

**ARTİSTİK CAM UYGULAMALARINDA  
ELEKTROKAPLAMANIN KULLANIMI**

Amaneh MANAFIDIZAJI

Yüksek Lisans Tezi

Cam Anasanat Dalı

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü

Haziran 2015

**ARTİSTİK CAM UYGULAMALARINDA ELEKTROKAPLAMANIN  
KULLANIMI**

Amaneh MANAFIDIZAJI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cam Anasanat Dalı

Danışman: Yard. Doç. Dr. Göktuğ Günkaya

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü

Haziran 2015

## ÖZET

### ARTİSTİK CAM UYGULAMALARINDA ELEKTROKAPLAMANNIN KULLANIMI

Amaneh Manafidizaji

Cam Anasanat Dalı

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Haziran 2015

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Göktuğ Günkaya

“Artistik cam uygulamalarında elektrokaplama kullanımı” başlıklı olan bu tezde; yalıtkan malzemelerin özellikle camın sanatsal uygulamaları, elektrokaplama yöntemi ile kaplanması ele alınmıştır. Elektrokaplama yöntemi; iletken bir yüzey (veya iletken hale gelmiş yalıtkan madde) asidik solüsyon içerisinde elektrik akımı kullanarak, başka bir metal ile kaplanma yöntemidir.

Bu tezde; cam yüzeyini iletken hale getirmek için, yaygın olan sıvı bakır ve diğer yöntemler yerine toz grafit ve parlak vernik karışımı kullanılmıştır. Ayrıca elektrokaplama yöntemi toz grafit karışımı ile Ornela Kristal camı (Çek Cumhuriyeti), Glasma 705 ve Soda – kireç - silika camları eğimli ve düz yüzeylerde farklı dokular ve renklerde, kaplanması gerçekleştirilmiştir. Toz grafitin diğer iletken pastalara göre önemli avantajı; yüzeyde farklı doku, renk ve istenilen kalınlıktaki kaplamaların yapılmasının mümkün olmasıdır.

Üç bölümden oluşan tezin ilk bölümünde; camın tanımı ve tarihçesine dair genel bilgiler bulunmaktadır. İlk olarak camın bulunuşu, yapay camın üretimi ve zaman içerisinde camın teknik ve sanatsal gelişimini süreci anlatılmaktadır; sonrasında camın fiziksel ve kimyasal özellikleri ve cam üretiminde bu özelliklerin etkisi bulunmaktadır.

İkinci bölümde farklı kaplama yöntemleri üzerine genel bilgiler bulunmaktadır. Ayrıca elektrokaplama yöntemi ile yalıtkan malzemelerin kaplanması, süreçte kullanılan ekipmanlar ve sanatsal uygulamalardan örnekleri içermektedir.

Tezin üçüncü bölümü kişisel uygulamalara ayrılmıştır. Bu bölümde; araştırma sürecinde kullanılan malzemelerin özellikleri, ayrıca grafit esaslı pastaların denenmesi ve tercih edilen pasta için optimum akım ve voltaj değerlerinin elde edilmesi ve yapılan denemelerin aşamaları yer almaktadır. Denemelerden elde edilen sonuçları kullanarak; “Doğadan” ve “Kadın- Erkek” temalı çalışmalar, kişisel bakış açısıyla, üç boyutlu formlarda elektrokaplama yöntemiyle bakırın cam üzerine kaplanması sunulmuştur. Sonuç bölümünde ise; elde edilen sonuçlar ve kaplama sürecindeki dikkat edilmesi gereken önemli faktörler bu bölümde yer almaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yalıtkan Madde, Cam Yüzeyi, Toz Grafit, Elektrokaplama, Bakır Metal.

## **ABSTRACT**

### **APPLICATION OF ELECTROFORMING ON THE ARTISTIC GLASS WORKS**

Amaneh MANAFIDIZAJI

Department of Glass

Anadolu University Fine Arts Institute, June 2015

Advisor: Associate Professor Doctor Gökтуğ GÜNKAYA

In “Application of electroforming on the artistic glass works” titled thesis, insulating materials, especially artistic applications of glass, is considered to be covered by the electroforming method. Electroforming; is a method of coating a conductive surface or metalized insulator material in acidic solution by using electric current.

In this thesis; in order to metalize glass surface, instead of using liquid copper and other conductive pastes, mixture of graphite powder and varnish has been used. Additionally in this work; electroform of Ornela Crystal glass (Czech Republic), Glasma 705 and Soda -lime - silica glass at various surface with different texture and colors has been applied. The most important advantage of graphite powder in comparison with other conductive paste; is creating different color, texture and desired coating thickness, without using other material or chemical composition.

In the first part of the thesis which consists of three chapters; there is general information about definition and history of glass. Primarily, discovery of glass, glass production and technical and artistic development glass process in time was told; then physical and chemical properties of glass and effect of these properties to glass production is described.

Second section contains general information on the different coating methods. Beside those coating of insulating material with electroforming method, used equipments in the process and some examples of artistic applications are presented.

The third part of the thesis is devoted to personal artistic works. This section contains; properties of used materials during research also testing of different graphite-based pastes and all experiment steps, obtaining optimum current and voltage value for chosen paste. By using the obtained results from the experiments; "From Nature" and "Women- Men" concepts, with personal view, by using electroforming of copper on glass is presented in three-dimensional form.

The concluding part contains; obtained results and important factors during coating process.

**Keywords:** Insulator Material, Glass Surface, Powder Graphite, Electroforming, Copper Metal.

29. 06.2015

## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tez/proje çalışmasının bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumunda bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde intihal içermediğini beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

**Amaneh MANAFİDİZAJİ**

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Amaneh MANAFİDİZAJI' nin "Artistik Cam Uygulamalarında Elektrokaplamanın Kullanılması" başlıklı tezi 29 Haziran 2015 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, Cam Anasanat Dalı Yüksek Lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Yrd. Doç. Dr. Gökтуğ GÜNKAYA  
Üye : Prof. Mustafa AĞATEKİN  
Üye : Yrd. Doç. Dr. Mevlüt GÜRBÜZ

Prof. Sıdika Sibel SEVİM  
Anadolu Üniversitesi  
Güzel Sanatlar Enstitüsü Müdürü



## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Sanatın çoğu alanlarında teknolojinin izleri görülmektedir. Cam sanatında ise sanatsal cam şekillendirme ve bazı dekorlama yöntemlerinde teknoloji kullanımı gerekmektedir. Cam üzerinde elektrokaplama tekniği, cam dekorlama tekniği olarak sanat ve teknolojinin buluştuğu noktanın göstergesidir. Bu tezde cam üzerinde elektrokaplama yönteminin uygulanması konusunda akademik bir kaynak olarak sanatçılara katkıda bulunmak için ele alınmıştır.

Bu çalışmada emeği geçen tüm kişiler; başta tez süresince desteği ve değerli bilgileri ile her zaman yanımda olan tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Göktaş GÜNKAYA'ya, uygulamalı ve sanatsal çalışmalarımı yöneten ve değerli tecrübelerini ve zamanını paylaşan Prof. Dr. Mustafa AĞATEKİN'e, güzel Sanatlar Fakültesi dekanı Prof. Emel ŞÖLENAY'a bölümde çalışma imkânı sağladığı için, tez izleme jürimde yer alan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Mevlüt Gürbüz'e ve cam atölyesi teknisyenlerine her zaman atölye çalışmalarımda yardımcı olmaları için teşekkür ederim.

Ayrıca, elektrokaplama yöntemi uygulamalarında katkısı olan sanatçı Kate Fowle MELENEY'e bu yöntem üzerine yazdığı kitabını gönderdiği için uzaktan teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme en içten saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım. İyi ki varsınız.

Amaneh Manafidizaji

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
JÜRİ VE ENSTİTU ONAYI.....	vii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	viii
ÖZGEÇMİŞ.....	ix
İÇİNDEKİLEER.....	x
GÖRSELLER LİSTESİ.....	xiv
TABLolar LİSTESİ.....	xviii

### BİRİNCİ BÖLÜM

1. CAMIN TARİHSEL GELİŞİMİ, TANIMI VE ÖZELLİKLERİ.....	1
1.1. Camın Doğada Bulunuşu ve Tarihsel Gelişimi .....	1
1.2. Camın Tanımı.....	5
1.3. Camın Yapısı.....	7
1.4. Camın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	10
1.4.1. Camın Fiziksel Özellikleri.....	10
1.4.1.1. Viskozite .....	10
1.4.1.2. Isıl Genleşme, Isı İletim .....	13
1.4.1.3. Camda Elektrik ve Dielektrik Özellikleri.....	16
1.4.1.4. Camın Mekanik Özellikleri .....	16
1.4.2. Camın Kimyasal Özellikleri.....	18
1.4.2.1. Su ve Asit Etkileri .....	18
1.4.2.2. Alkali Etkileri.....	19

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. KAPLAMA TARİHÇESİ VE ÇEŞİTLERİ, ELEKTROKAPLAMA TANIMI ve TARİHÇESİ, SANATSAL UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER .....20

#### 2.1. Kaplama Tarihiçesi.....20

#### 2.2. Kaplama Çeşitleri ve Genel Prensipler.....21

##### 2.2.1. Sıcak Daldırma .....21

##### 2.2.2. Sıcak Püskürtme .....22

##### 2.2.3. Sherardizing (termal difüzyon) Kaplama Yöntemi .....22

##### 2.2.4. Elektrostatik Toz Boyama .....23

##### 2.2.5. Elektrokaplama yöntemi .....24

#### 2.3. Elektrokaplama Tanımı ve Tarihsel Gelişimi, İletken Malzemelerin Kaplanması Genel Prensiplere ve Proseslerdeki Etkiler .....24

##### 2.3.1. Elektrokaplamanın Tanımı .....24

##### 2.3.2. Elektrokaplamanın Tarihsel Gelişimi .....25

##### 2.3.3. Elektrokaplama Yöntemi ile İletken Maddelerin Kaplanmasında İzlenen Genel Prensiplere ve Kaplama Aşamaları .....26

###### 2.3.3.1. Kaplamada İzlenen Genel Prensiplere ve Aşamalar.....26

##### 2.3.4. Elektrokaplamanın Özellikleri Üzerine Etki Eden Faktörler.....28

###### 2.3.4.1. Kaplama Solüsyonunun Konsantrasyonu.....28

###### 2.3.4.2. Kaplama Solüsyonunun Sıcaklığı .....29

###### 2.3.4.3. Akım Yoğunluğu .....29

###### 2.3.4.4. Sirkülasyon ve Karışım.....29

#### 2.4. Yalıtkan Yüzeylerin Elektrokaplama ile Kaplanması.....30

2.4.1. Yalıtkan Yüzeylerin Kaplanma Tarihiçesi.....	30
2.4.2. Yalıtkan Yüzeylerin Kaplama Aşamaları ve Kaplama Prosesinde Kullanılan Ekipmanlar .....	31
2.4.2.1. Elektrokaplama da Kullanılan Malzemeler ve Ekipmanlar .....	32
2.4.2.2. Elektrokaplama Prosesi.....	33
2.4.2.2.a. Yüzey Pürüzlendirme ve Temizleme .....	34
2.4.2.2.b. Yüzeyi Metalize Etmek.....	37
2.4.2.2.c. Kaplama Süreci.....	40
2.4.2.2.d. Kaplama Sonrası İşlemler.....	41
<b>2.5. Cam Sanatında Elektrokaplama Uygulamalarından Örnekler.....</b>	<b>41</b>
2.5.1. Michael Glancy (Massachusetts).....	41
2.5.2. Kate Fowle Meleney (Rhode Island) .....	44
2.5.3. Anna Dickinson (London).....	46
2.5.4. Steve Donegan (philadelpnla).....	48

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

<b>3. ESTETİK BİR İFADE ARACI OLARAK ELEKTROKAPLAMA YÖNTEMİNİN CAMDA KULLANIMI ve KİŞİSEL UYGULAMAL .....</b>	<b>51</b>
<b>3.1. Kişisel Uygulama Prosesinde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2. Bakır Elektrokaplama İçin Uygun Solüsyon Hazırlanması, Çeşitli İletken Pastaların Cam Yüzeyinde Denenmesi.....</b>	<b>56</b>
3.2.1. Kalem.....	57
3.2.2. Ticari İletken Karbonlu Boya .....	57

3.2.3. Ticari Sıvı İletken Boya.....	58
3.2.4. Toz Grafit ve Vernik Karışımı.....	59
<b>3.3. Akım ve Voltaj Optimum Değerlerini Bulmak İçin Yapılan Sistematik Kaplamalar .....</b>	<b>59</b>
3.3.1. Voltaj Uygulayarak Yapılan Denemeler .....	60
3.3.2. Akım Uygulayarak Yapılan Denemeler .....	62
<b>3.4. Kişisel Uygulamalar.....</b>	<b>65</b>
3.4.1. “Doğadan” Temalı Uygulamalar .....	66
3.4.2. “Kadın- Erkek” Temalı Uygulamalar.....	72
<b>4. SONUÇ .....</b>	<b>79</b>
<b>5. KAYNAKÇA .....</b>	<b>81</b>

## GÖRSELLER LİSTESİ

Görsel 1. Kar Tanesi Dokulu Obsidyen .....	1
Görsel 2. İki Tür Cam Üretmek İçin Reçete. Mezopotamya M.Ö. 12-14.Y.Y .....	2
Görsel 3. Camın Ergitilmesi Sırasında Sıcaklığın Hacim Üzerindeki Etkisi .....	6
Görsel 4. SiO <sub>2</sub> Kristal Ve Amorf Yapısı.....	7
Görsel 5. Farklı Camların Sıcaklık-Viskozite Değişimi.....	11
Görsel 6. Tek Esaslı Camların Viskozitesinin η Sıcaklıkla Değişim Grafiği.....	12
Görsel 7. Soda Kireç Silika Camının Dilatometre Analizi Sonucu.....	14
Görsel 8. R <sub>2</sub> O Miktarının R <sub>2</sub> O- SiO <sub>2</sub> Sistemindeki Camların α Değerine Etkisi .....	15
Görsel 9. R <sub>2</sub> O Miktarının R <sub>2</sub> O-B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sistemindeki Camların α Değerine Etkisi.....	15
Görsel 10. R <sub>2</sub> O-SiO <sub>2</sub> Sistemindeki Silika Camının Knoop Sertlik Testi.....	17
Görsel 11. Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplama Yöntemi.....	21
Görsel 12. Sıcak Tel Püskürtme Uygulaması.....	22
Görsel 13. Sherardizing Kaplama akinesi.....	23
Görsel 14. Elektrostatik Toz Boyama .....	23
Görsel 15. Elektrokaplama Süreci.....	24
Görsel 16. Kaplama Kiti ve Prosede Kullanılan Malzemeler .....	32
Görsel 17. Plastik Elektrokaplama Banyosu.....	33
Görsel 18. Cam Beherde Elektrokaplama .....	33
Görsel 19. Isıtıcıli Manyetik Karıştırıcı .....	33
Görsel 20. VELP Manyetik Karıştırıcı.....	33
Görsel 21. Kumlama Makinesi ile Kumlama İşlemi .....	35

Görsel 22. Kumlama Tekniği ile Düz ve Üfle me Cam Üzerinde Geleneksel Formlardan Yapılmış Olan Bir Masa.....	35
Görsel 23. Cam Yüzeyinde Asit HF Uygulamak.....	36
Görsel 24. Asit Aşındırma İle Yapılan Desen.....	36
Görsel 25. Bakır Pasta İle Boyanıp İletken Hale Getirilmiş Cam Yüzeyi.....	38
Görsel 26. Grafit İle Kaplanmış Cam Yüzeyi .....	39
Görsel 27. Elektrokaplama İşlemi.....	40
Görsel 28. Michael Glancy'nin Bir Uygulama Sırasında.....	42
Görsel 29. Michael Glancy, "Verdant Flow".....	43
Görsel 30. Michael Glancy, "American, b1950",.....	43
Görsel 31. Kate Fowle Meleney, Açık Alevde Şekillendirme Gösterisi.....	44
Görsel 32. Kate Fowle Meleney, "Tanrıça",.....	45
Görsel 33. Kate Fowle Meleney, "Deniz Kırmızı Tohumu",.....	46
Görsel 34. Anna Dickinson, "Black & Silver African Stripe Vase" Vazo.....	47
Görsel 35. Anna Dickinson, "Heykel Vazo",.....	48
Görsel 36. Steve Donegan, "Nub Holly" , Antik Cam ve Metal .....	49
Görsel 37. Steve Donegan, "Shed" Eserinden Bir Detay .....	50
Görsel 38. Steve Donegan, "Shed" Şeffaf Akrilik Üzerinde Bakır Elektrokaplama.....	50
Görsel 39. Kumlanmış Plaka Cam Üzerinde Kalem İle Çizilen Motiflerin .....	57
Görsel 40. Ticari İletken Karbonlu Boya ile Metalize Edilmiş ve 0,1 Amper ile 90 Dakika Kaplanmıştır.....	58
Görsel 41. Asit Esaslı Solüsyon İçerisinde Kaplama ( elektrokaplama).....	58

Görsel 42. Ticari Sıvı İletken Boya İle Kaplanmış Kaplanmış Yüzey.....	59
Görsel 43. Ticari ve Toz Grafitle Boyanmış, 0,3 voltj ile Kaplanmıştır.....	59
Görsel 44. Toz Grafiti ve Vernik Karışımı ile Cam Yüzeyinin Metalizasyonu.....	60
Görsel 45. 0,1 Voltaj Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu( T= zaman; 25, 50 ve 100 dakika).....	61
Görsel 46. 0,2 Voltaj Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu( T= zaman; 25, 50 ve 100 dakika).....	61
Görsel 47. 0,3 Voltaj Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu (T= zaman; 25, 50 ve 100 dakika).....	62
Görsel 48. 0,1 Amper Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu( T= zaman; 25, 50 ve 100 dakika).....	63
Görsel 49. 0,2 Amper Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu (T= zaman; 25, 50 ve 100 dakika).....	63
Görsel 50. 0,3 Amper Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu (T= zaman; 25, 50 ve 100 dakika).....	64
Görsel 51. Kaplama Süreci ve Bazı Kısımların Bitmiş Hali.....	65
Görsel 52. Amaneh Manafidizaji. “Bilinç Dışı”.....	65
Görsel 53. Grafitle Kaplanmış Cam Yüzeyine Kaplanma İşlemi Sürecinde.....	66
Görsel 54. Kaplanmak İstenmeyen Kısımların Kaplanmasının önlenmesi .....	67
Görsel 55. Kaplama İşlemi Bitmiş Olan Mat Yüzey.....	67
Görsel 56. Amaneh Manafidizaji, “Doğadan A1”,.....	67
Görsel 57. Toz Grafit ve Vernik Karışımı İle Kaplanmış Olan Yüzey.....	68
Görsel 58. Kaplam Süresinin Başlangıcı ve İlk Kaplanan Kısımlar Telin Grafitlenmiş Yüzeye Dokunulduğu Noktalar.....	68



Görsel 59. Kaplanmış Kısımların Fazla Kalınlaşmasını Kaplanmasını Önlemek .....	68
Görsel 60. Kaplama İşleminin Tamamlanmış Hali.....	68
Görsel 61. Amaneh Manafidizaji, “Doğadan A2” .....	69
Görsel 62. Elektrokaplama Yapılmış Yüzey Solüsyondan Çıkarılınca Mat Görünümlü Bir Yüze Sahiptir.....	69
Görsel 63. Amaneh Manafidizaji. “Doğadan- Deniz Canlısı”.....	70
Görsel 64. Cam Yüzeyine Fırça ile Grafit Uygulanması.....	71
Görsel 65. Yüzeyde Oluşan İnce ve Renkli Bakır Tabakası.....	71
Görsel 66. Amaneh Manafidizaji, “Nedensiz”.....	71
Görsel 67. Modellerin 3 Boyutlu Çizimleri, a)Ön Görüntüsü b) Perspektif Görüntüsü..	72
Görsel 68. Üç Boyutlu Programda Çizilmiş Olan Model Strafor Model Malzemesi Üzerine Yapıştırılıp Kesilmiştir.....	73
Görsel 69. Strafordan Yapılmış Modelin Alçı Kalıbının Hazırlanması.....	73
Görsel 70. Kadın- Erkek Konulu İşlerine Döküm İçin Alçı Kalıp Hazırlama Süreci....	74
Görsel 71. Ornela Camlarının Kalıplar İçine Yerleştirip Pişirilmesi.....	74
Görsel 72. İşlerin Pişirme Sürecinin Bitmesi ve Fırından Çıkarılması.....	75
Görsel 73. Soğuk İşlemden Sonra Yüzeyin Pürüzlendirmesi ve Grafit Sürülmesi.....	76
Görsel 74. Grafit Kuruyunca Dremel İle Yüzeyin Düzleştirilmesi ve Kaplam İçin Fazla Grafitlerin Temizlenmesi.....	76
Görsel 75. Kaplama İşlemi İçin Solüsyonun Hazırlanması ve Kaplamanın Gerçekleştirilmesi .....	77
Görsel 76. Amaneh Manafidizaji, “Kadın – Erkek “ Kalıp İçinde Biçimlendirme Yöntemi İle Yapılmış ve Bakır Metal İle Kaplanmıştır. ....	77
Görsel 77. Amaneh Manafidizaji, “Kadın- Erkek” Serisi.....	78

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo1: Cam Renklendirici Oksitler.....	9
Tablo2. Farklı Sıcaklıklarda Saf Camsı Silika Viskozitesi.....	11
Tablo 3. Cam Yüzeyine Elektrokaplama Uygulaması Akım Şeması.....	52
Tablo 4. Farklı Cam Türleri ve Özellikleri.....	55

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. CAMIN TARİHSEL GELİŞİMİ, TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

#### 1.1. Camın Doğada Bulunuşu ve Tarihsel Gelişimi

Cam ve kullanımı, araştırmalara göre cam üretim tarihinden öncelere uzanmaktadır. Cam doğal olarak tabiatta obsidyen ve kuvars şeklinde bulunmaktadır. Siyah volkanik camlar veya obsidyenler doğada hızlı şekilde soğutulmuş olan doğal ve silis bazlı malzemedir. Obsidyen volkan patlamaları nedeniyle ve silis açısından zengin olan kayaların ergimesi sonucunda meydana gelmektedir (Görsel 1).



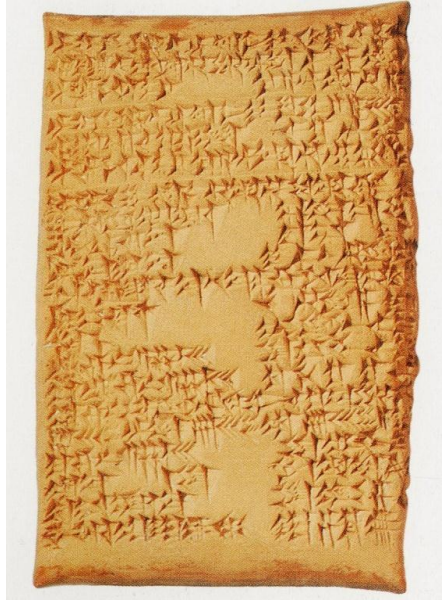
Görsel 1. *Kar Tanesi Dokulu Obsidyen*

**Kaynak:** C. Rasmussen, e- kitap, 2012: 2.

Bu malzeme keskin ve kırılğan olması nedeniyle ilk kabileler tarafından değerlendirilip ok, bıçak ucu ve benzer aletlerin yapımında kullanılmıştır. Sentetik cam üretiminin nerede ve ne zaman yapıldığı kesin belli olmayıp ancak, arkeolojik buluntulara göre cam yapımının büyük olasılıkla M.Ö. 3000 sonlarında Mezopotamya'da Bronz Çağ'da

meydana geldiği düşünölmektedir. Bu buluntuların arasında daha çok boncuklar, fayanslar ve seramiklerin üzerindeki sır üretimleri görölmüştür. Bu buluntular genelde döküm ve temel aletlerle şekillendirme yöntemi ile yapılmıştır (C. Rasmussen, 2012:1-3).

Mezopotamya'da bulunan ilk sentetik<sup>1</sup> cam reçetelerinin en erken örneklerinden biri – en iyi korunmuş olanı – M.Ö. 12- 14. yüzyıllara ait çivi yazısıyla yazılmış olan bir kil levhadır. Daha şaşırtıcı olan bu levha üzerinde kurşun, bakır ve antimuan'ın iki farklı ham maddeye nasıl eklendiği yazılmıştır (Görsel 2).



Görsel 2. İki Tür Cam Üretmek İçin Reçete. Mezopotamya M.Ö. 12-14.Y.Y.

**Kaynak:** Tait, 1995: 10.

İlk vazolardan önce bulunan camlar, Orta Doğuda ve genelde M.Ö. 1500 yılından önce yapılmıştır. M.Ö. 15. yüzyılda Mısır'ın endüstrisinin doğuşuyla, Mezopotamya kaynaklarında Mısır'da üretilen camlara işaret edilmiştir. M.Ö. 16. yüzyılın ikinci yarısında Mısır'da iç kalıp tekniğinin bulunuşuyla cam üretiminde bir teknoloji patlaması

---

<sup>1</sup>. Yapay yolla elde edilen, bileşimli madde.

olmuş, aynı zamanda vazoların yapılması başlatılmıştır ve M.Ö. 15. yüzyılda ilk cam mozaik<sup>1</sup> tekniğinin bulunuşu kaydedilmiştir.

M.Ö. 11. yüzyılda Doğu Akdeniz'deki önemli imparatorlukların yıkılması ile cam üretimi ve ticaretinde duraksama yaşanmıştır. Ancak M.Ö. 8. yüzyıl ve sonrasında cam üretimi ve ticareti artıp iç kalıp, mozaik tekniğinin yanı sıra dökme ve pres tekniklerinin icadı ile camın kullanımı yaygın hale gelmiştir.

Helenistik dönem camın ticaret yolu ile yayıldığı ve cama olan talebin arttığı yılları kapsamaktadır. Bu dönemde mevcut teknikler devam etmiş ve altın sandviç tekniğinin icadı Roma dönemindeki cam sanatının gelişmesine yol açmıştır.

Helenistik dönem M.Ö. 325-31 yılları arasında Batı Asya, Mısır, Makedonya ve Yunanistan ülkelerini kapsamaktadır. M.Ö. 31 yılında Roma İmparatorluğunun başlangıcı ve bu ülkelerin (Batı Asya, Mısır, Makedonya, Yunanistan) ayrılması ile her ülkede cam sanatında yeni tekniklerin keşfedilmesinin yolunu açmış ve aynı zamanda önceki tekniklerin nispeten yok olmasına neden olmuştur. Burada yeni tekniklerin en önemlilerinden cam üflemeye işaret edebilmektedir (Tait, 2012: 12-50).

Üfleme tekniğinin bulunuşu ve cam üretiminin kolaylaşması nedeni ile üretimin her zamankinden daha fazla olduğu ve camın, toplumun tüm sınıflarının gündelik hayatına girdiği görülmüştür. Bu nedenle camın ilk olarak endüstrileşmesinin Roma İmparatorluğu döneminde başladığı kabul edilmiştir.

Roma döneminde gündelik ve mutfak eşyalarına olan ihtiyacı gidermek için cam kaplar; şişe, kavanoz, tabak ve bardak... çeşitli boyutlar ve formlarda kullanım amaçlı olarak üretilmiştir. Bu dönemde ilk kez cam üretimi Avrupa'ya götürülmüş ve cam atölyeleri Suriyeli ustalar tarafından kurulmuştur. Daha sonra ülkeye özel üslup geliştirilmiştir (Baroviar Mentasi, Mollo, 2003: 16-17).

M.S. 7. yüzyılda cam üretim merkezleri olan Mısır, Suriye, Filistin'in Araplar tarafından ele geçirilmesi Bizans cam üretimini olumsuz etkilemiştir. Emevi döneminde bir kültür değişim dönemi yaşanmış ama bulunan kaynaklardan cam üretimine devam edilmiştir

---

<sup>1</sup> Teknikte bulunan yöntemde ilk önce opak monokrom parçalar füzyon ile birbirine yapıştırılıp daha sonra iç kalıp yöntemi ile şekillendirilir.

ancak Emevi ve daha sonra İslam uygarlıkları, cam sanatında önemli değişimler yaratmıştır. Yüksek kabartmalı kesme, lüster, emayeleme, altın yaldızlı boyama teknikleri sayesinde cam, lüks cam (veya sultanların camı) ve değerli bir eşya olarak üretilmeye başlamıştır. Orta çağda ise cam sanatında Anadolu'nun büyük bir role sahip olduğu saptanmıştır. Bu dönemdeki cam üretim atölyeleri Bizans öncesi ve sonrasında kullanılmaktaydı. Bu bölgedeki en önemli cam üretim merkezleri: Sardis, Alişar, Höyük (Yozgat), Porsuk Höyük (Niğde), Anamur, Truva, Antakya ve İstanbul'dur (Anadolu, 2008. No: 19: 103).

Aynı zamanda Avrupa'da Venedik camcılığının merkezi haline gelmiştir. Venedik camcıları Murano Adasına taşınmışlar ve günümüzde Murano, cam sanatı ile ünlüdür. 16. yüzyıldan sonra Venedik cam sanatı bütün Avrupa'da yayılmış ve sonuç olarak: Antwerp<sup>1</sup>, Köln, Bohemya, Londra gibi şehirleri bu sanatta önemli kılmıştır. Bohemya camı, güzelliği ile, İsveç, artistik camları ile ve İngiltere ise kurşun kristal camından yapılmış olan sofrta takımları ile ünlüdür (Kocabağ, 2008: 5-6).

Cam sanatı 18.yüzyıla kadar farklı teknikler ile geliştirilmiştir ancak Endüstri Devrimi ile birlikte camda kimyasal ve teknik açılarından önemli gelişmeler ortaya çıkmıştır. Örnek olarak 1830'da "Bohemya Camı'nın" mükemmelleştirilmesi, Almanya'da "Uranyum Camı'nın" geliştirilmesi ve İngiltere'de "Cam Konisinin" keşfi verilebilir. Bu devrimin sanayileşme, süratli ve düşük maliyetli üretim gibi pozitif etkilerinin yanında küçük cam atölyelerinin yok olması gibi olumsuz etkileri de görülmüştür. Art Nouveau'nun hediyesi, Tiffany, Galle ve Lalique'nin cam çalışmaları ile cam kaybettiği değerini geri kazanmıştır (Camgeran, 2010, 52-53). Bu olayların devamında Stüdyo Cam Hareketinin başlangıcı, fırında biçimlendirme tekniklerinin gelişimi ve füzyon tekniğinin icadı gerçekleşmiştir. Stüdyo cam hareketini ortaya çıkışının izleri; 1962 yılında Toledo' da sunulan ilk atölye gösterisi görülmüştür. Bu atölyede başta yapılan camlar kabarcıklı ve yaratıcılık açısından düşük seviyede idi ama günümüzdeki cam tekniklerinin başlangıç noktası olarak çok önemli bir olay olarak kabul edilmektedir (Culler, 2010, 30).

---

<sup>1</sup> . Belçika'da olan bir şehir. <https://en.wikipedia.org/wiki/Antwerp>

Günümüz cam sanatı antik dönemden gelen teknikleri biraz daha endüstrileştirip, olağanüstü yaratıcılıkla farklı ülkelerde ve sanatçılara özgü olarak devam etmektedir.

## 1.2. CAMIN TANIMI

Camın hangi amaçlar için kullanıldığı ve nasıl üretildiği her zaman tartışılmıştır. Harper (2001: 5.1)'de belirtildiği üzere cam kelimesinin kökeni geç Latin *glæsum* teriminden gelmiştir, şeffaf, yarısaydam veya parlak objeler için kullanılmıştır. Günümüzde farklı kaynaklarda farklı tanımlara rastlanmaktadır. Bu tanımlardan en temel ve herkesin anlayabileceği tanım: " Cam saydam ve katı bir maddedir, pencere veya şişe yapmak için kullanılır" (Longman, 2009). Kimya veya cam üzerine yazılmış olan kaynaklarda daha bilimsel tanımlar bulunmaktadır. Cam ve malzeme sözlüğünde cam şöyle tanımlanmaktadır: Cam bazı mineral oksitlerin karışımının yüksek sıcaklıkta ergitilmesiyle üretilmiştir. Bu sınırlı sayıda bulunan oksitlerden en azından biri cam oluşturucu oksit olmalıdır. Cam oluşturucu oksitlerin en önemlileri: Silika ( $\text{SiO}_2$ ) en çok kullanılan, bor oksit ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), arsenik trioksit ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) ve fosfor pentaoksit ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )'dir (Bray, 2001:131).

Tottle (1985: 120) camı, eriyiğin soğutulması açısından tanımlamıştır. Tottle'e göre cam, bir eriyiğin kristalize olmadan aşırı hızlı soğutulmuş haline denir. Dolayısıyla, camın aşırı hızlı soğutulmuş sıvı olduğunu ve yapısı açısından amorf<sup>1</sup> yani sadece kısa mesafede dizilmiş atomlardan meydana gelen yapısı olan bir malzeme şeklinde açıklamıştır. Dolayısıyla bir camsı madde; kristaller gibi sadece tek bir sıcaklıkta ergimez, sıcaklığın yükselmesi ve viskozitenin azalmasıyla yumuşar, tek bir ergime sıcaklığı yoktur. Başka bir kaynakta bu tanımlara benzer açıklamalar görülmektedir. Cam yüksek sıcaklıkta ergimiş halden hızlı bir biçimde oda sıcaklığına kadar kristalize olmadan soğutulan amorf (kısa mesafede dizilen atomlardan oluşan) yapıda olan bir malzemedir (Karasu, 2000: 6).

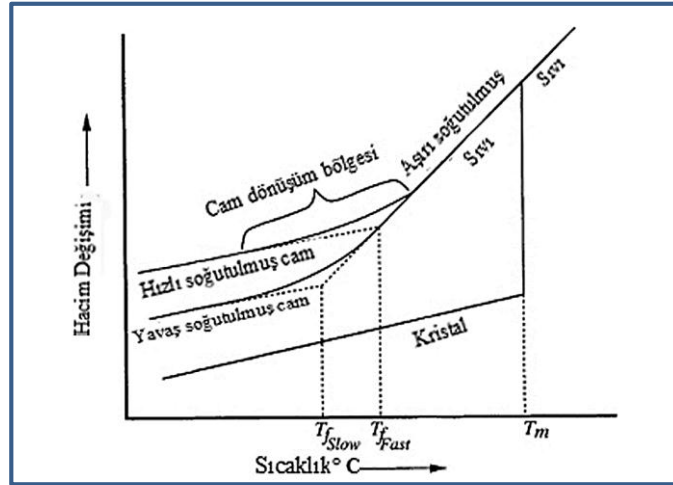
Cam yüzyıllarca sadece yapısal uygulamalar, pencere, ambalaj şişeleri, bardak ve kadehler üretmek için kullanılmış ama 20.yüzyıldan beri endüstrinin gelişimi ile oksit temelli camlar, organik (karbon esaslı) camlar, ileri teknolojide inorganik camlar

---

<sup>1</sup> amorphous Mısır kökenli kelime ve morphé siz yani şekilsiz anlamdadır.

üretilmektedir ve ham madde ergitme yöntemi cam üretmek için bulunan tek yöntem değildir. Bu nedenlerle Harper (2001: 5. 1)'e göre ASTM<sup>1</sup>'in eski tanımı "Cam inorganik eriyik ürünüdür ve kristalize olmadan katı duruma gelene kadar soğutulmuştur ", doğru değildir. Prof. Adrian SGT dergisinde<sup>2</sup> bu tanımın tartışılacak konu olduğunu bahis ediyor; günümüzde farklı yöntemler ile çeşitli inorganik, organik ve metalik camlar üretilmektedir ve yıllar geçtikçe metalik ve organik camların kullanımı daha da yaygın hale gelmektedir. Bu yüzden malzemenin kimyasal yapısı camın tanımı için yeterli değildir.

James E. Shelby (2005: 3) 'a göre, bu güne kadar bulunan tüm camlar iki genel karakteri paylaşmaktadır: Birincisi, hiçbir camın uzun mesafede periyodik atom düzenlemesi yoktur ve daha önemlisi her cam zamana bağlı cam dönüşüm davranışı göstermektedir. Bu davranış cam dönüşüm sıcaklık noktası üzerinde yapılmaktadır. Yani cam amorf, katı, uzun mesafede periyodik atom yapısı olmayan ve zamana bağlı cam dönüşüm davranışı gösteren bir maddedir. Başka bir deyişle herhangi bir malzeme inorganik, organik veya metalik herhangi bir teknik ile üretilir ise, cam dönüşüm davranışı gösterirse, camdır (Görsel 3).



Görsel 3. Camın Ergitilmesine Sırasında Sıcaklığın Hacim Üzerindeki Etkisi

**Kaynak:** E. Shelby, 2005: 4.

<sup>1</sup>: International American Society for Testing and Material

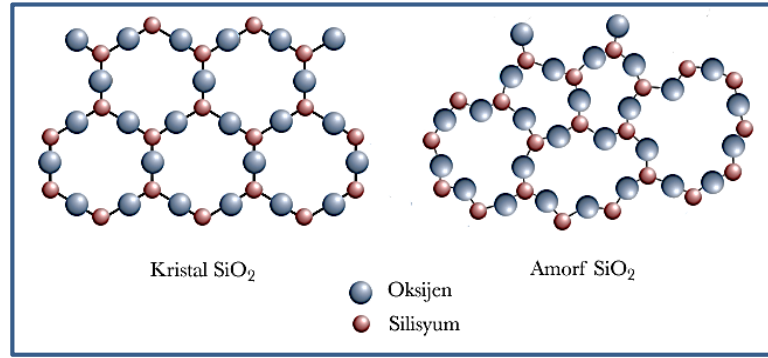
<sup>2</sup>: [http://www.sgt.org/SGTNews/2009/SGTN09\\_05-06.pdf](http://www.sgt.org/SGTNews/2009/SGTN09_05-06.pdf) (SGT, e-dergi: 2009: NO.8) (20.05.2014)



Yukarıda anlatımlara göre cam yüksek sıcaklıkta aşırı soğutulmuş sıvı ve oda sıcaklığında amorf bir katıdır. Yani cam düzensiz yapıya sahip bir katıdır oda sıcaklığında akışkan hale gelmek için viskozitesi çok yüksektir.

### 1.3. CAMIN YAPISI

Yukarıda bahsedildi gibi camın atomik düzeni katı madde gibi ancak içyapısı açısından, uzun mesafede düzensiz yapıdadır. Belki de cam oluşumunun erken ve en basit formülü Goldschmidt'in gözlemlerine göre  $R_nO_m$  formu olabilir ve bu formun en basit örneği  $SiO_2$  olabilir (Görsel 4). Goldschmidt'in düşüncelerine göre sadece tetrahedral düzenli kationları içeren eriyikler soğutulma sırasında cam oluşturabilirler.



Görsel 4.  $SiO_2$  Kristal Ve Amorf Yapısı

Kaynak : <http://muhendishane.org/kutuphane/temel-malzeme-bilgisi/amorf-yapidaki-seramikler/>  
(23.05.2014).

Bu özelliklere sahip olan ve cam ağını oluşturan oksitlerin sayısı sınırlıdır. Bunların en önemlisi:  $SiO_2$  (silisyum dioksit-silika),  $B_2O_3$  (bor oksit-dibrom trioksit),  $P_2O_5$  (fosfor pentaoksit) gibi oksitler kolayca tek bileşenli camlar oluşturabilirler. Bazı bileşimlerde sadece belli durumlar altında cam oluşturucu olarak kullanılabilir bu grup:  $GeO_2$ ,  $Bi_2O_3$ ,  $As_2O_3$ ,  $TeO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Ga_2O_3$  ve  $V_2O_5$  içermektedir. Bu bileşikler  $GeO_2$  hariç hiç birisi tek başına kolayca cam oluşturamaz ama hızlı soğutuldukları veya buhar çöktürme yöntemi kullanıldığı takdirde veya diğer oksitler ile belli oranlarda karıştırılması neticesinde cam oluşturucu madde olarak kullanılabilirler (E. Shelby, 2005: 8). Camların kullanışlarına göre pek çoğunda birden fazla oksit bulunmaktadır. Ancak cam yapısında yer alan oksitleri beş grupta toplayabiliriz: cam ağını oluşturan oksitler, modifiye edici oksitler, şartlı

cam yapıcılar, renklendirici oksitler ve rafine edicilerdir. Bazı oksitler farklı camlarda özel kullanımlarına göre birden fazla grupta yer alabilirler mesela alümina ( $Al_2O_3$ ) alüminalı camlarda cam yapıcı oksit ama silika camlarda modifiye edici oksit olarak kullanılması gibi veya arsenik oksitin şebeke oluşturucu ve rafine edici olarak, camdaki yüzdesine ve cam türüne bağlı iki farklı amaçla kullanılmıştır (E. Shelby, 2005: 29).

Cam yapısında ağ oluşturan oksitlere ilave olarak kullanılan önemli oksitler:

$Sc_2O_3$  (skandiyum oksit),  $La_2O_3$  (lantanyum oksit),  $Y_2O_3$  (yitriyum oksit), SnO (kalay oksit),  $Ga_2O_3$  (galyum oksit),  $PbO_2$  (kurşun dioksit), MgO (magnezyum oksit-agnezya) LiO (lityum oksit), PbO (kurşun oksit), ZnO (çinko oksit), BaO (baryum oksit), CaO (kalsiyum oksit -kireç), SrO (stronsiyum oksit), CdO (kadmiyum oksit),  $Na_2O$  (sodyum oksit), KO (potasyum oksit),  $Rb_2O$  (rubidyum oksit) cam ergimesini modifiye etmek amacıyla cam kompozisyonuna eklenmektedirler.

Şartlı cam yapıcı olarak da aşağıdaki oksitler kullanılmaktadır:

$TiO_2$  (titanyum oksit), PbO (kurşun oksit), ZnO (çinko oksit),  $Al_2O_3$  (alüminyum oksit-alümina),  $ThO_2$  (toryum oksit), BeO (berilyum oksit),  $ZrO_2$  (zirkonya), CdO (kadmiyum oksit),  $V_2O_5$  (vanadyum pentaoksit) (Bekir, 2000: 12).

Renklendirici oksitler nihai cam rengini kontrol etmek için kullanılmaktadır. Cam renklendirmek için genelde 3d geçiş metalleri veya 4f nadir toprak oksitleri belli yüzdelerde cam ham maddesine eklenmektedir. Cam renklendirici maddeler ve sonuçta bulunan renkler (Tablo 1)'de yazılmaktadır.

Tablo 1. Cam Renklendirici Oksitler.

Renklendirici Etkisi	Renklendirici	Eklenen Oksit
Mavi /turkuaz	Cu <sup>2+</sup> iyon Co <sup>2+</sup> iyon	Cu <sup>2+</sup> +CuO Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Mor /violet	Mn <sup>3+</sup> iyon Ni <sup>2+</sup> tetrahedral Ti <sup>3+</sup> iyon Nd <sup>3+</sup> iyon	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> NiO potasyum silikat camında Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Yeşil	Cr <sup>3+</sup> iyon Fe <sup>3+</sup> iyon V <sup>5+</sup> iyon	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +CuO V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Sarı	Koloidal CdS Ce <sup>4+</sup> +Ti <sup>4+</sup> Koloidal Ag U <sup>6+</sup> iyon	CdS CeO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub> AgNO <sub>3</sub> + SnO <sub>2</sub> UO <sub>3</sub>
Turuncu	Koloidal CdS:Se	
Kırmızı	Koloidal CdS:Se Koloidal Au Koloidal Cu	AuCl + SnO <sub>2</sub> CuO
Gri ve siyah oksit	Co <sup>2+</sup> + diğer iyonlar PbS, FeS, CoSe <sub>x</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> +Mn, Ni, Fe, Cu ve krom Farklı sülfid ve Selenidler

**Kaynak:** A. Harper, e-kitap: 6.35.

Yukarıdaki farklı oksitlerin karışımı ile yapılan şeffaf veya renkli camlar, camın kompozisyonu, ergitme sürecine ve atmosferine bağlı olarak farklı özelliklerde sanatsal ve teknolojik camlar olarak üretilmektedir.

#### **1.4. CAMIN FİZİKSEL ve KİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Cam üretiminde ve karakterize edilmesinde dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biri camın hangi alanda ve hangi amaçla kullanılmış olduğudur. Camlar kullanım alanlarına bağlı olarak uygun kimyasal ve mekanik özellikler ile üretilmek zorundadır.

##### **1.4.1. Camın Fiziksel Özellikleri**

###### **1.4.1.1. Viskozite**

Camdaki en önemli fiziksel ve termal özelliklerden biri viskozitedir. Viskozite, sıvılarda kayma deformasyonuna karşı olan direncinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (E. Shelby, 2005:111). Camın ergitme ve şekillendirme sürecinde belli olması gereken sıcaklık noktaları; yumuşama noktası, deformasyon noktası, ergitme sıcaklığı, tavlama noktası ve cam ile ilgili diğer faktörler; rafinasyon, kristalleşme hızı, yüksek kullanım sıcaklık değeri viskozite tarafından belirlenmektedir. Dolayısıyla camların karakteristik viskozite noktaları cam için özel olarak değerlendirilmektedir. (Karasu ve Ay, 200: 87) Camın viskozitesini etkileyen faktörlerin başında, camın bileşimi ve bulunduğu atmosferin sıcaklığı gelmektedir.

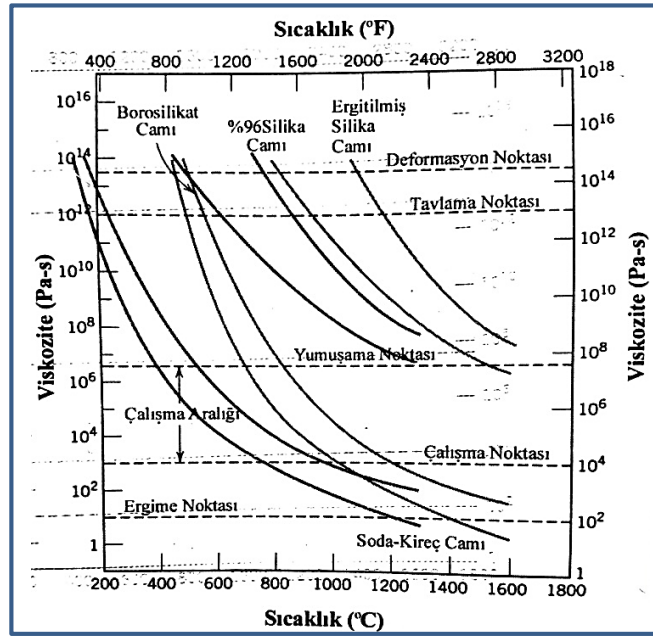
Kristal yapıda olan maddelerin ergime noktasındaki ani değişime uğrayan viskozite değeri amorf ve camsı maddelerden farklı olmaktadır. Camın viskozitesi sıcaklığın düşmesi ile hızla artar. (Tablo 2)'de camsı silika için farklı sıcaklıklarda viskozite değeri bulunmaktadır.

Tablo 2. Farklı Sıcaklıklarda Saf Silika Camının Viskozitesi.

Sıcaklık (t°C)	log viskozite (P)	Sıcaklık (t°C)	log viskozite (P)
1000	16.8	1600	8.12
1100	14.67	1800	6.74
1200	12.82	2000	5.60
1300	11.21	2200	4.64
1400	9.80	2400	3.82

**Kaynak:** P.Bansal ve Doremus, 1986: 15.

Tabloda görüldüğü gibi camı silika viskozite değeri sıcaklığın artışı ile düşmektedir. Ancak cam türleri için aynı sıcaklıklarda farklı viskozite değeri bulunmaktadır. (Görsel 5)'te farklı cam türleri için sıcaklıkla viskozitenin değişimi incelenmektedir.

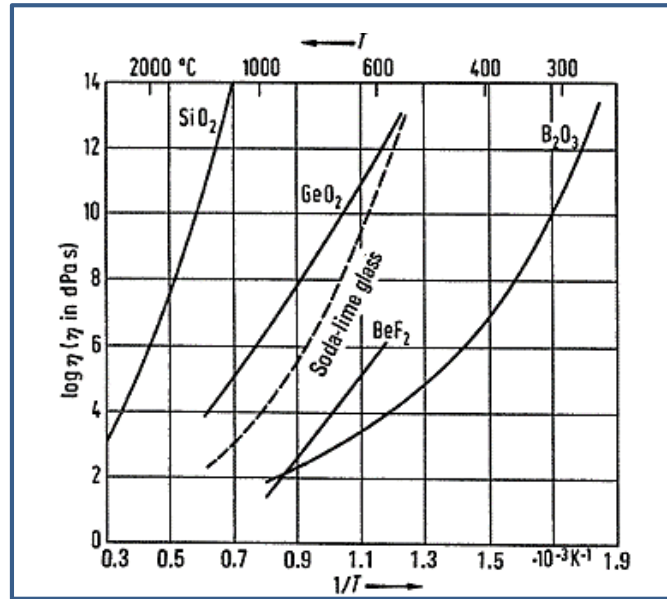


Görsel 5. Farklı Camların Sıcaklık-Viskozite Değişimi

**Kaynak:** Karasu ve Ay, 2000: 90.

Camın viskozitesin cam şebekesindeki bağların açısı ve uzunluğu ile doğrudan bağlıdır. Bu bağların kuvvetini ve boyutunu belirleyen faktörler, cam yapıcı oksit türü, bileşimin içindeki ilave oksitler ve bu oksitlerin camın şebekesi ile kurduğu bağ türüdür (Scholze, çeviri, 1991: 20). Aşağıdaki resimde farklı cam türlerinin viskozitesinin ve sıcaklığının farklı oranlarla değişmesi gösterilmektedir (Görsel 6).

Bunun nedeni ise cam yapıcı oksidin moleküler formuna bağlıdır. Örneğin, B-O bağları Si-O bağlarına göre daha güçlü olmasına rağmen B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> polihedron moleküler formundan dolayı B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> halkalarının arasındaki bağ daha güçsüz olmasıyla bor oksit esaslı cam düşük sıcaklıkta bile yumuşayıp viskozitenin daha fazla düşmesine neden olur (Scholze, çeviri, 1991: 164 ve Kocabağ, 2002: 90-92).



Görsel 6. Tek Esaslı Camların Viskozitesinin η Sıcaklıkla Değişim Grafiği

**Kaynak:** Scholze, çeviri, 1991: 163.

Kirlilikler ve bazı oksitlerin eser miktarda ilavesi bile viskoziteyi düşürmektedir. Bunun nedeni bu maddelerin iyonları şebekedeki oksijen ile bağlanarak silisyumun oksijen ile kurduğu bağların koparması ve şebekenin bağ kuvvetinin düşürmesidir. Cam bileşiminde

$\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  gibi oksitler camın viskozitesini azaltırken  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  vb. iyonlar viskoziteyi artırırlar (Karasu, 2000: 91).

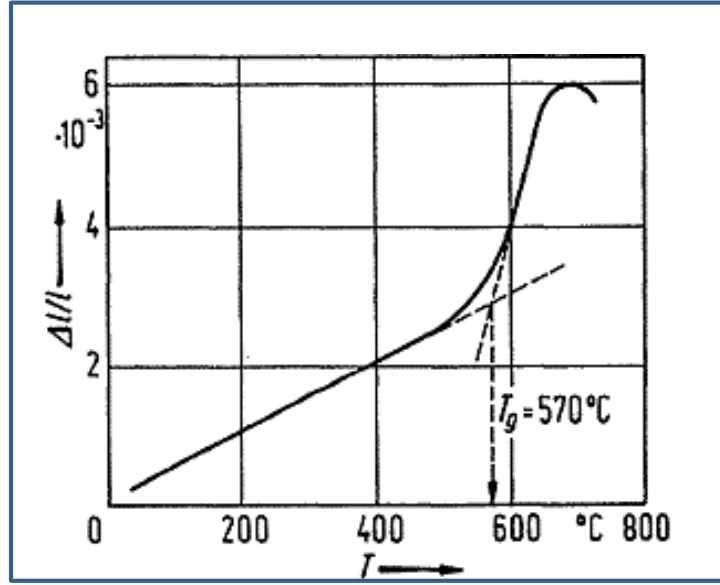
#### 1.4.1.2. Isıl Genleşme, Isı İletimi

Cam üretiminde viskozitesinin yanı sıra, üretilen camın özelliğini etkileyen bazı diğer faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu etkenler camın ısı iletimi ve ısıl genleşme kat sayısıdır ve bu faktörler camın sıcaklığı ve kompozisyonuna bağlıdır.

Her maddede ısıl enerji olması nedeni ile partikülleri sürekli titreşim halindedir. Sıcaklığın artışı ile birlikte partiküllerin titreşimi artar ve bu nedenle birbirine bağlı olan iki atomun arasındaki mesafe artması ile maddede genişleme meydana gelir.

Birim uzunlukta çubuk şeklindeki bir malzemenin,  $1^\circ\text{C}$ 'lik ısınma (ya da soğuma)ya karşılık, boyunda meydana gelen uzama (ya da kısalma) miktarına termal genleşme kat sayısı denilir. (Karasu, 2000: 95) Termal genleşme üç şekilde anlatılır; Doğrusal genleşme ( $\alpha$ ), yüzeysel genleşme ( $\beta$ ) ve hacimsel genleşme ( $\gamma$ ). Camda ısının artışı ile sadece doğrusal termal genleşme değil, yüzeysel ve hacimsel genleşme de gerçekleşmektedir (Karasu ve Ay, 2000: 95-96).

Katı maddelerde partiküllerin titreşimi yüzeyin rijit yapısı ile kısıtlanır ve dolayısıyla genişleme sıvılara göre daha düşük olur. Camda benzer gözlemler sıcaklığın artması ve camın katı halden sıvı hale dönüşümünde görülmektedir. Görsel 7'de soda kireç silika lime camının termal genleşmesi dilatometre ölçümünün eğrisi görülmektedir.



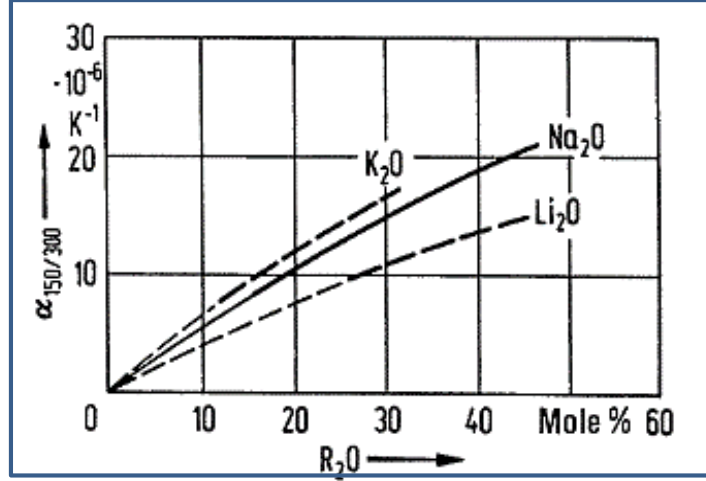
Görsel 7. Soda Kireç Silika Camının Dilatometre Analizi Sonucu

**Kaynak:** Scholze, çeviri, 1991: 160.

Camın dilatometre eğrisi o cam için üç önemli parametreyi göstermektedir: Isıl genleşme kat sayısı, camın dönüşüm sıcaklığını ve dilatometrik yumuşama sıcaklığı. Isıl genleşme kat sayısı camın sıcaklık ve hacim arasındaki bağlantıyı, cam dönüşüm sıcaklığı viskoelastik davranışın başlangıcını ve dilatometrik yumuşama sıcaklığı camın ağırlık gücü ile akışkanlığın başlangıcını göstermektedir ve bu özellikler camın bileşiminin bir fonksiyonudur (E. Shelby, 2005: 151).

Silika camlarında ısıl genleşme kat sayısı cam yapıcı oksit oranı ile etkilenmektedir.  $R_2O-SiO_2$  şebekesindeki alkali oksitlerin oranı arttıkça doğrusal ısıl genleşme kat sayısı ( $\alpha$ ) düşer (Görsel 8) (Scholze, çeviri, 1991: 185-186; Karasu ve Ay, 2000: 96).

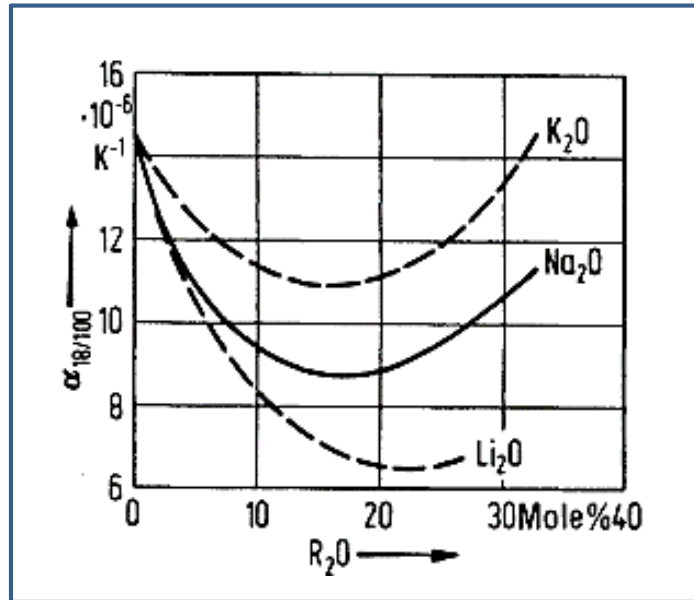




Görsel 8.  $R_2O$  Miktarının  $R_2O$ -  $SiO_2$  Sistemindeki Camların  $\alpha$  Değerine Etkisi

Kaynak: Scholze, çeviri, 1991: 187.

Alkali borat camları  $R_2O$ - $B_2O_3$  ısı genleşme kat sayısı, sisteme eklenen alkaliler etkisinde daha farklı davranır. Yaklaşık %20  $R_2O$  artışı ile camın ısı genleşme kat sayısı düşer ancak daha fazla alkalinin sistemde bulunması  $\alpha$  değerinin düşmesine neden olmaktadır (Görsel.9) (Scholze, çeviri, 1991: 185-186 ve Karasu ve Ay, 2000: 96).



Görsel 9.  $R_2O$  Miktarının  $R_2O$ - $B_2O_3$  Sistemindeki Camların  $\alpha$  Değerine Etkisi

Kaynak: Scholze, çeviri, 1991: 188.

Camın yüksek termal şoklara dayanıklı olması, camın ısı iletimi ve termal genişleme kat sayısına bağlıdır. Malzeme içerisinde ısı enerjisinin bir noktadan başka noktaya taşınmasına ısıl iletkenlik denilir. Kristal malzemeler ve camsı maddeler arasında termal iletiminde farklılıklar bulunmaktadır. Camlarda ısı iletimi kristallerde olan termal iletim yöntemi dışında radyan transfer mekanizması ile de gerçekleşmektedir dolayısıyla “camlarda ısıl iletkenlik, sıcaklıkla düzenli olarak düşer ve mutlak sıfır noktası civarında en düşük değerine ulaşır. Kristallerde ise azalan sıcaklık ile birlikte artar” (Karasu ve Ay, 2000: 94).

#### 1.4.1.3. Camda Dielektrik ve Elektrik Özellikleri

Elektriksel iletkenlik, herhangi bir iletken maddeye uygulanan elektrik akımı etkisinde serbest elektronların hareketleri sonucunda gerçekleşmektedir. (Karasu ve Ay, 2000: 98) Camda elektrik akımı tek değerli (monovalen) katyonlar hareketi aracılığı ile yapılmaktadır. Cam kompozisyonuna eklenebilir tek değerli katyonlar,  $Li^+$  ve  $Na^+$  örnek olarak verilebilir dolayısıyla, camın iletkenliği kompozisyondaki sodyum ve lityum iyonlarının konsantrasyonuna bağlıdır. Ayrıca eğer cam kompozisyonuna  $CaO$  gibi oksitler ilave edilirse iletkenliği sağlayan iyonların hareketliliği sınırlanıp ve sonuçta elektriksel iletkenlik değeri düşer (P.Bansal ve Doremus, 1986:19-20; E.Shelby, 2005: 83).

Yalıtkan malzemeler elektrik akımını iletmeseler de, elektrik akımı uygulandığında, malzemedeki iyonların yer değişimi neticesinde elektriksel kutuplaşma meydana gelip yüzeyde elektriksel yük birikimi sağlanır. Yalıtkan maddelerde bu özellik dielektrik sabiti olarak tanımlanmaktadır. Camda dielektrik sabiti cam kompozisyonuna bağlıdır. En yüksek dielektrik sabiti alkali ve  $PbO$  içerikli camlar ve en düşük ise alkali içeren boro silikat camlarında sağlanmaktadır. Yalıtkan malzemelerde kutuplaşma tersinir bir olaydır ve ayrıca kutuplaşmanın artışı ile malzemedeki iletkenlik değerinin artması gözlemlenebilir (Karasu ve Ay, 2000: 98-99).

#### 1.4.1.4. Camın Mekanik Özellikleri

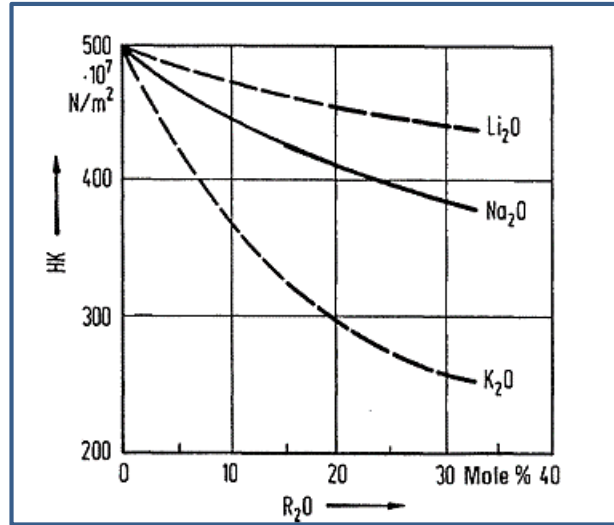
Cisimlerin çekme, basma, yorma vb. kuvvetlere karşı gösterdiği deformasyon ve hatta

kopma tepkilerine cismin mekanik davranışı denilir. Bu bölümde öncelikle camın elastik özelliği ve devamında diğer mekanik özellikleri incelenmektedir.

Eğer katı madde maruz kaldığı güç altında deformasyona uğrasa ve güç kaldırıldığında tekrar asıl formunu alırsa o maddeye elastik cisim denilir (Scholze, çeviri, 1991: 246).

“Uygulanan kuvvetlere göre farklı isimlerle elastik modüller tanımlanır. Çekme kuvveti uygulanırsa elastik modül, basma kuvveti uygulanırsa kütlü modülü adını alır ve B ile gösterilir ve kayma kuvveti uygulanıyorsa kayma modülü adını alır.” (Karasu ve Ay, 2000: 101)

Camda sertlik farklı anlamlarda kullanılabilir, mesela düşük genleşme katsayılı camlar sert cam olarak tanımlanabilir. Ancak camın sertliğinden temel tanımı; konsantre olmuş mekanik yük altında camın dayanıklılık gücüne denilir. Bu güce mikrosertlik de denilir. Alkali oksitlerin cam kompozisyonuna ilavesi camın mikro sertliğini düşürür(Görsel 10). Hal bu ki CaO, MgO, ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi oksitler sertlik değerini artırır.



Görsel 10. R<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> Sistemindeki Silika Camının Knoop<sup>1</sup> Sertlik Testi

**Kaynak:** Scholze, çeviri, 1991: 290.

<sup>1</sup>. Çok ince levha ve kırılğan maddelerin mikro sertlik test yöntemidir. Piramidal elmas ucu ile yaklaşık (100gr) ağırlığında yüzeye bastırılır ve yüzeydeki girinti ölçülerek maddenin sertliği ölçülür. [http://en.wikipedia.org/wiki/Knoop\\_hardness\\_test](http://en.wikipedia.org/wiki/Knoop_hardness_test) (17.05.2015).

Herhangi bir malzemenin yüzeyine güç uygulandığında malzemenin direncine bağlı olarak, bağları gerilir veya yapıdaki moleküller yer değiştirerek plastik deformasyon<sup>1</sup> gerçekleşir. Ancak camda plastik deformasyon gerçekleşmeden cam kırılır. Camın kırılması uygulanan gücün türüne bağlıdır. Cam çekme kuvvetlerine karşı zayıf ama basma kuvvetlerine karşı daha dayanıklıdır ( Karasu ve Ay, 2000: 103).

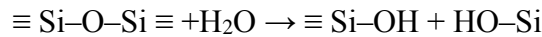
#### 1.4.2. Camın Kimyasal Özellikleri

Günümüzde camın işlevselliğinden dolayı cam kullanıldığı ortamlarda sürekli hava, su veya bazı kimyasallar ile temas halindedir. Bu nedenle cam mekanik dayanımı dışında, kimyasallar karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Camda bu özellik olmadan neredeyse çoğu alanlarda kullanımı düşünülmaz hale gelir. Genellikle camın kimyasal direnci su ve/ya asit ve bazlı ortamlardaki davranışı ile belirlenmektedir.

##### 1.4.2.1.Su ve Asit Etkileri

Atmosfer etkilerine ve asitli ortamlara maruz bırakılan camların kimyasal direnci yüksek olmalıdır. Cam, su ve asitler ile reaksiyonu çözünme<sup>2</sup> ve liç<sup>3</sup> (sızma) mekanizması ile sağlanır.

Tüm SiO<sub>2</sub> modifikasyonları ve camsı silika dâhil, su içerisinde hatta hafif olsa bile çözünürlüğü bilinmektedir. Sulu ve asitli ortamlarda Si-O şebekesi aşağıdaki şematik form oluşur:



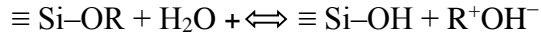
---

<sup>1</sup> . Malzemeye uygulanan yükün kalkması ile malzeme asıl formuna dönmez ve uygulanan yüke göre yeni formunu korusa bu, plastik deformasyon denilir (Karasu ve Ay, 2000: 100).

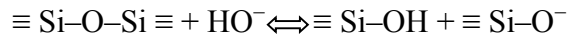
<sup>2</sup> . İki fazlı cam sisteminde fazlardan biri çözünerek çevreleyen solüsyona geçer ve böylece boşluklu bir yüzey meydana gelir (Karasu ve Ay, 2000: 113).

<sup>3</sup> . liç mekanizmasında yüzeye yakın bazı iyonlar cam yüzeyine doğru ilerleyip camı terk ederler. Cam üç boyutlu yapısındaki iyonlar cam dışına taşınır (Karasu ve Ay, 2000: 113).

Bu şemaya göre eğer SiO<sub>4</sub> tetrahedronunun dört bağıda aynı tepkide bulunursa, çözünebilir monomer silisik asit Si(OH)<sub>4</sub> ortamda bulunur. Eğer alkali silikat veya soda-kireç- Silika, sulu veya asitli ortamda bulunursa:

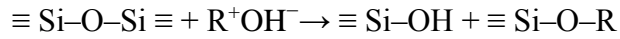


Yani sudan gelen H<sup>+</sup> cam ağına sızması ile alkaliler çözeltiye geçerler ve hidroksil iyonlar (OH<sup>-</sup>) camdaki O-Si bağlarını ve çözünme daha hızlı devam eder (Scholze, çeviri, 1991: 329).



#### 1.4.2.2. Alkali Etkileri

Benzer şekilde cam, alkali ortamda bulunduğu cam şebekesi alkali etkisi ile kırılıp serbest kalan iyonlar çözeltiye geçerler ve camın etkileşimde bulunduğu çözeltideki ve camdaki iyonların yer değişimi sağlanır.



Bu reaksiyonların önlemek veya minimize etmek için cam kompozisyonuna: Fe, Mn, Cr, La, Zn ve Sn gibi elementlerin eklenmesi gerekmektedir (Karasu ve Ay, 2000: 114).

Camın üretiminde ister sanayi ister sanatsal veya özel camlarda üretiminde, üretilen ürüne göre kullanılan kompozisyon, üretim şartlarının değerlendirilmesi gerekmektedir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. KAPLAMA TARİHÇESİ VE ÇEŞİTLERİ, ELEKTROKAPLAMANIN TANIMI, TARİHÇESİ VE SANATSAL UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER

#### 2.1. KAPLAMA TARİHÇESİ

Bir İtalyan bilim adamı olan Giovanni Galvani 18.Y.Y'da elektrik akımı ile iyonların hareket ettiğini bulmuş ve bu yolla metal iyonlarını iki elektrot arasında transfer etmiştir. Bu nedenle metal kaplamanın temelini bulduğu kabul edilmiş ve birçok yerde kullanılan galvaniz kelimesi bu bilim adamının soyadından gelmiştir. Daha sonra bu konuda birçok bilim adamı çalışmış ancak temel teorisini Faraday bulmuştur. Faraday uygulanan akım değeri ile transfer edilen iyonlar arasındaki bağıntıları formüle etmiştir. Kendi adıyla anılan bu kanunlar ile artık tüm kaplama işlemleri günümüzde teorik olarak hesaplanabilmektedir.

Ancak metal kaplama işleminin kullanılmaya başlanması sanayi devriminden sonra 20 yy. da olmuştur. Fakat 20. yüzyılın üçüncü çeyreğinde ve özellikle de son çeyreğinde çok hızlı bir gelişim sağlanmıştır ve hala üzerinde çok yoğun bir biçimde çalışılmaktadır. Metallerin elektrokimyasal birikim ve çözünmesi, birçok sayıda metal işleme yöntemlerinde kullanılır. Bunlardan en yaygın kullanım alanı bulan ve en iyi bilineni, elektrolitik kaplamadır. İletken bir yüzey tabakası sağlanmak koşuluyla, kaplanan yüzey metal ya da metal olmayan bir maddedir <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> . <http://www.ozturkgalvano.com.tr/metal-kaplamanin-tarihcesi/> (Erişim tarihi: 27.06.2015).

## 2.2. KAPLAMA ÇEŞİTLERİ ve GENEL PRENSİPLERİ

Metal veya alaşımların yüzeyini korozyona karşı dayanıklı hale getirmenin en sık başvurulan yöntemlerinden biri ikinci bir metalle kaplanmasıdır. Gelişen teknoloji sayesinde metalin özelliğine bakılarak çeşitli kaplama yöntemleri: sıcak daldırma, elektro kaplama, sıcak püskürtme (tel veya toz püskürtme), difüzyon ve mekanik kaplama gibi yöntemler kullanılmaktadır. Fiziksel, mekanik ve kimyasal yöntemlerin kullanıldığı metal kaplama uygulamalarının tarım alet ve makinalarında kullanımı oldukça yaygındır. Bu alanda en çok kullanılan kaplama çeşidi galvaniz kaplama, çinko kaplama, krom kaplama ve fosfat kaplamadır. Pratikte korozyona karşı en çok çinko ya da alüminyum kaplama kullanılır. Metal kaplamalarda kaplama işlemleri sıcak daldırma, sıcak püskürtme, Sherardizing, elektro kaplama yöntemleri ve yeni bulunan elektrostatik toz boyama olmak üzere beş değişik yöntemle yapılmaktadır.

### 2.2.1. Sıcak Daldırma

Bu yöntemde, kaplama metali ergitilir ve ana metal bu eriyik içerisine bırakılarak kaplama yapılır. İşlem esnasında ana metal yüzeyi, kaplama metali ile alaşım haline gelerek korozyondan korunur (Görsel 11).



Görsel 11. *Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplama Yöntemi*

Kaynak: <http://videolike.org/view/yt=Hkz11N;N,1v> (Erişim Tarihi: 23.05.2015).

### 2.2.2. Sıcak Püskürtme

Bu yöntemde, kaplama metalini toz haline getirilir ve bir ısı kaynağı ile eritilerek, ana metal üzerine püskürtülmesiyle kaplama yapılır. Bu işlem esnasında kaplama metalini, ana metal üzerine yapışmaktadır. İki metal arasında alaşım meydana gelir (Görsel 12).



Görsel 12. Sıcak Tel Püskürtme Uygulaması

Kaynak: <http://www.metserkaplama.com/>. (Erişim Tarihi: 23.05.2015).

### 2.2.3. Sherardizing (Termal Difüzyon<sup>1</sup>) Kaplama Yöntemi

Bu yöntem genellikle çinko ile demir ve çelik kaplamasında kullanılır. Toz halindeki kaplama metal ile ana metal, kapalı dönen variller içerisine konularak, yüksek sıcaklıkta bir süre bekletilir. Kaplama metalini, sıcaklığın etkisiyle uçuculuk özelliği kazanarak ana metalini sarmaktadır (Görsel 13).

---

<sup>1</sup> . Moleküllerin hareket enerjileriyle çok yoğun ortamdan az yoğun ortama hareket etmesi.  
<http://www.nedirnedemek.com/dif%C3%BCzyon-nedir-dif%C3%BCzyon-ne-demek>





Görsel 13. *Sherardizing Kaplama Makinesi*

**Kaynak:** <http://www.sarnes.de/#!coating/cp91> (Erişim Tarihi: 23.05.2015).

#### 2.2.4. Elektrostatik Toz Boyama

Elektrostatik toz boyama solvent içermeyen bir yüzey kaplama metodudur. Kaplayıcı malzeme, son kat boya tabakasını oluşturan çok ince toz boya partikülleridir. Toz boya, boya kabiniinde özel boya tabancaları kullanılarak atılır. Tabancadan geçerken elektrostatik yüklenen toz boya partikülleri kabin içinde boyanacak malzemeye yapışır ve kaplama işlemi gerçekleşmiş olur (Görsel 14).



Görsel 14. *Elektrostatik Toz Boyama*

**Kaynak:** <http://btmkaplama.com/> (Erişim Tarihi: 23.05.2015).

### 2.2.5. Elektrokaplama Yöntemi

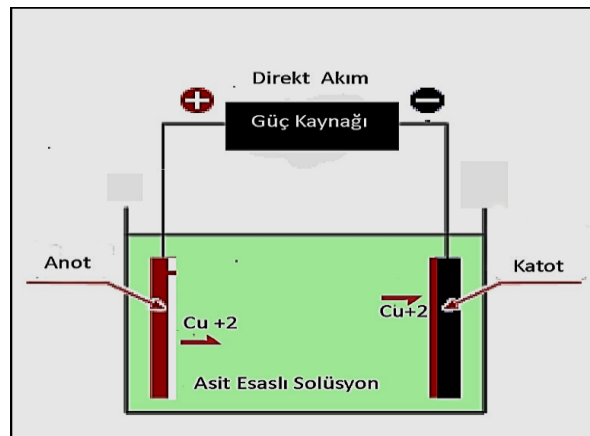
Bir metal eşya üzerine ya da iletken hale getirilmiş yalıtkan malzeme yüzeyine elektroliz veya elektroforez yöntemi ile başka bir metal tabakası oluşturması demektir (Tunç, 2004: 15-30 ).

Elektrokaplamanın diğer yöntemlere göre avantajı; Bu yöntemlerin çoğu genelde bir metali kaplamak için kullanılır ancak elektrokaplama yöntemi ile metal veya metal olmayıp iletken hale gelmiş bir madde mesela: plastik, organik maddeler, cam eşyaların yüzeyleri iletken hale getirilerek, kaplama işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca kompleks formlar ve farklı boyutta objeler (mikro boyutundan büyük ve hacim kütleler) sadece elektrokaplama yöntemi ile mümkün kılınmaktadır. Bu yöntem günümüzde sanatçılar tarafından özellikle cam ve mücevher sanatında yaygın bir teknik haline gelmiştir (Kanani, 2006: 12).

## 2.3. ELEKTROKAPLAMA TANIMI ve PROSESTEKİ ETKENLER

### 2.3.1. Elektrokaplama'nın Tanımı

Elektrokaplama (Electroforming) ve electroplating olarak adlandırılan tekniklerin tanımlaması: “genel olarak iletken bir malzemenin yüzeyinin ince bir metal tabaka ile kaplanması yöntemidir. Bu yöntemde pozitif yüklenmiş metal parçacıkları (iyonları), bir çözelti içerisinde ve elektrik akımı altında negatif yükü verilmiş nesne üzerine biriktirilmesi işlemidir.” (Görsel 15) (Durney, 1982: 474; Whitcraft, 1975: 1-3).



Görsel 15. *Elektrokaplama Süreci*

Çoğu referanslara göre elektrokaplama ve elektroplating yüzey kaplamak için benzer yöntemlerdir. Ancak ASTM komitesi B8'de, "elektrokaplama bir objenin model veya mandrel üzerinde üretimi ve/veya yeniden üretimidir. İşlem sonunda kaplanmış yüzey modelden ayrılır ancak, elektroplating bir metalin yüzeyini korumak veya mukavemetini arttırmak amacıyla, esas metalden farklı bir metalle kaplama işlemidir" (Lowenheim, 1982: 88). Bu sisteme göre elektrokaplama yönteminde, kaplama ile yapılan yüzey modelden ayrılması vurgulanmaktadır. Ancak, bu tez çalışmasında elektrokaplama yöntemi ile yapılan kaplama ve alt yüzey birbirinden ayrılmadan bütün olarak sanatsal ürün elde edilmesi hedeflenmektedir.

### 2.3.2. Elektrokaplama'nın Tarihsel Gelişimi

Elektroliz yoluyla metal kaplama 1843 yılında başlamıştır. İlk kez nikel kaplamayı R. Boettper yapmıştır. Bu kaplamada kullandığı solüsyon nikel sülfat ve amonyum sülfattır. 1849'da ilk olarak ticari anlamda nikel kaplamacılığı başlamıştır. Yeni kompozisyonların gelişimi ile birlikte karbonlu anotlar kullanılmaya başlamıştır. Karbonlu anotlar elektroliz süresinde oluşan yüksek sıcaklığa daha dayanıklıdır. Mekanik parlatma işlemleriyle yeterince parlamayan yüzeyleri parlatmak için ilk parlatıcı madde 1912'de İngiltere'de kullanılmıştır. Parlatma işleminde farklı metaller için farklı kimyasal maddeler tercih edilmiştir 1915' ten sonra gelişmeler hızla artar ve kaplamanın kalite kontrolü üzerine durdurulmuştur. 1935' te Thompson pH kontrolünün önemini belirtmiştir. Modern parlak nikel banyolarının ticari anlamda değer kazanması ve kullanılmasını Schlötter başlatmıştır. Daha sonra birçok gelişme olmuştur (Berk, 2004: 1). Elektro kaplama yöntemi 1810 yılında Prof. Maritz Van Jacobi tarafından keşif edilmiş ve bakır kaplama ise ilk kez 1836 yılında Daniel Cell tarafından gerçekleştirilmiştir. Gelecek 70 yılda, gelişmeler asitli solüsyonlarda özel amaçlı kullanımlara yönelmiştir. Daha sonra farklı asitler; sülfat-oksalat-borik asit, Sülfat oksalat,  $Cu^{+1}$  klorür,  $Cu^{+1}$  klorür- sodyum tiosülfat, benzen disülfonik asit gibi asitler değerlendirilmiş ve şu anda sadece sülfat ve fluoborat çözeltiler ticari olarak kullanılmaktadır (Schlesinger ve Paunovic, 2010: 34).

### 2.3.3. Elektrokaplama Yöntemi ile İletken Maddelerin Kaplamasında İzlenen Genel Prensip ve Aşamalar

Genel olarak bir objenin farklı bir madde ile kaplanması şu amaçlarla yapılmaktadır:

- a. Korozyona karşı koruma dayanıklı kılmak.
- b. Dekoratif amaçlı ve daha iyi görünüm elde etmek.
- c. Aşınma ve yıpranmaya karşı dayanıklılığının artırılması.
- d. Mekanik etkilere karşı dayanıklılığın artırılması.

Mekanik güçlere karşı dayanıklılığın artırılması için kaplama sürecindeki etkenlerin kontrol edilmesi gerekmektedir ve istenilen sonuca göre bazı faktörlerin değiştirilmesi mümkündür. Ancak, genel olarak kaplama süreci elektrokaplama da aynı aşamalardan oluşmaktadır.

#### 2.3.3.1. Kaplamada İzlenen Genel Prensip ve Aşamalar

Bir metal yüzeyinin elektrolitik yöntemleriyle başka bir metal ile kaplanmasında, yüzeyi kaplanacak olan obje anot olarak, çöken metal ise katot olarak uygun bir elektrolite daldırılır. Katot (kaplama cinsine göre çinko, bakır, nikel, kalay vs.) yüksek saflıkta olursa kaplama kalitesi daha yüksek ve parlak bir yüzey elde edilebilir. Elektrolitik yolla kaplamada kullanılan akım doğru akım olup düşük voltajlıdır ancak işin boyutuna ve kaplama amacına göre değişebilmektedir. Kaplamada elde edilen bir metal tabakasının biçim ve yapısı yalnız metal cinsinden değil, elektrokaplama koşullarından da etkilenmektedir.

Bugün gerek metalografik<sup>1</sup>, gerek X ışınları difraksiyon<sup>2</sup> (kırınım) yöntemleriyle metallerin kristal bir yapıda oldukları saptanmıştır. Buna göre katotta bir metalin çökmesi

---

<sup>1</sup> . “Metalik malzemelerin yapısını incelemek için yapılan işlemlere metalografik test adı verilir. Bu uygulama ile yapının homojenliği ve heterojenliği hakkında bilgi edinmek, kaynak dikişinin incelenmesi, ince tabakaların ve kaplamaların mikro sertlik değerleri ölçülmesi ve kaplama kalınlığının ölçülmesi mümkündür”. <http://nenedir.com.tr/metalografik-test-nedir/> ( Erişim Tarihi: 27.06.2015).

<sup>2</sup> . Bir ışık demetinin, saydam olmayan katı bir engelin kenarından veya dar yarıklardan geçerek bükülerek başka doğrultulara sapması ve bir eksen üzerinde renkli şeritler veya aydınlık-karanlık

bir kristalleşme olarak düşünülebilir. Biriken iyonlar ve elde edilen yüzeyin özellikleri, kristalin yapısına ve büyüklüğüne bağlıdır. Küçük kristalli yapı gayet düzgün ince ve yapışık bir tabaka sağlar (Berk, 2004: 1-3; Whitcraft, 1975: 3).

Kaplamada beklenen sonuca göre veya kaplanacak olan malzemenin özelliğine göre bazı faktörler değişebilir ama yöntemin temeli nispeten tüm kaplamalarda aynıdır.

Temel metal ile kuvvetli bağ oluşturması ve dayanıklı bir tabakanın elde edilmesi için en önemli faktör kaplanacak parçanın yüzeyinin temizliğidir. Kaplanacak parçaların, kaplama banyolarına girmeden önce tabii tutulacağı işlemler çok önemlidir. Kaplanacak yüzeyin temizliği yeterli değilse malzeme, zaman ve enerji kaybına sebep olunur. Ayrıca süngerimsi, gözenekli yapılarda kristaller arasında hidrojen ( $H_2$ ) gazının yerleşmiş olmasından dolayı kaplama yüzeye daha az yapışır, zamanla kabarmalar yapar. Onun için katotta hidrojen çıkışını önlemek gerekmektedir.

Metal yüzeyindeki yağ ve vernik artıkları, organik yağlardan oluşan kirlilik, pas ve yüzeydeki oksitler, alkali sıcak yağlama banyolarında, hazır karışımlar % 5 - 10 oranında suda eritilerek 65 - 70 °C' de 15 - 20 dakika işleme tabii tutulması ile giderilebilir (Berk,2004:2).

Metal yüzeyinde vernikten oluşan yağlı kirliliği, yukarıda belirtildiği gibi sıcak alkali ve elektrolitik yağ alma işlemlerine tabii tutulur. Parçalar elektrolite daldırılır ve akım verilir. Aksi halde metal yüzeyinde bir oksit tabakası oluşur. Kaplama işleminin aralıksız devam etmesi gereklidir. Birbirini takip eden kaplama banyolarında da parçalar havada bekletilmemelidir. Akım kesilmesi gibi durumlarda ise son kaplanmış veya yarı kaplanmış parçalar bir sonraki yıkama banyosunda bekletilmelidir. En son kaplamadan çıkan parçalar (kaplama işlemi biten parçalar) saf sıcak suda 95 °C' de 5 - 10 dakika bekletilir ve işlem tamamlanır (Berk, 2004: 4; Whitcraft, 1975: 2-4).

---

şeritler meydana getirmesi olayı. <http://www.nedir-tr.com/nedir-3651-anlam%C4%B1-k%C4%B1r%C4%B1n%C4%B1m-difraksiyon> ( Erişim Tarihi: 27.06.2015).

### 2.3.4. Elektrokaplama'nın Özellikleri Üzerine Etki Eden Faktörler

Elektrokaplama yöntemi ile yapılan kaplamalarda, kaplanan objenin yüzeyinin temiz olmasının yanı sıra, kaplama banyosunda ve kaplama yapılan ortamdaki etkenler, elde edilen sonucu ve kaplama maliyetini etkilemektedir. Kaplama banyosundaki en önemli etkenler:

#### 2.3.4.1. Kaplama Solüsyonunun Konsantrasyonu

Farklı metaller için kullanılan solüsyonun içeriği değişmektedir ama genellikle metal kaplamalarında kullanılan sulu solüsyon metal tuzları içermektedir ki, bu tuzlar elektrik yüklü anyon ve kationları oluşturmak üzere ayrışır. Çoğu durumlarda iletimi ve kaplama özelliğini geliştirmek için asit veya alkali ve ek olarak bazı katkı maddeler: karışıma eklenir. Son yıllarda farklı metallerin kaplanabilmesi için binlerce solüsyon türü bulunmuştur. Solüsyonların içerisindeki tuz, asit veya alkalinin konsantrasyonu ve solüsyonun pH'ını belirtmek, kaplama özelliği için çok değerli sayılmaktadır. Asitli solüsyonlarda genellikle sülfatlar veya klorürler gibi basit metal tuzları ve daha az sıklıkla karşılaşılan fosfatlar veya sülfamitler kullanılmaktadır. Bakır kaplama için kullanılan asit esaslı tipik solüsyon:

Bakır (II) sülfat pentahidrat  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

Sülfürik asit ( $d = 1.84 \text{ g / cm}^3$ )

Klorit  $Cl^-$  (C1 iyonu)

Bu temel kimyasallar ile yapılan solüsyondaki kaplama sonucu; mat, iri taneli ve kırılğan bir yüzey oluşmaktadır. Dolayısıyla bazı katkı maddelerinin eklenmesi kaplama optimizasyonunda<sup>1</sup> etkili bulunmaktadır. Katkı maddelerinin fonksiyonu; katot yüzeyinde kaplama hızını değiştirerek daha parlak ve ince taneli yüzey oluşturmak, iyonların transfer hızını artırarak kaplama hızını artırmak ve yüzeyin fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirmektedir (Dini, 1994: 195; Kanani, 2006: 59-64).

---

<sup>1</sup> . Optimizasyon, tüm faktörlerin ve sonuçların en iyi olanını aramaktır.

#### 2.3.4.2. Kaplama Solüsyonunun Sıcaklığı

Çoğu kaplama solüsyonlarının optimum sıcaklığı vardır ve kaplama bu sıcaklıkta yapılmalıdır. Bazı solüsyonlar oda sıcaklığında iyi çalışmaz dolayısıyla ısıtılması veya soğutulması gerekebilir. Bakır elektrokaplama için yaygın sıcaklık 32°C ile 43°C aralığındadır. Yüksek sıcaklık sonucu, iletkenliğin artışı anot ve katodun polarizasyonunun düşmesine neden olur. Karışımı iyi sağlanan solüsyon için 30°C altında parlak kaplama elde edilebilir (Schlesinger ve Paunovic, 2010: 39).

#### 2.3.4.3. Akım Yoğunluğu

Elektrokaplama’ da kaplama etkenlerinden bir diğeri de cm<sup>2</sup>’ye verilen akım veya voltaj yoğunluğudur. Akım yoğunluğunun artışı kristallerin oluşumunun hızlanmasına ve daha ince taneli kaplama oluşumuna neden olurken bu durum ayrıca katodun polarizasyonunun (Kutuplanma) da arttır. Dolayısıyla Cu<sup>2+</sup> iyonları katotta daha fazla deşarj olmasına, solüsyonda sülfat konsantrasyonu artışına ve katotta solüsyondan gelen iyonların yeterince karşılanamamasına, katotta fakirleşmenin meydana gelmesine de neden olur. Bunun sonucu kaplama homojen olmaz ve siyah ve süngerimsi bir yüzeyin oluşur. Katotta fazla hidrojen çıkışı akım yoğunluğunun artmış olduğuna işarettir (Dini, 1994: 39; Berk, 2004: 6).

#### 2.3.4.4. Sirkülasyon ve Karışım

Sirkülasyon ve karışım, solüsyonu özellikle anot ve katodun etrafında homojen ve kararlı kılmak için en önemli faktördür ve elektrokaplama büyük önem taşımaktadır. Karışım solüsyonun her yerinde ve kaplama boyunca devam etmelidir. İyi karışım sağlandığında kristallerin oluşum hızı artar, daha ince taneli ve düz yüzey elde edilebilir. Solüsyon karışımı farklı yöntemler ile yapılabilir. En yaygın yöntem düşük basınçta hava, ultrason ile karıştırma, ve kaplanacak olan objenin hareketi yoluyla yapılmasıdır. (Dini, 1994: 40).

## **2.4. YALITKAN YÜZEYLERİN ELEKTROKAPLAMA İLE KAPLANMASI**

Elektrokaplamanın tanımına göre genellikle iletken malzemeler kaplanabilmektedirler. Ancak teknolojik gelişmeler sayesinde yalıtkan maddelerin kaplanması da mümkün hale gelmiştir.

Yalıtkan maddeler genel olarak iki neden ile kaplanır:

Birincisi; yumuşak malzemenin üzerinde sert bir yüzey oluşturmaktır. Çoğu durumda plastik veya başka yumuşak madde kullanımı avantaj sağlar ama malzemenin yumuşaklık özelliği dezavantaj olabilmektedir. Dolayısıyla bu gibi durumlarda plastik yüzeylerin kaplanması malzemenin kendisini de kullanılabilir hale getirmektedir.

İkinci neden ise; güzel metalik bir görüntü sağlamak olarak söylenebilir. Çeşitli malzemelerin üzerine metal kaplanması ile dekoratif veya sanatsal görüntü sağlanabilir. Bu özelliğin günümüzde yaygın hale gelmesi ile çoğu sanatçı tarafından özgün eserler yaratmak için kullanılmaktadır. Dolayısıyla plastik, seramik ve cam gibi maddeler üzerini metal ile kaplama teknikleri gelişmektedir (Tunç, 2004: 25).

### **2.4.1. Yalıtkan Yüzeylerin Kaplanması Tarihi**

İletken olmayan maddeler üzerine kaplama, gerek sanatsal gerekse bilimsel açıdan 1960 yılı öncesi ve sonrası olmak üzere iki dönemde incelenebilmektedir. 1960'lı yıllar ki dönemde uygulamada karşılaşılan durumlar şöyle sıralanabilir;

- a. Yapışmanın az olması nedeniyle oldukça kalın kaplama yapılması.
- b. Yapışmanın sağlanmasının genellikle mekanik yollarla (zımparalama gibi) pürüzlü bir yüzey elde edilmesi.
- c. İşlemin büyük oranda el emeği ile yapılması ve yalıtkanların her türlü kaplamada kullanılması. Ayrıca kaplanacak maddenin kaplamasında herhangi bir etkisinin olmaması.



1960 yılı sonrası iletken olmayan maddeler üzerine kaplamada büyük gelişmeler elde edilmiştir. Aşağıda belirtildiği gibi, materyalin özelliğine bakılarak kaplanması, daha kolay ve iyi kaplamaların oluşumu ile sonuçlanmıştır. Ayrıca;

- a. İyi bir yapışma sağlanabilmesi nedeni ile daha ince kaplamaların gerçekleştirilmesi,
- b. Yapışmanın, bir takım kimyasal hazırlayıcılarla sağlanması,
- c. Gerekirse işlemin tümünün otomatik olarak gerçekleştirilebilmesi,
- d. Kaplanacak maddenin kimyasal yapısı.

Bu işlemde önemli etken olması da 1960' önce gelişmeler arasında sayılabilmektedir (A. Sezai, 1995: 45-47).

Elektrokaplama yöntemi çağdaş sanatta özellikle cam sanatında kullanımı yaygınlaşan bir teknik olmuştur. Yalıtkan yüzeyler iletken hale getirilerek ve çeşitli parametrelerde kaplama yapılarak sanatsal çalışmalar oluşturulmaktadır. Sanatçılar özgün eserlerini yaratmak için farklı yöntemler kullanmalarına rağmen kaplamada kullanılan ekipmanlar ve süreç aynıdır. Sadece süreçteki bazı etkenleri değiştirerek farklı etkiler elde edilebilmektedir.

## **2.4.2. Yalıtkan Yüzeylerin Kaplama Prosesinde Kullanılan Ekipmanlar ve Kaplama Aşamaları**

### **2.4.2.1. Elektrokaplama da Kullanılan Malzemeler ve Ekipmanlar**

Kaplama öncesi işlemlerde, kaplama süresince ve bitirme sürecinde farklı kimyasallar ve ekipmanlar kullanılmaktadır. Ancak en önemli ekipmanlar aşağıdaki görselde belirtilmiştir (Görsel 16).



Görsel 16. *Kaplama Kiti ve Prosede Kullanılan Malzemeler*

**Kaynak:** [http://www.abrimagery.com/store/index.php/electroforming-kits-c-431\\_521](http://www.abrimagery.com/store/index.php/electroforming-kits-c-431_521), 05.06.2016.

Elektrokaplamada kullanılan makine redresör (güç kaynağı); farklı boyutlarda ve güçlerde (10 A- 10 Volt, 25 A- 6 Volt, 50 amps- 6 Volt) olanları bulunmaktadır. Ancak sanatsal çalışmalar için 3-10 amper güç üretenleri uygun olarak belirtilmektedir. Redresör alternatif akımı direkt akıma çevirerek kaplama imkânı sağlamaktadır (Untrucht, 1975: 379).

Elektrik akımını güç kaynağından anot ve katoda iletilmesinde bakır kablo veya bakır tel kullanılmaktadır. Kaplama sisteminin anot kutbunda bakır levhada kullanılabilir. Elektrik akımını iyi iletme için veya bakır levha kullanılıyorsa kaplamada parlak yüzey elde edebilmek için kablo veya telin yüksek saflıkta olması gerekmektedir (Untrucht, 1975: 381).

Aside karşı dayanıklı plastik kap veya bor içerikli camdan olan kaplama havuzları, elektrolit solüsyonunu içine boşaltıp kaplama işlemini gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. İşin boyutuna göre farklı ölçülerde olan kaplama havuzları kullanılmaktadır. Ancak cam beher kullanılıyorsa kırılabilir olduğundan dolayı dikkat edilmesi gereklidir. Eğer solüsyonun kaplama sürecinde ısıtılması gerekiyorsa doğal gaz brülörü ile direk ısıtılmaması önerilmektedir (Görsel 17 ve Görsel 18).



Görsel 17. Plastik Elektrokaplama Banyosu

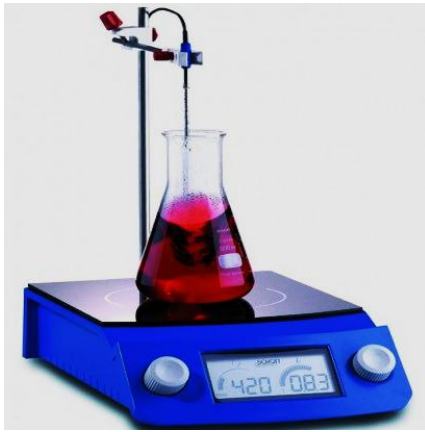
Kaynak : <http://emmagerard.blogspot.com.tr/>



Görsel 18. Cam Beherde Elektrokaplama

Kaynak : <http://www.instructables.com> 05.06.2015.

Homojen ve parlak kaplama yüzeyi elde etmek için solüsyonun her yerinde, özellikle anot ve katot etrafında iyonların eşit konsantrasyonda bulunmaları gerekmektedir. Dolayısıyla kaplama sürecinde mekanik, manyetik veya hava sirkülasyonu ile solüsyon karışım sağlanması gerekmektedir. Görsel 19 ve 20 farklı solüsyon karıştırma yöntemlerini için kullanılan cihazlar göstermektedir (Whitcraft, 1975: 6).



Görsel 19. Isıtıcıli Manyetik Karıştırıcı



Görsel 20. VELP Manyetik Karıştırıcı

Kayna: <http://www.dogalimited.com/tr/urun/velp-scientifica-low-profile-manyetik-karistiricilar>.

Yukarda belirtilen malzemeler dışında kaplama işlemi öncesi ve sonrası termometre; solüsyonun sıcaklığını ölçmek için, filtre kâğıdı; solüsyonu temizlemek için, dijital hassas tartı; kimyasalları tartmak için ve laboratuvarında kullanılan koruyucu malzemeleri gibi yan malzemeler de kullanılmaktadır (Untrucht, 1975: 382).

#### 2.4.2.2. Elektrokaplama Prosesi

1840'tan beri yalıtkan materyallerin kaplanması gerçekleştirilmiştir. Bir asır önce sanatsal yaklaşımlar gelişip cam, ahşap ve plastik gibi malzemeler sanatsal olarak kaplanmaya başlanmıştır. İlk çalışmalar arasında olan en ünlü işlerden bakır kaplanmış çocuk ayakkabıları bulunmaktadır (Schlesinger ve Paunovic, 2010: 413).

Beklenen sonuç ve istenilen etkiye bağlı olarak kullanılan materyal ve süreçte bazı değişiklikler olabilir ancak yalıtkan materyal üzerinde elektrokaplama temel prensipler aynı ve aşağıdaki gibidir:

##### 2.4.2.2.a. Yüzey Pürüzlendirme ve Temizleme

Kaplama işlemine başlamadan bazı aşamaların yapılması gerekmektedir. Kaplanan tabakanın yalıtkan objenin üzerine (özellikle cam yüzeyine) tutturabilmesi için yüzeyin hafifçe pürüzlü olması gerekmektedir ve bu işlem mekanik olarak veya yüzeyin cinsine bağlı olarak kimyasal uygulamalar ile yapılabilir. Bu yöntemlerden:

Kaplanmış tabaka yalıtkan madde yüzeyinden ayrılabilir. Yüzeyi kumlama ile pürüzlendirme, kaplanan tabakanın yüzeye yapışmasını sağlamaktadır ancak kumlama çok kaba taneli olursa veya yüzeyi fazla inceltirse kaplamaya ekti edip yüzeyi pürüzlü yapabilir. Bu pürüzlülük yüzeyde özel sanatsal doku olarak kullanılabilir veya yüzeyde istenmeyen bir dokuya neden olabilmektedir (Görsel 21 ve Görsel 22).



Görsel 21. *Kumlama Makinesi İle Kumlama İşlemi*



Görsel 22. *Kumlama Tekniği ile Düz ve Üfleme Cam Üzerinde Geleneksel Formlardan Yapılmış Olan Bir Masa.*

**Kaynak:** <http://www.adn.com/article/20120128/light-and-legend-glass-artist-has-alaska-roots>.

Yüzeyi pürüzlendirmek için yaygın olan diğer yöntem, yüzeyi asit ile aşındırma tekniğidir. Kaplanan objeye göre özel aşındırıcı kimyasallar kullanılmaktadır. Cam yüzeyi için en etkili olan kimyasal hidroflorik (HF) asittir. Bu asidin uygun miktarda su ile karıştırılması sonucu asidin güçlülüğü ayarlanır ve zamana bağlı olarak istenilen derinlikte aşındırma gerçekleştirilir. Elde edilen yüzey kumlamadan daha hafif dokuludur ancak kaplamada etkisiz değildir. Asit ile aşındırma yaparken kimyasallara karşı koruyucu gözlük, eldiven vb. kullanılması gerekmektedir (Whitcraft, 1975: 15) (Görsel 23 ve Görsel 24).



Görsel 23. *Cam Yüzeyini HF Asit İle Aşındırma*

**Kaynak:** <http://www.derix.com/en/techniques/Glass-Etching/4/>(Erişim Tarihi: 23.05.2015).



Görsel 24. *Asit Aşındırma İle Yapılan Desen*

**Kaynak:** <http://www.dusancech.cz/aoj-ewpu-59143.htm> .

Yüzey pürüzlendirme işleminden sonra aynen iletken yüzeyler gibi kaplamadan önce yüzey yağ ve kirlilikten arınması gerekmektedir. Bu işlem alkol vb. yağ gidericiler ile gerçekleştirilebilir. Bir sonraki adım ahşap, organik maddeler ve bazı renkli cam ve sırlar ki, asitli ortamda bozulup veya renk değişimine maruz kalabilir, bu istenilmeyen olayı önlemek için kaplanmayan bölgeler vernik veya mum ile kaplanması önerilir.

Yüzeyde kaplanacak olan bölge pürüzlendirilip yağ ve kirlilikler giderildiğinde yüzeyi metalize etmek için, istenilen iletken pasta uygulanabilir. Yüzeyi iletken hale getirmek için farklı yöntemler bulunmaktadır.

#### 2.4.2.2.b. Yüzeyi Metalize Etmek

Metalik olmayan malzemeler elektriği iletmez ve aslında bu nedenle elektrokaplamanın gerçekleşmesi imkânsızdır dolayısıyla bu tür maddelerin yüzeyinin öncelikle iletken bir tabaka ile kaplanması gerekmektedir. Bu iletken maddeler, bir dizi yöntem ile uygulanabilir. Ancak, en yaygın yöntem; yüzeyde indirgenmiş gümüş tabakası oluşturmaktır. Bu zor bir süreçtir ve tehlikeli gümüş bileşiklerinin meydana gelmesini önlemek için, tüm çözeltiler dikkatli bir şekilde hazırlanmalıdır. Bu yöntem ile iyi seviyede iletkenlik ve çok düz tabaka oluşturulması mümkün kılınmaktadır. Yalıtkan yüzeyleri metalize etmek için çeşitli yöntemler vardır ve bu yöntemlerden bazıları günümüzde sanatçılar tarafından kullanılmaktadır. Bu yöntemler incelendiğinde yüzeyi metalize etmek için aşağıdaki seçeneklerin kullanıldığı görülmektedir.

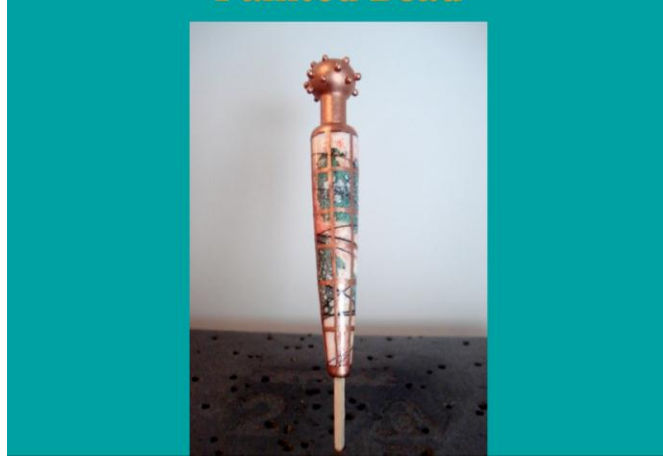
Yüzeyde gümüş tabakası oluşturmak yöntem iki basamaklı bir süreçtir. Birinci adım sensitizasyon<sup>1</sup> solüsyonu, kalay klorür, hidroklorik asit (% 35 ) ve sodyum klorür karışımı ile hazırlanıp yüzeyde istenilen bölgelerde uygulanır. Bu tabaka kuruduktan sonra yüzeye redüksiyon ve gümüş esaslı solüsyon aynı anda iki uçlu spreycihazıyla alt tabakayı kaplayacak şekilde uygulanır. Gümüş solüsyonu içeriğinde: gümüş nitrat, amonyum hidroksit, sodyum hidroksit ve saf su bulunmaktadır. Redüksiyon solüsyonu ise: formaldehit (40%), sodyum hidroksit ve kurşun asetat karışımı saf su ile inceltilmiş kompozisyonda hazırlanıp ve gümüş solüsyonuyla aynı zamanda yüzeye püskürtülür (Durney, 2010: 447- 449). Bu yöntem yüzeyi iletken hale getirmek için çok etkili yöntem olmasına rağmen zor ve tehlikeli bir yöntem olduğu için sanatçılar tarafından kullanımı tercih edilmektedir.

Sıvı bakır pasta, akrilik esaslı ve suda çözünür iletken sıvı pastadır. Yüzeyi pürüzsüz bir şekilde iletken hale getirmek için çoğu cam sanatçısı tarafından kullanılan en yaygın yüzey metalize etme yollardan biridir. Bu pasta metal esaslı, kolay kullanılır ve bakır

---

<sup>1</sup> . Solüsyonda bazı kimyasal maddeler kullanarak yüzeyi daha duyarlı hale getirip ikinci tabakanın yüzeye yapışmasına kolaylık sağlamak için kullanılır.

kaplama ile uyumlu olması nedeniyle sanatsal işlemlerde kullanılan en yaygın iletken pastadır (Pasquale ve Gassa, Science direct, 2008: 5891-5904) (Görsel 25 ).



Görsel 25. *Bakır Pasta İle Boyanıp İletken Hale Getirilmiş Cam Yüzeyi*

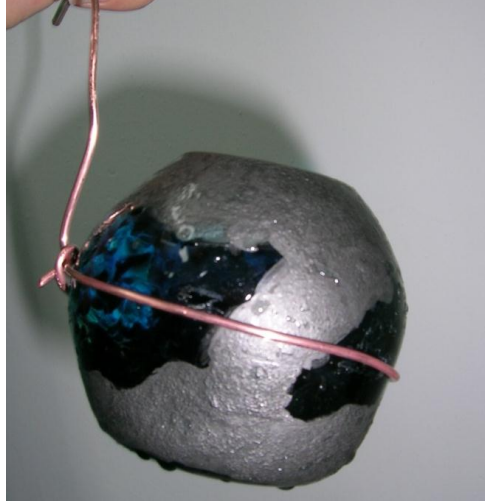
**Kaynak:** Meleney, 2009: 17.

Yalıtkan malzemelerin yüzeyini iletken hale getirmek için kullanılabilen diğer malzeme toz metaldir. Bu yöntemde ince taneli metal tozu (örneğin bakır tozu) kullanılması önerilmektedir. Toz ne kadar ince taneli olursa kaplanmış yüzey o kadar pürüzsüz ve düz olacaktır. Metal tozları yüzeyde iki yöntemle uygulanabilir: birinci yöntemde, metal tozu verniklenmiş yüzeye serpilerek veya fırça ile sürülebilir. İkinci yöntemde ise, belirli miktarda toz metal ve vernik karışımı yüzeye püskürtme, fırça veya objeyi karışıma daldırarak cam yüzeyini iletken hale getirmek için uygulanır (Untracht, 1975: 388).

Toz grafit aynı metal tozu gibi iki farklı yöntem ile yüzeye uygulanabilir. Ayrıca grafitlenmiş yüzeyin iletkenliğini arttırmak için, grafitlenmiş yüzey belirli bir zaman aralığında bakır sülfat solüsyonuna daldırılıp sonra yüzeye ince taneli demir tozu serpilip kuruma işlemi gerçekleştirilir ve işleme elektrokaplama ile devam edilir. Ancak bu yöntemle kaplama işlemi sırasında asitli solüsyon içerisinde grafit, yüzeyden kopup desenin bozulmasına ve solüsyonun kirlenmesine neden olduğundan yüzey iletkenliğinin



arttırmasında başarılı bir teknik olmadığı için genellikle tercih edilmemektedir (Whitcraft, 1975: 19) (Görsel 26 ).



Görsel 26. *Grafit İle Kaplanmış Cam Yüzeyi*

**Fotoğraf:** Amaneh Manafidizaji.

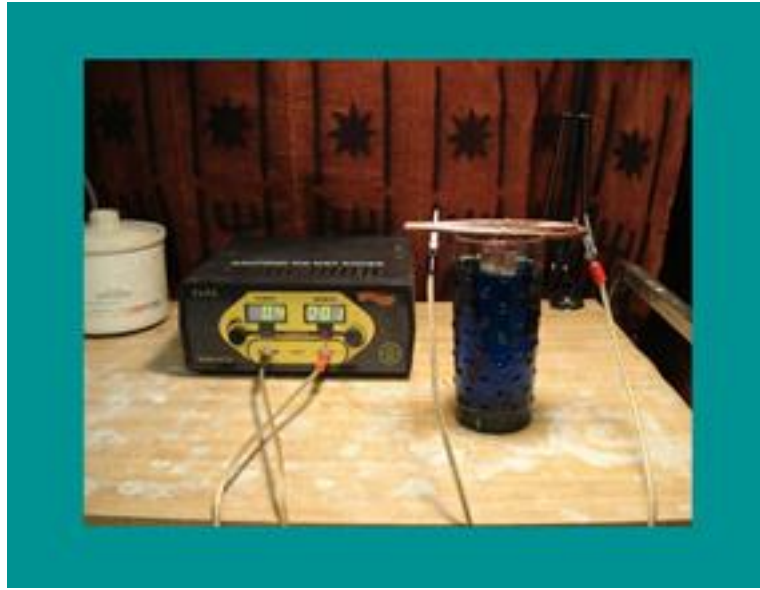
Bu tez çalışmasında cam yüzeyinde doku yaratmak ve yüzeyi iletken hale getirmek amacıyla grafitlendirme işlemi için yukarıda anlatılan ikinci yöntem(belirli miktarda toz grafit ve vernik karışımı) kullanılmıştır.

Cam yüzeyini iletken hale getirmek için geliştirilmiş olan başka bir metalize etme yöntemi, kimyasal reaksiyonlarla yüzeyi iletken hale getirmektir. Bu yöntemde kalay klorür  $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ve metanol ile hazırlanan solüsyon  $600\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta bulunan cam yüzeyine püskürtülür. Sürecin tekrarlanmasıyla yüzey iletkenliği artar. Yüzeyle elektrokaplama yapıldığında kar tanesi etkisi elde edilir (Whitcraft, 1975: 20).

Yalıtkan yüzeyi iletken hale getirmek için bu yöntemlerin hepsi çalışmaktadır ancak sanatçılar genellikle sıvı bakır pasta kullanmaktadırlar. Bu tezde amaç sadece yüzeyi kaplamakla kalmayıp, özel etkiler ve dokular yaratabilmek olduğu için bakır pasta yerine toz grafit tercih edilmiştir.

#### 2.4.2.2.c. Kaplama Süreci

Yüzey iletken hale getirilip kurutulunca, uygun solüsyonlar ve gereken malzemeler hazırlanıp, elektrokaplama işlemi başlatılabilmektedir. İşlemi başlatmak için anot (bakır levha) ve katot yalıtkan madde olmak üzere (cam obje) solüsyona daldırılır. Elektrokaplama sürecinde anot güç kaynağının pozitif kutbuna ve katot negatif kutbuna bağlanmaktadır. Elektrokaplama gerçekleşmesi için güç kaynağına bağlanan anot ve katot'un belirli voltaj veya akım değerini iletilmesi gerekmektedir (Görsel 27).



Görsel 27. *Elektrokaplama İşlemi*

**Kaynak:** ; Fowle Meloney,2009: 34

Pürüzsüz ve parlak bir yüzey elde etmek için kaplama işleminin uygun hızda yapılması tercih edilmektedir. Kaplama düşük akım veya voltaj değeri ile yapılıyorsa daha mat yüzey elde edilir. Yoğun (yüksek) akım veya voltaj yanık ve süngerimsi kaplamaya neden olur. Kaplama sürecinde, uygun voltaj veya akım, solüsyonda kullanılan kimyasallar ve yüzeyde kullanılan iletken madde, istenilen doku ve renge göre ayarlanmaktadır. Literatür araştırmasına göre kaplanacak objenin boyutuna göre voltaj  $V = 0,1 - 0,5$  ve akım değeri ile kaplanıyorsa  $A = 0,05 - 0,5$  değerlerinde iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. Objenin boyutu, istenilen kaplama kalınlığı ve yüzeyin dokusuna göre kaplama süreci 10 saat veya daha fazla sürebilir.

#### 2.4.2.2.d. Kaplama Sonrası İşlemler

İstenilen doku ve kalınlık elde edilince obje solüsyondan çıkarılıp önce soğuk su ve sonra sıcak su ile yıkanır ve yüzeyi asit ve kimyasallardan arındırıp nötr hale getirmek için kabartma tozu içeren solüsyonda tutulur ve sonra su ile yıkanır. Kaplanmış yüzey mat bir yüzeydir dolayısıyla mekanik yöntemler veya kimyasal maddeler kullanılarak parlak yüzey elde edilebilmektedir. Yüzeyi geliştirmenin diğer yöntemi, yüzeyde çeşitli parlatma ve patine<sup>1</sup> yöntemlerini uygulayarak kazılardan bulunan eski obje etkisi yaratılmasıdır veya eğer istenilirse gümüş ve altın metaller ile kaplama işlemine devam edilebilmesidir (Untracht,1975, 388-390; Fowle Meleney,2009: 41-43).

## 2.5. CAM SANATINDA ELEKTROKAPLAMA UYGULANMALARINDAN ÖRNEKLER

Cam sanatta elektrokaplama uygulamaları genellikle sanatsal cam çalışmalarında ve bazen organik maddeler gibi yalıtkan malzemeler üzerinde gerçekleşmektedir. Aşağıda cam üzerinde elektrokaplama uygulayan çağdaş ünlü sanatçılar bulunmaktadır.

### 2.5.1. Michael Glancy (Massachusetts)

Glancy 1950 yılında Michigan'ın Detroit şehrinde doğmuştur. 1970'li yıllarda cam öğrencisi olarak çalışmaya başlamıştır. 1973 yılında Denver Üniversitesinden mezun olmuş, 1980 yılında Rhode Island School of Design' da cam alanında mastır yapmıştır. Galency bu üniversitede Dale Chihuly'nin de öğrencisi olmuştur<sup>2</sup>.

Galency cam ve heykel çalışmalarında mikroskobik görünümünden, biyoloji, moleküler fizik, astronomik cisimlerden, rölativiteden, matematik ve sonsuzluktan esinlenmektedir. O hücresel görünümüleri büyük boyutlu ve üfleme tekniği ile yaptığı cam heykeller üzerine aktarmak için kumlama, oyma ve balmumu tekniğini kullanarak geleneksel ve antik

---

<sup>1</sup> . Metal yüzeyinde oluşan ince ve çoğu kez yeşilimsi renkli oksit tabakası.  
<http://www.nedirnedemek.com/patina-nedir-patina-ne-demek> (Erişim tarihi: 28.06.2015).

<sup>2</sup> . <http://michaelglancyglassworks.com/about/> (Erişim Tarihi: 05.06.2015).

eşyalardaki gibi derinlik etkisine sahip formlar yaratmaktadır. Sanatçının çalışmalarında kaplamayı yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda Galency, cam yüzeyini iletken hale getirmek için sıvı bakır pastayı cam yüzeyine püskürterek yüzeyi tamamen kaplamış ve yüzey kuruduktan sonra fazla olan kısımları sivri aletlerle yüzeyden temizlemiştir. Elektrokaplamayı  $A=0,34$  A ile  $A= 0,45$  A aralığında akım uygulayarak yüzeye bakır veya gümüş kaplama gerçekleştiren sanatçı eserlerinde oldukça parlak yüzeyler elde etmektedir<sup>1</sup>(Görsel 28).



Görsel 28. *Michael Glancy Bir Uygulama Sırasında*

**Kaynak:** <https://www.youtube.com/watch?v=TALa-DteGB> (Erişim Tarihi: 05.06.2015).

Sanatçı eserlerinde bütün içinde oluşturduğu çok parçalı ritmik tekrarlarla oldukça organik yüzey ve formlar elde etmekte ve bu yüzeyleri kaplamanın sunduğu görsel etkilerle zenginleştirmektedir. Ayrıca onun bitmiş eserleri tek başına zeminde veya bir kaide üzerinde bütün ve hareketli bir biçim dili sunmaktadır. Glancy'nin eserleri ne kadar soyut olsa da, doğa her zaman eserlerinde mevcuttur ve görünmektedir<sup>2</sup> (Görsel 29 ve Görsel 30).

---

<sup>1</sup>. <http://www.risd.edu/academics/landscape-architecture/faculty/Michael-Glancy/>, (Erişim Tarihi: 05.06.2015).

<sup>2</sup>. <http://www.cmog.org/event/meet-artist-michael-glancy> (Erişim tarihi: 05.06.15).



Görsel 29. Michael Glancy, “Verdant Flow” Derinden Oyma (radyasyon kesim), Üfleme Tekniği İle Yapılan ve Yüzeyde Uranyum Tabaka Olan, Kaide İse Endüstriyel Düz Cam Üzeri Derin Oyularak (radyasyon kesim), Bakır ve Gümüş İle Kaplanana Sanatsal Çalışmanın Görseli.

**Kaynak:** <https://www.pinterest.com/pin/55521007881495976/> (Erişim Tarihi: 05.06.2015).



Görsel 30. Michael Glancy, “American, b1950”, Tek Parça ve Kaidesiz Eserlerinden, Üfleme Tekniği İle Yapılan, Kumlama İle Derin Oyma ve Bakır Elektrokaplama Uygulanan Sanatsal Çalışma

**Kaynak:** <https://www.pinterest.com/pin/55521007881495976/> (Erişim Tarihi: 05.06.2015).

### 2.5.2. Kate Fowle Meleney (Rhode Island)

Kate Fowle Meleney 1980 yılından beri metal mücevherler üzerinde emaye yapmak için elektrokaplama tekniğini kullanmıştır. Eski cam boncukları metal mücevher işlerinde kullanan Meleney 1982 yılının sonlarında, bir alevde şekillendirme gösterisine katılarak kendi boncuklarını yapmaya başlamıştır. 1991 yılında elektrokaplama tekniğini boncuklar üzerinde deneyen ilk kişi olmuştur. Meleney açık alevde küçük boyutlu vazo formları ve çok ünlü “Tanrıça” adlı eserlerini üreterek tekniğini geliştirmiştir. Kadın formu tanrıçaların kolye ve gövdelerinin bazı kısımlarında elektrokaplama uygulanmış ve patine yapılarak antik cam görünümü elde etmiştir<sup>1</sup> (Görsel 31).



Görsel 31. *Kate Fowle Meleney, Corning Museum Of Glass'te Açık Alevde Şekillendirme Gösterisi*

**Kaynak:** <http://www.cmog.org/bio/kate-fowle-meleney> (Erişim Tarihi: 06.06.2015).

Kate'in boncuklar üzerine uyguladığı elektrokaplamalarda cam boncuk yüzeyini sıvı bakır pasta kullanarak iletken yapmaktadır. Gümüş ve altının kaplanabilir solüsyonları

---

<sup>1</sup> . <http://www.cmog.org/bio/kate-fowle-meleney> (Erişim Tarihi: 06.06.2015).

tehlikeli olduğu için kullandığı metal genellikle bakır olmaktadır. Fowle elektrokaplama sürecini (3 veya 10 amper güç kaynağında)  $A=0,1$  amper veya  $V=0,3$  volt ile 10 - 18 saat devam ettirmektedir. Sanatçı eserlerinde genellikle doğadan esinlenerek biçimlendirip elde ettiği yüzeylerde, özel sülfür karışımı ve amonyum uygulayarak, kaplanmış yüzeyde eskimiş metal görünümü sağlamaktadır (Fowle Meleney, Lapidary Journal, 2000, 71-73) (Görsel 32 ve 33).



Görsel 32. *Kate Fowle Meleney, "Tanrıça", Şeffaf Amber Camdan Açık Alevde Biçimlenmiştir. Antik Görünüm Sağlamak İçin Yüzey Asitlenip Emaye Uygulanmış. Kolye Bakır Elektrokaplama Yöntemi ile Kaplanıp Yeşil Patine Gerçekleştirilmiştir.*

**Kaynak:** <http://www.katefowle.com/pages/gallery2.php> (Erişim Tarihi: 06.06.2015).



Görsel 33. *Kate Fowle Meleney, “Deniz Kırmızı Tohumu”, Açık Alevde biçimlendirilmiştir. Yüzeyde Emaye Boyama Uygulanıp ve Bakır Elektrokaplama Yöntemi ile kaplanmıştır ve Liver of Sulfur Patine Gerçekleştirilmiştir*

**Kaynak:** <http://www.katefowle.com/pages/gallery2.php> (Erişim Tarihi: 06.06.2015).

### 2.5.3. Anna Dickinson (London)

Cam üzerine elektrokaplama tekniği ile metal kaplama uygulayan diğer ünlü Londralı sanatçı Anna Dickinson'dur. 1961 yılında İngiltere, Londra şehrinde doğmuştur ve 18 yaşında lisans dönemindeyken üç boyutlu tasarım dalında devam ettiğinde cam biçimlendirme ile tanışıp metal ve cam karışımı ile eserler yaratmak için direk, işleri üzerinde elektrokaplama tekniğini uygulamaya başlamıştır. Dickinson'un araştırmaları sanatçıyı, işlerinde farklı materyallerin özellikle; cam, ahşap, plastik ve emaye uygulanmış gümüş kombinasyonuna yönlendirmiştir<sup>1</sup>. Sanatçı cam çalışmalarında camın eşsiz ve karşıt özelliklerini; şeffaflığını, kırılgenliğini, mukavemet ve esnekliğini, vurgulamaktadır.

---

<sup>1</sup> . <http://www.annadickinsonglass.com/about/> (Erişim Tarihi: 07.06.2015).



Karmaşık teknikler kullanmasına rağmen, Dickinson'ın eserleri, hepsi duygular hakkındadır: “ Benim işlerim konteynırdır, ancak boşluğu ve diğer birçok şeyi kapsar ve muhtemelen duyguları her şeyden daha fazla. İnsanlar benim eserlerimi gördüklerinde, benim düşüncelerimi hissetmelerini istiyorum, onlar bazen hissedebiliyorlar ve bazen başka şeyler hissediyorlar.”<sup>1</sup>

Anna elektrokaplama uyguladığı cam vazolarında Afrika heykellerinden ve antik çağı efsanelerinden esinlenip bu ideolojileri kendi içgüdüğü ile bileştirip en ünlü eserlerinde “Black & Silver African Stripe Vase” serisinde sunmaktadır<sup>2</sup> (Görsel 34 ve Görsel 35).



Görsel 34. *Anna Dickinson, “Black & Silver African Stripe Vase” Vazo Üfleme Tekniği ile Üretilmiştir. Yüzeyde Kumlama, Asitleme, Elektrokaplama Tekniği Uygulanmış ve Kaplanan Bölgede Delinmiş Noktalar Bulunmaktadır.*

**Kaynak:** <http://breath-taking.org.uk/makers/info/anna-dickinson> (Erişim Tarihi: 07.06.2015).

---

<sup>1</sup> . <http://www.barthacontemporary.com/exhibitions/anna-dickinson-solo-exhibition/> (Erişim Tarihi: 07.06.2015).

<sup>2</sup> . <http://breath-taking.org.uk/makers/info/anna-dickinson> (Erişim Tarihi: 07.06.2015).



Görsel 35. *Anna Dickinson, “Heykel Vazo”, Üfleme Tekniği ile Üretilen, Üst Kısımda Elektrokaplama Uygulanan ve Üzerine Patine Yapılan, Antik Mimari, Etnik Eserler ve Kutsal Kıyafetten Her Türlü Esinlenen Sanatsal Çalışma*

**Kaynak:** <http://www.bonhams.com/auctions/17045/lot/35/> (Erişim Tarihi: 07.06.2015).

Elektrokaplama tekniğinin yalıtkan materyaller üzerine uygulanması sadece cam üzerinde kısıtlanmayıp sanatçılar tarafından farklı yalıtkan materyaller üzerinde uygulanarak özgün eserler ortaya konulmaktadır. Bu sanatçılardan Steve Donegan dikkat çekmektedir.

#### **2.5.4. Steve Donegan (Philadelphia)**

Cam ve diğer yalıtkan malzemeler üzerinde elektrokaplama uygulayan sanatçı 1996 heykel eserler üretmekte yeni yöntemine başlatmıştır. Sanatçının bu heykel çalışmalarında bitkileri inceleyerek ve organizmaların mikroskopik görüntülerinden esinlenmiştir. Donegan’ın ilgisini çeken konu; bu formlardaki geometri yapı olmuştur. Dolayısıyla doğadaki mikro ve makro görünüm arasında olan bağlantıları daha fazla araştırmıştır. Donegan eserlerine bu görüntüleri aktarmıştır. Örneğin, sanatçı eserleri arasında bir atkestanesi, bir polen tohumu veya hayvan mesanesinden izler görünmektedir. Steve Donegan’ın heykelleri üzerinde yaptığı kaplama çalışmalarında

bile aynı bakış açısı izlenmektedir. Sanatçı eserlerinde farklı materyaller kullanmaktadır. Ancak kaplama eserlerinde genellikle; antik cam ve metal üzerinde bakır kaplama uygulamıştır. Örneğin aydınlatma serisi kaplamalarında mum kalıp üzerinde kaplama yapmış ve antik cam üzerinde monte etmiştir<sup>1</sup> (Görsel 36).



Görsel 36. *Steve Donegan, “Nub Holly”, Antik Cam ve Metal, Mum Üzerinde Bakır Elektrokaplama*

**Kaynak:** <http://jamgallerymalvern.com/steve-donegan.htm> ((Erişim tarihi: 28.06.2015).

Donegan kaplama eserlerinden bir diğer örneği “Shed” çalışmasıdır. Bu çalışmada şeffaf akrilik panel üzerinde bakır kaplama uygulamıştır. Bu çalışmasında doğadan aldığı formları ve dokuları Pennsylvania ormanlarını filtrelenmiş ışığıyla vurgulamaktadır (Görsel 37 ve Görsel 38).

---

<sup>1</sup> <http://www.stevedonegan.com/statement.html> (Erişim tarihi: 28.06.2015).



Görsel 37. *Steve Donegan, “Shed” Eserinden Bir Detay*

Kaynak: <http://www.stevedonegan.com/1.html> ( Erişim tarihi: 28.06.2015).



Görsel 38. *Steve Donegan, “Shed” Şeffaf Akrilik Üzerinde Bakır Elektrokaplama*

Kaynak: <http://www.stevedonegan.com/1.html> ( Erişim tarihi: 28.06.2015).

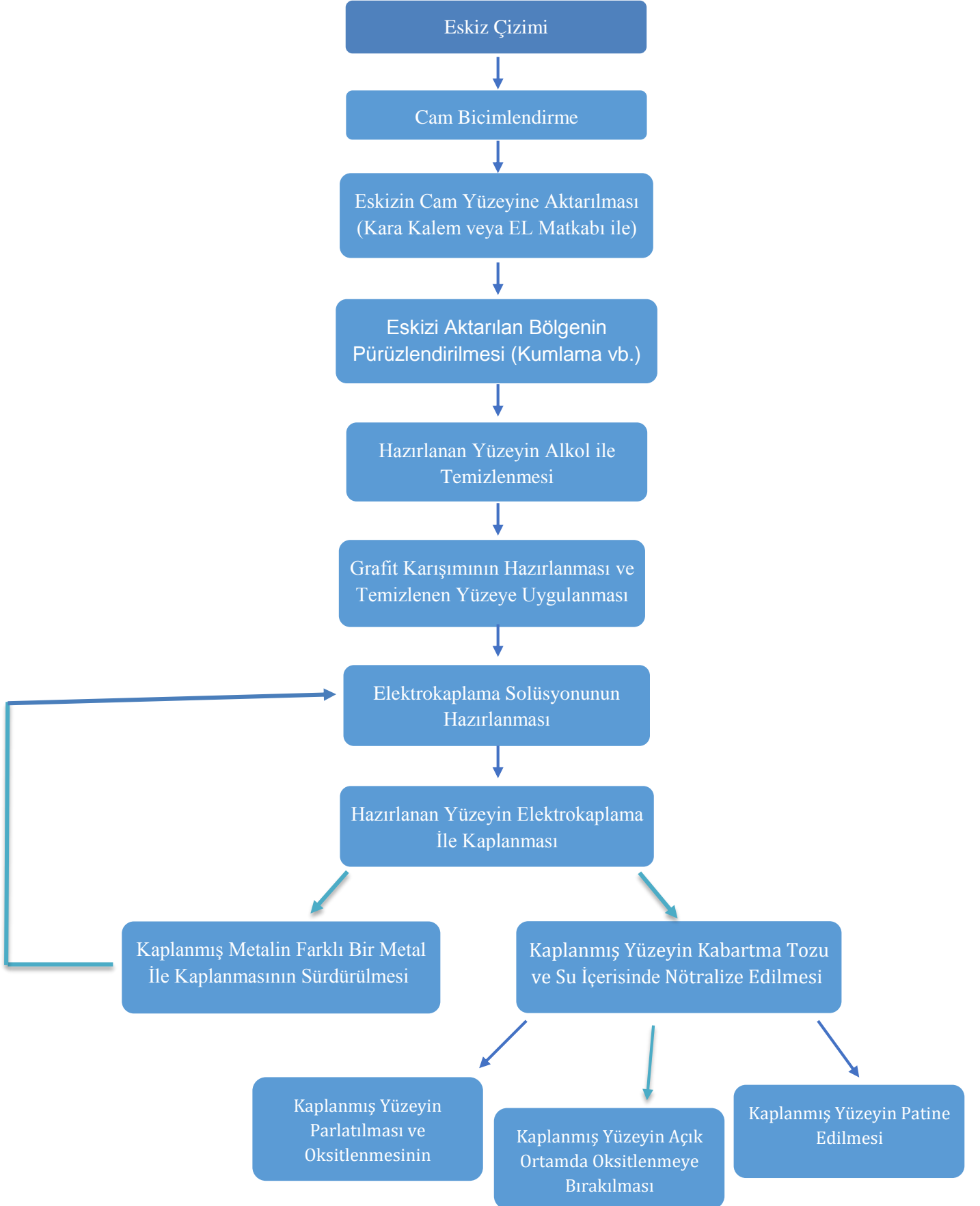
## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. ESTETİK BİR İFADE ARACI OLARAK ELEKTROKAPLAMA YÖNTEMİNİN CAMDA KULLANIMI VE KİŞİSEL UYGULAMALAR

Tezin uygulamalı bölümü için hazırlanan çalışmalar belli bir takım aşamalar uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar kısaca; iletken pasta ve kaplama için uygun solüsyonun elde edilmesi, farklı iletken pastalar deneyip çalışma için uygun pastanın kullanımına karar verilmesi, en uygun pastayı farklı akım ve voltajlarda deneyerek optimum akım ve voltaj değerlerinin tespit edilmesi, farklı cam türlerinin düz ve eğimli yüzeylerde istenilen motifleri iletken pasta ile aktarıp elektrokaplama işlemi gerçekleştirilmesi, kaplanmış yüzeylerin nötralize edilip son işlemler yapılmasıdır (Tablo 3).

Ancak bu sıralama ve bulunan değerler her çalışma için mutlak değildir işin boyutu, istenilen etki ve yüzeye aktarılan motife bağlı olarak farklılık göstermektedir. Aşağıda tez uygulama aşamaları ve bazı işlerin kaplama süreci başlıklar halinde sunulmuştur.

Tablo 3. Cam Yüzeyine Elektrokaplama Uygulaması Akım Şeması.



Yukarıdaki tabloda her aşamada dikkat edilmesi gereken unsurlar görülmektedir ve uygulanan işlemler. Bu önemli noktalar:

**a.** Elektrokaplama asidik ve oda sıcaklığında (20°C- 35°C) gerçekleşen bir teknik olduğu için, formu biçimlendirme sırasında (üfleme<sup>1</sup>, kalıpta biçimlendirme<sup>2</sup>, açık alevde şekillendirme<sup>3</sup>) iyi tavllanmış<sup>4</sup> herhangi bir cam türünün kaplanması mümkün olmaktadır.

**b.** Cam yüzeyi pürüzlendirme sürecinde dikkat edilmesi gereken nokta; eğer çok düz kaplanmış yüzey tercih ediliyorsa, cam yüzeyindeki pürüzler ince olması gerekmektedir yoksa yüzeyde etki bırakabilir. Ancak eğer dokulu ve pürüzlü kaplanmış yüzey isteniliyorsa; cam yüzeyinde derin oyma, kesme vb. etkiler yaratmak ile dokulu yüzey elde edilebilir.

**c.** Cam yüzeyinde elektrokaplama uygulama prosesinde en önemli süreç; grafit karışımı hazırlama ve yüzeye uygulamasıdır. Grafit karışımı için; belirli miktarda toz grafit, yarısı kadar parlak vernik ve aynı miktarda selülozik tiner karıştırılıp daha sonra uygulama bölgesine göre istenildiği kadar tiner ile inceltilebilir (örneğin 10 gr grafit, 5gr vernik ve 5gr tiner).

Bu karışım bekletildiğinde vernik yüzeyde toplanır, dolayısıyla uygulama sırasında sürekli karıştırılması gerekmektedir. Eğer karıştırılmadan yüzeye sürülürse, toplanmış vernik, kaplanmayı engelleyebilir.

---

<sup>1</sup> . Fırın içinde 1200 °C sıcaklığında olan cam 1 metre uzunluğunda metal pipo ile alınıp metalin içine üflenerek cam şişirilir ve şekillendirilir. Bu cam şekillendirme tekniği cam üfleme tekniği olarak tanımlanmaktadır.

<sup>2</sup> . Bir kalıbın içindeki boşluğu ergitilmiş cam veya cam kırığı ile doldurulup, fırın içinde camı 850 °C'ye ısıtılarak kalıbın içindeki boşlukların doldurulmasının sağlanması demektir. Bu yöntemle kalıp ile şekillendirme veya cam döküm tekniği de denilir (Cummings, 1997: 64-66).

<sup>3</sup> . Çubuk camların alev altında 1200 derece ısıtılarak bal kıvamında sıvılaştırıldıktan sonra kor ateş haldeyken mandrel adı verilen çelik çubuklara sarılıp, çevrilmek suretiyle şekillendirilmesidir.

<sup>4</sup> . Biçimlendirilmiş sıcak cam soğurken dış ve iç bölgelerinde sıcaklık farklılığından oluşan gerilimi önlemek için, camın belli bir sıcaklık noktasında (tavlama noktası) bekletilir. Gerilimi önlemek için yapılan bu sürece tavlama denilir.

Grafit yüzeyde her kısımda eşit ve belli bir kalınlıkta olması gerekmektedir. Bu nedenle kaplanacak bölgeye bağlı olarak iki veya üç katta sürülmesi tercih edilebilir. Her kat konulduğunda kurumması için 5-8 saat bekletilmelidir.

**d.** Kaplama sırasında ise kontrol edilmesi gereken faktörlerin birincisi; kaplama bakır telin yüzey ile temas ettiği bölgeden başlar ve kaplama devam ettiğinde tel yüzeyle kaynaşıp yüzeyi bozabilir. Dolayısıyla kaplama sırasında belli bir zaman aralığında, telin yüzeyle temas bölgesinin değiştirmek, yüzeyde iletkenliğin artırması yoluyla daha hızlı ve homojen kaplanmış yüzey elde edilebilir.

İkinci faktör ise; obje ile bakır levhanın arasındaki mesafe yüzey kaplanmasını etkilemektedir. Bu nedenle homojen ve eşit kalınlıkta kaplanma sağlanması için, bakır levha ve objenin her bölgesinin arasındaki mesafe aynı olmalıdır. Ayrıca yer çekimi de yüzeyin dokusunu etkilemektedir. Eğer uzun zamanda aynı pozisyonda tutulursa ve özellikle eğer yüksek akımla kaplanıyorsa; yüzeyde yer çekimini doğru çizgiler oluşacak.

**e.** Yüzey istenilen kalınlıkta kaplanınca, ılık musluk veya saf su ile yıkanıp yüzeyi nötrale<sup>1</sup> etmek için suya sokup suya kabartma tozu eklenir. Kaplanmış alanın genişliği ve kaplama solüsyonda bekleme süresine bağlı olarak yaklaşık yarım ile bir saat arası kabartma tozu ve suda bekletilmesi gerekmektedir.

**f.** Yüzey asitli solüsyondan arınınca son işlem yapılabilir. Yüzey ince ve yumuşak metal fırça ile parlatılabilir. Ancak kaplanmış tabaka eğer çok ince ise daha yumuşak ve dikkatlice yapılmalıdır. Parlatılmış yüzeyin tekrar oksitlenip kararmasını önlemek için yüzeye vernik sürülebilir. Eğer daha sanatsal bir yüzey tercih ediliyorsa yüzeye yüzey oksitlenmeye bırakılabilir veya patine teknikleri uygulanabilir.

Yukarıdaki faktörlere dikkat ederek tezdeki uygulamalar aşağıdaki malzemeleri kullanarak yapılmıştır.

---

<sup>1</sup> . Grafit ve kaplanmış yüzey asitli solüsyonu emir. Yüzeyi asitli solüsyondan arındırmasına nötrale etmek denilir. Eğer asitli solüsyon yüzeyden çıkarılmasa zamanla yüzeyin karalmasına ve leke izi bırakmasına neden olur.



### 3.1. Kişisel Uygulama Prosesinde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Çalışma süresinde farklı cam türlerinde (Soda – kireç - silika pencere camı, Glasma 705, Preciosa Ornela (Çek Cumhuriyeti) renkli kristal camları) eğimli ve düz camlar yüzeyinde kaplama gerçekleştirilmiştir. Kullanılan cam türleri ve özellikleri (Tablo 4)'de bulunmaktadır.

Tablo 4. Farklı Cam Türleri ve Özellikleri.

%	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	T <sub>1</sub>	T <sub>d</sub>	T <sub>g</sub>	A
Soda- Kireç- Silika	72	13,9	8,4	3,9	1,1	0,6	0,1	-	-	-	548	726	514	8,3× 10 <sup>-6</sup>
Glasma* 705				-	-		-			-			500 ±50	9,9× 10 <sup>-6</sup>
Saphir 3007	71	12	4	-	-	8	-	3	1	1	540	656	475	10,14 × 10
Ametyst 2002	70	17	7	-	-	5	-	-	1	-	548	651	504	10,55 × 10
Topas 1002	70	13	3	1	-	7	-	3	3	-	538	644	471	10,32 × 10
Rubby 9009	67	12	1	1	1	9	-	1	3	5	524	654	460	10,12 × 10
Emerald 5072	72	12	4	-	-	9	-	3	-	-	540	645	473	10,21 × 10

\*Glasma camının içeriğinin yüzdeleri bulunmamaktadır.

T<sub>d</sub>: Yumuşama sıcaklığı

T<sub>g</sub>: Gerilme noktası

T<sub>1</sub>: Deformasyon noktası

α: Termal genleşme katsayısı

Kaplama süresinde cam dışında kullanılan ve özelliği önemli olan madde parlak vernik ve selülozik tinerdir. Yüzeyi iletken hale getirmek için kullanılan grafit karışımında

inceltiilmiş vernik grafiti cam yüzeyine tutturmak için eklenmektedir. Uygulamalar sırasında kullanılan vernik markası; Dewilux parlak vernik (Vigoloid: 313- 0680- 10) ve inceltici olarak Mobel selülozik tiner kullanılmıştır.

Dewilux (Vigoloid: 313- 0680- 10): selüloz esaslı hava kurumalı. Çizilme ve darbeye dirençli ve aşındırıcı, ihtiva etmeyen deterjan ve temizlik malzemelerinden etkilenmez.

Fiziksel özellikleri: yoğunluk (20°C, gr/Cm<sup>3</sup>)

Kuruma süresi: 15- 20 dk

Katı (Ağırlıkça, %): 34-36

İncelme oranı: 90-100%

Kullanılabilen yüzeyler: ahşap yüzeylerde, selülozik, poliüretan ve polyester dolgu vernikleri ile hazırlanmış yüzeyler üzerinde son kat olarak kullanılabilir.

Malzemelerin özelliklerini ve yöntemin limitlerini anlayarak, uygulamalar aşağıdaki süreçlerle yapılmıştır.

### **3.2. UYGULAMALAR İÇİN UYGUN SOLÜSYON HAZIRLANMASI, ÇEŞİTLİ İLETKEN PASTALARIN CAM YÜZEYDE DENEMESİ**

Bakır elektrokaplama, iki asitli ve siyanürlü ortamda gerçekleştirilmektedir. Ancak siyanürün tehlikeli ve zararlı olması nedeniyle, denemeler asitli ortamda yapılmıştır. Farklı metalleri kaplamak için piyasada farklı içerikli hazır solüsyonlar bulunmaktadır. Ancak tez çalışmaları sürecinde kullanılan solüsyon araştırmacı tarafından hazırlanmamıştır. Solüsyon içeriğinde; bakır sülfat, sülfürik asit ve destiyle su kullanılmaktadır.

Cam yüzeyini iletken hale getirmek için araştırmalar ve bulunan yöntemler arasından, sanatçıların kullandığı yöntemlerden farklı ve daha estetik bir görünüm sağlamak için, cama grafit uygulanarak yüzeyinin metalize edilmesine karar verilmiştir. Dolayısıyla grafit içeren maddeler ile denemeler yapılmıştır.

### 3.2.1. Kalem

En basit ve en kolay bulunabilir aynı zamanda grafit içeren malzeme kurşunkalemidir. İlk denemelerde kalem ile kumlanmış cam plakalar üzerine motifler çizerek elektrokaplama denemeleri gerçekleştirilmiştir (Görsel 39).



Görsel 39. Kumlanmış Plaka Cam Üzerinde Kalem İle Çizilen Motiflerin Bakır Elektrokaplama Uygulanması

Bu denemelerde yüzey iletkenliği yeterli olmadığı için bakır desenin tamamını kaplamamıştır. Kaplanan kısımlarda istenilenden daha düşük kaplama alanı olması nedeniyle akım fazla gelmiş grafitli yüzeye kaplanan bakır kabarmıştır dolayısıyla kaplama homojen olarak gerçekleşmemiştir.

### 3.2.2. Ticari İletken Karbon Boya

Denemelerin devamı ticari iletken karbon boya ile cam boncuklar üzerine yapılmıştır. Bu pasta ile kaplanan aynı boyutta olan boncuklar farklı voltaj ve akım değerleri ( $A=0,1 A - 0,4 A$ ,  $V= 0,1 V - 0,4 V$  ve  $T=15 - 60$  dakika) ile kaplanması gerçekleştirilmiştir. Ancak bu iletken pasta (iletken yapıştırıcı) ile de iletkenlik sağlanmamakta ve kaplama biraz daha devam ettiğinde pastanın yüzeyden ayrıldığı görülmüştür. Ayrıca kaplanan kısımlar köpürmüş ve kırılğan bir yüzey elde edilmiştir (Görsel 40- Görsel 41 ).



Görsel 40. Ticari İletken Karbonlu Boya İle Metalize Edilip ve 0,1 A ile 90 Dakika Kaplanması Sonrası Görsele.



Görsel 41. Asit Esaslı Solüsyon İçerisinde Liquid İletken Boya İle Metalize Edilmiş Yüzeyin Kaplanması (elektrokaplama).

### 3.2.3. Ticari Sıvı İletken Boya

Bu iletken pasta diğer pastalara göre cam yüzeyinde ve asitli solüsyonda daha dayanıklıdır ve sıvı olduğu için daha homojen bir tabaka elde edilmiştir. Ancak iletkenliği yeterli olmadığı için kaplama sadece telin kaplanmış cam yüzeyine temas ettiği yerde gerçekleşmiştir ve bu yüzeyin iletkenliğini arttırmak için iki sıvı tabaka ortasında toz grafit kullanılmıştır. Yüzeyde iletkenlik sağlanmasına rağmen yüzeydeki kaplama iri taneli, kırılğan sadece bakır oksitten bir tabaka oluşmuştur ve bu problem alanı büyütürken  $\text{cm}^2$  ye gelen akım değerini düşürerek çözülmüş ve ilk kaplamalar gerçekleştirilmiştir (Görsel 42 ve Görsel 43).



Görsel 42. Ticari Sıvı İletken Boya İle Kaplanmış ve 0,1 A Uygulanarak 260 Dakika Boyunca Kaplanmıştır.



Görsel 43. Ticari ve Toz Grafitle Boyanmış, 0,3 V Uygulanarak Kaplanmıştır.

#### 3.2.4. Toz Grafit ve Vernik Karışımı

Alanın genişlemesi ile kaplanma süresi de uzadığı için yüzeyde uygulanan pasta uzun süre asitli ortamda bulunduğu için grafit pastanın bağları ortamdan etkilenip, yüzeyin mukavemetinin düşmesine neden olmuştur. Geniş alanların kaplanabilmesi için iletken tabakanın asitli solüsyonda daha dayanıklı hale getirilip kaplanma işleminin hızlandırılması bu problem için uygun çözüm olarak görülmüştür. Yüzeyi daha dayanıklı kılmak için sıvı grafit yerine vernik ile toz grafit karışımı kullanılmıştır. Kaplanmayı hızlandırmak için daha düz ve pürüzsüz bir yüzey elde edilmiştir.

### 3.3. AKIM VE VOLTAJ OPTİMUM DEĞERLERİNİ BULMAK İÇİN YAPILAN SİSTEMATİK KAPLAMALAR

Belli oranlarda toz grafit ve vernik karışımının sanatsal çalışmalar için yeterli iletkenliğe sahip olması, dayanıklı olması ve yüzeye müdahale edilerek istenilen etki elde

edilebilmesi ve kaplamayı hızlandırması nedeniyle tez uygulamalarında iletken pasta olarak kullanılmıştır. Dolayısıyla bu iletken tabaka için optimum akım ve voltajın değerlerinin belirlenmesi gerekmiştir. Bu nedenle başlangıçta cam yüzeyinde elektrokaplama denemeleri aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir:

### 3.3.1. Voltaj Uygulanarak Yapılan Denemeler (0,1 V – 0,2 V- 0,3 V)

İlk denemeler 3cmx3cmx5mm boyutunda cam yüzeyinde yapılmıştır (Görsel 44). Camlar grafitle kaplanıp kaplama solüsyonu hazırlanmıştır. Voltaj değişiminin etkisini izlemek için diğer değişkenler sabit tutulmuştur. Deneyin ilk kısmı, belirli zaman aralıklarında voltajın değiştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir.

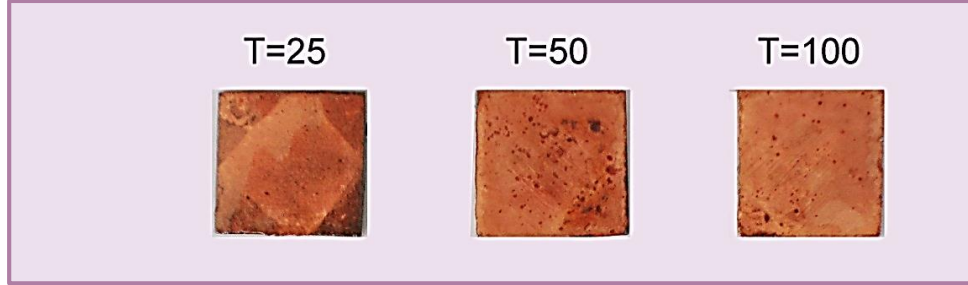
Başlangıç denemeleri voltaj değiştirilerek yapılmıştır. İlk önce 0,1 V değerinde 25, 50 ve 100 dakika süre boyunca kaplama yapılmıştır. Yüzeyin homojen bir şekilde kaplanması için işlem kontrol altında ve belirli zamanlarda kaplama yüzeyi - kısıkaç temas bölgesi değiştirilerek yapılmıştır.



Görsel 44. *Sistemik Çalışmalar İçin Toz Grafiti ve Vernik Karışımı ile Cam Yüzeyinin Metalizasyonu.*

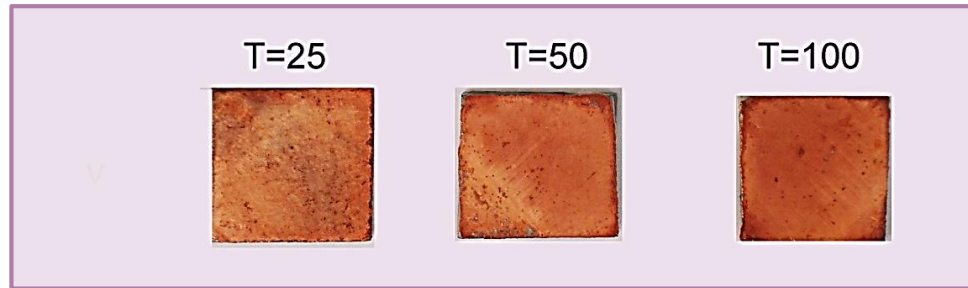
0,1 V yapılan kaplamalarda 25 dakikada süre kısa olması nedeniyle yüzeyin homojen kaplanması için yeterli olmamıştır, grafit tabaka tamamen kaplanmamıştır. 50 dakika sonunda yüzey neredeyse tamamen kaplanmış bazı kaplanmamış bölgeler görülmüştür ve

100 dakika sonunda yüzey çok daha homojen kaplanmış ve kalınlaşmaya başlamıştır ve parlak bir yüzey elde edilmiştir (Görsel 45).



Görsel 45. 0,1 V Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu ( T= zaman; 25, 50 ve 100 dakika)

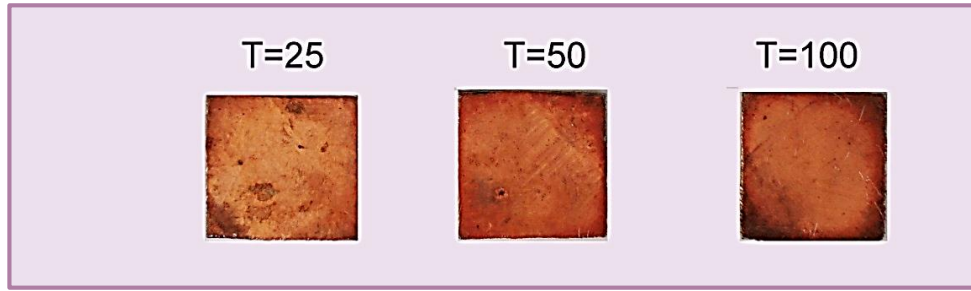
0,2 V uygulandığında yapılan elektrokaplama denemelerinin sonucu birinci denemeler serisi ile kıyaslandığında çok farklı değildir ve sadece kaplama kalitesinde ve renk homojenliğinde ufak değişiklikler olmuştur. 0,2 V uygulanarak 25 dakika süre boyunca kaplanan yüzey, aynı zaman aralığında düşük voltaj ile yapılan kaplamadan biraz daha parlak olmuş ve 100 dakikada yüzey rengi biraz daha koyu olmuştur. Ayrıca köşelerde bazı kaynama ve pürüzlenme belirtileri görülmüştür (Görsel 46).



Görsel 46. 0,2 V Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu( T= zaman; 25, 50 ve 100 dakika).

Voltaj deneylerinin 3.serisi 0,3 volt uygulanarak yapılmıştır. Sonuçlar genelde 0,1 V'dan daha parlak ve homojen olmuştur ancak parlaklığı 0,2 V'da elde edilen kadar değildir ve kaplama rengi daha koyu olmuştur. 0,3 V'da 25 dakikada yüzey tamamen kaplanmıştır

ancak homojen kalınlık elde edilmemiştir. 50 dakika boyunca kaplamanın sonucunda pürüzlü bir yüzey oluşmuştur ve bazı bölgelerde homojen olmayan kalınlık nedeniyle alt tabaka gözükmemektedir. Beklenildiği gibi 100 dakika boyunca biriktirme sonucunda önceki kaplamalara göre daha uzun sürede ve daha yüksek voltaj ile kaplama nedeni ile, köşelerde daha pürüzlü bir doku, koyu renk ve merkezde daha parlak ve homojen yüzey elde edilmiştir (Görsel 47).



Görsel 47. 0,3 V Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu ( $T=$  zaman; 25, 50 ve 100 dakika).

Voltaj üzerinden yapılan denemelerde en iyi sonuçların 0,2 V uygulayarak ve 50 ile 100 dakika süre boyunca yapılan kaplamalarda olduğu görülmüştür. Bu parametrelerde voltaj değiştirilerek elde edilen en homojen kaplamalara ulaşılmıştır.

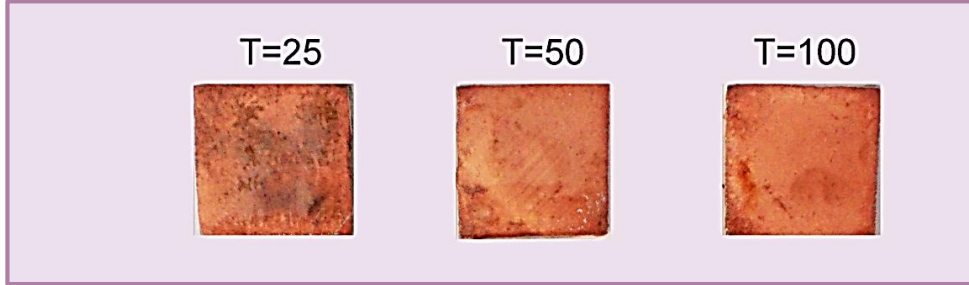
### 3.3.2. Akım Uygulayarak Yapılan Denemeler (0,1 A- 0,2 A- 0,3 A)

İkinci grup denemeler amper ve zaman parametreleri değiştirilerek yapılmıştır. Denemeler aynı süre boyunca ve aynı şartlarda farklı amper değerlerinde yapılmıştır. Amper uygulayarak yapılan denemelerde genellikle daha koyu ve pürüzlü yüzeyler elde edilmiştir. En parlak, homojen ve düz yüzey düşük amper denemelerinde 50 ve 100 dakika süre boyunca yapılan kaplamalar da elde edilmiştir.

0,1 A uygulayarak ve 25 dakikada; yüzeyde patine etkili ve homojen olmayan tabaka oluşmuştur. 0,1 A uygulanan denemelerde 50 dakika boyunca kaplama sürecinde yüzey tamamen kaplanmış ancak tam homojen ve parlak yüzeye ulaşılamamıştır ancak aynı

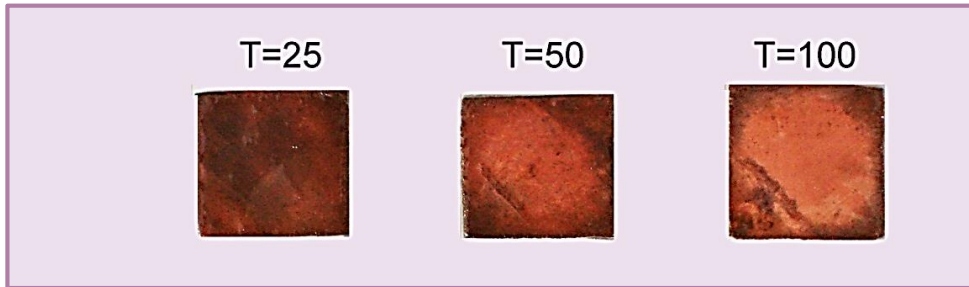


amper değerinde 100 dakika boyunca kaplama yapıldığında daha parlak ve daha homojen yüzey elde edilmiştir (Görsel 48).



Görsel 48. 0,1 A Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu (  $T=$  zaman; 25, 50 ve 100 dakika).

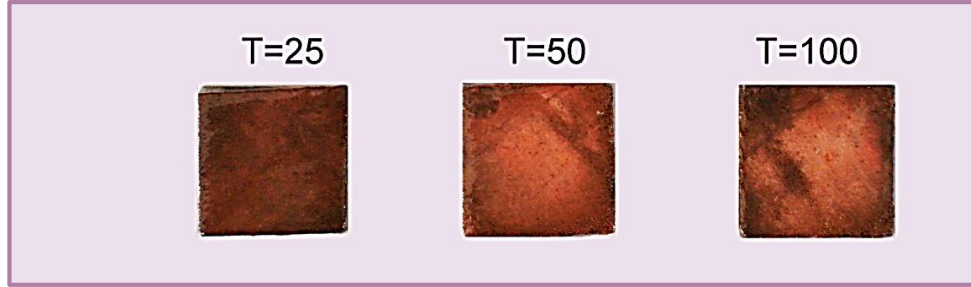
Amper parametreleri değiştirilerek yapılan denemelerde en ilginç olay; yüzeyde çeşitli koyu renk tonlarının oluşması şeklindedir ve ilk siyah yüzey oluşumu 0,2 A'de ve 0,3 A'de değerlerinde 25 dakika boyunca yapılan kaplama sonucunda elde edilmiştir. 0,2 A'de yapılan kaplamalarda zamanla merkezde daha parlak yüzeye ulaşılmış ve köşelerde daha fazla pürüzlenme görülmeye başlanmıştır (Görsel 49).



Görsel 49. 0,2 A Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu (  $T=$  zaman; 25, 50 ve 100 dakika)

Amper değişimi üzerinden 3. seri denemeler 0,3 A uygulanarak yapılmıştır. İlk dakikalardan başlayarak kaplanan yüzey pürüzlü ve koyu olmuştur. 50 dakika sonunda pürüzlenme artmış ve yüzeyin rengi kahverengimsi tona dönüşmüştür. 100 dakika

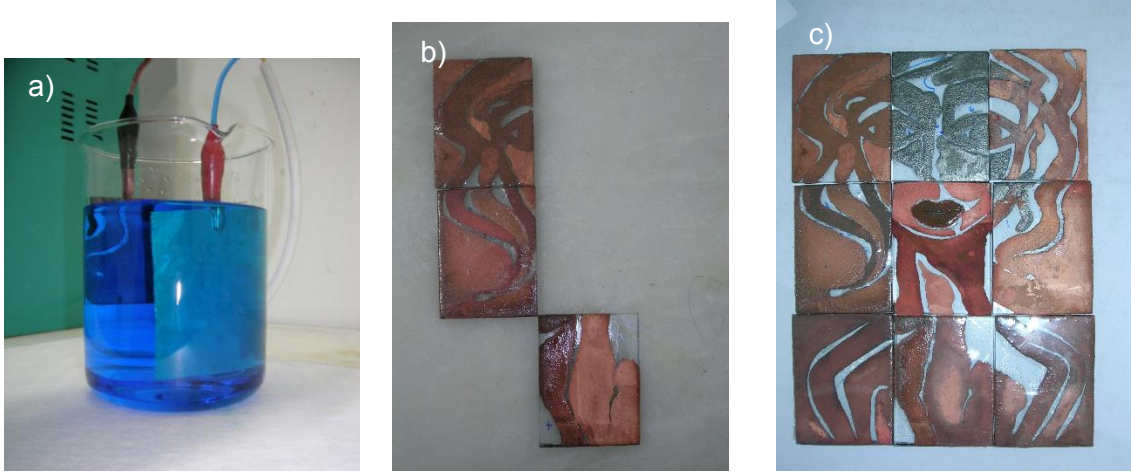
sonunda kaplanan örnekte ise daha iri taneli yüzey ve daha koyu renk elde edilmiştir (Görsel 50).



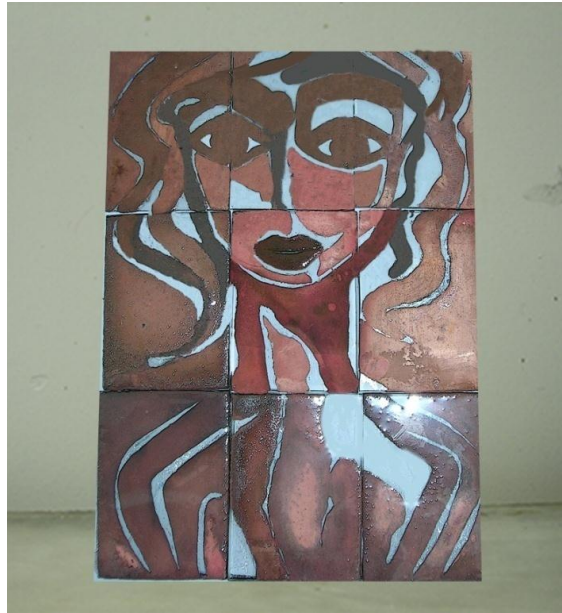
Görsel 50. 0,3 A Uygulanarak Yapılan Denemelerin Sonucu (T= zaman; 25, 50 ve 100 dakika).

0,3 V ve 0,3 A değerlerinin üzerinde voltaj ve akım değerlerinde kaplama denemeleri yapılmamıştır bunun nedeni ise 0,3 V ve 0,3 A’de yapılan kaplamalarda daha koyu ve daha pürüzlü yüzeyler oluşmasıdır. Akım değeri değiştirilerek yapılan denemelerde optimum sonuçlar 0,1 A’de 50 ve 100 dakika boyunca yapılan kaplamalarda ulaşılmıştır. Amper denemelerinden elde edilen sonuçlara göre, sanatsal cam eserler üretmek için istenilen doku ve bazı renk tonları elektrokaplama yöntemi ile hiç kimyasal kullanmadan ve sadece amper değişimi ile gerçekleştirilmiştir.

Bu denemelerin sonu; renk ve doku değişimi ile yapılmış olan “Bilinç Dışı” çalışmada sunulmuştur. Bu çalışmada; hislerin parlaklığı ve tekniğin özel kullanımını göstermek için ilk bakıştaki hisler metal ile cam yüzeyine aktararak, gösterilmiştir (Görsel 51 ve Görsel 52).



Görsel 51. a) *Bilinç Dışı İsimli Çalışmanın Kaplama Süreci* b) *Bazı Kısımların Elektrokaplama İle Bakır Kaplanmış Hali* c) *Tüm Parçaların Biraraya Getirilmiş Hali*



Görsel 52. *Amaneh Manafidizaji. "Bilinç Dışı", Düz Cam Yüzeyinde Elektrokaplama Yöntemi İle Doku ve Renk Oluşturulmuştur.*

**Fotoğraf:** Amaneh Manafidizaji

### 3.4. KİŞİSEL UYGULAMALAR

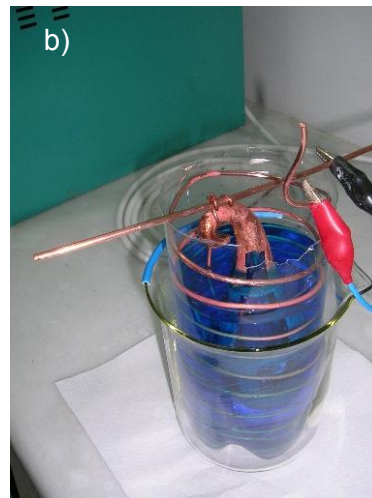
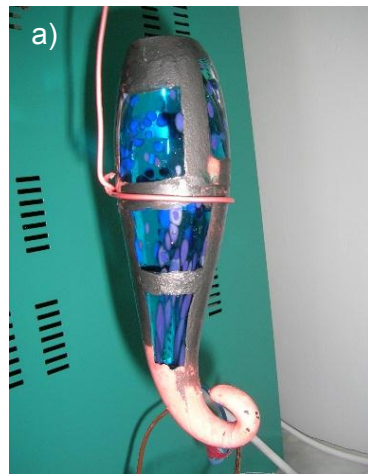
Denemelerden elde edilen tecrübeleri kullanarak bazı sanatsal çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda cam yüzeyini iletken hale getirirken veya kaplama sürecinde voltaj ve akımı

değiştirilerek istenilen doku ve renk bakır elektrokaplama yöntemi ile elde edilmiştir. Uygulamalarda kullanılan sanatsal cam objeler, sıcak cam üfleme ve kalıpla şekillendirme tekniği ile hazırlanmıştır. Tez araştırması için gerçekleştirilen uygulamalar doğa temasında üretilmiştir. Bu çalışmalarda doğadan esinlenerek yola çıkılmıştır. Uygulamalarda doğada bulunan form, doku, renkler ve hatta hisler teknik ve estetik etkileşimin özünü cam ve metal birleşimi ile oluşturmuştur.

Kişisel uygulamalar iki tema üzerinden biçimlendirilmiştir. Bunlar; “Doğadan” ve “Kadın – Erkek”.

### 3.4.1. “Doğadan” Temalı Uygulamalar

Doğada bulunun en küçük canlı ve bu canlının birikiminden oluşan sonsuz canlı doğa, olağanüstü yapısı ile insanı büyüleyen bir gerçektir. Hücrenin her bir ögesi yarattığı doğanın güzelliğini yansıtmaktadır. Mikroskobik görünümde hücrenin ince şeffaf zar içinde bulunan renkli hücre organları camın şeffaflığının arkasında ışığı kıran renkli objelerle ile şemalandırılabilir. “Doğadan - A1 ” adlı çalışmada şeffaf camın yüzeyinde renkli granül taneleri kullanımı hücrenin mikroskobik görünümü ve bakır elektrokaplama ile yüzeyde yapılan doku hücrelerin birikiminden oluşan bir bütünü sunmaktadır (Görsel 53-Görsel 56).



Görsel 53. a) *Grafitle Kaplanmış Cam Yüzeyinin Kaplanma Sırasındaki Kontrolü* b) *Grafitle Kaplanmış Cam Yüzeyinin Kaplama Solüsyonu İçindeki Görseli.*



Görsel 54. *Kaplanmak İstenmeyen Kısımların Streç Filmle Maskelenmesi*



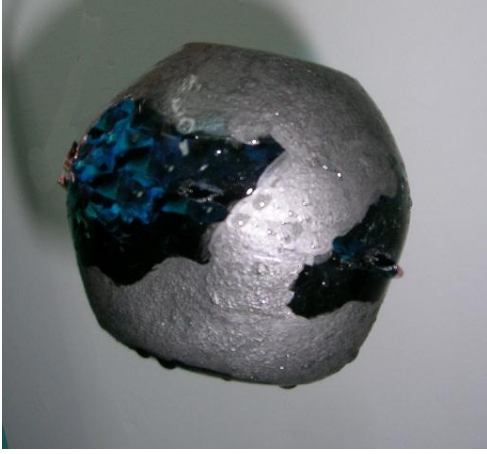
Görsel 55. *Elektrokaplama İşlemi Bitmiş Olan Mat Yüzey.*



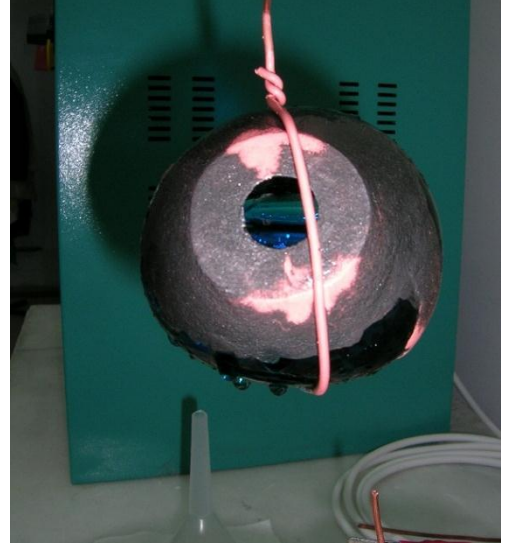
Görsel 56. *Amaneh Manafidizaji, “Doğadan A1”, Üfleme Tekniğiyle Üretilmiş ve Yüzeyde Bakır Elektrokaplama Uygulanan Sanatsal Çalışma*

**Fotoğraf:** Amaneh Manafidizaji.

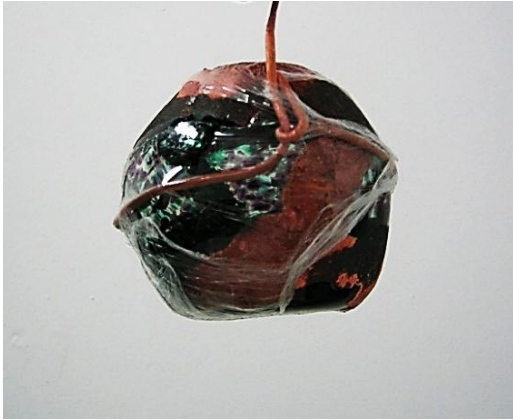
Doğa Konulu başka bir uygulamada “ Doğadan A2” adlı çalışmada doğadan alınan dokular ve ögeler cam ve metal birleşimi ile sunulmaktadır (Görsel 57- Görsel 61 ).



Görsel 57. Toz Grafit ve Vernik Karışımı İle Kaplanmış Yüzey.



Görsel 58. Kaplama Süresinin Başlangıcı  
Kaplanan İlk Kısımların Telin Grafitle  
Temas Noktasından Başladığını  
Gösteren Görsel.



Görsel 59. Kaplanmış Kısımların Fazla  
Kalınlaşmasını Önlemek İçin Streç Film  
İle Maskeleye.



Görsel 60. Kaplama İşleminin  
Tamamlanmış Hali ve Elde Edilen Yarı  
Kalın Kaplanmış ve Yarı Mat Yüzey.



Görsel 61. *Amaneh Manafidizaji, "Doğadan A2" Üfleme Tekniği ile Üretilmiş Cam ve Yüzeyde Elektrokaplama Tekniği İle Bakır Kaplanmış Sanatsal Çalışma.*

**Fotoğraf:** Amaneh Manfidizaji.

Su altı dünyasında esinlenmiş olan diğer çalışmada, suyun şeffaflığı bitkilerin ve canlıların canlı renkleri bu çalışmada bakır yüzeyini de hafif renklendirerek, sert bir metal ile doğanın renkli tabiatı sunulmaktadır (Görsel 62 ve Görsel 63)

Bu çalışma aynen diğer çalışmalar gibi grafit ve vernik karışımı ile iletken hale gelmiştir ve düşük voltaj değeri ile kaplanmıştır.



Görsel 62. *Solüsyondan Çıkarılınca Mat Bir Yüzey Halinde Olan Elektrokaplama Yapılmış Yüzeyin Görseli.*



Görsel 63. *Amaneh Manafidizaji. “Doğadan- Deniz Canlısı”, Sıcak Cam Üfleme Tekniği ile Üretilmiş Olan Camın Yüzeyinin Elektrokaplama Yöntemi ile Bakır Kaplanmış Halinin Görseli.*

**Fotoğraf:** Amaneh Manafidizaji

Tez uygulama döneminde yapılmış olan diğer çalışmada ise grafit, yüzey pürüzsüz olacak şekilde uygulanmış ve kaplama bu şekilde kaplama sırasında yüzeyin daha düz (pürüzsüz) olması sağlanmıştır. Bu sayede yüzeyin tamamında aynı doku ve renk elde edilmiştir “**Nedensiz**” isimli çalışma suyun akışı teması işlenerek düz ve üflenmiş camlar üzerine bakır elektrokaplama yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur (Görsel 64- Görsel 66).

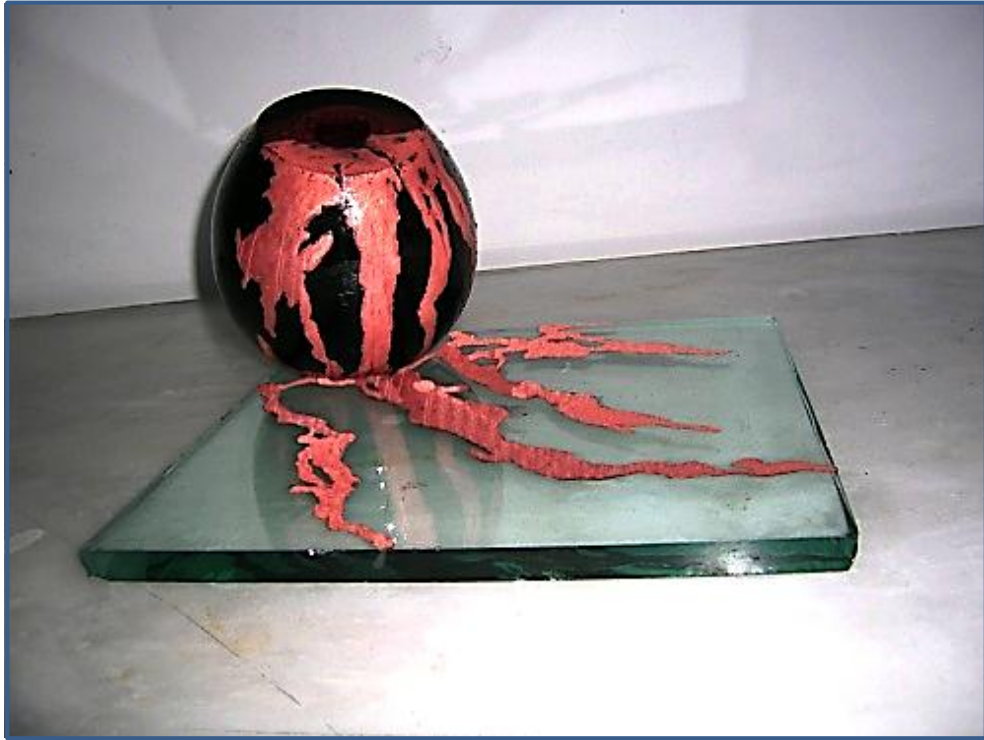




Görsel 64. *Cam Yüzeyine Fırça ile Grafit Uygulaması*



Görsel 65. *Yüzeyde Oluşan İnce ve Renkli Bakır Tabakası. Elektrokaplama İşleminin Tamamlanmamış Hali*



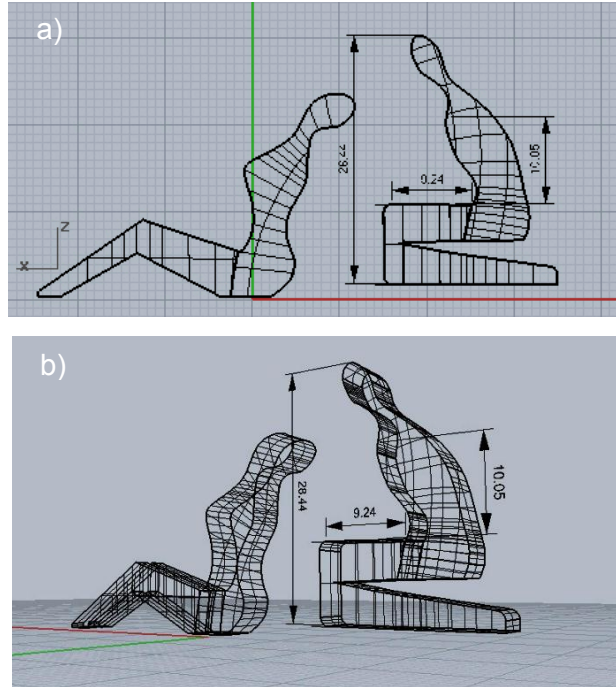
Görsel 66. *Amaneh Manafidizaji, "Nedensiz", Düz ve Üflenmiş Cam Yüzeyine Elektrokaplama Uygulaması ile Bakır Kaplanmış Sanatsal Çalışma.*

**Fotoğraf:** Amaneh Manafidizaji.

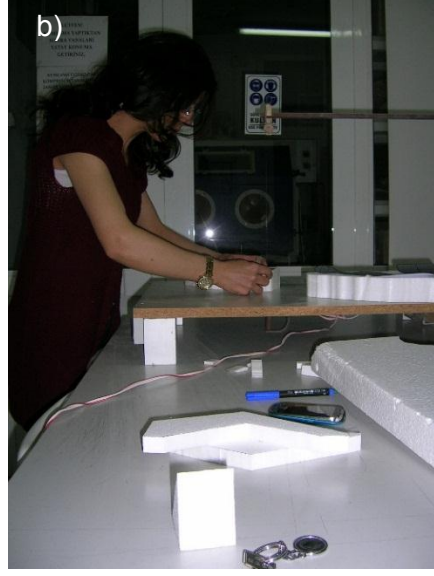
Denemeler sonunda elde edilen tecrübelerden tezin son çalışmaları “Kadın- Erkek” serisinde kalıba döküm tekniği ile figürler şekillendirilmiştir. Grafitle vernik karışımı ile yüzey iletken hale gelmiştir. Bu çalışmalarda kadın ve erkeğin birbirinin yanında bulunduğu anda yaşanan duygusal hisler bakır kaplama ile yüzeye aktarılmaktadır. Bakırın sert bir malzeme olmasına rağmen ve elektrokaplama'nın teknolojik bir teknik olması sayesinde doğanın en duygusal, en zarif ve en hassas etkilerini cam yüzeyine aktararak sunma imkânı olmuştur.

### 3.4.2. “KADIN- ERKEK” TEMALİ UYGULAMALAR

Bu seride figürler Rhinoceros 5 üç boyutlu programda çizilmiştir ve strafor model malzemesi ile modeller hazırlanmıştır. Yapılan kalıpla fırında şekillendirme tekniği ile figürlerin cam olarak yapılmıştır. Cam modellerde soğuk şekillendirme ve parlatma sonrası istenilen formlar grafit ve vernik karışımı ile yüzeye aktarılmıştır. Kaplanacak yüzeye göre belirli voltaj değeri uygulayarak kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Son işlem olarak patine yapılmadan yüzeyler sadece parlak hale getirilmiştir. Bu seriden aşağıdaki örnekler bulunmaktadır. (Görsel 67- Görsel 76)



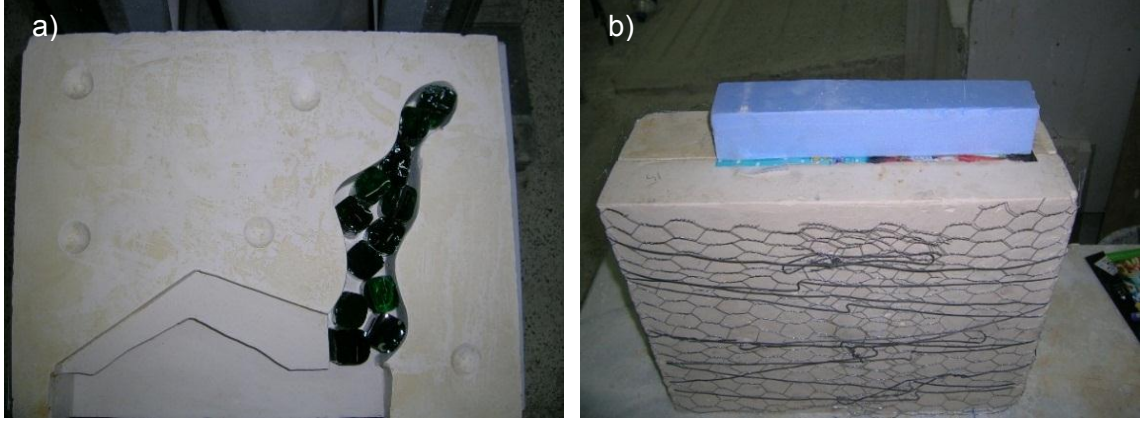
Görsel 67. Modellerin 3 Boyutlu Çizimlerinin, a)Ön Görüntüsü b) Perspektif Görüntüsü.



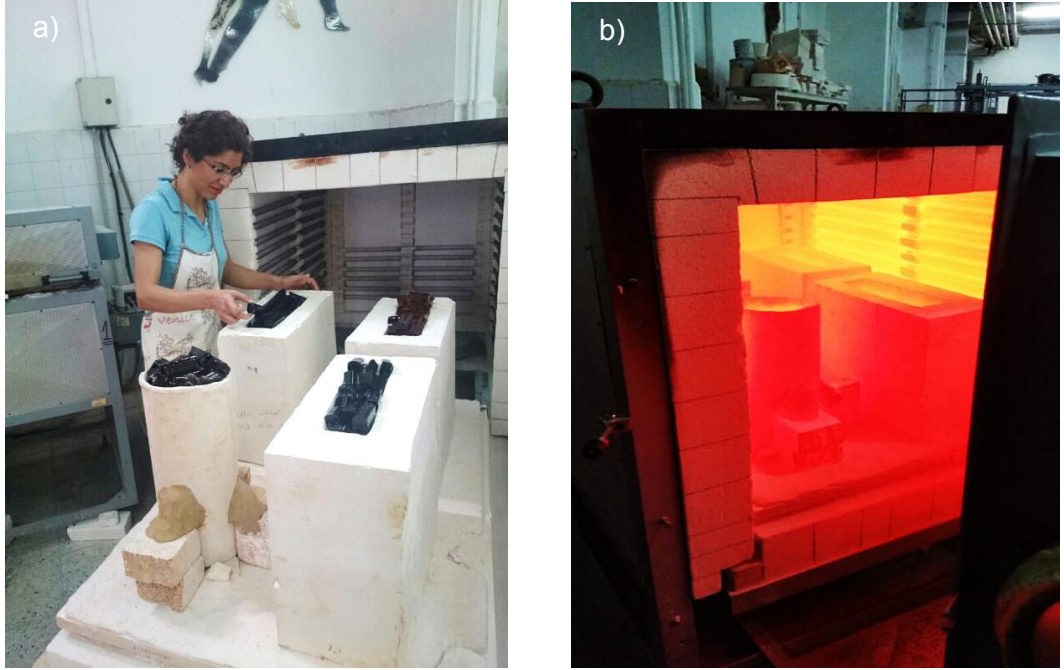
Görsel 68. a) Üç Boyutlu Programda Çizilmiş Olan Modelin Strafor Model Malzemesi Üzerine Yapıştırılması b) Strafor Modelin Kesilmesi İşlemi.



Görsel 69. a) Strafordan Yapılmış Modelin Alçı Kalıbının Hazırlanması b) Alçı Kalıptan Straforun Çıkartılması.



Görsel 70. a) Kadın- Erkek Konulu İşlerin Kalıp İçinde Şekillendirme Yöntemi İle Şekillendirme İçin Alçı Kalıbın İçerisine Cam Yerleştirilmiş Halinin Görseli b) İki Parçalı Alçı Kalıp, Tek Parça Kalıp Yapmak İçin Kafes Teli İle Sarılmış Hali.



Görsel 71. a) Ornella Camlarının Kalıplar İçine Yerleştirilmiş Hali b) Pişirilmesi.

Kalıplar hazırlanınca Ornella renkli Çek kristal camı kalıplara yerleştirilip ve aşağıdaki diyagram ile pişirilmiştir.

Isıtma Hızı (dak.)	Sıcaklık °C	Bekleme Süresi (dak.)
90	85	360
780	677	120
Skip	850	600
Skip	435	480
700	395	250
480	100	0
End		



Görsel 72. a) İşlerin Pişirme Sürecinin Bitmesi ve Alçı Kalıptaki Hali b) Pişirme İşlemi Biten İşlerin Alçı Kalıptan Çıkarılması.



Görsel 73. a) Soğuk İşlemden Sonra Yüzeyin Pürüzlendirilmesi b) Pürüzlendirme İşleminin Ardından Grafit Sürülmesi.



Görsel 74. a) Grafit Kuruyunca El Matkabı İle Yüzeyin Düzleştirilmesi b) Kaplama İçin Fazla Grafitleri Temizlenmesi.



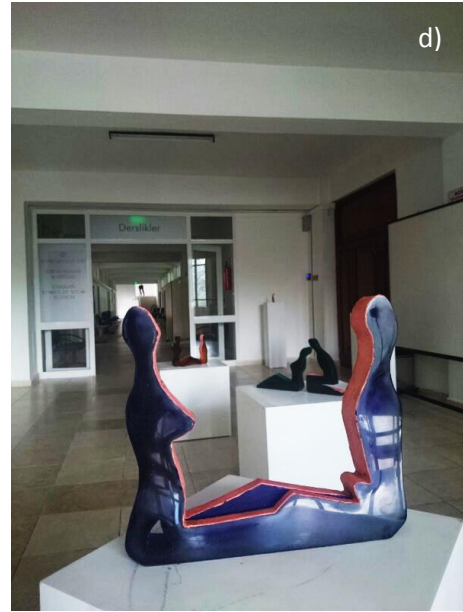
Görsel 75. a) Kaplama İşlemi İçin Solüsyon Hazırlanması b) Kaplamanın Sistemi.



Görsel 76. Amaneh Manafidizaji, “Kadın – Erkek”, Kalıp İçinde Biçimlendirme Yöntemi İle Şekillendirilen Sanatsal Çalışmanın Bakır Metali İle Kaplanan Hali.

**Fotoğraf:** Amaneh Manafidizaji.

“Kadın-Erkek” serisindeki aşamalar aynıdır. Formlar Rhinoceros 5 üç boyutlu programda çizilip modeller strafor model malzemesi ile hazırlanmıştır. Modellerin alçı kalıbı yapıp Ornela renkli camlar ile doldurulup pişirilmiştir. Soğuk işlemler ardından, elektrokaplama süreci gerçekleştirilmiştir. Son işlem olarak, musluk suyu ile yıkayıp açık ortamda oksitlenmeye bırakılmıştır (Görsel 77).



Görsel 77. a), b), c) ve d) *Amaneh Manafidizaji, “Kadın- Erkek” Serisi, Kalıpta Biçimlendirilip ve Bakır İle Kaplanana Sanatsal Çalışmaların Farklı Açılardan Görselleri. Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Yüksek Lisans Savunma Sergisi.*

**Fotoğraf:** Khorram Manafidizaji



## SONUÇ

Bu tezde cam yüzeyinde bakır elektrokaplama başarı ile gerçekleştirilmiştir. Elektrokaplama, metal veya iletken hale getirilmiş yalıtkan malzemeler üzerine, başka metal ile yeni bir tabaka oluşturma yöntemidir. Tekniğin esnekliğini kullanarak düz ve eğimli formlarda olan farklı cam türleri kaplanmıştır.

Uygulamalarda cam yüzeyini iletken hale getirmek için; diğer sanatçılar tarafından kullanımı yaygın olan sıvı bakır yerine, toz grafit ve vernik karışımı kullanılmıştır. Toz grafitin özelliği ve diğer pastalara göre avantajı; düzleştirilmemiş grafit yüzeyinde istenilen dokular, farklı renkler ve parlak yüzey elde edilmesini mümkün kılmasıdır. Ayrıca düzleştirilmiş grafit yüzeyinde; pürüzsüz yüzey eldesi ile kaplama işleminin daha hızlı bir şekilde yapılması ve metal kaplama işleminin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Grafit tozunun diğer önemli avantajı ise grafitin yüzeye istenilen kalınlıkta uygulanabilir olmasını sağlamasıdır. Dolayısıyla gereken bölgelerde hacim ve ekstra kalınlığın eldesi de mümkün olmuştur.

Bu tezde elde edilen diğer sonuç ise farklı dokular elde edilmesidir. Grafit yüzeyine müdahale etmek dışında, elektrokaplama işlem sürecinde akım, voltaj ve kaplama değerlerini değiştirerek, ayrıca objenin kaplama sırasındaki konumunu ve obje ile metal levhanın arasındaki mesafeyi değiştirerek farklı dokuların eldesi gerçekleştirilmiştir. Bu da cam sanatçısı tarafından cam üzerinde farklı etkilere ulaşmak için yaratıcı ve yeni fırsatları ortaya çıkarmaktadır.

Elektrokaplama için bakır metal ve asidik solüsyon tercih edilerek, kaplama esnasında çeşitli voltaj, akım ve uzun zaman boyunca kaplama yapabilmek mümkün olmuştur. Son derece pürüzlü ve koyu renkli yüzey ayrıca patine edilmiş (yaşlandırılmış görüntülü, eski eser gibi) yüzey etkisi elde edilebilmiştir. Düşük voltaj veya akım uygulayarak; parlak ve pürüzsüz yüzey oluşturulmuştur. Yüzeyde çizgili dokunun meydana gelmesi grafit yüzeye müdahale ederek veya kaplama sırasında objeyi sürekli dikey pozisyonda tutup yüksek akım veya voltaj değerleri uygulanarak sağlanmıştır.

Elektrokaplama işlemi bitince yüzeyin sürekli parlak kalması için; önce kaplanmış yüzeyi su ve kabartma tozu içerisinde tutulmuştur. Bu şekilde nötralize edip sonra kimyasal maddeler veya mekanik yöntemler ile parlatıp ardından yüzeyi vernik ile kaplayarak oksitlenmesi önlenebilmiştir. Ayrıca parlatılmış yüzeye vernik uygulamayıp, bakırı canlı ve yaşayan bir madde olarak kullanarak bakır yüzeyinin zamanla renk değişiminin izlenebilmesi sağlanmıştır. Kaplama işlemi bitince yüzeyi nötralize etmeden, sadece suyla yıkanabilmektedir. Böylece açık havada bırakılması ile yüzeyin oksitlenmesini hızlandırıp kısa zamanda eskitilmiş bakır etkisi gerçekleştirilebilmiştir.

Sonuç olarak bu tezde kullanılan malzemelerin özelliklerini değerlendirerek ve tekniğin sınırlarını zorlayarak; elektrokaplama tekniğini üç boyutlu formlarda uygulayıp, kelimeler ile anlatılmayan duyguların aktarılması ve sunulması başarı ile gerçekleştirilmiştir.

## KAYNAKÇA

- A. Sezai, S. (1995). Metal kaplama ve elektrokimyasal teknolojiler, İstanbul: Çağlayan kitabevi.
- Bray, C. (2001). Dictionary of glass, materials and techniques. London: A & Black, 108.
- Berk, V. (2004). Yüzey işlemler teknolojileri.
- Beverdige, P. (2005), Worm glass: A complete guide to kiln forming technique, New York LARK BOOKS.
- Cumming, K. (2011). Çağdaş cam sanatı: fırın teknikleri ve uygulamaları (Çev: M. Ağatekin). İzmir, Karakalem kitabevi.
- Culler, R. (1931). Glass casting: Glass art from the kiln. Pennsylvania: Schiffer Publishing Ltd.
- E. Shelby, J. (2005). Intruduction to glass scince and technology, (2. Baskı), New York, Alfred University.
- Electroplating 101 metal anodizing plating, 2.<http://bookzz.org/book/672401/b9551c>.  
Erişim tarihi: 29.10.2014.
- Fowle Meleney K. (2009 ), Small scale electroforming for the studio artist.
- Fowle Meleney K. Electroforming on beads, [www.katefowle.com](http://www.katefowle.com). (Erişim tarihi: 28.10.2014)
- J. Durney, L. (2010). Electroplating engineering handbook. (4. Baskı). New York: Van Nostrand Reinhold Co.
- J. Sole, M. (1994). Electroforming: methods, materials and merchandise, Volume 46.
- Kocabağ, D. (2002). Cam kimyası, özellikleri ve uygulaması. İstanbul: Birsan yayınevi.
- Karasu, B., Ay, N. (2000). Cam teknolojisi. Ankara: Milli eğitim basımevi.
- Kanani N. (2006). Electroplating basic principles, process and practice, Berlin.
- Lowenheim F.A, Guide to selection and use of electroplated and related finishes, ASTM TP 875. <http://books.google.com/>. (Erişim tarihi:13.09.2014).
- P. Bansal, N. Doremus, R. (1986). Hand book of glass properties. New York: Academic Press.INC.

- Schlesinger, M. Paunovic, M. (2010). Modern electroplating. (5.baskı). New Jersey: John wiley& Sons, Inc.
- Scholze, H. (1991). Glass, nature, structure and properties. (Çev: M. J. Lakin). New York : Springer- verlag.
- Tait, H. (1995). Five years of glass. London: British museum press.
- Tunç, A. (2004). Kaplama mühendisliği ve uygulamaları. Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- W.Dini, J. (1993). Electrodeposition, the material science of coating and substrate. New Jersey: Noyes publication.
- Whitcraft, C. (1975). Electrodeposition of metal onto glass, Thesis, New York.
- Untracht, O. (1975). Metal techniques for craftsman, New York, 388-390.

### **Dergiler ve Makaleler**

- Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi. (2010). Camgeran uluslararası katılım uygulamalı cam sempozyumu. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Miller P. Making sculpture by means of copper electroforming, Leonardo, Vol. 12, No.2 (Spring, 1979), The MIT Press, 129-131.
- Pasquale M.A. Gassa L.M., Copper electrodeposition from an acidic plating bath containing accelerating and inhibiting organic additives, science direct Volume 53, Issue 20, 20 August 2008, Pages 5891-5904.

### **İnternet Siteleri**

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Antwerp> (Erişim Tarihi: 20.05.2014).
- [http://www.sgt.org/SGTNews/2009/SGTN09\\_05-06.pdf](http://www.sgt.org/SGTNews/2009/SGTN09_05-06.pdf) (Erişim Tarihi: 20.05.2014).
- <http://muhendishane.org/kutuphane/temel-malzeme-bilgisi/amorf-yapidaki-seramikler/> (Erişim Tarihi: 23.05.2014).
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Knoop\\_hardness\\_test](http://en.wikipedia.org/wiki/Knoop_hardness_test) (Erişim Tarihi :17.05.2015).
- <http://www.ozturkgalvano.com.tr/metal-kaplamanin-tarihcesi/> (Erişim tarihi: 27.06.2015).
- <http://videolike.org/view/yt=Hkz11N;N,1v> (Erişim Tarihi: 23.05.2015).

<http://www.metserkaplama.com/> ( Erişim Tarihi: 23.05.2015).

<http://www.nedirnedemek.com/dif%C3%BCzyon-nedir-dif%C3%BCzyon-ne-demek>  
Erişim Tarihi: 23.05.2015).

<http://www.sarnes.de/#!coating/cp9l> (Erişim Tarihi: 23.05.2015).

<http://nenedir.com.tr/metalografik-test-nedir/> ( Erişim Tarihi: 27.06.2015).

<http://www.nedir-tr.com/nedir-3651-anlam%C4%B1-k%C4%B1r%C4%B1n%C4%B1m-difraksiyon> ( Erişim Tarihi: 27.06.2015).

[http://www.abrimagery.com/store/index.php/electroforming-kits-c-431\\_521](http://www.abrimagery.com/store/index.php/electroforming-kits-c-431_521), ( Erişim Tarihi: 05.06.2016).

<http://emmagerard.blogspot.com.tr/> (Erişim Tarihi: 23.05.2015).

<http://www.instructables.com> (Erişim Tarihi:05.06.2015).

<http://www.dogalimited.com/tr/urun/velp-scientifica-low-profile-manyetik-karistiricilar>.  
(Erişim Tarihi: 23.05.2015).

<http://www.adn.com/article/20120128/light-and-legend-glass-artist-has-alaska-roots>  
(Erişim Tarihi: 23.05.2015).

<http://www.derix.com/en/techniques/Glass-Etching/4/>(Erişim Tarihi: 23.05.2015).

<http://www.dusancech.cz/aoj-ewpu-59143.htm> (Erişim Tarihi: 23.05.2015).

<http://www.nedirnedemek.com/patina-nedir-patina-ne-demek>(Erişim tarihi: 28.06.2015).

<http://michaelglancyglassworks.com/about/> (Erişim Tarihi: 05.06.2015).

<https://www.youtube.com/watch?v=TALa-DteGB> (Erişim Tarihi: 05.06.2015).

<http://www.risd.edu/academics/landscape-architecture/faculty/Michael-Glancy/>, (Erişim Tarihi: 05.06.2015).

<https://www.pinterest.com/pin/55521007881495976/> (Erişim Tarihi: 05.06.2015).

<https://www.pinterest.com/pin/55521007881495976/> (Erişim Tarihi: 05.06.2015).

<http://www.cmog.org/bio/kate-fowle-meleney> (Erişim Tarihi: 06.06.2015).

<http://www.cmog.org/bio/kate-fowle-meleney> (Erişim Tarihi: 06.06.2015).

<http://www.katefowle.com/pages/gallery2.php> (Erişim Tarihi: 06.06.2015).

<http://www.katefowle.com/pages/gallery2.php> (Erişim Tarihi: 06.06.2015).

<http://www.annadickinsonglass.com/about/> (Erişim Tarihi: 07.06.2015).

<http://breath-taking.org.uk/makers/info/anna-dickinson> (Erişim Tarihi: 07.06.2015).

<http://breath-taking.org.uk/makers/info/anna-dickinson> (Erişim Tarihi: 07.06.2015).

<http://www.bonhams.com/auctions/17045/lot/35/> (Erişim Tarihi: 07.06.2015).

<http://jamgallerymalvern.com/steve-donegan.htm> ((Erişim tarihi: 28.06.2015).

<http://www.stevedonegan.com/1.html> ( Erişim tarihi: 28.06.2015).

<http://www.stevedonegan.com/1.html> ( Erişim tarihi: 28.06.2015).

<http://books.google.com/>. (Erişim tarihi:13.09.2014).

<http://bookzz.org/book/672401/b9551c>. (Erişim tarihi: 29.10.2014).