

Gemoloji ve Mücevher

Editör: Prof. Dr. Murat HATİPOĞLU



Gemoloji ve Mcevhher

Editör:

Prof. Dr. Murat HATİPOĞLU



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozgurayinlari.com

✉ info@ozgurayinlari.com

Gemoloji ve Mücevher

Editor: Prof. Dr. Murat HATİPOĞLU

Language: Turkish

Publication Date: 2025

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

ISBN (PDF): 978-625-8554-74-8

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1145>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>. This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Hatipoğlu, M. (ed) (2025). *Gemoloji ve Mücevher*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1145>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozgurayinlari.com/>



Ön Söz

Bu eser, “Gemoloji ve Mücevher” disiplinde eğitim almış ve halan bir kısmının eğitim verdiği akademisyenlerden oluşan çoklu yazarların bölüm yazılarıyla katkıda bulundukları özgün bir çalışmanın ürünüdür. Bu yönüyle Türkçe dilinde basılan öncü yayınlardan biri olma özelliğini taşımaktadır. Gemoloji ve mücevher dünyası, bilimin soğukkanlı analizi ile sanatın tutkulu estetiğinin kesiştiği büyüleyici bir noktadır. Birçok insan “Mücevher” kelimesine duymuş olmakla birlikte “Gemoloji” kelimesinin anlamına yabancı kalabilmektedir. Aslında “Mü-Cevher” kelimesinin anlamı iki cevher yani iki değerli emtia demektir. Bu cevherin birisi soy metal (altın-gümüş ve platin grubu (platin, paladyum vb. metal), diğer cevher de değerli taş veya taşlardır (elmas, yakut, safir, zümrüt, inci vb taşlardan).

İçindekiler

Ön Söz	iii
Bölüm 1	
Kapanımlar ve Süstaşlarının Tanınmasındaki Önemi <i>Meltem Gürbüz</i>	1
Bölüm 2	
Kaynaksız Teller Örülerek Yapılan Kazaziye Takı Yapımı <i>Remziye Erdem</i>	49
Bölüm 3	
Kuyumculukta Mikromozaik Tekniğinin Uygulanması ve Geleneksel Mozaik Bağlayıcısına Alternatif Hızlı Kürlenen Bir Malzeme Geliştirilmesi <i>Derya Canan Akman</i>	69
Bölüm 4	
Kuyum Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği: Kimyasal, Fiziksel, Ergonomik ve Psiko-Sosyal Riskler <i>Sevinç Özel</i>	87
Bölüm 5	
Kuyumculukta Deneysel Döküm Teknikleri: Organik, İnorganik ve Polimer Türevli Malzeme Davranışı ve Doku Transferi <i>Başak Gürsoy</i>	119 119
Bölüm 6	
Krizoprasın Takıya Dönüşüm Yolculuğu: Modern Teknolojiyle İşlenmesi <i>Evrin Çoban</i>	147

Kapanımlar ve Süstaşlarının Tanınmasındaki Önemi

Meltem Gürbüz¹

Özet

Kapanımlar, süs taşlarının tanınmasında başvuru en önemli iç yapı göstergelerinden biri olup taşın kökeninin, oluşum koşullarının, doğal mı sentetik mi olduğunun ve herhangi bir işleme tabi tutulup tutulmadığının anlaşılmasında kritik rol oynar. İnküzyonların mineralojik bileşimi, kristal şekilleri, dağılımları ve optik özellikleri; ev sahibi taşın jeolojik geçmişini yansıtan mikroskobik bilgi taşır.

Güncel spektroskopik ve görüntüleme yöntemlerindeki gelişmeler—Raman spektroskopisi, FTIR, SEM-EDS ve yüksek çözünürlüklü fotomikrografi—inküzyonların çok daha ayrıntılı analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Bu bölümde inküzyonların sınıflandırılması, kristal büyüme süreçleri ile ilişkileri, teşhis değeri ve çeşitli taşlarda örnek vaka incelemeleri ele alınmaktadır.

1. KAPANIM (İNKÜZYON) KAVRAMI VE SINIFLANDIRILMASI

Gemolojik terminolojide inküzyon (veya Türkçe karşılığıyla kapanım); bir mineralin kristalleşme süreci sırasında içine hapsedtiği, kendisinden farklı yapıdaki her türlü materyale veya yapısal düzensizliğe verilen genel isimdir. Daha basit bir benzetmeyle; bir kristal büyürken adeta bir “zaman kapsülü” gibi davranır ve oluştuğu ortamdaki parçacıkları içine alır.

Ticari piyasada inküzyonlar genellikle “kusur” (flaw) olarak adlandırılıp taşın değerini düşüren unsurlar olarak görülse de, gemologlar için bunlar taşın kimlik kartıdır (Gübelin&Koivula 2005). Mineral ve gemoloji bilimlerinde inküzyonlar, bir kristalin oluşum koşullarını, jeolojik evrimini ve sonradan maruz kaldığı süreçleri kayıt altına alan doğal arşivlerdir. Ancak bu bilgilerin

1 Dr.Öğr.Üyesi, Mersin Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, e-mail: mgurbuz@mersin.edu.tr
ORCID ID:0000-0003-2501-0697

doğru şekilde yorumlanabilmesi, inklüzyonların sistematik ve bilimsel bir sınıflandırmaya tabi tutulmasını zorunlu kılar. Inklüzyon sınıflandırması, yalnızca tanımlayıcı bir yaklaşım değil; aynı zamanda analitik, karşılaştırmalı ve tanısal bir yöntemdir. Inklüzyonlar genellikle faz türüne, kökenine, morfolojisine, oluşum zamanına ve optik-mikroskobik özelliklerine göre sınıflandırılır.

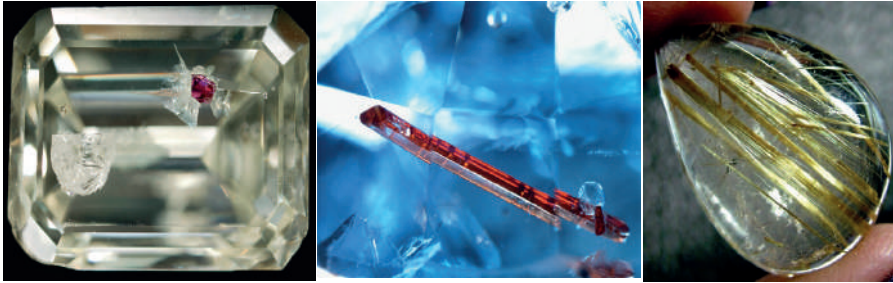
1.1. Faz türlerine Göre Sınıflandırma

Inklüzyonlar, bir süs taşının kristal yapısı içinde hapsolmuş olan katı, sıvı, gaz veya çok fazlı bileşenlerdir. Bu mikro yapıların çoğu, kristalin büyüme evresinde veya daha sonraki jeolojik süreçlerde oluşur ve taşın jeolojik geçmişine dair eşsiz bilgiler içerir (Gübelin & Koivula, 2005).

1.1.1. Katı Kapanımlar

Katı faz kapanımları, ev sahibi kristalin büyümesi sırasında hapsolmuş başka mineral taneleridir. Örneğin, bir elmasın içinde haps olmuş küçük bir lal taşı (garnet) kristali veya bir safirin içindeki rutil iğneleri. Bunlar “kristal içinde kristal” görünümünü sunar (Şekil 1).

Bu kapanımlar birincil oluşumludur ve taşın kimyasal-jeolojik ortamı hakkında en güçlü bilgiyi sağlar. Kristal büyüme sırasında stabil minerallerden oluşur. Raman ve SEM-EDS analizleri ile mineral tanımlanır. Köken (orijin) tayininde ve Katı faz kapanımları jeolojik basınç sıcaklık (P-T)koşullarının belirlenmesinde kullanılır (Sobolev et al., 2004).



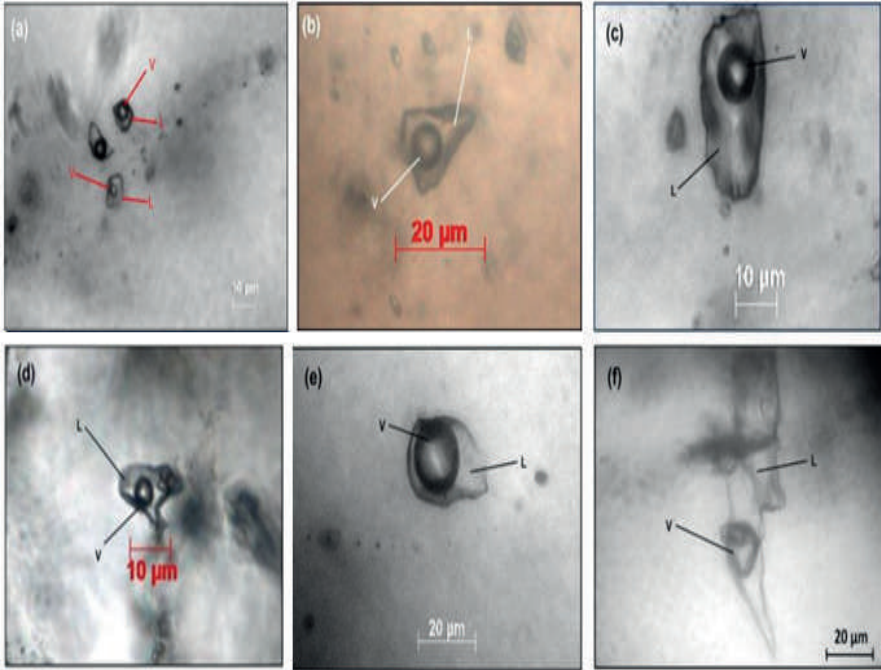
Şekil 1. Solda Katı Kapanımlar elmas içerisinde garnet kristali (<https://sciencephotogallery.com/featured/diamond-with-garnet-inclusion-natural-history-museum-london-science-photo-library.html>)

Ortada safir içinde rutil kristali <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2020-microworld-rutile-crystal-blue-sapphire>)

Sağda rutilli kuvars <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2020-microworld-rutile-crystal-blue-sapphire>

1.1.2. Sıvı Kapanımlar

Kristal büyürken ortamdaki ana çözeltiden hapsolan sıvılardır (Şekil 2). Genellikle su, tuzlu su veya sıvı karbondioksit içerirler. Hidrotermal oluşumun birincil göstergesidir (Hänni, 1995). Mikrotermometri ile kapanımın homojenleşme sıcaklığı ölçülerek mineralin oluşum sıcaklıkları hesaplanabilir (Roedder, E. (1984).



Şekil 2. (a) Kuvars içindeki sıvı kapanımlarının fotomikrografı (a, b) iki fazlı sıvı kapanımı, (c, d) sıvıca zengin sıvı kapanımı, (e) buharca zengin sıvı kapanımı, (f) daralmış sıvı kapanımı. (L = Sıvı, V = Buhar). (Oo, K. and at all.)

1.1.3. Gaz Kapanımlar

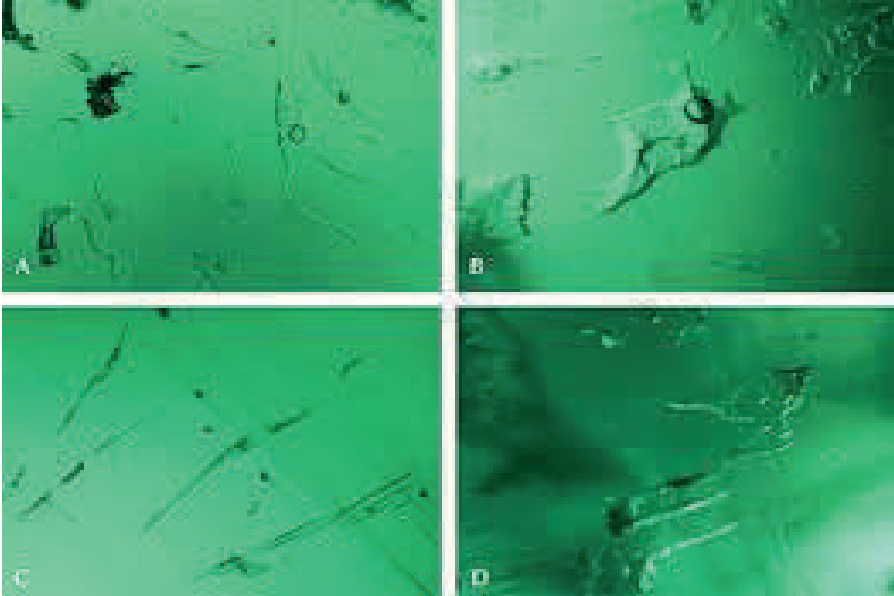
Genellikle sıvı kapanımlarıyla birlikte baloncuk şeklinde bulunurlar (Şekil 3). Saf gaz kapanımları da mümkündür (örn. hava kabarcıkları). Gaz kabarcığının sıvı hacmine oranı sıcaklık–basınç koşullarının yorumlanmasında kullanılır. Isıtma–soğutma deneyleriyle homojenleşme sıcaklığı (Th) ölçülebilir. Raman spektroskopisi ile CO₂, CH₄, N₂ gibi uçucu bileşenler tanımlanabilir.



Şekil 3. Gaz kapanımlar Zümrüt taklidi yapay camda gaz balonları grupları. Kurşun cam dolgulu yakutta gaz balonları ve parlama etkisi (<https://www.gems-inclusions.com/inclusions-types/by-phase-filling/single-phase/vapor>)

1.1.4. Çok fazlı kapanımlar

Bir kapanım boşluğu içinde sıvı + gaz + katı fazların birlikte bulunduğı karma sistemlerdir. En bilinen örneğı zümrütlerdeki üç fazlı kapanımlardır (Şekil 4). Hidrotermal sistemlerin kimyasal bileşimi ve tuzluluk derecesi belirlenebilir. Orijin tayininde en güçlü kanıtlardan biridir (Giuliani et al., 2000).



Şekil 4. Çok fazlı kapanımlar: zümrütte görülen sıvı + gaz + katı faz sistemi. A: Daha büyük çok fazlı kapanım, birkaç kristal ve küçük bir gaz kabarcığı sergiliyor. B: Gaz kabarcığının yanı sıra, en az üç renksiz kristal ve bir veya iki küçük koyu kristal görülebilir. C: Uzunlamasına çok fazlı kapanımlarda iki renksiz şeffaf kristal ve küçük bir gaz kabarcığı. D: Düzensiz şekilli çok fazlı kapanımlarda küçük bir gaz kabarcığı ve küçük bir siyah kristal ile birlikte iki renksiz şeffaf kristal (Sobolev et al., 2004).

Kapanım fazları kristalin olduğu jeolojik ortamın doğrudan temsilcileridir:

Faz Türü	Jeolojik Yorum	Örnek
Katı Faz	P-T koşulları, mineral denge alanı	Elmas içi garnet
Sıvı Faz	Hidrotermal sistemin bileşimi, tuzluluk	Zümrüt damarları
Gaz Faz	Uçucu bileşenlerin varlığı, basınç	Kuvars içinde CO ₂
Çok Fazlı	Derin hidrotermal evrim, jeokimyasal ayrışma	Kolombiya zümrütleri

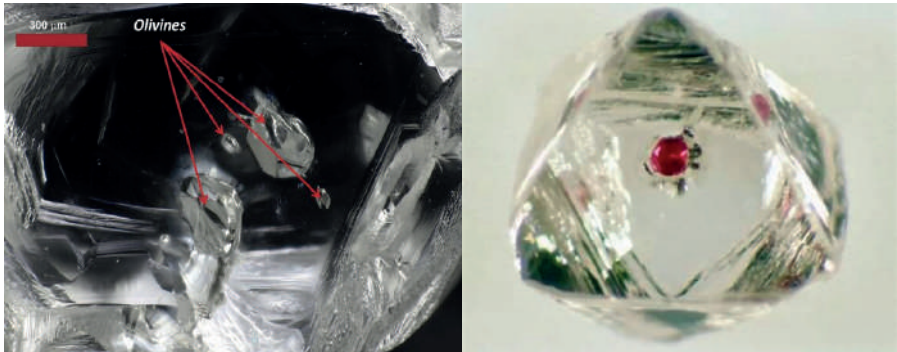
Bu faz kombinasyonları, özellikle **hidrotermal**, **magmatik**, **metamorfik** ortamların ayırımında kritik öneme sahiptir.

1.2. Kökenine Göre Sınıflandırma

Köken sınıflandırması, kapanımın ana mineral ile olan genetik ilişkisini esas alır (Roedder, 1984).

1.2.1. Protogenetik Kapanımlar

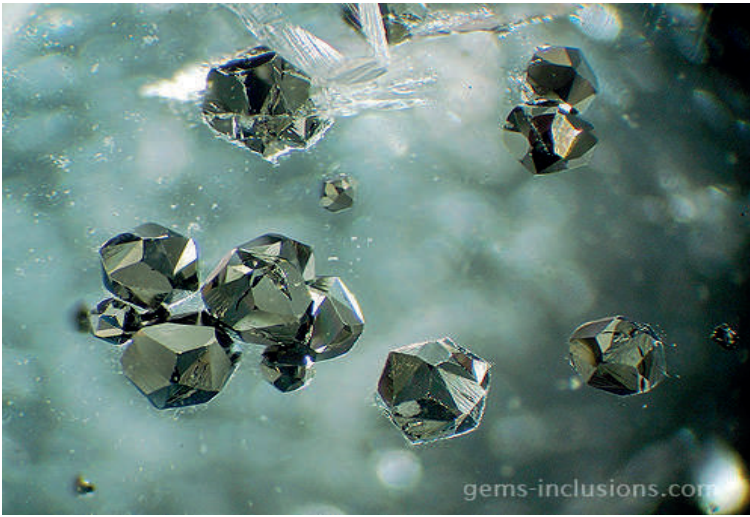
Protogenetik kapanımlar, ana mineral kristallenmeden önce oluşmuş ve kristal büyümesi sırasında çevrelenmiştir. Yunanca da ‘proto’ birinci sırada anlamındadır. Elmas daki, garnetler olduğu gibi ilk önce şekillenmiş kristallerle olan olivini elmasın hapsedmesi protogenetik kapanımlara örnektir (Şekil 5). Protogenetik kapanımlar sıklıkla ev sahibi mineral tarafından kısmen eritilmiş olduğu için yuvarlanmış yada aşınmıştır. Bununla beraber sivri yada köşeli de olabilir. Kristalografik uyumsuzluk, kapanımın ana minerale daha yaşlı olduğunu göstermektedir (Gübelin & Koivula, 2005).



Şekil 5. Elmas içinde protogenetik olivin kapanımı (solda) . (Nestola, F. & Smyth, J. 2015). Granat kapanımı (sağda) https://katannutadiamonds.co.za/south-african-diamonds-8-facts/?utm_source=chatgpt.com

1.2.2. Singenetik Kapanımlar

Singenetik kapanımlar, ana mineral ile eş zamanlı olarak kristallenir ve çoğu durumda kristal yüzeyleri ana mineralin büyüme zonlarıyla uyumludur. Bu özellik, doğal kristallenme ortamlarının tanımlanmasında kritik öneme sahiptir (Shepherd et al., 1985). Sinjenetik katı kapanımlar genellikle sivri ve köşeli olup sıvı inklüzyonları yaygındır. Kristal büyümesi sırasında oluşmuş boşluktaki sıvı ve gaz baloncuklara sıvı eklenmesiyle ya da sadece sıvı, gaz ve kristal ile dolar. Bu sıvı kapanımlar bilimsel açıdan kristal büyümeleri sırasında oluşmuş ilginç parçalardır ve kristal büyümeleri arasındaki ısı ve basıncın belirlenmesinde önemlidir. Tipik olarak, sinjenetik kapanımlar, genellikle düzensiz ve kısmen çözünmüş formlar gösteren protogenetik kapanımlara kıyasla, iyi şekillenmiş kristal şekillerine (öhdral veya idiomorf kristaller) sahiptir (Şekil 6). Bunun nedeni, birlikte oluşan minerallerin aynı koşullar altında kararlı olmaları, iyi şekillenmiş kristaller geliştirmeleri ve protogenetik kapanımlarda olduğu gibi sonradan çözünme sürecine maruz kalmamalarıdır (Gübelin & Koivula, 2005).



Şekil 6. Beril içinde singenetik apatite kapanımı. Altıgen prizmatik morfoloji, eş zamanlı kristallenmeye işaret etmektedir <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-photo-gallery/night-at-the-prado-museum/>

1.2.3. Epigenetik Kapanımlar

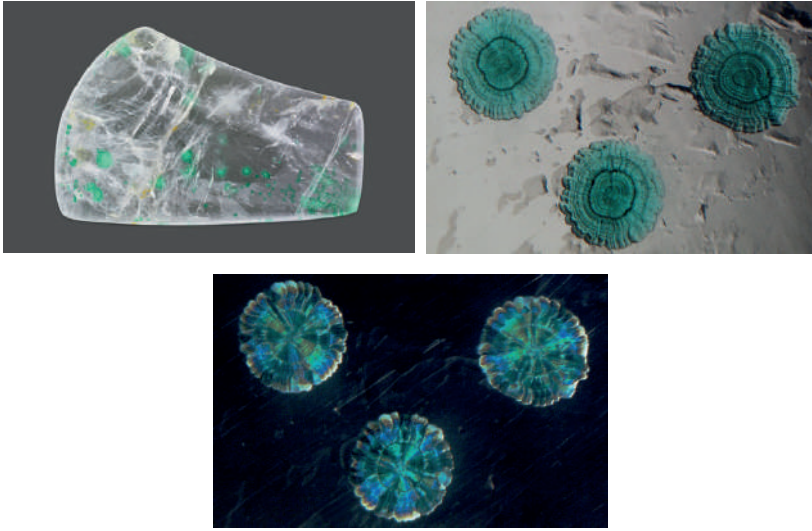
Epigenetik kapanımlar, ana mineral kristallendikten sonra, çatlaklar veya boşluklar boyunca gelişir. Bu kapanımlar çoğu zaman sekonder sıvı

akışkanlarını temsil eder (Roedder, 1984). Yunanca da başlangıçtan sonra anlamındadır. (Goldstein & Reynolds, 1994). Epijenetik kapanımlar, kimyasal alterasyon, kapanmış olan sıvı kapanımların kristalleşmesi, eksolution, kırık ve çatlaklar içerisinde materyallerin girmesi ve radyoaktif olaylarla yapısal bozulmalar sayesinde olabilir (Şekil 7). Örneğin, korunddaki asterizme neden olan rutil iğneleri, moss ağattaki mangan oksitlerin dentritik kristalleri eksolution sırasında şekillenmiştir (Gübelin & Koivula, 2005).



Şekil 7. Tamamen değişime uğramış, epigenetik minerallerle yer değiştirmiş inklüzyonlara sahip sajenitik akik. <https://www.gems-inclusions.com/images/types/sagenitic-inclusions-agate.jpg>

Mineral içeren zengin sıvılar açık çatlaklarda hapsolup buharlaştırdıktan sonra geride epigenetik mineral parçaları oluşabilir. Bunlar çoğunlukla çatlaklarda kahverengi demir oksit lekelenmeleri şeklinde oldukça yaygındır. Şekil 8a da Raman spektroskopisi ile Inklüzyonların ve ana kayanın tanımlanması yapılan Brezilya kaya kristalininin, ilginç malakit inklüzyonu bulunmaktadır (şekil 8b). Bu inklüzyonlar, kuvars ikincil çatlaklar içinde epigenetik kapanımlar olup düzleştirilmiş diskler, polarize ışıktaki görülebilen canlı girişim renkleri içerdiği görülmektedir (şekil 8c). (<https://www.gia.edu/gems-gemology/fa13-gni-epigenetic-malachite-quartz>)



Şekil 8. a) Solda Brezilya'dan olduğu bildirilen bu 52,99 karatlık serbest biçimli kaya kristali kuvars kabaşon, birkaç epigenetik malakit diski içermektedir. .

b) Ortada kaya kristali kuvarsin çatlakları içinde hapsolmuş epigenetik radyal disk şeklinde malakit

c) Sağda . Polarize ışık altında, canlı girişim renkleri sergileyen malakit diskler

1.3 Oluşum Zamanlarına Göre Sınıflandırma

Bu sınıflandırma, kapanımların mineral kristallenmesinin hangi evresinde oluştuğunu belirlemeye dayanır ve jeolojik süreçlerin zamanlamasını çözmede en kritik yaklaşımlardan biridir (Roedder, 1984; Goldstein & Reynolds, 1994).

Genel olarak dört ana grup tanımlanır:

1. Primer (Projenetik) kapanımlar
2. Pseudosekonder kapanımlar
3. Sekonder (Epijenetik) kapanımlar
4. Magmatik eriyik kapanımları (Melt inclusions)

1.3.1. Primer (Projenetik) Kapanımlar

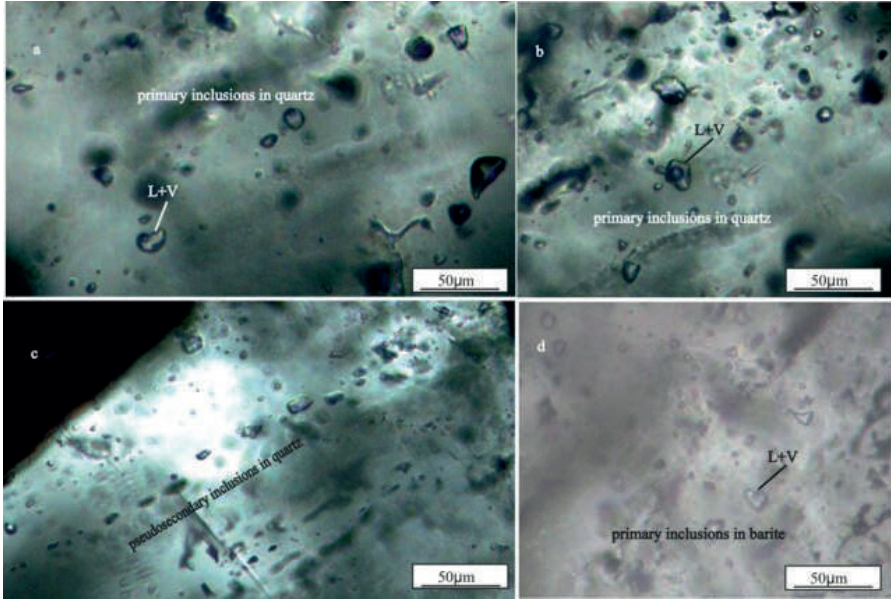
Primer kapanımlar, konak mineral kristali büyürken eşzamanlı olarak hapsolmuş fazlardır. Bu nedenle, mineralin oluştuğu ilk fiziksel-kimyasal koşulları doğrudan temsil ederler. Kristal büyüme zonlarıyla paralel dizilişli olması ,negatif kristal veya iyi dengelenmiş morfolojisi sunması, genellikle

tekil veya kümeler hâlinde bulunması, kristal sınırlarını kesmemesi ayırt edici özellikleridir (Şekil 9 a-b-d). Magmatik, metamorfik veya hidrotermal ortamın ilk P–T–X koşulları karakterize eden en güvenilir jeotermobarometri verilerini içeren ve akışkan bileşimi ve tuzluluk analizleri için ideal kristalleri barındıran kapanımlardır. Tipik olarak kuvars, feldispat, beril, topaz, korindon minerallerinde gözlenir.

1.3.2. Pseudosekonder Kapanımlar

Pseudosekonder kapanımlar, mineral büyümesi sırasında oluşan bir mikroçatlak boyunca hapsolür; ancak kristal büyümesi sonradan devam ettiği için, bu kapanımlar kristalin içinde “gömülü” kalır. Çatlak boyunca doğrusal dizilim göstermesi, çatlağın kristal kenarına ulaşmaması, büyüme zonlarıyla kısmen ilişkili olması ve primer ve sekonder arasında geçişi ifade etmesi karakteristik özellikleridir (Şekil 9c).

Jeolojik anlam olarak kristallenme sırasında yaşanan geçici gerilme olaylarına, büyüme ortamındaki kısa süreli P–T–X değişimleri, dinamik kristal büyüme koşullarına işaret eder. Pseudosekonder kapanımlar, sıklıkla yanlışlıkla primer veya sekonder olarak yorumlanır ve yanlış sınıflandırma, jeotermobarometrik hatalara yol açabilir.



Şekil 9. Sıvı kapanımlarının fotomikrografları. a ve b - Kuvars içindeki birincil kapanımlar; c - Kuvars içindeki yalancı ikincil kapanımlar; d - Barit içindeki birincil kapanımlar. (Ünal Ç. & at all. 2019).

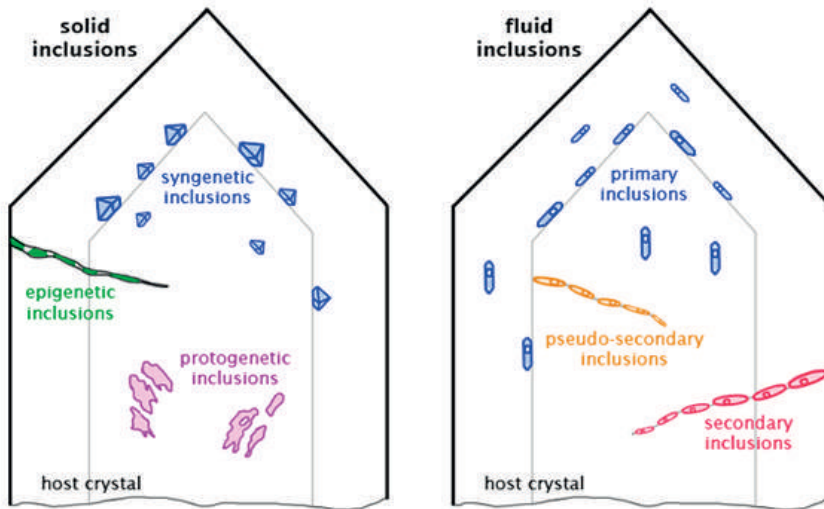
1.3.3. Sekonder (Epijenetik) Kapanımlar

Sekonder kapanımlar, konak mineral kristallenmesini tamamladıktan sonra, kırık veya çatlaklar boyunca içeri giren akışkanların hapsolmesiyle oluşur (Şekil 10). Kristali tamamen kesen çatlaklar şeklinde, çok düzenli, çizgisel dizilim gösteren büyüme zonlarını dikkate almayan çoğu zaman çok sayıda ve küçüktür. Jeolojik olarak sonraki hidrotermal olaylarda, deformasyon, faylanma, tektonik yeniden etkinleşme sonrasında yada metasomatik süreçler de oluşmuştur. Sekonder kapanımlar orijinal oluşum koşullarını temsil etmez ve primer gibi yorumlanırsa, yanıltıcı sonuçlar doğurur.

İçerdiği maddelerin, ana kristale göre hapsolme zamanına göre sınıflandırılması için kullanılan terimler, katı ve sıvı kapanımlar için farklı olup aşağıdaki tabloda, her iki kapanım türü için sınıflandırma sunulmuştur. <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-types/by-type-of-trapping/>

	Önce	Sırasında	Sonrasında
Katı kapanımlar	Protogenetik	Singenetik	Epigenetik
Sıvı kapanımlar	—	Birincil ve Yarı İkincil	İkincil

Katı kapanımların aksine, sıvı kapanımlar ana mineralin kristalleşmesinden önce oluşamaz. Bunlar yalnızca kristalleşme sırasında (birincil ve yarı ikincil sıvı kapanımlar) veya kristal oluşuktan sonra, iyileşmiş kırıklarda (ikincil sıvı kapanımlar) ortaya çıkabilir.



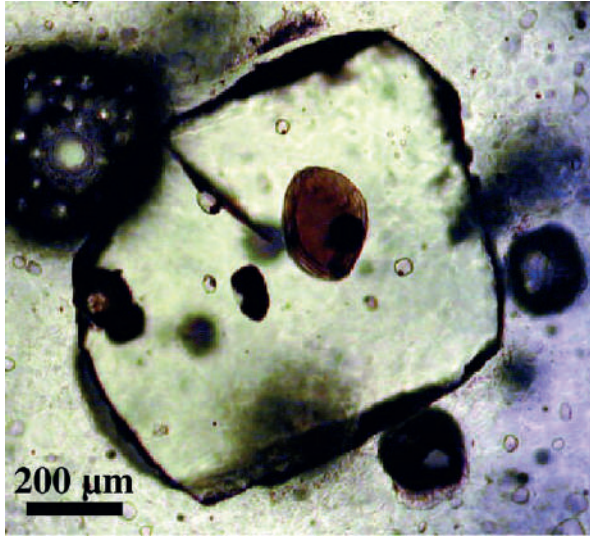
Şekil 10. Katı ve sıvı kapanımların farklı tiplerinin, ana kristal oluşumuna göre kapanım zamanlarının sınıflandırılan şematik gösterimi. <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-types/by-type-of-trapping/>

1.3.4. Magmatik Eriyik Kapanımları (Melt Inclusions)

Magma içindeki eriyik fazın, kristalleşen mineral tarafından hapsolmasıyla oluşur. Teknik olarak primerdir; ancak sıvı kapanımlardan ayrı değerlendirilir. Magmanın katılaşması ve gaz çıkışı sırasında genellikle kaybolan uçucu maddelerin ve metallerin bozulmamış konsantrasyonlarını kaydetmeleri zamansal anlık veri sunması ve alterasyondan büyük ölçüde etkilenmedikleri için ortam yorumlarında, magmanın ilk bileşimi, içerik (H_2O , CO_2 , S, Cl), derin magmatik P-T koşulları hakkında bilgi sunması açısından önemli avantaj sunarlar. Genellikle olivin, piroksen, plajiyoklaz içinde gözlenir (Şekil 11). Koyu cam faz, yuvarlak veya düzensiz boşluk, gaz kabarcığı çok belirgindir.

Bir kapanımın şekli değil, kristal içindeki konumu ve dizilimi oluşum zamanını belirler.

Negatif kristal şekilli bir kapanım bile, eğer kristali kesen bir çatlak üzerindeyse sekonder olabilir (Roedder, 1984 ve Goldstein & Reynolds 1994)



Şekil 11. Olivin içinde yer alan eriyik kapanımının mikroskop fotoğrafı. Resimde görülen kapanım, Guguang adasından alınan GUG-D örneğidir. Olivin kristali reçineye gömülmüştür ve yüzeydeki eriyik kapanımını ortaya çıkarmak için parlatılmıştır. Kapanım, berrak, kahverengi camdan yapılmıştır ve tek bir buhar kabarcığı içermektedir. (Kelley, K. & et al. 2010).

Karşılaştırmalı Özet Tablo aşağıda verilmiştir.

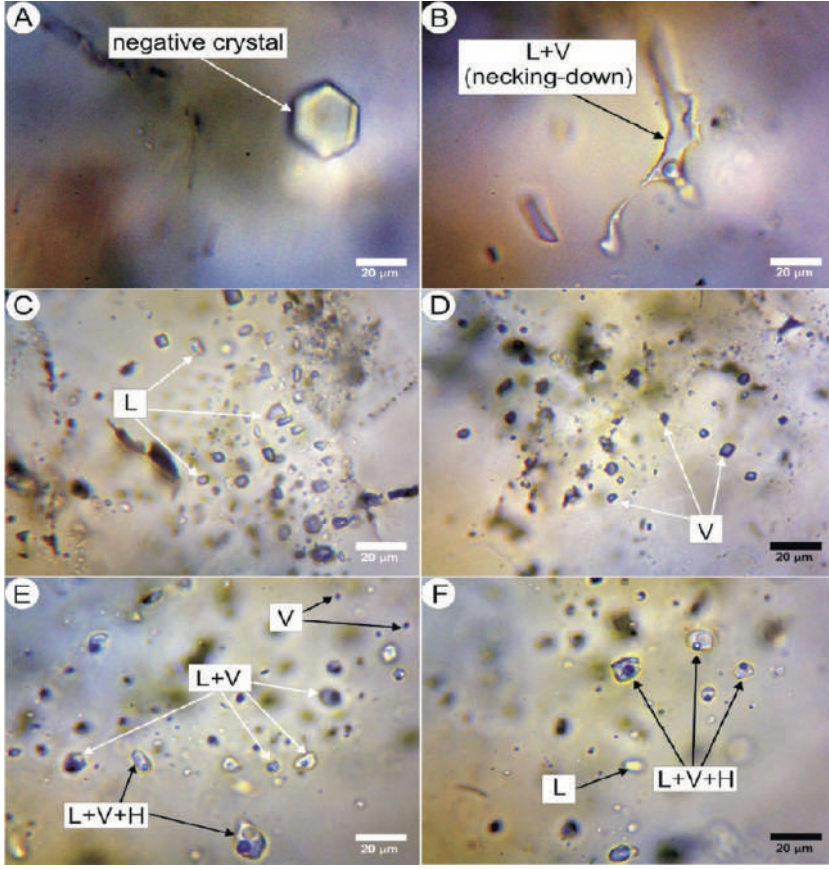
Kapanım Türü	Oluşum Zamanı	Kristal ile İlişki	Jeolojik Yorum
Primer	Kristal büyümesi sırasında	Büyüme zonlarıyla uyumlu	İlk oluşum koşulları Kristal büyümesi (magmatik/ metamorfik)
Pseudosekonder	Büyüme sırasında (çatlak boyunca)	İçte kalmış çatlak	Kırılma ve sonraki akışkan aktiviteleri Geçici stres / değişim
Sekonder	Büyüme sonrası	Kristali keser	Deformasyon ile bağlantılı Sonraki hidrotermal olay
Eriyik kapanımlar	Magmatik kristallenme	Primer	Magma bileşimi Magmatik ortam, derin P-T

1.4. Morfolojisine Göre Sınıflandırma

Morfolojik sınıflandırma, kapanımların yalnızca tanımlanmasını değil; kristal büyüme kinetiği, termodinamik denge koşulları ve sonradan gerçekleşen deformasyon–rekristalizasyon süreçlerinin yorumlanmasını da mümkün kılar. Kapanım morfolojisi; yüzey enerjisi, kristalografik yönelme, akışkan viskozitesi ve kapanım–konak mineral ara yüzey gerilimi gibi parametrelerin bileşkesidir (Roedder, 1984; Bodnar, 2003). Bu nedenle morfoloji temelli yaklaşım hem jeolojik hem de gemolojik çalışmalarda temel bir analitik çerçeve sunar.

1.4.1 Negatif Kristal Şekilli Kapanımlar

Negatif kristal kapanımlar, konak mineralin kristal yüzeylerini ve simetrisini taklit eden çok yüzlü boşluklardır. En sık kuvars, korindon ve beril gibi iyi gelişmiş kristal morfolojisine sahip minerallerde gözlenir. Bu kapanımlar genellikle projenetik karakterlidir ve kristalin büyüme evresinde, dengeye yakın koşullarda hapsolmuş akışkanları temsil eder. Kristalografik eksenlere paralel yüzeyler, keskin köşeler ve düzgün fasetler, genellikle tek fazlı veya iki fazlı (sıvı + gaz) içerikleri ile tanınırlar (Şekil 12).



Şekil 12. Lakehsiah 1 yatağındaki kuvarsda bulunan çeşitli sıvı kapanım türlerinin fotomikrograf görüntüleri. A: Negatif kristal şekli, B: İki fazlı kapanımlarda daralma, C: Tek fazlı sıvı kapanımlar (L), D: Tek fazlı buhar kapanımları (V), E: Üç fazlı ve iki fazlı sıvıca zengin kapanımlar ve F: Halit katı fazlı üç fazlı kapanım (H). (Gholipoor, M. & at all 2021).

1.4.2. Yuvarlak–Oval Kapanımlar

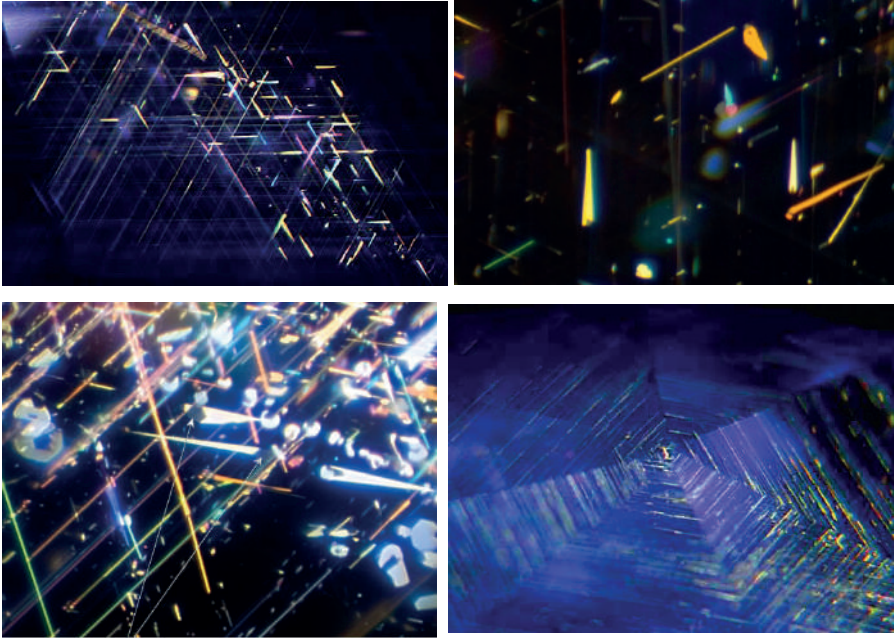
Yuvarlak ve oval kapanımlar, yüzey enerjisinin minimize edildiği koşullarda gelişir. Bu morfoloji çoğunlukla yüksek sıcaklıkta kapanım yeniden dengelenmesi (re-equilibration) veya izotropik gerilme alanlarının etkisiyle oluşur. Primer veya sekonder kökenli olabilirler. Küresel veya elipsoidal geometri, kristalografik yönelmeden bağımsız şekil, sıklıkla iki veya çok fazlı içerikleri karakteristiktir (Şekil 13).



Şekil 13. Oval kabaşon olarak işlenmiş dumanlı kuvarsın içerisindeki yuvarlak uraninit inklüzyonları <https://www.gems-inclusions.com/shop/uraninite-inclusions-in-quartz-2/>

1.4.3. Uzamış (İğnemsî ve Çubuksu) Kapanımlar

Uzamış kapanımlar, kristal büyüme hızının yüksek olduğu ve büyümenin belirli yönlerde yoğunlaştığı koşullarda gelişir. Katı kapanımlar (ör. rutil, sillimanit) kadar akışkan dolu kanalcıklar da bu gruba girer (Şekil 14-15). Gemolojide yıldız etkisi (asterizm) ve ipeksi görünüm gibi optik olaylarla doğrudan ilişkilidir. Konak mineralin kristal eksenlerine paralel uzanım göstermesi, yüksek boy/en oranı ve genellikle çok sayıda ve paralel dizilimi ile tanınır.



Şekil 14. Safirde gelişmiş rutil iğneleri. yüksek büyütme, iyi biçimlendirilmiş rutil ipeğinin genellikle geniş uçlarında küçük yavru kristallerin büyüdüğünü ortaya koymaktadır:

<https://www.ruby-sapphire.com.lotusgemology.com/index.php/about/10-articles/767-rutile-silk-in-ruby-sapphire-following-the-silk-road>



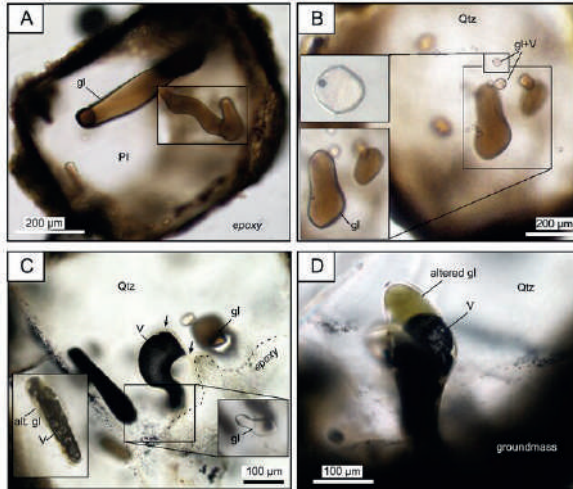
Şekil 15 . Kuvars içinde gelişmiş rutil iğneleri. Soldaki foto <https://scienceline.org/wp-content/uploads/2011/11/rutilatedquartz.jpg>

Sağdaki Brezilya'dan kuvars içindeki rutil yıldızları

<https://www.gems-inclusions.com/inclusions-photo-gallery/by-included-mineral/rutile-inclusions/>

1.4.4. Düzensiz (Anhedral) Kapanımlar

Düzensiz şekilli kapanımlar, belirgin kristal yüzeylere sahip değildir. Çoğunlukla çatlak dolgusu, çözünme–yeniden çökme veya metasomatik süreçler sonucu oluşur ve epijenetik karakter taşır. Keskin olmayan sınırları, karmaşık ve düzensiz geometrisi, çok fazlı içerik (sıvı + gaz + katı) ile tanınır (Şekil 16).



Şekil 16. Plajiolaz (Pl) içinde yer alan kahverengi cam (gl)anhedral , solucan benzeri kapanımlar (Agangi, A& at al.2022).

1.4.5. Kanal ve Tüp Şekli Kapanımlar

Kanal ve tüp tipi kapanımlar, akışkanların kristal içinde yönlü hareket ettiğini gösteren lineer yapılardır. Deformasyon, gerilme ve kayma zonlarıyla ilişkili olabilir ve genellikle sekonder kökenlidir. Uzun, dar ve süreksiz kanallar, çoğunlukla paralel dizilim, çatlak sistemleriyle ilişkili konum şeklindedir (Şekil 17).



Şekil 17. Musakashi zümrüdünde, kristalin prizma yüzeylerine paralel büyüme tüpleri
https://www.researchgate.net/figure/Growth-tubes-parallel-to-the-prism-faces-of-the-crystal-are-visible-in-this-Musakashi_fig3_264542547

Morfolojik verilerin P–T bağlamında değerlendirilmesi, kapanımların yalnızca tanımlanmasını değil; mineralin kristallenme ve sonradan geçirdiği tektonik–termal evrelerin yeniden yapılandırılmasını da mümkün kılar.

Morfolojik kapanım türleri ile oluşum ortamı ve yaklaşık basınç–sıcaklık (P–T) koşullarının karşılaştırılması.

Morfoloji	Tipik Oluşum Ortamı	Köken	Yaklaşık P–T Aralığı	Yorum
Negatif kristal	Magmatik–pegmatitik	Projenetik	400–800 °C / 1–5 kbar	Dengeye yakın büyüme koşulları
Yuvarlak–oval	Metamorfik / yeniden dengelenmiş	Primer–sekonder	300–700 °C / değişken	Termal yeniden dengeleme
Uzamış (iğnemsî)	Magmatik–metamorfik	Projenetik	600–900 °C / orta–yüksek P	Hızlı büyüme kinetiği
Düzensiz (anhedral)	Hidrotermal	Epijenetik	200–400 °C / düşük–orta P	Çatlak dolgusu, metasomatik
Kanal / tüp	Deformasyon zonları	Sekonder	150–350 °C / değişken	Gerilme kontrollü akışkan göçü

1.5. Optik -Mikroskobik Özelliklerine Göre Sınıflandırma

1.5.1. Parmak izi (fingerprint) Kapanımlar

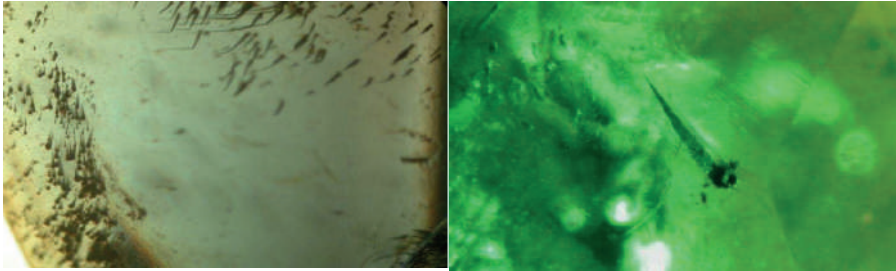
Birbirine çok yakın aralıklı, kavisli veya dalgalı sıvı kapanım dizileri şeklinde insan parmak izine benzer konsantrik/akışkan çizgiler olup iyileşmiş mikroçatlakların klasik göstergesidir (Şekil 18). Sekonder–pseudosekonder kökenli olup doğal taşlarda yaygın olmasına karşın, özellikle ısıtılmış taşlarda çok karakteristiktir.



Şekil 18. İşlenmemiş Burma mavi safirinde sıvı parmak izi kalıntısı https://gemologyproject.com/wiki/index.php?title=File:Liquid_fingerprint_inclusion_in_untreated_Burmese_blue_sapphire_2.jpg

1.5.2. Çivi Başı / Tırnak Başı (Nail-Head Spicule) Deseni Kapanımlar

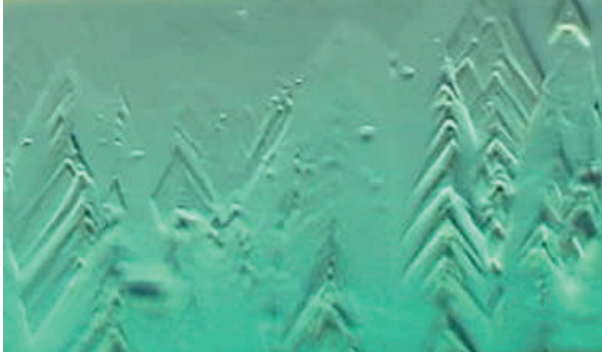
İnce, düz kanal/tüp ve ucunda yuvarlak bir kapanım içeren “Çivi + başı” görünümü genellikle tek yönlü olan kapanımlardır (Şekil 19). Doğal korindon (özellikle safir) için çok karakteristik olup sentetiklerde nadir gözlenir.



Şekil 19. Solda iğne benzeri yapılar sergileyen çeşitli yönlerde çivi bnezeri Spinel kapanımlar Sağda, eriticiyle yetiştirilmiş sentetik bir zümrüdüin yüzeyinde kırılan bir çivi başı kapanım görülmüyor. (<https://www.gia.edu/doc/A-Study-of-Nail-head-Spicule-Inclusions-in-Natural-Gemstones.pdf>)

1.5.3. Balıksırtı (Chevron) Deseni kapanımlar

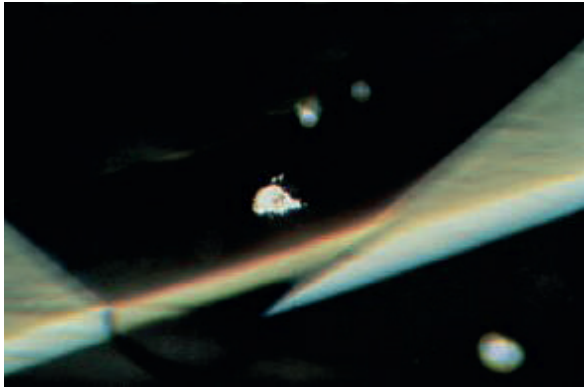
V-şeklinde, karşılıklı dizilmiş kapanımlar kristal büyüme yönüne simetrik doğal kristal büyümesi göstergesi olup sentetik alev füzyon taşlarında akış çizgilerinden ayırt edilir (Şekil 20)



Şekil 20. Doğal zümrüdü sentetik zümrüitten ayırmak için en iyi kanıtlardan biri olan kristal büyümesine paralel V-şekilli şevron kapanım dizileri büyüme <https://geology.com/gemstones/emerald/>

1.5.4. Ekmek Kırıntısı (Breadcrumb) Desenli Kapanımlar

Çok sayıda küçük, yuvarlak, dağınık kapanımlı belirgin yönlene olmayan “Serpilmiş” görünümlü kapanımlardır (Şekil 21). Doğal kuvars ve berilde yaygın olup düşük enerjili kapanım oluşumudur.

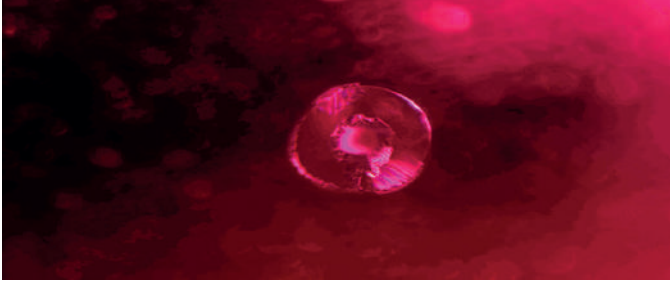


Şekil 21. Sentetik pembe kuvarsin bazı örneklerinde, sentetik kuvars için tipik olan “ekmek kırıntısı” şeklindeki inklüzyonlar görüldü.

https://www.researchgate.net/publication/285568649_Russian_Synthetic_Pink_Quartz/figures?lo=1

1.5.5. Kar Topu (Snowball) Desenli Kapanımlar

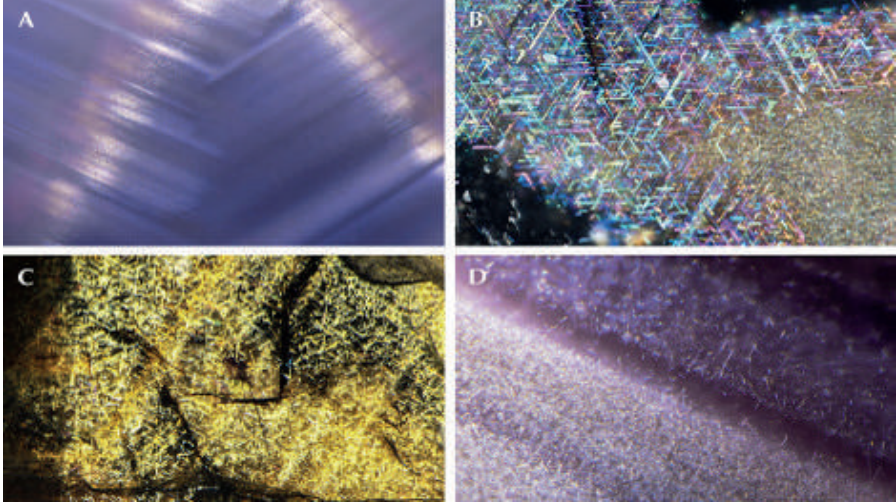
Merkezden dışa doğru sarmal/yoğun kapanımlar olup dönele kristal büyümesi izlenimi verirler. (Şekil 22) Doğal metamorfik/mineral büyümesi olup sentetiklerde neredeyse gözlenmezler.



Şekil 22. Genellikle “kar topu” olarak adlandırılan, bulanık, ısı ile değişime uğramış bir kristal kapanımı, disk şeklinde bir kırıkla çevrilidir ve korundum tohumunun doğal kökenini kanıtlamaktadır. <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2017-labnotes-two-unusual-natural-sapphires-synthetic-ruby-overgrowth>

1.5.6. İğnemsî Ağ / İpek (Silk / Needle Network) Kapanımlar

Çok sayıda **paralel iğnenin olduğu** Işığa tutulduğunda ipeksi görünüm sergileyen ve Asterizm (yıldız etkisi) ile ilişkili kapanımlardır (Şekil 23).

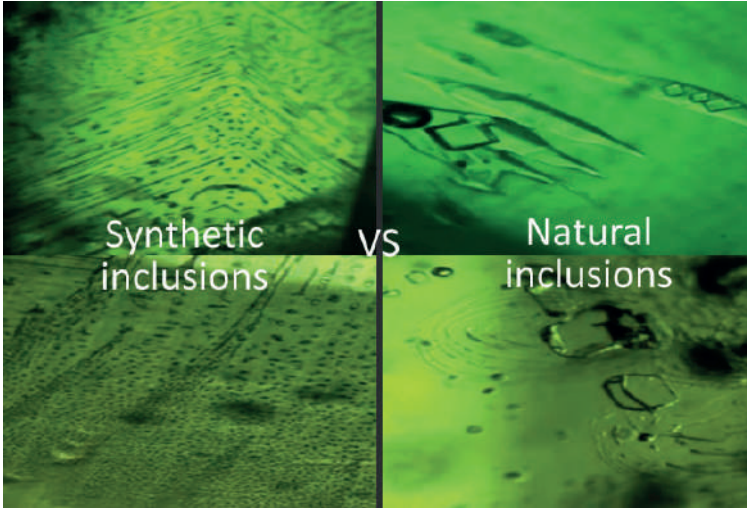


Şekil 23. Yıldız safirde ince rutil ipek. B: Burma safirinde rutil iğneleri. C: Kenya safirinde yoğun hematit ve/veya ilmenit iğneleri. D: 12 ışıklı yıldız safirde iğne inklüzyonları. <https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2025-phenomenal-gemstones>

2 . KAPANIMLARIN GEMOLOJİK AÇIDAN ÖNEMİ

2.1. Mücevher taşının Doğal veya Sentetik Olduğunu Belirleyen Kapanımlar

Doğal mücevher taşları , jeolojik süreçlerin ürünü olan kompleks ve düzensiz inklüzyonlara sahipken doğal ile aynı bileşimde laboratuvarlarda üretilen sentetik mücevher taşları ise büyüme çizgileri, akış hatları, baloncuklar, metal platin partikülleri gibi karakteristik yapay inklüzyonlar bulundurur(Şekil 24) (Nassau, 1999).



Şekil 24. Solda sentetik mücevher taşlarında karakteristik olan akış izleri ve büyüme çizgileri sağda doğal inklüzyonlarda görülen kristal kapanımlar (<https://www.luxedo.it/en/news/questa-gemma-e-reale-o-una-imitazione-naturale-o-sintetica/?srsltid=AfmBOoq4mHPv8WAI6DFuFw-9Zu5j2j6AnVI3JSuAquxg0ZKcexdPzQg>)

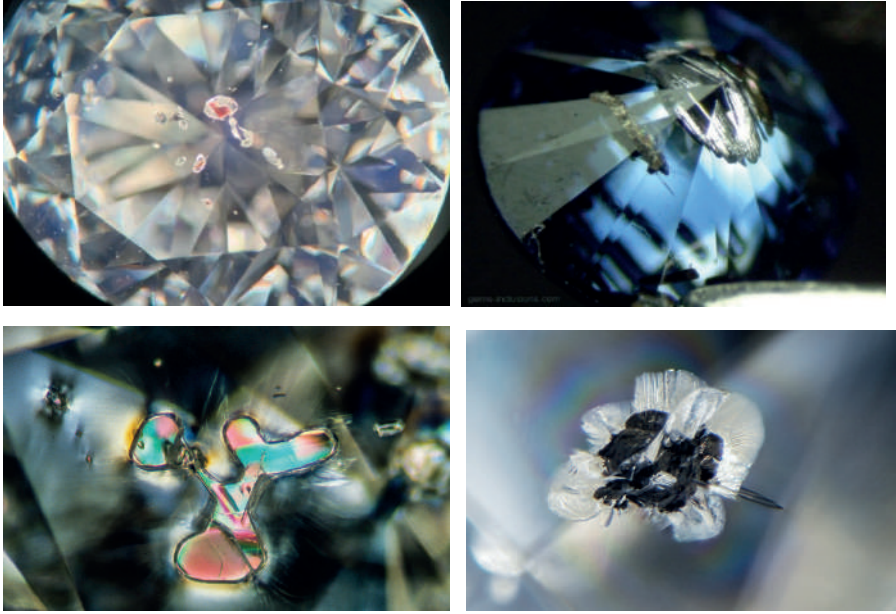
2.1.1.Elmas

Kapanımlar, elmasın doğal mı, sentetik mi yoksa taklit mi olduğunun belirlenmesinde en güvenilir içsel tanı kriterlerinden biridir. Doğal elmaslarda mantoya özgü mineral kapanımları ve gerilim izleri baskınken; sentetik elmaslarda üretim sürecine bağlı metalik veya yapay büyüme özellikleri ön plana çıkar (Şekil 25). Taklit taşlar ise elmasın jeolojik ve kristalografik karakterini yansıtmayan, genellikle basit ve düzenli içsel yapılara sahiptir.

Doğal elmaslar, mantonun yüksek basınç-yüksek sıcaklık (HPHT) koşullarında oluşur ve bu süreç, karakteristik kapanım tiplerinin gelişmesine

yol açar. Doğal elmaslarda sık gözlenen başlıca katı kapanımlar olivin, piroksen (enstatit, diopsit), granat (özellikle pirop), kromit, sülfürler (pyrrhotit, pentlandit) olup bu kapanımlar çoğu zaman elmasla eş zamanlı büyümüş olup, kristal yüzeyleri elmasın kristalografisiyle uyumludur. Bu özellik, doğal kökenin güçlü bir göstergesidir (Stachel & Harris, 2008).

Yüksek elastik modüle sahip elmas içinde bulunan yabancı mineraller, çevrelerinde gerilim çatlakları (stress cracks), Optik haleler, Çift kırılma anomalileri oluşturur. Bu tür deformasyon izleri sentetik elmaslarda nadiren bu kadar karmaşık şekilde gelişir (Gübelin & Koivula, 2008).



Şekil 25. Solda doğal elmas olduğunu kanıtlar kristal kapanımlar solda üstte ise Yüksek basınç ve yüksek sıcaklık (HPHT) yöntemiyle üretilen mavi sentetik elmasın içindeki metal kapanımlar ve renk bölgeleri. sol altta ise

CVD yöntemiyle üretilen elmaslarda zaman zaman belirgin şekilde göze çarpan siyah karbon kalıntıları

<https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2018-inclusions-natural-synthetic-treated-diamond>

Doğal – Sentetik – Taklit Elmaslarda Görülen Kapanımların Karşılaştırılması

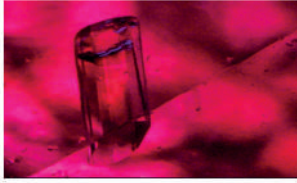
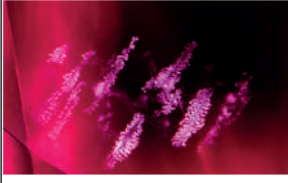
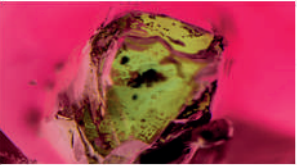
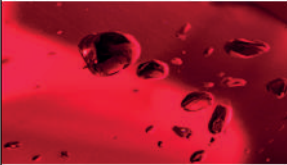
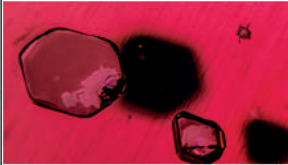
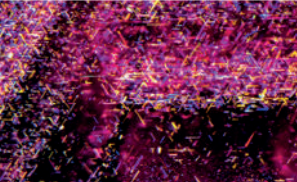
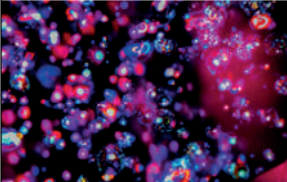
Kapanım Türü / Özelliği	Doğal Elmas	Sentetik Elmas (HPHT / CVD)	Taklit Elmas (Cam, CZ, Mozanit vb.)
Katı mineral kapanımları	Olivin, granat (pirope), piroksen, kromit, sülfürler; çoğu öjenetik ve kristal yüzeyli	Yok	Yok
Metalik kapanımlar	Yok	HPHT: Fe–Ni–Co alaşımları, opak ve parlak	Yok
Grafit kapanımları	Nadiren, düzensiz ve mantoya özgü	CVD: ince tabakalı veya noktasal grafit	Camda yaygın karbon parçacıkları
Sıvı/gaz kapanımları	Çok nadir, genellikle bozunmuş	Çok nadir	Cam/CZ: yuvarlak gaz kabarcıkları yaygın
Gerilim çatlakları (stress fractures)	Yaygın, karmaşık ve düzensiz	Sınırlı ve düzenli	Yok
Kapanım halleri	Sık görülür	Nadiren	Yok
Büyüme çizgileri	Düzensiz, doğal zonlanma	CVD: paralel tabakalı çizgiler	Akış çizgileri
İğnemsî kapanımlar	Nadiren (doğal mineral fazları)	Nadiren (yapay fazlar)	Mozanitte düzenli iğneler
Manyetik özellik	Yok	HPHT: metal kapanımları nedeniyle görülebilir	Yok
Optik anomaliler	Anormal çift kırılma yaygın	Sınırlı	İzotropik veya düşük anomali
Kapanım dağılımı	Rastgele ve heterojen	Yönlü veya tabakalı	Düzenli ve tekrarlı

2.1.2. Yakut

Yakutlarda kapanımlar, renk veya temel optik özelliklerden bağımsız olarak oluşum ortamını ve üretim yöntemini doğrudan yansıtan içsel kanıtlardır. Doğal yakutlar jeolojik süreçlerin; sentetik yakutlar ise kontrollü üretim tekniklerinin izlerini taşır. Taklitler (imitasyonlar) ise korindon dışı malzemeler olup basit iç yapılarıyla ayrılır (Gübelin & Koivula, 2008). Doğal yakutlar magmatik (bazaltik) veya metamorfik (mermer kökenli) ortamlarda oluşur.

Bu farklı jeolojik ortamlar, karakteristik kapanım toplulukları üretir. Doğal yakutlarda yaygın görülen mineral kapanımları rutil iğneleri (“ipek / silk”), spinel, kalsit, zirkon (çoğunlukla gerilim haleli), apatit, mika (biyotit, flogopit) dır.

Özellikle rutil iğneleri, doğal yakutların en klasik tanı göstergelerinden biridir. Bu iğneler genellikle kristalografik yönelimli ve düzensiz yoğunlukta dağılmıştır. Bu tür karmaşık iç yapılar sentetik yakutlarda nadirdir (Şekil 26)

		
Grönland'dan yakut içinde nadir görülen bir iyolit kalıntısı	Burma yakutlarında nadir görülen turuncu spinel	Vietnam'dan bir yakutta, yönlenmiş ince kristal
		
Burma yakutunda, sarımsı yeşil renkteki vesuvianit kristal kapanımı	Genellikle Mozambik yakutlarında gözlenen koyu renkli, şeffaf amfibol kristalleri	Mozambik'ten çıkarılan yakutlarda bazen görülen metal sülfür kristalleri
		
Burma yakutunda, yanardöner rutil ayrışması yıldız deseni oluşturur	Yansıtıcı ince filmlerden oluşan bir alan, bu yakutun Tayland menşeli olduğunu gösteriyor.	Mozambik'ten çıkarılan yakutlarda ince, levha şeklinde kromit inklüzyonları

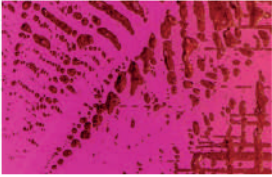
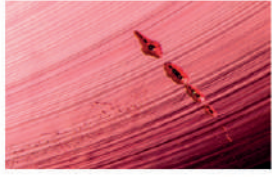
Şekil 26. Doğal yakutlarda gözlenen bazı kapanım örnekleri <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2017-inclusions-natural-synthetic-ruby>

Alev Füzyon (Verneuil) sentetik yakutlar kavisli (curved) büyüme çizgileri, yuvarlak veya uzamış gaz kabarcıkları, homojen renk dağılımı içerir. Bu gaz kabarcıkları, doğal yakutlarda görülmeyen en ayırt edici sentetik göstergelerdendir.

Flux yöntemi sentetik yakutlar flux kalıntıları (parmak izi benzeri, camı görünüm), düzensiz şekilli boşluklar, doğal görünümlü, ancak mineralojik olarak uyumsuz kapanımlar içerir. Flux sentetikleri, doğal yakutlara en çok benzeyen sentetik türdür.

Hidrotermal Sentetik Yakutlar, çivi (nail-head) veya tüy benzeri kapanımlar, paralel büyüme zonları, düşük yoğunluklu ve yönlü iç yapılar içerir (Kane R, 1982)

Taklit yakutlar, korindon olmayan ancak kırmızı renkli taşlardır (cam, spinel, granat vb.). Cam taklitler bol ve yuvarlak gaz kabarcıkları, akış çizgileri, izotropik optik davranışlar sergiler (Şekil 27). Diğer Kırmızı taklitlerden sentetik spinel düzenli iğnemsî kapanımlar, düşük gerilim içerirken, granat ise karakteristik kristal kapanımları içerir ancak korindona özgü ipek yapısı yoktur. Bu taşlar, kapanım tipleri kadar optik özellikleriyle de yakuttan ayrılır.

		
<i>Ramaura yöntemiyle üretilen yakutta akı kalıntısı</i>	<i>alevle eritme yöntemiyle üretilmiş bu sentetik yakutun Kavisli çizgiler</i>	<i>Chatham sentetik yakutta yaygın Platin kristalleri</i>

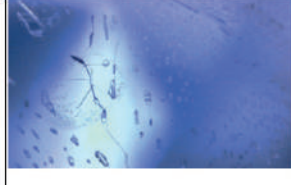
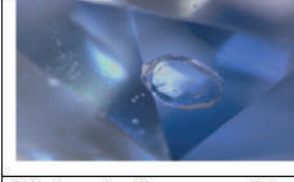
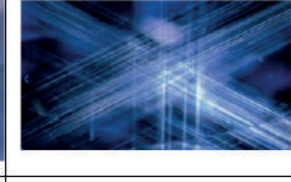
Şekil 27. Sentetik yakutlarda gözlenen bazı kapanım örnekleri <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2017-inclusions-natural-synthetic-ruby>

2.1.3. Safir

Safir kristallerinin büyümesinin doğal bir sonucu olan inklüzyonlar, kaynaklarına veya kökenlerine ve işlem geçmişlerine göre değişiklik gösterir (Şekil 28). Her inklüzyon türünün, değerli taşın görünürlüğü ve ışıltısı üzerinde farklı bir etkisi vardır.

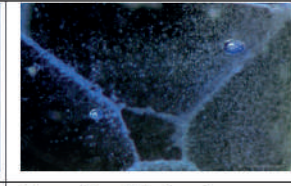
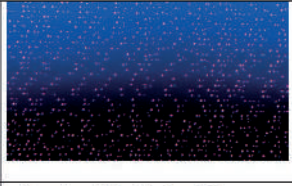
Inklüzyonlar genellikle çıplak gözle görülebilirken, bazıları yalnızca 10-20 kat büyütme ile görülebilir. Safirlerde sıklıkla hematit, zirkon, spinel, kalsit ve mika gibi küçük kristaller bulunur. Beyaz kristaller daha çok tercih edilir çünkü safirin rengi onları maskeleyebilir; bunun tersine, koyu kristaller rengi matlaştırabilir ve safir taşının opak görünmesine neden olabilir. Parmak izlerine benzeyen, sıvı dolu minik tüplerden oluşan ağlar olan Parmak izi

inklüzyonları, safirlerde oldukça yaygındır, ancak küçük oldukları için safirin kalitesini olumsuz etkileme olasılıkları düşüktür.

		
Montana mavi safirinde mercan adası benzeri kapanımlar	Sri Lanka'dan tüy ve yağmur damlacıklı safir	Gerilim hâleleriyle çevrili, uzamış negatif boşluklar içeren safir
		
Madagaskar'dan safirin içinde bozulmamış bir zirkon kristalli.	Myanmar'dan gelen mavi bir safirde kesişen ve ışığı kıran rutil iğneleri.	Yıldız safirde asterizm etkisini oluşturan kesişen rutil iğneleri

Şekil 28. Doğal safirlerde gözlenen bazı kapanım örnekleri <https://www.thenaturalsapphirecompany.com/education/sapphires-101/inclusions-in-sapphires/?srsltid=AfmBOosF8gUIbpacZgf8rm8mSDmJMub09XxcM5GLouuCumOaSjXwMCqI>

Sentetik safirler ise bir asırdan fazla süredir çoğunlukla eritme, akı veya hidrotermal çözelti yöntemleriyle üretilmektedir (Hughes, 2017). Bu malzemelerin tamamı mücevher ticaretinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 29). Kavisli renk bantları, bu mavi sentetik safirde olduğu gibi, alevle eritme yöntemiyle üretilen malzemeler için ayırt edici bir özelliktir.

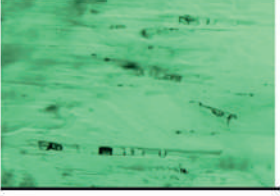
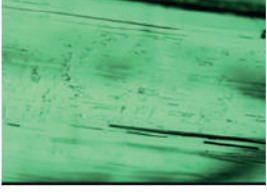
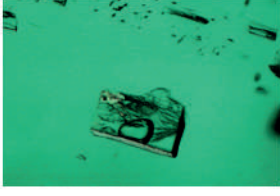
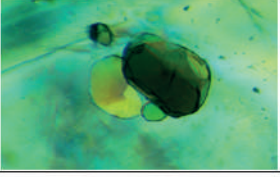
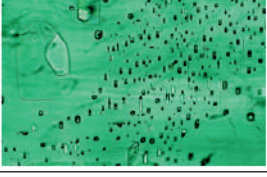
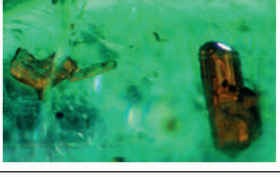
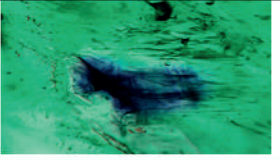
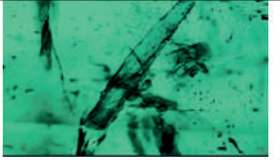
		
Sentetik safir içindeki bu platin kristal inklüzyonu	Verneuil safirinde erimeyen alümina veya minik gaz tüpleri ve genişletilmiş büyüme bölgeleri.	Czochralski yöntemiyle yetiştirilen bu sentetik safirde, minik noktasal gaz kabarcıkları

Şekil 29. Sentetik safirlerde gözlenen bazı kapanım örnekleri https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2017-inclusions-sapphire#GIA_Module:1495271326116-4

2.1.4. Zümrüt

Zümrütler, diğer değerli taşlara kıyasla kapanım açısından en zengin mücevher taşları arasındadır. Kapanımlar, zümrütün hidrotermal-metasomatik kökenini, büyüme ortamını ve sonradan uygulanan işlemleri (özellikle yağlama) yansıtan temel tanı kriterleridir. Doğal-sentetik ayrımında kapanımlar çoğu zaman tek başına belirleyici olabilir (Şekil 30).

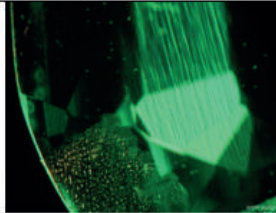
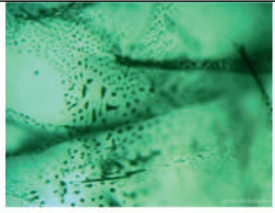
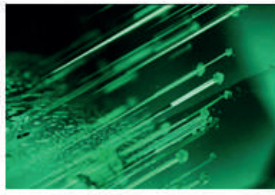
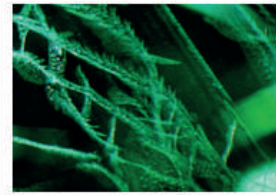
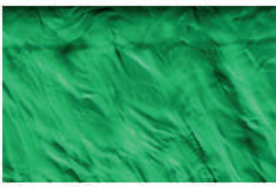
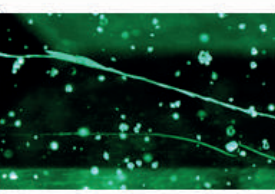
Sentetik zümrüt, doğal zümrütle aynı kimyasal bileşime, çizilme direncine ve renge sahiptir, ancak laboratuvarda üretilir(Şekil 31).

		
kristaller ve gaz kabarcıkları barındıran iğne benzeri çok fazlı bir kapanım	girintili çıkıntılı, düzensiz şekilli çok fazlı kapanımlar	bloklı sıvı-gaz kapanımı ve çok sayıda yavru kristal
		
Polarize ışık altında görülen biyotit kristalleri	Brezilya zümrüdünde, bloklı üç fazlı kapanımlar.	Kuzey Carolina zümrütü içinde canlı turuncu-kahverengi rutil inklüzyonları
		
yeşil zümrüt ana mineral içinde yüksek kontrastla görülen mor florit	Brezilya'nın Santa Terezinha de Goiás zümrütünde birkaç rombohedral manyezit kristali	Zambiya zümrütlerinde görülen amfibol kristalleri

Şekil 30. Doğal zümrütlerde bulunan, kapanımlar <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2016-inclusions-natural-synthetic-treated-emerald>

Zümrüt taklitleriyle karıştırılmamalıdır; taklitler zümrüte benzemek için üretilmiş kimyasal bileşimi farklı ürünlerdir. En yaygın sentetik taşlardan biri olmasına rağmen, sentezlenmesi en zor olanlardan da biridir. Piyasadaki

diğer sentetik taşlara göre en yüksek fiyatlara sahip olsalar da, genellikle doğal taşların fiyatının yalnızca yüzde beş ila onuna satılırlar. Chatham Zümrüdü, Biron Zümrüdü, Gilson Zümrüdü, Kimberly Zümrüdü, Lennix Zümrüdü, Linde Zümrüdü, Regency Zümrüdü ve Zerfass Zümrüdü, bunların hepsi, onları üreten grupların adlarıyla anılan sentetik zümrütlerin isimleridir.

		
Sentetik hidrotermal zümrütte bozulma büyüme yapısı ve sıvı kapanmaları	Sentetik eritme yöntemiyle üretilmiş zümrütteki eritme kalıntıları	hidrotermal zümrütünde büyüme yapısı
		
Zümrüt takliti camda ki baloncuklar	Bu Regency hidrotermal sentetik zümrütte görülen çivi başı şeklindeki dikenler	Bu Gilson sentetik zümrütünde, iyileşmiş beyazımsı tüy benzeri ağı kalıntıları
		
V şeklinde büyüme, hidrotermal olarak yetiştirilen sentetik zümrütlerin karakteristik özelliği	Sentetik fenakit kristalleri genellikle sentetik zümrüt üretiminin bir yan ürünüdür ve doğal kalıntılarla kolayca karıştırılabilir.	Genellikle, bu hapsolmuş damlacıkların her birinde görüldüğü gibi, bir büzülme kabarcığı içerir.

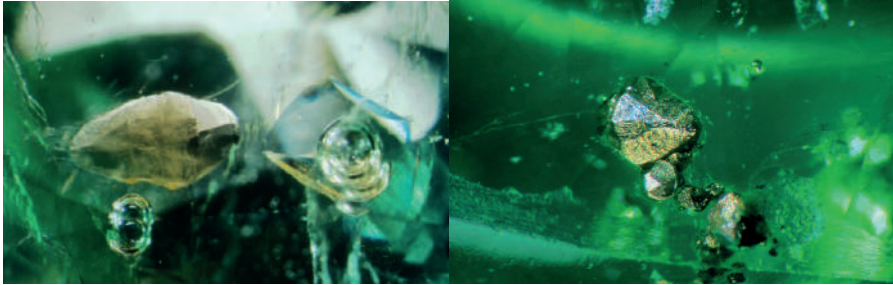
Şekil 31. Sentetik zümrütlerde bulunan, kapanım <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2016-inclusions-natural-synthetic-treated-emerald>

2.2. Mücevher Taşın Orijin (Kaynak) Tayininde Kapanımların Önemi

Orijin (kaynak) tayini, bir mücevher taşının coğrafi kökeninin (ör. Kolombiya, Myanmar, Sri Lanka) belirlenmesine yönelik bilimsel değerlendirmedir. Kapanımlar, taşın jeolojik ortamını (magmatik, metamorfik, hidrotermal), P-T koşullarını ve eşlik eden kayaç/mineral birlikteliklerini yansıttığı için orijin belirleme de temel kanıtlardan biridir. Orijin belirlemede kapanımlar, spektroskopi (UV-Vis-NIR, FTIR) ve kimyasal iz element (**LA-ICP-MS**) verileriyle birlikte çoklu-kanıt (multi-evidence) yaklaşımıyla değerlendirilmelidir. Tek bir kapanım değil, birlikte görülen kapanımların bütünü değerlendirilir. Aynı taşta gözlenen mineral kombinasyonları, belirli jeolojik ortamlara özgüdür.

2.2.1. Zümrüt (Beril)

Şekil 32 de soldaki zümrüt, nadir bulunan parisit mineralinin kahverengi bir kristalini içermektedir. Ayrıca, mavi ve turuncu parıltı efekti gösteren yağ dolu bir boşluk ve iki büyük hapsolmuş gaz kabarcığı da bulunmaktadır. Bu inklüzyon grubu, bu zümrüdün doğal kökenini doğrulamaktadır; ayrıca berraklık artırıcı işlem izleri gösteren taşın Kolombiya'dan olduğunu da teyit etmektedir. Şekil 32 sağdaki Kolombiya zümrütlerinde sıklıkla pirinç rengi pirit kristalleri görülür. <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2016-inclusions-natural-synthetic-treated-emerald>

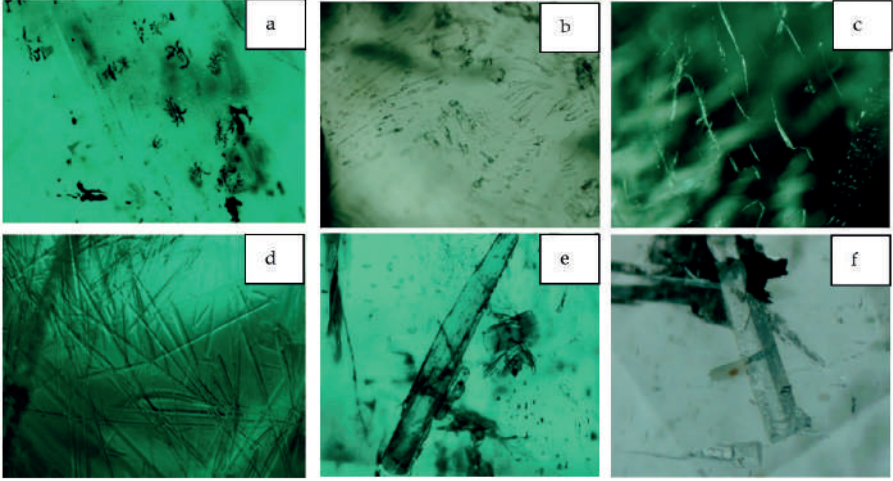


Şekil 32. Kolombiya zümrütlerinde görülen kapanımlar

Zambiya zümrüdünde şekil 33-a iskeletsel, levha şeklindeki ilmenit kristalleri dağınık halde bulunmaktadır. Düzensiz şekilli (şekil 33-b) ve incecik (şekil 33-c) sıvı kapanımları, Zambiya zümrüt örneklerinde yaygın olarak görülmüştür.

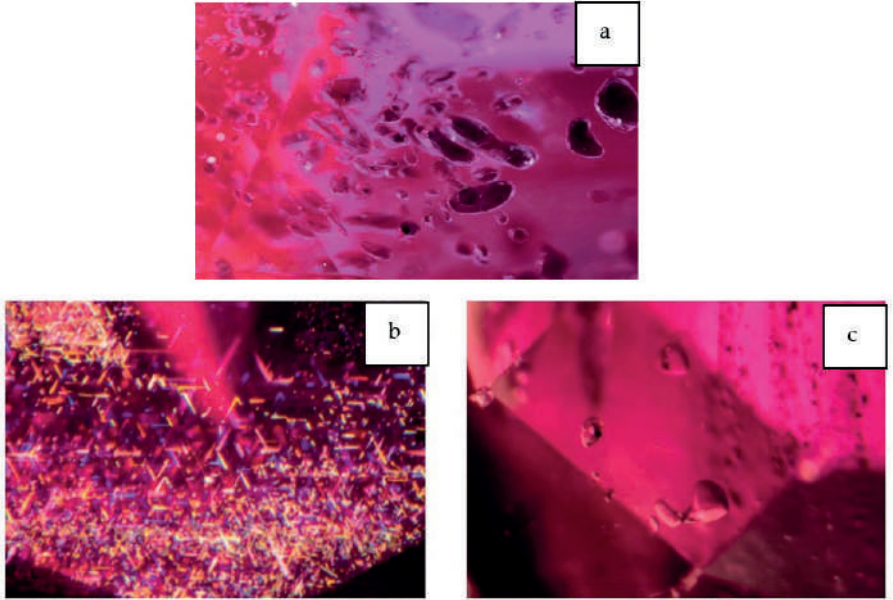
Şekil 33-d tremolit kapanımları yoğun bir şekilde bulunmaktadır. Şekil 33-e Zambiya'dan gelen zümrütlerde görülen amfibol kristalleri ve şekil

33-f apatit kristali içeren Zambiya zümrütü yeralır. (<https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2005-emeralds-kafubu-zambia-zwaan>)



Şekil 33. Zambiya zümrüdünde karakteristik kapaınmlar

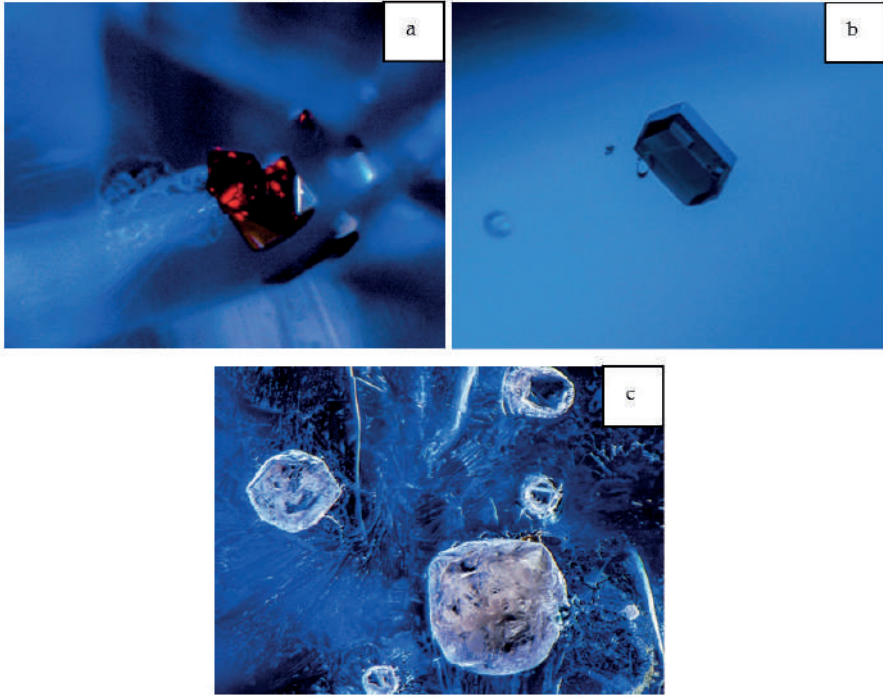
2.2.2. Yakut



Şekil 34.a da Mozambik Yakutunda Yuvarlak, anbedral Amfibol Mineral Kalıntıları.

34-b de Burma yakutunda rengarenk, yanardöner ipeksi yapı ve 34-c de Burma yakutlarında yaygın olarak bulunan renksiz karbonat kristalleri. <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2017-inclusions-natural-synthetic-ruby>

2.2.3. Safir

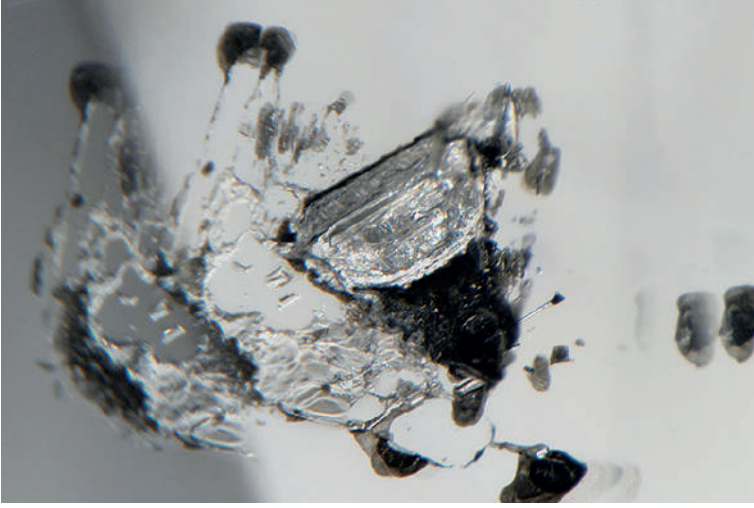


Şekil 35. Safirler de bazı lokasyanel özellikler https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2017-inclusions-sapphire#GIA_Module:1495271326116-4

3.4. Elmas

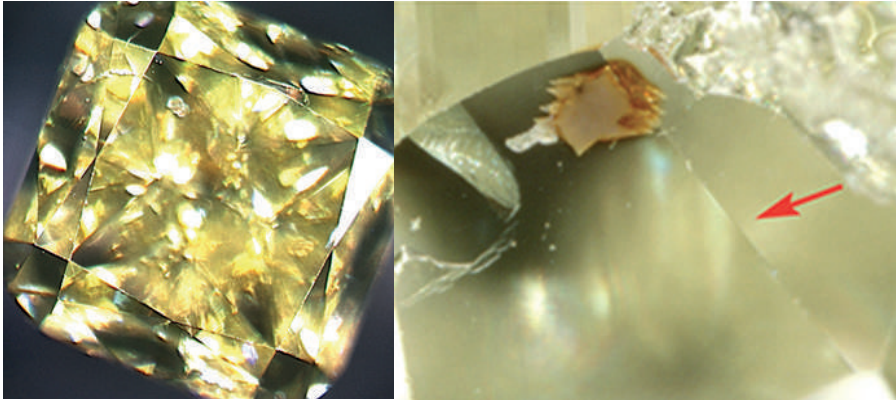
Elmaslarda orijin (kaynak) tayini, taşın jeodinamik ortamının (manto kökeni, kratonik yapı, subdüksiyon ilişkisi) ve dolaylı olarak coğrafi kaynak alanının belirlenmesini amaçlar. Elmas kapanımları, doğrudan manto mineralojisini yansıttığı için orijin tayininde kullanılan en güçlü içsel kanıtlardır (Stachel & Harris, 2008). Elmaslar çoğunlukla 150–250 km derinlikte, yüksek basınç-sıcaklık koşullarında oluşur ve bu ortamda eşlik eden mineraller elmas içinde öjenetik (eş zamanlı) kapanımlar halinde korunur.

Peridotitik (Kratonik) Manto Kapanımları, klasik kratonik elmas orijininin göstergesidir (Güney Afrika, Botswana, Kanada). Başlıca kapanımlar Olivin (Mg-zengin), prope granat, ortopiroksen (enstatit), Kromit dir ki mineral birlikteliği, litosferik manto kökenini açıkça gösterir. Parlak yeşil kromlu diopsit kristali, ana elmasın peridotitik kökenli olduğunu kanıtlamaktadır.



Şekil 36. Elmas içinde dağınık ışık altında bir breyit kapanımı. <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2022-microworld-breyite-inclusion-diamond>

Elmas içerisinde Breyit CaSiO_3 , minerallerine ender rastlanır. Breyit içeren elmasların genellikle 360 km'den daha derinlerden geldiği yorumlanır. Yüksek basınçlı perovskit mineralinin yüzeye doğru yolculuğu sırasında basınçtaki ani düşüş sonunda breyit kristal yapısına dönüşmüştür (Şekil 37). Alternatif olarak, breyitin çok daha sıkı derinliklerde, örneğin 150-200 km içinde doğrudan bir elmasın içinde hapsolması teorik olarak mümkündür, ancak bilinen bir litosferik elmas içinde böyle bir olaya henüz rastlanmamıştır. <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2022-microworld-breyite-inclusion-diamond>



Şekil 37. Nadir bir xenotime minerali içeren 0,55 karatlık sarı elmas

Sarımsı kahverengi inklüzyon, şekil 34 de kuşak yakınındaki radyasyon lekeleri ile görülen Ksenotim inklüzyonu pavyon yüzeyini deldiği için epigenetik bir inklüzyon olarak bir aşındırma kanalının içinde oluştuğunu düşündürmektedir. Ksenotim (itriyum ortofosfat, YPO_4), esas olarak granitik pegmatitte ve ayrıca biyotit gnays gibi metamorfik kayalarda bulunur. Granitik sıvılar, kıtasal kabuktaki elmas yataklarının içine sızması olabilir ve nadir toprak elementleri iyonları, bu sarı elmasda gözlemlendiği gibi, aşındırma kanallarının içinde birikmiş ve kristalleşmiş olabilir (Şekil 38). Doğal olarak oluşan birkaç itriyum mineralinden biri olan ksenotim ile ilişkili radyasyon lekeleri, eser miktarda uranyum içerebilir ve hafif radyoaktif olabilir. E. Hussak, Brezilya'daki elmas içeren kumlarda monazit ve ksenotimin iç içe geçmiş yapılarını tanımlamıştır ancak mücevher kalitesinde elmasa ksenotim kalıntıları çok rastlanılmayan bir durumdur.

Karşılaştırmalı Özet Tablo

Taş	Olası Orijin	Tanılayıcı Kapanımlar	Jeolojik İmza
Zümrüt	Kolombiya	Üç fazlı kapanım, jardin	Hidrotermal–metasomatik
Zümrüt	Zambiya	Amfibol, biyotit	Metamorfik
Yakut	Myanmar	Rutil ipeği, spinel	Metamorfik (mermer)
Yakut	Bazaltik	Kromit, zayıf ipek	Magmatik
Safir	Sri Lanka	Zirkon (haleli), ipek	Metamorfik
Safir	Kashmir	Çok ince ipek	Metamorfik
Elmas	Kratonik	Olivin, pirope	Manto

2.3. İyileştirme Yöntemlerinin Tespitinde Kapanımların Önemi

Gemolojik bağlamda iyileştirme yöntemleri (treatments), bir mücevher taşının renk, berraklık veya dayanımını artırmak amacıyla uygulanan ısı, kimyasal ve fiziksel müdahaleleri kapsar. Bu müdahalelerin tespiti, hem bilimsel doğruluk hem de ticari/etik şeffaflık açısından zorunludur. Kapanımlar, taşın iç yapısına doğrudan etki eden bu işlemlerin bıraktığı en güvenilir tanısal izleri sağlayan başlıca göstergelerdir.

İyileştirme işlemleri çoğunlukla kristal örgünün tamamını değil, zayıf zonları (çatlaklar, boşluklar, kapanımlar çevresi) hedefler. Bu nedenle:

- İşlemler ilk olarak kapanımları ve çevrelerini değiştirir.
- Yüzeyden bağımsız, taşın içine gömülü ve sonradan geri döndürülemez izler bırakırlar.

- Doğal oluşum süreçleriyle açıklanamayacak mikroyapısal anomaliler üretirler.

2.3.1 Başlıca İyileştirme Yöntemlerinin Kapanımlar üzerine Etkileri

2.3.1.1. Isıl İyileştirme (Heat Treatment)

Renk modifikasyonu, bulanıklığın azaltılması amaçlayan ısı işlemler mücevher taşı içinde yer alan kapanımlar üzerinde aşağıda yer alan etkileri yaratabilir. Bu özellikler, doğal metamorfik/jeolojik süreçlerle uyumsuz bir hızlı ve yüksek sıcaklık maruziyetini işaret eder.

- **Isı halleri :** Katı kapanımlar etrafında bulanık veya çatlaklı zonlar.
- **Sıvı kapanım bozulması:** Negatif kristallerin yuvarlaklaşması, gaz kabarcığının kaybı.
- **Patlamış kapanımlar:** Yüksek sıcaklığa bağlı ani hacim artışı izleri.
- **İğne erimesi:** Rutil iğnelerinin kesik ve düzensiz hale gelmesi.

2.3.1.2. Dolgu (Yağ, Reçine, Polimer, Cam)

Çatlakların gizlenmesi, berraklığın artırılması amacı ile yapılan dolgular çatlak geometrisini birebir izlemeleri nedeni ile doğal kapanımlarla karışmaz. Dolgular

- Çatlak ve boşluklarda **yüksek parlaklık farkı**.
- **Flash effect** (mavi-yeşil, sarımsı yansımalar).
- Dolgu içinde **gaz kabarcıkları**, akış çizgileri.
- Zamanla **kuruma veya çekilme** izleri ile tanınır.

2.3.1.3. Boyama (Dyeing)

Renk yoğunluğu ve homojenliğinin artırılması için yapılan boyama doğal renk zonlanmasından farklı olarak, boya yapısal zayıflıkları takip eder. Boyamalar

- Renk maddesinin **çatlak ve boşluklar boyunca yoğunlaşması**.
- Kapanımlar çevresinde **anormal koyulaşma** veya lekelenme.
- Yüzey yakınında güçlü, derinde zayıf renk ile tanınır.

2.3.1.4. Difüzyon İşlemleri (Be, Ti vb.)

Yüzeye yakın renk oluşturma amacı ile yapılan difüzyon olayında ısı ile birlikte kimyasalar uygulanır ki bunlar kapanımlar üzerinde

- Kapanımların yüzeye yakın kesimlerinde **renk yoğunluğu farkı**.
- Kesitte renkli kabuk–renksiz çekirdek kontrastı.
- Kapanımların bir tarafının renkli, diğer tarafının renksiz kalması etkisi yaratır.

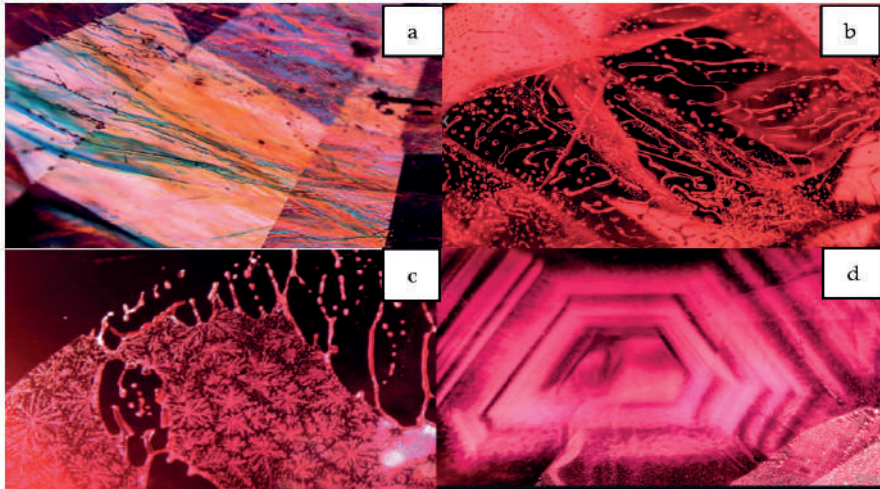
Bu asimetrik renklenme, doğal büyüme zonlanmasıyla açıklanamaz.

2.3.1.5. Işınlama + Isıl Kombinasyonlar

Renk merkezleri oluşturmak veya stabilize etmek için uygulanan radyasyon ve birlikte ısı işlemler Kapanımlar çevresinde alışılmadık renk halo ve zonlar ile doğal mineralojiyle uyumsuz renk dağılımları oluşturur.

2.3.2 İyileştirilmiş Taş Ayrımında Kapanım Davranışı

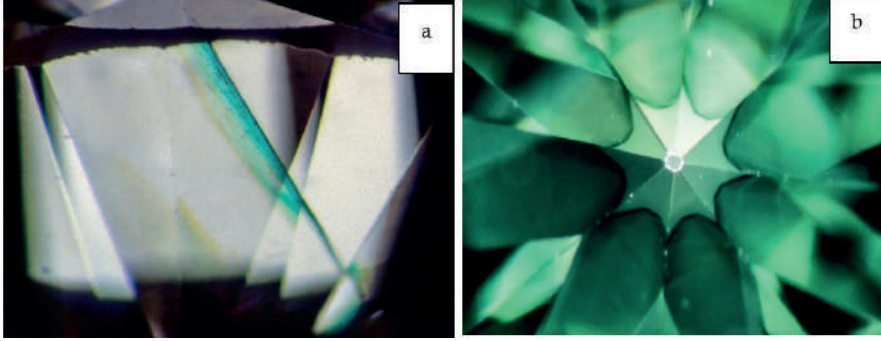
Kriter	Doğal Taş	İyileştirilmiş Taş
Kapanım morfolojisi	Düzenli, jeolojik uyumlu	Bozulmuş, yuvarlaklaşmış
Çevresel gerilim	Yok / dengeli	Isı halosu, mikroçatlak
İç dolgu	Yok	Yağ, reçine, cam
Renk–kapanım ilişkisi	Büyüme zonlarını izler	Çatlakları izler
Dağılım	Homojen, sistematik	Yüzeye yakın, düzensiz



Şekil 38. Isıtma veya açık çatlakların doldurulması yoluyla renk ve berraklıklarını iyileştirmek için işlenmiş yakutlarda görülen mikro özellikler: <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2020-microworld-snowflake-inclusions-in-ruby> - https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2017-inclusions-natural-synthetic-ruby#GIA_Module:1495271610426-2

Şekil 39-a'daki, parlak bir arka plana karşı kırılma düzlemine neredeyse paralel olarak incelendiğinde parlak yeşil bir “parlama etkisi” gösterir. Bu, elmaslarda berraklık artırımının göstergesidir.

Şekil 39-b de görülen “şemsiye etkisi”, elmasın uç kısmına uygulanan işlemden kaynaklanmaktadır ve yapay ışınlama kaynaklı renk değişiminin göstergesidir



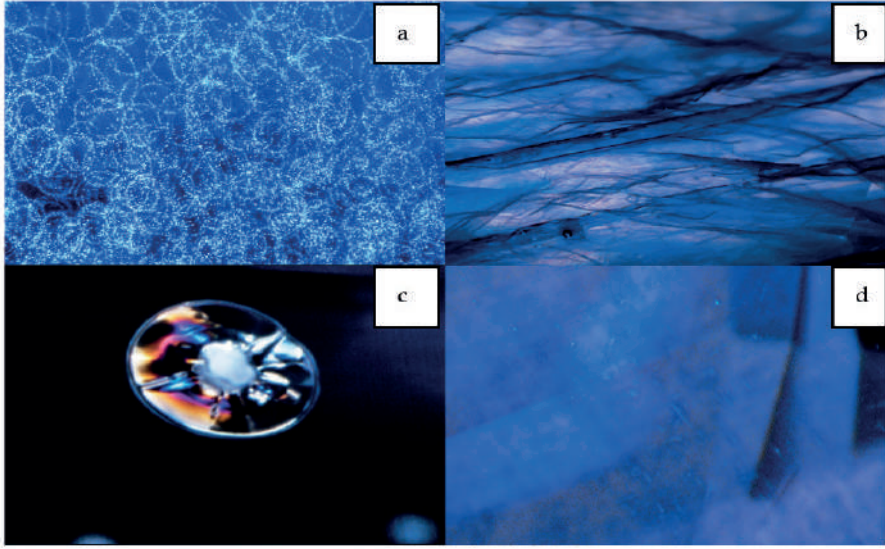
Şekil 39. Renklerini ve/veya berraklıklarını iyileştirmek için çeşitli işlemlere tabi tutulan elmaslarda sıklıkla görülen mikro özellikler https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2018-inclusions-natural-synthetic-treated-diamond#GIA_Module:1495275678315-3

İşlenmiş mavi safir, berilyum difüzyonunun sonucu olarak “duman halkası” şeklinde dekore edilmiş dislokasyonları Şekil 40-a da görülmektedir.

Renksiz korundumu bağlamak için kobalt katkılı kurşun cam kullanımını ise Şekil 40-b de mikroskop altında kobalt camından ve gaz kabarcıklarından kaynaklanan mavi renk konsantrasyonları şeklinde görülmektedir.

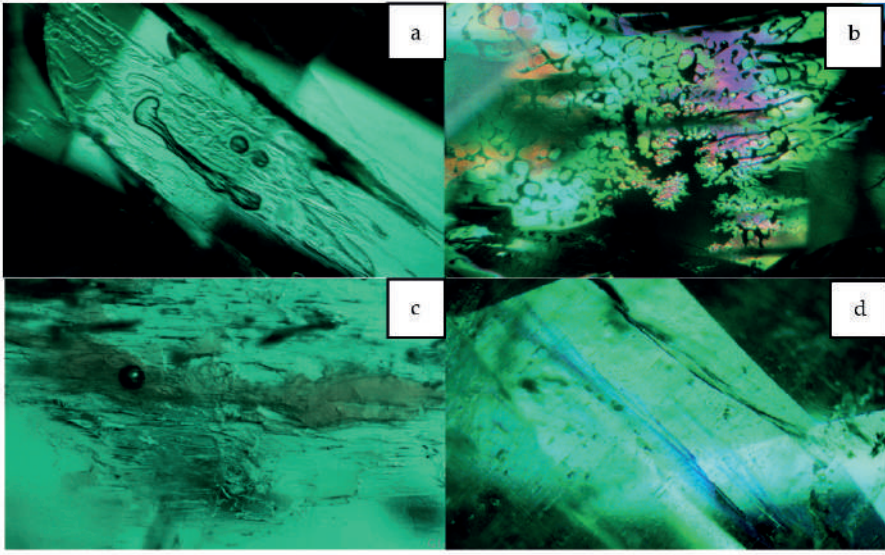
Şekil 40-c de metamorfik mavi safirde ısı işlemine dair kanıt olarak beyazımsı değişime uğramış bir mineral kristali ve iyileşmiş bir saçakla birlikte diskoid gerilim çatlağı görülmektedir.

Isıl işlem sırasında rutil iğnelerinin kristal kafese çözünmesiyle “iç difüzyon” meydana gelir. Rutildeki titanyum, safirdeki demirle eşleşerek mavi rengi artırır (Şekil 40-d)



Şekil 40. Safirlerin rengini ve berraklığını iyileştirmek için ısıtma veya açık çatlakların doldurulması gibi işlemlerden geçirilmiş hallerinde görülen mikro özellikler <https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2017-inclusions-sapphire>

Doğal bir zümrüt kırığın Şekil 41-a'da akış yapısı gösteren, berraklığı artırıcı reçine mevcuttur. Şekil 41-b de kısmen doldurulmuş bir kırık, doldurulmamış alanlarda canlı girişim renkleri ve yağ dolgusunun kırığın içine sızarak görünürlüğü azalttığı yerlerde dendritik bir desen göstermektedir. Doğal bir zümrüt içinde kahverengi yağla dolu büyük bir cep ve sıkışmış bir gaz kabarcığı. İse şekil 41-c de görünürken şekil 41-d ise iyi doldurulmuş bir kırık, netlik artırımını doğrulayan tanısal mavi flaş etkisini göstermektedir.



Şekil 41. Isıtma işlemi veya açık çatlakların doldurulması yoluyla renk ve berraklıklarının iyileştirilmesiyle elde edilen zümrütlerde görülen mikro özellikler. <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2016-inclusions-natural-synthetic-treated-emerald>

3. İNKLÜZYON İNCELEME TEKNİKLERİ

Gemoloji Mikroskopi: Karanlık alan, fiber optik aydınlatma, immersiyon tekniği gibi yöntemler kullanılarak taş içi mikro yapılar ayrıntılı şekilde gözlemlenir.

Raman Spektroskopisi: Katı inklüzyonların mineral türünün belirlenmesinde en kesin yöntemlerden biridir.

FTIR Spektroskopisi: Isıl işlem görmüş safirlerde OH bağlarının tayininde kullanılır.

SEM-EDS Analizi: Katı inklüzyonların kimyasal bileşimini belirlemede kullanılır (Smith, C. P. et all. (2018)).

4. KAPANIM NEDEN OLDUĞU OPTİK ETKİLER

Mineraller ve mücevher taşları içinde yer alan kapanımlar (inklüzyonlar), yalnızca taşın oluşum koşulları hakkında bilgi vermekle kalmaz; aynı zamanda optik davranışını da doğrudan etkiler. Işığın mineral içindeki ilerleme biçimi, kırılma, saçılma, yansıma ve soğurulma gibi temel optik süreçler, kapanımların faz türüne, boyutuna, şekline, dağılımına ve optik özelliklerine bağlı olarak önemli ölçüde değişir. Bu nedenle kapanımlar, gemolojik tanıda

hem tanısal ipuçları hem de estetik nitelikler açısından kritik öneme sahiptir (Gübelin & Koivula, 2008; Nassau, 1994).

4.1. Işık Saçılması ve Bulanıklık (Scattering & Turbidity)

Mikron–altı ve mikron ölçekli katı, sıvı veya gaz kapanımlar, kristal içinde ilerleyen ışığın yönünü rastgele değiştirerek ışık saçılmasına neden olur. Özellikle:

- Yoğun dağılmış mikrokapanımlar taşta sütü/bulanık bir görünüm oluşturur.
- Kırılma indisi farkı (Δn) yüksek olan kapanımlar saçılmayı kuvvetlendirir.

Bu etki opal, ay taşı (feldspat), kuvars ve bazı sentetik taşlarda belirgindir (Şekil 43). Doğal taşlarda genellikle düzensiz, heterojen bir bulanıklık gözlenirken; sentetiklerde daha homojen dağılım tipiktir (Nassau, 1999).



Şekil 42. Sütü kuvars opak ve bulanık görünümüyle bilinen yaygın bir kuvars çeşididir . Ayırt edici sütü beyaz tonu, oluşum sırasında kristal içinde hapsedilmiş mikroskobik su veya gaz inklüzyonlarından kaynaklanır. Bu inklüzyonlar ışığı dağıtarak kuvarsın karakteristik bulanık görünümünü oluşturur. Renk, bu inklüzyonların konsantrasyonuna bağlı olarak soluk beyazdan koyu sütü beyaza kadar değişebilir. <https://www.geologyin.com/2014/06/milky-quartz.html>

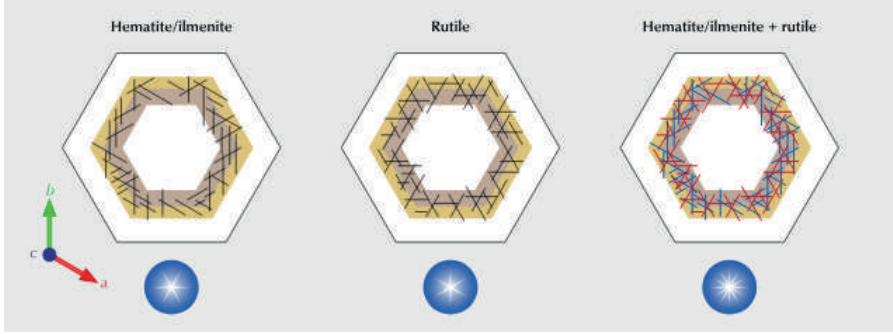
4.2. Asterizm ve Chatoyans (Yıldızlanma ve Kedi Gözü Etkisi)

İğnemi veya lifsi kapanımların kristalografik doğrultular boyunca paralel dizilimi, yönlü ışık saçılmasına yol açar:

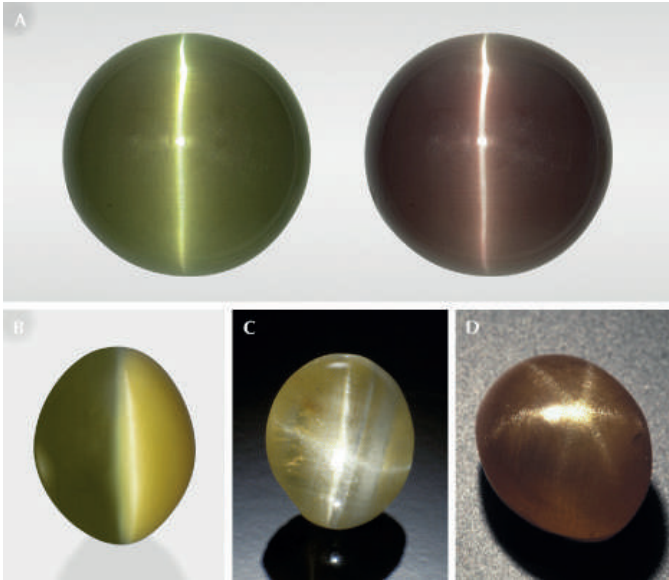
- Chatoyans (kedi gözü): Tek doğrultulu lifsi kapanımlar (örn. rutil iğneleri) → tek parlak bant

- Asterizm (yıldızlanma): Birden fazla doğrultuda yerleşmiş iğnemsî kapanımlar → 4, 6 veya 12 kollu yıldız

Yakut ve safirde gözlenen yıldız etkisi, çoğunlukla rutil (TiO_2) iğneciklerinin düzenli diziliminden kaynaklanır (Şekil 44). (Gübelin & Koivula, 2008).



Şekil 43. Korundumun iğne şeklindeki inklüzyonları ile büyüme zonlaması arasındaki yönelim ilişkisini gösteren şematik çizim. Solda hematit ve ilmenit iğneleri çoğunlukla büyüme bantlarına diktir ve bantlamaya paralel ışılara sahip bir yıldız oluşturur; ortada rutil iğneleri her zaman büyüme bantlarına paraleldir ve ışınlar diktir. Sağda her iki iğne türü de mevcutsa, 12 ışımlı bir yıldız oluşur.



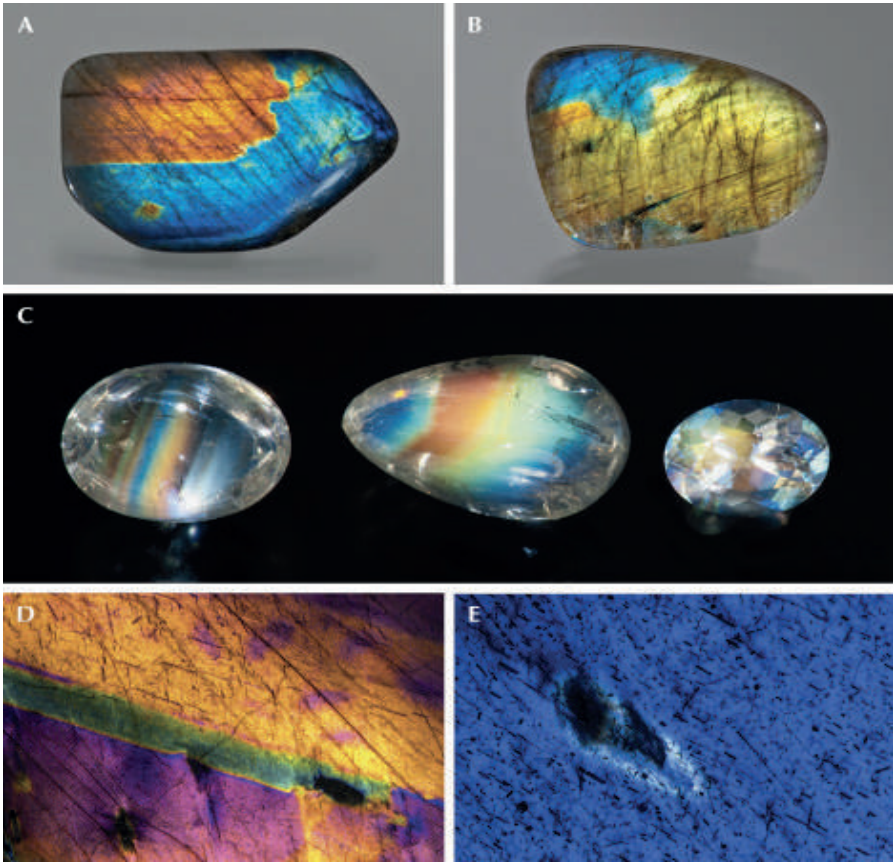
Şekil 44. A) Floresan ışık altında (solda) ve akkor ışık altında (sağda) kedi gözü alexandrit. B: "Süt ve bal" etkisi gösteren kedi gözü krizoberil; C dört ışımlı yıldız krizoberil. D: doğal altı ışımlı yıldız krizoberil. <https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2025-phenomenal-gemstones>

4.3. İridesans ve Renk Oyunları

Tabakamsı, boşluklu veya çok ince film benzeri kapanımlar, ışığın ince film girişimi ve kırınım mekanizmalarıyla etkileşmesine neden olur(Şekil 46).. Sonuçta:

- Yüzeye veya iç kırıklara paralel kapanımlarda gökkuşağı renkleri
- Bazı feldspat ve opallerde belirgin renk oyunu (play-of-color)

Bu etki, kapanımların kalınlığının ışığın dalga boyu mertebesinde olmasıyla ortaya çıkar



Şekil 45. A ve B Srasıyla Finlandiya'dan ve Madagaskar'dan labradorit, yüzeye yakın yanardönerliği göstermektedir. C: Zambiya "gökkuşağı ay taşı" D: Finlandiya'dan gelen labradorit, ışığın kristalin derinliklerine ulaşmasını engelleyen opak kapanımlarla yoğun bir şekilde kaplıdır; bu nedenle yanardönerlik yüzeyde bir kaplama gibi görünür. E: Daha yüksek büyütme, opak kapanımların mavi yanardönerliğin üzerinde yüzdüğünü ortaya koymaktadır; bu da girişim renginin her zaman labradorit kristalinin içinden kaynaklandığını göstermektedir. <https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2025-phenomenal-gemstones>

4.4. Renklenme ve Renk Zonlanması

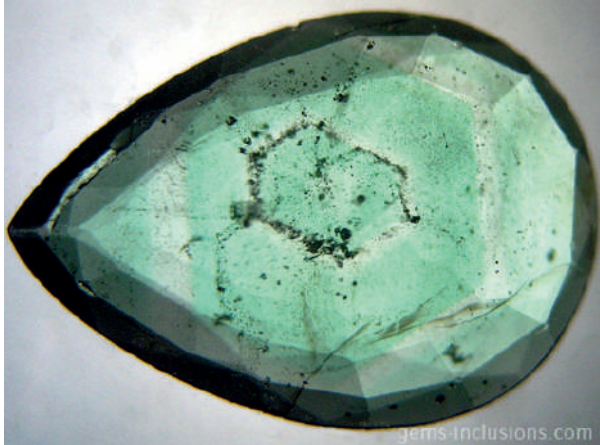
Kapanımlar, taşın rengini iki temel yolla etkiler:

1. Soğurma (absorption): Kromofor element içeren mineral kapanımlar (örn. kromit, hematit) belirli dalga boylarını soğurarak rengi derinleştirir veya değiştirir(Şekil 47).
2. Dağılım kontrollü zonlanma: Büyüme sırasında kapanımların periyodik hapsi, renk zonları oluşturur (Şekil 48).

Zümrütlerde üç fazlı kapanımlar ve demirli mineral kapanımlar renk tonunu ve doygunluğu etkileyen tipik örneklerdir.



Şekil 46. Ametistte “kum saati” renk geçişleri ve hematit inklüzyonları <https://www.gems-inclusions.com/shop/category/other-effects/>



Şekil 47. Zümrüt kristali içinde demir oksit (hematit/goetit) kökenli mineral kapanımı. Kromofor element içeren bu kapanımlar; belirli dalga boylarını soğurarak ev sahibi mineralin yeşil renginde yerel koyulaşma ve ton değişimine neden olmaktadır (absorpsiyon kontrollü renklenme) <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-in-gemology/color-distribution/>



Şekil 48. Solda renksiz, şeffaf beril, keskin yeşil zümrüt bölgesi ve sıvı kapanımlarından kaynaklanan iki yarı saydam sütlü bölge içermektedir <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-in-gemology/color-distribution/> sağda paraiba kuvarısı” olarak adlandırılan bu kuvars, gilalit inklüzyonları nedeniyle renklenmiştir <https://www.gems-inclusions.com/shop/category/by-included-mineral/gilalite/>

4.5. Çift Kırılma Anomalileri ve Optik Gerilim Etkileri

Kapanımlar çevresinde oluşan rezidüel gerilim alanları, özellikle anizotrop minerallerde optik anomalilere yol açar:

- Polarizan mikroskopta anormal girişim renkleri
- “Gerilim haleleri” ve izotrop alan bozulmaları

Bu etki, sentetik taşlarda hızlı büyüme koşullarına bağlı olarak daha belirgin ve düzenlidir (Schumann, 2013).

Elmas kafesindeki gerilmenin bir sonucu olarak, doğal izotropik özelliklerinin değişmesinden, ortaya çıkan desenlerin anlaşılması, gerilmenin nedenlerine dair içgörüler sağlayabilir; bu da elmasın büyüme ve/veya gerilme geçmişi hakkında fikir verebilir. (Howell, D. 2012).

4.6. Yüzey Parlaklığı ve Şeffaflık Üzerine Etkiler

Yüzeye yakın veya yüzeyle bağlantılı kapanımlar:

- Parlatma sırasında mikro-çukurlar
- Işğın yüzeyden düzgün yansımamasına bağlı parlaklık kaybı

özellikle yüksek berraklık sınıfındaki elmas ve korindonlarda ticari değeri doğrudan etkiler.

SONUÇ

Bu çalışma, kapanımların (inklüzyonların) mücevher taşlarının tanınmasındaki belirleyici rolünü; sınıflandırma yaklaşımları, genetik anlamları ve gemolojik uygulamalardaki tanınma değerleri üzerinden bütüncül biçimde ortaya koymuştur. Kapanımların mineralojik bileşimi, morfolojisi, dağılımı ve optik tepkileri; konak taşın olduğu fiziksel-kimyasal koşulların (P-T-X) ve sonraki jeolojik/teknolojik süreçlerin kristal içinde korunmuş mikro kayıtlarını temsil eder. Bu nedenle kapanımlar, ticari düzeyde sıklıkla “kusur” olarak algılansa da, bilimsel gemoloji açısından taşın “kimlik kartı” niteliğindeki en güvenilir içsel kanıtlar arasındadır.

Bölüm boyunca sunulan sınıflandırmalar, kapanımların yalnızca betimlenmesi için değil, aynı zamanda doğru yorumlanması için de zorunlu bir metodolojik çerçeve sağlamaktadır. Faz türüne göre sınıflandırma (katı-sıvı-gaz-çok fazlı) özellikle hidrotermal sistemlerin bileşimi ve tuzluluk derecesi gibi parametrelerin değerlendirilmesine imkân verirken; kökene dayalı sınıflandırma (protogenetik-singenetik-epigenetik) kapanımın konak mineral ile genetik ilişkisini çözümleyerek, kapanımın “hangi süreçte” ve “hangi bağlamda” hapsediğini gösterir. Oluşum zamanına göre sınıflandırma (primer, pseudosekonder, sekonder ve eriyik kapanımları) ise kapanımların kristal büyümesiyle ilişkisini temel alarak jeolojik olayların zamanlamasını ayırt etmeyi mümkün kılar. Özellikle sıvı kapanımlarında primer-sekonder ayrımının doğru yapılması, mikrotermometrik yorumların güvenilirliği açısından kritik olup yanlış sınıflandırmaların P-T hesaplarını hatalı sonuçlara götürebileceği vurgulanmıştır (Roedder, 1984; Goldstein & Reynolds, 1994).

Gemolojik tanıda kapanımların en güçlü uygulama alanı, doğal-sentetik-taklit ayrımında ortaya çıkmaktadır. Doğal taşların çoğu karmaşık, heterojen ve jeolojik süreçlerle uyumlu kapanım toplulukları sergilerken; sentetik taşlar üretim yöntemine özgü (akış izleri, kavisli büyüme çizgileri, metalik kapanımlar, nail-head spicule vb.) karakteristik iç yapılar taşır. Taklit materyallerde ise (cam, CZ, mozanit vb.) genellikle basit, düzenli ve tekrarlayan içsel özellikler (yuvarlak gaz kabarcıkları, akış çizgileri) baskındır. Bu ayrım, özellikle elmas (HPHT/CVD ayrımı), korindon grubu (yakut-safir) ve zümrüt gibi yüksek ekonomik değere sahip taşlarda kapanım analizini vazgeçilmez hâle getirir (Gübelin & Koivula, 2005, 2008; Nassau, 1999). Benzer şekilde, iyileştirme (treatment) tespitinde kapanımlar çoğu zaman ilk etkilenen ve geri döndürülemez izler bırakan mikro-ortamlar olduğundan; ısı işlem, cam/yağ/reçine dolgusu, difüzyon ve ısınlama gibi uygulamaların tanınmasında yüksek tanınma kapasite sunar. Özellikle “flash

effect”, bozulmuş sıvı kapanımları, patlamış kapanımlar, çözünmüş ipek dokusu ve işlem kaynaklı haleler gibi mikro-bulgular, ticari beyan doğruluğu ve etik şeffaflık açısından kritik göstergelerdir.

Orijin (kaynak) tayini açısından kapanımlar, tekil bir göstergeden ziyade “kapanım topluluğu” yaklaşımıyla değerlendirildiğinde en yüksek doğruluğu sağlar. Zümrütlerde üç fazlı kapanımlar ve eşlik eden mineral birliktelikleri, yakutlarda rutil ipeği–spinel–karbonat ilişkileri, safirlerde belirli lokasyonlara özgü kapanım kombinasyonları ve elmaslarda peridotitik/eklojitik manto kapanımları; taşın jeolojik ortamına dair güçlü ipuçları üretir. Bununla birlikte modern gemolojide güvenilir sonuç, kapanım verilerinin spektroskopik yöntemler (Raman, FTIR, SEM-EDS) ve iz element analizleriyle (örn. LA-ICP-MS) desteklendiği çoklu-kanıt yaklaşımıyla elde edilir (Hänni, 1995; Smith et al., 2018).

Sonuç olarak kapanımların sınıflandırılması ve doğru yorumlanması; mücevher taşlarının tür ve çeşit tanımlamasında, doğal–sentetik–taklit ayrımında, işlem tespitinde ve orijin tayininde temel bir bilimsel omurga oluşturur. Bu çalışma, kapanım analizini yalnızca mikroskopik gözlem düzeyinde bırakmayıp, genetik ve analitik bağlamıyla birleştirerek gemolojinin petrografi, akışkan kimyası ve kristal büyüme mekanizmalarıyla kurduğu bağı güçlendirmiştir..

Kaynakça

- Agangi, Andrea & Manalo, Pearlyn & Takahashi, Ryohei & Veeravinantanakul, Apivut & Elburg, Marlina. (2022). Magmatic evolution and metal systematics of back-arc volcanic rocks of north-east Japan and implications for deposition of massive sulphide Kuroko ores. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 177.
- Bodnar, R.J. (2003) Introduction to Fluid Inclusions. In: Samson, I., Anderson, A. and Marsh, D., Eds., *Fluid Inclusions: Analysis and Interpretation*, Mineral. Assoc. Canada, Short Course 32, 1-8.
- Gholipour, Meisam & Barati, Mehrdad & Tale Fazel, Ebrahim & Hurai, Vratislav. (2021). Alteration, geothermometry, Raman spectroscopy and O-H stable isotopes studies on Lakehsiah 1 deposit, Yazd province, Iran. *Economic Geology*. 13. 327-352. 10.22067/econg.v13i2.84167
- Giuliani, G., France-Lanord, C., Cheilletz, A., et al. (2000). Oxygen isotope systematics of emerald deposits. *Lithos*, 55(1-4), 151-162.
- Gübelin, E. J., & Koivula, J. I. (2005). *Photoatlas of inclusions in gemstones* (Vol. 1-3). Basel: Opinio Publishers.
- Gübelin, E. J., & Koivula, J. I. (2008). *Photoatlas of Inclusions in Gemstones*.
- Goldstein, Robert & Reynolds, T. (1994).” Fluid Inclusion Petrography” *Systematics of Fluid Inclusions in Diagenetic Minerals*, <https://doi.org/10.2110/scn.94.31.0069>
- Hänni, H. A. (1995). Microscopic examination of inclusions in gemstones. *Journal of Gemmology*, 24(5), 321-335.
- Howell, Daniel. (2012). Strain-induced birefringence in natural diamond: A review. *European Journal of Mineralogy*. 24. 575-585. 10.1127/0935-1221/2012/0024-2205.
- Kane, R. (1982). Characteristics of natural and synthetic rubies. *Gems & Gemmology*, 18(3), 137-153.
- Kelley, Katherine & Plank, Terry & Newman, Sally & Stolper, Edward & Grove, Timothy & Parman, Stephen & Hauri, Erik. (2010). Mantle Melting as a Function of Water Content beneath the Mariana Arc. *Journal of Petrology*. 51. 10.1093/petrology/cgq036
- Nestola, Fabrizio & Smyth, Joseph. (2015). Diamonds and water in the deep Earth: A new scenario. *International Geology Review*. 58. 1-14. 10.1080/00206814.2015.1056758.
- Nassau, K. (1999). *The Physics and Chemistry of Color*. ISBN: 978-0-471-39106-7 520 sayfa
- Oo, Kha & Warmada, Iwayan & Titisari, Anastasia & Watanabe, Koichiro. (2019). Ore Forming Fluid of Epithermal Quartz Veins at Cisuru Prospect, Papandayan District, West Java, Indonesia. *Journal of Geos-*

- science, Engineering, Environment, and Technology. 4. 170. 10.25299/jgeet.2019.4.3.2279.
- Roedder, E. (1984). *Fluid Inclusions*. Reviews in Mineralogy, Vol. 12. Mineralogical Society of America.
- Smith, C. P., Wang, W., & Hall, M. (2018). Advances in spectroscopic identification of gem materials. *Gems & Gemology*, 54(2), 112–129.
- Sobolev, N. V., Kaminsky, F. V., & Griffin, W. L. (2004). Mineral inclusions in diamonds and their petrogenetic significance. *Lithos*, 77(1–4), 181–199.
- Stachel T., Harris J.W, 2008 . The origin of cratonic diamonds — Constraints from mineral inclusions *Ore Geology Reviews*, Volume 34, Issues 1–2, Pages 5–32, ISSN 0169-1368, <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2007.05.002>.
- Ünal Çakır, Esra & Gökce, Ahmet. (2019). Geology, fluid inclusion, and stable isotope (O, H, S, C) characteristics of the Hazinemağara (Gümüşhane) lead-zinc deposit, NE Turkey. *TURKISH JOURNAL OF EARTH SCIENCES*. 28. 623-639. 10.3906/yer-1809-22.
- Elmas içinde garnet kapanımları <https://sciencephotogallery.com/featured/diamond-with-garnet-inclusion-natural-history-museum-londonscience-photo-library.html>)
- Safir içinde Rutil kapanımlar <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2020-microworld-rutile-crystal-blue-sapphire>)
- Kuvars içinde Rutil Kapanımlar <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2020-microworld-rutile-crystal-blue-sapphire>
- Gaz kapanımlar <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-types/by-phase-filling/single-phase/vapor>
- Elmas içinde granat kapanımı https://katannutadiamonds.co.za/south-african-diamonds-8-facts/?utm_source=chatgpt.com
- Saganite epijenetik kapanım <https://www.gems-inclusions.com/images/types/sagenitic-inclusions-agate.jpg>
- Pigenetik malahitkapanımları <https://www.gia.edu/gems-gemology/fa13-gni-epigenetic-malachite-quartz>
- İnklüzyon tipleri <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-types/by-type-of-trapping/>
- Kuvars içindeki uraninit kapanımı <https://www.gems-inclusions.com/shop/uraninite-inclusions-in-quartz-2/>
- Safirde gelişmiş rutil iğneleri <https://www.rubysapphire.com.lotusgemology.com/index.php/about/10-articles/767-rutile-silk-in-ruby-sapphire-following-the-silk-road>
- Rutil yıldızlari <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-photo-gallery/by-included-mineral/rutile-inclusions/>

- Rutil iğneleri <https://scienceline.org/wp-content/uploads/2011/11/rutiledquartz.jpg>
- Zümrütte büyüme tüpleri https://www.researchgate.net/figure/Growth-tubes-parallel-to-the-prism-faces-of-the-crystal-are-visible-in-this-Musakashi_fig3_264542547
- Safir parmak izi kapanımı https://gemologyproject.com/wiki/index.php?title=-File:Liquid_fingerprint_inclusion_in_un-treated_Burmese_blue_sapphire_2.jpg
- Çivi benzeri kapanımlar <https://www.gia.edu/doc/A-Study-of-Nail-head-Spicule-Inclusions-in-Natural-Gemstones.pdf>
- Zümrütün oluşım ortamı <https://geology.com/gemstones/emerald/>
- Ekmek kırınıtısı kapanımlar https://www.researchgate.net/publication/285568649_Russian_Synthetic_Pink_Quartz/figures?lo=1
- Kartopu kapanım <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2017-labnotes-two-unusual-natural-sapphires-synthetic-ruby-overgrowth>
- Rutil ipek kapanım <https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2025-phenomenal-gemstones>
- Sentetik or doğal kapanım <https://www.luxedo.it/en/news/questa-gemma-e-reale-o-una-imitazione-naturale-o-sintetica/?srsltid=AfmBOoq4m-HPv8WAI6DFuFw-9Zu5j2j6AnVI3JSuAquxg0ZKcexdPzQq>
- Elmas kapanım <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2018-inclusions-natural-synthetic-treated-diamond>
- Yakutlarda kapanım <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2017-inclusions-natural-synthetic-ruby>
- Safir kapanımlar [https://www.thenaturalsapphirecompany.com/education/sapphires-101/inclusions-in-sapphires/?srsltid=AfmBOoosF8gUIbpacZgf8rm8mSDmJMuh09XxM5GLouCumOa\\$XwMCqI](https://www.thenaturalsapphirecompany.com/education/sapphires-101/inclusions-in-sapphires/?srsltid=AfmBOoosF8gUIbpacZgf8rm8mSDmJMuh09XxM5GLouCumOa$XwMCqI)
- Sentetik safir kapanım https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2017-inclusions-sapphire#GIA_Module:1495271326116-4
- Zümrütlerde kapanım <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2016-inclusions-natural-synthetic-treated-emerald>
- Zambiya zümrütleri <https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2005-emeralds-kafubu-zambia-zwaan>
- Elmasda beriyit kristali <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2022-microworld-breyite-inclusion-diamond>
- Elmas da xenotime kapanımı <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2022-microworld-breyite-inclusion-diamond>
- Islıl işlem görmüş yakut <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2020-microworld-snowflake-iyiinclusions-in-ruby>

iyileştirilmiş yakutlarda kapanım https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2017-inclusions-natural-synthetic-ruby#GIA_Module:1495271610426-2

iyileştirilmiş elmaslardaki kapanımlar https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2018-inclusions-natural-synthetic-treated-diamond#GIA_Module:1495275678315-3

işlem görmüş safirlerdeki mikro yapılar <https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2017-inclusions-sapphire>

ısı işleme görmüş zümrütteki mikro yapılar <https://www.gia.edu/gems-gemology/winter-2016-inclusions-natural-synthetic-treated-emerald>

Süt kuvars <https://www.geologyin.com/2014/06/milky-quartz.html>

Kedi gözü ve yıldız <https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2025-phenomenal-gemstones>

Labrodorit renk sebepleri <https://www.gia.edu/gems-gemology/summer-2025-phenomenal-gemstones>

Amatist hematiti kapanımı <https://www.gems-inclusions.com/shop/category/other-effects/>

Zümrüt kristali renk zonlanması <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-in-gemology/color-distribution/>

Zümrütteki keskin renk farkı <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-in-gemology/color-distribution/>

Parabia kuvars Glalite ile renklenmiş <https://www.gems-inclusions.com/shop/category/by-included-mineral/gilalite/>

Kaynaksız Teller Örülerek Yapılan Kazaziye Takı Yapımı

Remziye Erdem¹

Özet

Trabzon ve çevre illeri (Doğu Karadeniz bölgesi) kuyum zanaatında geçmişten gelen bir ustalık bilgi birikimine sahiptir. Bunlar arasında soy metallere (altın ve gümüş) teller belirli kalınlıklardaki tellerin hasır örgü biçiminde takı objeleri halinde kaynaksız biçimde örülmesi zanaatı olan kazaziye bulunur. Bu tür kuyum işçiliği hem atölye hem de ev ortamında hem erkekler hem de kadınlar tarafından üretilmeye müsait olup, üretim sürecinde çevreye zararlı atıksal malzemeler çıkmaz. Üretilen kazaziye ürünü takılar alev ve/veya lazer kaynaksız olmalarına karşın hem sağlam hem de estetikler. Özenle korunan üretimler uzun yıllar ilk günkü gibi kalabilir. Kazaz ustaları tel örme ve kaynaksız birleştirme işlemlerini alaylı olarak usta çırak ilişkisiyle yeni nesillere aktarmakla beraber, Kuyumculuk ve Takı Tasarım Okullarında ve Halk Eğitim Merkezlerinde de mektepli olarak da bilgi aktarımı yapılmakta ve yeni nesil kazazlar yetiştirilebilmektedir. Bu çalışmada, kazaziye'nin öğrenilmesinin zor olmayan ancak sabır ve dikkat gerektiren bir süreç olduğuna dikkat çekilerek, en genel teknikleri ve uygulama yöntemleri ile görsel ürünlerle anlatılmaya ve öğretilmeye çalışılmıştır.

1. Giriş

Geleneksel Türk el işleme zanaatları köklü bir tarihe dayanan, kuşaklar boyu farklı medeniyetlerden beslenerek öz kültürünü bozmadan gelişen ve bir çıg gibi büyüyerek günümüze ulaşan öz değerlerimizdir. Anadolu kültüründe bu öz değerlerden birisi de Kazaziye Zanaatıdır (Develioğlu, 2002; Begiç ve Önal-Çapık, 2019). Bu zanaat, geçmiş yaklaşık günümüzden 3 bin yıl

1 T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Somut Olmayan Kültürel Miras Taşıyıcısı E-Mail: remziye.erdem@gmail.com, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, El Sanatları Bölümü, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı, İzmir, Türkiye
Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doğal Yapı Taşları ve Süstaşları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

öncesine dayanan ve Lidya (Anadolu'nun en batısındaki antik uygarlık) ve Urartu (Anadolu'nun en doğusundaki uygarlık) uygarlıklarından günümüze miras kaldığı düşünülen belki de en köklü el işleme sanatlarımızdan birisidir (Terzi, 2007). Bu zanatla ilişkili günümüz Türkiye'sinde son haliyle yapılan Kazaziye çalışmaları, yüzyıllar önce Kafkaslar bölgesinden Trabzon'a göç etmiş bazı Osetya, Gürcü, Çerkez, Çeçen ve Dağıstan kökenli kuyumcu ustalarının (İnan, 2013) bu bölgeye getirdikleri zanatlarını zaman içerisinde usta-çırak ilişkisiyle yetiştirdikleri diğer ustalara bu bilgilerini aktarmaları sonucu günümüze kadar gelebilmiştir. Bu yüzden kazaziye adeta Trabzon kuyumculuğu ile özdeşleşmiştir (Büyükyazı, 2008; Okyay, 2008; Yıldırımş, 2014; Begiç ve Önal-Çapık, 2019).

Kazaziye zanaatı, en yalın haliyle genelde gümüş ve altın tellerden çeşitli örgü tekniği ile yapılan ancak alev ya da lazer kaynağının kullanılmadığı bir kuyumculuk tekniğidir. Bu yöntemle yapılan ürünlerin tamamı, el işi olup, üretim sürecinde yapan usta için büyük sabır ve dikkat gerektirir. Üretilen kazaziye ürünü takılar kaynaksız olmalarına karşın hem sağlam hem de estetikler. Özenle korunan üretimler uzun yıllar ilk günkü gibi kalabilir. "Kazaziye Zanaatı" aslında hem usta-çırak hem de öğretmen-öğrenci ilişkisi ile öğrenilebilen bir meslektir. Ustalar ve öğretmenler bu zanaatı meraklı öğrencilerine öğretirken, bir nevi somut olmayan bir kültürel mirasın nesiller boyu aktarımını sağlarlar (Okyay, 2008).

Kazaziye işçiliği yapan kişilere ipek işleyen anlamında olan "Kazaz" denir. Önceleri ham ipek işlenerek ibrişim haline getirilir ve bu şekilde şekillendirilirdi. Sonrasında çok ince altın, gümüş ve bakır malzemeler kullanılmaya başlanmıştır.

Kazaziye ürünlerinden tarihte görülmüş ilk örneğinin, Lidya kralı olan Karun hazinelerinin arasında bulunmuş, kanatlı bir deniz atının sarkan püskül kısmıdır (Terzi, 2007). Günümüzde bu 'Kanatlı Deniz Atı' broşu, Uşak Arkeoloji Müzesinde sergilenmektedir (Şekil 1). Kazaziyenin tarihte görülen ilk örneklerinden bir diğeri de ortasında karnelian taş bulunan kartal motifli bir kolyenin zincir kısmıdır (Şekil 2).

Kazaziye ürünlerinin tarihi sürecine bakıldığında, özellikle Osmanlı İmparatorluğu döneminde, Anadolu'nun pek çok yerinde yaygın olarak uygulandığı görülmektedir. Aslında Kazaziye Zanaatının günümüze ulaşmasında, Trabzon da yaşayan üç ailenin katkısının oldukça etkili olduğu söylenir İnan, 2013; Yıldırımş, 2014).



Şekil 1. Uşak Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen Karun Hazinesi arasında sayılan altından mamul Kanatlı Deniz Atı broşu takısı.



Şekil 2. Kazaziye'nin tarihte görülen ilk örneklerinden birisi de Uçan Kartal Takısıdır. Kazaziye işçiliği bu kolyenin zincir kısmındadır.

2. Kazaziye Zanaatında Kullanılan Araç ve Gereçler

Kazaziyede örme aşaması özel teknikleri gerektirir ve her bir parça özenle hazırlanır. Yoğun bir işçilik ve emek gerektirir. Kazaz ustası bu aşamayı zevkle ve sabırla gerçekleştirir. Titizlikle hazırlanan parçalar sonrasında dikilerek montajlanır (Develioğlu 2002; Begiç ve Önal-Çapık, 2019).

Bu süreçte bir Kazaz ustasının kullanma ihtiyacı duyduğu malzemelerin başında teller gelir.

Çıkırık ve Teller; Özgün şekilde yapılmış bir çıkırığa (Şekil 3) gerilerek, saç kılı (0,08-0,18 mikron) kalınlığındaki 24 ayar altın (995 milyem) veya 995 ayar gümüş teller çıkırık düzeneğinde dikkatlice sarılarak Kazaziyenin ana malzemesi olarak hazırlanırlar (Şekil 4).



Şekil 3. Kazaz zanaatında (kaynaksız örgü tekniği) kullanılmak üzere tel çekimi için hazırlanmış özel düzeneğe çıkırık sistemi.



Şekil 4. Kazaz zanaatında (kaynaksız örgü tekniği) kullanılmak üzere hazırlanmış, saç kılı (0,08-0,18 mikron) kalınlığındaki 995 milyem altın veya 995 ayar gümüş teller.

Diğer yardımcı malzemelere gelince (Şekil 5);

Biz (Tığ); Farklı genişliklerde Tığ'lar üzerinde Kazaziye ana parçalarından olan top ve sürgü çeşitleri örülür. Biz'ler aynı zamanda kazaziye ürünlerini düzeltme ve parlatma amaçlı da kullanılabilir.

Şiş ve çelik İğneler; Kazaz zincir çeşitlerinin tamamı şişler ve iğneler üzerinde örülür. Modele uygun kalınlıkta şişler ve iğneler belirlendikten sonra uygulamaya başlanır. Ayrıca çelik iğneler örme işleminin yanı sıra Kazaz parçalarının birleştirilme aşamasında da sıkça kullanılır.

Makas; Kazaziye yapımında zincirlerin ek yerlerindeki telleri dipten kesmek veya birleşecek parçaları dikime hazırlamak için yuvarlak uçlu çelik küçük makaslar kullanılır.

Balmumu; İpliğe baştan sona sürülerek çekilen balmumu, ipliği sertleştirerek mukavemetini artırır. Diğer yandan akıcılık kazazan ipliğin, iğneden geçmesini kolaylaştırır. Ayrıca parçaların birleştirme aşamalarında kolaylık sağlar.

Hadde; Örme işlemi tamamlanmış Kazaz zincirleri haddeden geçirilerek inceltir ve bu sayede haddeleme işlemi gerçekleşmiş olur. Sonrasında Tığ ile parlatılarak cilama yapılabilir.

3.1 Balıksırtı Zincir Tekniği

Bu zincir tekniği Kazaziyede kullanılan en klasik zincir yapma yöntemidir (Şekil 6). Görünümü balık sırtına benzer. Tasarımı düşünülen kazaz modeline uygun genişlikte olacak şekilde tepe sayısı şişler üzerinde başlanır ve eklemelerle istenilen uzunlukta örülür. Örülürken ek yerlerinin tekniğe uygun birleştirilmesine dikkat edilir. Sağlam ve tekniğe uygun birleştirilerek örülmüş Kazaz zincirleri çok sağlam ve estetik görünürler. .Metrelerce örülebilen bu zincirler kesilerek modellere dönüştürülebilir.Sonrasında çelik bizlerle cilalama işlemi ile parlaklık sağlanabilir.



Şekil 6. Kazaziyede kullanılan gümüş telden üretilmiş el örgüsü balıksırtı zincir modeli.

3.2 Sürgüler

Kazaziyede tel örgüsü farklı sürgü çeşitleri vardır (Şekil 7). Bunlar; sanatçı dilinde *yeminli, *uzun, *kısa ve *bıcırık sürgüler olarak bilinirler. Sepet örgüleri tarzındaki bir görünüme sahip olan bu sürgüler, kazaziye tekniğinde ürünün ana parçaları arasında olup, parçaların montajlama aşamalarında ayrı bir öneme sahiptirler. Modele uygun dikilerek birleştirilen parçaların ek yerleri sürgülerle kapatılarak estetik görünüm sağlanır. Bunun için uygun genişlik ve uzunluklardaki sürgüler öncesinde tekniğe uygun örülerek hazırlanır.

Sürgüler biz (tığ) üzerinde tellerle örülür. Tepe sayıları ve uzunlukları arttırılarak farklı formlarda sürgüler elde edilebilir. Özellikle yeminli sürgüler bu zanaatın tılsımlı parçaları olarak günümüzde de gizemini korumaktadırlar.



Şekil 7. Kazaziyede kullanılan gümüş telden üretilmiş el örgüsü ara model olan sürgüler.

3.3 Toplar

Kazaziyede tel örgü toplar denilen ara parçalar, ahşap veya plastik toplar üzerinde iğne ve tel kılınarak sepet örgü tarzında, biz(tığ) üzerinde örülürler (Şekil 8). Top örme tekniği ilk aşamada çok fazla pratik gerektirir. Teli boncuk üzerinde sabitlemek ve tığı doğru tutmak önemlidir. Örme işlemi boyunca top dikkatli ve sıkı bir şekilde tutularak örülmelidir ve bu süreçte alt üst dengesine çok dikkat edilmelidir. Teller alttan bize(tığa) değerek başlamalı, üstteki telleri bir sonra gelecek teller için için biraz mesafe bırakılarak başlanmalıdır. Her bir top parçası titizlikle örülmeli ve tığdan çıkarmadan önce düzeltme işlemleri gerçekleştirilmelidir.

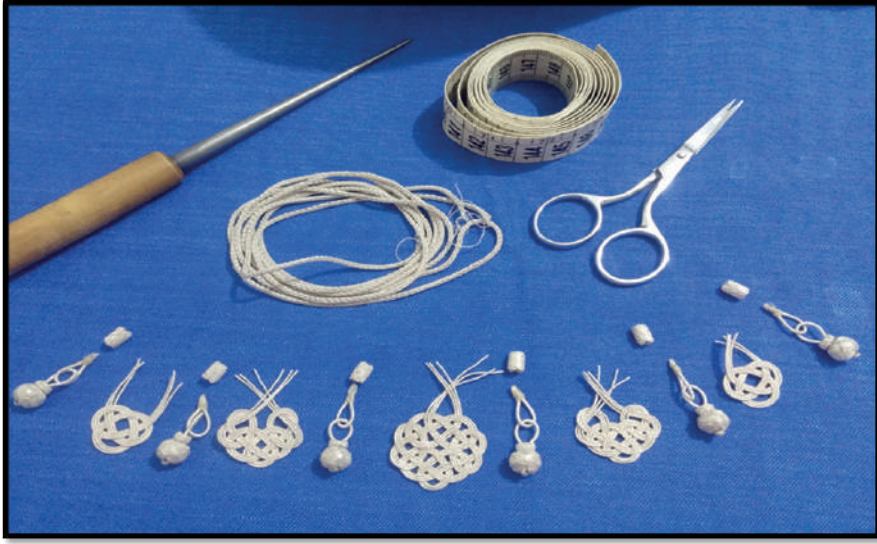


Şekil 8. Kazaziye de kullanılan gümüş telden üretilmiş el örgüsü ara model olan toplar.

3.4 Ajurlar

Kazaziye tasarımlarının en önemli bölümlerinden biri olan tel örgüsü ajurun temeli, teşbihisel anlamda aşk düğümlerine dayanır (Şekil 9). Kazaz ustası, maharetiyle düğümleri aşkla oluşturur ve sıra tekrarlarıyla tamamlar. Aşk ve sonsuzluk düğümleri ile şemsler yapılır. Ayrıca sağlık düğümleri ve çeşitli gemici düğümlerinin de temeli buna dayanır. Bu düğümler muntazam bir şekilde hazırlanarak birbirlerine bağlanırlar ve sonra ütülenerek düzeltilirler. Ütüleme işlemi için bızın (tığın) ahşap kısmı kullanılabilir. Çeşitli formlarda hazırlanan aşk, sonsuzluk ve şems düğümleri ile kazaziye bir ürünün albenisi artar.

Dörtlü ajurlarda kazaziye de kullanılan ara parçalardandır. Özellikle tepsihlerin püskül başlarında dörtlü ajur kullanmak oldukça kolaylık sağlar.



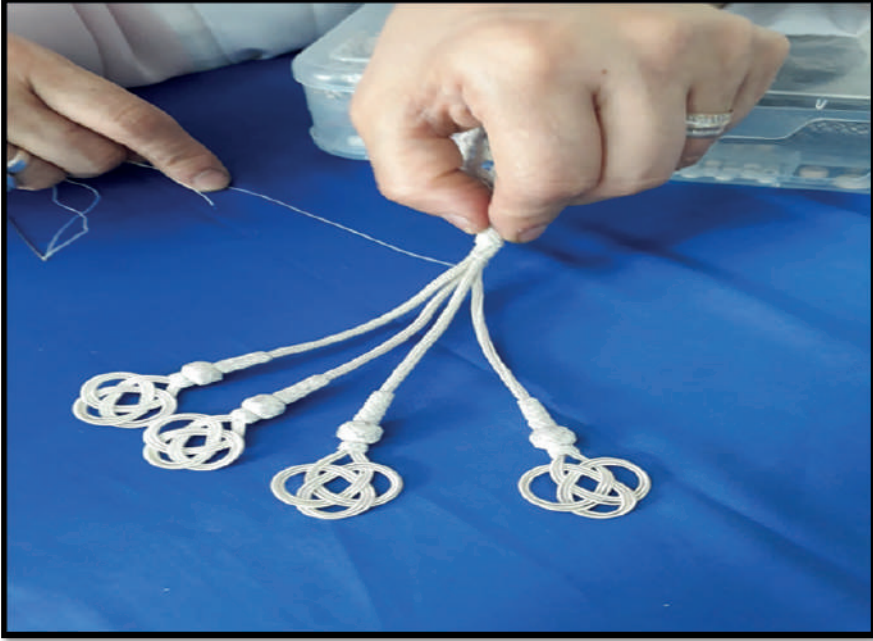
Şekil 9. Kazaiyede kullanılan gümüş telden üretilmiş el örgüsü ara model olan ajurlar.

4. Kazaziye Zanaatında Parçaların Birleştirilmesi

Kazaziye ana parçaları modele uygun ölçü ve sayılarda özenle hazırlandıktan sonra, tek tek dikilerek birleştirilirler (Şekil 10).

Öncelikle, şems veya aşk düğümleri yapılmak istenen tasarımsal modele uygun olarak muntazam bir şekilde hazırlanıp düzeltilirler. Daha sonra, modelin uç kısımlar tekniğe uygun bağlanıp kesilerek temizlenirler. Aynı anda, modelin iç kısımlarda da temiz bir görünüm sağlanır. Modeldeki hareketli eklemeler için dörtlü, ikili veya tekli ajurlar hazırlanarak tasarıma uygun dikim işlemi gerçekleştirilir.

Birleştirme işleminde sağlam yapıdaki naylon ipler, balmumu ve çelik iğneler kullanılır. Kazaziye bir ürünü tamamlamak sabır ve özen ister, Kazaz ustası bu sürecin her aşamasını titizlikle tamamlar. Dikme işlemi, parçaları birleştirmede bir nevi kaynak görevini gördüğü için sağlam ve temiz yapılmalıdır. Bunun için gerekli özen gösterilmelidir.



Şekil 10. Kazaziye de kullanılan gümüş tellerden üretilmiş ara parçaların yapılmak istenen modele göre birleştirme işlemi.

5. Kazaziye ile Üretilmiş Bazı Örneklemeler

Kazaziye işi ürünler, geçmişte en yaygın olarak saltanat kaftanların kenarlarını süslemiştir (İnan, 2013). Ayrıca Anadolu kültüründe oldukça yaygın kullanılan el tespihlerinin de püsküllerinde sıkça kullanılmıştır (Yıldırım, 2014). Günümüzde ise kullanım alanı giderek genişlemiştir (Şekil 11). Takı setleri, broşlar, yüzükler, bileklikler, kemerler, anahtarlıklar, ayakkabı ve çanta gibi giysilerde tamamlayıcı aksesuarlar bunlardan bazılarıdır (Begiş ve Önal-Çapık, 2019).



Şekil 11. Geleneksel Kazaziye işlemesi örneklerinden gümüş tellerden üretilmiş şems düğümlü kolye ve bileklik.

Gümüş teller kullanılarak üretilen kazaz örücülüğünde tesbihler ayrı bir öneme sahiptir. Toplar tek tek örülerek incelik örülmüş balıksırtı zincir üzerine dizilirler. Püsküller ayrıca hazırlanarak tüm parçalar birleştirilir. Tespih boyları tercihe göre büyük, orta ve küçük boy olarak ayarlanır (Şekil

12). Ayrıca süs ve mücevher taşlarıyla kombinlenmiş tesbih püskülleride tercih edilen kazaziye modelleri arasındadır (Şekil 13).



Şekil 12. Geleneksel kazaziye işlemesi örneklerinden gümüş tellerden üretilmiş komple tesbih örneği.



Şekil 13. Geleneksel Kazaziye işlemesi örneklerinden gümüş tellerden üretilmiş kehribar taşı kullanılmış bir tespih püskülü.

Gümüş teller kullanılarak üretilmiş geleneksel kazaziye ürünleri arasında yüzükler de önemli bir değere sahiptirler (Şekil 14). Kazaziye yüzükler, yüzük malafasında ölçüye uygun sepet örgü tarzında örülerek, şimşir (özel bir ağaç türü) tokmakla hafif dövülerek ütülenir ve tercihe göre eskitmesi yapılır. Kazaz yüzükleri hem erkekler hem de kadınlar kullanabilir.



Şekil 14. Geleneksel Kazaziye işlemesi örneklerinden gümüş tellerden üretilmiş kadın ve erkek yüzükleri.

Bir başka uygulama örneği, gümüş teller kullanılarak üretilmiş geleneksel kazaziye üretimleri arasında bileklik-yüzük-küpe kombine ürünler olup, bunlar oldukça yaygınca kullanıma sahiptirler (Şekil 15).



Şekil 15. Geleneksel kazaziye işlemesi örneklerinden gümüş üretilmiş bileklik-yüzük-küpe kombine takı modeli.

Diğer bir başka uygulama örneği, gümüş teller kullanılarak üretilmiş geleneksel Kazaziye üretimleri arasında eskitmeli (kükürtlü kimyasalla karartılmış) gümüşlerde tercih edilmektedir. Özellikle erkek bileklikleri bu tercihlerin başında gelir (Şekil 16). Kazaziye bilekliklerinde özellikle Türk sepet örgü formları rahatlıkla kullanılabilir (Okyay, 2008; Yıldırım, 2014) (Şekil 17). Tellerin esnek olması buna imkan sağlar.



Şekil 16. Geleneksel kazaziye işlemesi örneklerinden gümüş tellerden üretilmiş eskitmeli (kükürtlü kimyasalla karartılmış) bileklik.



Şekil 17. Geleneksel kazaziye işlemesi örneklerinden gümüş tellerden üretilmiş eskitmeli (kükürtlü kimyasalla karartılmış) sepet örgülü bileklikler.

Son olarak dinilebilirki, bir kazaz ustası zanaatının özüne bağlı kalarak hayal gücüyle tasarımı birleştirip kendi özgün yorumuyla özgün güncel tasarımlar da üretebilir (Şekil 18). Başka bir deyişle kazaziye zanaatının kullanım alanları (üretim modelleri) sınırsızdır.



Şekil 18. Kazaziye zanaatının özüne bağlı kalarak farklı malzemelerle birleştirilmiş özgün güncel tasarım uygulaması.

6. Sonuçlar

Anadolu topraklarında geçmişten günümüze kadar yaşamış pek çok uygarlığın izlerini taşıyan ve nesiller boyunca yaşatılarak ve ilave kültürel ritüeller ilave edilerek günümüze kadar ulaşabilmiş somut olmayan kültürel miras niteliğinde kazaziye, sabırla üretilmeyi ama bunun sonucunda estetik değeri yüksek olan el işi takı üretimidir. Geçmiş yüzyıllarda ürün yelpazesi sınırlı olarak genellikle kamçı, tespih ucu ve peçelik olarak üretilen kazaziyeler, günümüzde kuyum sektörünün hemen her çeşit ürünlerinde görülebilmektedir. Diğer el işi emek yoğun işler gibi kazaziye ürünleri de günümüzde hem yerli hem de yabancı turistlerce beğenilmekte ve tercih edilmektedirler. Bu somut olmayan Türkiye'ye özgüleşen bu kültürel mirasın korunması, yaşatılması ve eğitimlerle yeni nesillere aktarılması ve de özünü bozmadan günümüz izlerinden esintilerle geleceğe taşınması, el işi yapan kuyum zanaatkarlarının bir nevi mesleki sorumluluğudur.

Kaynaklar

- Begic, H.N., Önal-Çapık, H. (2019). Trabzon'da geleneksel kazaziye sanatı. Karadeniz Araştırmaları Enstitüsü Dergisi, 5 (8), 175-190. DOI: 10.31765/karen.668122
- Develioğlu, Y. (2002). Gümüş kazaz örücülüğü. Motif Dergisi, 30, 4-8.
- İnan, K. (2013). 17. Yüzyıl ortalarında Trabzon'da sosyal ve iktisadi hayat. Trabzon belediyesi Kültür Yayınları.
- Büyükyazı, M. (2008). Trabzon ilinde altın ve gümüş işlemeciliği. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (doktora tezi, yayımlanmamış).
- Okyay, G. (2008) Trabzon yöresi el sanatlarından hasır örgüsü ve kazazlığın araştırılması ve öğretim programı önerisi. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yüksek lisans tezi, yayımlanmamış).
- Terzi, M. (2007). Lidyalılardan miras kalan zanaat: Kazazlık. Karadeniz Meydan Dergisi, 4.
- Yıldırım, F. (2014). Sözlü kültür ve gelenek bağlamında Trabzon yöresi el sanatları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon (doktora tezi, yayımlanmamış).

Kuyumculukta Mikromozaiik Tekniğinin Uygulanması ve Geleneksel Mozaik Bağlayıcısına Alternatif Hızlı Kürlenene Bir Malzeme Geliştirilmesi 8

Derya Canan Akman¹

Özet

Bu çalışma, mikromozaiik tekniğinin kuyumculuk uygulamalarındaki süreçlerini incelemek ve geleneksel bağlayıcı malzemelere alternatif olarak daha hızlı kürlenene, kolay erişilebilir bir bağlayıcı formülasyonu değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Mikromozaiik, camın mikrometrik boyutlarda hazırlanarak metal bir zemin üzerine kompozisyon oluşturacak şekilde yerleştirilmesine dayanan bir tekniktir. Keten yağı temelli klasik bağlayıcıların tam kürlenme süresinin haftalar alması, özellikle takı ölçüğünde çalışan uygulayıcılar için üretim verimliliğini önemli ölçüde sınırlamaktadır. Bu bağlamda çalışmada, kuyumculuk alanında yaygın olarak kullanılan iki bileşenli bir malzemenin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen, daha kısa sürede sertleşen ve pratik kullanım imkânı sağlayan yeni bir bağlayıcı alternatifinin işlevsel özellikleri değerlendirilmiştir. Yöntem kapsamında camın hazırlanması, mikro parçaların oluşturulması, yüzey hazırlığı ve yeni bağlayıcının uygulama prosedürü sistematik olarak ele alınmıştır. Elde edilen bulgular, önerilen bağlayıcı karışımının birkaç saat içerisinde uygulamaya hazır sertliğe ulaşarak üretim süresini kayda değer ölçüde kısalttığını göstermektedir. Sonuç olarak çalışma, mikromozaiik tekniğinin çağdaş kuyumculuk pratiği içerisinde daha uygulanabilir ve erişilebilir hâle getirilmesine yönelik bir katkı sunmakta, özellikle eğitim ortamları ve küçük ölçekli atölyeler için işlevsel bir alternatif materyal önermektedir.

1 (Mücevher Tasarımcısı) E-Mail: deryacananaslan@gmail.com, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, El Sanatları Bölümü, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı, İzmir, Türkiye

1. Giriş

Mikromozaiik, geleneksel mozaik sanatının kuyumculuk ölçeğine uyarlanmış, yüksek hassasiyet ve yoğun el işçiliği gerektiren bir yüzey süsleme tekniğidir. Cam çubukların ısı altında inceltilerek farklı kesitlere dönüştürülmesi ve bu mikro parçaların metal bir zemin üzerine renkli bir kompozisyon oluşturacak şekilde yerleştirilmesi prensibine dayanır. Bu teknik, özellikle 18. ve 19. yüzyılda Avrupa’da gelişen küçük ölçekli cam işçiliğiyle birlikte takı tasarımında önemli bir ifade biçimi hâline gelmiş; günümüzde ise hem geleneksel değerleri hem de çağdaş tasarım anlayışını bir araya getiren bir uygulama alanı olarak yeniden ilgi görmeye başlamıştır (Gabriel, 2000; Ling, 1998).

Mikromozaiik üretimi, malzeme çeşitliliği ve süreç yönetimi açısından kuyumculuk pratiğinin en karmaşık alanlarından biridir. Tekniğın uygulanabilmesi için camın ısı altında kontrollü biçimde çekilmesi, motif yapısının mikroskobik ölçekte planlanması ve yüzey hazırlığının hatasız yapılması gerekmektedir. Bu aşamalar kadar kritik olan bir diğeri unsur ise mozaik parçalarının zemine sabitlenmesinde kullanılan bağlayıcı malzemedir. Geleneksel mikromozaiik macunları, güçlü yapışma özellikleri nedeniyle tercih edilmekle birlikte uzun kuruma süreleri, zor bulunmaları ve bazı kullanım kısıtları sebebiyle üretim sürecini yavaşlatmakta ve tekniğın yaygınlaşmasını sınırlandırmaktadır (Gabriel, 2000).

Bu çalışma, mikromozaiik tekniğinin kuyumculuk uygulamalarını teknik düzeyde ele alırken aynı zamanda bu pratiğın en kritik unsurlarından biri olan bağlayıcı malzemeye yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Araştırma kapsamında, geleneksel macunun rolü ve fiziksel özellikleri değerlendirilmiş; buna alternatif olarak daha kısa sürede kürlenen, metal zeminlere uyum sağlayan ve mikromozaiik parçalarının stabilitesini koruyan yeni bir bağlayıcı malzeme geliştirilmiştir. Bu malzeme, hem üretim süresini önemli ölçüde kısaltmakta hem de başlangıç seviyesindeki uygulayıcılar için daha erişilebilir bir çalışma ortamı oluşturmaktadır.

Bu yönüyle çalışma, kuyumculukta mikromozaiik tekniklerinin sürdürülebilirliğine katkı sunmakta; eğitim, tasarım ve üretim süreçlerinde kullanılabilecek yeni bir yöntem önermektedir. Geliştirilen alternatif bağlayıcı, yalnızca pratik avantajlar sağlamakla kalmayıp mikromozaiik tekniğinin daha geniş bir uygulayıcı kitlesi tarafından benimsenmesine de imkân tanımaktadır. Böylece araştırma, hem geleneksel cam işçiliğinin çağdaş bir yorumunu desteklemekte hem de teknik yenilik yoluyla üretim verimliliğini artırmayı hedeflemektedir.

2. Tarihi Süreç

Mikromozaiik tekniği, mozaik sanatının küçük ölçekli bir varyasyonudur ve kökenleri Antik Roma'nın cam işçiliği geleneklerine uzanır. Bu dönemde cam, yalnızca mimari yüzeylerde değil, aynı zamanda küçük dekoratif objelerde de kullanılmaya başlanmış ve malzemenin hem renk çeşitliliği hem de optik özellikleri, daha ince detaylara olanak tanıyan tekniklerin gelişmesini mümkün kılmıştır. Roma mozaiklerinde kullanılan 'Tessera' adı verilen küçük taş ve cam parçalarının zamanla küçülmesi, mikromozaiik tekniğine giden süreci hazırlamıştır (Gabriel, 2000) (Şekil 1).

Tekniğin takı formuna uyarlanması ise 18. yüzyılın sonlarında İtalya'da ortaya çıkmış bir yeniliktir. Cam üretimiyle ünlü Venedik ve Roma atölyelerinde, cam çubukların ısı altında çekilerek milimetrik kesitlere dönüştürülmesi yaygın hâle gelmiş; bu da çok daha yüksek çözünürlükte görsel kompozisyonlar üretmeyi mümkün kılmıştır. Bu dönemde özellikle manzara, mimari detaylar, çiçek kompozisyonları ve dini ikonografiler mikromozaiik tekniğiyle işlenen popüler temalar arasında yer almıştır (Gabriel, 2000) (Şekil 2).

19. yüzyılda teknik Avrupa'nın çeşitli merkezlerine yayılmış ve dönemin aristokrat çevrelerinde dekoratif obje ve takı üretiminde prestijli bir yöntem olarak benimsenmiştir. Mikromozaiik, hem minyatür sanatının hem de cam işçiliğinin birleştiği hibrit bir alan olarak değerlendirilebilir. Bu birleşme, tekniği yalnızca estetik değil, aynı zamanda teknik ustalık gerektiren bir uygulama hâline getirmiştir (Gabriel, 2000; Dormer, 1997) (Şekil 3).

Günümüzde mikromozaiik, geleneksel atölyelerin yanı sıra çağdaş takı tasarımcıları tarafından yeniden keşfedilmekte ve özellikle el işçiliğine dayalı üretim arayışlarında önemli bir yer tutmaktadır. Modern uygulamalar hem klasik formları yaşatmakta hem de teknolojik malzeme yenilikleriyle tekniği daha ulaşılabilir kılmaktadır (Dormer, 1997)



Şekil 1. Giacomo Raffinelli'nin (1753-1836) "Plinius'un Güvercinleri" adlı mozaik eseri (www.langantiques.com 'dan alınmıştır).



Şekil 2. Antik İtalyan mikromozaiik uygulaması (www.langantiques.com 'dan alınmıştır).



Şekil 3. Victoria dönemi mikromozaiik kolye çalışması (www.langantiques.com ‘dan alınmıştır.)

3. Mikromozaiikte Cam Hazırlama Süreci ve Hazır Cam Kullanımının Karşılaştırılması

Mikromozaiik tekniğinde kullanılan camın niteliği, üretilecek kompozisyonun hem estetik hem de teknik başarısını doğrudan etkileyen temel unsurlardan biridir (Gabriel, 2000). Bu nedenle cam çubukların sanatçının kendisi tarafından hazırlanması veya dışarıdan hazır temin edilmesi arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Her iki yöntemin de üretim süreci, kontrol düzeyi, maliyet ve esneklik açısından çeşitli kolaylıkları ve sınırlılıkları vardır. Aşağıda bu iki yaklaşım ayrıntılı biçimde karşılaştırılmaktadır.

3.1.Sanatçının Kendi Camını Hazırlaması

Mikromozaiik sanatçılarının bir kısmı, cam çubukları tamamen kendi atölyelerinde hazırlamayı tercih eder. Bu yöntem, ustalık gerektiren ve zaman

alan bir süreç olmakla birlikte yaratıcı kontrol açısından büyük avantajlar sunar.

3.1.1. Avantajlar

3.1.1.1. Renk ve Doku Üzerinde Tam Kontrol

Sanatçı, camın ısı altında nasıl davrandığını doğrudan gözlemleyebilir ve renk geçişlerini, opaklık derecesini, parlaklık veya matlık etkisini kendi estetik tercihleri doğrultusunda şekillendirebilir. Bu, özellikle gölgelendirme gerektiren çiçek motifleri, portreler ve minyatür manzaralarda büyük önem taşır.

3.1.1.2. Kesit ve Form Çeşitliliği

Sanatçının kendi çektiği camlar istenilen: •Kare kesit, •Dikdörtgen kesit, •İnce fitil ve •Yoğun renk blokları gibi farklı geometrilere dönüştürülebilir. Hazır çubuklarda bu çeşitlilik çoğu zaman sınırlıdır.

3.1.1.3. Teknik Uyum

Sanatçının kendi cam karışımını hazırlaması, bağlayıcı macunla ve metal zeminle uyumlu bir termal genleşme ilişkisi kurmasını sağlar. Bu, çatlama, ayrılma ve renk bozulması risklerini azaltır. Üretimde kendine özgü bir imza oluşturur. El yapımı cam çubukların içerdiği mikro farklılıklar, sanatçının işlerine özgün bir kimlik kazandırır. Bu, mikromozaik gibi yüksek zanaat gerektiren alanlarda değerli bir özelliktir.

3.1.2. Dezavantajlar

3.1.2.1. Zaman Maliyetinin Yüksek Olması

Cam çekme işlemi; •Isının stabil tutulması, •Camın doğru viskoziteye gelmesi, •Defalarca prova yapılması gibi aşamalar içerdiğinden oldukça zaman alıcıdır. Yoğun üretim yapan sanatçılar için bu, verimliliği düşürebilir.

3.1.2.2. Teknik Beceri Gereksinimi

Camın homojen biçimde çekilebilmesi deneyim gerektirir. Düzensiz çekilen camlar mikromozaik uygulamasında hizalama sorunlarına yol açabilir.

3.1.2.3. Ekipman İhtiyacı

Kendi camını üreten sanatçının mutlaka: •Torç veya alev cihazı, •Isıya dayanıklı çalışma yüzeyi ve •Güvenlik ekipmanları bulundurması gerekir.

Bu ekipmanların maliyeti başlangıç seviyesindeki uygulayıcılar için yüksek olabilir.

3.2. Dışarıdan Hazır Cam Temin Etmek

Piyasada mikromozaiik için özel olarak üretilen veya “lampwork” camından türetilmiş hazır çubuklar bulunabilmektedir. Bunlar özellikle yeni başlayanlar ve seri üretim yapan sanatçılar tarafından tercih edilir.

3.2.1. Avantajlar

3.2.1.1. Zaman Tasarrufu

Hazır cam çubukları kullanmak, üretim sürecini ciddi biçimde hızlandırır. Bu, özellikle takı üretimi yapan atölyelerde iş akışını kolaylaştırır.

3.2.1.2. Standart Boyut ve Renk Sürekliliği

Hazır cam çubuklarının kesitleri genellikle homojendir; renklerde beklentinin dışında dalgalanmalar görülmez. Bu, tekrar eden desenlerde mükemmel uyum sağlar.

3.2.1.3. Yeni Başlayanlar İçin Kolaylık

Cam çekme aşamasının ortadan kalkması, tekniğe yeni adım atan kişilerin doğrudan mozaik yerleştirmeye odaklanmasına imkân verir.

3.2.1.4. Profesyonel Üreticiler Tarafından Hazırlanan Geniş Renk Kataloğu

Bazı üreticiler çok ince fitillerden oluşan yüzlerce renk tonunu hazır olarak sunar.

3.2.2. Dezavantajlar

3.2.2.1. Sınırlı Yaratıcılık

Hazır çubuklar belirli standartlarda üretildiği için, sanatçı kesit formunda veya doku karakterinde kişisel tercihler yapamaz. Bu da özgünlük düzeyini etkileyebilir.

3.2.2.2. Malzeme Uyumsuzluğu Riski

Hazır camların termal genleşme katsayıları her zaman kullanılan bağlayıcı veya metal yüzeylerle uyumlu olmayabilir. Bu, zaman içinde kopma veya çatlama sorununa yol açabilir.

3.2.2.3. Renk Geçişlerinin Kısıtlı Olması

Kompozisyon içinde çok ince ton farkları gerekiyorsa sanatçının kendi camını hazırlaması daha avantajlıdır. Hazır çubuklarda mikron düzeyinde renk kontrolü sağlamak çoğu zaman mümkün değildir.

3.2.1.4. Erişim Sorunları

Türkiye gibi cam endüstrisinin mikromozaik odaklı üretim yapmadığı ülkelerde yüksek kaliteli hazır çubukların temini zor veya maliyetli olabilir.

3.3. Hangi Yöntem Ne Zaman Tercih Edilmeli?

*Sanatçının kendi camını hazırlaması, teknik yetkinlik gerektirse de yüksek detay, kişisel estetik ve tam kontrol isteyen çalışmalar için idealdir.

*Hazır cam kullanımı, hız, standartlaşma ve kolay erişilebilirlik gerektiren seri üretim veya eğitim ortamları için avantaj sağlar.

*Uygun koşullarda en verimli yöntem, iki sistemin bir arada kullanılmasıdır: Kritik ton geçişleri için el yapımı camlar. Arka plan ve düz yüzeyler için hazır çubuklar.

4. Alternatif Hızlı Kürlenene Bağlayıcı Malzeme Geliştirilmesi

Mikromozaik tekniğinde cam parçalarının zemine sabitlenmesinde kullanılan geleneksel bağlayıcılar, keten yağı ve mineral tozların karışımına dayanan, oldukça yavaş kürlenene malzemelerdir. Bu karışımın tam olarak sertleşmesi kimi zaman bir aya yaklaşan süreler gerektirir (Gabriel, 2000). Uzun kürlenme süresi özellikle takı ölçeğinde çalışan sanatçılar için hem üretim akışını yavaşlatmakta hem de tekrar eden uygulamalarda pratikliği azaltmaktadır. Bu çalışmada, kuyumculuk sektöründe yaygın olarak kullanılan iki farklı hazır malzemenin (A ve B bileşenleri) uygun oranlarda karıştırılmasıyla daha hızlı sertleşen, uygulanması kolay ve yerel olarak temin edilebilen bir bağlayıcı formülasyonu geliştirilmiştir. Elde edilen karışımın birkaç saat içinde çalışılabilir sertliğe ulaşması, mikromozaik üretim sürecinde hem zaman tasarrufu sağlamak hem de küçük yüzeylerde stabil bir tutunma performansı sunmaktadır. Bu yönüyle geliştirilen alternatif bağlayıcı, geleneksel yöntemlere göre daha erişilebilir, ekonomik ve modern atölye koşullarına uyum sağlayan bir çözüm olarak değerlendirilmiştir.

4.1. Bağlayıcı Malzemenin Uygulanması

Çalışılacak metal yüzey temiz, yağdan arındırılmış ve hafif pürüzlendirilmiş olmalıdır. Bu işlem: Bağlayıcının yüzeye sağlam tutunmasını sağlar, aynı

zamanda da cam parçalarının kaymasını önler. Metal çerçevenin derinliği mikromozaiik parçalarının doğru seviyede oturabilmesi için belirleyicidir. Zemin üzerine ince ve homojen bir bağlayıcı tabakası sürülür. Geleneksel bağlayıcılar daha uzun çalışma süresi sağlarken; bu çalışmada tanıtılan hızlı kürlenen yeni karışım, özellikle takı ölçeğinde daha pratik bir uygulama imkânı sunmaktadır. Bağlayıcının kalınlığı ne çok ince ne de taşacak ölçüde kalın olmalıdır; ideal kıvam cam parçalarının yarı gömülü biçimde yüzeye yerleşebilmesini sağlar.

5. Uygulama Yöntemi

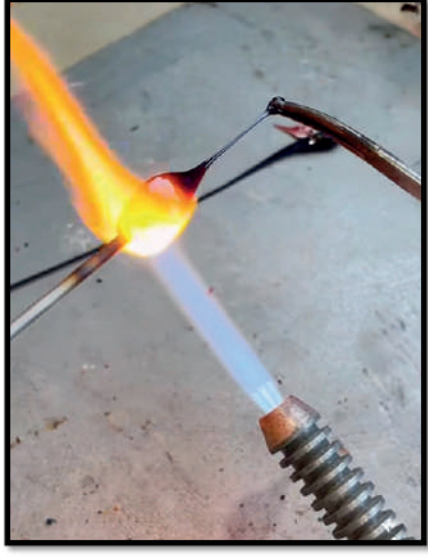
Mikromozaiik tekniği, küçük ölçekte çalışan sanatçılar için dikkat, sabır ve sistemli bir üretim süreci gerektirir. Bu bölümde camın hazırlanmasından kompozisyonun tamamlanmasına kadar olan temel çalışma adımları basit bir şekilde özetlenmiştir.

5.1. Cam Çubuk Çekme İşlemi

Cam çubuk çekme işlemi, ergitilmiş camın (Şekil 4) viskoz hâle getirildikten sonra kontrollü biçimde çekilerek ince ve homojen cam çubuklar (cane) elde edilmesine dayanan bir cam şekillendirme tekniğidir (Şekil 5). İşlemin temel belirleyicileri ısı, çekme hızı ve eksenel dengedir; bu parametreler çubuğun kalınlığını, kesit formunu ve yapısal bütünlüğünü doğrudan etkiler. Uygun ısı-çekme dengesi sağlandığında silindirik, yassı veya köşeli profiller üretilebilir. Cam çubuk çekme tekniği, özellikle mikromozaiik ve benzeri küçük ölçekli uygulamalarda, standart boyutlu ve tekrarlanabilir cam elemanların elde edilmesini mümkün kılan temel bir üretim yöntemidir (Tait, 2004; Newton & Davison, 1989).



Şekil 4. Camın ergitilme işlemi

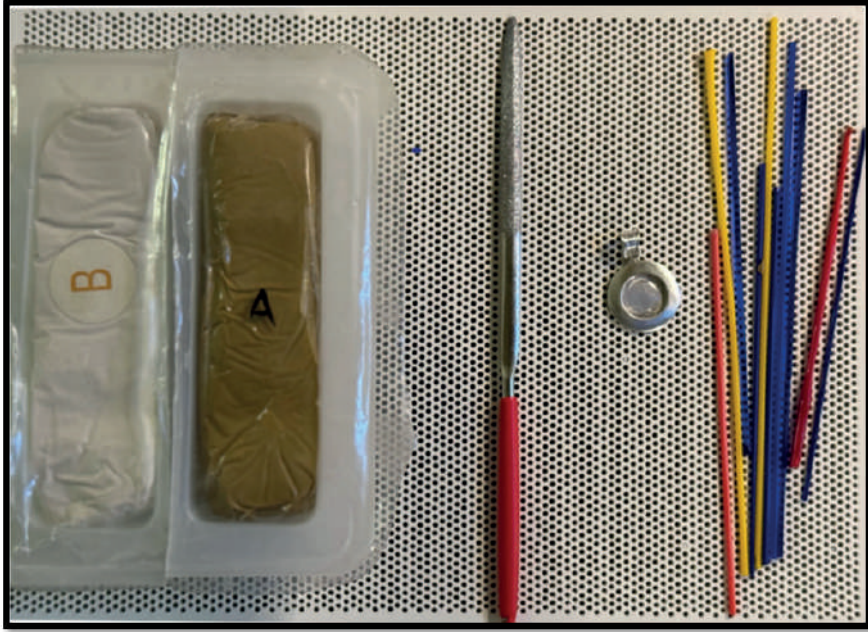


Şekil 5. Ergitilmiş camdan çekme işlemi.

5.2. Mikromozaiikte Kullanılacak Malzemeler

Mikromozaiikte kullanılacak malzemeler yöresel farklılıklar göstermekle beraber genelde aşağıda verilenler en yaygın olanlardır (Şekil 6).

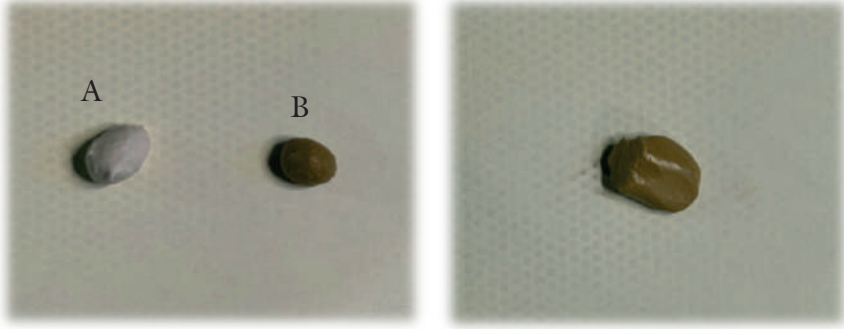
- *Bağlayıcı olarak kullandığımız “kuyumcu (taş) macunu”
- *Cımbız (ince uçlu el aletleri)
- *Elmas eğe
- *Taşıyıcı yüzey (metal)
- *Çekilerek elde edilen cam çubuklar



Şekil.6. Mikromozaiikte kullanılacak malzemeler.

5.3. Bağlayıcı Malzeme

Mikromozaiik uygulamasında bağlayıcı olarak kuyumcu macunu kullanılmıştır. Bu bağlayıcı, A ve B olmak üzere iki ayrı bileşenden oluşmakta olup, uygulama öncesinde eřit miktarlarda alınarak homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılmaktadır (Şekil 7). Hazırlanan karışım, cam şubuklardan kesilen mikromozaiik parşalarının taşıyıcı yüzeye sabitlenmesinde kullanılmış; hızlı kūrlenme süresi sayesinde geleneksel keten yağı esaslı bağlayıcılara kıyasla daha kısa sürede şalışılabilir sertliğe ulaşmıştır. Bu özellik, özellikle takı ölçeğinde yapılan mikromozaiik uygulamalarında üretim sürecinin hızlanmasına ve uygulama kontrolünün artmasına olanak sağlamaktadır.



Şekil 7. Mikromozaiik uygulamasında bağlayıcı olarak kullanılan kuyumcu macununun oluşturulmasında, bağlayıcı, A ve B olmak üzere iki ayrı bileşenden oluşmakta olup, uygulama öncesinde eşit miktarlarda alınarak homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılırlar.

5.4. Mikromozaiik Uygulanacak Montür

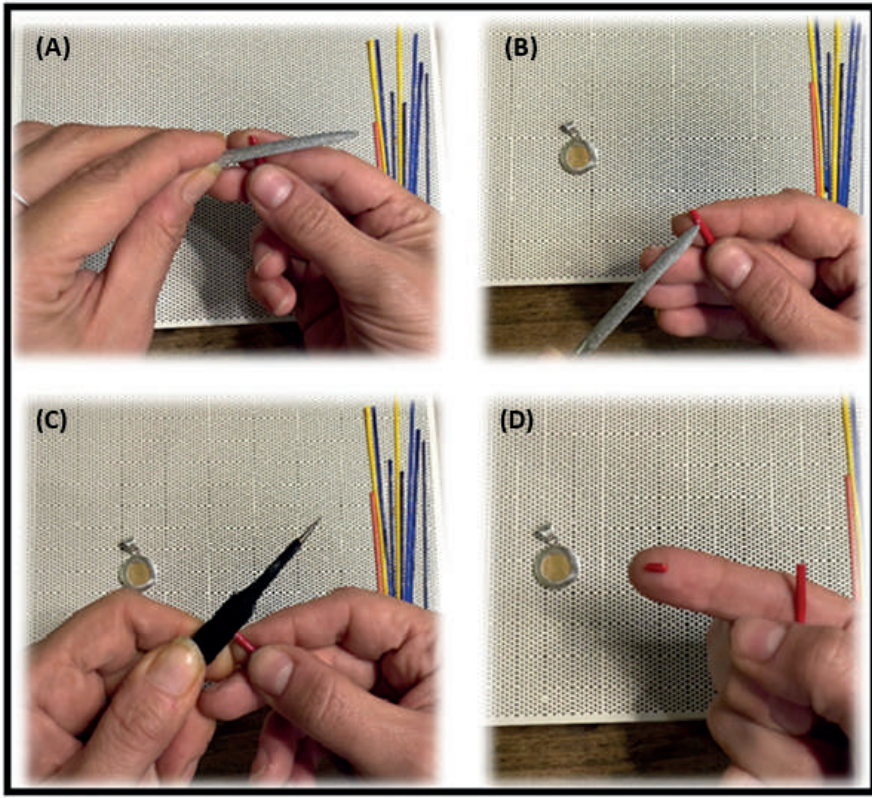
Cam mikromozaiik parçalarının yerleştirildiği ve kompozisyonun sınırlarını belirleyen taşıyıcı metal altyapıdır. Bu çalışmada montür, mikromozaiik uygulamaya uygun şekilde önceden hazırlanmış yüzey, bağlayıcının tutunmasını artırmak amacıyla temizlenmiş ve gerekirse pürüzlendirilmiştir. Montürün formu ve derinliği, cam parçaların sabitlenmesini ve yüzeyin düzgünlüğünü doğrudan etkilediğinden, mikromozaiik uygulaması öncesinde teknik ve estetik gereklilikler göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Solda, mikromozaiik yerleştirmeye hazır metal montür görölmektedir. Sağda ise montür içerisine, A ve B bileşenlerinden eşit miktarda alınarak homojen biçimde karıştırılmış kuyumcu macununun uygulanmış hali yer almaktadır.

5.5 Cam ubukların Parçalara Ayrılması

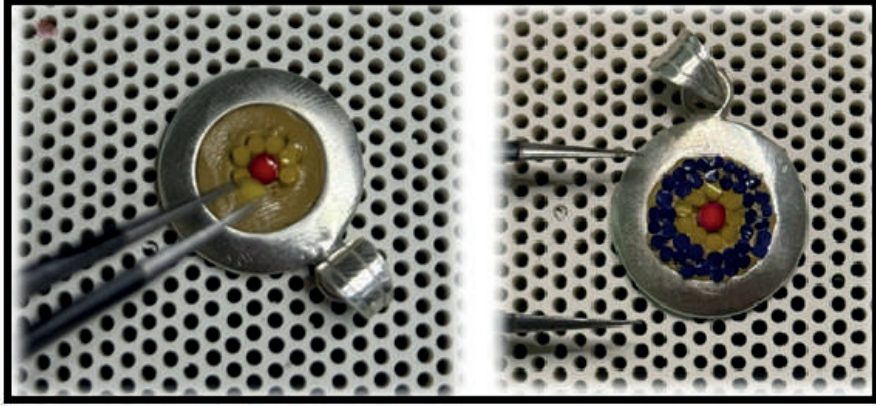
Cam ubuklar, kesim hattı belirlenerek sert uçlu bir eğe yardımıyla yüzeyden kontrollü biçimde çizilir. Oluşturulan bu zayıf hat boyunca uygulanan hafif bir mekanik kuvvetle cam, temiz ve kontrollü şekilde kırılarak parçalara ayrılır. Böylece bu yöntemle, camın kontrolsüz çatlamasını önlerken mikromozaiik için gerekli olan küçük, düzenli ve tekrarlanabilir cam parçaların elde edilmesi mümkün kılınır (Şekil 9).



Şekil 9. Cam çubuklar öncelikle kesim hattı belirlenerek sert uçlu bir eğe yardımıyla yüzeyden kontrollü biçimde çizilirler (A ve B). Oluşturulan bu zayıf hat boyunca uygulanan hafif bir mekanik kuvvetle cam, temiz ve kontrollü şekilde kırılarak parçalara ayrılır (C ve D).

5.6. Mikromozaiik parçaların montüre yerleştirilmesi

Bağlayıcı malzemenin uygulanmasının ardından gerçekleştirilen, kompozisyonun oluşumunu belirleyen aşamadır. Cam çubuklardan kesilerek hazırlanan mikromozaiik parçalar, ince uçlu el aletleri yardımıyla henüz çalışılabilir sertlikteki kuyumcu macunu üzerine tek tek yerleştirilir. Parçalar, yüzeyle tam temas edecek ve aralarında boşluk kalmayacak şekilde konumlandırılır; böylece hem yapısal bütünlük hem de görsel süreklilik sağlanır (Şekil 10). Bu aşama, mikromozaiik yüzeyin homojenliği ve uzun vadeli dayanımı açısından belirleyici niteliktedir. Böylece hızlı kürlenmiş bağlayıcı ile değişik takı modelleri üretilebilmektedir (Şekil 11).



Şekil 10. Mikromozaiik parçaların montiürlenmesi aşamaları.



Şekil.13. Hızlı kürlenene bağlayıcıyla ortaya çıkartılmış iki farklı mikro mozaik takısı.

Kaynaklar

- Dormer, P. (1997). The culture of craft. Manchester University Press. UK.
- Dunbabin, K. M. D. (1999). Mosaics of the Greek and Roman world. Cambridge University Press. UK.
- Gabriel, J. H. (2000). Micromosaics: The Gilbert Collection. London: Philip Wilson Publishers. UK.
- Gombrich, E.H. (2023) The Story of Art (16th Ed.). Phaidon.
- Ling, R. (1998). Roman painting. Cambridge University Press. UK.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2017). Türk Sanatları: Mozaik (Yay. haz. A. Ergül, Ed. F. Y. Ayık). İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi & Türk Kültürüne Hizmet Vakfı / Kültür A.Ş.
- Newton, R. & Davison, S. (1989). Conservation of glass. Butterworths, London. UK.
- Tait, H. (Ed.). (2004) Five thousand years of glass. British Museum Press. UK.
- URL 1. https://www-langantiques-com.translate.goog/university/micromosaic/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=tr&_x_tr_hl=tr&_x_tr_pto=tc

Kuyum Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği: Kimyasal, Fiziksel, Ergonomik ve Psiko-Sosyal Riskler

Sevinç Özel¹

Özet

Kuyumculuk; değerli metallerin (altın, gümüş ve platin grubu malzemeler) ergitilmesi, alaşımlanması, dökümü, kaynaklanması, tesviyesi, mıhlaması, cilalanması, kaplaması sürecinin sonucunda tüketiciye sunulması gibi çok sayıda üretim adımlarını içerir. Bu süreçler yoğun el emeği ve yüksek düzeyde ince motor becerisi gerektirirken, aynı zamanda çalışanları karmaşık ve çok boyutlu iş sağlığı ve güvenliği (İSG) risklerine maruz bırakmaktadır.

Bu çalışmada, kuyum atölyeleri için uygulanabilir nitelikte bir risk değerlendirme tablosu, üç kısa vaka, saha denetimlerinde kullanılabilecek atölye İSG kontrol listesi, temel başlıklardan oluşan bir eğitim modülü ve örnek bir İSG planı iskeleti sunulmaktadır. Amaç hem araştırmacılara hem de uygulayıcılara, kuyum sektöründeki meslek hastalıklarının ve iş kazalarının önlenmesi için bilimsel temelli ve pratik bir çerçeve sağlamaktır.

1. Giriş

Kuyum imalat sektörü, küçük ve orta ölçekli atölyelerin hakim olduğu, kimyasal, fiziksel, ergonomik ve psiko-sosyal risklerin bir arada ve çoğu zaman kontrolsüz biçimde görüldüğü bir çalışma alanıdır. Uluslararası literatürde “goldsmiths” ve “jewellery workers” olarak geçen “kuyumcular” ve “mücevher çalışanları”; asitler, ağır metaller ve siyanürlü banyolar gibi kimyasal ajanlara, ısı, erimiş metal, gürültü, titreşim ve toz gibi fiziksel tehlikelere, statik postür ve tekrarlayan ince motor hareketlere bağlı kas-iskelet sistemi yüklerine ve uzun çalışma saatleri, parça başı ücret, kayıt dışı

1 (A Sınıfı İSG Uzmanı, Öğretim Görevlisi Dr.) ORCID: 0000-0001-9006-5489 e-mail: sevinc.ozel@deu.edu.tr, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, El Sanatları Bölümü, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı Buca-İzmir / Türkiye

çalışma gibi psiko-sosyal stresörlere dikkat çekilmektedir (Sahu vd., 2013; Salve vd., 2015; Rahman vd., 2015).

Kuyumculuk; soy metallerin (altın, gümüş ve platin grubu malzemeler) ergitilmesi, alaşımlanması, dökümü, kaynaklanması, tesviyesi, mıhlaması, cilalanması, kaplanması ve de nihayetinde tüketiciye sunulması gibi çok sayıda üretim adımlarını içeren, aynı zamanda yoğun el emeği ve ince motor becerisi gerektiren bir çalışma alanıdır. Özellikle Türkiye, Hindistan, Çin, Brezilya ve çeşitli Orta Doğu ülkelerinde bu üretim büyük ölçüde küçük atölyelerde ve yarı-hijyenik koşullarda yürütülmektedir (ILO, 2011; Rahman vd., 2015).

Bu yapı, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından çok katmanlı riskler doğurur. Kuyumcular aynı anda:

- Asitler, ağır metaller ve siyanürlü kaplama banyoları gibi kimyasal ajanlara,
- Isı, alev, ergimiş metal, gürültü, titreşim ve toz gibi fiziksel tehlikelere,
- Statik postür, tekrarlayan ince hareketler ve yetersiz ergonomi nedeniyle kas-iskelet sistemi yüklerine,
- Uzun çalışma saatleri, parça başı ücret, kayıt dışı çalışma ve usta-çırak hiyerarşisi gibi psiko-sosyal stresörlere

maruz kalmaktadırlar (Salve vd., 2015; Sahu vd., 2013; Raut vd., 2024).

Çalışmalar; kuyumculuk çalışanlarında kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, solunum fonksiyon kaybı, dermatolojik sorunlar, işitme kaybı ve ağır metal birikimi gibi sağlık sonuçlarının toplum ortalamasının belirgin üzerinde olduğunu göstermektedir (Salve vd., 2015; Sahu vd., 2013; Moitra vd., 2012; Khatib, 2018).

Bu çalışmada kuyum sektöründeki İSG risklerini kimyasal, fiziksel, ergonomik ve psiko-sosyal boyutlarıyla ayrıntılı şekilde irdeleyerek; literatür bulgularını sentezleyip uygulanabilir araçlar (risk tablosu, vaka örnekleri, kontrol listesi, eğitim modülü ve örnek İSG planı) ile bütünleştirmeyi ortaya konmaya çalışılacaktır. Ancak, analizlerde özellikle küçük çaplı kuyum atölyeler ön plana alınacaktır. Bu yönüyle atölyelerde iş sağlığı ve güvenliği kimyasal, fiziksel, ergonomik ve psiko-sosyal boyutlarıyla ele alınarak, ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar, saha raporları, tezler ve ILO, EU-OSHA, NIOSH, OSHA gibi kurumların rehberleri temelinde derinlemesine bir değerlendirme sunulmaktadır. Öncelikle sektörün yapısı, atölye tipleri ve üretim süreçlerinin İSG açısından kritik adımları tartışılmakta; ardından ağır metaller, asitler ve siyanür bileşikler gibi kimyasalların sağlık etkileri; gürültü,

titreşim, toz ve ısı işlemler gibi fiziksel maruziyetler ile statik ve tekrarlayıcı çalışma pozisyonlarının ergonomik sonuçları ve iş organizasyonuna bağlı psiko-sosyal riskler aydınlatılmaktadır. Literatürde raporlanmış solunum sistemi etkileri, kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, dermatolojik tablolar ve ağır metal toksisiteleri örneklerle değerlendirilmektedir.

Ayrıca bu çalışma, klasik bir sistematik bir iş güvenliği derlemesi yerine, farklı türdeki verileri (gözlemsel çalışmalar, saha raporları, tezler, kurum rehberleri, vaka sunumları) entegre eden bir derleme yaklaşımıyla yürütülmüştür. Bu çerçevede Kuyumculuk veya doğrudan altın/gümüş işçiliği ile ilgili sağlık etkileri, maruziyet ölçümleri ya da ergonomik değerlendirme de dahil 40'tan fazla güncel bilimsel makale, rapor incelenmiş, küçük atölyelerdeki çalışmalar gözlemlenmiştir. Ek olarak, siyanür ve ağır metal maruziyetine ilişkin genel metal kaplama (electro-plating) vakaları, kuyumculuk için de benzer prosesler içerdiği için destekleyici kanıt olarak kullanılmıştır (NIOSH, 1987; Martin, 2004; Jethava vd., 2014).

2. Kuyumculuk Sektörünün Yapısı ve Çalışma Koşulları

2.1. Atölye Tipleri, İş Gücü ve Üretim Organizasyonu

Kuyum sektörü, özellikle Türkiye ve Hindistan gibi ülkelerde çoğu zaman mikro boyutlu işletmeler ile yapılmaktadır. Üretim birimleri:

- 2–5 kişilik “usta–kalfa–çırak” yapısındaki küçük zanaatkâr atölyeler,
- Aynı binada onlarca atölyenin bulunduğu işhanı/pasaj sistemleri,
- Daha büyük, bölümlere ayrılmış (döküm, kaplama, cila) üretim atölyeleri

şeklinde gruplanabilir (Rana, 2019; Ramesh vd., 2019).

Türkiye’de İstanbul’da Kapalıçarşı, Kuyumcukent gibi, İzmir’de de Kemeraltı gibi köklü kuyum merkezlerinde, eski binaların dar koridorları boyunca dizilmiş, çoğu zaman penceresiz veya doğal havalandırması son derece kısıtlı atölyeler olarak yoğunlaşmışlardır. Güncel mekânsal standartları karşılamayan yıpranmış ve işlevsel bütünlüğünü büyük ölçüde yitirmiş fiziksel ve işlevsel açıdan degradasyona uğramış mekânsal yapılar, kimyasal buharların, metal dumanlarının ve tozun birikmesine ve çalışanların bu ajanlara kronik maruziyetine zemin hazırlarlar.

Dünya üzerinde birçok ülkede kuyumculuk, çocuk ve genç işçilerin yoğun olduğu işkollarından biridir. Türkiye’de ve diğer ülkelerde yapılan çalışmalar, 15–18 yaş arası gençlerin çırak olarak kuyumcu atölyelerinde çalıştığını, uzun çalışma saatlerine maruz kaldığını ve solunum–alerji şikâyetlerinin sık

olduğunu göstermektedir (Yenilmez, 2009; Rahman vd., 2015). Bu durum hem çocuk işçiliği hem de genç işçilerin gelişmekte olan organ sistemleri nedeniyle maruziyete biyolojik açıdan daha kırılgan olması açısından önem taşımaktadır.

2.2 Üretim Adımlarının İSG Açısından Önemi

Kuyumculuk üretim zinciri, İSG açısından kritik bir dizi adımdan oluşur:

- Alaşım hazırlama ve ergitme; Yüksek sıcaklıkta metal buharı ve dumanı (özellikle kadmiyum, nikel, kurşun içeren alaşımlar).
- Döküm ve kalıplama; Nemli kalıplarda buhar patlaması ve erimiş metal sıçraması.
- Lehimleme ve kaynak; Lehim ve flux dumanları; florür, borat ve metal oksit aerosolleri
- Kesme, zımpara ve tesviye; Yüksek miktarda metal ve aşındırıcı toz üretimi.
- Cila ve polisaj; Hızlı dönen cila motorları; toz, gürültü ve titreşim.
- Kimyasal temizleme ve kaplama; Asit banyoları (HNO_3 , H_2SO_4), siyanürlü altın ve gümüş banyoları, solventler.

Yukarıda bahsi geçen tüm adımlar küçük bir hacimde iç içe geçtiğinde, çalışan tek bir vardiyada çoklu maruziyet profili ile karşı karşıya kalır.

3. Kimyasal Riskler

3.1 Ağır Metaller

Kuyumculukta kullanılan ağır metaller arasında altın ve gümüşün yanı sıra bakır, çinko, nikel, kobalt, kadmiyum ve az da olsa kurşun bulunur. Özellikle alaşım ve kaplama işlemlerinde bu metaller toz veya duman formuna geçerek solunum ve deri yoluyla alınabilir.

Ürdün'de yürütülen bir biyomonitoring çalışmasında, kuyumculuk işçilerinde idrar kadmiyum düzeylerinin kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek olduğu, nikel ve bakır için de artmış değerler gözlemlendiği bildirilmiştir (Khatib, 2018).

Kadmiyum; nefrotoksisite, pulmoner fibrozis ve akciğer kanseri ile ilişkili güçlü bir toksik metal olup, Kısa adı IARC (International Agency for Research on Cancer) olan Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından Grup 1 kanserojen olarak sınıflanır (Wittman ve Hu, 2002). Nikel ve kobalt ise

yaygın temas alerjenleri ve olası solunum duyarlılık oluşturan maddelerdir; nikel alerjisi kuyumcu ve metal işçilerinde vd., 2020).

3.2 Asitler: Nitrik (HNO_3) ve Sülfürik Asit (H_2SO_4)

Nitrik asit, kuyumculukta altın ayrıştırma ve yüzey temizlemede sık kullanılır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve ILO, nitrik asit buharlarına akut maruziyetin ciddi üst ve alt solunum yolu irritasyonu, bronkospazm ve gecikmeli akciğer ödemiyle sonuçlanabileceğini belirtmektedir (WHO, 2020; ILO, 2011).

Sülfürik asit ise elektrokimyasal temizleme ve kaplama öncesi pürüz giderme süreçlerinde kullanılır. Sülfürik asit aerosolleri, uzun süreli maruziyette larenks ve akciğer kanseri riskinde artışla ilişkilendirilmiştir (IARC, 2012). Endüstriyel tesislerde asit banyoları genellikle yerel emiş kabinlerinde tutulurken, küçük kuyumcu atölyelerinde bu banyoların çoğu doğrudan çalışma tezgâhlarının üzerinde, açık kaplarda bulunur.

3.3. Siyanürlü Banyolar

Altın ve gümüş kaplama işlemlerinde kullanılan potasyum altın siyanür ($\text{KAu}(\text{CN})_2$) ve diğer siyanürlü çözeltiler, kuyumculuk sektörünün en ciddi akut toksisite riski olan kimyasallardır. Metal kaplama ve kuyumculuk sektöründen gelen vakalar; siyanürlü çözelti yutulması, asitle temas sonucu hidrojen siyanür gazı açığa çıkması veya kapalı ortamda buhar birikmesine bağlı akut zehirlenme ve ölüm bildirmektedir (NIOSH, 1987; Martin, 2004; Jethava vd., 2014).

Hindistan'da bir kuyumcu fabrikasında gümüş potasyum siyanür solüsyonunu yanlışlıkla içen bir çalışanın acil tedaviyle hayatta kaldığı nadir bir vaka bildirilmiştir; bu vaka, doğru ve hızlı müdahale olmadığında ölüm oranının ne kadar yüksek olabileceğini ortaya koymaktadır (Jethava vd., 2014).

3.4. Organik Solventler

Aseton, izopropil alkol, tolüen ve ksilen gibi solventler; yağ, balmumu ve cila kalıntılarını temizlemek için kullanılır. Solvent buharına kronik maruziyet, baş ağrısı, sersemlik, bellek ve konsantrasyon bozuklukları gibi nörolojik belirtilerle ilişkilidir; aynı zamanda buharların yanıcı ve patlayıcı olması yangın riskini de artırır (NIOSH, 2019; OSHA, 2023).

Küçük atölyelerde solventler genellikle kapaksız metal/kavanoz kaplarda, çoğu zaman alev ve kıvılcım kaynaklarına çok yakın konumda tutulmakta, bu da gereksiz maruziyet ve patlama riskine yol açmaktadır.

4. Fiziksel Riskler

4.1. Isı ve Erimiş Metal

Döküm, alaşım hazırlama ve lehimleme işlemlerinde kaynak alevi ve 900–1100 °C sıcaklıklarda erimiş metal ile çalışılır. ILO’nun kuyumculuk bölümü, yanıkların ve erimiş metal sıçramalarının en sık kaza türlerinden biri olduğunu vurgular (ILO, 2011). Nemli kalıplara döküm yapılması, erimiş metal ile su buharının ani genleşmesi sonucu patlamalara neden olabilir. Bu durumda metal sıçraması göz, yüz ve göğüs bölgesinde derin yanıklara yol açabilir. Küçük atölyelerde kişisel koruyucu donanım (yüz siperliği, ısıya dayanıklı eldiven, önlük) çoğu zaman rutin kullanılmamaktadır.

4.2. Gürültü

Gürültü, işyerinde çalışanların işitme sağlığını ve genel iyilik hâlini olumsuz etkileyen önemli bir fiziksel risk etmenidir. Uzun süreli veya yüksek düzeyli gürültü maruziyeti, gürültüye bağlı işitme kaybı, kulak çınlaması (tinnitus), stres, dikkat dağınıklığı ve iş kazası riskinde artışa neden olmaktadır. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 85 dB(A) üzerindeki sürekli gürültü seviyelerinin işitme açısından ciddi risk oluşturduğunu belirtmektedir. Bu nedenle mühendislik kontrolleri (sessiz ekipman seçimi, yalıtım), idari önlemler (çalışma süresi kısıtlaması) ve kişisel koruyucu donanımların (kulak tıkacı, kulaklık) birlikte uygulanması esastır (ILO, 2019; WHO, 2021).

Cila ve zımpara motorları, hava kompresörleri ve bazı mekanik presler çalışma sırasında sürekli gürültü üreterek çalışanlar için önemli bir fiziksel risk oluşturur. Avrupa Birliği Gürültü Direktifi (2003/10/EC)’ne göre günlük gürültü maruziyeti için alt eylem değeri 80 dB(A), üst eylem değeri 85 dB(A) ve maruziyet sınır değeri 87 dB(A) olarak tanımlanmıştır (European Parliament and Council, 2003). Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH) ise 8 saatlik zaman ağırlıklı ortalama (TWA) için 85 dB(A) seviyesini önerilen maruziyet sınırı olarak belirtmektedir (NIOSH, 2024). Bu düzeylerin üzerindeki gürültüye uzun süreli maruziyet, işitme kaybı riskinin yanı sıra iletişimin zorlaşmasına bağlı olarak iş kazası olasılığını artırabilmekte; ayrıca kronik maruziyetin hipertansiyon ve diğer kardiyovasküler etkilerle ilişkili olduğu bildirilmektedir (OSHA, 2023; Skogstad vd., 2020).

Tablo 1. Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliğinden uyarlanmıştır .EU Directive 2003/10/EC; Türkiye. LCpeak ; çok kısa süreli (ani) en yüksek ses basıncı değerini ifade eden C ağırlıklandırmalı, anlık tepe ses basınç seviyesi

Tanım	Günlük Gürültü Maruziyet Düzeyi LEX,8h dB(A)	LC peak sınırı dB(C)	Açıklama / Yükümlülük
Alt Maruziyet Etkin Değeri	80 dB(A)	135 dB(C)	Risk değerlendirmesi yapılır, çalışanlar bilgilendirilir, işitme koruyucular temin edilir
Üst Maruziyet Etkin Değeri	85 dB(A)	137 dB(C)	Teknik/organizasyonel önlemler zorunlu, işitme koruyucular kullanılır, sağlık gözetimi başlar
Maruziyet Sınır Değeri (Aşılması Gereken)	87 dB(A)	140 dB(C)	KKD dâhil hiçbir koşulda aşamaz

4.3. Titreşim

Titreşim, iş ekipmanları veya taşıtlar yoluyla çalışan vücuduna aktarılan mekanik salınımlar olup, el-kol titreşimi ve tüm vücut titreşimi olarak iki ana grupta değerlendirilmektedir. Uzun süreli titreşim maruziyeti; el-kol titreşim sendromu (beyaz parmak hastalığı), kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, bel ağrıları ve dolaşım bozukluklarına yol açabilmektedir. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından yayımlanan standartlar, titreşim ölçümü ve maruziyet sınırlarının belirlenmesinde temel referans kabul edilmektedir. İSG kapsamında titreşim riskinin azaltılması için düşük titreşimli ekipman seçimi, bakım-onarımın düzenli yapılması, maruziyet süresinin sınırlandırılması ve ergonomik çalışma düzenlemeleri büyük önem taşımaktadır (ISO 5349; ISO 2631).

El frezeleri, mikromotorlar ve küçük taşlama cihazları gibi el ile tutulan titreşimli makineler, el ve kol üzerinden çalışanlara mekanik titreşim ileterek el-kol titreşimi (Hand-Arm Vibration) oluşturur. Bu tür titreşim maruziyeti, el-kol sisteminde vasküler ve sinirsel bozukluklara, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına ve uzun vadede El-Kol Titreşim Sendromu (HAVS) gelişimine yol açabilir (ISO 5349-1:2001, el-kol titreşim değerlendirmesinin temelleri; Zeyrek, 2012). İş sağlığı uygulama rehberlerinde, el ile tutulan titreşimli el aletleri tarafından iletilen titreşimin, çalışanların nörolojik ve vasküler sistemleri üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği belirtilmekte; bu tür titreşimli araçları kullanan iş gruplarının yüksek ergonomik risk

ve mesleki sağlık riski taşıdığı vurgulanmaktadır (Çalışanların El-Kol Titreşimine Maruziyet Rehberi, ÇSGB, 2018). El-Kol titreşiminde 1-1000 Hz frekanslar, tüm vücut titreşiminde 1-80 Hz. Frekanslar hissedilmektedir.

Tablo 2. Titreşim (El-Kol ve Tüm Vücut) İçin Maruziyet Değerleri. EU Directive 2002/44/EC; Türkiye – Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikten uyarlanmışır. Standartlar: ISO 5349 (El-Kol), ISO 2631 (Tüm Vücut). HAV: Hand-Arm Vibration; WBV: Whole Body Vibration.

El-Kol Titreşimi (HAV)	Günlük Maruziyet A(8)[m/s ²]	Açıklama / Yükümlülük
Maruziyet Etkin Değeri	2.5 m/s ²	Maruziyeti azaltıcı önlemler planlanır, çalışma süresi ve ekipman gözden geçirilir
Maruziyet Sınır Değeri (Aşılması Gereken)	5.0 m/s ²	Hiçbir koşulda aşılamaz
Tüm Vücut Titreşimi (WBV)	Günlük Maruziyet A(8)[m/s ²]	Açıklama / Yükümlülük
Maruziyet Etkin Değeri	0.5 m/s ²	Ergonomik ve teknik önlemler alınır
Maruziyet Sınır Değeri (Aşılması Gereken)	1.15 m/s ²	Hiçbir koşulda aşılamaz

4.4. Toz ve hava kirleticileri

Cila, zımpara ve tesviye işlemleri sırasında açığa çıkan tozlar; metal partikülleri (altın, gümüş, bakır ve alaşımlar), aşındırıcı maddeler ve çeşitli kimyasal bağlayıcılardan oluşarak solunabilir fraksiyonda önemli bir mesleki risk yaratmaktadır. Hindistan ve Bangladeş'te kuyumculuk ve küçük ölçekli metal işleme atölyelerinde çalışanlar üzerinde yürütülen epidemiyolojik çalışmalarda, bu iş grubunda spirometrik solunum fonksiyon testlerinde (FEV₁, FVC ve FEV₁/FVC oranı) istatistiksel olarak anlamlı azalmalar rapor edilmiştir (Sahu vd.,2013; Rahman vd.,2015). Benzer şekilde Shruthi ve arkadaşları (2017), metal ve aşındırıcı tozlara kronik maruziyetin, astım ve kronik bronşit benzeri obstrüktif solunum patenleri ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bu bulgular, kuyumculuk imalatında toz maruziyetinin yalnızca akut solunum yolu irritasyonu ile sınırlı kalmadığını, uzun vadede kronik solunum sistemi hastalıkları gelişimi açısından da anlamlı bir risk oluşturduğunu göstermektedir.

5. Ergonomik Riskler

5.1. Statik Postür ve Çalışma Pozisyonu

Kuyumculuk, uzun süreli oturarak ve öne eğilerek çalışma gerektirir. Birçok geleneksel atölyede çalışanlar:

- Düşük tabure veya sırt desteği olmayan sandalyelerde oturmakta,
- Gövde fleksiyonda, baş öne eğik,
- El ve bilekler sürekli pronasyon/fleksiyonda kalmaktadır.

Çalışan, ergonomik açıdan yetersiz olan düşük yükseklikte taburelerde veya sırt desteği bulunmayan oturma elemanlarında çalışmakta olup, uygun bel ve sırt destekleyici özelliklerden yoksun bu oturma pozisyonu, lomber bölge başta olmak üzere kas-iskelet sistemi üzerinde ilave statik yüklenmeye neden olmaktadır.”

Çalışma sırasında gövde sürekli fleksiyon pozisyonunda (öne doğru eğimli) bulunmakta ve baş segmenti anterior fleksiyon açısında (öne eğik pozisyonunda) tutulmaktadır. Bu duruş, omurga ve boyun bölgelerinde statik yüklenmeyi artırarak kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları açısından ergonomik risk teşkil etmektedir.

Çalışma sırasında el ve bilekler sürekli olarak pronasyon pozisyonunda (avuç içi aşağıya dönük) ve bilek eklemi sürekli fleksiyon açısında (öne doğru bükülü) tutulmaktadır. Bu pozisyon, ergonomik açıdan tekrarlayıcı ve zorlayıcı bir yüklenmeye neden olarak kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları için risk oluşturmaktadır.



Şekil 1. a) kambur oturma çalışma duruşunun b) Ayakta çalışma duruşunu c) yerde oturarak çalışma duruşu. (Raut vd., 2024'den uyarlanmıştır).

Çeşitli ergonomide çalışma duruşlarından kaynaklanan kas-iskelet sistemi (KİS) risklerini hızlı ve sistematik biçimde değerlendirmek için kullanılan gözleme dayalı analiz yöntemleri olan REBA ve RULA analizlerinde orta-yüksek risk kategorilerinde yer aldığı, müdahale gereksiniminin acil olduğu bildirilmiştir (Salve vd., 2015; Raut vd., 2024; Ramesh vd., 2019).

Özellik	**REBA**	**RULA**	
-----	-----	-----	
Kapsam	Tüm vücut	Üst vücut	
İş tipi	Dinamik, ayakta, yük içeren	Statik, oturarak	
Maks. skor	15	7	
Müdahale hassasiyeti	Orta-yüksek	Çok hızlı	
Tipik kullanım	Saha & ağır işler	Ofis & hassas işler	

5.2. Tekrarlayan İnce Motor İşleri

Taş mıhlama, ince lehimleme, oyma ve gravür gibi işlemler yüksek düzeyde el-bilek koordinasyonu ve tekrarlayıcı hareket gerektirir. Bu işler sırasında çalışanlar uzun süre aynı hareketleri tekrar ettiğinden üst ekstremitede kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (MSD: Musculoskeletal Disorders) gelişme riski artmaktadır (Salve vd., 2015; Ramesh vd., 2019). Bu risk kapsamında en sık görülen sorunlar şunlardır:

- Karpal tünel sendromu
- Tendinit ve tenosinovit
- Lateral/medial epikondilit (dirsek tendon zorlanmaları)
- Parmak tetiklenmesi

5.3. Görsel Yük ve Aydınlatma

Küçük parçalarla çalışma, sürekli yakın odak gerektirir. Kuyumculuk atölyelerinde taş mıhlama, ince lehimleme, oyma, gravür ve benzeri işler, çok küçük parçalarla, sürekli yakın mesafeden çalışma ve yüksek hassasiyet gerektiren tekrarlayıcı odaklanma nedeniyle önemli düzeyde görsel yük (visual load) oluşturur. Yetersiz aydınlatma, yansıma ve kontrast sorunları göz kuruluşu, baş ağrısı ve görsel yorgunluğa neden olur.

Kuyumculuk atölyelerinde taş mıhlama, ince lehimleme, oyma ve gravür gibi işler çok küçük parçalar üzerinde, sürekli yakın mesafeye odaklanarak ve yüksek hassasiyetle yapılmaktadır. Bu tür tekrarlayan yakın odaklı işler çalışan üzerinde önemli düzeyde görsel yük oluşturur (De vd., 2012). Görsel ışın

talebi, çalışanın görsel becerilerini aştığında göz ve görme ile ilgili sorunlar ortaya çıkar (Salve 2015). Nitekim Hindistan'da kuyumculuk sektöründe yapılan bir çalışmada, işçilerin yaklaşık üçte ikisinin iş günü sonunda gözlerde yanma ve bulanık görme gibi şikâyetler yaşadığı bildirilmiştir (Salve 2015).

Bu tür iş koşullarında görsel zorlanmaya yol açabilen başlıca etkenler şunlardır:

- Uzun süre aynı noktaya odaklanma (sabit bakış) – Gözlerin uzun süre yakın bir hedefe kilitlenmesi, odaklama kaslarında sürekli gerilime yol açar. Bu durumda göz uyum yeteneği zorlanır ve astenopi (göz yorgunluğu) belirtileri ortaya çıkabilir (De vd., 2012).
- Göz kırpma sıklığının azalması – Yoğun konsantrasyon gerektiren yakın çalışmalar sırasında refleks olarak göz kırpma sayısı belirgin şekilde düşer. Normalde dakikada ortalama 12-18 kez kırılırken, yakın işlerde bu oran yarı yarıya azalabilir (Salve 2015).
- Daha seyrek göz kırmak, gözyaşı filminin daha hızlı buharlaşmasına ve kuru göz belirtilerine (yanma, batma hissi) neden olur (Shrestha ve Dhungel 2017).
- Yetersiz veya dengesiz aydınlatma – Çalışma alanındaki ışığın yetersiz olması ya da homojen dağılımının bozuk olması (düşük lüks düzeyi, keskin gölgeler) gözlerin zorlanmasına yol açar. Özellikle yetersiz aydınlatmada göz bebekleri büyür ve retinaya yeterli görüntü netliği sağlamak güçleşir. Uygun olmayan ışıklandırma koşulları, göz yorgunluğu ve baş ağrısı riskini artıran önemli bir faktördür (Salve 2015).
- Parlak/yansıtıcı yüzeylerden kaynaklanan parlamalar (glare) – Cilalı metal yüzeyler, mücevher taşları veya parlak aletlerden yansıyan yoğun ışık gözde kamaşmaya neden olur. Parlama, kontrast duyarlılığını düşürerek küçük detayların görülmesini güçleştirir. İstem dışı kısmî kapanma veya kısma refleksi nedeniyle göz kasları daha fazla gerilir ve bu da görsel rahatsızlığı artırır. Parlama kaynaklı göz kamaşması, uzun vadede kronik göz yorgunluğuna ve baş ağrısına katkıda bulunabilir (Salve 2015).

Yukarıdaki faktörler, çalışma günü boyunca yansıma (glare), göz kuruluğu, göz yanması, bulanık görme, baş ağrısı ve görsel yorgunluk gibi şikâyetlere yol açmakta; uzun vadede iş verimini ve iş güvenliğini olumsuz etkileyebilmektedir (Salve, 2015; De vd., 2012). Özellikle düşük aydınlatma düzeyi, uzun süreli yakın odaklanma, azalan göz kırpma sıklığı ve parlamalar bir araya geldiğinde bu belirtilerin görülme olasılığı belirgin şekilde artar (Salve, 2015; De vd., 2012).

Yapılan araştırmalar, kuyumculuk gibi görsel talebi yüksek işlerde çalışanların bu tür bilgisayar görme sendromu benzeri semptomları, ofis çalışanlarına kıyasla daha sık yaşadığını göstermektedir (Salve 2015). Görsel yorgunluk ve odaklanma zorlukları birikimli olarak iş verimini düşürmekte; dikkat dağınıklığı ve görme kalitesindeki azalma ise uzun vadede iş güvenliğini olumsuz etkileyebilmektedir (Salve 2015).

6. Psiko-Sosyal ve Sosyo-Ekonomik Riskler

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, kuyumculuk sektörü çoğunlukla küçük, aile işletmesi veya mikro girişim ölçeğinde yürütülmekte; uzun çalışma saatleri, güvencesiz istihdam ve çocuk/çırak işçiliği gibi sorunlar da tabloya eklenmektedir (Manasa ve Rathore, 2025; Hossain vd., 2015).

Kuyumculuk atölyelerinde sıklıkla:

- Uzun çalışma saatleri (10–12 saat/gün),
- Parça başı ücret ve yüksek hız baskısı,
- Pahalı malzemelerle çalışmanın stresi,
- İş güvencesi belirsizliği,
- Aile içi/akraba işletmesi olmanın getirdiği baskılar

görülmektedir (Rana, 2019; Rahman vd., 2015). Bu faktörler; kronik stres, yorgunluk, uyku bozukluğu ve tükenmişlik sendromuna katkıda bulunur. Psiko-sosyal riskler, doğrudan kazalara ve meslek hastalıklarına zemin hazırlayan bir arka plan oluşturur; örneğin yorgunluk ve dikkat dağınıklığı, kesici alet yaralanmalarını ve sıcak metal kazalarını artırabilir. Bangladeş'te taklit takı üreten mikro girişimciler üzerinde yapılan bir çalışma, iş hijyeni eksikliği, kişisel koruyucu donanım yetersizliği ve yüksek stres düzeylerinin sık görüldüğünü göstermiş; İSG'nin bu tür mikro işletmeler için de sistematik olarak ele alınması gerektiğini vurgulamıştır (Hossain vd., 2015).

7. Sağlık Sonuçları: Solunum, Kas-İskelet, Dermatolojik ve Sistemik Etkiler

7.1. Solunum Sistemi; Çeşitli ülke çalışmalarında kuyumcu/mücevher işçilerinde:

- **Solunum:** Altın ustalarında FEV₁, FVC ve FEV₁/FVC oranında azalma; kronik öksürük, balgam ve nefes darlığı artışı yaygın (Sahu vd., 2013; Chattopadhyay vd., 2013; Choudhari vd., 2014)

- **Astım ve alerji:** Özellikle çocuk çalışanlarda alerjik rinit, astım ve dermatit prevalansı belirgin yüksek bulunmuştur (Kumavat vd., 2023; Esin vd., 2016).
- **Cilt:** Ağır metal ve kimyasallarla temas sonucu kontakt dermatit, el egzaması ve pigmentasyon değişiklikleri bildirilmiştir (Esin vd., 2016; Gautam vd., 2022
- **Kas-iskelet sistemi:** Çeşitli çalışmalarda, kuyumculuk çalışanlarında bel, boyun, omuz, kol ve el-bilek ağrılarının %70–95 aralığında değiştiği, postür ve ergonomik müdahalelerle bu oranın anlamlı şekilde azaltılabildiği gösterilmiştir (Salve vd., 2015; Pilojpara vd., 2017)

7.2. Kas-İskelet Sistemi Bozuklukları

Salve vd. (2015), kuyumculuk imalatında çalışan işçilerin %80'inden fazlasında bel ağrısı, %70'inde boyun ve omuz ağrısı, %60'tan fazlasında bilek/el şikâyeti bildirmiştir. Benzer çalışmalar; çalışma yılı, günlük çalışma süresi ve ergonomi farkındalığı eksikliğinin MSD riskini artırdığını göstermektedir (Raut vd., 2024; Ramesh vd., 2019; Raut vd., 2016).

7.3. Dermatolojik Sorunlar

Nikel, kobalt ve bazı kimyasallar (asitler, solventler) kontakt dermatit riskini artırır. Kuaförlük ve kuyumculuk işkollarında çalışan gençlerde mesleki dermatit ve alerji prevalansının yüksek olduğu bildirilmiştir (Yenilmez, 2009). Nikel duyarlılığı olan bireylerde, metal tozu ve sıvı alaşım teması ciltte ekzamatöz reaksiyonlara neden olur.

7.4. Ağır Metal Toksisitesi

Kuyumculukta kadmiyum maruziyetine bağlı nefropatiyi bildiren vaka sunumları mevcuttur; bu vakalarda böbrek fonksiyon kaybı, proteinüri ve kemik demineralizasyonu görülmüştür (Wittman & Hu, 2002). Ev temelli informal takı üretiminde yapılan bir çalışmada, işçilerin idrar kadmiyum düzeylerinin belirgin yükseldiği, bunun da uzun vadeli böbrek riskini artırabileceği gösterilmiştir (Salles vd., 2021).

7.5. Siyanür Zehirlenmesi

Jethava ve ark. (2014), gümüş potasyum siyanür solüsyonunu yanlışlıkla içen bir kuyumcu işçisinin ciddi hipotansiyon, konvülsiyon ve bilinç kaybı yaşadığını, antidot tedavisiyle hayatta kaldığını bildirmiştir. Metal kaplama sektöründen gelen diğer vakalar ise, asitle yanlış kombinasyon sonucu ortaya

çıkan hidrojen siyanür gazının birkaç dakika içinde çoklu ölümlere yol açabildiğini göstermektedir (NIOSH, 1987; Martin, 2004).

8. Kontrol Önlemleri ve İSG Yönetimi

İSG literatürü, kuyumculukta risk kontrolünü maruziyet hiyerarşisi çerçevesinde ele alır: elimine etme, ikame, mühendislik kontrolleri, idari kontroller ve kişisel koruyucu donanım (KKD) (EU-OSHA, 2020; ILO, 2011).

8.1. Mühendislik Kontrolleri

- Asit ve siyanür banyoları için local exhaust ventilation (LEV) ve kapalı kabinler,
- Polisaj ve zımparada toz tutucu kabin ve torbalı sistemler,
- Kalıp ve döküm alanının fiziksel olarak ayrılması,
- Kimyasal depolar için uygun havalandırma ve iklimlendirme.

8.2. İdari Kontroller

- Çalışma sürelerinin sınırlandırılması,
- Görev rotasyonu ile statik yükün azaltılması,
- Yazılı prosedürler (özellikle siyanür ve asit kullanımı için),
- Düzenli iç denetim ve kontrol listesi uygulamaları.

8.3. Kişisel Koruyucu Donanım

- Kimyasallar için nitril/neopren eldiven, kimyasal gözlüğü ve yüz siperliği,
- Toz ve duman için FFP2–FFP3 maske veya uygun kartuşlu respiratör,
- Gürültü için kulaklık veya kulak tıkacı,
- Isı için ısıya dayanıklı eldiven ve önlük,
- Kesici-delici aletler için dayanıklı eldiven.

8.4. Sağlık Gözetimi

Solunum fonksiyon testi (spirometri), odyometri, cilt muayeneleri, kas-iskelet değerlendirmesi ve gerektiğinde ağır metal biyomonitöring çalışmaları, özellikle 5 yıl ve üzeri kıdeme sahip çalışanlar için önerilmektedir (Rahman vd., 2015; Sahu vd., 2013).

9. Uygulamaya Dönük Araçlar

Aşağıda hem akademik İSG uzmanlarının hem de atölye sahiplerinin kullanabileceği pratik şablonlar hazırlanmıştır. Bu şablonlar yapılan işin niteliğine ve üretim süreçlerine göre detaylandırılabilir.

Tablo 3. Örnek risk değerlendirme tablosu

Sıra	Faaliyet	Tehlike	Mevcut Önlem	Önerilen Ek Önlem
1	Asit banyosu	HNO ₃ /H ₂ SO ₄ sıçraması, buhar	Basit eldiven	Asit kabini, yüz siperi, göz duşu
2	Kaplama (siyanür)	Siyanür buharı/dökülmesi	Genel havalandırma	Ayrı oda, LEV, dökülme kiti, HCN detektörü
3	Polisaj-zımpara	Metal/cila tozu	Basit aspiratör	Kabinli sistem, FFP3 maske
4	Lehimleme	Flux ve metal dumanı	Aspiratör	Noktasal emiş, düşük dumanlı flux
5	Ergitme-döküm	Erimiş metal sıçraması	Eldiven	Yüz siperi, ısıya dayanıklı önlük
6	Çalışma postürü	Bel-boyun MS hastalıkları	Sıradan sandalye	Ergonomik sandalye, mikro molalar
7	El motorları	Titreşim, kesik	Usta gözetimi	Titreşim eldiveni, süre sınırlaması
8	Solvent kullanımı	Buhar, yanıcı ortam	Kap açık kaplar	Kapalı kap, ex-proof havalandırma
9	Elektrik tesisatı	Elektrik çarpması	Sigorta panosu	Kaçak akım rölesi, yetkili müdahale
10	Yangın genel	Alev, patlama	Yangın tüpü	Yangın planı, tatbikat, uygun depolama

Vaka 1. Siyanür Dökülmesi – “Küçük bir sıçrama da ciddidir”
İstanbul’da küçük bir atölyede, usta altın kaplama banyosunu doldururken kabı fazla doldurur. Parça daldırılırken siyanürlü çözelti sıçrar ve önlüğe bulaşır. Çalışan sadece suyla kaba bir temizlik yapar. Birkaç saat içinde baş ağrısı, baş dönmesi ve mide bulantısı gelişir. Olay, iyi havalandırma ve düşük konsantrasyon nedeniyle ölümle sonuçlanmaz; ancak bu “hafif” olay, siyanürün aslında ne kadar az toleranslı bir kimyasal olduğunu ve dökülme kitleri, eğitim ve gaz izleme olmaksızın çalışmanın kabul edilemez olduğunu gösterir (Jethava et al., 2014; NIOSH, 1987).

Vaka 2. Erimiş Metal Yanığı – Kurutulmamış Kalıp Sorunu: İzmir’de bir atölyede, yeni dökülmüş alçı kalıp yeterince kurutulmadan ergimiş altın

dökümü yapılır. Kalıbın içindeki nem ani buharlaşma ile patlama yaratır ve erimiş metal ustanın eline ve göğsüne sıçrar. Olay, kalıpların fırında belirli süre kurutulmasına ilişkin prosedür ve kontrol listesi olmadığı için meydana gelmiştir. Bu vaka, basit prosedürel önlemlerin (kurutma süresi, kontrol imzası) yanık riskini ciddi şekilde azaltabileceğini göstermektedir.

Vaka 3. Mesleki Astım ve Genç Çalışan: 17 yaşındaki bir çırak, iki yıldır polisaj ve taş yerleştirme işleri yürütmektedir. Son aylarda özellikle iş günlerinin sonunda artan öksürük, nefes darlığı ve hırıltı gelişir; hafta sonları şikâyetler belirgin azalır. Solunum fonksiyon testinde hafif—orta derecede obstrüksiyon görülür. İş öyküsü ve semptom durumuna göre mesleki astım düşünülür. Bu örnek, genç işçilerin solunabilir toz ve kimyasal maruziyete karşı ne kadar savunmasız olduğunu ve atölyelerde çocuk işçiliğin engellenmesi ile erken sağlık gözetiminin önemini vurgulamaktadır (Yenilmez, 2009; Sahu et al., 2013).

9.1. Atölye İSG Kontrol Listesi

Kimyasal Güvenlik: Kimyasal güvenliğin sağlanması, kuyumculuk ve takı tasarımı atölyelerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetiminin temel bileşenlerinden biridir. Bu kapsamda, atölyede kullanılan tüm kimyasal maddelerin orijinal ambalajlarında veya içerik ve tehlike bilgilerini açıkça belirten uygun etiketli kaplarda bulundurulması gerekmektedir. Her bir kimyasal için güncel güvenlik bilgi formlarının (MSDS) atölye içerisinde kolayca erişilebilecek bir klasörde veya dijital ortamda hazır bulunması, çalışanların maruziyet ve acil durumlara karşı bilinçlendirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca asitler, siyanürler ve solventler gibi birbirleriyle reaksiyona girebilecek kimyasalların, uyumlu depolama ilkeleri doğrultusunda ayrı alanlarda muhafaza edilmesi zorunludur. Özellikle siyanür içeren proseslerin yürütüldüğü alanlarda, olası dökülme ve sızıntılara hızlı müdahale edebilmek amacıyla uygun dökülme kitleri ve nötralizan maddelerin hazır bulundurulması, ciddi ve hayati risklerin önlenmesi açısından hayati bir güvenlik önlemidir.

Tablo 4. Kimyasal maddelerin güvenli depolanması, kullanımı ve acil durumlara hazırlık durumunun kontrolüne yönelik denetim tablosu.

Konu / Kontrol Maddesi	Evet	Hayır	Açıklama / Düzeltici Faaliyet
Tüm kimyasallar etiketli ve kapalı kaplarda mı?	☐	☐	
Her kimyasal için MSDS (Güvenlik Bilgi Formu) mevcut mu?	☐	☐	
Asit ve siyanürlü banyolar ayrı ve havalandırılmalı bir alanda mı?	☐	☐	
Siyanür dökülme kiti ve nötralizan kimyasal hazır mı?	☐	☐	
Kimyasallar uyumluluk tablosuna göre depolanıyor mu (asit–baz–oksitleyici ayrımı)?	☐	☐	

Havalandırma ve Toz Kontrolü: Yeterli havalandırma ve etkili toz kontrolü, takı ve takı tasarım atölyelerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetiminin temel bileşenleridir. Bu bağlamda, yerel egzoz havalandırma sistemleri kurulmalı ve kaynak noktada metal buharları ve kimyasal buharları yakalamak için lehimleme ve kaplama istasyonlarında aktif olarak kullanılmalıdır. Parlatma makineleri, ince metal parçacıklarının çalışma ortamına yayılmasını önlemek için kapalı dolaplar ve toz toplama torbalarıyla donatılmalıdır. Yerel kontrollerin yanı sıra, atölye içindeki genel hava dolaşımı kalan havadan gelen kirleticileri seyreltmek ve kabul edilebilir iç hava kalitesini korumak için yeterli olmalıdır. İş yüzeylerinde görünür toz birikiminin bulunması, yetersiz havalandırma ve temizlik uygulamalarının bir göstergesi olarak değerlendirilmeli; bu da toz kontrol önlemlerinin iyileştirilmesi ve daha sık temizlik rutinlerinin gerekliliğini işaret etmelidir. Aşağıda örneği verilen tablo 5’de atölye ortamında genel havalandırmanın yeterliliği, lehimleme istasyonlarında lokal emiş sistemlerinin bulunması, polisaj ve zımparalama makinelerinde toz torbası veya kapalı kabin kullanımı ile çalışma alanlarında biriken tozların düzenli olarak temizlenmesine yönelik kontrol maddeleri yer almaktadır.

Tablo 5. Havalandırma ve Toz Kontrolüne İlişkin Kontrol Kriterleri. Bu kriterler, solunum yoluyla maruziyetlerin ve toza bağlı mesleki risklerin azaltılmasını amaçlamaktadır.

Konu / Kontrol Maddesi	Evet	Hayır	Açıklama
Atölyede genel havalandırma yeterli mi (taze hava girişi)?	☐	☐	
Lehimleme istasyonlarında lokal emiş var mı?	☐	☐	
Polisaj ve zımpara makineleri toz torbalı veya kabinli mi?	☐	☐	
Toz birikimi düzenli olarak temizleniyor mu?	☐	☐	

Ergonomi ve Çalışma Organizasyonu: Ergonomi ve çalışma organizasyonu, kuyumculuk ve takı tasarımı atölyelerinde kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda, çalışanlar için kullanılan sandalyelerin sırt destekli ve yükseklik ayarı yapılabilir ergonomik özelliklere sahip olması, uzun süreli statik duruşların olumsuz etkilerini azaltmaktadır. Çalışma masalarının yüksekliği, el ve bileklerin nötral pozisyonda kalmasına olanak sağlayacak şekilde düzenlenmeli ve özellikle ince el işlerinin yoğun olduğu görevlerde ergonomik çalışma yüzeyleri tercih edilmelidir. Ayrıca, çalışanların en geç 60 dakikada bir kısa ve düzenli molalar kullanmasının teşvik edilmesi, kas yorgunluğunu azaltarak iş verimliliğini ve dikkat düzeyini artırmaktadır. Ağır işler ile yüksek hassasiyet gerektiren ince işler arasında görev rotasyonunun uygulanması ise tekrarlayıcı zorlanmaların ve tek tip yüklenmenin önüne geçerek ergonomik risklerin etkin biçimde yönetilmesine katkı sağlamaktadır. Tablo 6 da, çalışma sandalyelerinin ayarlanabilirliği ve sırt desteği, çalışma yüzeyi yüksekliğinin ergonomik uygunluğu, çalışanların düzenli mola kullanımı ile el aletlerinin ağırlık, kavrama ve titreşim açısından ergonomik özellikleri değerlendirilerek kas-iskelet sistemi risklerinin azaltılması amaçlanmaktadır

Tablo 6. Ergonomi ve Çalışma Organizasyonuna İlişkin Kontrol Kriterleri

Konu / Kontrol Maddesi	Evet	Hayır	Açıklama
Sandalyeler ayarlanabilir ve sırt destekli mi?	☐	☐	
Çalışma yüzeyi yüksekliği uygun mu (omuzlar gevşek, bilekler nötral)?	☐	☐	
Çalışanlar düzenli mola (en geç 60 dakikada bir) kullanabiliyor mu?	☐	☐	
El aletleri ergonomik (ağırlık, kavrama, titreşim) açıdan uygun mu?	☐	☐	

Yangın ve Acil Durum: Yangın ve acil durum yönetimi, kuyumculuk ve takı tasarımı atölyelerinde iş sağlığı ve güvenliği sisteminin hayati bileşenlerinden biridir. Bu kapsamda, atölyede yürütülen faaliyetlerin niteliğine uygun tipte ve yeterli sayıda yangın söndürücü bulundurulmalı ve bu ekipmanların periyodik bakım ve kontrollerinin güncel olması sağlanmalıdır. Acil çıkış yollarının her zaman açık, engellenmemiş ve uygun şekilde işaretlenmiş olması, olası bir acil durumda hızlı ve güvenli tahliye açısından kritik öneme sahiptir. Bununla birlikte, çalışanların yangın ve kimyasal dökülme gibi acil durumlara ilişkin prosedürler konusunda bilgilendirilmesi ve bu bilgilerin düzenli eğitimler ve tatbikatlar yoluyla pekiştirilmesi, acil durumlara doğru ve etkin müdahale edilebilmesini

sağlayarak can ve mal kayıplarının önlenmesine katkıda bulunmaktadır. Aşağıda yangın söndürücülerin uygunluğu ve periyodik kontrolleri, acil çıkışların erişilebilirliği ve işaretlenmesi ile çalışanların yangın durumunda uygulanacak acil durum prosedürlerine ilişkin bilgi düzeyi değerlendirilmek üzere örnek tablo hazırlanmıştır (Tablo 7).

Tablo 7. Yangın Güvenliği ve Acil Durumlara İlişkin Kontrol Kriterleri

Konu / Kontrol Maddesi	Evet	Hayır	Açıklama
Yeterli sayıda ve uygun tipte yangın söndürücü var mı (ABC+CO ₂)?	☐	☐	
Yangın söndürücüler periyodik kontrol edilmiş mi (etiket tarihleri)?	☐	☐	
Acil çıkışlar açık ve işaretlenmiş mi?	☐	☐	
Çalışanlar yangın durumunda ne yapacağını biliyor mu?	☐	☐	

KKD Yönetimi: Kişisel koruyucu donanım (KKD) yönetimi, kuyumculuk ve takı tasarımı atölyelerinde mevcut risklerin çalışanlar üzerindeki etkisini azaltmada tamamlayıcı ve zorunlu bir kontrol aracıdır. Bu doğrultuda, gözlük, solunum maskesi, eldiven ve benzeri KKD'lerin tüm çalışanlara görev tanımlarına uygun şekilde zimmetle teslim edilmesi ve kullanım sorumluluğunun kayıt altına alınması gerekmektedir. KKD kullanımının yalnızca temin edilmesiyle sınırlı kalmayıp, fiilen ve düzenli olarak denetlenmesi, çalışanların bu ekipmanları doğru ve sürekli biçimde kullanmalarını sağlamaktadır. Ayrıca, hasar görmüş, işlevini yitirmiş veya hijyen açısından uygunluğunu kaybetmiş KKD'lerin zamanında yenileriyle değiştirilmesi, koruyucu etkinliğin sürekliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Örnek tablo 8 de, çalışanlara gerekli kişisel koruyucu donanımların zimmetle verilmesi, KKD kullanımının fiilen denetlenmesi ve hasarlı KKD'lerin zamanında yenilenmesine yönelik kontrol maddeleri yer almakta olup, çalışanların maruziyet ve yaralanma risklerinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Tablo 8. Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) Yönetimine İlişkin Kontrol Kriterleri

Konu / Kontrol Maddesi	Evet	Hayır	Açıklama
Çalışanlara gerekli KKD'ler zimmetle verilmiş mi (gözlük, maske, eldiven vb.)?	☐	☐	
KKD kullanımı fiilen denetleniyor mu?	☐	☐	
Hasarlı KKD'ler yenileniyor mu?	☐	☐	

9.2 Eğitim Modülü Taslağı

Kuyumculuk atölyelerinde çalışan usta, kalfa, çırak ve yönetici personelin kimyasal, fiziksel, ergonomik ve psikososyal riskler konusunda farkındalığını artırmak ve güvenli çalışma kültürü oluşturmak amacıyla 4 oturumdan oluşacak 1 tam gün sürecek eğitim planlanır.

Önerilen süre: 1 tam gün (4 oturum x 160 dk)

Oturum 1 – Sektörde İSG'ye Giriş

- Kuyumculukta tipik tehlikeler ve meslek hastalıkları
- Ulusal mevzuat (6331, ilgili yönetmelikler) ve işveren–çalışan yükümlülükleri
- Çocuk/genç işçilerin korunması, etik boyut

Oturum 2 – Kimyasal Riskler ve Güvenli Kimyasal Yönetimi

- Ağır metaller, asitler, siyanür, solventler
- Etiketleme, MSDS okuma pratiği

Oturum 3 – Fiziksel Riskler: Isı, Gürültü, Toz ve Yangın

- Ergitme–döküm güvenliği
- Gürültü ve işitme kaybı; doğru kulaklık kullanımı
- Yangın sınıfları, yangın tüpü kullanma eğitimi (uygulamalı)

Oturum 4 – Ergonomi, Sağlık Gözetimi ve İSG Kültürü

- Basit ergonomik prensipler: oturuş, masa yüksekliği, el aletleri
- Kas-iskelet sistemi egzersizleri (kısa germe rutinleri)
- Çalışan katılımı, öneri sistemi

Her oturum sonunda kısa sınav veya geri bildirim formu ile öğrenme pekiştirilebilir.

9.3 Örnek İSG Planı (Atölye için Taslak)

Bu bölümde, kuyumculuk ve takı tasarımı atölyeleri için örnek bir iş sağlığı ve güvenliği planı taslağı sunulmaktadır. Plan kapsamında öncelikle işletmeye ait temel bilgiler, işletmenin adı, adresi, faaliyet konusu, çalışan sayısı ve yürürlükteki mevzuata göre belirlenen risk sınıfı tanımlanmaktadır.

Ardından iş sağlığı ve güvenliği organizasyon yapısı ele alınmakta; işveren, usta başı, iş güvenliği uzmanı, işyeri hekimi ve çalışan temsilcisinin görev ve sorumlulukları açıklanmaktadır.

İSG planının temelini oluşturan üretim süreçleri, alıştırma hazırlamadan başlayarak döküm, lehimleme, taş yerleştirme, polisaj, kaplama ve montaj aşamalarını kapsayan proses akış şeması üzerinden tanımlanmakta ve bu süreçlere özgü risklerin sistematik olarak değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Risk değerlendirmesine ilişkin ayrıntılı tablolar Ek-1'de sunulurken, e atölyeye özgü özet bir risk profiline yer verilmektedir. Son olarak, Şema 9.1'de kuyumculuk ve takı tasarımı atölyelerinde yürütülen üretim süreçleri ile bu süreçlere eşlik eden başlıca iş sağlığı ve güvenliği risk odakları görsel olarak sunulurken, alınması gereken kontrol önlemlerinin süreç temelli bir yaklaşımla ele alınması amaçlanmaktadır.

9.3.1 Faaliyet Tanımı ve Proses Akış Şeması: Yapılacak işin gerekliliğine göre proses sürecinin aşamaları

Alıştırma hazırlama → döküm → lehim → taş yerleştirme → polisaj → kaplama → montaj

Şeklinde sıralanabilir.

9.3.2 Kontrol Önlemleri : Kuyumculuk ve takı tasarımı atölyelerinde iş sağlığı ve güvenliğinin etkin biçimde sağlanabilmesi için kontrol önlemleri, risk kontrol hiyerarşisi esas alınarak planlanmalıdır. Öncelikle tehlikeli kimyasalların mümkün olduğu ölçüde ikamesi hedeflenmeli; kurşun ve kadmiyum içeren lehimler, cıva içeren amalgamlar ve yüksek toksisiteye sahip kaplama banyoları yerine daha az zararlı alternatiflerin kullanımı teşvik edilmelidir (Bellows, 1988; Washington State Department of Health [DOH], 2024). Kimyasal maddelerin tamamen ortadan kaldırılamadığı durumlarda, lehimleme, polisaj ve kaplama işlemlerinin yapıldığı alanlarda lokal emişli havalandırma sistemleri kurulmalı; genel atölye havalandırması yeterli hava değişimini sağlayacak şekilde düzenlenmelidir (International Labour Office [ILO], 2011). Ayrıca, elektrik tesisatı, gaz sistemleri ve ergitme fırınları düzenli periyodik bakıma tabi tutulmalı; yangın ve patlama riskine karşı uygun yangın söndürme ekipmanları ve yangın algılama sistemleri bulundurulmalıdır.

Mühendislik önlemlerini destekleyecek şekilde idari kontroller ve kişisel koruyucu donanım (KKD) uygulamaları da İSG planının ayrılmaz bir parçası olmalıdır. Çalışma sürelerinin düzenlenmesi, görev rotasyonu, düzenli mola uygulamaları ve tehlikeli işlerde yalnız çalışma yasağı gibi idari önlemler özellikle ergonomik ve psikososyal risklerin azaltılmasında önem taşımaktadır (Bilek & Yıldız, 2019; Manasa & Rathore, 2025). Kimyasal maddelerle temas, metal dumanı ve toz oluşumu olan işlerde çalışanlara uygun eldiven, gözlük/yüz siperi, kimyasala dayanıklı önlük ve uygun filtreli

solunum koruyucuları sağlanmalı; KKD'lerin doğru kullanımı eğitimlerle desteklenmelidir (ILO, 2011). Tüm bu önlemler için bir uygulama takvimi oluşturulmalı, her önlemin sorumlusu (işveren, usta başı, İSG uzmanı vb.) açıkça tanımlanmalı ve alınan tedbirlerin etkinliği düzenli aralıklarla izlenerek gerekli güncellemeler yapılmalıdır.

Tablo 9. Tablo Kuyumculuk Atölyelerinde Proses Bazlı Riskler ve Kontrol Önlemleri

Proses Aşaması	Başlıca Riskler	Kontrol Önlemleri
Alaşım hazırlama – döküm	Yüksek sıcaklık, metal dumanı, yangın	Lokal aspirasyon, ısıya dayanıklı KKD, yangın söndürücü
Lehimleme	Kurşun/kadmiyum dumanı, yanık	Kurşunsuz lehim, lokal havalandırma, göz-el koruması
Taş yerleştirme	Ergonomik zorlanma, görsel stres	Ayarlanabilir masa, büyüteçli aydınlatma, mola
Polisaj	Metal tozu, gürültü	Toz emiş sistemi, maske, kulak koruyucu
Kaplama	Asit, siyanür, ağır metal maruziyeti	Kimyasal dolap, MSDS, acil duş, eğitim
Montaj	Kesici-delici yaralanmalar	Alet güvenliği, eldiven, iş talimatları

9.3.3 Eğitim ve Farkındalık: Kuyumculuk ve takı tasarımı atölyelerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sürdürülebilirliği, çalışanların bilgi düzeyi ve farkındalığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle İSG planı kapsamında, tüm çalışanları kapsayan yıllık bir eğitim programı oluşturulmalı ve eğitimler sistematik bir şekilde yürütülmelidir. İşe yeni başlayan çalışanlara işe girişte temel iş sağlığı ve güvenliği eğitimi verilmesi; lehimleme, kaplama, kimyasal madde kullanımı ve ergonomik risklerin yoğun olduğu görevlerde çalışan personele ise ilave, işbaşı ve görev odaklı eğitimler sağlanması gerekmektedir (International Labour Office [ILO], 2011). Eğitim içerikleri; kimyasal maddelerin güvenli kullanımı, kişisel koruyucu donanımların doğru seçimi ve kullanımı, yangın güvenliği, acil durum davranışları ve ergonomik çalışma prensiplerini kapsamalıdır.

Eğitim faaliyetlerinin etkinliği yalnızca katılım ile sınırlı kalmamalı; katılım listeleri, kısa değerlendirme sınavları, gözlemsel denetimler ve geri bildirim mekanizmaları ile desteklenmelidir. Özellikle küçük ölçekli kuyumculuk atölyelerinde usta-çırak ilişkisi içinde yürütülen işlerde, sözlü aktarımın yanı sıra yazılı talimatlar ve görsel uyarıların kullanılması farkındalığı artırmaktadır (Bilek & Yıldız, 2019). Eğitimlerin düzenli aralıklarla yenilenmesi ve güncel risklere göre revize edilmesi, iş kazalarının

ve meslek hastalıklarının önlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Manasa & Rathore, 2025).

9.3.4 Sağlık Gözetimi: Kuyumculuk ve takı tasarımı sektöründe çalışanların maruz kaldığı kimyasal, fiziksel ve ergonomik riskler göz önüne alındığında, sağlık gözetimi İSG planının temel bileşenlerinden biri olarak ele alınmalıdır. Sağlık gözetimi; işe giriş muayeneleri, periyodik sağlık kontrolleri ve iş değişikliği sonrası değerlendirmeleri kapsayacak şekilde planlanmalıdır. Özellikle ağır metal maruziyeti riski bulunan çalışan gruplarında (lehimleme, kaplama, döküm işlemleri) periyodik biyolojik izlem programlarının uygulanması önerilmektedir (D'Ilio vd.,2000; Aktepe vd.,2015). Solunum fonksiyon testleri, dermatolojik muayeneler ve kas-iskelet sistemi değerlendirmeleri de risk profiline göre planlanmalıdır.

Sağlık gözetimi faaliyetleri, işyeri hekimi tarafından yürütülmeli ve elde edilen veriler gizlilik ilkeleri çerçevesinde kayıt altına alınmalıdır. Bu kayıtlar, bireysel sağlık takibinin yanı sıra işyerine özgü risklerin izlenmesi ve risk değerlendirmesinin güncellenmesi açısından da önem taşımaktadır (ILO, 2011). Sağlık gözetimi sonuçlarının, yalnızca tespit edici değil aynı zamanda önleyici bir yaklaşımla değerlendirilmesi; çalışma koşullarında iyileştirmeye gidilmesi ve gerekli durumlarda çalışanların daha az riskli görevlere yönlendirilmesi, meslek hastalıklarının erken tanısında ve önlenmesinde etkili olacaktır.

9.3.5 Acil Durum Planı: Kuyumculuk atölyelerinde; yangın, kimyasal dökülmeler, siyanür zehirlenmesi, elektrik çarpması ve erimiş metal sıçraması gibi acil durum senaryoları göz önünde bulundurularak kapsamlı bir acil durum planı hazırlanmalıdır. Acil durum planı, olası senaryoların tanımlanması, bu senaryolara yönelik müdahale adımlarının belirlenmesi ve sorumlulukların açıkça tanımlanmasını içermelidir. Özellikle siyanürlü banyoların kullanıldığı kaplama süreçlerinde, akut zehirlenme riskine karşı özel müdahale prosedürleri ve hızlı sağlık hizmeti erişimi hayati öneme sahiptir (Bellows, 1988; Washington State Department of Health [DOH], 2024).

Acil durum planı kapsamında; yangınla mücadele, ilk yardım ve tahliye ekipleri oluşturulmalı, toplanma alanları belirlenmeli ve bu bilgiler atölye içerisinde görünür noktalara asılmalıdır. Acil telefon listeleri, yangın söndürücülerin ve ilk yardım ekipmanlarının yerleri açıkça işaretlenmeli; çalışanlar bu ekipmanların kullanımı konusunda düzenli olarak tatbikatlara katılmalıdır. Acil durum tatbikatları, planın uygulanabilirliğini test etmek ve çalışanların doğru davranış refleksleri geliştirmesini sağlamak açısından önemli bir araçtır (ILO, 2011).

9.3.6 İzleme ve Gözden Geçirme: İş sağlığı ve güvenliği planının etkinliği, düzenli izleme ve gözden geçirme faaliyetleri ile sağlanabilir. Bu kapsamda, atölye için yıllık İSG hedefleri belirlenmeli; iş kazası sıklık oranı, ramak kala olay sayısı, eğitim katılım oranları ve sağlık gözetimi sonuçları gibi performans göstergeleri tanımlanmalıdır. Bu göstergeler, İSG uygulamalarının güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koyarak sürekli iyileştirme sürecine katkı sağlar (Manasa & Rathore, 2025).

İş denetimler, belirlenen takvim doğrultusunda gerçekleştirilerek risk değerlendirmesi ve kontrol önlemlerinin güncelliği kontrol edilmelidir. Denetim sonuçları doğrultusunda düzeltici ve önleyici faaliyetler planlanmalı, sorumlular ve tamamlanma süreleri net bir şekilde belirlenmelidir. İSG planının yılda en az bir kez veya işyerinde önemli bir değişiklik (yeni ekipman, yeni kimyasal, iş kazası vb.) sonrasında gözden geçirilmesi, kuyumculuk ve takı tasarımı atölyelerinde güvenli ve sağlıklı çalışma ortamlarının sürekliliğini sağlamak açısından zorunludur (ILO, 2011).

Tablo 10. Kuyumculuk atölyesinde yürütülen faaliyetlere bağlı kimyasal, fiziksel, ergonomik ve yangın risklerinin değerlendirilmesi ve kontrol önlemlerinin belirlenmesine yönelik risk değerlendirme örnek tablosu.

N	Faaliyet	Tehlike	O	Ş	Risk	Mevcut Önlem	Önerilen Ek Önlem
1	Asit banyosu	HNO ₃ /H ₂ SO ₄ sıçraması, buhar	3	5	15	Basit eldiven	Asit kabini, yüz siperi, göz duşu
2	Kaplama (siyanür)	Siyanür buharı/dökülmesi	2	5	10	Genel havalandırma	Ayrı oda, LEV, dökülme kiti, HCN detektörü
3	Polisaj-zımpara	Metal/cila tozu	4	3	12	Basit aspiratör	Kabinli sistem, FFP3 maske
4	Lehimleme	Flux ve metal dumanı	3	3	9	Aspiratör	Noktasal emiş, düşük dumanlı flux
5	Ergitme-döküm	Erimiş metal sıçraması	3	5	15	Eldiven	Yüz siperi, ısıya dayanıklı önlük
6	Çalışma postürü	Bel-boyun MS hastalıkları	5	3	15	Sıradan sandalye	Ergonomik sandalye, mikro molalar
7	El motorları	Titreşim, kesik	3	3	9	Usta gözetimi	Titreşim eldiveni, süre sınırlaması
8	Solvent kullanımı	Buhar, yanıcı ortam	3	4	12	Kap açık kaplar	Kapalı kap, ex-proof havalandırma
9	Elektrik tesisatı	Elektrik çarpması	2	5	10	Sigorta panosu	Kaçak akım rölesi, yetkili müdahale
10	Yangın genel	Alev, patlama	2	5	10	Yangın tüpü	Yangın planı, tatbikat, uygun depolama

O: Olasılık ; Ş: Şiddet; Risk O×Ş

10. Sonuçlar

Mevcut çalışma, takı ve mücevher tasarımı atölyeleri için özel olarak uyarlanmış 5×5 risk matrisi temelinde geliştirilmiştir. Risk değerlendirme çerçevesi, tipik üretim süreçlerinde karşılaşılan kimyasal, fiziksel, mekanik ve ergonomik tehlikeleri kapsamlı şekilde ele alır. Bulgular, takı ve mücevher tasarımı sektörünün, özellikle küçük ve orta ölçekli atölyelerde birden fazla risk faktörünün bir arada var olduğu ve biriktiği hassas bir mesleki sektörün karakteristik bir örneğini temsil ettiğini doğrulamaktadır.

Literatürden elde edilen güncel kanıtlar, bu sektördeki çalışanların önemli bir kısmının azalmış solunum fonksiyonu, kas-iskelet ağrısı, dermatolojik bozukluklar ve ağır metallerin potansiyel biyobirikimi gibi olumsuz sağlık sonuçları yaşadığını göstermektedir (Sahu ve ark., 2013; Salve ve ark.,

2015; Rahman ve ark., 2015; Khatib, 2018). Bu sağlık etkileri, metal buharlarına ve tozlara uzun süre maruz kalma, lehimleme ve elektrokaplama süreçlerinde kullanılan kimyasal ajanlar, tekrarlayan ince motor görevleri ve yetersiz ergonomik koşullarla yakından ilişkilidir. Bu tehlikelerin birleşmesi, iş gücünün savunmasızlığını pekiştirir ve sektöre özel iş sağlığı ve güvenliği (OHS) yaklaşımlarına olan ihtiyacı vurgular.

Bu çalışma içinde, derinlemesine bir literatür sentezi, yapılandırılmış bir risk değerlendirme tablosu, vaka bazlı açıklayıcı kutular, atölye özel kontrol listeleri, bir eğitim modülü taslağı ve örnek bir OHS planından oluşan entegre ve uygulamaya odaklı bir çerçeve sunulmaktadır. Bu bileşenler birlikte, teorik OHS ilkelerini, özellikle teknik ve finansal kaynakların sıklıkla sınırlı olduğu küçük ve orta ölçekli mücevher atölyelerinde kolayca uygulanabilecek pratik araçlara dönüştürmeyi amaçlar. Önemli olarak, tespit edilen risklerin birçoğu, yeterli havalandırma sistemleri, sistematik eğitim programları, uygun kişisel koruyucu ekipman, doğru kimyasal yönetim ve temel ergonomik iyileştirmeler gibi nispeten düşük maliyetli müdahalelerle etkili bir şekilde azaltılabilir.

Türkiye gibi güçlü bir mücevher yapım geleneğine sahip ülkelerde, bu araçların mesleki eğitim müfredatlarına, mesleki odalara ve kooperatif yapılarına entegrasyonu, işçi sağlığını korumak ve üretim sürdürülebilirliğini artırmak için stratejik bir fırsat sunmaktadır. Düzenleyici uyumun ötesinde, sektörde güçlü bir İşok-İş Sistemi kültürünün geliştirilmesi, ürün kalitesinin iyileşmesine, malzeme kayıplarının azalmasına ve üretimin daha fazla sürekliliğine katkı sağlar. Ayrıca, usta-çırak ilişkisine dayanan köklü davranış kalıplarını dönüştürmek, çalışan katılımını güçlendirmek ve mesleki eğitim kurumlarının rolünü güçlendirmek, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında uzun vadeli sürdürülebilirliğe ulaşmak için kritik adımlardır.

Sonuç olarak, mücevher ve takı tasarımı sektöründe sağlıklı ve güvenli çalışma ortamlarının oluşturulması yalnızca yasal bir gereklilik olarak görülmemelidir; daha çok nitelikli bir iş gücünü korumak, ürün kalitesini sürdürmek ve sektörün uluslararası rekabet gücünü artırmak için stratejik bir gereklilik olarak görülmelidir.

Tablo 11. Kimyasal fiziksel, ergonomik ve mekanik tehlikeleri içeren kuyum atölyeleri için ilgili risk puanları ve kontrol önlemleri kuyum ve mücevher tasarım atölyeleri için 5×5 risk matrisi temelinde hazırlanmıştır:

Faaliyet	Tehlike	Olasılık (1-5)	Şiddet (1-5)	Risk Skoru Risk skoru (Olasılık × Şiddet)	Mevcut Önlemler	Ek Önlemler
Asit banyosu	Kimyasal yanık, asit sıçraması	3	5	15	Kimyasala dayanıklı eldiven	Asit kabini, yüz siperi, acil duş, MSDS eğitimi
Kaplama	Siyanür gazı maruziyeti	2	5	10	Genel havalandırma	Gaz dedektörü, kapalı sistem, dökülme kiti, özel eğitim
Polisaj	Metal tozu inhalasyonu	4	3	12	Toz torbası	Lokal emiş sistemi, FFP3 maske, periyodik ölçüm
Lehimleme	Metal dumanı ve ısı	3	3	9	Basit emiş	Kapalı kabin, duman filtresi, ısıya dayanıklı eldiven
Cila motoru	Gürültü ve titreşim	4	2	8	Yok	Kulak koruyucu, titreşim sönümleyici platform
Taş kesme	Kesici disk teması	3	4	12	Koruyucu muhafaza	İki elle kontrol, gözlük, eğitim
Döküm	Erimiş metal sıçraması	2	5	10	Isıya dayanıklı eldiven	Yüz siperi, döküm bariyeri, acil prosedür
Presleme	El sıkışması	3	4	12	Uyarı levhası	İki el butonu, ışık bariyeri
Temizlik	Kimyasal buhar	3	3	9	Eldiven	Maske, düşük toksisiteli ürün
Uzun süreli çalışma	Kas-iskelet zorlanması	4	3	12	Yok	Ergonomik masa, mola planı, eğitim

Düşük → Yeşil ; Orta → Sarı ; Yüksek → Turuncu ; Çok yüksek → Kırmızı

Kaynaklar

- Afsar, F. S., Akgül, G., & Yıldız, A. (2020). Metal işçilerinde nikel dermatiti. *Dermatit ile iletişime geçin*, 82(5), 301–309.
- Afsar, F. S., Akgül, G., & Yıldız, A. (2020). Nickel dermatitis in metalworkers. *Contact Dermatitis*, 82(5), 301–309.
- Aktepe, N., Kocyigit, A., Yukselten, Y., Taskin, A., Keskin, C., & Celik, H. (2015). Increased DNA damage and oxidative stress among silver jewelry workers. *Biological Trace Element Research*, 164(2), 185–191. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0224-0>
- Bellows, J. (1988). Work-related hazards in the jewelry industry. California Department of Health Services, Occupational Health Program.
- Bilek, Ö., & Yıldız, A. N. (2019). Gümüş telkari çalışanlarının işle ilgili hastalıkları. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi (STED)*, 28(6), 430–435. <https://doi.org/10.17942/sted.537661>
- Chattopadhyay, B.P. & Alam, Sk.J. & Hossain, Mohammed. (2013). Respiratory function status of the occupationally exposed goldsmith workers. *Indian Journal of Environmental Protection*. 33. 329-337.
- Choudhari, SP & Doiphode, RS & Badaam, Khaled & M, Ahmed & Khan, ST. (2014). Study of Pulmonary Functions in Goldsmith Workers: A CrossSectional Study. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*. 13. 56-58. 10.9790/0853-13355658.
- Çalışanların El-Kol Titreşimine Maruziyet Risklerinden Korunmalarına İlişkin Uygulama Rehberi. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB) (Bu rehber, el-kol titreşimi risklerinin tanımlanması ve kontrolü konularını kapsamaktadır.)
- D'Ilio, S., Violante, N., Senofonte, O., & Caroli, S. (2000). Occupational exposure of goldsmith workers of the area of Rome to potentially toxic metals as monitored through hair analysis. *Microchemical Journal*, 67(1–3), 343–349. [https://doi.org/10.1016/S0026-265X\(00\)00086-2](https://doi.org/10.1016/S0026-265X(00)00086-2)
- De, A., Dhar, U., Virkar, T., Altekar, C., Mishra, W., Parmar, V., Mutakekar, M., Iqbal, R., & Chandra, A. M. (2012). A study of subjective visual disturbances in jewellery manufacturing. *Work*, 41(Suppl 1), 3404–3411. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0616-3404>
- Donoghue, A. M. (2004). Occupational health hazards in mining and metal work. *Occupational Medicine*, 54(5), 283–289.
- Esin, N., & Aktas, E. (2016). Skin disease symptoms and related risk factors among young workers in high-risk jobs. *Contact Dermatitis*, 75(2), 96–105. <https://doi.org/10.1111/cod.12606>

- European Parliament and Council. (2003). Directive 2003/10/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise).
- EU Directive 2003/10/EC. On the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise).
- EU Directive 2002/44/EC. On the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration).
- EU-OSHA. (2020). Hazardous substances in the workplace. European Agency for Safety and Health at Work
- Gautam, A., & Cressey, P. (2022). Health risk assessment: Heavy metals (lead, cadmium and nickel) in jewellery (oral and dermal contact) (Client Report No. FW22035). ESR Risk Assessment and Social Systems Group. Prepared for the Ministry of Health.
- Giri, S., Jha, R., & Patel, N. (2020). Occupational risks among goldsmith workers. *International Journal of Occupational Safety*, 14(3), 210–222.
- IARC. (2012). A review of human carcinogens: Chemical agents and related occupations. International Agency for Research on Cancer.
- ILO (2019). Safety and Health at the Heart of the Future of Work. International Labour Organization, Geneva.
- International Labour Office. (2011). Jewellery. In *ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety* (4.Press).
- ISO 5349-1 (2001). Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. International Organization for Standardization.
- ISO 2631-1 (1997). Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration. International Organization for Standardization.
- Jethava, D. ve ark. (2014). Akut siyanür toksikasyonu: Nadir bir hayatta kalma vakası. *Hindistan Kritik Bakım Tıbbi Dergisi*, 18(7), 441–443.
- Khatib, A. (2018). Mücevher üretiminde çalışanlar arasında nikel, kadmiyum ve bakıra mesleki maruz kalma. *Avrupa Bilimsel Dergisi*, 14(24), 1857–7881.
- Manasa, T., & Rathore, H. (2025). Occupational health hazards of jewellery makers: A comprehensive review. *International Journal of Science and Research*, 14(11), 627–628. <https://doi.org/10.21275/SR251108104112>
- Martin, M. S. (2004). Indiana kaplama dükkanında siyanür olayı ölümle sonuçlanıyor. *Ürün Bitirme*, 68(9), 26–29.

- Moitra, S. ve ark. (2012). Kolkata kuyumcuları arasında solunum semptomları ve akciğer fonksiyonu testleri. *Avrupa Solunum Dergisi*, 40(Suppl. 56), s1027.
- Nickel Institute. (2000). Safe use of nickel in the workplace. Nickel Institute..
- NIOSH. (1987). Electroplater and four co-workers die from asphyxiation in a cyanide plating tank. National Institute for Occupational Safety and Health.
- NIOSH. (2019). NIOSH pocket guide to chemical hazards. National Institute for Occupational Safety and Health.
- NIOSH. (2024). Criteria for a Recommended Standard: Occupational Noise Exposure. National Institute for Occupational Safety and Health.
- OSHA. (2023). Cyanide safety in finishing operations. Occupational Safety and Health Administration.
- Pilajpara, C., & Dalal, P. (2017). Postures adopted and perception of musculoskeletal pain of workers at jewellery making workshops in Gujarat. *RAJNĀ - Journal of Pure and Applied Sciences*, 24-25, 159-163.
- Rahman, M. M., Uddin, M. J., & Rahman, M. M. (2015). Goldsmith workers (GSWs): A skilled job and status of illness. *AKMMC Journal*, 6(2), 35-40.
- Ramesh, T., Singh, P., & Mehta, R. (2019). Mücevher üretiminde çalışan işçiler arasında kas-iskelet rahatsızlığının yaygınlığı. *Dünya İlaç ve Yaşam Bilimleri Dergisi*, 5(3), 64-72.
- Rana, M. (2019). Occupational exposures in artisan goldsmith workshops. *Journal of Environmental Health*, 81(9), 34-40
- Raut, S., et al. (2016). Musculo-skeletal disorders (MSDs) risk assessment among small-scale industry workers. *International Journal of Advanced Applied Sciences and Technology*, 3(2), 45-52. ijaast.org
- Raut, H., et al. (2024). Identification of risk for work-related musculoskeletal disorders among jewellery die makers. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 18(2), 110-118.
- Sahu S, Roy B, Moitra S. Assessment of the lung function status of the goldsmiths working in an unorganized sector of India. *Lung India*. 2013 Jan;30(1):33-7. doi: 10.4103/0970-2113.106131. PMID: 23661914; PMCID: PMC3644831.
- Salles, F. J., et al. (2021). Home-based informal jewelry production increases cadmium exposure. *Science of the Total Environment*, 799, 149398.
- Salve, Urmi. (2015). Prevalence of musculoskeletal discomfort among the workers engaged in jewelry manufacturing. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 19. 10.4103/0019-5278.157008.

- Shruthi, B. R., et al. (2017). Study of pulmonary functions in goldsmith workers: A cross-sectional study. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 13(3), 56–58.
- Singh, P., Verma, R., & Gupta, N. (2017). Respiratory impairment among polishers. *Chest India*, 34(2), 55–63.
- Salles, F. J., et al. (2021). Home-based informal jewellery production and urinary cadmium levels. *Science of the Total Environment*, 799, 149398.
- Skogstad, M., Johannessen, H. A., Tynes, T., Mehlum, I. S., Nordby, K. C., & Lie, A. (2020). Systematic review of the cardiovascular effects of occupational noise. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 93, 1–16.
- Yenilmez, F. B. (2009). Kuyumculuk ve kuaförcülük işkollarında çalışan çocuklarda mesleki astım ve alerjik riskler (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi.
- Young, A., et al. (2020). Argyria and occupational silver exposure. *Dermatologic Clinics*, 38(4), 445–456.
- Washington State Department of Health. (2024). Jewelry and metalsmithing: Art hazards.
- Wittman, R., & Hu, H. (2002). Cadmium exposure and nephropathy in a 28-year-old man. *Environmental Health Perspectives*, 110(7), 689–694.
- WHO. (2020). Chemical risks in small workshops. World Health Organization.
- WHO (2021). Occupational Noise: Assessing the Burden of Disease from Work-related Hearing Impairment. World Health Organization, Geneva.

Kuyumculukta Deneysel Döküm Teknikleri: Organik, İnorganik ve Polimer Türevli Malzeme Davranışı ve Doku Transferi

Başak Gürsoy¹

Özet

Bu çalışma düşük maliyetli ve malzemesi sınırlı kuyumculuk atölyelerinde uygulanabilecek deneysel döküm yöntemlerini, sistematik olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Geleneksel döküm tekniklerinde yüzey tamamıyla kalıba bağlı bire bir olarak oluştuğundan, kalıbın dışında bir doku bu yöntem içinde üretilmemektedir. Günümüzde doku çeşitliliğine ve kişiye özgü tasarımlara yönelik artan talep nedeniyle, kalıp dışı davranış sergileyen organik, inorganik ve polimer türevli alternatif malzemelerin dökümünde oluşturduğu yüzeylerin araştırılmasını gerekli hale getirmiştir. Çalışmada organik (fasulye, pirinç, limon çekirdeği, çam yaprağı, çalı süpürgesi, ceviz kabuğu vb.), kompozit (strafor ve lastik) ve inorganik-mineral bazlı (tuz, alçı, cam bilye vb.) çok çeşitli malzemeler kullanılmıştır. Kullanılan her malzemenin metal akışı ve yüzey davranışını incelemek amacıyla ayrı ayrı döküm yapılarak test edilmiş; dökümlerin sonuçları fotoğraf ve gözlem yollarıyla kayıt altına alınmıştır. Yüzey karakteristikleri, metal akışını yönlendiren temel değişken olarak ele alınmış ve oluşan doku tipleri bu doğrultuda sınıflandırılmıştır. Bulgular, organik malzemelerin rastlantısal, dokuyla orantılı ve granülasyon benzeri yüzeyler oluşturduğunu; inorganik ve kompozit malzemelerin ise daha kontrollü, malzeme sınırlarında biriken katmanlı dokular oluşturduğu yönünde raporlanmıştır. Bu sonuçlar düşük bütçeli ve erişilebilir basit malzemelerle uygulanabilen deneysel döküm tekniklerinin kişiye özgü form oluşturmada güçlü bir yöntem olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, kuyumculuk öğrencileri, tasarımcılar ve teknikle ilgilenen araştırmacılar için kolay erişilebilen malzemelerle oluşturulmuş geniş bir doku sözlüğü sunmakta; ayrıca deneysel dökümün eğitim müfredatına entegrasyonu için uygulanabilir bir model önermektedir.

1 (Öğr. Gör.) E-mail: basak.gursoy@deu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-2876-6556
Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, El Sanatları Bölümü, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı, İzmir, Türkiye

1. Giriş

Döküm en yalın anlamda, kullanılacak yöntem çeşidine göre hazırlanan bir kalıbın içerisine, ergimiş metalin dökülerek kalıp şeklini almasıyla oluşan bir şekillendirme ve üretim işlemidir. Döküm yöntemi, hızlı ve seri üretimde ürün üretilmek istendiğinde tercih edilen bir yöntemdir. Geleneksel kuyumculukta mücevher döküm teknikleri çoğunlukla kayıp mum, kuma döküm, sübye dökümü gibi standart yöntemlerle sınırlandırılmıştır. Ancak, teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu alanda malzeme çeşitliliğine yönelik arayış hızlanmış, çağdaş üretim yöntemlerinin geliştirilmeye çalışılması ve farklı yüzey dokusu arayışlarının başlaması ile kuyumculukta tasarım ve üretim açısından malzeme farklılığına gidildiği hem sektörel bazda hem de kişisel gözleme dayalı uygulamalı eğitim çalışmalarında tespit edilmiştir.

Tasarım ve üretim anlamında hem form hem yüzey çeşitlilikleri aranarak çağdaş tekniklerin geliştiği ve farklı üretim yöntemlerinin kullanılarak farklılıklar yaratıldığı bir döneme girilmiştir. Kişiye özel tasarımların daha aranır olduğu bu dönemde, standardın dışına çıkan malzemelerle yapılan üretimler ilgi çekmeye başlamıştır. Geleneksel döküm tekniklerinden olan kayıp mum tekniği, kuma döküm ve sübye kemiğine döküm teknikleri her ne kadar üretimde kendine yer bulsa da hem eğitimde hem üretimde farklılık arayışında olan yeni nesil için birebir aynı sonucun yakalanmadığı tekniklerin öğretilmesinin gerekliliği ön plana çıkmıştır.

Bu çalışma, öncelikle kuyumculuk eğitimi alan öğrencileri hedef alarak, onların kolay öğrenebileceği bir kaynak oluşturmak amacıyla, az malzeme ve basit bir atölye ortamında rahatlıkla uygulayabilecekleri deneysel döküm tekniklerini görsel örneklerle güçlendirilerek kapsamlı, sistematik ve akademik bir formatta hazırlanmıştır. Bir kuyumculuk atölyesinde kolayca uygulanabilen fakat literatürde neredeyse pek yer almayan bazı döküm teknikleri sistematik olarak incelenmiştir. Amaç hem yüzey tasarımı olup hem de form üretiminde tasarımcıya sınırsız bir doku sözlüğü sunmaktır. Yazımda her teknik uygulama için ayrı başlıklar atılmıştır ve her biri için bilimsel bir açıklama, uygulama yöntemi, gerekli olan yerlerde ayrıca ek güvenlik analizi yazılmış ve en sonunda elde edilen parçanın estetik sonuç değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışmada;

*Tamamen organik; fasulye, pirinç, limon çekirdeği, çam yaprağı, çalı süpürgesi, ceviz kabuğu, ağaç kabukları ve ağaç blok, keçe yünü, sargı bezi.

*Kompozit kalıp ve yüzeyler olarak ise; strafor ve lastik.

*İnorganik-mineral bazlı olarak ise; tuz, bentonit esaslı kedi kumu, kil-seramik hamuru, alçı, cam bilye ve su kullanılmıştır.

Dökümü yapılacak malzemeler uygun atölye şartlarında bir araya getirilip, uygun malzeme ve döküm teknikleri kullanılarak teker teker denenmiş ve analiz edilmiştir. Her birinin verdiği tepki ve dikkat edilmesi gereken kurallar belirtilmiştir. Bu deneysel döküm araştırmasında, malzeme yüzey özellikleri metal akışını yönlendiren bir etken olarak ele alınmıştır. Döküm sonuçları bu açıdan oluşan form ve doku çeşitliliği üzerinden değerlendirilmiştir.

2. Döküm Tekniğinin Kullanım Tarihçesi

Antik dönem döküm kalıplarından birçok örnek günümüz arkeolojik kazılarında gün yüzüne çıkartılmıştır (Şekil 1). Döküm işlemi ilk olarak MÖ 4.500–3.600’de Mehrgarh (Pakistan) ve MÖ 4.500’te Varna (Bulgaristan) bölgelerinde görülmektedir (Davey, 2009). Bu dönemlerde metallerin öncelikle bakırın eritilip dökümünün yapıldığı buluntulanan figür örneklerinden tespit edilmiştir. Bakırı eritip şekillendirmeden sonra kireç taşı veya kil malzemeden yapılmış kalıplara metal dökülerek basit alet yapımına geçildiği buluntularda elde edilen yolluk izlerinden, maça kalıp kalıntılarından, kırık kil kalıplarından görülmüş ve karbonlaşmış mum izleri ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) analiziyle görülen döküm tabakaları sayesinde tespit edilmektedir. Bu uygarlıkların dışında Yunanistan Karası, Girit Adası ve Kıbrıs Adasında balmumu döküm ile yapılmış altın insan ve hayvan figürlerinin birçok örneği bulunmuştur. Çinlilerin ise Mezopotamya ve Mısır’daki teknikleri kullanmakla birlikte, kalıp yapımında seramiği geliştirdiği ve parça kalıplı döküm (piece-mould casting) tekniğiyle daha büyük, daha karmaşık objeler yaptıkları görülmektedir. Mısırlılar döküm kalıbını üst ve alt parça olarak iki kısımda yaparlarken aynı zamanda döküm boşlukları ve yollukları yaptıkları daha ilerleyen dönemlerde (M.Ö. 1.550 civarı) de kalıpların ortasına ek parça yaparak içi boş heykeller, bilezikler ve mühür yüzükleri yaptıkları bilgilerine ulaşılmıştır (Davey, 2009). Mısırlı ustaların çömlekçilikte kullandıkları teknikleri metale uygulamaları ile kayıp mum tekniği ortaya çıkmış ve bu teknikle karmaşık takı parçalarının üretimi gerçekleştirilmiştir (Hunt, 1974). Mezopotamya’da yapılan kazılarda özellikle Sümerler döneminde (M.Ö. 3.000–2.000) metalürjinin çok yüksek bir seviyeye ulaştığı M.Ö. 1.500 yılında yapılan kazılardaki bronz içi boş döküm örneklerden görülmüştür. Arkeolojik incelemelere ve yazılı kaynaklara bakıldığında döküm tekniğini sistemleştiren ve takı yapımında yaygınlaştıranların Mısırlılar olduğu arkeo-metalürjik alanda yapılan çalışmalarda; karbonlaşmış mum izleri ve SEM analiziyle görülen döküm tabakaları sayesinde tespit edilmiştir. M.Ö. 480-450 de Arkaik Yunan ve Erken

Klasik Dönem de yine bu teknik küçük obje ve takı yapımında kullanılmıştır (Hemingway, 1996). Ayrıca kayıp mum tekniğinin kullanıldığına dair en önemli kanıt M.Ö 1.792-1.750 yıllarında bulunan Hammurabiye ait kil tablette yazan metal işleme yapan işçiye verilen balmumu miktarının kayıt altına alınması yazısının örneği ile de kesinleşmiştir. Nicholson ve Shaw (2000) da Mısır'da çömlekçilikte kullanılan kil kaplama ve pişirme tekniklerinin metal modelleme süreçleriyle birlikte kullanılması sonucu kayıp mum dökümünün geliştiğini; bunun da özellikle altın takılarda ince detayların elde edilmesini sağladığını belirtmiştir. Döküm tekniği olarak bu tarihe kadar kum, taş ve kemik kalıplar ile parçalar üretilmiştir. Sanayi Devriminde ve sonrasında ise modern kayıp mum tekniği geliştirilmiş ve santrifüj döküm, vakum döküm makineleri yapılarak daha detaylı dökümler yapılmaya başlanmıştır. 20 yy da ise gelişen teknoloji ile hassas döküm teknikleri daha da gelişmiş ve santrifüj ve vakum tekniklerinde kullanılan hassas mum kalıbının dışında, üç boyutlu (3D) baskı ile de dökülecek parçaların döküm modelleri üretilmiştir.



Şekil 1. Antik dönem döküm kalıplarından örneklemeler (www.google.com'dan alınmıştır)

3. Kuyumculukta Kullanılan Genel Döküm Teknikleri

3.1 Kayıp Mum Tekniği

Alçılı fanus içindeki mumdan yapılan modellerin ısı ile eriyerek oluşturduğu boşluklara metal akıp katıldığı için buradaki aşamadan tekniğin adını kayıp mum tekniği olarak almıştır (Şekil 2).



Şekil.2 Kayıp mum tekniği aşamaları (<https://www.marketsquarejewelers.com>'dan alınmıştır)

Teknik, İngilizcede “Lost Wax Casting” olarak adlandırılır. Kullanılacak model ya mum olarak üretilir ya da istenilen örneğin kauçuk kalıbı alınır. Model elde mum olarak, mum basma makinesi kullanılarak mum model basılarak veya 3D yazıcıdan reçine olarak üretildiyse de direkt mum ağacına dizilecek şekilde hazırlanır. Çoğaltılan bu mum modellerin döküm için mum ağacına hangi şekilde dizileceğine karar verilir. Mum dizme işlemi çok önemlidir ve bu aşamada belli kurallar vardır. Ağaca dizilecek mumlar temiz, aynı çeşit ve aynı sıcaklıkta eriyen türde olmalıdır ve yolluk kalınlıkları bağlandığı ana yolluk kesit kalınlığına eşit olmalıdır. Mum modellerle kauçuk taban arasında mutlaka mesafe bırakılmalıdır. Ana yolluğa mum model bağlanırken yatayla 10- 20°'lik açı oluşturmali, dizilişi dıştan içe doğru spiral şekilde ve eşit aralıklarla yapılmalıdır. Mumun bağlantı noktaları düz, pürüzsüz, fazlalıkları alınmış ve yuvarlatılmış olmalı, kesinlikle döküm esnasında alçının kırılıp döküm boşluğuna düşmesine neden olabilecek keskin köşeleri olmamalıdır. Model büyüklüğüne göre küçük olanlar üstte, büyük olanlar ise alt kısma dizilmelidir. Konik olan ana yolluğun boyu fanus boyundan 1,5 - 2 cm aşağıda olacak şekilde kesilerek ayarlanmalı ve fanustan 1cm. içeride kalacak şekilde dizilmelidir. Hazırlanan mum ağacın alçı kalıbının alınması için ağaç fanus içine dikkatlice konmalıdır. Fanus içine konan mum ağacı dikkatli bir şekilde hazırlanan alçıyla kaplanır ve döküm fanusuna titreşim verilerek alçıdaki hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. Küçük fanuslar 1, büyük fanuslar 5 saat kadar alçının donması için bekletilmelidir. Alçı katılaşınca fazlalıkları fanusun üst

kısından bıçak yardımıyla temizlenir ve düzeltilir. Ardından mum ağacın dizildiği kauçuk taban çıkartılır. Alçı kalıp sağlamlaşması için pişirilrken içindeki mum modeller erir ve döküm ağızından dışarı akar. Eriyen mumun oluşturduğu boşluklar metal dökümün yapılacağı alanı oluşturur. Dökümü yapılacak metal mum katsayısına göre hesaplanır ve hazırlanır. Döküm işlemi için uygun tekniklerden biri seçilir. Metal eritilir ve fanustaki döküm ağızına dikkatlice dökülerek modellerin şeklini alması sağlanır. Dökümü tamamlanan fanusun 5-6 dakika soğuması beklenir ardından maşa ile tutularak su dolu kovanın (ısıya dayanıklı) içine batırılıp yavaşça birkaç tur çevrilir. Bu sırada sıcak alçı, soğuk olan su ile temas ederek çatlayarak metal ağacın üzerinden dökülür. Basınçlı su püskürten makinede de kalan alçı parçaları temizlenerek döküm mum ağacı metal ağaç şeklinde çıkarılır.

3.2 Kuma Döküm Tekniğı

Düşük maliyetli hızlı sonuç alınan bir döküm tekniğıdir. Döküm kumunda mukavemet ve gaz geçirgenliğı çok önemlidir. Bu nedenle daha çok silis kumu tercih edilir. Malzemenin kalıbını oluşturacak kum, çelik veya alüminyumdan yapılmış genellikle kare, yuvarlak veya dikdörtgen şeklindeki bir çift kalıp maçası içinde sıkıştırılır Kalıpta kullanılacak kumların seçimi çok önemlidir; çünkü kum (silikalı ince kum, killerin bağlayıcı olarak kullanıldığı kum ve yağ bağlayıcı kum) kalıpta döküm sonucu çıkan metalin yüzey kalitesini ve gazın daha kolay döküm içinden çıkışını sağlamaktadır (Şekil 3A).



Şekil 3A. Kuma Döküm Malzemeleri

İlk önce kumun döküm için uygunluğu kontrol edilir. Bunun için avuç içine alınan bir parça kum avuçta sıkılır ve parçalanma olup olmadığına bakılır. Ayrıca kalıbı alınacak modelin kuma yapışmasını önlemek için ince dokunmuş bez içine pudra, tebeşir tozu veya grafit tozu konulur ve bohça şeklinde hazırlanır. Maçalardan birinin içine döküm kumu konulur ve bastırılarak sıkıştırılır. Maşa tam dolana kadar kum konulur ve iyice bastırılır.

Aralarda boşluk kalmamalı ve kum tam sıkıştırılmalıdır. Fazlalıklar spatula yardımıyla temizlenir ve üstüne pudra serpilir (Şekil 3B).



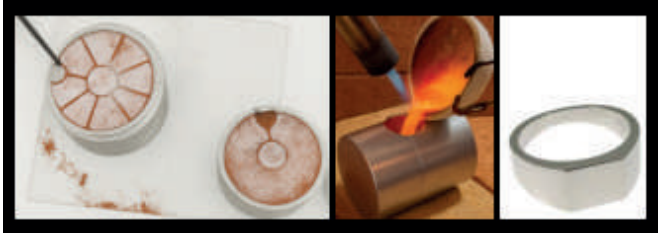
Şekil 3B. Kuma döküm aşaması.

Ana kalıp, kum doldurulan maçanın içine kalıbın yarıya yakını kumun içine gelecek şekilde oturtulur. İkinci maça parçası bunun üzerine konulur ve içine tekrar pudra serpilir. Suluboya fırçası yardımıyla serpilten pudranın ana modele iyice nüfuz etmesi sağlanır. Üstüne tekrar kum konulur ve dikkatlice bastırılarak kum sıkıştırılır. Maçanın üstüne kadar kumun dolması önemlidir. Kum iyice sıkıştırılınca fazlalıkları alınır ve maça ikiye ayrılır. Ana kalıp kumun içinden dikkatlice çıkartılır, kumun bozulmamasına dikkat edilir. Bozulma varsa dikkatlice düzeltilir (Şekil 3C).



Şekil 3C. Kuma döküm aşaması.

İnce bir çubuk (şiş olabilir) ile model boşluğuna batırılır ve maçanın üst kısmından çıkana kadar itilir. Oluşan bu delik konik bir şekilde genişletilerek döküm ağızı oluşturulur. Altta kalan maçanın model boşluğu çevresine 5 - 6 adet ince hava boşluğu, yolluklar açılır. Kalıplar dikkatli bir şekilde üst üste konulur ve iyice oturtulur. Potada metal eritilir ve kalıbın döküm ağzından dökülür. Üzerine biraz ısı tutularak dökülürken donmaması sağlanır. Maça soğuduktan sonra dikkatlice açılarak dökülen ürün kumun içinden çıkartılır, tesviye ve cila işlemleri yapılarak kullanıma hazır hale getirilir (Şekil 3D).



Şekil 3D. Kuma döküm aşaması.

3.3. Sübye Kemigine Döküm Tekniği

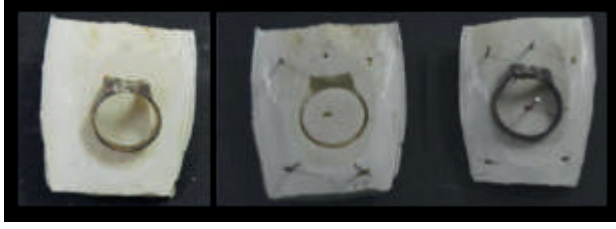
Sübye; mürekkep balığı kemiğidir ve içinde bulunan % 85- 90 aragonit (CaCO_3) kristalli kalsiyum karbonat bileşimli yapısı nedeniyle oyulma, kalıp çıkarma, ısının kalıp içinde dağılımı ve gaz çıkışının nispeten kolay olması açısından çok kullanışlıdır. Kuyumculukta döküm kalıbı olarak kullanılan bu kemikten her seferinde bir adet ürün elde edilir. Ancak hazırlanan kalıp iyi kullanılırsa aynı kalıba birkaç kez daha döküm yapılabilir. Elbette kuma dökümde kumun yapısından dolayı oluşan pürüzsüz görünüm burada pek yakalanamaz çünkü sübye kemiğinin kendine has bir dokusu vardır ve bu metal yüzeyine geçer. Bu doku kişiye göre bazen farklı bir görünüm (organik çizgisel bir doku) oluşturması nedeniyle olduğu gibi korunurken bazı kişiler ise tesviye yaparak metalin pürüzsüz görünümünü yakalamak ister.

Dökümde kullanılacak sübye kemiği parçalanmamış (bütün halde), hasar görmemiş, kalın enli ve ana modele göre daha büyük boyda olmalıdır. Sübye kemiğinin etrafındaki ince kabuklar ilk önce kırılarak ayrılır ardından, kemiğin etli kısmının başlangıç ve bitiş kısmı dikkate alınarak kemik başından ve sonundan düzgünce kıl testere ile kesilir. Buradaki düzgün kesim döküm sırasında bu kalıbın düzgün durması açısından da çok önemlidir (Şekil 4A).



Şekil 4A. Sübye kemiği hazırlama aşaması.

Kesilen parçaların birleştirme sırasında aralarında boşluk kalmaması için yüzeyleri birbirine sürtülerek düzleştirilir. Bir fırça yardımıyla kemiğin üzerindeki tozlar temizlenir (Şekil 4 A).



Şekil 4B. Örnek işin kalıbının alınması.

Dökümü yapılacak ana model sübye parçalarından birinin tam ortasına yatay bir şekilde konulur ve dikkatlice bastırılarak yarısına kadar sübye kemiğine batırılır. Diğer parçada bunun üzerine konulur ve yavaşça bastırılarak sübyenin yüzeyleri birbirine tam oturtulur. İşaret konulur, bu bir daha ki açıp kapamalarda kişiye yol gösterici olur. Dikkatlice üstteki kemik kaldırılır ve diğerinin içinden ana model çıkarılır. Tozlar üflenerek temizlenir. İstenirse sübye kemiğinin üzerine model çizilip, oyularak ta kalıp hazırlanır. Ardından döküm sırasında sübye parçalarının kaymaması (açılmaması) için pim yapılır. Pimler şu şekilde yapılır; sübyenin bir tanesinin üst kısmının iki kenarına yarıya kadar pirinç tel batırılır, bir tane de alt kısmına aynı şekilde batırılır. İkinci sübye parçası daha önce konan işaretlere dikkat edilerek diğerinin üzerine kapatılarak hafifçe bastırılır. Böylece pirinç telin dışarıda kalan diğer uçları üstteki sübyeye batırılmış olur (Şekil 4B). Dökümü sorunsuz yapabilmek için sübye kalıbının üstüne döküm ağzı, ayrıca döküm sırasında erimiş metal kalıp içine akarken oluşan gazların rahatça dışarı çıkabilmesi için hava yolu denilen kanallar açılmalıdır. Çünkü kalıp arasında boşluk kalması metalin buradan akmasına, gaz birikmesine ve yüzey kusurları oluşturmaya neden olurken; hava yollarının düzgün ya da yetersiz açılması da gazın içte sıkışıp kalıbı patlatmasına neden olur.



Şekil 4C. Sübye kemiğine döküm işlemi.

Döküm ağızı sübye kemiğine konik bir şekilde açılmalıdır. Genişliği model genişliğinin 2/3'ü genişliğinde olmalıdır. Model bıçağı veya herhangi bir bıçak ucu ile kalıbın üst kısmından içine model boşluğuna doğru daralan bir şekilde (konik) bu işlem yapılır. Diğer sübye parçasının da aynı şekilde aynı yerine bu işlem uygulanır. Döküm sırasında ateş verildiğinde ısınan CaCO_3 , $\text{CaO} + \text{CO}_2$ ayrışmasına neden olurken kalıp içinde gaz birikimini yaratabilir bu nedenle gazın dışarı rahat bir şekilde çıkabilmesi için sübyelerin yüzeylerine model boşluğundan başlanarak kemiğin kenarına doğru ince çizikler (oyuklar, yollar) yapılır. Tekrar oluşan tozlar fırça yardımıyla temizlenir. Kalıplar dikkatlice kapatılır ve kalıpların kenarları ısıya dayanıklı tel ile dikkatlice çok baskı yapmadan birkaç kez sarılarak bağlanır veya yaylı çift ile tutturulur. (Şekil 4C).



Şekil 4D. Döküm İşleminin Tamamlanması

Döküm ağızı yukarıda kalacak şekilde sübye kalıbı dik olarak amyant üzerine konulur. İstenirse parçanın kaymaması için küçük amyant parçaları ile iki yandan desteklenebilir. Metal potada eritilir ve ne çok yavaş ne de çok hızlı olacak şekilde döküm ağızı tamamen dolana kadar tek hareketle kalıp boşluğuna dökülür. Birkaç dakika metalin katılaşması beklenir. Pense yardımıyla tel çözülür ve kalıp çift yardımıyla açılarak ürün içinden çıkartılır. Döküm ürünün tesviye ve cila işlemleri yapılarak kullanıma hazır hale getirilir.

4. Kuyumculuk Eğitiminde Deneysel Döküm Uygulamaları: Organik, İnorganik ve Polimer Türevli Malzeme Davranışı ve Doku Transferleri

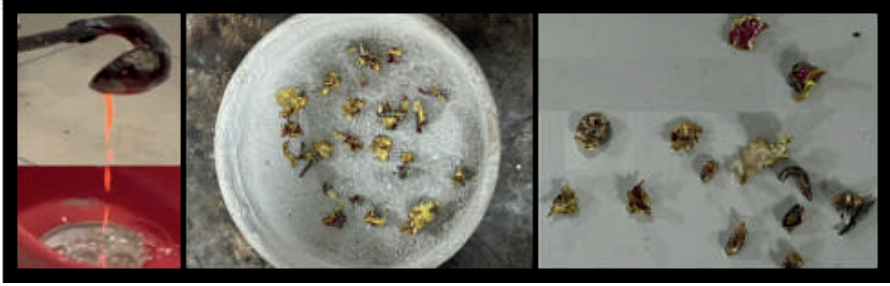
Kayıp mum tekniğini uygulamak için başlı başına ayrı bir kuyumculuk atölyesi gereklidir. Malzemeleri oldukça pahalı ve küçük ve az bütçeli bir atölyede yapılamayacak kadar maliyet gerektirmektedir. Bunun yanında kuma döküm ve sübye kemiğine döküm kolay ve az sayıda parça üretilmesine neden olsa da yüzey farklılık, çeşitlilik ve yaratıcılık açısından organik döküm kadar geniş değildir. Ayrıca özellikle düşük bütçeli ve standart el aletlerinin

olduğu bir atölyede farklı alternatif yöntemlerin denenmesi uygulayıcı ve tasarımcılar açısından daha yaratıcı olabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada ham madde olarak her yerde kolaylıkla bulunabilecek ve farklı formlarda ürün verebilecek malzemelerin kullanılması örneklendirme olması açısından amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan malzemeler; su, fasulye, pirinç, limon çekirdeği, çam yaprakları, süpürge, ceviz kabuğu, tuz, kedi kumu, çamur/kil kalıplar, kartonpiyer alçı, cam bilye, keçe yünü, sargı bez, strafor, paketleme lastiği, ağaç dalları, ağaç kabukları ve ahşap blok olarak farklı malzeme türevleri olması ve farklı yüzey dokusu oluşturmaları düşünüldükten belirlenmiştir. Malzeme uygulamaları için ayrıca amiyant taşları, ergitme potaları, ısıya dayanıklı kaplar, gaz ile çalışan şaloma, güvenlik malzemeleri (önlük, ısıya dayanıklı eldiven, koruyucu gözlük, alev alma ihtimaline karşı yangın söndürme tüpü, maşa, çift, yüzey parlatma malzemeleri kullanılmıştır. Denemeler Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, El Sanatları Bölümü, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programının Kuyum atölyesinde, havalandırma ve güvenlik sistemlerinin bulunduğu üretim atölyesinde yapılmış ve uygulama öncesi, uygulama sırası ve sonrası olarak kayda alınmıştır.

4.1. Suya Döküm Tekniği

Bu yöntem soyut formlar oluşturmak için bir kova su içine ergitilmiş sıvı metali dökme sürecinden oluşur. Soğuk döküm de denilmektedir. Birçok farklı yöntemle sıvı malzemeye döküm yapılabilir. Bunların hepsinde de farklı görünümde sonuçlar elde edilmektedir. Doğrudan suya döküm yapıldığında daha çok yuvarlağa yakın formlar elde edilirken bu yuvarlağımsı formların hiçbiri birbirine benzemez. Çünkü su 100 °C civarında buharlaşır, sıvı faz kalmaz ve eriyik metal ile temas ettiğinde aniden buharlaşır, ani ısı kaybına uğrar ve metal içinde gözenek, mikro krater, pütürlü yerler ve düzensiz kenar yapıları gözlenmesine neden olur. Çıkan parçaların formları oldukça rastlantısaldır bu döküm sonucunda yapıla gözleme göre aynı ortam ve koşullar sağlansa dahi birbirinin aynısı olamayacak şekilde farkların olduğu örneklerin çıkacağı bir döküm olacağı saptanmıştır. Döküm sonrası elde edilen formlar; eriyik metalin akış yönüne doğru hafif basık ve yüzey gerilimine göre şekillenerek bazı yerlerde uzamış damla formunda çıkmıştır. Metal akış formunu korumuştur. Ayrıca suyun miktarına göre, birden dökülmesine göre, yavaş dökülmesine göre ve buzlu suya dökülmesine göre de farklı formlarda oluşumlar elde edilmektedir. Döküm ısısına yakın metal döküldüğünde daha damlacık ve granül şeklinde, döküm ısısından az ısıtıldığında çıkıntılı yüzeyler şeklinde, soğuk suya ani çarpmada yüzey çatlaklı ve kabarcıklı (patlama tehlikesi vardır), su sıg, az olduğunda daha yuvarlak

şekilli, yüksekte döküldüğünde ise daha uzun ve mercan görünümlü şekiller oluşmaktadır. Bu döküm tekniği standart aynı ürünlerin üretilmesi için değil kısa sürede üretimde seri çeşitlilik yakalamak için çok uygundur (Şekil 5).



Şekil 5. Suyu döküm tekniği ve uygulaması.

4.2. Fasulye ile Döküm Tekniği

Fasulye ile döküm, su ile döküm ile aynı şekilde yapılır. Tek farkı su yerine sadece fasulye kullanılmasıdır. Metal bir kutu veya ısıya dayanıklı kap içine fasulyeler doldurulur. Metal potada eritilir ve çok hızlı olmadan ama bir anda dökülür. Metal fasulye arasındaki boşluğa akarken fasulye üzerinde farklı ısılarda ilerlerken farklı noktalarda kademeli olarak katılaşır ve metal yüzeyinde farklı şekiller oluşturmuştur. Fasulyeler ısı nedeniyle tamamen erimese de kısmi karbonizasyona (yanma) uğramış, hacimsel deformasyon oluştururken metalin bu boşluklarda pütürlü kabuk benzeri yüzeyler oluşturarak heykelsi bir form oluşturmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. Fasulye ile döküm ve çıkan ürün.

4.3. Pirinç Taneler Üzerine Döküm

Fasulye dökümünde olduğu gibi ateşe dayanıklı pota içerisine pirinç taneleri bolca konularak ve gümüş ergime sıcaklığındayken potanın 2 cm. üzerinden döküm yapılmıştır. Döküm sonucu elde edilen formlarda küçük

uzunumsu oval yapıda boşluklar elde edilmiştir. Fasulye dökümüne benzese de pirinç tanelerinin daha küçük olması fasulyeninkinden daha farklı minimal formlar yakalanmasına neden olmuştur. Pirinç taneleri bu noktada bir kalıp olarak değil metal sıvı akışını bölen organik bir yapı olarak, metalin temas noktalarında farklı ısı değişimi (soğuma) yaşayarak, herhangi bir patlama göstermemiş kısmi yüzey yanığı ve dehidrasyon (su kaybı) etkisiyle küçülme nedeniyle mikro boşluklar oluşturarak ilerlemiş ve mikro çıkıntı, boşluk ve kıvrımlar oluşturmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Pirinç taneleri üzerine döküm ve çıkan ürün.

4.4. Limon Çekirdeğine Döküm

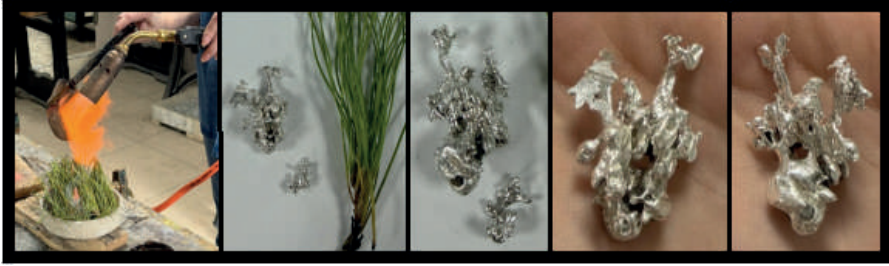
Fasulye ve pirinçten sonra ara boyutlu bir malzemenin yüzey oluşumunu görmek için kurumuş limon çekirdekleri ısıya dayanıklı bir potaya konmuştur ve üzerine eriyik halindeki gümüş dökülmüştür. Çekirdeklerin ayrıldığı ancak tam anlamıyla kaybolmadığı fakat hızlı yapılan döküm nedeniyle çekirdeklerin altında merkeze doğru ilerleyerek daha çok biriktiği görülmüştür. Metalin ısısı limon çekirdeğine temas ettiği noktada ani soğuma ve limon çekirdeğinin yanarak dehidrasyon (su kaybı) nedeniyle düzensiz mikro akış kanalları oluşturmaya ve bunlarında birbirinden farklı ve benzersiz damla formuna yakın asimetrik çukurluklar oluşturmaya neden olmuştur (Şekil 8).



Şekil 8. Limon çekirdeğine döküm ve çıkan ürün.

4.5. Çam Yaprığına Döküm

Çam ağacının yeşil yaprakları kullanılarak elde edilen farklı form ve dokuya sahip dökümdür. Kullanılan çam ağacının yapısına, yaprakların diziliş ya da demet halinde toplanarak su dolu kaba ya da ateşe dayanıklı kaba konulup, çeşitli yükseklik ve savurma şeklinde döküm yapılmasına göre farklı farklı formlar elde edildiği görülmüştür. Çam iğneleri dik konulduğunda uzun ve ince organik formlar elde edilmiştir. Aşağıdaki fotoğrafta iğne yapraklı çam demeti büyük bir pota içine konularak gümüş ergime derecesine geldiğinde 5 - 8 cm kadar yükseklikten dökülerek elde edilen formlar görülmektedir. Burada çamın selüloz ve reçine yapısı nedeniyle ısıyla temas ettiğinde karbonize olarak yanmış ve mikro boşluk oluşturmuştur, eriyik haldeki metal bu boşluklara akarak organik damar izli bir form oluşturmuştur (Şekil 9A).



Şekil 9A. Çam İğnelerine döküm ve çıkan ürün.

Çam ağacının farklı yapıdaki yapraklarından farklı doku alabilmek amacıyla 2. bir döküm hazırlanmıştır. İğnemi ancak daha dallı bir yapıdaki yaprakları pota içine yatay olarak yerleştirilmiştir ve yine eriyik halindeki has gümüşü potanın hemen üzerinden pota içindeki yapraklara dökülmüştür. Ancak malzememizin az, eriyik haldeki gümüşün fazla olması ve dalların yatay düzlemde konularak uygulamanın yapılması nedeniyle, iğne formu parçadan çok farklı olarak daha yatay ve az dokulu bir parça elde edilmiştir (Şekil 9B).



Şekil 9B. Farklı şekildeki çam yaprağına döküm ve çıkan ürün.

4.6. Çalı Süpürgesine Döküm Tekniği

Değişik form ve doku elde etmek için su dolu bir kabın içine oturtulmuş demet halinde bir çalı süpürgesinin içine sıvı metalin dökülmesi işlemini içermektedir. Çalının sıkı bağlanması, çalı oranına göre uygun gramajda metalin seçilmesi, dökümdeki yayıcı hareket, hatta çalının uzunluğu bile dökümün sonuçlarını farklılaştırmaktadır. Bu teknikteki en önemli diğer kural ise çalının mutlaka su dolu bir kap içinde oturtularak yapılmasıdır. Çalının yapısı nedeniyle eriyik haldeki sıvı metalle teması sonucu hemen karbonize olup yanma şekline ve formuna bağlı olarak çizgisel mikro oyuklar oluşmuştur. Çalı formu kalıp olarak kullanılmadığı için metalin ilerlerken ki soğuma yolu boyunca keskin olmayan kıvrımlı kenarlar oluşturduğu da gözlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Süpürgeye döküm ve çıkan ürün.

4.7. Ceviz Kabuğuna Döküm

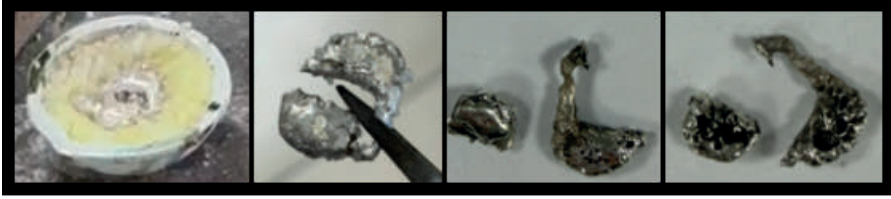
Ceviz kabuğunun çok kıvrımlı ve dokulu bir yüzeyi olması nedeniyle döküm işlemi 2 farklı halde denenmiştir. İlk denemede ceviz kabuğu kuru olarak ters çevrilmiş ve içine eriyik haldeki gümüş hızlı bir şekilde dökülmüştür. Ancak metal ölçüsü az olduğu için istenilen sonuca ulaşılamamıştır bu nedenle daha fazla metal eklenerek tekrar bir döküm yapılmıştır. Ceviz kabuğu su ile içi doldurulup 5-10 dakika bekletildikten ve içindeki su döküldükten sonra daha fazla gramdaki gümüşle tekrar aynı hızla ikinci deneme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapısı nedeniyle yanmaya daha önce denenmiş malzemelerden biraz daha dayanıklı olan ceviz kabuğu ani ısı ile karbonize olarak yanmış, kabuğun iç yüzeyine dolmaya başlamış, düz olmayan ancak daha yumuşak bir formda kabuktan kopyalanan mikro heykelimsi bir form almıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Ceviz Kabuğuna Döküm ve çıkan ürün.

4.8. Tuza Döküm Tekniği

Teknik olarak fasulye ve su döküm ile aynıdır, buradaki tek fark malzeme olarak kalın taneli tuz kullanılmıştır. Yalnız metal limon tuzuna dökülecekse, dökme kısmında limon tuzunun metalle birleşimi sırasında patlama ihtimali oluşabileceği düşünülerek kaya tuzu tercih edilmelidir. Tuz malzemeye döküm sonrası elde edilen form; mercansı, çok delikli ve çukurlu dokular şeklindedir (Şekil 12).



Şekil 12. Tuza döküm tekniği ve çıkan ürün.

4.9. Kedi Kumuna Döküm

Kedi kumu, inorganik olduğu için yanmamaktadır; organik katkı varsa onlar yanmakta ama kil fazı kalmaktadır. Bu yüzden kedi kumu ısıtıldığında su kaybetse de sonra kısmen pişen bir kil gibi davranmaktadır. Tuza dökümde olduğu gibi malzememiz ısıya dayanıklı pota içine, potanın içini doldurana kadar koyulmuştur. Amyant üzerine konan potaya has gümüş malzemesi konularak eritilmiştir ve kumun olduğu potanın 2-3 cm. üzerinden döküm gerçekleştirilmiştir. Bazı kedi kumu içerisinde kum haricinde özel bir malzeme olduğunda döküm sırasında sıçrama yapma ihtimali olabileceği düşünülerek karışimsız kedi kumu kullanılması terci edilmelidir. Kedi kumu üzerine döküm yapıldığında, eriyik haldeki metal; kum tanelerine temas noktalarında ani ısı değişimi (soğuma) nedeniyle mikro boşluklar oluşturarak ilerleyip, mikro çıkıntı ve çoklu boşluklar oluşturmuştur (Şekil 13).



Şekil 13. Kedi kumuna döküm tekniği ve çıkan ürün.

4.10. Seramik Çamuru / Kil Dökümü

Seramik hamuru ile tek seferlik döküm yapılmaktadır çünkü seramik hamuruna yüksek ergime sıcaklığına sahip metaller döküldüğünde hamur kurutulmuşta olsa çatlamayıp yapmaktaki ve kalıp kullanılamaz hale gelebilmektedir. Seramik hamur kalıbı ile uygulama yapılmak isteniyorsa kurutulmuş ya da fırınlanmış (50-90°) seramik hamuruna deneme yapılması önerilir. Ayrıca gümüş ergime sıcaklığı ne kadar altın veya bakır alaşımlarından düşük olsa da yine de bu malzeme ile dikkatli çalışılmalıdır (Altının ergime ısısında kalıbın ısıyı kaldırıp kaldırmayacağı garanti görülmemektedir). Seramik çamurunu şekillendirilerek kalıp formu verilir ve bir gece kuruması için dışarıda bırakılır. Has gümüş potaya konup ergitilerek alçı kalıbın üzerine dökülür. Alçı kalıbındaki form için az miktarda metal gerekse de her ihtimale karşı biraz daha fazla oranda metal eritilmesinde yarar vardır çünkü fazla oranda metal ile döküm yapıldığında artan miktar döküm yerinin dışı alanını da kaplayacaktır. Denemede fazla miktarda dökülen kısım olsa da parçanın fazlalıkları kesildikten sonra dökümü yapılan parçanın birebir kalıbının formunu aldığı gözlemlenmektedir. Dökmeden önce sağlam olan seramik hamurunda döküm sorası çok ince çatlak gözlenmiştir. Ancak döküm kalıbı içinde hiçbir bozukluk olmamıştır. Yine de çatlağın ilerlemesi ihtimali ile bu kalıbın bir kez kullanımının (tek kullanımlık) daha garanti olduğu not edilmelidir. Elde edilen gümüş parçada herhangi bir çapak veya bozukluk gözlenmeyecektir. Kalıbın alacağı kadar malzeme ile çalışılması ve ani dökümden kaçınılarak normal hızda dökülmesi tavsiye edilmektedir. Her ne kadar hassas döküme elverişli olmadığı düşünülse de derin formlu işlenmiş kalıpta olumlu sonuçlar alındığı görülmektedir (Şekil 14).



Şekil 14. Çamur Döküm İşlemi ve Sonucu.

4.11 Kartonpiyer Alçıya Döküm

Kartonpiyer (çabuk donan) alçı kuyumculukta birçok işlemi kolaylaştırma da kullanılmaktadır. Bu çalışmada alçıya ceviz kabuğu bastırılarak dikkatli bir şekilde kabuğun çeyreğinin kalıba alınarak 3-5 mm. derinlikte negatif bir kalıp oluşturulmuş ve iyice kuruduktan sonra gümüş ergime sıcaklığında patlama- saçılma tehlikesine karşı önlem alınarak bu kalıba döküm yapılmıştır. Dökümdeki metal yüzey gerilimi ve hacim daralması nedeniyle dökümün üst kısmı dalgalı ve pürüzlü bir görünüm oluşturmuştur. Metal soğurken alçının yapısı nedeniyle metal üstünde çökme halkaları, mat- parlak düzensiz bir doku ve ince buruşmanın yanında minik tepeciklerde gözlenmiştir. Gözlemlenen bir diğer sonuç ise alçı kalıptaki formun derinliği ne kadar yayık ve büyük olursa formun çok daha net çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Kartonpiyer alçıya döküm işlemi ve sonucu.

4.12 Polistren Köpük Levhaya Döküm

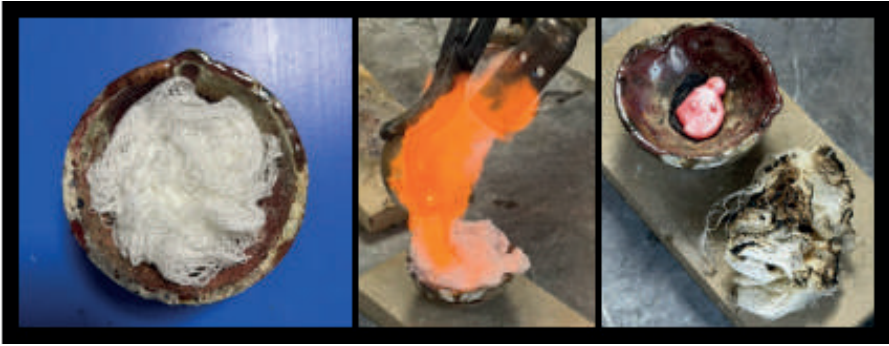
Polistiren köpük, polistiren adı verilen polimer boncuklarının gaz ile geniştirilmesi ve sıkıştırılması ile elde edilen hafif ve kullanım alanı son derece geniş bir malzemedir. Yapısı sayesinde ince tüneller oluşturacağı düşünülse de tehlikeli olacağı düşünüldükçe ve bütün önlemler alınarak strafor parçalar katman katman üst üste dizilip 9 kat olarak hazırlanmıştır. Metal eritilip kat kat dizilen strafor üzerine 1-2cm yükseklikten orta hızda dökülmüştür. Strafor alev alsa da bir yangın çıkaracak kadar kuvvetli olmamıştır. Kontrollü sönme yapıldıktan sonra çıkan şekil aşağıda görülmektedir. Burada kullanılan malzeme yüksek ısıda hızla bozularak metalin yüzey morfolojisini belirleyen bir rol üstlenmiştir. Katın arasındaki ısının döküm hızındaki değişmesi nedeniyle her katmanda farklı çökmeler yaratmış bu da en sondaki derin boşluğu oluşturmuştur. Gözlem sonucu dökülen metal oranının daha az (30 gr.) olması durumunda sonucun daha farklı bir görünüm elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Çünkü çökme çok hızlı olmuş ve mikro boşluk gerçekleşmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. Kartonpiyer alçıya döküm işlemi ve sonucu.

4.13 Sargı Bezi Üzerine Döküm

Direkt sargı bezi üzerine döküm yapıldığında beklenen görsel forma ulaşılmadığı için bu deneme başarılı olamamıştır. Sargı bezi kendi üzerinde döndürülerek yuvarlağımsı potanın içine, potaya tam olarak oturacak ve dolduracak şekilde konulmuştur. Eriyik metal biraz fazla gramda (40 gr.) döküldüğü için sargı bezi içinde yayılıp dökülmesi istenirken sabit ve hızlı döküm nedeniyle ortada büyük bir parça oluşturmuştur. Beklenen farklı doku ve form yakalanamamıştır. Deneme parçası büyük bir alev almasa da deneme yapılacaksa mutlaka güvenlik önlemleri alınıp yapılması gerektiği önerilmektedir (Şekil 17).

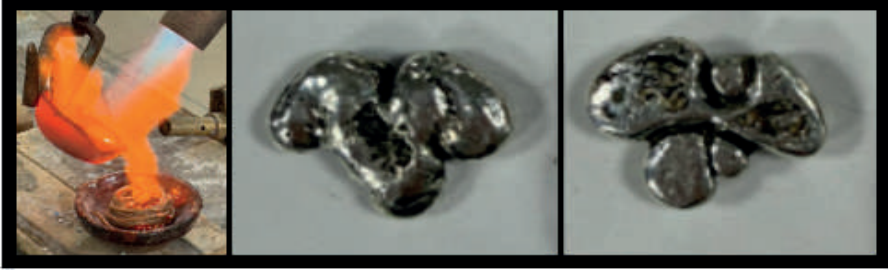


Şekil 17. Sargı bezi döküm işlemi ve sonucu.

4.14 Jüt İpinden Yumağa Döküm

Jüt ipi jüt bitkisinden elde edilen bitkilerden yapılmaktadır. Bu yüzden liflidir. Jüt ip boşluklu bir şekilde sarılır ve ısıya dayanıklı kaba konulur. Eriyik haldeki metal 4-5 cm üzerinden dökülür. İnce çoklu lif yapısına sahip jüt üstüne dökülürken parçada yanma yaratarak ilerlerken demet arasında düzensiz çökmüş ve lifler arasından ilerleyerek donmuş ve lif boşlukları

değişik formda derin kıvrımlar oluşturmuştur. Çıkan parçalar arasında jüt ipin güzel bir ayırıcı heykelimsi form oluşturduğu görülmektedir (Şekil 18).



Şekil 18. Jüt İpine döküm işlemi ve sonucu.

4.15 Lastik Bant Dökümü

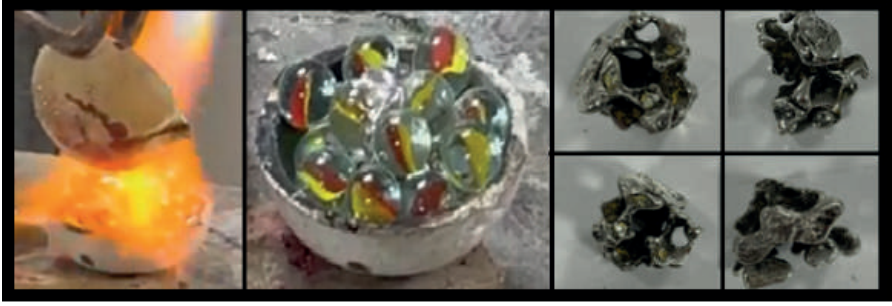
Düğümlü, büzülme gösteren yüzeyler elde edileceği düşünülerek bir avuç dolusu paket lastiği çeşitli şekillerde düğümlenerek döküm için hazırlanmıştır. Potanın içine kum konularak üstüne düğümler atılmış şekilde paket lastikleri yerleştirilmiştir. Döküm potanın hemen üzerinden bir kerede orta hızda dökülerek yapılmıştır (bu döküm sırası çıkacak duman ve koku nedeniyle kapalı ortamlarda ya da havalandırmanın iyi olmadığı ortamlarda yapılması tavsiye edilmemektedir). Elastik polimer yapısı metalin akışı içinde eriyiğin akışını bölen, ısı karşısında çökme gösteren sentetik bir döküm işlemi olmuştur. Bu kademeli soğuma kenarların daha kıvrımlı, yüzeyi baskı temaslı her biri birbirinden farklı heykelimsi ara parçalar oluşturmuştur. Elde edilen görüntü beklendiği gibi olmadığı ve eriyik dağıldığı için ufak parçalar elde edilmesi nedeniyle büyük parçalı ürün elde etmek için pek uygun bir yöntem olmadığı düşünülmektedir (Şekil 19).



Şekil 19. Ceviz kabuğuna döküm tekniği, aşamaları ve çıkan ürün.

4.16 Cam Bilyelere Döküm

Cam bilyeler ateşe dayanıklı bir pota içine doldurulmuştur ve erimiş haldeki gümüş normal bir hızla 10 cm. yukarıdan bilyelerin üzerine dökülmüştür. Çatlayıp fırlama ihtimaline göre önlem alınsa da hiçbir olumsuzluk yaşanmamıştır. Metal bilyelerin arasında tek bir akış kanalı izlemeyerek taneler arasında dağılarak çevresindeki boşlukları doldurarak katılaştığı gözlenmiştir. Çoklu ve düzensiz soğuma nedeniyle gümüş bazı yerlerde granüller şeklinde yüzey oluştururken bazı bilyelerin üzerinde ise minik çıkıntılar oluşturmuştur. Dökme işleminden sonra metal soğuyunca bilyelerden ayrılması sırasında herhangi bir zorluk yaşanmamıştır. Bilyelerin büyüklüğüne göre oluşan form büyüklüğü de değişmektedir. Cam bilyelerin metal ısısında patlamadığı sadece şekillendirme yüzeyi oluşturduğu gözlenmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Cam bilyelere döküm tekniği aşamaları ve çıkan ürün.

4.17 Ağaç Dallarına Döküm

Çeşitli boy ve tipte toplanan ağaç dalları ve gövde parçalarına döküm yapılmış ve düzgün yüzeyli uzun formulu dallarda daha düzgün, dal boşluklarına uygun formlar; dokulu ve düzensiz ağaç kabuklarına yapılan dökümlerde ise aşağıdaki şekiller elde edilmiştir. Kısmi yanan ve karbonizasyon oluşturan ağaç kabuğu yanıp tamamen yok olmadan önce metal yüzeyinde karbonize bölge ve mikro çökme noktaları üretmiştir. Düzgün yüzeylerdeki döküm sonucu bir sonraki deneme parçalar açısından farklı bir fikir oluşturmaktadır (Şekil 21).



Şekil 21. Ağaç dallarına döküm tekniği aşamaları ve çıkan ürün.

4.18 Ahşap Ağaç Kalıbı Yapımı ve Ahşap Kalıba Döküm

Ağaç dallarına yapılan dökümde dalın düzgün formunun alması sonucu eğer istenilen form ağaç kalıptan olsaydı sonuç düzgün bir model üretimini sağlar mıydı sorusuna yönelinmesine neden olarak bu kısımdaki çalışmanın hedef konusunu oluşturmuştur. Ağaç kalıbı kavak ağacı plakasından kesilip freze motorunda fisür ve topbaşla açılan kanallar olarak yapılmıştır. Üst kısım metal eriyiğin dökülmesi amacıyla genişletilmiştir, ancak hava kanalı açılmayacağı düşünülerek kalıp döküm ağzı oldukça büyük açılmıştır. Eriyip metal fazla miktarda eritilerek ahşap kalıba dökülmüştür. Ağaç soğutulup kesilerek açılmış ve dökümün olduğu gibi tüm açılan boşluğu kapladığı ve sorunsuz bir şekilde çıktığı görülmüştür. Bu döküm yapılırken yanarak karbonize olması, hacmini kaybedebileceği kaygısı parçanın çok iyi çıkmayacağını düşündürse de oluşan karbon sürtünmesinin artarak metalin akışını yavaşlattığını göstermiştir. Metal açılan tüm boşluklara tamamen akarak dolmuştur. Döküm kalıbı ahşap olduğu için tek kullanımlık olmuş ancak istenilen modelin daha orta detay seviyesinde sorunsuz üretildiği görülmüştür (Şekil 22).



Şekil 22. Ahşap kalıba döküm tekniği aşamaları ve çıkan ürün.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Dökümü yapılan malzemenin dayanımı, aslında malzemenin kalıp olarak malzeme aktarım aracını yoksa yüzey üzerinden form geliştiren yüzey transfer aracı mı oluşturması gerektiğinin kararında ayırt edici bir ölçüt olmuştur. Literatürde geçen klasik yöntemlerde kullanılan malzemelerin dışında kum ve sübye kemiğinden yapılan kalıpların kullanıldığı hem akademik yazın taramasında görülmüş hem de daha önceki eğitim denemelerimde kullandığım bir teknik malzeme olduğu için burada referans gösterilmiştir. Ancak; ahşap kalıp, alçı kalıp, seramik çamuru (kurutulmuş) gibi malzemelerden kalıp yapıldığına dair kesin bir akademik çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle burada malzemeler 2 ayrı yönde değerlendirilmiştir;

1. Kalıp olarak kullanılmayan sadece yüzey farklılığı oluşturma açısından kullanım; metalin döküm anındaki akış davranışıyla yeni yüzeyler geliştirdiği, yüzeyden form türetme açısından değerlendirilmiştir.

2. Formun kendisini farklı yüzeylerle çoğaltmak amaçlı kullanımda ise; malzemenin yeniden şekillendirilebilirliği ve formunu ne kadar koruduğu açısından değerlendirilmiştir.

Bu yönle göre ahşap kalıp, alçı malzemesi ve pişirilmeden kurutularak kullanılan seramik hamuru tek kullanımlık kalıplar olarak tespit edilmiştir. Seramik çamurunun pişirilmiş halde denenmemiş olması ise yeni bir araştırma konusunun hipotezini oluşturmaktadır.

Sadece doku ve form oluşturmaya amacıyla kullanılan malzemeler arasında en güzel doku örneklerini, derin ve belirgin formlar şeklinde çıktığı için; su, fasulye, çam, çalı süpürgesi, çam yaprakları, tuz, pirinç ve limon çekirdekleri vermiştir. Ceviz kabuğu, düzensiz ağaç gövdesi, paketleme lastiği, jüt ipi, ağaç gövdeleri ve bilyenin ise beklenmedik estetik düzeyde farklı doku ve formlar oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Özellikle su dökümünün farklı oranlarda su ve metal malzeme kullanılarak döküm farklılaşmasına gidilmesi, taneli ürünlerden olan malzemenin karıştırılarak ya da başka malzemeler ile birleştirilerek kalıp şeklinde dökülmesi, fimo- alçı-seramik çamuru gibi kalıpların kurutulma dışında pişirilerek de denemelerinin yapılması uygulama çalışmaları için farklı öneriler olarak görülmektedir. Özellikle ahşap malzeme ile kalıp yapılma kısmının geliştirilerek denenmesi başka çalışmalar için ek bir öneri olarak da görülmektedir.

Okul ya da küçük ölçekli atölyelerde özellikle hemen ürünün elde edilmesi, kolay uygulanabilirlik, malzeme fiyat düşüklüğü ve eğlenceli uygulama oluşturmaya nedeniyle burada kullanılan malzemelerin tercih edilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca okul gibi eğitim veren kurumların atölyelerinde (özellikle de eksiklerin yoğun olduğu yerlerde) bu tür malzemelerin kolaylıkla bulunup, eğitim amaçlı uygulanması açısından ve öğrencilerin deneysel çalışmalar yaparken beyin fırtınası yaparak toplu çalışmalarını sağlaması yanında; eğlenerek üreticiliklerini de genişletmeleri ve farklı malzemeleri keşfetme olanaklarının olabilirliğini görmeleri açısından önemli bir sonuç olacağı bu çalışmada bir sonuç olarak da ön plana çıkmaktadır.

Çalışmanın avantajları olarak kalıp malzemelerinin, doku malzemelerinin ucuz ve erişilebilirlik açısından kolay olması, fazla işçilik gerektirmemesi açısından daha basit, küçük ölçekli ve yaratıcı işlemler için uygun döküm yapılabilmesi gösterilebilir. Bunun yanında çalışma, organik doku isteyen tasarımlar için de çok uygundur. Çalışmanın dezavantajı ise, detayların her zaman çok hassas ve sonuçların her zaman birebir aynı olmaması gösterilebilir. Ayrıca kullanılan malzemelerin çoğu tek kullanımlıdır. Farklı organik, sentetik ve kompozit malzeme grupları ile gerçekleştirilen metal dökümde doku ve form üretimine etkisini birlikte inceleyen bu birincil deneylere dayanan deneysel bir kuyumculuk atölye çalışmasına, yapılan literatür taramasında hiçbir dilde rastlanmamıştır. Ayrıca malzeme teması metal döküm çeşitlendirmesine dair eşdeğer bir multidisipliner bir çalışmaya rastlanmadığı için bu çalışma alana özgü ve yenilikçi bir yöntemsel yaklaşım kazandırmaktadır.

Bu çalışmada atölye şartlarında fazla makine ve malzemenin olmadığı zamanlarda üretimde ve eğitimde kullanılabilirliğini görmek ve göstermek amacıyla uygulanacak döküm tekniğinde kullanılmak üzere hazırlanması düşünülen malzemeler, özellikle ekonomik açıdan herkesin ulaşabileceği malzemeler göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. Bu kapsamda su, fasulye, pirinç, limon çekirdeği, çam yaprakları, süpürge, ceviz kabuğu, tuz, kedi kumu, çamur/kil kalıplar, kartonpiyer alçı, cam bilye, keçe yünü, sargı bez, strafor, paketlenme lastiği, ağaç dalları, ağaç kabukları ve ahşap blok olarak farklı malzeme türevleri hazırlanıp döküm sıcaklığına elverişli kaplara konularak uygulamanın yapılması sağlanmıştır. Eritme yönteminde gaz başlıklı şaloma ısı için kullanılmıştır. Elbette bütün gaz çıkışı, tehlikeli olabilecek buharlaşmaya karşı havalandırma sistemi ve yangın tehlikesine karşı da yangın söndürme tüpü bulundurulmuştur. Deneyler saf gümüş ve 925 ayar gümüş olarak denenmiş. Saf gümüşte 925 ayar gümüş alaşımına göre daha rahat sonuçların alındığı gözlenmiştir. Döküm sonucu elde edilen malzemeler incelendiğinde istenilen doku farklılıklarına ve farklı formlara ulaşıldığı görülmüştür. Ayrıca uygulama sonucunda bazı malzemelerin sadece doku değil tek kullanımlık kalıp olarak bile kullanılabileceği görülmüştür. Bu örneklerle etrafta rahatlıkla bulunabilecek hatta ekonomik olarak fazla bir altyapı gerektirmeden de kişinin yaratıcılık sınırlarını genişletecek sonuçlara ulaşılabilceği söylenebilir. Buna ek olarak deneme sırasında atölyede bulunan öğrencilerin verdiği tepkiler ve meraklarının fark edilmesi mesleğin bu kısmının daha eğlenceli ve daha öğrencileri bütünleştiren bir ders olarak da uygulanmasının olumlu bir hareket olacağını göstermiştir.

En nihayetinde, bu çalışma kuma döküm ve sübye kemiği gibi klasik yöntemlerin dışında metalin alternatif kalıp ve yüzeylerle doğrudan etkileşime sokulduğu, form ve doku çalışmasının tamamen atölye ortamında uygulandığı deneysel gözleme dayalı olarak değerlendirilen özgün bir kuyumculuk döküm araştırmasıdır. Bu çalışmanın devamında üretim alanında, kalıp olarak daha farklı malzemelerin kullanılması; doku açısından farklı malzemelerin birleştirilerek uygulanması ve eğitim alanında ise daha deneysel ders içeriklerinin hazırlanması önerilmektedir. Bu çalışmadan elde edilen veriler; farklı tasarımlar elde etmek isteyen üreticiler, alana ilgi duyan araştırmacılar ve öğrenciler için farklı bir referans kaynaklarından biri olma potansiyeli taşımaktadır.

Kaynaklar

- Davey, C. J. (2009). *The early history of lost-wax casting*. Academia. <https://www.academia.edu/4614800>
- Gürsoy, B. (2013). Kuyumculuk Teknikleri, MENGİ Basım Ambalaj Ltd. Şti. ISBN: 978-605-85869-0-1
- Ergün, V. (2013). İstanbul'da kuyumculukta kullanılan kalıp çeşitleri, *Yüksek lisans tezi. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı, Ankara*
- Ergün, B. (2022). Kuyumculukta döküm tekniği (kayıp mum tekniği ile yapılan ürünün üretim aşamaları, Erciyes Akademi Dergisi. 36 (3), 1149-1166. <https://doi.org/10.48070/erciyesakademi.1114379>
- Hunt, L. B. (1974). The long history of lost wax casting. Gold Bulletin. 7(2), 50-56. <https://doi.org/10.1007/BF03215456>
- Nicholson, P., & Shaw, I. (Eds.). (2000). Ancient Egyptian materials and technology. Cambridge University Press.
- Kuşoğlu, M., Z. (1994). Türk Kuyumculuk Teknik Terimler Sözlüğü, Ötüken Yayınları. İstanbul.
- World Gold Council, Altın Takı Üretimi Teknik El Kitabı, İstanbul.
- Raw, P. (1997). The Assaying And Refining Gold Jewellery, A Guide For The Gold Jewellery Producer. World Gold Council, London
- Arkeoloji Dergisi, Beycesultan 2007-2008 Yılları Kazı Çalışmaları Ön Raporu <https://www.marketsquarejewelers.com/blogs/msj-handbook/the-jewelry-casting-process-lost-wax-casting?srsId=AfmBOopB4i5gw-6O-ifRzTy-Z-YzC0qTjqfwLd8SFXJMtpHizDFpUSRq>
- <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-tehnologiya-polucheniya-imitatsiy-samorodkov-zolota-i-serebra-dlya-yuvelirnogo-di.pdf>

Krizoprasın Takıya Dönüşüm Yolculuğu: Modern Teknolojiyle İşlenmesi

Evrin Çoban¹

Özet

Süstaşları süslenme amacı ile kullanılmak üzere antik dönemden günümüze kadar çeşitli kullanım biçimlerinde sergilenmektedir. Süstaşı; albeni ve güzellik, nadir bulunma, iri kristalli olma ve işlenmeye elverişlilik gibi özellikleri nedeniyle önem kazanan; mineral, kayaç ve taşlaşmış organik malzemeler için kullanılan nitelendirmelerdir. Bu çalışmada Kuvars Grubu üyesi olan yeşil renkli krizopras mineraloidinin oluşumu, yarı değerli süstaşı kalitesinde bulunan ve takıda süslenme amacı ile kullanılan krizopras mineraloidinin ülkemizde varlığı ile fiziksel ve kimyasal özellikleri, geçmiş dönem olan antik çağlarda kullanımı, günümüz koşullarında ise modern teknoloji kullanılarak kuvars üyesi olan yeşil renkli krizopras mineraloidini süstaşı şekillendirme biçimi olan kabaşon formda işleyerek süslenme amacı ile takıda kullanımı anlatılmaktadır. Günümüz koşullarında yeşil renkli süstaşı olan krizoprasın takıda kullanımı için kabaşon formda işleme tekniği ve bu teknik için gerekli olan makinelerin kullanımını ve kabaşon form işlenen yeşil renkli krizopras mineraloidinin kolye biçimi verilerek estetik kolye kullanımlı oluşturulmuştur.

1. Giriş

Türkiye'nin jeolojik oluşumu incelendiğinde krizopras (SiO_2 -mikrokristalin yapı ve yumrusal şekilli kuvars türü) meydana getiren bölgelerin olabileceği düşünülmektedir. Birçok yerde bulunan yeşil renkli silika türleri yeşil kuvars veya yeşil opal olabileceği dikkate alınmalı ve krizopras denilmemelidir. Çünkü krizoprasın içeriğinde yoğun miktarda "Ni" elementi içermektedir (Akalin, 2013). Krizopras mineraloidinin yeşil renkte oluşunun sebebi nikelin ve silikanın içerisinde serbest kalan silikat minerallerinin hava etkisi ve oksidasyonu sonucudur.

1 Öğretim Görevlisi Doktor, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Milas Meslek Yüksekokulu, evrimcoban@mu.edu.tr, 0000-0002-0867-6801

2. Krizopras Mineraloidinin Oluşum Yerleri

Ülkemizde yapılan çalışmalar sonucunda krizoprasın ticari açıdan yoğun bulunan yerleri olarak Biga-Çanakkale, İkizce-Bilecik, Sivrihisar-Eskişehir, Oltu-Erzurum ve Savur-Mardin olmak üzere beş bölgeye değinilmiştir (Yardımcı, vd., 2018). Dünya üzerinde bulunduğu yerler; Brezilya, Avustralya (New South Wales bölgesi), Hindistan, Madagaskar, Rusya (Urallar bölgesi), Kazakistan, Zimbabve, Tanzanya, Güney Afrika ve California da varlığı bulunmaktadır (Bayraktar_Şentürk, 2010). Ülkemizde yaklaşık beş bölge içerisinde bulunmaktadır. Bu bölgelerde bulunan başlıca ticari krizopras yatakları, Çanakkale, Bilecik, Eskişehir, Mardin ve Erzurum olmakla birlikte süstaşı kullanım kalitesindeki krizoprasın en önemli yatağı, Biga-Çanakkale bölgesinde bulunmaktadır (Ören, 2012). Süstaşı kalitesinde bulunan krizopras mineraloidinin kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 1’de görülmektedir.

Çizelge 1: Krizoprasın kimyasal ve optiksel özellikleri

Kimyasal Özellikleri	
Formül	SiO ₂ (mikrokristalin)
Genel Safsızlıklar	Ni
Fiziksel Özellikleri	
Parlaklık	Yarı Saydam
Renk	Açık yeşil, sarımsı yeşil, elma yeşili, derin yeşil
Sertlik	6 ^{1/2} -7
Özgül ağırlık	2.58-2.64
Kristal Yapısı	
Kristal sistemi	Hegzagonal
Kırılma endeksi	1.544-1.553

3. Kuvars Grubu (SiO₂) üyesi Krizopras Mineraloidi

Tüm mineraller kimyasal bileşimlerine göre farklı gruplara ayrılır. Başlıca mineral grupları arasında en bol bulunanı kuvars mineral grubudur. Kuvars minerali kimyasal açısından esas olarak oksijen ve silikon içermekte ve bu iki bileşen, yer kabuğunun %75’ine kadarını oluşturmaktadır. Kuvars türleri kendi içerisinde makrokristalin, mikrokristalin ve amorf olarak ayrılmaktadır. Krizopras mineraloidi kriptokristalin kuvarsa girer. Kriptokristalin çeşitleri ya yarı saydam ya da çoğunlukla opakken (ışık geçirimsiz), saydam çeşitler makrokristalin olma eğilimindedirler. Kriptokristalin kuvars çeşitleri, doğası gereği mikroskobik kristal yapıya sahip olan kriptokristalin kuvarslardır. Bu

oluşumu içiren kriptokristalin kuvarslar arasında agat, kalsedon, karnelyen, oniks, kaplan gözü, krizopras, heliotrop ve çörttür. Krizopraz, nikel izleri içeren, yarı saydam, yeşilimsi sarı veya elma yeşili renkte bulunmaktadır (Balasubramanian, 2017).

4. Krizopras Mineraloidinin Arkeogemolojik Kullanımı

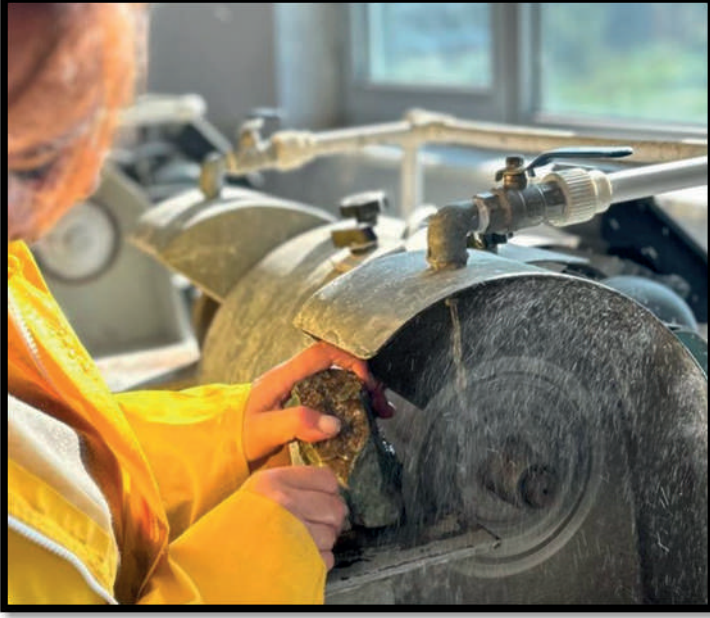
Krizopras mineraloidi antik çağlarda devlet adamlarının ve soyluların yazışmasında mühür amaçlı kullanımları veya kötülüklerden korunma, büyü, şans tılsımı, inanç temsili olarak ve tanrılarına saygı amaçlı kullandıkları arkeolojik kazılar ile elde edilenlerden anlaşılmaktadır (Türe ve Savaşçın, 2000). Anadolu’da yapılan jeolojik araştırmalar neticesinde kuvars grubu süstaşı çeşitlerinin, çoğunlukla bulunduğunu söyleyebiliriz. Arkeolojik kazılarla elde edilen ve müzelerde sergilenen süstaşlı ürünlerde kullanılan kuvars türü süstaşları bunu göstermektedir. Antik dönem eserlerinde kullanılmış olan bu süstaşlarına genel tabirle arkeo-gemolojikel metaryaller veya ar-gem-malar denilmiştir (Güney ve Hatipoğlu, 2013).

5. Krizopras Mineraloidinin Güncel İşlenişi

5.1 Elmas Disk ile Dilim Alma Yöntemi

İlk olarak süstaşının kabaşon form işlenebilmesi için kesime uygun bulunan yerinden kabaşon form uygulayabilecek kalınlıkta elmas disk kesicisi kullanılarak dilim alınmaktadır (Şekil 1).

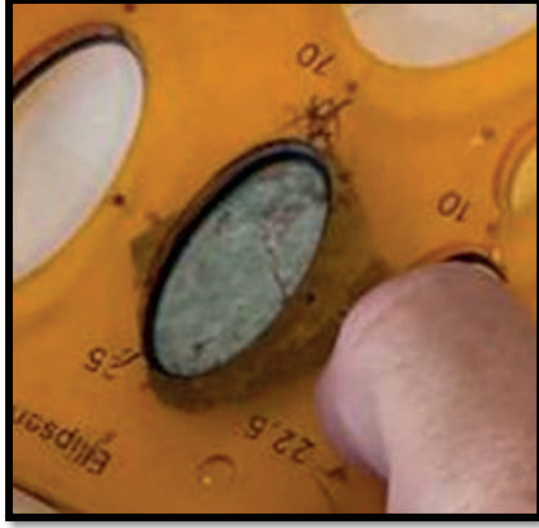
Şekil 1: Elmas disk ile krizoprastan dilim alma işlemi



5.2 Oval Form Dış Şekil Oluşturma

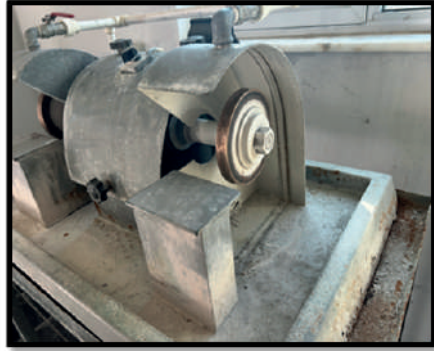
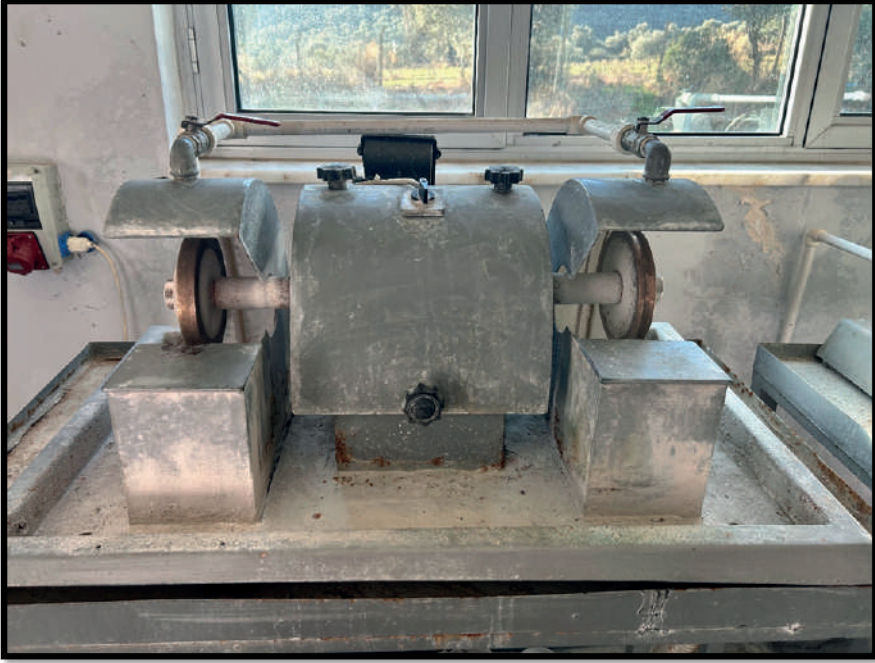
Dilim alınan krizopras shape and cut denilen şekil ve kesim görünümünün oluşturulabilmesi için dış formu olan oval biçimi, iç kesim şekli olarak ise bombeli kabaşon formu uygulanmıştır. Bu aşamada krizopras sulu sistemde işleneceği için sudan etkilenmeyen asetat kalemi kullanılarak kesilecek oval dış hat belirlenerek, elmas disk kesicisi ile oval dış formu oluşturulur. Üst kısmın bombeli görünüm olan kabaşon yapılabilmesi için diğer aşamaya geçilir (Şekil 2).

Şekil 2: Krizoprasa oval dış şekil verme işlemi.



5.3 Yan Traşlama ve Ön Traşlama Aşaması

Krizoprasın dış hattı olan bombeli görünümü (kabaşon) kazandırmak için yan traşlama ve ön traşlama makineleri kullanılarak taş oval formu kazandırılır (Şekil 3).



Şekil 3: Yan traşlama ve ön traşlama makinesinin farklı açılardan görünüşleri

5.4. Yüzey porozite alma aşaması

Krizoprasa cila aşamasından önce uygulanan yüzey porozite alma işleminin doğru uygulanması taşa verilecek son parlaklığın iyi olmasına ve göze hoş görünen bir cilanın ortaya çıkmasına vesile olmaktadır. Bu aşamada taşın porozitesinin alınması için grit boyunda silisyum carbür tozlarına ihtiyaç duyulur. Önce 180 sonra sırasıyla 600,800 grit boylarındaki aşındırıcılar taş yüzeyine uygulanır (Şekil 4).



Şekil 4: Krizoprasın yüzey porozitesinin alınması için yapılan silisyum carbür taş aşındırma işlemi.

5.5 Cila Aşaması

Son aşama olan cila aşamasının gerçekleşmesi için 3000 grit boyundaki krom oksit cila tozu ile su karıştırılarak boza kıvamına getirilir. Bu aşamada yatay üzerinde keçe bulunan cila makinesi kullanılmalıdır. Bu makinenin hızlı dönmesi ile üzerinde bulunan keçeye temas eden süstaşı parlatılmaktadır (Şekil 5). Böylece cilalama işlemi tamamlanır.



Şekil 5: Krizoprasın son cila aşaması keçe ve krom oksit ile sağlanmaktadır.

Lapideri denilen süstaşı işleme aşaması tamamlandıktan sonra oval form kazandırılan krizoprasın nihayi görünümü Şekil 6'da krizopras ile bafon (silisyum+ alüminyum alaşımı) metali kullanılarak oluşturulan kolye biçimindeki takı Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6: Kabaşon formda işlenmiş krizopras



Şekil 7: Bafon metali ile montürlenmiş krizopras kolye

6. SONUÇ

Krizopras mineraloidine karşı insanların olan ilgisi bu taşın özgün yeşil renginden kaynaklanmaktadır. Antik dönemlerden günümüze dek kullanımı devam etmekte olan krizopras taşının ham halden mamül hale getiriliş işlemleri hemen hemen değişmemiştir.

Kaynaklar

- Akalın, İ. (2013). Krizopras Mineralinin Optiksel Özelliklerinin İncelenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Manisa, Türkiye.
- Akbudak., İ. K., Gölbaş A., Başbüyük, Z. (2017). Kırşehir Müzesi Envanterinde Bulunan Yüzüklerin Arkeogemolojik ve Jeoarkeolojik İncelemesi. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi. 10(52), s. 524-534.
- Balasubramanian, A. (2017). Quartz Group Of Minerals. University of Mysore, 4, s. 1-8.
- Bayraktar_Nurcivan, Ş. (2010) Krizopras ve Rodonit'in Termoluminesans Özellikleri. Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzincan, Türkiye.
- Güney, H. ve Hatipoğlu, M. (2013). Archaeo-gemmological investigation of gemstone glyptics (seal stones and ceremonial stones) and ancient jeweleries mounted gemstones in Izmir Archaeological Museum, 14(3), s.165-168
- Ören, U. (2012). Gemmological And Mineralogical Investigations and Genesis Of The Massive Dark Green Chrysoprase From The Biga-Çanakkale Region. Dokuz Eylül University Graduate School Of Natural and Applied Sciences, İzmir, Türkiye.
- Türe, Altan. & Savaşçın, M. Yılmaz (2000). Kuyumculuğun Doğuşu. İstanbul: Goldaş Kültür Yayınları, s. 65
- Yardımcı Y., Hatipoğlu M., Kibici Y. (2018). İkizce (Merkez-Bilecik) Bölgesindeki Druse Yapılı Krizopras Ocağının Mevcut Durumu. 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı. ss. 199-200

GÖRSEL KAYNAKLAR

Çizelge 1: Bayraktar_Nurcivan, Ş., (2010) Krizopras ve Rodonit'in Termoluminesans Özellikleri. Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Şekil 1,2,3,4,5: Süstaşı işleme atölyesinde uygulanan işleme aşamaları

Şekil 6 ve 7: Kolye amaçlı hazırlanan krizopras süstaşı ve Kolye görünümü

Gemoloji ve Mücevher

Editör:

Prof. Dr. Murat HATİPOĞLU