

Sosyal Bilimler Dergisi / The Journal of Social Science

Yıl: 6, Sayı: 33, Ocak 2019, s. 143-150

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Şule ERYILMAZ AKSAKAL

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

SANATSAL CAM TASARIMINDA DÜŞÜK DERECELİ PİŞİRİMLER

Özet

Cam, genel geçerliği olan bir anlatımla, fiziksel anlamda bir katı olarak tanımlanmasına karşın aslında belirli bir ergime noktası olmayan, kristalizasyona engel olacak kadar yüksek viskoziteye sahip aşırı soğumuş bir sıvıdır. Düşük sıcaklığa indirildiğinde viskozitesi artarken az ya da çok sertleşerek gelen, sıvı durumdan katı duruma geçerken bu değişimlerin süreklilik içinde gerçekleştiği, yarı düzenli yapıda inorganik eritme bir üründür. Cam malzeme ile çalışan sanatçılar, bu tanıma üretim yöntemlerini ifade edebilecek teknolojik, teknik ve kimyasal bir takım eklentiler yaparak camın üretim olanaklarını ortaya koyabilecek çok geniş teknolojik tanımlar üretebilirler. Camın malzeme olarak karakterini iyi kavramış sanatçı için cam, sanat nesnesi olarak üretim yöntemlerinin çokluğu ve her bir yöntemin geliştirilmeye çok açık olması ile son derece cazip bir malzemedir. Bu çalışmada, bahsi geçen yöntemlerden biri olan düşük dereceli pişirimler ve camın yapısal olarak bu pişirimlere etkisi ele alındı. Fırında sıcaklık kontrolünün düşük dereceli pişirimler açısından önemi vurgulandı. Sanat nesnesi olarak tasarımılanan cam ürünün, teknik çözümlene ve uygulama süreci ortaya konarak, pişirim öncesi hazırlama aşamaları, fırın rejiminde dikkat edilmesi gerekenlere, pişirim sırasında yapılması gereken müdahalelere, tavlama yönetimine ve sonucun değerlendirilmesine yer verildi.

Anahtar Kelimeler: Cam, tasarım, sanat, pişirim, düşük-derece

LOW-TEMPERATURE FIRING IN ARTISTIC GLASS DESIGN

Summary

Despite being defined as a solid in terms of its general validity, glass is actually a highly condensed liquid. Although it has no specific melting point it has a viscosity high enough to prevent crystallization. It is a semi-regular, inorganic

melt-able product which, when brought to a low temperature the viscosity increases and it becomes more or less hardened; these changes occur continuously as it passes from a liquid to a solid state. Artists working with glass can create a wide range of technological descriptions that can reveal the production possibilities of glass by making a variety of technological, technical and chemical additions that can express these production methods. Glass is a very attractive material for the artist who has a good understanding of the character of glass, namely its multiplicity of production methods and the fact that each method is very open to being developed in regards to glass being an object of art. In this study, one of the methods mentioned is low-temperature firing in which the structural effect on the glass is reviewed. For low-temperature firing the importance of temperature control in the furnace is emphasized. Through technical analysis and the application process, consideration is given to the pre-firing preparation, that which needs to be attended to in the furnace stage, the interventions to be done during the firing, the management of the annealing and the evaluation of the results of the glass product which has been designed as an object of art.

Key Words: Glass, design, art, firing, low-temperature

GİRİŞ

Öğretim Üyesi olarak çalıştığım kurumda Sanatsal Cam Tasarımı derslerinde oluşturulan öğrenci üretimleri üzerinden bazı düşük dereceli cam pişirimlerine odaklanmak istediğim bu çalışmada amacım; bir pişirim problemi olarak gördüğüm camın uygulama sürecini teknik ve teknolojik olarak ortaya koymaktır. Neden cam malzemenin uygulama sürecini bir pişirim problemi olarak değerlendirdim? Bir cam sanatçısı için, üretilebilirliği teknik bir süzgeçten geçirilerek karar verilen cam nesnenin pişiriminde uygulanacak fırın rejimi için dikkate alınması gereken bir çok parametre vardır. Bunlar, kullandığımız camın bileşimine bağlı olarak değişkenlik gösteren yumuşama, kaynaşma ve birleşme derecelerine, camın viskozitesine, termal genleşme katsayısına, camın kütsel oranlarına, kullanıldıysa refrakter kalıbın mukavemetine bağlı olarak değişkenlik gösteren değerlerdir. Tüm bu veriler göz önünde tutularak fırın rejiminde program adımları ve her adımda geçirilecek süreler belirlenir.

Fırında biçimlendirme teknikleri çok geniş olanaklar sağlar sanatçı için. Camı tanımlarken üzerinde durduğumuz “aşırı soğuşmuş inorganik eritme bir üründür” vurgusundan da anlaşılacağı üzere malzeme, sıcaklıkla doğru orantılı olarak fiziksel dönüşüm geçirmektedir. Bu dönüşümleri iyi gözlemleyen sanatçı için, farklı sonuçların alınabileceği pişirim olanakları geliştirmek mümkündür. Camın malzeme olarak fırın ortamında başarılı kullanılabilmesi için, önemli ve bilinmesi gereken yapısal özellikleri vardır.

1.Camın Yapısal Özelliklerinin Düşük Dereceli Pişirime Etkisi

1.1.Termal Genleşme

Sanat nesnesi üretmek için kullanılan cam türleri, bileşimlerindeki oksit miktarlarına bağlı olarak farklı termal genleşme değerleri alırlar. Örneğin, genel olarak ucuzluğundan dolayı tercih edilen COE (“coefficient of expansion” termal genleşme katsayısı) 85 olan pencere camlarına renk katkıları yapmak için uygun katsayıya sahip cam tozları, cam çubuklar, konfetiler, plakalar kullanılmaktadır. Birlikte kullanılacak camların COE değerlerinin uygunluğu gözlemlenmediğinde

farklı termal genleşmelere sahip camlar aynı bünyede farklı küçülmeler gerçekleştireceği için cam oluşan gerilimler sonucu tansiyona maruz kalmaktadır. COE değerleri ± 3 toleransla kullanılabilir.

1.2. Camın Viskozitesi ve Transformasyon Bölgesi

Normal oda sıcaklığında çok sert ve kırılabilir olan camın, ısıtıldığında metallere olduğu gibi belirli bir sıcaklığa erişince erimeyip sadece viskozitesi azalmaktadır. Cam malzemenin viskozitesi, tüm cam üretim aşamasında ve şekillendirilmede rol oynayan önemli bir özelliktir. Viskozite, bir akışkanın şekil biçim değişikliğini ya da iç katmanlarının birbirlerinin hareketlerine karşı direnme hareketlerini ortaya koyan, maddenin akışmazlık özelliğidir. Homojen bir cam eriyiği için gerekli akışkanlık değeri 10^2 Pa.s (1 Pa.s=1 Newton.saniye/m²) ve daha altıdır. Camın tipik işleme bölgesindeki akışkanlık değerleri 10^3 ile 10^7 Pa.s arasındadır. Soda-kireç camı için işleme sıcaklığı 10^4 Pa.s (1000 °C) olmakla birlikte çoğunlukla viskozite fiks noktası olarak tanımlanmaktadır. Bir diğer viskozite fiks noktası da yumuşama noktası olan 10^6 Pa.s viskozite değerine karşılık gelen 700-800 °C sıcaklık değerindedir. Bu bölge civarında cam kütle kendi ağırlığı ile deforme olmaktadır. Bu bölgeyi izleyen nokta, üst soğuma sıcaklığı 580-600 °C, viskozitesi 10^{11} Pa.s olan alandır. Bundan sonraki nokta, alt soğuma sıcaklığı 550 °C, viskozite değeri 10^{14} Pa.s olan camın elastiviskoz durumdan katı, kırılabilir duruma geçtiği aralıktır. Bu iki soğuma sıcaklığı arasındaki bölgede camın transformasyon (dönüşüm) sıcaklığı noktası bulunmaktadır. Üst soğuma sıcaklığı bölgesinde, camdaki mekanik gerilimler 15 dakika içinde giderilebilmektedir. Alt soğuma bölgesinde ise bu olayın yok edilebilmesi için camın ebat ve kalınlığına bağlı olarak değişkenlik gösterecek saatler denebilecek uzun zaman dilimi gerekmektedir. Düşük derecelerde çalışabilmek için transformasyon bölgesinde camın dikkatle takip edilmesi gerekmektedir ve üst soğuma sıcaklığı bölgesi ve bu bölgenin üzerindeki değerler yapılmak istenen çalışmanın niteliğine bağlı olarak çok iyi düşünülmelidir. Bütün bunları yapabilmek için, deformasyon bölgesi her cam reçetesi için farklı olacağından çalışmakta bulunan cam türünün deformasyon aralığı belirlenmelidir. Bu bilgi, aynı viskozite değerine ayrı derecelerde ulaşan her cam bileşimi için farklı olmaktadır. “Camı oluşturan oksitlerin içine farklı oksitler ilave edildiğinde camların viskozite-sıcaklık eğrileri değişmektedir. Bazı oksitlerin az miktardaki ilavesi bile viskoziteyi düşürmektedir... Birim hacimdeki alkali miktarı arttıkça viskozite azalmaktadır. Bunun nedeni iyonların oksijen ile bağlanarak silisyumun oksijen ile yaptıkları bağları koparmalarındandır. Birim hacimde ne kadar çok iyon-oksijen bağı oluşmuş ise viskozite o oranda değişecektir.” (Karasu ve Ay, s.91)

Belirli cam türleri termal genleşme katsayıları baz alınarak uluslararası standartlara uygun olarak üretilirler. Bu cam türleri COE değerleriyle birbirinden ayrılır. Yukarıda soda-kireç camı olarak anılan COE 85 pencere camı için viskozite ve karşılık gelen sıcaklık değerleri verilmiştir. Borosilikat camlar veya stüdyo camı gibi farklı ve belirli cam türleri içinse, literatürden veya üretici firma verilerinden yararlanılmaktadır.

2. Düşük Dereceli Cam Tasarımı Uygulamaları

Düşük dereceli cam pişirim uygulamaları için, kullanılan camın bileşimine, kalınlık ve ebatlarına, fırın içi yerleştirmede düşey ya da yatay olarak yer almasına ve ağırlık merkezine dikkat edilerek bir fırın rejimi oluşturulmaktadır. Çıkarılacak en üst sıcaklık değeri, yapılacak çalışmanın tasarım beklentisine göre kullanılan camın transformasyon bölgesi sıcaklık değerinin üzerinde belirlenmektedir. Bu sıcaklık değerinde olağandan uzun bekleme süreleri programa

girilerek, transformasyon eşiği geçildiğinde camın fiziksel değişimi izlenmekte ve tasarıma biçim vermek için uygun müdahaleler fırın rejimi program adımları üzerinde ve/veya cam ürün üzerinde yapılmaktadır. Fırın içi sıcaklığın yukarı yönlü aşıldığı, viskozitenin istenilenin üzerinde azaldığı durumlarda, havalandırma kapağı veya fırın ana kapağı açılarak soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Sıcaklığın tasarım beklentisine yetmeyeceği durumlar için, fırın rejimi program adımı olarak kontrol paneline girilen en üst sıcaklık değerinin ve bu değere ait zamanın girildiği adımdan sonra, hemen hemen aynı değere sahip bir adım daha baştan programa dahil edilmektedir. Önceki adımdan referansla, girilen bu son adımın sıcaklık veya zaman değerleri gerekli görüldüğünde değiştirilerek de olsa kullanılabilir. Bu tolerans gösterilmeden yazılan programı defalarca sonlandırıp yeniden yazmak gerekebilir ki bunu yaparken oluşan zaman kaybı fırında ciddi sıcaklık kayıplarına yol açabilmektedir. Ayrıca, sadece tavlama rejimi içeren adımlardan oluşan farklı bir programda kayıtlı tutulmaktadır. İstenilen form oluştuğunda devam eden mevcut program sonlandırılıp bu programda soğutma işlemi yapılmaktadır.

2.1. Uygulama Örneği; Tan ULUSOY Tasarımı (2009)

Fotoğraf 2.1.1'de görülen çalışma Tan ULUSOY'un tasarımı olup, düşük dereceli cam pişirim yöntemiyle geliştirilmiştir. Burada görülen ayak formunda kullanılan metal, adi inşaat teli olarak bilinen, kaplaması olmayan 1mm çaplı demir alaşımıdır. Ayak formunun stürüktürü ise öğrencinin, herhangi bir malzeme yardımı olmadan özgün olarak geliştirdiği metal örgüden oluşmaktadır. Metal örgü form tamamlandıktan sonra, iç boşluk COE 96 stüdyo camı ile beslenerek fırın içinde kurulan konstrüksiyonda askıya alınmıştır. Stüdyo camı için transformasyon noktası olan 495 °C' dan itibaren cam gözlenmeye başlanmış, bu değer üzerinde çıkılan değerlerde sıcaklık yatay, zaman yukarı yönlü artırılarak kalınmıştır. Metal konstrüksiyon içinde, viskozitesi azalarak ağırlık merkezine baskı yapan camın formdan kopmaması için fırın kapağını açmanın yanı sıra program sonlandırılmak zorunda kalınmıştır. Ayak formunun tabanından aşağı doğru yönelen cam damlacıklarını oluşturabilmek ve koruyabilmek için 3.,4. ve 5. Program adımlarında 2 saat kadar zaman zaman enerjisi keserek kalınmıştır. Camın metal örgü içinde istenilen gelişimi sağlandığında camı soğutmak için tavlama rejimi uygulanmıştır.



Fotoğraf 2.1.1. Tan ULUSOY, 25x35 cm. İsimsiz, 2009

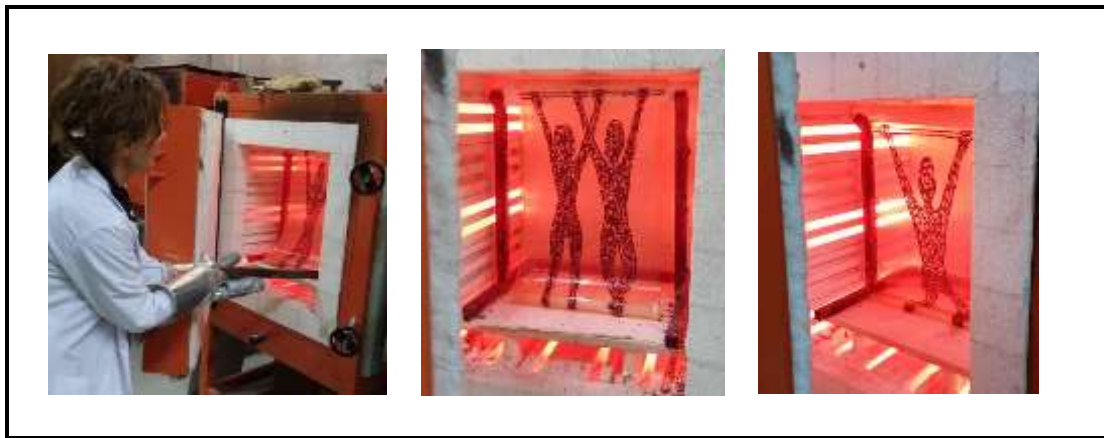
| Set 8 | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|-----------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| c°/dakika | skip | skip | 50 | 50 | 50 | skip | 40 | 100 |
| sıcaklık | 400 | 540 | 630 | 650 | 656 | 540 | 475 | 300 |
| bekleme | 10 | 30 | 30 | 30 | 60 | 60 | 180 | end |

Tablo 2.1.1. Fırın rejimi

Fırından alınan sonuçta, camda herhangi bir tansiyon belirtisine rastlanmamıştır. Kullanılan kırmızı ve siyah renkli stüdyo camlarının kaynaşma/birleşme/karışma bölgelerinde tam bir uyum gözlemlenmiştir. Ayrıca metal cam birleşiminde de bir sorun yaşanmamıştır.

2.2. Uygulama Örneği; Hülya ÇALIK Tasarımı (2015)

Düşük dereceli pişirime bir örnek de fotoğraf 2.2’de görülen Hülya ÇALIK’a ait çalışmadır. Bu çalışmada, iki ayrı uygulama aynı fırın rejiminde geliştirildi. Öncelikle 630 °C üst sıcaklık sınırlı siyah pigmentin su bazlı medyum ile karıştırılmasıyla cam boyası elde edildi. Bu boya, COE 85 pencere camı plakası üzerine fırça ile desensel olarak uygulandı. Cam plakayı askıya alabilmek için fırının iç ölçülerine uygun, demir profilden düzenek yapıldı. Cam plakanın bu düzeneğe asılabilmesi için gerekli olan, plakaların üst kısımlarına büküm verebilmek için füzyon fırını ortamında kurulan düzenekle yaklaşık 60° lik açıyla kıvrımlar oluşturuldu. Bu kıvrımlardan cam, kurulan düzenekte askıya alınarak, çok kontrollü pişirim başlatıldı. 500°C’ dan sonra sürekli gözlem yapıldı. Bu pişirimde camın gövdede çok incelmeden zemine sarkmasını sağlamak ve esnekliğin aşırı artışı engellemek için fırın kapağı çok sık aralıklarla açılarak sıcaklık düşürüldü. Zeminde istenen katlanmaların kontrollü olabilmesi için cama dışarıdan demir bir çubuk yardımıyla müdahale edildi. Cam henüz tam esneklik kazanmadığı için istenilen yönde eğilmeler ve katlanmaların sağlanması sıcaklık artışı-müdahale-soğutma şeklinde süreklilik içinde uygulandı. Camın aldığı formun yeterli olduğuna karar verildikten sonra, fırın kapağı 540°C sıcaklığa kadar açık tutuldu ve tavlama rejimi uygulandı.



Fotoğraf 2.2.1 Fırın Ortamında Müdahaleler

| Set 8 | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| c°/saat | 50 | 50 | 40 | 40 | 200 | skip | 50 | 100 |
| sıcaklık | 200 | 400 | 620 | 680 | 698 | 550 | 500 | 400 |
| bekleme | 5 | 5 | 5 | 20 | 30 | 60 | 120 | 60 |

Tablo 2.2.1 Fırın rejimi

Bu gibi uygulamalarda, çıkılacak en yüksek derecenin istenilenin üzerinde girilmesi, kapak açılmalarında düşen sıcaklığın yukarı yönlü devamlılığını sağlamak için gerekli olmaktadır. Ayrıca, en üst derecede kalınacak süre çok geniş tutularak program bitirilmeli ve tavlama için en başta yazılmış farklı bir program üzerinden doğrudan tavlamaya başlanmalıdır. Fırından alınan cam sonuçlarında, her bir plakada kullanılan boyanın istenilen düzeyde gelişmiş olduğu ve herhangi bir tansiyon belirtisinin olmadığı gözlemlenmiştir.



Fotoğraf 2.2.2 Çalışma sonucu, her birim: 28x22 cm

2.3. Uygulama Örneği; Hülya ÇALIK Tasarımı (2016)

Fotoğraf 2.3.1’de görülen çalışmada Hülya ÇALIK, geleneksel olarak kullanılan yemenilerin orijinal örneklerinden desen tasarımlarını, yöresel hikayelerini gözeterek seçmiş ve her bir deseni birebir cam plakaların üzerine aşamalı olarak geçirmiştir. Birinci aşamada kumaş fonu olarak seçilen renk ve dokuyu, mono baskı yoluyla cama aktarmış, ikinci aşamada ise fırça deseni girilecek alanların zemin dokusunu kazıyarak fırça desenlerini yapmıştır. Burada önemli olan, kullanılan 650°C de gelişen su bazlı cam boyalarının birbirlerinin üzerine gelmesini, kimyasal olarak renklerde bozulma oluşmasının önüne geçmek amacıyla engellemektir. Plakaların üzerine desenin aktarılmasından sonra, fotoğraf 2.3.1’de görüldüğü gibi fırın ortamında kurulan düzenekle cam plakaları katlayabilmek için gerekli olan ilk bükümler gerçekleştirilmiştir. Fotoğraftan da anlaşılacağı üzere burada önemsenmesi gereken, cam plakanın 90 dereceden daha küçük bir açıyla bükülme gerçekleştirilmesi için, plakanın konulduğu sete de açı vermek gerektiğidir. 90 dereceden küçük açı, ikinci pişirimde dar açının kapatılması için uygun fiziksel duruşu sağlamıştır. İkinci pişirimde bu açının kapatılması için cam plakalar olduğu gibi fırın zeminine bırakılmış ve aynı fırın rejimiyle ikiye katlanmış plaka olarak sonuç alınmıştır. Üçüncü pişirimde, katlanmış olan cam plakalar tekrar birinci pişirimdeki gibi 90 dereceden küçük açı alacak şekilde bükülmeleri için kurulan setlerin üzerine katlanmış

halleriyle yerleştirilmiş ve yine dar açılı, ikiye katlanmaya hazır plakalar olarak çıkarılmışlardır. Dördüncü ve son pişirimde dar açılı olan katlanmış yüzey bir kere daha sıcaklıkla fırın tabanına doğru esneyerek istenilen ikiye katlanmış örtü görünümünü vermiştir. Bütün bu anlatılan dört pişirim, düşük derecelerde gerçekleştirildiği için, cam yüzeyinde kullanılan boyalarda herhangi bir kayıp yaşanmamıştır. Tüm pişirimler aynı fırın rejimiyle gerçekleştirilmiş olup, bazılarında kapak aralayarak soğutma yapılması gerekmiştir.



Fotoğraf 2.3.1. Cam plakaların katlanması için fırın düzeneği

Fotoğraf 2.3.1'de sağ görselde görülen üçgen cam plakalar, duvara asılmak üzere tasarlanmıştır. Bu plakalarda birinci pişirim, üçgenin geniş kenarından 7 cm. kadarının 90 derece aşağı bükülmesi için yapılmış olup, 90 derecelik büküm gerçekleştikten sonra, bu bükülmüş kısım fırın içine kurulan demir düzeneğe takılan kancalara camın orta noktasından asılarak ikinci pişirimleri gerçekleştirilmiştir. Camın asılma noktasından yanlara açılan kanatların, deformasyon sıcaklık değerinin biraz üzerinde gerektiğince zaman geçirilerek, kendi ağırlığıyla yerçekimine doğru inmesi sağlanarak kıvrımlar oluşturulmuştur. Dışarıdan cama müdahale edilmemiştir.



Fotoğraf 2.3.2. Camdan yemenilerin sergilenmesi

Sadece fırın kapağı aralanarak camın yan kanatlarının aşağıya inişi gözlemlenmiş ve tasarıma uygun hareket gerçekleştiğinde fırın 50°C kadar soğutulmuş ve tavlama rejimine geçilmiştir.

Fotoğraf 2.3.2’de duvara asılmak üzere tasarlanmış olan üçgen cam plakaların pişirim sonuçlarını incelediğimizde, çalışmanın en başında üretim sürecini planlarken öngörmeye çalıştığımız sonuç alınmıştır. Bu plakalar sadece iki pişirimde şekillendirilmiş olup herhangi bir renk ve doku kaybı alınmadığı gibi, tansiyonla ilişkilendirilecek bir bulguya da rastlanmamıştır. Fotoğraf 2.3.2’de ortadaki fotoğrafta görülen sandalye üzerindeki cam yemeni, kurulan düzenele tek pişirimde şekillendirilmiştir. Fırın içi yapı elemanı olarak kullanılan 2.5 cm. kesit kalınlığında refrakter plaka, tabandan fırın tuğlalarıyla desteklenerek zemine dik olarak sağlam şekilde yerleştirilmiştir. Cam plaka bu düzeneğin üzerinde dengeye alınıp pişirim yapılmış ve camın kendi ağırlığıyla fırın zeminine doğru esnemesi sağlanmıştır. Tüm bu pişirimlerde cam plakalar, kurulan düzenekler üzerinde askıya alındığından, fırın içi sıcaklık çok kontrollü bir şekilde yükseltilmiştir. Sıcaklık kontrolünün uzun sürelerle ele alınmaması, camlarda serbest inişler yapıldığı için fiziksel olarak plakaya basan ağırlık noktalarından kırılmalara yol açabilmektedir. Ayrıca, kurulan düzeneklerde kullanılan malzemelerle cam plakaların arasına refrakter kağıtlar konularak yüzey temasları engellenmiştir.

| Set 8 | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|----------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| c°/saat | 40 | 50 | 60 | skip | 60 | 60 | 50 | 50 |
| sıcaklık | 200 | 400 | 650 | 580 | 540 | 520 | 450 | 400 |
| bekleme | 0 | 15 | 5 | 30 | 60 | 60 | 60 | End |

Tablo 2.3.1. Cam Bükme Fırın rejimi

KAYNAKLAR

- Arcasoy A. (1992), Cam Teknolojisi Ders Notları, Yayınlanmamış.
- Arcasoy A. (1983), Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları, İstanbul
- Cummings K. (2009), Contemporary Kiln-Formed Glass, (Ağatekin M. Çev. 2011), İzmir, Karakalem Yayınları, ISBN:n978.605.4146.06.2
- Cummings K. (1980), The Technique of Glass Forming, The Anchor Press Ltd. London, ISBN0.7134.1612.2
- Karasu B. ve Ay N. (2000), Cam Teknolojisi Temel Ders Kitabı, Birinci Baskı, Ankara, Milli Eğitim Basımevi, ISBN: 975.11.2011.X
- Gürses S. (1996), Endüstriyel Cam Şekillendirme Yöntemleri ve Çağdaş Uygulamalar, Marmara Sosyal Bilimler Enstitüsü, Seramik ve Cam Bölümü Sanatta Yeterlik Tezi, Yayınlanmamış, İstanbul.
- Gürü M. ve Yalçın H. (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.