



Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü



İNŞ2023 YAPI MALZEMESİ I

CAMLAR

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA
www.caglaryalcinkaya.com

CAMLAR



- ✓ Camlar, yüksek sıcaklıkta bile yüksek viskoziteye sahip sıvılar olup, normal sıcaklıkta kristalleşmeden katılaşılan, katı cisimlerin mekanik özellikleri yanında sıvı cisimlerin özelliklerini de gösteren, inorganik esaslı bir silikat sistemidir.
- ✓ Camın ana maddesi, saydamlık özelliğini sağlayan, amorf bünye içinde erimiş ve dağılmış durumda bulunan silisyumdioksittir (SiO_2).
- ✓ Cam çok eski tarihlerden beri bilinmesine rağmen, büyük plaka şeklinde üretilmemeleri nedeniyle, ancak XX. yüzyıl başlarından itibaren yapıda bugünkü şekliyle kullanılmaya başlamıştır.
- ✓ Camlar amorf içyapılı, oldukça stabil, asidik ve atmosferik etkenlere, ısı değişikliklerine dayanıklı, ışığı düzgün kırma özelliğine sahip, güneş radyasyonuna geçirimli saydam yapı malzemeleridir.

CAMLAR




Yoğunluk


Bileşimlerine giren ana bileşenlerin oranına ve cinsine göre, 2.2 - 3.0 g/cm³ arasındadır. Bazı özel cam türlerinde 8 g/cm³'e ulaşmaktadır. Binalarda kullanılan normal camların yoğunlukları 2.5 g/cm³'tür.

Sertlik

Mohs skalasına göre camın sertliği 6 ile 7 arasındadır. Bu düzeydeki sertlik cama iyi bir aşınma direnci kazandırır. Böylece parlak yüzeyli cam ürünler saydamlıklarını hemen hemen sınırsız bir ölçüde muhafaza edebilirler. Normal pencere camlarında Mohs sertlik değeri biraz daha düşük olup 5.5 civarındadır.

- 
- **SAYDAMLIK** geçen ışığın gelen ışığa oranı olup camlarda $K = \% 80 - \% 98$ 'dir. Bu nedenle cam, en saydam plastikten daha yüksek bir saydamlığa sahiptir.
 - **KIRMA İNDİSİ**, doğrudan camın yoğunluğu ile ilgilidir. Normal camda 1.52, kristal camda 1.60'dır.

- Yumuşama sıcaklığı : 500-600 °C arasındadır.
- Termik genleşme katsayısı :
 $\alpha = 9.1 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$
- Termik iletkenlik katsayısı :
 $\lambda = 0.7-1.1 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ (pencere camı)
 $\lambda = 0.035 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ (cam yünü)
- Isı geçirimsizlik değeri :
 $K = 6 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ (tek cam)
 $K = 2,3 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ (12 mm boşluklu çift cam)
- Ses tutuculuk değeri :
 $\beta = 30 \text{ dB}$ (6 mm tek cam)
 $\beta = 32 \text{ dB}$ (12 mm boşluklu 6 mm çift cam)
 $\beta = 45 \text{ dB}$ (20 mm boşluklu 6 mm çift cam)

- 
- Cam kimyasal açıdan birçok maddeye karşı dayanıklıdır.
 - Yalnızca **hidroflorik asit** ve **bazı alkali çözeltiler** (eriyikler) camı etkilemektedir. Hidroflorik asit özellikle cam yüzeylerin matlaştırılması için kullanılır.
 - Su ise yalnızca uzun sürelerde camı etkiler. İçine kalsiyum karbonat katılmamış camlar su karşısında kararlı değildirlerdir. Bu tür camlara **su camı** denir. Normal pencere camları ve su ile teması olabilecek her türlü camın su karşısında kararlı olabilmesi için bileşimine **kireç** katılması zorunludur.

- Cam kırılğan (gevrek) türde bir malzeme olup darbeye ve şekil değişimlerine dayanıklı değildir. Buna karşılık basınç dayanımı oldukça yüksektir. Cam gibi kırılğan maddelerin basınç ve çekme dayanımları arasında büyük fark vardır. (Cam için yaklaşık 20 kat).
- Cam cisimlerin dayanıklılığı çekme dayanımı ile belirlenmektedir.
Camın çekme dayanımı 20-90 MPa,
basınç dayanımı ise 500-900 MPa arasındadır.
- Cam aşınmaya dayanıklı bir malzemedir.
- Camın elastisite modülü 45-100 GPa'dır.
- Poisson oranı ise 0.22'dir.

□ CAM ÜRETİMİ

Camlar genel anlamda erimiş haldeki amorf yapısını koruyarak katılaşılan inorganik cisimler olarak tanımlanır.

Üretim sırasında camın nispeten hızlı soğutulması sonucu kristalli yapı yerine amorf yapı oluşur ve bu **amorf yapı cama sağlamlık ve saydamlık** özelliklerini kazandırır.


Cam üretimi dört aşamadan oluşmaktadır;


- ana hammaddelerin hazırlanması,
- eritme,
- şekillendirme,
- soğutma ve tavlama.



- **Cam üretiminde kullanılan ana maddeler cama kazandırdıkları özellikler bakımından 4 grupta toplanabilir ;**

- camlaştırıcı,
- ergitici,
- camlık özelliğini sabitleştirici
- ara maddeler (arıtıcı ve renklendirici)

- 
- **En önemli camlaştırıcı madde SiO_2 'dir.** SiO_2 çok kararlı bir oksit olduğundan çok yüksek sıcaklıklara ve kimyasal işlemlerin çoğuna dayanıklıdır. SiO_2 bileşikleri genellikle amorf yapılı olurlar.
 - Diğer önemli hammadde olan B_2O_3 ise, camın kimyasal etkilere dayanımını arttırıp ışığı kırma özelliği kazandırmaktadır. Camlaştırıcı madde olarak genellikle bol kuvarslı beyaz kum (% 80 - 99 SiO_2) kullanılır. SiO_2 piyasa camlarının %60'ını oluşturur.

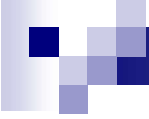



■ **Eritici Maddeler** : SiO_2 ateşe dayanıklı bir madde olduğundan zor erir. Camın ergime sıcaklığını düşürmek amacıyla bileşimine bazı oksitler katılır.

✓ **Başlıca eritici maddeler,**

- adi camlarda kullanılan **Na_2O** ve


- berraklık verdiği için kristal camların bünyesinde yer alan **K_2O** 'dir. Bunlar bileşime Na_2CO_3 (soda) ve K_2CO_3 halinde katılır. Ayrıca CaO ve MgO gibi toprak alkali oksitler de camın viskozitesini düşürmek ve işlenebilmeyi arttırmak, şekillendirilebilmesini sağlamak amacıyla kullanılır.

- 
- **Sabitleştirici Maddeler** : Yalnızca SiO_2 'li camlar özellikle alkali miktarı fazla ise su içinde zamanla çözülebilir. Bunların camlık durumlarını sabitleştirmek amacıyla CaO , MgO , BaO , PbO ve Al_2O_3 gibi metal oksitleri karıştırılır.
 - ✓ Bu metal oksitleri de ayrıca cama değişik özellikler kazandırır.
 - şekillendirilecek camlarda **mekanik işlemleri kolaylaştıran** magnezyum oksit (MgO),
 - kristal camlarda camın **yoğunluğunu ve ışığı kırma kabiliyetini arttırdığından** baryum oksit (BaO) ve kurşunlu oksitler (PbO , Pb_3O_4),
 - **basınca ve ısıya dayanıklı camlarda** alüminyum oksit (Al_2O_3) kullanılır.

- 
- **Ara Maddeler** : Yukarıda sözü edilen üç grup madde değişik cam türleri elde etmek için yeterlidir. Ancak **arıtmayı kolaylaştırmak, cama renk vermek, yarı saydam hale dönüştürmek** amacıyla çeşitli maddeler katılır. Arıtma maddeleri olarak, erimiş cam hamuruna girebilen ***hava ve gaz kabarcıklarını gidermek*** için As_2O_4 , KNO_3 , $NaNO_3$, Na_2SO_4 ile ***cama renk vererek şeffaflığını gidermek*** için SnO , opal cam için CaF_2 (fluorin) ve Na_3AlF_6 (sodyum alüminafluat) gibi maddeler, özellikle **güneş kontrolünde kullanılan camlara çeşitli renkler kazandırmak** için kullanılır. Örneğin, yeşil renk için Cr_2O_3 , mavi renk için CuO , sarı renk için FeS , AgO , kırmızı renk için SeO , ve NiO mor renk elde etmek için karışıma katılır.

Eritme ve Arıtma

- Karışım döner fırınlarda ve büyük potalarda yaklaşık 1500 °C civarında ısıtılır.
- Fırınların yapımında kullanılan ateşe dayanıklı refrakter malzemeler silis, alümina, zirkon, mullit gibi yüksek nitelikli malzemelerdir. Cam ürünün kalitesini etkileyen faktörlerden birisi de bu refrakterlerin kalitesidir. Toz halindeki karışım sıcaklıkla viskoz bir hamur haline gelir, sıcaklık arttıkça akışkanlık artar ve saydamlık oluşur. Camın bazı kusurlarını özellikle gaz ve hava kabarcıklarını yok etmek amacıyla bu işlem yapılır. Arıtma işlemi katkı maddelerinin katkısı ile sıcaklığı arttırmak veya çalkalamak yoluyla yapılır.

- 
- Cama Őekil verme iŐlemi ise sıcaklığı 1000-1200 °C'ye dűŐürerek yapılır. Camın Őekillendirilmesi için kullanılan yöntemler, üretilecek malzemenin cinsine göre deđiŐir. **Çekme, üfleme, kalıplama Őeklindeki eski yöntemler günümüzde geliŐtirilerek mekanik, otomatik olarak fabrikasyon hale dönüŐtürülmüŐtür.**
 - Fırından çıkan cam normal sıcaklıkta soğutmaya terk edilirse çatlar. Bazı teknik önlemler alınarak yavaŐ soğuma yoluyla bu sakınca kaldırılabilir. Tavlama işlemi de farklı soğuma sonucu ortaya çıkabilecek iç gerilmeleri yok edebilmek amacıyla yapılır.



- **Soda-kireç-silikat ($\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - 6\text{SiO}_2$) camları :**

Cam ürünlerinin % 90'ını oluşturan ve en çok üretilen soda-kireç camıdır.

- ✓ Bileşimi % 71-73 SiO_2 , % 12-14 Na_2O ve % 10-12 CaO 'dir. CaO ve Na_2O camın yumuşama noktasını 1600'den 730 °C'a kadar düşürür ve soda-kireç camının şekillendirilmesi kolaydır.


- Düz cam, normal pencere camları, cam kaplar, preslenmiş ve üflenmiş eşyalar ve ışıklandırma ürünleri gibi yüksek kimyasal dayanıklılık ve ısı direnci istenmeyen yerlerde kullanılır.


- **Kurşun alkali silikatlı camlar** : Bu tip camlarda CaO yerine PbO vardır.
- ✓ Yüksek miktarda kurşun oksit içeren kurşun camları düşük erime sıcaklığına sahiptir.
- ✓ **Yüksek yansıtıcılık ve dağıtıcılık** özelliği vardır. Normal camlardan daha iyi olan elektrik ve radyasyon kırıcı özellikleri nedeniyle **optik sistemlerde** kullanılır. Yüksek kurşunlu camlar, **yüksek enerji ışınımından korunmak için**, akışılı lamba (**floresan**) kılıflarında, **televizyon tüplerinde** kullanılır. Yüksek kırınım indisleri nedeniyle **kristal camlarında ve süsleme amaçlı** camlarda da kullanılır.


- **Borosilikatlı camlar** : Silika cam ağında alkali oksitlerin bor oksitle yer değiştirmesiyle daha **düşük genleşmeli cam** elde edilir.

- ✓ Bu camlar korozyona çok dayanıklıdır. Ayrıca bu tür camlar (Pyrex camı) **düşük genleşme katsayıları nedeniyle sıcaklığa dayanıklıdır ve laboratuvar aletleri, mutfak gereçleri, borular ve projektörlerde** kullanılır.



- 
- **Aluminasilikalı camlar** : Yaklaşık % 20 oranında Al_2O_3 içerirler, yüksek sıcaklıklara daha dayanıklıdırlar.
 - ✓ **Basınçlı sistemlerde, laboratuvar ve mutfak gereçlerinde** kullanılırlar.

- 
- **% 96 silikat camları** : Büyük boyutlu cisimler elde edebilmek amacıyla borosilikatlı camın eritilmesi ile elde edilir.
 - ✓ Bu karışımda % 96 silikat, % 3 B_2O_3 ve % 1 oranında yabancı maddeler vardır.
 - ✓ **Yüksek silikat oranı camın sıcaklığa ve korozyona dayanımını artırır.** Ayrıca bu tür camların sıcaklık genleşme katsayısı normal camın 1/10'u kadardır.

- 
- **Erimiş silikat camları** : Saf silikat kumlarından yapılan bu tür camlar camlaşmış SiO_2 'lerdir.
 - ✓ Soğuma işlemine bağlı olarak bu tür cam saydam olabilir. Silisyum camları **çok farklı ve ani ısı değişikliklerine çok iyi dayanırlar.**
 - ✓ **Yüksek voltaj, frekans, ısı ve asitlere karşı çok iyi tecrit malzemesidir.** Ayrıca radyasyonlara karşı **sanatoryum ve solaryumlarda** kullanılır. Ancak yüksek erime sıcaklığından dolayı üretimi çok zordur.

CAMLARIN SINIFLANDIRILMASI VE KULLANIM YERLERİ

- Cam malzemeler çeşitli alanlarda ve farklı amaçlar için kullanılabilir. Cam kullanılması ile birkaç işlev bir arada sağlanabilir:
 - ✓ Işık geçirme + ısı yalıtımı
 - ✓ Işık geçirme + görüntü gösterme
 - ✓ Işık geçirme + görüntü gösterme + ısı yalıtımı
 - ✓ Işık geçirme + görüntü gösterme + güvenlik sağlama
 - ✓ İstenilen ışıkları geçirme + görüntü gösterme

CAM MALZEMELER ŞU ŞEKİLDE SINIFLANDIRILABİLİR :

- Levha camlar
- Pencere camları
- Normal pencere camları
- Güneş kontrol camları
- Hava tabakalı camlar
- Mat camlar
- Kristal camlar
- Float camlar
- Emprime camlar
- Güvenlik camları
- Temperlenmiş (öngerilmeli) camlar
- Tabakalı camlar
- Telli camlar
- Cam duvar tuğlası
- Cam döşeme blokları
- Cam çatı örgü malzemeleri
- Cam kiremitler
- Ondüle camlar
- Trapezoidal kesitli camlar
- U-profilli camlar
- Cam mozaikler
- Cam lifleri
- Cam lifi levhalar
- Cam lifi şilteler
- Boru mantoları
- Cam tülü, dökme cam lifleri ve cam lifi halatlar
- Cam köpüğü

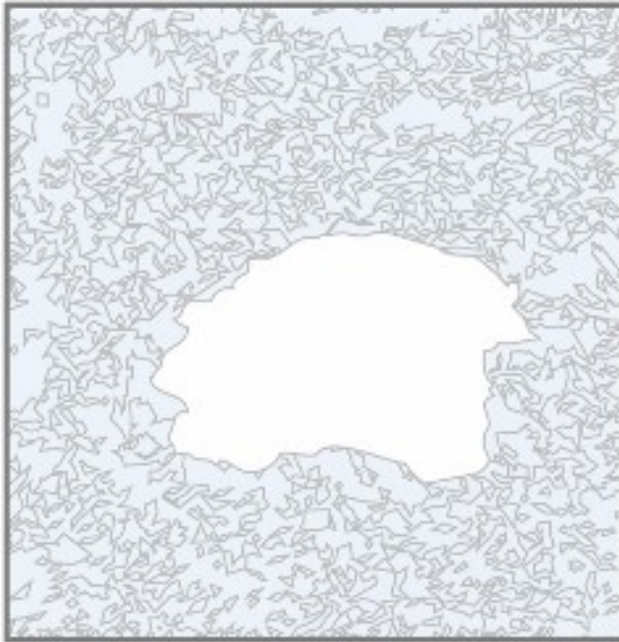
GÜVENLİK CAMLARI

- Genelde görüntü istenen durumlarda kullanılan **çok zor kırılan ya da kırıldığında kesici parça oluşturmayan** camlardır.
- Camları ani soğutup, uygun bir şekilde tavlama yoluyla, dayanım kazandırmak, aynı zamanda kırıldığı zaman kesici parça kalmayacak halde **sekürit** adı verilen özel cam



Temperlenmiş Camlar

- Kırıldığında küçük keskin olmayan parça.

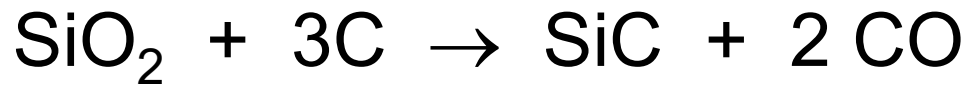


CAM LİFİ

- ✓ Cam lifinin üretiminde ergimiş cam, platin ve platin alaşımından yapılmış bir potanın dibindeki deliklerden basınçla ve belirli bir debiyle itilirken, deliklerden çıkan cam hızla çekilir. Cam, çekme işlemi nedeniyle uzarken çapı da küçülerek lif mertebesine iner. Lif haline getirilen camın üzerine polimer püskürtülerek korozyona karşı dayanıklılığı artırılır.
- ✓ Cam lif haline getirilince kırılma direnci azalır.
- ✓ Cam lifi kullanım amacına uygun ticari ürünler halinde satılır. Bunlar cam yünü, cam tülü, sürekli cam lifi demeti, sürekli cam fitil, doğranmış cam lifi demeti, cam keçe, cam kumaş ve dokumalardır.

SİLİSYUM OKSİT SİLİKATLARI

- Camdan ayrı olarak silisyum oksitlerinin dikkate değer değişik bir kullanım yeri daha vardır. 1450 °C'den sonraki sıcaklıklarda karbon silisyumla birleşime girerek silisyum karbür (karborundum) oluşur.



- Siyah renkte, ince kristal yapılı olan karborundum elmastan sonra en sert cisimdir. Bu nedenle çeşitli sert cisimlerin işlenmesinde kullanılır. Ayrıca çimento ile karıştırılarak, kaygan olmayan yüzeyler oluşturulabilir. Bu malzeme kaldırım, merdiven basamağı, özel yolların yapımında, ayrıca ısıya dayanıklı olduğundan refrakter malzeme olarak fırınlarda kullanılır.



Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü



İNŞ2023 YAPI MALZEMESİ I

CAMLAR

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA
www.caglaryalcinkaya.com