 mm yükseklik 2,60 mm dir.

Ağırlık ve geometrik ölçüleri tespit edilen elmaslar öncelikle saf alkolde yıkanarak temizleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Cihaz ile inceleme esnasında herhangi bir sorunla karşılaşmamak adına elmasların temizlenme işlemine özen gösterilmesi gerekir. Polarize ışıktaki incelenen elmaslarda gözle görülebilir bir kırılmanın olup olmaması dikkate alınarak gerginlik kontrolleri yapılmıştır. Manyetizma ve metal inklüzyon tespiti, floresans, fosforesans, elmas tip analizi ve yazıt kontrolleri yapılan elmaslar FTIR cihazına alınmıştır. FTIR absorpsiyon spektrometresi gelişmiş gemolojik tespit için önemli olup cihazdan elde edilecek sonuçlar neticesinde elmasların doğal, cvd ve hpht oldukları yorumlanmıştır. FTIR cihazı ile incelenen sentetik ve doğal elmasların şekillerine bakıldığında farklı pik değerleri ortaya çıkmıştır. Bu farklı şekil değerleri elmasın kafes yapısı, atom dizilimi ve metal inklüzyon varlığına bağlı gelişmektedir. Doğal ve sentetik elmas arasındaki fark laboratuvar ortamında gemolojik testler ile tespit edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Sentetik ve doğal elmas arasındaki yapısal ayrım onların farklı kristalizasyon şartlarına ve çevrenin kimyasal kompozisyonundaki farklılıklara dayanarak gerçekleşmektedir. Bundan dolayı sentetik elmasların oluşum mekanizmaları doğal elmaslardan farklı olmaktadır.

Kristal morfolojisi onun oluşumunun nasıl gerçekleştiğini açığa vurmaktadır. Sentetik bir elmasın büyüme yapıları daha düzenli olup bir arada daha farklı bir yoğunluğa sahip olmaktadırlar. Doğal bir elmasın büyüme yapıları ise daha düzensizdir. Saf karbondan oluşan elmasların çok büyük kısmında azot bulunmaktadır. Azotlar kafes yapısı içinde gruplar halinde veya tekil olarak bulunabilir.

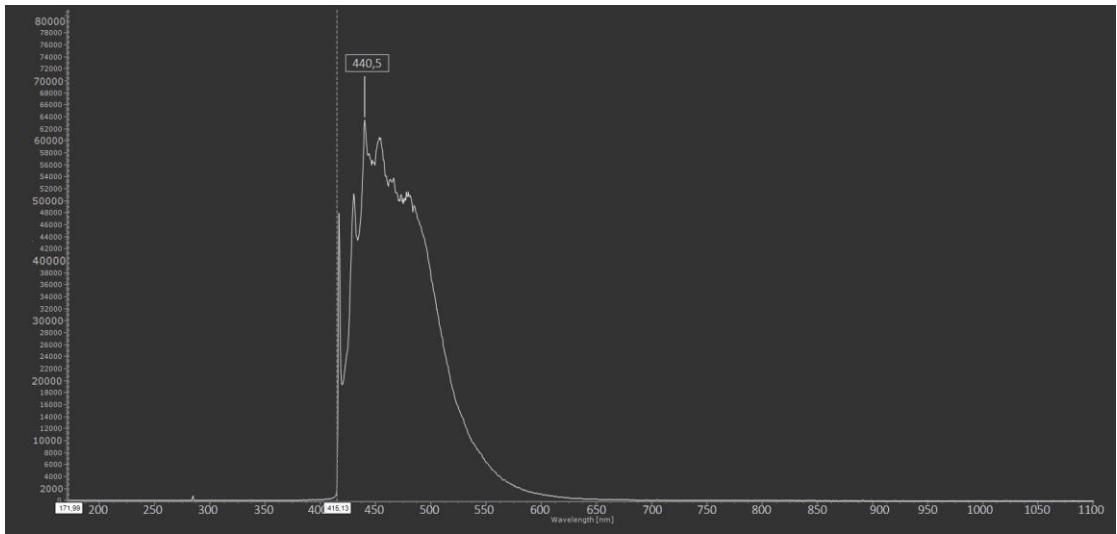
Aşağıda detaylı bilgileri verilen üç taş laboratuvarında incelenmiştir. Gemolojik analizi tamamlanan taşların FTIR cihazı ile elde edilen bilgileride fotoğraflanmıştır (Şekil 4.1./4.2.). Sentetik elmas ile doğal elmasın farklı pik değerleri verdiği ispatlanmıştır. HPHT ve CVD değerleri doğal elmas değerleri ile karşılaştırıldığında taşın laboratuvar üretimi olup olmadığı yorumlanmaktadır.



Şekil 4.1. Renksiz 0.90 ct doğal elmasın daylight ışık altındaki görüntüsü

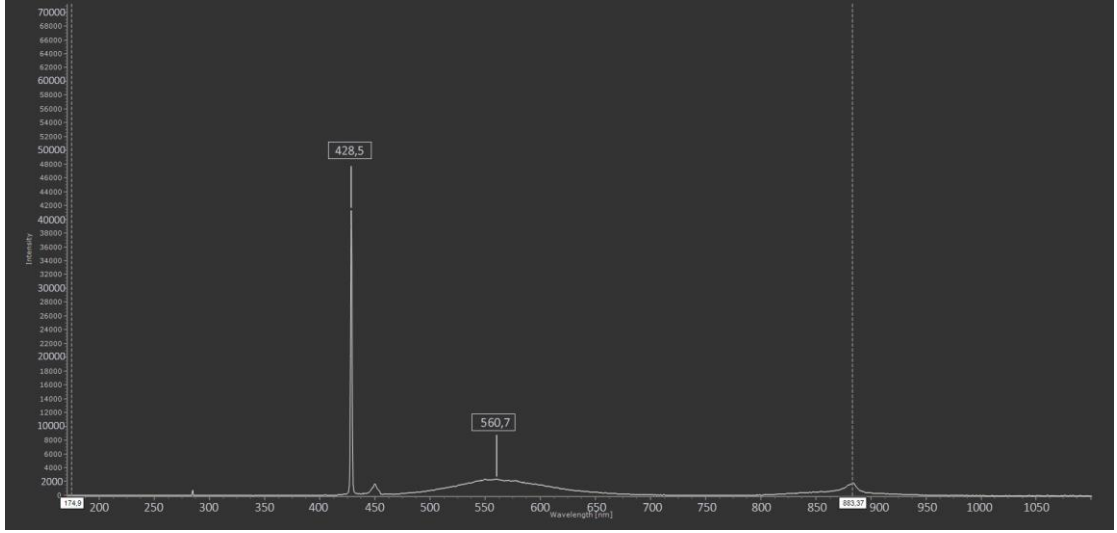


Şekil 4.2. Renksiz 0.90 ct doğal elmasın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü (Floresans rengi orta mavi)



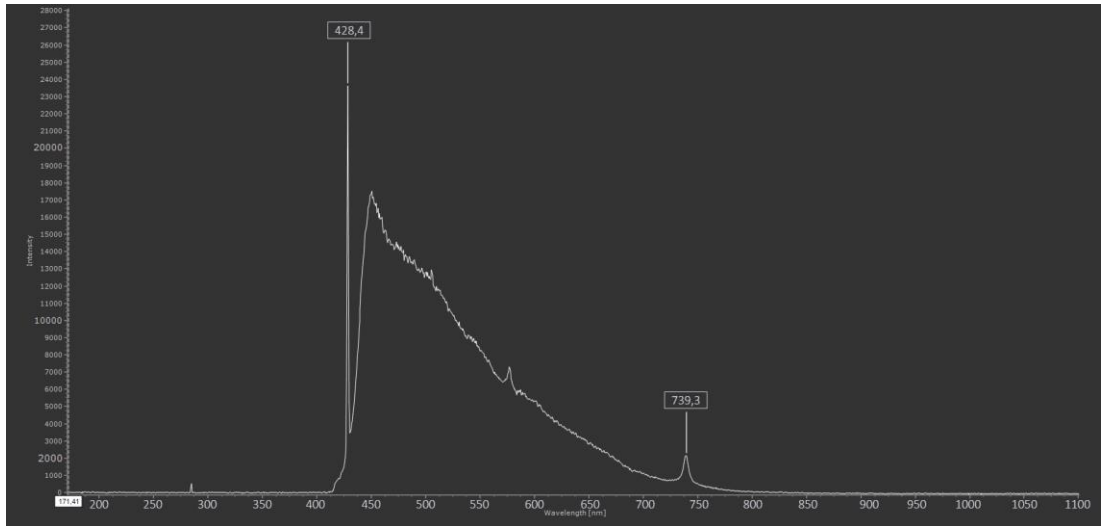
Şekil 4.3. Renksiz 0.90 ct doğal elmasın kızılötesi spektrum görüntüsü

Spektrum değerlerinde görüldüğü gibi 171,99 nm , 415,13 nm ve 440,5 nm değerlerinde yüksek pik vermiştir. Doğal elmaslarda bu değer aralığında görülen pik beklenen durumdur. İçerisinde azot atomu bulunmaktadır. Floresans ve pik değerleri sonucuna göre incelenen elmasın hem doğal hemde işlem görmemiş olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.4. 0.40 ct HPHT sentetik elmasın kızılötesi spektrum görüntüsü

Spektrum verilerinde 174,9 nm, 428,5 nm , 560,7 nm ve 883,37 nm değerlerinde yüksek pik vermiştir. HPHT tekniği kullanılarak üretilen laboratuvar yapımı elmaslarda bu pik değeleri olağandır. Kafes yapısı içindeki azotların birbiriyle olan durumu veya metal inklüzyonların varlığı gibi ayrıntılar kristal içinde absorpsiyonu etkilediği görülür. Floresans ve pik değerleri sonucuna göre inceleme yapıldığında elmasın HPHP tekniğiyle laboratuvarında üretildiği yorumlanabilir.



Şekil 4.5. 0.30 ct CVD sentetik elmasın kızılötesi spektrum görüntüsü

İnceleme yapıldığında 171,41 nm, 428,4 nm ve 739,3 nm değerlerinde yüksek pik görülmüştür. CVD tekniği ile üretilen elmaslarda kafes yapısının durumu ve atom

dizilimindeki farklılıklar bu pik değerlerini vermektedir. Floresans ve pik değerleri sonucuna göre inceleme yapıldığında elmasın CVD tekniğiyle laboratuvarında üretildiği yorumlanabilir.



5. SONUÇ

Doğal elmas kristalleri incelendiğinde kafes yapıları içinde karbon atomları dışında farklı atomlar bulunabilir. Elmasta renk farklılıklarının oluşması genel anlamda kafes içinde bulunan azot ve bor atomuna bağlıdır. Aynı zamanda kristal büyümesi esnasında gerçekleşen kafes deformasyonları da elmas rengini belirleyici önemli bir unsurdur.

Karbon haricinde bulunan farklı atomlar, kafes deformasyonu ve büyüme yapıları elmasın renk parametresi dışında doğal olup olmaması konusundada fikir vermektedir. Spektroskopik cihazlar kristal içindeki atomların cinsini, dizilimini ve yoğunluğunu tespit etmektedir. Aynı zamanda floresans ve fosforesans özellikleriyle birlikte elmasın büyüme yapılarına göre sentetik olup olmadığı yorumlanabilmektedir.

Araştırmada kullanılan elmasların biri doğal diğer ikisi laboratuvarında üretilen sentetik elmaslardır. İncelenen sentetik elmaslar ise CVD ve HPHT tekniği kullanılarak üretilmiştir. Araştırma esnasında üç farklı elmasın tek tek ölçümleri yapılmış, yapısal karakteristikleri belirlenmiş, ağırlıkları hesaplanmış ve cihazlardan detaylı şekiller alınmıştır.

Kızılötesi spektrum görüntüleri incelendiğinde doğal elmasın 171,99 nm, 415,13 nm ve 440,5 nm yüksek pik verdiği görülmüştür. HPHT elmaslarda pik değerleri 174,9 nm, 428,5 nm, 560,7 nm ve 883,37 nm dir. CVD elmaslarda ise bu değerler 171,41 nm, 428,4 nm ve 739,3 nm olarak tespit edilmiştir. Farklılığın sebebi atomların dizilimi, yoğunluğu, elmas kafes yapısı ve büyüme yapılarına bağlı absorpsiyon değişkenliğidir.

Araştırma sonucunda doğal ve sentetik elmasların, laboratuvarında inceleme yapılmadan basit usûlde birbirlerinden ayırt edilmesi mümkün değildir. Fiziksel ve kimyasal özellikleri aynı olan doğal ve sentetik elmaslar arasındaki fark, uygun teknik ve metotlar uygulanarak ileri spektroskopik cihazlar kullanılarak belirlenmelidir.

KAYNAKÇA

- Ascensio, S. (2010). Uluslararası Elmas Ticareti ve Türkiye Uygulamaları, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Agrosi, G.; Tempesta, G.; Della Ventura, G.; Cestelli Guidi, M.; Hutchison, M.; Nimis, P.; Nestola, F. (2017). Non-Destructive In Situ Study of Plastic Deformations in Diamonds: X-ray Diffraction Topography and FTIR Mapping of Two Super Deep Diamond Crystals from São Luiz (Juina, Brazil). *Crystals*, 7, 233.
- Ardon T., Batin R. (2016). Lab Notes: HPHT-grown synthetic with strain. *G&G*, Vol. 52, No. 4, pp. 417–418.
- Bachmann P.K. (1998). Microwave plasma chemical vapor deposition of diamond. In M.A. Prelas, G. Popovici, and L.K. Bigelow, Eds., *Handbook of Industrial Diamonds and Diamond Films*, Marcel Dekker, New York, pp. 821–850.
- Burns, G. R. (1993). *Mineralogical application of crystal field theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Collins A.T. (2000). Spectroscopy of defects and transition metals in diamond. *Diamond and Related Materials*, Vol. 9, Nos. 3/6, pp. 417–423.
- Fecioru, M., Petrescu, M. and Jianu, E. (2001). Natural and synthetic diamonds: crystallography, synthesis, application, UPB Scientific Bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science 63(2):37-48
- Carbaugh, R. J. (2006). Contemporary economics: an applications approach, s.116
- D’Haenens-Johansson U.F.S., Moe K.S., Johnson P., Wong S.Y., Lu R., Wang W. (2014). Near-colorless HPHT synthetic diamonds from AOTC Group. *G&G*, Vol. 50, No. 1, pp. 30–45, <http://dx.doi.org/10.5741/GEMS.50.1.30>
- Eaton-Magaña S., Shigley J. (2016). Observations on CVD-grown synthetic diamonds: A review. *G&G*, Vol. 52, No. 3, pp. 222–245, <http://dx.doi.org/10.5741/GEMS.52.3.222>
- Robert Foster Davis; Dimond films and coatings: development, properties, and applications, s.2
- Fritsch E. ve Rossman G. R. (1987). An update on color in gems. Colors involving multiple atoms and color centers. *Gemological Institute of America. Gems & Gemology*, 2, 3-13.
- Gülen, E. (2017). Elmaslardaki Renk Değişiminin FT-IR İncelemesi ve Gemolojikel Olarak Değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

- Goodwin D.G., Butler J.E. (1998). Theory of diamond chemical vapor deposition. In M.A. Prelas, G. Popovici and L.K. Bigelow, Eds., *Handbook of Industrial Diamonds and Diamond Films*, Marcel Dekker, New York, pp. 527–581.
- Heberlein J.V.R., Ohtake N. (2002). Plasma torch diamond deposition. In J. Asmussen and D.K. Reinhard, Eds., *Diamond Films Handbook*, Marcel Dekker, New York, pp. 141–210.
- Hainschwang T., Notari, F., Vadaski E. (2014). The Rhodesian Star: An exceptional asteriated diamond. *Journal of Gemmology*, Vol. 34, No. 4, pp. 306–315.
- Haggerty, S.E. (1995). A diamond trilogy: Superplumes, supercontinents, and supernovae, 285, 851–860.
- HRD Antwerp (2008). Antwerp ve Pirlantalar, Çev.: Aygen YOLCU, 235, Antwerp Diamond High Council Press, Antwerp, Belçika.
- Şenocaklı, N. ve Şenocaklı E. (2008). “Mücevhercinin Sırları”, 1. askı- İstanbul, s. 57,65
- Emiliani, C. (1992). “Meteorites”. Planet earth: cosmology, geology, and the evolution of life and environment. Cambridge University Press. p. 152 HRD Elmas Eğitim Kitabı Volume: 2, Sayı 16,
- Arıyürek, M. Ve İyioğlu, M. T. (2020). Elmas ve Elmasın Mücevher Takı İmalatında Kullanımı, ulakbilge, 55: s. 1575–1587.
- Kaya, E. (2017). Elmaslardaki Renk Değişiminin Ft-İr İncelemesi ve Gemolojiksel Olarak Değerlendirilmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Doğal Yapı Taşları ve Süs Taşları Bölümü*, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Kumbasar, I. (2017). Elmaslarda Renklenme, *Mavi Gezegen Dergisi*. Lawson S.C., Kanda H., Watanabe K., Kiflawi I., Sato Y. (1996) Spectroscopic study of cobalt-related optical centers in synthetic diamond. *Journal of Applied Physics*, Vol. 79, No. 8, pp. 1–10.
- Magana, S.E., James E. Shigley, and Christopher M. Breeding, (2017). Observations on HPHT-Grown Synthetic Diamonds: A Review, Gemological Institute of America
- McClure, S. F., Kane, E. R. ve Sturmann, N. (2010). Gemstone enhancement and it's detection in the 2000s. Gemological Institute of America. *Gems & Gemology*, 46(3).
- Nassau, K. (1978). The origins of color in minerals. *American Mineralogist*, 63, 219- 229.

- Kaminsky, F.V.; Khachatryan, G.K.; Andreazza, P.; Araujo, D.P.; Griffin, W.L. (2009). Super-deep diamonds from kimberlites in the Juina area, Mato Grosso State, Brazil. *Lithos*, 112, 833–842.
- King J.M., Shigley J.E., Gelb T.H., Guhin S.S., Hall M., Wang W. (2005). Characterization and grading of natural-color yellow diamonds. *G&G*, Vol. 41, No. 2, pp. 88–115, <http://dx.doi.org/10.5741/GEMS.41.2.88> Prime Style, (2017). Fancy renk taş örnekleri, https://www.primestyle.com/news/Diamonds/Rare_Diamonds.html
- Ragozin, A.; Zedgenizov, D.; Kuper, K.; Kalinina, V.; Zemnukhov, A. (2017). The Internal Structure of Yellow Cuboid Diamonds from Alluvial Placers of the Northeastern Siberian Platform. *Crystals*, 7, 238.
- Richardson, S.H.; Gurney, J.J.; Erlank, A.J.; Harris, J.W. (1984). Origin of diamonds in old enriched mantle. *Nature*, 310, 198–202.
- Shirey, S., Cartigny, P., Frost, J.D., Keshav, S., Nestola, F., Nimis, P., Pearson, G., Sobolev, N., Walter, M. (2013). Diamonds and the Geology of Mantle Carbon: Reviews in Mineralogy & Geochemistry Vol. 75 pp. 355–421.
- Shigley J.E., Abbaschian R., Clarke C. (2002). Gemesis laboratory-created diamonds. *G&G*, Vol. 38, No. 4, pp. 301–309, <http://dx.doi.org/10.5741/GEMS.38.4.30>
- Shigley J.E., Abbaschian R., Clarke C. (2002) Gemesis laboratory-created diamonds. *Gems & Gemology*, Vol. 38, No. 4, pp. 301–309.
- Shigley J.E., McClure S.F., Breeding C.M., Shen A.H.-T., Muhlmeister S.M. (2004) Lab-grown colored diamonds from Chatham Created Gems. *G&G*, Vol. 40, No. 2, pp. 128–145, <http://dx.doi.org/10.5741/GEMS.40.2.128>
- Shigley J.E., Ed. (2005). *Synthetic Diamonds*. Gemological Institute of America, Carlsbad, California (in preparation)
- Shigley, James E., Christopher M. Breeding, and Andy Hsi-Tien Shen, (2004). An Updated Chart On The Characteristics Of Hpht-Grown Synthetic Diamonds, *GEMS & GEMOLOGY*, Vol. 40, No. 4, pp. 303–313.
- Sobolev, N.V. (1977). The Deep-Seated Inclusions in Kimberlites and the Problem of the Composition of the Upper Mantle; American Geophysics Union: Washington, DC, USA.
- Theisen, V.P. (1990). Diamond grading ABC (10th Ed.). (E. Stern, Trans.) New York, Antwerp: Rubin+Son. (Original work published 1990)
- Watanabe K., Lawson S.C., Isoya J., Kanda H., Sato Y. (1997). Phosphorescence in high-pressure synthetic diamond. *Diamond and Related Materials*, Vol. 6, No. 1, pp. 99–106, [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-9635\(96\)00764-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-9635(96)00764-9)

- Welbourn C.M., Cooper M., Spear P.M. (1997) Instruments de vérification de la De Beers pour distinguer les diamants naturels des synthétiques. *Revue de Gemmologie a.f.g.*, No. 131, pp. 11–20.
- Wild C., Koidl P., Muller-Sebert W., Walcher H., Kohl R., Herres N., Locher R., Samlenski R., Brenn R. (1993). Chemical vapour deposition and characterization of smooth {100}-faceted diamond films. *Diamond and Related Materials*, Vol. 2, No. 2–4, pp. 158–168.
- Wolden C.A. (2002). Combustion synthesis of diamond. In J. Asmussen and D.K. Reinhard, Eds., *Diamond Films Handbook*, Marcel Dekker Inc., New York, pp. 303–323.
- Yehoda J.E. (2002) Thermally assisted (hot-filament) deposition of diamond. In J. Asmussen and D.K. Reinhard, Eds., *Diamond Films Handbook*, Marcel Dekker, New York, pp. 119–140.
- Yelisseyev A., Babich Y., Nadolinny V., Fisher D., Feigelson B. (2002) Spectroscopic study of HPHT synthetic diamonds, as grown at 1500°C. *Diamond and Related Materials*, Vol. 11, No. 1, pp. 22–37.
- Zaitsev A.M. (2000) Vibronic spectra of impurity-related optical centers in diamond. *Physical Review B*, Vol. 61, No. 19, pp. 12909–12922.

İNTERNET KAYNAKLARI

- Balmer, R S. 2009. The Element Six CVD Diamond Handbook. Erişim Tarihi: 15.10.2021.
https://e6cvd.com/media/wysiwyg/pdf/E6_CVD_Diamond_Handbook_A5_v10X.pdf
- Encyclopaedia Britannica. 2017. Elmasın Atomik Yapısı. Erişim Tarihi: 23.11.2021. <https://www.britannica.com/topic/diamond-gemstone>
- Pırlanta Atölyesi. 2017. Pırlanta Renk Skalası. Erişim Tarihi: 11.08.2021.
<http://www.pirlantaatolyesi.com/PIRLANTA-EGITIM,DP-16.html>
- Sque, S. 2006. Structure of Diamond. Erişim Tarihi: 18.11.2021.
<http://newton.ex.ac.uk/research/qsystems/people/sque/diamond/structure/>
- The Kimberley Process Working Group on Statistics (WGS). 2019. Rough Diamond Statistics. Erişim Tarihi: 15.09.2021.
<http://kimberleyprocessstatistics.org>
- Zimnisky, P. 2013. The State Of 2013 Global Rough Diamond Supply. Erişim Tarihi: 22.09.2021. <http://www.futuresmag.com/2013/01/22/state-2013-global-rough-diamond-supply>