

Sosyal Bilimler Dergisi / The Journal of Social Science

Yıl: 6, Sayı: 33, Ocak 2019, s. 100-114

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Şule ERYILMAZ AKSAKAL

Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, seryilmaz@marmara.edu.tr

SANATSAL CAM TASARIMI İÇİN CAM İLE BAZI METALLERİN BİRLİKTE KULLANIMI

Özet

Sanatçının elinde biçimlenmiş bir malzeme olarak cam, çeşitli teknikler kullanılarak ortaya konulmuş bir üründür. Bu çalışmada, cam sanatçıları için yaratıcı yöntemler geliştirmek amacıyla çeşitli metallerin yüksek sıcaklıkta cam ile birleşme olanakları araştırılmıştır. Yöntem olarak açık kalıp tekniği ve füzyon tekniği kullanılmıştır. Cam olarak, Şişecam üretimi pencere camı, Schott Artisan serisi şeffaf cam ve stüdyo camı; metal olarak ise demir dışı metallerden alüminyum, kurşun, kalay, bakır, pirinç ve krom-nikel kullanılmıştır. Malzemelerin yüksek sıcaklıklarda aynı yapıda birleştirilmeleri hedeflendiğinden birbirleriyle uyumlarını değerlendirebilmek için fiziksel özellikleri araştırılmış ve ısı genleşme özellikleri üzerinde durulmuştur. Yapılan deneylerde kullanılan metallerin cam tasarımlarına kavramsal ve dekoratif öge olarak katkı yapacak türde olmasına özen gösterilmiştir. Cam ile metalin birlikte pişirimleri yapılmış ve sonuçlar camda duruluk, renk, doku ve malzemelerin birbiriyle uyumu açısından değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Cam, metal, fırın rejimi, füzyon

THE USE OF PARTICULAR METALS WITH GLASS IN ARTISTIC GLASS DESIGN

Abstract

Glass, as a material shaped by an artist, is a product which is created using a variety of techniques. In this study, the possibilities of uniting particular metals with glass at high heat has been researched in order to develop creative methods for glass artists. Regarding the method, open-mould techniques and fusion techniques were used. Regarding the glass, soda-lime glass, Schott Artista series clear glass,

and studio glass were used. The non-iron metals that were used were aluminum, lead, tin, copper, brass, and nickel-chrome. With the goal of uniting the materials into the same structure at high heat, the physical properties were researched with emphasis on their thermal expansion properties in order to evaluate their compatibility with one another. In the studies performed, care was taken to ensure the metals used would be a beneficial addition to the glass designs in regards to its conceptual and decorative factors. The results of the glass and metal being fired together were evaluated based on the clarity, colour, and texture of the glass, and the materials' compatibility with one another.

Key words: glass, metal, firing process, fusion

GİRİŞ

Sanatçı için kavramsal açıdan cam, ışığın formun içinde dolaşımına imkan veren saydamlığı ve kırılgenliği ile malzemenin doğasından kaynaklanan bir söze sahiptir. Bunun tersi bir anlatım için, soğuk görünümü ve ışık geçirimsizliği ile cam bünyede metal kullanımı çoklukla tercih edilen bir durumdur. Dekoratif açıdan ise metaller, cama form kazandırılan yüksek sıcaklıklarda karakteristik olarak oluşan renk, doku ve ışınımları özelinde tasarım için katma değer oluşturmaktadırlar. Cam bünyenin içine metal uygulamalarında metal seçiminin belirleyicisi olarak, camda temiz ve parlak bir yüzey elde etme ve metalin oluşturacağı doku ve rengin yapılan çalışmaya katkısı gözetilmektedir.

Cam literatürü incelendiğinde sanatçıların cam ile metali, soğuk veya sıcak yöntemlerle sıklıkla bir arada kullandıkları ve çoğu cam sanatçısının geçmişte altın, gümüş, platin, bakır, pirinç, bronz gibi metallerle çalıştığı, son yıllarda bu metallere alüminyum ve çinkonun da eklendiği görülmektedir. Ancak literatürde kullanılan yöntemlerin nasıl uygulandığı ile ilgili bilgi bulmak oldukça zordur. Bu duruma, sanatçıların uzun deneyler ve yorucu uğraşlar ile aldıkları sonuçları kapalı tutması, yöntemlerin paylaşılması neden olmaktadır.

Fırında cam biçimlendirme teknikleri için metal ile cam malzemeyi bir arada kullanmak söz konusu olduğunda, iki malzemenin birbirleri ile uyumu konusunda ön çalışma yapmak gerekmektedir. Uyumsuzluk halinde yapılan cam çalışma tansiyona maruz kalıp çatlayabilmekte, hatta daha fırından çıkardığınız anda kırılabilmektedir. Metal ile camı bir araya getirecek prosese girecek katı malzemelerin en önemli özellikleri olarak termal genleşmelerinden ve oksidasyon süreçlerinden bahsetmek ve genleşme sıcaklık ilişkilerini incelemek gerekmektedir. Katı malzemelerin doğasından gelen bu özellikler, farklı malzemelerin yüksek derecelerde birleştirilmelerini zorlaştırmaktadır. Bu zorluk, İki ayrı malzemenin ısıl genleşme davranışlarının hem ısıtma ve hem de soğutma işlemlerinde farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Genel olarak metalin bazı koşulları karşılaması beklenmektedir. Bunların ilki metalin termal genleşme katsayısının camınki ile benzer olmasıdır. İkinci olarak; metalin ergime noktası dikkate alınmalı, camın yapılacak yönteme göre çıkacağı en yüksek dereceden daha yüksek değere sahip olmalıdır. Bu durum, ergime sırasında aşırı gaz çıkışı nedeniyle yüksek sıcaklıklarda metallerle güvenli çalışma ortamı oluşturmak için ve aşırı gaz çıkışının camda büyük hava kabarcıkları oluşturması nedeniyle önemli olmaktadır.

1. Isıl Genleşme

Isıl genleşme, malzemelerde sıcaklık artışıyla gerçekleşen hacim, yüzey ve boy değişimidir. Termal genleşme olarak da ifade edilmektedir. Katı, sıvı ve gazlarda farklı ölçüm yöntemleri ile belirlenmektedir. Bu çalışmada kullanılan malzemeler katı olduklarından, katı maddelerin ısıl genleşme davranışları üzerinde durulmaktadır. “Katı maddelerin atomları birbirine sıkıca bağlı olduğu için atomlar serbestçe hareket edemezler. Ancak atomlar buldukları noktalarda bir titreşim hareketi yapabilirler. Katılardaki bu titreşim hareketi sıcaklığa bağlıdır. Bir katı cisme ısı verildiği zaman verilen ısının kinetik enerjiye dönüşmesinden dolayı, atomların yapmakta oldukları titreşim hareketi şiddetlenir, kapladıkları hacim genişler. Bu olaya ısıl genleşme adı verilir.” (Gürü ve Yalçın 2012, s.18,19) Isıl genleşme katsayısı; bir malzemede her 1 °C da meydana gelen hacim veya uzunluk gibi birim şekil değişiminin gözlemlenmesi yoluyla elde edilen, birim şekil değişiminin sıcaklık farkına oranıyla elde edilen bir katsayıdır. Malzemenin 1 birim sıcaklık değişiminde hacimsel olarak değişiminden elde edilen bulgunun sıcaklık farkına oranına “hacimsel genleşme katsayısı” denmektedir. Malzemenin 1 birim sıcaklık değişiminde, boyunda meydana gelen değişimin sıcaklık farkına oranı ise “doğrusal genleşme katsayısı” (lineer genleşme katsayısı) olarak ifade edilmektedir. Genelde doğrusal ısıl genleşme katsayısı dikkate alındığından yazıda sözü edilen malzemelerin ısıl genleşme katsayıları bu doğrusal oranlar dikkate alınarak verilmiştir. “Bir malzemede sıcaklığın değişmesi ile hacim de değişir. Sıcaklıkla hacim değişmesi termal etki sonucu uzama veya kısalma ve faz değişimi sonucu oluşur. Malzemelerin ısıl genleşme katsayıları, erime sıcaklıkları ile ters yönde değişir. Bağ enerjisi büyük olan malzemelerde erime sıcaklığı daha yüksektir. Bunun nedeni yüksek sıcaklıklarda atomlar arası ortalama uzaklığın daha küçük olmasıdır. Örneğin magnezyumun erime sıcaklığı 649 °C ve ısıl genleşme katsayısı $\bar{\alpha}=26 \cdot 10^{-6}$ cm/cm°C, buna karşılık demirin erime noktası 1535 °C ve ısıl genleşme katsayısı $\bar{\alpha}=12 \cdot 10^{-6}$ cm/cm°C dir... Bir katının termal genleşme katsayısı, özgül ısı ve erime sıcaklığı ile ilgilidir. Düşük erime sıcaklıklı malzemenin termal genleşme katsayısı, yüksek erime sıcaklıklı malzemeninkinden fazladır. Örneğin, kalayın erime sıcaklığı diğer metallerden düşük olduğundan termal genleşme katsayısı en yüksektir.” (Gürü ve Yalçın 2012, s.18,19)

1.1. Camın Isıl Genleşmesi

Isıl genleşme, camın en belirgin ve önemli özelliklerinden biridir ve cam şekillendirme işlemlerinde ürünün başarısı ve dayanıklılığı için bilinmesi ve üretim sürecinin bu bilgiye göre planlanması gerekmektedir. Farklı cam kompozisyonlarının birlikte kullanılmak istenmesi ve camın metal gibi malzemelerle yüksek sıcaklıkta birleştirilmek istenmesi ancak kullanılan malzemelerin ısıl genleşme katsayılarının birbirine yakınlığı gözetilerek yapılmaktadır. “Renkli ayaklı kadehlerin üretiminde iki ayrı renkte cam kullanılması, her iki camın genleşme katsayılarını eşitlemekle mümkün olmaktadır.” (Gürses S. 1996, s.41) Camların ısıl genleşmesi, camın ağ yapısının sıklığı ile orantılı olduğu için cam türüne bağlı olarak farklı değerler almaktadır. “Isıl genleşmenin düşüklüğü genel olarak cam yapıcı oksit oranlarının yüksek oluşuna bağlanmaktadır. SiO₂ başta olmak üzere, B₂O₃, Al₂O₃ gibi oksitlerin kimyasal bağlarının güçlü oluşu, bu camlara ilişkin atom ve moleküllerinin titreşimlerini kısıtlamakta, sonuçta ısıl genleşme katsayılarının düşük kalmasına neden olmaktadır.”(Karasu ve Ay, s.96) “Cam ısıtıldığında bir yönde değişmez. Yüzey ve hacim boyutları da değişir. Yüzeyce ve hacimce genleşme, doğrusal ısıl genleşmeyle doğrudan ilişkilidir. Yüzeyce genleşme katsayısı, doğrusal genleşme katsayısının yaklaşık iki katı, hacimce genleşme katsayısı ise üç katıdır.”

(Karasu ve Ay, s.95) Saf SiO₂ camının 20-300 °C arasındaki doğrusal ısıl genişmesi 6.10⁻⁷ 1/ °C, sıcaklık değişimlerine dayanımı yüksek borosilikat camının 30.10⁻⁷ 1/ °C, pencere camlarının ise 80-90.10⁻⁷ 1/°C değerleri arasındadır.

2. Çalışma Yöntemi

Bu genel bilgiler ışığında araştırmayı yönlendirebilmek için çalışılması düşünülen metallerin termal genişleme katsayısı değerleri araştırılmıştır. Bu değerler metal malzemenin alaşımları veya cam özelinde de camın bileşimleriyle bağımlı olarak değiştiğinden, malzemelerin üretim yerleri tespit edilerek genişleme katsayıları elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada kullanılacak metallerden alüminyum, kurşun ve kalayın alaşım değerlerine ve üretici firma bilgilerine ulaşılamadığı için literatürden yararlanılmıştır. Çalışılacak cam malzeme olarak füzyon ortamında Şişecam'ın pencere camı olarak ürettiği 6mm düz camlar (termal genişleme katsayısı (COE) 85x10⁻⁶ 1/ °C) ve bazı metaller için de Schott firmasının Artista serisi 6mm (termal genişleme katsayısı (COE) 90x 10⁻⁶ 1/ °C) camları kullanılmaya karar verilmiştir. Fırın içi açık kalıp tekniği ile yapılacak çalışma için ise stüdyo camı (COE 96x10⁻⁷ 1/ °C) kullanılmaya karar verilmiştir Fırın rejimi ampirik birikimler ve metallerin ısıl genişleme katsayıları özelinde sezgisel olarak belirlenmiştir. Kullanılacak metaller sırasıyla alüminyum, kurşun, kalay, bakır, pirinç, krom nikel olarak belirlenmiştir.

3. Camın metallerle birlikte pişirimi

3.1. Alüminyum

Alüminyum, yıllar içinde sanatsal cam tasarımları için, füzyon fırını ortamında CO85 termal genişleme katsayılı pencere camı dediğimiz plaka camlarda ve iki plak arasında çokça kullanılmıştır. Bu deneyimlerde alüminyumdan farklı doku ve renk efektleriyle tatmin edici sonuçlar alınmıştır. Ancak kullanılanlar, kalınlıkları 0,2 mm (200 mikron) ile 0,005 mm (5 mikron) arasında değişen ve yaygın olarak ambalaj malzemesi olarak kullanılan ürünlerin atıkları ve mutfak folyosu olarak kullanılan ve %99 ve üzeri saflıkta alaşımlardan oluşan alüminyumlardı. Deneyimlerin sonucu olarak yüksek sıcaklıklarda kullanılan metallerin ince oluşu ile sonucun başarısı arasında doğru orantı olabileceği gibi bir genel yönelim gelişmiştir. Bu çalışmada, kalınlıkları arttırarak yapılacak deneylerin sonuçları değerlendirilmiştir.

Yoğunluk	Erime Sıcaklığı	Kaynama Sıcaklığı	Isıl Genleşme Katsayısı	Yeniden Kristalleşme Sıcaklığı
2,70 g/cm ³	660 °C	2070 °C	24.10 ⁻⁶ 1/ °C	250...300 °C

Tablo 3.1.1. Alüminyumun fiziksel özellikleri

“Alüminyumun, atmosfer ve diğer birçok ortam içinde korozyon dayanımı oldukça yüksektir. Demirden daha aktif bir metal olmasına karşın korozyona daha dayanıklı oluşu yüzeylerinde oluşan ince bir oksit tabakasıyla açıklanmaktadır. Ortamdaki nem arttıkça bu tabakanın kalınlığı da artmakta ve neme doymuş ortamlarda iki katına kadar çıkabilmektedir.” (Gürü ve Yalçın 2012, s.143)

Kalınlığı 0.4 mm olan alüminyum levha merkezde 16 mm'den kenara doğru kademeli olarak 0.4 mm'e kadar düşen kalınlıklarda Şişecam Düzcam 6mm olan iki plak arasına ve Schott Artista 6mm olan iki plak arasına konularak füzyon fırınında aşağıdaki rejimle fırınlanmıştır:

Set 8	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
c°/dakika	100	100	100	90	50	-----	50	100
sıcaklık	200	400	650	800	804	550	500	400
bekleme	10	10	5	5	5	120	60	60

Tablo 3.1.2. Alüminyum-cam füzyonu fırın rejimi



Fotoğraflar 3.1.1. Soldan sağa; Schott Artista camı ve detayı, Şişecam düzcama. (6mm+6mm)

Fırından alınan numunelerde herhangi bir tansiyon belirtisi yoktur. Alüminyumun kalınlığından kaynaklanan aşırı gaz çıkışı, metal yüzeyinde ortamdaki oksijenle birleşerek ıslanma oluşturmuş ve dolayısıyla oksidasyon başlamıştır, ancak iki cam plakanın kenarlarının birbirine kaynaşmasından dolayı cam ile metal arasında hava kabarcıklarından oluşan bir alan yaratmıştır. Bu alan, camın alüminyum yüzeyindeki oksitlenmiş bölgeye temasını önlediği için soğuma sırasında alüminyum için fırın rejimi kontrol edilmemiş olmasına karşın malzemelerin ısıl genleşmelerine bağlı herhangi bir gerilim ve dolayısıyla tansiyon oluşmamıştır.



Fotoğraf 3.1.2. Alüminyum folyo (0,002 mm) ve pigment kullanılarak yapılan yüzey tasarımı

Fotoğraf 3.1.2’de görüldüğü gibi 0,002 mm kalınlıklarındaki folyolarla çalışıldığında alüminyum parlak gümüşü rengini tek katlı uygulamalarda korumaktadır. İki ve daha fazla katlı kalınlıklar kademeli olarak oluşturulduğunda ise, metalde gümüşü renkten kurşuniye ve koyu gri, siyaha kadar renk geçişleri alınabilmektedir. Ayrıca folyonun üzerine pigmentler katarak da resimsel etkiler almak mümkün olmakta ve cam açısından herhangi bir gerilme riski oluşturmamaktadır.

3.2. Kurşun

“Parlak, mavimsi-kurşuni renkli, yumuşak, ağır ve kolayca şekillendirilebilen bir metaldir.. Kurşun en yumuşak metaldir, bıçakla kesilebilir. Yeni kesildiğinde mavimsi-gri, yani kurşuna özel “kurşuni” bir renk gösterir. Endüstriyel olarak kullanılan metaller içinde en ağır olanıdır. Çok kolay dövülebilir. Çok ince plaka haline getirilebilir. Isıtılarak boru, tel veya çubuk halinde çekilebilir. Kurşun havada eritilirse yüzeyi siyah renkli kurşun oksit Pb_2O ile kaplanarak siyah bir renk alır. Eğer sıcaklık daha da arttırılacak olursa, oksitlenme devam ederek PBO meydana gelir.” (Gürü ve Yalçın 2012, s.159)

Kurşunun ısıl genişleme katsayısı camdan yaklaşık 3 kat fazladır. Çalışmanın girişinde kullanılacak metalden bazı koşulları karşılaması beklendiği üzerinde durulmuş ve bunlardan birinin de ergime derecesinin kullanılacak yöntemde camın çıkabileceği en yüksek sıcaklıktan daha fazla olması gerektiği yönünde olmuştur. Ancak, düşük ergime dereceli kurşunun, yüksek derecelerde atmosferik korozyona karşı yüksek direnç gösterdiği öne sürüldüğü ve metal rengini ergimeden sonra da koruyabildiği ve tavlama sırasında eriyik halde olmasından dolayı camın metal yüzeye yapışmama olasılığını da denemek için koşullar göz ardı edilmiştir. Kurşun ile çalışmanın en büyük dezavantajı yükselen sıcaklıkla birlikte çıkardığı zehirli gazlardır. Çalışılacak mekanda hava sirkülasyonunun vantilatörlerle sağlanmasına ve uygun maske kullanımına dikkat edilmelidir. Kurşunun bazı fiziksel özellikleri tablo 3.2.1’de verilmiştir.

Yoğunluk	Erime Sıcaklığı	Kaynama Sıcaklığı	Isıl Genleşme Katsayısı
11,35 g/cm ³	327 °C	1744 °C	28.10 ⁻⁶ 1/ °C

Tablo 3.2.1. Kurşunun fiziksel özellikleri



Fotoğraf 3.2.1. Cam-kurşun füzyonu Şişecam Düzcem (6mm+6mm)

Fotoğraf 3.2.1’de gördüğümüz deney sonucuna göre, kurşun fiziksel biçimini kaybetmiş farklı bir biçim oluşturmuştur. Cam bünyesinde herhangi bir tansiyon belirtisi görülmediği için başarılı gibi görülebilir. Ancak kurşunun düşük erime sıcaklığı yoğun gaz çıkışı yaratmış bu da cam ile metal arasında hava yastığı oluşturmuştur. Bu durum cam ile metalin tam temasının geniş bir alanda olmasını engellemiştir. Ayrıca camın tavlama aralığında metalin halen eriyik halinin devam etmesi ile tansiyon oluşmaması arasında bir ilişki olup olmadığı belirlenemeyerek yeniden denenmesi düşünülmüştür.

Set 8	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
c°/dakika	100	100	100	90	50	-----	50	50
sıcaklık	200	400	650	800	804	550	500	400
bekleme	10	-----	-----	5	5	120	100	60

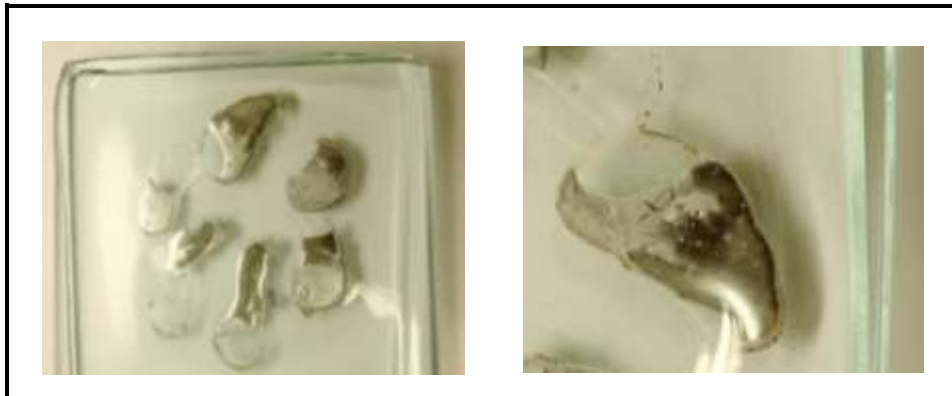
Tablo 3.2.2. Cam-kurşun füzyonu fırın rejimi

3.3. Kalay

Kalay, kurşun kadar ağır olmamakla birlikte, kurşun gibi düşük bir erime derecesine sahip olan gümüş beyazı, yumuşak bir metaldir. Yükselen sıcaklıklarda toksik gazlar çıkarmaması ile de kurşundan ayrılmaktadır. Atmosferik koşullardaki yüksek korozyon dayanımı ve değişik metaller ile alaşım oluşturabilmesi nedeniyle endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle korozyon dayanımı düşük metaller kalayla kaplanarak dayanımları arttırılmaktadır. Çalışmada kalayın %99 saf hali ve ayrıca kurşunla alaşımları ayrı ayrı denenecektir.

Yoğunluk	Erime Sıcaklığı	Kaynama Sıcaklığı	Isıl Genleşme Katsayısı
7,30 g/cm ³	232 °C	2270 °C	22.10 ⁻⁶ 1/°C

Tablo 3.3.1. Kalayın bazı fiziksel özellikleri



Fotoğraf 3.3.1. Cam-kalay füzyonu Şişecam Düzcam (6mm+6mm)

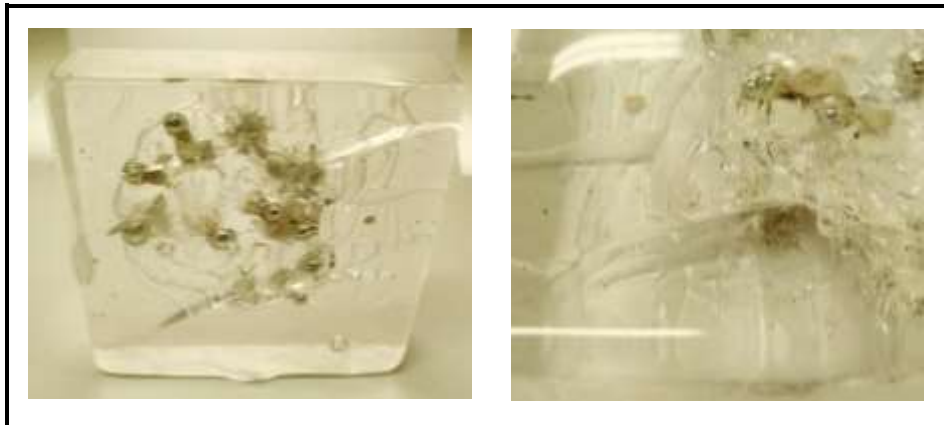
Set 8	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
c°/dakika	100	100	100	90	50	-----	50	50
sıcaklık	200	400	650	800	804	550	500	400
bekleme	10	-----	-----	5	5	120	60	60

Tablo 3.3.2. Cam-kalay füzyonu fırın rejimi

Düşük erime derecesinden dolayı kalay iki plak arasında eriyik bir yastık olarak kalmış ve plakaları hareket ettirmiştir. Fırın sonucunda herhangi bir tansiyon sorunu yoktur. Camlar sağlam olarak alınmış ve kalay metalik gümüşü etkisini hiç kaybetmemiştir. Ancak reaksiyon sonucu oluşan bej renkli pudramsı bir kismuk oluşmuş ve fotoğraf 3.3.1’de görülen örnekte aradaki hava boşluklarının kenarlarında birikme yapmıştır. Fotoğraf 3.3.2’de görülen fırın içi açık kalıp tekniğinde yapılan numunede oluşan bej renkli pudramsı doku camın arkasından kalıp içine doğru kusmuştur. Stüdyo camı ile yapılan bu çalışmada cam gerilime maruz kalmış ve tansiyondan dolayı derin çatlaklar oluşmuştur. Açık kalıp tekniğinde kalıbın içinde oluşturulan havuzun zemininde doku oluşturulmuş ve eriyik kalay dokuyu oluşturan derzlere doldurularak fırın pişirimi yapılmıştır. İki plaka cam arasındaki füzyonla birleştirilen örnekte, arada oluşan hava yastıkları camın yüzeyinin metale yapışmasını engellediği için farklı termal genleşmelerden doğan çekme gerilimleri oluşmamış ve cam tansiyona maruz kalmamıştır. Onun aksine açık kalıpla biçimlendirmede, viskozitenin en düşük olduğu üst derecelerde eriyik cam metalin üzerini, havayı kalıp çatlaklarından iterek sarmış ve metalle tam bir yapışma sağlanmıştır. Bu durum iki malzemenin birbirleriyle uyumsuz fiziksel özelliklerinden kaynaklı çekme gerilimleri oluşturarak camda tansiyona sebep olmuştur. Ayrıca metalin düşük erime derecesi derzlere bırakılan kalayın bazı noktalarda toplanmasına ve arzu edilen biçimin bozulmasına yol açmıştır.

Set 8	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
c°/dakika	50	50	----	-----	30	30	30	30
sıcaklık	100	670	850	540	500	450	400	300
bekleme	240	120	60	360	360	360	240	120

Tablo3.3.3. Cam-kalay açık kalıp pişirimi fırın rejimi



Fotoğraf 3.3.2. Açık kalıp tekniği ile stüdyo camının kalayla pişirim sonucu

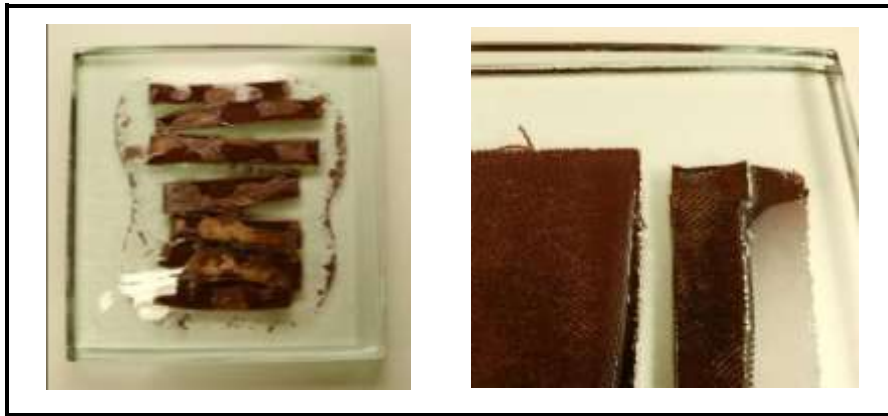
3.4. Bakır

Bakır füzyon fırınlarındaki cam şekillendirme teknikleri içinde genelde kullanımı tercih edilen, pişirim sonrası fırın içindeki ortam değişimleri ve kullanılan bakırın kalınlığına ve alaşımına ve yüzeyinde gelişen oksidasyona bağlı olarak değişen görsel etkiler veren fırın sonuçları öngörülemeyen bir metaldir. Uzun yıllardır, beklentimin dışında pek çok farklı sonuç aldığım metallere biridir. “Bakır korozyona oldukça dayanıklı bir metaldir. Kuru havada bekletilecek olursa yüzeyinde ince bir bakır oksit tabakası oluşur ve donuk bir renk alır. Bu haliyle korozyona dayanıklı bir özellik kazanır. Ancak rutubetli ve kirli bir atmosfere dayanıklı değildir. Rutubetli havada bekletilirse, yeşil renkli bazik bakır karbonat $Cu(OH)_2.CuCO_3$ ve havada hidrojen sülfür varsa, koyu renkli bakır sülfür oluşur. Bakır havada ısıtılacak olursa, yüzeyi siyah renkli CuO ile kaplanır.” (Gürü ve Yalçın 2012, s.150)

Yoğunluk	Erime Sıcaklığı	Kaynama Sıcaklığı	Isıl Genleşme Katsayısı
8,90 g/cm ³	1083 °C	2595 °C	17.10 ⁻⁶ 1/°C

Tablo 3.4.1. Bakırın bazı fiziksel özellikleri

Fotoğraf 3.4.1’de soldaki denemede, 0.40 mm. kalınlığında %99.90 Cu içeren levha, sağdaki denemede ise 0.20 mm. kalınlığında bakır kaplanmış krom-nikel dokuma kullanılmıştır. Pişirim sonuçlarında herhangi bir tansiyon belirtisi bulunmamıştır. Bakır levha ile yapılan füzyonda metalden çıkan gazların iki cam arasına sıkışıp yer yer hava yastığı oluşturdukları görülmüştür. Camın metal yüzeye yapışma sağladığı alanlarda rengin koyu kiremit rengine döndüğü, bazı alanlarda ise levhanın kendi doğal dış görünümünü koruduğu görülmüştür. Sağdaki bakır kaplanmış krom-nikel dokumada camın metal yüzeye tamamen birleştiği, buna rağmen camda tansiyona ait bulguların olmadığı gözlemlenmiştir.



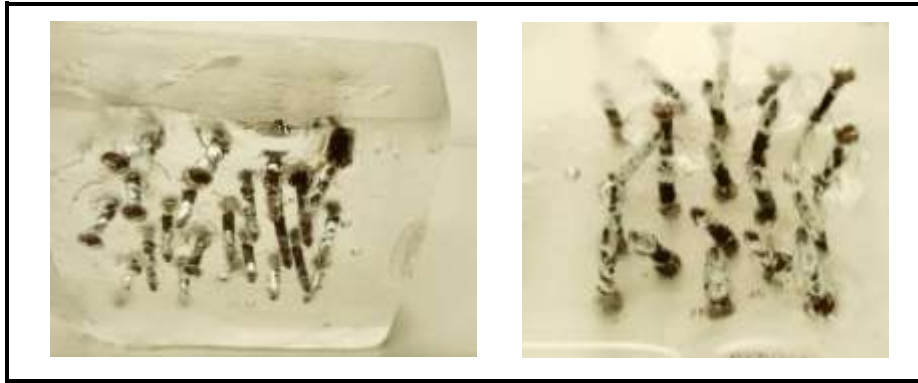
Fotoğraf 3.4.1. Cam-bakır füzyonu (Şişecam düzcam 6mm+6mm)

Renk olarak yine koyu kiremit rengin hakim olduğu, yer yer siyah laciverte doğru yanmalar olduğu belirlenmiştir. Bakırın bu kalınlığının cam füzyonunda biraz daha yüksek derecelerde tekrar denemesine karar verilmiştir. Daha önceki 0,10 mm ve altındaki bakır folyolu cam füzyonlarında bakırın koyu pembeden mora doğru renk geçişleri yaptığı gözlemlenmiştir. Ayrıca

bakırın bir takım pigmentlerle birlikte kullanımında da oluşan reaksiyonlar sonucu beklenmedik sürpriz renk ve dokularla karşılaşma olasılığı tespit edilmiştir. Bakır ve alaşımlarının camla füzyonlarında tasarıma ait ön denemeler yapıldıktan sonra tasarım biçimlendirilmelidir.

Set 8	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
c°/dakika	100	100	100	90	50	-----	50	100
sıcaklık	200	400	650	800	804	580	500	400
bekleme	10	10	5	5	5	120	60	60

Tablo 3.4.2. Cam-bakır füzyonu için kullanılan fırın rejimi



Fotoğraf 3.4.2. Bakır çivilerin stüdyo camı ile ve açık kalıp tekniğinde pişirim sonucu

Set 8	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
c°/dakika	50	50	----	-----	30	30	30	30
sıcaklık	100	670	850	540	500	450	400	300
bekleme	240	120	60	360	360	360	240	120

Tablo 3.4.3. Açık kalıp tekniği ile stüdyo camı-bakır pişirimi fırın rejimi

Fotoğraf 3.4.2’de görülen, kalıbın içinde oluşturulan havuzda 2mm çapında 2.5 cm yüksekliğinde bakır çiviler kullanıldı ve havuz stüdyo camı ile beslenerek pişirimleri yapılmıştır. Pişirim sonuçlarında bakırın burada cam ile füzyonundakinden daha az etkili görsel efektleri olduğu görülmüştür. Fırın içi atmosferik oksijenin yüksek derecelerde korozyona yol açtığı ve oluşan ıslanma ile birlikte korozyon oluştuğu ve bu korozif tabaka ile camın havayı kalıp çatlaklarından ittiği için birbirlerine sıkıca tutundukları görülmüştür. Çivilerin üzerine camın çoğunlukla yapıştığı bazı bölgelerde küçük hava kabarcıkları oluştuğu için tam sarılmanın gerçekleşmediği tespit edilmiştir. Camda herhangi bir tansiyon belirtisi saptanmamıştır. Ancak cam yüzeyinin sıkıca tutunduğu alanlarda birkaç nokta tansiyona açık olarak değerlendirilmiştir.

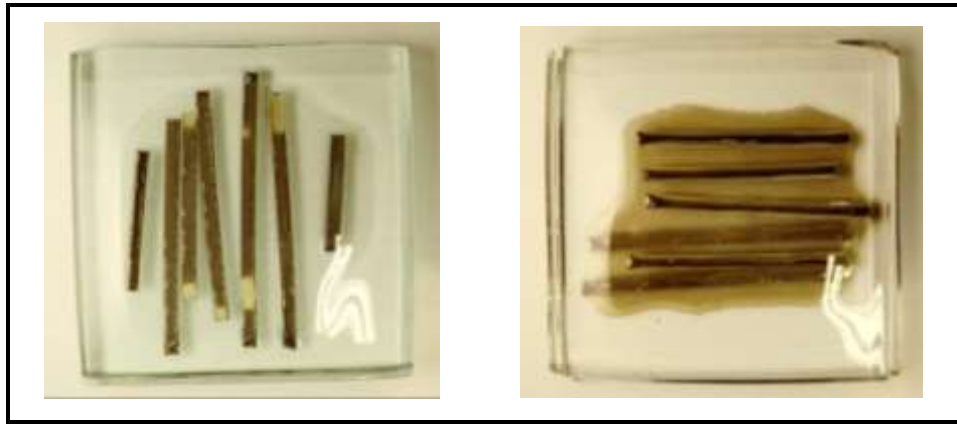
3.5. Pirinç (Bakır Alaşımı)

Bakırın, teknolojik özelliklerinin farklılığı ve kullanım alanlarının genişliği ile dikkat çeken en önemli alaşımı bünyesinde çinkonun (Zn) bulunduğu pirinçtir. Çinko bakıra hem mukavemet artırıcı alaşım elementi olarak hem de bakırı oksijenden arıtmak için deoksidan katkı elementi olarak katılır. “Mukavemet ve korozyon dayanım özellikleri çok yüksek olan

pirinçlerin iç yapı ve mekanik özellikleri çinko miktarıyla orantılıdır... Pirinçlerin en önemli özellikleri atmosferik korozyona dirençli olması, sıcak ve soğuk şekillendirilmesi, derin çekilmeye, sıcak dövülmeye ve preslenmeye uygunluğu ve kolay lehimlenme özelliğine sahip olmalarıdır.”(Eker, 2008, s.20) Pirincin ergime ve döküm kolaylığı, özellikle ucuz bir maden olan çinkonun katılmasından dolayı fiyatının düşük olması geniş bir yelpazede üretim ve kullanım olanağı sağlar.

Yoğunluk	Erime sıcaklığı	Kaynama Sıcaklığı	Isıl Genleşme Katsayısı
8,47 g/cm ³	900-950 °C	1080 °C	22.10 ⁻⁶ 1/°C

Tablo 3.5.1. Pirincin bazı fiziksel özellikleri



Fotoğraf 3.5.1. Soldan sağa; pirinç levhanın pencere ve Schott Artista camları füzyonu

Fotoğraf 3.5.1’de görülen deney pişirimlerinde 0,40 mm pirinç levha kullanıldı. Pirinç levhanın, %66 Cu, %33,5 Zn kalını da değişik oranlarda Al, Fe, Ni, Pb ve Sn’dir. Pencere camı ile füzyonunda, pirinç doğal maden rengini genel olarak korumaktadır; camın metalle örtüşmesi, yapışması bazı alanlarda oluşmuştur. Yapışmanın görüldüğü alanlarda madenin renginin koyulaştığı ancak oksidasyona ait bulguların olmadığı ve termal genişlemenin levha eninin ensizliğinin de yaratmış olduğu avantajdan dolayı camda tansiyon yaratmadığı görülmektedir. Daha önceki deneyim ve gözlemlerinde getirdiği birikimle, iki malzemenin farklı genişleme davranışları düşünüldüğünde pirinç levhanın bu kalınlığının camda tansiyona sebep olmamasının iki cam arasındaki metalin kalınlığından kaynaklı gaz çıkışının yarattığı hava boşluğunun avantajıyla olduğu söylenebilmektedir.

Set 8	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
c°/dakika	100	100	100	90	50	-----	50	100
sıcaklık	200	400	650	800	804	580	500	400
bekleme	10	10	5	5	5	120	60	60

Tablo 3.5.2. Cam-pirinç füzyonu için fırın rejimi



Fotoğraf 3.5.2. Açık kalıp tekniğinde cam ve pirinç pişirim sonucu

Fotoğraf 3.5.2'deki açık kalıp tekniğinde kalıp havuzuna yerleştirilen 2mm çap ve 3 cm uzunluğu olan pirinç çivilerin pişirim sonrası görüntülerinde, metal çivilerin üzerinin geniş alanlarda korozyona uğramış olduğu görülmektedir. Uzun süreli fırın rejimi, metalin fırın içi atmosfer ve refrakter kalıp malzemesi ile reaksiyona girmesini sağlamakta ve çivilerin dış yüzeylerinin bu ilişkilerin sonucunda oluşan korozif tabakayla kaplanmasıyla özgün görünümünü kaybettirmektedir. Çok küçük alanlarda gözlemlenen pirincin metalik görünümü görsel olarak tatmin edici bulunmamıştır. Cam bünyede sadece küçük hava kabarcıkları olması, oluşan gazların kalıp çatlaklarından atıldığı algısını oluşturmuş ve farklı termal genişlemelerden kaynaklı tansiyona ait herhangi bir belirti görülmemiştir.

Set 8	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
c°/dakika	50	50	----	-----	30	30	30	30
sıcaklık	100	670	850	540	500	450	400	300
bekleme	240	120	60	360	360	360	240	120

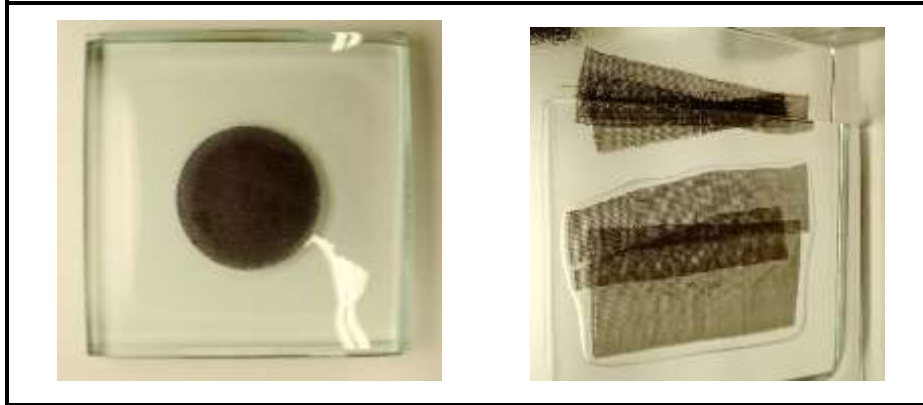
Tablo 3.5.3. Açık kalıp tekniğinde cam-pirinç pişirimi sonucu

3.6. Nikel Alaşımları

Nikel yapısal olarak oldukça ağır, gümüş rengine doğada sülfür ve silikat bileşikleri halinde bulunan aşınmaya karşı oldukça dayanıklı bir metaldir. Nikel, paslanmaz olarak tabir edilen krom-nikel alaşımlarda çok yaygın olarak ve nikelaj şeklinde de elektrolizle kaplama yöntemi ile aşınmaya karşı direnç oluşturmak için geniş kullanım alanları bulmaktadır. Dünyada üretilen nikelin büyük bir kısmı çelikler için alaşım elementi olarak kullanılır. “Üretilen nikelin yarısından çoğu, çelik ile yapmış olduğu alaşımlarda kullanılır. Bu alaşımlar, yüksek sıcaklıklara ve kimyasal etkilere karşı çok dayanıklıdır. Bu nedenle üstün nitelikli olmasından dolayı makine parçalarının ve kimyasal aygıtların yapımında kullanılır... Nikelin alaşımlara kazandırdığı birçok özellik vardır. Nikel, başta demir, bakır ve krom olmak üzere birçok metal ile alaşım yapımında geniş olarak kullanılır.” (Gürü ve Yalçın 2012, s.174)

Yoğunluk	Erime sıcaklığı	Kaynama Sıcaklığı	Isıl Genleşme Katsayısı
8,90 g/cm ³	1452 °C	2840 °C	13.10 ⁻⁶ 1/ °C

Tablo 3.6.1. Nikelin bazı fiziksel özellikleri

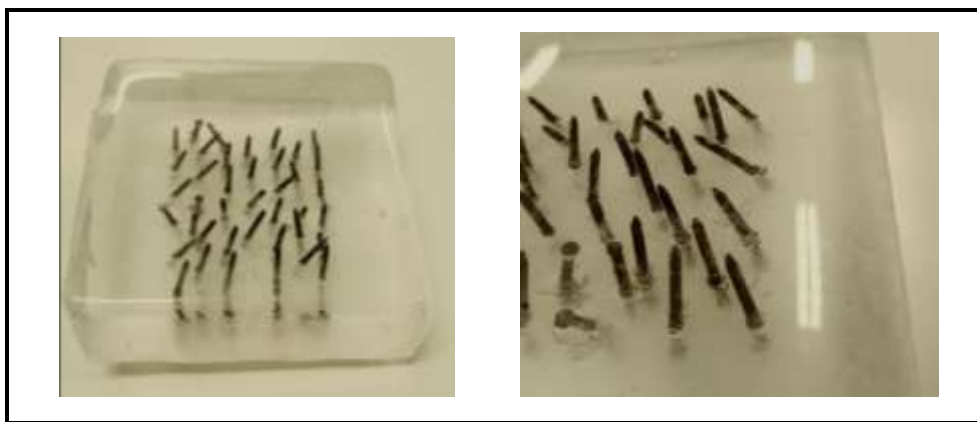


Fotoğraf 3.6.1. Pencere camı-nikel krom alaşımları füzyonu

Set 8	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
c°/dakika	100	100	100	90	50	-----	50	100
sıcaklık	200	400	650	800	804	580	500	400
bekleme	10	10	5	5	5	120	60	60

Tablo 3.6.2. Pencere camı-nikel krom füzyonu fırın rejimi

304 paslanmaz olarak geçen ve camla füzyonu yapılan fotoğraf 3.6.1. soldaki sonuçta 0,4 mm, sağdaki ise 0,2 mm 150 meş kafes örgü tel kullanılmıştır. 304 kalite olarak geçen bu krom-nikel alaşımı genel olarak en yoğun kullanılan paslanmaz çelik olarak geçmektedir. Çok geniş bir alanda mükemmel korozyon dayanımına sahiptir. 870 °C’de kısa aralıklarla çalışıldığı ve 925 °C’de sürekli çalışıldığı yerlerde iyi bir oksitlenme dayanımına sahiptir. Bu sıcaklık aralığının üzerinde ya da altındaki çalışmalarda bazen iyi bir performans göstermektedir. Fırından alınan sonuçlardan soldakinde, füzyonlanmış iki plaka arasında hava boşluğu belirlenmiştir, sağdaki görselde ise yer yer camın metalle yapışma sağladığı ve buna rağmen tansiyona ait bulguların olmadığı görülmüştür.



Fotoğraf 3.6.2. Stüdyo camı-nikel alaşımlı kaplama çivi pişirimi sonucu

Set 8	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
c°/dakika	100	100	100	90	50	-----	50	100
sıcaklık	200	400	650	800	804	580	500	400
bekleme	10	10	5	5	5	120	60	60

Tablo 3.6.2. Stüdyo camı-nikel alaşımlı kaplama çivi pişirimi fırın rejimi

Fotoğraf 3.6.2’de görülen çalışmada kalıp havuzunun içine nikel alaşımlı kaplama çiviler yerleştirilmiş ve stüdyo camı ile beslenerek tablo 3.6.2’deki fırın rejimi uygulanarak pişirimi yapılmıştır. Fırından alınan pişirim sonucu netlik, camda berraklık olarak oldukça başarılıdır. Çiviler camın içinde gömülü oldukları halde yüzeyden çıkıyormuşçasına net bir durulukta görülmektedir. Ancak nikelin gümüşü parlak etkisi kalmamıştır. Koyu griden siyaha bir renk geçişi görülmüştür ve bundan dolayı da tasarımın beklentileriyle ilişkili değerlendirilmesi gerekmektedir. Camda tansiyona ait herhangi bir bulguya rastlanmamıştır.

4. SONUÇ

Çalışmanın başında metalin sağlaması gereken koşullardan biri olarak üzerinde durulmuş olan metallerin ısıl genleşme özelliklerinin, yapılan deneylerden sonra; cam ile metal arasında güçlü bir bağlanma/yapışma kurulmadığı takdirde farklı değerlerde olabileceği görülmektedir. Ancak; cam ile metal arasında oksidasyonun sebep olduğu korozif tabakayla kimyasal bir bağ kurulmuş ise, bu yapışmanın sonucunda termal genleşme farklılıkları yüzünden metalin camdan çekilmeye çalıştığı durumlarda oluşan gerilim camda tansiyona sebep olmaktadır. Pürüzlü metal yüzeylerde veya korozyondan dolayı metalin üzerindeki pürüzün arttığı pişirimlerde camın metal yüzeye sıkı bir bağla tutunmasından dolayı camda oluşan gerilimlerin yol açtığı tansiyon kılcal çatlaklardan kırılmalara dönüşebilmektedir. Camın soğutulması için uygulanan tavlama rejimi, kullanılan cam türüne ve birlikte pişirimi yapılan metalle arasındaki ısıl genleşme farkına dikkat edilerek oluşturulmalıdır. Füzyon fırınında yapılan plaka camlar arası deneylerde genel olarak camın tansiyona maruz kalmamasının sebebi olarak arada sıkışan havanın iki malzemenin yüzey yapışmalarını engellemiş olması görülmektedir. Açık kalıpla biçimlendirme tekniğinde, sıcaklığı camda istenilen viskozite düzeyine çıkarmadan önce, refrakter kalıp malzemesindeki suyu atmak için uzun kurutma süreleri verilmektedir. Kalıp kurutma olarak geçirilen bu sürelerde oluşan su buharı metal yüzeylerde korozyona sebep olmaktadır ve beklenen metalik görünümün kaybolmasını sağlamaktadır. Sanatsal cam tasarımlarında, metallerin camla pişirimleri sonucu oluşan görünümündeki dönüşüme uygun beklentiler içinde olmak gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akdoğan Eker Ayşegül (2008), *Bakır ve Alaşımaları Ders Notları*, s.20, http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/malzeme2/Bakir_ve_Bakir_Alasimleri.pdf
- Arcasoy Ateş (1983) *Seramik Teknolojisi*, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları No:1, İstanbul
- Arcasoy Ateş, (1992) *Cam Teknolojisi Ders Notları*, Yayınlanmamış
- Cummings K. (1980), *The Technique of Glass Forming*, The Anchor Press Ltd. London, ISBN0.7134.1612.2
- Cummings Keith (2009), *Contemporary Kiln-Formed Glass*, (Çev: Ağatekin Mustafa 2011), İzmir, Karakalem Yayınları, ISBN:978.605.4146.06.2
- Karasu Bekir ve Ay Nuran (2000), *Cam Teknolojisi Temel Ders Kitabı*, Birinci Baskı, Ankara, Milli Eğitim Basımevi, ISBN: 975.11.2011.X
- Gürses Serdar (1996), *Endüstriyel Cam Şekillendirme Yöntemleri ve Çağdaş Uygulamalar*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Seramik ve Cam Bölümü, Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi, İstanbul
- Gürü Metin ve Yalçın Hayri (2012), *Malzeme Bilgisi*, Güncelleştirilmiş 3. Baskı, Ankara, Palme Yayıncılık, ISBN: 975.8624.13.X
- Plumat E. (1987), *Cam Teknolojisinin Temel İlkeleri*, Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma Müdürlüğü Teknik Yayınları, No:1-11, İstanbul.
- Sarı Sencer (2014), *Cam Terimleri Sözlüğü*, 1.Baskı, İstanbul, Reis Dijital Baskı Sistemleri, ISBN: 978.605.65317.2.9