



**FIRINDA CAM ŞEKİLLENDİRME
TEKNİKLERİNDE KULLANILAN FARKLI
RENK VE TÜRDEKİ CAMLARIN
BİRBİRLERİYLE ARAŞTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Murat PAKTUR

Eskişehir 2019

**FIRINDA CAM ŞEKİLLENDİRME TEKNİKLERİNDE KULLANILAN
FARKLI RENK VE TÜRDEKİ CAMLARIN BİRBİRLERİYLE
UYUMLULUĞUNUN ARAŞTIRILMASI**

Murat PAKTUR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cam Anasanat Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üy. Göktağ GÜNKAYA

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Güzel Sanatlar Enstitüsü

Mayıs 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

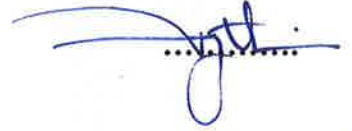
Murat PAKTUR'un "Fırında Cam Şekillendirme Tekniklerinde Kullanılan Farklı Renk ve Türdeki Camların Birbirleriyle Uyumluluğun Araştırılması" başlıklı tezi 30 Mayıs 2019 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, Cam Anasanat Dalı Yüksek Lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Dr. Öğr. Üyesi Gökтуğ GÜNKAYA



Üye : Prof. Mustafa AĞATEKİN



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Emrah DÖLEKÇEKİÇ



Prof. Hayri ESMER
Anadolu Üniversitesi
Güzel Sanatlar Enstitüsü Müdürü

ÖZET

FIRINDA CAM ŞEKİLLENDİRME TEKNİKLERİNDE KULLANILAN FARKLI RENK VE TÜRDEKİ CAMLARIN BİRBİRLERİYLE UYUMLULUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

Murat Paktur

Cam Anasanat Dalı

Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Mayıs 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üy. Gökтуğ GÜNKAYA

Bu araştırmada birinci bölümde cam sanatı eser üretiminde yaygın olarak kullanılan fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirme tekniklerine, refrakter kalıplama, model oluşturma ve model yapım malzemelerine değinilmiştir. İkinci bölümde camın genel olarak yapısından bahsedilmiş ve cam sanatında fırın içerisinde kalıpta şekillendirme teknikleri için özel olarak üretilen ve kullanılan cam türleri araştırılarak özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca araştırmalar sonucu farklı cam üreticilerinin geliştirdiği renkli camların birlikte kullanılabilirliğine değinilmiş ve cam eser üretiminde tavlamanın öneminden bahsedilmiştir. Son bölüm olan dördüncü bölümde Türkiye’de kolay ulaşılabilir olan Geleneksel Çek Camının özellikleri araştırılmış, fiziksel ve kimyasal yapısı belirlenmiştir.

Elde edilen bilgiler doğrultusunda Geleneksel Çek Camının farklı renklerdeki camlarının fırın içerisinde kaynaştırma yöntemi kullanılarak uyumluluk denemeleri gerçekleştirilmiş ve polariskop kontrolleri ile uyumluluk gösterip göstermedikleri belirlenmiştir. Kontroller sonrası farklı sonuçlar elde edildiğinden uyumluluk gösteren grup, kabul edilebilir derecede stres barındıran grup ve uyumsuz grup olarak üç başlık altında incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

Birlikte kullanımlarında uyumlulukları belirlenen farklı renklerin kişisel uygulamalarda cam eser üretimlerinde kullanılması da başarılı bir şekilde gerçekleştirilerek sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Cam, Cam türleri, Fırında kalıpta şekillendirme, Uyumluluk.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE COMPATIBILITY OF DIFFERENT COLORS AND TYPES OF GLASSES USED IN KILN FORMED GLASS TECHNIQUES

Murat PAKTUR

Master of Art Thesis in Glass Arts
Anadolu University Post Graduate School of Fine Arts, May 2019

Adviser: Asst. Prof. Dr. Göktuğ GÜNKAYA

In the first part of this research, glass which is widely used in the production of art works as the method of molded glass casting in the kiln, refractory molding, model building and as well as model-making materials has been mentioned. In the second part, general structural character of glass is referred and the properties of the glass which are produced and used specially for the mold forming methods in glass art were investigated and their properties were determined. In addition to following the research is mentioned co-usability of different colored glass which was developed by different glass manufacturers and the significance of annealing in the production of glass art has been touched on. The fourth and the last part is about traditional Czech glass properties produced by Preciosa-Ornela which is easy to access in Turkey has been investigated to determine physical and chemical structure.

In accordance with the information obtained, compatibility experiments of the Preciosa-Ornela manufacturer's glass of different colors in the kiln were performed by using the fusion method and it was determined whether they were compatible with polariscope controls. Since different results were obtained after the controls, evaluations were examined under three headings as the group which were compatible, the group with the acceptable tension and the incompatible group.

The use of different colors, which have been determined to be compatible when used together, has been successfully implemented in glass art production by personal applications.

Keywords: Compatibility, Glass, Glass types, Kiln casting.

TEŞEKKÜRLER

Tez yazımı sırasında tüm bilgi ve paylaşımları için danışmanım Dr. Öğr. Üy. Göktuğ Günkaya'ya ve Mustafa Ağatekin'e, tezim süresince yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen dostlarım Ecem Küpeli'ye, Hale Feriha Hendekcigil'e, Begüm Tosun'a Ecem Yılmaz'a, Emir Ali Öksüz'e, Mustafa Kaya'ya, Serbay Doru'ya, İhsan Erenci'ye ve İbrahim Erdoğan'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan aileme özellikle desteğini hiç esirgemeyen kardeşim Emre Paktur'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Murat PAKTUR

30/05/2019

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmamın 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 sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Murat PAKTUR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜRLER	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLOLAR DİZİNİ	x
GÖRSEL DİZİNİ	xiii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. FIRIN İÇERİSİNDE KALIPTA CAM ŞEKİLLENDİRME TEKNİKLERİ	2
1.1. Fırın İçerisinde Kalıpta Cam Şekillendirme Teknikleri	2
1.1.1. Kayıp mum tekniği (Lost Wax)	2
1.1.2. Pate de verre tekniği	10
1.1.3. Potalı akıtma döküm (Drip Casting) tekniği	16
1.1.4. Füzyon tekniği	21
1.2. Sıcak Cam Döküm Tekniği	22
1.2.1. Fırın içerisinde kalıba döküm tekniği	22
1.3. Fırın İçerisinde Kalıpta Cam Şekillendirme Tekniklerinde Kullanılan Model Yapım Malzemeleri ve Kalıplama Yöntemleri	24
1.3.1. Model yapımında yaygın olarak kullanılan malzemeler	25
1.3.2. Refrakter (Alçı-Kuvars) Kalıp	32
1.3.2.1. Açık kalıplar	33
1.3.2.2. Çift cidarlı kalıplar	34
1.3.2.2.1. Hareketli maçalı kalıplar	35
1.3.2.2.2. Sabit maçalı kalıplar (Core Casting)	36
1.3.2.3. Çok parçalı kalıplar	37
1.3.2.4. Yekpare kalıplar	39

İKİNCİ BÖLÜM

2. FIRIN İÇERİSİNDE CAM ŞEKİLLENDİRME TEKNİKLERİNDE	
YAYGIN OLARAK KULLANILAN CAM TÜRLERİ UYUMLULUK VE	
TAVLAMA	41
2.1. Camın Yapısı	41
2.2. Fırın İçerisinde Kalıpta Cam Şekillendirme Tekniklerinde Yaygın	
Olarak Kullanılan Cam Türleri	43
2.2.1. Gaffer coloured glass ltd.	46
2.2.2. Bullseye glass co.	48
2.2.3. Banas glass	49
2.2.4. Geleneksel Çek Camı - LIBA Colors 96.....	51
2.2.5. Uroboros glass	53
2.2.6. System 96	54
2.2.7. Santoku glass	54
2.3. Uyumluluk	56
2.4. Tavlama (Annealing)	65

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. FIRIN İÇERİSİNDE KALIPTA CAM ŞEKİLLENDİRME	
TEKNİKLERİNDE KULLANILAN GELENEKSEL ÇEK CAMI	
KRİSTALLERİNİN UYUMLULUK TESTLERİ	69
3.1. Cam Türlerinin Belirlenmesi	69
3.2. Renklerin Belirlenmesi ve Hazırlanması	71
3.3. Fırınlama Aşamaları ve Fırın Diyagramı	78
3.4. Polariskop Testleri	81
3.5. Uyumluluk Sonuçları	85
3.5.1. Uyumluluk gösteren camlar	85
3.5.2. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren camlar	87
3.5.2.1. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren camlar I	87
3.5.2.2. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren camlar II	89
3.5.3. Uyumsuz camlar	91
3.6. Denemeleri Gerçekleştirilen Renk Birleşimleri ile Cam Eser Üretimi ..	93
3.7. Kişisel Uygulamalar	99

	<u>Sayfa</u>
3.7.1. Tasarım	99
3.7.2. Life and Water	100
3.7.3. Death and Earth	101
3.7.4. Day and Night	102
3.7.5. Mercury	103
SONUÇ	105
KAYNAKÇA	110
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2. 1. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Gaffer Glass camı teknik özellikleri	47
Tablo 2. 2. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Bullseye Glass camı teknik özellikleri	49
Tablo 2. 3. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Banas Glass camı teknik özellikleri	50
Tablo 2. 4. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Liba Colors 96 camı teknik özellikleri (https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/liba-colors-96 Erişim tarihi: 25.02.2019)	52
Tablo 2. 5. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan %15 oranında transparanlığa sahip Geleneksel Çek Camı camı teknik özellikleri (https://preciosa-ornela.com/images/pdf/katalog_casting_glass_en.pdf Erişim tarihi: 25.02.2019)	53
Tablo 2. 6. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan %45 oranında transparanlığa sahip Geleneksel Çek Camı teknik özellikleri (https://preciosa-ornela.com/images/pdf/katalog_casting_glass_en.pdf Erişim tarihi: 25.02.2019)	53
Tablo 2. 7. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Uroboros Glass (FX 90 serisi) teknik özellikleri (http://www.uroboros.com/pdf/FX90PhysicalProperties.pdf Erişim tarihi: 27.02.2019).....	54
Tablo 2. 8. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan System 96 Glass teknik özellikleri	54
Tablo 2. 9. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Santoku Glass teknik özellikleri	55
Tablo 3. 1. Uyumluluk denemeleri gerçekleştirilecek renkler ve renk kodları.....	72
Tablo 3. 2. Clear (Şeffaf) cam ile 1005, 2002, 3004, 4001, 5010, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi.....	73
Tablo 3. 3. 1005 kodlu amber renginin Clear, 2002, 3004, 4001, 5010, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi.....	74

Tablo 3. 4. 2002 kodlu mor rengin 1005, Clear, 3004, 4001, 5010, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi.....	74
Tablo 3. 5. 3004 kodlu kobalt mavi rengin 1005, 2002, Clear, 4001, 5010, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi.....	75
Tablo 3. 6. 4001 kodlu fume renginin 1005, 2002, 3004, Clear, 5010, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi.....	75
Tablo 3. 7. 5010 kodlu yeşil renginin 1005, 2002, 3004, 4001, Clear, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi.....	76
Tablo 3. 8. R600A kodlu açık mavi rengin 1005, 2002, 3004, 4001, 5010, Clear, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi.....	76
Tablo 3. 9. 6001 kodlu mavi rengin 1005, 2002, 3004, 4001, 5010, R600A, Clear, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi.....	77
Tablo 3. 10. 6011 kodlu turkuaz rengin 1005, 2002, 3004, 4001, 5010, R600A, 6001, Clear, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi.....	77
Tablo 3. 11. 7011 kodlu şampanya renginin 1005, 2002, 3004, 4001, 5010, R600A, 6001, 6011, Clear kodlu renkler ile birleştirilmesi.....	78
Tablo 3. 12. Fırın dizilim şeması	79
Tablo 3. 13. Fırın diyagramı	80
Tablo 3. 14. Uyumluluk gösteren 6001-3004, 1005-3004, 4001-3004, R6000A-6001 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri.....	86
Tablo 3. 15. Uyumluluk gösteren 5010-6001, 1005-6001, 4001-6001, 5010-6011 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri	86
Tablo 3. 16. Uyumluluk gösteren 5010-R6000A, 4001-6011, 4001-R6000A, 4001-5010 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri	87
Tablo 3. 17. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren 6011-6001, R6000A-3004, 5010-3004, R6000A-6011 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri	88

Tablo 3. 18. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren 2002-6011, 4001-6011, 1005-6011, 1005-5010 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri.....	88
Tablo 3. 19. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren 6011-3004, 4001-1005, 1005-R6000A kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri	89
Tablo 3. 20. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren Clear-7011, 7011-6001, 2002-6001, 7011-3004 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri.....	90
Tablo 3. 21. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren 2002-3004,4001-2002, 7011- 6011, 4001-7011 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri.....	90
Tablo 3. 22. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren 2002-1005, 2002-R6000A, 2002-5010, 7011-5010 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri	91
Tablo 3. 23. Uyumsuzluk gösteren 3004-Clear, 6001-Clear, 6011-Clear, R6000A-Clear kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri.....	92
Tablo 3. 24. Uyumsuzluk gösteren 5010-Clear, 4001-Clear, 1005-Clear, 2002-Clear kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri.....	92
Tablo 3. 25. Uyumsuzluk gösteren 7011-R6000A, 2002-7011 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri.....	93
Tablo 3. 26. Fırın diyagramı	95

GÖRSEL DİZİNİ

Sayfa

Görsel 1. 1. Mum model üzerine eklenen besleme geçidi ve döküm ağzı.....	5
Görsel 1. 2. Refrakter kalıplama öncesi hava tahliye kanallarının yerleştirilmesi.....	6
Görsel 1. 3. Hava ve camın tamamen akmasını sağlamak için havalandırma deliklerine sahip kalıp.	6
Görsel 1. 4. Basit formda bir modelin açık kalıp yöntemi ile kalıplanması.....	7
Görsel 1. 5. El ile sıvama refrakter kalıplama yöntemi.....	8
Görsel 1. 6. Refrakter kalıp üzerine tel sarma aşaması	9
Görsel 1. 7. Refrakter kalıp içerisinden balmumu tahliyesi için kullanılan mum eritme fırını	10
Görsel 1. 8. Sue Hawker tarafından yapılmış “Pate de verre” vazo	11
Görsel 1. 9. Kil model kullanılarak “Pate de verre” kalıbı yapımı	12
Görsel 1. 10. Pate de verre kalıp yapımı	13
Görsel 1. 11. İki parçalı refrakter kalıp yapımı	13
Görsel 1. 12. Cam hamurunun hazırlanan kalıp içerisine uygulanışı	14
Görsel 1. 13. Pate de verre kalıplarının fırınlanması	14
Görsel 1. 14. Bir modelin iki taraflı kalıplanara çift cidarlı kalıp oluşturulması	15
Görsel 1. 15. Hareketli refrakter kalıp parçasının camları duvar kısmına iterek cam formun oluşması	16
Görsel 1. 16. Amalric Walter tarafından potalı akıtma tekniği ile üretilmiş kase	16
Görsel 1. 17. Büyük boyutlu cam parçalarının pota içerisine yerleştirilmesi	17
Görsel 1. 18. Pota içerisinden refrakter kalıp boşluğuna cam akıtması	17
Görsel 1. 19. Potalı akıtma tekniğinde seramik saksıların pota olarak kullanımı.....	18
Görsel 1. 20. Potalı akıtma tekniğinde pota kullanımı ve fırınlanması.....	18
Görsel 1. 21. Potanın sabitlenmesi için fırın içerisine oluşturulan düzenek	18
Görsel 1. 22. Kalıp boşluğuna su doldurularak hacim hesaplanması	19
Görsel 1. 23. Modelin su dolu bir kaba konularak cam hacim hesaplaması	20
Görsel 1. 24. Fırın içerisinde seramik potada cam eğitme ve refrakter kalıba döküm yöntemi	23
Görsel 1. 25. Sıcak cam ergitme fırını ile fırın içerisinde kalıba döküm yöntemi	24
Görsel 1. 26. Angela Thwaites tarafından yapılan kırmızı kil model	26

Görsel 1. 27. Libensky/Brychtova tarafından şekillendirilen kil model	27
Görsel 1. 28. Alçı oyma ve kazıma modelaj seti.....	27
Görsel 1. 29. El ile şekillendirilmiş alçı model (sol), alçı tornada şekillendirilen alçı model (sağ)	28
Görsel 1. 30. Polonya’lı animatör Monika Kuczyniecka tarafından plastilin ile yapılmış model.....	29
Görsel 1. 31. Balmumundan yapılmış model (sol), Colin Red’e ait Kayıp mum tekniği ile yapılmış cam obje (sağ) (Thwaites, 2011, s. 48)	30
Görsel 1. 32. Açık kalıp yöntemi kullanılarak hazırlanmış refrakter kalıp.....	33
Görsel 1. 33. Cam yüklemesi gerçekleştirilmiş açık kalıp	34
Görsel 1. 34. Hareketli maçalı kalıp.....	35
Görsel 1. 35. Sabit maçalı (çekirdek) kalıp.....	36
Görsel 1. 36. İki parçalı refrakter kalıp yapımı	38
Görsel 1. 37. Mum model kullanılarak tek parçalı refrakter kalıp yöntemi.....	40
Görsel 2. 1. Eriyik halde bulunan camın şekillendirilmesi	422
Görsel 2. 2. Gaffer glass markasının kalıp içerisinde şekillendirmede kullanılan cam kütleleri	46
Görsel 2. 3. Gaffer glass renkleri kullanılarak Hilal (Lalo) Hibri tarafından üretilmiş cam eser	47
Görsel 2. 4. Gaffer glass renkleri kullanılarak Hilal (Lalo) Hibri tarafından üretilmiş cam eser	47
Görsel 2. 5. Kalıp içerisinde cam şekillendirmede kullanılan Bullseye glass cam kütleleri	48
Görsel 2. 6. Bullseye glass camları kullanılarak kalıpta cam şekillendirmede tekniğiyle Emily Endo tarafından üretilen cam eser (http://www.emilyendo.com/new-page-1/ Erişim tarihi: 15.03.2019) ...	48
Görsel 2. 7. Bullseye glass camları kullanılarak kalıpta cam şekillendirme tekniğiyle Heike Brachlow tarafından üretilen cam eser (http://www.heikebrachlow.com/HB_Frameset.htm Erişim tarihi: 15.03.2019)	48
Görsel 2. 8. Banas Glass kalıpta cam şekillendirmede kullanılan renkli cam kütleleri	49

Görsel 2. 9. Banas glass camı kullanılarak kalıpta şekillendirme tekniğiyle Budai Zsolt János tarafından yapılan cam eser (http://www.budaizsoltjanos.com/ Erişim tarihi: 25.02.2019).....	50
Görsel 2. 10. Banas glass camlarıyla kalıpta cam şekillendirme teknikleri kullanılarak üretilen cam eser	50
Görsel 2. 11. Geleneksel Çek Camının kalıpta cam şekillendirmede kullanılan cam kütleleri (https://preciosa-ornela.com/images/pdf/katalog_casting_glass_en.pdf Erişim tarihi: 25.02.2019).....	51
Görsel 2. 12. Kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Liba Colors 96 renkli camları (https://www.preciosa-ornela.com/images/pdf/LIBA-Colors-96_en.pdf?_ga=2.7294962.1928890174.1556303032-564066214.1556303032 Erişim tarihi: 25.02.2019).....	51
Görsel 2. 13. Liba Colors 96 renkli camları birlikte kullanımları ile üretilmiş cam obje (https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/liba-colors-96 Erişim tarihi: 25.02.2019).....	52
Görsel 2. 14. Liba Colors 96 renkli camları birlikte kullanımları ile üretilmiş cam obje (https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/liba-colors-96 Erişim tarihi: 25.02.2019).....	52
Görsel 2. 15. Uroboros Glass FX 90 serisi kalıpta şekillendirme camları (http://www.uroboros.com/product_detail.php?section=3&category=245&id=162358 Erişim tarihi: 27.02.2019)	53
Görsel 2. 16. Kalıpta cam şekillendirmede kullanılan System 96 cam kütleleri (http://www.uroboros.com/product_detail.php?section=4&id=162882&category=266 Erişim Tarihi: 28.02.2019).....	54
Görsel 2. 17. Kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Santoku glass renkli camları (http://santoku-kogyo.co.jp/ Erişim Tarihi: 02.03.2019).....	55
Görsel 2. 18. Santoku Glass camı kullanılarak kalıpta şekillendirme tekniğiyle Natsuki Katsukawa tarafından yapılmış cam obje (Natsuki Katsukawa,, Nisan 2019).....	55
Görsel 2. 19. Şaloma yardımıyla iki farklı camın eritilip çekilerek uyumluluğunun test edilmesi (http://www.davebross.com/GlassTech/glasscompatibilitypage2.html Erişim tarihi: 10.03.2019).....	60

Görsel 2. 20. Uyumsuzluktan kaynaklı çatlak oluşumu (Baker, 2010, s. 35).....	65
Görsel 2. 21. Tavlamadan kaynaklı çatlak oluşumu (Baker, 2010, s. 35)	65
Görsel 2. 22. Yetersiz tavlamanın sebep olduğu gerilimin gösterimi (Baker, 2010, s. 33).....	677
Görsel 3. 1. Fırın içerisinde kalıpta şekillendirmede yaygın olarak tercih edilen Geleneksel Çek Camının cam renkleri (Murat Paktur fotoğraf arşivi)....	72
Görsel 3. 2. Hazırlanan deneme renkleri ve kodları (Murat Paktur fotoğraf arşivi)....	73
Görsel 3. 3. Deneme camlarının fırın dizilimi (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	79
Görsel 3. 4. Deneme camlarının fırın dizilimi detayı (Murat Paktur fotoğraf arşivi)....	79
Görsel 3. 5. Fırın kapağının aralanarak gözlemlene aşaması (Murat Paktur fotoğraf arşivi)	81
Görsel 3. 6. Polariskop kullanımıyla cam içerisindeki gerilimlerin kontrol edilmesi (Baker, 2010, s. 33).....	82
Görsel 3. 7. Cam içerisindeki gerilim oluşumlarının dereceleri	83
Görsel 3. 8. Uyumsuzluktan kaynaklı cam bünyesinde çatlak oluşumu (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	84
Görsel 3. 9. Cam bünyesindeki gerilmelerin kontrolü için kullanılan Nortel marka polariskop (http://www.nortelglass.com/polariscopes.shtml Erişim tarihi: 15.03.2019).....	85
Görsel 3. 10. Bizon Model ve silikon kalıbı (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	93
Görsel 3. 11. Modelin kalıp içerisinde pozitif olarak bırakılma süreci (Murat Paktur fotoğraf arşivi)	94
Görsel 3. 12. Refrakter kalıp karışımının dökümü için hazırlanması (Murat Paktur fotoğraf arşivi)	94
Görsel 3. 13. Kalıp içerisine yerleştirilecek camların hazırlanması (Murat Paktur fotoğraf arşivi)	94
Görsel 3. 14. Fırın içerisindeki refrakter kalın 850 santigrat derecede kontrolü (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	96
Görsel 3. 15. Fırınlama sonrası cam objenin refrakter kalıp içerisinden çıkartılma süreci (Murat Paktur fotoğraf arşivi)	96

Görsel 3. 16. Cam objenin kalıp kalıntılarının ve yüzey pürüzlüğünün kumlama işlemi ile temizlenmesi (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	96
Görsel 3. 17. Yatay aşındırma diski ile cam yüzeyindeki kalıntıların ve derin çiziklerin arındırma aşaması (Murat Paktur fotoğraf arşivi)	97
Görsel 3. 18. Farklı kalınlıklardaki şerit bantlar kullanılarak cam yüzeyinin parlatılma aşaması (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	97
Görsel 3. 19. Seryum uygulaması ile cam yüzeyindeki buğuların giderilmesi (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	97
Görsel 3. 20. İki farklı Geleneksel Çek Camı ile oluşturulan içerisinde hayvan figürü bulunan cam obje (Murat Paktur fotoğraf arşivi)	98
Görsel 3. 21. İki farklı Geleneksel Çek Camı ile oluşturulan içerisinde hayvan figürü bulunan cam obje detayı-I (Murat Paktur fotoğraf arşivi)	98
Görsel 3. 22. İki farklı Geleneksel Çek Camı ile oluşturulan içerisinde hayvan figürü bulunan cam obje detayı-II (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	98
Görsel 3. 23. Life and water isimli kişisel uygulama çalışması 30 x 12 x 5 cm (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	98
Görsel 3. 24. Death and Earth isimli kişisel uygulama çalışması 30 x 12 x 5 cm (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	98
Görsel 3. 25. Day and Night isimli kişisel uygulama çalışması 30 x 12 x 5 cm (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	98
Görsel 3. 26. Mercury isimli kişisel uygulama çalışması 30 x 12 x 5 cm (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	98
Görsel 3. 27. Yaşam, zaman ve ölüm döngüsü isimli kişisel uygulama çalışması 48 x 30 x 5 cm (Murat Paktur fotoğraf arşivi).....	98

GİRİŞ

Fırın içerisinde kalıpta şekillendirme tekniği, cam sanatında kullanılan en eski en yaygın tekniklerden biridir. Bu teknik için özel olarak üretilen ve kullanılan farklı özelliklere sahip birçok cam türü bulunmaktadır. Genel olarak Amerika ve Çek Cumhuriyeti'nde üretimleri gerçekleştirilen camların Türkiye'de tedarik edilebilmesi zaman almakta ve maliyet açısından çok uygun olmamaktadır. Bu nedenle Türkiye'de kolaylıkla ulaşılabilen ve maliyet açısından uygun olan cam türleri araştırılıp farklı özelliklerinin ortaya çıkarılarak Türkiye'de cam sanatı alanında faaliyet gösteren uygulamacılar için farklı etkiler oluşturularak kullanılabilir olmasını sağlamaktır.

Türkiye'de ulaşılabilir olan ve kalıp içerisinde şekillendirmede kullanılan tek cam türü Geleneksel Çek Cam'ıdır. Geleneksel Çek Camları için renklerin birlikte kullanılabilirliğine ilişkin herhangi bir bilgi paylaşımında bulunulmadığından uyumluluklarıyla ilgili bilgiye ulaşılammıştır. Bu sebeple Geleneksel Çek Cam'ının yapısının ve özelliklerinin araştırılarak cam renklerinin birlikte kullanımının mümkün olup olmadığının belirlenmesi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmayla ilgili birçok yerli ve yabancı kaynak araştırılmış ve farklı denemeler gerçekleştirilerek sonuçların değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda araştırma, cam sanatçılarına, öğrencilere ve özel uygulayıcılara farklı renklerin birlikte kullanılabilme olanaklarını sunarak aynı zamanda literatüre de önemli katkılar sağlayacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. FIRIN İÇERİSİNDE KALIPTA CAM ŞEKİLLENDİRME TEKNİKLERİ

Fırın içerisinde cam şekillendirme tekniklerinin bir fırın içerisinde cam eriterek ya da yumuşatarak gerçekleştirilen tekniklerin tamamını kapsamaktadır. Bu açıdan kullanıldığında; füzyon, çöktürme, pate de verre, kayıp mum (Lost wax), potalı akıtma döküm, sıcak cam döküm teknikleri bu başlık altında yer almaktadır. Ancak bu araştırmada camın eritilerek kalıbın şeklini aldığı teknikler ele alınmıştır. Bu kapsamda; kayıp mum, potalı akıtma, pate de verre ve füzyon tekniklerine değinilmiştir.

1.1. Fırın İçerisinde Kalıpta Cam Şekillendirme Teknikleri

Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirme teknikleri, farklı üretim şekillerinden dolayı Kayıp mum tekniği (Lost wax), Pate de verre (Cam hamuru), Potalı akıtma (drip casting) tekniği olarak üç başlık altında incelenmiştir.

1.1.1. Kayıp mum tekniği (Lost Wax)

Kayıp mum (Lost wax) tekniği, cam şekillendirme teknikleri arasında yaygın olarak kullanılan tekniklerden bir tanesidir. Balmumundan yapılmış bir modelin, refrakter kalıp karışımı ile kalıplanmasının ardından, modelin eritilerek kalıp içerisinden tahliye edilmesi ve kalıbı alınan modelin formunun kalıp içerisinde bırakılmasına kayıp mum tekniği (Lost Wax) denmektedir (Lundstrom, 1983, s. 19). İlk başlarda diş hekimleri tarafından kullanılan kayıp mum tekniği, detaylı ve hassas parçaların üretiminde kullanılmıştır. Daha sonraları detaylı formları üretmek için takı alanında da kullanılmaya başlanmıştır (Sopcak, 1986, s. 4). Döküm sanayinde kullanılmış olan teknik, günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Cam sanatında da kayıp mum tekniği (Lost Wax) tekniği adıyla, yaygın olarak kullanılan cam şekillendirme tekniklerinden bir tanesidir.

Kalıp içerisinde şekillendirme tekniği, 1960'lı ve 1970'li yıllarda stüdyo cam hareketinin etkisiyle bir canlanma yaşamıştır. Kalıpta şekillendirme tekniği kullanılarak daha detaylı, karmaşık formlar ve daha büyük boyutlarda cam objeler üretilmeye başlanmıştır (Baker, 2010, s. 139). Kayıp mum tekniği, yaygın olarak bilinen, çok popüler bir tekniktir. Daha çok, açık refrakter kalıplar yapmak yerine kapalı refrakter kalıp yapımı için tercih edilmektedir. Kayıp mum tekniğinde, detaylı ve ters açılı formlarda mükemmel detaylar ve yüzeyler elde edilebilmektedir (Thwaites, 2011, s. 14).

Kayıp mum tekniği ile çalışmak, camda yapılmak istenen imkansız veya zor görünen formların yapımını mümkün kılmaktadır. Farklı malzemelerden yapılmış detaylı ve karmaşık modellerin parçalı refrakter kalıplarını almak mümkün olsa da fırın içerisinde sağlıklı bir dökümün gerçekleşmesi zor olacaktır (Baker, 2010, s. 139). Bu nedenle çok detaylı formlar için balmumu kullanılır ve tek parça kalıplama yapılarak sağlıklı bir döküm gerçekleştirilebilir.

Cam şekillendirme tekniklerindeki kayıp mum tekniği, balmumundan oluşturulan modelin refrakter kalıp karışımı ile kalıplanması sonrası, balmumun kalıp içerisinden farklı yöntemlerle tahliye işleminin ardından, kalıpta boşalan alana cam doldurularak fırınlama sonrası cam elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Mum modelin kalıp içerisinden boşaltılmasından sonra, refrakter kalıba cam yüklemesi yapmak için üç seçenek bulunmaktadır.

Bunlar şu şekildedir:

1. Kalıptaki boşluğa öğütülmüş veya kırılmış cam ile yükleme yapmak. Bu işlemdeki fırınlama ısı aralığı 815°C ila 843°C 'dir.
2. Kilden oluşturulmuş ve pişirimi yapılmış alt kısmında delik bulunan bir pota içerisine cam yüklemesi yapılarak, refrakter kalıp üzerine yerleştirilir. Fırınlama işlemi 900°C 'deki bir ısı aralığında gerçekleştirilerek, camın eriyip pota içerisinden kalıp içerisine akması sağlanır.
3. Refrakter kalıp bir fırın içerisine yerleştirilerek, fırın ısısı 760°C 'ye yükseltilir. Başka bir fırında 1093°C 'de eriyik halde bulunan cam, kalıp içerisine dökülerek 760°C 'de 1 saat boyunca bekletilir (Lundstrom, 1983, s. 19).

Bu üç işlemde, camda farklı yüzey ve ışık özellikleri oluşturmaktadır. Kullanılacak camın türü de uygulaması gerçekleştirilecek pişirim yönteminin seçilmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Birinci yöntem, düşük sıcaklıklarda eriyik hale gelebilen kurşun camları için en uygun yöntemdir. Çünkü; fırın içerisindeki ısı 732°C 'den 760°C 'ye çıktığı halde kalıp içerisindeki cam yumuşamamışsa ve hareket etmiyorsa, kalıp çatlayabilir ve cam yüzeyinde çatlak izleri oluşabilir. İkinci yöntemde, kalıp küçülene kadar pota içerisindeki cam kalıp içerisine akıtılmaz. Refrakter kalıp 496°C - 926°C aralığında kararlıdır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, refrakter kalıbın dayanabileceği ısı aralığını aşmamaktır. Üçüncü yöntem uygulamasında, cam farklı bir fırında eriyik hale getirildiği için, refrakter kalıbın zorlandığı ısı aralıklarına

çıkılmadığından, kalıp mükemmel derecede formunu korumaktadır. Bu yöntemde yarı yarıya alçı/refrakter oranı ideal karışım olarak uygulanabilmektedir (Lundstrom, 1983, s. 20).

Kayıp mum tekniği kalıbı yapımında model malzemesi olarak kullanılan balmumlarının farklı türleri bulunmaktadır. Bazı uygulayıcılar farklı mum karışımları ile kendi mumlarını oluşturarak çalışmalarında kullanmaktadırlar.

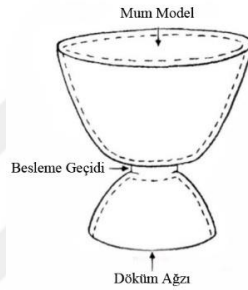
Mikro kristalin balmumu, model yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Mikro kristalin mumu 32 °C'deki ısı aralığında veya el ile çalışıldığında çok esnek hale gelebilen orta sertlikte bir yapıya sahiptir. Belli ısılarda da soğutulup sert bir yapıya dönüştürülerek, ince detay kazımaları yapılabilir. Çok ince detaylar için dışı balmumları kullanılabilir. Parafin ve balmumu birleşimi de iyi bir model malzemesi olarak kullanılabilir. Balmumuna % 10 - %20 oranlarında eklenen parafin ile el modellemesi için iyi bir balmumu oluşturulabilir (Lundstrom, 1983, s. 20). Balmumu ile model oluşturma işleminde, doğrudan balmumunu el ile şekillendirmek veya farklı bir malzemeden oluşturulmuş hazır modeli silikon kalıplama yöntemiyle balmumu modele çevirerek uygulamak mümkündür.

Silikon kalıp yöntemi, genellikle modelin birden fazla kopyasını üretmek için veya farklı malzemelerden üretilmiş hazır modelleri balmumu modele çevirmek için kullanılan yaygın bir yöntemdir. Dökümü gerçekleştirilecek modelin birden fazla kopyasını oluşturmak, döküm sırasında veya sonrasında oluşabilecek problemlere karşı önlem olarak düşünülebilir (Lundstrom, 1983, s. 21). Model çoğaltmada kullanılan farklı özelliklere sahip malzemeler bulunmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, modelinizin tüm ayrıntılarını eksiksiz bir biçimde kopyalayabilecek malzeme türünü tercih etmektir.

Silikon kalıplama yönteminde direkt olarak model üzerine döküm veya ince bir silikon duvarı oluşturacak şekilde döküm gerçekleştirilebilir. Silikon kalıbı alınacak model detaylı bir yapıya sahipse ince duvarlı silikon kalıbı oluşturmak, kopya modellerin kalıp içerisinden kolayca alınabilmesine katkı sağlayacaktır. Silikon kalıbı alınacak model, bir zemin üzerine sabitlenir ve etrafı istenilen açıklıkta kapatılarak silikon dökümü gerçekleştirilir. Silikonun modelin şeklini alarak tamamen donması beklenir. Kullanılan malzemeye ve ortam ısısına bağlı olarak malzemenin donması farklılık göstermektedir.

Kalıplama işlemi sonrası model, silikon kalıp içerisinde çıkartılarak içeride oluşan kalıp boşluğuna balmumu eritilerek döküm gerçekleştirilir. Bu şekilde istenilen formun balmumu modele dönüşmesi sağlanmış olur.

Mum model tasarımının tamamlanmasının ardından model, refrakter kalıp karışımıyla kalıplanmadan önce mum modele besleme geçidi ve döküm ağzı eklenmelidir (**Görsel 1.1**). Besleme geçidinin boyutları, üretimi yapılacak forma göre farklılık göstermektedir. Geçidin kalınlığının en az 2 cm civarında olmasına özen gösterilmelidir. Besleme geçidinin çok dar olması, camın kalıp içerisine akmasına sebep olacaktır. (Lundstrom, 1983, s. 22).



Görsel 1. 1. Mum model üzerine eklenen besleme geçidi ve döküm ağzı
(Lundstrom, 1998, s. 21)

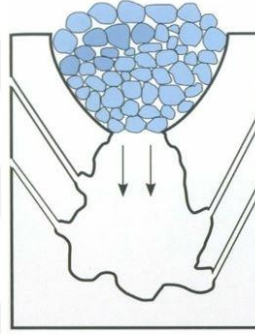
Kayıp mum tekniği model kalıplama işleminde, modelin formu önem taşımaktadır. Günümüzde daha seri ve temiz bir üretim gerçekleştirilebildiği için de tercih edilen kayıp mum tekniği, basit ve detay içermeyen formlar için de kullanılmaktadır. Komplike olmayan formlar için kalıplama yönteminde form bir düzeneğe yerleştirilerek, refrakter kalıp karışımı ile model kaplanarak kalıplama işlemi gerçekleştirilebilir. Fakat detaylı ve komplike formlar için bazı kurallara uymak sağlıklı bir döküm gerçekleştirilebilmesi için gereklidir. Detaylı formlarda camın kalıp içerisinde hareket edebilmesi ve kalıp boşluğunda hava sıkışmasını önlemek için, kalıplama aşamasında hava tahliye kanalları (**Görsel 1.2**) yerleştirilmelidir.

Bu işlem havanın kalıp içerisinde sıkışmasını önler. Tahliye kanalları model üzerindeki girinti ve çıkıntılara gelecek şekilde silindirik formdaki ahşap veya balmumu kullanılarak model üzerine aşağıya bakacak şekilde yerleştirilir. Döküm işlemi esnasında sıvılaştıran cam, kalıp içerisinde bulunan detaylara hava tahliye kanalları sayesinde kolaylıkla ulaşabilmektedir (**Görsel 1.3**). Kullanılan modelin sahip olduğu detaylar ne

kadar fazla ise, hava tahliye kanallarına duyulan ihtiyaç da bir o kadar fazla olacaktır. Sağlıklı bir dökümün gerçekleşmesi için bu işlem dikkatlice yapılmalıdır.



Görsel 1. 2. Refrakter kalıplama öncesi hava tahliye kanallarının yerleştirilmesi
(Murat Paktur fotoğraf arşivi)



Görsel 1. 3. Hava ve camın tamamen akmasını sağlamak için havalandırma deliklerine sahip kalıp.
(Baker, 2010, s. 139)

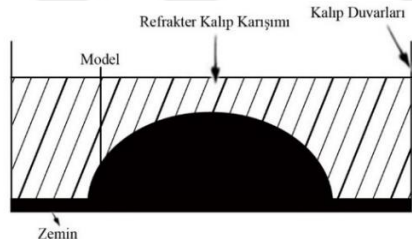
Balmumu model kalıplama işleminde, hazırlanan refrakter kalıp karışımıyla doğrudan model üzerine döküm veya el ve yardımcı malzemeler ile sıvanarak kalıplama işlemi gerçekleştirilebilir. Genellikle fazla detay içermeyen ve basit formlardaki model kalıplamaları için doğrudan model üzerine döküm yöntemi uygulanır. Kalıbı alınacak modelin boyutuna, girintilerinin fazlalığına vb. durumlara göre kalıp karışımı yoğun veya sıvı olarak hazırlanabilir. Kalıp karışımında kullanılacak olan alçı ve kuvars karışım oranı bireysel olarak değişiklik gösterse de Thwaites, (2011, s. 99)'da belirtildiği üzere, çoğu uygulayıcı, yarı yarıya bağlayıcı/refrakter ve genellikle 1/1.5 su/refrakter kalıp karışımı oranını kullanmaktadır. Genellikle bağlayıcı olarak alçı, refrakter malzeme olarak da kuvars tercih edilmektedir.

Doğrudan kalıplama (açık kalıp) işlemi için balmumu model bir zemin üzerine sabitlenerek, modelin çevresi kalıp tahtaları yardımıyla kapatılarak refrakter kalıp

karışımın dökümü gerçekleştirilir (Görsel 1.4) Refrakter kalıp karışımı hazırlamada dikkat edilmesi gereken bazı durumlar söz konusudur.

Kalıp karışımı mümkün olduğunca temiz malzemeler kullanılarak hazırlanmalı, aksi takdirde karışım içerisine karışabilecek yabancı maddeler karışımın donma süresini hızlandıracaktır. Kalıp karışımı tortulardan tamamen arındırılacak şekilde yeteri kadar karıştırılmalı ve içerisinde hava kabarcıklarının oluşmaması için zemin kısmından karışımı gerçekleştirilmelidir. Hazırlanan refrakter kalıp karışımı, model üzerine yavaşça dökülerek oluşabilecek hava kabarcıkları önlenmelidir. Balmumu model tamamen refrakter kalıp karışımı ile kaplandığında, ahşap bir parça yardımıyla karışım hareket ettirilerek içerisindeki hava kabarcıklarının yüzeye çıkması sağlanmalıdır (Baker, 2010, s. 59 - 60).

Doğrudan balmumu model üzerine döküm ile kalıplama yöntemi, detaylı ve büyük boyutlu modeller için çok uygun bir yöntem değildir. Bu yüzden detaylı, komplike ve tek seferde dökümü zor olan büyük boyutlu modeller için birçok uygulayıcı sıvama yöntemini tercih etmektedir. Sıvama yöntemi ile kalıplama işleminin yukarıda bahsedilen kalıplama yöntemine göre birçok avantajı bulunmaktadır.



Görsel 1. 4. Basit formda bir modelin açık kalıp yöntemi ile kalıplanması
(Murat Paktur çizim arşivi)

Sıvama kalıp yönteminde, bir önceki kalıplama yöntemindeki gibi balmumu model bir zemine sabitlenir. Katmanlar halinde kontrollü bir kalıplama işlemi gerçekleştirileceğinden model etrafının kalıp tahtaları ile çevrilmesi gerekmemektedir (Görsel 1.5).

Burada kullanılan refrakter kalıp karışımının, her bir katmanda aynı olması katmanlarının birbirlerine daha iyi yapışmasını ve aynı oranda küçülüp, genişlemesini sağlayacağından önem taşımaktadır. Sıvama yöntemi ile hazırlanan refrakter kalıplar, fırın içerisinde oluşacak yüzey çatlaklarına karşı doğrudan döküm yöntemine göre daha az risklidir, çünkü kalıp gövdesinde oluşan çatlaklar katmanlar arasından kolayca

ilerleyemezler (Thwaites, 2011, s. 64-65). Sıvama yöntemi ile oluşturulan refrakter kalıplarda, kalıp duvarları kalınlıklarının kontrol edilebilmesi mümkündür. Isının kalıp içerisine kolay ve eşit bir biçimde girebilmesi için kalıpta cam şekillendirme tekniklerinde refrakter kalıplardaki duvar kalınlıkları büyük önem taşımaktadır. Doğrudan döküm yönteminde, girinti ve çıkıntıları olan balmumu modelde kalıp duvar kalınlıklarının eşitlenebilmesi neredeyse imkansızdır.



Görsel 1. 5. *El ile sıvama refrakter kalıplama yöntemi*
(Thwaites, 2011, s. 70)

Fırın içerisindeki ısının kalıp içerisine kolay ve eşit bir biçimde dağılması, kalıp içerisindeki camın rahatlıkla modelin şeklini almasını sağlayacaktır. Fırın içerisine yerleştirilen refrakter kalıplar, 850 °C ila 900 °C ısı aralıklarına çıkartılarak, belli bir süre bekletilir. Kalıbın bu sıcaklık aralıklarında bekletilmesinin sebebi, kalıp içerisine yerleştirilen camların katıdan sıvı hale dönüştürülerek, kalıp içerisindeki modelin şeklini almasını sağlamak amaçlıdır.

Fırın içerisinde bekletilen refrakter kalıbın, ne kadar bir süre 850 °C ila 900 °C sıcaklık aralığına maruz kalacağı içerisindeki modelin büyüklüğüne, detaylı olmasına ve sıcaklığın kalıp içerisine yeteri kadar nüfuz edebilmesine bağlı olarak değişmektedir.

Kalıp duvarları kalın olan bir refrakter kalıbın ısıyı eşit ve yeteri derecede alması zaman alacağından fırın içerisinde daha uzun kalmasına sebep olacaktır. Aynı zamanda refrakter kalıplar fırınlama işlemi sırasında içerisine yerleştirilen camların erimesiyle, içeride oluşturacağı kütleye dayanabilmelidir. Büyük boyutlu kalıp formlarında kalıp, fırınlama esnasında içerisine yüklenen camlardan kaynaklı olarak büyük yük altında kalacaktır. Büyük boyutlu cam döküm sırasında refrakter kalıp, fırın içerisinde daha uzun bir süre bekleme işlemi gerçekleştireceği için, fiziksel olarak dayanımı, yüksek sıcaklıkta ve yük altındayken çok uzun bir süre koruyamayacaktır. Refrakter kalıp yapım

aşamasında bu durumlar göz önünde bulundurularak, refrakter kalıba takviye işlemi yapılmalıdır. (Thwaites, 2011, s. 21).

Refrakter kalıp dayanımını arttırmak ve fırın içerisinde deforme olabilecek kalıbı bir arada tutmak için cam elyafı ve gözenekli yapıya sahip metal teller kullanılabilir. Genellikle gözenekli yapıya sahip teller uygulayıcılar tarafından tercih edilmektedir.

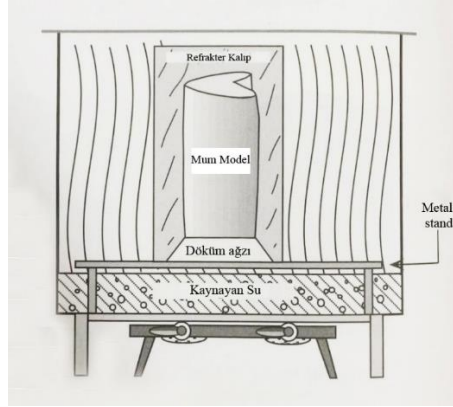
Refrakter kalıp hazırlanma esnasında oluşturulan ikinci katman sonrasında tel kalıp yüzeyine yerleştirilir (Görsel 1.6). Daha sonra tel kalıp içerisinde kalacak şekilde kalıp karışımı ile sıvama gerçekleştirilir. Telin kalıp yüzeyinde olmamasına özen gösterilmelidir. Cama temas eden tel istenmeyen sonuçlar doğurabilir. Bu işlem sonrasında fırın içerisinde yüksek ısılarla ve yüke maruz kalan refrakter kalıp, fiziksel dayanımı kaybedip tahrip olmaya başlasa da içerisinde bulunan gözenekli yapıdaki tel, refrakter kalıbın formunun bozulmasını önleyerek kalıp duvarlarını bir arada tutacaktır.



Görsel 1. 6. Refrakter kalıp üzerine tel sarma aşaması
(Thwaites, 2011, s. 69)

Kalıplama işleminin sonunda balmumu modelin cam yüklemesi öncesi kalıp içerisinde tahliye edilmesi gerekmektedir. Farklı metotlar uygulanarak mumun kalıp içerisinde tahliyesi gerçekleştirilebilmektedir. Ev ortamında alınan küçük boyutlu kalıplar için mikro dalga fırınları kullanılabilir. Bu yöntem hızlı olmasının yanı sıra kalıba su buharının nüfuz etmesini de önlemektedir. Bir diğer yöntem ise daha profesyonel olarak izlenebilecek bir yoldur. Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle beraber amatör olarak çözülebilecek basit düzeneklerin yerine daha hızlı ve güvenilir çözümler tercih edilmektedir. İçerisinde elektrikli ısıtıcıların bulunduğu mum eritme fırını olarak adlandırılan tanklar kullanılmaktadır. Zemin kısmında bulunan ısıtıcılar, içerisine belli bir oranda eklenen suyu ısıtarak içeride bir su buharı oluşturmaktadır. Su seviyesinin biraz üstünde bulunan ızgara üzerine konulan kalıp, içerideki su buharının balmumuna temas ederek, balmumun kalıp içerisinde kalıp yüzeyine zarar vermeden

akıtılmasını sağlamaktadır (Görsel 1.7). Bu işlem sonrasında kalıp yükleme için hazır hale gelir ve fırınlanabilir.



Görsel 1. 7. Refrakter kalıp içerisinde balmumu tahliyesi için kullanılan mum eritme fırını
(Halem, 1996, s. 42)

1.1.2. Pate de verre

Pate De Vere tekniği toz cam parçalarının yüksek sıcaklığa dayanıklı kalıp içerisinde yerleştirilip fırınlanmasıyla cam objelerin oluşturulduğu bir cam şekillendirme tekniğidir. Türkçe’ ye cam hamuru olarak çevrilen teknikle ilgili olarak Özgümüş, (2013, s. 21)’de şu ifadelerle yer vermiştir:

Burada cam hamuru olarak bahsedilen anlaşılabileceği üzere farklı maddelerin belirli oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan cam harmanıdır. Cam hamuru terimi aslen fırında cam şekillendirme teknikleri başlığı altında cam sanatında kullanılmaktadır. “Bu uygulama ezilmiş cam tozlarının veya kırıklarının kalıp içinde şekillendirilmesine dayanır. Kalıptan çıkan cam yarı geçirgen ve buzlu bir görünüme sahiptir (Özgümüş, 2013: 21)”.

Pate de Verre”, fırında cam şekillendirme tekniklerinden birisi için kullanılan Fransızca bir ifadedir. Antik çağlardan beri uygulanan bu teknik Fransa’da 19. yüzyılın sonlarında yeniden gün yüzüne çıkmıştır. Sanatçılar ve zanaatkârlar sonradan boyanarak renklendirilen heykel ve objelerin aksine, malzemenin renkli olduğu heykel ve objeler yapmak için yollar aramaktalardı. Bu arayışların sonucu olarak Henri Cros, François-Emile Decorchement, Gabriel Argy-Rousseau ve Amalric Walter gibi birçok ünlü sanatçı Pate de Verre çalışmalarını geliştirmişlerdir (Thwaites, 2011, s. 114).

Thwaites, (2011, s. 114)’de belli bir ısıda pişirimi gerçekleştirilen ve cam granüllerinin yapışacağı, ancak dokularını tamamen kaybetmedikleri, fırınlanmış bir cam parçasını tanımlamak için “pate de verre” terimi kullanılmaktadır. Kontrollü pişirim sayesinde, cam parçasının en azından bir yüzeyi pürüzlü bir dokuya sahip olur. Pate de

verre tekniğinde renk kullanımı, diğer cam şekillendirme tekniklerindeki renk kullanım hakkındaki ezberi bozmaktadır. Başka hiçbir cam şekillendirme tekniğinde, bir parça içerisine yerleştirilen rengin kontrolü Pate de Verre tekniğindeki gibi kontrollü değildir.



Görsel 1. 8. Sue Hawker tarafından yapılmış “Pate de verre” vazo
(<http://www.glassartistsgallery.com.au/artists/sue-hawker/>)

Cam sanatında Pate de Vere tekniği için kullanılan tanım oldukça geniş bir kapsamda ifade edilmektedir.

Cam sanatının gelişimiyle beraber “Pate de Verre” tekniği için kullanılan geniş kapsamlı ifadenin yerine, tekniğin sınırları belirlenerek daha spesifik bir ifadenin oluşturulmaya başlandığı görülmektedir. Günümüzde birçok cam sanatçısı “Pate de Verre” sürecinin bir versiyonunu kullanmaktadır. Ancak çoğu, aslında frit hatta daha iri cam parçaları ile tam füzyondur. “Pate de Verre” terimi hemen hemen tüm fırında cam biçimlendirme tekniklerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Fakat aralarında belirgin farklar vardır. Oluşturulan cam objelerde frit tane büyüklüğüne bakılmaksızın fırında cam biçimlendirme teknikleriyle yapılmış herhangi cam iş için bu terim kullanılmaktadır. Mesela “Chunk de Verre”, mermer gibi görünen detay ve kristal kalitesinden uzak orijinal işleri temsil etmektedir.

“Chunk de Verre” ya da “Frit Casting” tekniğinde, minik boncuk-tohum büyüklüğünden bilye-misket büyüklüğüne kadar cam parçaları kullanılmaktadır. “Frit Casting ve Pate de Verre” sürecindeki fark, cam ya da frit parçalarının büyüklüğüdür. Büyük frit parçalarıyla saydam işler elde edilir. Büyük cam parçaları küçük cam parçalarına göre daha az yüzeye sahiptir ve eritilirken her bir parçanın yüzeyi ısıya maruz kalacaktır. Büyük cam parçaları birlikte eritilirken ısıya maruz kalan yüzey sayısı ve bununla birlikte devitrifikasyona uğrayan yüzey sayısı da azalacağı için daha net ve şeffaf dökümler elde edilir. “Pate de Verre” tekniğinde ise daha küçük cam parçaları kullanıldığı

için ortaya çıkan iş yarı saydam ve mattır. “Pate de Verre” tekniğinde kullanılan cam parçalarının, un gibi ince tanecikli olandan, iri taneli şeker kristali boyutuna kadar çeşitlenebileceği belirtilmektedir (Aydın, 2016, s. 56-60).

“Pate de Verre” tekniğiyle, istenilen form ve efekte göre, ince cam tozundan iri granül ya da frit parçalarına kadar farklı boyutlardaki granüller kullanılarak boşluklu ya da boşluksuz yekpare parçalar yapılabilir. Kalıp içerisine yerleştirilecek camlar, genellikle su ve arap zıncı veya buna benzer eriyen yapıştırıcı gibi bir çeşit bağlayıcı ile karıştırılmaktadır. Bazı uygulayıcılar duvar kâğıdı yapıştırıcısı kullanmaktadır. Cam objede bir kalıntı bırakmadan fırın ısısında yanacak kadar belli bir miktarda bağlayıcı gereklidir. Frit parçaları veya cam tozu su ve sıvı bağlayıcı ile karıştırılır; böylelikle kalıbın yüzeyine kolayca uygulanabilen yumuşak bir hamur elde edilmiş olur. Cam hamuru uygulandıktan sonra kalıp fırına yerleştirilerek fırınlanabilmektedir (Thwaites, 2011, s. 115).

“Pate de Verre”, fırınlama işlemi sonrasında dokusunu kaybetmemiş granül etkisinin görüldüğü, yarısaydam çalışmaların oluşturulduğu cam şekillendirme tekniği olarak tanımlanabilir.

Pate de Verre tekniğinde, kalıplar en iyi şekilde el yapımı metodu kullanılarak yapılmaktadır (Görsel 1.9). Bu metotla yapılan kalıpların modelin şeklini alması sağlanır ve daha ince duvarlı örülerek, fırın içerisindeki ısıya kalıp içerisine hızlı ve eşit bir şekilde nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Hazırlanan cam macununu kalıp içerisine yerleştirebilmek için hazırlanan kalıpların bir tarafının açık olması gerekmektedir. Pate de Verre tekniğinde kalıplar tek parça olmasının yanı sıra, parçalı kalıp tekniği kullanılarak da yapılabilir. Kalıp yapımı öncesi hazırlanan modeller balmumu ve kil gibi kalıp içerisinden kolayca tahliye olabilecek malzemelerden seçilir. Parçalı kalıp yapımı kullanılacak ise herhangi bir malzeme model olarak kullanılabilir (Thwaites, 2011, s. 115).

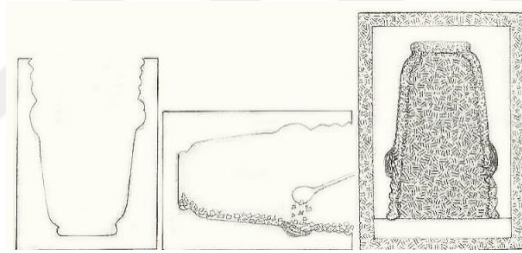


Görsel 1. 9. Kil model kullanılarak “Pate de verre” kalıbı yapımı

(<https://www.youtube.com/watch?v=p1wETQyUejA>)

“Pate de Verre” kalıplarının yapımı ve pişirilmesi için iki temel işlem vardır. Bu teknikteki her adımın farklı varyasyonları mevcuttur. Birinci yöntem üstü açık kalıp olarak adlandırılan kalıplama yöntemidir. Bu yöntemde üst yüzeyi açık olan kalıba cam hamuru ince bir katman halinde uygulanır ya da cam, katı halde kalıba yerleştirilir. İkinci yöntemde ise camı her iki yüzeyden de desteklemek için iç ve dış olarak çift parça kalıp kullanılmaktadır (Lundstrom, 1983, s. 9).

Açık kalıp yönteminde model, balmumu veya kil gibi modelleme malzemeleri kullanılarak modelin refrakter kalıbı oluşturulur (Bkz Açık Kalıplar). Fırın içerisinde uzun sürelerde ısıya ve birkaç pişirime maruz kalacak refrakter kalıp duvarlarının, fırın içerisinde bozulmaya uğramaması için 4-5 cm kalınlığında yapılması önemlidir. Kalıp, cam hamurunun kalıp içerisine yerleştirilebilmesi için tüm yüzeylere erişim sağlayabilecek bir açıklıkta olması gerekmektedir (Görsel 1.10). Kalıp, cam hamurunun yerleştirilmesi için yeteri kadar bir açıklığa sahip değilse, kalıbın iki parça halinde yapılması gerekebilir (Lundstrom, 1983, s. 9).



Görsel 1. 10. Pate de verre kalıp yapımı
(Cummings, 1995, s. 108)

Refrakter kalıp oluşturmada genel olarak tek parça halinde oluşturulan kalıplar tercih edilmektedir. İki veya daha fazla parçalı kalıplar (Görsel 1.11), tek parçalı kalıp türlerine göre fırın içerisindeki deformasyon oranları daha fazladır. Bu nedenden dolayı ilk tercih olarak tek parçalı kalıplar oluşturulmaktadır. Gerekli durumlarda iki veya daha fazla parçalı refrakter kalıplar da yapılabilir. (Bkz. Çok Parçalı Kalıplar).



Görsel 1. 11. İki parçalı refrakter kalıp yapımı
(Lundstrom, 1983, s. 10)

Cam hamuru kalıp yüzeyinde oluşturulmuş desene uygun bir biçimde yaklaşık olarak 1,6 mm kalınlığında, ince bir tabaka halinde yerleştirilir (Görsel 1.12). Kalıp içerisine yerleştirilen ilk tabaka havalandırılarak ya da sıcak hava verilerek kurutulabilir. Daha sonra ikinci katman, belirlenen tasarımın oluşturulması için 1,6 mm - 3,2 mm kalınlıklarında ilk katmanın üzerine yerleştirilerek renklerde ve tasarımda derinlik oluşturulur. Cam yerleştirme işlemi sonrasında kalıp, camın akma sıcaklığının 37°C altında olacak şekilde pişirilir. Bullseye camı için bu sıcaklık değeri 704°C'dir. Fırın içerisindeki refrakter kalıbın tüm yüzeylerinin aynı sıcaklık derecesine ulaşabilmesi için kalıp, üç veya dört saat fırın içerisinde bekletilir. Pişirim sonrası kalıp içerisindeki cam parçaları orijinal hacminin yaklaşık olarak % 30'unu kaybeder. Cam eklemesi yapılmak istenirse, renkli veya saydam camlar kalıp içerisine uygulanan ilk katman kadar eklem yapılabilir. İkinci fırınlama işlemi de, ilk fırınlama işleminde olduğu gibi kalıp 704 °C'ye çıkartılarak üç veya dört saat boyunca beklenmelidir. Bekleme işleminden sonra fırın ısısı, camın olgunlaşacağı sıcaklığa 37 °C daha yükseltilerek camın yüzey parlaklığının oluşması sağlanır (Görsel 1.13) (Lundstrom, 1983, s. 10).

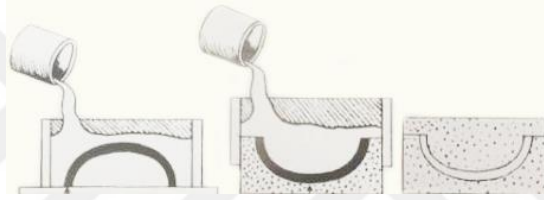


Görsel 1. 12. Cam hamurunun hazırlanan kalıp içerisine uygulanışı
(<http://www.bullseyeglass.com/how-do-i-make-pate-de-verre.html>)



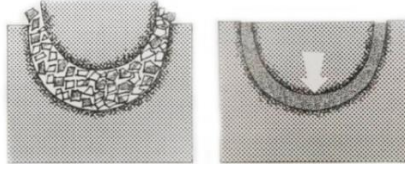
Görsel 1. 13. Pate de verre kalıplarının fırınlanması
(<https://www.bullseyeglass.com/kilnforming/basic-pate-de-verre-bowl-bay-area-1642.html>)

İkinci metotta ise çift parçalı kalıplar kullanılmaktadır. Bu yöntemde de kalıba ilk metottaki gibi cam yerleştirmesi yapılır ve diğer iç kalıp parçası, dış kalıp üzerine yerleştirilerek fırınlama işlemi gerçekleştirilir. Bu kalıplama işlemi farklı yollarla gerçekleştirilebilir. Genellikle bir model üzerinden kalıplama işlemi gerçekleştirilir. Model kalıplama işlemi, modelin iç ve dış kısmının kalıplanması ile yapılır (Görsel 1.14). İç ve dış kalıp parçasının eşit olması için, model bir kalıp düzeneğinin içerisine yerleştirilir. İlk olarak model, refrakter kalıp karışımı ile kalıplanarak dış kalıp oluşturulur. Kalıp içerisinden model çıkartılmadan, dış kalıp ters çevrilerek, iç kısmı da refrakter kalıp karışımı ile kalıplanır (Lundstrom, 1983, s. 10). Kalıp içerisinden model çıkartılarak, kalıplanan modelin et kalınlığı kadar bir boşluk, iç ve dış kalıp içerisinde oluşturulmuş olur. (Bkz. Çift Cidarlı Kalıplar)



Görsel 1. 14. Bir modelin iki taraflı kalıplanara çift cidarlı kalıp oluşturulması
(Lundstrom, 1983, s.10)

Dış kalıp, cam hamuru ile sıvanarak iç kalıp parçası konmadan camların kaynaşması için bir pişirim gerçekleştirilir. Pişirim sonrası iç kalıp yerleştirilerek ikinci bir pişirim yapılır. İkinci pişirim esnasında iç kalıp üzerine baskı yapması için bir tuğla yerleştirilmesi, iç kalıp parçasının kalıp içerisindeki camı duvar kısmına iterek iç kalıp parçasının yerine oturmasını kolaylaştıracaktır (Görsel 1.15). Böylelikle camın, kalıp içerisinde sabit kalması sağlanmış olur. Dik vazolar veya kıvrımlı nesneler bu iki aşamalı pişirim yöntemiyle yapılmaktadır. Kalıp tabakalar halinde paketlenerek, akma sıcaklığının altında bir derecede cam parçaları birleştirilmektedir. Soğuma süreci sonunda cam kalıptan çıkarılmadan iç boşluğu daha önce kullanılmış (fırınlanmış) refrakter kalıplar öğütülerek oluşturulan malzemeye doldurularak, sıkıştırılır. İç boşluğun doldurulmasının ardından iyi bir şekilde sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmelidir. Bu işlem tasarımdaki detayları doğru yerde tutmak ve camın kalıbın zeminine akmamasını önlemek için gereklidir. Cam hamuru iyi yerleştirilmişse ve fırınlama işlemi gerçekleştirilmişse, detay kısımlarında ve kıvrımlı alanlarda daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir (Lundstrom, 1983, s.10-11).



Görsel 1. 15. Hareketli refrakter kalıp parçasının camları duvar kısmına iterek cam formun oluşması
(Cummings, 1995, s. 114)

1.1.3. Potalı akıtma (Drip Casting) döküm tekniği

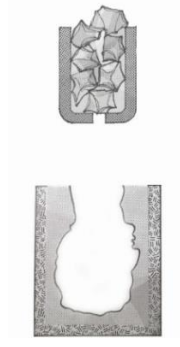
Lucartha Kohler'in "Drip Casting" olarak adlandırdığı ve dilimize potalı döküm olarak çevrilen teknik, yaygın olarak kullanılan fırında cam şekillendirme tekniklerinden biridir. Potalı akıtma döküm tekniği, çok hassas ve ince ayrıntılara sahip model dökümleri için kullanılmaktadır (Görsel 1.16).



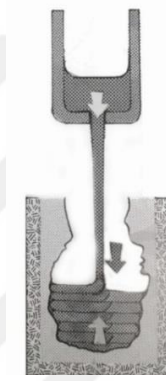
Görsel 1. 16. Amalric Walter tarafından potalı akıtma yöntemi ile üretilmiş kase
(Cummings, 1995, s. 90)

Potalı akıtma döküm, refrakter kalıp üzerine yerleştirilen altı delik bir pota içerisine camların yerleştirilerek kalıp içerisine camın yavaş ve ince bir biçimde akıtılmasıyla gerçekleştirilir. Potalı akıtma döküm tekniği ile döküm gerçekleştirildiğinde daha şeffaf objeler üretilebilmektedir. Pota içerisine yerleştirilen cam blokların boyutlarının büyük olması, cam içerisinde oluşabilecek hava kabarcıklarını büyük ölçüde önleyecektir. Bu teknikte bir diğer avantaj ise, camların kalıp içerisine değil kase formundaki pota içerisine yerleştirilmesinden dolayı camların keskin yüzeyleri kalıp içerisindeki modele zarar vermemektedir (Görsel 1.17) (Kervin and Fenton, 2000, s. 110). Potalı akıtma döküm tekniğiyle şekillendirmede camın, potadan refrakter kalıp içerisine kontrollü bir biçimde akıtılmasıyla daha temiz ve net bir döküm gerçekleştirilir.

Potalı akıtma döküm tekniğinde kullanılacak olan kase formundaki altı delik potaların yapımı için farklı malzemeler kullanılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan bir tanesi, pota yapımında kullanılacak olan malzemenin yüksek sıcaklıklara dayanabilir yapıda olmasıdır (Görsel 1.18).



Görsel 1. 17. *Büyük boyutlu cam parçalarının pota içerisine yerleştirilmesi*
(Cummings, 1995, s. 89)



Görsel 1. 18. *Pota içerisinden refrakter kalıp boşluğuna cam akıtması*
(Cummings, 1995, s. 89)

Genellikle sırlanmamış seramikler ve seramik saksılar potalı akıtma döküm tekniğinde kullanılmaktadır (Görsel 1.19). Pota olarak seramiklerin kullanılması yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olmalarından ve deforme olmamalarından dolayıdır ve birden fazla kez kullanılabilme avantajı sağlamaktadır. Döküm için kullanılacak potanın büyüklüğü ve şekli önem taşımaktadır (Görsel 1.20). Bir pota çok büyük veya çok genişse, camla doldurulduğunda ağır veya dengesiz hale gelebilir. Kalıp üzerine yerleştirilecek olan potanın ağırlığını kalıp sorunsuzca taşıyabilmeli aksi takdirde döküm esnasında kalıp bozulmaya uğrayacaktır. Bu nedenle malzeme seçimi hem pota hem de kalıp için önem taşımaktadır (Thwaites 2011, s. 55). Bu gibi durumlarda potanın refrakter kalıba baskı uygulamaması için fırın içerisine (Görsel 1.21) potanın yerleştirilebileceği bir düzenek oluşturulabilir.



Görsel 1. 19. *Potalı akıtma döküm tekniğinde seramik saksıların pota olarak kullanımı*
(<https://www.dicast.co.nz/news/all/32>)



Görsel 1. 20. *Potalı akıtma döküm tekniğinde pota kullanımı ve fırınlanması*
(Murat Paktur fotoğraf arşivi)



Görsel 1. 21. *Potanın sabitlenmesi için fırın içerisine oluşturulan düzenek*
(Kervin and Fanton, 2000, s. 110)

Potalı akıtma döküm tekniğinde, rekrakter kalıp yapım yöntemi daha önce açıklanmıştır (Bkz. Refrakter Kalıp). Döküm için hazırlanan refrakter kalıp fırınlanmadan önce gerekli cam miktarı belirlenmelidir. Gerekli cam miktarının belirlenmesinde izlenebilecek farklı metotlar bulunmaktadır. Bu metotlardan bazıları şu şekildedir:

Birinci metot; model malzemesinin öz kütlesinin bilindiği durumlarda kullanılabilir. Bu Model malzemesinin öz kütlesinin (yoğunluğunun) bilindiği durumlarda model tartılır, model ağırlığı (g), model malzemesinin öz kütlesine bölünerek camın öz kütlesiyle çarpılır ve kullanılacak cam miktarı bulunur.

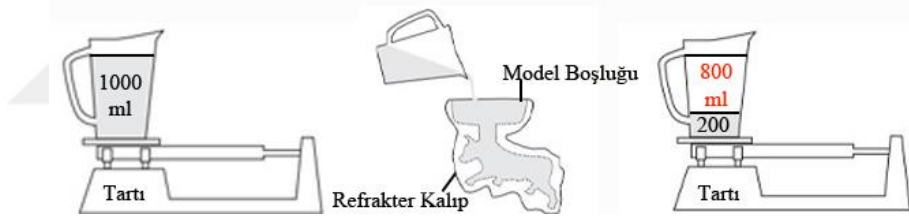
Örneğin balmumu bir modelinde, mumun öz kütlesi 0,96 g/cm³, camın yoğunluğu 2,5 g/cm³ olarak alındığında:

$$\text{Kullanılacak Cam Ağırlığı (g)} = \frac{\text{Balmumu Ağırlığı (g)}}{0,96 \text{ g/cm}^3} \times 2,5 \text{ g/cm}^3$$

Kullanılacak Cam Ağırlığı (g) = Balmumu Ağırlığı (g) x 2,6 g/cm³ formülüne ulaşılır (Aydın, 2016, s. 69).

“İkinci metot; formu belirgin olmayan modellerin hacim ve gerekli cam miktarının hesaplanmasında kullanılır. Döküm için gerekli cam miktarını ölçmek için sudan faydalanılmaktadır. Suyun yoğunluğu 1 g/cm³’tür, yani ağırlığı ve hacmi eşittir. (1000 ml su, 1000 g ağırlığındadır) (Aydın, 2016, s. 60).” Bu yöntemde içerisine su eklenecek kalıbın tamamen suya doymuş olması gerekmektedir. Aksi takdirde ölçüm işlemi doğru bir sonuç vermeyecektir.

Kalıp içerisindeki model boşluğunu dolduracak oranda su bir kap içerisine eklenir. Kap içerisindeki su döküm işleminden önce tartılarak ağırlığı bulunur. Kap içerisindeki su kalıp içerisine dökülerek model boşluğunun tamamen dolması sağlanır. Kabin içerisinde kalan su tekrar ölçülerek eksilen su miktarı bulunur. Elde edilen su miktarı camın özgül ağırlığı ile çarpılarak gerekli cam miktarı hesaplanır (Görsel 1.22). Bulunan cam miktarının her zaman %10 fazlasını eklemek olası durumlara karşı riski azaltacaktır (Thwaites, 2011, s. 53).

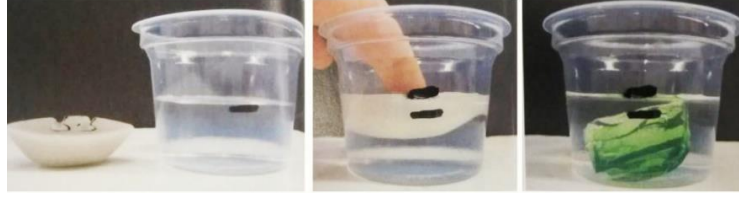


Görsel 1. 22. Kalıp boşluğuna su doldurularak hacim hesaplanması

(http://www.bullseyeglass.com/images/stories/bullseye/PDF/TipSheets/tipsheet_08.pdf)

Üçüncü metot; bu yöntemde model su dolu bir kaba konularak ölçüm yapılacağından modelin su geçirmemesi gerekmektedir. Suyu geçirecek bir model ile ölçüm yapılacaksa, model ölçümü etkilemeyecek şekilde su geçirmez bir malzeme ile muhafaza edilebilir. Modelin içerisine sığabilecek bir kaba, model yüksekliğini geçecek oranda su eklenir. Model tamamen (Görsel 1.23) suyun içerisinde kalacak şekilde kap içerisine yerleştirilir. Hafif modellerin su yüzeyine çıkmaması için ince bir çubuk ile model üzerine baskı uygulanabilir. Model suyun içerisindeyken suyun yükseldiği kısım bir kalem yardımı ile işaretlenir. Model su içerisinden çıkarıldıktan sonra su seviyesinin düştüğü yer ile bir önceki işlemde işaretlediğiniz kısım arasındaki fark, size gerekli olan cam miktarının hacmidir (Thwaites, 2011, s. 53). Gereken cam miktarını belirlemek için,

cam parçalarını suyun içerisine ekleyerek suyun işaretlenen seviyeye kadar yükselmesi sağlanır. Böylece gereken cam miktarı belirlenmiş olur.



Görsel 1. 23. Modelin su dolu bir kaba konularak cam hacim hesaplaması
(Thwaites, 2011, s. 52)

Fırında şekillendirme tekniklerinde, refrakter kalıp karışımının yoğunluğu, gözenekliliği ve kalınlığı da sonuçları ciddi şekilde etkileyebilir. Yoğun bir kalıp karışımı gözenekli olmayabilir, bu nedenle hızlı veya kolay bir şekilde içerisindeki suyu tahliye edemeyecektir. Döküm işlemlerinde fırınlama sürecinde refrakter kalıbın ıslak veya nemli olmaması dökümün sağlıklı yapılabilmesi için önemli bir kriterdir, çünkü kuru kalıp ıslak kalıptan daha güçlüdür. Islak kalıplar 100 °C veya daha yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında kalıp içerisindeki suyun buharlaşması sonucu refrakter kalıpta bozulmalar yaşanabilir. Islak kalıpların fırınlanması fırının içerisini de etkilemektedir. Fırın içerisindeki metal parçaların aşınmasına ve elektrik elemanlarının ömürlerinin kışalmasına neden olurlar (Thwaites, 2011, s. 87).

Bu nedenle ıslak kalıp pişiriminde, fırın havalandırma deliklerini ve fırın kapağını açık tutmak nemin kalıp ve fırın içerisinden tamamen uzaklaşmasını sağlamayarak olası fırın hasarını en aza indirmek için uygulanabilir. Bu gibi durumları önlemek için refrakter kalıplar fırınlama öncesi kurutulmalıdır. Kurutma fırınları kullanılarak veya kalıbın oda sıcaklığında doğal olarak kuruması sağlanmalıdır. Kalıpların düzensiz kurumamalarına özen gösterilmelidir. Düzensiz kuruma kalıp yüzeyinde çatlamalara ve bazı istenmeyen durumlara neden olabilir (Thwaites, 2011, s. 88). Kurutma işleminin oda sıcaklığındaki bir ortamda bekletilerek kurutulması sağlıklı bir yöntemdir. Fakat hızlı bir kurutma işlemi yapılması gerekiyorsa, fırın içerisinde döküm işlemi sürecinde, kurutma parametreleri kullanılarak hızlı kurutma işlemi yapılabilmektedir. Bu işlem doğal kurutma kadar sağlıklı bir işlem olmamakla beraber kalıp yapısında bozulmalara da neden olabilmektedir.

1.1.4. Füzyon tekniği

Cam şekillendirme tekniklerinden biri olan füzyon tekniği, cam sanatı alanında eser üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. “Ağatekin, M. (Cam ders notları)’nda füzyon tekniği için şu ifadelere yer vermiştir; Füzyon iki ya da daha fazla cam parçasının eritme yoluyla birleştirilmesi işlemidir. Cam katmanlarının üst-üste eklenmesi ile düz objeler yaratılması için kullanılan birçok tekniğin genel adıdır.”

Füzyon tekniği, kullanılan sıcaklık derecelerine göre yarım füzyon ve tam füzyon olarak ikiye ayrılmaktadır. Yarım füzyon veya tam füzyon işlemi ile refrakter kalıplar ve malzemeler yardımıyla çökertme ve sarkıtma yöntemleriyle cam şekillendirme işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.

Yarım Füzyon: Yarım füzyon işlemi daha düşük sıcaklık değerlerinde gerçekleştirilmektedir. 713 ° C ile 760 ° C’deki ısı aralıklarında yarım füzyon işlemi yapılmakta ve bu ısı değerlerinde cam katmanları kısmen kaynaşmaktadır. Cam parçalarının kenarları ve açıları yuvarlanır, parçaların orijinal konumlarını korur ve kalınlıklarında bir değişiklik olmaz (Beveridge. 2005, s. 80). Detaylı ve çok parçalı eser üretiminde oluşturulan çalışmanın bozulmaması için cam parçalarının sabitlenmesi gerekebilmektedir. Bu işlem için kullanılan yapıştırıcılar ile sabitleme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. “Cam parçalarının fırınlama işleminden önce konumlarına sabitlenmeleri için PVA jel yapıştırıcı (polivinil asetat) kullanılabilir” (Ağatekin, M. Cam ders notları). Bu işlem için farklı yapıştırıcılar tercih edilecekse, yapıştırıcının cam yüzeyinden uzaklaşırken camda herhangi bir leke bırakmamasına özen gösterilmelidir.

Tam Füzyon: Tam füzyon uygulamasında çalışma sıcaklığı yarım füzyon uygulamasına göre daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmektedir bu nedenle eser oluşturma süreçleri yarım füzyon yöntemindekiyle benzer olsa da elde edilen sonuçlar tamamen farklılık göstermektedir. Tam füzyon işleminde cam parçalarının tamamen kaynaşması sağlanmaktadır (Watkins-Baker, 2010, s. 75). “Tam füzyon işlemi 790 ° C ile 835 ° C arasında gerçekleşir ve cam tam olarak erir ve katmanlar incelik ve kenarlar yuvarlaklaşır. Ayrıca camın viskozitesi de giderek düşer ve eğer kalıp içerisinde değilse orijinal formunu aşar (Ağatekin, M. Cam ders notları). Tam füzyon ile yapılan çalışmalarda refrakter kalıp ile veya yüksek ısıya dayanıklı refrakter malzemeler kullanılarak bu durumun önüne geçmek mümkündür.

Çöktürme: Çöktürme işlemi refrakter kalıp karışımı ile oluşturulan kalıplar yardımıyla veya yüksek ısıya dayanıklı malzemeler (metal gibi malzemeler kullanıldığında camın yapışmaması için ayırıcı kullanılmalıdır) ile camın istenilen şekli almasını sağlama işlemine denmektedir.

Çöktürme işlemi 704°C ile 732°C arasındaki ısı değerlerinde gerçekleştirilmektedir. Çöktürme işleminin sağlıklı olabilmesi için camın yavaş çökmesine izin verilmelidir. Camın çökme derecesi noktasına yavaş çıkılarak bu işlem sağlıklı olarak gerçekleştirilebilir. Bu sayede camın kalıp detaylarını daha iyi alması sağlanmış olacaktır. Cam çökmeye ilk olarak en ağır kısımlardan başlar daha sonra kenar kısımlarının çökmesi gerçekleşir ve kalıbın şeklini alır. Kalıp içerisinde çökme esnasında havanın sıkışacağından hava tahliye kanalları açılmalıdır. Hava tahliye kanalı açılırken camın ilk olarak orta kısmının çöktüğü göz önünde bulundurularak tahliye kanallarının orta kısım dışında daha uygun yerlere açılmalıdır (Lundstrom, 1983, s. 81). Hava tahliye kanallarının sayısı kalıp detayına ve kalıbın kanal derinliklerine göre hesaplanmalıdır. Yeterli oranda hava tahliye kanalının olmaması çöktürme işleminin sağlıklı olarak gerçekleşmesine neden olacağından dikkat edilmelidir.

1.2. Sıcak Cam Döküm Tekniği

Sıcak cam döküm tekniğinde, ergitme tankı içerisinde bulunan eriyik haldeki camın yardımcı malzemeler yardımı ile fırın içerisinden alınarak metal, refrakter, kum gibi yüksek ısıya dayanıklı kalıplara dökümü ile gerçekleştirilmektedir

1.2.1. Fırın içerisinde kalıba döküm tekniği

Sıcak cam döküm tekniği, eriyik halde bulunan sıcak cam tankındaki camın kalıp içerisine dökümü ile gerçekleştirilir. Bu yöntem için bir sıcak cam fırınına ihtiyaç duyulsa da Lundstrom, (1983, s. 27)'de başka bir fırında pota içerisinde eriyik hale getirilen cam ile de döküm yapılabileceğini belirtmektedir (Görsel 1.24).



Görsel 1. 24. *Fırın içerisinde seramik potada cam eğitme ve refrakter kalıba döküm yöntemi*
(Lundstrom, 1983, s. 28)

Potalı fırınlar, fırın içerisine yerleştirilen bir veya daha fazla potanın içerisindeki camı eritmek için kullanılır. Bu yöntemle farklı renkleri tek bir fırın içerisinde eritmek mümkündür. Potalı fırınlarda ortalama 5 saat gibi bir süre aralığında pota içerisindeki camı eriyik hale dönüştürerek, camın dökümüne veya farklı şekillendirme metotlarını uygulamak mümkündür. Bu teknikle atık camları pota içerisinde eriterek tekrar kullanmak da mümkündür. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, atık camların farklı genleşme katsayılarına sahip olabileceği ve uyumsuzluk yaratarak cam bünyesinde çatlamalara sebep olabileceğidir. Atık camların geri dönüşümleri yapılırken bu durum göz önünde bulundurulmalı, cam yapılarına dikkat edilerek bir arada eritilmelidir (Lundstrom, 1983, s. 27).

Sıcak cam fırınları genellikle renksiz (clear) cam eritmek için kullanılırlar. Bu tarz fırınlarda yoğunlukla dökümün dışında üfleme tekniği ile çalışıldığından cam renklendirme işlemi toz veya frit boyutundaki camların sarılması ile yapılmaktadır. Lundstrom, (1983, s. 33)'de potalı fırınlarda, camların uyumlulukları göz önünde bulundurularak renklerin karıştırılması ve tek pota içerisinde harmanlanarak camların renklendirilebileceğini ve farklı renkler elde edilebileceğini belirtmiştir.

Sıcak cam döküm tekniğinde refrakter kalıpların dışında, metal kalıp ve kum kalıplara da döküm işlemi yapılabilmektedir. Farklı kalıp türleri kullanıldığı için döküm aşamasında farklılıklar oluşmaktadır. Refrakter kalıp döküm işleminde kalıp yapımı Lost Wax, Pate de verre gibi cam şekillendirme tekniklerindeki kalıp hazırlama süreçleri ile benzerdir. Dökümü gerçekleştirilecek olan refrakter kalıbın hazırlanmasının ardından uygulanacak süreç şu şekildedir;

- Refrakter kalıp fırın içerisine yerleştirilerek, fırın ısısı kontrollü olarak 760 °C'ye yükseltilir.

- Başka bir fırındaki 1093 °C'deki (buraya 1100 °C civarında sıcaklıtaki cam yazılabilir) eriyik cam, döküm kepçesi veya pipo yardımıyla alınarak diğer fırında bulunan refrakter kalıp içerisine dökülerek kalıp boşluğu doldurulur. Büyük boyutlu kalıp dökümlerinde, döküm işlemi tek seferde tamamlanmayabilir. Bu gibi durumlarda kalıp içerisindeki camın soğuması beklenmeden döküm işlemi tekrarlanabilir.
- Camın kalıp içerisinde bulunan formun detaylarını alması için fırın 1 saat süreyle 760 °C'de bekletilir. Fırın ısı ve bekleme süreleri kalıbın büyüklüğüne ve cam türüne bağlı olarak değişebilmektedir (Lundstrom, 1983, s. 19).



Görsel 1. 25. Sıcak cam ergitme fırını ile fırın içerisinde kalıba döküm yöntemi
(Murat Paktur fotoğraf arşivi)

Döküm işlemi sonrasında fırın içerisindeki cam kontrollü soğutma (Bkz. Tavlama) yapılarak camın tavllanması gerçekleştirilir. Cam objenin büyüklüğüne göre tavlama süreleri farklılık göstermektedir. Tavlama sonrası fırın içerisinde refrakter kalıp parçalanıp temizlenerek, cam obje elde edilir. Kalıp içerisinde çıkan cam obje, yüzey temizlenmelerine, parlatmaya, kumlama ve taşlama gibi soğuk işlemlere gerek duyabilir. Gerekli soğuk işlemler sonrası süreç sonlandırılır.

1.3. Fırın İçerisinde Kalıpta Cam Şekillendirme Tekniklerinde Kullanılan Model Yapım Malzemeleri ve Kalıplama Yöntemleri

Fırın içerisinde cam şekillendirme tekniklerinde cam obje üretimi için bir modele ihtiyaç duyulmakta ve aynı zamanda modelin negatifini hapsederek cam objeye dönüştürülmesini sağlayacak bir refrakter kalıba gereksinim duyulmaktadır. Bu

tekniklerin uygulamasında oluşturulacak model ve refrakter kalıplar için yaygın olarak kullanılan malzemeler aşağıda verilmektedir.

1.3.1. Model yapımında yaygın olarak kullanılan malzemeler

Fırın içerisinde kalıpta şekillendirme tekniklerinde ilk temel adım, cama dönüştürmek istenilen tasarımın modelleme malzemeleri kullanılarak bir modelini üretmektir.

Model yapımında çeşitli malzemeler kullanılabilir. Bunlar; kil, balmumu, alçı, kauçuk, ahşap, plastik ve profesyonel modelleme killeri gibi malzemeler olabilir. Her malzeme kendine has doku barındırır. Fırın içerisinde kalıpta şekillendirme tekniğinde elde edilen camlar, üretilen modelin kopyası niteliğinde olduğundan, model malzemesinin üzerindeki doku da aynı şekilde cam yüzeyinde oluşacaktır (Thwaites, 2011, s. 39). Model üretimi için kullanılacak malzemelerin fiziksel özellikleri de uygulayıcılar açısından modelleme aşamasında ve kalıplama sonrası malzemenin kalıp içerisinden tahliye işlemlerinin kolaylıkla yapılabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Modelleme malzemeleri ile çalışan sanatçılar için, yumuşaklık, sertlik, eklenebilir özelliklere sahiplik, kolay şekil alabilen, kolay temizlenebilen malzemeler olması en yaygın tercih kriterleri arasındadır.

Fırın içerisinde kalıpta şekillendirme tekniklerinde model malzemesinin özellikleri önem taşımaktadır. Çok sayıda çağdaş uygulayıcının kullandığı gibi doğrudan hazır modelleri ve doğal formları kullanmakta mümkündür. Refrakter kalıp oluşturmada kullanılacak model yapımı için farklı birçok malzeme bulunmaktadır. Model yapımı için tercih edilecek malzeme türü, üretim sürecinde kullanılacak şekillendirme metodunun hangisi olduğuna bağlı olarak değişebilmektedir. (Thwaites, 2011, s.39). Cam şekillendirme tekniklerinde yaygın olarak model üretiminde kullanılan malzemeler aşağıdaki gibidir:

Kil: Çeşitli şekillerde çalışılabilecek çok yönlü ve ucuz bir model yapım malzemesidir. Uygulayıcılar tarafından kolaylıkla temin edilebilmektedir. Modelleme aşamasında kil parçaları eklenerek veya kademeli olarak ilave edilerek şekil verilebilmektedir. Kaba bir form olarak başlanıp, çıkartma ve oyma işlemleri yapılarak da modelleme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Bu işlemlerin tamamı birlikte de kullanılabilir (Görsel 1.26). Modelleme sürecinde, kili yumuşak veya sert bir yapıya getirmek de mümkündür. Kil, koyu renkli bir malzeme olmasından dolayı

refrakter kalıp içerisinde tamamen temizlenip, temizlenmediği net bir biçimde anlaşılabilmektedir (Thwaites, 2011, s. 40).



Görsel 1. 26. *Angela Thwaites tarafından yapılan kırmızı kil model*
(Thwaites, 2011, s. 40)

Model malzemesi olarak kil kullanıldığında, refrakter kalıplama işleminden sonra zaman kaybetmeden kil kalıp içerisinde temizlenmelidir. Kilin uzun süre kalıp içerisinde beklemesi, kilin sertleşmesine sebebiyet vereceğinden kil yumuşak bir yapıya sahipken kalıp içerisinde çıkartılmalıdır.

Refrakter kalıp içerisinde az miktarda dahi kil parçaları kalması cam yüzeyinde pisliklere neden olacağından, kalıp içerisinde tamamen el veya alet yardımıyla temizlenmelidir. Kalıp içerisinde çıkarma işlemini kolaylaştırmak için kil, parçalar halinde alınarak yavaş yavaş temizlenebilir (Thwaites, 2011, s. 40). Kil kalıp içerisinde tamamen temizlense de kalıp yüzeyinde kilin lekeleri kalabilmektedir. Kalıntılar, sünger yardımıyla kalıp yüzeyinden temizlenmelidir. Temizleme işlemi kalıp yüzeyine zarar vermeyecek şekilde dikkatlice yapılmalıdır.

Kil ile modelleme, balmumu ve diğer model malzemeleri ile çalışmaktan daha az karmaşık ve kolaydır. Kil ucuzdur ve kurumasına izin verilmediği sürece geri dönüştürülebilir. Kili model yapımında kullanan ve kil ile modelleme hissini tercih eden birçok sanatçı bulunmaktadır. Kilin model malzemesi olarak kullanımındaki dezavantajı, tek parça refrakter kalıp yapımındaki modellerin ayrıntılarının ve şekillerinin sınırlamalarının olmasıdır (Kervin and Fanton 2000, s. 52). Kil, balmumu gibi kalıp içerisinde eritilerek çıkarılamadığından, el ile çıkarılması gerekmektedir. Kalıp içerisindeki bütün kil parçalarına ulaşılmalı ve kalıp içerisinde temizlenmelidir. Bu, zahmetli ve zaman alıcı bir işlemdir. Bu nedenle kil, genellikle açık kalıp döküm işlemleri için modelleme malzemesi olarak kullanılmaktadır.



Görsel 1. 27. Libensky/Brychtova tarafından şekillendirilen kil model
Thwaites, 2011, s. 17

Alçı: Mısırlılar döneminden günümüze kadar uzanan bir süreçte model yapım malzemesi olarak alçı kullanılmış ve hala kullanılmaktadır. Özellikle simetrik, keskin ve basit formların yapımında kullanılan ideal bir model malzemedir. Alçı, sert bir yapıya sahip olduğundan model malzemesi olarak kullanılacağına bazı şekillendirme (modelaj) aletlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Görsel 1.28). Alçı nemli bir yapıdayken şekillendirme işleminin yapılması daha kolaydır (Kervin and Fanton, 2000, s. 56). Alçı, sıvı ve katı hale dönüşebildiğinden farklı yöntemlerle şekillendirilmesi de mümkündür. Sıvı halde dökümü yapılarak, tornada dairesel formlarda simetrik şekiller yapılabilir.

Doğada farklı şekillerde bulunan alçı, birçok alanda kullanılmaktadır. Alçının kimyasal bileşiminin Aydın, (2016, s. 33)'de şöyle açıklanmıştır:

Kalsiyum Sülfatın yarım mol su içeren haline alçı denir. Doğal alçıtaşı cevherinin kalsine edilerek, bünyesindeki su moleküllerinin bir miktarının uzaklaştırılmasıyla oluşan yarım su moleküllü birleşimdir. Alçıtaşı doğada farklı biçimlerde bulunabilir. Jips olarak adlandırılan biçimi ısıtılarak kristal suyunu rahatlıkla kaybeden biçimi olduğu için alçı üretimine daha uygundur. Basit tanımıyla alçı, alçıtaşının ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dehidrasyon geçirmesiyle oluşan maddenin ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) öğütülmesiyle oluşturulan malzemeye denir (Aydın, 2016, s. 33).



Görsel 1. 28. Alçı oyma ve kazıma modelaj seti

(<https://www.tahtakalehobi.com/b%C4%B1%C3%A7akl%C4%B1-seramik-alet-seti-7-par%C3%A7a.html>)



Görsel 1. 29. *El ile şekillendirilmiş alçı model (sol), alçı tornada şekillendirilen alçı model (sağ)*

(<http://shop.italianartcenter.ca/product/fighting-lizards-plaster/>)

(<http://www.mehlmandesign.com/ceramic-glass/blog-detail/turning-plaster-on-the-lathe/>)

Kauçuk: Esnek kauçuk malzemeler de model yapımında kullanılabilir. Bu tarz bir malzeme ile yapılan modelde aşınma veya bozulma minimum düzeyde olacağından birçok kez kullanılabilmesi mümkündür. Esnek yapıları sayesinde kalıp yüzeyine zarar vermeden kalıp içerisinde çıkarılması da avantaj olarak gösterilebilir. Model yapımında tercih edilen esnek yapıdaki malzemeler genellikle birden fazla üretimi gerçekleştirilecek basit formlarda kullanılmaktadır. Kil ve benzeri malzemelere göre kalıp yüzeyinde kalıntılar bırakmadan ayrıldıkları için üretim sürecinde zaman kazandırmaktadırlar. Geri dönüştürülebilir bir yapıya sahip olan kauçuğun farklı türleri de bulunmaktadır. Model malzemesi olarak kullanıldığında kalıp yüzeyine zarar vermeden çıkarılabilmesi için ayırıcı bir malzemeye ihtiyaç duyulabilir (Thwaites, 2011, s. 45).

Plastilin: Genel olarak profesyonel heykeltıraşlar tarafından tercih edilen plastilin (ayrıca plasteline, plasticum, ve plasticine olarak da bilinmektedir) bir tür kildir. Yağ ve balmumu bazlı olan kil, profesyonel olarak kullanılan bir modelleme malzemesidir. Balmumu ve yağ içeriği nedeniyle kalıcı olarak bükülebilir olan malzeme, animasyon yapımcıları tarafından stop-motion film tekniği yapımında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Plastilin yapısı gereği hassas detayların yapımına izin verdiği için modelleme işlemleri için ideal bir malzeme türüdür (Görsel 1.30). Plastilin ile hazırlanan model, uzun süreli kalıcı bir yapıya sahip olamamaktadır¹

Bu nedenle model malzemesi olarak kullanıldığında model çoğaltma yöntemleri kullanılarak kalıcı hale getirilip uzun süreli ve kalıcı bir kullanım sağlanabilmektedir.

¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Plasticine> (Erişim tarihi: 15.05.2019)

Plastilin, profesyonel, eğitim ve endüstri sınıfı olmak üzere üç farklı alanda kullanılmaktadır:

- Profesyonel alanda kullanılan kil, sülfür içeriğinden kaynaklı daha esnek, yumuşak, homojen ve ekstra pürüzsüz bir yapıya sahiptir. İçeriğinde su bulunmadığından sertleşme yapmaz ve ısıdan etkilenmez. Gri-yumuşak, yeşil-orta, beyaz-sert olarak üç farklı yapıda bulunmaktadır.
- Eğitim alanında kullanılan plastilin, kükürt içermeyen bir yapıya sahip profesyonel modelleme kilidir. Yağ ve balmumu esaslı olan kil, kullanıma bağlı olarak daha esnek bir yapıya gelebilmektedir. İçeriğinde su barındırmadığından sertleşme yapmaz ve ısıdan kolayca etkilenmez. Detaylı, hassas figürleri ve büstleri modellemek için heykeltıraşların tercih ettiği ota sertlikte bir kildir.
- Endüstri alanında kullanılan plastilin, kükürt içermez. Büyük boyutlu çalışmalara olanak tanıdığından ve aynı zamanda pürüzsüz bir yapıya sahip olduğundan yaygın olarak kullanılan bir türdür. Sülfür içermemesinden dolayı kalıp yapım malzemeleriyle daha fazla uyumluluk sağlamaktadır. Esnek olmayan ve sertleşmeyen malzeme gri, yeşil, beyaz renklerde bulunmaktadır²



Görsel 1. 30. Polonya'lı animatör Monika Kuczyńska tarafından plastilin ile yapılmış model.

(<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Tadzik1.jpg>)

Balmumu: Cam döküm işlemlerinde birçok malzeme model yapım süreçlerinde kullanılsa da çoğunlukla model yapımlarında balmumu tercih edilmektedir. Balmumun yapısından kaynaklı olarak düşük ısılarda kolayca yumuşaması veya eriyik hale dönüşmesinden dolayı kalıp içerisinden tahliyesi kolay ve sorunsuz olmaktadır.

² <https://www.sculpturehouse.com/s-99-plastilina.aspx> (Erişim tarihi: 15.05.2019)

Balmumunun bu özelliği hassas işlerin dökümlerini yapmak isteyen birçok uygulayıcı için ideal model ve döküm malzemesi yapmaktadır.

Balmumunu modelleme için ideal bir malzeme yapan birçok özellik bulunmaktadır. Bunlar arasında dayanıklı olması, hafif olması, çekme veya çatlama yapmaması gibi özellikleri gösterilebilir. Balmumu, oyma, dökme, kesme gibi farklı birçok yöntemle işlenebilmektedir. Ayrıca, parmak izi gibi hassas detayları kusursuzca vermesi de cam şekillendirme tekniklerinde model malzemesi olarak tercih edilmesini sağlamaktadır (Görsel 1.31) (Kervin and Fanton 2000: 43).



Görsel 1. 31. Balmumundan yapılmış model (sol), Colin Red'e ait Kayıp mum tekniği ile yapılmış cam obje (sağ) (Thwaites, 2011, s. 48)

Model malzemesi olarak balmumu kullanımı sadece yukarıda bahsedilen özelliklerinden dolayı tercih edildiği söylenemez. Refrakter kalıp yapımlarında kalıbı alınacak modelin formu, çok fazla detaya, girinti ve çıkıntılara sahip olması beraberinde kalıplama aşamasında dikkat edilmesi gereken durumları getirmektedir.

Refrakter kalıplaması yapılacak modelin ters açıları mevcutsa, sert bir modelleme malzemesinden üretimi gerçekleştirildiğinde tek parçalı hazırlanan refrakter kalıp içerisinde modelin çıkartılması mümkün olmamaktadır. Ters açılı modellere genellikle üç boyutlu ve fazla detaylı formlarda karşılaşılmaktadır. Bu gibi durumlarda modelleme yapımı için malzeme seçimi önemlidir. Çamur, plastilin ve strafor gibi malzemeler kullanılarak üretilmiş, üzerine refrakter kalıp karışımı döküldüğünde formunu kaybetmeyecek kadar sertliğe sahip model malzemeleri, bir kenarı yeteri kadar açıklıkta olan kalıplarda kullanılabilir. Refrakter kalıp alım aşaması sonrası, bu malzemeler el veya el aletleri yardımı ile kalp içerisinde boşaltılabilir. Model malzemesinin, kalıp içerisinde el ve el aletleri yardımıyla boşaltılamayacağı durumlarda, eritilerek ya da yakılarak kolaylıkla boşaltılabilen malzemeler tercih edilmektedir (Aydın, 2016, s. 34).

Fırında cam şekillendirme tekniklerinde tek parçalı refrakter kalıp kullanımı sağlıklı döküm yapılabilmesi için ideal kalıplama yöntemi olarak bilinmektedir. Mumun kolay şekillendirilebilmesi, kalıp içerisinden model detaylarına zarar vermeden kolaylıkla tahliye edilebilmesinden ve tek parçalı kalıp yapımına izin vermesinden dolayı genellikle mum, model malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu yüzden uygulayıcılar cam döküm işleminde model malzemesi olarak balmumunu sıklıkla tercih etmektedir.

Mumun birçok alanda model malzemesi olarak kullanılması, farklı özelliklere sahip mum türlerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Farklı yapılara ve özelliklere sahip mum türlerinin kullanımı üretimi yapılacak modelin şekline ve detaylarına göre seçilmektedir. Türlerine göre balmumları şu şekildedir:

Mikro kristal balmumu: Doğal balmumu ile benzer özellikler sahip ve uygulayıcılar tarafından yaygın olarak kullanılan nispeten yeni bir balmumu çeşididir. Mikro kristal balmumu 32 °C’de veya el ile şekillendirmede esnek bir yapıya gelmektedir ve 4 °C’ye soğutulduğunda sert bir yapıya dönüşerek ince detayların işlenmesine izin vermektedir. Çok ince detay şekillendirilmeleri için gerekli sertlikteki mumlar, dışçı malzemeleri tedarikçilerinden edinilebilmektedir. Mikro kristal balmumun alternatifi için doğal balmumu içeriğine %10-%20 oranlarında parafin eklenerek elde etmek mümkündür (Lundstrom, 1983, s. 20).

Oyma balmumları: Oldukça sert bir yapıya sahip olmasından dolayı modellerde keskin ayrıntıları tutabilmektedir. Modelaj araçları ile şekillendirilebilmekte ve erime sıcaklıklarının yüksek olmasından dolayı elektrikli el aletleri ile çalışılabilmektedir. Sert yapılarından dolayı şekillendirme sırasında dikkat edilmeli, zorlanmalarda kırılabilmektedirler. Farklı renklerde ve farklı yapılara sahip üç çeşidi bulunmaktadır. Yeşil renkte olan balmumu en sert yapıda olanıdır, en ince ve hassas detayların yapımına olanak tanır, aynı zamanda da en kırılgan olanıdır. Bu kırılganlık, model yapımında küçük nesnelerin yapımı ile sınırlandırılmasına sebep olmaktadır. 104 °C’de eriyerek çok hızlı bir şekilde sıvı hale dönüşmektedir. Mor renkte olanı daha esnek ve yumuşak bir yapıya sahiptir. Şekillendirilmesi daha kolaydır ve 110 °C’de eriyerek sıvı hale dönüşmesi zaman alır. Yeşil renkteki balmumunda farklı olarak bir kez eritildiğinde ince detayları muhafaza edemeyecek kadar yumuşak bir hale gelir. Mavi renkteki ise en esnek ve şekillendirilmesi en kolay olan mumdur. 110 °C’de erimesi gerçekleşir, fakat akışkanlığını koruyarak modelleme aşamasında ekleme işlemi yapımında kontrol sağlar (Kervin and Fenton, 2000, s. 45).

Döküm Balmumu: Düşük viskoziteye sahip, nispeten düşük sıcaklıklarda eriyen ve aynı zamanda orijinal sertliğini hızlı bir şekilde geri alabilen sert yapıda bir balmumu türüdür. Genellikle, kalıp içerisine döküm yapılarak model çoğaltma işlemlerinde kullanılır ve kalıp içine enjeksiyon yöntemi ile dökümü gerçekleştirilir (Kervin and Fenton, 2000, s. 45).

Parafin: Beyaz renkte ve sert yapıda başka bir balmumu türüdür. Parafin, diğer balmumlarını sertleştirmek ve erime sıcaklıklarını düşürmek için katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Çok sert ve kırılgan bir yapıda olmasından dolayı tek başına parafin ile şekillendirme işlemi yapmak oldukça zordur. Bazı durumlarda sertliği ve erime sıcaklığının düşük olmasından dolayı alternatif balmumu olarak kullanılmaktadır (Kervin and Fenton, 2000, s. 46).

1.3.2. Refrakter (Alçı-Kuvars) Kalıp

Fırın içerisinde cam şekillendirme yapabilmek için, uzun süre yüksek sıcaklıklara dayanabilecek malzemeler kullanılarak refrakter kalıplar yapılmaktadır. Refrakter kalıplar bir modelin kopyasını oluşturmak için yapılan kalıplar ile karıştırılmamalıdır. Refrakter kalıpların ilk kullanımı, detaylı bir modelin doğrudan bronz veya metalden oluşturulmasında kullanımı şeklindedir (Thawaites, s. 21).

Fırın içerisinde cam şekillendirme tekniklerinde kullanılan refrakter kalıplar, metal döküm süreçlerinde kullanılan döküm kalıplarından üretim şekliyle ve üretim aşamasında kullanılan malzemeler ile farklılık göstermektedir.

Refrakter kalıplar genel olarak bir kez kullanılmaktadırlar. Kalıp içerisinde şekillendirme sonrası modelin kalıp içerisinden çıkartılması için kalıp kırılarak modelin alınması sağlanmaktadır. Refrakter kalıp yapımında kullanılan malzemelerin belli oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulduklarından kalıp yapımında kullanılan karışıma refrakter kalıp karışımı denmektedir (Thawaites, s. 21).

Cam yapımı için kullanılacak refrakter kalıpların bazı işlevsel özellikleri yerine getirmeleri gerekmektedir. Cam yapısı gereği bünyesinde farklı malzemelerin bulunması sonucunda istenmeyen durumlara neden olabilmektedir. Cam kalıp içerisinde ergimiş halde bulunacağından, camın herhangi bir malzemeyle teması halinde camın bünyesine karışma olasılığı çok yüksektir. Bu nedenle cam üretimi için kullanılacak refrakter kalıplar için belli özelliklere sahip olması beklenmektedir.

Thwaites, (2000, s. 21)'e göre, refrakter kalıpların taşınması gereken özellikleri şu şekildedir:

- Refrakter kalıp karışımı, kauçuk, ahşap, balmumu, kil gibi model olarak kullanılabilir malzemelerden oluşturulan bir modelin doğru bir şekilde şeklini alabilmeli ve koruyabilmelidir.
- Refrakter kalıp, fırınlama esnasında yüksek sıcaklıklarda dahi deforme olmadan yapısını koruyabilmelidir.
- Cam yüzeyine yapışma eğilimi göstermemeli ve yapısal olarak cama zarar vermeden cam yüzeyinden kolayca ayrılabilir.
- Stüdyo ortamında çalışıldığı için güvenli olmalı, yapımı ve kullanımı kolay olmalı ve düşük maliyetli olmalıdır.

1.3.2.1. Açık kalıplar

Açık kalıplar genel olarak daha basit formlardaki modellerin kalıplarını oluşturmak için kullanılmaktadır. Modelin ağız kısmı aşağıya bakacak şekilde bir zemin üzerine yerleştirilir ve refrakter kalıp karışımı dökülerek kalıplama işlemi gerçekleştirilir.

Kalıplama sonrası kalıp içerisinden kolayca tahliye edilebilecek kil ve kile benzer malzemeler ile hazırlanmış modellerin kalıplanması için daha uygun bir yöntemdir (Görsel 1.32).



Görsel 1. 32. Açık kalıp yöntemi kullanılarak hazırlanmış refrakter kalıp
(Baker, 2010, s. 116)

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta fırınlama işleminde refrakter kalıp ağzının yukarıda kalmasını sağlamak için, açık kalıp yapım aşamasında modelin ağzı aşağıda kalacak şekilde kalıplanmasıdır. Açık kalıplama yönteminde kalıp ağzı geniş olacağı için cam yüklemesi doğrudan kalıp içerisine yapılabilir (Thwaites, 2011,

s. 13). Bu nedenle kalıba cam yüklemesi için fazladan bir potaya veya döküm ağzına ihtiyaç duyulmamaktadır (Görsel 1.33)



Görsel 1. 33. Cam yüklemesi gerçekleştirilmiş açık kalıp
(Baker, 2010, s. 116)

Açık kalıp yöntemleriyle oluşturulan refrakter kalıplarda diğer kalıplama yöntemlerinde olduğu gibi kalıp duvarları kalınlıkları ısının geçişini büyük oranda etkilememektedir. Refrakter kalıbın üst kısmının açık ve geniş olması camın üst kısımdan doğrudan ısıyı alarak erimesini sağlamaktadır. Bu sayede cam kapalı kalıplara göre daha kısa sürelerde kalıp içerisindeki şeklini alarak uzun süre yüksek ısıya maruz kalmadığından refrakter kalıplarda deformasyon oranı daha düşük olmaktadır.

Açık kalıplarda refrakter kalıplama aşaması şu şekildedir; zemine yerleştirilen kil modelin etrafı kalıp tahtaları ile çevrilerek kapatılır. Refrakter kalıp karışımı hazırlanarak model kontrollü bir biçimde kalıp karışımı ile tamamen kaplanarak karışımın katılaşması beklenir.

Refrakter kalıp karışımlarında genel olarak %50 alçı % 50 kuvars refrakter reçetesi kullanılmaktadır. Kalıplama işlemi sonrası kil model, kalıp içerisinde uzun süre bekletilmeden çıkartılmalıdır. Kilin kalıp içerisinde uzun süre beklemesi kilin katılaşmasına neden olacaktır ve kalıp içerisinden çıkarılması zorlaşacaktır. Kil el ve modelaj aletleri yardımı ile kalıp içerisinden tamamen boşaltılarak, kalıp yüzeyi temizlenmelidir (Thwaites, 2011, s. 40). Kilin kalıp içerisinde kalması pişim sonrası cam objede lekelere sebebiyet verebileceğinden bu işlem dikkatlice yapılmalıdır.

1.3.2.2. Çift cidarlı kalıplar

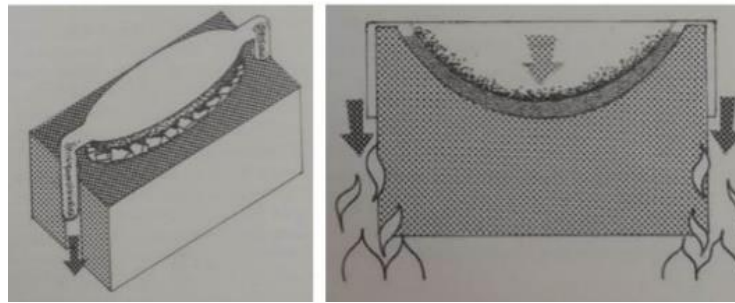
“Çift cidarlı kalıplar hareketli ya da sabit parçalı olabilmektedir. Parçanın hareket durumuna göre, bu tür kalıplar, sabit maçalı ve hareketli maçalı kalıplar olarak ikiye

ayrılmaktadır (Aydın, 2016, s. 44).” Hareketli maçalı kalıplar, genel olarak Pate de Verre tekniği uygulamasında cam şekillendirme tekniklerinde kullanılmaktadır. Pate de Verre tekniği ile şekillendirmede çoğunlukla yapılan kase ve vazo formlarında uygulayıcılar cam objede belirli bir et kalınlığını verebilmek ve kalıp içerisine yerleştirilen camın sıcaklığın etkisi ile kalıp yüzeyinden aşağıya akmaması için kalıp içerisine yerleştirilen bir iç parça yapmaktadır.

Cidar, duvar ve zar anlamına gelmektedir. Tasarlanan formun bir et kalınlığı varsa bu kalınlığın kalıp duvarlarıyla sınırlandırıldığı kalıp biçimleridir. Örneğin basit bir kâse formunun ağzı yere gelecek şekilde kalıbı alınır. Böylece kâsenin dış yüzeyinin kalıbı alınmış olur (Bu aynı zamanda açık kalıptır). Kâse kalıp içerisinden çıkarılmadan ters çevrilir ve gerekli pimler açılarak kâsenin iç yüzeyinin kalıbı da alınır. Kâsenin iç ve dış yüzeyini kapsayan bu kalıp biçimine çift cidarlı kalıp denir. Basit tabiriyle çift cidarlı kalıplar, tasarlanan formun iç ve dış yüzeylerinin olması durumunda kalıp duvarlarının her iki yüzeye de temas ettiği kalıplar olarak tanımlanabilir (Aydın, 2016, s. 44).

1.3.2.2.1. Hareketli maçalı kalıplar

Hareketli maçalı kalıp yönteminde alt kalıp (sabit) olarak kullanılacak parçaya cam yüklemesi gerçekleştirilir. Cam yüklemesi sonrası kalıp, fırın içerisine konularak hareketli kalıp parçası sabit kalıp üzerine dikkatli bir şekilde yerleştirilir. Fırın ısısı yükseldiğinde cam hareketlenmeye başlar, hareketli parça cama baskı uygulayarak camın kalıp formunu almasını sağlayacaktır (Görsel 1.34). Hareketli parçanın uygulayacağı baskı yetersiz gelmesi durumunda parça üzerine yüksek ısılara dayanıklı malzemeler ile destekleme işlemi yapılabilmektedir.



Görsel 1. 34. Hareketli maçalı kalıp

(Cummings, 1995, s. 114)

Aydın, (2016, s. 48)’ de hareketli maçalı kalıp yapım aşamalarını şu şekilde tanımlamıştır;

- İlk aşama açık kalıp yapım süreciyle aynıdır. Öncelikle açık kalıp yapılır.
- Diğer kalıp biçimlerdeki gibi kalıp formu model formuna uygun hale getirilir.
- Kalıp süreci sonuna kadar model çıkarılmaz.
- Hareketi kontrol altına alabilmek adına kalıp pimleri açılarak kalıp ayırıcı sürülür.
- Üst parçanın dökümü için kalıp kurgusu oluşturulur. Gerek duyulursa tekrar kalıp ayırıcı sürülür ve üst parça dökülür.
- Sertleşme süreci tamamlandığında kalıp parçaları ayrılır.
- Model çıkarılır, kalıp temizlenerek süreç sonlandırılır.

1.3.2.2.2. Sabit maçalı kalıplar (Core Casting)

Sabit maçalı kalıplar, içi boş şekillerin veya bir formun kalıp içerisinde çekirdek görevi görerek cam objenin içerisinde boşluk oluşturduğu kalıp yöntemidir. Sabit maçalı kalıplar genel olarak “core casting” olarak bilinmektedir. İç ve dış formların şekilleri birbirini ile benzerlik gösterebilmekte veya tamamen farklı olabilmektedir. Sabit maçalı kalıp yapımında kalıp içerisinde oluşturulan “çekirdek” olarak adlandırılan modelin yapımıyla kalıp içerisinde pozitif bir form yaratılarak cam obje içerisinde negatif bir etki elde edilmiş olunur (Görsel 1.35) (Thwaites, 2011, s. 79).



Görsel 1. 35. Sabit maçalı (çekirdek) kalıp
(Thwaites, 2011, s. 81)

Sabit maçalı kalıp yapımında model malzemesi olarak balmumu veya refrakter kalıp karışımından hazırlanmış parça model olarak kullanılabilir. Genel olarak refrakter kalıp yapımlarında tek parça kalıp oluşturmak oluşabilecek riskleri en aza düşürdüğünden model malzemesi olarak balmumu tercih edilmektedir.

Balmumundan sabit maçalı refrakter kalıp yapımı için model hazırlama işlemi farklı yöntemlerle yapılabilir. Hızlı ve basit bir yöntem olarak istenilen formun iki

parçalı kalıbının oluşturulmasının ardından kalıp içerisine ayırıcı bir madde uygulanır. Erimiş hale getirilen balmumu kalıp içerisine dökülerek katılaşması beklenir. Kalıp duvarlarına temas ederden kısımlardan katılaşmaya başlayan balmumu istenilen et kalınlığının almasının ardından fazlalık balmumu kalıp içerisinden boşaltılır. Döküm yapılacak kalıbın nemli olması balmumu modelin kalıp yüzeyinden kolayca alınabilmesini sağlayacaktır (Thwaites, 2011, s. 79).

Refrakter kalıbın hazırlanması için modelin bir zemine sabitlenerek kalıplama aşamasında hareket etmemesi önlenmelidir. Sabitlenen modelin etrafı kalıp duvarları ile kaplanarak, hazırlanan refrakter kalıp karışımı model üzerine kontrollü bir biçimde dökümü gerçekleştirilir. Karışımın ilk olarak model içerisindeki boşluğa dökülmesi içerideki havanın tahliyesini sağlayacak ve model üzerine baskı yapacağı için modelin hareket etmesini de önleyecektir. Refrakter kalıp karışımı ile tamamen kaplanan balmumu model, kalıp karışımının donmasının ardından balmumun kalıp içerisinden tahliyesi gerçekleştirilmelidir (Thwaites, 2011, s. 80).

Genel olarak basit bir düzenek kurularak su buharı yardımı ile balmumu model kalıp içerisinden boşaltılabilmektedir. Aynı zamanda stüdyo ortamında kullanılmak için üretilen İçerisinde elektrikli ısıtıcıların bulunduğu mum eritme fırınları da kullanılmaktadır. Bu işlem sonrasında kalıp yükleme için hazır hale gelir ve fırınlanabilir. Fırınlama öncesi refrakter kalıbın oda sıcaklığında yeteri kadar bekletilerek kurutulması sağlıklı bir dökümün gerçekleştirilmesi için gereklidir.

1.3.2.3. Çok parçalı kalıplar

Fırın içerisinde şekillendirmede kullanılan kalıp türleri sağlıklı, risksiz ve temiz bir döküm için genel olarak tek parçalı kalıp yapım teknikleri kullanılarak üretilmektedir.

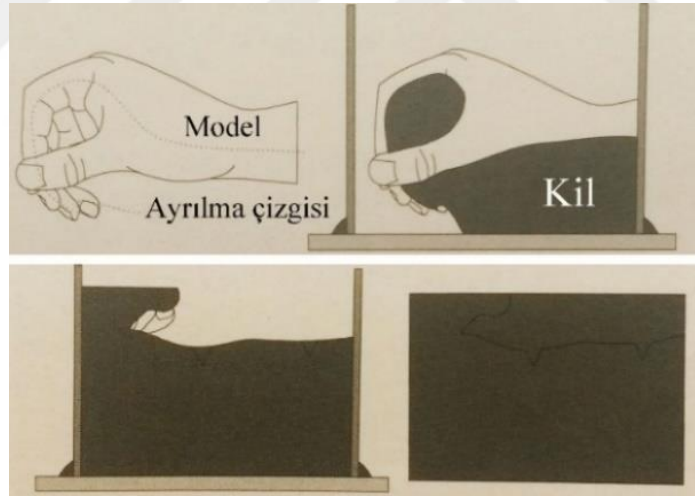
Bazı durumlarda, kullanılmak istenen modelin kalıp içerisinden eritilerek veya başka bir yolla çıkartılması mümkün olmamakta veya bir modeli birden fazla kez model kopyası oluşturmada kullanılmak istendiğinde çok parçalı kalıp yöntemi kullanılmaktadır (Kervin, and Fanton, 2000, s. 89).

Çok parçalı kalıplama yöntemi diğer kalıplama yöntemlerinde karşılaşılan kullanılacak model malzemesi seçimlerindeki sınırlamaların aksine birçok malzemenin model olarak kullanımına izin vermektedir.

Çok parçalı kalıp yapımında en basit yöntem kalıbın iki parçadan oluşacak şekilde oluşturulmasıdır (J. Kervin, Dan Fanton s. 90). Fakat, bazı durumlarda modelin formuna

bağlı olarak parça sayısı artmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken kısım model kalıplama aşamasında mümkün olan en az sayıda parça ile refrakter kalıbı oluşturmaktır. Parça sayısının artması kalıp alımının zorlaşmasının yanı sıra fırın içerisinde yüksek ısıya maruz kaldığında ve içerisinde bulunan camın ağırlığı ile baskı altında kaldığında formunu uzun süre koruyamamasına neden olacaktır.

Çok parçalı kalıp yapımının en zorlu aşaması, kalıp ayırım çizgilerini tespit etmektir. İki ya da daha fazla parçalı kalıba ihtiyacı olan bir modelde, kalıp ayırım çizgilerini belirlerken, kalıp parçasının modele tutunmadan rahatlıkla çekilip çıkartılması gerekeceğinden kalıp parçalarının esnemez bir yapıda olduğunu göz önünde bulundurmak gerekir (Görsel 1.36) (Kohler, 1998, s. 188). Aksi takdirde zorlanmadan kaynaklı olarak kalıp yüzeyinde veya modelde bozulmalar meydana gelecektir. Çok parçalı kalıpların yapımında, parçaların oluşturulmasından sonra kalıbın güçlendirilmesi için kalıp parçaları örgü şeklindeki tel ile kaplanarak kalıp karışımıyla sıvanarak tek parça haline getirilmektedir.



Görsel 1. 36. İki parçalı refrakter kalıp yapımı
(Kervin ve Fenton, 2000, s. 91)

1. Kalıplanacak modelin ilk olarak kalıp ayırım çizgileri belirlenir. Bu aşamada aynı zamanda kalıbın kaç parçadan oluşacağına karar verilir.

2. Kalıp çizgileri oluşturulduktan sonra model yumuşak bir malzemedен oluşturulduysa metal veya plastik parçalar model üzerine yerleştirilerek model hazırlanmalıdır. Model sert bir yapıya sahipse kalıp ayırım alanları yumuşak çamur yardımıyla oluşturulur.

3. Modelin hazırlanmasının ardından bölünen ilk parça kısmı refrakter kalıp karışımı ince bir katman ile kaplanır. Karışımın yoğunlaşmasıyla beraber katmanlar halinde uygulanarak parça duvarı kalınlaştırılır.

4. Refrakter karışımının katılaşmasının ardından model ayırım parçaları çıkartılarak ilk kalıp yüzeyi düzeltilerek ikinci kalıplama aşaması için hazır hale getirilir. Parçaların kalıplama sonrası örtüşmesi ilk kalıp parçasına pim delikleri açılır.

5. Hazırlanan refrakter kalıp karışımı ile ikinci parça içinde katmanlar halinde modele uygulanarak kalıplama süreci bitirilir.

6. Refrakter karışımın katılaşması sonrası kalıp parçaları birbirinden ayrılarak model kalıp içerisinden çıkartılarak kalıp parçaları temizlenir. Bu aşamada fırınlama süreci için hazır halde olmayan kalıp parçalarının birleştirme işlemine geçilir.

7. İki kalıp parçası düz bir zemin üzerinde ağız açıklığı aşağıda olacak şekilde yerleştirilir. Örgü şeklindeki tel yardımıyla kalıp parçaları sarılarak kalıp karışımı ile son sıvama işlemine hazır hale getirilir.

8. Hazırlanan kalıp, refrakter karışımı sıvı haldeyken tamamen kaplanır. İlk katmanın uygulanmasının ardından kalıp karışımı yoğunlaşmaya başladığı esnada kalıp duvarları sıvama yöntemiyle sıvanarak kalınlaştırılır. Kalıp karışımının tamamen katılaşması sonrası refrakter kalıp cam yüklemesi için hazır durumu gelir.

9. Bu yöntemde de cam yüklemesi diğer kalıplama yöntemlerindeki gibi kalıp içerisine veya ayrı bir potaya yerleştirilerek fırınlanabilmektedir.

1.3.2.4. Yekpare kalıplar

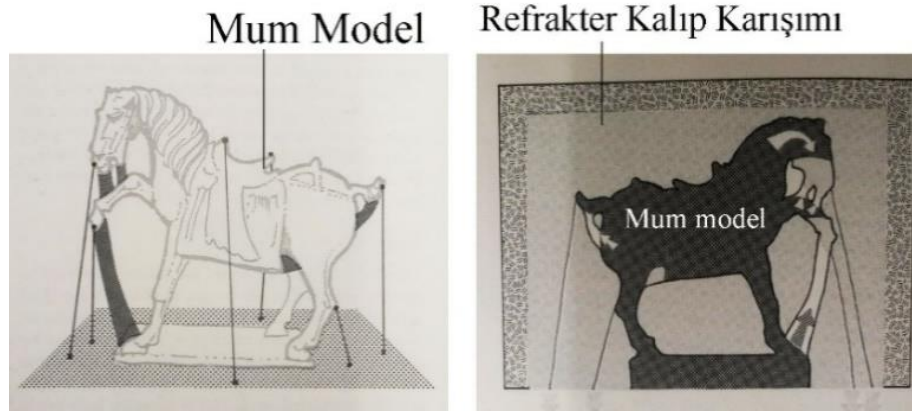
Tek parçalı kalıplar genel olarak üç boyutlu, hassas, detaylı ve çok fazla girinti ve çıkıntılara sahip modellerin kalıplanması için oluşturulmaktadır. Tek parçalı kalıp yapımında kullanılacak olan model malzemesinin kalıp içerisinden kolayca tahliye edilmesi gerekmektedir. Döküm ağzının darlığı ve modelin girintilere sahip olması gibi durumlardan dolayı, model malzemesinin el veya modelaj malzemeleri ile kalıp içerisinden çıkartılması neredeyse imkansızdır.

Tek parçalı kalıp yapımında model malzemesi olarak, belirli sıcaklıklara maruz kaldığında kalıp içerisinden kolay ve temiz bir şekilde kalıp içerisinden tahliye olabilecek malzemeler kullanılmalıdır. Bu duruma en uygun malzeme balmumudur. Balmumu çok uzun bir süredir hassas modellerin metal dökümü için model malzemesi olarak kullanılmış ve kullanılmaktadır. Fırın içerisinde cam şekillendirme tekniklerindeki süreç

metal döküm yöntemi ile aynı olmasa da model oluşturma ve kalıp oluşturma süreci benzerlik taşımaktadır. Bu nedenle fırında cam şekillendirme tekniklerinde de çok uzun bir süredir balmumu, hassas, detaylı, üç boyutlu ve girintili ve çıkıntılı modellerin cama dönüştürülmesinde model malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Balmumu yapısından dolayı refrakter kalıba zarar vermeyecek düşük sıcaklıklarda yumuşama ve erime durumuna geçmektedir. Isındığında sıvı bir form alan balmumu kalıp içerisinden tahliye boşluğu çok az bile olsa kolaylıkla çıkabilmektedir. Genel olarak balmumu refrakter kalıp içerisinden su buharı yardımıyla tahliye edilmektedir. Organik bir madde olmasından dolayı da kalıp içerisinde kalıntı olarak kalsa dahi refrakter kalıbın fırınlama aşamasında 300 °C'ye ulaştığında yanarak kalıp içerisinden tamamen uzaklaşmaktadır. Bu durum fırın içerisinde cam şekillendirme tekniklerinde kullanılacak model malzemesi olarak balmumunu ideal bir model malzemesi yapmaktadır.

Balmumu model malzemesi olarak kullanıldığında ve refrakter kalıplama işlemi ile kalıplandığındaki sürece kayıp balmumu (Lost Wax) tekniği denmektedir (Görsel 1.37). Tek parçalı kalıp yapımı kayıp balmumu (Lost Wax) tekniğinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Bkz. Kayıp Mum (Lost Wax) Tekniği).



Görsel 1.37. Mum model kullanılarak tek parçalı refrakter kalıp yöntemi
(Cummings, 1995, s. 99)

İKİNCİ BÖLÜM

2. FIRIN İÇERİSİNDE CAM ŞEKİLLENDİRME TEKNİKLERİNDE KULLANILAN CAM TÜRLERİ UYUMLULUK VE TAVLAMA

2.1. Camın Yapısı

Camla ilgili tüm kaynaklarda, camın bir rastlantı sonucu bulunduğu söylenmektedir. Bunların içinde Romanya'lı tarihçi Elder Pliny tarafından nakledilen öykü ise en yaygın olanıdır. Pliny'ye göre bir ticaret gemisindekiler kıyıya çıkarlar. Ertesi gün, yaktıkları ateşin külleri arasında parlak saydam cam parçaları bulurlar (Karasu, 2000, s.1). Camın bulunuşu hakkında kesin bir yargıya varılamadığı için bu durum birçok tartışmaya konu olmuştur. Fakat bulunuşundan günümüze kadar olan süreçte kat ettiği yol ile vazgeçilmez bir malzeme olduğunu söylemek yanlış olmaz.

Küçükerman, (1985, s. 20)'de camı şu ifadelerle tanımlamaktadır:

Cam, elle tutulursa sert ve durgun bir etki yapar. Kırılabilirliği nedeniyle de sert bir yere vurulunca kırılır. Böyle olmakla birlikte kimyacılar “içinden su içtiğimiz kabın kendisinin bir sıvı olduğunu” söylerler. Bütün bunlar soğumuş, durgunlaşmış camın belli başlı özellikleridir. Oysa yüksek ısılarla çıkarıldığında camın bu özellikleri tümüyle değişmektedir. Önce yumuşamaya başlar. Sonra akıcılık kazanır. Hatta eğer yeterli olan ısı sağlanırsa “su gibi” akar.”

Cam birçok farklı özelliği yapısında bulundurmaz. Camı diğer malzemelerden ayıran en önemli özelliği ısıtıldığında aniden sıvılaşmak yerine akışkanlık kazanmasıdır. Bu durum camın farklı metotlarla şekillendirilebilmesini sağlamaktadır.

Küçükerman, (1985, s. 20)'de camın bu durumunu şöyle açıklamıştır:

Cam bir maden olarak tanımlanır. Fakat diğer madenlere göre çok daha önemli bir özelliği vardır. O da “erime noktası” değil, “yumuşama noktası” olmasıdır. İçinde bulunduğu ortamın ısısı arttırılırsa gittikçe daha çok sıvılaşır ve akıcılık kazanır. Açıkça görüleceği gibi bu durum, camın çok değişik yöntemlerle biçimlendirilmesine ve hatta üflenerek şekillendirilmesine olanak tanımaktadır.



Görsel 2. 1. Eriyik halde bulunan camın şekillendirilmesi
(<https://www.corningfingertlakes.com/listing/vitrix-hot-glass-studio/660/>)

“Camın yapısında atomlar düzensiz olarak dizilmişlerdir. Atomlar, iyonik ve kovalent bağ ile bağlıdır. Tüm camlarda birim boyutta düzen olmasına rağmen bu düzen sürekli korunamamaktadır (B. Karasu 2000. S.13).” Bir benzetme yapmak gerekirse, camdaki atomların dizilişi, bir sıvıdaki dizilişte olduğu gibi “rastgele”dir. Ama bir anlamda sıvı olarak nitelendirdiğimiz cam çok kıvamlıdır. İşte bu nedenle de yer çekiminden etkilenmez ve aldığı biçimi korur. Camın bu özellikleri düşünüldüğünde “cam ne tam bir sıvıdır ne de kristal yapılı gerçek bir katıdır. İkisinin arasında kalan çok özel bir konumdadır.” tanımı yapılabilir (Ö. Küçükerman 1985. s.21).

“Cam, gerçekte yapısı açısından şaşırtıcı yalınlıkta bir malzemedir. Silisyum dioksit ve maden oksitlerinin bir karışımıdır (Ö. Küçükerman s.21).” Camlar türlerine göre farklı oksitler kullanılarak oluşturduklarından bünyelerinden genel olarak birden fazla oksit bulunmaktadır. Cam yapısına eklenen oksitler cama farklı özellikler kazandırmaktadır.

Cam yapısında yer alan oksitleri Küçükerman, (1985, s. 13-14)’de üç gruba ayırarak şu şekilde vermiştir:

1. Cam iskeletini (ağ, şebeke) oluşturan oksitler: SiO_2 (silisyum dioksit-silika), B_2O_3 (bor oksit), GeO_2 (germanyum oksit), P_2O_5 (fosfor pentaoksit), As_2O_3 (arsenik trioksit), Sb_2O_5 (antimuan pentaoksit)
2. Cam oluşumunu kolaylaştıran oksitler: (şebeke değiştirenler, modifiye ediciler): Sc_2O_3 , La_2O_3 , Y_2O_3 , SnO_2 , Ga_2O_3 , PbO_2 , MgO , Li_2O , PbO , ZnO , BaO , Na_2O , K_2O , Rb_2O
3. Şartlı cam yapıcılar: TiO_2 , PbO , ZnO , Al_2O_3 , ThO_2 , BeO , ZrO_2 , CdO , V_2O_5 , TeO
üçüncü grupta yer alan oksitler, belli bir orana kadar uygun oksit veya oksitlerle beraber bulunduklarında ağ yapısı içinde yer alabilirler (Küçükerman, 1985, s. 13-14).

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte cam üretimin daha kolay bir hal almasından dolayı cam üreticilerinin de çoğalmasına neden olmuştur. Cam üretimleri seri

üretimin dışında daha küçük ölçekli özel kullanımlar için üretilmeye başlanmıştır. Bu tür üretimlerin cam sanatı alanına etkileri oldukça fazla olmuştur. Günümüzde genel olarak soda-kireç camı, kurşun camı ve borosilikat camları üretimleri yapılmaktadır. “Üstelik günümüzde cam malzeme çok değişik alanlara girmeye başlamıştır. Bu alanların her biri değişik özellikler gerektirmektedir. Böylelikle çağdaş camcılıkta, bu tür karışımların değiştirilmesiyle çok geniş kullanım alanlarına ulaşılabilir (Küçükerman, 1985, s.24).”

Geniş kullanım alanlarının oluşması camın daha farklı özelliklerde talep edilmesini de beraberinde getirmiştir. Bu özelliklerin arasında en önemli olanı kuşkusuz renkli camlar olmuştur. Cam renklendirilmesinin her alanda aynı olabilmesi için cam harmanı hazırlanması esnasında yapılmaktadır. Cam harmanına eklenen oksitlerle camlar renklendirilmektedir.

Karasu, (2000, s. 27)’de cam renklendirme işlemini şu şekilde ifade etmektedir:

Camlar, metaller ve metal oksitler ile renklendirilirler. Renk veren oksitler, tek başlarına veya değişik oranlarda kullanılarak çeşitli renkler verebilecekleri gibi birkaçının bir arada kullanımıyla da farklı renkler meydana getirilebilmektedir. Oksitler camda çözünerek renk oluştururlar. Renk veren oksitler; Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , CuO , MnO , MnO_2 , CoO , Co_2O_3 , Co_3O_4 , SnO_2 , ZrO_2 , TiO_2 , Sb_2O_3 , Sb_2O_5 , UO_3 , NiO vb.’dir. Renklendirme işlemi, cam eriği içerisine renklendiricilerin katılmasıyla yapılmaktadır. Renk bütün harmana yayılarak cam renklendirilmiş olur.

2.2. Fırın İçerisinde Kalıpta Cam Şekillendirme Tekniklerinde Kullanılan Cam

Türleri

20. yüzyıla kadar cam yapımı ve işçiliği, genellikle kaynak yönünden zengin bölgelerde Almanya’daki Kara Orman, şimdiki Çek Cumhuriyeti olan Bohemya ve şimdiki Polonya olan Silezya’da kurulan fabrikalarda gerçekleştirilmiştir. 13. yüzyıldan itibaren, Bavyera Ormanı’ndaki Almanya’da, 15. yüzyıldan itibaren İngiltere’deki Stourbridge’de, başlayan ve 20. yüzyıla kadar olan süreçte cam üretimine birçok yenilik getirilmiştir. Kullanım alanı genişleyen camın renkli olarak da üretimlerine geçilmiştir. Cam endüstrisine renkli camların tedarik edilmesi 1866’da Doğu Saksonya’da kurulan Friedrich Farbglasshütte fabrikasında başlamıştır. Şu anda Almanya Neugablonz’da bulunan fabrika Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika, Hindistan, Japonya ve Çin gibi ülkelere cam sağlamaktadır (Brachlow, 2012, s. 39)

1970’li yıllarda Stüdyo cam hareketi yeni bir iş kolu yaratır. Cam yapımında kullanılan el aletleri ve malzemelerinin üretildiği bir endüstri kolu gelişmeye başlar. 1973’te cam sanatçısı Eric Lovell tarafından kurulan Uroboros ve 1974’te Bullseye Glass Co. şirketleri Portland Oregon’da hizmet vermeye başlamıştır. Her iki firmada vitray sanatçıları ve aynı zamanda füzyon çalışmaları için cam üretmekteydiler. Daha sonraları fırında cam şekillendirme teknikleri için cam üretimini gerçekleştirmişlerdir (Brachlow, 2012, s. 40).

Stüdyo cam hareketinin, cam alanında etkileri sadece üretim bazlı değil, sanat ve eğitim alanında da görülmüştür. Ağatekin ve Aydın, 2010, s. 52)’de stüdyo cam hareketiyle ilgili şu ifadelerle yer vermiştir:

Cam sanatında büyük bir hareketlenmenin yaşanması ve çağdaş anlamda gelişmesinde stüdyo cam hareketi büyük rol almaktadır. 1971 yılında Dale Chihuly, John Hauberg ve Anne Gould Hauberg tarafından Amerika Birleşik Devleti Seattle’da, Pilhuck Cam Merkezi kurulur. Yine aynı yıl cam sanatı derneği kurularak, Kuzey Karolayna, Penland’da ilk konferans düzenlenir. 1977’de Avrupa’da düzenlenen ilk cam yarışmasının kataloğu ve resimli cam sözlüğü basılır. Katalog Heino Maedebech, sözlükse Harold Newman tarafından düzenlenmiştir. 1979 yılında Pilchuck Cam Merkezi’nde İtalyan sanatçı Lino Tagliapietrai cam dersleri vermeye başlar. 1980 Nisan’ın da Neues Glas-New Glass ismiyle günümüzde de yayınlanmakta olan çağdaş cam sanatı ile ilgili bir dergi yayınlanmaya başlar. Stüdyo cam hareketinin getirdiği hareketlenme ve cam malzemesinin daha özgür biçimde kullanılması gibi etkenler, cam malzemesinin çağdaş cam sanatında yerini alarak yayılması ve yaygınlaşmasını sağlamıştır (M. Ağatekin – M. Aydın Camgeran 2010).

“Cam üretim teknolojileri, şekillendirme teknikleri ve kompozisyonlarının gelişimi günümüzde de devam etmektedir. Yeni cam şekillendirme donanım veya teçhizatlarının geliştirilmesi sürmekte, bu da çağdaş cam sanatçılarının işini kolaylaştırmakta, sanatçılara yeni ufuklar açmaktadır (M. Ağatekin – M. Aydın Camgeran 2010).” Bu etkilerin sonucu olarak günümüzde, endüstriyel cam üretiminde ve sanatsal üretimde kullanılan cam türleri ve malzemeler uygulayıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde şekillenmiş ve şekillenmektedir. Cam sanatının yaygınlaşması sonucu artan talep doğrultusunda günümüzde, sıcak cam üfleme, füzyon, vitray, alevde şekillendirme ve fırında şekillendirme teknikleri için özel olarak kullanılan cam türlerinin üretimlerini gerçekleştiren birçok eski ve yeni stüdyo faaliyet göstermektedir. Fırın içerisinde cam şekillendirme teknikleri için özel olarak üretimi gerçekleştirilen camlara

bazı özel nitelikler kazandırılmaktadır. Bu nitelikler uygulayıcı açısından üretimde kolaylık sağlamasının dışında cam ürünün de görsel etkisini arttırmaktadır.

Fırında cam şekillendirme tekniklerinde kalıp içinde kullanılacak camlar için bir kısıtlama yoktur. Refrakter kalıpların dayanabileceği 850 °C ila 900 °C ısı aralıklarında eriyik hale dönüşebilen herhangi bir cam türü kullanılabilir. Fakat, bu durum dezavantajları ile birlikte gelmektedir.

Bu dezavantajlar şöyledir:

- Cam yüzeyinde giderilemeyen matlaşma
- Cam obje içerisinde birleşen camların buğu şeklinde oluşturdukları beyaz lekeler
- Camın kristalleşmesi

Genel olarak fırın içerisinde şekillendirme tekniklerinde özel olarak üretilmiş cam türleri tercih edilmektedir. Fırında cam şekillendirme tekniğinde kullanılacak camların parlak olması ve işlenebilir olması da uygulayıcılar açısından büyük önem taşımaktadır. Fırın içerisinde cam şekillendirme tekniği ile üretilen objelerde, kalıp içerisine parlak halde yerleştirilen cam parçaları eriyerek kalıp yüzeylerine temas etmesi sonucu yüzey parlaklıklarını kaybederek mat bir görünüm kazanırlar. Aynı zamanda pişirim sonrası cam yüzeylerinde istenmeyen pürüzler de oluşmaktadır. Bu duruma genellikle refrakter kalıbın yüksek sıcaklıklarda uzun süre beklemesinden kaynaklı oluşan çatlaklara neden olur. Bazı detaylı formlarda ise, camın rahat ilerleyebilmesi için bırakılan hava kanallarına dolan camlar da bu pürüzlerin nedenleri arasındadır.

Bu nedenlerden dolayı camın istenmeyen pürüzlerden temizlenmesi ve matlığın giderilmesi için soğuk şekillendirme işlemleriyle bu sorunlar giderilebilir. Bu sayede cam objenin fırınlama öncesi sahip olduğu parlaklığı geri kazandırılabilir. Bu yüzden camın işlenebilir bir yapıya sahip olması uygulayıcı açısından soğuk işleme sürecinde büyük önem taşımaktadır, çünkü, soğuk işleme süreci cam obje üretimindeki en sancılı ve zaman alıcı süreç olarak adlandırılabilir.

Yukarıda bahsedilen kalıplarda kullanılan camlarda gereklilik arz eden teknik özelliklerin dışında, gereklilik durumları kişisel olarak değişen özellikler de mevcuttur. Fırın içerisinde şekillendirme tekniklerinde kullanılan cam türlerinde genellikle aranan özellikler şöyle sıralanabilir:

- Ulaşılabilirlik
- Parlaklık

- Kolay işlenebilirlik
- Düşük ergime derecesi
- Renk ve renk tonu çeşitliliği
- Uyumluluk

Günümüzde uygulayıcıların talepleri doğrultusunda ürün geliştiren ve fırın içerisinde cam şekillendirme tekniklerinde yaygın olarak kullanılan camların üretimlerini gerçekleştiren kuruluşlar bulunmaktadır. Bu kuruluşlar ve üretimlerini gerçekleştirdikleri camların teknik açıklamaları aşağıdaki gibidir:

2.2.1. Gaffer coloured glass ltd.

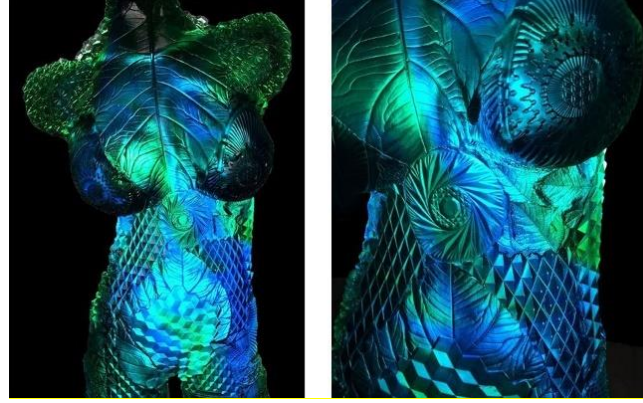
Gaffer Glass, 1993 yılında Yeni Zelanda'nın Kuzey Adası'ndaki Auckland şehrinde John Crousher ve John Leggott tarafından kurulmuştur. İlk olarak üretimlerini üfleme camları ile üzerine gerçekleştiren firma, daha sonraları fırında şekillendirme teknikleri ve alevde şekillendirme teknikleri içinde cam üretimlerine başlamıştır (Görsel 2.2). Gaffer Glass üreticisinin camlarının birbirleri arasındaki uyumlulukları mükemmel derecede kararlı denilebilir. Gaffer Glass üretimini gerçekleştirdiği camların uyumlulukları konusunda sürekli olarak testler gerçekleştirerek son kullanıcıya problemsiz ürün sağlamaktadır. Gaffer Glass cam renklerinin birbirleri ile kullanılması esnasında farklı renkler homojen bir şekilde karışmaktadır ve farklı birkaç rengin bir arada kullanılmasına rağmen cam yüzeyinde gerilmelere sebep olmamaktadır.³ Bu durum Gaffer Glass camının uygulayıcılar tarafından tercih edilmesinde önemli etkenler arasında gösterilebilir. Bir diğer tercih nedeni de; Gaffer Glass camlarının renk yelpazesinin diğer üreticilere göre daha geniş olmasıdır (Görsel 2.3).



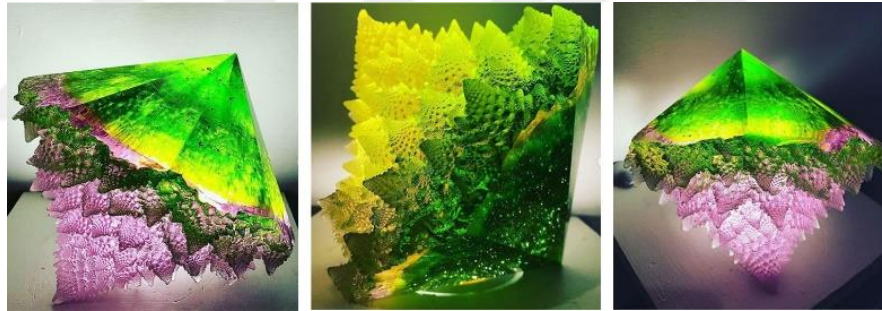
Görsel 2. 2. Gaffer glass markasının kalıp içerisinde şekillendirmede kullanılan cam kütleleri
(http://www.gafferglassusa.com/index.php?route=technical/technical&technical_id=8 Erişim tarihi: 20.02.2019)

³ http://www.gafferglassusa.com/index.php?route=technical/technical&technical_id=8 (Erişim tarihi: 20.02.2019)

Gaffer Glass, üretimlerini gerçekleştirdikleri camlar için düşük sıcaklıklarda düşük viskozite, düşük tavlama ve gerilme noktası sıcaklıkları, yüksek yüzey tanımı, yüksek kırılma indisi, yüksek dağılım, iyi optik netlik ve mükemmel derecede soğuk çalışma özelliklerine sahip olduğunu belirtmektedir.⁴



Görsel 2. 3. Gaffer glass renkleri kullanılarak Hilal (Lalo) Hibri tarafından üretilmiş cam eser
(<https://hibriglassgallery.com/blogs/about-the-artist> Erişim tarihi: 15.03.2019)



Görsel 2. 4. Gaffer glass renkleri kullanılarak Hilal (Lalo) Hibri tarafından üretilmiş cam eser
(<https://hibriglassgallery.com/blogs/about-the-artist> Erişim tarihi: 15.03.2019)

Tablo 2. 1. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Gaffer Glass camı teknik özellikleri
<http://www.gafferglass.com/technical/casting-properties/> (Erişim tarihi: 20.02.2019)

Doğrusal Genleşme Katsayısı (COE)	92x10 ⁻⁷ (20-300 °C)
Döküm Sıcaklığı (Önerilen)	780-850 °C. (1426-1562 °F).
Tavlama Sıcaklığı (tg)	430 °C. (806 °F)
Gerilme Noktası	390 °C. (734 °F)

⁴ http://www.gafferglassusa.com/index.php?route=technical/technical&technical_id=8 (Erişim tarihi: 20.02.2019)

2.2.2. Bullseye glass co.

Bullseye Glass Co. 1974 yılında Portland Oregon’da küçük bir cam stüdyosu olarak kurulmuştur. Günümüzde ise cam alanında büyük ölçekli üretimler gerçekleştiren Bullseye Glass, farklı ve yenilikçi ürün yelpazesi ile bilinmektedir. Fırın içerisinde cam şekillendirme teknikleri için ve füzyon tekniğinde kullanılan cam türlerinin üretimlerinin gerçekleştirmektedir⁵ (**Görsel 2.5**). Bullseye Glass camlarının üretim yöntemi gözetmeksizin her cam türünün birbirleri arasında uyumluluk göstermeleri ve ergime sıcaklıklarının düşük olması tercih edilme nedenleri olarak gösterilebilir.



Görsel 2. 5. Kalıp içerisinde cam şekillendirmede kullanılan Bullseye glass cam kütleleri (https://www.warm-glass.co.uk/billet-sample-set-p-977.html?cPath=96_116 Erişim tarihi: 25.02.2019)



Görsel 2. 6. Bullseye glass camları kullanılarak kalıpta cam şekillendirme tekniğiyle Emily Endo tarafından üretilen cam eser (<http://www.emilyendo.com/new-page-1/> Erişim tarihi: 15.03.2019)



Görsel 2. 7. Bullseye glass camları kullanılarak kalıpta cam şekillendirme tekniğiyle Heike Brachlow tarafından üretilen cam eser (http://www.heikebrachlow.com/HB_Frameset.htm Erişim tarihi: 15.03.2019)

⁵ <http://www.bullseyeglass.com/history.html> (Erişim tarihi: 22.02.2019)

Tablo 2. 2. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Bullseye Glass camı teknik özellikleri
<http://www.bullseyeglass.com/history.html> (Erişim tarihi: 22.02.2019)

Ergime Noktası	816 °C
Tavlama Noktası	300 °C
Devitrifikasyon Noktası	746 °C
Genleşme Katsayısı (COE)	92×10^{-7} (20-300 °C)

2.2.3. Banas glass

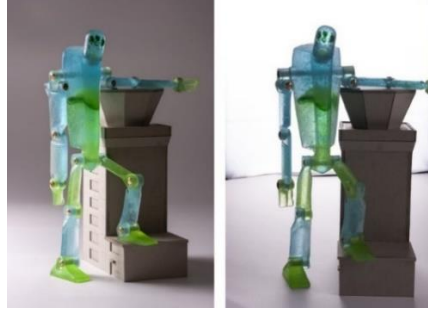
Çek Cumhuriyeti'nde faaliyet gösteren Banas Glass, cam alanında üretimlerine 2002 yılında başlamıştır (Görsel 2.8). Üfleme ve fırın içerisinde şekillendirme teknikleri için üretimlerini gerçekleştirmektedir. Çek Cumhuriyeti'ni sanatçıları tarafından yaygın olarak tercih edilen Banas Glass, renk çeşitliliği ile dikkat çekmektedir (**Görsel 2.9**). Banas Glass üreticisinin cam kompozisyonunda kurşun kullanmaması bir diğer dikkat çekici özelliği arasında gösterilebilir. Banas Glass tarafından paylaşılan teknik bilgilerde, 200, 207, 221, 222, 223, OP, OP-M, OP-U kodlu renklerin dışındaki diğer renk ve renk tonların birbirleri arasında uyumluluk gösterdiği belirtilmektedir⁶



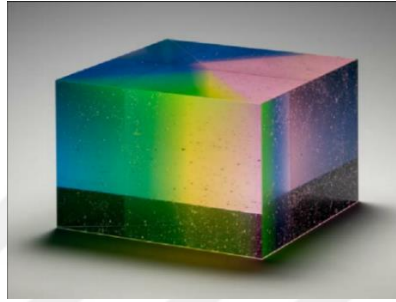
Görsel 2. 8. Banas Glass kalıpta cam şekillendirmede kullanılan renkli cam kütleleri
(https://www.banasglass.com/wp-content/uploads/2017/04/10_75.jpg?gid=5 Erişim tarihi: 22.02.2019)

Fakat, Banas Glass, uyumluluğun kompozisyon dışındaki etkenlerle de değişebileceğini belirterek kesin bir yargıda bulunmamıştır.

⁶ <https://www.banasglass.com/cs/technicke-informace/> (Erişim tarihi: 22.02.2019)



Görsel 2. 9. Banas glass camı kullanılarak kalıpta şekillendirme tekniğiyle Budai Zsolt János tarafından yapılan cam eser (<http://www.budaizsoltjanos.com/> Erişim tarihi: 25.02.2019)



Görsel 2. 10. Banas glass camlarıyla kalıpta cam şekillendirme tekniği kullanılarak üretilen cam eser <http://www.banasglass.com/wp-content/uploads/2017/03/3.png> Erişim tarihi: 25.02.2019

Büyük kütlelerin yapımında birden fazla renk kullanımlarında gerilimler tek renkli pişirime göre daha fazla risk taşımakta ve camlarda gerilimler oluşabileceğini belirtmektedir. Uygulama öncesi birlikte kullanılacak renklerin küçük boyutlarda, doğru pişirim parametreleri uygulanarak teste tabi tutulması riskleri önleyebileceğinden Banas Glass tarafından önerilmektedir.⁷

Tablo 2. 3. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Banas Glass camı teknik özellikleri (<https://www.banasglass.com/en/technicke-informace/> Erişim tarihi: 22.02.2019)

Erime Noktası	820 - 860 °C
Tavlama Noktası	475 °C
Deformasyon Noktası	545 °C
Termal Genleşme Katsayısı	100×10^{-7} (20-300 °C)

⁷ <https://www.banasglass.com/cs/technicke-informace/> (Erişim tarihi: 22.02.2019)

2.2.4. Geleneksel Çek Camı - LIBA Colors 96

Çek Cumhuriyeti Jablonec bölgesinde faaliyet gösteren Preciosa Ornela üreticisi 2009 yılında kurulmuştur. Fırın içerisinde şekillendirme ve alevde şekillendirme tekniklerinde kullanılan cam türlerini üretmektedir.⁸ Preciosa Ornela üreticisi, fırın içerisinde şekillendirme teknikleri için Geleneksel Çek Camı (Traditional Czech Glass) ve Liba Colors 96 isimleri ile iki farklı yapıda cam üretimlerini gerçekleştirmektedir.

Geleneksel Çek Camı, düşük viskozite, düşük soğuma sıcaklığı ve deformasyon noktası, yüksek yüzey kalitesi, optik netlik ve ayrıca soğuk çalışma kolaylığı gibi özelliklere sahiptir (Görsel 2.11).⁹



Görsel 2. 11. Geleneksel Çek Camının kalıpta cam şekillendirmede kullanılan cam kütleleri
(https://preciosa-ornela.com/images/pdf/katalog_casting_glass_en.pdf Erişim tarihi: 25.02.2019)

Geleneksel Çek Cam'ında renk çeşitliliği oldukça fazladır, fakat renklerin birbirleri ile uyumlulukları konusunda herhangi bir çalışma gerçekleştirilmemesinden kaynaklı olarak uyumluluk gösterip göstermedikleri bilinmemektedir. Geleneksel Çek Camı'nın aksine Liba Colors 96 camlarının renk çeşitliliği açısından az olması bir dezavantaj olarak görülse de Liba Colors 96 camlarının kompozisyonu, tüm renklerin uyumlu olması ve daha sonraki cam işleme süreçleri sırasında kırılmaması için optimize edilerek üretimleri gerçekleştirilmektedir¹⁰ (Görsel 2.12).



Görsel 2. 12. Kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Liba Colors 96 renkli camları
(https://www.preciosa-ornela.com/images/pdf/LIBA-Colors-96_en.pdf?_ga=2.7294962.1928890174.1556303032-564066214.1556303032 Erişim tarihi: 25.02.2019)

⁸ <https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/casting-glass> Erişim tarihi: 25.02.2019

⁹ <https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/casting-glass> Erişim tarihi: 25.02.2019

¹⁰ <https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/liba-colors-96> Erişim tarihi: 25.02.2019



Görsel 2. 13. Liba Colors 96 renkli camları birlikte kullanımları ile üretilmiş cam obje (<https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/liba-colors-96> Erişim tarihi: 25.02.2019)



Görsel 2. 14. Liba Colors 96 renkli camları birlikte kullanımları ile üretilmiş cam obje (<https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/liba-colors-96> Erişim tarihi: 25.02.2019)

Tablo 2. 4. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Liba Colors 96 camı teknik özellikleri (<https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/liba-colors-96> Erişim tarihi: 25.02.2019)

Genleşme Katsayısı α	K^{-1}	$96 (\pm 1,5) \times 10^{-7}$
Deformasyon Noktası tD	$^{\circ}C$	$575 \pm 15 ^{\circ}C$
Kimyasal Bileşeni	%	SiO_2 - 68 $Na_2O + K_2O + CaO$ - 20 $ZnO + B_2O_3 + MgO$ - 5 $MnO_2 + Cr_2O_3$ - 2

Tablo 2. 5. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan %15 oranında transparanlığa sahip Geleneksel Çek Camı camı teknik özellikleri (https://preciosa-ornela.com/images/pdf/katalog_casting_glass_en.pdf Erişim tarihi: 25.02.2019)

Termal Genleşme Katsayısı α	K^{-1}	$115 (\pm 3) \times 10^{-7}$
Deformasyon Noktası tD	$^{\circ}C$	$495 (\pm 15) ^{\circ}C$
Kimyasal Bileşen	%	SiO ₂ % 60 - PbO % 15 - Na ₂ O % 9 - K ₂ O % 9,5 - ZnO % 5,5

Tablo 2. 6. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan %45 oranında transparanlığa sahip Geleneksel Çek Camı teknik özellikleri (https://preciosa-ornela.com/images/pdf/katalog_casting_glass_en.pdf Erişim tarihi: 25.02.2019)

Termal Genleşme Katsayısı	K^{-1}	$99 (\pm 3) \times 10^{-7}$
Deformasyon Noktası tD	$^{\circ}C$	489 ± 15
Kimyasal Bileşen	%	SiO ₂ % 39.5 - PbO % 48 - Na ₂ O % 2.5 - K ₂ O % 7

2.2.5. Uroboros glass

California’da faaliyet gösteren Uroboros Glass, vitray, füzyon, alevde şekillendirme ve fırın içerisinde şekillendirme teknikleri için cam üretimleri gerçekleştirmektedir. FX 90 serisi olarak üretimleri gerçekleştirilen cam türlerinin birbirleri arasında uyumluluklarının yanı sıra Bullseye Glass camlarıyla da uyumluluk gösterdikleri bilinmektedir (Görsel 2.15).¹¹



Görsel 2. 15. Uroboros Glass FX 90 serisi kalıpta şekillendirme camları

(http://www.uroboros.com/product_detail.php?section=3&category=245&id=162358 Erişim tarihi: 27.02.2019)

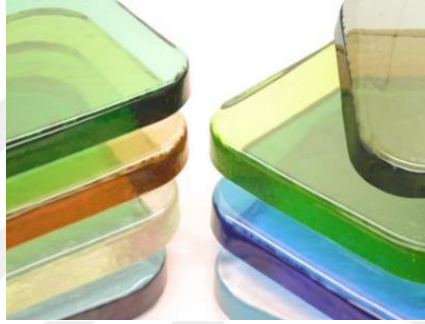
¹¹ <http://www.uroboros.com/about.php> (Erişim tarihi 27.02.2019)

Tablo 2. 7. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Uroboros Glass (FX 90 serisi) teknik özellikleri (<http://www.uroboros.com/pdf/FX90PhysicalProperties.pdf> Erişim tarihi: 27.02.2019)

Tavlama Noktası	Transparan: 977 °F (525 °C)	Opak: 955 °F (512 °C)
Gerilim Noktası	Transparan: 910 °F (488 °C)	Opak: 875 °F (468 °C)

2.2.6. System 96

System 96, 1999 yılında Spectrum Glass ve Uruboros Glass cam üreticileri tarafından kurulmuş, günümüzde sıcak cam üfleme, vitray, füzyon, alevde şekillendirme ve fırın içerisinde şekillendirme teknikleri için cam üretimleri gerçekleştirmektedir. System 96 camlarının tüm türleri birbirleri ile uyumlu olacak şekilde tasarlanarak üretilmektedir (Görsel 2.16).¹²



Görsel 2. 16. Kalıpta cam şekillendirmede kullanılan System 96 cam kütleleri

(http://www.uroboros.com/product_detail.php?section=4&id=162882&category=266 Erişim Tarihi: 28.02.2019)

Tablo 2. 8. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan System 96 Glass teknik özellikleri (<http://www.uroboros.com/pdf/System96PhysicalProperties.pdf> Erişim Tarihi: 28.02.2019)

Gerilim Noktası	°C	476 (± 6)
Tavlama Sıcaklığı	°C	513 (± 6)

2.2.7. Santoku glass

Japonya'da Osaka City'de 1977 yılında kurulan Santoku Glass, cam hammadde üretimini ve satışını 1982 yılında gerçekleştirmiştir. Sıcak cam şekillendirme tekniklerinde ve fırın içerisinde şekillendirme tekniklerinde kullanılan cam türleri üretimlerini yapmaktadır. Cam kompozisyonlarında kurşun kullanmayan Santoku Glass üreticisinin camları kendi aralarında da uyumluluk göstermektedir (Görsel 2.17).¹³

¹² <https://system96.com/about-us/system-96/> (Erişim tarihi 28.02.2019)

¹³ <http://www.santoku-kogyo.co.jp/product/index01.html> (Erişim Tarihi: 02.03.2019)

Santoku Glass, Japonya’da kolay ulaşılabilir olmasından dolayı cam sanatçıları tarafından tercih edilmektedir. Japonya’daki cam uygulayıcılarının fırın içerisinde şekillendirme tekniklerinde yaygın olarak kullandığı cam türü olarak gösterilebilir.



Görsel 2. 17. Kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Santoku glass renkli camları (<http://santoku-kogyo.co.jp/> Erişim Tarihi: 02.03.2019)



Görsel 2. 18. Santoku Glass camı kullanılarak kalıpta şekillendirme tekniğiyle Natsuki Katsukawa tarafından yapılmış cam obje (Natsuki Katsukawa., Nisan 2019)

Tablo 2. 9. Fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede kullanılan Santoku Glass teknik özellikleri (<http://www.santoku-kogyo.co.jp/product/index01.html> Erişim tarihi: 02.03.2019)

Tavlama Sıcaklığı	°C	481
Termal Genleşme Katsayısı (CTE)	K ⁻¹	98 x 10 ⁻⁷ (30-300 °C)
Kimyasal Bileşen	%	SiO ₂ % 69 - Na ₂ O % 12 - K ₂ O % 7 - B ₂ O ₃ % 1 - CaO % 3 Al ₂ O ₃ % 2

Yukarıda fırın içerisinde cam şekillendirme tekniklerinde kullanılan cam türlerinin üretim faaliyetlerini yürüten üreticilerden bahsedilmiştir. Görüldüğü üzere elde edilen bilgiler oldukça kısıtlıdır. Bu durum, her cam üreticisinin özel olarak geliştirdiği cam kompozisyonu reçetelerini gizli tutma isteklerinden kaynaklanmaktadır.

Cam üretiminde uygulayıcıların ihtiyaçlarını karşılamak için oluşturulan cam kompozisyonları uzun ve zahmetli çalışmaların sonucu elde edilebilmektedir. Aynı durum renk üretimleri için de geçerlidir. Cam harmanlarının renklendirilmesi sonucu oluşturulan cam yapısı bir önceki yapıya göre farklılıklar göstermektedir. Bu durum üretimi gerçekleştirilen camların birlikte kullanımlarında istenmeyen sonuçlar doğurabilmektedir. Cam renklendirme sürecinde oluşturulan renklerin birbirleri ile uyumluk göstermesi araştırmaların ve denemelerin sonucunda elde edilebildiğinden genel olarak üreticiler cam kompozisyon reçetelerini saklı tutmaktadırlar.

2.3. Uyumluluk

Uyumluluk, iki veya daha fazla camın birlikte kaynaştırılmasını sağlayan ve oda sıcaklığına uygun bir şekilde soğutulduktan sonra, çatlamaya yol açacak aşırı derecede gerilmelere sahip olmayan karakteristik bir özelliktir. Uyumluluk, çeşitli camların birlikte kullanımlarında camların ısıtma ve soğutma sırasında aynı oranda genişleyip aynı oranda büzülmesini gerektirmektedir. Daha teknik olarak ifade edildiğinde, camların benzer genişleme katsayılarına sahip olmaları gerekmektedir (Lundstrom, 1983, s. 126).

Cam türleri farklı yapılarda ve farklı renklerde bulunmaktadır. Her cam türü yapılarına göre farklı karakteristik özellikler taşıdıklarından birbirleri ile uyumluluk göstermeleri çok nadir görülen bir durumdur. İki veya daha fazla camı ısıyla kaynaştırmak için camların birbirleri ile uyumlu olmaları gerekmektedir. Farklı iki cam türünün aynı renklere sahip olması, birbirleri arasında uyumluluk gösterebilecekleri anlamına gelmemektedir. Yani, iki şeffaf veya kırmızı renkteki camların birlikte kullanımlarında uyumlu olabileceklerini göstermez. Her cam üreticisi kendisine özel olan cam kompozisyonlarını ürettiklerinden, farklı özelliklere sahip cam elde etmektedirler (Halem, 1996, s. 110).

Bu nedenle farklı kompozisyonlara sahip olan cam türlerinin birbirleri ile uyumluk göstermeleri zordur. Cam üretiminde kullanılan bileşenler camların genişleme katsayısı (COE), viskozite, yumuşama sıcaklığı (softening point), gerilme noktası (strain point), çalışma sıcaklık aralığı (working point), tavlama sıcaklığı (annealing temperature) ve ergime sıcaklığı gibi fiziksel özelliklerini değiştirmektedir. Camdaki fiziksel özellikler, camların birlikte kullanımındaki uyumluluğun sağlanıp sağlanamayacağını belirtmektedir.

Genleşme Katsayısı (COE): Sıcaklıktaki bir değişime karşılık olarak hacmi değişen diğer tüm fiziksel malzemelerde olduğu gibi, cam, ısıtıldığında genleşir, bunun sebebi sıcaklık arttıkça parçacıkların daha kuvvetli hareket ettiği ve dolayısıyla bu atomların arasındaki boşluğun artmasıdır. Genleşmenin sıcaklıktaki değişime bölünmesine camın ısı genleşme katsayısı (COE) denir ki, bu da camın sıcaklıkla meydana gelen boyut değişim kapasitesinin gerçek bir ölçüsüdür (Baker, 2010, s. 28). Genleşme katsayısı, sıcaklıktaki değişim derecesi başına uzunluktaki değişim yüzdesini ifade eden bir sayıdır ve sıcaklıktaki bir santigrat derecelik artış için cam uzunluğundaki değişimin ölçülmesiyle belirlenmektedir (Lundstrom, 1983, s. 126)

Genleşme katsayısı, santigrat derece başına 10 inçlik birimlerle ifade edilen bu sayı, camın belirli bir sıcaklık aralığında ortalama genleşmesidir. Bu değer genellikle laboratuvarlarda 0 ila 300 santigrat derece aralığında belirlenir. Soda-kireç camları için bu oran kurşun camlarına göre biraz daha yüksektir. Sıcaklığın artmasıyla cam hacmindeki genişlemenin ve sıcaklığın düşmesiyle camdaki büzüşmelerin oranlarını, cam yapımındaki kompozisyon içinde kullanılan oksit çeşitleri ve miktarları belirlemektedir. Genleşme katsayısı 0 ila yaklaşık 120 arasında bir katsayı değeri kullanılarak ifade edilmektedir (Kervin and Fanton, 2000, s. 33). Genleşme sayısının değeri, belirli bir camın ısıtma esnasında hangi oranda genleştiğini ifade etmektedir. Genleşme sayısı büyüdükçe genleşme oranı da artmaktadır (Lundstrom, 1983, s. 126). 0 değeri genişleme yapmama olarak 120 değeri ise görülen en büyük genişleme değeri olarak belirlenmiştir. Camın genleşme katsayısı ne kadar düşük olursa cam o kadar sert olmaktadır ve erimeye başlaması için daha yüksek bir sıcaklık gerektirmektedir (Kervin and Fanton, 2000, s. 33).

Viskozite: “Akışkanlığa karşı direnç olarak tanımlanmaktadır. Camın en önemli fiziksel ve teknolojik özelliklerinden birisidir. Viskozite, ergime, çalışma ve tavlama sıcaklıkları, saflaştırma davranışı, kristalleşme oranını belirleyen bir faktördür. Cam viskozitesini hem kimyasal bileşim hem de sıcaklık etkilemektedir (Karasu, 2000, s. 88).” “Camın erimiş halinden katı haline kadar olan süreçte viskozitesi değişkenlik gösterir (Sümer, 2007, s. 68).” Camın katı durumdan sıvı duruma geçişi sırasında tek bir sıcaklık değeri yoktur. Bu nedenle cam katıdan sıvı hale dönüşmesi sırasında viskozitede kademeli bir değişim göstermektedir. Camın viskozitesindeki bu değişim, camın el ile şekillendirilmesine olanak tanımaktadır (Kervin and Fanton, 2000, s. 27). Cam üretim

süreçlerinde, cam kompozisyonuna eklenen oksitlerle viskozite değerlerinde değişiklikler yapmak mümkündür.

Viskozite birimi poise (puaz) P ve paskal saniye (Pa.s) dir.

$$1P = 1 \text{ din. saniye/cm}^2 (\text{din.s /cm}^2)$$

$$1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ Newton.saniye/m}^2 (\text{N.s /m}^2)$$

$$10 P = 1 \text{ Pa.s}$$

Viskozite, akışkanlığa karşı direnç olarak düşünüldüğünden akışkanlık viskozite cinsinden ifade edilir ve akışkanlık $= 1/\eta$ olarak tanımlanmaktadır (Karasu, 2000, s. 88).

Tavlama Sıcaklığı (Annealing Temperature): Cam şekillendirme aşaması sonrası, cam içerisindeki gerilim oluşmasını önlemek veya oluşan gerilimleri azaltmak için uygulanan soğutma aşamasına tavlama denmektedir. Tavlama sıcaklığı cam türlerine göre değişiklik göstermekte ve cam üretim işlemlerindeki en önemli aşamadır. Şekillendirilen camın tavlanmaması yani, hızlı bir soğutma uygulanması veya gereken tavlama sürelerinin yetersiz kalması cam içerisinde çatlaklara ve kırılmalara neden olmaktadır (Baker, 2010, s. 37).

Bu nedenlerden dolayı cam tavlama sıcaklığının başlangıcından itibaren yavaş ve kontrollü olarak soğutulmalıdır. Uygun tavlama parametrelerini oluşturmak için camın yumuşama, tavlama ve gerilme sıcaklıkları ile ilgili belirli teknik verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Her cam için tavlama sıcaklıkları farklılık gösterebildiğinden kullanılan camın tavlama derecesi ve gerekli diğer bilgiler üreticisi tarafından paylaşılmalıdır. Tavlama işlemi sadece tavlama sıcaklığı, cam kompozisyonu, cam boyutu, soğuk işlem uygulamaları hesaplanarak değil, aynı zamanda kontrollü soğutmanın gerçekleşeceği fırının veya tavlama fırının büyüklüğü ve konfigürasyonu da göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmelidir (Lundstrom, 1983, s. 129).

Gerilme Noktası (Strain Point): Camın katılaştığı ısı aralığı olarak tanımlanmaktadır. Cam gerilme noktasına ulaştığında esnekliğini kaybederek katılaşmaktadır. Camda oluşan gerilmelerin tavlama derecesi aralığında giderilmesi dakikalar içinde gerçekleştirilebilmekte, fakat camda oluşan gerilmelerin, gerilme noktasında giderilmeye çalışılması çok daha uzun sürelerde gerçekleşecektir. Camın kalınlığına ve boyutuna bağlı olarak bu gerilimlerin camdan çıkartılması yıllar alabilmektedir. Cam içerisindeki gerilimin, gerilim noktası altında çıkartılması mümkün

değildir. Bu nedenden dolayı tavlama ısısı aralığında gerilimlerin çıkartılması gerekmektedir (Halem, 1996, s. 16).

Yumuşama Sıcaklığı (Softening Point): Soda-kireç camı yaklaşık olarak 530 santigrat derecenin üzerine çıkarıldığında cam daha esnek hale gelmeye başlar. Bu sıcaklıklarda bırakılırsa cam yer çekimi etkisiyle sarkmaya başlayacaktır. Camın kendi ağırlığını taşıyamayıp bulunduğu kabın şeklini almaya başladığı sıcaklık, yumuşama noktası ya da yumuşama sıcaklığı (softening point) olarak adlandırılmaktadır. Cam yumuşama sıcaklığına ulaştığında, termal şoka maruz kalsa bile cama etki etmesi mümkün olmayacaktır. Cam bu sıcaklık değerlerinde yapışkan bir yapıya sahip olacak ve başka bir cam parçasına, fırın yüzeyindeki ayırıcılara veya diğer malzemelere yapışma durumu sergileyecektir. Yumuşama sıcaklığı, kullanılan bileşenlere göre cam türlerinde farklılık göstermektedir (Kervin and Fanton, 2000, s. 32).

Çalışma Sıcaklık Aralığı ya da Çalışma Sıcaklığı (Working Point): “Cama kalıcı şeklinin verildiği viskozite değerlerindeki sıcaklık derecesi olarak tanımlanmaktadır. Cam şekillendirme işlemleri çalışma sıcaklığından çok çalışma sıcaklık aralığı kullanılarak yapılmaktadır. Çalışma sıcaklık aralığı, yumuşama noktası ile çalışma noktası arasındaki kısımdır (Karasu, 2000, s. 89).”

Yukarıda bahsedilen camların fiziksel özellikleri cam uyumluluğunda önemli parametreler olarak gösterilmektedir. Bir arada kullanılacak camların taşıdığı özelliklerinin bilinmesi, birleşme sonrasında uyumluluk gösterip, göstermeyeceği konusunda bazı kesin yargılara varılmasına yardımcı olacaktır. Kullanılacak camlar hakkında herhangi bir bilgiye sahip olunmaması durumunda camların bazı denemeler sonucunda uyumlulukları test edilebilmektedir. Camların termal genleşme katsayılarının birbirlerine yakın veya aynı olmaları kesin olmasa da büyük oranda uyumluluk gösterebileceklerinin bir belirtisi olarak düşünülebilir.

Birlikte kullanılmak istenen iki farklı camın termal genleşme katsayılarının benzerlik gösterip göstermediği hızlı ve basit olan çekme yöntemiyle test edilebilmektedir. (Görsel 2.19). Bu yöntemin adımları aşağıdaki gibidir:

- 5 mm çapında 4 veya 5 cm uzunluğunda denenmek istenen camlar hazırlanır.
- Şaloma yardımı ile yüksek sıcaklıkta yumuşatılmaları sağlanarak belli oranda çekme işlemi yapılır.

- Kaynaşan ve uzayan camlar bir cam elyafı üzerine bırakılarak soğuması beklenir.
- Soğuma sonrası elyaf üzerindeki cam parçası çekim işleminden sonraki düz formunu koruduysa, iki camın termal genleşme katsayıları aynıdır veya yakındır denilebilir.
- Eğer soğuma sonrası cam yukarı doğru bir eğim kazanırsa üst tarafta kullanılan camın genleşme oranı alttaki cama göre fazla olduğunu ve genleşme katsayısının daha büyük olduğunu göstermektedir.
- Soğuma sonrası elyaf üzerindeki cam aşağıya doğru bir eğim kazanmış ise alt kısımdaki cam daha düşük bir genleşmeye sahip olduğunu göstermektedir.



Görsel 2. 19. Şaloma yardımıyla iki farklı camın eritilip çekilerek uyumluluğun test edilmesi
(<http://www.davebross.com/GlassTech/glasscompatibilitypage2.html> Erişim tarihi: 10.03.2019)

Uygulanan test sonrası camların birbirleri arasındaki uyumyla ilgili bir fikir sahibi olursa da bu durumun tek başına yeterli olmadığını unutmamak gerekmektedir. Camların tamamen uyumluluk göstermeleri için iki farklı yapıdaki camın benzer viskoziteye sahip olmalarının yanı sıra benzer sıcaklıklarda tavlınmaları da gerekmektedir. Ayrıca, kurşun camlarının birbirleri arasında diğer camlara göre uyumluluğa daha yatkın olduğu bilinmektedir (Halem, 1996, s. 25).

Uyumluluğun belirlenebilmesi için çubuk testi (stick test) olarak adlandırılan başka bir alternatif test yöntemi daha bulunmaktadır. Çubuk testi yönteminde camların aynı oranlarda genleşip genleşmediği ve aynı oranlarda büzülüp büzülmediği belirlenebilmektedir. Bu yöntem bir önceki çekme yöntemi ile benzerlik göstermektedir fakat, çekme yöntemine göre daha doğru ve ölçülebilir sonuçlar vermektedir.

Uyumluluğu test edilecek iki farklı cam türünden 20 mm eninde 200 mm uzunluğunda iki parça hazırlanmalıdır. Hazırlanan cam parçaları üst üste getirilerek fırına yerleştirilir. Camlar birleştirme ısısına çıkartılarak füzyonlanır. Camların soğuması gerçekleştiğinde parçalarda farklı oranlarda büzülme gerçekleşirse bükülmeler

gözlemlenecektir, bu durum iki cam türünün birbiriyle uyumsuz olduklarını göstermektedir. Fakat, cam parçalarının düz olarak kalması durumunda camların birbirleriyle uyumlu oldukları anlamına gelmektedir (Baker, 2010 s. 33).

Yukarıda bahsedilen uyumluluk testlerinin pratik olması ve hızlı sonuçlar elde edilebilmesinden dolayı tercih sebebi olarak gösterilebilir, fakat iki yöntemde de denemesi gerçekleştirilen camların sadece termal genleşme katsayılarının benzer olup olmadığı sonucuna varılabilmektedir. Cam türlerinin birbirleri ile uyumluluklarının belirlenmesinde genleşme katsayısı benzerliği cam türlerinin uyumluluk göstereceği anlamına gelmemektedir. Uyumluluk testlerinde kesin sonuçların elde edilebilmesi için iki cam türünün küçük boyutlarda fırınlama yöntemi ile birleştirilerek polariskop yardımıyla kontrollerinin sağlanması sonucu elde edilebilmektedir.

Diğer bir yöntem olarak uyumlulukları test edilecek camlar fırınlama işlemine tabi tutulup birleştirilerek yapılabilmektedir. Birleştirme sonrası polariskop kontrolleri sağlanarak uyumlulukları belirlenebilmektedir. Bu yöntem en sağlıklı ve en doğru sonuçların elde edilebileceği yöntemdir.

Farklı camları bir arada eritmek her zaman mümkündür; Amaç cam soğutulduktan sonra başarılı bir sonuç elde etmektir. Birleştirme sonrası istenen sonuç uyumsuzluk nedeniyle kırılma veya bozulma olmadan kalıcılıktır. Birbirleri ile uyumluluk gösteren camlar dahi, kabul edilebilir oranda bünyesinde stres barındırabilmektedir. Bu durum camların birleştirme sonrası herhangi bir çatlamaya ya da kırılmaya neden olmadan kalıcı olabileceklerini belirtmektedir. Kabul edilebilir stres oranı, birbirlerine yakın yapıda olan camların test sonrası uyumluluk gösterebileceği anlamına gelmektedir (Halem, 1996, s. 110).

Fırın içerisinde camların birbirleriyle füzyonlanmasından dolayı daha doğru ve kesin sonuçlar alınabilmektedir. Füzyon işlemi ile ergime derecesine çıkılarak iki camın aynı sıcaklıkta eritilip, aynı sıcaklıkta tavlanması sonucunda eğer cam bünyesinde bir çatlama yoksa ve polariskop ile kontrol edildiğinde gerilim belirtisine rastlanmadıysa iki camın uyumluluk için gerekli değerlerine sahip olduğu sonucuna kesin olarak varılabilir.

Fırınlama işlemlerinde camın uyumluluğunu büyük oranda etkileyebilecek bazı durumlar söz konusudur. Bu nedenden dolayı uyumluluk testi için fırınlama işlemlerinde bu durumlar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmelidir.

Halem, (1996, s. 110 - 111)'de cam uyumluluk testlerinde fırınlama işlemi esnasında dikkat edilmesi gereken durumları şu şekilde belirtmiştir:

- Camın yumuşama noktası derecesinin ne kadar üstüne çıkıldığı ve çıkılan yüksek derecelerde camın ne kadar bir süreyle bekletildiği, fırınlanan camın kimyasını büyük oranda etkilemektedir. Gerekenden daha yüksek sıcaklıklara çıkıldığında uyumlu olan renklerinde renk kaybı ihtimalleri bulunmaktadır. Aşırı sıcaklık uyumluluğu olumsuz etkileyebilecek bir durumdur.
- Yüksek sıcaklıklarda 3 veya 4 kez eritilmiş camın kimyasında değişikliklerin meydana gelmesinden, daha önce eritilmemiş cam ile tekrar fırımlandığında başarılı bir şekilde tavlanamayabilir. Birden fazla kez fırınlanmış cam aynı camla uyumluluk noktasında tutarlılığını değiştirmiştir. Bu durum, aynı renk, aynı harmandan kullanıldığında bile geçerli olabilir.
- Uygulayıcı, gereksiz yere camı uzun süre yüksek sıcaklıklarda bekletmemelidir. Bazı kimyevi maddeler yakılarak veya buharlaşarak camdan salındığından, camın viskozitesi değişebilir ve uyumlu halde olan cam uyumsuz bir yapıya dönüşebilir.
- Bazı renkler uzun sürelerde yüksek sıcaklıklarda tutulmasından kaynaklı olarak cam yapısı olumsuz etkilenebilmektedir. Örneğin; kırmızı cam içerisindeki kimyasal renklendiriciler yanabilir ve cam farklı bir renge dönüşebilir, şeffaf sarılar opaklaşabilir, beyaz renkte yanma ve camda donuk bir yüzey oluşmasına neden olur ve cam kırılğan hale gelebilir.

Camların uyumluluk testleri için fırın içerisinde ısıtılarak kaynaştırma işlemlerinde, camlar küçük boyutlar hazırlanarak fırın içerisine yerleştirilmektedir. Fırın zemine yerleştirme aşamasında fırın içerisinin temiz olduğundan emin olunmalıdır. Fırın içerisindeki herhangi yabancı maddenin test edilecek camlara karışması sonucun doğru şekilde alınamamasına sebebiyet verecektir. Fırın zemini tamamen yabancı maddelerden arındırıldıktan sonra, zemin üzerine ayırıcı uygulanmalıdır. Fırın içerisindeki füzyonlama işleminde camlar eriyik hale dönüştürüleceğinden cam ayırıcı bulunmayan zemine yapışma eğilimi gösterecektir.

Camların fırın zeminindeki maddeye yapışması uyumsuzluk yaratacağından camda çatlamalar ve kırılmalar meydana gelecektir. Ayırıcı malzeme olarak pişmiş alçı tozu veya kaolen kullanılabilir.

Kaynaştırma işlemi için camlar refrakter kalıp içerisine yerleştirilerek de test gerçekleştirilebilir. Kalıpların açık refrakter kalıp yöntemi oluşturulması gerekmektedir (Bkz. Refrakter Kalıp). Açık kalıp kullanımı, camların doğrudan ısıya maruz bırakılarak yüzeylerinin parlak olması sağlanır. Cam yüzeylerinin parlak olması fırınlama sonrasında polariskop kontrolünde ışık geçirgenliğinin fazla olmasını sağlayacak bu da gerilim oluşumunun net bir biçimde gözlemlenmesini sağlayacaktır. Refrakter kalıp kullanımında fırınlama öncesi kalıplar mutlaka nemden tamamen arındırılmalıdır. Nemli kalıp kullanımı istenmeyen sonuçlar doğurabilmektedir. Hazırlanan refrakter kalıplar içerisine cam parçaları yerleştirilerek fırınlama işlemine hazır hale getirilir.

Fırınlama işlemindeki en önemli adım diyagram (Bkz. Tavlama) oluşturmaktır. Kaynaştırma işlemi için pişirim adımlarında verilen ısı aralıkları ve sürelerin yetersiz olması veya hızlı bir diyagram uygulanması cam içinde gerilimlere sebebiyet vereceğinden, oluşturulan pişirim parametrelerine dikkat edilmelidir.

Uygulanan fırın diyagramına göre hesaplamalar yapılarak kaynaştırma ısısına (yumuşama sıcaklığı civarı) ulaşıldığı anda gözlem gerçekleştirilmelidir. Kaynaştırma işlemi için çıkılacak sıcaklık kullanılan camların izin verdiği en yüksek sıcaklıkla sınırlı kalmalıdır. Sınır sıcaklıklarına ulaştıklarında camların homojen olarak kaynaşmaları için kontrollü bir bekleme gerçekleştirilir. Bu süreler kullanılan cam boyutlarına, fırın içi sıcaklık dağılımına ve kalıp duvar kalınlıklarına göre değişiklik gösterse de 15-20 dakikalık bekleme süreleri yeterli olacaktır.

Camların kaynaştırma işlemlerinin gerçekleştirilmesinin ardından fırın kapağı belirli süreler boyunca açık tutularak soğutulup cam yüzeylerinin kristalleşmesi önlenmelidir. Bu işlem genel olarak fırın içerisinde şekillendirme camlarında tavlama derecesinin biraz üzerindeki sıcaklık değerlerinde gerçekleştirilmektedir. Bu sıcaklık aralıklarına sabitlenen fırının oluşturulan tavlama diyagramını uygulaması beklenir ardından fırın oda sıcaklığına ulaştığında fırınlama işlemi sonlandırılır. Fırın kapağı tavlama aşamasında açılmamalı ve fırın uzun süreli elektrik kesintilerine maruz kalmamalıdır. Fırın içerisindeki camın gereken sürelerden daha hızlı soğuması cam içerisinde gerilimlerin oluşmasına sebebiyet verecektir.

Fırınlama sonrası camların yüzey ve zemin temizlikleri yapılarak polariskop testleri için hazır hale getirilmelidir.

Polariskop, saydam ve yarısaydam cam türlerinin üretim veya tavlama işlemleri esnasında cam bünyesinde oluşabilecek gerilimleri ve cam bünyesinde oluşabilecek hataları görüntülemek için kullanılmaktadır.¹⁴ Camdaki gerilimi polariskop yardımıyla gözlemlemek için cam iki polarize filtre arasına yerleştirilir. Zemin kısmında bulunan güçlü ışık kaynağı cam içerisinden geçtiği esnada kırılmalara uğrar, üst kısımda bulunan filtrenin döndürülmesiyle iç kısım karararak cam içindeki gerilim halkalarının görüntülenmesini sağlamaktadır (Schmuck, 2009, s. 22).

Cam içerisinde oluşan gerilimlerin seviyeleri bulunmaktadır. Gerilimlerin yoğunluğu cam objenin herhangi bir işleme tabi tutulmasında ya da mekanik darbeler etkisinde bünyede kırılmalar yaşanıp yaşanmayacağını göstermektedir. Cam içerisinde oluşan gerilimlerin azlığı ve çokluğu genel olarak tavlama aşamasında yapılan hatalardan kaynaklanmaktadır.

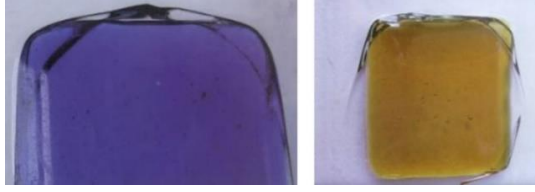
Cam içerisinde oluşan harelerin renkleri soluk ise cam gerilimlerinin az olduğu ve camın yüksek baskı altında kalmayacağı durumlarda herhangi bir olumsuz durumun yaşanmayacağı anlamına gelmektedir. Eğer cam içerisindeki harelerin parlak olduğu veya gökkuşağı gibi bir etki gözlemlenirse, cam içerisindeki gerilimin yoğun olduğu ve kendiliğinden veya herhangi bir işlemde kırılacağı anlamını taşımaktadır (Schmuck, 2009, s. 22).

Yukarıda bahsedilen işlemler doğru olarak yapıldığında, birlikte kullanılmak istenen camların uyumlulukları tespit edilebilmektedir. Camların aralarında uyum olsa bile yanlış tavlama dolayısı cam içerisinde gerilimler oluşacaktır.

Cam bünyesindeki gerilim oluşumunun her iki durumda da gerilme noktası ile ilgili olmasına rağmen, tavlama problemleri ve uyumsuzluk problemleri çoğu zaman birbiriyle karıştırılmaktadır (Bkz. Tavlama).¹⁵ Tavlamanın doğru yapılmasından kaynaklı olarak oluşan çatlaklar veya kırılmalar (Görsel 2.20), uyumsuzluktan kaynaklı oluşan çatlaklarla (Görsel 2.21) benzerlik göstermediğinden, cam bünyesinde oluşan çatlaklar incelenerek problemin hangi durumdan kaynaklandığı kolaylıkla anlaşılabilir.

¹⁴ <http://www.nortelglass.com/polariscopes.shtml> (Erişim tarihi: 12.03.2019)

¹⁵ <http://www.davebross.com/GlassTech/glasscompatibility.html> (Erişim tarihi 12.03.2019)



Görsel 2. 20. *Uyumsuzluktan kaynaklı çatlak oluşumu (Baker, 2010, s. 35)*



Görsel 2. 21. *Tavlama kaynaklı çatlak oluşumu (Baker, 2010, s. 35)*

Eşleştirmeye çalışılan iki cam aynı genleşme kat sayısına, fakat farklı viskozite değerlerine sahipse, her bir cam için farklı bir gerilme noktası olacaktır. Camlar soğutulduğunda gerilme noktasına birlikte ulaşmadıkları için camda kalıcı bir gerilim oluşacaktır. Tavlama işleminin bu durum üzerinde bir etkisi olmayacaktır çünkü tavlama işlemi gerilme noktasını değiştiremez, bu yüzden bu tür bir gerilim giderilemez.¹⁶

2.4. Tavlama (Annealing)

Tavlama, temel olarak camın içerisinde oluşacak kalıcı gerilim potansiyelini azaltmak için kullanılan bir işlemdir (Thwaites, 2011, s. 92). Tavlama ve soğutma işlemleri genelde karıştırılmaktadır. Bu durumla alakalı Halem, (1996, s. 16)'da şu ifadelerle yer vermiştir: Tavlama ve soğutma arasındaki farkı anlamak önemlidir. Tavlama ve soğutma iki farklı terimdir ve karıştırılmamalıdır. Tavlama camın büzülme, genleşme ve hızlı sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan gerilim oluşumunu gidermek için verilen spesifik zaman ve sıcaklıktır. Soğutma ise tavlama sonrası camı oda sıcaklığına getirme sürecidir.

Cam sıvı durumdan oda sıcaklığına hızlı bir şekilde soğuduğunda cam bünyesinde gerilimler meydana gelmektedir. Camdaki gerilim camın soğuma esnasında büzülmesiyle gerçekleşmektedir. Cam yumuşama sıcaklığından gerilme noktası kısmına

¹⁶ <http://www.davebross.com/GlassTech/glasscompatibility.html> (Erişim tarihi: 12.03.2019)

kadar hızlı soğutulduğunda cam bünyesinde gerilimler üretilmektedir. Birçok cam stüdyosu ve uygulayıcı soda-kireç camı için gerilim noktasını yaklaşık olarak 370 santigrat derece olarak varsaymaktadır (Halem, 1996, s. 16).

Halem, (1996, s. 16)'da varsayımların iyi bir yaklaşım olmadığını ve camın tam gerilim ve tavlama sıcaklıkları bulunulmak isteniyorsa, özel bir cam numunesini test ettirmek gerektiğini belirtmektedir. Tavlama, zaman içerisinde sıcaklıkların dönüşüm aralığı verilen bir süreçte değiştirilmesiyle gerçekleşmektedir. Cam tavlama işlemi üst sıcaklıkta camı bir süre tutma ve kontrollü bir süreçten sonra sıcaklığın üst noktadan düşük bir noktaya yavaş ve kademeli olarak indirilmesini içermektedir. Üst sıcaklık noktası genellikle tavlama sıcaklığı olarak bilinmektedir. Cam tavlama sıcaklığında ve gerilim noktasında gözle görülür bir biçimde hareket etmiyordur. Gerilim noktasında cam içerisinde kalıcı bir gerilim oluşmaz, fakat termal şoka maruz kalırsa cam bünyesinde çatlamlar meydana gelebilmektedir (Thwaites, 2011, s. 92).

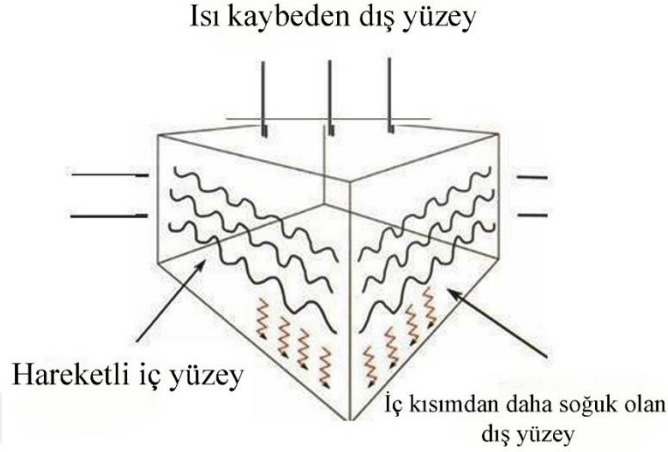
Bu sıcaklık aralıklarında camının iyi tavllanması ve kontrollü bir gözlem gerçekleştirilmesi başarılı bir sonuç elde edilmesi için önem taşımaktadır. Cam fırın ve tavlama diyagramı oluşturulurken genel olarak camın pişirilme adımları önce yazılmaktadır. Culler, (2010, s. 139)'da ısıtma çizelgeleri belirlenirken önce soğutma sürelerini belirlemek gerektiğini söylemektedir. Geriye doğru bir süreç gibi görünse de camın, nasıl eritileceğini hesaplamadan önce nasıl soğutulacağını bulmak daha yararlı olacaktır.

Tavlama sıcaklığı bölgesinde geçirilen zaman, tavlanaacak camın kalınlığına, boyutuna ve şekline bağlı olarak hesaplanmalıdır. Sonrasında diğer ısıtma işlem sürelerini ve bölgelerini belirlemek için daha önce oluşturulan zaman baz alınarak sonraki adımlar oluşturulabilmektedir. (Culler, 2010, s. 139).

Tavlama işlemi uygulanmadan önce bilinmesi gereken bazı önemli noktalar bulunmaktadır. Tavlama işlemi esnasında bu noktaları göz önünde bulundurmak karşılaşılabilecek olumsuz durumları önleyecektir. Dengesiz ısı kaybını önlemek için, tavlama gerçekleştirilen fırın ve diyagram büyük önem taşımaktadır.

Cam tavlamasında cam yüzeyi her zaman iç yüzeyden daha hızlı ısı kaybetmekte ve daha soğuk olmaktadır. Dış yüzeyin iç kısımdan daha soğuk olması da cam bünyesinde gerilimlerin oluşmasına neden olmaktadır. Cam soğudukça, yüzeyler iç kısımlardan daha kolay ısı kaybederek daha az hareketli hale gelmektedir ve bu durum hareketli olan iç kısım ile arasında bir dengesizliğe neden olmaktadır (Görsel 2.22). Cam kütlenin bu

şekilde soğumaya devam edilmesine izin verilirse, gerilme camda 'sıkışmış' hale gelecektir. Sıcaklığın cam kütlenin tamamında eşitlenebilmesi için camın tavlama veya belli bir ısı aralığında tutulması gerilimin giderilmesini sağlayabilmektedir (Baker, 2010, s. 33-37).



Görsel 2. 22. Yetersiz tavlamanın sebep olduğu gerilimin gösterimi (Baker, 2010, s. 33)

Dengesiz sıcaklık dağılımların önüne geçmek ve camın iç yüzeyinin ve dış yüzeyinin benzer sıcaklıklarda tutulmasını sağlamak için bu ihtimallerin düşük olduğu bir fırın durumu yaratılmalıdır. Camın yüzey çevresi ısı kaybederek soğumakta ve iç kısım, ısınıyı yüzey kısmına ileterek soğumaktadır. Bu nedenle yüzey her zaman iç kısımdan daha düşük bir sıcaklığa sahiptir. Cam kütlenin en sıcak ve en soğuk kısımları arasındaki sıcaklık farkı 3 veya 4 santigrat dereceden daha büyük olmamalıdır. Cam tavlamasında bazı formlar daha kolay tavlatabilirken bazılarının tavlama aşamaları daha zordur. Tavlama en zor cam formu geniş ve farklı kalınlıklarda geçişleri olan formlardır. Çok fazla ve farklı kalınlıklara sahip olmalarından dolayı aralarındaki sıcaklık farkının 3-4 santigrat derece olarak tutulabilmesi zor olmaktadır (Cummings, 1995, s. 162).

Kalıp içerisinde şekillendirilen cam kütlelerde kalıp üzeri açık olduğundan iç alanda bulunan cam kısım fırın içerisindeki ısıyı doğrudan gören yüzeye göre daha sıcak olacaktır. Bu nedenle açık alanda bulunan üst kısım daha erken soğuyacağından gerilim üretme riski oluşturmaktadır. Cummings, (1995, s. 163)'de bu durum için şu ifadelerle yer vermiştir; kalıp tasarımında sorunu en aza indirmek mümkündür. Cam pişirimi sonrası tavlama sıcaklığına yakın sıcaklık aralığında kalıp üzerine yerleştirilecek ısıya dayanıklı malzeme, bariyer görevi görerek cam yüzeyi ile cam içerisindeki ısının eşit dağılabilmesi için bir ortam yaratarak dengesiz ısı kaybını önleyecektir.

Camın tavlama aşamasındaki ısı değerlerinde kütlenin %99'u aynı sıcaklıkta, %1'inin bile farklı sıcaklıkta olması camda gerilim oluşumu için yeterlidir (Cummings, 1995, s. 163). Bu nedenle tavlama esnasında fırın havalandırma deliklerinin kapatılması da fırının hızlı ısı kaybetmesini önleyerek fırın içerisindeki cam kütlede gerilim oluşumunu önleyecektir.

Tavlama, genel olarak dilatometrik yumuşama noktasının 30 santigrat derece altındaki sıcaklıklarda yapılmaktadır. Üst uç (High-end) olarak adlandırılan sıcaklık noktasında camdaki gerilimler 15 dakika içinde çıkartılabilirken, gerilim noktasında camın gerilimlerden arındırılması yıllar alabilecektir. Gerilimlerin doğru tavlama sıcaklığında yeterli süreler verilerek giderildiğine emin olunduktan sonra cam termal şoklara karşı oda sıcaklığına kadar yavaşça soğutulmalıdır. Camı dilatometrik yumuşama sıcaklığı veya gerilim noktası yakınında uzun süre bekletmenin uygun olmadığı unutulmamalıdır. Camın yüksek sıcaklıklarda devitrifikasyon belirtileri göstermesi olasıdır. Soğutma işlemi de tavlama gibi belirli bir oranda kontrollü yapılmalı, doğru bir şekilde yapılmayan soğutma işleminde camın bünyesinde gerilimlerin tekrar oluşacağı unutulmamalıdır (Halem, 1996, s. 16).

Tavlama ve soğutma aşamasında camda giderilemeyen gerilimlerin oranına bağlı olarak camın fırın içerisinde çıkartıldığında çatlak oluşumuna veya kırılmasına neden olacaktır. Fırınlama sonrası oluşmayan çatlaklar veya kırılmalar, cam fiziksel bir etkiye maruz kaldığında, fazla ısındığında veya soğuduğunda gerilimler harekete geçerek cam kütlenin çatlamasına sebep olacaktır.

Cam bünyesinde çatlakların oluşumuna veya kırılmalara sebebiyet veren tek neden camın yanlış tavlama veya yanlış soğutulması değildir. Cam bünyesinde bulunan yabancı maddeler veya birlikte kullanılan camların uyumsuzluklarından kaynaklı cam bünyesinde gerilim üretimi oluşmakta ve camda çatlamalara ve kırılmalara neden olmaktadır (Bkz. Uyumluluk). Camda oluşan çatlakların uyumsuzluktan kaynaklı veya tavlama hatalarından kaynaklı olup olmadığı kontrol edilip problemin nereden kaynaklandığı bulunarak çözüm yolları incelenmelidir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. FIRIN İÇERİSİNDE KALIPTA CAM ŞEKİLLENDİRME TEKNİKLERİNDE KULLANILAN GELENEKSEL ÇEK CAMI KRİSTALLERİNİN UYUMLULUK TESTLERİ

3.1. Cam Türlerinin Belirlenmesi

Fırın içerisinde kalıpla cam şekillendirme tekniklerinde kullanılan cam türlerinin tercih edilmesinin gerekçeleri daha önce açıklanmıştır (Bkz. Fırın İçerisinde Kalıpta Cam Şekillendirme Tekniklerinde Kullanılan Cam Türleri).

Uyumluluk testleri gerçekleştirilecek cam türlerinin belirlenmesinde ulaşılabilirlik en önemli kriter olarak ele alınmıştır. Günümüzde istenilen herhangi bir malzemenin elde edilebilmesi mümkün olsa da sürekli olarak ulaşılabilirlik daha fazla önem arz etmektedir. Çünkü, bir malzeme için ulaşılabilir olması, sürekli olarak tedarik edilebileceğini göstermektedir.

Türkiye'deki cam sanatçıların, okulların, özel uygulayıcıların ve cam atölyelerinin fırın içerisinde kalıpla şekillendirme uygulamalarında yaygın olarak Geleneksel Çek Camı'nı tercih etmektedir. Bunun en önemli nedeni ticari anlamda piyasadaki ithalatçıların bu ürüne yönelmeleridir. Fakat, Geleneksel Çek Camı'nın üretim amacı sanatsal malzeme olarak kullanımının dışında daha çok, seri üretim gerçekleştiren büyük ve küçük boyutlu fabrikalar için de üretiliyor olmasıdır. Geleneksel Çek Camı'nın sanatsal çalışmalar için üretilen diğer marka camlarla aynı özelliklere sahip olması, ulaşılabilir olması ve maliyet açısından diğer cam türleri ile aralarında oldukça fark olması onu Türkiye dışındaki cam sanatçıların da genel olarak tercih ettiği bir cam türü yapmaktadır.

Preciosa Ornela üreticisi, üretimlerini gerçekleştirdikleri cam için şu ifadelerle yer vermiştir:

Renkli veya renksiz cam heykellerin oluşturulması için yüksek kurşun oksit içeriğine sahiptir. Diğer geleneksel cam türleri ile yapılan cam objelerin aksine camın saydamlığını, yarı saydamlığını, optik özelliklerini ve yüksek ışık geçirgenliğini kullanarak verilmek istenen etkileri sağlayabilecek bir cam kompozisyonuna sahiptir.

Geleneksel Çek Camı markası adıyla üretilen yüksek kurşun içerikli cam, fırın içerisinde kalıpla şekillendirme tekniklerinde kullanılan cam türlerinde aranan özelliklere uyacak şekilde tasarlanmıştır. Küçük çaplı veya büyük ölçekli çalışmaların yapılabilmesi

için uygundur. Düşük viskozite, düşük soğutma sıcaklığı, düşük deformasyon noktası, yüksek yüzey kalitesi, yüksek dağılım, yüksek optik netlik ve ayrıca soğuk cam işleme tekniğıyle oluşturulacak çalışmalarda mükemmel uygunluk gibi özelliklere sahiptir. Cam bloklar, yarım daire formunda ve kalıp içerisine yerleştirilmek için ince, uzun silindir çubuklar şeklinde üretilmektedir.¹⁷

Geleneksel ek Camı'nın seri üretim gerçekleştiren fabrikalar için üretilmesinden dolayı maliyet açısından uygun olması gerektiğinden, üretim kısmında sanatsal alandaki camlarda bulunması gereken bazı özellikler göz önünde bulundurulmadan üretilmektedir. Geleneksel ek Camı'nın kimyasal bileşenlerinin diğere üreticilerin camlarıyla benzerlik göstermesinden dolayı fırın içerisinde kalıpla şekillendirmede kullanılan diğere cam türleri ile (cam obje oluşturmada herhangi bir sorun teşkil etmeyecek özellikleri dışında) parlaklık, kolay işlenebilirlik, düşük ergime sıcaklığı, düşük tavlama noktaları, optik özellikler gibi benzer özelliklere sahiptir.

Geleneksel ek Camı renk çeşitliliğı açısından da oldukça geniş bir renk aralığına sahiptir. Hatta özel olarak fırın içerisinde şekillendirme camları üreten bazı üreticilerin sahip olduğundan daha fazla renk aralığına sahiptir. Bu durum da en çok tercih edilme sebepleri arasında gösterilebilir.

Renklendirme işlemi cam kompozisyonuna eklenen metal oksitler ile gerçekleştirilmektedir (Bkz. Cam Yapısı). Cam yapısına eklenen oksitlerle birlikte camın fiziksel özelliklerinde değışmeler meydana gelmektedir. Cam viskozitesi, termal genleşme katsayısı, tavlama sıcaklığı, ergime sıcaklığı, yumuşama sıcaklığı ve gerilme noktaları değışmektedir. Bu durum aynı harman içerisine eklenen farklı metal oksitlerin cam yapısında oluşturduğu değışiklikler nedeni ile camların birbirleri ile uyumsuzluk göstermelerine sebep olmaktadır (Bkz. Uyumluluk). Renkli camların birbirleri ile aynı fiziksel özelliklere sahip olabilmesi için renklendirme aşamasında cam kompozisyonuna dengeleyici oksitler eklenerek camların fiziksel özellikleri birbirleriyle benzer duruma getirilebilmektedir.

Harman hazırlama aşamasında renklendirme için sabit bir harman içerisine eklenen metal oksitlerin oluşturduğu fiziksel özellikler uyumluluk gösterebilmektedir. Yani, standart bir kurşun camı kompozisyonuna yeşil renk vermesi için eklenen demir oksidin oluşturduğu fiziksel özelliklerle, mavi rengini vermesi için kompozisyona

¹⁷ <https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/casting-glass> (Erişim tarihi: 25.02.2019)

eklenen kobalt oksidin oluşturduğu fiziksel özellikler benzerlik taşıyabilmektedir. Oluşturulan renklerin birbirleri ile uyumluluk gösterip göstermediği test edilerek kolay bir biçimde anlaşılabilir.

Preciosa Ornela camı üreticisi, Geleneksel Çek Camı olarak adlandırdığı kurşun camlarının uyumluluk sağlayıp sağlamadığını konusunda herhangi bir bilgi sunmamıştır. Bu nedenle Geleneksel Çek Camlarının renklerinin uyumluluk gösterip göstermediği bilinmemektedir. Geleneksel Çek Camlarının cam uyumlulukları konusunda herhangi bir çalışma yürütülmemesinin sebebi yukarıda da bahsedildiği gibi sadece sanatsal olarak kullanılması için değil, endüstriyel alanda seri üretim gerçekleştiren fabrikalar için maliyeti düşük olan cam üretmek istemesinden kaynaklanma olasılığı çok yüksektir. Bu testlerin ve kompozisyon içerisinde uyumluluk sağlaması için dengeleyici bir kompozisyon oluşturması üretim maliyetini arttıracığından camlarının uyumluluğu hakkında herhangi bir bilgi paylaşımında bulunmamıştır.

Türkiye’de kolaylıkla tedarik edilebilen fırın içerisinde kalıpla şekillendirme tekniğinde kullanılan tek cam türü Geleneksel Çek Camı’dır. Birbirleri ile uyumluluk gösteren birçok özel üreticinin camları mevcut olsa da Türkiye’de kolaylıkla tedarik edilebilmesi mümkün olmamaktadır. Bu durumun en temel sebebi daha önce bahsedilen özel cam üreticilerinin camlarının Türkiye’de satışının yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Uygulayıcının bu tür camları tedarik etmesi mümkündür fakat, maliyet açısından kabul edilebilir oranlarda olmayacaktır.

Bu durumlar göz önüne alındığında Geleneksel Çek Camlarının birbirleri ile uyumluluk gösterebilme olasılığından yola çıkılarak, Geleneksel Çek Camlarının denemeleri gerçekleştirilerek uyumluluk sağlayıp sağlamayacağı test edilecektir.

3.2. Renklerin Belirlenmesi ve Hazırlanması

Geleneksel Çek Camı deneme renklerinin belirlenmesi en çok tercih edilen transparan ana renk tonlarının seçilmesiyle gerçekleştirilmiştir (Görsel 3.1). Buradaki amaç tüm renklerin ve ara tonların denemelerinin gerçekleştirilmesi değil, uygulayıcılar tarafından en çok tercih edilen renklerin seçilerek testlerinin gerçekleştirilip farklı renklerin birbirleriyle ısıll yolla bir araya gelip gelmeyecekleridir. Başka bir ifadeyle farklı renkteki camların birbirleriyle uyumluluk sağlayıp sağlamadıklarının belirlenmesidir.



Görsel 3. 1. *Fırın içerisinde kalıpta şekillendirmede yaygın olarak tercih edilen Geleneksel Çek Camının cam renkleri (Murat Paktur fotoğraf arşivi)*

Testlerin gerçekleştirilmesi için belirlenen camlar, renkleri, tonları ve kodları ile (Tablo 1.10)’de verilmiştir.

Tablo 3. 1. *Uyumluluk denemeleri gerçekleştirilecek renkler ve renk kodları*

Renk Adı	Renk Kodu	Renk Tonu
Clear	0000	
Amber	1005	
Mor	2002	
Kobalt Mavi	3004	
Füme	4001	
Yeşil	5010	
Açık Mavi	R6000A	
Mavi	6001	
Turkuaz	6011	
Şampanya Rengi	7011	

30 mm çapındaki silindir cam çubuklardan 50 mm uzunluğunda cam parçaları cam elması yardımı ile kesilmiştir. Kesimi gerçekleştirilen cam parçalarının üzerinde bulunabilecek yabancı maddelerden arındırmak için su dolu bir kap içerisinde temizlenmiştir.

On adet farklı rengin birbirleri ile denenmeleri için her bir renkten 50 mm uzunluğunda 9 ayrı parça kesilerek camlar hazırlanmıştır (Görsel 3.2). Elde edilen 90 adet deneme camları eşleştirilerek 45 adet farklı renk kombinasyonu oluşturulmuştur (Tablo 1.11-1.20).



Görsel 3. 2. Hazırlanan deneme renkleri ve kodları (Murat Paktur fotoğraf arşivi)

Tablo 3. 2. Clear (şeffaf) cam ile 1005, 2002, 3004, 4001, 5010, R6000A, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi

Renk kodu		Renk kodu
Clear	=	1005
Clear	=	2002
Clear	=	3004
Clear	=	4001
Clear	=	5010
Clear	=	R6000A
Clear	=	6001
Clear	=	6011
Clear	=	7011

Tablo 3.3. 1005 kodlu amber renginin Clear, 2002, 3004, 4001, 5010, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renklerle birleştirilmesi

Renk kodu		Renk kodu
1005	=	Clear
1005	=	2002
1005	=	3004
1005	=	4001
1005	=	5010
1005	=	R600A
1005	=	6001
1005	=	6011
1005	=	7011

Tablo 3.4. 2002 kodlu mor rengin 1005, Clear, 3004, 4001, 5010, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renklerle birleştirilmesi

Renk kodu		Renk kodu
2002	=	Clear
2002	=	1005
2002	=	3004
2002	=	4001
2002	=	5010
2002	=	R600A
2002	=	6001
2002	=	6011
2002	=	7011

Tablo 3.5. 3004 kodlu kobalt mavi rengin 1005, 2002, Clear, 4001, 5010, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi

Renk kodu		Renk kodu
3004	=	1005
3004	=	2002
3004	=	Clear
3004	=	4001
3004	=	5010
3004	=	R6000A
3004	=	6001
3004	=	6011
3004	=	7011

Tablo 3.6. 4001 kodlu fime renginin 1005, 2002, 3004, Clear, 5010, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi

Renk kodu		Renk kodu
4001	=	1005
4001	=	2002
4001	=	3004
4001	=	Clear
4001	=	5010
4001	=	R6000A
4001	=	6001
4001	=	6011
4001	=	7011

Tablo 3. 7. 5010 kodlu yeşil renginin 1005, 2002, 3004, 4001, Clear, R600A, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi

Renk kodu		Renk kodu
5010	=	1005
5010	=	2002
5010	=	3004
5010	=	4001
5010	=	Clear
5010	=	R6000A
5010	=	6001
5010	=	6011
5010	=	7011

Tablo 3.8. R600A kodlu açık mavi rengin 1005, 2002, 3004, 4001, 5010, Clear, 6001, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi

Renk kodu		Renk kodu
R6000A	=	1005
R6000A	=	2002
R6000A	=	3004
R6000A	=	4001
R6000A	=	5010
R6000A	=	Clear
R6000A	=	6001
R6000A	=	6011
R6000A	=	7011

Tablo 3.9. 6001 kodlu mavi rengin 1005, 2002, 3004, 4001, 5010, R600A, Clear, 6011, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi

Renk kodu		Renk kodu
6001	=	1005
6001	=	2002
6001	=	3004
6001	=	4001
6001	=	5010
6001	=	R6000A
6001	=	Clear
6001	=	6011
6001	=	7011

Tablo 3. 10. 6011 kodlu turkuaz rengin 1005, 2002, 3004, 4001, 5010, R600A, 6001, Clear, 7011 kodlu renkler ile birleştirilmesi

Renk kodu		Renk kodu
6011	=	1005
6011	=	2002
6011	=	3004
6011	=	4001
6011	=	5010
6011	=	R6000A
6011	=	6001
6011	=	Clear
6011	=	7011

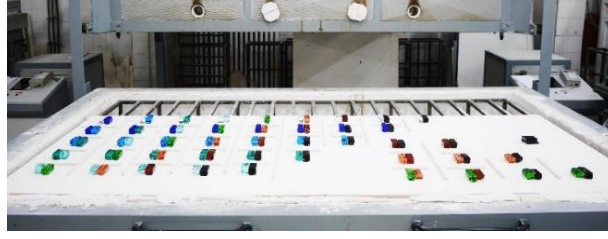
Tablo 3. 11. 7011 kodlu şampanya renginin 1005, 2002, 3004, 4001, 5010, R6000A, 6001, 6011, Clear kodlu renkler ile birleştirilmesi

Renk kodu		Renk kodu
7011	=	1005
7011	=	2002
7011	=	3004
7011	=	4001
7011	=	5010
7011	=	R6000A
7011	=	6001
7011	=	6011
7011	=	Clear

3.3. Fırınlama Aşamaları ve Fırın Diyagramı

Camlar, kodlarına göre dizilimi sonrası fırınlama işlemine hazır hale getirilmiştir. Fırın zemini, deneyi etkileyecek bütün yabancı maddelerden temizlenerek camların fırın içerisindeki refrakter malzemeye yapışmaması için de ayırıcı olarak pişmiş alçı tozu ile kaplanmıştır. Pişmiş alçı tozu içerisinde yabancı maddelerin olabilme ihtimaline karşı ince elek kullanılarak fırın zeminine serpmeye işlemi ile uygulanmıştır.

Fırınlama işleminde hazırlanan camların maruz kalacağı sıcaklığın aynı olması için tek bir fırın içerisine yerleştirilerek pişirim işlemi gerçekleştirilecektir (Görsel 3.18). Fırınlama aşamasında camların erimesi sonrası cam tonlarında değişiklik olması ihtimaline karşı denemesi gerçekleştirilecek camların üzerlerine cam kodları yazılarak dizilimleri gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda fırın içerisindeki dizilimin şekli (Görsel 3.19) cam kodlarıyla birlikte bir kağıt üzerine tablo oluşturularak aktarılmıştır. Fırınlama aşamasında camlar yüksek derecelere maruz kalacağından camların üzerlerindeki kodlar kaybolacaktır, bu nedenle dizilim şeklinin fotoğraflanması gerçekleştirilip ve bir tablo oluşturulması ile fırınlama sonrası karışıklıklar önlenmiştir (Tablo 1.21).



Görsel 3. 3. Deneme camlarının fırın dizilimi (Murat Paktur fotoğraf arşivi)



Görsel 3. 4. Deneme camlarının fırın dizilimi detayı (Murat Paktur fotoğraf arşivi)

Tablo 3. 12. Fırın dizilim şeması

3004	6001	6011	R6000A	5010	7011	1005	2002	4001
Clear	Cleas	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear
6001	6011	R6000A	5010	7011	1005	2002	4001	
3004	3004	3004	3004	3004	3004	3004	3004	
6011	R6000A	5010	7011	1005	2002	4001		
6001	6001	6001	6001	6001	6001	6001		
R6000A	5010	7011	1005	2002	4001			
6011	6011	6011	6011	6011	6011			
5010	7011	1005	2002	4001				
R6000A	R6000A	R6000A	R6000A	R6000A				
7011	1005	2002	4001					
5010	5010	5010	5010					
1005	2002	4001						
7011	7011	7011						
2002	4001							
1005	1005							
4001								
2002								

Fırın yükleme işleminin ardından camların genleşme katsayısı, tavlama sıcaklığı, gerilme noktası, ergime sıcaklığı gibi fiziksel özellikleri göz önünde bulundurularak fırın diyagramı oluşturulmuştur. Fırın diyagramının doğru bir şekilde oluşturulması test işlemleri sonrası doğru sonuçların elde edilebilmesi için büyük önem taşımaktadır.

Fırın diyagramı oluşturulurken fırın boyutu, ısıtma türü, ısıtma elemanları, ısı dağılımı gibi fırın özellikleri de dikkate alınarak yapılmalıdır. Büyük boyutlu fırınlarda fırın içerisindeki ısının her alanda eşit olması küçük boyutlu fırınlara ve fırın ısıtma elemanlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle pişirim esnasında fırın içerisindeki camların her birinin aynı sıcaklık değerlerinde olabilmesi için bekleme süreleri yeterli oranlarda verilerek işlem gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerin doğru bir şekilde yapılması camların ergiyerek homojen şekilde birleşmelerini sağlayacaktır.

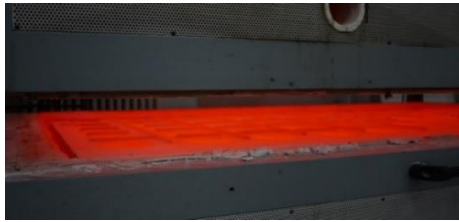
Pişirim için kullanılan fırın 250 x 150 x 40 cm boyutlarına sahiptir, ısıtma elemanları ise fırının kapak kısmında bulunmaktadır. Test camları yan yana geldiğinde 6 x 5 x 3 cm çapında olmaktadır. Bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda oluşturulan diyagram tablosu (Tablo 1.22) şu şekildedir:

Tablo 3. 13. *Fırın diyagramı*

Süre (dak.)	Sıcaklık	Bekleme Süresi (dak.)
120	300 °C	60
180	600 °C	60
Skip	850 °C	45
Skip	600 °C	90
180	550 °C	120
240	485 °C	120
180	400 °C	60
180	300 °C	60
360	50 °C	End

Birleştirme denemeleri için hazırlanan diyagramda camların termal şoka maruz kalarak çatlak oluşumunu önlemek için ergime derecesine çıkılırken verilen zaman

aralıklarıyla yavaş ve kontrollü bir çıkış sağlanmıştır. Fırın 850 °C'ye (ergime derecesi) ulaştığında fırın kapağı hafif aralanarak fırın içerisindeki camların gözlemleme işlemi yapılmış ve tamamen kaynaşmaları için 60 dakika boyunca 850 °C'de bekleme gerçekleştirilmiştir. (Görsel 3.20) Bu bekleme sayesinde fırın içerisindeki camların tamamen homojen olarak birleştirilmesi sağlanmıştır. Kaynaştırma işlemi sonrası fırın içerisindeki camların yüzeylerinde devitrifikasyon oluşmaması için tavlama ısısının belli bir derece üzerindeki bir ısıya 600 °C'ye kontrollü olarak fırın kapağının belli sürelerde aralanmasıyla bir düşüş sağlanmış ve fırın içerisindeki ısının ve cam bünyesindeki ısının her alanda aynı kalabilmesi için 600 °C'de 90 dakika boyunca bekleme gerçekleştirilmiştir. Geleneksel Çek Camının bilinen tavlama derecesi 485 °C'e olarak bilinse de her renk için bu değerlerin değişeceği göz önünde bulundurularak iki farklı tavlama noktası oluşturulup tavlama kaynaşmaları olumsuz durumların önüne geçilmiştir. İlk olarak deneme camlarının boyutları göz önünde bulundurularak 600 °C'den 550 °C'ye 180 dakikalık bir sürede geçiş yapılmış ve homojen ısı dağılımı için 120 dakika boyunca 550 °C'de bekleme gerçekleştirilmiştir. İkinci adım olarak Geleneksel Çek Camının bilinen tavlama derecesi olan 485 °C'ye 240 dakikada düşüş gerçekleştirilerek 120 dakika boyunca 485 °C'de beklenmiştir. Tavlama aralıkları kontrollü ve yavaş olarak geçilen camların oda sıcaklığına soğutma işlemi de kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. 485 °C'den 400 °C'ye 180 dakikada geçiş yapılarak 60 dakika beklenmiş, ardından 300 °C'ye 180 dakikada düşüş sağlanmış ve 60 dakika bekleme verilerek fırın içerisindeki camların termal şoka uğramaları engellenerek sağlıklı bir kaynaştırma, tavlama ve soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir.



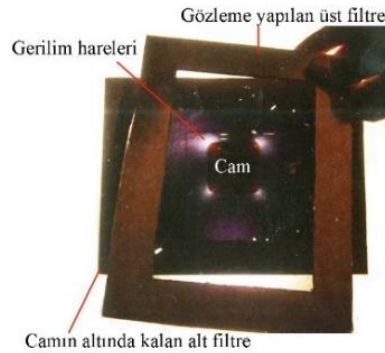
Görsel 3. 5. *Fırın kapağının aralanarak gözlemleme aşaması (Murat Paktur fotoğraf arşivi)*

3.4. Polariskop Testleri

Üretim veya işlem sırasında cam içerisinde oluşabilecek gerilimlerin gösterimini sağlayan cihaza polariskop denmektedir. Polariskop ile camdaki temper bütünlüğünün değerlendirilmesi, tavlamanın doğrulanması, kalıplanmış kısımlardaki gerilimlerin

gözlemlenmesi, kaynak ve akış düzenlerinin tespiti, akış düzenlerinin ve geçit veriminin incelenmesi ve kalıp eksikliklerinden veya sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan düzensizliklerin belirlenmesi gibi ölçümlerin yapılabilmesi mümkündür. Cam üretimi sırasında karşılaşılan problemlerin polariskopla gözlemlenip kaynağının bulunarak daha sağlıklı üretimler gerçekleştirilmektedir.¹⁸ Polariskopların kullanımı sadece cam üretim alanları değildir. Kişisel olarak kullanım veya atölye kullanımı gibi alanlarda da sıklıkla kullanılmaktadır. Cam uygulayıcıları birlikte kullanmak istedikleri farklı camların üretim öncesi küçük boyutlarda testlerini gerçekleştirip polariskop ölçümleri ile uyumluluklarının tespitini yaparak farklı cam türlerini birlikte kullanabilmektedir.

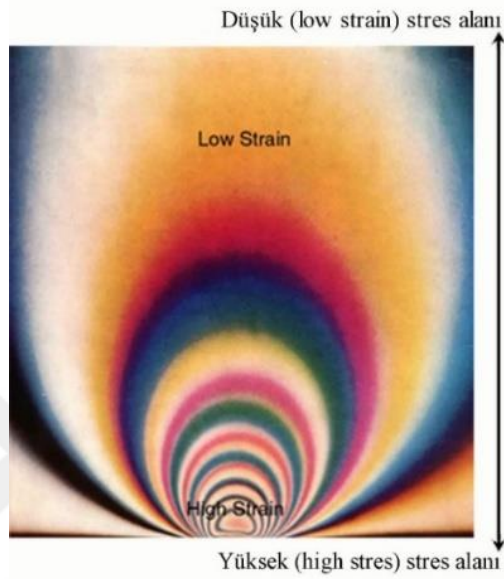
Cam içerisindeki streslerin görüntülenebilmesi için cam iki adet polarize lensin (filtre) arasına yerleştirilmektedir. Daha sonra polariskop cihazındaki ışık kaynağı açılarak, ışığın cam içerisinden geçmesi sağlanmaktadır. Işık cam içerisindeki gerilim oluşumlarını daha net bir biçimde gösterebilmesi için camın üst kısmında ve alt kısmında bulunan lensler döndürülüp ışığın daha net geçişi sağlanarak gerilim gözlemlemesi yapılabilmektedir (Görsel 3.21). Polariskop cihazının bulunmadığı durumlarda güçlü bir ışık çıkışı olan lamba yardımıyla veya güneş ışığına tutularak gözlem gerçekleştirilebilmektedir. Gözlem sırasında cam içerisinde parlak yapıda hareler ile karşılaşılması cam içerisinde gerilim bulunduğunu göstermektedir. Harelerin görülmediği cam bünyesinde gerilim olmadığı ve birlikte kullanımlarında uyumluluk gösterebilecekleri anlamına gelmektedir. Harelerin parlaklık dereceleri camların uyumsuzluk oranları ile doğru orantılıdır. Harelerin büyük ve parlak olması camların fiziksel özelliklerinin birbirlerinden yüksek oranda farklı olduğu anlamına gelmektedir (Baker, 2010, s. 34-35).



Görsel 3. 6. Polariskop kullanımıyla cam içerisindeki gerilimlerin kontrol edilmesi (Baker, 2010, s. 33)

¹⁸ <https://strainoptics.com/wp-content/uploads/2017/05/PSV-100-Bulletin.pdf> (Erişim tarihi: 15.03.2019)

Cam içerisinde bulunan gerilim seviyeleri düşük gerilim (low strain) ve yüksek gerilim (high stress) olarak belirtilmiştir (Görsel 3.22). Bu aralıklardaki gerilim oluşumları bazı durumlarda gerilimin cam içerisinde uzun yıllar kalabileceği ve herhangi bir zorlanma veya baskı olmadığında camda çatlak oluşumlarının veya kırılmaların olmayacağı belirtilmektedir.



Görsel 3. 7. Cam içerisindeki gerilim oluşumlarının dereceleri
(<https://www.nortelglass.com/polariscopes.shtml> Erişim tarihi: 15.03.2019)

Fırınlama işlemleri sonrası denemesi gerçekleştirilen camlar oda sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta fırın içerisinde çıkartılıp temizlenerek polariskop testleri için hazır hale getirilmişlerdir.

Fırın içerisinde çıkartılan bazı cam denemelerinde uyumsuzluktan kaynaklı olarak çatlamlar meydana gelmiştir (Görsel 3.23). Polariskop ile kontrol edilen camların yüksek derecede gerilim barındırdığı gözlemlenmiştir. Birleştirmeleri gerçekleştirilen diğer camların gözle görülür biçimde herhangi bir çatlak veya kırılmaya rastlanmamıştır. Deneme camlarında çatlakların veya kırılmaların oluşmaması camların birbirleri aralarında kesin olarak uyumluluk gösterdiği anlamına gelmemektedir.



Görsel 3. 8. Uyumsuzluktan kaynaklı cam bünyesinde çatlak oluşumu (Murat Paktur fotoğraf arşivi)

Polariskop türleri kullanılacak alanlara göre farklılar göstermektedir. Bu nedenle denemelerin kontrolleri için kullanılacak polariskobun bu işlemler için uygun olması büyük önem taşımaktadır. Büyük üreticilerin cam testlerinin gerçekleştirilmesi için kullanılan polariskoplar her renk üretimi için ayrı filtrelerle sahiptir. Renklerin ışık geçirgenliklerinin farklı olmasından dolayı her renk için farklı filtre kullanımı doğru sonuçların alınabilmesi için önem arz etmektedir.

Stüdyo ortamında gerçekleştirilecek testler için genel olarak kullanılan polariskopların kullanımı da doğru sonuçlar vermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta kullanılan filtrenin farklı cam renkleri ile uyumluluk göstermesidir.

Denemelerin testleri için kullanılacak polariskop (Görsel 3.24) Nortel Machinery üreticisi tarafından temin edilmiştir. Şeffaf camların kontrolleri için kullanılan bir filtreye sahiptir. Fakat, kullanılan filtre çok koyu olmayan transparan camların testleri için de uyumluluk sağlamaktadır¹⁹ Denemeleri gerçekleştirilen camların kontrolleri polariskop üzerinde bulunan genel amaçlı filtre ile gerçekleştirilmiş ve cam renklerinin açık tonlarda olmasından dolayı sorunsuz bir şekilde cam içerisindeki stres oluşumları gözlemlenebilmiştir. Her renk için farklı olarak üretilen filtrelerin kullanılması elde edilen sonuçların doğruluk oranını arttıracığından, mümkünse ve ulaşılabiliriyorsa özel olarak üretilen filtreler ile kontrollerin yapılması yararlı olacaktır.

¹⁹ <http://www.nortelglass.com/polariscopes.shtml> (Erişim tarihi: 15.03.2019)



Görsel 3. 9. Cam bünyesindeki gerilmelerin kontrolü için kullanılan Nortel marka polariskop
(<http://www.nortelglass.com/polariscopes.shtml> Erişim tarihi: 15.03.2019)

3.5. Uyumluluk Sonuçları

Birleştirme testleri gerçekleştirilen camların polariskop testleri sonrası beklenildiği gibi belli oranlarda uyumluluk, uyumsuzluk ve cam içerisinde kabul edilebilir derecede gerilim oluşumları gözlemlenmiştir. Elde edilen bilgiler neticesinde test sonuçları uyumluluk gösteren camlar, kabul edilebilir derecede stres barındıran camlar ve uyumsuzluk gösteren camlar olarak 3 ayrı grupta inceleneceklerdir.

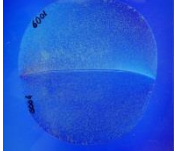
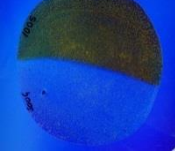
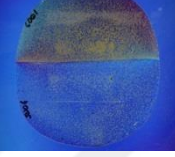
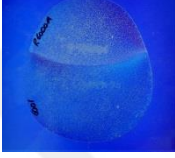
3.5.1. Uyumluluk gösteren camlar

Uyumluluk testleri gerçekleştirilen farklı renklere sahip camların beklenildiği üzere bazı renk denemelerinin başarılı birleştirme sonrası uyumluluk gösterdikleri görülmüştür. Polariskop kontrollerinde uyumluluk gösteren cam yapılarında herhangi bir gerilime rastlanmamıştır. Bu durum, uyumluluk gösteren renkli camların gerilme noktası, tavlama sıcaklığı ve termal genleşme katsayılarının çok benzer bir yapıda olduğunu göstermektedir (Tablo 1.35-38).

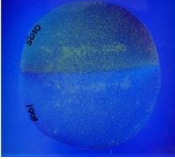
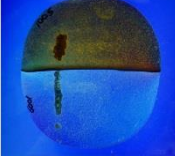
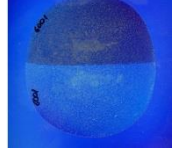
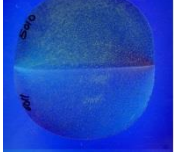
Uyumluluk gösteren renklerin, büyük boyutlu veya küçük boyutlu cam obje yapımında kullanımları benzer yapılara sahip olmalarından dolayı uyumsuzluktan kaynaklı olarak cam içerisinde gerilim problemleri ile ilgili sorunlar yaratmayacaktır.

Daha önce de belirtildiği gibi cam içerisinde oluşan gerilimler sadece cam uyumsuzluğundan kaynaklanmamaktadır. Cam içerisinde oluşan gerilimlerin diğer bir nedeni de tavlama işleminin hatalı yapılmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle büyük boyutlu cam objelerin yapımında sağlıklı sonuçların elde edilebilmesi için tavlama diyagramı yeterli zaman aralıkları verilerek uygun sıcaklıklarda oluşturulmalıdır.

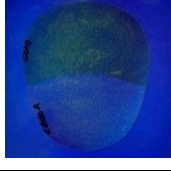
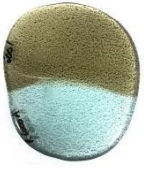
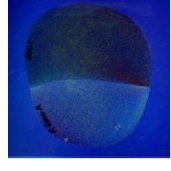
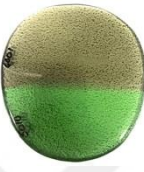
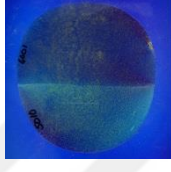
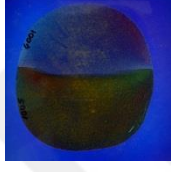
Tablo 3. 14. Uyumluluk gösteren 6001-3004, 1005-3004, 4001-3004, R6000A-6001 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	6001 3004	
	1005 3004	
	4001 3004	
	R6000A 6001	

Tablo 3. 15. Uyumluluk gösteren 5010-6001, 1005-6001, 4001-6001, 5010-6011 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	5010 6001	
	1005 6001	
	4001 6001	
	5010 6011	

Tablo 3. 16. Uyumluluk gösteren 5010-R6000A, 4001-R6000A, 4001-5010, 4001-1005 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	5010 R6000A	
	4001 R6000A	
	4001 5010	
	4001 1005	

3.5.2. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren camlar

Bu gruptaki cam denemeleri bünyelerinde düşük seviyede (low strain) stres bulundurdıklarından dolayı bu başlık altında toplanmıştır. Düşük oranlarda gerilim içeren renk denemeleri kendi içlerinde de farklılıklar gösterdiklerinden iki başlık altında toplanmıştır.

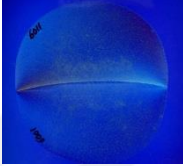
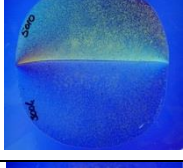
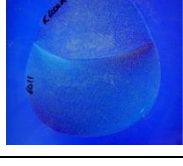
3.5.2.1. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren camlar I

Daha önce de belirtildiği gibi (Bkz. Uyumluluk) cam içerisinde bulunan gerilim oluşumları seviyelerine göre sıralanmışlardır. Düşük (low strain) ve yüksek (high strain) olarak belirlenen noktalar arasında gerilim oranları belirlenmektedir. Cam içerisindeki gerilim seviyesinin yüksek olarak belirlenen sınıra yakın olması durumunda cam ya soğutulma aşamasında bünyesinde çatlaklar oluşacaktır veya camda kırılmalar meydana gelecektir. Bu durum dışarıdan herhangi bir etki olmadan da gerçekleşebilmektedir. Fakat, düşük gerilim seviyesi olarak belirlenen noktalardaki gibi bir gerilim içeriyor ise cam obje termal şoka ve kesilme gibi fiziksel olarak yüksek bir etkiye maruz kalmadığında formunu gerilim içermeyen bir cam gibi koruyabilmektedir.

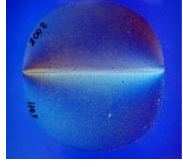
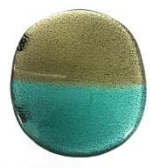
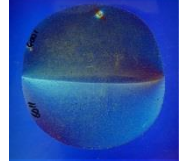
Bu grupta yer alan renk birleşimleri düşük oranlarda gerilim barındığından dikkatli pişirim ile cam objelerin üretiminde kullanılabilir. Bu grupta yer alan renk birleşimlerinin büyük objeler için kullanılması riski arttıracığından cam obje yapımında daha küçük boyutlardaki çalışmalar için tercih edilmesi önerilmektedir.

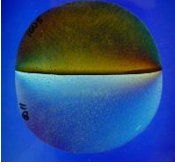
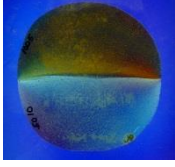
Renk denemeleri kodlarıyla ve fırınlanma sonrası cam görseli ve polariskop altında kontrol görseli ile aşağıda verilmiştir (Tablo 1.39-1.41).

Tablo 3. 17. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren 6011-6001, R6000A-3004, 5010-3004, R6000A-6011 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

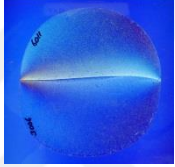
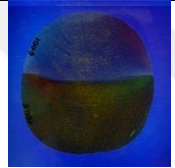
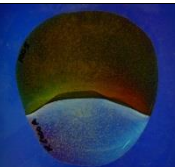
Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	6011 6001	
	R6000A 3004	
	5010 3004	
	R6000A 6011	

Tablo 3. 18. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren 2002-6011, 4001-6011, 1005-6011, 1005-5010 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	2002 6011	
	4001 6011	

	1005 6011	
	1005 5010	

Tablo 3. 19. *Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren 6011-3004, 4001-1005, 1005-R6000A kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri*

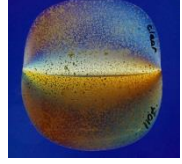
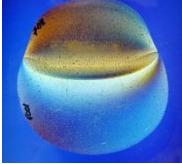
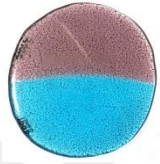
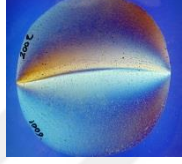
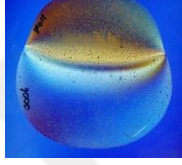
Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	6011 3004	
	4001 1005	
	1005 R6000A	

3.5.2.2. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren camlar II

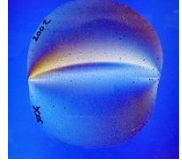
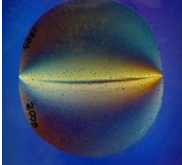
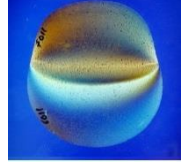
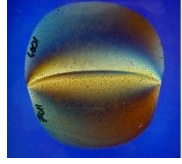
Bu başlık altında toplanan camlar bir önceki gruptaki camlarla yakın oranlarda gerilim barındırıyor olsa da tamamen aynı olmadıklarından dolayı ayrılmışlardır. Bu gruptaki renk denemelerinin gerilim oranları (Tablo 1.42-1.44)'de görüleceği üzere daha belirgin halde gözlemlenmektedir. Bir önceki gruptaki renk denemelerine oranla daha düşük fiziksel ve termal şok dayanımlarına sahiptir.

Renk denemeleri kodlarıyla ve fırınlanma sonrası cam görseli ve polariskop altında kontrol görseli ile aşağıda verilmiştir.

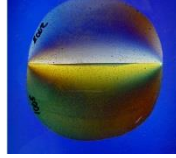
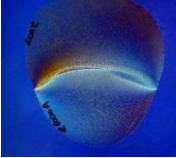
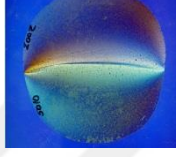
Tablo 3. 20. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren Clear-7011, 7011-6001, 2002-6001, 7011-3004 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	Clear 7011	
	7011 6001	
	2002 6001	
	7011 3004	

Tablo 3. 21. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren 2002-3004,4001-2002, 7011-6011, 4001-7011 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	2002 3004	
	4001 2002	
	7011 6011	
	4001 7011	

Tablo 3. 22. Kabul edilebilir düzeyde uyumluluk gösteren 2002-1005, 2002-R6000A, 2002-5010, 7011-5010 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	2002 1005	
	2002 R6000A	
	2002 5010	
	7011 5010	

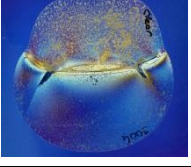
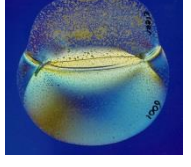
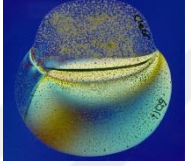
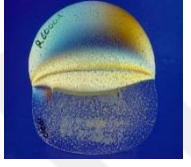
3.5.3. Uyumsuz camlar

Bu grupta yer alan renk birleşim denemeleri cam bünyesinde yüksek oranda gerilim barındırdığından (Tablo 1.45-1.47)’de görüldüğü üzere cam parçalarında çatlaklar oluşmuş ve kırılmalar yaşanmıştır. Çatlak oluşumları ve kırılmalar soğutma esnasında gerçekleşmiştir.

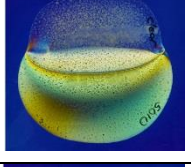
Polariskop ile gözlemlenen camların içerisindeki stres oranlarının oldukça yüksek olduğu görülmekte ve diğer gerilim barındıran denemelerin aksine kaynaşma yüzeyinde değil cam bünyesinin geneline yayılmış durumdadır.

Görüleceği üzere yüksek oranlarda gerilim barındıran cam denemelerinde “clear” kodlu camlar ile denenen testler başarısız olmuştur. Bunun en büyük nedeninin, üreticinin “clear” kodlu cam üretim kompozisyonunun diğer renkli cam kompozisyonu ile çok farklı kompozisyonda olduğu düşünülmektedir.

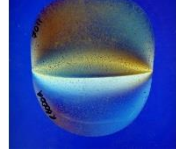
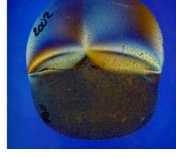
Tablo 3. 23. Uyumsuzluk gösteren 3004-Clear, 6001-Clear, 6011-Clear, R6000A-Clear kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	Clear 3004	
	Clear 6001	
	Clear 6011	
	Clear R6000A	

Tablo 3. 24. Uyumsuzluk gösteren 5010-Clear, 4001-Clear, 1005-Clear, 2002-Clear kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	Clear 5010	
	Clear 4001	
	Clear 1005	
	Clear 2002	

Tablo 3. 25. Uyumsuzluk gösteren 7011-R6000A, 2002-7011 kodlu renk birleşimlerinin fırınlama testi sonrası görüntüleri ve polariskop görüntüleri

Fırınlanmış görsel	Renk kodları	Polariskop görseli
	7011 R6000A	
	2002 7011	

3.6. Denemeleri Gerçekleştirilen Renk Birleşimleri ile Cam Eser Üretimi

Elde edilen olumlu sonuçlar ile camların daha büyük boyutlarda birlikte kullanılabilirliğini kanıtlamak ve fiziksel etkilere karşı tutumunu test etmek amaçlı cam eser üretimi gerçekleştirilmiştir.

Cam obje üretimi için model olarak hazır bir model kullanılmıştır. Model malzemesinin plastik olması nedeniyle, model silikon kalıplama yöntemi kullanılarak farklı malzemelere dönüştürmek için silikon kalıbı oluşturulmuştur (Görsel 3.25).



Görsel 3. 10. Bizon Model ve silikon kalıbı (Murat Paktur fotoğraf arşivi)

Cam kütle içerisinde üç boyutlu bir formun görüntüsünü elde etmek için, refrakter kalıplama aşamasında sabit maçalı kalıp tekniği kullanılmıştır (Bkz. Çift Cidarlı Kalıplar). Silikon kalıp içerisine refrakter kalıp karışımı dökülerek model refrakter malzemeye dönüştürülmüş ve elde edilen modelin 1/3'ü kil ile kaplanarak bir zemin üzerine sabitlenmiştir (Görsel 3.26). Kalıp tahtaları kullanılarak model etrafı kapatılıp refrakter kalıp karışımının dökümü için hazır hale getirilmiştir (Görsel 3.27).



Görsel 3. 11. Modelin kalıp içerisinde pozitif olarak bırakılma süreci (Murat Paktur fotoğraf arşivi)



Görsel 3. 12. Refrakter kalıp karışımının dökümü için hazırlanması (Murat Paktur fotoğraf arşivi)

Refrakter kalıp yapımı için %50 alçı, %50 kuvars reçetesi kullanılmıştır (Bkz. Rekrakter Kalıplar). Hazırlanan kalıp karışımı model üzerine dökülerek karışımın tamamen donması beklenmiştir. Karışımın donması sonrası model kaplaması için kullanılan kil kalıp içerisinden çıkartılarak, kalıp tamamen kil kalıntılarından arındırılmıştır. Refrakter kalıp nemli haldeyken cam hesaplaması için içerisine su doldurularak kalıba yerleştirilecek cam miktarı bulunmuştur (Görsel 3.28). Fırınlama öncesi kalıp nemini atması için iki gün süre ile oda sıcaklığında bekletilmiştir.



Görsel 3. 13. Kalıp içerisine yerleştirilecek camların hazırlanması (Murat Paktur fotoğraf arşivi)

Kuruması gerçekleşen refrakter kalıp, cam yüklemesi için fırına yerleştirilmiştir. Kalıp içerisine konulacak camlar küçük parçalar halinde kalıp yüzeyine ve içerisinde bulunan figüre zarar vermeyecek şekilde dikkatlice yerleştirilmiştir. Cam yüklemesi iki katman halinde gerçekleştirilmiştir. İlk katmanda “clear” kodlu cam yerleştirilmiş, ikinci katmanda ise “7011” kodlu renkli cam yerleştirilerek cam yüklemesi tamamlanmıştır.

Pişirim için cam objenin kalınlığı ve boyutu göz önünde bulundurularak diyagram oluşturma işlemi gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan diyagram (Tablo)’de verilmiştir.

Tablo 3. 26. *Fırın diyagramı*

Süre (Dak.)	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (Dak.)
180	300	120
180	590	120
Skip	850	90 (Gözlem)
Skip	600	180
400	485	240
360	400	180
360	300	120
600	50	End

Fırın yakılması sonrası ergime derecesine camlar 45 dakika bir süre ile 850 santigrat derecede bekletildikten sonra fırın kapağı aralanarak gözlem gerçekleştirilmiştir (Görsel 3.29). Kalıp formunda bozulmalara veya herhangi olumsuz bir duruma rastlanmadığı için camların kalıp içerisindeki modelin şeklini tamamen alması için kalıp 850 santigrat derecede 45 dakika daha bekletilerek pişirim işlemi tamamlanmıştır. Tavlama işlemine geçilmeden hemen önce ergime ısısında olan fırın 850 santigrat dereceden 600 santigrat dereceye fırın kapağı kısa aralıklarla açılarak el ile soğutulmuştur. Ergime derecesinden tavlama derecesinin üzerindeki bir sıcaklığa ani düşüş işlemi, cam yüzeyinde gerilmelerin olmaması ve cam bünyesinde kristalleşme oluşmaması için gerçekleştirilmiştir. Soğutma işlemi sonrası fırın havalandırma delikleri kapatılarak cam objenin tavlama sürecine geçilmiştir.



Görsel 3. 14. *Fırın içerisindeki refrakter kalın 850 santigrat derecede kontrolü (Murat Paktur fotoğraf arşivi)*

Tavlama işlemi yaklaşık olarak 72 saat gibi bir sürede gerçekleşmiştir. Fırının oda sıcaklığına inmesi sonrası kalıp fırın içerisinden çıkartılıp parçalanarak cam obje kalıp içerisinden alınmıştır. (Görsel 3.30).



Görsel 3. 15. *Fırınlama sonrası cam objenin refrakter kalıp içerisinden çıkartılma süreci (Murat Paktur fotoğraf arşivi)*

Kalıp içerisinden çıkarılan cam obje termal şoka uğramaması için bir gün süre ile oda sıcaklığında bekletilerek homojen olarak soğuması sağlanmıştır. Cam objenin soğuması sonrası yüzeye yapışan refrakter kalıp malzemesinin temizlenmesi için kumlama yöntemi kullanılarak cam obje kalıntılardan arındırılmıştır. (Görsel 3.31) Kalıp içerisinde şekillendirilen cam objenin kalıp yüzeylerine temas etmesi sonucu matlaşmalar gerçekleşmiştir. Matlaşmaların giderilmesi ve cam yüzeylerinin parlatılması için soğuk işlem uygulaması gerçekleştirilmiştir.



Görsel 3. 16. *Cam objenin kalıp kalıntılarının ve yüzey pürüzlüğünün kumlama işlemi ile temizlenmesi (Murat Paktur fotoğraf arşivi)*

Cam objenin parlatılması için soğuk işlem sürecinde aşağıdaki adımlar uygulanmıştır:

- Yatay diskli makine kullanılarak 120 grid toz aşındırıcı ile cam yüzeyindeki dalgalanmalar ve 220 grid toz aşındırıcı ile yüzey çizikleri giderilmiştir.
- Şerit parlatma makinası kullanılarak sırasıyla 240, 320, 400, 500, 600, 800, 1000 ve 1200 grid’li zımparaları kullanılarak cam obje yüzeyleri parlatılmıştır.
- Son olarak cam yüzeyine seryum parlatma tozu uygulanarak cam üzerindeki buğulanmalardan arındırılıp daha parlak bir görünüm kazandırılmıştır.



Görsel 3. 17. Yatay aşındırma diski ile cam yüzeyindeki kalıntıların ve derin çiziklerin arındırma aşaması (Murat Paktur fotoğraf arşivi)



Görsel 3. 18. Farklı kalınlıklardaki şerit bantlar kullanılarak cam yüzeyinin parlatılma aşaması (Murat Paktur fotoğraf arşivi)

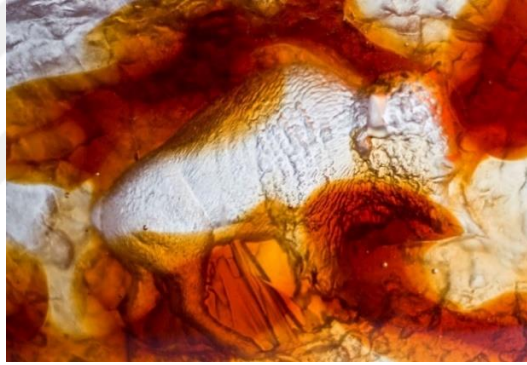


Görsel 3. 19. Seryum uygulaması ile cam yüzeyindeki buğuların giderilmesi (Murat Paktur fotoğraf arşivi)

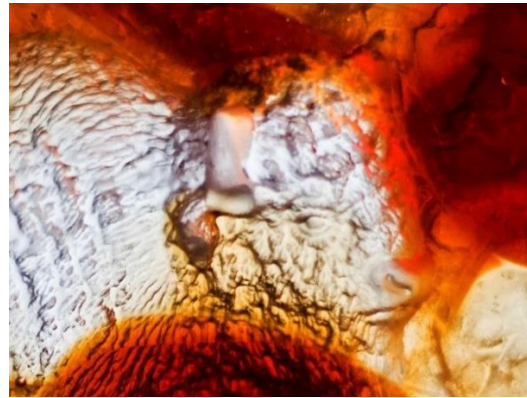
Soğuk işleme sürecinde ve sonrasında cam objede herhangi olumsuz bir durumla karşılaşılmamıştır.



Görsel 3. 20. İki farklı Geleneksel Çek Camı ile oluşturulan içerisinde hayvan figürü bulunan cam obje
(Murat Paktur fotoğraf arşivi)



Görsel 3. 21. İki farklı Geleneksel Çek Camı ile oluşturulan içerisinde hayvan figürü bulunan cam obje
detayı-I (Murat Paktur fotoğraf arşivi)



Görsel 3. 22. İki farklı Geleneksel Çek Camı ile oluşturulan içerisinde hayvan figürü bulunan cam obje
detayı-II (Murat Paktur fotoğraf arşivi)

3.7. Kişisel Uygulamalar

Uyumluluk gösteren renkli camların birleşimleriyle oluşturulan cam eserler kalıpta şekillendirme tekniği kullanarak üretilmiştir. Tasarlanan çalışmaların ilk olarak strafor ile modelleri oluşturulmuş ve sonrasında refrakter kalıp karışımı ile kalıplamaları gerçekleştirilmiştir. Kalıplama işlemi sonrası straforlar kontrollü bir şekilde kalıp içerisinden çıkartılarak refrakter kalıplar yükleme için hazır hale getirilmiştir. Refrakter kalıpların kurutulması sonrası cam yüklemeleri gerçekleştirilerek fırınlanmıştır. Fırınlama sonrası cam eserlere soğuk işleme uygulanmış ve parlatmaları gerçekleştirilerek çalışmaların son hallerini almaları sağlanmıştır.

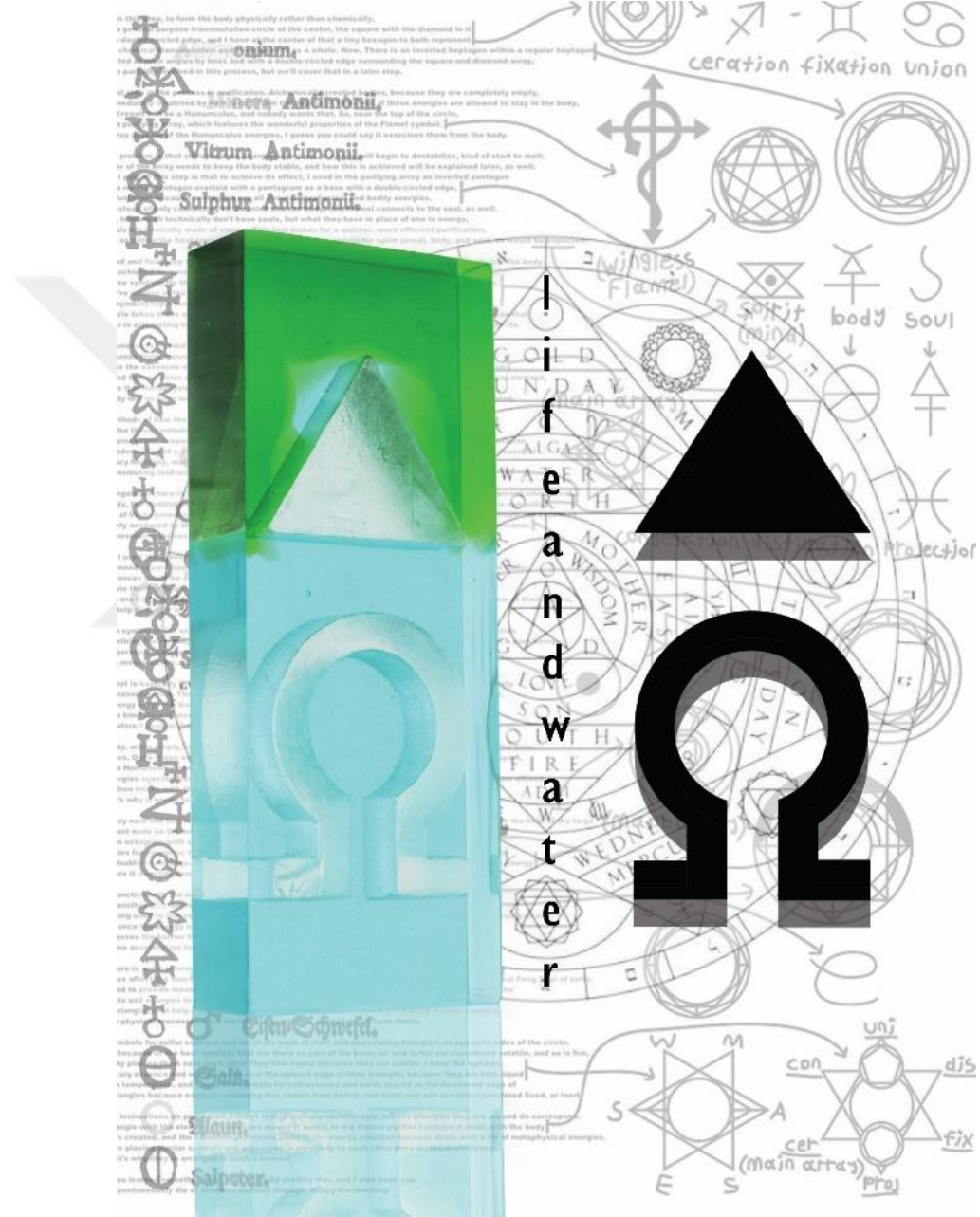
3.7.1. Tasarım

Üretilen cam eserlerde simya sanatı konu olarak ele alınmış ve yorumlanmıştır. Simya aynı zamanda bir dönüşüm sanatıdır. Gerekli koşullar sağlandığında değersiz bir madeni değerli bir madene dönüştürmeyi mümkün kılan simya, sanatçıya dönüşüm sanatını farklı bir yolla gerçekleştirmesi için ilhan kaynağı olmuştur. Üretilen cam eserlerde simya sembolleri kullanılmış ve sembollerin taşıdığı anlam ile renklerin anlamları birleştirilerek yaşam, ölüm ve zaman döngüsü anlatılmıştır.

Simyanın işleyişi eşit takas kanununa dayalıdır. Eşit takas kanununda elde edilmek istenilen bir değer karşılığında, aynı değerdeki bir şeyin verilmesi gerekmektedir. Oluşturulan cam eserlerin üzerinde bulunan sembollerde iç boşluklar oluşturularak simyanın eşit takas kanunu tasvir edilmiştir.

3.7.2. Life and Water

Yaşamın sembolü ve dört elementten biri olan suyun sembolü kullanılmış ve yeşil rengin suyu temsili, mavi renginse yaşamı temsil etmesiyle yaşamın sudan başladığı aktarılmıştır.



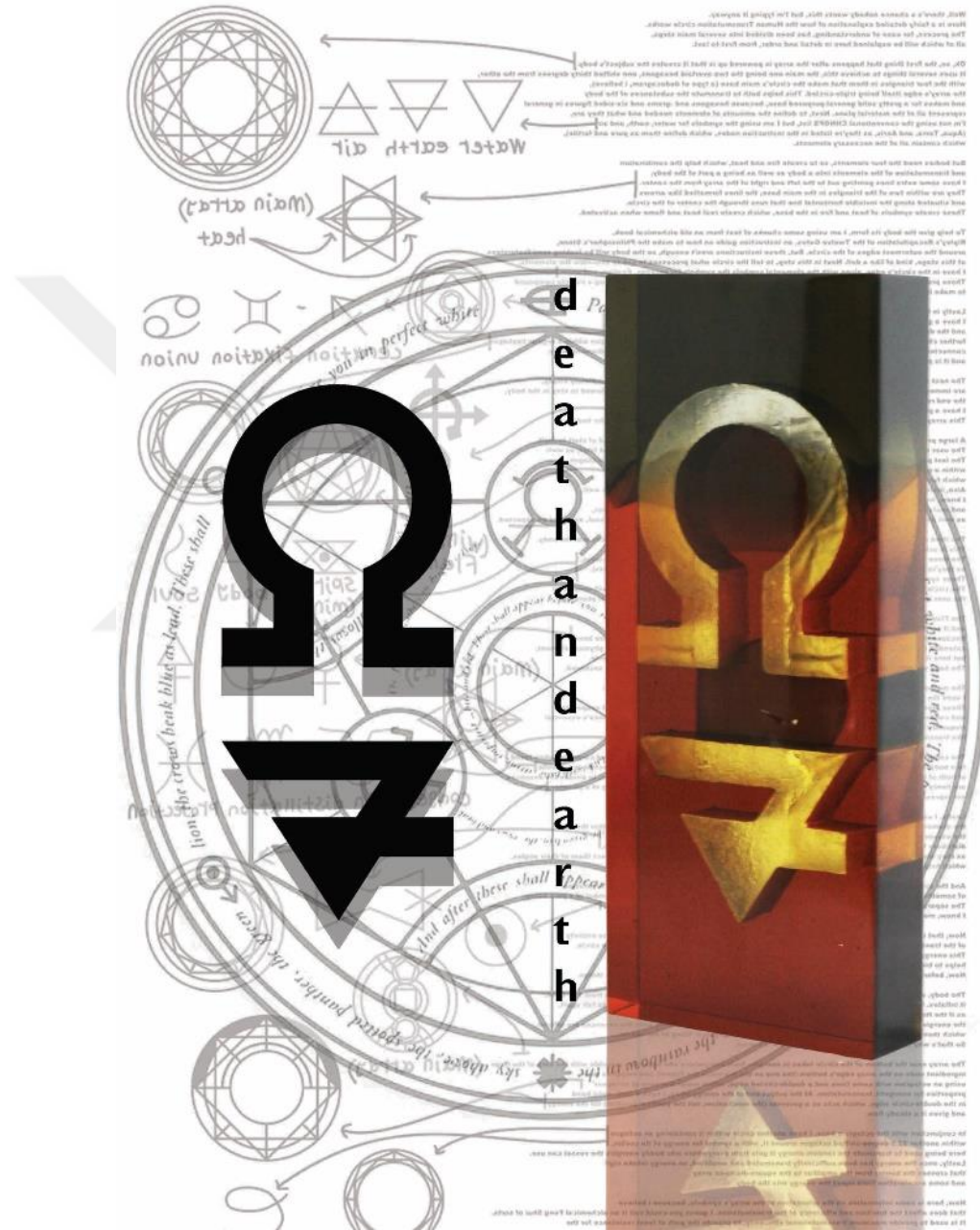
Görsel 3. 23. Life and Water isimli kişisel uygulama çalışması

30 x 12 x 5 cm

Murat Paktur fotoğraf arşivi

3.7.3. Death and Earth

Ölüm sembolü ve dört elementten biri olan toprak sembolü kullanılmış ve siyah rengin ölümü temsili, amber renginin ise toprağı temsil etmesiyle yaşamın ölümle son bulup toprak ile tekrar yaşam formuna dönüşmesi aktarılmıştır.



Görsel 3. 24. Death and Earth isimli kişisel uygulama çalışması

30 x 12 x 5 cm

Murat Paktur fotoğraf arşivi

3.7.4. Day and Night

Gece ve gündüz sembolleri ve dört elementten biri olan hava sembolü kullanılmış ve mavi rengin gündüzü, duman renginin ise geceyi temsil etmesiyle zamanın işleyişi aktarılmıştır.



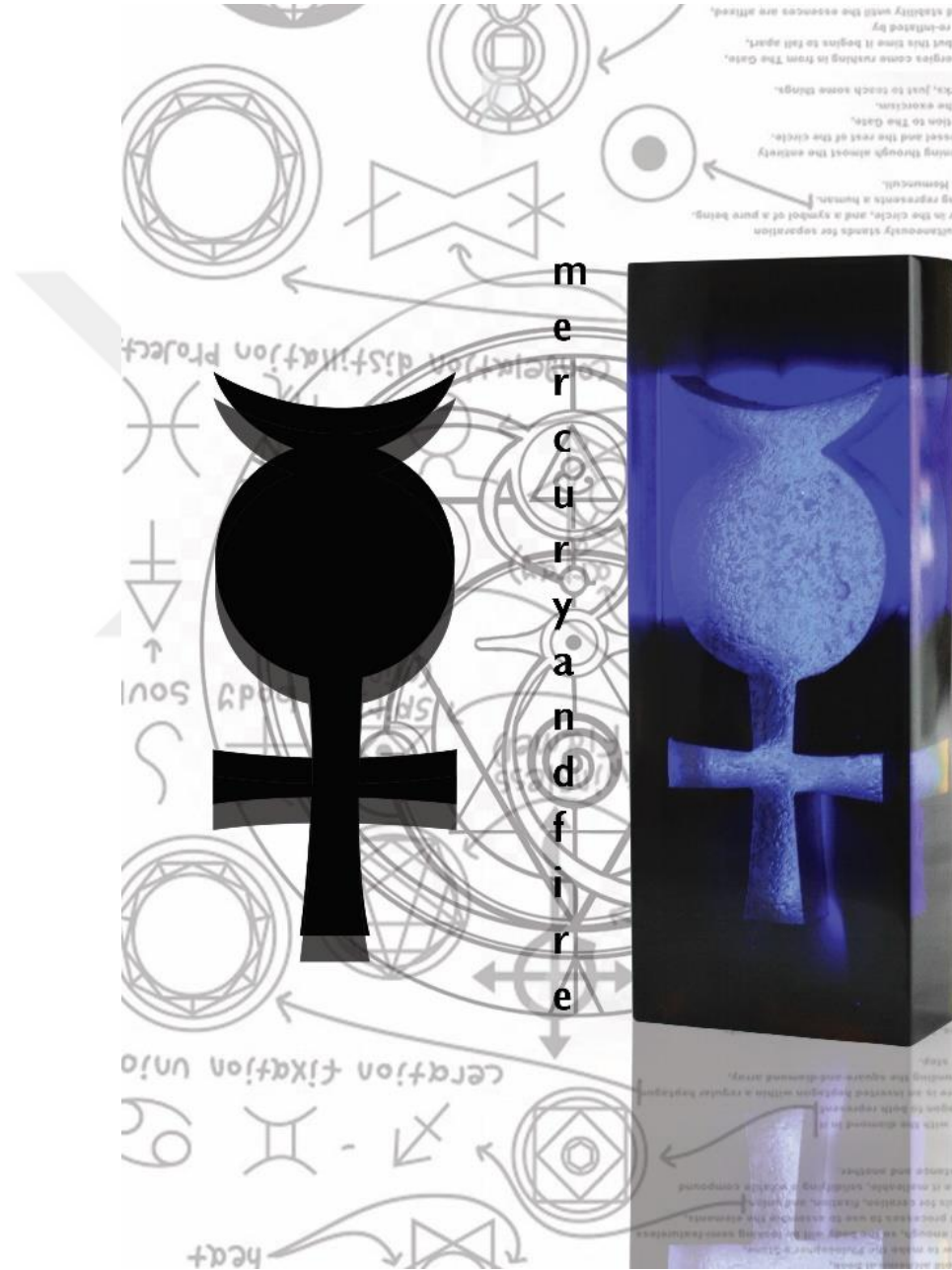
Görsel 3. 25. Day and Night isimli kişisel uygulama çalışması

30 x 12 x 5 cm

Murat Paktur fotoğraf arşivi

3.7.5. Mercury

Simya sanatında civanın yaşam formunu ve ruhu temsilinden dolayı civanın sembolü ve dört elementten biri olan ateş sembolü kullanılmış ve kobalt mavisi ile ruh, amber rengi ile de ateş tasvir edilerek simyanın işleyişi aktarılmıştır.



Görsel 3. 26. Mercury isimli kişisel uygulama çalışması

30 x 12 x 5 cm

Murat Paktur fotoğraf arşivi



Görsel 3.27. *Yaşam, zaman ve ölüm döngüsü* isimli kişisel uygulama çalışması

48 x 30 x 5 cm

Murat Paktur fotoğraf arşivi

Zaman değişir ve evren dönüşür. Zamanın yıkımıdır dönüştürmek, yok etmek. Zaman oldukça yaratıcıdır, durdurulamaz yaşamının sonsuzluğu benimsemiş coğrafyasında. Takastır bir nevi zamanla yapılan anlaşma, sunduğu değerle eşit değerde geri alışı.

SONUÇ

Tez kapsamında yapılan literatür taramalarında, cam sanatı alanında teknolojik ilerlemelerin cam eser üretiminde duyulan malzeme, yöntem, teçhizat gibi gereksinimlerin karşılanması ve cam sanatının hızla gelişmesini sağladığı görülmüştür.

Cam şekillendirme tekniklerinden biri olan fırın içerisinde kalıpta şekillendirme teknikleri kullanılarak oluşturulan eserlerde, malzeme çeşitliliğinin artmasıyla daha yaratıcı, daha estetik ve görsel etkileri daha güçlü eserler ortaya çıkarılmıştır. Bu kapsamda ele alınan fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirme tekniklerinde kullanılan cam türlerinin belirlenmesi ve Türkiye’de bu alanda kullanılan ve kolaylıkla ulaşılabilen cam türünün fiziksel ve kimyasal yapısı araştırılarak farklı etkilerde cam eserler üretilebilmesi için renklerin birlikte kullanılabilirliği test edilmiştir.

Fırın içerisinde kalıpta şekillendirme tekniklerinde kullanılan cam türlerinin araştırmalarında genel olarak kullanılan cam kompozisyonun kurşun camı yapısına yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bu yapıdaki cam türlerinin daha parlak, daha yumuşak, kristal ve optik etkilerinin daha yüksek olmasından dolayı tercih edildiği söylenebilir. Kurşun camı yapısındaki cam türleri sahip oldukları özelliklerinden dolayı sanatsal alanda eser üretimlerinin dışında da birçok alanda kullanılmaktadır. Cam sanatçıları tarafından tercih edilmesinin en önemli sebepleri arasında kolay işlenebilirlik, düşük çalışma ve tavlama sıcaklıkları, renk çeşitliliği ve uyumluluk (renklerin birlikte kullanılabilirliği) olduğu söylenebilir.

Tez çalışması sonucu elde edilen bulgular doğrultusunda, fırın içerisinde kalıpta şekillendirme tekniklerinde kullanılan cam türlerinin üretimlerini gerçekleştiren üreticilerin tek bir ortak nokta da çalışmalar yürüttüğü söylenebilmektedir. Üretimleri gerçekleştirilen renkli camların, uygulayıcıların talepleri doğrultusunda birlikte kullanılabilmelerini sağlamak amaçlı çalışmalar gerçekleştirilerek çoğu üreticinin birlikte kullanımlarında uyumluluk gösteren özelliklere sahip cam üretebildiği görülmüştür. Bazı üreticilerin sunduğu cam türleri birlikte kullanılabilirlik gösterse de her renk için bu durum geçerli olmamaktadır. Birlikte kullanımlarda uyumluluk gösteren cam türlerinin oluşturulması için diğer cam türlerine göre daha çok araştırma ve daha çok zaman gerektirdiğinden cam türleri arasında maliyet açısından da büyük farklar oluşmaktadır. Bu durum ise uygulayıcıları olumsuz etkileyerek eser üretimlerini gerçekleştirmeden önce bir seçim yapmak zorunda bırakmaktadır.

Fırın içerisinde kalıpta şekillendirme teknikleri için cam üreten markaların araştırılması sonrasında çoğunlukla Amerika ve Çek Cumhuriyeti'nde üretimlerini gerçekleştirdikleri görülmektedir. Bu durum cam türlerinin ulaşılabilir olmasını zorlaştırmakta ve çoğu uygulayıcı olumsuz etkilemektedir. Sürekli olarak üretim gerçekleştiren uygulayıcılar/sanatçılar için cam türlerinin sahip olduğu özelliklerin önemi kadar ulaşılabilirlik de büyük önem taşımaktadır. Günümüzde istenilen herhangi bir malzemenin elde edilebilmesi mümkün olsa da sürekli olarak ulaşılabilirlik daha fazla önem arz etmektedir. Çünkü, bir malzeme için ulaşılabilir olması, devamlı ve kolay tedarik edilebileceğini göstermektedir.

Tez çalışması sonucu uygulayıcılar/sanatçılar için istenilen özelliklere sahip fırın içerisinde kalıpta şekillendirmede kullanılan cam türlerinin ülkemizde çok kolay ulaşılabilir olmadığı gözlemlenmiştir. Ülkemizde kalıpta cam şekillendirme tekniklerinde kullanılan ve ulaşılabilir olan tek cam türü Çek Cumhuriyeti'nde üretimi gerçekleştirilen Geleneksel Çek Camı (Traditional Czech Glass)'dır. Kolay olarak tedarik edilebilmesinden dolayı ülkemizdeki cam sanatçıları, cam okulları, özel uygulayıcılar ve cam atölyeleri kalıpla şekillendirme teknikleri için eser üretmede Geleneksel Çek Cam'ını tercih etmektedir.

Geleneksel Çek Camının, sanatsal çalışmalar için üretilen diğer marka camlarla aynı özelliklere sahip olması, ulaşılabilir olması ve maliyet açısından diğer cam türleri ile aralarında oldukça fark olması onu Türkiye dışındaki cam sanatçılarının da genel olarak tercih ettiği bir cam türü olduğu düşünülmektedir. Geleneksel Çek Camı kalıpta şekillendirme için kullanılan diğer cam türlerinin özelliklerini taşısa da bir konuda onlardan ayrılmaktadır. Uyumluluk, Geleneksel Çek Camı kompozisyonu oluştururken dikkate alınan bir özellik olmadığını söyleyebiliriz. Bu durum, Geleneksel Çek Camının üretim amacının sanatsal malzeme olarak kullanımının dışında da seri üretim gerçekleştiren büyük ve küçük ölçekli fabrikalar için de düşük maliyetli cam olması olarak gösterilebilir.

Geleneksel Çek Camı denemelerinin gerçekleştirilmesinde belirlenen renkler, cam sanatı alanında eser üretiminde yaygın olarak tercih edilen renklere olmaktadır. Buradaki amaç tüm renklerin ve renk tonlarının birbirleri ile denemeleri gerçekleştirilip aralarındaki uyumu bularak bir çalışma oluşturmak değildir. Burada güdülen amaç Türkiye'de fırın içerisinde kalıpla şekillendirmede kullanılan kolay ulaşılabilir tek cam

türü olan Geleneksel Çek Camlarının birbirleri ile uyum sağlayıp sağlamadığının belirlenmesidir.

Araştırmalar sonucunda cam uyumluluklarını test etmenin çekme testi, çubuk testi ve fırın içerisinde kaynaştırma testi olarak üç farklı yoluna ulaşılmıştır. Çekme ve çubuk testi uygulanarak sadece cam yapısındaki genleşme katsayısının belirlenebilmesinden dolayı üçüncü test yöntemi ile denemelerin gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Cam uyumluluklarının kesin olarak belirlenebilmesi için termal genleşme katsayısının iki cam için de benzer yapıda olması camların tamamen uyumluluk göstereceği anlamını taşımamaktadır. Farklı cam türlerinin tamamen uyumluluk gösterebilmeleri için genleşme katsayısı, viskozite, tavlama aralıkları, yumuşama noktası ve gerilme noktaları gibi değerlerinin de benzer olmaları gerekmektedir. Bahsedilen özelliklerin iki cam için de çok farklı aralıklarda olmaları cam içerisinde gerilim oluşumuna neden olacağından sağlıklı bir kullanım türü olmayacaktır. Bu nedenle en sağlıklı ve en kesin sonuçların elde edilebileceği yöntem olan fırın içerisinde kaynaştırma yöntemi kullanılarak test işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Test işlemleri gerçekleştirilerek camlar Clear, R6000A, 6001, 6011, 7011, 1005, 5010, 2002, 3004 ve 4001 kodlu renklerden oluşmaktadır. Belirlenen on adet farklı rengin birlikte denenebilmeleri için 45 farklı renk varyasyonu oluşturulmuştur. Oluşturulan renk birleşim kodları aşağıdaki gibidir.

- Clear-1005, Clear-2002, Clear-3004, Clear-4001, Clear-5010, Clear-R600A, Clear-6001, Clear-6011, Clear-7011, 6001-3004, 6011-3004, R6000A-3004, 5010-3004, 7011-3004, 1005-3004, 2002-3004, 4001-3004, 6011-6001, R6000A-6001, 5010-6001, 7011-6001, 1005-6001, 2002-6001, 4001-6001, R6000A-6011, 5010-6011, 7011-6011, 1005-6011, 2002-6011, 4001-6011, 5010-R6000A, 7011- R6000A, 1005-R6000A, 2002- R6000A, 4001- R6000A, 7011-5010, 1005-5010, 2002-5010, 4001-5010, 1005-7011, 2002-7011, 4001-7011, 2002-1005, 4001-1005, 4001-2002

Belirlenen renk kodları sonrası istenilen boyutlarda cam parçaları kesilerek fırın içerisinde kaynaştırma işlemi yapılmıştır. Geleneksel Çek Camları için paylaşılan ergime derecesi kullanılarak, fırın birleştirme işlemi 850 °C’de gerçekleştirilmiştir. Camların tamamen homojen şekilde ergiyerek birleşme sağlanması için 850 °C ısıda 45 dakika

boyunca bekletilerek kaynaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaynaştırma işlemi sonrası camların tavlama aşaması öncesi fırın ısısı el ile hızlı bir şekilde tavlama derecesinin 120 santigrat derece üzerindeki bir sıcaklığa düşürülmüştür. Bu işlem cam yüzeyinde devitrifikasyonların ve cam yapısında kristalleşme oluşumunu önlemek için gerçekleştirilmiştir.

Tavlama sürecinde kullanılan ısı değerleri Geleneksel Çek Camları için önerilen tavlama sıcaklığı, yumuşama sıcaklığı ve gerilme noktası dikkate alınarak oluşturulmuştur. Burada uygulanan tavlama işleminin doğru gerçekleştirilmesi, uyumluluğun kesin olarak sonuçlandırılabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Cam içerisinde gerilim oluşumuna sadece uyumsuzluk neden olmamaktadır. Tavlama hatalarından kaynaklı olarak cam içerisinde yüksek oranlarda stres oluşumu gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle tavlama işleminin doğru yapılmaması cam içerisinde sıcaklık değişimi nedeniyle büzülme ve genleşme kaynaklı olarak gerilim oluşumuna neden olacaktır. Kaynaştırma işlemi sonrası polariskop kontrolleri gerçekleştirilecek deneme camlarında gerilim oluşumuna rastlanması uyumsuzluk veya yanlış tavlama kaynaklı olup olmadığı tespit edilemeyeceğinden tavlama işleminin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Tavlama programı oluşturulurken fırın yapısı ve ısıtma elemanlarının da dikkate alınarak gerçekleştirilmesi olası durumları önleyecektir.

Tavlama sonrası oda sıcaklığına soğutulan deneme camlarının polariskop testleri gerçekleştirilerek elde edilen bulgular doğrultusunda test sonuçları uyumlu grup, kabul edilebilir derecede stres içeren grup ve uyumsuz grup olarak üç farklı gruba ayrılmıştır.

Beklenildiği üzere bazı cam denemeleri fırın içerisinden çıkarıldıklarında bünyelerinde çatlak oluşumları gözlemlenmiş hatta kırılmalar gerçekleşmiştir. Bu durum genel olarak Clear (şeffaf) kodlu cam ile birleştirilen test camlarında gerçekleşmiştir. Fırın içerisinde herhangi bir fiziksel etkiye veya termal şoka maruz kalmadıkları halde çatlak oluşumlarının gerçekleşmesi iki camın da fiziksel özelliklerinin çok farklı olduğunu göstermektedir.

Cam bünyesinde bulunan gerilim seviyeleri düşük gerilim (low strain) ve yüksek gerilim (high stres) olarak tanımlanmıştır. Cam bünyesinde düşük oranda bulunan gerilim camın termal şoka veya aşırı mekanik etkiye maruz kalmadığı sürece camda herhangi bir çatlak oluşumuna veya kırılmaya yol açmamaktadır. Bu nedenle polariskop kontrollerinde bazı test camlarında bünyesinde düşük gerilim oluşumuna rastlanan camlar

kabul edilebilir düzeyde gerilim içeren camlar olarak belirlenmiştir. Bu gruptaki camların riskli olduğu unutulmamalı, büyük boyutlu çalışma yapımında kullanımlarında çok yavaş fırın diyagramları tercih edilmelidir.

Denemeler sonrası bazı test camlarının birbirleri ile tamamen uyumluluk gösterdikleri tespit edilmiştir. Polariskop kontrollerinde ise herhangi bir gerilim oluşumuna rastlanmamıştır. Bu gruptaki camlar küçük ve büyük boyutlu çalışmaların yapımında kullanımlarında uyumsuzluktan kaynaklı olarak cam bünyesinde gerilim oluşumuna, çatlaklara veya kırılmalara sebebiyet vermeyecektir. Fakat daha önce de bahsedildiği gibi cam içerisinde gerilim oluşumu sadece uyumsuzluktan kaynaklı olarak gerçekleşmemektedir. Camın doğru tavlanamaması, termal şoka maruz kalması da camda gerilim oluşumuna neden olacaktır.

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda uyumlulukları bilinmeyen renklerin birlikte kullanımları test edilerek olumlu sonuçlara ulaşılmış ve renklerin birlikte kullanılabilirliği ispatlanmıştır. Ayrıca farklı renklere sahip camların birlikte kullanımlarında uyumluluk gösterdiği renkler ile sanatsal cam eserler başarıyla üretilmiştir.

Bu araştırmada denemesi gerçekleştirilmemiş fakat birlikte kullanılmak istenen farklı renklerin testleri bu tez çalışmasındaki gibi gerçekleştirilerek elde edilen uyumlu renkler çoğaltılarak renk çeşitliliği oluşturulabilir. Bu bağlamda yapılan araştırma, fırın içerisinde kalıpta cam şekillendirmede eser üreten sanatçılar için çalışmalarındaki renk kısıtlamalarını ortadan kaldırarak yerel bağlamda maliyet açısından oldukça uygun ve kolay ulaşılabilir cam türünün kullanılabilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Ağatekin, M. Cam Ders Notları

Aydın, M. (2016). Cam Sanatında Fırında Cam Biçimlendirme Yöntemlerinde Kullanılan Refrakter Kalıp Karışımları ve Cama Etkileri Yüksek Lisans Tezi Eskişehir Anadolu Üniversitesi

Aydın, M, Ağatekin, M. (2010). Plastik Sanatlarda Cam ve Tarihsel Gelişimi.

Camgeran 2010 Uluslararası Katılımlı Uygulamalı Cam Sempozyumu, 51-58.

Baker, H. W. (2010). *Kiln Forming Glass*. Marlborough, Wiltshire: The Crowood Press Ltd.

Beveridge, P. (2005) *Warm Glass* Published by Lark Books, a division of Sterling Publishing Co., Inc. New York.

Brachlow, H. (2012), *Shaping Colour: Density, Light and Form in Solid Glass Sculpture* A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of the Royal College of Art for the degree of Doctor of Philosophy

Culler R. (2010). *Glass Art From The Kiln*, Published by Schiffer Publishing Ltd.

Cummings, K. (2001). *Techniques of Kiln-formed Glass*. Philadelphia: A & C Black.

Cummings, K. (1995). *Techniques of Kiln-formed Glass* Published by A&C Black Limited in Philadelphia

Halem, H. (1996). *Glass Notes : A reference for the glass artist*, 3rd Edition. Franklin Mills Press. Kent, Ohio

Karasu, B. ve Ay, N. (2000). *Cam Teknolojisi* Milli Eğitim Basımevi Ankara

Kervin, J and Fanton, D. (2000). *Pate De Verre And Kiln Casting Of Glass* Published by Glass Wear Studios Livermore California

Kohler, L. (1998). *Glass An Artist's Medium*. Iola: Krause Publications.

Lundstrom, B. (1983). *Glass Casting and Moldmaking Glass Fusing Book Three* Published by Viterous Group/Camp Colton. Printed in Canada

Küçükerman, Ö. (1985). *Cam Sanatı ve Geleneksel Türk Camcılığından Örnekler*. Ankara: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Lundstrom, B. (1983) *Advanced Fusing Techniques* Published by Vitreous Publications

- Özgümüş, Ü. C. (2013). Çağlar Boyu Cam Tasarımı, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul
- Schmuck, J. (2009) The Joy of Coldworking, Four Corners International, Clemmons, NC
- Sopcak, J. E. (1986). *Handbook of Lost Wax Investment Casting*. CA: Gem Guides Book Company.
- Stone, G. (2000). Firing Schedules for Glass (The Kiln Companion)
- Stone, G. (2010). *Firing Schedules for Glass The Kiln Companion*. Melbourne: Igneous Glassworks.
- Sümer, G. (2002). Seramik Fırınları Ak-Ofset Eskişehir
- Thwaites, A. (2011). Mould Making For Glass (Glass Handbook), A&C Black Publishers, London
- Watkins-Baker, H. (2010) Kiln Forming Glass Published by The Crowood Press Ltd. Rumbury, Marlborough.

İnternet Kaynakları

- http://www.gafferglassusa.com/index.php?route=technical/technical&technical_id=8 (Erişim tarihi: 20.02.2019)
- <http://www.bullseyeglass.com/history.html> (Erişim tarihi: 22.02.2019)
- <https://www.banasglass.com/cs/technicke-informace/> (Erişim tarihi: 22.02.2019)
- <https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/casting-glass> Erişim tarihi: 25.02.2019
- <https://preciosa-ornela.com/en/products/glass/liba-colors-96> Erişim tarihi: 25.02.2019
- <http://www.uroboros.com/about.php> (Erişim tarihi 27.02.2019)
- <https://system96.com/about-us/system-96/> (Erişim tarihi 28.02.2019)
- <http://www.santoku-kogyo.co.jp/product/index01.html> (Erişim Tarihi: 02.03.2019)
- <http://www.nortelglass.com/polariscopes.shtml> (Erişim tarihi: 12.03.2019)
- <http://www.davebross.com/GlassTech/glasscompatibility.html> (Erişim tarihi 12.03.2019)

<http://www.davebross.com/GlassTech/glasscompatibility.html> (Erişim tarihi: 12.03.2019)

<http://www.nortelglass.com/polariscopes.shtml> (Erişim tarihi: 15.03.2019)

<https://www.sculpturehouse.com/s-99-plastilina.aspx> (Erişim tarihi: 15.05.2019)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Plasticine> (Erişim tarihi: 15.05.2019)



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Murat Paktur

Yabancı Dil : İngilizce

Doğum Yeri ve Yılı : Nazilli/1987

E-Posta : mpaktur@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2017 – 2018 Cam Atölyeleri Kurulum Danışmanlığı ve Eğitimci – Ankara
- 2015 – 2017 Cam ve Cam Sanatı Eğitimci – Ankara
- 2014 – 2015 Sıcak Cam Atölyesi - Eskişehir
- 2009-2013 Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Cam Bölümü

Katıldığı Sergiler:

- 71. Devlet Resim Heykel Yarışması- Ankara (2012)
- Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Karma Sergisi (2012)
- 5. Uluslararası Ege Art Sanat Günleri Karma Sergisi- İzmir (2013)
- Çağdaş Sanatlar Müzesi Karma Sergisi- Eskişehir (2013)
- 7. Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu Sergisi - Eskişehir (2014)
- Uluslararası Akdeniz İzlenimleri Türk Camı Sergisi - İsveç (2014)
- Kaleydeskop Karma Cam Sergisi Bodrum (2014)
- Yüksek Tansiyon Karma Cam Sergisi - Ankara (2015)
- Uluslararası Şişecam Cam Sergisi - İstanbul (2017)
- Bazaart Yeniköy Rotary Sanat Yarışması ve Sergisi (2018)
- Milano Design Week Fair Art Exhibition - İtalya (2018)
- Fragile Karma Cam Sergisi – Nextart Ankara (2019)
- Denizli Cam Bienali Karma Cam Sergisi - Denizli (2019)