

Doğadan Gelen Saydamlık

CAM

Günlük yaşamımızda belki en çok kullandığımız malzemelerden biridir cam. En azından, ya pencerelerimizde evlerimizi dışarıdan gelen etkilere karşı koruyor ya da kahvaltıda içtiğimiz bir bardak çaya ev sahipliği yapıyor. O kadar çok biçimde o kadar farklı işlevlerle karşımıza çıkıyor ki cam, şaşırmamak elde değil: bardak, şişe, tabak, pencere, tencere, vazo, tv, bilgisayar ekranı, süs eşyası, yalıtım malzemesi vb. Camdan yapılmış binlerce ürün sayabiliriz.



Cam bazen bir sırça fanusta olduğu gibi çok hassas ve kırılğan, bazen de kurşun geçirmez camlarda olduğu gibi çok dayanıklı olabilir. Cam çok eskiden beri biliniyor; ama özellikle geçen yüzyıldan başlayarak bilim insanlarının ve mühendislerin çabalarıyla daha da geliştirildi. Cam teknolojisi iletişim, mimari, sanayi ve sağlık alanları başta olmak üzere, hemen her alanda yaygın olarak kullanılıyor. Düz camlar, buzlu-telli camlar, çift camlar (yalıtım camı), emniyet camları, aynalar, cam ambalaj

malzemeleri, cam kaplar, cam ev eşyaları, cam boru ve çubuklar, optik camlar, ekran camları, laboratuvar malzemeleri, cam yünü, cam elyafı, iplik, keçe gibi, çok sayıda teknolojik ürün biçiminde karşımıza çıkabiliyor. Hatta biyolojik uyumlu olanları ve akıllı olanları bile var artık. Camla yapılabilecekler bunlarla sınırlı mı? Elbette hayır! Cam aynı zamanda elle işlenerek, sanatsal ürünlere de dönüşebiliyor. Bu çok yönlü, saydam malzemeyi daha yakından tanımaya ne dersiniz?

Geride bıraktığımız 20. yüzyıl, bir anlamda "yetenekli ya da akıllı" cam teknolojileriyle 21. yüzyıl için sıradışı bir altyapı bıraktı. İçinde bulunduğumuz yüzyılda artık akıllı sistemlerle birleştirilen, çevreye ve yaşama katkısı artırılmış; gereksiz özelliklerden ve ayrıntılardan arındırılmış, bir cam dünyası egemen. Ancak yalnızca bugüne bakıp camın yaşantımıza yeni katılan bir malzeme ol-



duğunu düşünmek hata olur. Çünkü cam üretiminin kökleri ilkçağa kadar uzanıyor. Bununla birlikte, ilk kez ne zaman ortaya çıktığı tam olarak bilinmiyor. Mısır'da bulunan en eski cam boncukların yaşı MÖ 2500 tarihine kadar uzanıyor. Camı günümüze taşıyan cam üretiminin öncülüğünü, önceleri İskenderiye'deki, daha sonra da Roma'daki cam ustaları yapmış. Mozaik cam yapılmasından, camın kalıplanmasına kadar bazı tekniklerin yanı sıra da oyma ve renklendirme işlemlerinin uygulandığı çeşitli bezeme-

ler o dönemlerde de biliniyormuş. MÖ 1. yüzyılda, Suriyeli cam ustaları cam üfleme yöntemini bulmuş. Suriyeli ustaların, bu yöntemle ürettiği cam kaplar, Roma İmparatorluğu'nda da çok ilgi görüyormuş. Sonraki yüzyıllarda, Romalılar "kamayö" dedikleri özel bir cam üretmiş. Bu camın önemli özelliği, kabartma desenlerin üzerine kolayca yapılabilir olmasıymış.

İslam sanatı da cam kullanımına çok geniş yer vermiş; çok sayıda cam atölyesinde üretilen vitray, kadeh, sürahi, kâse vb. cam ürünler, özellikle Memlükler ve Eyyubiler döneminde çok artmış. 13. yüzyıla gelindiğinde, İtalya'da Venedik'teki Murano Adası cam işçiliğinin merkezi olmuş. Özellikle, 15. yüzyılda, İtalyan aydınlanma devrinin yansıması olarak, Venedikli cam ustaları bol renkli ve süslü parçalarla bezenmiş cam eşyalar üretmiş. Venediklilerin cam üretimine yaptığı en önemli katkı "cristallo" denen, kristale benzeyen duru bir camı geliştirmiş olmaları. Bu dönemde, Venedik camlarının etkisi bütün Avrupa ve Asya'yı

YALNIZCA BUGÜNE BAKIP CAMIN YAŞANTIMIZA YENİ KATILAN BİR MALZEME OLDUĞUNU DÜŞÜNMEK HATA OLUR. ÇÜNKÜ CAM ÜRETİMİNİN KÖKLERİ İLKÇAĞA KADAR UZANIYOR.

sarmış. 16. yüzyılda cam oyma teknikleri öne çıkarken 17. yüzyılda kesme ve oymalı camlar önem kazanmış. 18. yüzyıla gelindiğinde İngiliz ve İrlandalıların kesme kurşunlu kristalleri Avrupa'da ve ABD'de yaygınlaşmış. Hatta bazı yerlerde, evleri süsleyen bu ürünler toplumsal konuma değer katan bir öge olarak da algılanıyormuş. Günümüzde camın insanın toplumsal yaşamına yaptığı konumsal katkı azalmış görünse de bu tür cam ürünlere olan aşırı ilgi hâlâ sürüyor. Camın sanayileşmesi de 19. yüzyılda başlamış.

Araştırmalar, Türklerin de Orta Asya'dan beri cam kullandığını gösteriyor. Artuklular ve Selçuklular cam ürünleri saraylarında kullanmış. Osmanlılardaysa cam işlemeciliği başlı başına bir sanayi ve sanata dönüşmüş. Tümüyle özel sektörün elinde süregelen cam işçiliği, Cumhuriyet Dönemi'nde kurulan ilk bardak fabrikasıyla, devlet hizmetleri arasına da katılmış. Günümüzdeyse, farklı birçok alanda üretim yapan çok sayıda cam fabrikası var.



Doğal mı, Yapay mı?

Doğada özellikle lav çıkışlarının olduğu yanardağ ağızlarında bulunan ve obsidyen denen doğal cam, lavın hızla soğuması ve kristalleşmesine yetecek kadar zaman geçmeden donmasıyla oluşuyor. Kristal yapıda olmadığından, kenarlarındaki keskin yerlerin kalınlığı aşırı ince olabiliyor. Bu özelliği yüzünden, eski çağlarda ok ucu olarak kullanılmış. Günümüzdeyse cerrahların ameliyatlarda kullandığı neşterlerin kesici yanları doğal camdan yapılabilir. Ancak yapay

camın bulunup yaygınlaşması, doğal cama olan ilgiyi çok azaltmış. Kullandığımız cam ürünlerin neredeyse tümü yapay yollarla üretiliyor. Yapay camın üretiminde kullanılan hammaddeler hem çok çeşitli olabiliyor hem de doğada kolayca bulunabiliyor.

Yapay cam, farklı maddelerden oluşan bir karışımın, yüksek bir sıcaklıkta ısıtılıp soğutulmasıyla elde ediliyor. Akma sıcaklığı yüksek, inorganik, saydam bir malzeme olan camın moleküler örgüsü, örneğin elmasta olduğu gibi kristal bir yapı oluşturmaz. Kristal yapıdaki katıların belirli biçimleri olur. Böyle yapıdaki bir katı kırıldığında, belirli bir şekli olan, düzgün yüzeyler oluşur. Oysa kırılan bir bardak ya da pencere camı, farklı boyutlarda düzensiz yüzeyler oluşturur. Kristal yapıdaki katılar belirli sıcaklık ve basınçta erir. Oysa camın sabit bir erime sıcaklığı yoktur çünkü erime sıcaklığı, camı oluşturan karışımın içindeki hammaddelerin özelliklerine bağlı olarak değişir. Cam gerçekte ne sıvı ne de katı ama her iki madde evresinin de bazı

özelliklerini taşıyor. Cam, bütün güçlü asit ve bazlara karşı beklenmedik biçimde dayanıklıdır. Yalnızca elmasla kesilebilir. Aynı zamanda, görece esnek bir malzemedir: Biraz eğilebilir, gerilebilir ve yeniden özgün biçimine dönebilir. Camın bu özelliğini büyük camları olan bir pencerede, rüzgarlı bir günde gözlemleyebilirsiniz. Ama olduğundan daha çok esnetilirse, kolayca kırılacağını da unutmayın. Camın, bilinen en önemli optik özelliği kırma indisidir. Kırma indisi, farklı türde camlar için 1,45-1,90 aralığında değerler alır. Cam ışığı çok iyi ışık geçirir ama aynı zamanda elektriksel direnci yüksek bir malzemedir; bu nedenle de çok iyi bir yalıtıcıdır.

Nasıl Üretiliyor?

Cam üretiminde kullanılan malzemelerin özellikleri, camın özelliklerini kolayca değiştirebilir. Camın bileşiminde bulunan maddeler, camın, kristalleşme, dayanıklılık, akma, genleşme, çekilebilirlik ve akıcılık özellikleri üzerinde değişikliklere neden olur. Kum (silisyum dioksit), soda (sodyum karbonat) ve kireç (kalsiyum karbonat) camın temel hammaddeleridir. Bunlar, cam oluşurken farklı işlevleri yerine getirir: Kum camın ana yapısını oluştururken soda, daha kolay eriyen bir ürün oluşturmak yoluyla silisyum dioksitin daha düşük bir sıcaklıkta akıcı hale gelmesini sağlar. Kireç de

camın kimyasal etkilere dayanıklılığını artırır. Cama farklı özellikleri kazandırmak, örneğin renklendirmek ya da dayanıklılığını artırmak üzere "ara oksit" denen başka bazı maddeler de kullanılır.

Üretiminde kullanılan karışımlar, cama istenen özellikleri kazandıracak reçetelere göre hazırlanır. Hammaddelerin karışım içindeki dağılımlarının homojen olması, camın niteliği bakımından önem taşır. Cam kırığı, cam üretiminde kullanılan önemli maddelerden biridir; ama camı oluşturan karışıma doğrudan eklenmez. Eritme işleminin belirli bir aşamasında, erimeyi kolaylaştırması amacıyla karışıma eklenir.



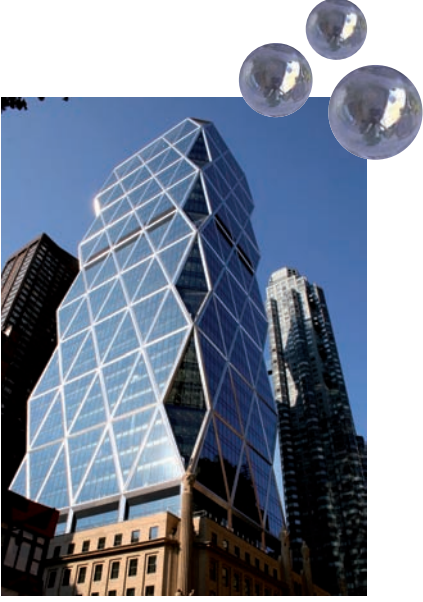
Camı Şekillendirmek ve Renklendirmek

El yapımı camların işlenmesinde ve biçimlendirilmesinde üfleme çubuğu, potadan cam alma çubuğu, makaslar, maşalar, kancalar ve bitmiş sıcak camı taşımak için tutucular gibi birkaç temel araç kullanılır. Gerçekte iki aşamalı bir soğutma işleminden başka bir şey olmayan tavlama, camın dayanıklılığını artırmak ve çabuk kırılmasına neden olan gerginliğini azaltmak için yapılan bir işlemdir. Genellikle tavlama sonrası, temizleme, yüzey silme ve parlatma, kesme, kum püskürtme, emayeleme, sınıflandırma ve ölçme işlemleri gibi işlemleri kapsayan "bitirme" işlemleri ancak gerek duyulan cam ürünlere uygulanır.

Camın renklendirilmesinde tümüyle kimyasal yöntemlere başvurulur. Cam yapmak üzere hazırlanan karışıma eklenen değişik metal oksitler, farklı renklerin elde edilmesini sağlar. Örneğin, bakır oksit mavi, demir oksit yeşil, manganez oksit mor, altın, bakır ya da selenyum kırmızı, kok kömürü, taş kömürü ya da karbon oksit kehribar, manganez + kobalt + demir siyah renk elde edilmesine aracılık eder. Yanardöner ya da renk değiştiren camların elde edilebilmesi de daha karmaşık kimyasal işlemlerin yapılmasını gerektirir.

Camın şekillendirilmesinde kullanılan yöntemler, elde edilen camın türüne göre değişir. Çekme, üfleme, kalıba dökme gibi eski yöntemlerin yanı sıra şekillendirici makineler de kullanılabilir. Camı şekillendirmek üzere ayrılan süre genellikle kısa olmak zordur. Çünkü bu kısacık zaman diliminde bile cam, akışkanlık özelliğini kaybedip sıvı halden katı hale geçer.





Cam üretimi karışımın hazırlanması; eritme ve arıtma; şekillendirme; soğutma ve tavlama; bitirme işlemlerini kapsayan beş aşamada gerçekleşir. Karışıma giren hammaddelerin türü ve miktarı, ne tür bir cam elde edileceğine bağlı olarak hazırlanır. Karışımı oluşturan, tanecik ya da pudra biçiminde olan hammaddelerin, içlerine karışmış yabancı maddelerden arınmış olmaları ve her yerde aynı oranda bulunmaları da camın niteliğini etkiler. Bütün malzemeler dikkatlice bir araya getirildiğinde, karışım eritme işlemi için hazırlanmış olur. Eritmeyi kolaylaştıracak cam kırıkları da ayrı bir yerde hazır bulunur ve uygun bir zamanda, hazırlanan karışımın

%30-40'ına denk gelecek bir miktarda karışıma eklenir. Cam kırıkları, yalnızca kumun çabuk erimesini sağlayıp enerji tüketimini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda dayanıklılığını da artırır. Eritme ve arıtma işlemi, karışımın özelliğine bağlı olarak yaklaşık 1100°C'un üzerindeki sıcaklıklarda çalışan fırınlarda gerçekleşir. Karışım, önce ağıdalı bir hamur haline gelir. Sonra zamanla, akışkanlığı artarak sıvı evreye geçer ve saydamlaşır. Camın, özellikle gaz ve hava kabarcıkları gibi bazı kusurlarını yok etmek için, yüksek sıcaklık altında çalkalama ve karıştırma yoluyla arıtma işlemi yapılır.



Cam Üfleme Sanatı



Suriyeli cam üfleyciler, kalıp kullanmadan, yalnızca üfleterek cama küresel biçim vermeyi başarmış. Temel özellikleri günümüze değin değişmeden kalan bu yöntemle cam, ne tümüyle erimiş ne de tümüyle sert olmayan bir işleme noktasına kadar ocakta ya da ateşte ısıtılır. Cam üfleyciler, erimekte olan camı, içi delik olan uzun bir üfleme borusunun ucunda yeterince biriktirdiklerinde üfleterek bir balon gibi şişirir. Sonra, balon halindeki cam sertleşip donmadan önce, el aletleriyle işlenebilir ya da makasla kesilebilir. Kulp ya da ayak gibi cama sonradan yapılacak ekler de ekin yapılacağı bölgedeki camı eritip eklenecek parçayı birleştirerek yapılır. İstenen şekil elde edildiğinde, cam çabucak soğutulmaz, çünkü hızlı soğutma camın çabucak kırılıp, parçalanmasına yol açabilir.



de üfleterek bir balon gibi şişirir. Sonra, balon halindeki cam sertleşip donmadan önce, el aletleriyle işlenebilir ya da makasla kesilebilir. Kulp ya da ayak gibi cama sonradan yapılacak ekler de ekin yapılacağı bölgedeki camı eritip eklenecek parçayı birleştirerek yapılır. İstenen şekil elde edildiğinde, cam çabucak soğutulmaz, çünkü hızlı soğutma camın çabucak kırılıp, parçalanmasına yol açabilir.

Camla Gelen Müzik

Camın bazı inanılmaz özellikler olduğunu biliyor musunuz? Örneğin, camdan yapılmış tek bir ürün saydam, ısıya dayanıklı ve içinde havasız bir boşluk bulundurabilir; gecelerimizi aydınlatan ampul bu duruma uygun özellikleri gösteren en iyi örneklerden biridir. Peki, camla müzik yapabileceğinizden haberiniz var mı? Yanıtınız hayırsa, şu deneyi yapabilirsiniz.

Gereksinim duyduğunuz tek malzeme uzun ayaklı bir kadeh. Önce kadehin dörtte üçünü suyla doldurun. Kadehi, ayağı taşıyan geniş tabana, parmaklarınızla bastırarak tutun. Dikkat, kadehi ayağından tutarsanız deneyi başaramayabilirsiniz. Sonra işaret parmağınızı suya daldırarak ıslatın. Islak parmağınızı kadehin ağzında sürterek dolaştırın. Bir süre sonra bardaktan gelen ilginç ve yabancı müziği dinleyebilirsiniz. Şimdi bu müziğin nasıl oluştuğunu merak ediyor olmalısınız. Islak parmağınızı kadehin ağzında sürteniz, onun pek farketmediğiniz bir titreşim yapmasına neden olur. Titreşen kadeh ses dalgaları yayar. Dikkatli bakarsanız, bu dalgaları bardağın içindeki suyun yüzeyinde gözleyebilirsiniz. Farklı tınılar elde etmek için bardaktaki su miktarını değiştirebilirsiniz. Birkaç kişi bir araya gelip, farklı düzeylerde doldurduğunuz kadehleri kullanarak daha çeşitli tınıları olan müzikler de üretebilirsiniz.



Kaynaklar

- <http://www.albanyinstitute.org/resources/archive/tiffany/tiffany.history.htm>
- <http://www.glassonweb.com/glassmanual/topics/index/history.htm>
- <http://www.glassonweb.com/glassmanual/topics/index/production.htm>
- http://www.glasstopia.com/e_site/glassis
- http://engineering.alfred.edu/cems/cm/glass_science/glas_main.html
- http://engineering.alfred.edu/cems/cm/fun_activities/musicalglass.html