



cam

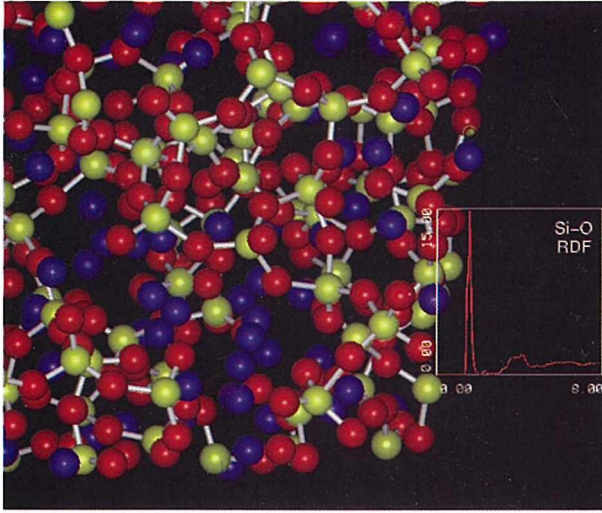


Seda Özdemir
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğrencisi
Ankara
ozdemir_seda@hotmail.com

Cam homojen bir madde olup rast gele bir molekül dizilimine sahiptir. Cam temelde belirli bir kristal yapıya sahip maddelerin eritilmesi ve soğutulmasıyla üretilir. Ancak soğurken atomlar düzensiz olarak dizilir. Böylece cam görünüşte katı olmasına rağmen atomik yapısı gereği sıvı karakteri sunar.

Doğal / Volkanik Cam

Volkanik faaliyetlerin sonucunda oluşan cama "Obsidiyen" denir ve hemen hemen dünyanın her yerinde bulunur. Genelde parlak, siyah renklidir, bazen de kırmızı veya yeşil olabilir. Obsidiyen genellikle şeffaf, yarı şeffaf ve opak olarak bulunabilir. Eski devirlerde obsidiyenin yontulup işlenmesiyle ok, mızrak, bıçak gibi çeşitli savunma silahları yapılmıştır. İnsanlar İ.Ö. 75000 yılının başlarına kadar bu doğal camı çeşitli araç gereç yapımında kullanmıştır. Yıllar geçtikçe obsidiyen süs taşı yapımında ve tören araçları olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Obsidiyenin insanları gizli güçlerden koruduğuna inanılması, bu taşın süs taşı olarak kullanılmasını yaygınlaştırmıştır.



Cam Yapımının Keşfi

İlk cam yapımı ile ilgili çok az şey bilinmektedir. Romalı tarihçi Pliny, Suriye sınırları içerisinde yaşamış denizciler ve cam ile ilgili şunları anlatır : Denizciler gemilerini sahile yanaştırdıktan sonra kargolarını sahile taşırlar. Bu kargolarda "natron" (bir çeşit alkali, soda) da bulunmaktadır. Yemek pişirmek için ateş yakarlar ve yemek kabının düşmemesi için birkaç natron parçasıyla tencereyi desteklerler. Fakat bir süre sonra ateşin altındaki kumun erimeye başladığını ve sıvılaştığını görürler. Ateş söndürülünce sıvı aniden donar ve katılaşır; yani "cam" halini alır. Bu olay camın ilk keşfi olarak nitelendirilir. Sonrasında insanlar, uzun bir süre silika kumu ve alkali bağlayıcılarla cam yapmayı denemişlerdir. Fayans denen bu madde binlerce yıl boncuk, takti ve dekoratif eşya yapımında kullanılmıştır. Camın bu tesa-düfi bulunuşu dışında kaynaklar, gerçek camın ilk kez batı Asya'da 40 yüzyıl önce bulunduğunu göstermektedir.

Mezopotamya'da cam ocaklarının yapımı ve camın üretimi gizli bilgiler olarak tabletler üzerine yazılmıştır. Bu tabletlerden edinilen bilgiler cam üretiminin törensel bir şekilde yapıldığını göstermektedir. Cam üretimini anlatan bu tabletlere göre, öncelikle cam yapım ocağını kurmak için uygun ay ve gün seçilir ve adak koyunlar kesilirdi. Camın yapılacağı odaya görevli dışında hiç kimse girmemeli, girenlerin temiz olması gerekmekte idi. Cam yapımı için yakılacak ateş öncesi, şaraplar içilir, arıdık tütsüler yakılırdı. Yakılacak ağaçlar temmuz - ağustos döneminde kesilmiş olmalı, kalın ve pürüzlü olmamalı, dahası deri kayışla bağlanmalıydı. Ancak bu ayrıntılar yerine getirildikten sonra cam yapımına başlanabilirdi.

Camın Kimyası ve Türleri

Bütün camları karakterize edecek basit bir kimyasal bileşim bulunmamaktadır. Temelde camlar oksit karışımı maddelerdir. Cam türlerinin kimyasal bileşimleri ve yüzde oranları tabloda verilmektedir.

	1	2	3	4	5
SiO ₂	73.6%	80.0%	35.0%	96.5%	67.0%
Na ₂ O	16.0	4.0	-	-	18.0
CaO	5.2	-	-	-	8.0
K ₂ O	0.6	0.4	7.2	-	1.0
MgO	3.6	-	-	-	1.0
Al ₂ O ₃	1.0	2.0	-	0.5	2.5
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	0.5
B ₂ O ₃	-	13.0	-	3.0	-
PbO	-	-	58.0	-	0.01

Ticari anlamda altı çeşit cam türü bulunmaktadır. Bu ayırım camın kimyasal bileşimine göre yapılmıştır. Bunlar;

1.Soda - Kireç camı: En yaygın cam türüdür (% 90 camdan oluşur). Genelde % 60-75 oranında silika, % 12-18 soda ve %5-12 oranında da kireç içerir. Yüksek ısıya ve kimyasal aşındırmalara karşı duraylılığı zayıftır.

2.Kurşun camı: Kurşun oksit miktarı yüksektir (%20' den fazla). Kesimi kolaydır ve iyi bir yalıtkan olduğu için elektriksels uygulamalarda tercih edilir. Termometre tüpleri ve sanatsal alanda kullanılır.

3.Borosilikat camı: Her bir birikiminde en az % 5 borik asit içermektedir. Isı değışikliği ve kimyasal aşınmalara karşı yüksek direnç gösterir. Kireç ve kurşun camı kadar işlenebilme özelliğine sahip olmamakla birlikte en az kireç camı kadar bir değere sahiptir. Borular, hafif ampuller, laboratuvar eşyaları, vb. yapımında kullanılır.

4.Alüminyum silikat camı: Alüminyum oksit içermektedir. Bor camına benzemekle birlikte kimyasal uygulamaya ve yüksek ısı değışikliğine dayanıklılık gösterir. Elektriksels akımlarda bir direnç aracı olarak kullanılır.

5.Silika cam (%96): Bir bor silikat camıdır, bildiğimiz yolla eritilmiş ve şekillendirilmiş, daha sonra da içeriği silikat olmayan maddelerden arındırılmıştır. 1200 derecede yeniden ısıtılarak gözenekler sağlamaştırılır. 900 dereceye kadar olan ısı şoklarına karşı direnç gösterir.

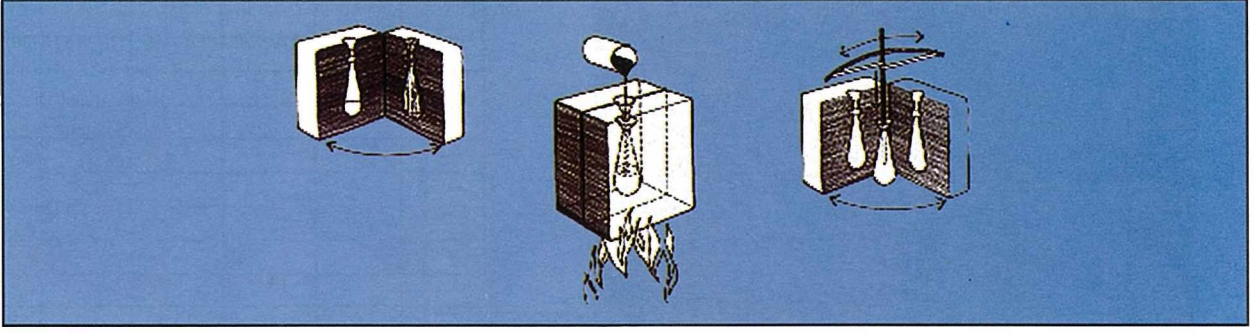
6.Eritilmiş silika camı: Camın kristalleşmemiş şeklinin saf SiO₂ içermesi ile oluşur. İşlenmesi çok zordur. Bu nedenle de çok pahalıdır. Kısa süreli olarak 1200 dereceye kadar ısılarda direnç gösterir.

Cam Üretimi

Cam üretimi için, camın bulunuşundan itibaren değışik metotlar geliştirilmiştir. Kalıba döküm, çekirdek şekillendirme, üfleme metodu kullanılan metotlar arasındadır.

Kalıba Döküm

Kap ve dekoratif objelerin yapımında kullanılan ilk yöntemdir. Buna göre, cam yapımı için gerekli olan maddelerin, hepsi karıştırılır ve yüksek sıcaklıkta eritilir. Bu bileşim soğuduğunda neredeyse cam gibi olur. Daha sonra, soğuyan karışım un gibi ufalanır ve hazırlanmış kil kabın



içine dökülür. Bu kap fırına konur ve toz halindeki bileşim akışkan forma geçene kadar ısıtılır. Eriyen madde kabin dibine toplanır. Bu yüzden kabin tepesinden yeniden toz eklenir ve onlarda eritilir. Bu işlem kap tamamen toz eriyiği dolana kadar yapılır. Daha sonra kap fırından çıkarılır. Birkaç saat sonra, kil kap ve cam soğuduğunda, kil kap açılır ve kil kabin içinden katılaşmış, cam şişe çıkarılır. Bu şişenin kullanılabilmesi için, iç kısmı torna ile döndürülerek oyulur. Daha sonrada dış yüzeyi cilalanır.

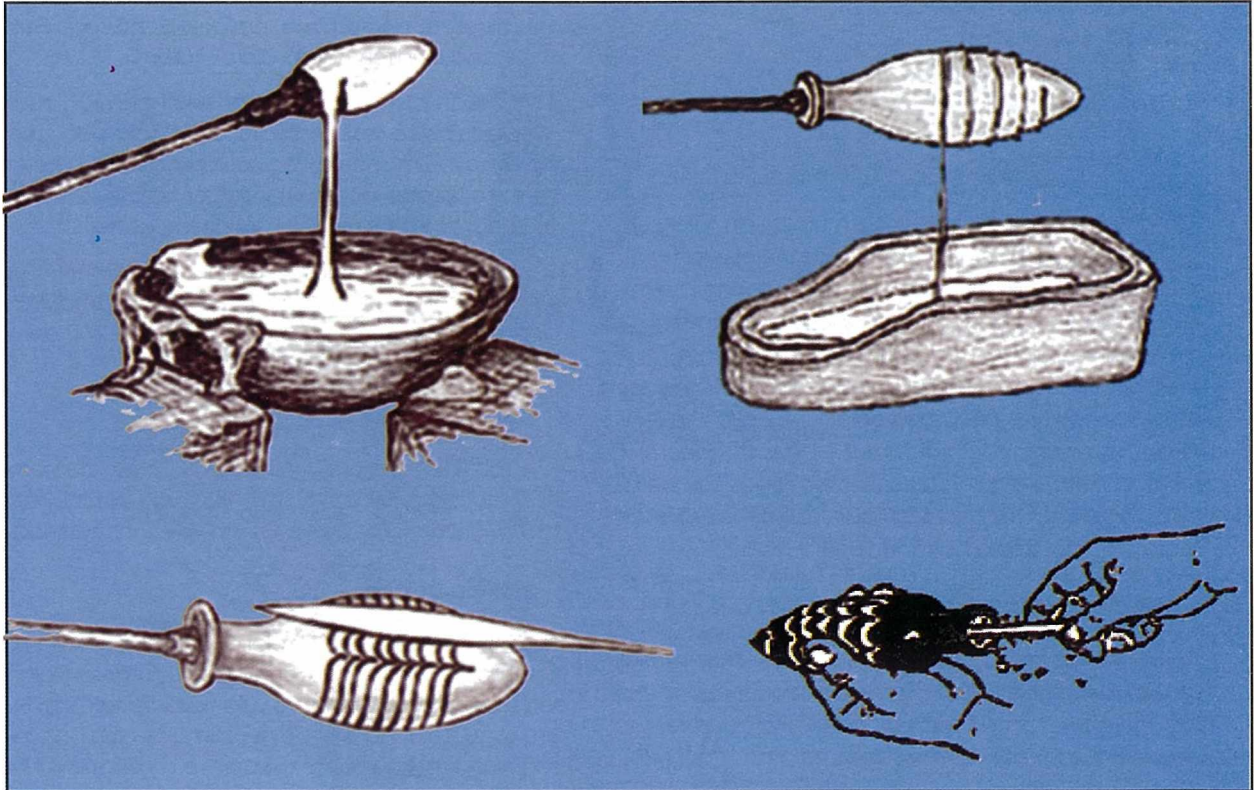
Bir diğer kalıba döküm yöntemi ise "bal mumu" tekniğidir. Bu teknik bal mumundan yapılmış veya bal mumu sürülmüş tek parça bir dış kalıba, erimiş camın dökülerek şekil verilmesi anlamına gelir. Bu yöntemde de sıcak cam kısmı bir kalıp üzerine dökülmektedir. Bu kalıplar daha sonra, kil veya alçı ile sarılarak pişirilir. Sonuçta bal mumunun erimesiyle kalıptaki model ortaya çıkarılır. Daha sonra

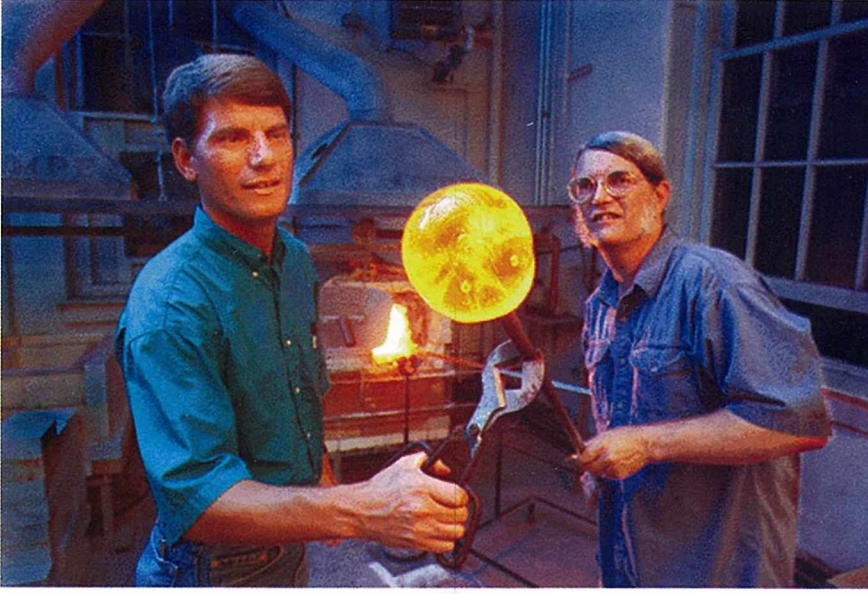
bu bal mumundan yapılmış kalıp içine erimiş cam veya büyük olasılıkla toz cam dökülür. Kalıba döküm işlemi tamamlandıktan sonra, kaplar soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra dış kalıp kesilerek, cam şekil ortaya çıkarılır.

Çekirdek Şekillendirme

Eski cam yapımcıları tarafından küp kaplar üretmek için kullanılan metottur. Bilinen en eski cam yapım tekniğidir. Bu işlemde, cam eriyiği kil çekirdek etrafında döndürerek tamamen kaplanır. Kaplanan çekirdek, başka bir eriyik ile birinci renge zıt bir renkle ince çizgiler halinde sarılır ve ısıtılan bir çubukla bu ince çizgilere dalga şekli verilir. Soğuma işleminin ardından kil çekirdek, yapılan cam şişenin içinden dikkatle oyularak çıkarılır.

Genellikle böyle cam şişelerin yapımında, opak mavi, mavi, sarı veya beyaz gibi renkler kullanılır. Ayrıca üzeri parfüm kokulu cila ile cilalanır.





binlerce vuruştan sonra dekoratif şekiller oluşur. Daha sonra cam üzerine bastırılan dantelli desen, çizme eyleminin dekorasyon kısmını oluşturur.

Bazı Medeniyetlerde Cam

Üretimi

Cam üretimi, farklı medeniyetlerde gelişme gösterdiği gibi bu konuda değişik tarzlar oluşturulmuştur.

Roma İmparatorluğu Döneminde Cam

Roma dönemini iki çeşit cam eşya temsil etmektedir. Bunlar "kafes kaplar" ve "kameo cam kaplar" dır.

Üfleme Metodu

İ.Ö. 50'ye kadar, cam yapımında kullanılan metotlar çok yavaş ve günlerce zaman alacak nitelikteydi. Bir şişe yapımı için kullanılan döküm, şekillendirme ve kesim metotları çok zaman aldığı gibi ürünler de neredeyse altın veya kıymetli taşlar kadar pahalıya mal olmaktaydı. Fakat bu durum cam üfleme metodunun bulunmasıyla sona erdi. Romalılar, camdan bir nesneyi şekillendirebilmek için öncelikle erimiş camı üfleme borusunun ucunda toplayıp daha sonrada bir balon gibi ona üfleyerek şişirmeyi keşfetmişlerdir. Böylelikle insanlara, bir günde düzinelerce cam nesne yapabileme olanağı sağlanmıştı.

Cam üretiminde, camın renklendirilmesi ve şekillendirilmesi çok önemlidir. Camdaki renklilik ya içeriğindeki doğal kirlilikten ya da bileşimine madde katılması ile elde edilir. Bu yollarla renklendirilen camlar, cama rengini veren mineralin ismi ile anılır (Örneğin; uranyum camı, altın yakut cam).

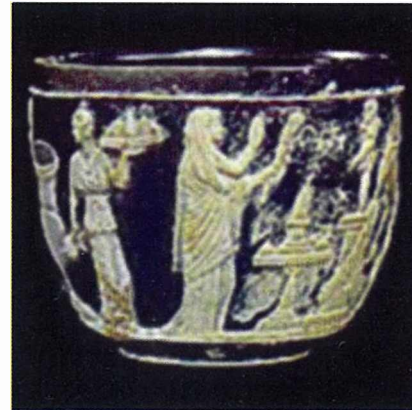
Camın şekillendirilmesi ise, oymacılık, kesme ve çizme işlemleri ile sağlanır. Oymacılık, el aletleri ile yüzeyden cam parçacıklarının çıkarılmasıdır. Genel olarak kullanılan iki tür teknik vardır ve bu teknikler cam objenin yüzeyini dekore etmek için kullanılır. Bakır-çark oymacılığı, mil üzerinde dönen bakır disklerin ucuna aşındırıcı yağlar sürülür ve camın dönen çarka bastırılmasıyla bileme işlemi yapılır. Çark oymacılığında ise, çarkın ana maddesini bakır dışındaki malzemeler oluşturur.

Kesme, yüzeyin herhangi bir yerinden, camın taş, tahta veya metalden yapılmış çarklar ile bilenmesidir. Cam objesinin kesme işlemi, bakırdan yapılan çarkın aşındırıcı özelliği ve elmas uçlu bıçaklarla gerçekleştirilir.

Çizme, cam objenin yüzeyine sivri aletlerle yavaşça vurulmasıdır. Bunun için genellikle elmas veya tungsteni-karbid uçlu aletler kullanılır. Her vuruş bir işaret geliştirir ve

Kafes kaplar, ilk olarak 1680 yılında kuzey İtalya'da bulunmuştur. Bu kapların nasıl yapıldığı hala çözülememiştir. Bazı düşüncelere göre; kalın cam kaseler bölüm bölüm dekore edilmiştir. Yani kaseler yapıldıktan sonra, bilerek yapılan nakışlarla birleştirilmiştir. Bazılarına göre ise; cam, çubuklar halinde kesilerek şekillendirilmiştir.

Kameo cam kapların bir bölümü lüks eşyalar olarak üretilmişlerdir. Bu kapların bazıları işlevsel olmakla birlikte, bazıları yalnızca dekoratif amaçlarla kullanılmışlardır. Buna en güzel örnek Morgan kabıdır. Gerçekle bu figürler beyazdır ama arka planda koyu mavi cam bulunmaktadır. Morgan kabının İ.S. 1. yüzyılın ilk yarısında yapıldığı ve Karadeniz Ereğli'sinde Heraclea Pontica'da bulunduğu söylenir. Kameo camları, Romalıların cam yapımında üfleme metodunu keşfi ve de camı değişik renklerle kaplamayı öğrenmeleriyle daha popüler olmuştur.



Morgan kabı

İmparator Tiberus' un hükümdarlığı döneminde (İ.S. 14-37) Romalı cam yapımcılar, yeni bir tür cam keşfettiler. Bu camın, diğer camlardan farkı kirlenmesiydi. O dönemde doğa dışı bir nesne olarak görülen bu cama "esnek cam" denilmiştir. Hikâyeye göre; cam oymacıları,

İmparatora çok güzel, şeffaf bir vazo yaparlar. Daha sonra bunu hızla yere fırlatırlar, ancak vazo kırılmaz, ama çukurlaştır. Tiberus bu madde ile servetinin azalacağı korkusuyla cam yapımcılarını öldürtür (altın ve gümüşün değeri düşecektir). Oluşan bu çukurun bir çekiç yardımıyla düzeltildiği söylenmektedir. Günümüzde camın bir çekiç yardımıyla onarılması düşünülemez. Bu insanların gerçekten değişik, ilkel dirence sahip bir tür camla karşılaştıklarını söylenebilir.

Uzakdoğu'da Cam

Çin'de saydam ve kaliteli olan camların yaygın olarak kullanıldığı belirtilir. Çin'de yapılan kazılarda ilk olarak, Warrino devleti dönemine (İ.Ö. 475-221) ait göz boncukları (nazar boncukları) bulunmuştur. Qin (İ.Ö. 2206) ve Han hanedanlığı (İ.Ö. 206 – İ.S. 220) döneminde ise, helenistik ve Roma dönemine paralel olarak gelişen cam sanatında, özellikle Çin'in batı tarafında yaşayan cam yapımcıları küçük, oyma cam figürleri ve Pi diskleri yapmışlar ve bunların da cenneti temsil ettiğine inanmışlardır. Jin hanedanlığı (265-419) dönemine doğru gelindiğinde, cam toplumsal sınıflar arasındaki geçişi temsil etmekteydi. Qing hanedanlığına (644-1911) gelindiğinde ise cam sadece soylular için değil tüm toplum için üretilen bir malzemedir. Cam yapımı Çin'de özellikle 18. yüzyılda özel kesim ve döküm yöntemleri ile iyice gelişmiştir. Çok parlak ve renkli camlar üretilmiş, ayrıca imitasyon mine yapımında "çin porselenleri", Çinli cam yapımcıları tarafından üretilmeye başlanmıştır.

Japonya'da, Çin'den ithal edilen camlar ile cam üretiminde büyük gelişme yaşanmıştır. Bu gelişme Japonya'yı cam üretiminde Çin'e paralel hale getirmiş ve sonrasında bu endüstri Japonlar için karakteristik bir hal almıştır.



Arkeolojik çalışmalar, Kore, güney doğu Asya ve Hindistan'da da üretimlerin olduğunu ortaya koymuştur. Hindistan'da, Roma döneminin başlangıcından kalma boncuklar, bilezikler ve üfleme ile yapılmış çok sağlam bazı eşyaları bulunmuştur.

Anadolu'da Cam

Anadolu'da bulunmuş olan ilk cam eser, M.Ö. 8. yüzyıl sonlarına tarihlenir. Orta Anadolu'da Frig Krallığı'nın başkenti Gordion'daki P Tümülüsünde bulunmuş olan bu eser, ince ve renksiz camdan yapılmış bir kasedir (phiale mesomphalos). Otuz iki adet merkezden çevreye doğru açılmış çiçek yaprağı ile dekore edilmiş olan bu kase, kesme yöntemiyle bezenmiş ve günümüze kadar kırılmadan korunmuş en eski örnektir.

M.Ö. 6. yüzyıl ortalarında Anadolu'da cam üretiminin yapıldığı düşünülmektedir. Sarf'ta bulunan bir cam atölyesi camın Lidya döneminde üretildiğini ortaya koyar. Bu üretimin Bizans döneminde de sürdürüldüğü saptanmıştır.

Bu durum, antik dünyanın diğer taraflarında olduğu gibi Anadolu'da da cam endüstrisinin oldukça geliştiğini gösterir. Ancak yine Sarf dışında, Porsuk Höyük'de ve Anamur'da da cam üretildiği saptanmıştır.

Günümüzde bulunmuş olan cam eserlerin önemli bir kısmı Ankara'nın kuzeyinden ve kuzeydoğusundandır. Bu cam eserlerin toplanmış olduğu başlıca merkezler Çankırı (antik Gangra - Germanicopolis), Sungurlu, Merzifon, Havza, Suluova, Amasya (antik Amasea) ve Niksar'dır (antik Neocaesarea). Katıpfa şekillendirilmiş ve cam ipliğiyle bezenmiş kaseler, büyük olasılıkla başka bir bölgede üretilmişler ve ticaret veya başka bir yolla Anadolu'ya ulaşmışlardır.



Göz Boncukları



Phiale mesomphalos kalıbıyla yapılmış bakır kap



Cam ipliğiyle bezenmiş cam kaplar



Kalıpta şekillendirme yöntemiyle üretilen cam kaplar



İslam devri ne ait cam kaplar

Kaynaklar

- (1) Corning Cam Müzesinde hazırlanan bir çalışmadan dilimize çevrilerek derlenmiştir.
www.cmog.org
- (2) www.kultur.gov.tr
- (3) <http://www.iastate.edu/laStater/1995/95photos/sept/glass.gif>
- (4) www.archaeology.org
- (5) www.transistor.org