

ÇELİĞİN YETENEKLERİNE SAHİP CAM

3000 yıllık yaşantısı olan cam, halâ bir avangard maddesidir. Zira camı, alışılmadıkların hem en «kırılabılır» i, hem de en dirençlisi haline getirebilecek tüm değişkenler henüz kullanılmamıştır.

Görevi, boşlukları kendini göstermeden bölmek olduğundan, tadı, kokuyu ve çevreyi etkilememesi, varlığını hissettirmeden eşyaları ve kişileri koruması gerektiğinden, cam, unutulmuş, ihmal edilmiş bir madde haline gelmiştir. 3000 yıldan beri kullanıldığına göre, bir bakıma uygarlık tarihinin en orijinal maddesi olmuş, son yıllarda en çok geliştirilmiş maddeler arasında yer almış, bununla beraber kamuoyunda hâlâ önemli bir sınıai eleman olma kimliğini kazanamamıştır.

Bugün revaçta olan, saydam maddeler arasında plastik, büyük dirençli alaşımlar arasında ise özel çeliklerdir. Buna rağmen, plexiglass'ın en geliştirilmiş dahi, en basit camın yerini tutmaktan çok uzaktır. Cam lifleri, hafifliği ve mekanik direnci, herhangi başka bir maddeden çok daha iyi meczetmektedir. Verdiğimiz şu örnek dahi, günlük, en basit örneklerdendir.

Durmadan aşamalardan geçen cam, o denli çeşitli özellikler göstermektedir ki, ona ısı tecridi, «ovonics» tipi ileri düzeyde elektronik sistemi gibi alanlarda bulmak, duyarlı foto camları, seramik camlar, dokuma camlar v.b. gibi çeşitli kimlikler altında rastlamak olağandır.

Camın başlıca özelliği «saydam»lığı olmuştur ve olmaktadır. Ancak, camın neden saydam olduğu, bugün için de cevaplandırılması güç bir sorundur. Bu sorunu çözümlenebilmek için, her şeyden önce —ve elektromanyetik teoriye girmeden— radyo dalgaları olsun, X ışınları olsun, bütün ışınların (radyasyonların) beraber hareket eden bir elektrik alanla manyetik alandan oluştuğunu hatırlamamız gerekir. Bundan, bir elektromanyetik ortamın bu ışınlara etkisinin, bu ortamın elektrik ve

manyetik özelliklerine bağlı bulunduğu sonucuna kolaylıkla varılabilir.

Nitekim, hiç bir maddi cisim mutlaka tamamen kesif (opaque-ışık geçirmeyen) değildir. Fakat ışınları o denli çabuk emebilir ki, az bir incelik dahi kesafeti (ışık geçirmezliği) sağlamaya yeter. Bununla beraber, olağanüstü incelikteki tabakalar, hattâ madenler ışık geçirirler. Saydamlaşınca altın'ın yeşil, gümüşün mavi renge bürünmesi gibi. Ancak, böyle bir sonuç, incenin incesi tabakaların boşlukta buharlaşmasından elde edilir. Günlük yaşantımızda tüm madenler kesif'dir. Ve kesafet, basit bir fizik kuralından ileri gelir: iyi iletken katılar, ışık frekansındaki elektromanyetik dalgaları tamamen emerler; buna karşılık, başka frekanslarda, örneğin X ışınlarının frekansında saydamlaşırlar.

Tersini düşünelim: elektrik iletkenliği zayıf olan, dolayısıyla tecrit niteliği bulunan katıların çoğu saydamdır. Cam, mika, plastik, quartz, elmas gibi. Porselenin ve kauçuğun durumları da aynıdır, şüphesiz. Ancak, sorunun tam anlaşılabilmesi için, elektrik ortamının nisbi «permittivite» sini (dielektrikte mevcut elektrik alanının katsayısı), nisbi manyetik nüfuz yeteneğini, izlenen dalgaların frekansını, atomik düzenini v.b. gözönünde tutmak gerekir.

Sorunu basitleştirmek için, güçlü elektrik ve manyetik özellikleri bulunan maddelerin görülebilen ışıkta kesif olduklarını belirtelim. Madenler, işte bu durumdadırlar. Bilelim ki, kesafet mefhumu frekans'a sıkı sıkıya bağlı bir mefhumdur. Çünkü madenler X ışınları karşısında saydam iken, bizler için en ideal saydamlığın simgesi olan cam, genellikle ultraviyole ışında kesif'dir.

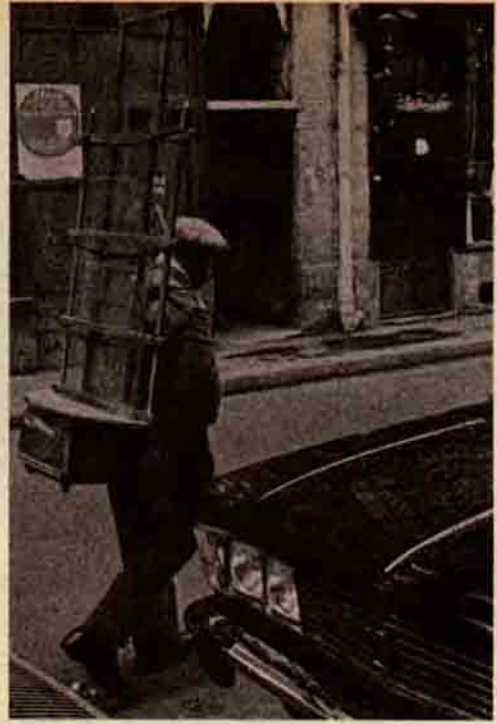
Camcının ögüdü : Işık gelen yerlerden rüzgârın geçmesine sakın mücadele etmeyin !

Demek ki, genel kural olarak şu hususu belirtmek mümkündür : Saydamlık, geniş bir ışıklı frekans yelpazesi üzerinde titreşim yapacak kadar serbest elektron bulunmamasına ve bağlı elektronların UV frekansları ile enfraruj moleküler frekanslar arasında yeterli titreşim unsurları (rezonatör) olmamasına bağlıdır.

Buna çok önemli bir başka hususu ekleyelim : cam, kristal değil, normal erime derecesinin altında sıvılaşmış bir maddedir. Kristalleşebilirse de, bu takdirde saydamlığını yitirir. Burada, moleküler yapıların (iç yapı) teorisine daha fazla girmemiz mümkün değildir. Sadece şurasım bilelim ki, cam yapacak yetenekte bir çok atom vardır (örneğin silisyum) ve teori, bunların neler olduğunu belirlemektedir.

Pratikte, iki yapıcı atom hemen daima bir oksijen köprüsü ile birbirine bağlıdır ve böylece, cam yapabilen oksitlerin hangileri olduğunu belirli bazı kurallardan hareketle bulmak mümkündür. Örneğin, Silis (SiO_2)'nin yanı sıra fosfor oksitler (P_2O_5), bor (B_2O_3), antıman (Sb_2O_3) oksitler v.b. Daha ileri gidersek, camda daima birden fazla oksit karışımı bulunduğunu görürüz. Bu oksitlerin bir kısmına «yapıcı» (formatör), yani «tek başlarına cam yapabilen» adı verilir. Halbuki diğerlerine «değiştirici» (modifikatör) denir. Bu sonuncular tek başlarına cam haline gelemezler; bununla beraber mevcudiyetleri sayesinde camlaşma koşullarını ve elde edilen maddenin fizikî veya kimyevî özelliklerini yararlı bir biçimde değiştirirler.

Yapıcı oksitlerin en belirgin örneği ve sınaî camlar bakımından en önemli olanı, SiO_2 silis'den başkası değildir. Üstelik bu oksit, doğa'da bol miktarda ve elde edilmesi en kolay biçimde (kum) bulunan bir elemandır. İşte binlerce yıldan beri camın bilinip tanınmasının izahı buradadır. Her çeşit kumun cam yapımında doğrudan doğruya kullanılması tabiatıyla mümkün değildir : özellikle bugün istenen saflık kıstasları nedeniyle. Bunların büyük bir kısmı, başta demir oksit olmak üzere, sakıncalı yabancı maddeler ihtiva etmektedirler.



Bununla beraber bazen, silis muhtevası % 99'u aşan çok saf kum kitleleri bulmak mümkün olabilmektedir. Örneğin Fransa'da, Nemours (Seine-et-Marne)'da niteliği ideale yakın kum yatakları vardır. Ancak, daha önce de söylediğimiz gibi, silis, yapıcı oksitler arasında tek değildir. Burada, bor oksit'i ya da anhidride borik (B_2O_3)'i zikrederim. Bor oksit, çok pahalı olmasına karşılık mükemmel özellikleri bulunan ve yalnızca optik camlar veya tekstil lifler (dokuma cam) yapımında kullanılan bir elemandır. Alümina (Al_2O_3), tek başına yapıcı değilse de, başka elementlerle birlikte «yapıcı» olarak kabul edilebilir. Diğer yapıcı oksitler, ya çok nadir ve özel amaçlara tahsis edilmiş, ya da az ilginç optik ve mekanik özelliklere sahip bulunmaktadırlar.

Prencip olarak cam, sadece yapıcı oksitlerden meydana gelebilirdi. Nitekim, saf silis'den mükemmel bir cam yapılabildi. Bu camın, ultraviyoleye karşı saydam olma ve pek küçük genişleme (dilatasyon) özelliği gibi olağanüstü fizik karakteristikleri vardır. Ancak, çok yüksek erime derecesi (1750 santigrad), platin örneği güç eriyen madenlerde olduğu gibi, çok özel ve pahalı eritme ve kalıplama yöntemleri gerektirmektedir.

Çok eski zamanlardan beri deneylerle keşfedilen değiştirici oksitlerin rolü de, esasen, camlaşma ısısını birkaç yüz derece aşağı indirme amacını gütmektedir. Bunlar, potasyum (K_2O) ve sodyum (Na_2O) alkali oksitleridir. Bu oksitler en aktif eriyicilerdendir. Pratikte bunlar, sülfat ve karbonatlar şeklinde bulunurlar. Varlıkları döküm için gerekli ise de, özelliklerini koruyabilen, uygun nitelikte camlar yapımına yetmemektedirler.

Halbuki cam, pencere camından ibaret değildir. Cam, aynı zamanda, içine bozulmasından korkmadan herşeyi koyabildiğimiz kablardır. Bu nedenle karışıma, camın özelliklerini yitirmemesini sağlamak için, başka oksitler de ilâve ederiz: kireç (CaO), barit (BaO), manyezi (MgO), çinko oksit (ZnO) ve kurşun oksit (PbO).

Bu ilâveleri aynı anda yapmayacağımız tabiidir. Kireç, normal camın dayanıklılığını tek başına sağlar. Manyezi, cama özelliklerini kaybettirici ısı değişikliklerine rağmen, camın direncini sağlar. Diğer oksitler, özel kullanımlara hasredilmiştir. Işığın kırılma endeks'ini ve dağıtım gücünü arttırabildiği için optik camda kullanılan oksitler gibi.

Kum veya Kayadan Doğan Saydam Madde :

Bütün bu yapıcı elemanlar, büyük üretim kapasiteli sınaî camlar bakımından, en ucuz ilkel maddelerden sağlanmaktadır (kum, kalker, dolomi ve alüminal kalyalar, sodyum karbonat ve sülfat).

% 1 oranı geçmeyen ikinci sınıf bazı elemanlar, camın rengini ya da yapım koşullarını değiştirmek için kullanılırlar. Üstelik, yapım masraflarını kabartmamak için pek az miktarlarda kullanılırlar.

En çok görülen, etrafımızdaki tanıdık bütün eşyaları (pencere camı, bardak, şişe, oto camı, lâmba) bize sağlayan âdi sınaî camın öyküsü budur işte. İşin daha da ilginç yanı, pek kullanılan deyimiyse, «camın yapılışı»dır.

Tek yönlü ve aralıksız bir ameliyedir bu. Elemanlar (örneğin kum, kireç, sülfat ve manyezi'ler) seçilir, belirli oranlarda tartılan geçtikten sonra karıştırılır. Sonra karışımın tümü kitle halinde eritilir ve cam meydana gelir. Tam anlamıyla «kesif» bir görünümü olan bu kum ve öğütülmüş kaya karışımının erimesinden, saydam ve karmaşık bir madde elde edilmesi, izlenmesi pek eğlenceli bir olaydır

doğrusu.. Erimenin fazla özelliği yoktur: ister kabin, ister fırının içinde yapılınsın, işin esası karışımın erimesinden çok, erime sonucunda homojen bir kitle elde edebilmektir.

En Önemli Sorun : Koyu Bir Sıvı Nasıl Homojenleştirilir ?

Homojenlik zorunlu. Zira basit bir pencere camında dahi, herhangi bir homojenlik hatası, kırılma endeks'inde bazan çok önemli değişiklikler yaratmaktadır. Hata-yı, eşyaların görünüşünü bozan bulanık hatlar ya da çizgiler halinde gözle derhal farketmek mümkündür.

Elemanların erimesinden sağlanan karışım, fırınlarda ulaşılan ısıda, bildiğimiz normal sıvı değil, koyu, yapışkan, şekilsiz bir sıvı kitesidir. Enerjik olmadığından (amorphe) cam, balmumu gibi erir. Yani önce yumuşar, sonra hamur, sonra da koyu sıvı haline gelir. Karışımı su gibi tamamen sıvılaştırmak için, fırınların dayanamayacağı kadar yüksek ısılar gerekir.

Koyu bir sıvının homojen hale getirilmesinin ne denli güç olduğu herkesçe bilinmektedir. Zira hava kabarcıkları, pislikler, tortular ve değişik yoğunluktaki tabakalar, birbirleriyle pek güç karışırlar. Bundan dolayıdır ki, camcılar, eritmeyi iki safhada yaparlar. Birinci safhada, 1000 litrelik bir kabin içersinde 6-8 saat süre ile ilkel maddeler eritilir. Buna eritme safhası denir.

İkinci safhaya «inceltme safhası» denir ki, bu safhada ısı mümkün olan en yüksek düzeye (1450-1550 santigrad) getirilir. Cam, kalın yağ kıvamına gelir ve hava kabarcıkları ile tortunun kitleden tamamen ayrılmasına meydan verir. Kabarcıklar kitle içersinde yükselirken, çeşitli tabakaları karıştırır ve kitlenin homojenleşmesine yardımcı olur.

İnceltme safhasını, kabin dibine gaz püskürtmek suretiyle hızlandırmak mümkündür. Yalnız ince camlar, özellikle optikte kullanılacak olanlar, mekanik olarak karıştırılır. Büyük sınaî üretimler, kab içinde değil, büyük fırınlarda daimi eritme yöntemi ile sağlanırlar.

Karıştırma ve inceltme sonucu elde edilen cam, doğrudan doğruya kullanılmayacak kadar «sıvı» haldedir. 1000-1200 santigrada kadar kademeli ve yavaş bir şekilde soğutulur. Yalnız, soğutmanın, cam üzerinde çalışmaya başlandığı andan itibaren hızlandırılması gerekir. Aksi takdir-

Cam birbirinden ayırdığı ortamları birleştirir.

de sıvı kitlesi kristalleşmeye başlar ve saydamlaşacak yerde, buğulanır. İşin bu safhası elemanların pek az değişiklik göstermesi nedeniyle, son yıllarda çok büyük gelişme kaydetmiştir.

Cama özel karakteristikler veren yeni elemanların da artık kullanıldıkları bilinmektedir. Ancak, araştırmaların esası, camın yapısını ve yüzeyini değiştirmeye olanak sağlayacak yöntemlerin bulunmasına yöneliktir. Yeni maddelerin keşfinin gerçek nedeni ve amacı budur.

Payreks (pyrex) ve cam seramiği konusuna geçmeden önce, pek bilinen ve üretim hacmi bakımından en önemlileri olan cam çeşitlerine bir göz atalım. Gözümüze çarpanlar, alışılmış sıraya göre, düz cam (pencere camı) ve çukur cam (şişe, çanak, ampul)'dir. Dış görünüşün ve bilinenin aksine, çukur cam, düz camdan daha eskidir.

Camdan Seramiğe :

Eski zamanlarda pencere camı, yuvarlak şekilde bükülmüş camın açılması suretiyle elde edilirdi. Bu işlemin ideal işlem olduğu söylenemez. Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra bu konuda, hepsi aynı fikirden esinlenen 3 ayrı yöntem kullanılmaya başlanmıştır: Madem ki nihai ürün düz bir yüzey şeklinde idi, o halde düz camı bu biçimiyle elde etmenin çarelerini bulmak gerekirdi. Bu çare, uzatma, yayma idi. «Yayma» dediğimiz işlem de, sıvı kitlenin içine düz bir çubuk daldırıp çekmekten ibaretti. Çubuk, böylece, berabere ince bir sıvı yaprağı getiriyordu.

Pratikte, bu ince yaprağın kopmaması ve aynı genişlik ve kalınlığı koruyabilmesi için, çok sayıda tertipler bulma zorunluluğu çıkmıştır. Bu sorun bugün tamamen çözümlenmiştir. Şimdi bütün pencere camları bu tekniğe göre yapılmaktadır.

Vitrin, kapı, duvar niyetine kullanılan daha kalın camlardan, camcılar, «kalın cam» adıyla sözetmektedirler. Bunlar son yıllara değin cam kitlesinin, iki merdane ya da bir merdane ile masa yüzeyi arasından geçirilmesi suretiyle elde edilmekte idi.

Yöntem fena değildi ama, şu üç işlemi zorunlu kılıyordu: 1) haddeden geçirmek, 2) haddeden tam olarak düz çıkmayan



camın iki yüzünü mekanik yöntemlerle düzlenmesi, 3) nihayet, yumuşatılmış camın saydamlık kazanması için cilalanması. Yeni bir yöntem olan «banyo» doğrudan doğruya kalın cam elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Pilkington adındaki bir İngiliz tarafından geliştirilen «banyo» yöntemine göre, eriyen cam, sıvı kalay üzerinde yüzmeye bırakılmaktadır. Banyo sırasında bütün kalınlık arızaları yer çekimi ve yüzey gerilimleri sayesinde düzelmekte ve camın her iki yüzeyi, sonradan cilayı gerektirmeyecek şekilde parlaklık kazanmaktadır.

Sorun basit gibi görünüyorsa da, bu sonuca ulaşılabilmesi için bir çok güçlükle mücadele edilmiştir. Camı durgun bir kalay banyosu üzerine akıtmak, buna karşılık bu banyonun camı bozmasını önlemek amacıyla ısıyı muntazam bir şekilde azaltmak gerekmiştir. Halbuki başlangıçta tek bir sakınca bulunmakta idi. Bir sıvıyı diğerinin üzerine yaymak suretiyle sağlanan kalınlığı, yüzeydeki direnç yasa-

ları saptamaktadır. 6 milimetre olan bu kalınlık pek ilginç olup, daha az incelikteki camların elde edilebilmesi için ayrıca bir «yayma» işlemi gerekir.

Günlük yaşantımıza giren, vitrin, ayna, oto camı gibi düz ya da çukur camlar, kalın camlardan elde edilmektedir. İmalât yöntemleri, «soğuma» veya «yeniden pişirme» adını verdiğimiz sonraki termik geliştirme işlemlerinden daha önemsizdir.

Oto camı yapılan «sécurité», soğutma işleminden geçirilmiş çukur kalın camdan başka bir şey değildir. Soğutma işlemi, 700 santigrad dereceye kadar ısıtılan camın sonradan havada soğutulması demektir.

İç gerilim, darbe esnasında ufalanmanın az olmasını sağlar. En ünlüsü «triplex» olan katlı camlar, birbirlerine plastik bir madde ile bağlı çok sayıda ince cam tabakalarından oluşur. Kurşun geçirmeyen camlar kalınlık esasına göre yapılır: 7,65 lik bir kurşunu durdurmak için 18 milimetrelilik, 9'luk bir kurşun için de 25 milimetrelilik bir kalınlık gerekmektedir.

Çukur cama gelince, tarihi en eski camdır o. Büyük ya da küçük bir cam (sıvı) damlasının elde veya mekanik olarak şişirilmesinden elde edilir. Biçimini bir kalıp içerisinde de alabilir. Kullanılan bütün teknikleri burada izaha kalkışmak mümkün değildir. Şişirilmiş çukur camın yanı sıra, tabak, tepsi gibi mutfak eşyası ile birçok sınaî malzemenin yapıldığı «kalıplı» ya da «sıkıştırılmış» cama da değinip geçelim.

Buraya değin, gerçekleştirilen bütün aşamalara rağmen, geleneksel cam'da kaldık. Cam sanayiinin esasını teşkil eden, düz ve çukur iki büyük kategori dışında, dar uygulamalı fakat daha ilginç üçüncü bir kategori bulunmaktadır: payreks'den optik cama uzanan, özel cam sınıfıdır bu. Birincisinden, yani eskisinden başlayalım. Herkes bilir ki, âdi cam ateşe karşı dayanıksızdır. Kolayca genişler, fakat çok kötü bir ısı iletkenidir. Bu çelişki, camın çabucak kırılmasına sebebiyet verir. Halbuki normal silis karışımına bir parça bor oksiti katmakla, genişleme katsayısı zayıf bir cam çeşidi elde edilir. Bu da, cama, büyük ısı değişikliklerini kırılmadan atlatma olanağını sağlar. Gerçekte, kimyevi

elemanlar boro-silikatları çok etkilerler; ancak alümin ilâvesiyle mükemmel bir direnç elde etmek mümkündür. Payreks (pyrex) süzücüğü Amerikan Corning Glass Firmasınınca tescil ettirilen bir markanın adıdır ve payreks camlar, mutfak malzemesinden başka, ısı darbelerine karşı dirençlerinden ötürü çeşitli sanayi dallarında da kullanılırlar.

Karışımın teşekkül tarzını biraz daha geliştirir, silis oranını anidrid borik lehine azaltırsak, kristal sodyum boratların saf silis safhası ile çevrili olduğu garip özellikteki camları elde ederiz. Bu camdan kimyasal işlemle boratlar bertaraf edilirse, elde salt silis süngeri kalır. Böylece meydana gelen delikli cam, emici ve katalitik özellikleri dolayısıyla sayısız alanlarda kullanılır.

Bu camın dikkate şayan yanı, termik işlem sonucunda kendi kendine biçimlenmesi, camın yapısını koruması ve deliklerinden arınmasıdır. «Vycor» adı altında piyasaya çıkan bu camlar, olağanüstü elektrik özelliklere sahiptirler ve ısı darbelerine karşı hemen hemen tamamen duyarsızdırlar.

Şimdi saydam cam bahsini bırakıp, cam-seramik bahsine geliyoruz. Seramiklerin, kil kristallerinin yoğunlaşmasından meydana geldiğini hatırlayalım. Seramiğin yapıştırıcı unsuru, pişirme sırasında kristal parçacıklar arasında gelişen cam kökenli bir yapıdır.

Cam seramikler bunun tam aksi bir prensibe göre oluşurlar: Normal cama, cam özellikleri, değişik boyut ve karakterde sayısız küçük kristallerin doğmasına meydan verecek şekilde, kaybettirilir. Isı farklılaşmasından elde edilen buğulu, ya da kesif seramikler, çok orijinal mekanik ve termik karakteristiklere sahiptirler.

Son zamanlarda, Corning Glass Firmasının uzmanları, normal çelik gibi ve aynı makinelerde işlenebilen bir cam seramik elde etmeyi başarmışlardır.

Camın optik alandaki önemi, konuya girmemizi gerektirmeyecek kadar açıklıkla bilinmektedir. Optik camın, camcılıkta incenin incesi bir aşama olduğunu, ancak çok pahalıya elde edilebildiğini belirtmekle yetinelim.

SCIENCE ET VIE'den
Çeviren: TANER YÜCEL