

**CAM SANATINDA
FIRINDA CAM BIÇİMLENDİRME
YÖNTEMLERİNDE KULLANILAN REFRAKTER
KALIP KARIŞIMLARI VE CAMA ETKİLERİ**

Mehmet Aydın

Yüksek Lisans Tezi

Cam Anasanat Dalı

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü

Temmuz 2016

**CAM SANATINDA
FIRINDA CAM BİÇİMLENDİRME YÖNTEMLERİNDE KULLANILAN
REFRAKTER KALIP KARIŞIMLARI VE CAMA ETKİLERİ**

Mehmet AYDIN

YÜKSEK LİSANS
Cam Anasanat Dalı
Danışman: Prof. Mustafa AĞATEKİN

Eskişehir
Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü
Temmuz 2016

ÖZET

CAM SANATINDA FIRINDA CAM BİÇİMLENDİRME YÖNTEMLERİNDE KULLANILAN REFRAKTER KALIP KARIŞIMLARI VE CAMA ETKİLERİ

Mehmet AYDIN

Cam Anasanat Dalı

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Temmuz 2016

Danışman: Prof. Mustafa AĞATEKİN

Cam dünyanın varoluşundan bu yana doğada bulunan bir malzemedir. İnsan yaşamında günlük hayattan ileri teknoloji malzemelerine kadar önemli bir yer tutmakta ve kullanılmaktadır.

Bu araştırmada camın tanım ve tarihçesine değinilmiş, fırında cam biçimlendirme yöntemleri ve bu yöntemlerde kullanılan refrakter kalıp karışımları ele alınmıştır. Camın sanatsal bir malzeme olarak kullanımına ilişkin gelişmelere katkı sağlamak adına yerel ölçekte kolaylıkla bulunabilen malzeme denemeleri ve cama etkileri incelenmiştir. Araştırmanın temel amacı; yerel ölçekte kolaylıkla ulaşılabilen malzemelerle refrakter kalıp karışımları üretmek ve bu karışımların cam formlardaki etkilerini gözlemlemektir. Bu bağlamda bağlayıcı olarak alçı, ana refrakter olarak kuvarsın kullanıldığı karışımlara farklı malzemeler ilave edilerek denemeler yapılmış ve sonuçları gözlemlenmiştir. Ayrıca koloidal silikanın ana refrakter olarak kullanımı da araştırılmıştır.

Araştırmanın birinci bölümünde camın tanımı ve tarihsel sürecine değinilmiştir. Tarihsel süreç, Endüstri Devrimi ve etkileriyle ilişkilendirilerek, Endüstri Devrimi öncesi ve sonrası ayrı ayrı farklı başlıklarda ele alınarak irdelenmiştir. Endüstri Devriminin de getirisiyle gelişen sanat akımlarına ve sanatsal hareketlere de yer verilmiş, camın sanatsal gelişimi incelenmiştir. İkinci bölümde; "Fırında Cam Biçimlendirme Yöntemleri" başlığı altında uygulama aşamasında refrakter kalıp karışımlarının kullanıldığı teknikler, bu tekniklerde kullanılan model, modelleme, kalıp ve kalıplama sistemleri incelenmiştir.

Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde ısıya dayanıklı yani refrakter kalıp karışımları kullanılmaktadır. Üçüncü bölümde refrakter kalıp karışımlarında kullanılan malzemeler ve nitelikleri, dördüncü bölümde ise bu malzemelerle hazırlanan reçete örneklerine yer verilmiştir. Ayrıca bu bölümde sonuçlar ve kişisel uygulamalar paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Cam, Fırında Cam Biçimlendirme Yöntemleri, Refrakter, Kalıp, Refrakter Kalıp Karışımları

ABSTRACT

REFRACTORY MOULD MIX USED IN KILN FORMING GLASS METHODS AND IT'S EFFECTS OF GLASS IN THE GLASS ART

Mehmet AYDIN

Master of Art Thesis in Glass Arts

Anadolu University Post Graduate School of Fine Arts, July 2016

Adviser: Prof. Mustafa AĞATEKİN

Glass is a material that has been a part of nature since the formation of Earth. It has been used and continues to hold a place in a various areas of human life from daily use to high technology.

In this study, the definition and the history of glass mentioned, methods of kiln forming and the refractory mold mixes used in these methods are discussed. Experiments with easily accessible local materials and their effects on glass is examined to contribute the development of glass use as an art material. The main purpose of the study is producing refractory mold mixes with easily accessible local materials and observing their effects on glass forms. In this context, mixtures that use plaster used as a binder and quartz as the main refractory are added various materials to experiment with and observed the resulting effects. Experiments on colloidal silica as the main refractory are observed alongside.

In the first chapter, the definition of glass and historical process is recounted. Historical process is associated with industrial revolution and its effects and divided into two chapters as pre and post industrial revolution. Development of art movements as an effect of the industrial revolution and glass as an art form is analyzed. In the second chapter, techniques of refractory mold mixes used in the application phase and the models, molds and, systems of modelling, molding used in these techniques are examined under the title "Methods of Kiln Forming Glass".

Refractory mold mixtures, meaning heat resistant, are used in the methods of glass forming in kilns. In the third chapter, materials used in the refractory mold mixtures and their properties are documented. In the fourth chapter, recipe examples that uses the materials mentioned are transcribed. The Results and the personal applications are shared furthermore in this chapter.

Keywords

Glass, Methods of Kiln Forming Glass, Refractory, Mold, Refractory Mold Mixes

11.07.2016

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

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

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

Mehmet AYDIN

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Mehmet AYDIN'ın "**Cam Sanatında Fırında Cam Biçimlendirme Yöntemlerinde Kullanılan Refrakter Kalıp Karışımları ve Cama Etkileri**" başlıklı tezi **11 Temmuz 2016** 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) : Prof. Mustafa AĞATEKİN
Üye : Doç. Kadir SEVİM
Üye : Yrd. Doç. Göktuğ GÜNKAYA

Prof. Sıdika Sibel SEVİM
Anadolu Üniversitesi
Güzel Sanatlar Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

“Cam Sanatında Fırında Cam Biçimlendirme Yöntemlerinde Kullanılan Refrakter Kalıp Karışımları ve Cama Etkileri” adlı yüksek lisans tez çalışması süresince her konuda bilgi ve destek veren tez danışmanım Prof. Mustafa Ağatekin’e teşekkür ediyorum.

Bu çalışmanın tamamlanması esnasında sağlamış oldukları destek, sanatsal ve teknik anlamda verdikleri bilgi ve katkılarından dolayı Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Dekanı Prof. Emel Şölenay’a, Yard. Doç. Gökтуğ Günkaya başta olmak üzere bölüm hocalarımıza, tüm okul ve bölüm çalışanlarımıza teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca desteklerini benden esirgemeyen, Duygu Kahraman, Onur Kuran, Ali Cihan Kayalıoğlu, Mustafa Çobancı ve tüm arkadaşlarıma, malzeme temini konusunda yardımcı olan ve bilgilerini paylaşan, Tülin Yiğit Akgül, Reşat Yusuf oğlu, Hilal Uzun ve Gizem Sert’e katkılarından dolayı teşekkür ediyorum.

Tez çalışması süresince her türlü desteği veren, her zaman yanımda olan başta annem olmak üzere tüm aileme teşekkür ediyorum.

Mehmet AYDIN

- 12) Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Cam Bölümü Cam Sergisi, 13 Nisan - 7 Mayıs, T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi Çağdaş Sanat Atölyesi, İstanbul, 2010
- 13) Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Öğretim Elemanları Karma Sergisi, 06-17 Nisan, İzmir Devlet Güzel Sanatlar Galerisi, İzmir, 2010
- 14) Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Öğretim Elemanları Karma Sergisi, Neo, Eskişehir, 24/01/2009
- 15) 3. Egeart Sanat Günleri Sergisi, 11-15 Aralık, Ege Üniversitesi A.K.M., İzmir, 2009
- 16) Artforum Ankara 5. Sanat Fuarı 18-22 Kasım, A.K.M. Ankara, 2009
- 17) Seres2009 Uluslararası Seramik ve Cam Sergisi, 12-17 Ekim, Anadolu Üniversitesi Kütüphane Sergi Salonu, Eskişehir, (Jürili Sergi), 2009
- 18) ISCAEE (Uluslararası Seramik Sanatı Eğitim ve Değişim Topluluğu) Sempozyumu Seramik Sergisi, 24 Nisan- 1 Mayıs, Kore, 2009
- 19) Cam Bölümü Öğretim Elemanları "Karma Cam Sergisi" 4-21 Mayıs, Anadolu Üniversitesi Kütüphane Sergi Salonu, Eskişehir, 2009
- 20) "Anadoludan Yansımalar" Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Öğretim Elemanları Karma Sergisi, Anadolu Üniversitesi Kütüphane Sergi Salonu, Eskişehir, 17/06/2008
- 21) Anadolu Üniversitesi, Muammer Çakı 2008 Uluslararası Seramik Yarışması Sergisi, Anadolu Üniversitesi Kütüphane Sergi Salonu, Eskişehir, (Jürili Yarışma Sergisi), 2008
- 22) Eskişehir Sanat Derneği 12. Karma Resim Heykel Sergisi, 7-14 Eylül Turgut Özakman Sergi Salonu, Eskişehir, 07/09/2007
- 23) "Los Habitros Dela Ceniza" Uluslararası Karma Seramik Sergisi, San Agustin Sanat Merkezi, Oaxaca/Meksika, 07/10/2006
- 24) İzmir Resim ve Heykel Müzesi, İzmir Rotary Klubü 9. Altın Testi Seramik Yarışması Sergisi, 2-14 Mayıs İzmir, (Jürili Yarışma Sergisi), 02/05/2006
- 25) Karma Enstalasyon Sergisi, Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Galeri S, Eskişehir, 2006
- 26) 7. Uluslararası Seramik Eğitimi Değişim Programı ve Sempozyumu, Karma Seramik Sergisi, 20 Ekim- 30 Kasım, Queretaro, Meksika, 20/10/2005
- 27) Ankara Sanat Fuarı, Karma Seramik Sergisi, Ankara, 2005
- 28) TÜYAP Sanat Fuarı, Karma Seramik Sergisi, İstanbul, 2005

Diğer Sanatsal Etkinlikler

- 1) SERES 2014 3. Uluslararası Seramik ve Cam Sergisi, Çalışma Komitesi, 15/10/2014
- 2) SERES 2014 -40x40x40 Uluslararası Seramik ve Cam Sergisi, Sergi Düzenleme Kurulu, 15/10/2014
- 3) Denizli Cam Festivali, Denizli, 08/05/2011
- 4) CAMGERAN2010 Uluslararası Katılımlı Uygulamalı Cam Sempozyumu, 11-21 Ekim, Eskişehir,, 11/10/2010
- 5) İMECE2009 Uluslararası Katılımlı Güzel Sanatlar ve Tasarım Sempozyumu, 21-23 Ekim, Eskişehir, 18/10/2009
- 6) ISCAEE (Uluslararası Seramik Sanatı Eğitim ve Değişim Topluluğu) Sempozyumu, Kore, 24/04/2009
- 7) 7. Uluslararası Seramik Değişimi Programı ve Sempozyumu, Queretaro, Meksika, 2005
- 8) 6. Uluslararası Seramik Değişimi Programı ve Sempozyumu, Eskişehir, 2004

Ulusal ve Uluslararası Projeler

- 1) "Geleneksel Çeşm-i Bülbül Tekniğinin Çağdaş Cam Sanatı ve Tasarım Uygulamalarında Yeniden Ele Alınarak Değerlendirilmesi" Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi. 1001E39 2010-2013

Başarı ve Ödüller

- 1) 2011 Anadolu Üniversitesi Sanat Teşvik Ödülü Eskişehir, 13/10/2011
- 2) CAMGERAN2010 Uluslararası Katılımlı Uygulamalı Cam Sempozyumu Cam Eser Yarışması Jüri Özel Ödülü, 17 Eylül, Eskişehir., 17/09/2010
- 3) CAMGERAN2010 Uluslararası Katılımlı Uygulamalı Cam Sempozyumu Cam Eser Yarışması Başarı Ödülü, 17 Eylül, Eskişehir., 17/09/2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	v
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	vii
ETİK İLKE BEYANNAMESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZGEÇMİŞ	x
TABLolar LİSTESİ	xviii
GÖRSELLER LİSTESİ	xix
GİRİŞ	1
1. PROBLEM	1
2. AMAÇ	1
3. ÖNEM	2
4. VARSAYIMLAR	2
5. SINIRLIKLAR	2
6. TANIMLAR	3
7. YÖNTEM	6

BİRİNCİ BÖLÜM

CAMIN TANIMI VE TARİHSEL SÜREÇTEKİ GELİŞİMİ

1. CAMIN TANIMI	7
2. TARİHSEL SÜREÇTE CAMIN GELİŞİMİ	9
2.1. BULUNUŞUNDAN ENDÜSTRİ DEVRİMİNE CAMIN GELİŞİMİ	10
2.2. ENDÜSTRİ DEVRİMİ VE SONRASINDA CAMIN GELİŞİMİ	17

İKİNCİ BÖLÜM

FIRINDA CAM BİÇİMLENDİRME YÖNTEMLERİ

1. TANIM VE SINIRLILIKLAR	29
2. KULLANILAN MALZEMELER	30
2.1. MODEL MALZEMELERİ VE TÜRLERİ	30
2.1.1. İki Boyutlu Modeller ve Malzemeleri	32
2.1.2. Üç Boyutlu, Çok Yönlü Çıkma Açısına Sahip Modeller ve Malzemeleri	34
2.2. KALIPLAR VE TÜRLERİ	39
2.2.1. Açık Kalıplar	39
2.2.2. Çok Parçalı Kalıplar	41
2.2.3. Çift Cidarlı Kalıplar	44
2.2.3.1. Sabit Maçalı Kalıplar	45
2.2.3.2. Hareketli Maçalı Kalıplar	47
2.2.4. Tek Parça Kalıplar (Dolu Döküm, Üç Boyutlu Formların Kalıpları)	49
2.2.4.1 Lost Wax (Kayıp Mum) Tekniği	49
3. FIRINDA CAM BİÇİMLENDİRME TEKNİKLERİ	54
3.1. KALIPLA BİÇİMLENDİRME TEKNİKLERİ	55
3.1.1. Pate De Verre Tekniği	56
3.1.2. Potalı Akıtma Döküm (Drip Casting) Tekniği	63
3.1.3. Füzyon Tekniği	64
3.1.3.1. Yarı Füzyon Tekniği	65
3.1.3.2. Tam Füzyon Tekniği	65
3.1.3.2.1. Füzyon Döküm (Fuse Casting) Tekniği	65
3.1.3.2.2. Frit Döküm (Frit Casting) Tekniği	66
3.1.4. Sıcak Cam Döküm Tekniği	72
3.2. Yardımcı Malzemelerle Biçimlendirme Teknikleri	73

3.2.1. Çöktürme (Slumping) Tekniği.....	73
3.2.2. Kuma Döküm Tekniği.....	75

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

REFRAKTER KALIP KARIŞIMLARI

1. REFRAKTER MALZEMELER.....	77
1.1. REFRAKTER MALZEMELERİN GENEL ÖZELLİKLERİ	77
2. REFRAKTER KALIP KARIŞIMLARINDA KULLANILAN MALZEMELER	79
2.1. BAĞLAYICILAR.....	80
2.1.1. Alçılar ve Alçıtaşı Çimentoları	81
2.1.2. Çimentolar	84
2.2. REFRAKTERLER	86
2.2.1. Silikalar	87
2.2.2. Alümina (Sulu).....	88
2.2.3. Zirkonya	89
2.2.4. Olivin Kumu	89
2.2.5. Yüksek Oranda Alümina ve Silika İçeren Killer	89
2.2.6. HTI (Yüksek Sıcaklık Yalıtım Refrakteri)	90
2.3. DÜZENLEYİCİLER.....	90
2.3.1. Vermikülit.....	90
2.3.2. Perlit.....	90
2.3.3. Şamot (Grog)	91
2.3.4. Ludo	91
2.3.5. Organik Malzemeler	91
2.3.6. Kaolen	92
2.3.7. Talk Pudrası.....	92
2.3.8. Fiberler (Elyaf lar).....	92

3. REFRAKTER KALIP VE KARIŞIM HAZIRLAMA SÜRECİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN NOKTALAR	93
--	----

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

REFRAKTER KALIP REÇETELERİ VE KİŞİSEL UYGULAMALAR

1. REFRAKTER KALIP KARIŞIMI REÇETE ÖRNEKLERİ.....	97
2. KİŞİSEL UYGULAMALAR.....	100
2.1. MODEL ÜRETİMİ	100
2.2. FIRIN DİYAGRAMININ BELİRLENMESİ.....	102
2.3. MALZEME DENEMELERİ	111
2.3.1. Kaolen Denemeleri	111
2.3.2. Talk Pudrası Denemeleri.....	114
2.3.3. Ludo Denemeleri	115
2.3.4. Şamot Denemeleri	117
2.3.5. Ceraboard 100 Denemeleri	118
2.3.6. Olivin Kumu Denemeleri	119
2.3.7. Kolloidal Silika Denemeleri.....	120
2.3.8. Ana Refrakter Olarak Kolloidal Silika Denemeleri.....	121
SONUÇ	124
KAYNAKÇA.....	128

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Cam tarihindeki önemli gelişmelerin özetinin gösterildiği kronolojik cetvel.....24

Kaynak: Stone, 2000: 2.6-2.9.

Tablo 2. Bazı camların oda sıcaklığındaki yoğunluk değerleri.....68

Kaynak: Karasu ve Ay, 2000: 91.

Tablo 3. Sıklıkla kullanılan refrakter malzemeler79

Kaynak: Lundstrom, 1989: 45.

Tablo 4. Bazı bağlayıcı malzemelerin bozulma sıcaklık değerleri.....81

Kaynak: Kervin ve Fenton, 2000: 74.

Tablo 5. Tipik alçıtaşı çimentolarının ve alçıların özellikleri84

Kaynak: Kervin ve Fenton, 2000: 75.

Tablo 6. Su oranının, alçının bazı özelliklerine etkisi.....85

Kaynak: Kervin ve Fenton, 2000: 76.

GÖRSELLER LİSTESİ

Görsel 1. Obsidiyen10

Kaynak: <http://www.jeogenc.net/obsidyen-ve-ozellikleri.html> (Erişim tarihi: 27.08.2015)

Görsel 2. Dağ Kristali.....10

Kaynak: https://tr.wikipedia.org/wiki/Kuvars#/media/File:Quartz_oisan.jpg (Erişim tarihi: 13.06.2016)

Görsel 3. Lechatelierite.....11

Kaynak: <http://www.mindat.org/g/292> (Erişim tarihi: 13.06.2016)

Görsel 4. Pumice11

Kaynak: <http://www.sci.ccny.cuny.edu/~mcesaire/Pumice.jpg> (Erişim tarihi: 27.08.2015)

Görsel 5. İç kalıp yöntemiyle M.Ö. 1-3 yüzyıl arasında üretilmiş cam ürünler.....14

Kaynak: Küçükerman, 1998: 20.

Görsel 6. Açık Kalıp.....40

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 7. Açık kalıp modelinin zemine yerleştirilerek kalıp kurgusunun hazırlanması - Refrakter karışımının model üzerine dökülmesi - Modelin kalıptan çıkarılma süreci41

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 8. Yumuşak plastik plakaların yerleştirilmesi, 1. ve 2. parça için model yüzeyinin refrakter karışım ile kaplanması, model çıkarılmış kalıp parçaları44

Kaynak: Duygu Kahraman

Görsel 9. Kalıp parçalarının birleştirilerek tel ile sarılması ve sıkıştırılması, kalıp parçalarının forma uygun şekilde refrakter karışım ile sıvanması, çift parçalı kalıptan oluşturulan tek parça kalıp, kalıbın fırına yerleştirilmesi44

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 10. Mum model, döküm ağız parçasının modele eklenmesi, model çevresine kümes telinden kafes oluşturulması, modelin refrakter kalıp karışımıyla kaplanması ...46

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 11. Mumun, buhar yoluyla kalıptan boşaltılması, sabit maçalı kalıp ve kesiti ...46

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 12. Sabit maçalı kalıp uygulaması örneği46

Kaynak: Thwaites 2011: 81.

Görsel 13. İlker Yaman'a ait sabit maçalı kalıp kullanılarak yapılan cam eser.....47

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 14. Cam yüklemesi yapılmış ve üst parçası yerleştirilmiş hareketli maçalı kalıp48

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 15. Kalıbın açılma aşaması52

Kaynak: Lundstrom, 1989: 21.

Görsel 16. İlker Yaman'a ait silikon kalıpla şekillendirilmiş mum model, hava tahliye kanalları oluşturulması53

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 17. İlker Yaman'a ait alçı ceket kalıplı silikon kalıp ve modeli54

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 18. Autumn Series, Penny Fuller, 2004, Pate de Verre - Goddess, Gayle Mathias, 1992, Pate de Verre, Detay.....58

Kaynak: Cummings, çeviri, 2011: 120-110.

Görsel 19. Cam paketlemesi yapılmış iç ve dış kalıp parçası ve fırına yerleştirilmesi .63

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 20. Cam yüklemesi yapılmış pota (Pota şamotlu çamurdan üretilmiştir)64

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 21. Intentionally Random Line Study 7.01.2006. (Red and Light Blue), Sean Albert, 2006. Fırında biçimlendirilmiş cam,34x28.5x6 cm66

Kaynak: Cummings, çeviri, 2011: 112.

Görsel 22. Large frog paperweight, Almaric Walter, 1920.....67

Kaynak: Cummings, çeviri, 2011: 30.

Görsel 23. Gerekli cam miktarının hesaplanması70

Kaynak:

https://www.bullseyeglass.com/images/stories/bullseye/PDF/TipSheets/tipsheet_08.pdf
(Erişim tarihi: 16.09.2015)

Görsel 24. Gerekli cam miktarının bulunması71

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 25. Fırında Sıcak Cam Döküm Süreci73

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 26. Çöktürme-Sarkıtma-Kalıba Çöktürme.....74

Kaynak: Lundstrom, 1983: 85.

Görsel 27. Modelin kum yatağına bastırılarak, kenarlarının sıkılaştırılması, kum kalıbın karbonlanması ve sıcak cam dökümü.....76

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 28. Karbondioksit Gazı Kum Sertleştirme Aparatı.....76

Kaynak: Halem, 1996: 54.

Görsel 29. Strafor Model – Silikon Kalıp – Mum Model (Döküm Ağızlı).....101

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 30. 75°C -85°C -95°C'lerde dökülmüş mum modeller..... 101

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 31. Fırın Diyagramı I, 689°C - 850°C Kontrolleri..... 106

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 32. İnce Duvarlı Kalıp (A1 3cm olarak kodlanmıştır)..... 106

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 33. Kalın Duvarlı Kalıp (A1 6cm olarak kodlanmıştır) 107

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 34. Fırın Diyagramı II, 689°C - 850°C Kontrolleri..... 108

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 35. İnce Duvarlı Kalıp (A2 3cm olarak kodlanmıştır)..... 109

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 36. Kalın Duvarlı Kalıp (A2 6cm olarak kodlanmıştır)..... 109

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 37. İnce Duvarlı Kalıp (B 3 cm olarak kodlanmıştır)..... 110

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 38. Kaolen ve Talk Pudrası Denemeleri, 689°C - 850°C Kontrolleri..... 112

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 39. Yukarıdan aşağıya doğru KI-KII-KIII kodlu denemelere ait görseller 113

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 40. Yukarıdan aşağıya doğru PI-PII-PIII kodlu denemelere ait görseller 114

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 41. Ludo, Şamot, Ceraboard 100, Olivin Kumu, Kolloidal Silika, 689°C - 850°C
Kontrolleri 115

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 42. Yukarıdan aşağıya doğru LI-LII kodlu denemelere ait görseller 116

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 43. ŞI-ŞII kodlu denemelere ait görseller 117

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 44. FI-FII kodlu denemelere ait görseller 118

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 45. OI-OII kodlu denemelere ait görseller 119

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 46. KOI-KOII kodlu denemelere ait görseller 121

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 47. Alçı, %30-40-50-60-70-80-90 Kolloidal İlaveli Alçı, 689°C - 850°C Kontrolleri122

Kaynak: Mehmet Aydın

Görsel 48. Ana refrakter olarak, Kolloidal Silika denemelerine ait görseller122

Kaynak: Mehmet Aydın

GİRİŞ

Araştırmanın bu bölümünde problem kısaca ortaya konulmuş, araştırmanın amaç ve önemi vurgulanmıştır. Ayrıca araştırmanın sınırlılıkları, araştırma ile ilgili varsayım ve tanımlara yer verilerek araştırmada izlenen yöntemle değinilmiştir.

1. PROBLEM

Cam sanatında birçok biçimlendirme tekniği vardır. Literatür incelendiğinde cam biçimlendirme yöntemlerinin teknolojik gelişmelerden etkilendiği, geliştiği gözlenmektedir. Bu yöntemlerle ilgili ülkemizde farklı araştırmalar yapılmış, konu üzerine birçok tez yazılmıştır. Ancak tüm bu veriler incelendiğinde, fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde kullanılan refrakter kalıp karışımları ve bu karışımların pişirim sürecinde, cam yüzeylerindeki etkisi ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca özellikle endüstri devrimi sonrasında fırında cam biçimlendirme yöntemlerinin cam sanatında yaygın olarak kullanılması bu alanda araştırmaya açık bir alan oluşturmuştur. Uluslararası ölçekte konuyla ilgili çeşitli araştırmalar yer almaktadır ancak ulusal ölçekte yeterli sayıda araştırmaya rastlanmamaktadır. Bu nedenle bu araştırma, ulusal ölçekte, literatürü zenginleştirerek önemli katkılar sağlayacaktır.

Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde kullanılan kalıp reçeteleri, istenilen sonucun elde edilmesindeki en önemli temel ölçütlerden birisidir. Bu yöntemlerde kullanılan refrakter kalıp karışımları, karışımlardaki maddelerin ve oranların değişkenliğinin ortaya çıkardığı sonuçlar ve cama etkilerinin incelenmesi, araştırmanın ana problemidir.

2. AMAÇ

Araştırmanın genel amacı; camın tanım ve tarihçesine değinerek, sanat nesnesi olarak cam malzemeyi ele almak, fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde kullanılan refrakter kalıp karışımlarını incelemektir. Bu bağlamda fırında cam biçimlendirme yöntemleri ele alınarak, refrakter kalıp karışım reçete örnekleri araştırılacak, araştırmanın son bölümde kişisel uygulamalar ve sonuçlar paylaşılacaktır. Ayrıca bu araştırmanın sanatsal cam

çalışmalarının ve yöntemlerinin gelişimine katkı sağlayıp daha sonra yapılacak araştırmalara da kaynak ya da örnek oluşturması hedeflenmektedir.

3. ÖNEM

Araştırma ve sonucunda elde edilecek bulguların;

- Genel olarak cam tarihi ve fırında cam biçimlendirme yöntemleri hakkında bilgi vermesi ve uygulamalarda kullanılan refrakter kalıp karışımlarının incelenerek cama etkilerinin görülmesi,
- Fırında cam biçimlendirme yöntemleri başlığı altında yer alan tekniklerde kullanılan kalıpların maliyetinin düşürülmesine yönelik alternatif malzeme ve tekniklerin kullanımına ilişkin araştırma verileri sunması,
- Modelin yüzey ve biçimsel niteliklerine, kullanılan tekniklere göre daha uygun kalıplar üretilmesi noktasında öneriler geliştirilmesi,
- Fırında cam biçimlendirme yöntemleri başlığı altında sınıflandırılan tekniklerde kullanılan refrakter kalıp karışımlarının, geliştirilmesine yönelik gelecekte yapılacak araştırmalara kaynak teşkil ederek yol göstereceği umulmaktadır.

4. VARSAYIMLAR

Yapılan araştırmada aşağıdaki görüşlerin doğruluğu, test etmeye gerek görülmeden olduğu gibi kabul edilmiştir:

1. Akademik ya da alaylı kişilerin deneyimlerine, uygulama ve sınamalarına dayanarak elde edilen bilgiler.
2. Araştırmada sözlü görüşlerine başvuru alan kişilerin verdiği bilgiler.

5. SINIRLIKLAR

Bu araştırmanın konusu, sanatsal cam uygulamalarında fırında cam biçimlendirme yöntemleri başlığı altında toplanan teknik ve uygulamalar, bu uygulamalarda kullanılan alçı bazlı refrakter kalıp karışımlarıyla, bunların cama olan etkilerini araştırmak üzere sınırlandırılmıştır. Ayrıca camın tanımı, tarihçesine değinirken sanatsal uygulamalar ve camın plastik sanatlar alanındaki kullanımına ilişkin gelişmeler dikkate alınmış, endüstriyel anlamdaki gelişmeler kısıtlanmıştır.

Araştırmada vurgulanmak istenen nokta; Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde kullanılan refrakter kalıp karışımlarının incelenerek modelin yüzey ve biçimsel niteliklerine uygun yöntem ve reçetelerin geliştirilmesi, yerel malzemelerle dirençli ve iyi yüzey kalitesi sağlayacak kalıpların üretilmesidir. Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinin, bazı uygulamalarında seramik, metal gibi kalıplar da kullanılabilir. Ancak bu araştırmada alçı bazlı kalıp karışımı reçeteleri incelenecektir. Bu nedenle fırında cam biçimlendirme yöntemleri başlığında yer alan tekniklerde sınırlandırmaya gidilmiştir. Bu teknikler arasında alçı bazlı kalıp kullanılmayan sarkıtma, askıda çöktürme gibi yöntemler dikkate alınmamıştır.

6. TANIMLAR

Refrakter: Ateş, ısıya dayanıklı anlamındadır. Refrakter malzeme denildiğinde yüksek sıcaklıklara dayanabilen malzemeler akla gelmektedir.

Reçete: Bir karışımda kullanılan maddelerin ve oranlarının belirtildiği tablo.

Refrakter Kalıp Karışımı: Isıya dayanıklı kalıp yapımında kullanılan refrakter özelliğe sahip maddelerin alçıyla karıştırılmasıyla oluşan karışım.

Fırında Cam Biçimlendirme Yöntemleri: Cam sanatında, fırın ortamında farklı fiziksel özelliklere sahip camların ısıya dayanıklı kalıp içinde ve/veya üstünde eritilerek veya yumuşatılarak biçimlendirilmesini kapsayan uygulamaların genel adı.

Güherçile: Tarımda gübre, hekimlikte ilaç olarak kullanılan, barut vb. patlayıcı maddeler yapımına yarayan, beyaz renkte ve ince billurlar durumunda birleşik bir madde, potasyum nitrat (KNO_3)¹

1

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&kelime=G%C3%9C%9C%87%C4%B0LE
(Erişim Tarihi: 23.06.2016)

Tayf: Bir ışınının, tek renkli ışınlarına ayrılmasıyla beliren görüntü. Karmaşık bir ışınının bileşimi .

“Cage Cups”: Romalılar tarafından yapılmış, kafes şeklinde oymalı bir kabuğa sahip geniş ağızlı cam kaplar (Klein ve Lloyd, 2000: 272).

Dikroik Cam: Farklı ışık koşullarında renk değiştiren cam olarak tanımlanmaktadır (Freestone vd. 2007: 270).

“Lycurgus” Kupası: Roma dönemine ait bir dikroik cam kadeh (Freestone vd. 2007: 270).

“Cased Glass”: Farklı renklerde iki veya daha fazla cam katmanının, birbiri üzerine giydirilmesiyle oluşturulan camlardır (Klein ve Lloyd, 2000: 272). Cam balon iç boşluğuna farklı renkte bir balon üflenerek ya da farklı renk katmanlarının üst üste alınmasıyla elde edilir. Bazı durumlarda renk katmanları, yontma, asitle aşındırma, kumlama gibi yöntemlerle kazınarak cameo camı üretilebilmektedir. (Whitehouse, 2006: 20).

“Flashed Glass”: Renkli bir cam tabakası üzerine kontrast renkli, ince bir tabaka uygulanarak elde edilen camlardır. İkinci renk katmanı, içerisinde eriyik cam bulunan bir potaya cam objenin daldırılmasıyla elde edilir. Bazen “cased glass” olarak da tabir edilen camların böyle adlandırıldığı görülmekle birlikte, üst renk katmanı bu camlardan daha incedir (Whitehouse, 2006: 36).

“Cameo Glass”: “Cased Glass” olarak tabir edilen, kontrast renklerde iki ya da daha fazla katmanlı camların yüzeylerinin kazınarak ya da aşındırarak rölyefik desenler oluşturulmasıdır. İlk kez antik roma döneminde görülmüştür (Whitehouse, 2006: 19).

Devitrifikasyon: Yüksek sıcaklıklarda camda kristal yapı oluşumu. Genellikle cam yüzeyinde gerçekleşir. Devitrifikasyona uğrayan cam buğulu, mat görünür (Kohler, 1998: 229).

Frit: Eriyik camın soğuk su içerisine dökülerek (termal şokla kırılması) elde edildiği küçük cam parçaları (Kohler, 1998: 229).

Potalı Akıtma Döküm (Drip casting): Kalıp üzerine altı delik bir pota yerleştirilerek, eriyen camın potadaki delikten kalıp içerisine akıtılmasıyla uygulanan yöntem (Kohler, 1998: 60).

Investrite (Crystobolite): Kristobalit içerikli, kuyumculukta takı dökümlerinde ya da hassas döküm olarak bilinen özellikle metal dökümlerinde kullanılan yüksek ısılara dayanıklı dökülebilir bir ürün (Hemp, 1995: 182).

Kristobalit (Crystobolite): “Silikanın allotropik şeklidir. 1470°C’de kuvarstan dönüşür, ergime sıcaklığı 1713°C’dir (Ay vd. 1999: 28)”.

Aggregate: “Agrega. Atomik kohezif ya da güçlü moleküller arası kuvvetlerle birbirine bağlanmış yoğun taneler grubu. Yüksek hızda karıştırma ve ultrasonik tekniklerle dağıtılamazlar(Ay vd. 1999: 2)”. Kısaca kum, çakıl, kırma taş, cüruf gibi çeşitli büyüklükteki taneli malzemelere agregaya denir².

H. T. Aggregate: Yüksek alümina refrakteridir. Kalıbın çatlayarak camın sızma yapabileceği yüksek sıcaklıklarda hareketsiz, ısıya dirençlidir. Cam yüzeyiyle reaksiyona girerek cama yapışabilir. Cam yüzeyiyle temasından kaçınılmalıdır (Cummings, 2001: 150).

² http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/67153/42809/7._agrega_1.pdf (Erişim Tarihi:19.06.2016)

7. YÖNTEM

Bu araştırmada, cam sanatında refrakter kalıp karışımları ve cama etkileri, uluslararası platformda daha önce denenmiş örnek reçeteler ele alınarak mevcut durum belirlenmeye ve bu verilerden hareketle yöresel malzemelerle yeni bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Konuyla ilgili kaynaklar taranmış, öncelikle camın tanımı ve tarihsel sürecine değinilmiştir. İlerleyen bölümlerde, cam biçimlendirme yöntemleri ele alınarak araştırmanın temel konusu olan fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde kullanılan refrakter kalıp karışımları ve cama etkileri incelenmiş, uygulamalarla desteklenmiştir.

“Cam Sanatında Fırında Cam Biçimlendirme Yöntemlerinde Kullanılan Refrakter Kalıp Karışımları ve Cama Etkileri” başlıklı tez araştırmasına öncelikle cam biçimlendirme yöntemlerine değinilerek giriş yapılmıştır.

Cam sanatında fırında cam biçimlendirme yöntemleri içerisinde, refrakter kalıp karışımı kullanılan uygulamalar incelenerek, refrakter kalıp karışımının ne olduğu sorgulanmış, refrakter kalıp karışımında kullanılan maddeler ve etki alanlarına değinilmiştir.

Cam sanatında karşılaşılan refrakter kalıp karışımı uygulamalarında kullanılan reçete örnekleri incelenerek yöresel malzemelerle yeni reçeteler geliştirilmeye çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

CAMIN TANIMI VE TARİHSEL SÜREÇTEKİ GELİŞİMİ

1. CAMIN TANIMI

Cam, hayatımızın birçok alanında karşılaştığımız bir malzemedir. Sofralarda kullandığımız eşyalardan, evimizin pencerelerine, trafolardaki yalıtım malzemelerine kadar uzanan geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir.

Günlük hayatta en çok karşılaştığımız cam, doğal hammaddelerin karışımlarının eritilmesi ile elde edilir. En önemli hammaddesi yer kabuğunun %60'ını oluşturan silikadır (SiO_2). Tuz yataklarının buharlaşması sonucu oluşan sodyum karbonat, soda (NaCO_3) ve deniz organizmalarının kalıntılarının fosilleşmesi ile oluşmuş kireçtaşı (CaCO_3) diğer önemli hammaddelerdendir (Kocabağ, 2002: 2).

Camın sözcük anlamı ele alındığında, Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlüğü'nde "soda veya potas katılmış silisli kumun ateşte eritilmesiyle yapılan sert, saydam ve çabuk kırılır cisim³" olarak tanımlanmaktadır. Kimya terimleri sözlüğünde ise bu tanım genişletilmiştir.

Alkali, toprak alkali ya da ağır metallerin silikatlarından oluşan amorf yapıda sert, kırılğan ve genellikle saydam malzeme. Kullanılan alanlarına göre çeşitli türleri vardır. Bohemya camı (Bohemian glass): Potaslı (potasyum karbonatlı) cam. Boraks camı (borax glass): Düşük genleşme katsayılı ve boraks içeren cam. Borosilikat camı (borasilicate glass): En az %5 borik asit içeren sıcaklığa dayanıklı silikat camı. Şişe camı (bottle glass): Bir kalıba üfleyerek şekil verilen cam. Kimyasal cam (chemical glass): kimyasal cihazlar için üretilen, asit ve alkalilere dayanıklı cam. Krom camı (chromium glass): Krom bileşikleri katılarak elde edilen sarı renkli cam. Saat camı (clock glass): Beher ve benzeri kapların üstünü örtmede kullanılan saat camı şeklinde

³http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55deef1bc749f5.56835755 (Erişim Tarihi 27.08.2015)

bombeli cam kapak. Kobalt camı (cobalt glass): kobalt bileşikleri katılarak üretilen mavi-eflatun renkli cam, ışık süzgeci. İletken cam (conductive glass): Kalay klorürle etkileştirilerek ve bir kalay oksit tabakası oluşturmak için ısıtılarak belirli derecede elektrik iletkenlik kazandırılan cam. Bakır camı (copper glass): bakır bileşikleriyle mavi veya kırmızı renk verilmiş cam. Kristal cam (crystal glass, flint glass): Kum, potas ve kurşun oksitten üretilen yumuşak optik cam. Buzlu cam (frosted glass): Jena'da yapılan sıcaklığa dayanıklı optik cam. Süt camı (milk glass): Kriyolitle süt beyazı renk verilmiş cam. Güvenlik camı (safety glass, laminated glass): İnce cam levhaları bir plastikte, 90-130°C sıcaklık ve 1,7-2,4 Mpa basınçta yapıştırılarak üretilen cam, güvenlik camı kırılabilir fakat parçalanıp dağılmaz⁴.

Camla ilgili birçok tanım vardır. Genellikle tanımlar özünde aynı şeylerden bahsetse de farklılıklar vardır. Farklı birkaç kaynaktaki tanımlara değinirsek:

Cam sabit bir erime noktası bulunmayan ve yüksek sıcaklıklarda peltemsi kıvamını koruyarak sıvı maddelerin özelliklerini de taşıyabilen, normal sıcaklıklarda verilen formda hızla katılaşp kristalleşme göstermeyen amorf yapılı, inorganik bir silikat sistemidir. Camın ana hammaddesi, saydamlık özelliğini sağlayan silisyum dioksittir (SiO₂) (Üner, 2001: 4).

En sık karşılaşılan tanımıyla cam; soda, kum ve kireç karışımından oluşan amorf yapılı saydam katı bir maddedir. Sıcak ve sıvı haldeyken farklı yöntemlerle şekillendirilebilir. Birçok kimyasal madde ile reaksiyona girmemesi, sert ve saydam olması önemli özellikleri arasındadır (Gürses, 1996: 2). Soda, kum ve kireç karışımı camlar genellikle şeffaf olur. İstenildiği takdirde başka hammaddeler ilave edilerek opak camlar üretilebilir.

Cam Sanatına ilişkin önemli yayınları olan Küçükerman'ın cam tanımlarına bakıldığında:

Cam bir maden olarak tanımlanır. Ama diğer madenlere göre de çok önemli bir değişikliği vardır. O da "erime noktası" değil yumuşama noktası olmasıdır. İşte bu önemli özelliği nedeniyle camın içinde bulunduğu ortamın ısısı artırılırsa gittikçe daha çok sıvılaşır ve

⁴http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55deef1bc749f5.56835755 (Erişim Tarihi 27.08.2015)

akıcılık kazanır. Açıkça görüleceği gibi bu durumu, camın çok değişik yöntemlerle biçimlendirmeye, üfleyerek şişirmeye elverişli olan noktadır.

Cam, gerçekte yapısı açısından şaşırtıcı yalınlıkta bir maddedir. Silisyum dioksit ve maden oksitlerinin bir karışımıdır. Ama cama özelliklerini kazandıran onun atom yapısındaki ilginç durumudur. Çünkü bu ilginç özelliğinden ötürü cam ne tam bir sıvıdır, ne de kristal yapıya sahip gerçek bir katıdır. İkisinin arasında yer alan çok özel bir konumdur. Böyle bir konuma, katılaşma derecesinin altında dondurulmuş bir sıvı tanımlaması yapılabilir. Camın iç yapısı özel araçlarla incelendiği zaman, diğer katılardaki atomların düzgün kristal dizilişinin camda bulunmadığı görülür. 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.

Cam gerçekte bir sıvıdır. Saydamlığı da buradan kaynaklanmaktadır. Bir sıvıda iç sınırlar yoktur. Camın içinden geçmekte olan bir ışık ışını, kırılma ve yansımaya uğramaz. Ama bu ışın yalnızca yüzeyini aşarken hafifçe kırılır. Tabii bu özellikler ancak saydam ve nitelikli bir cam için geçerlidir. Yapısında oksitler bulunan camlar, tayfın görünür ışığa ait olan bölümünü geçirirler. Camdaki ilginç renklendirmeler bu özellik nedeniyle elde edilebilmektedir. Camın yapısına katılan çeşitli katkılarla camın ışık emme ya da ışık geçirme özellikleri şaşırtıcı boyuta ulaştırılabilir (Küçükerman, 1985: 21).

Kısaca ve basitçe camın tanımını özetleyecek olursak, silisli kumun, soda ve potasyumla karıştırılarak ergitilmesiyle oluşan, sıvı ve katı özellikleri taşıyan amorf bir malzemedir. Bu amorf malzeme ısı karşısında göstermiş olduğu direnç, deformasyon ve deformasyon sonrasındaki yumuşama süreçleriyle de birçok biçimlendirme tekniğinin oluşmasını sağlamıştır.

2. TARİHSEL SÜREÇTE CAMIN GELİŞİMİ

Cam, bulunuşundan endüstri devrimine kadar geçen süreçte genellikle bireysel ve küçük ölçekli atölyelerde üretilmiştir. Endüstri devrimiyle birlikte, üretim tipleri ve biçimleri değişmiş sonrasında fabrikalaşma ortaya çıkmıştır. Başlangıçta camın endüstriyel anlamda kazandığı bu yeni ve farklı boyut, küçük ölçekli atölyelerin kapanması, el sanatlarının zayıflaması, özgün, yeni ve tek olarak üretilen ürünlerin yerini, büyük seri

üretimlerin alması gibi olumsuzlukları da beraberinde getirmiştir. Bu yeni anlayışın sonucu olarak niteliksizleşme ve tek tipleşme meydana gelmiştir. Sonrasında bu anlayışa tepki olarak, Arts and Crafts Hareketi, Art Nouveau, gibi sanat akımları ortaya çıkmış, böylece el sanatı niteliğine sahip pek çok dalda olduğu gibi cam alanında da yeniden bir hareketlilik oluşmuş, cam yeniden el sanatı ve sanatsal kimliğini kazanmaya başlamıştır.

Gerek doğrudan gerekse dolaylı katkıları göz önüne alındığında, endüstri devriminin, camın gelişiminde bir dönüm noktası olduğunu söylemek yanlış olmaz. Bu bağlamda camın gelişimini ele alırken tarihsel sürecini endüstri devrimi öncesi ve endüstri devrimi sonrası olarak iki başlık altında değerlendirmek faydalı olacaktır.

2.1. BULUNUŞUNDAN ENDÜSTRİ DEVRİMİNE CAMIN GELİŞİMİ

Yapay camın bulunuşuna dair tam olarak bir tarih verilememekle birlikte doğal camın dünyanın oluşumundan bu yana var olduğu, çeşitli kaynaklarda vurgulanmaktadır. Küçükerman (1985: 30)'da belirtildiği üzere cam yapay olarak üretilmeden önce, doğal cam her zaman var olmuştur ve obsidiyen de doğal bir cam çeşididir (Görsel 1). İnsanoğlu obsidiyeni işleyerek genellikle mızrak ucu, bıçak, balta gibi kesici aletlerin yapımında kullanmıştır. Eker (2010: 147)'de de kuvars mineralinin magmatik yolla şekillenerek volkanik bir kayaç olan ve camın doğadaki ilk halini oluşturan obsidyenleri/volkan camlarını meydana getirdiği ayrıca yine kuvarsın metaformik yolla oluşmuş hali olan dağ/kaya kristallerinin de doğal cam türlerinden olduğu belirtilmektedir (Görsel 2).



Görsel 1. Obsidiyen

Kaynak: <http://www.jeogenc.net>⁵



Görsel 2. Dağ Kristali

Kaynak: <https://tr.wikipedia.org>⁶

⁵<http://www.jeogenc.net/obsidyen-ve-ozellikleri.html> (Erişim tarihi: 27.08.2015)

⁶https://tr.wikipedia.org/wiki/Kuvars#/media/File:Quartz_oisan.jpg (Erişim tarihi: 13.06.2016)

Obsidiyen ve dağ/kaya kristali dışında da doğal cam oluşumlarının olduğu bilinmektedir. Işıtman ve Karslıoğlu'nun araştırmalarında şimşeklerin kumu biçimlendirilmesiyle oluşan doğal cam tipine Lechatelierite denmektedir (Işıtman, 1995: 15; Karslıoğlu, 2007: 2) (Görsel 3). Ayrıca bu kaynaklarda Pumice ve Tektiles adında iki farklı doğal camdan daha bahsedilmektedir. Pumice, lav eriyiği sonucunda meydana gelen köpürmüş, doğal camdır (Görsel 4). Sünger taşı olarak da bilinir. Tektiles ise atmosfer geçişinde yüksek sıcaklık sonucunda oluşan meteorik kaynaklı bir göktaşıdır (Işıtman, 1995: 14-15; Karslıoğlu, 2007: 2).



Görsel 3. *Lechatelierite*

Kaynak: <http://www.mindat.org>⁷



Görsel 4. *Pumice*

Kaynak: <http://www.sci.ccny.cuny.edu>⁸

Yapay camın bulunuşuna dair literatürde genellikle karşılaşılan en yaygın bilgi, camın rastlantı sonucu bulunduğudur. Bu hikâyelerden birisi oldukça meşhurdur. Romalı bir tarihçi olan Pliny'e (Pilius) göre, gemi taşımacılığı yapan Fenikeli tüccarlar yaklaşık M.Ö. 5000 yıllarında, Suriye çevresinde suni camı keşfetmişlerdir. Hikâye de Fenikeli tüccarlar Suriye yakınlarında mola verip karaya çıkmışlardır. Etrafta taş bulamadıkları için, gemilerinde taşıdıkları soda formu güherçile bloklarından ocak yapıp ateş yakmışlar ve tencerelerini bu blokların üzerine koyarak yemek yapmışlardır. Ateşin etkisiyle güherçile blokları eriyerek sahildeki kumla karışmış ve yarısaydam bir sıvı oluşmuştur. Bu sıvı katılaşarak cama dönüşmüştür. Bu hikâyeden cam oluşumu için silika (kum), soda (ayrıca ağaç bitki küllerinden temin edilir) ve kumdaki kirecin yeterli olduğu anlaşılır. Soda (ya da bitki, ağaç külleri) akışkanlık için kullanılır. Kireçse camın kararlılığını sağlar. Mısırlıların ve Mezopotamyalıların, Fenikelilerden önce cam yaptıklarını bilmemize

⁷<http://www.mindat.org/g/292> (Erişim tarihi: 13.06.2016)

⁸<http://www.sci.ccny.cuny.edu/~mcesaire/Pumice.jpg> (Erişim tarihi: 27.08.2015)

rağmen, Fenikelilerin muhtemelen geniş çaplı cam ticareti ve nakliyesi yapan ilk insanlar olduğu söylenebilir (Watkins-Baker, 2010: 13).

Hikâyenin gerçekliği tam olarak bilinmemektedir. Fakat günümüzde de geleneksel üretimlerde kullanılan odun fırınlarında cam eritildiği düşünülürse, uygun malzemeler kullanıldığında, odun ateşinin camlaşmayı sağlayacak sıcaklıklara ulaşılabilirdiği söylenebilir. “Ateşin bulunması ve kontrol altına alınıp yüksek sıcaklıkların elde edilmesiyle ateşten faydalanılarak oluşan sanatlar ortaya çıkmış ve gittikçe hızlanan bir gelişim göstermeye başlamıştır (Karasu ve Ay, 2000: 1)”.

Camın şekillendirilmesinde ısı, büyük bir önem taşımaktadır. Cam, ısıyla birlikte yumuşayarak biçimlendirmeye elverişli hale gelir. Cam geçmişte de günümüzde de yüksek sıcaklıklarda şekillendirilen bir malzeme olmuştur. Isıyla olan etkileşimi ve teknik sorunlar çözümlendiğinde, sanatçının elinde istenildiği gibi şekillenebilmektedir.

Camın ilk olarak nerede bulunduğu dair bir sava göre “Cam yapımı, büyük olasılıkla MÖ 3. bin sonlarına doğru Bronz Çağ’da keşfedilmiştir. Arkeolojik kanıtlar, bu keşfin Mezopotamya’da meydana gelmiş olduğunu ortaya koymaktadır (Lightfoot ve Arslan, 1992: 1)”. Bu görüşe paralel olarak, Özgümüş (2013: 31)’de “Mezopotamya’da, Akad yerleşimlerinden Eşnunna’da (Tell Asmar-Irak) soluk mavi yeşil renkli yarısaydam bir çubuk bulunduğu ve Sargon dönemine (M.Ö. 2340-2284) ait eserlerle beraber ortaya çıkarılan bu çubuğun bilinen en eski cam olduğu” belirtilmiştir. Görüldüğü üzere camın keşfinin M.Ö. 3000 yıllarında, Mezopotamya’da olduğu kesin olarak vurgulanmıştır. Literatürde karşılaşılan genel tarih ortalama olarak M.Ö. 3000 yıllarıdır. İnternet kaynaklarında M.Ö. 5500-5000’li yıllara rastlamak mümkündür fakat basılmış kaynaklarda genel olarak M.Ö. 3000’li yıllar işaret edilir.

Küçükerman’a göre de:

İlk örnekler ortalama İ.Ö. 3000’lerden kalmadır. Ve yalnızca cam olarak yapılmış, camsı seramik olmayan örnekler olması bakımından çok ilgi çekici örneklerdir. Eski cam teknolojisinde, henüz sıcak biçimlendirme aşamasına gelmeden önce, potada cam bloklar halinde parçaların hazırlandığı ve bunları kırıp, değişik işlemlerle çeşitli ürünler elde edildiği ileri sürülmektedir. Doğada hazır olarak bulunan cam blokların da kırılıp

işlenerek biçimlendirildiği düşünülürse, önceleri bir blok elde etmek amaç olarak benimsenmiş olabilir. Bugün bile doğal kaya kristali aynı yolla biçimlendirilmektedir (Küçükerman, 1985: 31).

Cam sanatı ve literatüründe çok önemli bir isim olan Keith Cummings'in, cam malzemesinin geçmişine dair görüşü ise şöyledir; cam, insan tarafından oluşturulan ve kullanılan bir malzeme olarak M.Ö. 2000 yılından bu yana var olmuştur. Bu, günümüz mevcut arkeolojik kanıtlarına dayalı geçerli bir tahmindir. Cam üfleminin icadı, rahatlıkla camın 4000 yıllık tarihinin yarı noktasına en önemli buluş olarak yerleştirilebilir. Cam yapımının ilk 2.000 yılında, fırında cam biçimlendirme, benzer teknik ve süreçler hâkim olmuştur. Aynı zamanda, Mezopotamya ve Mısır gibi iki büyük medeniyetin hizmetinde olmuştur (Cummings, 2001:23). Görüldüğü üzere fırında cam biçimlendirme yöntemlerinin kullanımına dair tam bir tarih verilmemekle birlikte insanoğlu yapay camın varoluşunun ilk yıllarından itibaren kullanılmaya başlanmıştır.

İlk üretilen cam örnekleri genellikle küçük boyutlu, dekoratif amaçlı, değerli taşlara alternatif olarak üretilmiş, opak ve parlak ürünlerdir. Cam, en çok boncuk üretiminde kullanılmış olmasına rağmen, bazı küçük objelerin üretiminde, silindir mühür ve kakma olarak kullanımı da görülür (Lightfoot ve Arslan, 1992: 1). Bu da o dönemlerdeki teknik ve ustalık becerisinin gelişimini göstermesi bakımından önemlidir.

Camdan yapılmış kaplara ilk olarak MÖ 16. yüzyıl sonlarına doğru rastlanılır. Her ne kadar, tarihlendirilebilir en erken örnek bugünkü Türkiye-Suriye sınırı yakınlarındaki Amik Ovasında yer alan Atchana (Antik Alalakh) yerleşiminde bulunmuşsa da (Barag 1985: 36 ve 42, no. 7) buluntularının dağılımı en erken cam kapların kuzey Mezopotamya'da Mitanni Krallığı sınırları içerisinde üretilmiş olduğunu ortaya koymaktadır. Bu kapların hemen hemen hepsi aynı şekilde iç kalıplama yöntemiyle küçük şişe, bardak ve kadeh olarak üretilmişlerdir (Lightfoot ve Arslan, 1992: 1) (Görsel 5).



Görsel 5. İç kalıp yöntemiyle M.Ö. 1-3 yüzyıl arasında üretilmiş cam ürünler

Kaynak: Küçükerman, 1998: 20.

Cam ticaretinin ve cama olan ilginin arttığı bir dönem olan Helenistik dönemde, İskenderiye ve Suriye cam üreten başlıca iki merkezdir. İç kalıp yöntemi halen devam etmekle birlikte İskenderiye’de kalıpla şekillendirme yöntemi ve dekorlama için kesme yönteminin kullanımı da görülür. “Bu dönemde İskenderiyeli cam ustaları mozaik üretebilecek ve iki cam tabaka arasına altından yapılmış bir levha (“sandwich gold-glass”) koyabilecek ustalığa ve bilgiye sahiptirler (Lightfoot ve Arslan, 1992: 5)”. Cam bu dönemden başlayarak diğer malzemelere alternatif olarak daha çok kullanılmaya ve tanınmaya başlamıştır. Bununla birlikte cam eşyaların üretimi zahmetli ve masraflı olduğu için diğer eşyalara göre pahalı ve az bulunan eşyalardır. Üretimleri genellikle krallıkların ve zenginlerin himayesinde sürmüştür.

Camın genel anlamda endüstrileşmesi ise Roma dönemine rastlar. Üretim artışı ve camın insan yaşamında yaygınlaşmasının en önemli unsuru, üfleme tekniğinin icadıdır. M.Ö. 1. Yüzyıla ait toprak kandil üzerinde yer alan ve üfleme tekniği ile cam yapımını gösteren sahne, bu tekniğin Roma döneminde ortaya çıktığını belgeler. Büyük olasılıkla Suriye ve Filistin’de geliştiği sanılan üfleme tekniği, değişik formlarda ve daha seri olarak cam yapılmasını sağlamış, böylelikle bu dönemde ucuz cam üretimi başlamıştır (Uçkan, 2008: 101-102).

Şüphesiz üfleme piposunun icadı ve üfleme yönteminin uygulanmaya başlaması gerek cam endüstrisinin gerekse cam sanatının ilerlemesinde büyük rol oynamıştır. Elitez (2003: 17)’de belirtildiği üzere, cam üflemede ilk olarak seramik pipolar kullanılmıştır.

Roma döneminde M.Ö. 64 – M.S. 24 yılları arasında yaşamış olan Yunanlı tarihçi Strabon, ucuz cam üretilebilmesi ile birlikte, önceleri sadece varlıklı kişilerin sahip olabildiği cam kaplara kendi döneminde birkaç bronza sahip olunabileceğini belirtmektedir. M.Ö. 30'da İmparator Augustus döneminde, cam değerli bir eşya olma özelliğini korumaktadır. Bunun yanında gündelik kullanımda da yer almaya başlamasıyla birlikte cam kapların belli ölçüde seramik kapların yerini almaya başladığı söylenebilir (Uçkan, 2008: 102).

Romalılar, "camı yalnızca gündelik eşyaların üretiminde değil, aynı zamanda mozaik, pano ve dış cephe kaplaması gibi dekoratif amaçlarla da kullanmışlardır. Camı, örneğin pencere camı olarak veya arkasını metal folyo ile (altın veya gümüş) sırlayıp aksedici bir malzeme olarak da ilk kullanan yine Romalılardır (Lightfoot ve Arslan, 1992: 5)".

Roma döneminde çok çeşitli cam üretimleri vardır. Hatta Trimalchio tarafından anlatılan bir hikâyede İmparator Tiberius döneminde kırılmaz cam kâse üretildiğine değinilmektedir.

Bu hikâye, bir cam ustasının İmparator Tiberius'a hediye ettiği cam kâseyle ilgilidir. Kırılmaz camdan yapılmış bu kâsenin bir başka özelliği de, çarpma sonucu veya benzeri bir nedenle çöken veya çentiklenen kâsenin bir çekiç yardımıyla eski haline döndürülebilmesidir (Petronius, *Satyrikon* 51). Bu buluşu nedeniyle İmparator tarafından kesin olarak ödüllendirileceğine inanan bu usta aksine kral tarafından idam ettirilmiştir. Çünkü kral, bu sırrın öğrenilip yaygın olarak kullanılmaya başlamasıyla, altının tüm değerini kaybedebileceğinden korkmuştur. Bu hikâye camın M.S. 1. yüzyıl başlarındaki önemini ve Romalıların konuyla ilgili yeni buluşlara ve deneyimlere ne kadar açık olduklarını göstermektedir. Fakat üzülmek isterim ki, bu olay bazı araştırmacılar tarafından Roma dünyasının teknik gelişmelere karşı duyarsız olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Hâlbuki Roma cam endüstrisi tarafından üretilmiş olan eserler bu görüşü çürütmektedirler (Lightfoot ve Arslan, 1992: 6).

Roma İmparatorluğunun yıkılmasından sonraki 600 yıllık Roma sonrası dönemde camla ilgili pek fazla bir bilgi yoktur. Bizans bu süreçte cam üretimini devam ettirmiştir. Bizans'ta sofa eşyasından süs eşyasına geniş çaplı bir üretim gerçekleştirilir.

İslamiyet'ten sonra camcılık İran'da da gelişmiştir. Bununla birlikte "Doğu'da 10.yy.'a kadar İskenderiye, camcılığın merkezi olmuştur. Bunu, daha sonra 15.yy.'a kadar Şam sürdürmüştür. 1402'de Timur şehri alıp yaktıktan sonra, bütün zanaatkârları Semerkant'a götürmüştür (Kocabağ, 2002: 5)".

İslam sanatında da cam, Bizans'ta olduğu gibi mimaride çok renkli, gösterişli pencere camı olarak kullanılmıştır. Camdan üretilen kandil, sürahi, tabak gibi ürünler mine ve altın yıldızla bezenmiştir. Musul işi olarak bilinen mineli cam kandiller İslamiyet dönemi cam ürünlerinde önemli bir yer teşkil eder. Anadolu Selçuklularda cam günlük eşyaların kullanımının yanında mimaride "fil gözü" desenli alçı pencerelerde kullanılmıştır (Okan, 2008: 13).

Türk cam sanatı, Osmanlılar devrinde de büyük ilerlemeler kaydederek gelişmiştir. Hatta 16. yüzyılın, Türk cam sanatının altın çağı olduğu söylenebilmektedir. "Eldeki belgelere göre 17. yüzyıl sonuna kadar camcı ve şişeci esnafın bulunduğu bir gerçektir. Bu devirde cam, şişe, sırça ve ayna yapanlar ayrı ayrı teşkilatlara bağlanmışlardır (Önder'den aktaran, Okan, 2008: 13)". Ayrıca kobalt, bakır gibi metal oksitlerin cama ilavesiyle elde edilen mavi, kırmızı, yeşil, sarı renk ve tonlarında üretilen Beykoz işleri olarak adlandırılan ürünler, Osmanlı devri camının önemli işlerindedir. Bunun yanında filigran yönteminden türeyen çeşm-i bülbül ürünleri de önemli Osmanlı cam ürünlerindedir.

Osmanlı döneminde yerel imalatın yanı sıra özellikle Venedik'ten ithal edilen cam eserlerin varlığı da bilinir. 18. yüzyılda Avrupa'da cam ticaretinin önemli bir bölümünü elinde tutan Venedik'ten Osmanlı beğenisine uygun camlar üretilip gönderilmiştir (Uçkan, 2008: 108). Venedik 11. yüzyıldan sonra Avrupa'da camcılığın merkezi haline gelmiştir. 1202 yılında İstanbul'un haçlılar tarafından işgal edilmesiyle birlikte cam ustalarının Venedik'e gitmiş olmalarının bunda rolü olabilir. 1292 yılında Venedik'te cam atölyelerinin oldukça artmasıyla birlikte yangın tehlikesine karşı Venedikli camcılar ve cam atölyeleri Murano adasına taşınmıştır. Murano camcılığı ve camları günümüzde de ürünlerini korumaktadır (Kocabağ, 2002: 5).

Murano camcıları devlet kontrolündedir. Camcıların Venedik dışına çıkmaları ve bilgi çıkarmaları Venedik yöneticileri tarafından yasaklanmıştır. Çıkmaya çalışanlar ağır

şekilde cezalandırılmaktadır. Sadece yüksek ücretler ödeyen yabancı cam ustalarına Murano adasındaki atölyelerde çalışma izni verilmektedir. Kristal camın bulunmasıyla birlikte yabancıların adaya girmesi tamamen yasaklanmıştır. 1600'lü yıllarda sadece "Libro d'Oro" adlı kitapta yer alan cam ustaları ve akrabalarının cam atölyesi açmasına izin verilmektedir. Venedikli yöneticilerin sıkı tedbirlerine rağmen 16. yüzyıldan sonra Murano'lu ustalar, Avrupa ülkelerine göç etmeye başlamış böylelikle Venedik camcılığı Avrupa'ya yayılmıştır (Onur, 2007: 13).

Avrupa'da 1600'lü yıllarda cam kesme ve oyma sanatı ortaya çıkmıştır. 1615 yılında cam sanayisinde yakıt olarak odunun yanı sıra kömürde kullanılmaya başlamış, İngiltere'de yakıt olarak odun kullanımı yasaklanmıştır. Avrupa'da camcılığın yayılmasıyla birlikte cam teknolojisinde de önemli gelişmeler yaşanmıştır. 1676 yılında İngiltere'de George Ravenscroft tarafından kurşunlu cam ve bununla birlikte İngiliz kristali geliştirilmiştir (Stone, 2000: 2.8).

17. yüzyıl sonları 18. yüzyıl başlarına doğru, Venedik cam alanındaki üstünlüğünü kaybetmeye başlamış, Bohemya önemli bir cam merkezi haline gelmiştir. Bohemya camları barok tarzı kesme ve oymalarıyla dikkat çekmektedir. Bölge yaklaşık olarak 20. yüzyılın başlarına kadar önemli bir cam merkezidir.

2.2. ENDÜSTRİ DEVRİMİ VE SONRASINDA CAMIN GELİŞİMİ

Endüstri devrimi, 18. yüzyılda İngiltere'de yakıt olarak kömür kullanımıyla birlikte yeni buluşların üretim tarzını etkilemesi, insan ve hayvana dayalı üretim tarzından buhar gücüyle çalışan makineleşmiş üretime geçilmesiyle başlayan, 19. yüzyılı da kapsayan süreçtir. İngiltere'de başlayan bu süreç öncelikle Avrupa'ya sonra tüm dünyaya yayılmıştır.

Endüstri devrimi ile birlikte cam alanında özellikle teknik bakımdan önemli gelişmeler yaşanmıştır. Camın kimyasal kompozisyonunda değişiklikler yapılarak farklı biçimlendirme tekniklerine uygun camlar geliştirilmiştir. Bununla birlikte cam biçimlendirme teknikleri de gelişim göstermiştir. 1830'da Bohemya camının, 1835'de uranyum camının (Almanya'da Joseph Riedel tarafından) geliştirilmesi, 1840'da ayna

gümüşleme yapılması ve patentinin alınması, 1878 yağ ve gazın cam üretiminde kullanılan önemli yakıtlardan olmaları, bu gelişmelere örnek olarak verilebilir (Stone, 2000: 2.8)

Endüstri devriminin oluşmasında yakıt olarak oduna oranla daha yüksek kalorili kömürün kullanılmaya başlamasının rolü büyüktür. Kömürün yakıt olarak kullanılmaya başlamasıyla birlikte daha yüksek sıcaklıklara ulaşılarak demirin daha kolay, hızlı ve kaliteli işlenebilmesi makine ve araçların gelişimine katkı sağlamıştır. Ayrıca buhar enerjisinin ve buhar enerjili makinelerin kullanımının da bu gelişimdeki katkısı büyük olmuştur. Bunun yanında, endüstri devrimiyle birlikte gelen makineleşme üretimde standartlaşmayı getirmiş ve ne yazık ki üretimdeki serilik, küçük cam atölyelerinin kapanmasına zemin hazırlamıştır. Yine bu dönemde cam alanında hızlı bir sanayileşme başlamış ve büyük cam fabrikaları kurulmuştur.

1851 yılında Londra'da Kristal Saray'da (Crystal Palace) açılan bir sergi sanayi devriminin önemli tarihsel referans noktalarından birisidir. Düz cam üretiminden alınan vergi diğer ürünlerle karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. Kristal Saray'ın yapıldığı dönemde, düz cam üretiminden bu yükün kalkması üzerine, camın mimarlıkta kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bu yapı için altı ay içinde, 300.000 adet 124/25 cm'lik plaka üretilmiş ve bu üretim için ekstra 30 üfleme işi alınmıştır (Başarır, 2003: 95).

19. yüzyılda cam kesme işlemi tekrar popüler olmuş, Avrupa ve Amerika'da kesme işlemi yapan büyük imalathaneler kurulmuştur. 1890 yılında Amerika'da dokulu tabaka üreten ilk makine üretilmiş ve buna paralel olarak dekorlu kalıplar üretilerek üretimde bu kalıplar kullanılmıştır (Stone, 2000: 2.8). Dekorlu kalıpla şekillendirme, uzun ve zahmetli kesme, kazıma, taşlama gibi soğuk cam işlemlerine alternatif olarak kullanılarak üretim maliyetini azaltmış ve üretimi hızlandırmıştır.

Cam endüstrisinde bir devrim sayılabilecek olan otomatik cam şişe üfleme makinesi Michael Owens tarafından icat edilmiştir. İcat edildiği tarih kesin olarak bilinmemekle birlikte Cummings'e göre 1903 yılında Owens Şişe Üfleme Makinesi Şirketi kurulmuştur (Cummings, 2002: 129).

1820 – 1920 dönemini, cam üretiminde günümüz teknolojilerinin öncülerinin geliştirildiği dönem olarak düşünebiliriz. Bu dönemde hem düz cam hem de şişe ve cam kap üretiminde önemli teknolojik gelişmeler olmuştur. Önce yarı otomatik sonra da mekanize üretime geçilmiştir. Hatta bugün cam üretim teknolojisi üretiminde ismi geçen birçok firmanın geçmişini o günlere bağlamak mümkündür. Daha önce bilinen üfleme yöntemi yanında; üfleme-üfleme, presleme-üfleme ve presleme yöntemleri geliştirilmiştir (Kocabağ, 2002: 7-8).

Cam sanatı, endüstri devrimiyle ortaya çıkan, teknik ve teknolojik gelişmelerin yanında bu sürecin sanat alanında meydana getirdiği değişimlerden de beslenmiştir.

Endüstri devrimin ardından, paradoksal olarak, camın da içinde bulunduğu el sanatları hareketinin saygınlığı ve etkinliği önemli ölçüde artmıştır ve artmaktadır. Ancak seri üretilen ve ucuz fiyatlı, günlük eşyaların üretiminde, makinelerin geleneksel el sanatı üretiminin yerini almasından sonra, ustalığa güdümlü beceriler toplumun hoşgörüsüne bırakılmış ve apaçık yok olma tehdidi altına girmiştir. El sanatlarının, hem üreticiler hem de tüketiciler açısından varlıklarını devam ettirebilmeleri, el yapımı ürünlerin öneminin işaret edilmesiyle mümkün olmuştur. Aslında, ustalar toplumun daha temel ihtiyaçlarını karşılama güçlerini kaybettikleri anlarda, çeşitli el sanatları akımlarında (Arts and Crafts ve Art Nouveau) son yaratıcı eserlerinin tadını çıkarmışlardır. Şu anda yüz elli yaşında olan 19. yüzyılın son yıllarındaki bu akımların getirdiği değişim, özellikle gümüşçülük, kuyumculuk, ahşap işleri, dövme demir (ferforje), taş oymacılığı ve cam yapımı gibi el sanatlarının kademeli olarak yeniden konumlanmasıyla sonuçlanmıştır (Cummings, çeviri, 2011: 13).

On dokuzuncu yüzyıl sonunda ortaya çıkan bu akımların el sanatlarına getirdiği eğilimin temelinde, ürünlerin yapım aşamasında tasarımcı ve ustanın rollerinin yanı sıra bitmiş ürünler üzerindeki imzaya dair bir sorgulama vardır. Bu konuyla ilgili, Cummings'in savına göre; akımların ilk evresinde, üniversite ya da sanat okulu eğitimi almış sanatçı/zanaatkarların ortaya çıkmasıyla, tasarımcı ve ustanın rolleri birleştirilerek aralarındaki geleneksel çizgi bulanıklaştırılmıştır. Fakat bu da tek imzalı el yapımı üretimlerin doğmasına zemin hazırlarken, tasarımcı ile tasarımcının istekleri doğrultusunda üretim gerçekleştiren ustaların arasındaki sınırı belirlemede bir tezat oluşturmuştur. Ortaya çıkan eserler tasarımcılarıyla anılırken, ustalar geri plana itilmiştir. Halk eserleri tasarımcısıyla tanımlamaya başlamış, eserin üretiminde büyük katkısı

olmasına rağmen ustalar anılmamıştır (Cummings, çeviri, 2011: 13). Tüm bu tartışmalara rağmen bu yaklaşımla, hem tasarım hem üretim aşamalarının tek kişi tarafından yapıldığı bireysel üretim merkezli bir anlayış ortaya çıkmıştır. Böylelikle sanatçı eserinin hem tasarımcısı hem de ustası olmuştur.

Arts and Crafts hareketi “Stil 1900” olarak da bilinen, 19. yüzyılın son çeyreğinde ortaya çıkan Art Nouveau hareketini de büyük ölçüde etkilemiştir. Art Nouveau akımı doğayı taklit eden tasarım üslubunu teknolojiyi reddetmeden ortaya koymaktadır. Aralarındaki en büyük fark Art Nouveau akımının teknolojiyi reddetmemesidir. Akım grafik, resim, heykel, resimleme (illüstrasyon), mimarlık, iç mimarlık, mobilya, kullanım eşyaları gibi birçok alanda etkili olmuştur. Konularını doğadan alan bu akımda kıvrımlı formlar, organik biçimler, bitkisel motifler ve kadın figürlerinin kullanımı dikkat çekmiştir. Art Nouveau akımıyla birlikte, o güne kadar fabrikalarda sıkışıp kalmış uygulamaların deneysel, araştırmacı bir tavırla ele alındığı kişisel bazlı gelişmeler görülür. Cam sanatı düşünüldüğünde Amerika’dan Louis Comfort Tiffany, Fransa’dan Emilie Galle ve Rene Lalique, bu akımın öncüleri arasında sayılabilir.

Tiffany vitrayda kullanılan kurşun çubuklar yerine bakır folyo şeritler kullanmaya başlamış, opal cam sedefli cam gibi farklı cam türleri geliştirmiştir. Tiffany çalışmalarında doğadan etkilenmiş ve yaptığı çalışmalarında mükemmel efekt ve ışık oyunları ile gerçekçi eserler üretmiştir. Botanik ve kimya eğitimi alan Emile Galle’nin cam tasarımları mükemmel işçiliğe sahip uzun sürede yapılmış “şiirsel” camlar ve kısa sürede yapılmış daha az işçiliğe sahip ürünlerden oluşmaktadır. Galle’nin ince bir işçilik isteyen cameo tekniği ile şekillendirdiği çalışmalar, cam sanatındaki önemli eserlerdendir. Lalique ise kalıba üfleme yöntemiyle yaptığı formların yüzeylerine desenler yapmıştır. Çalışmalarında hayvan ve kadın figürlerini birlikte kullanmıştır. Tiffany, Galle, ve Lalique’in cam çalışmaları endüstri devriminin tek düzeliğine karşı çıkış olarak algılanabilirse de, aynı zamanda camın geleneksel algılanış biçimlerine yeni önermeler getirmesi anlamında önemlidir. Çünkü bu örneklerle birlikte camın plastik ifade olanaklarının da denenmeye başladığı görülmektedir (Aydın ve Ağatekin, 2010: 53).

Bu akımın getirisi olarak, Paris’te, Siegfried Bing’in kurduğu Maison De L’art Nouveau adlı galeride, 1895 ve 1896 yıllarında açılan, farklı sanat dallarını kapsayan iki serginin cam sanatının gelişiminde önemli rolleri vardır (Kılıç, 1995: 16-17). Bu sergiler, insanların bu akımı benimsemeye başlamasının yanı sıra, cam malzemesinin ve cam sanatının

tanınmasına olanak sağlamış olması bakımından önemlidir. Ayrıca 1969 yılında organize edilen “Vrij Glas” gezici sergisi cam sanatının gelişimindeki önemli öncü girişimlerin bir diğeridir⁹. Sergi Hollanda’da farklı müzelerde sergilenerek geniş kitlelere ulaştırılmıştır. Serginin bir diğer özelliği de Avrupa’da “Stüdyo Cam Hareketi” gelişimini gösteren ilk cam sergisi olmasıdır (Aydın ve Ağatekin, 2010: 53).

19. yüzyıl sonlarına doğru Fransız sanatçı Henry Cros, antik çağlardan beri dökümcüler tarafından kullanılan teknikleri araştırarak “Pate de Verre” adını verdiği bir teknik geliştirmiştir (Okan, 2008: 16; Karslıoğlu, 2007: 55). “Pate de Verre” tekniği, küçük boyuttaki (granül) cam tanelerinin ısıya dayanıklı bir kalıp içerisine yerleştirilerek, fırın ortamında ısı ile şekillendirilmesi esasına dayanır. Cam sanatındaki kalıpla cam biçimlendirme yöntemlerinin yaygınlaşması bağlamında önemli gelişmelerden birisidir.

20. yüzyıl başlarında sanatçılar cam fabrikalarında yer almaya başlamıştır. İsveç Orrefors Cam Fabrikası’nın yönetici ya da yöneticilerinin, dönemin tarzı dışında farklı tasarımlar üretebilmek amacıyla, Edward Hald ve Simon Gate adlı sanatçıları fabrikalarında çalıştırmaya başlamasıyla bu sürecin öncülüğünü yapmışlardır. Orrefors cam fabrikasının girişimi, zamanla diğer fabrikalar tarafından da benimsenmiş ve takip edilmiştir. Bu girişimle birlikte sanatsal formasyona sahip kişiler fabrikalara yönelmeye başlamıştır (Elitez, 2003: 30). Böylelikle endüstri ortamında sanat konuşulmaya ve işlevselliğin ikinci plana atıldığı eğilimler görülmeye başlanmıştır. Bu durum birçok sanat dalını etkilediği gibi cam sanatını da etkilemiştir.

Bu süreci takip eden ve camın sanatsal anlamda kullanımının yaygınlaşması bağlamında meydana gelen diğer kırılma noktası Stüdyo Cam Hareketi’dir. Stüdyo Cam Hareketi’nin günümüz cam sanatı ve cam tasarımlarının üretiminde rolü büyüktür. Stüdyo Cam Hareketi 1960’lı yıllarda Amerika’da başlamış, sonra Avrupa ve Asya kıtalarında ilgi görmüş ve yayılmıştır. Stüdyo Cam Hareketi, daha çok sıcak cam üfleme alanında, gerek bireysel küçük cam atölyelerinde, gerekse cam fabrikalarının atölyelerinde sanatsal kaygılar ile cam üretme idealiyle ortaya çıkmış bir harekettir. Harvey K. Littleton Stüdyo Cam Hareketi’nin öncülerinden biridir. Hatta bu hareketin başlangıç aşamasını oluşturan etkenler ve gelişmeler göz ardı edildiğinde, 1962 yılında

⁹ <http://vrijglas.org/history.php> (Erişim Tarihi. 15.06.2016)

Toledo Sanat Müzesi'nde, Harvey K. Littleton öncülüğünde yapılan kısa süreli atölye çalışmalarının, hareketin başlangıç noktası olduğu söylenebilir. Littleton, Stüdyo Cam Hareketi'nin başlangıç aşamasında yaptığı atölye çalışmalarında, küçük bir potalı fırında üfleme yöntemi için cam hazırlamaya çalışmış fakat başarılı olamamıştır. Fakat bu Littleton'u yıldırmamış çalışmalarına, Stüdyo Cam Hareketi'ndeki diğer önemli bir isim olan Dominick Labino ile beraber devam etmiştir. "Dominick Labino stüdyo camcılığının en güzel renklerinin harmanlarını hazırlayan, cam ergitme bilgisi ve deneyimi olan öncülerden biridir (Merker, çeviri, 2008: 89)". Labino üfleme yapılabilecek küçük, maliyeti düşük bir ocak tasarlamış böylelikle sanatçıların bağımsız atölyelerde cam üflemesine olanak sağlamıştır.

Stüdyo Cam Hareketi, varlığını ve dinamizmini birçoğu halen hayatta olan öncülerin örneklerine ve enerjisine borçludur. Amerika'dan Harley Littleton ve Dale Chihuly, Avrupa'dan Erwin Eisch ve Bertil Vallien gibi hareketin ilk dönem öncüleri, Almanya'da mükemmellik, deney ve (yayılmın) test edilme yeri olarak görev gören Pilchuck, Wisconsin ve Frauneau gibi cam eğitim merkezleri kurdular. Bu dönemin enerjisinin çoğu, üfleme ve kuma döküm yolu ile fırından sıcak camın doğrudan alınıp işlenmesi üzerine yoğunlaşmıştı. Bu arada, hareket yayıldıkça fırında cam biçimlendirme teknikleri de yavaş yavaş boy gösteriyordu. Bununla birlikte 19. yüzyıl Fransa'sındaki pate de verre sanatçılarının çalışmalarındaki fırında cam biçimlendirme teknikleri, zaten yüz yıl öncesinden Stüdyo Cam Hareketi'ni yapılandırmıştı (Cummings, çeviri, 2011: 17).

Stüdyo Cam Hareketi'yle paralel gelişen bir yapılaşma olan, okullaşma da cam sanatındaki gelişimin önemli kademelerinden birisidir. Okullaşma ve okullaşmanın cam sanatına katkısı bağlamında, Çekoslovakya'da 19.yy. ortalarında kurulan teknik okul sistemi, dünyada ilklerdendir. Teknik okul sisteminde öğrencilere cam üretim ve tasarımı hakkında eğitim verilmiştir. 1856 yılında kurulan Senov, 1870 yılında kurulan Novy Bor ve 1920 yılında kurulan Zelezny Brod diğer önemli Çekoslovak cam okullarındandır (Tüfekçioğlu ve Ağatekin, 2010: 78). (Çekoslovakya, 1993 yılında, Slovakya ve Çek Cumhuriyeti adlı iki bağımsız devlete ayrılmıştır.)

Hollanda'da bulunan Leerdam Cam Fabrikası'nın, 1940 yılında tasarımcısı Andreas Dirk Copier tarafından fabrika işçilerini eğitmek için açtığı okulda diğer bir örnektir. Bu okulda

teknik eğitimin yanında estetik ile ilgili eğitimde verilmesi büyük yeniliktir. İşçiler için açılan bu okula sanatçılarda ilgi göstermiş, eğitim almışlardır (Elitez, 2003: 30).

Stüdyo Cam Hareketi'nin, cam sanatının tanınmaya başlamasını ve cama olan ilginin artmasını sağlamasıyla birlikte, farklı ülkelerde birçok üniversite, sanat okulu ve atölyelerde cam üfleme bölümleri kurulmuş, gerek özel gerekse kamusal birçok cam okulu açılmaya başlamıştır. Hollanda Gerrit Rietveld Akademisi'nde 1969 yılında cam stüdyosu açılması, 1981 yılında, Japonya'nın ilk cam okulu olan Tokyo Cam Sanatı Enstitüsü'nün ve bunu takiben 1991'de Toyoma Şehri Cam Enstitüsü'nün kurulması okullaşmaya verilebilecek diğer örneklerdendir (www.gemeentemuseum.nl¹⁰; Tüfekçioğlu ve Ağatekin, 2010: 78; <http://toyamaglass.ac.jp>¹¹).

Okullaşmayla birlikte sanat, tasarım, cam teknikleri, cam tasarımı, cam sanatı gibi konularda eğitim verilmeye başlanması camın tarihsel sürecindeki gelişimini etkileyen önemli kademelerdendir. Okullaşma sürecinin, camın endüstriyel boyutuna katkısının yanında süreç dâhilinde özellikle sanat eğitimi veren kurumlarda cam bölümlerinin açılmasının, cam sanatının gelişimine katkısı da yadsınamaz.

Stüdyo Cam Hareketi ve okullaşma ile başlayan dönemin en önemli özelliği; sanat, estetik, tasarım, cam teknikleri, cam teknolojisi gibi sanatsal-teknik eğitime önem verilmiş olması ve cam malzemenin ifade olanaklarının deneysel yaklaşımlarla, özgürce keşfedilmeye çalışılmasıdır.

20. yüzyıl, teknolojinin gelişmesi ile birlikte camın endüstriyel bir ürün olarak hayatımızın her aşamasına dâhil olduğuna tanıklık eder. Bu kadar geniş alanda kullanılan bir araç olmasının yanı sıra camın çağdaş tasarım ve sanatsal üretim amacıyla da tercih edilen bir malzeme olduğu izlenir. Günümüzde cam tasarımı dendiğinde sanatsal üretim ve bu çerçevede geliştirilen katkıların cam sanatına aktarımı düşünülür. Diğer boyutu ise cam üretimine ilişkin makine üretiminin geliştirilmesidir. Burada karşımıza ilginç bir zıtlık çıkar: El işçiliği camlar özgün ancak ekonomik olarak daha pahalıdır. Makinede seri üretilen camlarda ise hem hayatımızı kolaylaştırmaya yönelik hem de dekoratif olarak

¹⁰ <http://www.gemeentemuseum.nl/en/exhibitions/glass> (Erişim Tarihi 16.06.2016)

¹¹ <http://toyamaglass.ac.jp/school/index-en.php> (Erişim Tarihi 16.06.2016)

değerlendirebileceğimiz objelerin daha ucuza satılıyor olması tüketiciyi bu tarafa kaydirmiştir. Şüphesiz günümüz tüketicisinin her iki türe de gereksinimi vardır. Tüm bu nedenlerle 20. ve 21. yüzyıl cam sanatını yazmak oldukça zordur. Geçmişten beri temel ilkeleri değişmeyen cam üretiminde, makinelere yapılan küçük müdahalelerle hayal gücümüzü zorlayan biçimler yaratılması ise şaşırtıcıdır (Uçkan, 2008: 101-102).

Tablo 1. Cam tarihindeki önemli gelişmelerin özetinin gösterildiği kronolojik cetvel.

TARİH	
M.Ö. 1 Milyar ve Sonrası	Volkanlarda obsidiyen oluşumu.
M.Ö. 3000	İnsanların cam çalışmalarının yaklaşık başlangıcı.
M.Ö. 2600	Mezopotamya'da, bilinen en eski camların ortaya çıkışı. (Akadlar Dönemi). Fırın yapımı boncuklar ve camsı, camla kaplanmış nazar boncukları.
M.Ö. 1500	Cam yapımının mükemmelleşmesi. Odun pişirimli ilk değerli taşların ve bilinen ilk içi boş eşyanın üretilmesi.
M.Ö. 1400	Cam dökümünde, lost wax tekniği ve kuma döküm yönteminin kullanımı. Tel-el-Amara Cam Fabrikasının açılması. Ortadoğu boyunca cam külçe ticareti yapılması. (M.S. 18. yüzyıla kadar devam etti)
M.Ö. 1300	Mezopotamya ya da Judea da cam mozaik yapımı. (Judea: Batı Şeria'da bir bölge) Mısırlıların, Mezopotamyalılardan/Judealılardan camı öğrenmeleri ve karşılıklı cam ticareti yapmaları. Sofistike renk teknolojisinin gelişimi.
M.Ö. 1200	Artık içi boş eşya (çoğunlukla iç kalıp kullanılarak şekillendirme) üretiminin iyice oturması. Mısırdaki cam şekillendirmede pres ve kalıp kullanılması.
M.Ö. 1000	Mısır ve Mezopotamya'da şeffaf camın bulunması. Çin'de camın geliştirilmesi.
M.Ö. 600	İran camının ortaya çıkması. (Karakteristik özelliği derin oymadır.)
M.Ö. 400	Mısır camının genişlemesi, serpilmesi. Hint camının gelişmesi. Cam çubukların çalışmalarda uzun süreli kullanılması.
M.Ö. 250	Cam çeşitliliğinin doruğa ulaşması.
M.Ö. 230	Çince oyulmuş cam rakamlar. Bilinen ilk Japon camı.
M.Ö. 200	İskenderiye, elit, seçkin cam için başlıca ticaret merkezidir.
M.Ö. 70	Kafes şeklinde oymalı bir kabuğa sahip cam kap (Cage Cups), üretilmesi.
M.Ö. 50	Üfleme piposunun bulunması. Muhtemelen Suriye'de bulunmuş, dâhice bir buluştur, camda devrim yaratmıştır.

M.Ö. 20	Fırın çalışmalarında kalitenin kademeli düşüşü fakat üfleme dekorunun patlayıcı gelişimi. Bazı mimari uygulamalar ve ev eşyası üretimi. Roma'nın genişlemesi sonucunda bazı cam tarihleri kaybolması.
M.S. 1	Cam pencereler. Suriyelilerin, serbest üfleme; İskenderiyelilerin, kalıp, kesme, kazıma (oyma), binçiçek (millefiori) ve "cameo"; Romalıların kalıba üfleme çalışmalarında uzmanlaşması.
M.S. 2	Minelemenin (emaylama -Suriyelilerin Keşfi-) İskenderiye'de son derece sofistike hale gelmesi.
M.S. 4-8	Çok özel gravür işlerin gelişmesi. Portland Vazosu Suriye'de deve formu küçük üfleme şişelerin üretilmesi.
M.S. 80	İlk kaydedilen ve kanıtlanan cam ustası; Aristeas (Suriye).
M.S. 100	Sen ve Ren nehirleri civarı (Seine/Rhine) önemli cam merkezleri haline gelmesi. (Cam, Suriyeli ustaları kullanan Romalılar tarafından yaygınlaştırıldı.)
M.S. 350	İlk dikroik (dichroic) cam form. Lycurgus kupası. Maya kültürüne ait tam bilenmiş obsidiyen bıçak.
M.S. 600	Üfleme ve savurma yöntemiyle, ortası kalın pencere camı üretilmesi. Suriyeliler M.Ö. 1'de bu tekniği kullanmışlardır.
M.S. 850	Almerian bölgesinde cam imalatı. (Almerian: İspanyanın bir bölgesi) Pota kullanımının erime sıcaklığını düşürmesi.
M.S. 1080	Augsburg Pencereleri, Almanya. (Augsburg Katedralinde vitrayın pencerelerde kullanımı)
M.S. 1100	Vitrayın cesur kullanımının gotik mimaride devrim yaratmaya olanak sağlaması fakat kap yapımının durgunlaşması.
M.S. 1120	Camcıların göçü. (Ormanlık alanların açılmasıyla birlikte (ağaçların kesilmesi) fırınları besleyebilmek için camcılar kısmen göç etmiştir.)
M.S. 1220	Venedik camcıları locasının oluşması. (Kökenleri daha erkendir.) Charte Katedrali. (Özgün vitraylara sahiptir.) Camda manganez kullanımının berraklığı artırması.
M.S. 1250	Güneyde cam mozaik'in, Kuzey Avrupa'da vitray camlı pencerelerin kullanılmaya başlanması. La Sainte-Chapelle Paris. (Vitrayları ile ünlü) Japon camının gerilemeye başlaması.
M.S. 1291	Venedik camının Murano'ya taşınması.
M.S. 1320	Kalay ve civa kaplı Venedik aynaları. (Ren'den öğrenilen. -Rhine-)
M.S. 1350	"Flashed Glass" uygulaması. (Roma dönemi "cased glass" olarak da adlandırılır.)
M.S. 1380	Nokta şeklinde kazımlarla vitray yapımı. (Elmas veya sert tungsten karbürden üretilen ince uçlu aletlerin cama vurularak küçük noktalar oluşturulmasıyla vitray yapımı)
M.S. 1500	Elmas kesim ve elmas kazımanın kullanımı. İsviçre'de mine (emaye) işler. Ren merkezinin düz camı geliştirmesi. (Büyük ölçüde silindir tekniği)
M.S. 1540	Biringuccio'nun "Pyrotechnia" kitabının yayınlanması.

M.S. 1550	Venedik laboratuvar malzemelerinde cam kullanımı. (Termometre vb.) Venedik dekoratif camının doruğa ulaşması. (Barovier gibi. (mineli, altın yıldızlı hem işçilik hem cam kompozisyonu bakımından kaliteli camlar)) İlk İsveçli cam ustalarının ortaya çıkması. (Venedik'ten)
M.S. 1580	Buzlu cam (krakle cam) üretimi.
M.S. 1600	Mikroskop, teleskop camlarının yapımı.
M.S. 1612	Antonio Neri'nin "Cam Sanatı" kitabının yayınlanması. Nuremberg ve Potsdam'da (Almanya) Barok kazımacılarının ortaya çıkması.
M.S. 1615	İngiliz Kraliyet Bildirgesi ormanların yok olmasından dolayı, cam yapımında odun yakıtını yasaklar fakat odun 18. Yüzyılın sonlarına kadar çeşitli yerlerde yakıt olarak kullanılmaya devam eder.
M.S. 1648	Cam tıpa üretimi. (Genellikle laboratuvarlarda kullanılan camlar için camdan tıpa, kapak benzeri ürün üretimi) Fransızların daha ucuz cam geliştirmesi. Hollanda da elmas uçla kazımacılığın başlaması.
M.S. 1660	Açık alevde şekillendirmenin yeniden canlanması. Avize, şamdan döneminin başlaması.
M.S. 1676	Kurşunlu camın Ravenscroft tarafından geliştirilmesi. (George Ravenscroft, İngiltere) Yakut kırmızısı camın Johann Kunckel tarafından yeniden mükemmelleştirilmesi. (Potsdam, Berlin Almanya)
M.S. 1687	Fransa'da döküm plakanın icadı.
M.S. 1695	14. Louis tarafından Kraliyet Cam Fabrikasının kurulması. (Şu anda St. Gobain.)
M.S. 1760	Benjamin Franklin'in çift odaklı camları üretmesi. Stiegel (Henry Stiegel) Japon camının yeniden canlanması.
M.S. 1771	Kosta'da camda hidroflorik asit kullanımı.
M.S. 1788	Waterford Kristal (İrlanda da Fabrika) (1788 yılında Kral 3. George'un karısı Charlotte Sophia için kristal takımı üreterek hediye ediyor. Tasarım çok beğeniliyor)
M.S. 1800	Yapay cam göz üretimi. Cam üretiminde, kömürün daha baskın bir yakıt olarak kullanılması.
M.S. 1830	İngiltere'de Pilkington Cam Fabrikası'nın cam üretimine başlaması. Amerika'da makinede preslenmiş cam üretiminin başlaması. Avrupa'da görkemli Bohemya camlarının etkilerinin görülmeye başlaması. Avusturya'da elle üflenmiş camların ortaya çıkışı.
M.S. 1835	Almanya'da Josef Riedel tarafından uranyum camının ("annagrün") geliştirilmesi.
M.S. 1840	Cam gümüşleme işleminin patentinin alınması.
M.S. 1851	Kristal Saray (Crystal Palace) Sergisi. (Gelecekteki cam çağının sinyallerini verdi.)
M.S. 1860	John Piper – İlk Avusturyalı cam füzyon ustası. Avusturya'da James Ferguson ve James Urie'nin cam tasarımlarıyla öne çıkmaları. Michael Faraday'ın borik oksit kullanımı içeren bilimsel anlayışı geliştirmesi.

M.S. 1870	El yapımı küre ampul imalatı. Emilie Galle'nin cam tasarımlarıyla öne çıkması. Amerika'da, Tilghman tarafından kumlamanın patentinin alınması.
M.S. 1878	Louis Comfort Tiffany'nin tasarımlarıyla ön plana çıkması. Boda ve Schott firmalarının cam üretimleri. Yağ ve gazın daha baskın yakıt olarak kullanılmaya başlanması.
M.S. 1885	Camda Endüstri Devrimi'nin yoğun etkilerinin görülmesi. Elle üfleminin dekoratif sanat olarak ayakta kalması. Avusturalya'da vitray kap üretimi.
M.S. 1890	Dokulu cam tabaka üretimi için ilk makinenin yapılması.
M.S. 1902	Cam tuğla üretimi. Yüzdürme işleminin Amerika'da patentinin alınmasına rağmen geliştirilmemesi.
M.S. 1904	Steuben cam fabrikasının üretimleri. Frederick Carder'in tasarımlarıyla ön plana çıkması. (Steuben Cam Fabrikası'nın kurucusu ve tasarımcılarından.) Steuben Cam Fabrikası'nın otomatik şişe üfleme makinelerini kullanmaya başlaması. (Ortalama 1903'lü yıllarda Micheal Owens tarafından icat edilmiştir.) Ticari neon lambaların ortaya çıkışı.
M.S. 1908	Rene Lalique, Einar Forseth ve Cesar Clein'in cam alanında ön plana çıkmaları.
M.S. 1912	Maurice Marinot'un cam tasarımlarıyla ön plana çıkması. Orrefors Cam Fabrikası'nın, atölyelerini sanatçılara açarak, cam sanatında öne çıkması. Gabriel Argy Rousseau'nun şeker gibi iri taneli pate de verre işleriyle ön plana çıkması.
M.S. 1914	Ticari borasilikat cam üretimi. Fourcault çekme cam üretiminin ortaya çıkışı. (Emilie Fourcault'un düz cam üretme yöntemi geliştirmesi)
M.S. 1916	Cam üfleme tezgâhının kullanımına başlanması. (Açık alevde çalışanlar için) Graag camların yapımının başlaması. (Belçika)
M.S. 1920	Kurşunlu vitray yapımına alternatif olarak, füzyon yönteminin kullanılması. (Füzyon yöntemi yeni olmadığı halde). Sabit silindirler ve endüstriyel düz cam germe hareketli masasının cam üretiminde kullanımı.
M.S. 1925	Cam çağı devam ediyor. Gökdelenlerde cam kullanımının yaygınlaşması. Josef Drahonovsky'in Çekoslovakya'da, Simon Gate ve Edward Hald'in Orrefors'da tasarımlarıyla ön plana çıkması. Corning cam fabrikasında, şeritli, armut ampul üretim makinesinin kullanılmaya başlanması.
M.S. 1930	İlk ticari cam fiber üretilmesi. Havayla ani soğutma buluşlarının, camın temperlenmesini (hızla soğutarak camı sertleştirmek) ticari açıdan mümkün hale getirmesi. Düz cam üretiminin süreklilik kazanması. Motifli dokunun canlanması.
M.S. 1935	"Koala" Fourcault cam üretimi. Cam tuğlaların gelişimi. Alan Sumner, Mervyn Napier-Waller, Norman St Clair Carter tarafından Avusturalya vitrayının geliştirilmesi.

M.S. 1945	Çek camının uzun vadede heykel sanatında gelenekselleşmesi; camın bir araç olarak ortaya çıkması. Jan Thorn Prikker'in, Almanya'da kurşunlu camın yeniden canlanmasına öncülük etmesi. William Gleeson'un, Avusturalya'da deneysel yaklaşıma öncülük etmesi.
M.S. 1950	Dalle de verre uygulaması. Cam perde duvar. (Binaların dış duvarı camdan yapılmıştır.)
M.S. 1950	Tapio Wirkkala'nın cam tasarımlarıyla ön plana çıkması. Avusturalya'da Stephan Moore'nin vitraylarının dikkat çekmesi.
M.S. 1957	Cam-Seramiklerin ortaya çıkışı. (Yüksek silika kristalize olmuş camlar, Pyroceram'a Zerodur'a ve bu gibi malzemeler.)
M.S. 1959	Pilkington Cam Fabrikası'nın düz cam seri üretiminde devrim yapması. Douglas Shenton Annand Avusturalyalı cam tasarımlarının dikkat çekmesi. (Avustralya Modernizm gelişiminde önemli katkıları vardır. Modernizm döneminde Avustralya'da çalışan en önemli sanatçı-tasarımcılarından birisidir.)
M.S. 1962	Erwin Eisch, Harvey K. Littleton, Dominick Labino gibi öncülerle Stüdyo Cam Hareketi'nin başlangıcı. Cam fiber optiklerin kullanılması. Dalle de verre yönteminin gelişmesi.
M.S. 1968	Avusturalya'da, Les Kossatz, Leonard French, David Wright, Cedar Prest, Klaus Zimmer, Stephen Skillitzi'nin cam tasarımlarıyla dikkat çekmesi.
M.S. 1974	Avusturalya Dandenong'da (Melbourne) ilk yüzdürme düz cam işletmesinin açılması.
M.S. 1975	Jam Fabrikasında, cam üfleme çalıştayının açılması. (Adelaide/Avusturalya)
M.S. 1978	İlk Ausglass Konferansı'nın yapılması. (Sidney'de)
M.S. 1985	Meat Market Craft Centre'de (şimdi RMIT'in bir parçası) cama giriş çalıştayının açılması.

Kaynak: Stone, 2000: 2.6-2.9.

İKİNCİ BÖLÜM

FIRINDA CAM BİÇİMLENDİRME YÖNTEMLERİ

1. TANIM VE SINIRLILIKLAR

Bu araştırmada, yabancı kaynaklarda, “Kiln Casting” ve “Kiln Forming” olarak da geçen terimler, Türkçe karşılığında “Fırında Cam Biçimlendirme” başlığında değerlendirilmiştir. Zira terimler direkt Türkçeleştirildiğinde, uygulamalar kategorize edilirken tanımlanması sıkıntı yaratmaktadır. Şöyle ki “Casting”, döküm anlamında seramik ve metal teknolojisinde de kullanılan bir yöntem olmasına rağmen camda uygulamada ciddi farklılıklar bulunmaktadır. Fırında cam biçimlendirme; teknikler, malzemeler, süreçler, ana malzeme olarak cam ve ana biçimlendirme yöntemi olarak bir fırın içerisinde gerçekleştirilen uygulamaları kapsayan geniş bir yelpazeyi içermektedir. “Kiln Casting” (Kalıpla biçimlendirme), Çöktürme, Füzyon, “Frit Casting”, Pate de Verre fırında cam biçimlendirmenin temel alanları olarak tanımlanabilmektedir (Thwaites, 2011: 7). Bu görüşe paralel olarak, Cummings; “Casting” (Kalıpla biçimlendirme), Pate de Verre, Çöktürme, fırında cam biçimlendirmeyi oluşturan teknikler olarak ele almaktadır (Cummings, çeviri, 2011: 62). Literatürde karşılaşılan bilgiler, Cummings ve Thwaites’in tanımlarının da ışığında fırında cam biçimlendirme yöntemleri denildiğinde; elektrikli, doğalgaz ya da diğer yakıt türlerindeki kapaklı, arabalı ya da arabasız bir fırın içerisinde, camı eriterek ya da yumuşatarak yapılan tekniklerin tamamını kapsadığı söylenebilir. Teknikler, eritilecek cam tipi, türü, çalışma sıcaklığı ve uygulama yöntemine göre çeşitlenmektedir.

Bu uygulamalarda cam biçimlendirme esnasında refrakter kalıp karışımı kullanılan yöntemlerin ise “Kiln Casting” olarak genellendiği görülebilmektedir. Thwaites (2011: 11)’de “Kiln Casting” temel anlamda fırın içerisinde camın ısı ile refrakter kalıplar içerisine eritilerek ya da yumuşatılarak şekillendirmesi olarak ele alınmaktadır. Isıtma işleminden önce toz, frit, külçe ya da çubuk şeklindeki cam parçaları kalıp boşluğuna yerleştirilebileceği gibi kalıp yeteri kadar ısıtılarak içerisine ergimiş cam da dökülebilir. Bir başka araştırmacı ise fırında cam biçimlendirme başlığı altında; Lost Wax, Pate de

Verre, Füzyon Döküm, Akıtma Döküm ve Kalıba Çöktürme tekniklerine yer vermektedir (Kohler, 1998: 59, 60). Yapılan araştırmada literatürde ortak bir sınıflandırmanın olmadığı dikkat çekmektedir. Bu anlamda en önemli kısıtlayıcının, cam alanında oturmuş bir terminolojinin olmaması olduğu söylenebilir.

Bu tekniklerin kapsadığı uygulamalarda ise refrakter kalıp karışımı olarak tabir edilen genellikle alçı-kuvars karışimli kalıplar kullanıldığı görülmektedir. Refrakter kalıp karışımı; refrakter malzemelerin alçı ile karıştırılarak birlikte kullanıldığı kalıp karışımlarına denmektedir. Refrakter malzemeler, yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı ve bu sıcaklıklarda deforme olmayıp, kimyasal değişime uğramayan malzemelerdir. Refrakterler, fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde yüksek sıcaklıklarda kullanılan refrakter kalıp karışımlarının başlıca malzemeleridir (Lundstrom, 1989: 49). Fırında cam biçimlendirme yöntemleri düşük sıcaklıkta boyamadan başlayıp yüksek sıcaklıkta döküme kadar giden ve arada bükme, çöktürme ve füzyon dökümün olduğu geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır (Cummings, çeviri, 2011: 193). Dolayısıyla refrakter kalıp kullanılmayan uygulamalar da vardır. Fakat sınırlılıklarda belirtildiği üzere kalıp kullanılmayan uygulamalara, bu araştırmada yer verilmeyecektir.

Fırında cam biçimlendirme yöntemlerini ele almadan önce bu başlık altında toplanan tekniklerde kullanılan model, modelleme, kalıp ve kalıplama sistemlerine değinilerek tekniklerin daha iyi anlaşılması sağlanmaya çalışılacaktır.

2. KULLANILAN MALZEMELER

2.1. MODEL MALZEMELERİ VE TÜRLERİ

Plastik sanatlar alanında model, üretilmesi planlanan formun kalıbı alınmak üzere biçimlendirilmiş haline denmektedir. Endüstriyel seramik üretiminde kullanılan modeli Kundul, şöyle tanımlamaktadır:

Yapılması istenilen tasarımın gerçekleşmesi için, seramik üretim tekniklerine, kalıplama tekniklerine ve çizilmiş model teknik resmine uygun, seramik modelcisi tarafından yapılan, 1/1 ölçekli (kullanılmaya hazır ürün) üründen bazı farklılıklar gösteren üç boyutlu şekle, forma, işe, parçaya model denir (Kundul, 2013: 101).

Model, fırında cam biçimlendirme teknikleri kapsamında, kalıbı alınmak üzere kil, plastik, silikon, ahşap, strafor, alçı, mum vb. uygun bir malzemedan yapılmış, 1/1 ölçekli örnek olarak tanımlanabilir. Cam sanatında kalıpla biçimlendirme uygulamalarında, model, döküm ağız ile birlikte kalıplanır ve cam ürünü elde edene kadar model ile bütünleşik olarak kalır. Döküm ağız kalıpta boşluk oluşturur ve fırınlama sürecinde kalıba cam beslemesi buradan yapılır. Model üretiminde kullanılan malzeme bazen tüm detayların işlenebilmesi için uygun olmaz. Bu nedenle yapılacak modele göre malzeme seçimi yapılması gerekir. Bazı tasarımlarda yapay veya doğal nesnelere de model olarak kullanılabilir.

Fırında cam biçimlendirme yöntemleri genellikle yekpare (tek parçalı) kalıplar tercih edilmektedir. Çünkü parçalı kalıplar ısı karşısında deforme olurken ek yerlerinden eriyen cam akar ve pürüzsüz bir cam yüzeyi elde edilmesini zorlaştırır. Bu tercih aynı zamanda yapılmak istenen tasarımın modelinin, hangi malzemedan yapılacağı noktasında da belirleyici olur. Bu nedenle genellikle cam üretim kalıbından kolay boşaltılabilecek bir model malzemesi tercih edilmektedir. Bu alanda başvurulan en çok kullanılan malzemelerden biri mumlardır. Mum modeller aracılığıyla gerçekleştirilen kalıp üretim tekniği literatürde “Lost Wax” (Kayıp Mum) olarak adlandırılmaktadır. Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde, bu yolla üretilen kalıplarla gerçekleştirilen teknikler, “Lost Wax Casting” – “Drip Casting” olarak da tanımlanabilmektedir. (Casting tabiri aslında, camın yumuşatarak eritilmesiyle oluşan kıvamı tanımlıyor denebilir.)

Bazı durumlarda model, çok parçalı kalıbı alınarak (kalıp parça sayısı çoğaldıkça risk artar) kalıp içerisinden model çıkarılır ve kalıp üzerine tekrar refrakter kalıp karışımı sıvanarak ya da dökülerek kalıp tek parça hale getirilir. Bu yöntem çok sağlıklı olmayıp, istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir. Bu gibi tasarımların, silikon kalıpları alınarak bu kalıplar içerisine üretime uygun malzeme dökülür (genellikle mum) ve model tek parçalı kalıp almaya uygun hale getirilir.

Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde çoğunlukla tekparça kalıplar tercih edilmesinden dolayı model malzemesi olarak, strafor, çamur, özellikle de mum gibi kalıptan kolaylıkla çıkarılabilecek malzemeler tercih edildiği görülmektedir. Mum modeller kalıptan ısı, buhar, sıcak su yardımıyla kolaylıkla boşaltılabilmesi sebebiyle

özellikle girintili çıkıntılı, ters açılı, ince detaylı uygulamalarda kullanımı tercih edilmektedir.

Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde kullanılan başlıca model malzemelerine “İki Boyutlu Model ve Malzemeleri”, “Üç Boyutlu Model ve Malzemeleri başlıkları altında değinilecektir.

Modelin niteliğine ve tasarlanan ürüne göre model malzemesi seçimi, Fırında cam biçimlendirme yöntemleri çok önemlidir. Model malzemesinin hatalı seçilmesi durumunda, kalıp üretim ve fırın süreci doğrudan etkilenmektedir.

2.1.1. İki Boyutlu Modeller ve Malzemeleri

Modelin üzerinde tek parçalı kalıptan çıkmasını engelleyecek herhangi bir ters açı, rölyef ya da kazıma gibi bir detay yoksa model olarak belirli bir sertliği olan (üzerine alçı bazlı sıvı haldeki refrakter kalıp karışımını döktüğümüzde, şeklini kaybetmeyen ya da değiştirmeyen) her türlü malzeme kullanılabilir. Burada malzeme seçimi uygulamacıya aittir. Uygulamacılar yapacağı forma uygun malzemeyi kendisi belirlemektedir. Malzeme belirlendikten sonra modelin şekillendirme aşaması bir formun üretilmesindeki ilk adımdır. Ahşap, cam, metal, pvc, mermer, granit, taş, alçı, çamur, plastilin, strafor gibi birçok malzeme, iki boyutlu tek yönde çıkma açısına sahip modellerin yapımında kullanılabilir. Ayrıca “Üç Boyutlu Kalıp Modelleri ve Malzemeleri” başlığı altında kullanılabilen bütün malzemeler, “İki Boyutlu Kalıp Modelleri” üretiminde de kullanılabilir.

Bu başlık altında kullanılan malzeme yelpazesi oldukça geniştir dolayısıyla hepsini tanımlamak ayrı bir araştırma konusudur. Belirlenmiş olan malzemelerin tanımları aşağıdadır.

Mermer: Bileşiminde %75'ten çok kalsiyum karbonat bulunan, genellikle beyaz, renkli ve damarlısı da olan, cilalanabilen, billurlaşmış kireç taşı¹² olarak tanımlanmaktadır.

Granit: Granit, yerkürenin milyonlarca yıl süren jeolojik oluşum dönemlerinde kuvars, feldspat ve mika gibi çeşitli minerallerin birleşmesiyle oluşmuş doğal magma kayalarıdır¹³.

Alçı: Kalsiyum Sülfatın yarım mol su içeren haline alçı denir. Doğal alçıtaşı cevherinin kalsine edilerek, bünyesindeki su moleküllerinin bir miktarının uzaklaştırılmasıyla oluşan yarım su molekülü 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 (Kundul, 2013: 7; Yılmaz, 2008; 1). Alçı su ile karıştırıldığında belirli bir süre sonunda donarak sertleşir.

PVC: Pvc kısaltma olarak "Polivinil klorür" yerine kullanılır. Petrol ve Tuzdan oluşan, petrokimya tesislerinde üretilen, formülü ($\text{CH}_2\text{-CH}_2$) olan bir polimer türüdür¹⁴. Kısaca sert bir plastik biçimidir.

Çamur: Su ile karışıp bulaşır ve içine batılır duruma gelmiş toprak, balçık¹⁵. Model yapımında genellikle seramikçilerin kullandığı kırmızı çamur ya da çömlekçi çamuru olarak bilinen çamur tipi kullanılmaktadır. Bu çamur tipi kolay bulunabilmesi, şekillendirmenin rahat olması, pürüzsüz olması sebebiyle tercih edilir. Su oranı iyi ayarlandığında biçimlendirilen formu koruma mukavemeti iyidir. Ayrıca şamotlu çamur, döküm çamuru, porselen çamuru gibi farklı çamur çeşitlerinin kullanımı da görülmektedir.

¹²http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55defce6ec0553.86088056 (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

¹³<http://www.dogagranit.com.tr/urunler.asp?lang=tr> (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

¹⁴<http://pvc.nedir.com/> (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

¹⁵http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55defdb48239a4.16206101 (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

Plastilin: Endüstriyel olarak üretilmiş çamur benzeri bir çeşit macun. Modelleme hamuru olarak da adlandırılır. Elinize aldığınızda yağlı olduğunu hissedebileceğiniz farklı sertlikleri bulunan, kurumaması, küçülme yapmaması gibi özellikleriyle çamur yerine tercih edilen bir malzemedir. Genellikle kalıbı alınacak model çalışmalarında ve stop-motion olarak adlandırılan çizgi film projelerinde kullanılır.

Strafor: Köpük olarak da bilinir. “Köpük termoplastik bir malzemedir. Bileşimi %92 karbon, %8 hidrojen den meydana gelmektedir. Ana maddesi ham petrol ve doğal gazdan elde edilmektedir” (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2006: 4). Strafor plastikler sınıfında bulunan, petrolün yağ kısmından haddelenerek elde edilen, kapalı gözenekli, genellikle beyaz renkli termoplastik sentetik bir malzemedir¹⁶.

2.1.2. Üç Boyutlu, Çok Yönlü Çıkma Açısına Sahip Modeller ve Malzemeleri

Kalıbı alınacak model ters açı veya açılara sahipse, sert bir malzemeden üretildiğinde tek parça kalıptan modeli çıkarmak mümkün olmamaktadır. Bu tip modeller genellikle üç boyutlu modeller olmakla birlikte bazı iki boyutlu modellerde tasarım rölyefli dekorlara sahip olabilmektedir. Böyle bir durumda model malzeme seçimi önem taşımaktadır. Çamur, plastilin ve strafor gibi üzerine alçı bazlı refrakter kalıp karışımı döküldüğünde, formunu kaybetmeyecek kadar yeterli sertliğe sahip malzemeler, cam döküm ağzının genişliği yeterli olan kalıplarda kullanılabilir. Kalıp alma süreci sonrasında bu malzemeler çeşitli el aletlerinin de yardımıyla kalıptan boşaltılabilir.

Plastilin ve çamur gibi yumuşak malzemeler, kalıbın döküm ağzından el, modelaj kalemleri, kaşık vb. materyaller yardımıyla boşaltılır. Model malzemesinin, döküm ağzından el ve el aletleri yardımıyla boşaltılamayacağı durumlarda, eritilerek ya da yakılarak kolaylıkla boşaltılabilen malzemeler genellikle de mum (wax) kullanımı tercih edilmektedir. Mumun eritilerek ya da yakılarak kalıptan boşaltılması pratik bir yöntemdir. Fakat mum kadar pratik olmasa da ağaç dalları, ahşap gibi organik maddeler de yakılarak kalıp boşluğu oluşturulabilmektedir.

¹⁶<http://strafor.nedir.com/> (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

Kalıp ve modelin formu uygunsa strafor da kullanılabilir. Strafor kalıp içerisinde çeşitli el aletleri ile parçalanarak çıkarılabileceği gibi, yakılarak veya tiner, aseton gibi malzemelerle eritilerek de çıkarılabilir. Strafor, üzerine tiner veya aseton döküldüğünde eriyen bir malzemedir. Tiner veya yakma yöntemiyle straforun kalıptan boşaltılması oldukça zordur. Strafor yakıldığında ya da üzerine tiner döküldüğünde kalıp yüzeylerinde yapışkanimsi bir katman oluşturur ve bu katmanı temizlemek zordur. Ayrıca straforun yakılarak boşaltılması esnasında ortaya çıkan duman ve koku rahatsız edici olmakla birlikte, bu işlem kalıp iç yüzeyine de zarar verebilir. Straforun parçalanarak çıkarılmayacağı kalıplarda, straforu yakmak ve üzerine aseton ya da tiner dökerek eritmek yerine model malzemesi olarak mum kullanmak daha pratiktir.

Mumu işlemek özellikle de kalıptan boşaltmak oldukça kolaydır. Bu sebeple fırında cam biçimlendirme yöntemleri kullanılan tek parça halinde yapılan kalıplarda model malzemesi olarak genellikle mum kullanılmaktadır.

Mum: Mum denilince ilk akla gelen, aydınlatma aracı olarak kullanıldığı biçimidir. Cengiz, mumları “genel olarak oda sıcaklığında katı halde bulunan termoplastik materyaller olarak” tanımlamaktadır¹⁷. Basit tabiriyle, oda sıcaklığında katı halde bulunan, düşük sıcaklıklarda erime özelliği gösteren farklı kullanım alanları türleri olan bir çeşit malzeme olduğu da söylenebilmektedir.

Türk Dil Kurumu güncel sözlüğündeki tanımıyla mum:

1. Bir fitilin etrafına erimiş bal mumu, içyağı, stearik asit veya parafin dökülerek genellikle silindirik biçiminde dondurulan ince, uzun aydınlatma aracı: Kandil geceleri bu velilerin yerleri mumlarla donanırdı. -Y. K. Beyatlı. 2. Bal mumu. 3. fiz. Işık şiddeti birimi, kandela. 4. kim. Bazı böcekler ve bitkiler tarafından salgılanan, böceklerin deri ve tüylerini, bitkilerin yüzeyini kaplayarak koruyucu görev yapan, içinde serbest yağ asitleri, alkoller ve doymuş hidrokarbonlar bulunan esterler: En bilinen mum, arıların yaptığı bal mumudur¹⁸.

¹⁷ dis.beun.edu.tr/wp-content/uploads/2011/04/mumlar.ppt (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

¹⁸http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55df16fcc1e990.45979680 (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

TDK Kimya Terimleri sözlüğünde ise “1. Büyük moleküllü yağ asitleriyle, gliserin dışındaki büyük moleküllü alkollerin oluşturduğu esterler. 2. Kimi yağ asiti ve yüksek karbon sayılı hidrokarbonların oluşturdukları karışım¹⁹” olarak tanımlanmaktadır.

Farklı mum türleri bulunmaktadır. Kullanılacak mum türü tamamen yapılacak çalışmanın niteliğine bağlı olarak değişebilir. Mikro kristal mumu 32°C’de esnek bir yapıya geçen bir mumdur. 4°C’ye kadar soğutulursa ince detaylar rahatça işlenebilmektedir. Çok ince detaylar için sert mumlar dişçi malzemesi satan yerlerde bulunmaktadır. Mikro kristalin mumunun alternatifi balmumu ve parafin karışımıdır. Parafine, %10-%20 oranlarında balmumu karıştırılmasıyla elle işlemek için çok uygun bir mum elde edilmiş olur (Lundstrom, 1989: 20).

Kaynaklarına göre mumlar dört bölümde toplanır:

1. Madensel kaynaklı mumlar: parafin, mikrokristalin, ozoserit, keresin, montan, kandelilla ve japon mumları. Bu mumlar petrol ürünlerinden veya petrol yatakları yakınlarından elde edildikleri için, madensel kaynaklı olarak isimlendirilmiştir. Parafin ergime derecesi 50-60°C diğerinin ergime derecesi 90°C’dir.
2. Hayvansal kaynaklı mumlar: bal mumu ve ispermeçet mumu.
3. Bitkisel kaynaklı mumlar: karnoba ve uriküri mumları.
4. Sentetik mumlar: Ütiliti mumu. Genellikle mum bileşimleri içine katkı maddesi olarak girerler. Diş hekimliğinde geniş kullanım alanına sahiptirler. (Çelik ve Tekmen, 2004: 84).

Hazırlanış biçimlerine göre ise mumlar; doğal, değiştirilmiş ve bileşik olarak sınıflandırılabilir. Doğal mumlar, hayvansal, bitkisel ya da mineral kaynaklı olup, doğada bulunabilen mumlardır. Bazı kimyasal veya termal yollarla değiştirilmiş doğal mumlara ise değiştirilmiş mumlar denmektedir. İstenilen özellikleri elde edebilmek için farklı mum çeşitlerinin karıştırılmasından oluşturulan mumlar, bileşik mumlar olarak adlandırılmaktadır (Kervin ve Fenton, 2000: 43).

¹⁹http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55df16fcc1e990.45979680 (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

Cengiz, mumları orijinleri itibariyle doğal mumlar ve sentetik mumlar olarak ikiye ayırmaktadır. Doğal mumları, yenilenebilir ve yenilenemez olarak, sentetik mumları ise homopolimerler ve kopolimerler olarak sınıflandırmaktadır. Mumların çeşitli maddelerin karışımlarından oluştuğu için tek bir erime dereceleri olmadığını, erimelerinin alt ve üst sınırları olduğunu belirtmektedir²⁰.

Cengiz'in görüşüne paralel olarak, Endlein (2011: 2)'de mumları doğal ve sentetik mumlar olarak ayırmış ve bu tanımı şöyle genişletmiştir: Doğal mumlar yenilenebilir ve yenilenemez olarak ayrılabilir. Yenilenebilir mumlar, yeniden büyüyebilir. Hem kimyasal olarak değiştirilmemiş, bitkisel ve hayvansal esaslı olabilir, hem de kimyasal olarak hidrojenlenerek ya da tekrar esterlenerek değiştirilebilirler. Yenilenemeyen fosil mumlar ham veya rafine petrol mumları olarak ayrılmaktadır.

Sentetik mumlar ise homopolimerler ve kopolimerler olarak ayrılırlar. Tüm mum çeşitleri için ortak bir madde yapısı (kimyası) bulmanın zorluğundan dolayı, genel olarak kabul görmüş bir tanım yapmak zordur. Alman Yağ Bilimleri Derneği'ne (DFG) göre, böyle bir genel tanım yapılacak olursa, mumlar, aşağıdaki özelliklere sahip, orta zincir uzunluğuna daha fazla veya daha az hidrofobik (su iten) maddelerin bir karışımı olarak tanımlanabilmektedir.

- 20°C'ye kadar sert, kırılğan ve esnektir. Bu dereceden sonra yumuşamaya, yapışkanimsı bir hal almaya başlar.
- Erime derecesi yaklaşık olarak, 40°C ile 140°C derece arasındır.
- Eriyik halden katı hale dönüşümünde herhangi bir değişikliğe uğramaz.
- Diğer maddelere nazaran, çoğunlukla erime viskozitesi düşüktür.
- Bazen perdahlanabilir.
- Eriyebilirlik ve kıvam sıcaklığa bağlıdır.

²⁰ dis.beun.edu.tr/wp-content/uploads/2011/04/mumlar.ppt (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

Thwaites (2011: 14)'de mumun, üretim sürecinde çamur ve diğer model malzemelerinden daha fazla olanak sağladığı belirtilmektedir. Mikro kristalin gibi sert mum türlerinin model üretme kalıplarına dökülerek şekillendirme yapılabildiği gibi, tek bir modelin elle şekillendirilmesinde kullanılacak birçok yumuşak mum türünün olduğu vurgulanmaktadır.

Mum modeller farklı yöntemlerle şekillendirilebilir. Genellikle kullanılan üç yöntem;

1. Tabaka haline getirilen mumun kazıma ve oyma işlemleriyle ahşap, alçı vb. malzemeler gibi şekillendirilmesi,
2. Isı ile yumuşatılıp plastik hale getirilen mumun çamur gibi elle şekillendirilmesi,
3. Eritilip model üretim kalıplarına (silikon kalıp, çok parçalı alçı kalıp v.s.) döküm yapılarak şekillendirilmesidir.

Üç boyutlu cisimler, vazolar ve kâseler, eriyik mumu nemli kilin içine dökerek meydana getirilebilmektedir. Kil herhangi bir yöntem kullanılarak çukurlu hale getirilir. Beş ya da altı saatlik kurumadan sonra oyulmak için yeterince sert hale gelmiş olur. Kil kalıbın iç kısmına desen çizilebilir. Daha sonra mum kil kalıbın içine dökülür ve her tarafa dağılması sağlanır. Arta kalan mum eritme kabına geri dökülür. Mum soğuduktan sonra kil rahatlıkla yüzeyden çıkartılabilir. Eğer kil çıkartılamazsa bir müddet suyun içinde bekletilir.

Mum tanıdık bir malzeme olması sebebiyle hafife alınmamalıdır. 260°C'de aşırı ısınmış mum ile 65°C'deki ergimiş mumun görüntüsü aynıdır. Cilde döküldüğünde ciddi yanıklara sebep olabilir. Dolayısıyla mum ile çalışırken dikkatli ve tedbirli olmakta fayda vardır. Mum eritirken ya da sıcak mum ile çalışırken, yanınızda ilk yardım malzemesi olarak bir kova soğuk su bulundurmak faydalıdır. Mum bir kaba konulup bu kaptaki su ile dolu bir kaba konularak ergitilmelidir. Böylece mumun sıcaklığı suyun kaynama noktası civarlarında kalacaktır. Eğer mum ya da mum dolu kap direk ateşe maruz kalırsa mumun sıcaklığı fazlasıyla yükselebilir ve mum parlayabilir. Mum parladığında büyük mesafelere sıçrayabilir ve yanıklara sebep olur. Özellikle eritme esnasında dikkatli çalışılmalıdır (McCreight, 1994: 2). Farklı mum türleri karıştırılarak kullanılabilir.

2.2. KALIPLAR VE TÜRLERİ

Bu başlık altında ele alınacak kalıplar, fırında cam biçimlendirme yöntemleriyle cam eser üretiminde kullanılan kalıp türleridir. Bu bölümde, model üretiminde kullanılan kalıplara değinilmeyecek, direk ısıya maruz kalan üretim kalıplarına değinilecektir. Cam üretiminde kullanılan kalıplar ısıya dayanıklı kalıplardır ve genellikle refrakter malzeme katkısıyla hazırlanırlar.

Model yüzeyinin alçı ile kaplanması iki farklı yöntemle yapılabilmektedir. Görsel 7'de gösterilen birinci yöntemde, model çevresine kalıp kurgusu oluşturulup alçı dökümü yapılmaktadır. Görsel 8 ve 9'da benzeri gösterilen diğer yöntemde ise model, el ve aletler yardımı ile alçı ile sıvanarak kaplanabilmektedir. Aşağıdaki başlıklarda anlatılacak tüm kalıp türlerinde her iki yöntemde kullanılabilir.

2.2.1. Açık Kalıplar

Basit formlar için kullanılan kalıp biçimlerindedir. Seramikte kullanılan tek parçalı kalıplarla benzerlik göstermektedir. Seramik sektöründe kullanılan tek parçalı kalıpları Kundul şöyle açıklamaktadır:

Basit formların, modellerin şekillendirilmesi için yapılan bir kalıp şeklidir. Büyük işletmelerde çok fazla kullanılmaz. Küçük atölyelerde, hobi çalışmalarında, okullardaki çalışmalarda daha çok kullanılır. Profesyonel çalışmalarda fazla kullanılmaz. Döküm kalıplarında, döküm esnasında formun ağız, et kalınlığı düzgün elde edilmez, her modelin kalıbını almak mümkün değildir. Belli modellerin kalıbı alınabilir. Konik kesik konik, yarım küre, silindir veya köşeli modellerin (kare prizma, dikdörtgen prizma, altıgen prizma veya daha değişik şekiller) kalıpları alınabilir, kalıptan çıkma koniklikleri aynı yönde olmalıdır. Modellerde ters koniklikler olmamalıdır (Kundul, 2013: 167).

Üretim yöntemlerinde benzerlik göstermesine rağmen seramik ve cam kalıpları birbirinden farklıdır. Seramikte kullanılan tek parçalı kalıp modellerinde ters açılar olmamalı, kalıptan çıkma açıları aynı yönde olmalıdır. Cam biçimlendirmede kullanılan açık kalıp olarak adlandırdığımız kalıp biçimlerinde ise model (fazla olmamak koşulu ile) girift ve ters açılı yapıya sahip olabilir.

Açık kalıp (Görsel 6) yapım metotları geniş ve sıg formlar için kullanışlıdır. Kare, dikdörtgen, konik, silindir gibi geometrik formların, açık kalıbı alınabilmektedir. Geniş kalıp ağız açıklığı, modelin kalıptan kolaylıkla çıkarılmasını sağlar ve kalıbın temizliğini kolaylaştırır. Ayrıca, bu şekilde alınan kalıplar da fırınlama işleminden önce büyük boyutlu cam parçalarının kalıba kolaylıkla yerleştirilmesine imkân verir. Açık kalıplarda kalıp içine doldurulan cam parçalar yığma yapıldığı için, forma ilave bir döküm ağız yapılmayabilir.



Görsel 6. Açık kalıp

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Thwaites (2011: 13)'de cam şekillendirmede kullanılan açık kalıpların şu şekilde yapıldığı belirtilmektedir. Açık kalıplarda modelin yüzü çalışma masasına yerleştirilerek yapılabilir. Bu metot, tek yönde çıkma açısına sahip ve detaysız modeller için en uygun ve basit yöntemdir. Bu yöntemde özellikle çamur modeller kalıptan kolaylıkla çıkarılabilir. Burada anlaşılması gereken en önemli nokta fırınlama aşamasında kalıp ağzının yukarıda kalmasını sağlamak için, açık kalıp yapım aşamasında modelin ağız aşağıda kalacak şekilde kalıp alma işleminin yapılmasıdır. Gerekli olduğu durumlarda, modelin yönünün ve kalıp döküm ağzının, kalıp yapımına başlamadan önce dikkatlice düşünülmesi gerekmektedir.

Aşağıda kâse formu kullanılarak, açık kalıp yapımı görsellerle anlatılmaktadır (Görsel 7). Burada kullanılan kâse ters açığa sahiptir. Fakat sahip olduğu ters açığı, kalıbın zarar görmeden, çamur modelin parçalanarak çıkartılmasına engel olmayacak kadar azdır.



Görsel 7. Açık kalıp modelinin zemine yerleştirilerek kalıp kurgusunun hazırlanması, refrakter kalıp karışımının model üzerine dökülmesi ve modelin kalıptan çıkarılma süreci.

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Açık kalıp yapımında model, ağız tarafı masaya gelecek şekilde yerleştirilir. Alçı dökülebilecek şekilde kalıp kurgusu hazırlanır. Kullanılan model malzemesine bağlı olarak, karışımın temas edeceği alanlar göz önüne alınıp, ihtiyaç duyulduğu takdirde modele ayırıcı sürülebilir. Gerekli olmasa bile kalıp ayırıcısı kullanmak, modelin kalıptan temizlenmesini kolaylaştırır. Arap sabunu sıklıkla kullanılan iyi bir kalıp ayırıcısıdır. Alçı bazlı refrakter kalıp karışımı, su ile karıştırılarak hazırlanır. Kullanılan su miktarı, kullanılan refrakter malzemenin yapısına ve oranına bağlı olarak değişebilmektedir. Thwaites (2011: 99)'de belirtildiği üzere, çoğu uygulamacı, 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. Yeterli miktarda su ile hazırlanan refrakter kalıp karışımı, model üzerine dökülür ve katılaşması beklenir. Katılaşma süreci bittiğinde çamur model el ya da el aletleri yardımıyla kalıptan boşaltılır. Model kalıptan boşaltıldıktan sonra açık kalıbımız hazır durumdadır.

2.2.2. Çok Parçalı Kalıplar

Kalıp üretiminde farklı yöntemler vardır. Formun şekline ve kullanılan model malzemesine göre iki ya da üç hatta daha fazla parçalı kalıp kullanılabilir. Cam biçimlendirmede kullanılan çok parçalı kalıbın tüm parçaları yapıldıktan sonra model çıkarılarak kalıp birleştirilir ve tel ile sabitlenir. Sabitleme işlemi esnasında kümes telinden de faydalanılabilmektedir. Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde, kalıp ısıya maruz kaldığı için kalıp parçalarının açılma riski çoktur. Tel ile sabitlenen kalıbın üzeri refrakter alçı karışımıyla sıvanarak kalıbın tek parça haline getirilmesi, kalıp

mukavemetini attıracaktır. Fakat parçalı kalıpların birleştirilmesiyle oluşturulan tek parçalı kalıplar, açık kalıplara ve tek parça olarak yapılan kalıplara göre daha riskli kalıplardır.

Yılmaz'ın göre çok parçalı kalıplar;

Serbest ve değişken hareketleri içeren modellerin kalıp yapımında kullanılan bir tekniktir. Modelde iç bükey veya dış bükey hareketler, şablon ve alçı tornasında şekillendirilen yatay hareketleri oluşturur. Bu modellerde kalıplama, serbest elle şekillendirme içeren modellerden daha kolaydır. Serbest hareketler içeren modellerde, kalıp ayırımı noktalarını tesbit etmek ve oluşturmak çok daha uzun zaman alır (Yılmaz, 2008; 54).

Çok parçalı kalıp yapımında kullanılacak olan model farklı malzemelerden yapılabilmektedir. Burada önemli nokta, model için kullanılacak malzemeyi seçerken modelin biçim, yapı ve ters açılarının dikkate alınarak seçilmesidir. Başka bir ifadeyle sanatçı, tasarladığı formu göz önünde bulundurarak model malzemesini belirlemektedir. Bu tür kalıplar için genellikle kullanılan model malzemesi çamurdur. Cam biçimlendirmede kullanılan çok parçalı kalıplarla ilgili Kohler'in aşağıdaki bilgisi de bunu desteklemektedir.

Çok parçalı kalıp modeli hazırlamak için en uygun olan malzeme su bazlı çamurdur. Çamur bünyesi gereği, yumuşak metal veya plastik plakalar (shim), rahatlıkla çamur bünye içerisine batırılarak ayırıcı duvar oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Katı maddelerden yapılan modeller için ayırıcı olarak çamur duvarlar oluşturulabilir. 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 belirlemek için, esnemez katı kalıp parçasının duraksamadan, rahatlıkla çekilip çıkarılabileceği düşünülmelidir. Eğer rahatlıkla çekip çıkarılamıyorsa, model üzerine buna izin verecek bir kalıp çizgisi çizilerek, kalıp parçaları belirlenmelidir. Teneke ve bakır çatı kaplamaları ayırıcı duvar oluşturmak için uygun malzemelerdir (Kohler, 1998: 188).

Basitçe çok parçalı kalıp yapım aşaması aşağıda maddeler halinde anlatılmaktadır (Görsel 8-9).

1. Çamur, plastilin gibi malzemeler çok parçalı kalıplarda sıklıkla kullanılan malzemelerdendir. Tasarlanan model uygun malzemeden ekillendirilerek, kalıp ayırım çizgileri belirlenir. Bu anlatımda ömleri çamuru olarak da bilinen, kırmızı çamur kullanılmakta, kalıp iki parçadan oluşmaktadır.
2. Kalıp çizgilerine, yumuşak metal veya plastik plakalar batırılarak, ayırıcı bir duvar oluşturulur.
3. Modelin, yumuşak metal veya plastik plakalarla ayrılan bir parçası, öncelikle alçı akışkan kıvamdayken, ince bir katman şeklinde kaplanır. Sonra alçı katılaşmaya başladığında bu katman alçı sıvanarak kalınlaştırılır.
4. Yumuşak metal veya plastik plakalar çıkarılarak kalıp kenarları düzeltilir. Kalıp kenarına diğerk parçanın sabitlenmesini sağlayacak pimler açılır ve kalıp ayırıcısı sürülür.
5. Diğerk parça model ve sertleşmiş kalıp parçası dik duracak şekilde alınabilmektedir. Bu aşamada modeli, zemine paralel konuma getirmek ikinci kalıp parçasını yapım sürecini basitleştirir. Uygun konuma getirilen model ve kalıp parçası alt yüzeyi sunta gibi düz uygun bir malzeme ile kapatılarak zemin etkisi oluşturulur.
6. Üçüncü aşamadaki gibi öncelikle alçı akışkan kıvamdayken modelin tüm yüzeyi kaplanır. Refrakter kalıp karışımı, katılaşmaya başladığında alet yardımıyla sıvanır ve istenilen kalınlık oluşturulur. Alçı tam anlamıyla sertleştiğinde iki parçalı kalıp yapım süreci bitmiştir. Model kalıp içerisinden çıkarılıp temizlenir.
7. Daha sonra, kalıp parçaları birleştirilerek öncelikle kümes teliyle tüm yüzeyler sarılır ve sıkıştırılır.
8. Tel ile sarılan kalıp üzerine refrakter kalıp karışımı akışken haldeyken dökülerek tüm yüzey kaplanır. Katılama sürecinde, refrakter kalıp karışımı sıvanarak, eşit kalıp kalınlığı oluşturmak adına modele uygun bir kalıp şekli oluşturulur.
9. Refrakter kalıp karışımı tam anlamıyla sertleştiğinde, kalıp süreci tamamlanmış, çok parçalı kalıp tek parçalı kalıba dönüştürülmüş olur. Bu tür kalıplarda, cam yüklemesi direk kalıba yapılabileceği gibi üzerine bir hazne konularak da yapılabilir.



Görsel 8. Yumuşak plastik plakaların yerleştirilmesi, 1. ve 2. parça için model yüzeyinin refrakter kalıp karışımı ile kaplanması ve model çıkarılmış kalıp parçaları

Kaynak: Fotoğraf Duygu Kahraman tarafından çekilmiştir.



Görsel 9. Kalıp parçalarının birleştirilerek tel ile sarılması ve sıkıştırılması, kalıp parçalarının forma uygun şekilde refrakter kalıp karışımı ile sıvanması ve çift parçalı kalıptan oluşturulan kalıbın tek parça haline getirilerek fırına yerleştirilmesi

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

2.2.3. Çift Cidarlı Kalıplar

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. 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.

Seramik ve heykel sanatında da kullanılan maça, Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlüğü'nde "Döküm parçasında, içi boş, kopya elde etmek için kullanılan kum, maden veya erimiş durumdaki döküm maddesine dayanıklı başka bir maddeden yapılmış dolgu kalıp²¹" olarak tanımlanır. T.D.K. Güzel Sanatlar Terimleri Sözlüğü'nde ise "Maden heykel dökümünde, içi boş kopya elde etmek için kullanılan dolgu kalıp²²" diye tanımlanmaktadır.

2.2.3.1 Sabit Maçalı Kalıplar

Tasarlanan formdaki iç boşluğu oluşturacak dolgu kısmının sabit olduğu, hareket etmediği kalıplardır. Dolgu kalıp bölümü, camın fırın ortamında ısıya maruz kaldığı esnada, camın ergimesiyle birlikte hareket etmez, sabit kalır. Bu tür kalıplarda model ters açılı olması ve kalıptan modeli çıkarmanın zorluğundan dolayı, genellikle model malzemesi olarak ısı ile kolayca kalıptan boşaltılabilen mum kullanılmaktadır. Tabak, çanak, kâse gibi formların yanı sıra, iç boşluklu üç boyutlu form tasarımlarında da kullanılmaktadır. Cam sanatında üç boyutlu formlar, bazen yekpare cam olarak tasarlanmaktadır. Ancak tasarımcı ya da sanatçı eğer boşluklu bir üç boyutlu form tasarlamışsa, sabit maçalı ya da formun tasarımına göre hareketli maçalı kalıplar kullanılmaktadır. Aşağıda mum kâse modeli kullanılarak fırında cam biçimlendirmede kullanılan sabit maçalı kalıp süreci, görsellerle anlatılmaktadır (Görsel 10-11).

Öncelikle mum model altına, döküm ağızı oluşturmak için parça eklenir. Model ağız tarafı yukarıya gelecek şekilde masaya yerleştirilir ve kümes telinden bir kafes oluşturulur. Model çevresine kalıp kurgusu oluşturularak alçı bazlı refrakter kalıp karışımı dökülür. Karışımın donma süreci tamamlandığında, kalıp mum eritme fırınına konularak mum

²¹http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55def3eec19eb3.18709277 (Erişim Tarihi 27.08.2015)

²²http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55def3eec19eb3.18709277 (Erişim Tarihi 27.08.2015)

kalıptan boşaltılır. Mum kalıptan boşaltıldığında kalıbımız hazırdir. Fikir vermesi açısından sabit maçalı kalıp kesiti oluşturulmuştur (Görsel 11).



Görsel 10. Mum model, döküm ağız parçasının modele eklenmesi, model çevresine kümes telinden kafes oluşturulması ve modelin refrakter kalıp karışımıyla kaplanması

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.



Görsel 11. Mumun, buhar yoluyla kalıptan boşaltılması, sabit maçalı kalıp ve kesit görünüşü

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.



Görsel 12. Sabit maçalı kalıp uygulaması örneği

Kaynak: Thwaites 2011: 81.

Sabit maçalı kalıpların kullanıldığı, iç boşluklu formların üretildiği fırında cam biçimlendirme tekniği ya da teknikleri bazı uluslararası kaynaklarda “Core Casting” tekniği olarak adlandırılmaktadır (Görsel 12). Thwaites (2011: 15,79)’da belirtildiği üzere, “Core Casting”, içi boş bir alana sahip formların dökümünde kullanılan bir fırında cam biçimlendirme yöntemidir. İç boşluk dış formla benzer ya da farklı olabilir (Görsel 13).



Görsel 13. İlker Yaman'a ait sabit maçalı kalıp kullanılarak yapılan cam eser

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

2.2.3.2 Hareketli Maçalı Kalıplar

Sabit maçalı kalıptan farkı, dolgu kalıp olarak adlandırabileceğimiz maça kısmının camın ergimesi esnasında ağırlık ve yerçekimi yardımıyla hareket etmesidir. Kalıp uygun miktarda cam yüklemesi yapılarak cam fırınına yerleştirilir. Kalıbın üst parçası yerleştirilerek üzerine ağırlık konulur (Görsel 14). Ağırlık olarak ateş tuğlası kullanılabilir. Ağırlık üst kalıp parçasının uyguladığı basıncı artırmak içindir. Camın ergimeye başlamasıyla birlikte kalıbın üst parçası hareket etmeye başlar ve ergiyen cama basınç yapar. Basıncın da etkisi ile cam, kalıp formuna göre şekil alır.



Görsel 14. Cam yüklemesi yapılmış ve üst parçası yerleştirilmiş hareketli maçalı kalıp

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Üst kalıp parçasının yani hareketli parçanın hareketinin belirli bir düzen ve sistem içinde gerçekleşmesi gerekmektedir. Hareket esnasında parçanın kayıp düşme ya da öngörülemez hareketler yapma ihtimaline karşı, kalıp parçaları arasında bir sistem oluşturulur. Böylece parçanın hareket yönü ve alanı sınırlanır. Bu durum genellikle pim oluşturularak yapılır.

Hareketli maçalı kalıp yapımının işlem aşamaları şu şekildedir;

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

2.2.4. Tek Parça Kalıplar (Dolu Döküm, Üç Boyutlu Formların Kalıpları)

Üç boyutlu girift ya da oylumlu modeller için kullanılan kalıplardır. Tek parça kalıplar olması sebebiyle model malzemesi kalıptan kolaylıkla boşaltılabilmelidir. Önceki başlıklarda da değinildiği üzere, forma göre strafor, çömlekçi çamuru gibi çıkartılması kolay model malzemeleri kullanılabilir. Ancak kalıptan boşaltılması en kolay malzemenin ve bu tür kalıplar için en uygun model malzemesinin mum olduğu söylenebilir.

Yapım yöntemi açısından tek parça kalıp üretim süreci, sabit maçalı kalıp üretim süreciyle benzerlik gösterir. Tek parça kalıp, sabit maçalı kalıptaki gibi gerekli hazırlıklar yapıldıktan sonra modelin üzerinin refrakter kalıp karışımıyla kaplanmasıyla oluşturulur.

Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde kullanılan tüm kalıp biçimlerinde, kalıp yapımı aşamasında büyük ebatlı parçalarda, kalıp duvarlarını desteklemek için kalıp kalınlığı içinde kalacak, cama değmeyecek şekilde kümes teli döşenir ya da kalıp yapıldıktan sonra kalıp dış yüzeyi üzeri kümes teli ile kaplanır ve tel ile sabitlenir. Çünkü fırın ortamı ve sıcaklığa bağlı olarak kalıplarda çatlama ve kırılmalar görülebilir. Kalıp duvarlarının kümes teli, tel vb. malzemeler ile sağlamlaştırılması, kalıp mukavemetini artırarak, çatlama ve kırılmaları azaltır. Bazı durumlarda cam elyafı-cam lifleri de kullanılabilir.

Tek parçalı kalıp uygulamalarında Lost Wax Tekniği en yaygın kullanılan kalıp üretme yöntemlerinden biridir.

2.2.4.1. Lost Wax (Kayıp Mum) Tekniği

“Lost Wax” tekniği basit tabiriyle, yapılacak iş veya eserin modelinin mumdun yapılarak kalıbının alınması ve modelin ısı ile kalıptan boşaltılması işlemine denmektedir. İlk olarak dış hekimleri tarafından geliştirilen “Lost Wax” tekniği, komplike, hassas parçaların döküm sanayisinde ve takı alanında da benimsenerek kullanılmaya başlanmıştır (Sopcak, 1986: 4). Günümüzde ise birçok alanda kullanılmaktadır.

Cam sanatıyla ilgili literatürde, “Lost Wax” tekniğinin, genellikle “Lost Wax Casting” adıyla, cam biçimlendirme yöntemleri başlığı altında yer aldığı da görülmektedir. Fakat Lundstrom (1989: III)’de belirtildiği üzere “Lost Wax” ya da “Lost Wax Casting” tekniği, camdan, bronz ve plastiğe kadar birçok madde ile içerisini doldurabileceğimiz bir kalıp yapım sürecini işaret etmektedir. Cummings (2001: 113)’de ise “Lost Wax” tekniğinin, tek parçalı kalıp yapım sürecinde, kalıp iç boşluğu elde etmeye yarayan basit bir teknik olduğu söylenmektedir. Ayrıca metallerde dahil olmak üzere birçok malzemenin dökümünde “Lost Wax” tekniği ile yapılan tek parçalı kalıpların kullanılabilmesi belirtilmektedir. Bu görüşlere paralel olarak “Lost Wax” tekniğinin aslen bir kalıp üretim süreci olduğu söylenebilir. “Lost Wax” tekniği ile üretilen kalıplar heykel sanatı, dişçilik, madencilik, döküm sanayii gibi birçok alanda kullanılabilmekte olup, üretilen kalıp farklı malzemelerin şekillendirilmesinde kullanılabilir. Cam sanatında da bu teknikle üretilen kalıplarla, füzyon, potalı akıtma döküm ve sıcak cam döküm tekniklerinin uygulandığı görülmektedir.

Thwaites (2011: 14)’de de “Lost Wax” tekniğinin döküm için çok bilinen ve popüler bir teknik olduğu, refrakter açık kalıp yapmaktan ziyade refrakter kapalı kalıplarda tercih edildiği belirtilmektedir. Lost wax tekniği ya da Fransızcadaki tabiriyle “Cire Perdue”, tekniğiyle karışık ve ters açılı şekillerde mükemmel detaylar ve yüzeyler elde edilmektedir: Bu da aslına çok yakın ürünler, üretmeyi sağlamaktadır.

Cam literatüründeki tanımıyla “Lost Wax” tekniği, mum model yapma, bunu alçı bazlı refrakter kalıpla kaplama ve mum modeli farklı yöntemlerle eriterek kalıptan boşaltma, kalıpta boşalan alana cam doldurarak fırınlama sonrasında cam elde edilmesini sağlamaktadır. Tasarlanan formun modeli farklı bir malzemedan yapılmış olsa bile, iyi bir kalıpcılık bilgisiyle model kalıbı (tercihen silikon kalıp) yapılarak model, mum modele dönüştürülebilmektedir. Mum model eritilerek, kalıptan boşaltıldıktan sonra kalıbın içini camla doldurmak için üç seçenek vardır.

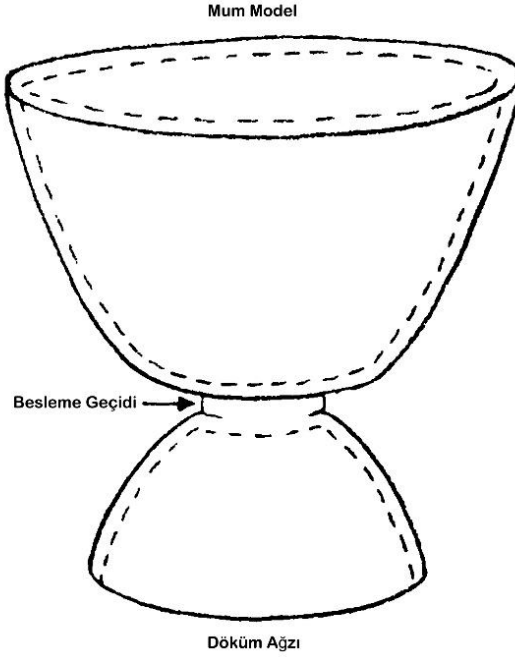
Bunlar:

1. Kalıptaki boşluğu kırılmış cam veya öğütülmüş camla doldurmak. Bu seçenekte fırınlama derecesi 815°C – 843°C’dir.

2. Bisküvi pişirimi yapılmış kilden bir kabın altına delik açılarak, içerisine cam doldurulur ve kalıp üzerine yerleştirilir. Kalıp 900°C'de fırınlanarak, camın erimesi sağlanır ve altta açılan delikten akar, böylece kalıp boşluğu camla doldurulur.
3. Lost wax kalıbı fırına yerleştirilerek sıcaklık 760°C'ye kadar yükseltilir. Başka bir fırında 1093°C'de eritilen cam, sıvı haldeyken diğer fırındaki kalıbın içine dökülür ve 1 saat boyunca 760°C derecede bekletilir (Lundstrom, 1989: 19).

Bu üç aşamada da camın, farklı yüzey ve ışık özellikleri taşıdığını görülmektedir. Kullanılan camın türü de uygulanacak pişirim yönteminin seçilmesinde belirleyicidir. Birinci yöntem kurşun camı gibi düşük sıcaklıkta olgunlaşan camlarda uygulanmaktadır. Çünkü eğer kalıp içindeki cam sıcaklık 732°C den 760°C'ye çıktığı halde yumuşamamışsa ve hareket etmiyorsa, bu sıcaklıkta kalıp çatlayabilir ve cam yüzeyinde istenmeyen izler oluşur. İkinci yöntem uygulandığında ise kalıp küçülene kadar cam içeri akıtılmaz. Burada yapılması gereken tek şey kalıbın sıcaklığını yükseltmemektir. Üçüncü yöntemde cam kalıptan ayrı bir fırında eriyik haline getirilir. Bu sayede kalıbın direnç kaybına sebep olacak derecelerde fırınlanması önlenir. 50/50 alçı/refrakter oranı bu aşamada uygundur (Lundstrom, 1989: 20).

Mum model tamamlandıktan sonra alçı bazlı refrakter kalıp karışımıyla kaplanmadan önce modele besleme geçidi ve döküm ağzı eklenir (Görsel 15). Besleme geçidi döküm ağzı ile formun arasında fırınlama sonrası bu iki parçanın rahatlıkla kesilip ayrılması için yapılan alandır. Besleme geçidi, bağlandığı forma göre büyüklük açısından farklılık gösterir, büyüklüğü en az 19 mm olmalıdır. Döküm ağzı, cam eridikten sonra meydana gelen boşlukları doldurmak için koyulacak cam parçalarına depo görevi görür. Besleme geçidine her zaman ihtiyaç duyulmayabilir (Lundstrom, 1989: 21-22).



Görsel 15. Kalıbın açılma aşaması

Kaynak: Lundstrom, 1989: 21.

Daha önce değinilen sabit maçalı kalıp üretimindeki Görsel 10 -11'de ki kalıp yapım süreci, "Lost Wax" tekniği ile üretilmiş bir kalıptır. Bu başlık altında silikon model kalıbı ile mum model üretimi ve alçı bazlı refrakter kalıp karışımı ile kaplanmaya hazırlanması anlatılacaktır. Öncelikle seçtiğimiz mum türü bir kapta eritilir. Mumun koyulduğu kap direk ısıya maruz bırakılarak eritme işlemi yapılabilmektedir fakat bu tehlikeli bir yöntemdir. Güvenlik açısından, mum eritilecek kap su dolu bir kaba konularak su dolu kabın ısıtılmasıyla mum eritme işlemi yapılmalıdır. Eritilmiş mum silikon kalıp içerisine dökülerek mum model şekillendirme aşaması gerçekleştirilir. Sertleşen mum model, silikon kalıptan çıkarılarak çevresine kalıp kurgusu (strafor plakalardan) yapılır. Cam dökümü sırasında özellikle detaylı, sivri uç ya da köşeli fazla karmaşık modellerde, kalıp boşluğunda hava sıkışması oluşmasını önlemek için hava tahliye kanalları oluşturulur. Hava tahliye kanalları oluşturmak için çöp şiş çubukları, kürdanlar, kablo vb. kullanılabilir. Çöp şiş çubukları model üzerine yerleştirilmesini kolaylaştırmak için strafor tercih edilebilir (Görsel 16). Karışım sertleştiğinde çubuklar çıkarılır. Bu işlem, mum kalıptan boşaltıldıktan sonrada yapılabilir. Çubukların alçı bazlı karışıma yapışmaması için ayırıcı sürülmesi kalıptan çıkarılma sürecini kolaylaştırır. Ayrıca mum çubuklar kullanılarak da hava tahliye kanalları oluşturulabilir. Kalıp temizlendikten sonra yükleme için hazırdır. Cam yüklemesi ve kalıbın fırına yerleştirilmesi öncesinde kalıbın basınçlı hava tutularak

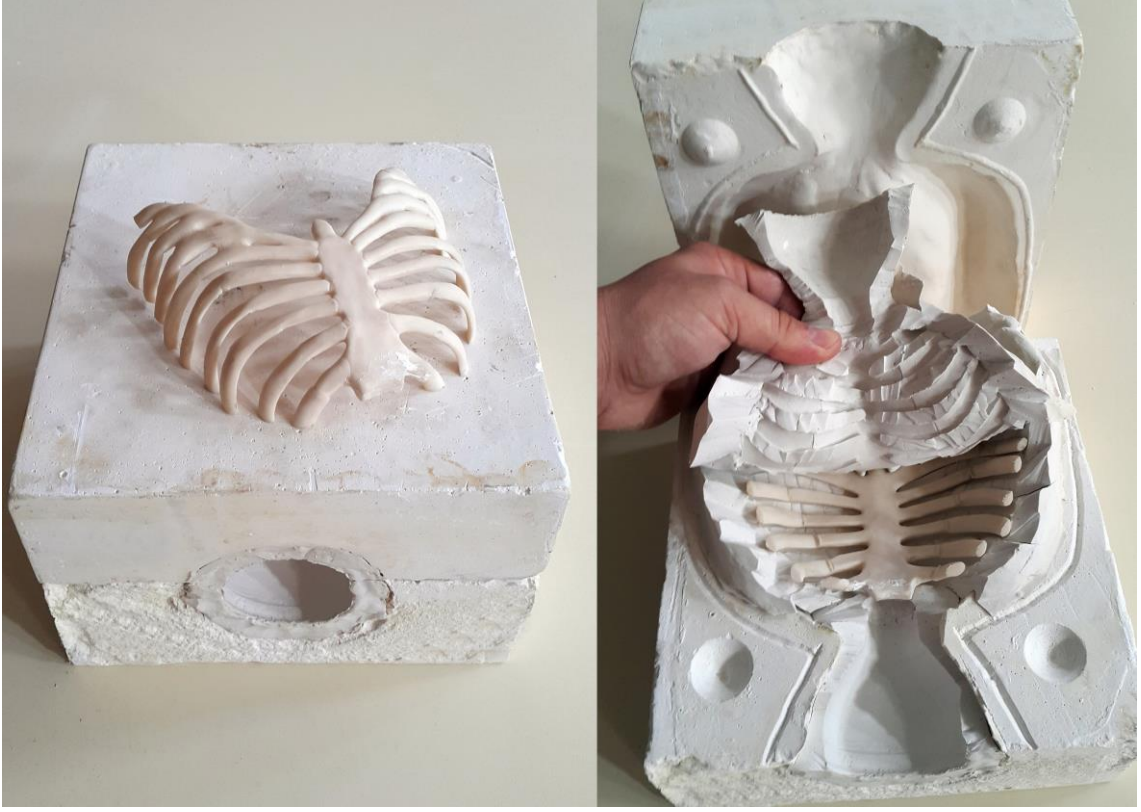
tekrar temizlenmesinde fayda vardır. Bu tüm alçı bazlı fırında cam biçimlendirme kalıpları için geçerlidir.



Görsel 16. İlker Yaman'a ait silikon kalıpla şekillendirilmiş mum model, hava tahliye kanalları oluşturulması

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Özellikle birden fazla üretimi yapılacak işleri kapsayan süreçte modelin silikondan kalıbının alınması faydalıdır. Bu mum modellerin daha seri ve pratik yapılabilmesini sağlayacaktır. Ayrıca hassas detaylı mum modellerin üretiminde de silikon kalıplar çok yardımcı olmaktadır. Görsel 17'de alçı ceket kalıplı bir silikon kalıp, modeliyle birlikte gösterilmiştir. Ceket kalıp silikonu saran bir kalıptır. Silikon pahalı bir malzeme olması sebebiyle daha az miktarda silikon kullanmak ve modelin kalıptan çıkarılmasını kolaylaştırmak için model üzerine 5-6 mm kalınlıkta uygulanmaktadır. Bu kalınlıktaki ceket kalıpsız bir silikon kalıbın içerisine dökülen malzeme silikon kalıbın formunun bozulmasına sebep olabilir. Ceket kalıp silikon kalıbı destekleyerek formunu korumasını sağlar. Ucuz ve pratik olması sebebiyle ceket kalıp yapımında alçı tercih edilmekle birlikte, polyester gibi farklı malzemelerde kullanılabilir.



Görsel 17. İlker Yaman'a ait alçı ceket kalıplı silikon kalıp ve modeli

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Mum, kalıp içinden eritilerek ya da yakılarak boşaltılabilen tek malzeme değildir. Daha farklı organik maddeler kalıp içinde eritilebilir veya kalıp içinden "yok edilebilir". Ağaç dalları gibi tahta maddeler veya çubuklar, kalıp 315°C - 427°C'ye ulaştığında yanar. Kalıp 649°C - 704°C'ye ulaştığında geriye tek kalan, kurşun camı dışında başka maddeye etki sağlamayan küldür (Lundstrom, 1989: 20).

3. FIRINDA CAM BİÇİMLENDİRME YÖNTEMLERİ

Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinin fırın ortamında farklı malzemeler kullanarak (Kalıplar, boardlar, seramik kalıplar, yton vb. ...) camın ısı yardımıyla biçim almasını sağlayan uygulamaları kapsadığına daha önce değinilmiştir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde fırında cam biçimlendirme yöntemleri başlığı altında şu teknikler sıralanabilir;

- 1- Kalıpla Biçimlendirme Teknikleri
 - a- Pate de Verre Tekniği
 - b- Potalı Akıtma Döküm Tekniği
 - c- Füzyon Tekniği
 - c.1- Yarı Füzyon Tekniği
 - c.2- Tam Füzyon Tekniği
 - c.2.a- Füzyon Döküm (Fuse Casting) Tekniği
 - c.2.b- Frit Döküm (Frit Casting) Tekniği
 - d- Sıcak Cam Döküm Tekniği
- 2- Yardımcı Malzemelerle Biçimlendirme Teknikleri
 - a- Çöktürme Tekniği
 - b- Kuma Döküm Tekniği

3.1. KALIPLA BİÇİMLENDİRME TEKNİKLERİ

Kalıpla Biçimlendirmenin kapsadığı tekniklerle uygulama yapılırken, yapılacak işin amacına uygun olarak, farklı tiplerde cam parçaları kullanılır. Bu cam parçalarının boyutu ince toz halinden, büyük parçalara kadar değişkenlik gösterir. Cam parçaları, cam çekiç gibi el aletleriyle kırılarak ya da kırıcı-ezici makineler yardımıyla elde edilebilir. Ayrıca cam, termal şok işlemine tabi tutularak da küçük parçalar oluşturulabilmektedir. Bu yöntem, herhangi bir kırıcı makine olmadığı durumlarda, özellikle "Pate de Verre" ve "Frit Casting" için cam hazırlanmasında pratiktir. Termal şok işlemi camın yaklaşık 500°C'ye kadar ısıtılıp, bir kap içerisindeki soğuk suya atılmasıyla yapılır. Isıtma işlemi cama göre değişkenlik gösterebilmekte derece camın yumuşama noktasına kadar yaklaştırılabilmektedir. Örneğin; ısıtma işlemi Lundstrom (1989: 14)'de 482°C'de, Kohler, (1998: 66)'da ise 538°C'de yapıldığı belirtilmiştir. Termal şok süreci sonunda elde edilen cam parçalarının 5-10 mesh (elek aralığında) olduğu belirtilmektedir. 10 mesh tane iriliği toz değildir ve ince bir cam hamuru ya da renk karışımı hazırlamak için büyüktür ve ezilmesi gerekmektedir. Termal şokla kırılmış camı çekiçle ezmek darbeli kırıcı ile kırılmış olanı ezmekten daha zordur çünkü termal şok cam tanelerini sertleştirmiştir. Fakat termal şokun en temiz cam hamurunu elde etmemizi sağladığı vurgulanmaktadır (Lundstrom, 1989: 14). Daha küçük parçalar elde etmek için, termal şokla kırılan camlar tekrar ısıtılarak süreç tekrarlanabilir. Cam granülleri, frit yani farklı boylardaki cam parçacıkları hazır olarak da satılmaktadır. Ayrıca kalıpla biçimlendirme

yöntemlerinde uygun olarak refrakter kalıp karışımı kullanılmakta ve kalıplar bir defa kullanılabilir.

3.1.1. Pate de Verre Tekniği

“Pate de Verre” kelime anlamı ile cam hamurudur. Arkeoloji kökenli bir kaynaktan “Cam hamuru, bir tank ya da potada, ocak üzerinde, silis, soda, kireç gibi ana maddelerle, sodyum, kalsiyum, potasyum oksit gibi tamamlayıcı katkıları konmasıyla elde edilen bir oksitler karışımı” olarak tanımlanmakta karışıma renk vermesi için metal oksitlerin katılabileceği belirtilmektedir (Özet, 1987: 587). Burada cam hamuru olarak bahsedilen anlaşılacağı üzere farklı maddelerin belirli oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan cam harmanıdır. Cam hamuru terimi aslen fırında cam biçimlendirme yöntemleri 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. Eşsiz Lalique ve Galle camları bu tekniğin en iyi örnekleridir (Özgümüş, 2013: 21)”.

Fransızca’da “Pate de Verre”, fırında cam şekillendirme tekniklerinden birisi için kullanılan bir ifadedir. Antik çağlardan beri uygulanan “Pate de Verre” Fransa’da 19. yüzyılın sonlarında yeniden canlanmıştır. Sanatçılar ve zanaatkârlar sonradan boyanarak renklendirilen değil, malzemenin renkli olduğu heykel ve objeler yapmak için yollar aramaktadırlar. Bu tutku ile başlayan birçok ünlü sanatçı, zanaatkâr ve tasarımcı, Pate de Verre çalışmalarını geliştirdiler. Bunların içinde Henri Cros, François-Emile Decorchement, Gabriel Argy-Rousseau ve Amalric Walter bulunmaktadır (Thwaites, 2011: 114).

Türkçe’de cam hamuru tekniği olarak kullanımı da görülmesine rağmen, sanat alanında tekniğin orijinal adının kullanımına daha sık rastlanmaktadır. Bu sebeple teknik “Pate de Verre” tekniği olarak ele alınacaktır. Ayrıca bu başlık altındaki anlatımda cam hamurunun kalıba yerleştirilip sıkıştırılması işlemi, bazı kısımlarda kalıbın paketlenmesi olarak ele alınmaktadır. “Pate de Verre” tekniği ile ilgili farklı tanımlar ortaya çıkabilmektedir. Cam sanatı göz önüne alındığında kimi zaman fırında biçimlendirilen birçok cam eser ya da objenin “Pate de Verre” tekniği ile yapıldığı söylenmektedir. Günümüzde cam sanatının özellikle çağdaş anlamda gelişimiyle beraber “Pate de Verre” için kullanılan bu geniş

kapsamlı tanım yerine, tekniğin sınırları belirlenerek bir çerçeve oturtulmaya başlandığı görülmektedir.

Küçükerman “Pate de Verre” tekniğini cam hamuru yöntemi başlığı altında ele alarak şöyle tanımlamaktadır:

Çok eski bir biçimlendirme yöntemi olarak karşılaştığımız bu yol, bir üretim yolu olmaktan çok, geniş bir sisteme verilebilen bir isim olmuştur. Çünkü bu sistemde, camı elde etmek için hem sıcak, hem de soğuk malzeme, çok değişik yollarla bir arada kullanılmaktadır.

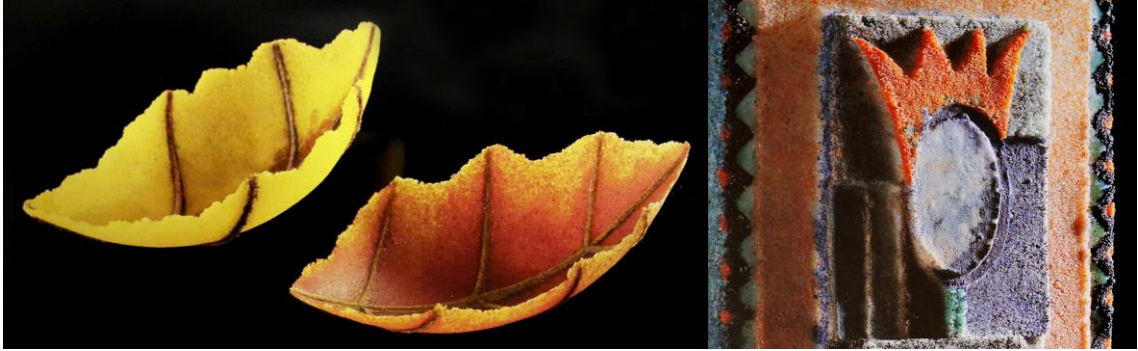
Her cam üretim yerinde başka bir sırayla uygulanabilen bu yolla çok değişik ve ilginç camsı ürünler çıkarılmıştır. Bu sistemin temel ilkesi şöyle özetlenebilir. Renkli cam kırıkları dövülüp toz durumuna getirilir. Sonra bu toz değişik bağlayıcılarla çamur haline getirilip, tıpkı bir seramik çamuru gibi işlenir ve biçimlendirilir. Sonra bu iş için gereken ısılardaki fırınlarda "pişirilerek" camlaştırılır. Bu yöntemde biçimlendirme ve renklendirme, soğuk bir malzemeyle oluşturulduğu için değişik özellikler elde edilmiştir. Bu nedenle, ilk örneklerin üretilmesinde kullanılan bu yöntem, malzemesi “camlaşan bir seramik” yöntemi olarak bakılabilir (Küçükerman, 1985: 39).

Daha önceki paragraflarda “Pate de Verre” tekniğinin antik çağdan bu yana kullanılan bir teknik olduğuna değinilmektedir. Fakat Cummings’in bu konudaki görüşü farklıdır.

Pâte de Verre icadının fikir babası Henri Cros’dur (1840-1907). Klasik heykel ve vazoları boyamadan esinlenen Henri, yüzeye sonradan eklenen boya ya da emay yerine, formlar içerisinde bölgesel renklerin tamamlayıcı olduğu, gerçekten çok renkli bir modelleme malzemesi geliştirmeye çalışmıştır. (Öncülerinin Pâte de Verre’i çok eski bir yöntemin sadece yeniden keşfi olduğunu iddia etmelerine rağmen, ben kasıtlı olarak “icat” ifadesini kullanıyorum. Aslında, oldukça basit birkaç cam dökümünden başka antik çağda Pâte de Verre’e benzeyen hiçbir şey yoktu. Hiç şüphesiz Pâte de Verre 2000 yıllık zaman süresince, ilk yeni cam yöntemiymişti.) Cros işlerinin büyük bölümünü Sevres’deki fabrikada yürütürken, rengin sıcak balmumu ile formun içine yerleştirildiği denemelerde dahil olmak üzere birçok uygulama gerçekleştirmiş ve daha sonra aynı fikri cama aktarmıştır (Cummings, çeviri, 2011: 25).

Ayrıca Cummings “Pate de Verre” tekniğini “kısaca bir kalıpla desteklenen ince cam granüllerinin birlikte füzyonlanması sonucunda biçim verilmesidir” olarak

tanımlamaktadır (Cummings, çeviri, 2011: 13). Thwaites (2011: 115)'de belirtildiği üzere, İngilizce'de genellikle "Pate de Verre" ifadesi fırında şekillendirilen camlar için kullanılmaktadır. Fakat camlar bu teknikte dokularını ve hatlarını tamamen kaybetmezler. Burada da erime seviyesi taneciklerin birbirine kaynaşması için kontrol edilmektedir. Böylelikle doku en azından parçanın bir yüzünde hafifçe granül yapılı kalmaktadır (Görsel 18). "Pate de Verre" tekniğinin en cazip taraflarından biri, renklerin kontrollü yerleştirilmesine olanak sağlamasıdır. Diğer cam biçimlendirme tekniklerinde, parçanın içinde renklerin hareket etmeden yerleştirilmesinde, bu kadar kontrollü olunamamaktadır.



Görsel 18. *Autumn Series, Penny Fuller, 2004, Pate de Verre - Goddess, Gayle Mathias, 1992, Pate de Verre, Detay*

Kaynak: Cummings, çeviri, 2011: 120-110.

Cam hamuru ve kırığını kalıba doldurup eritmek her zaman Pate de Verre işlemi değildir. "Pate de Verre" yapılırken ince öğütülmüş camlar kalıbın içine yerleştirilerek sıkıştırılır, bunu yaparken desenli yerler renklendirilir, gölge ve renk derinliğini sağlamak için de renkler üst üste ince tabakalar halinde kademeli olarak sürülür. Bu teknik yeni yüzyılın başlangıcında, Art Nouveau döneminde Fransız sanatçılar tarafından geliştirilmiştir. Lundstrom'a göre zanaatkârların, bitmiş işte "pikseller" halinde görülebilecek kadar büyük tane irilikli camları hazırlayıp kalıba yerleştirmeleri, "Pate de Verre" yaptıklarını göstermez. Bu "Pate de Verre" değil de Fransız usulü "Frit Casting" uygulamasıdır (Lundstrom, 1989: 9). Kervin ve Fenton (2000: 8,109)'da da frit boyutunun önemi vurgulanmakta, geleneksel "Pate de Verre" çalışmalarının bulanık bir görünümde olduğu belirtilmektedir. İnce cam tozu ya da frit parçalarının (>100 mesh) kullanımının da bulanık görünümün sebebi olduğu vurgulanmaktadır.

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 (Kohler, 1998: 58). Kervin ve Fenton (2000: 8)’de belirtildiği üzere, muhtemelen kulağa hoş gelmesinden dolayı “Pate de Verre” terimi, günümüzde birçok sanatçı tarafından kullanılır. Bu sanatçılar, frit tane büyüklüğüne bakmaksızın fırında cam biçimlendirme teknikleriyle yapılmış herhangi cam iş için bu terimi kullanır. Mesela “Chunk de Verre”, mermer gibi görünen detay ve kristal kalitesinden uzak orijinal işleri temsil eder. Bu tür işler frit ya da fırın döküm terimleri kullanılarak, geleneksel “Pate de Verre” işlerinden ayırılmalıdır, görüşü de Kohler’in görüşüyle paraleldir. Kohler’in adlandırdığı şekliyle “Chunk de Verre” ya da “Frit Casting” tekniğinde, minik boncuk-tohum büyüklüğünden bilye-misket büyüklüğüne kadar cam parçaları kullanılır. “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 (Kohler, 1998: 60). “Pate de Verre” tekniğinde ise daha küçük cam parçaları kullanıldığı için ortaya çıkan iş yarı saydam ve mattır. Cummings (2001: 108)’de “Pate de Verre” tekniğinde kullanılan cam parçalarının, un gibi ince tanecikli olandan, iri taneli şeker kristali boyutuna kadar çeşitlenebileceği belirtilmektedir.

Görüldüğü üzere Lundstrom ve Kohler’in tanımında, tekniğin sınırları çizilmeye, çerçevesi belirlenmeye başlandıysa da literatüre tam olarak girmiş tek bir tanım yoktur. Aşağıdaki paragrafta Thwaites “Pate de Verre” sürecine değinirken bahsettiği iri granül ya da frit parçalarının boyutu tam olarak kestirilemediği için Lundstrom ve Kohler’in tanımıyla paralel olup olmadığı tam olarak bilinmemektedir. Fakat “Pate de Verre” tekniğinde Lundstrom bitmiş işte pikseller halinde bir görüntü olmayacağını söylerken, Thwaites en azından parçanın bir yüzünde granül dokusunun kalacağını söylemektedir.

“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 yapılabilmektedir. Hangi durum olursa olsun cam genellikle

su ve arap zankı veya ticari olarak hazır olan eriyen yapıştırıcı gibi bir çeşit bağlayıcı ile karıştırılmaktadır. Bazı uygulayıcılar duvar kâğıdı yapıştırıcısı kullanmaktadır. Camda herhangi bir kalıntı bırakmadan fırın ortamında yanacak kadar küçük bir miktarda bağlayıcı gereklidir. Frit parçaları ya da cam tozu yeterince su ve birkaç damla sıvı bağlayıcı ile karıştırılır; böylelikle doku, kalıbın yüzeyine kolayca uygulanabilen yumuşak bir hamur olur. Cam hamuru dikkatlice uygulandıktan sonra kalıp fırına konularak hemen fırınlanabilmektedir (Thwaites, 2011: 115).

Thwaites, Lundstrom ve Kohler'in tanımları harmanlanarak "Pate de Verre" tekniğinin kapsamı sınırlandırılıp, teknik bir çerçeveye oturtulabilir. "Pate de Verre", ince cam tozundan tohum büyüklüğüne kadar cam parçalarının, macun haline getirilerek bir kalıp içerisinde biçimlendirildiği, fırınlama ve tavlama süreci sonunda tamamen dokusunu kaybetmemiş granül yapının hissedildiği yarısaydam, mat işlerin ortaya çıktığı bir cam biçimlendirme tekniği olarak tanımlanabilir. Tasarlanan formun fazla detaylı ve dik olmadığı durumlarda arap zankı gibi bağlayıcılar kullanılmadan cam parçalarının sadece su ile kıvam verilerek kalıba yerleştirilebildiği de görülmektedir. Fakat fırınlama esnasında formun şeklini koruması için az da olsa bağlayıcı bir madde kullanmak faydalı olmaktadır.

"Pate de Verre" için en iyi refrakter kalıplar genellikle el yapımı yöntemi kullanarak yapılır. Aslında fırında cam biçimlendirme tekniklerinin çoğunda kalıbın, çok parçalı kalıp yapımında gösterildiği gibi, el ve el aletleri yardımıyla yapılması avantaj sağlamaktadır. El ile şekillendirilen kalıplar, modelin şekline yakın olup ince duvarlıdır. Fırında, ısının kalıp içerisine eşit ve hızlı bir şekilde yayılmasını sağlar. Bu da demektir ki; cam ya da cam hamuru fırınlama esnasında homojen bir şekilde ısı ile kaynaştırılır (Thwaites 2011: 116).

"Pate de Verre" kalıplarının paketlenmesi ve fırınlanması için iki temel adım vardır. Bu teknikteki her adımın farklı çeşitleri vardır. İlki açık kalıpların kullanıldığı yöntemdir. Bu yöntemde üst yüzeyi açık olan kalıba cam hamuru ince bir katman halinde sürülür ya da cam, herhangi bir bağlayıcı ile hamur haline getirilmeden katı halde kalıba yerleştirilir. İkinci metot da ise camı her iki yüzeyden de desteklemek için iç ve dış olarak çift parça kalıp kullanılmaktadır (Lundstrom, 1989: 9).

İlk metotta mum, kauçuk, plastilin, çamur gibi birçok malzemeden yapılmış model refrakter kalıp karışımı ile kaplanarak açık kalıp oluşturulur. Açık kalıplarda model ağzı tüm yüzeylere erişilebilecek kadar geniştir ve cam yerleştirilmesini kolaylaştırır. Cam hamuru kalıp içerisindeki oyulmuş bölgelere ya da desene uygun yerlere, yaklaşık 1,6 mm kalınlığında, ince bir tabaka halinde sürülür. İlk tabaka havalandırılarak ya da sıcak hava verilmesiyle kurutulabilir. İkinci bir tabaka (1,6 mm - 3,2 mm) ilk katmanın üzerine sürülebilir, böylelikle renklerde ve tasarımda derinlik oluşturulur. İkinci cam hamuru tabakası da uygulandıktan sonra kalıp, camın akma sıcaklığının 38°C altında pişirilir. Bullseye camı için bu değer 705°C'dir. Bütün kalıp aynı sıcaklık değerine ulaşınca kadar, yani üç veya dört saat boyunca ısıtma işlemi sürer. Isıl işlemde sonra kalıp içerisine yerleştirilen cam parçalarının oluşturduğu hacim, pişirim öncesine göre %30 oranında azalacaktır. Camın et kalınlığı arttırılmak istenilirse renkli veya saydam camlar, ilk iki katmandaki kalınlığa ulaşılana kadar kalıba yerleştirilebilir. İkinci fırınlamada Bullseye cam için, ilki gibi 705°C'de yapılmalıdır. Üç dört saat boyunca bu sıcaklıkta bekletildikten sonra camların olgunlaşacağı sıcaklığa çıkılabilir. Kâse veya diğer çukurlu nesnelere bu işlem, açıkta kalan cam parçaları parlamaya başladıktan sonra 38°C daha yükseltilebilir (Lundstrom, 1989: 9-10).

Lundstrom "Pate de Verre" sürecinde kademeli cam yerleştirilmesini ve birden fazla fırınlama işlemi yani kademeli pişirimi anlatmıştır. Bu yöntemin sonuçları tatmin edicidir fakat kalıbın ikinci bir fırınlamada deforme olma riski artmaktadır. Bu teknikte cam kalıp içerisine yerleştirilip iyi bir sıkıştırma ile tek sefer fırınlanarak süreç bitirilebilir. Genellikle kullanılan yöntem tek seferde fırınlamaktır.

İkinci metotta ise çift cidarlı kalıplar kullanılmaktadır. Bu yöntemde de kalıp ilk metottaki gibi paketlenir ve diğer kalıp parçası üzerine yerleştirilerek fırınlanır. Çift cidarlı kalıplarla üretimde de, tek seferde fırınlama işlemi yapılabilmektedir. Fakat bazı sanatçılar daha iyi sonuçlar elde edebilmek adına öncelikle dış kalıbı paketleyerek sadece cam parçalarını kaynaştıracak kadar fırınlama işlemine tabi tutmaktadır. Soğutma sürecinden sonra çift cidarlı kalıbın iç kalıp parçasını da cam, dış kalıp içerisinden çıkarılmadan üzerine yerleştirerek tekrar fırınlama işlemine tabi tutmaktadırlar. Çift cidarlı kalıp, camı iç ve dış yüzeyden sarmaktadır ve fırın üst sıcaklığında bekleme süresi, açık kalıpların kullanıldığı "Pate de Verre" sürecine oranla yüksektir.

Lundstrom (1989: 10-11)'de belirtildiği üzere dış kalıbın cam hamuruyla paketlenmesi ve iç kalıbı dahil etmeden bir kere fırınlanması, camların birleştirilmesini sağlamaktadır. Sonrasında iç kalıp da dahil edilerek tekrar fırınlanır ve kademeli pişirim yapılmış olur. Bu başlı başına bir uygulamadır. Dış kalıbı oluştururken ekstra yoğun bir malzeme kullanmak önemlidir. Çünkü iç kalıp dış kalıba basınç yapacaktır. İç kalıbın üzerine tuğla koyularak ağırlığı artırılabilir. Son fırınlamada camlar büzölmeye başladığında iç kalıp onları itecek ve dış kalıp yüzeyinde sabit kalmalarını sağlayacaktır. Dik vazolar veya kıvrımlı nesnelere bu iki aşamalı kademeli 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 öğütölerek oluşturulan malzemeye ve doğranmış fiberlerle doldurularak, sıkıştırılır. Görüldüğü üzere kademeli pişirimde iç kalıp parçası farklı bir yöntemle yapılabilmektedir. İç boşluk doldurulduktan sonra iyi bir sıkıştırma işlemi yapılmalıdır. Bu işlem desenin şeklini koruması ve camın tabana akmaması bakımından çok önemlidir. Eğer cam hamuru iyi paketlenmişse ve uygun sıcaklık değerinde en az bir defa fırınlanmışsa, detaylar ve kıvrımlı alanlarda iyi sonuçlar elde edilir.

Görsel 19'da, cam hamuruyla paketlenmiş çift cidarlı pate de verre kalıbı ve kalıbın fırına yerleştirilmesi gösterilmiştir. Paketleme aşamasında dikkat edilmesi gereken bir nokta da sıkı paketleme, yani cam toz ve granüllerinin yerleştirildikten sonra sıkıştırılmasıdır. Sıkı paketleme füzyon esnasında cam hamurunun kalıp yüzeylerindeki oyulmuş kazılmış alanlara daha iyi nüfus etmesini sağlamaktadır. Hamurda farklı büyüklüklerde tane irilikleri kullanmak daha sıkı bir paketlemeye olanak sağlayarak daha plastik bir hamur elde edilmesini sağlar. Bu durum, cam hamurunun, kalıba daha iyi yerleştirilmesine olanak tanımaktadır (Lundstrom, 1989: 13). Kullanılan çift cidarlı kalıbın hem iç parçasında hem de dış parçasında negatif rölyefli dekorlar bulunabilir. Ayrıca kalıp fırına yerleştirildikten sonra gerekli görülürse iç kalıp üzerine ağırlık konularak basınç artırılabilir.



Görsel 19. Cam paketlemesi yapılmış iç ve dış kalıp parçası ve fırına yerleştirilmesi

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

3.1.2. Potalı Akıtma Döküm (Drip Casting) Tekniği

Potalı akıtma dökümde, refrakter kalıp fırına yerleştirilir ve üzerine altı delik bir pota düzeneği kurulur. Sırlanmamış seramik kâse, saksı gibi ürünler pota olarak kullanılabilir. Potalarda yüksek sıcaklıklara dayanabilmelidir. Refrakter kalıp fırına yerleştirilip üzerine pota düzeneği kurulduktan sonraki süreçte pota içerisine cam parçaları konularak fırınlama süreci başlatılır. Cam eridiğinde potadaki delikten akarak kalıp boşluğunu doldurmaya başlayacaktır (Kohler 1998: 61). Tekniği orijinal adı olan “Drip Casting” olarak Lucartha Kohler adlanmaktadır ve ince detaylı, şeffaf dökümler elde etmek için uygun bir tekniktir. Potadaki ergimiş cam içerisinde oluşacak hava kabarcıklarını en aza indirmek için büyük boyutlu cam parçalarının kullanımı faydalı olmaktadır (Kervin ve Fenton, 2000: 43). Görsel 20’de şamotlu çamurdan yapılmış bir pota ve kalıp üzerine düzenek hazırlanması gösterilmektedir.

Tekniğin en önemli özelliği, cam parçalarının, refrakter kalıp içerisine konulmaması, bir pota içerisine konularak refrakter kalıp üzerine yerleştirilmesi ve ergimiş camın potadaki delikten akarak kalıp boşluğunu doldurmasıdır. Pota olarak sırsız, çanak, saksı, kâse gibi seramikler, boardlardan yapılmış havuzlar, uygun metal araçlar, refrakter malzemelerden oluşturulmuş havuzlar kısaca ısıya dayanıklı, fırınlama esnasında, camda gerek fiziksel gerekse kimyasal kirlenme yapmayacak tüm malzemelerden yapılmış havuzlar kullanılabilir.



Görsel 20. Cam yüklemesi yapılmış pota (Pota şamotlu çamurdan üretilmiştir)

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

3.1.3. Füzyon Tekniği

Türkiye Şişecam Fabrikaları A.Ş. Teknik Sözlük (1980: 18, 35)'de, füzyon, ergime, yapıştırma, kaynatma (camı cama veya camı metale) olarak belirtilmektedir. Plaka camlar ya da farklı tipte cam parçalarının kaynaşması ve/veya ergimesi füzyon olarak tanımlanabilir. Tanımdan yola çıktığımızda, "Pate de Verre" tekniğinde de füzyon işleminin gerçekleştiği görülmektedir. Fakat "Pate de Verre" uygulama sürecinin de etkisiyle, literatür de füzyondan bağımsız olarak, başlı başına bir teknik olarak yer almaktadır. Füzyon işlemi genellikle kalıp kullanmadan, plaka cam uygulamalarında olduğu gibi katmanlar halinde de yapılabilir. Fakat aynı zamanda, fırında şekil ve yüzey yaratmak için kalıplar, şekillendiriciler ve çeşitli türde destekler de kullanılmaktadır (Thwaites 2011: 111).

Füzyon başlığını, yarı füzyon ve tam füzyon olarak sınıflandırılmaktadır. Tam füzyon uygulamalarında, kullanılan cam tipine bağlı olarak, Fuse Casting (Füzyon Döküm) ve Frit Casting (Frit Döküm) gibi farklı tanım veya başlıklarla karşılaşılmaktadır.

3.1.3.1. Yarı Füzyon Tekniği

Cam parçalarının birbirine ısı yardımıyla kaynaştırılması ya da yapıştırılması olarak tanımlanabilir. Bu teknikte cam parçaları ya da plakalar birbirine tutunmuş ve keskin hatları yumuşamıştır fakat hala birbirinden gözle görülecek ve elle hissedilecek şekilde ayırdır. Tekniğin literatürdeki orijinal adı “Tack Fusing” dir. Türkçe’ye yarı füzyon olarak çevrilmiştir.

3.1.3.2. Tam Füzyon Tekniği

Tam füzyon uygulamalarında cam erimektedir. Fakat maksimum çalışma sıcaklığında geçen süre, kullanılan cam türüne, kalıbın şekline ve niteliğine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Tam füzyon uygulamalarında, eriyen parçaların ya da plakaların şekli, tamamen yok olmamakta fakat keskin veya çıkıntılı kenarları kalmamaktadır. Füzyon başlığında değinildiği üzere, “Fuse Casting” ve “Frit Casting” uygulamaları Tam Füzyon başlığı altında ele alınmıştır.

3.1.3.2.1. Füzyon Döküm (Fuse Casting) Tekniği

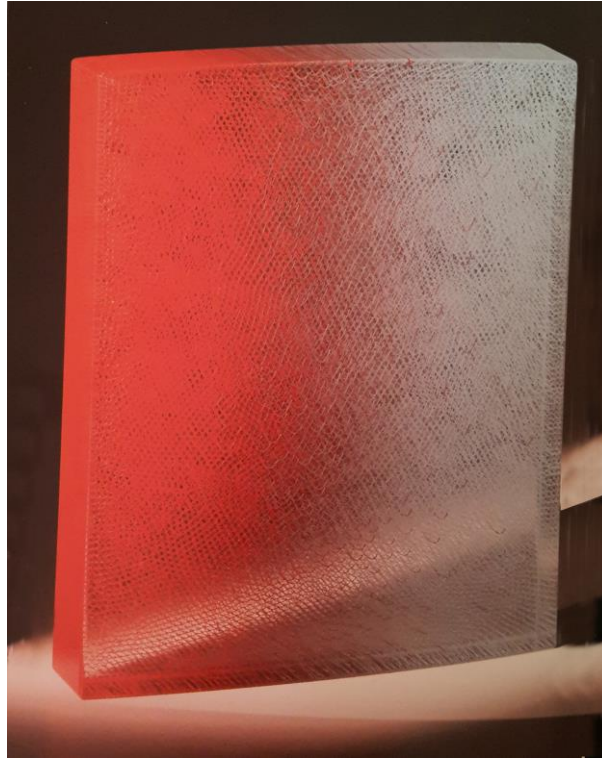
Literatür taramasında karşılaşılan bilgiler ışığında “Fuse Casting” ve “Frit Casting” sürecinin prensip olarak aynı olduğu görülmüştür. Bazı kaynaklar kullanılan cam parçalarının tane büyüklüğünü baz alarak benzer iki süreci iki farklı teknik olarak ele almıştır.

Cummings “Fuse Casting” tekniğini şöyle tanımlamaktadır:

Bu teknikte farklı cam parçaları, fiziksel ya da görsel kimliklerini kaybetmeden birbirleriyle eriyerek birleşene kadar ısıtılırlar. Uygulamalar, yöntem ve etki açısından çeşitlilik gösterir. Bazı uygulamalarda cam parçaları kabaca yığılarak bir araya getirilir ve erimiş kütlede parçaların çoğunun biçimlerini korunduğu görülür. Bazılarında ise parçalar bitmiş cam kütesinin sadece tam olarak birleştiği belirlenen renk bölgelerinde görülür. Genel

olarak, bu etkiler füzyon dökümde kullanılan sıcaklık aralığının her iki uç noktasında ortaya çıkar (Cummings, çeviri, 2011: 109), (Görsel 21).

Kohler (1998: 60)'de ise, tekniğin kalıp boşluğunu doldurmak için büyük parçalar, çubuklar ya da cam levhalarının kullanımı anlamına geldiği belirtilmektedir. Bu süreçte temiz şeffaf camlar üretilmektedir.



Görsel 21. *Intentionally Random Line Study 7.01.2006. (Red and Light Blue), Sean Albert, 2006. Fırında biçimlendirilmiş cam, 34x28.5x6 cm.*

Kaynak: Cummings, çeviri, 2011: 112.

3.1.3.2.2. Frit Döküm (Frit Casting) Tekniği

Kohler (1998: 60)'da "Fuse Casting" ve "Frit Casting" ile ilgili belirtilen bilgilere dayanarak "Fuse Casting" ile "Frit Casting" uygulamalarının cam parçalarının boyutuna bağlı olduğu söylenebilmektedir. "Fuse Casting"de kullanılan cam parçaları oldukça büyüktür "Frit Casting"de ise daha küçük parçalar kullanılmaktadır.

Ayrıca Kohler, “Frit Casting”i, “Pate de Verre” tekniğinin bir uyarlaması olarak ele almakta, zaman zaman iki tekniğin karıştırıldığını vurgulamaktadır (Görsel 22). İki teknik arasındaki başlıca fark, kalıp içerisine yerleştirilen cam parçalarının boyutu ve bitmiş işin görünümüdür. Büyük cam parçalarının kullanımı ile üretilen işler daha net ve şeffaftır. “Pate de Verre” tekniğinde kullanılan cam parçalarının boyutu küçüktür. “Frit Casting”de kullanılan cam parçaları ise bezelye boyutundan çok iri cam parçalarına kadar değişebilir. Hatta cam levha artıkları ve üfleme cam eşya kırıkları uyumlu olduğu sürece “Frit Casting”de kullanılabilir. Dolayısıyla “Frit Casting” ile üretilen işler “Pate de Verre” tekniğiyle üretilen işlere kıyasla daha şeffaftır (Kohler, 1998: 60, 64). Ayrıca uygulama örneklerinden ve literatür taramasından yola çıkıldığında, pate de verre uygulamalarında cam toz ve taneleri hamur kıvamına getirilerek uygulama yapılırken “Frit Casting” uygulamalarında bu görülmemektedir.



Görsel 22. *Large frog paperweight, Almaric Walter, 1920*

Kaynak: Cummings, çeviri, 2011: 30.

“Fuse Casting” ve “Frit Casting” uygulamalarında, kalıplar ve türleri başlığı altındaki tüm kalıp türleri, refrakter kalıp karışımlarından üretilmek koşulu ile kullanılabilir. Özellikle açık kalıp haricindeki kalıp türlerinde ya da tasarlanan formun geniş ve derin olduğu durumlarda döküm ağız yapılması fayda sağlamaktadır. Cam kırıkları soğuk olarak yerleştirildiğinde aralarında boşluklar kalır. Camın ergimeye başlamasıyla birlikte cam bu boşlukları doldurur ve hacimsel olarak kalıp içerisine yerleştirilen cam miktarı kalıbı doldurmaz. Döküm ağız kalıba daha fazla cam yüklenebilmesini sağlamaktadır.

Cam eridikçe yaşanan hacimsel küçülme esnasında kalıp boşluğu döküm ağzındaki cam parçalarından beslenir.

Potalı Akıtma Döküm (Drip Casting), “Fuse Casting” ve “Frit Casting” vb. uygulamalarda, dökümde kullanılacak cam miktarını tahmin etmek çok zordur. Gerekli cam miktarı, yoğunluk, kütle ve hacim hesaplarından yararlanılarak belirlenebilmektedir. Gerekli cam miktarını belirlemenin farklı yöntemleri vardır. Aşağıda bu yöntemlerden birkaçına değinilecektir.

Cam miktarını belirleyebilmek için öncelikle yoğunluğun anlamını bilmek gerekmektedir.

Yoğunluk, birim hacimdeki kütle miktarı olarak tanımlanır:

$d = \frac{M}{V}$ eşitliği ile ifade edilir. Burada d yoğunluk (gram/santimetre³-g/cm³), M kütle (gram-g) ve V hacim (santimetre³- cm³) dir. Camın bileşiminde bulunan elementler yoğunluk üzerinde etkilidir. Bazı camların oda sıcaklığındaki yoğunlukları Tablo 2’de verilmektedir. Camların yoğunlukları sıcaklığa bağlı olarak değişir (Karasu ve Ay, 2000: 91)”.

Tablo 2. Bazı camların oda sıcaklığındaki yoğunluk değerleri.

Camın Cinsi	Yoğunluk (g/cm³)
Saf silika camı	2,203
Soda-kireç-silika camı	2,5
%4 B ₂ O ₃ + %96 SiO ₂	2,18
TV tüpü camı	2,60
%24 PbO' li kurşun camı	2.90
%28 PbO' li kurşun camı	3,04
%51 PbO' li kurşun camı	3,9
Levha camı, şişe camı	2,48-2.5
Pyrex (Payreks) camı	2,23

Kaynak: Karasu ve Ay, 2000: 91.

d = yoğunluk ya da özkütle (**g/cm³**) **M** = kütle (**g**) **V** = hacim (**cm³**)

$$d = \frac{M}{V} \text{ 'dir.}$$

Gerekli cam miktarı hesaplanırken ağırlık ve uzunluk birimi birbiriyle uyumlu olmalıdır. Birimler uyumsuz olursa hesaplamalardan elde edilen sonuç yanıltıcı olmaktadır. Ağırlık olarak **g** uzunluk olarak **cm** biriminin kullanımı uygundur. Modelin hacmiyle kullanılacak cam miktarının hacmi eşittir. Yukarıdaki formülden hareketle camın özgül ağırlığını 2,5 g/cm³ aldığımızda kalıp içerisine konacak cam miktarı aşağıdaki yollarla belirlenebilir:

Bu yollardan ilki; formu belirgin olan (Ölçülebilir, Geometrik) modeller için kullanılır. Burada kullanılacak cam hacmi (cam ağırlığı/cam özkütle), model hacmine (model ağırlığı/model malzemesi özkütle) eşittir. Yani model hacmi ile kullanılacak camın özkütlesinin çarpımı, ağırlık cinsinden gerekli cam miktarını verir. Camın öz kütlesinin 2,5 g/cm³ olduğu varsayılırsa;

Kalıp İçerisine Konulacak Cam Miktarı (Cam Ağırlığı (g)) = Model Hacmi cm³ x 2,5g/cm³tür.

Eğer model geometrik bir forma sahip ise geometrik formun hacmi hesaplanır ve camın özgül ağırlığı ile çarpılarak gerekli cam miktarı ağırlığı bulunur. Model form olarak geometrik olmasa bile, model malzemesi şekillendirmeye elverişliyse malzeme hacmi belirgin bir hale getirilerek de (örneğin: küp) hacmi hesaplanabilmektedir.

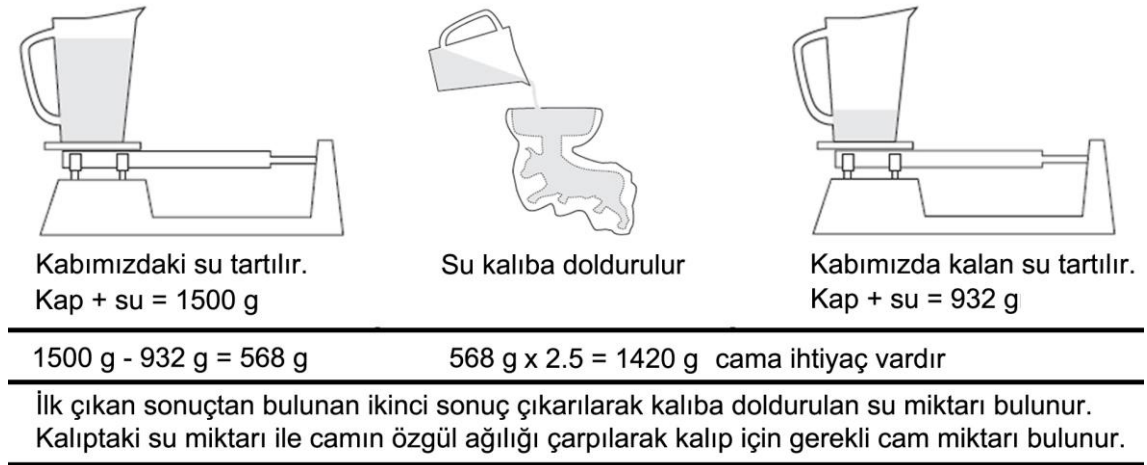
İkinci yol; model malzemesinin öz kütlesinin bilindiği durumlarda kullanılabilir. Bu Model malzemesinin özkütlesinin (yoğunluğunun) bilindiği durumlarda model tartılır, model ağırlığı (g), model malzemesinin öz kütlesine bölünerek camın öz kütlesiyle çarpılır ve kullanılacak cam miktarı bulunur.

Örneğin balmumu bir modelinde, mumun özkütlesi 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.

Üçüncü yol ise formu belirgin olmayan (Geometrik, Ölçülebilir) modellerin hacim ve kullanılacak cam miktarının belirlenmesinde kullanılır. Bu durumda; kullanılacak cam miktarını belirlemede sudan da faydalanılmaktadır. Suyun yoğunluğu 1 g/cm³'tür, yani ağırlığı ve hacmi eşittir. (1000 ml su, 1000 g ağırlığındadır) Ölçülü bir kap kullanılarak kalıp boşluğu doldurulur. Su kalıba boşaltılmadan önceki miktardan ölçülü kapta kalan miktar çıkarılarak modelin ml cinsinden hacmi bulunur. Çıkan sonuç camın yoğunluğuyla çarpılarak gerekli cam miktarı g cinsinden bulunur. Eğer ölçülü bir kap yoksa suyun hacim ve ağırlığının eşit olmasından faydalanılır ve Görsel 23'deki süreç izlenir. Bu yöntemler ile doğru sonuçlar elde edebilmek için kalıbımız suya doygun olmalıdır. Kuru kalıplar suyu emeyeceği için kalıbımızın nemli olması gerekmektedir.

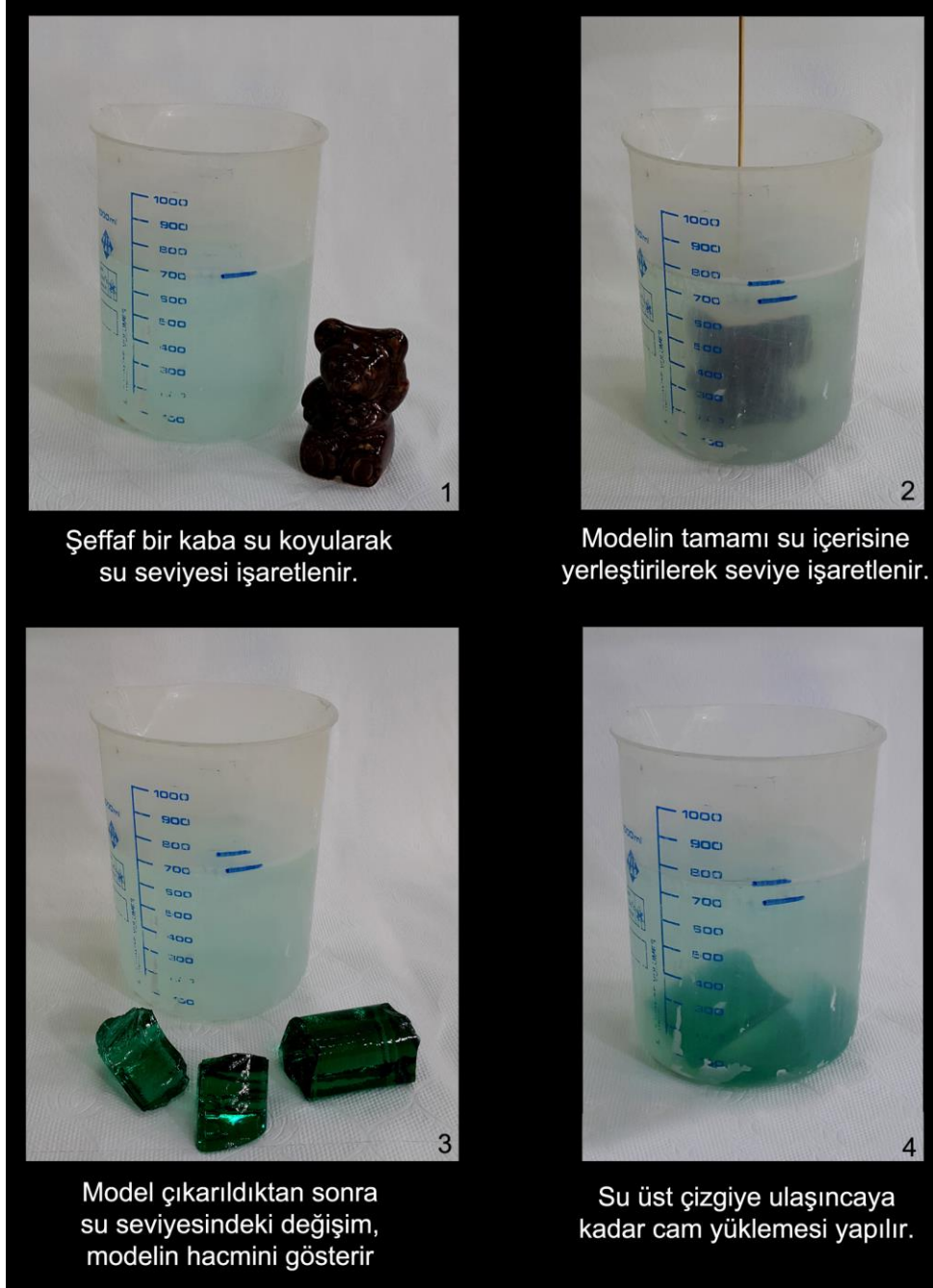


Görsel 23. Gerekli cam miktarının hesaplanması

Kaynak: <https://www.bullseyeglass.com>²³

En pratik yöntem ise modelin kullanımı ile yapılan Görsel 24'te anlatılan süreçtir. Süreç sonunda gerekli cam miktarı bulunmuş olur. Bu süreç çeşitlendirilebilir. Örneğin görselde anlatılan seviye işaretlemesi yerine, su kaba silme doldurulup, model içerisine yerleştirilebilir.

²³ https://www.bullseyeglass.com/images/stories/bullseye/PDF/TipSheets/tipsheet_08.pdf
(Erişim tarihi: 16.09.2015)



Görsel 24. Gerekli cam miktarının bulunması

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Refrakter kalıpların kullanıldığı, fırında cam biçimlendirme yöntemleri fırınlama ve tavlama sonrasında kalıptan ürünler çıkarılırken kalıp içerisindeki camın oda sıcaklığına yakın değerlere geldiğinden emin olunmalıdır. Kalıp içerisindeki cam gerek kalıp kalınlığı gerekse cam formun büyüklüğüne bağlı olarak fırın sıcaklığından daha yüksek sıcaklıkta olabilir. Bu nedenle parçalar, yeteri kadar beklenmeden kalıp fırından çıkarılmamalıdır.

Fırınlama sonrasında kalıp parçalanarak ürün çıkarıldıktan sonra cam yüzeyindeki kalıntılar sert bir fırça, basınçlı su, asidik bir içecek olan kola yardımıyla temizlenebilir. Cummings kalıplama sonrası kalıptan ürün çıkarılması başlığı altında şu bilgilere yer vermektedir: “Kalıp yüzeyinin oylumlu, camın tanecikli yapısı ve pişirim ısısının yüksek olması kalıptan ürün çıkarılmasını zorlaştırır. Tek parça çöktürme ve çoklu külçe dökümlerde bu problem, “Pate de Verre” dökümlere nazaran daha az görülür”. Camın temizlenmesinde su jeti ya da güçlü bir fırçanın yanı sıra tuğla asidi de kullanılabilir. Tuğla asidi hırdavat malzemeleri veya yapı gereçleri satan mağazalardan temin edilebilir. Tuğla asidi zayıf bir asit olsa da güvenlik tedbirleri almak gerekmektedir. Gözlük, eldiven gibi koruyucular kullanılmalı, çalışma ortamının havalandırması iyi olmalı atıklar için önlem alınmalıdır (Cummings, çeviri, 2011: 199).

3.1.4. Sıcak Cam Döküm Tekniği

Lundstrom (1989: 27)'de potalı bir cam ergitme fırını ile kalıba cam dökümünden, cam üfleme, serbest sıcak cam şekillendirmeye, frit hazırlamaya, cam çubuk çekimine kadar birçok tekniğin uygulanabildiği belirtilmektedir.

Süreç kısaca şöyledir;

1. Kalıp fırına yerleştirilerek, sıcaklık kontrollü olarak yaklaşık 750°C civarına çıkarılır.
2. Başka bir fırındaki ortalama 1100°C'deki eriyik cam, kepçe, cam piposu aracılığıyla diğer fırın içerisindeki refrakter kalıp içerisine dökülerek kalıp boşluğu doldurulur.
3. Formun büyüklük ve şekline göre değişen sürelerde ve derecelerde bekleme yapılarak, soğutma ve tavlama sürecine geçilir. Fırın sıcaklıkları ve bekleme süreleri formun şekli ve büyüklüğünün yanı sıra cam türüne bağlı olarak değişmektedir.

Tavlama işlemi sonrasındaki süreç diğer fırında cam biçimlendirme teknikleriyle aynıdır. Soğuma sonrasında refrakter kalıp parçalanıp temizlenerek, cam form elde edilir. Elde edilen cam form, istenildiği takdirde taşlama, kumlama parlatma gibi soğuk işlemlere tabi tutularak süreç sonlandırılır. Görsel 25'de döküm sürecinden fotoğraflar verilmektedir.



Görsel 25. Fırında Sıcak Cam Döküm Süreci

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

3.2. YARDIMCI MALZEMELERLE BİÇİMLENDİRME TEKNİKLERİ

Fırında cam biçimlendirme yöntemleri, her zaman alçı bazlı refrakter kalıplar kullanılmamaktadır. Farklı malzemelerden üretilmiş kalıplarla yapılan ya da kalıp kullanılmadan da yapılan uygulamalar görülmektedir.

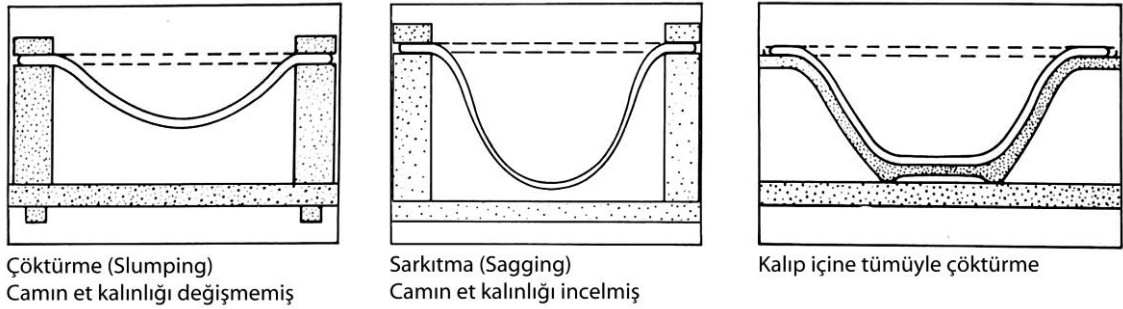
3.2.1. Çöktürme (Slumping) Tekniği

Yabancı literatürde “Slumping” (çöktürme), “Bending” (bükme ya da eğme), “Sagging” (sarkıtma) olarak ele alınabilmektedir. Bazı kaynaklar üç başlığı da farklı tanımlarken bazıları eş anlamlı olarak kullanabilmektedir. Ayrı başlıklar olarak ele alındığında dahi üçünün de ortak noktası camın yumuşama noktasının altında deforme edilerek şekillendirme esasına dayanmasıdır. Thwaites çöktürme tekniğini, camın deformasyon noktasına kadar kontrollü olarak ısıtılması, orada (kalınlığa ve cam türüne bağlı olarak) yeterli süre beklenmesi olarak ele almaktadır. Ayrıca Bükme ya da eğmenin düşük derecede olduğunu, camın tam kıvamını ve hareketi yakalamak için dikkatlice izlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Çöktürme Tekniği'nin ise camın gevşeyecek ve kalıbın şeklini alabilecek kadar yumuşak olduğu daha yüksek derecelerde gerçekleştiğini belirtmektedir (Thwaites, 2011: 113). Cummings ise camın, üç boyutlu kalıplardan asma aparatlarına, kalıp açıklıkları ve camı yumuşatmak için kısmi desteklere kadar çeşitli taşıyıcı sistemlerle deforme edilerek biçimlendirilmesini çöktürme tekniği olarak tanımlamaktadır (Cummings, çeviri, 2011: 99).

Lundstrom, çöktürme, sarkıtma ve bükme işlemlerini ayrı olarak ele almakta ve üç yöntem arasındaki farkı açmaktadır. Lundstrom'un göre: çöktürme neredeyse sarkıtma ile eş anlamlıdır. Bununla birlikte çöktürme uygulamalarında cam kalınlığında gözle görülür bir değişiklik olmaz. Çöktürme işlemi mümkün olduğunca camın yumuşama noktasına yakın (fakat camın aşağı doğru hareketine izin verecek) bir sıcaklıkta gerçekleştirilir.

“Sagging” (sarkıtma) uygulamaları camın ısı ile yumuşadığında kendi ağırlığı ile aşağıya doğru hareketi ile yapılan biçimlendirmelerdir. Teknikte camın sarkması sonrasında camın et kalınlığında gözle görülür bir incelme olur.

“Bending” (bükme) “Sagging” ve “Slumping” ile yakın bir terimdir. “Bending”, “Slumping” ve “Sagging” in fiziksel sonucudur. Endüstride “Bending”, “Slumping” tekniğinin cam üzerine ilave ağırlık koyularak yapılması işlemidir. Böylelikle yumuşama sıcaklığına daha yakın (mümkün olduğunca düşük derecelerde) ısılarda biçimlendirme işlemi yapılır ve camın et kalınlığının incilmesi önlenmeye çalışılır. Mimari cam paneller araba camları üretiminde kullanılan bir yöntem olarak belirlemektedir (Lundstrom, 1983: 85).



Görsel 26. Çöktürme-Sarkıtma-Kalıba Çöktürme

Kaynak: Lundstrom, 1983: 85.

Çöktürme uygulamalarında, seramik, metal, fiber, refrakter kalıp karışımı, kum vb. ısıya dayanıklı kalıplar kullanılabilir.

3.2.2. Kuma Döküm Tekniği

Kuma döküm tekniğinin bazı uygulamaları, fırında cam biçimlendirme yöntemleri altında değerlendirilebilmektedir. Kum kalıp içerisinde yapılan döküm, kalıpla beraber tavlama işlemi haricinde fırınlanıyorsa veya kuma döküm işlemi, sıcak cam döküm yöntemindeki gibi fırın içerisinde yapılarak fırın ortamının şekillendirmeye katkısı oluyorsa, yöntem fırında cam biçimlendirme yöntemleri altında değerlendirilebilir. Fakat genellikle fırın içerisinden alınan eriyik camın, dış ortamda, kum kalıp üzerine dökülüp formunu kaybetmeyecek kadar soğutulmuş biçimlendirilmesi sonrasında tavlama fırınına yerleştirilmesiyle gerçekleşen bir tekniktir.

Kuma döküm, kum yatağına pozitif bir model basılarak yapılan kum kalıplar içerisinde cam döküm kepçesi, cam döküm piposu veya pota ile eriyik camın dökülmesiyle yapılır. Genellikle fırın ortamı dışında yapılan cam döküm yeteri kadar sertleştikten sonra tavlama fırınına alınır. Özellikle çok miktarda cam gerektiren dökümlerde bu uygulama, kum kalıbın fırın içerisinde inşa edilip, dökümün fırın ortamında yapılmasıyla da gerçekleştirilebilir (Kohler, 1998: 35).

Kum döküm kalıplarını iki kategoriye ayırabilir: Su ve bentonit ilaveli kum kalıplar, sodyum silikatlı ve karbondioksit ile sertleştirilmiş kum kalıplar.

Su ve bentonit ilaveli kum kalıplarda modelin en derin noktasından yaklaşık 10 cm daha kalın bir kalıp kurgusu oluşturulur. Kum, %10-15 arası bentonit ve uygun miktarda (kumu nemlendirecek kadar) suyla karıştırılarak kalıp kurgusu içerisine yerleştirilir. Kum ve bentonit karışımı çok nemli olmamalıdır. Su azar azar kumu avucunuzda sıktığınızda şeklini koruyacak kıvama gelinceye kadar ilave edilmelidir. Açık kalıp yapımına uygun, iki boyutlu modeller, kalıp kurgusu içerisindeki kum üzerine bastırılır ve model çevresindeki kumlar sıkıştırılır. Model malzemesi alçı, ahşap, metal, mum vb. sert herhangi bir malzeme olabilir. Model çıkarıldıktan sonra kalıp içerisine ayırıcı olarak grafit uygulanabildiği gibi, propan veya asetilen gazı şaloması ile işleme (karbonlama) işlemi de yapılabilir. Sonrasında tercihen renkli cam tozları kalıp içerisine uygulanarak döküm yapılır. Büyük boyutlu dökümlerde düzensiz soğumayı engellemek için propan şaloması kullanılabilir. Bu aynı zamanda cam içerisinde yüzeye yakın kabarcıkların giderilmesini de sağlar. Kalıp çok nemli olursa dökümde kabarcıklar oluşacaktır. Cam döküm, şeklini

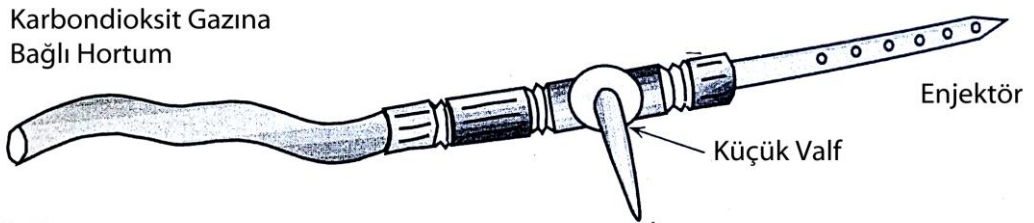
kaybetmeyecek kadar soğuyup, sertleştğinde tavlama fırınına koyulur (Kohler, 1998: 38,39; Halem, 1996: 50,51).



Görsel 27. Modelin kum yatağına bastırılarak, kenarlarının sıkılaştırılması, kum kalıbın karbonlanması ve sıcak cam dökümü

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Sodyum silikatlı ve karbondioksit ile sertleştirilmiş kum kalıplar sert ve dirençlidir. Bağlayıcı olarak sodyum silikat kullanılır ve CO₂ (karbondioksit) gazı ile kalıp sertleştirilir. Ağırlık baz alınarak %2-5 arası sodyum silikatlı bağlayıcı ve kuru kum homojen bir şekilde karıştırılır. Açık kalıp yapımına uygun model, kenarlarında birkaç santim boşluk kalacak şekilde hazırlanan kalıp kurgusu içerisine yerleştirilir. Kalıp kurgusu hazırlanan kum karışımı ile doldurulur ve sıkıştırılır. Yaklaşık olarak 6mm çapında, 30 cm uzunluğunda üzerinde 12 mm aralıklarla 3 mm delikler bulunan CO₂ tüpüne bağlı bakır bir boru kum içerisine batırılıp karbondioksit gazı verilmesi suretiyle sertleştirilir. Bu işlem, CO₂ tüpü basıncı 40 PSI basınca ayarlanarak sık aralıklarla yapılır ki sodyum silikatlı kum karışımının her yerine karbondioksit gazının nüfuz etmesi sağlanır. Sertleşen kalıptan model çıkartılarak grafitleme ya da karbonlama işlemi sonrasında kuma döküm yöntemindeki aşamalar takip edilir (Kohler, 1998: 40; Halem, 1996: 52-54).



Görsel 28. Karbondiyoksit Gazı Kum Sertleştirme Aparatı

Kaynak: Halem, 1996: 54.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

REFRAKTER KALIP KARIŞIMLARI

1. REFRAKTER MALZEMELER

“Refrakter kelimesi Latince inatçı-sert için kullanılan refractarius kelimesinden türetilmiş ve yüksek ergime sıcaklığına sahip malzeme anlamında kullanılmaktadır. Günümüzde ise kullanıldığı yüksek sıcaklık şartlarında istenilen fonksiyonu sağlayan malzeme tanımı kullanılmaktadır (Şahin, 2008: 3)”.

En basit tabiriyle refrakter, yüksek sıcaklıklara dayanabilen malzeme olarak tanımlanır. Refrakter malzemeler 1000°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda uzun süre kullanılabilir. Refrakterler yapay olarak hammaddeden tek madde olarak üretilir. Doğal olarak oksitlerden meydana gelir (Yapı Malzemesi Ders Notları, Yrd. Doç. Dr. Osman Ünal).

1.1. REFRAKTER MALZEMELERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Refrakter malzemeler sahip oldukları kimyasal ve mineralojik yapılarıyla cam biçimlendirme yöntemlerinde yoğun olarak kullanılan malzemelerdir. Fırınlama işlemleri sırasında genişleme, çekme, porozite, yoğunluk, direnç, mekanik dayanıklılık ve ısı dayanıklılık gibi özellikleriyle kalıpların sağlam ve yüzey kalitesinin iyi çıkmasında önemli katkı sağlarlar.

Kimyasal ve Mineralojik Yapı: Refrakter malzemeler genel olarak 3 gruba ayrılmaktadırlar. i) Asidik, ii) bazik ve iii) nötr refrakterler. Asidik refrakterler yüksek miktarda SiO₂ içerirler ve bunlar yüksek sıcaklıklarda bazik refrakterler, cürufklar ve ergiticiler ile reaksiyona girerler. Bazik refrakterler, CaO ve MgO veya her ikisini de içermekte olup, yüksek sıcaklıklarda asidik refrakterlerle, cürufklar ve asitlerle reaksiyona girerler. Nötr refrakterler ise ne asidik ne de bazik karakterlidir. Nötr refrakterler, yüksek sıcaklıklarda asidik ve bazik malzemelere, cürufklara ve ergiticilere (flux) karşı dayanıklıdır (Şahin, 2008: 4).

Genişleme ve Çekme: Şamot ve magnezit tuğlalar üretimleri sırasında daralma, silika tipi tuğlalar genişleme gösterir. Fazla miktarda hacim değişimi çatlamalara neden olur. Çekme olayının meydana gelmesi genellikle malzemenin üretim sırasında yeterli derecede pişmemesinde veya refrakter özelliğinin olmayışından ileri gelir. Genişleme nedeni ise malzemenin yapıldığı hammaddenin parça büyüklüğünün yetersiz olmasındandır.

Yoğunluk ve Porozite: Sıcaklığın yükselmesi ile katı hacimde meydana gelen genişleme ile birlikte porozite azalır. Porozitenin azalması ile refrakter malzeme yumuşar. Bu özellik malzemenin karakterini tayin eder. Porozitenin azalmasıyla orantılı olarak yoğunlukta artış görülür. Refrakter malzemenin yoğunluğunun erime sırasında değişimi büyük önem taşır. Erime olayı ile birlikte hacim değişir ve malzemenin fiziksel özelliklerinde büyük sapmalar olur.

Fırın Sıcaklığında Basınca Direnç: Refrakter malzeme kullanma sırasında genellikle basınç, gerilme gibi çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kalır. Yumuşama sonucu boyut değişikliği olması halinde sakıncalar ortaya çıkar. Bu nedenle normalde yüksek bir basınçta parçalanmayan malzeme fırın sıcaklığında bu değerden çok daha düşük sıcaklıkta parçalanabilir. Sıcaklığın etkime süresinde etkili olur.

Isıl Özellikler: Refrakter malzemelerin ısı özellikleri özgül ısı, ısı iletkenlik ve ısı genişlemedir. Malzemenin Özgül ısı ve ısı iletkenliği kullanıma yerine göre farklı şekilde değerlendirilir. Bazı halde yüksek, bazen de düşük olması arzu edilir. Oysa ısı genişleme özelliği malzemenin tamamen bünyesinden ileri gelen ısı karşısında genişlemeyi temsil ettiğinden fonksiyonel etkiye sahiptir. Bu nedenle fırın tasarımlarında kullanılan refrakter malzemenin ısı genişlemesi, işletme sırasında bir zarara meydan vermemek için özenle seçilir.

Isıl Çatlama ve Parçalanma: Sıcaklık değişimlerine dayanım ısı şok dayanım olarak tanımlanır. İşletme esnasına ısıtma ve soğutma veya sıcaklık salınımları malzemenin yüzeyi ve merkezi arasında sıcaklık farkları ve bunun sonucu olarak da genişleme gerilmeleri meydana gelir. Bir cisim her tarafından soğutulduğunda yüzey boyunca çekme gerilmeleri ve merkezinde basma gerilmeleri meydana gelir. Böylece oluşan ısı gerilmeleri malzemenin dayanımını aşarsa çatlaklar meydana getirerek malzemenin parçalanmasına neden.

Mekanik Dayanıklılık: Refrakter malzemelerin soğukta basınç dayanımına malzemenin yapısı ve özellikle gözenek miktarı etkir. Ateşe dayanıklı tuğlalar oda sıcaklığında pek az şekil değiştirme gösterirler. Yüksek sıcaklıkta farklı tane büyüklüğü ve gözenek dağılımı ile yapıdaki değişik fazların arasındaki gerilmeler nedeniyle çatlaklar oluşabilir. Mekanik dayanım ve aşınma direnci yaklaşık 1000°C' ye kadar durumunu muhafaza eder. Daha yüksek sıcaklıklarda cam fazının artmasıyla birlikte aşınma dayanımı (Ünal'dan aktaran, Göksu, 2006: 17).

2. REFRAKTER KALIP KARIŞIMLARINDA KULLANILAN MALZEMELER

Refrakter kalıp karışımları hazır olarak satın alınabileceği gibi, uygulamacı tarafından da hazırlanabilmektedir. Refrakter kalıp karışımlarının içeriğini ve malzemelerin özelliklerini anlamak, hazır karışım alınacak olsa bile çok önemlidir.

Refrakter kalıp karışımlarında kullanılan malzemeler, *Bağlayıcılar*, *Refrakterler*, *Düzenleyiciler*, olarak üç ana gruba ayrılmaktadır. Aşağıdaki tabloda en çok kullanılan malzemeler fonksiyonlarıyla birlikte verilmiştir.

Tablo 3. Sıklıkla kullanılan refrakter malzemeler

Bağlayıcılar	Refrakterler	Düzenleyiciler
Alçı	Silika	Vermikulit
Hydroperm	Diyatomit	Perlit
Hydrocal Çimento	Sulu Alümina	Şamot
Portland Çimento	Zirkonya	Talaş
Kalsiyum Alüminatlı Çimento (Fondü)	Olivin Kumu	Hava Kabarcığı (Sabun)
Kolloidal Alümina		Alümina Fiber
Kolloidal Silika		Ludo
		Kaolen

Kaynak: Lundstrom, 1989: 45.

Yoğun ve dirençli kalıplar elde etmek için, refrakter kalıp karışımlarında kullanılan malzemelerin, oranları ve tane büyüklükleri de önemlidir. Thwaites, bu faktörleri “Partikül Paketlenmesi” başlığı altında ele alarak aşağıdaki bilgileri vermiştir.

Dirençli kalıplar elde etmek için karışımlara farklı tane boyutlarında refrakter malzemeler eklenmelidir. En iyi parçacık boyutu kombinasyonu, %40 iri, %30 orta, %30 küçük tanelerin kullanılmasıdır. Burada orta, büyük boyutun, küçük ise orta boyutun 1/4'ü olarak tanımlanmaktadır. Bu boyutlar bir araya geldiğinde arada oluşacak boşluklar minimum düzeyde tutularak yoğun ve mukavemetli kalıplar oluştuğu belirtilmektedir (Thwaites, 2011: 25).

Refrakter kalıp karışımlarında, 1 ölçü bağlayıcıya (alçı), 1 ölçü refrakter (kuvars) eklenmesi yaygın olarak kullanılan bir orandır. Fakat “Royal College of Art” da yapılan araştırma projeleri sonucunda 1/3 bağlayıcı, 1/3 refrakter, 1/3 düzenleyici malzemenin kullanımının en iyi sonucu verdiği belirtilmektedir. Düzenleyici malzemenin 1/3 oranında kullanımı kısmen ludo (pişmiş refrakter kalıp karışımı dönüşümü) kullanımını ve daha geniş aralıkta parçacık boyutunun karışıma eklenmesine imkân tanır. Böylelikle daha dayanıklı kalıplar elde edilmektedir.

2.1. BAĞLAYICILAR

Orijinal modelden kalıbın alınmasını ve kalıp bünyesindeki diğer malzemelerin bir arada kalmasını sağlar. Alçı cam şekillendirenlerin bağlayıcı olarak en çok tercih ettiği malzemedir ve diğer malzemelere göre daha ucuz ve kolay bulunabilmektedir. Alçı, kalıp karışım reçetesinde kuru malzemenin %25-75'i aralığında, değişen oranlarda kullanılır (Thwaites, 2011: 25). Bu tez çalışmasında bağlayıcı olarak alçı kullanılmıştır.

Her bağlayıcı kendi işlevsel sıcaklık düzenine sahiptir. Belirli bir ısıyı aştıkça bağlayıcı gücünü kaybetmektedir. Refrakter kalıp karışımı reçetesinin neredeyse yarısı bağlayıcıdan oluşmaktadır. Bağlayıcının yüzdesi bu değer altına düşerse refrakter kalıp karışımının mukavemeti azalır. Cam kalıplarında refrakter kalıp karışımı reçetesinde kullanılan tipik bağlayıcıların ve bağlayıcılıklarını kaybettikleri ısı derecelerinin listesi tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Bazı bağlayıcı malzemelerin bozulma sıcaklık değerleri

Bağlayıcı	Bozulma Derecesi
Alçı	704,4°C - 815,5°C
Hydrocal Alçıtaşı Çimentosu	704,4°C - 815,5°C
Hydroperm Alçıtaşı Çimentosu	760°C - 926,6°C
Portland Çimentosu	871,1°C - 1037,7°C
Kolloidal Çimento Silika	1260°C
Kolloidal Alümina	1260°C
Kalsiyum Alümina	1537,7°C

Kaynak: Kervin ve Fenton, 2000: 74.

2.1.1. Alçılar ve Alçıtaşı Çimentoları

Doğal bir mineral olan alçı taşının (Kalsiyum sülfat dihidrat, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) kalsine edilmesinden elde edilen kalsiyum sülfat hemihidratın ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) öğütülmesiyle oluşturulan malzemeye alçı denir. Alçılar alfa ve beta olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Beta alçılar, orta ve yumuşak nitelikte: özelliğe sahip olan alçılardır. Alfa alçı ise, alçı taşının daha yüksek sıcaklıklarda kalsine edilmesiyle elde edilir. Beta alçılar alfa alçılara göre daha ucuzdur ve daha kolay bulunabilmektedir.

Alçıtaşının farklı sıcaklık ve basınç koşulları altında kalsine edilmesiyle farklı alçı türleri elde edilmektedir. Kervin ve Fenton (2000: 74)' de alçı taşının öğütülüp, ezilip, toz haline getirildikten sonra içinde hapsolan kimyasal ve fiziksel suyun çıkması için 177°C'ye kadar ısıtılarak kalsine edilmesiyle alçı ve çimento oluştuğunu belirtmiştir. Bahsedilen çimento türü alçıtaşı çimentosudur.

Alçı ve çimento suyla karıştırıldığında kimyasal değişime uğramakta, donarak esas hali olan taşa geri dönmektedir. Donduğunda tamamen kurumaz, kabuk bağlar (daha kolay anlaşılması için pıhtılaşmak da denebilir), içindeki suyu kaybetmez. Suyun büyük bölümü

hala oradadır fakat uzun alçı kristallerine tutunmuştur. Donma süresi ve genişmeyi kontrol edebilmek için değişik materyaller eklenebilmektedir. Örneğin alkali sülfatlar ya da klorürler (örn. tuz) donma süresini kısaltırken; sitrik asit, sirke, şeker, boraks, jelatin veya nişasta katılması donma süresini uzatarak ve genişmeyi azaltmaktadır. Alçının veya çimentonun tanecik (molekül) büyüklüğü veya kurutma şekli değiştirildiğinde farklı performanslar alınabilmektedir (Kervin ve Fenton, 2000: 75). Bazı alçı ve alçıtaşı çimentosu türlerine aşağıda değinilmektedir.

Çömlekçi alçısı; iyi bir alçı çeşididir. Ününü dayanıklılığından ve kolay akıcılık sağlamasından almıştır. Diğer alçılara karşı, endüstri standartlarına göre hazırlandığı kabul edilir. 100 ölçek alçıya 70 ölçek su katılarak karıştırılır. Polimer ve sentetik lif içermesi, katı heykel ve çamur dökümü çalışmalarında, performansının artmasını sağlar. Bu, kalıbın yontma direncini ve dayanıklılığını artırır. Seramik endüstrisinde en çok kullanılan alçı çeşididir (Kervin ve Fenton, 2000: 76).

Kalıp alçısı; bazen “Yumuşak Alçı” veya “Paris Alçısı” olarak da karşılaşılan, diğer çeşitlere göre en yumuşak ve en gözenekli alçıdır. Yüzeyi sertleştiren etkenler içermez ve böylece oyulmasını ve model olarak kullanılmasını daha kolay hale getirir. Kıvam olarak 100 ölçek alçıya 70 ölçek su kullanılır. 67-80 ölçek arasında su kullanıldığında mükemmel bir performans gösterir. Karmaşık detayların yapımında iyi bir alçıdır (Kervin ve Fenton, 2000: 76).

Döküm alçısı; geniş ölçüde kullanılan başka bir faydalı alçı çeşididir. Yontma direnci ve sertliği fazla olduğu gibi, karıştırılması kalıp alçısına göre daha kolay ve daha yoğundur. Daha sert bir yüzey sağlayabilmek için ufak sayıda sertleştirici etken ve yumuşak bir çalışma sağlamak için başka katkı maddeleri içerir. Ekstra serttir, normal model yapımında kullanışlı olan düşük geçirgenlik içerir. Bu sebepten dolayı, balmumu kalıp yapımı için iyi bir alçıdır. 100 ölçek alçıda 65 ölçek su kullanılarak karıştırılır (Kervin ve Fenton, 2000: 76).

Hydrocal; oyulabilir veya eklenebilir beyaz alçıtaşı çimentosudur. Sertleşme aşamasındaki genişmesi döküm veya çömlekçi alçısına göre iki misli fazla düşünülmelidir. Hydrocal bütün yönlerde eşit oranda genişler ve diğer tüm alçılara göre

sertleşme aşamasında en yüksek genleşmeye sahiptir. Genleşme karışıma konulan suyun miktarıyla kontrol edilebilir. Genleşme modelin kalıptan daha kolay çıkarılmasını sağlar. Modelin kalıptan daha kolay çıkarılabilmesi için sert modele bir iki kat vernik sürülebilir. Gaz yağı, vazelin (koresen), stearik asit, iç yağı asidi (stearik asit) gibi kalıp ayırıcı da sürülebilir. Bu işlem alçı kalıbın yüzeyini yumuşatmaz veya detayları değiştirmez. Modelin çıkarılması için en uygun süre toplam genleşmenin olduğu alçının sertleşmeye başlamasından sonraki 2-3 saattir. En iyi model için toplam genleşme süresi 2 ila 3 saattir (Lundstrom, 1989: 46).

Hydroperm alçıtaşı çimentosu; demir harici metallerin dökümünde kullanılan, geçirgen kalıpların yapımında kullanılır. Miktarına ve karıştırma şekline göre kontrol edilebilen köpürtme maddesi içerir. Hydroperm düzenli şekilde dağılmış birbirlerine bağlı küçük hava kabarcıkları içerdiğinden dolayı aşırı geçirgendir. Kalıp kurduğunda, bu hava kabarcıkları döküm esnasında oluşan nem ve diğer gazların çıkabileceği kanallar oluşturur (Lundstrom, 1989: 47).

Alçının sertleşip kurutulmuş mukavemeti ile pişmiş mukavemeti tamamen farklıdır. Lundstrom, 1989: 46'da refrakter kalıp karışımlarında, alçı türlerinin, alçıtaşından üretilen alçılar kullanıldığı sürece herhangi negatif ya da pozitif bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. Fakat Hydrocal ve hydroperm'in fırınlandığında belirgin bir biçimde sonucu etkilediği ve doğrudan alçı yerine kullanılmaması gerektiği vurgulanmıştır.

Hydrostone ve ultracal; iki diğer alçıtaşı çimentosudur. Sıklıkla kullanılmamaktadır çünkü kalıp yapımı için sertleşmesi çok fazladır ve cam kalıptan çıkartılmaya çalışılırken kırılabilir. Kalıbı sağlamlaştırmak için kalıp dış katmanlarında veya karışıma kısmi ek olarak kullanabilmektedir (Kervin ve Fenton, 2000: 77).

Tablo 5'te yukarıda değinilen alçı ve alçıtaşı çimentolarının fiziksel özellikleri, tablo 6'da ise alçı-su oranının, alçının bazı özelliklerine etkisi verilmektedir.

Tablo 5. Tipik alçıtaşı çimentolarının ve alçıların özellikleri.

Alçıtaşı Ürünü	Eklenecek su miktarı (100 birim kuru karışım + su)	Sertleşme Süresi (dakika)	Kuru Yoğunluk (lb/cu ft)	Genleşme %	Basınç Direnci (psi)
No. 1 Çömlekçi Alçısı	70	27-37	69.0	.210	1,800
No. 1 Kalıp Alçısı	70	27-37	69.0	.200	2,000
Paris Alçısı	70	27-37	69.0	.200	2,000
No. 1 Döküm Alçısı	65	27-37	72.5	.220	2,400
Çömlekçi Alçısı	74	27-37	66.0	.190	1,800
Hydrocal Çimentosu	45	25-35	90.0	.390	5,000
Hydroperm Çimentosu	100	12-19	<40	.140
Hydro-Stone Çimentosu	32	17-20	119.4	.240	10,000
Ultracal Çimentosu (30)	38	25-35	99.0	.080	6,000

Kaynak: Kervin ve Fenton, 2000: 75.

2.1.2. Çimentolar

Refrakter kalıp karışımlarında bağlayıcı olarak kullanılacak alçıtaşı çimentoları dışında çimentolarda vardır.

Portland çimentosu; genellikle inşaatlarda kullanılan ve yapı marketlerde kolaylıkla bulunabilen en yaygın çimentodur. Çoğunlukla alçıyla birlikte, sertleşme süresini ayarlamak ve refrakter kalıp karışımının kuru mukavemetini arttırmak için kullanılır. Fakat 649°C'yi geçen yüksek sıcaklık kalıplarında ana, temel bağlayıcı olarak kullanılmaz. Portland çimentosu yüksek sıcaklıktan dolayı aktifleşir ve refrakter kalıp karışımlarında fazla oranlarda kullanıldığında, sıcak camın değdiği yüzeylerde kolaylıkla cama yapışabilir. Cam veya alev ile doğrudan temas etmemelidir (Lundstrom, 1989: 47; Kervin ve Fenton, 2000: 77).

Tablo 6. Su oranının, alçının bazı özelliklerine etkisi

Alçı-Su Oranı (Ağırlıkça)	Sertleşme Zamanı (dakika)	Basınç Direnci (psi)	Kuru Yoğunluk (lb/cu lt)
100/30	1 ³ / ₄	11,500	112.7
100/40	3 ¹ / ₄	6,750	96.6
100/50	5 ¹ / ₄	4,500	84.4
100/60	7 ¹ / ₄	3,250	75.3
100/70	8 ³ / ₄	2,500	67.6
100/80	10 ¹ / ₂	1,800	61.8
100/90	12	1,400	56.7
100/100	13 ³ / ₄	1,000	54.1

Kaynak: Kervin ve Fenton, 2000: 76.

Kalsiyum alüminatlı çimento; döküm refrakterlerinde sertleşme süresini ayarlamak için kullanılır. 1427°C'ye kadar bağlayıcılığını korur. %15'lik kalsiyum alüminanın alçıya eklenmesi kalıp karışımının yüksek sıcaklık direncini artırır. Kalsiyum alüminat sertleşme sürecini hızlandırmaktadır. %4'ten fazla eklendiğinde sertleşme süresini makul kılmak için ufak miktarlarda potasyum sülfat karıştırılması gerekebilir. Kalsiyum alüminat bağlayıcısı çok dirençli ve serttir. Refrakter kalıp karışımlarında fazla oranlarda kullanımı fırınlama ve tavlama sonrasında camın kalıptan çıkartılmasını güçleştirebilmektedir (Lundstrom, 1989: 47).

Kolloidal alümina; ince alümina parçacıklarının sıvı süspansiyonlarıdır. Kuma cam dökümü yapılırken, gevşekçe paketlenmiş olivin kum için bağlayıcı olarak kullanılır. Çöktürme kalıplarında kullanılan fiber kâğıt ve battaniyeyi sertleştirmek için de kullanılabilir. İdeal dayanıklılığına ulaşması için 593°C'de fırınlanmalıdır. Yüksek sıcaklıklarda aktifleşmez ve bu sayede ergimiş cama yapışmaz. Bu aynı zamanda cam dökümlerinde iyi bir kalıp ayırıcı olarak kullanılabilceğini göstermektedir. Kolloidal alüminanın refrakter kalıp karışımlarına eklenmesi, kalıbın dayanıklılığını ve camın kalıba yapışmasını aza indirmektedir (Kervin ve Fenton, 2000: 77).

Kolloidal silika, kolloidal alümina ile benzer özelliklere sahip olmasına rağmen yüksek sıcaklıklarda aktifleşebilir ve ergimiş cama yapışabilir. Bu nedenle ayırıcı olarak kullanılamazlar. İdeal sağlamlığa ulaşması için 427°C civarında fırınlanmalıdır (Kervin ve Fenton, 2000: 77).

2.2. REFRAKTERLER

Refrakterler yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı, metal olmayan inorganik malzemelerdir. “Bu malzemeler, aşınmaya, korozyona, basınca ve hızlı sıcaklık değişimlerine karşı dayanıklıdır (Ay vd. 1999: 104)”. Cam dökümünde kullanılan refrakter kalıp karışımlarının başlıca malzemelerindendir, karışımda %50-75 aralığında değişen oranlarda kullanılmaktadır. Bazı refrakter malzemeler yüksek sıcaklıklarda cama yapışma eğilimi gösterebilmektedir.

Alçı bazlı kalıp karışımlarına eklenen refrakter malzemelerin parça büyüklükleri önemli bir faktördür. Parçacık büyüklüğü çeşitliliği, karışımda kullanılan malzemeler arasındaki boşlukların azalmasını sağlayarak daha sıkı bir partikül paketlemesi yapılmasına olanak tanımaktadır. Alçı yaklaşık 650°C’de küçülmeye başlamakta, 732-843°C derece arasındaysa mukavemetini yitirmektedir. Küçülmeye beraber kalıpta çatlaklar oluşabilir. Daha sıkı bir paketlemeyle, kalıp mukavemetini arttırmak ve bu çatlakları azaltmak mümkündür. Refrakter malzemeler yüksek sıcaklıklarda boyutsal ve kimyasal olarak dengelerini korurlar. Çatlakların önlenmesinde ve kalıbın yüksek sıcaklıklardaki mukavemetinin artırılmasında, refrakter malzeme ilavesinin etkisi büyüktür (Lundstrom, 1989: 11, 49; Kervin ve Fenton, 2000: 77, 81).

Thwaites (2011: 25)’de şamot, ludo (pişmiş refrakter kalıp karışımı), kaolenitik kil, HTI (öğütülmüş yüksek sıcaklık yalıtım tuğlası) gibi bazı refrakterlerin aynı zamanda düzenleyici gibi davranabildiği belirtilmiştir. Kaolenitik kil, ludo, şamot malzemelerini Lundstrom, Kervin ve Fenton düzenleyiciler sınıfında ele almıştır. Silika, alümina, zirkonya, olivin kumu, kalıp karışımlarında sıklıkla kullanılan refrakter malzemelerdir.

2.2.1. Silikalar

Silika yani “SiO₂; mol ağırlığı 60,06, erime sıcaklığı 1710°C, buharlaşma sıcaklığı 2230°C, özgül ağırlığı 2,2-2,6, sertliği (Mohs) 7” olan bir mineraldir (Ay vd. 1999: 116). Fırında cam biçimlendirilirken kullanılan refrakter kalıp karışımlarında, silika olarak genellikle kuvars minerali kullanılmaktadır.

Kuvars, akik, alaca taş, çakmak taşı, flint, opal gibi çok çeşitli olarak doğada kristal halde bulunan, oksijenden sonra dünyada en çok rastlanan silisyumun bir bileşimidir (Ay vd. 1999: 101; Arcasoy, 1983, 13).

Silisyum dioksitin oda sıcaklığında değişmez formu alfa kuvarstır. Alfa (α) kuvarsın 573°C ye kadar ısıtılması ile bu sıcaklıkta beta (β) kuvars oluşur. Bu reaksiyon geriye dönüşlü olup, bu sırada kuvars hacimce büyüme de gösterir. Isıtmanın yavaş sürdürülmesi ile beta kuvars bu kez 870°C de, tridimite ve 1470°C’de de, kristobalite dönüşür. Bu dönüşümler dizisi, 1713°C de erime ile son bulur.

Silisyum dioksidin yüksek sıcaklıktaki formlarından olan tridimit ve kristobalit, soğuma sırasında birden düşük sıcaklık formlarına dönüşürler. Bu formlardan olan beta tridimit 163°C de, gama tridimit 117°C de ve beta kristobalit de 230°C de oluşur. Silisyum dioksitin dönüşümleri sonucu ortaya çıkan formlarının hepsi farklı özgül ağırlıklara sahiptirler (Arcasoy, 1983, 14).

Parçalanmış, püskürtülebilecek tane büyüklüğüne getirilmiş kuvars veya silika pudrası olarak adlandırılan şekli, yaygın olarak kullanılmaktadır. Alçı bağlayıcı ile birlikte kalıp reçetesinde temelde 50/50 oranında kullanılır. Pudra halinde çok ince olarak öğütüldüğünde, 2-8 mikrometre parçacık boyutunda (200-300 mesh arası parçacıklar) silika tozları oluşur. Silika tozu sağlık için risklidir. Solunduğunda ciğerlere alçıdan daha fazla zarar verir. Uzun süreli solunması asbestoza (asbest hastalığı) çok benzeyen, silikoza (silika tozundan meydana gelen akciğer hastalığı) neden olur. Netice olarak solunum hastalıklarına veya kansere bile neden olabilir. Dolayısıyla maske (gaz maskesi) kullanılması faydalı olacaktır (Thwaites, 2011: 27-28; Kervin ve Fenton, 2000: 78).

Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde fırınlama aşamasında yaşanan kuvars dönüşümlerinde, hacimde oluşan büyüme ve küçülme kalıpta çatlamaya neden olabilmektedir. Kalıpta çatlak oluşumunu önlemek için kuvars dönüşümünün etkisini azaltacak diğer malzemelerin kalıp karışımı reçetesine ilavesi ve sıkı bir partikül paketlenmesi tavsiye edilir. Silika, döküm sıcaklıklarında cam ile reaksiyona girme eğilimindedir ve refrakter kalıp karışımlarında kullanımında cam ile kalıp yüzeyi yapışabilmektedir. Kalıpların kurutularak ön pişirim yapılması bu sorunu azaltabilmektedir (Thwaites, 2011: 27-28).

Flint, çok az su ve organik madde içeren amorf bir kuvars çeşididir. Sert olmaları nedeniyle 300-900°C arası kalsine edilmeden öğütülmeleri zordur. Kalsinasyon sıcaklığı ve süresine bağlı olarak flintin özgül ağırlığı değişiklik gösterebilmektedir.

Amorf silisyum dioksitin bir çeşidi de, yüksek porozite (su emme yeteneği) ve düşük sıcaklık iletkenliğine sahip **diyatomit** (Arcasoy, 1983, 13). Diyatomit, yaygın olarak diyatumlu toprak olarak bilinen, mikroskobik tek hücreli alglerin (yosunların) silika içeren kalıntılarıdır. Gözenekli, kristalimsi bir maddedir. Yüksek ısılarda aktif olup cama yapışma riski taşır. Kalıp karışımlarında daha kolay temizlenebilir bir kalıp elde etmek için kullanılır (Lundstrom, 1989: 49).

2.2.2. Alümina (Sulu)

Birkaç farklı kristal formda meydana gelir. Kimyasal olarak hepsi benzerdir ancak sıcaklığa verdikleri tepki farklıdır. 350 ile 325 mesh arasındaki sulu alümina çoğunlukla %25-50 oranında kaolene ilave edilir, raf astarı ve füzyon uygulamalarında ayırıcı olarak kullanılır. Daha iri meshlerdeki alümina, termal şoka olan mukavemeti sayesinde tek bir kalıptan birçok kopya (ürün) elde etmeye yönelik açık döküm kalıpları için mükemmel bir tercihtir (Lundstrom, 1989: 49). Alüminanın kimyasal formülü Al_2O_3 , ergime sıcaklığı 2030°C'dir ve yüksek ergime sıcaklığı sebebiyle cam dökümlerinde aktifleşmez (Ay vd. 1999: 3).

2.2.3. Zirkonya

Ergime derecesi çok yüksek diğer bir refrakterdir. ZrO_2 kimyasal formüllü bu malzemenin ergime sıcaklığı (~) $2700^{\circ}C$ 'dir (Ay vd. 1999: 158). Zirkonya cam kalıplarının maruz kaldığı sıcaklıklarda kararlıdır ve camın asidik etkilerine karşı dayanıklıdır. 30 mesh ile 200 mesh arasında mevcuttur. Bu yüzden boyut aralığının önemli olduğu ve dayanıklılığı arttırmak amacıyla yapılan paketleme işlemlerinde kullanılabilir (Lundstrom, 1989: 50).

2.2.4. Olivin Kumu

Doğal minerallerden elde edilir. Fosferit (Mg_2SiO_4) ve fayalit (Fe_2SiO_4) (magnezyum, demir silika) maden olarak çıkarılır ve kum tanecikleri boyutlarında öğütülür. Yüksek sıcaklıktaki dökümler için kullanılan olivin gibi kumlar AFS koduyla numaralandırılır. Bu numaralandırma tek bir tane boyutunu değil farklı meshlerdeki kum parçalarının karışımını belirler. Örneğin, olivin 120, kum tane boyutunun 120 mesh olduğunu değil, 50 meshten 180 meshe kadar kum tanelerinin karışımını işaret eder. Kalıp karışımlarında kullanılan kuvarsa iyi bir alternatiftir. Tane boyutu çeşitliliği sıkı paketlemeye imkân tanır ve düşük silika içeriği ile sağlık açısından da daha güvenlidir. Ayrıca kuvarsa alternatif olarak kullanıldığında kuvars dönüşümünde yaşanan hacim değişiklikleri ile oluşan çatlaklar önlenabilmektedir (Thwaites, 2011: 30; Kervin ve Fenton, 2000: 79; Lundstrom, 1989: 50).

2.2.5. Yüksek Oranda Alümina ve Silika İçeren Killer

Bazı kil ve kaolen çeşitleri (ateş kili, yüksek alüminalı plastik kaolen vb.) yüksek oranlarda alümina ve silika içermektedir. Bu özellikleri kalıp karışımlarında refrakter katkı maddesi olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır. Killer genellikle, iyi bir seramik bağ oluşturabilmesi için $871^{\circ}C$ ve üzeri sıcaklıklarda fırınlanmalıdır. Dolayısıyla sıcak cam dökümünün $871^{\circ}C$ ve üzeri sıcaklıklarda yapıldığı uygulamalarda tercihen kullanılan malzemelerdendir. Uygun sıcaklıklarda çok sert ve dayanıklı hale gelirler. Alçı bazlı refrakter kalıp karışımlarına ilavesi, Yüksek sıcaklıklara mukavemeti ve küçülme oranlarının düşüklüğü sebebiyle kalıp karışımlarında refrakter malzeme olarak kullanılabilir. Kalıp karışımlarında, yüksek oranda kil kullanımı, camın kalıptan çıkarılmasını zorlaştırsa da, açık kalıplarda kullanılabilir. Ateş killeri kabadır: 120-250 mesh; ince plastik kil ve yüksek alüminalı plastik kaolen çok incedir: 250-400 mesh (Lundstrom, 1989: 48; Kervin ve Fenton, 2000: 78).

2.2.6. HTI (Yüksek Sıcaklık Yalıtım Refrakteri)

Parçalanmış yüksek sıcaklık yalıtım tuğlası düzenleyici gibi davranan, yüksek refrakter özellik gösteren bir malzemedir. Fırınları inşa etmek için kullanılan eski tuğlalar el ile ya da mekanik olarak parçalanarak kalıp karışımında kullanılabilir. Bu refrakterin ufak parçaları döküm aşamasında direk olarak kalıp karışımına ilave edilerek kalıp bünyesinde çatlak oluşumunu önleyecek (agrega gibi) davranış sergileyebilir (Thwaites, 2011: 29).

2.3. DÜZENLEYİCİLER

Refrakter kalıp karışımları ve kalıp özelliklerinde bir takım avantajlar elde etmek için kullanılan malzemelerdir. Bunlar arasında kabarcıkların azaltılması, kuruma zamanının kısaltılması, genleşme ya da büzüşmenin emilimi, sertleşme süresi ve gözenekliliğin artırılması, karışımların cam yüzeyine yapışmasını engellemek gibi özellikler kazandırmak sayılabilir. Düzenleyici malzemeler kalıp karışımlarına düşük oranlarda ilave edilir, aşırı miktarda kullanımları kalıp hatasına yol açabilmektedir.

2.3.1. Vermikülit

Mikaya benzer bir kil mineralidir. Sıcakta daha gevşek ve hafif olur, boyutunun 10-15 katı kadar kabarır. Bu hafif ve geçirgen olmasını sağlar. Koyu gri renklidir. Ticari anlamda yalıtımda ve toprak kondisyonlayıcı olarak kullanılır. Refrakter kalıp karışımlarında düzenleyici olarak kullanıldıklarında pürüzlerin alınması ve kafes teliyle desteklenmesi gerekebilir (Lundstrom, 1989: 51).

2.3.2. Perlit

Sıcağa vermikülit gibi tepki veren doğal oluşumlu bir mineraldir. Ticari anlamda yalıtımda, toprak kondisyonlamada ve hafif aşındırıcı olarak kullanılan beyaz veya açık gri renkli mineraldir. Vermikülitten incedir fakat cam kalıplarında kullanımdan önce 10 mesh ya da daha ince tanecik boyutlarında elenmelidir (Lundstrom, 1989: 52).

2.3.3. Şamot (Grog)

Şamot, öğütülmüş, pişmiş kildir. Refrakter kalıp karışımları için 120-200 mesh arası ince öğütülmüş hali uygundur. Genleşmeyi ve küçülme oranını azaltmak için kullanılmaktadır (Kervin ve Fenton, 2000: 79). Aynı zamanda geçirgenliği artırır ve kalıp bünyesinin pişme öncesinde ve pişme sırasında gerilme çatlakları ve eğilme olmadan homojen olarak donmasını katılaşmasını sağlar. Ancak ne yazık ki pişme sıcaklığına, zaman ve kullanılan cam tipine bağlı olarak cama yapışabilir. İri şamot parçacıkları çok yüksek kurşun içeriği olan ve düşük ergime sıcaklığı olan bazı yumuşak cam tiplerine yapışabilmektedir (Thwaites, 2011: 29). Kalıp dış katmanlarında kullanıma uygundur.

2.3.4. Ludo

Ludo önceden pişirilmiş refrakter kalıp malzemesinin ezilmesi ve elekten geçirilmesiyle elde edilen materyalin adıdır. Bu malzeme de grog gibi kalıbın küçülme oranını azaltır ve karışım çabuk donar. Ayrıca ludo kullanımı bazı pahalı refrakterlerin yeniden kullanımını sağlamaktadır. Refrakter kalıp karışımları su ile karıştırılıp dökülebilir hale getirildikten sonra karışıma eklendiklerinde ön ısıtma aşamasında oluşabilecek çatlakları en aza indirger. Ayrıca karışımların uyumunu da artırır (Lundstrom, 1989: 55; Kervin ve Fenton, 2000: 79).

2.3.5. Organik Malzemeler

Talaş, ağaç lifi ya da kâğıt gibi malzemeler, bazen kalıp karışımlarında daha gözenekli kalıplar elde edebilmek için kullanılır. Fırınlama aşamasında talaş ve kâğıt gibi malzemeler yanar ve hava tahliye kanalları oluşturur. Bu malzemelerin, alçı bazlı karışım formüllerinde kontrol edilmesi zordur, su emdikleri için kristalleşmeyi alçının bağlayıcılığını ve direncini etkiler. Kalıp içerisinde boşluklar oluşturarak gözenekli bir yapı elde etmenin diğer bir yolu da, kalıp karışımlarına köpüren bir malzemenin eklenmesiyle sağlanır. Karışıma sabun veya deterjan ilave edilir ve uygun bir yöntemle karıştırılarak düzgün bir şekilde kabarcıklar meydana gelmesi sağlanır (Lundstrom, 1989: 53).

2.3.6. Kaolen

$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ yüksek kalitede refrakter özelliğe sahip, pişme rengi beyaz, ince bir kil çeşididir. Küçük miktarda alkali ve demirde içerebilir. Kullanışlı bir düzenleyicidir ve %10 oranına kadar kalıp karışım reçetesine ilave edilebilir. Kalıp karışım reçetesine %5 kaolen ilavesi, fırınlama sonrasında iyi bir cam yüzeyi elde edilmesini sağlar ve pişirim sonrası karışım kolaylıkla çözülür. Kaolen karışımında bağlayıcı ilave olarak da görev alır ve su ile karıştırıldığında süspansiyondaki diğer kalıp karışım bileşenlerine katkıda bulunur. Bu cam ile temas halinde olan refrakter ve alçı bileşenlerinin cama geçişini ve kaolenin ince parçacık boyutlu haliyle camın birleşmesini ve dolayısıyla camın kalıp karışımına yapışmasını önlemeye yardımcı olabilir. %10'dan daha yüksek oranlarda kaolen cam yüzeyinde devitrifikasyona neden olur. Kaolen ve talk pudrası çok emicidir. Topaklanmayı önlemek için suya karıştırılmadan önce diğer bileşenlerle kuru halde karıştırılmalıdır (Thwaites, 2011: 30; Ay vd. 1999: 67).

2.3.7. Talk Pudrası

Talk pudrası, büyük miktarlarda magnezyum silikattan meydana gelir ve bazı formları asbest içermektedir. Refrakter özellikler içermekte ve fırın malzemelerinin yapımında da kullanılmaktadır. 850°C'ye kadar hareketsizdir ve yüksek genleşme özelliği vardır, ardından soğuma sırasında küçülür. Yüksek sıcaklıkta kordierit halini alır ve bu da ısı şok dayanımı çok iyi olan bir malzemedir. Kaolene benzer ince tabakamsı bir yapıdadır, bu da detayların aktarımına yardımcı olur (Thwaites, 2011: 31).

2.3.8. Fiberler (Elyafar)

Fiber malzemelerin refrakter kalıp karışımlarında kullanım miktarını belirlemek çok zordur ve tam etkileri hakkında kesin bilgiler bulunmamaktadır. Farklı fiber çeşitleri bulunmaktadır ve refrakter kalıp karışımlarına ilavesi gözenekliliği belirgin şekilde değiştirebilmektedir. Ayrıca donma, modelin çıkartılması ve aynı zamanda pişirim sırasında kalıbın mukavemetine etki etmektedir (Thwaites, 2011: 32).

Fiberglas, alümina silikat fiberleri, zirkonya fiberleri farklı özellikler gösteren fiber çeşitleridir. Refrakter kalıp karışımlarda, mukavemeti, termal şok direnci ve kalıp gözenekliliğini arttırmak içinde kullanılabilir. Fiberglaslar, alümina silikat ve

zirkonya fiberlerine kıyasla daha düşük sıcaklıklarda kullanılan, yüksek sıcaklıklarda mukavemetini kaybeden malzemelerdir. Alümina silikat fiberler, yüksek sıcaklıkta mekanik olarak kararlı, düşük ısı iletkenliğine sahip, düşük oranda ısı toplayan, iyi bir korozyon direncine sahip, hafif, malzemelerdir. Alümina silikat fiberler, fibreglaslar gibi döküm sıcaklıklarında mukavemet kaybetmezler ama biraz daha aktif hale gelebilirler. Zirkonya fiberleri ise yüksek sıcaklık fiberleridir ve termal olarak aktifleşmezler. 3-6 mikron çaplı liflere sahiptirler. Yaklaşık 2,5 mm uzunluğunda %99 oranında kübik zirkonlardan oluşurlar. Zirkonya fiberleri 2593°C'de, alümina silikat fiberleri ise 2038°C'de erimektedir. Zirkonya fiberleri 1538°C'ye kadar hiçbir büzüşme gözlemlenmemesine rağmen alüminyum silikat fiberlerinde %2'lik bir büzülme görülmüştür.

Fiber malzemeler, biraz su ilavesiyle blenderde ya da farklı yöntemlerle parçalanarak karışımlara eklenebilmektedir. Fiber parçaları refrakter kalıp karışımı ilavesi öncesinde, karışım için hazırladığınız su ile karıştırılarak kullanılabilir. Fiberler kuru kullanılıyorsa ekstra su ilavesine ihtiyaç duyulmaktadır. Genel olarak 1 ölçek fiber için 10 ölçek su ilavesi yapılır. Yaş, ıslak halde kullanıldığında herhangi bir su ilavesine gerek yoktur.

Döküm ısısına ulaşma aşamasında malzeme aktif olacak ve bir miktar mukavemet kaybına uğrayacaktır. Ancak, küçük oranlarda kullanılırsa mükemmel bir düzenleyici elde edilir. Diğer taraftan, ucuz oluşu ve kolayca tedarik edilmesi de faydayı artırır (Kervin ve Fenton, 2000: 79-80).

3. REFRAKTER KALIP VE KARIŞIM HAZIRLAMA SÜRECİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN NOKTALAR

Fırında cam biçimlendirme yöntemlerinde genellikle alçı bazlı karışımlar kullanıldığı ve alçının yüksek sıcaklıklarda küçülerek, mukavemetini yitirdiği bağlayıcılar başlığı altında vurgulanmıştır. Dolayısıyla, karışımlarda, %50 oranından daha fazla alçı kullanımı, kalıpta çatlaklar oluşmasına, bitmiş iş üzerinde istenmeyen hatalara ve yüzey çiziklerine sebep olabilmektedir.

Genel anlamda refrakter kalıplar ve kalıp karışımlarında kullanılan malzemelerden;

1. Pişirim sonrasında modelin şeklinin net bir şekilde elde edilmesini sağlamaları,
2. Pişirim süresince, ısıtma ve soğutmada kalıba direnç vermeleri,
3. Pişirim sırasında ve sonrasında cam yüzeyine zarar vermeden kolayca yüzeylerden ayrılmaları, beklenmektedir (Thwaites, 2011: 21).

Alçıya eklenen suyun oranı, kalıbın mukavemetini böylece performansını da etkiler. Çömlekçi alçısı, 100 ölçek alçıya 70 ölçek su kullanımı iyi sonuçlar vermektedir. Fakat vermikülit, talaş veya silisli toprak gibi farklı malzemelerin eklenmesi, önerilen suyun ölçüğünün değiştirilmesini gerektirir. Eğer alçı içerisine eklenen malzemeler suyu emiyorsa, su seviyesi arttırılmalıdır. Eklenen malzemeler suyu emmiyorsa su oranında bir değişiklik gerekmemektedir. Eklenen suyun sıcaklığı ve saflığı da kalıp sürecini etkilemektedir. Lundstrom, karışımda kullanılan suyun temiz (içilebilir) ve hydroperm dışındaki alçıtaşı çimento ve alçı türlerinde yaklaşık 21-24°C'lerde olması gerektiğini belirtmektedir (Lundstrom, 1989: 57).

Kalıp karışımının kalınlığı göz önünde bulundurulması gereken diğer bir noktadır. Eğer kalıp duvarı çok kalın olursa ısının kalıp boşluğunun içine nüfuz etmesini engeller. Sonuç olarak dökümün tamamlanmasına engel teşkil eder (Thwaites, 2011: 22).

Alçının, suya katıldıktan sonra suyu iyice emmesi çok önemlidir. Alçının suyu iyice emmesi, tüm alçı taneciklerinin suya doymasını sağlamakta bu da alçının su içinde homojen bir şekilde dağılımını kolaylaştırmaktadır (Lundstrom, 1989: 57).

Alçı bazlı refrakter kalıp karışımlarının düzgün kristal yapısını geliştirmesi için donma süresi yaklaşık olarak iki saat olarak ayarlanmalıdır. Donma süresi sonunda, optimum fiziksel özellikler kalıbın düzgün bir şekilde kurutulması ile elde edilir. Alçının donma (prizlenme) sürecinde tam hidrasyona uğraması için ağırlık olarak yaklaşık 100 ölçek alçı başına 18 ölçek su gerekmektedir. Ancak döküm aşamasında, uygun bir bulamaç elde etmek için daha çok miktarlarda su kullanılmaktadır. 18 ölçek üzerindeki su fazlalığı ya da "serbest" su olarak kabul edilen fazla suyu döküm kalıbından uzaklaştırmak için kalıp kurutulmalıdır (Lundstrom, 1989: 63).

Refrakter malzeme ve kalıp reçete seçimi önemlidir. Bu seçim, yapılacak çalışmanın niteliğine bağlı olarak yapılmalıdır. Ayrıca bu seçimler pişirim sonrasında son işlemlerin yapım süreci üzerinde etkilidir. Kalıp malzemesinin pişirim sonunda cama yapışma riskini azaltmak için pişirim sırasında sıcaklık ve zaman kontrolünün iyi yapılması gerekmektedir (Thwaites, 2011: 22).

Alçı ya da refrakter kalıp karışımları düzgün muhafaza edilmezlerse ortamdaki nemi çekip rehidrasyona uğrayabilmektedir. Bu da kalıpta çatlaklar oluşturup kalıbın mukavemetini yitirmesine neden olabilir. Ayrıca nemlenmiş malzeme kullanımında, alçı toplanarak kalıp yüzeyi pürüzlü bir hal alabilmektedir.

Alçının nemli olup olmadığını anlamak için üç yol vardır. En kesin yol, şüphelenilen alçı ile iyi bir alçının ağırlıklarını karşılaştırmaktır. Şüphelenilen alçının ağırlığı, diğer alçının ağırlığından %20 oranında fazla geliyorsa, bu eski malzemeden kurtulmak gerekmektedir. Alternatif olarak, iki alçı arasındaki sertleşme zamanı kıyaslanabilmektedir. Şüphe duyulan alçının donma süresi iyi alçıdan birkaç dakika daha uzunsa alçı nemlenmiş olabilir. Diğer yolda ise, şüphe edilen alçının elde sıkılmasıdır. Alçı, elimizle sıkığımızda şeklini muhafaza edebiliyorsa hala kullanılabilir haldedir (Kervin ve Fenton, 2000: 76).

Gerekli önlemler alınmadığında refrakter kalıp karışımlarında kullanılan malzemeler sağlık açısından sakıncalı olabilmektedir. Kullanılan malzemeler genellikle aşırı tozudur ve özellikle silikat unu gibi malzemeler akciğerlerde tahrişe neden olabilmektedir. Ayrıca bazı refrakter kalıp karışımı reçetelerinde asbest gibi zehirli toz sınıfında sayılabilecek malzemeler bulunabilir. Refrakter kalıp karışımlarında kullanılan malzemelerle çalışırken özellikle kuru malzemeleri karıştırma esnasında her zaman filtrelili maske ve eldiven kullanılmalıdır.

Alçı bazlı yapısal malzemeler de cildi kurutarak tahriş edebilir. Bu malzemeler hafif alkalidirler ve lavabo açıcısındaki soda çözeltileri gibi yanıklar oluşturabilirler. Eğer ciltte yanıklar oluşuyorsa, elleri alkalilerden arındırmak için kısa sürede sirke ve bol su ile yıkanmalıdır. Ellerin kısa süre içerisinde yıkanması geçerli bir çözümdür. Fakat hassas ciltlerde ya da ciltteki kızarıkların devam etmesi durumunda eldiven kullanılmalıdır.

Alçı ve diğer malzemelerin tozlarının göze verdiği zararlar da vardır. Bu nedenle koruyucu şeffaf koruyucu gözlük kullanımı tavsiye edilmekte, çalışırken ellerin gözle temasından kaçınılması tavsiye edilmektedir (Kervin ve Fenton, 2000: 80).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

REFRAKTER KALIP REÇETELERİ VE KİŞİSEL UYGULAMALAR

Tezin bu bölümünde, örnek oluşturması bakımından literatürdeki bazı refrakter kalıp karışımı reçetelerine değinilecektir. Sonrasında kişisel uygulamalar alt başlığında farklı oran ve malzemelerle oluşturulan reçete örnekleri ve sonuçları irdelenecektir.

1. REFRAKTER KALIP KARIŞIMI REÇETE ÖRNEKLERİ

Literatür taramasında birçok reçete örneği ile karşılaşılmakta, oranlardaki küçük değişikliklerle ya da malzeme değişiklikleriyle farklı reçeteler oluşturulabilmektedir. Yapılan araştırmada Cummings'in, ayrıca tezin temel kaynaklarından olan Thwaites, Kervin ve Fenton'un kitaplarından reçete örnekleri incelenmiş, yapılan incelemelerden hareketle, kişisel uygulamalarda kullanılmak üzere reçeteler hazırlanmıştır.

Bu bağlamda kalıp karışımlarının hazırlanmasında çoğu uygulayıcı ya da sanatçının, 1/1 ya da yarı yarıya olarak tabir edilen %50 refrakter malzeme %50 bağlayıcı malzeme kullandığı görülmüştür. Ayrıca "KALIPLAR VE TÜRLELERİ" başlığında da değinildiği üzere bu refrakter karışımlar için 1/1,5 su/refrakter kuru karışım oranı tercih edilmekte, genellikle bağlayıcı olarak alçı, refrakter malzeme olarak da tercihen kuvars kullanılmaktadır. 1/1,6 ya da 1/1,7 gibi daha yüksek oranda refrakter kuru karışımli bir reçete kullanmak, daha yoğun bir karışım sağlamaktadır (Thwaites 2011: 99).

Cam sanatında kalıp karışımları konusundaki örnekler incelendiğinde bu anlamda dikkat çeken araştırmacılardan biri; Angela Thwaites'dır. Thwaites'in *Mould Making For Glass* kitabından alınan bazı reçete örnekleri aşağıda verilmiştir.

Jan Hein'in Reçetesi; %40 Kuvars %40 Alçı %20 Grog.

Bu reçetenin içinde refrakter malzeme oranının yüksek olduğu görülmektedir. Bu yüzden de iki kez fırınlanmaya uygun ve dayanıklıdır.

		Yüksek Dereceli Refrakter
Ludo Reçetesi 1	Ludo Reçetesi 3	Kalıp Karışım Reçetesi
%32 Ludo	%33 Ludo	%33 Seramik D. Alçısı
%32 Kuvars	%10 Kuvars	%33 Ludo (Olivinli)
%32 Alçı	%10 Olivin Kumu	%10 Kuvars (İnce Silika)
%4 Kaolen	%10 Grog	%10 Grog
	%33 Seramik D. Alçısı	%10 Olivin Kumu
	%4 Kaolen	%4 Kaolen

Ludo Reçetesi 1; içinde yüksek miktarda ludo bulunmaktadır. Bu daha az büzülme (küçülme) oranı sağlar ve fırınlanma esnasında oluşabilecek çatlaklara karşı direnç oluşturur. Bununla birlikte, ludo ve düşük alçı oranı kalıbın yumuşak olmasını sağlar. Bu oranlar “Lost Wax” tekniğinde kullanılan mumu boşaltmak için, kalıba buhar verme süresinin daha kısa olması istenilen kalıplar için uygundur.

Ludo Reçetesi 3; üç farklı refrakter malzeme ve ludo içeren bu reçete parçacık boylarında iyi bir çeşitliliğe sahiptir. Bu daha yoğun ve güçlü bir kalıp karışımı sağlar. Yüksek sıcaklık ve uzun bekletme sürelerine uygundur (Thwaites 2011: 99-100).

Yüksek Dereceli Refrakter Kalıp Karışım Reçetesi; adından da anlaşılacağı üzere yüksek sıcaklık değerlerine karşı dirençli bir kalıp karışımıdır.

Jim Kervin ve Dan Fenton'un *Pate de Verre and Kiln Casting of Glass* adlı kitabından reçete örnekleri:

Refrakter Kalıp Karışımı 1

%50 Alçı veya Çimento
%50 Silika (200-300 mesh)

Refrakter Kalıp Karışımı 2

%28 Alçı veya Çimento
%12 Kalsine Kaolen
%13 Elenmiş Asbest
%10 Silis (200-300 mesh)
%37 Silisli (60-80 mesh)

Refrakter Kalıp Karışımı 1; çoğu kaynakta temel olarak nitelendirilen 1/1 bağlayıcı/refrakter karışımı örneğidir. Farklı olan Kervin ve Fenton'un bu karışım için 1/2 su/refrakter kuru karışım oranı önermesidir.

Refrakter Kalıp Karışımı 2; bu reçete 1800'ün sonlarında, Rousseau tarafından "Pate de Verre" işleri için geliştirdiği klasik bir refrakter kalıp karışımıdır. Asbest 'in zararlarının fark edilmesinden bu yana, insanlar bu karışımı çeşitli yollarla değiştirmiştir. Bazıları asbest yerine kıyılmış elyaf lifleri kullanmıştır. Bazıları da toz haline getirilmiş kaoleni %22 oranlarına yükseltmiş ve bir miktar da kalsine edilmemiş kaolen eklemiştir. Bu karışım, kıyılmış elyaf lif olmadığı takdirde çok yumuşak kalıplar oluşturur ve bu kalıplar lost wax yöntemi buhar uygulamaları için uygun değildir.

Refrakter Kalıp Karışımı 3

%40 Alçı veya Çimento

%40 Silisli Un

%20 Zirkon

Refrakter Kalıp Karışımı 5

%47,5 Alçı veya Çimento

%47,5 Diyatomit

%5 Kaolen

Refrakter Kalıp Karışımı 3; bu karışım 871°C sıcaklıklara kadar kullanılabilir. Yüksek ısı refrakteri zirkonun eklenmesi, yüksek sıcaklıklarda camın kalıba yapışmasını azaltır. Aynı zamanda yumuşaktır ve camı kalıptan ayırmak kolaydır.

Refrakter Kalıp Karışımı 5; bu reçetede yer alan Diyatomit gözenekli bir yapıya sahiptir. Bunun getirisi olarak bu karışımla hazırlanan kalıplar önceki karışımlara oranla daha çabuk kurur ve hafiftir. Özellikle kalın duvarlı kalıplar için tercih edilir. Silisli un yerine diyatomit eklenmesindeki birincil sebeplerden birisi hızlı kurutma avantajıdır. Düzenleyici olarak kullanılan kaolen 843°C sıcaklıkta camın kalıba yapışmasını önler (Kervin ve Fenton, 2000: 81-82).

Camın oldukça akışkan olduğu 800°C-975°C arası sıcaklıklarda, iç ve dış kalıp olmak üzere, iki katmanlı kalıp uygulamasının daha uygun olduğu Cummings (2001: 151)'de belirtilmektedir. İç kalıp cama temas eden yüzeyi oluşturan katman, dış kalıp iç kalıbı saran ısı karşısında ve fiziksel olarak daha mukavemetli katmandır.

Keith Cummings'in *Techniques of Kiln-formed Glass* adlı kitabından 800°C-975°C arası sıcaklıklarda kullanılabilen reçete örnekleri:

İç Kalıp Karışımı 1	İç Kalıp Karışımı 2	Dış Kalıp Karışımı
%50 Çömlekçi Alçısı	1/3 Çömlekçi Alçısı	%40 Çömlekçi Alçısı
%50 Investrite (Kristobalit)	1/3 H.T. Aggregate	%40 H.T. Aggregate
	1/3 Investrite	%20 Investrite

İç Kalıp Karışımı 1; küçük narin formlar ve ince dokular için oldukça iyi bir karışımdır. İç Kalıp Karışımı 2; H.T. Aggregate ilavesi çatlaklara karşı direnç sağlar. Büyük boyutlu formların kalıplarında uygundur. İç kalıpta 80 mesh elek altı kullanılır.

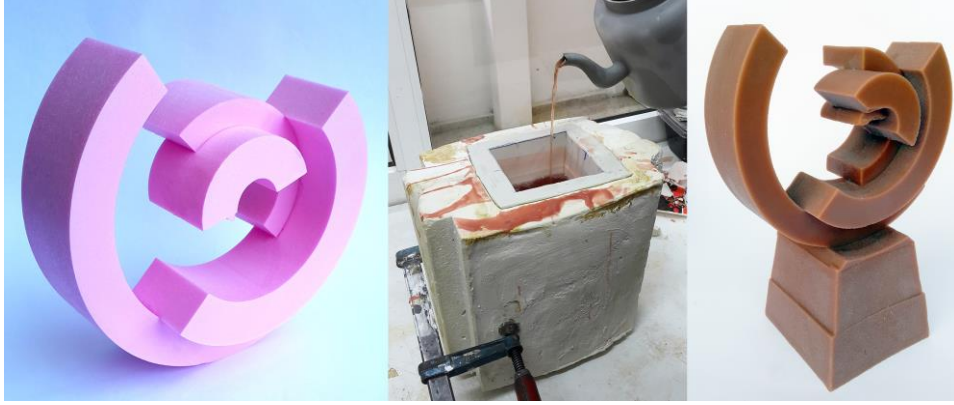
Dış Kalıp Karışımı; iç kalıbı saran ikinci katmandır, 1 cm iç kalıp üzerine 3 cm dış kalıp uygulanabilir. Mukavemetli, ısıya karşı dirençli bir kalıp oluşturur. Bu katmanda kümes teli kullanılarak ekstra direnç sağlanabilir (Cummings, 2001: 151).

2. KİŞİSEL UYGULAMALAR

Bu araştırmada refrakter kalıp reçetelerinin güvenilir sonuç vermesi bakımından, öncelikle tüm malzeme denemelerinde, aynı form üzerinden çalışmalar yürütülmüştür. Kullanılan malzemelerin ısı karşısında kalıbın mukavemetine etkisini görmek adına, kalıplarda kümes teli vb. bir destek malzemesi kullanılmamıştır. Sonrasında forma uygun ideal fırın diyagramını oluşturmak için, iki farklı fırın diyagramı 3-6cm'lik iki farklı kalıp duvar kalınlığında denenmiştir. Ayrıca tüm denemelerde ornela marka şeffaf cam, bağlayıcı olarak ABS marka kartonpiyer alçısı ve refrakter olarak Ceratun marka Q.75 kodlu kuvars kullanılmıştır.

2.1. MODEL ÜRETİMİ

Araştırmada kullanılacak tasarımın strafordan modeli yapılarak döküm ağız eklenmiş ve ceketli silikon kalıbı alınmıştır. Silikon kalıp içerisine mum parafin karışımı dökülerek modellerin üretimi gerçekleştirilmiştir (Görsel 29).



Görsel 29. Strafor Model – Silikon Kalıp – Mum Model (Döküm Ağızlı)

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Mum model dökümleri için microkristalin mum, parafin, stearik asit ve balmumu'ndan oluşan bir karışım hazırlanmıştır. Bu karışım; %40 parafin, %60 microkristalin ve buna ilave olarak %15-20 stearik asit ve %10-15 balmumu şeklinde kullanılmıştır. Ayrıca mumun döküm sıcaklığının da yüzey kalitesini etkilediği görülmüş, dijital gıda termometresiyle yapılan ölçümlerde, 75°C-85°C-95°C'lerde dökümler yapılarak aşağıdaki sonuçlar gözlemlenmiştir (Görsel 30). Bu denemelerde döküm mumu karışımı fazla miktarda hazırlanıp tüm dereceler için ikişer döküm yapılarak, aynı karışım kullanılmıştır.



Görsel 30. 75°C -85°C -95°C'lerde dökülmüş mum modeller

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

75°C'de mum dökümünde, döküm ağzında silikon kalıp kenarlarından içe doğru büzüşme görülmekte. Çökme tamamen kenarlardan başlamakta. Yaklaşık 70-75mm çaplı ortalama 20mm derinliğinde dairesel bir çökmeye dönüşmektedir. Mum yüzey kalitesi kötüdür, büzülme ve büzüşmeden kaynaklı dokular görülmektedir.

85°C'de mum dökümünde, genel anlamda kenar kısımlardan başlayan bir çökme yok denilebilecek kadar azdır. Yaklaşık 8,5-9cm çaptan başlayarak 23mm civarı çökme görülmektedir. Mum yüzey kalitesi iyidir, bazı bölgelerde kısmi dokular oluşmakla birlikte çok azdır.

95°C'de mum dökümünde, döküm ağzı kısmında üst seviyeden 2-3mm'lik genel bir çökme meydana gelmiştir. Ayrıca ortalama 9cm çaplı 24-25mm derinlikli dairesel bir çökme görülmektedir. Mum yüzey kalitesi oldukça iyidir, silikon kalıp yüzeyi neredeyse birebir modele yansımıştır. Yapılan bu denemelerde mum için en uygun döküm sıcaklığının 95°C olduğu ve bu derecede yapılan dökümün yüzeyinin kusursuz olduğu da saptanmıştır.

2.2. FIRIN DİYAGRAMININ BELİRLENMESİ

Fırın diyagramının oluşturulmasında belirleyici olan birçok etken vardır. Bunlardan en önemlileri; kalıp karışımında kullanılacak bağlayıcı ve refrakter malzemelerin miktarı ve nitelikleri, kalıp içinde eritilecek camın ısıl özellikleri (Tavlama ve stres noktası vb.), ve içerisinde cam eritilecek kütlenin kalınlığıdır.

Bu kapsamda, Eskişehir Seramik Araştırma Merkezi'nde, denemelerde bağlayıcı olarak kullanılan alçının, diferansiyel termal analizi (DTA) yapılarak alçının bozunma noktasının tespiti ve ısıl iletkenliği; denemelerde kullanılan camın ise dilatometre analizi yapılarak dilatometrik dönüşüm sıcaklığı ve dilatometrik yumuşama sıcaklıkları belirlenmiştir. Bu sıcaklıklara göre tavlama sıcaklığı ve gerilim sıcaklığı (strain point) yorumlanmıştır. DTA analizi için Netzch STA449 S3 cihazı, dilatometre analizi için Netzch DIL402PC cihazı kullanılmıştır.

Kalıp karışımlarında kullanılan kuru malzeme/su oranının ısı iletkenliğe etkisini araştırmak adına, 5x5x3 cm ölçülerinde 6 adet numune hazırlanarak, ısı iletkenlik analizleri yapılmıştır. Hazırlanan numunelere A1, A2, A3, KA1, KA2, KA3 kodları verilmiş ve her numune için beş defa tekrarlanan analizlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. A kodlu numunelerde kuru malzeme olarak sadece alçı, KA kodlu numunelerde ise 1/1ölçeğinde kuvars /alçı karışımı kullanılmıştır. Kodlara göre kullanılan kuru karışım/su oranı aşağıda verilmektedir.

A1 ve KA1: 1,5/1

A2 ve KA2: 1,6/1

A3 ve KA3: 1,75/1

Her bir ölçüm için, başlangıç voltajı 2557 mV; maksimum voltaj 2563,7 mV; başlangıç sıcaklığı $21,2 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$; ortam sıcaklığı $21,9 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ 'dir. Ölçümler "C-THERM" cihazıyla yapılmıştır.

Ölçüm sonuçları:

A1: 0,36 k (W/mK)

A2: 0,43 k (W/mK)

A3: 0,47 k (W/mK)

KA1: 0,42 k (W/mK)

KA2: 0,43 k (W/mK)

KA3: 0,43 k (W/mK)

Yapılan analizler sonucunda; sadece alçının kullanıldığı numunelerde, kullanılan su miktarı sabit tutulup, kuru malzeme oranı arttıka ısı iletkenliğinin arttığı görülmüştür. Kuvars ve alçı karışımlı örneklerde ise su miktarı sabit tutulup, kuru malzeme oranı arttıka ısı iletkenliğe etkisinin fazla olmadığı görülmüştür.

Uygulamalarda kullanılan alçının bozunma noktasının tespiti için yapılan analiz sonuçlarında ise; alçının $689-711^{\circ}\text{C}$ 'lerde geçirdiği reaksiyonların alçının bozunma (moleküler dağılma) derecesini verdiği yönünde yorumlanmıştır. Bu veriler ışığında denemelerde alçının bozunma sıcaklığı 689°C olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık değerleri arasında kalsiyum oksit sistemde kalmakta, karbondioksit gaz olarak karışımdan uzaklaşmaktadır. Ayrıca alçının dehidrasyonu dikkate alınarak 300°C civarına kadar ısıyı yavaş yükseltmek faydalıdır yorumu da yapılabilir. Eğer bozunma sıcaklığı çıkışta hızlı geçilirse karbondioksit sistemde kalacağı için iç basınç çatlamalarının artacağı; $650-750^{\circ}\text{C}$ 'ler arası kalsiyum kristallenmesi yaşanacağı için camın devitrifiye olmasını

önlemek adına özellikle soğutma aşamasında yani inişte, bu sıcaklık değerlerini hızlı geçmek gerektiği öngörülmüştür (Göktuğ Günkaya ile yüz yüze görüşme, 28 Ocak 2016).

Kullanılan şeffaf camın dilatometrik analizinde ise, “onset” değeri 512°C, “peak” değeri 588°C çıkmıştır. “Peak” camın dilatometrik yumuşama sıcaklığı, “onset” ise ilk damlacığın oluştuğu dilatometrik dönüşüm sıcaklığıdır. Genellikle “onset” değerinin yaklaşık 30°C altı tavlama sıcaklığı, 70°C altı da “strain point” stres noktası yani tavlama yapılabilecek en düşük sıcaklıktır (Göktuğ Günkaya ile yüz yüze görüşme, 6 Nisan 2016). Bu bilgiler, araştırmada kullandığımız ornela marka şeffaf camın tavlama sıcaklığının 480°C olduğunu göstermektedir.

Diyagram oluştururken kullanılan diğer bir ölçüt ise kalıp ve cam yani kütlenin kalınlığıdır. Bunu hesaplamanın en basit yollarından birisi: kalıbın (kalıp+cam), merkezden dışa doğru her inch (2,54 cm) uzunluğu için 4 saat beklemektir. Bu işlem kalıp ve camın, içten dışa doğru tamamen aynı sıcaklığa gelebilmesi için gereklidir. Uygulamada önce en uzun kenar inch bazında ölçülür, bu değer ikiye bölünür ve dört ile çarpılır. Örneğin, 12 inch’lik kalınlıkta (kalıp+cam), $12"/2 \times 4 = 24$ saat tavlama sıcaklığında beklenmelidir. Bu bekleme süresi fırın diyagramının en önemli adımıdır (Donefer–Bereft, 2003: 8-9). Bu bilginin cm cinsinden hesaplaması $x\text{cm}/2,54 \times 2$ şeklindedir. Fırın diyagramı araştırmalarında kullanılan ince duvarlı kalıbın (3cm) en uzun kenarı 23 cm, kalın duvarlı (6cm) kalıbın ise 29 cm’dir. Döküm ağızı dikkate alınmamıştır. Yukarıda bahsedilen yöntemle kütle kalınlığına göre tavlama süresi hesaplandığında bu süre; ince duvarlı kalıp için 1086 dakika, kalın duvarlı kalıp için 1370 dakika olarak bulunmuştur.

$23\text{ cm}/2,54 \times 2 = 18,11$ saat (1086dk.) $29\text{ cm}/2,54 \times 2 = 22,83$ saat (1370 dk.)

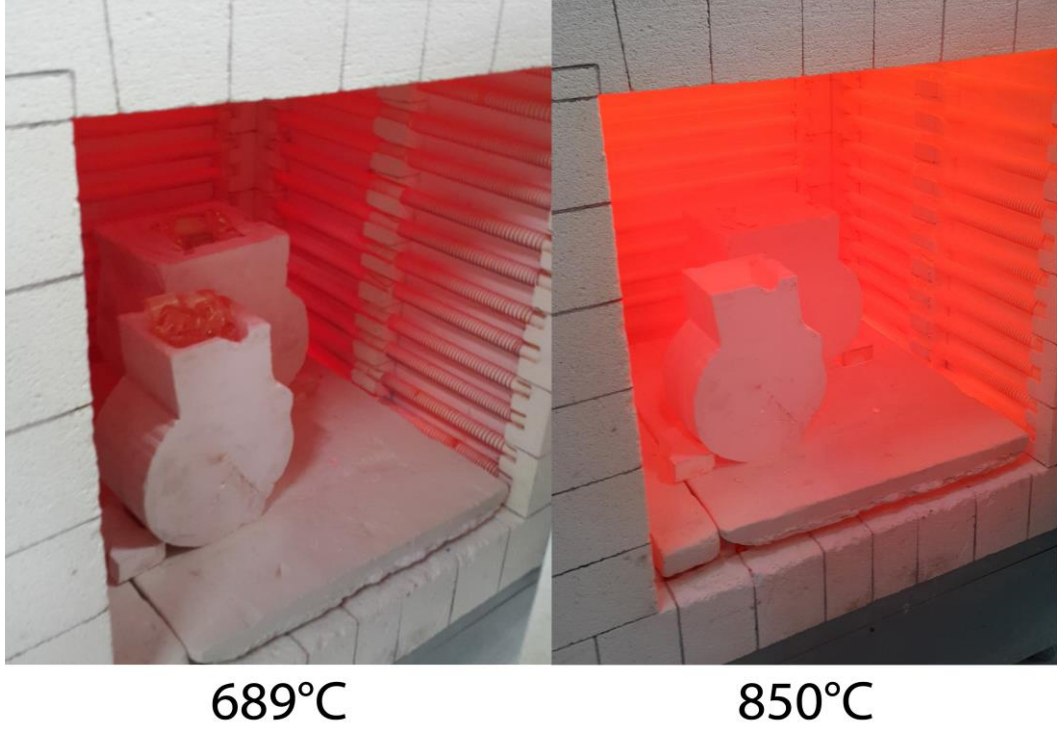
Kalın duvarlı kalıp baz alınarak, hesaplanan sürenin 576 dakikası tavlama sıcaklığında bekleme süresi olarak verilmiş kalan süre 400°C’ye düşüş uzun tutularak tamamlanmaya çalışılmıştır. Tavlama süresini mümkün olduğunca uzun tutmakta fayda olmasına rağmen deneme süresinin uzaması, maliyetin artması gibi sebepler nedeniyle tercih edilmemektedir.

Bu veriler doğrultusunda uygun bir fırınlama için 2 adet fırın diyagramı, hem ince duvarlı hem de kalın duvarlı kalıplarda denenmiştir. Diyagram denemelerinde 1/1 alçı/kuvars ve 1/1,75 su/kuru karışım oranı kullanılmıştır. 1/1,75 oranının birçok cam biçimlendirme yöntemi için uygun olduğu belirtilmektedir²⁴. Bu nedenle tavsiye edilen bu oran yapılan tüm denemelerde sabit tutulmuştur. Ayrıca tüm denemelerde fırın diyagramlarında bulunan birinci adım, kalıpların kurutulması için uygulanmıştır. Bu aşamada önce fırın diyagramı I denemesi uygulanmıştır. Buna göre **Fırın Diyagramı I** şöyle yazılmıştır;

	<u>Çıkış Süresi (dk.)</u>	<u>Sıcaklık(°C)</u>	<u>Bekleme Süresi(dk.)</u>
1. Adım	Atla (Hızlı)	85	720
2. Adım	480	600	480
3. Adım	120	689	60
4. Adım	90	711	0
5. Adım	Atla	850	300
6. Adım	Atla	600	0
7. Adım	Atla	480	576
8. Adım	1152	400	360
9. Adım	600	50	0
10. Adım	Son		

Adımlarda geçen atla kelimesi mümkün olan en kısa sürede istenilen sıcaklığa ulaşılması için fırının tam güçle çıkışını temsil etmektedir. **Diyagram I** de, kullanılan alçının bozunma derecesi aralığında bekleme yapılmış ve bu aralık yavaş bir biçimde geçilmiştir. Üçüncü adımda fırın sıcaklığı 689°C'ye ulaştığında ve beşinci adımda bekleme süresinin bitimine 40 dakika kala fırın kapağı açılarak hızlı bir şekilde kalıplarda çatlak oluşup oluşmadığı kontrol edilmiştir. Beşinci adım sonunda fırın kapağı açılarak fırın ortalama 605°C'ye hızla soğutulmuştur. Bu işlem üç defa tekrarlanmıştır çünkü fırının sıcaklığı kapak her kapatıldığında fırın ısı tekrar yükselmektedir. Sıcaklık ortalama 610°C civarına sabitlenmeye çalışılmıştır. Altıncı adımın diyagrama yazılmasındaki amaç fırın kapağını açarak hızlı soğutma yapabilmektir.

²⁴ https://www.bullseyeglass.com/images/stories/bullseye/PDF/TipSheets/tipsheet_05.pdf
(Erişim Tarihi: 20.06.2016)



689°C

850°C

Görsel 31. Fırın Diyagramı I, 689°C - 850°C Kontrolleri

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

689°C'de yapılan kontrolde çıkışta herhangi bir çatlak gözlemlenmemiştir. 850°C'de hızlı soğutma işlemi sırasında yapılan gözlemlerde ince duvarlı kalıp görünen iki yan yüzeyinde hafif çatlak oluşmuştur (Görsel 31).



Görsel 32. İnce Duvarlı Kalıp (A1 3cm olarak kodlanmıştır)

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.



Görsel 33. Kalın Duvarlı Kalıp (A1 6cm olarak kodlanmıştır)

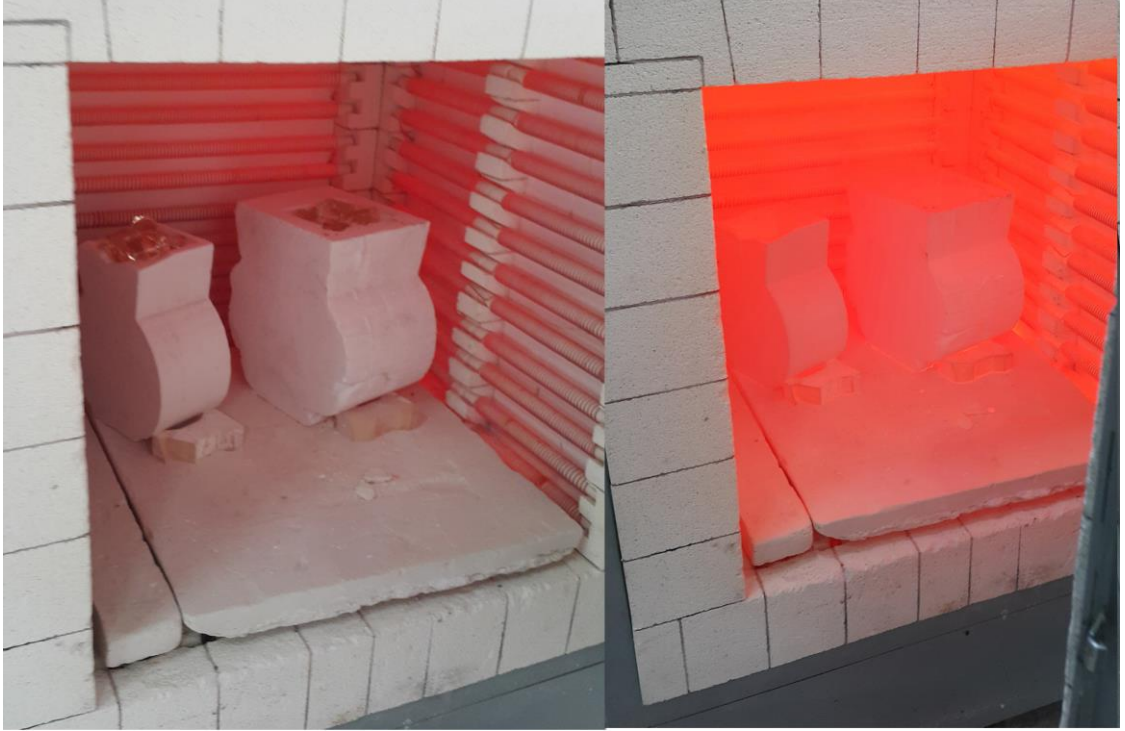
Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Soğutma aşaması sonrasında iki kalıpta da çatlaklar görülmekle birlikte, ince duvarlı kalıptaki çatlak oranı fazladır (Görsel 32). Çıkan cam sonuçlarından da görüleceği üzere; iki kalıpta da cam sızmaları olmuştur. Ortadaki cam fotoğrafları camın kalıptan çıktığı yıkanmamış halidir (Görsel 32 ve 33). Porçözde bekletilerek (yaklaşık %25 lik nitrik asit çözeltisi) su ile temizlemesi çok zor olmamakla birlikte, kalıp karışımı yüzeye hafif yapışma eğilimi göstermektedir.

Fırın Diyagramı II denemesi:

	<u>Çıkış Süresi (dk.)</u>	<u>Sıcaklık(°C)</u>	<u>Bekleme Süresi(dk.)</u>
1. Adım	Atla	85	720
2. Adım	480	600	480
3. Adım	120	689	0
4. Adım	Atla	850	300
5. Adım	Atla	600	0
6. Adım	Atla	480	576
7. Adım	1152	400	360
8. Adım	600	50	0
9. Adım	Son		

Diyagram II' de, kullanılan alçının bozunma derecesi aralığında bekleme yapılmamış ve bu aralık hızlı bir biçimde geçilmiştir. Benzer şekilde bu diyagramda da fırın sıcaklığı 689°C'ye ulaştığında fırın kapağı açılarak hızlı bir şekilde kalıplarda çatlak oluşup oluşmadığı kontrol edilmiş, fırın kapağı kapatılmıştır. 850°C de yapılan kontrolde (dördüncü adımda) bekleme süresinin bitiminde hızlı soğutma aşamasına geçilmiştir.



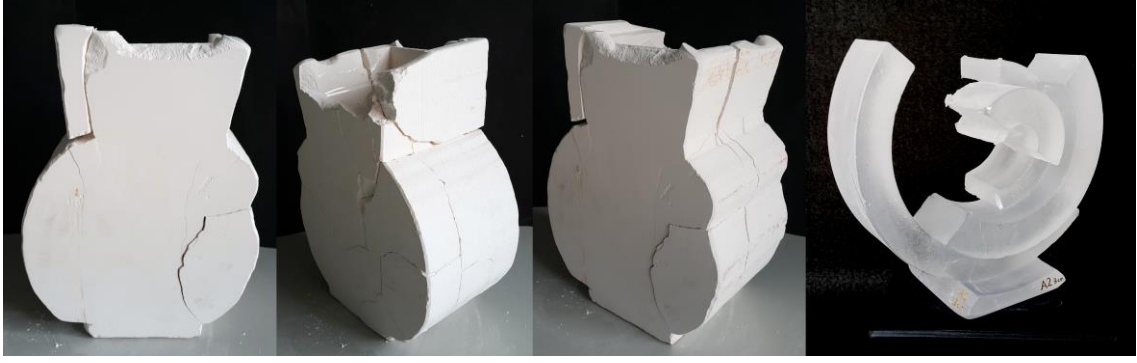
689°C

850°C

Görsel 34. Fırın Diyagramı II, 689°C - 850°C Kontrolleri

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

İki kontrolde de herhangi bir çatlak görülmemiştir (Görsel 34). 850°C kontrolünden sonraki hızlı soğutma sürecinde ince duvarlı kalıp döküm ağızı sol tarafından çatlama başlamıştır (Görsel 34).



Görsel 35. İnce Duvarlı Kalıp (A2 3cm olarak kodlanmıştır)

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.



Görsel 36. Kalın Duvarlı Kalıp (A2 6cm olarak kodlanmıştır)

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

İki kalıpta da (Görsel 35 ve 36) fırından çıktıktan sonra çatlak görülmektedir, ince duvarlı kalıptaki çatlak oranı kalın duvarlı kalıba göre fazladır. Bu çatlaklar hızlı soğutma aşamasında oluşmuştur.

Diyagram II denemesi; ince duvarlı kalıpta; 689°C de fırın kapağı açılmadan ve 850°C de hızlı soğutma aşaması uygulanmadan (fırın kapağı açılmadan fırının kendi halinde soğumasıyla) da denenmiştir. Çıkan sonuç aşağıda verilmiştir (Görsel 37).



Görsel 37. İnce Duvarlı Kalıp (B 3 cm olarak kodlanmıştır)

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Soğutma aşamasından sonra bu uygulamada denenen kalıp, A2 3cm olarak kodlandırılan bir önceki ince duvarlı kalıba göre daha az çatlamıştır. Fakat kalıptan çıkarılan cam, görsellerinden de anlaşılacağı üzere çatlaklar arasında sızmalar çok fazladır. Buradan; kalıbın soğuma aşamasında dış yüzeyinden hızla soğumaya başladığı fakat içerisindeki camın daha yavaş soğuyarak kalıp iç ve dış yüzeyindeki ısı farkının artmasına sebep olduğu söylenebilir. Bu durum sonucunda da, kalıpta çatlaklar meydana geldiği, soğuyamayan camın akışkanlığını koruyarak bu çatlaklara sızmaya devam ettiği ve sızmanın bu nedenle fazla olduğu yorumu da yapılabilir. Ancak bu olumsuzluğa rağmen kalıp karışımı cam yüzeyinden kolaylıkla temizlenmiştir. Yıkama işlemi yapılmış camın parlaklığının bir önceki A2 kodlu camlara göre daha az olduğu görülmüştür. Bu veriler doğrultusunda; her iki kritik noktada fırına herhangi bir müdahale yapılmamasının sonucunda; kalıplarda çatlakların arttığı, şeffaflığın nispeten azaldığı gözlemlenmiştir.

Diyagram II de **Diyagram I** e oranla, kalıp malzemesi fırınlama sonrası kalıp yüzeyinden daha kolay ayrılmıştır. Ayrıca porçöz'de bekletilip yıkanan camlar diğer diyagramda çıkan camlara oranla daha şeffaf, yüzey kalitesi daha iyidir. Bu camın arkasına parmak temas ettirilip gözlemlendiğinde şeffaf ve temiz bir yüzey etkisi kolaylıkla anlaşılmaktadır.

Tüm bu gerekçeler göz önüne alınarak **Diyagramı II** malzeme denemelerinde kullanılmak üzere belirlenmiştir. Belirlenen bu diyagramla yapılacak olan malzeme denemelerinin hepsinde, hızlı soğutma aşamasında fırın kapağı açılarak hızlı soğutma işlemi gerçekleştirilmiş, bu işlem daha önce olduğu gibi üç defa tekrarlanarak standart bir yöntem uygulanmaya çalışılmıştır.

Ayrıca kalıp kalınlıkları sonuçları değerlendirildiğinde; 3-6cm'lik duvar kalınlığına sahip kalıplarda görülen fark, ince duvarlı kalıpların özellikle hızlı soğutma aşamasında daha fazla çatladığıdır. Bu sebeple malzeme denemelerinde 3cm'lik kalıp kullanımı uygun görülmemiştir. Fakat kalıp duvar kalınlığının yanında, denenecek malzeme ve oranlarının da kalıp mukavemetine olan etkisini görebilmek adına iki kalınlığın ortalaması alınıp, kalıp duvar kalınlığında 4cm ideal ölçü olarak belirlenmiş, malzeme denemelerinde yapılan kalıplarda bu ölçü kullanılmıştır.

2.3. MALZEME DENEMELERİ

Bu bölümde malzemelerin cam yüzey kalitesindeki ve kalıbın ısıya karşı gösterdiği mukavemetindeki etkileri araştırılmaktadır. Kollodilal Silikanın tek başına refrakter malzeme olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı denemeler haricinde tüm denemelerde alçı %45 oranında sabitlenmiştir. Daha öncede değinildiği üzere tüm denemelerde, 1/1,75, su/kuru karışım oranı kullanılacaktır. Etkileri incelenecek olan malzemeler, Ceraboard 100, kaolen, talk pudrası, ludo, olivin kumu, şamot ve kolloidal silikadır. Olivin kumu refrakter, ve kolloidal silika bağlayıcı diğer malzemeler düzenleyici sınıfındadır. Yapılan tüm malzeme denemelerinde, soğutma sonrasında herhangi bir işlem yapılmamış kalıp görüntüsü; kalıbın bir kısmı parçalanarak kalıp içerisindeki cam görüntüsü; kalıp karışımı cam yüzeyinden temizlendikten sonra basınçlı hava uygulanmış görüntüsü; camın döküm ağzına gelen alt tarafı kesilip, porçöz'de bekletilmiş ve yıkanmış görüntüsü fotoğraflanmış, görsellere bu sırayla yerleştirilmiştir.

2.3.1. Kaolen Denemeleri

Kaolen, refrakter özellik de gösteren iyi bir düzenleyicidir. Üç farklı oranda kullanımına yönelik reçete hazırlanmış ve denemeleri yapılmıştır. Denemeler kaolen oranlarına göre, KI-KII-KIII olarak kodlanmıştır.

	KI	KII	KIII
Alçı	%45	%45	%45
Kuvars	%52	%49	%45
Kaolen	%3	%6	%10



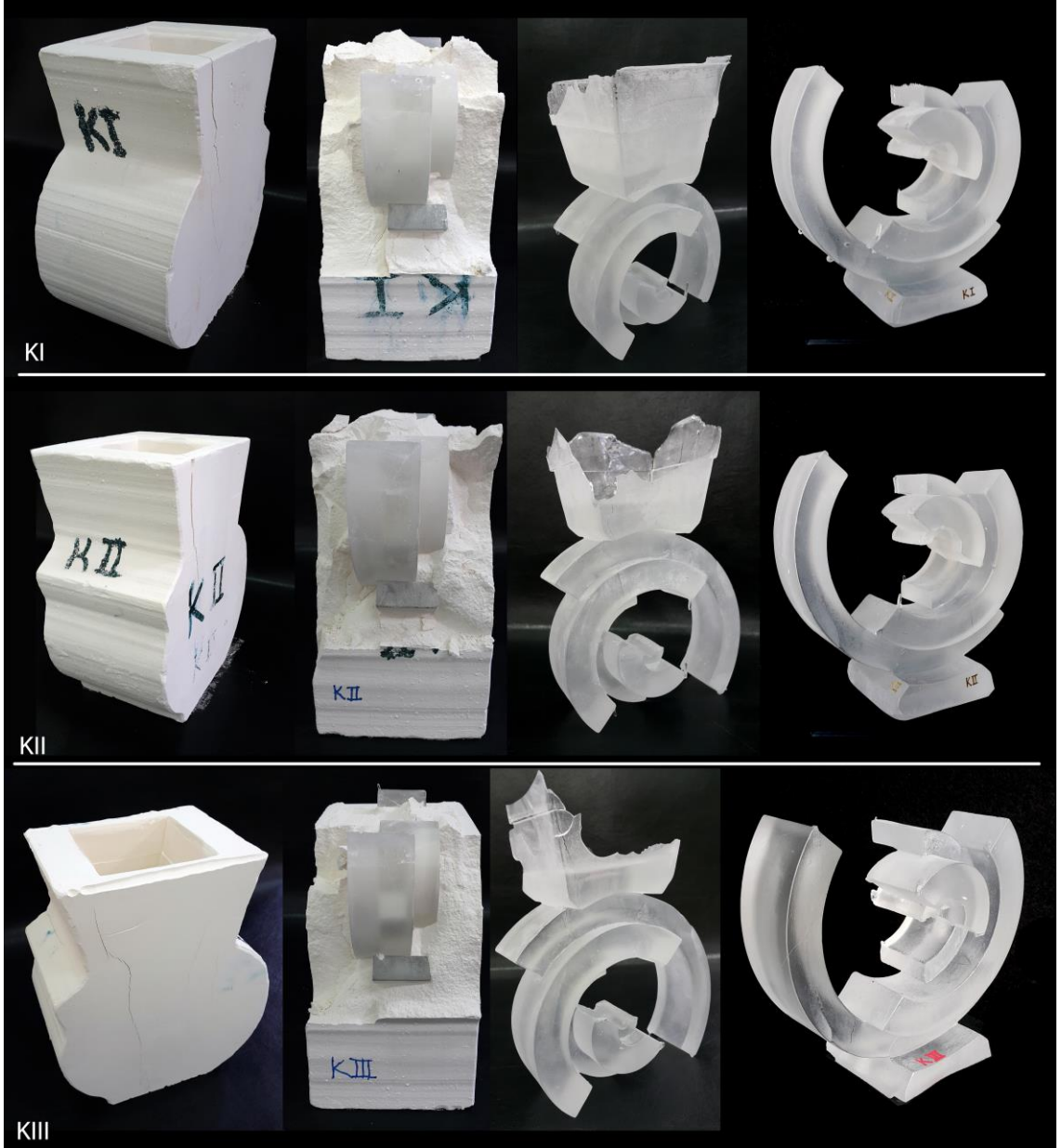
689°C

850°C

Görsel 38. Kaolen ve Talk Pudrası Denemeleri, 689°C - 850°C Kontrolleri

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Kalıpların 689°C - 850°C kontrollerinde herhangi bir çatlak oluşumu gözlemlenmemiştir. Kalıplarda görülen çatlaklar hızlı soğutma aşamasında gerçekleşmiştir. Aynı fırında talk pudrası denemeleri de bulunmaktadır, kontrol aşamalarında hiçbir kalıpta çatlama görülmemiştir (Görsel 38). Dolayısıyla bu bilgiler talk pudrası denemeleri içinde geçerlidir.



Görsel 39. Yukarıdan aşağıya doğru KI-KII-KIII kodlu denemelere ait görseller

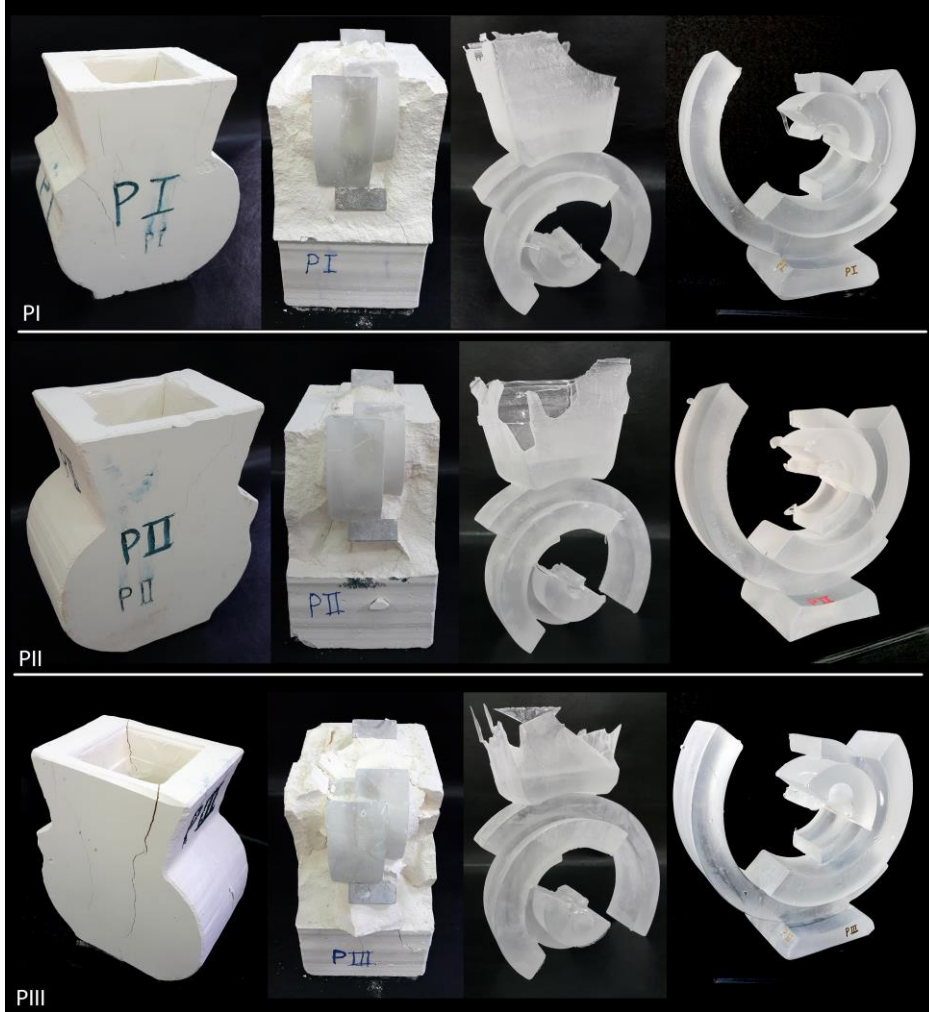
Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Üç deneme arasındaki soğutmada oluşan çatlak oranları arasında büyük bir fark yoktur. En az KII denemesi çatlama, KI ve KII'nin iki yüzeyinde çatlak görülürken, KIII'ün üç yüzeyinde de çatlak vardır. Fakat çıkan cam sonuçlarından da anlaşılacağı üzere çatlakların cam yüzeyine fazla etkisi olmamıştır. Kaolen oranı arttıkça cam yüzeyinin parlaklığı artmış, kalıbın temizlenmesi kolaylaşmıştır (Görsel 39).

2.3.2. Talk Pudrası Denemeleri

Talk pudrası kısaca talk olarak da kullanılır. Kaolene benzer ince bir yapıdadır. Refrakter kalıp karışımlarında özellikle %10 kullanımında su yüzeyinde bir tabaka oluşturduğu ve suyun kuru malzemeyi emmesini önlediği ve karışımın hazırlanması sırasında topaklanma oluşturduğu görülmektedir. Karıştırıcı makine kullanımı tavsiye edilmektedir. Kaolen denemelerindeki oranlarla reçete hazırlanmıştır ve denemeler "P" harfiyle kodlanmıştır.

	PI	PII	PIII
Alçı	%45	%45	%45
Kuvars	%52	%49	%45
Talk	%3	%6	%10



Görsel 40. Yukarıdan aşağıya doğru PI-PII-PIII kodlu denemelere ait görseller

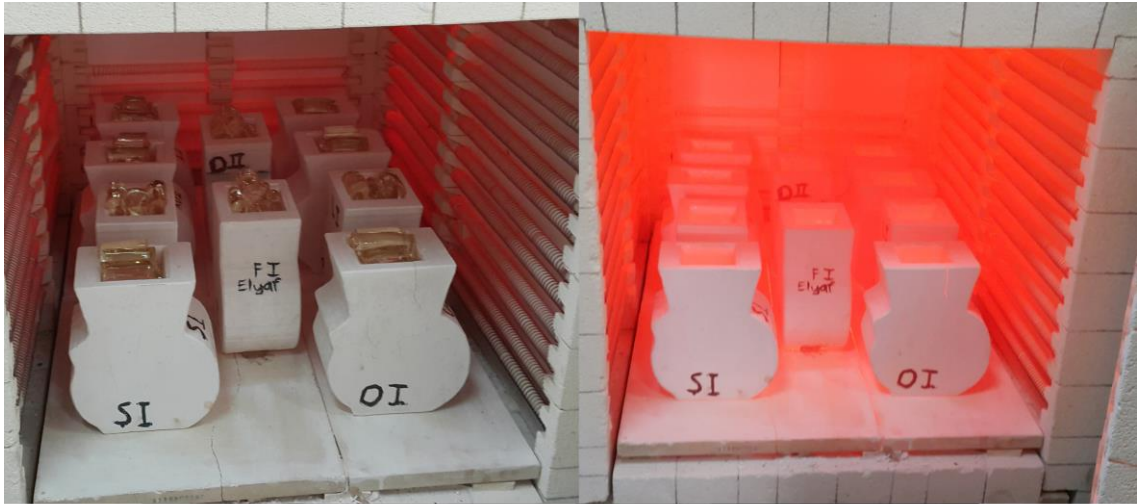
Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Hızlı soğutma aşaması sonrasında PIII kodlu kalıptaki çatlama diğer iki kalıba oranla daha fazladır. Kaolen denemesi kalıpları da dahil olmak üzere kalıplardaki çatlak oranlarındaki fark fazla değildir. Camların refrakter kalıp karışımlarından temizlenmesi kolaydır. Yüzey kalitesi bakımından PIII kodlu kalıptan çıkan ürün, KII kodlu ürüne benzemektedir. Genel anlamda talk oranı arttıkça yüzey kalitesi artmış fakat kaolen kadar iyi sonuç vermemiştir (Görsel 40).

2.3.3. Ludo Denemeleri

Ludo daha önce pişirilmiş refrakter kalıp karışımlarının öğütülmesiyle elde edilen bir malzemedir. Dolayısıyla daha önce kullanılan refrakter kalıp karışımı reçeteleri ludonun etkilerini değiştirebilir. Denemelerde 16 mesh elek altı ludo kullanılmıştır. Aşağıdaki reçeteler hazırlanarak "L" harfiyle kodlanmıştır.

	LI	LII
Alçı	%45	%45
Kuvars	%45	%35
Ludo	%10	%20



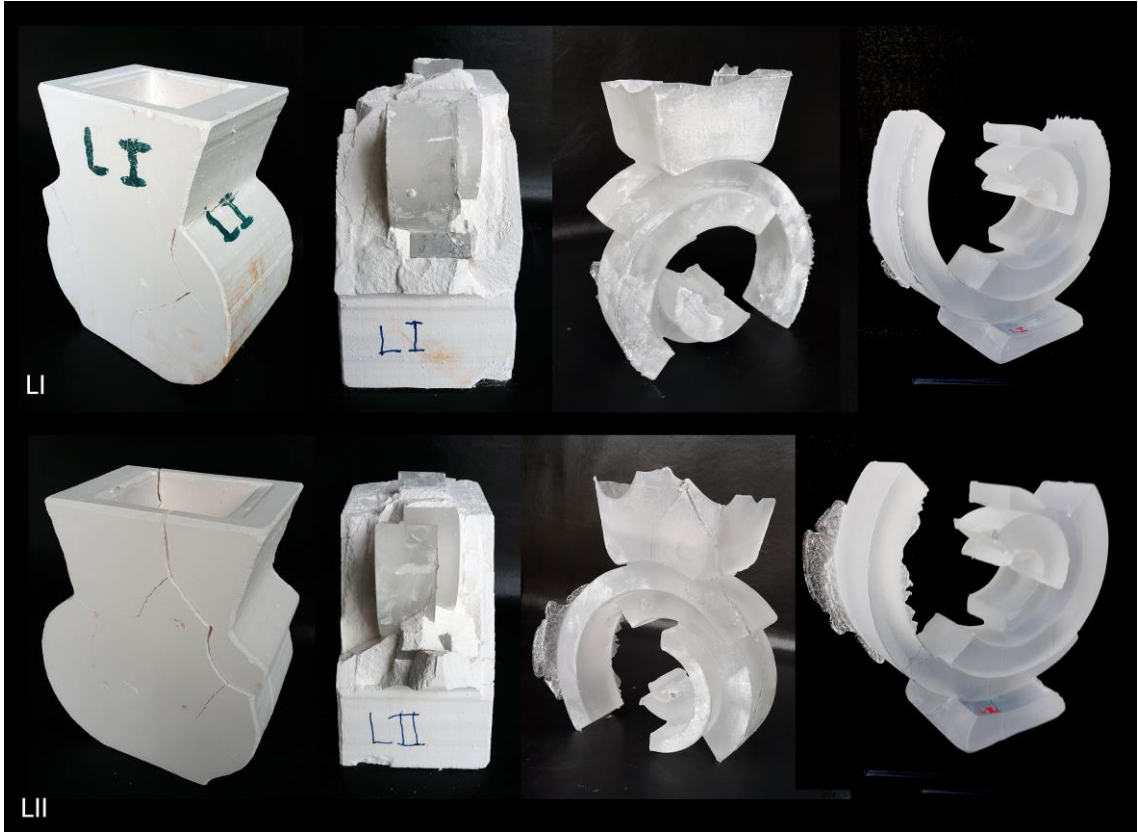
689°C

850°C

Görsel 41. Ludo, Şamot, Ceraboard 100, Olivin Kumu, Kolloidal Silika, 689°C - 850°C Kontrolleri

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

689°C'de yapılan gözlemede sadece ŞI (şamot) ve OI (olivin kumu) kodlu kalıplarda çatlak görülmüş, fırın kapağı fazla açık tutulmadığı için arka kalıplar tam olarak incelenememiştir (Görsel 41). ŞI kodlu kalıpta kılcal çatlaklar oluşmuştur, OI de ise çatlak daha hissedilir görünümde. 850°C'de yapılan kontrolde OI kodlu kalıptaki çatlak artmış ŞI kodlu kalıptaki kılcal çatlaklar artmamıştır. Görsel 41 de görülmemekle birlikte OII, LII, KOII (Kolloidal Silika) kodlu kalıplarda da büyük denilebilecek çatlaklar görülmüştür.



Görsel 42. Yukarıdan aşağıya doğru LI-LII kodlu denemelere ait görseller

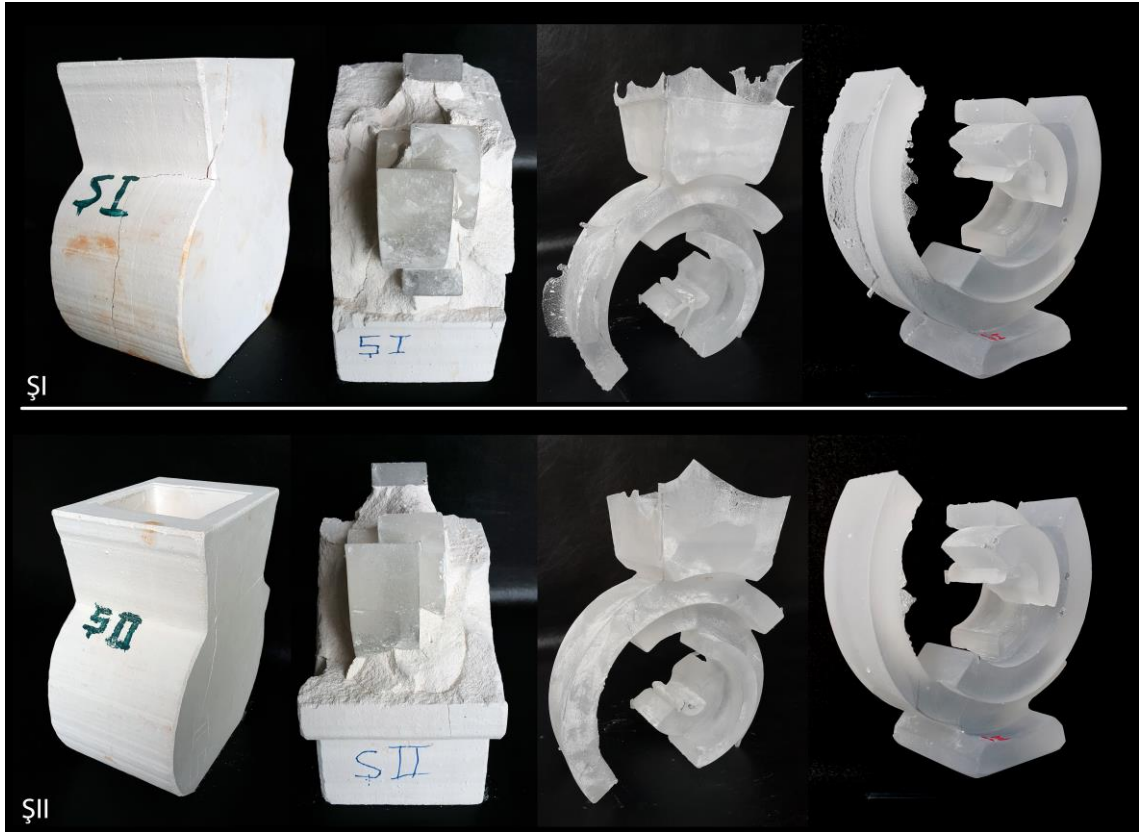
Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Görüldüğü üzere çatlak oranı iki kalıpta da fazladır (Görsel 42). Çatlayan kısımlarda kalıp bütününden ayrılma başlamıştır. LII kodlu kalıptaki döküm ağız kısmındaki çatlak, yarık denilebilecek kadar büyük görülmektedir. Soğutma sonrasında camı temizlemekte çok zorlanılmamıştır fakat LII karışımı LI'ye oranla daha kolay temizlenmiştir. İki kalıp karışımından çıkan sonuçta da camda sızmalar vardır, LII deki sızma daha fazladır.

2.3.4. Şamot Denemeleri

Şamot, en basit tabiriyle öğütülmüş, pişirilmiş kil yani seramik parçalarıdır. Araştırmada kullanılacak şamot, kuru çamur parçalarının öğütülüp pişirilmesiyle elde edilmiştir. Parça çeşitliliğini sağlayabilmek adına 50-200 mesh arası tane boyutlarında kullanılmıştır. Bazı kaynaklarda “grog” olarak da adlandırılır. Denemelere ŞI ve ŞII kodu verilerek aşağıdaki reçeteler hazırlanmıştır.

	ŞI	ŞII
Alçı	%45	%45
Kuvars	%45	%35
Şamot	%10	%20



GörSEL 43. ŞI-ŞII kodlu denemelere ait görseller

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

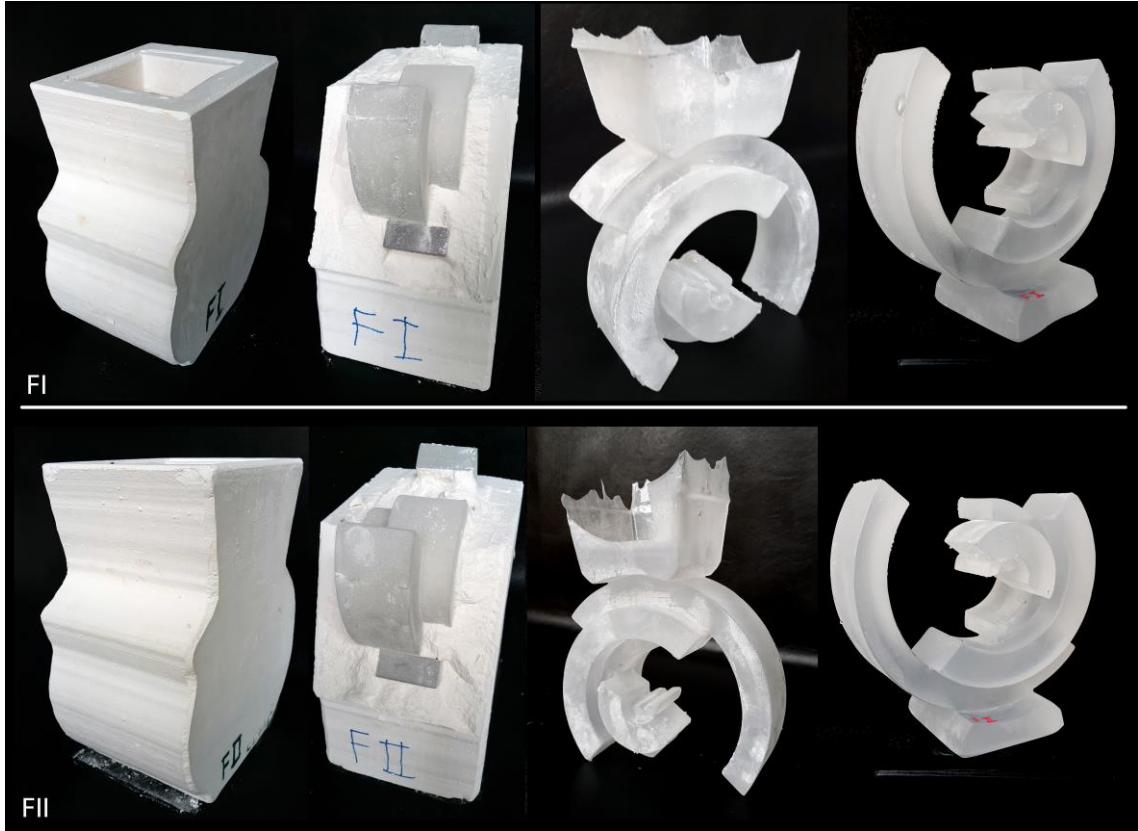
Fırınlama sonrasında ŞI kodlu kalıpta ŞII'ye oranla daha fazla çatlak görülmektedir. ŞI de görülen çatlaklar LI ile benzerdir. ŞI'de bir kenarda döküm ağzından başlayan çatlak yan yüzeydeki çatlakla birleşmektedir. ŞII'de de çatlaklar görülmekle birlikte yarılmış

denilebilecek bir çatlak yoktur. Kalıp malzemesinin cam yüzeyinden temizlenmesinde bir sorun yaşanmamıştır. Cam yüzeyinin parlaklığı ŞII'de daha iyi olmakla birlikte ludo denemelerine göre çok az mattır (Görsel 43).

2.3.5. Ceraboard 100 Denemeleri

Ceraboard 100, yüksek ısıli fırınlarda kullanılan sıkıştırılmış 1260°C sıcaklığa dayanıklı, refrakter fiber (elyaf) plakalardır. Refrakter kalıp karışımlarında kullanılacak miktarı tahmin etmek güçtür. Hafif bir malzeme olması dikkate alınarak aşağıdaki reçeteler hazırlanmış, FI ve FII olarak kodlanmıştır. Araştırmada kullanılan Ceraboard 100 parçaları ezilerek 16 mesh'lik elekten geçirilmiştir.

	FI	FII
Alçı	%45	%45
Kuvars	%52,5	%50
Ceraboard 100	%2,5	%5



Görsel 44. FI-FII kodlu denemelere ait görseller

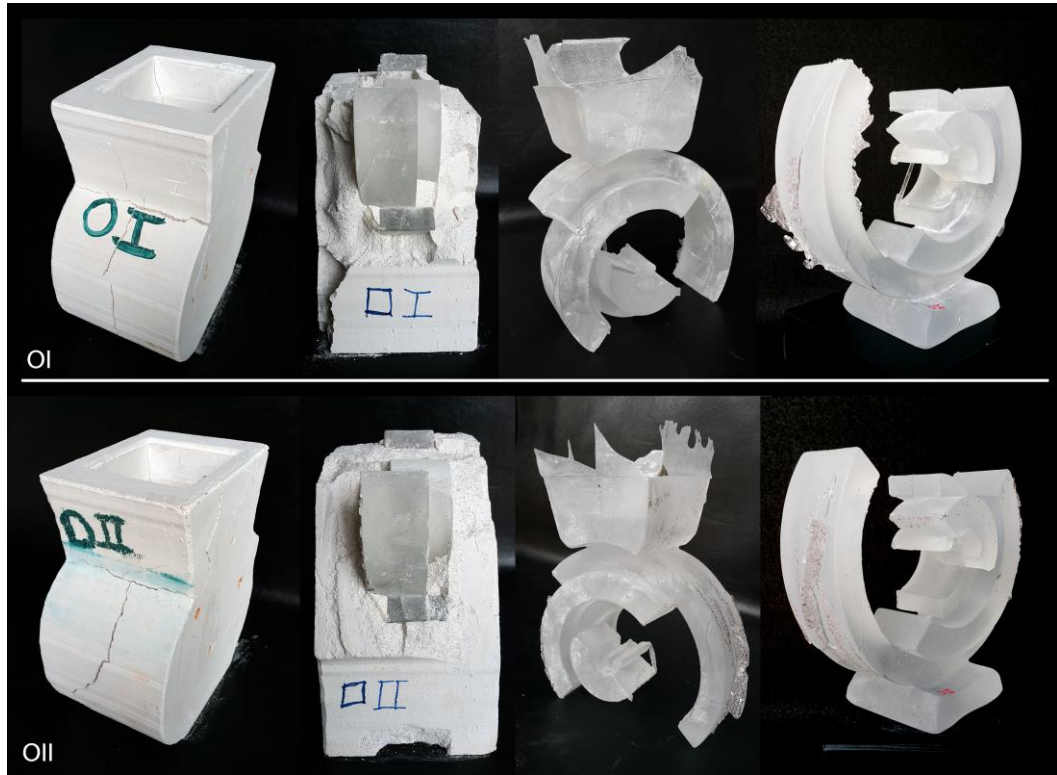
Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Görsellerde de görüldüğü gibi iki denemede de sadece döküm ağızlarında kılcal çatlaklar vardır (Görsel 44). Cam yüzeyinden kalıp malzemesinin temizlenmesinde de bir sıkıntı yaşanmamış, malzeme camdan kolaylıkla temizlenmiştir. FI kodlu cam üründe çok hafif cam sızması görülmekte FII de herhangi bir sızma görülmemektedir. Cam yüzeyi diğer denemelere göre mat olmakla birlikte FII ile ŞI kodlu camların yüzey parlaklığı yakındır. Ayrıca Ceraboard katkısının refrakter özelliğiyle kalıplara direnç verdiği gözlenmiştir.

2.3.6. Olivin Kumu Denemeleri

Olivin kumu refrakter özellik de gösteren bir düzenleyicidir. Farklı tane boyutlarında bulunabilir. Araştırmada 0,23-0,25 mm tane boyutlarında olivin kumu kullanılmıştır. OI ve OII kodu verilerek aşağıdaki reçeteler hazırlanmıştır.

	OI	OII
Alçı	%45	%45
Kuvars	%45	%35
Olivin Kumu	%10	%20



Görsel 45. OI-OII kodlu denemelere ait görseller

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

İki kalıpta da oldukça çatlak gözlemlenmiştir (Görsel 45). En fazla çatlayan iki kalıp olduğu söylenebilir. Kalıp malzemesinin cam yüzeyinden temizlenmesinde sıkıntı yaşanmamıştır. Olivin kumu özellikle OII kodlu üründe cam ile reaksiyona girerek yüzeyine yapışmıştır. İki denemede de çamda sızma belirtileri gözlemlenmiştir. İki denemenin de yüzey parlaklığı ŞII ile benzer belki çok az daha parlaktır.

Olivin kumu ile yapılan kalıplarda fırınlama öncesi sertliğin diğer kalıplara göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca kalıpların tabanlarının demir testeresi ile düzeltilmesi ve pah kırılması aşamasında ulaşılmıştır. Fırınlama öncesi sertlik, OII kodlu kalıpta, OI'e oranla daha fazladır.

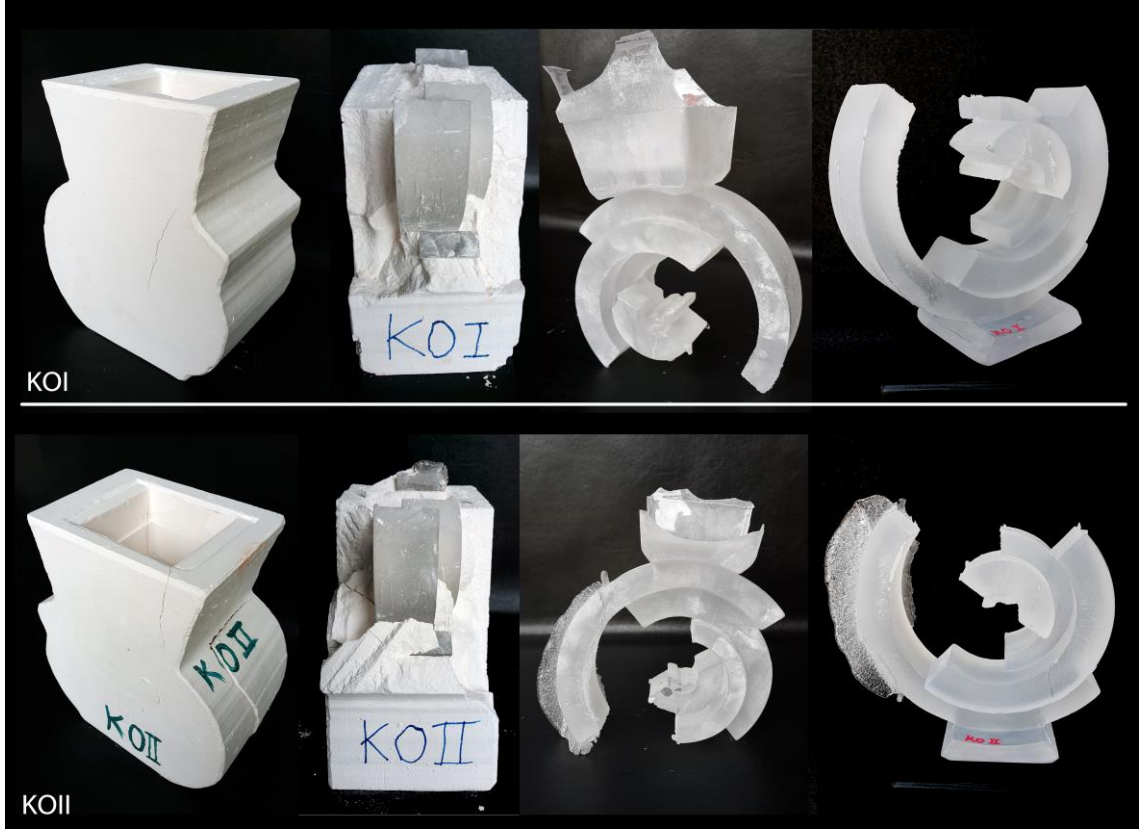
2.3.7. Kolloidal Silika Denemeleri

Kolloidal silika amorf silisyum dioksit (SiO_2) nanopartiküllerinin su içerisinde kararlı ve homojen bir şekilde dağıtılmış halidir. Refrakter özelliği gösteren bağlayıcı sınıfında bir malzemedir.

Araştırmada kullanılacak kolloidal silikanın yüzey alanı $142 \text{ m}^2/\text{g}$, su oranı %65-69 dur. Kullanılan kuvarsın ortalama 23,5 mikron tane iriliğinde, küresel bir yapıda olduğu da bilinmektedir. Eldeki veriler ile kürenin yüzey alanı hesaplama formülünden ($4\pi r^2$), 1000g kuvars ile 2,1g kolloidal silikanın aynı yüzey alanını kapladığı hesaplanmıştır. %50 alçı, %50 kuvars karışımına ekstra ilave olarak denenmiş, ilave miktarı 1kg kuvarsın, 2,1g kolloidal silikaya yüzey alan olarak eşitliğinden hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlardan aşağıdaki reçeteler oluşturularak KOI ve KOII koduyla adlandırılmıştır.

	KOI	KOII
Alçı	%50	%50
Kuvars	%50	%50
Kolloidal Silika	+%10	+%20

Örn: 20kg'lık bir karışımın, 10 kilogramı kuvars, 10 kilogramı alçıdır. 20 kilogramın %10'u 2 kilogramdır. Bu karışıma ilave edilmesi gereken kolloidal silika miktarı 4,2 gramdır.



Görsel 46. KOI-KOII kodlu denemelere ait görseller

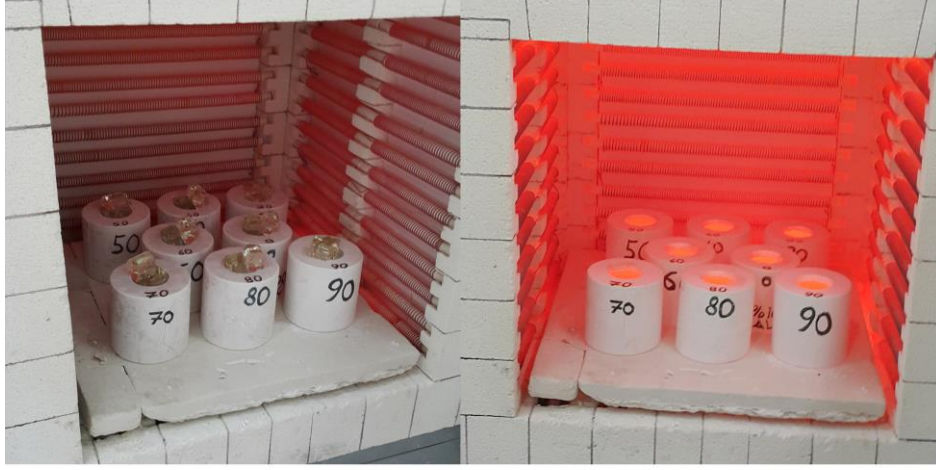
Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

KOI kodlu kalıbın iki düz yan yüzeyinde ve döküm ağız köşelerinde çatlaklar vardır fakat FI ve FII kodlu denemelerden sonra en az çatlağa sahip kalıp olduğu gözlemlenmiştir. KOII de ise daha fazla çatlak vardır ve yan yüzeydeki kalıp çatlağı bünyeden hafif ayrılmıştır (Görsel 46). Kalıp malzemesinin cam yüzeyinden temizlenme aşamasında herhangi bir zorlukla karşılaşılmağı. KOI cam yüzeyinde sızma izleri çok azdır, KOII cam yüzeyinde sızma izleri belirgindir, cam akma yapmıştır. KOII kodlu cam ürünün yüzey parlaklığının hafif oranda KOI'den fazla olduğu düşünülmektedir. KOI ve KOII kodlu ürünlerin yüzeyleri ludo denemelerinden daha parlaktır.

2.3.8. Ana Refrakter Olarak Kolloidal Silika Denemeleri

Kolloidal silikanın ana refrakter malzeme olarak kullanılabilirliğinin araştırılması adına sadece alçı ve kolloidal silikadan oluşan reçeteler hazırlanarak denemeler yapılmıştır. Kolloidal oranları, bir önceki başlıkta verilen sisteme göre hesaplanmıştır. Referans olması adına herhangi bir malzeme katılmamış sıfır alçıdan da kalıp yapılmıştır. Yapılan

denemelerin koloidal oranları görsellerde verilmektedir. Bu denemelerde model olarak plastik bardak formu kullanılmıştır.



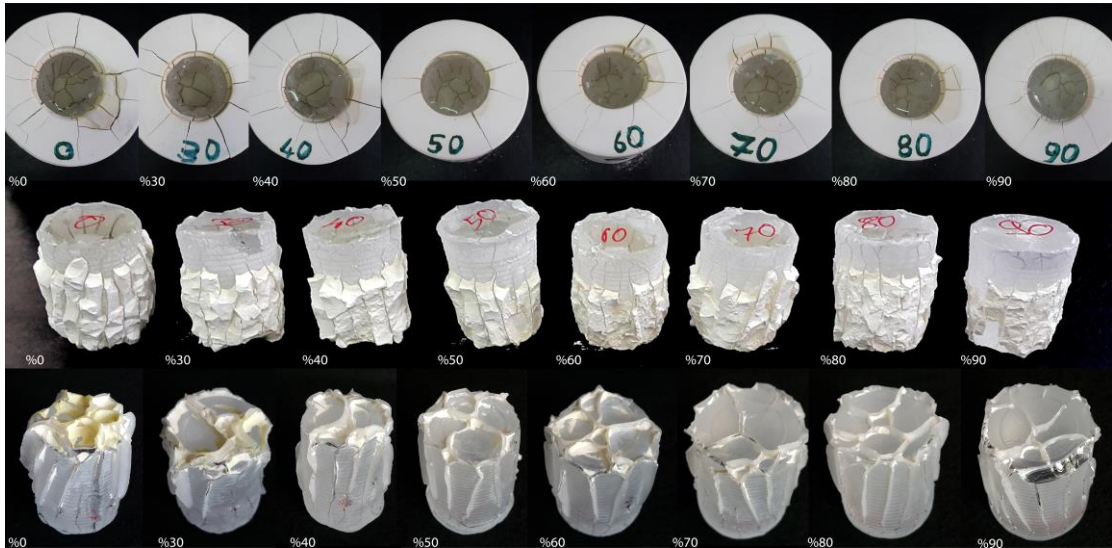
689°C

850°C

Görsel 47. Alçı, %30-40-50-60-70-80-90 Koloidal İlaveli Alçı, 689°C - 850°C Kontrolleri

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

689°C'de %70 ve %80 koloidal silika ilaveli kalıplarda çatlak oluştuğu, %70 oranlıda bu çatlakların daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. 850°C mevcut çatlaklar dışında yeni bir çatlak oluşumu gözlemlenmemiştir (Görsel 47).



Görsel 48. Ana refrakter olarak, koloidal silika denemelerine ait görseller

Kaynak: Fotoğraf Mehmet Aydın tarafından çekilmiştir.

Görsellerde de görüldüğü üzere tüm kalıplarda çatlaklar oluşmuştur (Görsel 48). Tüm denemelerde kalıp malzemesi cama yapışmış güçlükle ancak görsellerdeki kadar temizlenebilmiştir. Temizleme aşamasında, denemeler porçözde bekletilmiş olmasına rağmen, kalıp malzemesi cam yüzeyinden kazınarak ve tel fırça ile fırçalanarak temizlenmeye çalışılmış fakat tam anlamıyla gerçekleştirilememiştir. Normal refrakter karışımlarında küçük boyutlu kalıplarda çok sorun yaşanmamaktadır. Kolloidal silikanın ana refrakter olarak kullanımının araştırıldığı bu denemelerde çok fazla çatlak görülmesi, bu malzemenin karışımlarda ana refrakter malzeme olarak kullanımının uygun olmadığını göstermektedir.

SONUÇ

Bu araştırmada yapılan literatür taramasında, cam biçimlendirme yöntemlerinin Endüstri Devrimi'yle beraber yaşanan teknolojik gelişmelerden etkilendiği ve bazı yöntemlerin genel işleyiş sürecinin benzerlik taşıdığı gözlemlenmiştir. Bu etkileşim, cam endüstrisiyle beraber cam sanatına da yansımıştır.

Cam sanatında uygulamaları görülen fırında cam biçimlendirme yöntemlerine ilişkin oturmuş bir sınıflandırma bulunmamaktadır. Ayrıca özellikle ulusal ölçekte bu alanda yapılan yayınların birçoğunun yabancı kaynaklardan referans alınarak Türkçe metne dönüştürüldüğü görülmektedir. Bu da beraberinde terminolojik anlamda bir karışıklığı ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenlerden dolayı tezde bu anlamdaki sınıflandırmada, tekniklerin Türkçe metinlerde geçen yaygın kullanımları göz önünde bulundurulmuştur. Bunun yanı sıra, uluslararası düzeyde belirli bir standarda ulaşmış sınıflandırmaların yer aldığı kaynaklardan yararlanılmıştır.

Bu araştırmanın amaçları arasında; yerel ölçekte kolaylıkla ulaşılabilen malzemelerle refrakter kalıp karışımları üretmek ve bu karışımların cam formlardaki etkilerini gözlemek sayılabilir. Bu bağlamda bağlayıcı olarak alçı, ana refrakter malzemesi olarak da kuvarsın kullanıldığı karışımlara farklı malzemeler ilave edilerek denemeler yapılmış ve sonuçlar gözlemlenmiştir. Ayrıca koloidal silikanın ana refrakter olarak kullanımı da araştırılmıştır. Araştırmada düzenleyiciler sınıfından Ceraboard 100, kaolen, talk pudrası, ludo, şamot malzemeleri, bağlayıcılar sınıfından koloidal silika ve refrakterler sınıfından olivin kumu kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan bazı düzenleyicilerin, refrakter özellik de gösterdiği sonuçlardan anlaşılmaktadır. Bu tür malzemelerin; kalıp mukavemeti arttırıp yüzey kalitesinin iyi olması gibi olumlu sonuçlar doğurduğu görülmüştür.

Standart veriler elde edebilmek adına koloidal silika denemeleri haricindeki tüm malzeme denemelerde alçı oranı %45 olarak sabitlenmiştir. Yapılan tüm uygulamalarda yoğun kalıplar üretebilmek adına 1/1,75 su/kuru karışım oranı kullanılmış, malzemelerin mukavemete etkisini de gözlemek için kalıplarda kümes teli kullanılmamıştır. Öncelikle 3 ve 6 cm duvar kalınlığına sahip kalıp denemeleri yapılmış, ince duvarlı

kalıpların daha çok çatladığı saptanmıştır. Kalıbın hem mukavemetinin hem de ısı iletkenliğinin iyi olması için ideal duvar kalınlığı 4cm olarak belirlenmiştir. Sonraki süreçte farklı özelliklerdeki malzemelerin fırınlamalar sırasındaki etkilerini gözlemek için malzeme denemeleri yapılmıştır. Tüm denemelerde aynı model kullanılmış ayrıca tüm malzeme denemelerinde 85°C'de 12 saat süren bir kurutma programı uygulanmış, genellikle ön ısıtma olarak adlandırılan bu evrede meydana gelen çatlamların denemeler sırasında oluşmadığı gözlemlenmiş ve buna bağlı olarak da uygulanan kurutma programının ideale en yakın sonucu verdiği sonucuna varılmıştır. Ancak kalıp kalınlığı ve büyüklüğüne bağlı olarak bu sonuçların değişebileceği de unutulmamalıdır. Fırın diyagramlarında kalınlığa bağlı etkiler iki kritik noktaya göre yorumlanmıştır; birincisi alçının bozunma noktası, ikincisi maksimum çalışma sıcaklığından tavlama noktasına kadar hızlı soğutma.

Bağlayıcı olarak kullanılan alçının DTA analizi yaptırılarak bozunma sıcaklığının 689°C - 711°C olduğu belirlenmiştir. Bağlayıcı bozunma derecesinde bekleme yapılarak bu sıcaklık değerlerinin yavaş geçildiği ve bu sıcaklık değerlerinin mümkün olduğunca hızlı geçildiği iki farklı diyagram hazırlanarak ince duvarlı ve kalın duvarlı kalıplarda denemeler yapılmıştır. Yapılan denemelerde; bozunma derecesinin hızlı geçildiği fırın diyagramının daha iyi sonuç verdiği sonucuna varılmıştır. Bu denemelerde hem kalıp çatlağı daha az gözlemlenmiş hem de cam yüzeyi daha parlak çıkmıştır. Bu veriler ışığında fırın diyagramlarında hem çıkışta hem de inişte alçının bozunma noktasının hızlı geçilmesinin, sonuçlara olumlu yansıdığı söylenebilir.

Son bölümde de değinildiği üzere diyagramlarda soğutma aşamasında fırın kapağının açılarak hızlı bir soğutma yapılmasının ve kapak açılmadan soğutma yapmanın kalıplara etkisi araştırılmıştır. Bu iki deneme sonucunda, soğutma aşamasında fırın kapağının açılarak istenilen sıcaklık değerlerine düşüşün hızlı bir şekilde gerçekleşmesinin; yüzey matlaşmasının az ve camın daha şeffaf olması gibi olumlu sonuçlar verdiği saptanmıştır. Yine hızlı soğutma aşaması sonrasında karşılaşılan diğer bir sonuç; kalıpların en çok bu aşamada çatlamasıdır. Ancak bu durumda meydana gelen çatlaklarda genellikle yüzey kalitesini olumsuz etkileyecek bir sonuç görülmemiştir. Ancak eritilen cam kütlenin büyüklüğü arttıkça bu uygulamanın olumsuz sonuçlarının artacağı da unutulmamalıdır.

Malzeme ilavelerinin yapıldığı araştırmalardan elde edilen en önemli bulgular ise aşağıda verilmektedir.

- Ceraboard 100 olarak adlandırılan 1260°C'ye dayanıklı sıkıştırılmış elyaf fırın rafının öğütölüp refrakter karışımlara ilavesiyle üretilen kalıplarda neredeyse hiç çatlak oluşmamıştır. Döküm ağzı kısımlarında köşe birleşmelerinde, dikkatlice bakılınca fark edilebilecek kılcal çatlaklar dışında yüzeyde herhangi bir çatlak gözlemlenmemiştir. Malzeme özellikle dış kalıp olarak tabir edilen ikinci kat uygulamaları için çok uygundur.
- Kaolen ilaveli kalıpların cam yüzeyinden çok kolay temizlendiği ve çıkan cam ürünlerin yüzeylerinin daha parlak olduğu saptanmıştır. Özellikle %10 kaolen ilavesi denemesinde cam yüzeyi oldukça parlak çıkmıştır. Kaolen ilavesi kadar etkili olmasa da Talk ilavesi de cam yüzeyinde parlaklık oluşturmuştur. %10 talk ilavesi ile %6 kaolen ilavesinin parlaklık açısından cam yüzeyindeki etkisi neredeyse aynıdır. Talk ilavesi kuru karışımın su emilimini zorlaştırmakta, karışımda topaklanma oluşurmaktadır.
- Kolloidal silikanın kalıp karışımlarında yüksek oranda ve ana refrakter olarak kullanımının uygun olmadığı görölmüştür. Yarı yarıya ya da bire bir olarak tabir edilen alçı/kuvars karışımına +%20 kolloidal silika ilavesinin kalıp çatlağını arttırdığı ve camın kalıp çatlağına akma yaptığı gözlemlenmiştir. Ana refrakter olarak kullanımının araştırıldığı tüm denemelerde de benzer sonuçlar elde edilmiş bunun yanında malzemenin cam yüzeyine yapıştığı ve zor temizlendiği tespit edilmiştir.
- Olivin kumu ile yapılan denemelerde kalıpta çok çatlak oluşmuştur. Camda bu çatlaklar arasına akma gerçekteşmiştir. Ayrıca olvin kumu cam yüzeyine yapışma eğilimi göstermiştir.
- Ludonun %20 kullanıldığı kalıp denemesinde çok çatlak görölmüştür. Cam yüzeyinde çatlak arasına akma gözlemlenmiştir. %10 şamot kullanımında da

benzer etkiler gözlemlenmiştir. Şamot oranının artması kalıp mukavemetini artırırken ludo oranının artması mukavemeti düşürmüştür.

Camın arkasına parmak dayanarak yapılan gözlemlerde en parlak yüzeyi veren karışımın, %10 Kaolen sonrasında %6 kaolen ve %10 talk pudrası olduğu görülmüştür. Ceraboard 100 katkılı refrakter karışımlarda ise mat cam yüzeyi görülmekle birlikte yüzeyler oldukça düzgündür.

Yapılan denemeler sonucunda kullanılan refrakter kalıp karışımlarında ideal reçetede; su/ kurumalzeme oranının 1/ 1,75 olduğu, ana yapıda kalıp karışımının; %45-50 alçı %40-50 kuvars şeklinde kullanıldığında iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca denemelerde iyi ve net bir yüzey kalitesi elde edilmesi açısından ludo, talk pudrası ve kaolen denenmiştir. Bunlar içinde en iyi sonucu kaolenin verdiği gözlemlenmiştir. Ana reçeteye %10'a kadar kaolen ilavesiyle fırınlama işlemi sonrasında daha parlak ve düzgün yüzey kalitesine ulaşılmıştır. Bunların yanısıra kalıpların ısı karşısında dirençlerini arttırmak için ana reçeteye olivin kumu, ludo, Ceraboard 100, şamot ve koloidal silika katkıları denenmiştir. Bunlar arasında en iyi sonuçlara Ceraboard 100 de ulaşılmıştır. Ceraboard 100'ün ana reçeteye %2,5-5 oranlarında katıldığında, hızlı soğutma da dahil olmak üzere, fırınlama süresince kalıplara iyi direnç kazandırdığı görülmüştür. Ancak Ceraboard 100 ün direnç kazandırma gibi pozitif katkısının yanında yüzey parlaklığı ve netliği açısından aynı katkıyı veremediği de söylenebilir. Bu nedenle kalıplama işlemi sırasında hazırlanan karışıma ilk katmanda kaolen ilavesi, ikinci katman için de Ceraboard 100 ilavesinin daha olumlu sonuçlar vereceği öngörülmektedir.

Bu araştırmada oluşturulan reçeteler farklı oran ve malzeme ilaveleriyle çeşitlendirilerek yeni reçeteler denenebilir. Reçete denemelerinde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta çıkan sonuçlara neyin etkisi olduğunu bilmek adına her seferinde tek bir değişiklik yapmaktır. Örneğin, aynı anda iki farklı malzeme ilavesi ya da hem fırın diyagramının değiştirilmesi hem de malzeme oranının değiştirilmesi gibi iki veya daha fazla değişiklik yapılması durumunda çıkan sonucu gerçekleştiren değişikliğin yorumlanması güçtür. Bu bağlamda yapılan bu araştırma gelecekte, cam biçimlendirme yöntemlerinde alternatif malzemelerin denenmesi ve yeni tekniklerin gelişmesi noktasında önemli bir kaynak olacaktır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Özgümüş, Ü. C. (2013). *Çağlar Boyu Cam Tasarımı*. İstanbul: Arkeoloji Sanat Yayınları.
- Ay, N., Karasu, B., Erkmen, Z. E., Kurama, S., & Özel, E. (1999). *İngilizce-Türkçe Seramik Terimleri Sözlüğü*. Eskişehir: Aktüel Tanıtım & Ofset Hizmetleri.
- Baker, H. W. (2010). *Kiln Forming Glass*. Marlborough, Wiltshire: The Crowood Press Ltd.
- Beveridge, P., Domenech, I., & Pacual, E. (2005). *Warm Glass A Complete Guide to Kiln-Forming Techniques Fusing-Slumping-Casting*. New York: Lark Books.
- Cummings, K. (2011). *Çağdaş Cam Sanatı Fırın Teknikleri ve Uygulamaları*. İzmir: Karakalem Kitabevi Yayınları.
- Cummings, K. (2002). *A History of Glassforming*. London: A. & C. Black.
- Cummings, K. (2001). *Techniques of Kiln-formed Glass*. Philadelphia: A & C Black.
- Eczacıbaşı, Ş., Gevgilli, A., Hasol, D., & Özer, B. (1997). *Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi*. İstanbul: Yem Yayın.
- Freestone, I., Meeks, N., Sax, M., & Higgitt, C. (2007). The Lycurgus Cup-A Roman Nanotechnology. *Gold Bulletin*, 270-277.
- Halem, H. (1996). *Glass Notes A Reference for The Glass Artist*. Kent: Franklin Mills Press.
- Küçükerman, Ö. (1985). *Cam Sanatı ve Geleneksel Türk Camcılığından Örnekler*. Ankara: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Küçükerman, Ö. (1998). *İstanbul'da 500 Yıllık Sanayi Yarışı Türk Cam Sanayii ve Şişecam*. İstanbul: Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.
- Karasu, B., & Ay, N. (2000). *Cam Teknolojisi Temel Ders Kitabı*. Ankara: Milli Eğitim Basımevi.
- Kervin, J., & Fenton, D. (2000). *Pate de Verre and Kiln Casting of Glass*. Livermore: GlassWear Studios.
- Klein, D., & Lloyd, W. (1989). *The History of Glass*. New York: Crescent Books.
- Kocabağ, D. (2002). *Cam Kimyası, Özellikleri, Uygulamaları*. İstanbul: Birsen Yayınevi Ltd. Şti.
- Kocabağ, D. (2002). *Cam Kimyası, Özellikleri, Uygulaması*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Kohler, L. (1998). *Glass An Artist's Medium*. Iola: Krause Publications.
- Kundul, M. (2013). *Endüstriyel Seramikte Alçı ve Çamur Şekillendirme Yöntemleri*. İstanbul: Biltur Basım Yayın ve Hizmet A.Ş.

- Lightfoot, C., & Arslan, M. (1992). *Ancient Glass of Asia Minor: The Yüksel Erimtan Collection Anadolu Antik Camları: Yüksel Erimtan Koleksiyonu*. Ankara: Ünal Offset Ltd. Şti.
- Lundstrom, B. (1989). *Glass Casting and Moldmaking*. Colton: Vitreous Publications.
- Lundstrom, B. (1983). *Kiln Firing Glass Glass Fusing Book One*. Colton: Vitreous Publications.
- McCreight, T. (1994). *Practical Casting a Studio Reference*. Maine: Brynmorgen Press.
- Özet, A. (1987). *Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesindeki Cam Örnekleri İle Antik Çağda Cam Yapımı*, Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- Pye, L. D., Montenero, A., & Joseph, I. (2005). *Properties of Glass-Forming Melts*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Sopcak, J. E. (1986). *Handbook of Lost Wax Investment Casting*. CA: Gem Guides Book Company.
- Stone, G. (2010). *Firing Schedules for Glass The Kiln Companion*. Melbourne: Igneous Glassworks.
- Thwaites, A. (2011). *Mould Making For Glass*. London: A & C Black.
- Yılmaz, Y. (2008). *Alçı Şekillendirme Model Kalıp ve Seramik Döküm Teknikleri*. İstanbul: Türkiye Seramik Federasyonu.

Bildiri Kitapları

- Aydın, M, Ağatekin, M. (2010). Plastik Sanatlarda Cam ve Tarihsel Gelişimi. *Camgeran 2010 Uluslararası Katılımlı Uygulamalı Cam Sempozyumu*, 51-58.
- Ener, F. (2010). Camın Tarihi Serüveni. *Camgeran 2010 Uluslararası Katılımlı Uygulamalı Cam Sempozyumu*, 147-151.
- Tüfekçioğlu, N, Ağatekin, M. (2010). Cam Eğitiminde Öncü Ülkeler. *Camgeran 2010 Uluslararası Katılımlı Uygulamalı Cam Sempozyumu*, 77-82.

Dergiler

- Başarır, L. (2003, Nisan 1). Camda İşlevsellikten Sanatsal Yaratıya Yöneliş. *Yapı 257: Mimarlık Kültür Sanat* , pp. 95-99.
- Çelik, E., & Tekmen, Ç. (2004, Mayıs 1). Diş Protez Laboratuar Malzemeleri. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* , pp. 81-93.
- Endlein, E., & Peleikis, K. H. (2011, April 1). Natural Waxes-Properties, Compositions and Applications. *Sofw Journal* , pp. 2-8.
- Gernort, M. (2008, Mart 6). Stüdyo Camcılığı Hareketi. *Anadolu Sanat* , pp. 89-96.

- Güner, G. (2009, Ekim-Aralık). Eğer Bir Seramikçi Cam Yapmak İstiyorsa Pate de Verre Doğru Adrestir!, Türkiye Seramik Federasyonu Dergisi, pp. 96-105.
- Uçkan Olcay, B. Yelda (2008). Cam Tarihine Genel Bir Bakış. *Anadolu Sanat*, Sayı:19, 97-110.

Tezler

- Atalay, R. (2006) Camın Heykel Sanatına Plastik ve Estetik Katılımları. Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi
- Elitez, G. (2003). Plastik Sanatlarda Cam Malzemenin Uygulanışı. Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi
- Gürses, S. (1996). Endüstriyel Cam Şekillendirme Yöntemleri ve Çağdaş Uygulamalar. Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi
- Hemp, D. G. (1995). Process in Glass Art: A Study of Technical and Conceptual Issues. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Güney Afrika: Güney Afrika Üniversitesi
- Işıtman, Ö. (1995). Yüzey Olarak Camın ve Seramiğin Birlikte Kullanım Sorunları. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi
- Karslıoğlu, A. (2007). 1950'den Günümüze Cam Heykel Sanatı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi
- Kılıç, A. C. (1995). Cam Üretiminde Üfleme Yöntemiyle Biçimlendirme. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi
- Koçan, T. (2001). Heykel Malzemesinde Camın Kullanım Örnekleri ve Estetik Öğeler, Ölçütler, Değerler. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi
- Okan, S. (2008). Pate De Verre Cam Şekillendirme Tekniğinin Araştırma ve Uygulamaları. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi
- Şahin, B. (2008). Zirkon-Y2O3 İlavesiyle MgO-spinel kompozit refrakterlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi
- Üner, C. (2001). Cam Malzemenin İç Mekanda Yatay Bölücü Eleman Olarak Kullanım Şekillerinin Araştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi
- Yalçın, E. (1998). Endüstriyel Camların Üretiminde Isıtma ve Soğutma İşlemlerinin Etüdü. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi

İnternet Kaynakları

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&kelime=G%C3%9C%9C%87%C4%B0LE (Erişim Tarihi: 23.06.2016)

http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/67153/42809/7._agrega_1.pdf (Erişim Tarihi:19.06.2016)

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55def1bc749f5.56835755 (Erişim Tarihi 27.08.2015)

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55def1bc749f5.56835755 (Erişim Tarihi 27.08.2015)

<http://www.jeogenc.net/obsidyen-ve-ozellikleri.html> (Erişim tarihi: 27.08.2015)

https://tr.wikipedia.org/wiki/Kuvars#/media/File:Quartz_oisan.jpg (Erişim tarihi: 13.06.2016)

<http://www.mindat.org/g/292> (Erişim tarihi: 13.06.2016)

<http://www.sci.ccny.cuny.edu/~mcesaire/Pumice.jpg> (Erişim tarihi: 27.08.2015)

<http://vrijglas.org/history.php> (Erişim Tarihi. 15.06.2016)

<http://www.gemeentemuseum.nl/en/exhibitions/glass> (Erişim Tarihi 16.06.2016)

<http://toyamaglass.ac.jp/school/index-en.php> (Erişim Tarihi 16.06.2016)

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55defce6ec0553.86088056 (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

<http://www.dogagranit.com.tr/urunler.asp?lang=tr> (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

<http://pvc.nedir.com/> (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55defdb48239a4.16206101 (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

<http://strafor.nedir.com/> (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

<dis.beun.edu.tr/wp-content/uploads/2011/04/mumlar.ppt> (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55df16fcc1e990.45979680 (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55df16fcc1e990.45979680 (Erişim Tarihi: 27.08.2015)

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.55def3eec19eb3.18709277 (Erişim Tarihi 27.08.2015)

https://www.bullseyeglass.com/images/stories/bullseye/PDF/TipSheets/tipsheet_08.pdf
(Erişim tarihi: 16.09.2015)

https://www.bullseyeglass.com/images/stories/bullseye/PDF/TipSheets/tipsheet_05.pdf
(Erişim Tarihi: 20.06.2016)