

**T.C  
MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**SERAMİK VE CAM TEKNOLOJİSİ**

**CAM TÜRLERİ VE CAMI OLUŞTURAN  
OKSİTLER**

**Ankara, 2013**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
1. CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ .....	3
1.1. Soda-Kireç-Silis Camı .....	4
1.2. Borosilikat Camı .....	5
1.3. Kurşunlu Cam .....	5
1.4. Bazı Özel Cam Tipleri .....	6
1.4.1. E-camı .....	7
1.4.2. Tungsten (Sızdırmazlık) Camı .....	7
1.4.3. Sodyum-Direnç Camı .....	8
UYGULAMA FAALİYETİ .....	9
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	11
2. CAMI OLUŞTURAN OKSİTLER VE CAM BİLEŞİMİNE ETKİLERİ .....	12
2.1. Silisyum Dioksit .....	16
2.2. Alüminyum Oksit .....	19
2.3. Sodyum Oksit .....	20
2.4. Kalsiyum Oksit .....	22
2.5. Potasyum Oksit .....	23
2.6. Kurşun Oksit .....	23
2.7. Bor Oksit .....	24
2.8. Magnezyum Oksit .....	25
2.9. Baryum Oksit .....	25
2.10. Demir Oksit .....	26
UYGULAMA FAALİYETİ .....	27
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	29
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....	30
3. YARDIMCI HAM MADDELER VE GÖREVLERİ .....	30
3.1. Sülfatlar .....	30
3.2. Nitratlar .....	31
3.3. Sodyum Klorür .....	31
3.4. Florürler .....	32
3.5. Çinko Oksit .....	32
3.6. Antimon ve Arsenik Oksitler .....	32
3.7. Cam Renklendirici Oksitler .....	32
3.7.1. Yeşil Renkli Camı Oluşturan Renklendirici Oksitler .....	33
3.7.2. Siyah Renkli Camı Oluşturan Renklendirici Oksitler .....	34
3.7.3. Opal Camı Oluşturan Renklendirici Oksitler .....	34
3.7.4. Rubi Renkli Camları Oluşturan Renklendirici Oksitler .....	34
3.7.5. Bal Rengi Camları Oluşturan Renklendirici Oksitler .....	34
3.8. Yüksek Fırın Cürufu .....	34
3.9. Cam Kırığı .....	35
UYGULAMA FAALİYETİ .....	37
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	38
CEVAP ANAHTARLARI .....	41
KAYNAKÇA .....	43

# AÇIKLAMALAR

<b>ALAN</b>	<b>Seramik ve Cam Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Endüstriyel Cam Dekoratif Cam</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Cam Türleri ve Camı Oluşturan Oksitler</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Cam türleri ve camı oluşturan oksitler hakkında bilgilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/24
<b>ÖN KOŞUL</b>	Bu modülün ön koşulu yoktur.
<b>YETERLİK</b>	Günlük hayatımızda sıkça kullandığımız cam türlerini, bu cam türlerini oluşturan oksitleri ve görevlerini kavramak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Cam türlerini, camın ana ve yardımcı ham maddelerini sayabilecek, cam bileşimindeki önemini araştırabilecek ve oksitlerin görevlerini sıralayabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <b>1.</b> Cam türleri, özellikleri ve kullanım yerlerini araştırabileceksiniz. <b>2.</b> Camı oluşturan oksitleri ve cam bileşimine etkilerini açıklayabileceksiniz. <b>3.</b> Camı oluşturan yardımcı ham maddeleri ve görevlerini açıklayabileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Seramik ve cam teknolojisi alanı, cam teknolojisi sınıfı, işletmeler, kütüphane, ev, bilgi teknolojileri ortamı <b>Donanım:</b> Bilgisayar, televizyon, DVD, VCD, tepegöz, projeksiyon v.b. donanımlar ve alanın gerektirdiği araç, gereç, malzeme ve ekipmanlar sağlanmalıdır.
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

**Sevgili Öğrenci,**

Cam özellikleri, tasarlanmış uygulama alanına göre farklı şekilde oluşturulur ve bileşen oksitleri oranlarında farklılık yapılarak cama istenen özellikler kazandırılır.

Son 30 yıl içerisinde binlerce yeni cam formülü bulunmuş olmasına karşın, dünyada üretilen camın % 90'dan fazlasını, 2000 yıl önce olduğu gibi, kireç, soda ve kum oluşturmaktadır. Ana maddelerde ufak değişiklikler, ikinci derece öneme sahip maddelerde ise büyük değişiklikler olmuştur. Camı oluşturan ham maddeler kum, kireç ve soda olup bunların dışındaki diğer ham maddeler, etkileri önemli bile olsa ikinci derece öneme sahip madde olarak kabul edilirler.

Hazırlanan bu modül ile günlük hayatımızda en çok kullandığımız cam türlerini, bileşenlerini ve kullanım alanlarını, özel amaçlar için üretilmiş cam türlerini ve özelliklerini, cam bileşimine katılan oksitleri ve özelliklerini öğrenip araştırabileceksiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Bu faaliyette verilecek bilgiler doğrultusunda uygun ortam sağlandığında; cam türlerini, özelliklerini ve kullanım yerlerini araştırabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Günlük hayatımızda en çok kullandığımız üç cam türünün isimlerini ve kullanım yerlerini araştırınız.
- Bileşenlerine göre cam türlerini araştırınız.
- Cam türlerinin kimyasal kompozisyonlarını ve kimyasal kompozisyonlarındaki farklılıkların cam türleri üzerine etkilerini araştırınız.
- Özel amaçlar için üretilmiş cam türlerini ve kullanım yerlerini araştırınız.
- Bulduğunuz bilgileri desteklemek amacıyla, cam türlerine ait örnekler bulup sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 1. CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ

Cam türlerinin özelliklerini kavrayabilmek için, bu cam türlerinin kullanımındaki çeşitli alanları ve bunların, farklı camların etkin nitelikleriyle bağlantısını incelemek gerekir.

İlk olarak farklı kullanımındaki optik camları inceleyelim. Cam; aynalarda, mikroskoplarda, teleskoplarda, fotoğraf makinelerinde, prizmalarda, gözlüklerde, ışık filtrelerinde, dekoratif ve renkli cam eşyalarında, radyasyondan korunma duvarlarında, pencere ve birçok yerlerde kullanılır. Camın kullanıldığı bu alanlar; saydam olma, ışığı geçirebilme, ışığı kırma ve emme özelliklerine ihtiyaç gösterir.

Cam kapılar, belirli tipte pencereler, kurşungeçirmez camlar, otomobillerdeki ve uçaklardaki pencere camları sağlam olmalıdır. Sağlamlık, camın mekanik bir özelliğidir.

Camın termik şoklara dayanıklılığını sağlamak amacıyla termal genleşmesi düşük camlar yapılabilir. Bunlar arasında fırında yemek pişirmekte kullanılan tabaklar ve ısıya dayanıklı kaplar sayılabilir.

Kimyasal etkilere ve atmosfer şartlarına maruz olan ticari camların çoğu kimyasal açıdan dayanıklıdır. Kompozisyona bağlı bu dayanıklılık, özellikle şişe ve kavanozlarda, fırın camlarında, pencere camlarında, cam elyafta (takviyeli beton için), laboratuvar aletlerinde ve kimya tesislerinde önemlidir.

Son olarak, elektrik aydınlatma ampullerinin mühürlerinde ya da radar valflerinde olduğu gibi güç kaybının azaltılması amacı ile elektriğe yüksek direnç gösteren camlar üretilebilir.

- Bu amaçlarla kullanılan başlıca üç tip cam vardır:
  - Soda-kireç-silis camı
  - Borosilikat camı
  - Kurşun camı

Şimdi bu cam türlerinin kullanım yerlerini, kimyasal kompozisyonlarını ve özelliklerini inceleyelim.

## 1.1. Soda-Kireç-Silis Camı

Üretilen camların en az %95'i bu temel kompozisyona sahiptir (tadil ediciler, kullanım alanı ile ilişkilidir.).

- Soda-kireç-silis camının kullanım yerleri:
  - Bütün cam kap çeşitleri
  - Düz cam
  - Bilinen sofraya eşyası
  - Bazı elyaf camları
  - Bazı elektriksel camlar, örneğin ampul camı
- Soda-kireç-silis camının temel bileşenleri ve kompozisyondaki yüzdeleri ise şöyledir:
  - Sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) : % 14
  - Kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) : % 11
  - Silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) : % 72

Soda-kireç-silis camı için verilen bu oranlar, camın kullanım alanına bağlı olarak çok az miktarlarda da olsa değişiklik gösterebilir ve istenilen özelliklere göre diğer oksitlerin ilaveleri de yapılabilir.

- Soda-kireç-silis camlarında bileşen oranlarının farklılığını şöyle özetleyebiliriz:
- Silis miktarındaki artışın, camın ergime sıcaklığını yükseltici, sağlamlığını artırıcı ve genişmesini düşürücü etkisi olur.
  - Soda (sodyum oksit –  $\text{Na}_2\text{O}$ ) miktarının artırılması, silisin yükseltici etkisinin aksine, camın ergime sıcaklığını düşürür, sağlamlığını azaltır ve camın ısıl genişmesini artırır.
  - Kalsiyum oksit miktarı artırılırsa, kimyasal dayanıklılığı daha yüksek ve daha süratle sertleşen bir cam üretilir. Kalsiyum oksit ilavesinin tabii ki camın işlenebilirliği üzerinde de etkisi olur ve yüksek seviyelerdeki kalsiyum oksit devitrifikasyon problemine yol açar. Bu yüzden, kalsiyum oksit seviyesinin yükseltildiği kompozisyonların takibinde çok dikkatli olunması gerekir.
  - Alüminyum oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) miktarının artırılması, camın sertleşmesini yavaşlatır. Aynı zamanda ergime sıcaklığını ve sağlamlığını da artırır.



## 1.2. Borosilikat Camı

- Borosilikat camları:
  - Isıya dayanıklı camlarda,
  - Düşük çözünürlüğü olan camlarda, örneğin; kimyasal madde ve ilaç muhafazasında,
  - Bazı özel optik camlarda,
  - Radar valfları gibi, elektriksel güç kaybını düşüren camlarda,
  - Laboratuvar kapları için kimyasal dayanıklılığı olan camlarda kullanılır.
- Borosilikat camının temel bileşenleri ve kompozisyondaki yüzdeleri ise şöyledir:
  - Sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) : % 4
  - Boroksit ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) : % 12
  - Silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) : % 81

Borosilikat camı için verilen bu oranlar, camın kullanım alanına bağlı olarak çok az miktarlarda da olsa değişiklik gösterebilir ve istenilen özelliklere göre diğer oksitlerin ilaveleri de yapılabilir.

- Borosilikat camlarında bileşen oranlarının farklılığını şöyle özetleyebiliriz:
  - Borosilikat camında; silisin, sodanın ve alüminyum oksidin artırılmasının etkisi, soda-kireç-silis camı için geçerli olan etkiye benzer şekilde olur.
  - Borosilikat camlarında ana bileşen olan bor oksitteki artış, genişlemenin düşmesini, kimyasal dayanıklılığın artmasını sağlar. Bor oksit miktarının artırılması için her ne kadar bir limit var ise de, cama ilave edildiği zaman genişlemede olumlu yönde değişimler meydana gelir.

## 1.3. Kurşunlu Cam

- Kurşunlu cam:
  - Yüksek kaliteli sofrada eşyasında
  - Optik camlarda
  - Yüksek elektriksel direnç göstermesi istenen camlarda (örneğin; aydınlatma ampulünün iç kısmında kullanılan sızdırmazlık mührü)
  - Radyasyondan korunma panolarında kullanılır.
- Kurşunlu camın temel bileşenleri ve kompozisyondaki yüzdeleri ise şöyledir:
  - Kurşun oksit ( $\text{PbO}$ ) : % 32
  - Potasyum oksit ( $\text{K}_2\text{O}$ ) : % 11
  - Silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) : % 56

Kurşunlu cam için verilen bu oranlar, camın kullanım alanına bağlı olarak çok az miktarlarda da olsa değişiklik gösterebilir ve istenilen özelliklere göre diğer oksitlerin ilaveleri de yapılabilir.

Kurşun camında bileşen oranlarının farklılığını şöyle özetleyebiliriz: Kurşun oksit miktarı artırılırsa, camın yoğunluğu ve aynı zamanda ışık kırıcılığı artar. Işık kırıcılığındaki yükselme, optik camlarla (yüksek kırılma vermesi) birlikte kurşunlu kristal sofraya eşyası (içten yansıma nedeniyle yüksek ışıltı vermesi) için de önemlidir. Camın daha çok ışık kırıcılığı, daha büyük miktarda kurşun oksit ilave edilmesinden kaynaklanır.

Her üç cam türü için, oksit miktarlarındaki değişimin etkilerini bir tablo hâlinde özetleyecek olursak Tablo 1.1'i elde ederiz. Tablo 1.1.'i dikkatlice okuyunuz ve inceleyiniz.

<b>Soda-kireç-silis camları</b>		
Artma	Silis	Ergime sıcaklığı ve kimyasal dayanıklılık artar.
	Soda	Ergime sıcaklığı düşer.
		Sağlamlık azalır. Genleşme artar.
	Kireç	Sağlamlık artar. Üretim esnasında, sertleşme hızı artar.
Alüminyum oksit	Sertleşme hızı düşer	Ergime sıcaklığı ve sağlamlık artar.
	<b>Borosilikat camları</b>	
Artma	Silis	Soda-kireç-silis camında geçerli olan etkiler meydana gelir.
	Soda	
	Alüminyum oksit	
	Bor oksit	Genleşme düşer. Kimyasal dayanıklılık artar.
<b>Kurşun camları</b>		
Artma	Kurşun oksit	Yoğunluk artar.
		Işık kırıcılığı artar.

**Tablo 1.1: Cam türlerinin kompozisyonlarındaki oksit miktarlarındaki değişimin, cam üzerine etkileri**

## 1.4. Bazı Özel Cam Tipleri

Her tip camın bileşenlerinin yüzdelerini tam olarak hatırlamak yerine, her bir camın ne tipte olduğunu ve uygun kullanım alanlarının ne olduğunu bilmek daha uygundur. Her tip camın ana bileşenleri genelde en yüksek oranlardadır. Örneğin; ısıya dayanıklı borosilikat camında, silis ve bor oksit, toplam kompozisyonun yaklaşık % 92,5' ini oluşturur. Dekoratif sofraya eşyası için kullanılan camda, kurşunlu kristal cam, silis, kurşun oksit ve potasyum oksidin, toplam kompozisyonundaki oranı % 99'dur. Soda, kireç ve silisin toplam miktarlarının % 98'e vardığı, şişe ve kavanoz camında da aynı durum vardır (Kireç taşı miktarında magnezyum oksit de kapsanmıştır). Diğer oksitler ise çok küçük yüzdelerde yer almışlardır. Belirttiğimiz bu cam türlerindeki bileşen yüzdelerini bir tabloyla özetleyecek olursak Tablo 1.2'yi elde ederiz.

<b>SODA-KİREÇ-SİLİS, ŞİŞE CAMI</b>	<b>ISIYA DAYANIKLI BOROSİLİKAT CAMI</b>	<b>KURŞUNLU KRİSTAL CAM</b> (oyma dekorlu cam ve dekoratif sofrada eşyasında kullanılır.)
SiO <sub>2</sub> (Silisyum dioksit) : % 71,7	SiO <sub>2</sub> (Silisyum dioksit) : % 80	SiO <sub>2</sub> (Silisyum dioksit) : % 56
Na <sub>2</sub> O (Sodyum oksit) : % 13	Na <sub>2</sub> O (Sodyum oksit) : % 4	PbO (Kurşun oksit) : % 32
CaO (Kalsiyum oksit) : % 11	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Bor oksit) : % 12,5	K <sub>2</sub> O (Potasyum oksit) : % 11,5
MgO (Magnezyum oksit) : % 2,8	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alüminyum oksit) : % 2,5	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Bor oksit) : % 0,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alüminyum oksit) : % 1,5	Diğerleri % 1'den az	

**Tablo 1.2: Cam türlerinin bileşen yüzdeleri**

#### 1.4.1. E-camı

E-camında özellikle soda düşüktür, alüminyum oksit ve kalsiyum oksit yüksektir. Bu durum, işleme esnasında çabuk sertleşen ve kimyasal açıdan çok dayanıklı bir cam elde edilmesini sağlar. Bu nedenle cam, çabuk uzayabilir ve elyaf üretimi için uygundur. E-cam elyafı örneğin elektrik kablolarının izolasyonunda kullanılır. Yüksek sağlamlıkta bir camdır.

E-camının kompozisyonunda yer alan bileşenler ve oranları şöyledir:

SiO <sub>2</sub> (Silisyum dioksit)	: % 54,5
Na <sub>2</sub> O (Sodyum oksit)	: % 0,5
CaO (Kalsiyum oksit)	: % 17,5
MgO (Magnezyum oksit)	: % 4,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alüminyum oksit)	: % 14,5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Bor oksit)	: % 8,5

#### 1.4.2. Tungsten (Sızdırmazlık) Camı

Tungsten (sızdırmazlık) camı, ampullerdeki tungsten metalini tespit etmek için kullanılır. Camın, tungstenin genişmesi ile uyumlu olması gerekir. Bu camın karışımında bor oksit miktarı çok yüksektir ve bor oksit genişlemeyi düşürücü bir özelliğe sahiptir.

- Tungsten (sızdırmazlık) camının kompozisyonunda yer alan bileşenler ve oranları şöyledir:
  - SiO<sub>2</sub> (Silisyum dioksit) : % 75,5
  - Na<sub>2</sub>O (Sodyum oksit) : % 4,0
  - K<sub>2</sub>O (Potasyum oksit) : % 1,5
  - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Alüminyum oksit) : % 2,0
  - B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Bor oksit) : % 17,0

### 1.4.3. Sodyum-Direnç Camı

Sodyum-direnç camı ender rastlanan bir cam kompozisyonuna sahiptir. Silis miktarı sadece % 8'dir. Aynı zamanda alüminyum oksit ve bor oksit miktarı aşırı yüksektir. Sodyum-direnç camı ticari olarak üretilen borosilikat camları arasında en yüksek oranda bor oksit içeren camdır. Sodyum-direnç camı, sodyum buharlı lambaların içindeki sodyum metalinin buharına dayanır fakat suda çözünür.

- Sodyum-direnç camının kompozisyonunda yer alan bileşenler ve oranları şöyledir:
- $\text{SiO}_2$  (Silisyum dioksit) : % 8,0
  - $\text{Na}_2\text{O}$  (Sodyum oksit) : % 14,0
  - $\text{CaO}$  (Kalsiyum oksit) : % 6,0
  - $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Aluminyum oksit) : % 24,0
  - $\text{B}_2\text{O}_3$  (Bor oksit) : % 48,0

## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını okuyup cam türleri, özellikleri ve kullanım yerleri hakkında araştırma yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bileşenlerine göre cam türlerini araştırınız.</li><li>➤ Cam türlerinin kullanım alanlarını araştırınız.</li><li>➤ Cam türlerinin kimyasal kompozisyonlarının farklılığının camın özellikleri üzerine etkilerini araştırınız.</li><li>➤ Özel amaçlarla üretilmiş cam türlerini ve kullanım alanlarını araştırınız. (örneğin ampuller)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Size en yakın kütüphanelerin açık adresini ve yerini öğreniniz.</li><li>➤ Kütüphanedeki görevli memurlardan aradığınız konunun hangi bölüm ve numaralarda kayıtlı olduğu hakkında bilgi edininiz.</li><li>➤ En çok üretilen cam türlerini araştırınız.</li><li>➤ Her bir cam türünün kullanıldığı yerleri araştırınız.</li><li>➤ Daha çok özel amaçlarla üretilen cam türlerini araştırınız.</li><li>➤ Özel amaçlar için üretilen cam türlerinin nerelerde kullanıldığını araştırınız.</li><li>➤ Cam türlerinin kimyasal kompozisyonlarını inceleyiniz. Her bir bileşenin görevlerini araştırınız.</li><li>➤ Cam işlemeciliği alanının olduğu güzel sanatlar fakültelerine giderek bölüm kütüphane ve görevlilerinden bu konuları araştırınız.</li><li>➤ Alanınızla ilgili üniversitelerde yapılmış tezleri inceleyiniz.</li><li>➤ Yaptığınız araştırmaları sınıftaki arkadaşlarınızla paylaşarak tartışınız.</li><li>➤ Yaptığınız araştırmaları dosyalayarak kendinize bir kaynak oluşturunuz.</li></ul>

### KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanmadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

<b>Değerlendirme Ölçütleri</b>	<b>Evet</b>	<b>Hayır</b>
1. Kullanım alanlarına göre cam türlerinde istenilen özellikleri sıralayabiliyor musunuz?		
2. Günlük hayatımızda en çok kullandığımız camın soda-kireç-silis camı olduğunu biliyor musunuz?		
3. En çok üretilen üç cam türünün isimlerini sayabiliyor musunuz?		
4. Bu cam türlerinin kullanım alanlarını sayabiliyor musunuz?		
5. En çok üretilen üç cam türünün kimyasal kompozisyonlarında yer alan temel bileşenleri biliyor musunuz?		
6. Cam türlerinin kimyasal kompozisyonlarındaki temel bileşenlerin miktarları değiştiğinde cam türü üzerinde ne gibi etkiler oluşturur söyleyebiliyor musunuz?		
7. Özel amaçlar için üretilen cam türlerinin isimlerini biliyor musunuz?		
8. Özel amaçlar için üretilen cam türlerinin kullanım yerlerini sıralayabiliyor musunuz?		
9. Özel amaçlar için üretilen cam türlerinin kimyasal kompozisyonlarını biliyor musunuz?		

## **DEĞERLENDİRME**

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Soda-kireç-silis camında silis miktarının artırılması, camda aşağıdaki etkilerden hangisine neden olur?  
A) Ergime sıcaklığı yükselir  
B) Ergime sıcaklığı düşer  
C) Kimyasal dayanıklılık azalır  
D) Genleşme artar
2. Borosilikat camlarında ana bileşen olan bor oksitteki artış, camda aşağıdaki etkilerden hangisine neden olur?  
A) Ergime sıcaklığı düşer  
B) Genleşme artar  
C) Kimyasal dayanıklılık azalır  
D) Kimyasal dayanıklılık artar
3. Aşağıdakilerden hangisi kurşunlu camın kullanım alanları içerisinde yer almaz?  
A) Yüksek kalite sofa eşyasında  
B) Optik camlarda  
C) Isıya dayanıklı camlarda  
D) Radyasyondan korunma panolarında

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

4. Camın termik şoklara dayanıklılığını sağlamak amacıyla termal genleşmesi ..... camlar yapılabilir.
5. Dünyada üretilen camların %95'i ..... camlarıdır.
6. Elektrik kablolarının izolasyonunda kullanılan cam türü .....'dır.

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

7. ( ) Sodyum direnç camında silis miktarı sadece % 8, alüminyum oksit ve bor oksit miktarı ise oldukça yüksektir.
8. ( ) Kurşunlu camların kimyasal kompozisyonunda kurşun oksit miktarı arttıkça ışık kırıcılığı azalır.
9. ( ) Tungsten (sızdırmazlık) camı, ampullerdeki tungsten metalini tespit etmek için kullanılır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Bu faaliyette verilecek bilgiler doğrultusunda uygun ortam sağlandığında; camı oluşturan oksitleri, elde edildikleri kaynakları ve cam bileşimindeki görevlerini açıklayabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Camın kimyasal bileşimini oluşturan oksitleri temelde kaç gruba ayırabiliriz? Bu gruplara dahil olan oksitleri araştırınız.
- Camın kimyasal yapısını oluşturan oksitlerin temel ham madde kaynaklarını ve bu kaynaklardan oksitlerin elde ediliş yöntemlerini araştırınız.
- Camın kimyasal yapısını oluşturan oksitlerin cama kattığı özellikleri araştırınız. Bulduğunuz sonuçları dosya hâline getirerek sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 2. CAMI OLUŞTURAN OKSİTLER VE CAM BİLEŞİMİNE ETKİLERİ

Cam, fiziksel bakımdan bir katı olup belirli bir erime noktası olmayan, aşırı soğutulmuş bir sıvı durumundadır ve kristalleşmesine mani olacak kadar yüksek bir viskoziteye (1013 poise'den daha büyük) sahiptir; kimyasal bakımdan ise kumun, alkali ve toprak alkali bileşiklerinin ve diğer cam konstituentlerin (cam yapıcı maddelerin) bozundurulmaları ve eritilmeleri ile oluşan uçucu olmayan inorganik oksitlerin meydana getirdikleri, genellikle alkali ve toprak alkali silikatlardan ibaret kompleks bir üründür. Cam, tamamı ile camlaşmış bir saydam ürün olabildiği gibi, birçok hâllerde, oldukça az miktarda camlaşmayan maddenin çok miktardaki camlaşmış ürün ile olan süspansiyonu hâlinde de olabilir.

Camın yapısı üzerinde yapılmış araştırmalar, gelişigüzel sıralanmış  $\text{SiO}_4$  tetrahedralarından ibaret bir şebekeye sahip olduğunu göstermiştir ve aynı zamanda bu şebeke ortamın nötralliğini sağlayan alkali iyonları da içermektedir. Toprak alkali iyonlarını da içeren camlar yeterli miktarda silikalı oldukları zaman suda çözünmez fakat sadece alkali metallere yapılan camlar su etkisiyle normal sıcaklıklarda bile hidroliz uğrar ve bu nedenle cam olarak pratikçe işe yaramaz. ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$  den  $\text{Na}_2\text{O}_4 \cdot \text{SiO}_2$  ye kadar değişen geniş bir kompozisyon aralığında olmak üzere sadece iki komponentli olan ve "su camı" olarak da isimlendirilen "alkali silikatlar" kum ve susuz sodanın basitçe bir arada eritilmesinden elde edilen sodyum silikatlarıdır). Buna göre kullanılabilir cam yapımı için, soğutulduklarında suda hidrolize uğramayan karışımlar hazırlanır ki bu hususta özellikle adi cama ait olan  $\text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{Na}_2\text{O}$  üçlü sistemini söylemek gerekir. Metal cinslerini veya oranlarını

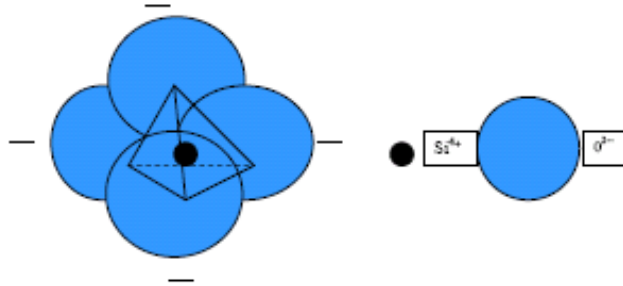


değiştirmek suretiyle Bohemya, billur, Jena vb. camları gibi çeşitli ürünler elde edilebilirse de bütün bu camlar ve özellikle %60'dan az silika içerenler, kaynar suda yavaş yavaş hidrolize uğrar ve su da sonuçta alkali bir reaksiyon gösterir.

Camların adi sıcaklıktaki viskoziteleri o kadar yüksektir ki, kristallerin oluşması için gerekli atom hareketleri imkânsızlaşır. Fakat uygun bir sıcaklığa kadar ısıtılmakla kristalleşebilir (yani cam hâlden çıkabilir). Daha önce de değinildiği gibi, camlar, termodinamik olarak, stabil şekil olan kristal hâline gelmeye çalışmakla beraber viskoziteleri yüzünden buna imkan bulamayan, stabil olmayan maddeler olarak düşünülebilir. Camlar, ayrıca, nispeten sınırlı sıcaklık aralıklarında yani bir değışim bölgesinde, gerek viskozite, gerek spesifik ısı veya genleşme bakımından önemli değışikliklere uğrar. Bu hususta özellikle viskozite değışikliği önem taşır; camın viskozitesi katı hâlde iken 1013 poise olup hamurlaşmamış hâlde 107 poise'a düşer. Cam yapısında yer alan oksitleri üç grupta sıralayabiliriz:

➤ **Cam iskeletini (ağ, şebeke) oluşturan oksitler:**

Herhangi bir camın temel yapısını oluşturan maddelere *cam yapıcılar* denir. Çoğunlukla bilinen cam yapıcı, silisyum dioksit ya da silistir.  $\text{SiO}_2$  formülü bize her bir silisyum atomu için iki tane oksijen atomu olduğunu söyler. Silisin, birbirinden ayrı  $\text{SiO}_2$  moleküllerinden ibaret olduğunu düşünebilirsiniz. Gerçekte  $\text{SiO}_2$  taneleri, bir kristal ağı oluşturmak üzere birbirlerine bağlıdırlar. Şekil 2.1'de görülen ağ içinde her bir silis atomu dört oksijen atomuna bağlıdır ve her bir oksijen atomu, iki silis atomu arasında bir köprü gibi görev yapar.



Şekil 2.1:  $\text{SiO}_2$ 'in kristal ağ yapısı

Silis soğutulduğunda diğer cam yapıcı maddeler gibi düzensiz bir atomik ağ yapı oluşturur. Soğumakla birlikte, rigid hâle gelir. Katı madde görünümü verir. Fakat gerçekte aşırı soğutulmuş bir sıvıdır. Bu yapıya cam gibi silis anlamına gelen *camsı silis* denir.

Diğer bilinen bir cam yapıcı madde bor metalinin oksididir (bor oksit –  $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Bor oksit,  $\text{B}_2\text{O}_3$ , nadiren tek başına kullanılır. Silisyum oksitle birlikte kullanılırsa, camın ışığı kırma özelliğini ve genleşmeyi azaltır, kimyasal etkenlere karşı olan direncini artırır.

Fosfor oksitleri, arsenik ve germanyum oksitleri de cam yapıcı madde sınıfına girerler. Fakat bunlar, büyük hacimlerde üretilen ticari camların yapımında yaygın olarak kullanılmazlar.

Bir camın temel bileşeni cam yapıcı maddedir. Cam yapıcı maddeler soğuma esnasında düzensiz atomik ağ yapı oluşturma kabiliyetine sahiptirler.

➤ **Cam oluşumunu kolaylaştıran oksitler (tadil edici oksitler):**

Silise, sodanın (sodyum oksit- $\text{Na}_2\text{O}$ ) ilavesi iki madde arasında kimyasal bir reaksiyona neden olur. Soda ve silis karışımı, silisin ergime noktasından çok daha düşük bir sıcaklıkta reaksiyon verir. Gerçekte, soda-silis karışımının sıvı faza geçtiği sıcaklık soda miktarının artırılması ile  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altına düşürülebilir. Soğutulduğunda, soda-silis karışımı da silis gibi bir cam oluşturur.

Sodanın başlıca özelliği bir ergitici olmasıdır ve ergime sıcaklığını düşürücü rol oynar. Diğer taraftan soda; daha kolay ergiyen bir ürün oluşturmak suretiyle, silisin daha düşük bir sıcaklıkta akıcı hâle gelmesini sağlar.

Kristal yapısındaki bazı boşluklar daha büyük, bazıları daha küçüktür. Diğer bileşenler aşırı soğutulmuş sıvı (camsı) yapısının içindeki boşluklara uyum sağlayabilirler.

Soda-silis camındaki soda miktarı artırıldığında; camın, su tarafından kimyasal olarak etkilenmesi de artar. Bu nedenle, kolay ergitilebilen ve kolaylıkla şekillendirilebilen kullanışlı bir cam üretmek için, cam kompozisyonunda bazı ilaveler ile düzeltmeler yapmak gerekir.

Yaygın kullanılan, bilinen bir başka tadil edici madde kireçtir ( $\text{CaO}$ ). Kireç ilavesi camın kimyasal etkilere dayanıklılığını artırır. Bu suretle kireç cama bozulmazlık kazandıran tadil edici bir madde özelliğindedir.

$\text{MgO}$ 'de camın dayanıklılığını artırır. Fakat kireç kadar etkili değildir. Diğer tadil ediciler,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$  ve  $\text{ZnO}$ 'dir. Bunlardan  $\text{K}_2\text{O}$  ve  $\text{Li}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}_2\text{O}$ 'e benzer bir yolla ergitici özelliğe sahip olan ve  $\text{Na}_2\text{O}$  yerine ilave edilebilen oksitlerdir.  $\text{ZnO}$ ;  $\text{CaO}$  ve  $\text{MgO}$ 'e benzer şekilde hareket ederek cama kararlılık kazandıran maddedir.

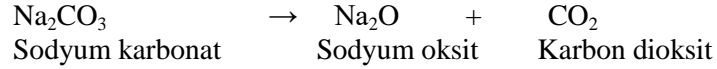
➤ **Aracılar**

Bu maddeler kısmen bir cam yapıcı ve kısmen de bir tadil edici gibi hareket ederler. Alümina (Alüminyum oksit –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) aracı maddeye bir örnektir. Aracı maddenin rolü; camın devitrifikasyon (kristallenme) eğilimini azaltmak ve sağlamlığını artırmaktır. Camın atomik ağ yapısına bir cam yapıcı gibi katılırlar.

Kurşun oksit, aracı gibi hareket eden diğer bir maddedir. Böylece camın daha kolay işlenebilir hâle getirilmesi ve cama belirli uygulama alanları için gerekli görülen niteliklerin kazandırılması için cam yapıcılara başka maddeler ilave edilir. Bu maddeler tadil ediciler ya da araçlar olarak isimlendirilirler. Araçlar, cam yapıcı ve tadil edici maddelerin rolünü birlikte oynayarak, cam özelliklerini etkiledikleri gibi aynı zamanda atomik ağ yapısını zenginleştirirler.

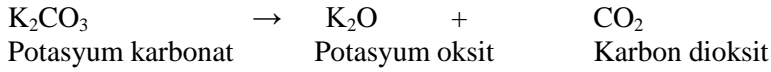
Cam yapımında kullanılan ham maddeler oksit formunda olabilecekleri gibi, karbonatlar, nitratlar ve sülfatlar hâlinde de bulunabilirler.

- Cam oluşumunda oksit formundaki ham maddelerden gelen tipik oksitler şöyle sıralanabilir:
  - Kum ve kuartzdan gelen silika ( $\text{SiO}_2$ ) camda kayba ve dekompozisyona (ayrışmaya) uğramaz.
  - Benzer biçimde kalsine edilmiş (*kalsinasyon*) oksit bileşenleri elde etmek amacıyla sıcaklığın etkisiyle karbonat ve hidratların parçalanmasıdır. Kalsinasyon sadece suyun değil, karbon dioksitin ya da hidratlar, karbonatlar gibi kimyasal bağlı diğer gazların uzaklaştırılmasını da kapsar alüminada cama  $\text{Al}_2\text{O}_3$  verir.
- Cam oluşumunda diğer bileşiklerden gelen tipik oksitler de şöyledir:
  - Sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) sodyum karbonattan gelir.

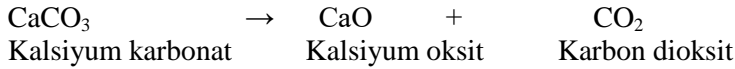


Karbon dioksit bir gazdır ve ergimiş camı yüzeye yükselen habbeler şeklinde terk eder.

- Potasyum oksit ( $\text{K}_2\text{O}$ ) benzer biçimde potasyum karbonattan elde edilir.



- Kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) kireçtaşından ( $\text{CaCO}_3$ ) elde edilir.



- Nitratlar ve sülfatlar (örneğin; sodyum nitrat, kalsiyum sülfat) benzer biçimde dekompoze olurlar, camda sodyum ve kalsiyum oksit bırakırlar. Sülfatlar ve nitratlar camda oksitleyici ve afinasyon maddeleri olarak yararlıdır.

Birden fazla cam oksidi aynı ham maddeden de elde edilebilir; Sodyum borat-Boraks anhidrit  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  cama sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) verir. Dolomit-kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat içeren bir ham maddedir.  $\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$  şeklinde yazılır, cama kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) ve magnezyum oksit ( $\text{MgO}$ ) verir.

- Özetlersek cam ham maddeleri:
  - Oksit formunda olabilirler.
  - Karbonatlar, sülfatlar gibi başka bir kimyasal formda olabilirler.
  - Cama birden fazla cam oksidi verebilirler.
  - Ham madde kaynakları:
  - Yer kabuğunda tabii olarak bulunan ham maddeler, örneğin; kum- silika ( $\text{SiO}_2$ ) verir, kireçtaşı-kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) verir.

- Direkt olarak üretilenler, örneğin; soda Solvay metodu ile tuz (NaCl), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve amonyaktan (NH<sub>3</sub>) üretilir.
- Bir başka prosesin yan ürünü olarak (yüksek fırın cürufu gibi) elde edilen maddelerdir.

Ham madde özelliklerinin yanı sıra bilinmesi gereken iki terim daha vardır. Bunlar renksizleştirme ve kontaminasyondur. *Renksizleştirme* soda-kireç camlarında ham maddelerdeki safsızlıklar dolayısıyla oldukça az miktarlarda bulunan demir oksidin oluşturduğu istenmeyen yeşilimsi rengin maskelenmesi işlemidir. Kimyasal ve fiziksel olmak üzere iki aşamada yapılır. Bilim adamları camın seryum oksit ile renksizleştirilmesinde oluşan mekanizmanın büyük bir olasılıkla, seryum ve demirin CeFeO<sub>3</sub> gibi bir kompleks oluşturduğunu ve bu şekilde cama renk veren serbest demir miktarını azaltarak maskeleyişle ilgili daha az miktarda selenyum ve kobalt oksit kullanılmasını sağladığı görüşünde birleşmektedirler. Ce konsantre kullanımında, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> beraberinde uygulanan NaNO<sub>3</sub> ilavesine gerek kalmamaktadır.

*Kontaminasyon* camdaki demir kirlenmesidir. Çeşitli yollarla (kaya parçaları, tel vb. ile ham maddelerin kendi bünyelerindeki demir oksitler) demir, harmana girdiğinde cam rengine olumsuz etki eder.

Şimdi camı oluşturan temel oksitleri tek tek inceleyelim.

## 2.1. Silisyum Dioksit

Silika en yaygın olarak kullanılan cam yapıcı oksittir. Cama mukavemet ve kimyasal dayanıklılık kazandırır. 1700 °C'nin üzerinde ergir. Bu ergime derecesinin düşürmek üzere diğer oksitlerin ilavesi camın mukavemet ve kimyasal dayanıklılığının azalmasına neden olur.

Silika yer kabuğunda en çok bulunan maddelerden biridir. Kum ve kumtaşı, cam yapımında en yaygın kullanılan silika kaynağıdır ve en önemli cam yapıcı oksittir. Diğer bazı ham maddelerde örneğin feldspat, yüksek fırın cürufu gibi cama silika verebilirler. Bununla birlikte bu ham maddeler alümina gibi daha küçük miktarda ihtiyaç duyulan maddeleri temin etmek üzere kullanılırlar, bu nedenle cama silika katkısında bulunmaları sadece ikincil bir kullanım nedenidir.

Cama silisyum dioksit veren (SiO<sub>2</sub>) veren 3 ham madde kaynağı silis kumu, feldspat ve yüksek fırın cürufudur. Burada sözü edilen son iki madde ayrıca alüminyum oksitin (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) de ana kaynağıdır ve bunlar ergitme ve/veya afinasyonu kolaylaştırıcı ham maddelerdir.

Cam yapımında kullanılacak, istenilen fiziksel ve kimyasal özellikteki silis kumu yatağı (silis kumu madeni) bulmak çok zordur. Önce birtakım arama metodları ile (yarma, kuyu, sondaj, jeofizik) kum rezervi ve kalitesi tespit edilir. Silis kum yatakları katı kuvarsit kayalardan ince taneli silis kumuna kadar çok çeşitli şekillerde bulunabilir. Kum yatakları, turba, toprak, kil, kil toprak karışımı, kalker gibi kaldırılacak bir örtü altında bulunurlar. Buna dekapaj malzemesi denir. Ocakta kalitesine göre ayrılan kum loderlerle kamyonlara yüklenir ve tesis sahasında her fabrikanın ayrı olan brüt kum stokunda biriktirilir.

- Türkiye’de cam fabrikalarında kullanılan silis kumu üç sınıfta toplanmaktadır.
  - Pencere camı ve empirme cam imalatında kullanılan silis kumu
  - Sınai kap üretiminde kullanılan silis kumu
  - Züccaciye üretiminde kullanılan silis kumu

Cam yapımında kullanılan silis kumunun kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Kalite için kimyasal olarak silisin ( $\text{SiO}_2$ ) en yüksek değerde, alüminyum oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ve demir oksit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) gibi safsızlıkların en düşük değerde olması istenir. Tesislerde kalite için uygulanan zenginleştirme metotları demir oksit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), alüminyum oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) gibi safsızlıkları muayyen seviyede tolere edebilir. Bunun için ocaktan stoklara getirilen kum paçalamak (karıştırmak) suretiyle kimyasal olarak belli bir değere getirilip tesise gönderilir.

Her ne kadar kimyasal özellik kullanılmakta olan kumun seçiminde önemli bir rol oynuyorsa da, fiziksel özellikler de çok önemlidir. Fiziksel özellikler kumun tane ebadının sınıflandırılmasıdır. Kullanılacak kum önceden kararlaştırılan fraksiyonlarda bir elek setinden geçirilir. Bu elek setindeki her fraksiyonunun elek açıklığı milimetre olarak belirlenmiştir. Genelde fiziksel olarak silis kumunun -0.5 mm ile +0.074 mm arasında olması istenir. + 0.5 mm’nin üzerinde hiç tane olmaması gerekir. Kum içerisinde iri tane olursa bunlar fırında tam olarak eriyemez, çekilen nihai cam plakası üzerinde katı bir taş parçası olarak görünür. Kum partikülleri çok ince olursa, eritme prosesinde alev ve atık gazlar tarafından uzağa savrulur ve fırın içerisinde bazı kısımların üzerinde zarar verici etki yapar. Maden ocaklarından üretilen silis kumu (brüt kum), fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından kullanıma uygun değildir. Cam harmanında kullanılabilecek hâle getirmek için tesislerde zenginleştirme diye adlandırılan bazı işlemlere tabi tutulur. Zenginleştirme tesisine beslenecek brüt kumun belirli fiziksel ve kimyasal düzeye getirilmesi için tesis stokunda paçalanması gerekir. Aksi takdirde nihai üründe istenilen fiziksel ve kimyasal değerleri elde etmek mümkün değildir. Bu tesislerde üç tip cam için (düz cam, sınai kaplar, züccaciye) ayrı ayrı zenginleştirme metotları uygulanır ve çıkan nihai üründe ayrı ayrı stoklanır. Fabrikaların kullanabileceği fiziksel ve kimyasal kompozisyona getirilen kum sevk edilir.

Ham maddelerin içerdikleri madde ve tane irilikleri açısından kararlı olması gerekir. Ham madde kompozisyonunda değişimler başladığında ve nedeni hızla belirlenip düzeltilemediğinde üretim aşamasında problemler yaşanabilir. Silis kumu üretimi için dünyada genel olarak uygulanan ocak üretim ve zenginleştirme metotları tablo 2.1’de özetlenmiştir.

<p><b>a) Maden ocaklarından silis kumu üretim şekilleri ve eldesi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Su içerisinden taraklama yöntemi ile üretim,</li> <li>➤ Taş ocağı şeklinde üretim,</li> <li>➤ Kum üzerindeki toprağı kaldırmak suretiyle yapılan üretim,</li> <li>➤ Toprağı taşıma suretiyle veya üzerini dozerle kesme ve itmekle üretim,</li> <li>➤ Patlayıcı madde ile atım yapmak suretiyle üretim,</li> <li>➤ Makine ile kazmak suretiyle üretim,</li> <li>➤ Bütün bu metotlarla üretimden sonra kırma ve işleme tesisleri</li> </ul>
<p><b>b) Tane kontrolü:</b> Kumu tane ebadı bakımından istenen üst ve alt sınırlar arasında tutmak için uygulanır.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Boyut küçültme <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilye etkisiyle</li> <li>• Kırma</li> <li>• Kaba öğütme</li> <li>• İnce öğütme</li> <li>• Eleme</li> <li>• Kontrol prosesi</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>c) İstenmeyen maddelerin uzaklaştırılması işlemleri:</b> Kum tanesinin gerek yüzeyinde ve gerekse kum içerisindeki serbest mineralleri ayırmak için uygulanır.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Su içerisinde tane ebadını tasnif (Hydrosizing)</li> <li>➤ Yüksek katı yoğunluğunda tanelerin oluşturulması (Scrubb)</li> <li>➤ Yüzdürme (Flotation)</li> <li>➤ Manyetik- elektrostatik ayırma</li> <li>➤ Spiral gravite ayırması</li> <li>➤ Asit liçi (Asit yıkaması)</li> <li>➤ Su ile yıkama</li> <li>➤ Filtrasyon</li> <li>➤ Siklon ile ayırma ve tasnif</li> </ul>

**Tablo 2.1: Silis kumu üretimi için dünyada genel olarak uygulanan ocak üretim ve zenginleştirme metotları**

- Yukarıdaki uygun prosesler tatbik edildikten sonra kum kurumaya bırakılır. Bu işlem iki veya üç yolla yapılır:
  - Tabii drenaj: Kum üst üste yığılarak koni şeklinde bir tepe hâline getirilir. Su hemen dibe süzülür, bu metotla kum rutubeti hiçbir zaman % 4-5 seviyesinden aşağı düşmez.
  - Kum tesislerde zenginleştirildikten sonra nihai ürün düşey beton silolara alınır. Aynı anda Alkopol denilen kimyasal madde ilave edilir. Bu silo içerisinde bekleyen kumun drenajını hızlandırır. Rutubet 3-4 günde % 5-6 seviyesine iner.
  - Kum, tüm rutubetin giderilmesi için kâfi derecede ısıtılmış kurutucu içerisine konur.

Cam yapımında silisyum dioksit kullanılmasının nedenlerini özetleyecek olursak;

- Camın ana ham maddesidir.
- Ergitilmiş hâldeki camın akışkanlığını azaltır.
- Camın termik şoka, yani ani ısı farklılıklarına karşı dayanıklılığını artırır.
- Asitlerin etkisine karşı camın direncini artırır.
- Viskozitesini artırır.
- Camın sıcaktan dolayı genleşmesini azaltır.
- Camın çalışma sıcaklığını artırır.
- Camın mekanik mukavemetini artırır.
- Soğumuş cama camsı özelliğini verir.

## 2.2. Alüminyum Oksit

Alümina pek çok camda küçük miktarlarda kullanılır. Ergime sıcaklığını yükseltir, camın çalışma aralığını genişletir, kimyasal dayanıklılığı artırır, devitrifikasyon olayını engeller. Aracı oksitlerden biridir. Ticari camların pek çoğunda alüminanın ( $Al_2O_3$ ) yüksek oranlarda bulunması gerekmez. Cam türleri ana kompozisyonunda en yüksek alümina miktarı % 4 civarındadır.

Alümina tabii hâlde bulunan kum, kalker, dolomit, sodyum sülfat gibi ham maddelerde genellikle eser miktarda dahi olsa bulunur. Daha fazla alümina harmana aşağıda örnekleri verildiği gibi çeşitli formlarda ilave edilebilir.

Kalsine alümina :  $Al_2O_3$   
Hidrate alümina :  $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$   
Feldspat :  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$  veya  $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$   
Nefelin syenit :  $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$   
Yüksek fırın cürufu : çeşitli oranlarda kalsiyum, magnezyum ve alüminyum, silikat

Örneklerde de görüldüğü gibi bu ham maddelerin çoğu cama  $Al_2O_3$  dışında başka oksitlerde verir. Örneğin feldspat, alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ) temin etmenin yanı sıra cama sodyum oksit ( $Na_2O$ ), potasyum oksit ( $K_2O$ ) ve silika ( $SiO_2$ ) verir. Benzer biçimde yüksek fırın cürufu, sülfatlar, sülfidler, sülfürler ve demir oksit ( $Fe_2O_3$ ) vermenin yanı sıra  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $CaO$  ve  $SiO_2$  gibi oksitleri de bileşiminde bulundurur.

Alüminyum oksit camda genellikle küçük oranlarda bulunur. % 4'den büyük olduğu durumlar çok nadirdir. Cam yapımında kullanılan alüminyum oksit genellikle aşağıda belirtilen formlarda bulunur:

1. Kalsine veya hidrate alümina
2. Feldspatlar veya nefelin syenit gibi benzer minerallar
3. Yüksek fırın cürufu

Feldspatlar alümina içeren tabii kaynaklardır. Fakat bunlar diğer cam yapıcı oksitlerle beraber göz önünde bulundurulur.  $\text{Na}_2\text{O}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{SiO}_2$  (sodyumlu feldspat) ya da  $\text{K}_2\text{O}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{SiO}_2$  (potasyumlu feldspat) genel formülü ile tanımlanmakta olup, düşük oranda CaO ve bazen MgO içerirler. Sodyum ağırlıklı feldspatın % ağırlık olarak bileşimi:

$\text{SiO}_2$  : % 68  
 $\text{Al}_2\text{O}_3$  : % 19.5  
 $\text{Na}_2\text{O}$  : % 12

Potasyum ağırlıklı olanın % ağırlık olarak bileşimi:

$\text{SiO}_2$  : % 65,  
 $\text{Al}_2\text{O}_3$  : % 18  
 $\text{K}_2\text{O}$  : % 17'dir.

Bu nedenle feldspatlar, nihai camda istenen alüminyum veya alkali (sodyum veya potasyum oksit) miktarına bağlı olarak sınırlı miktarda kullanılabilirler.

Türkiye'de cam fabrikalarında sodyumlu feldspat yani albit kullanılmakta olup genel formülü  $\text{Na}_2\text{O}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{SiO}_2$ 'dir. Cam yapımında kullanılan feldspatlarda kimyasal ve fiziksel özellikler çok önemlidir. Bilhassa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve rutubet oranları çok önemli olup, bu oranlar istenen cam cinsine göre değişmektedir. Fiziksel özelliklerde önemli olan feldspat tanelerinin mümkün olduğunca 0,5-0,074 mm arasında olmasıdır.

Feldspatlar madencilikte açık ocak yöntemi ile üretilirler. Feldspat üzerindeki kayaç veya toprak dekapaj yapılır (iş makinesi ile kesme ve itme suretiyle veya açığa çıkan dekapaj kamyonla başka bir yere taşınır), üzeri açılan feldspat lağım delikleri açılıp patlayıcı madde ile atım yapıldıktan sonra üretilir. Üretilen feldspatlar bu hâliyle fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından kullanıma uygun değildir. Tesislerde uygulanan zenginleştirme metodu sırasıyla şöyledir; 2 kademe kırma, öğütme, eleme, kurutma.

Cam yapımında alüminyum oksit kullanılmasının nedenlerini özetleyecek olursak;

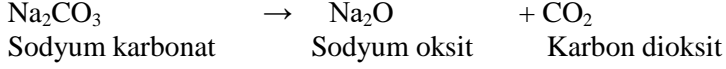
- CaO veya  $\text{SiO}_2$  yerine düşük oranlarda kullanıldığında ergimeyi kolaylaştırır.
- Karışımda doğrudan kullanıldığında viskoziteyi artırır.
- Kristallenmeyi önleyici etkiye sahiptir.
- Isı ve mekanik şokları ile suyun etkilerine karşı cama dayanıklılık verir.
- Camın kimyasal dayanımını artırır.
- Camın sağlamlığını artırır.
- Camın çalışma aralığını genişletir.
- Fırın içerisinde akışkanlığı artırdığı için afinasyona yardımcı olur.
- Camın refrakter malzemedeki (fırın içi tuğlaları) aşındırıcı etkisini azaltır.

### 2.3. Sodyum Oksit

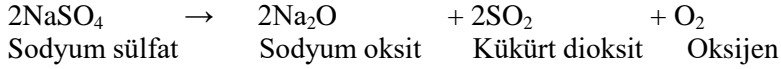
Ergime derecesini düşürmek amacı ile en sık kullanılan tadil edici oksittir. Sahip olduğu akışkanlık kazandırma özelliğine özel bir terim olarak "flask oluşturucu" (ergitici) denilir. Bu nedenle soda ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) bir "flask" maddesi olarak anılır. Ergime derecesini düşürmenin yanı sıra soda, camın kimyasal dayanıklılığını azaltır, ısıl genleşme katsayısını artırır.



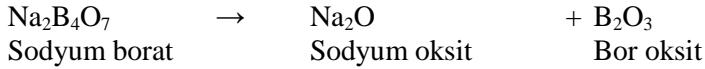
Sodyum oksidi sağlayan temel ham madde sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) veya genellikle söylendięi Őekli ile sodadır.



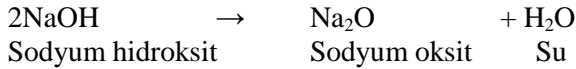
Sodyum sülfat, kalsiyum sülfatın kullanımına benzer biçimde küçük miktarlarda oksidasyon ve afinasyon amacı ile kullanılabilir.



Sodyum sülfat küçük miktarlarda kullanılır fakat reaksiyon denkleminde görüldüğü üzere cama sodyum oksitte verir. Sodyum borat (boraks anhidrit –  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) cama bor oksit ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) vermesi amacıyla kullanılır. Tabi bu arada bir miktar sodyum oksitte verir.



Sodyum hidroksit (kostik soda –  $\text{NaOH}$ ) küçük miktarlarda kullanılabilir, çünkü karıştırılan harmanı tozumaya karşı bir arada tutucu (ıslatma) özelliği de vardır. Bu arada cama sodyum oksitte kazandırır.



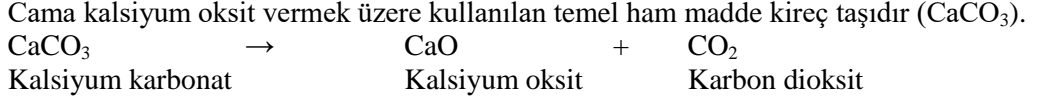
Sodyum nitrat ( $\text{NaNO}_3$ ) küçük miktarlarda ilave edilen bir oksidasyon maddesidir ve aynı zamanda cama sodyum oksitte verir.

Sodyum oksitin en yaygın olarak bilinen kaynakları sodyum karbonat, sodyum sülfat ve sodyum nitratır. Sodyum sülfat ve sodyum nitrat esas olarak ergime ve afinasyonu kolaylaştırmak amacı ile kullanılır.

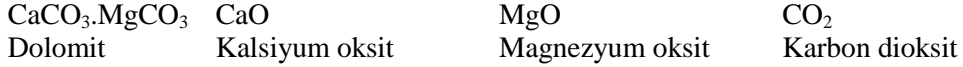
Sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) genellikle soda olarak adlandırılır. Bu ham madde soda-kireç-silis camlarının ana ham maddelerinden biridir. Üretilen ton başına cam içinde en pahalı olan ham maddedir. Sodyum karbonat tabiatta doğal olarak bulunabildiği gibi sentetik olarak Solvay metodu ile de üretilir. Solvay prosesinde tuz çözeltisi, sodyum bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) vermek üzere amonyak ve karbondioksit ile reaksiyona girer. Elde edilen sodyum bikarbonatın kontrollü olarak ısıtılması ve prosese tabi tutulması ile hafif veya ağır soda üretmek mümkün olmaktadır. Cam yapımında tercih edilen, tane iriliği nedeni ile daha az tozuma yapan granüle tipte ağır soda olanıdır. Ülkemizin tek sentetik soda üretim fabrikası Őiřecam bünyesinde Mersin’de faaliyet gösteren Soda Sanayii AŐ’dır.

## 2.4. Kalsiyum Oksit

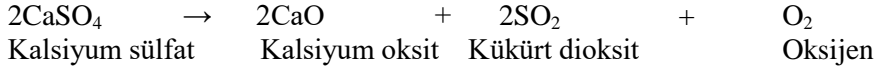
Tadil edici bir oksittir, ergime sıcaklığını yükseltir, çalışma aralığını daraltır, kimyasal dayanıklılığı artırır, suya karşı dayanıklılığını artırır, camın mekanik dayanıklılığını artırdığı gibi makineyle şekillendirmede olumlu etki yapar. Fakat genellikle camın devitrifikasyon eğilimini yükseltir.



Kireçtaşından kalsiyum oksit eldesi zor ve pahalı olduğu için çok tercih edilmez. Kalsiyum oksit temini için daha çok dolomit (mermer) kullanılır. Dolomit kalsiyum oksidin yanı sıra magnezyum oksit temini içinde kullanılır.



Kalsiyum sülfat ham madde olarak kullanılabilir ve hem oksidasyon hem de afinasyon maddesi olarak değerlendirilebilir. Kalsiyum sülfat kullanımında bu ana nedenler dışında bir ek neden de cama kalsiyum oksit vermesidir.



Kükürt dioksit ve oksijen cam ergitme prosesi esnasında diğer bileşiklerle reaksiyona girebilir.

Kireçtaşı soda-kireç-silis cam harmanında diğer önemli girdilerden biri olup, kalsiyum karbonattan (CaCO<sub>3</sub>) oluşmuştur. Kireçtaşı, Kırklareli-Kapaklı bölgesinden açık ocak yöntemiyle üretilmektedir. Kireçtaşı üzerinde örtü tabakası olmayıp yüzyededir. Kireçtaşında delikler açılır, bu delikler patlayıcı madde ile doldurulup, atım yaptıktan sonra çıkan kalker öğütme tesislerinde stoklanır. Buradaki tesislerde yıkama, kırma, eleme işlemlerinden geçirildikten sonra, tane ebadı -2 mm ile +0,074 mm ebadı arasına (tane iriliği 2,0 mm elek altı, 0,074 mm elek üstü) getirilen kireçtaşı kapalı silolarda stoklanır. Rutubet %1 max. olarak fabrikalara sevk edilir. Kum ve feldspatta olduğu gibi kireç taşında da kimyasal ve fiziksel özellikler çok önemlidir.

Dolomit cam harmanında önemli girdilerden biri olup, kalsiyum ve magnezyum karbonattan (CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>) oluşmuştur. Dolomit, Marmara adası ve Kırklareli Kapaklı bölgesinden açık ocak şekilde üretilmektedir. Dolomit üzerinde örtü tabakası olup, dekapaj yapılmaktadır. Buradaki tesislerde yıkama, kırma, eleme işlemlerinden geçirildikten sonra, tane ebadı -2 mm - +0,074 mm ebadı arasına (tane iriliği 2,0 mm elek altı, 0,074 mm elek üstü) getirilir ve kapalı silolarda stoklanır. Rutubet %1 max. olarak fabrikalara sevk edilir.

## 2.5. Potasyum Oksit

Sodaya benzer biçimde tadil edici bir oksittir, soda kadar olmasa da flaks oluşturuca bir oksittir, camın viskozitesini artırır ve genellikle kristal cam yapımında kullanılır. Potasyum iyonunun çapı, sodyum iyon çapına göre daha büyük olduğu için cam içindeki hareketliliği de azaltır. Bu nedenle potasyumlu camların çalışma aralığı daha geniş, elektrik iletkenliği düşüktür. Sodyum oksit yerine tamamen potasyum oksit kullanıldığında camın ergitilmesi güçleşir. En iyi sonuç sodyum oksit ve potasyum oksidin bir arada bulunduğu şartlarda elde edilmiştir. Bu oksit, PbO ile birlikte veya tek başına kristal camlarında kullanılır.

Potasyum oksit, sodyum oksitte olduğu gibi karbonat formunda yani potasyum karbonat ( $K_2CO_3$ ) olarak harmana girer. Cama, oksidasyon maddeleri olarak kullanılan bikarbonat ( $KHCO_3$ ) ve potasyum nitrat ( $KNO_3$ ) hâlinde de verilebilir.

Potasyum oksidin en büyük ham madde kaynağı potasyum karbonattır. Bir miktar potasyum oksit, potasyumlu feldspattan ( $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ ) da gelmektedir. Genellikle potas olarak isimlendirilen potasyum karbonat Batı Avrupa'da genellikle tabii olarak bulunan potasyum klorür (KCl) rezervlerinden elde edilir. Kalsine ve hidrate formlarda satışı sunulur. Kalsine potas havadan % 1-2 oranında rutubet çeker, yüzeyi önce ufalanır daha sonra yapışkan bir hâl alır. Bu nedenle atmosferik şartlardan ve diğer rutubet unsurlarından korunmalıdır. Cam yapımcılarının kullandığı potas  $K_2CO_3.3H_2O$  veya kristal potas çok daha az rutubet kapar fakat yine de ağzı kapalı olarak satılır ve nakledilir. Ticari kalitedeki potas safsızlık olarak potasyum klorür ve çok az  $Fe_2O_3$  içerir.

## 2.6. Kurşun Oksit

Kurşun oksit, optik camlarda, elektrik endüstrisi camlarında ve mutfak gereçlerinde yaygın olarak kullanılır. Kurşun oksit, camın kırılma indisini yükseltir. Bu kristal camının pırılmalı olmasının bir nedenidir. Aynı zamanda camın elle şekillendirilmesini daha kolay hâle getirir, ergime sıcaklığını düşürür, çalışma aralığını genişletir ve kesme, parlatma işlemleri için daha yumuşak bir cam oluşturur. Bunun sonucunda; kristal cam adı verilen ve ışığı çok iyi yansıtan parlak cam elde edilir. Aracı oksitlerden biridir. Kurşun oksidin cam içinde özel bir durumu vardır. Sadece PbO ve  $SiO_2$ 'den oluşan ikili sistemlerde çok yüksek oranlarda (yaklaşık % 80 mol) PbO içeren camlar kolayca oluşturulabilir. Kurşun iyonlarının silis tetrahedralarının köşe oksijenleri arasında köprü oluşturacak camın ağ yapısına katılabileceği düşünülmektedir. Bu, camın daha düşük sıcaklıklarda ergitilmesini ve rahat işlenebilmesini sağlar.

Genellikle kırmızı kurşun ( $Pb_3O_4$ ) formunda temin edilir. Kırmızı kurşun toz hâlinde bir maddedir ve bu madde ile işlem yapılırken veya taşınırken son derece dikkatli olunmalıdır. Kurşun oksit aynı zamanda kurşun monosilikat olarak ön üretimi yapılmış hâle de temin edilebilir. Tipik bir kompozisyon %85 PbO, % 15  $SiO_2$  içerir. Litarj (PbO)'da aynı zamanda bir kurşun kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Cam yapımında kurşun oksidin ana kaynağı kırmızı kurşundur fakat litarj ve kurşun silikatlar da kullanılır. Kırmızı kurşun, kurşunun  $Pb_3O_4$  formül yapısına sahip oksit bileşiğidir.  $PbO$  formuna kıyasla daha fazla oksit içermektedir ve bu, cam yapımında elverişli bir durumdur. Kırmızı kurşun, ergimiş kurşunun kontrollü şekilde oksidasyonu ile elde edilir. Sağlık sorunlar yaratabilir, toksiktir ve ince tane iriliği nedeni ile havada toz hâlinde kalma eğilimindedir ve nakil araçlarına, giysilere bulaşabilir. Tozuma problemini önlemek için, kırmızı kurşunun yağ ile nemlendirilmesi yoluna gidilebilir.

Litarj kurşunun sarı renkli ve  $PbO$  formül yapısına sahip oksijen bileşiğidir. Kurşun silikatlar, kurşunla silisin oluşturduğu bileşiklerdir ve çok çeşitli kimyasal pozisyonlarda bulunabilirler. Tribazik kurşun silikat  $3PbO.SiO_2$ 'dir. Kurşun monosilikat  $PbO.SiO_2$  ve  $2PbO.SiO_2$  karışımıdır. Bu kurşun silikatlar granüle yapıdadır ve tozmaları kırmızı kurşuna kıyasla çok daha azdır. Ergime sıcaklıkları düşüktür ve kırmızı kurşuna oranla fırın atmosferine daha az kayıp verdikleri bilinmektedir. Belli ölçüde kristal cam yapımında kullanılmıştır.

## 2.7. Bor Oksit

Bor oksit, ısıl genleşme katsayısının düşük olması istenen camlarda kullanılır. Bu durum fırın kaplarında ve diğer pek çok özel cam türünde istenen bir özelliktir. Bor, işlem sırasında ergimeyi ve camlaşmayı kolaylaştırdığı gibi katılaşmış camda rengi de kararlı kılar. Parlaklığı, yansımaya ve çizilmeye karşı dayanımı artırır. Camı asitlere karşı duyarsız hâle getirir. Soda kireç camlarına az miktarda bor oksit ilavesi camın ergitilmesi ve işlenebilirliğine önemli katkıda bulunur. Cam yünü bileşimine bor oksit ilavesi; ergime sıcaklığını düşürür, kristalleşme eğilimini azaltır, daha uzun süre yün boyu eldesi sağlar ve suya dayanımı iyileştirir.  $B_2O_3$  ikinci en önemli cam yapıcı oksittir.

Bor oksit temin etmek amacı ile kullanılan iki ham madde anhidrit boraks (sodyum borat –  $Na_2B_4O_7$ ) ve borik asit ( $H_3BO_3$ )'tir. Sadece boroksit miktarının değiştirilmesi istendiği durumda, miktarı değiştirilecek madde borik asittir. Sodyum borat, boraks anhidrit ( $Na_2B_4O_7$ ) veya boraks ( $Na_2B_4O_7.10H_2O$ ) hâlinde iki formda bulunur. Kolemanit (kalsiyum borat –  $Ca_3B_6O_{11}.5H_2O$ ) gibi tabii hâlde bulunan mineraller cam elyaf üretiminde kullanılır.

Borosilikat camların yapımında kullanılan bor oksidin ana kaynağı borik asittir. Yüksek miktarlarda sodyum oksitin kullanımı tolere edilebilirse bu durumda bor oksit kaynağı boraksdır. Cam laboratuvar eşyası veya ısıya dayanıklı ev eşyası yapımında kullanılan borosilikat camlar için bor oksit ve sodyum oksidi doğru oranlarda elde etmek üzere borik asit ve boraks karışımı kullanılır. Bir diğer bor oksit kaynağı ise kolemanittir.

Boraks, sodyum tetraborattır ve anhidrit ( $Na_2B_4O_7$ ) veya hidrate ( $Na_2B_4O_7.10H_2O$ ) formlarında bulunur. Dünyadaki en önemli büyük boraks yatakları A.B.D. ve ülkemizde bulunur. Bunlar sodyum ve kalsiyum boratlar ile magnezyum kloro borat içerirler ve su ile ekstrakte edilirler. Kristallenmede birincil ürün borakstır.

Kolemanit minerali kalsiyum borattır ( $Ca_3B_6O_{11}.5H_2O$ ). Bor oksidin yanı sıra yüksek oranda kalsiyum içermesi gereken cam elyaf üretiminde kullanılır.

Borik asit,  $H_3BO_3$  formülüne sahip olup, gerçekte hidrate olmuş bor oksittir ( $B_2O_3 \cdot 3H_2O$ ). Kolemanit ve boraks sülfürik asit ile borik asit vermek üzere reaksiyona sokulur. Borik asit daha sonra kristallendirilerek, santrifüjlenir, yıkanır ve saf ürün olarak kurutulur.

## 2.8. Magnezyum Oksit

Magnezyum oksit ( $MgO$ ) yüksek sıcaklıkta ( $2800\text{ }^\circ C$ ) eriyen bir oksittir. Suda hafifçe, asitlerde tamamen çözünür. Magnezyum oksit, magnezyum karbonat ( $MgCO_3$ ), magnezyum sülfat ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ), dolomit ( $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ), talk ( $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ ) ve deniz suyundan elde edilir. Cam üretiminde  $MgO$  çoğunlukla dolomitten temin edilmektedir.

$MgO$  cama kalsiyum oksit gibi etki eder, ancak kalsiyum oksitte olduğu gibi devitrifikasyon eğilimi yoktur. Fakat camın viskozitesini  $CaO$ 'e nazaran daha fazla artırır, buna bağlı olarak çabuk katılaşma özelliği kazandırır. Düz cam imalatında camın kristallenme eğilimine karşı bileşime belli oranda  $MgO$  ilave edilir.  $MgO$  camın sıvılaşma sıcaklığını bir miktar düşürürken kristal büyüme hızını büyük oranda yavaşlatır. Aynı zamanda camın atmosferik etkilere karşı direncini artırır. Şişe üretiminde çabuk katılaşan  $MgO$ 'li camlar kullanılır.  $MgO$  harmanının ergime sıcaklığını düşürür ve ürüne parlaklık kazandırır.

Magnezyum oksit ( $MgO$ ) harmana genellikle dolomit ( $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ ) olarak verilir. Dolomit cama  $MgO$  verirken aynı zamanda  $CaO$ 'de sağlar.

## 2.9. Baryum Oksit

Baryum oksit ( $BaO$ ), baryum karbonat ( $BaCO_3$ ), baryum sülfat veya barit ( $BaSO_4$ ), ve baryum silikattan ( $BaO \cdot SiO_2$ ) alınır.  $BaO$  camın yoğunluğunu, kırılma indisini artırır. Özellikleri yönünden daha çok kurşun okside benzer. Alkaliler dışında, kurşun oksit hariç akışkanlaştırıcı özellik gösteren tek ucuz bazik asittir. Genleşme kat sayısı kurşun oksitle aynıdır, elektrik iletkenliği yakındır.  $BaO$  cama parlaklık verir. Camın kimyasal dayanımını artırmada aynı grupta bulunan  $CaO$  kadar etkili değildir. Cam bileşiminde alkalilerin yerine  $BaO$  girdiğinde camın kimyasal dayanımı yükselir. Kurşunlu camlara göre baryumlu camların sertliği daha fazladır. Her ne kadar  $BaO$  oranı % 40'ı aştığı zaman, kurşunlu camlarda olduğu gibi renkte sararma gözlenebilirse de ergitme sırasında redoks koşullarından etkilenmez. Pota ve tank fırınlarında kolayca ergitilebilen baryumlu camlar ateşte parlatma işlemine de tabi tutulabilir. Yalnız kristallenme eğilimi kurşunlu camlardan daha fazladır.

Baryum oksit daha çok pres camların, parfümeri ve optik camların eldesinde kullanılır. Ekranın parlaklığını artırdığından ve röntgen ışınlarına karşı bir engel oluşturduğundan dolayı siyah-beyaz ve renkli TV tüpü üretiminde kullanılmaktadır.

## 2.10. Demir Oksit

Demir oksit iki ve üç değerlikli demir iyonu içerebilen oksittir. FeO, iki değerli demir iyonu ile oluşan ferro oksittir. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üç değerli demir iyonuyla oluşan ferrikoksittir (hematit). Cam ham maddelerinde demir oksit miktarının mümkün olan en düşük seviyede bulunması istenir; çünkü demir oksit, iki veya üç değerli demir iyonu miktarına bağlı olarak camın sarıdan yeşile, maviye kadar farklı renklerde renklenmesine sebep olur.

Bu anlatılan oksitler dışında cam bileşiminde kullanılan oksitler ve görevleri kısaca şöyle özetlenebilir:

Fosfor penta oksit (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)  
Lityum oksit (Li<sub>2</sub>O)  
Zirkonyum oksit (ZrO<sub>2</sub>)  
Kalay oksit (SnO<sub>2</sub>)  
Titan oksit (TiO<sub>2</sub>)  
Stronsiyum karbonat (SrCO<sub>3</sub>)

Fosfor pentaoksit saf hâlde kullanılır. Soda-kireç camlarında opaklaştırıcı rol oynar. Cam bileşiminde lityum karbonat (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ilavesi, lityum oksit sağlar. Lityum oksit akışkanlaştırıcıdır. Bilhassa özel camların üretiminde tercih edilir. Na<sub>2</sub>O yerine kullanıldığı zaman camın ergitilmesi güçleşir. En iyi sonuç ikisinin birlikte bulunmasıyla sağlanır. TV tüpü yapımında; lityum oksitten, ergime sıcaklığını düşürmek, şekillendirme özelliklerini ve ürün kalitesini iyileştirmek için faydalanılır. Cam elyaf üretiminde ise viskoziteyi düşürerek elyaf üretiminin sürekliliğini geliştirir. Emniyet camlarının dayanımını artırır. Özel şişe üretiminde; şekillendirme kolaylığı, daha iyi ürün görüntüsü ve dayanım sağlamak için cam bileşimine ilave edilir.

Zirkonyum oksit, zirkondan (ZrO<sub>2</sub>.SiO<sub>2</sub>) alınır. Camda viskoziteyi artırıcı rol oynar, kimyasal dayanımı iyileştirir. Titan oksit, camlarda yüksek kırılma indisi sağlar. Bu yönüyle özellikle optik camlarda kullanılır.

Stronsiyum karbonatın, BaO gibi etkisi vardır. Özellikle, yüksek voltajlı renkli TV tüplerinde X ışınını emici etkisi nedeniyle kullanılmaktadır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını okuyup camı oluşturan oksitleri, cam bileşimindeki görevlerini ve temin edildikleri ham maddelerin araştırmasını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Camın kimyasal kompozisyonunu oluşturan temel oksitleri araştırınız.</li><li>➤ Oksitlerin cam bileşimindeki görevlerini araştırınız.</li><li>➤ Camı oluşturan oksitlerin hangi ham maddelerden temin edildiğini araştırınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Size en yakın kütüphanelerin açık adresini ve yerini öğreniniz.</li><li>➤ Kütüphanedeki görevli memurlardan aradığınız konunun hangi bölüm ve numaralarda kayıtlı olduğu hakkında bilgi ediniz.</li><li>➤ Cama camsı özelliğini katan oksidi araştırınız.</li><li>➤ Kullanım alanlarına göre camın kimyasal bileşimine katılan oksitleri ve bileşimdeki görevlerini araştırınız.</li><li>➤ Oksitlerin hangi ham maddelerden nasıl temin edildiğini araştırınız.</li><li>➤ Alanınızla ilgili üniversitelerde yapılmış tezleri inceleyiniz.</li><li>➤ Yaptığınız araştırmaları sınıftaki arkadaşlarınızla paylaşarak tartışınız.</li><li>➤ Yaptığınız araştırmaları dosyalayarak kendinize bir kaynak oluşturunuz.</li></ul>

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Camın kimyasal kompozisyonunu oluşturan oksitleri kaç grupta toplayabileceğinizi biliyor musunuz?		
2. Cam bileşimini oluşturan ana oksitleri sıralayabiliyor musunuz?		
3. Her bir oksidin cam bileşimindeki görevini açıklayabiliyor musunuz?		
4. Her bir oksidin hangi ham maddelerden nasıl elde edildiğini biliyor musunuz?		
5. Cam ham maddelerinin hangi formlarda bulunduğunu ve hangi özellikleri taşıması gerektiğini biliyor musunuz?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınızı “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıda kimyasal formülleri verilen oksitlerden hangisi cam yapıcı oksitler içerisinde yeralmaz?  
A)  $\text{SiO}_2$  C)  $\text{Al}_2\text{O}_3$   
B)  $\text{B}_2\text{O}_3$  D)  $\text{P}_2\text{O}_5$
2. Camdaki demir kirlenmesine verilen isim aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Afinasyon C) Devitrifikasyon  
B) Homojenizasyon D) Kontaminasyon
3. Aşağıdaki oksitlerden hangisi tadil edici oksitler içerisinde yer almaz?  
A)  $\text{Na}_2\text{O}$  C)  $\text{K}_2\text{O}$   
B)  $\text{CaO}$  D)  $\text{B}_2\text{O}_3$

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

4. .... soda-kireç-silis camlarının çoğuna küçük miktarlarda kimyasal dayanıklılığı artırmak üzere ilave edilir.
5. .... en önemli ısıya dayanıklı camlarda, kompozisyonun yaklaşık % 12'sini oluşturan cam yapıcı bir oksittir?
6. ....aynen soda-kireç-silis camlarındaki sodyum oksit gibi kurşun kristal camların ana tadil edici oksididir.

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

7. ( ) Bütün camlar sadece bir tane cam yapıcı oksit içerir.
8. ( ) Alüminyum oksit camın ergime derecesini düşürür.
9. ( ) Camda kullanılan ham maddeler daima oksit formunda bulunur.
10. ( ) Silika miktarını yükseltmek camın kimyasal dayanıklılığını artırır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

Bu faaliyette verilecek bilgiler doğrultusunda uygun ortam sağlandığında; camı oluşturan yardımcı ham maddeleri ve görevlerini açıklayabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Camın kimyasal bileşiminde yer alan yardımcı ham maddelerin isimlerini araştırınız.
- Yardımcı ham maddelerin cam bileşimindeki görevlerini araştırınız. Bulduğunuz. sonuçları dosya hâline getirerek sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 3. YARDIMCI HAM MADDELER VE GÖREVLERİ

Camın kimyasal bileşimine katılan yardımcı ham maddelerin en büyük görevleri afinyasyona yardımcı olmak, ergimeye yardımcı olmak, camı renklendirmek, fırın içerisinde camın ergimesi esnasında ortamın oksidasyon seviyesini ayarlamak ve kararlı hâle getirmek, ergitme esnasında ortama su molekülleri sağlamak, tozumu engellemek vb. sayılabilir. Şimdi cam harmanına katılan yardımcı ham maddelerin hangi amaçlarla kullanıldığını inceleyelim.

### 3.1. Sülfatlar

Sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) cam harmanına ilk kez muhtemelen Leblanc metodu ile üretilen soda aracılığı ile girmiştir. Soda üretimi Solvay metodu ile yapılmaya başlanınca cam üreticileri daha önceki ergime hızlarını elde edebilmek için harmana ayrıca sülfat ilave edilmesi gerektiğini görmüşlerdir. Sodyum sülfat sentetik olarak üretilebildiği gibi, doğal olarak da mevcuttur ve sodaya oranla yüksek düzeyde demir oksit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) içerir. Sodyum sülfat, ergime, oksidasyon ve afinyasyona yardımcı olmak amacı ile cam harmanına katılır.

Baryum içeren bazı camlar, kurşunlu camlar, şişe camı ve düz camlarda baryum sülfat kullanılmıştır. Ayrıca demir oksidin sorun yaratmadığı yeşil camlarda demir sülfatlarda kullanılmıştır. Bazı sülfatların kimyasal analizi aşağıdaki Tablo 3.1'de verilmiştir.

OKSİT	SODYUM SÜLFAT Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KALSİYUM SÜLFAT CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	KALSİYUM SÜLFAT (anhidrit) CaSO <sub>4</sub>	BARYUM SÜLFAT BaSO <sub>4</sub>
Kükürt trioksit (SO <sub>3</sub> )	56.3	46.0	57.0	34.0
Sodyum oksit (Na <sub>2</sub> O)	43.6	-	0.034	-
Kalsiyum oksit (CaO)	0.3	31.8	32.0	0.08
Silisyum dioksit (SiO <sub>2</sub> )	-	1.9	-	1.6
Alüminyum oksit (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	-	-	0.04	0.05
Magnezyum oksit (MgO)	-	-	0.005	0.1
Demir oksit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.11	0.45	0.04	0.03

**Tablo 3.1: Bazı sülfatların kimyasal analizleri**

### 3.2. Nitratlar

Potasyum nitrat (KNO<sub>3</sub>) ve sodyum nitratın (NaNO<sub>3</sub>) her ikisi de ve genellikle etkilerini en üst düzeye çıkartmak için arsenik ve antimon oksitle birlikte ergimiş cama oksijen vermeleri amacı ile kullanılır. Potasyum veya sodyum nitratın kullanımı seçilen ana cam kompozisyonu ile ilişkilidir. Örneğin; kurşunlu camlarda potasyum karbonat kullanılır. Her iki nitrat bileşiği de şili güherçilesinden yeniden kristallenme yolu ile elde edilebilir. Ancak günümüzde demir içeriği düşük olacak şekilde giderek endüstriyel metotlarla üretilmektedir. (Potasyum nitrat, suda tamamen eriyen bir Potasyum bileşiğidir.” Güherçile” olarak da bilinen bileşik doğal hâlde kayalarda ve mağaralarda oluşan beyaz renkli kabuksu yapıda bulunur. Yapay üretimi Potasyum hidroksitin nitrik asit ile ya da potasyum klorürün sodyum nitratla tepkimeye girmesi sonucu gerçekleşir). Tablo 3.2’de her iki nitratın kimyasal bileşimleri verilmiştir.

BİLEŞİK	Sodyum nitrat (% ağırlık)	Potasyum nitrat (% ağırlık)
Potasyum nitrat (KNO <sub>3</sub> )	-	99.8
Su (H <sub>2</sub> O)	0.5	0.1
Sodyum nitrat (NaNO <sub>3</sub> )	98.5	-
Sodyum klorür (NaCl)	0.6	-
Sodyum sülfat (NaSO <sub>4</sub> )	0.2	-

**Tablo 3.2: Sodyum nitrat ve potasyum nitratın kimyasal bileşimleri**

### 3.3. Sodyum Klorür

Bildiğimiz tuz borosilikat camının afinasyonunda kullanılır.

### 3.4. Florürler

Opal cam yapımında kriyolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), kalsiyum florür ( $\text{CaF}_2$ ) ve sodyum siliko florür ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) gibi florür bileşikler kullanılır. Kriyolit % 94 oranında sodyum alüminyum florürdür ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), % 97 oranında kalsiyum florürdür ( $\text{CaF}_2$ ).

### 3.5. Çinko Oksit

Çinko oksit, cam yapımında camın kimyasal dayanıklılık açısından kayba uğramadan viskozitesinin düşürmek için kullanılır. Ayrıca rubi ve oranj renkli camlar ile opal camların önemli bir bileşimidir. Laboratuvar camı, sızdırmazlık camı ve optik camların yapımında da kullanılır. Çinko oksit genellikle beyaz ve saf hâlde (% 99.5 ZnO) olarak talep edilir.

Cam yapımında çinko karbonat ( $\text{ZnCO}_3$ ) kullanılır. Çinko oksit daha çok ısıya dayanıklı camların bileşimine girer. Camın suya karşı dayanıklılığını artırır. Özellikle borosilikat camlarının habelerden (kabarcıklardan) arındırılmasında kullanılır. Isıl genleşme kat sayısını düşürmesi sonucu ısıl şoklara dirençli cam ürünler elde edilir.

### 3.6. Antimon ve Arsenik Oksitler

Bu bileşikler, bazı camlarda genellikle oksijen kaynağı nitratlarla birlikte afinasyon maddesi olarak kullanılır. Arsenik ve antimon oksitler maden filizlerinden elde edildikten sonra saflaştırılmış hâlde kullanılırlar.

### 3.7. Cam Renklendirici Oksitler

Cama renk vermeleri amacı ile harmana ilave edilen ham maddelerdir. Temel renklendirici oksitler, bir sıvıda çözüldüğünde kendi karakteristik rengini veren belli bir grup metalin bileşikleridir. Aşağıda soldaki sütunda cama renk veren metalin ismi, sağda ise bu metallerin soda-kireç-silis camlarında verdikleri renk veya renkler gösterilmiştir.

Demir	yeşil veya sarımsı yeşil
Bakır	yeşilimsi mavi
Nikel	dumanlı gri
Krom	yeşil
Manganez	mor
Kobalt	mavi / menekşe

Bunlar bir başka cam türünde farklı renk verebilirler. Örneğin, nikel kurşunlu camlarda koyu mor bir renk oluşturur. Bazı durumlarda örneğin demir bileşiklerinde olduğu gibi birden fazla renk meydana gelebilir. Renk demirin değerliğine bağlıdır. Demir +3 değerlikli olduğunda renk sarımsı yeşildir. Şayet +2 değerlikli ise (diğer bir ifade ile oksidasyona uğramışsa) renk mavimsi yeşildir.

Renk, ana cam kompozisyonundan etkilenmenin yanı sıra camın oksidasyon seviyesinden, ergitme sıcaklığından ve ergime süresinden de etkilenir.

Renklendiricinin bir diğer önemli özelliği de yaratılan rengin yoğunluğudur. Renklendirici miktarı camda veya çözücü sıvıda artırıldığında renk de o kadar yoğunlaşır (koyulaşır). Suya iki üç damla mürekkep damlattığınızı düşünün. Su, mürekkebin rengine dönüşecek fakat renk çok açık olacaktır. Beş altı damla daha ilave edin renk koyulaşacak ancak göreceli olarak mürekkebe kıyasla yine açık kalacaktır. Yine beş altı damla daha koyarsanız suyun rengi daha koyulaşacaktır. Camda renklendirici oksitleri karıştırarak farklı renk ve tonlar da elde edebilirsiniz. Örneğin, Kobalt (mavi) + Nikel (gri) bazen televizyon camlarının gri mavi renk tonunu elde etmek üzere karıştırılır.

Bazı kimyasal maddeler ise renklendiriciler harmana katıldığında iyi bir karışım ve dağılım elde edilebilmesine yardımcı olması amacı ile kullanılır. Tablo 3.3'te bazı renklendiriciler ve camın oksidasyon durumuna göre elde edilen renkler ile bu amaçla cama hangi oksidin katıldığı görülmektedir.

HAM MADDE	RENKLENDİRİCİ	CAM OKSİDASYON SEVİYESİ	
		YÜKSELTGENMİŞ	İNDİRGENMİŞ
Kobalt oksit	Kobalt oksit ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ )	Mavi / mor	Mavi / mor
Krom oksit	Krom oksit ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )	Sarı / yeşil	Zümrüt yeşili
Potasyum dikromat		Kurşun camında sarı	
Sodyum dikromat			
Bakır oksit	Bakır oksitler ( $\text{CuO}$ )	Mavi / yeşil	Mavi / yeşil
Bakır sülfat	( $\text{Cu}_2\text{O}$ )	Mavi / yeşil	Rubi
Bakır karbonat			
Demir oksit	Demir oksitler		
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ (hematit)	( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	Sarı / yeşil	-
$\text{Fe}_3\text{O}_4$	( $\text{FeO}$ )	-	Mavi / yeşil
Nikel oksit	Nikel oksit ( $\text{Ni}_2\text{O}_3$ )	Potas camında mor	Potas camında mor
$\text{NiO}$ – yeşil		Soda camında bal	Soda camında bal
$\text{Ni}_2\text{O}_3$ - siyah			
Florspar, Kriyolit	Floritler	Beyaz opal	Beyaz opal
Sodyum silika,			
Florid			
Selenyum	Selenyum (Se)	Pembe	Pembe / bal

**Tablo 3.3: Cam renklendiriciler**

Şimdi günlük hayatımızda en çok kullandığımız renkli camların kullanım alanlarını ve hangi oksitlerden elde edildiğini inceleyelim.

### 3.7.1. Yeşil Renkli Camı Oluşturan Renklendirici Oksitler

Yeşil cam genellikle alkollü içecek şişelerinde kullanılır. Bunlara, eğer dikkatli bakarsanız düşünemeyeceğiniz kadar çok ton farklılığına sahip olduklarını görürsünüz. Camda yeşil renk demir, krom ve kobaltın bir kombinasyonudur. Krom ve kobalt yoğun renk verirler ve bileşik hâlinde harmana ilave edilirler. Demir ise genellikle pek çok ham maddede gayri safiyet olarak bulunur. Ancak demir de belli bir yeşil tonu elde etmek için

harmana bir bileşigi hâlinde ayrıca ilave edilebilir. Okside olmuş demir, (yüksek değerliğe sahiptir) yeşile sarımsı bir ton kazandırır. Kobalt ise yeşil cama mavimsi bir renk verir.

### 3.7.2. Siyah Renkli Camı Oluşturan Renklendirici Oksitler

Siyah cam; krom, manganez, kobalt gibi yoğun renk veren oksitlerin ışığın çok az miktarda geçmesine müsaade edecek şekilde yoğun konsantrasyonlarda cam harmanına ilave edilmesi ile elde edilir.

### 3.7.3. Opal Camı Oluşturan Renklendirici Oksitler

Opal cam süt görünümlü camlara verilen isimdir. Süt, görüntüsünü sıvı içinde asılı duran çok küçük yağ damlacıklarına borçludur. Bu damlacıklar ışığı dağıtır veya yansıtır, bunun sonucu sütün beyaz renk görünümü oluşur. Benzer biçimde opal camlarda bir camın içinde diğer bir cam çok küçük damlacıklar hâlinde veya fevkalade küçük kristal oluşumları meydana gelmiştir. Sözü edilen birinci tip opal cam fosfatlarla elde edilir. Örneğin; kalsiyum fosfat  $Ca_3(PO_4)_2$ . İkinci tip, örneğin florspar (kalsiyum florid  $CaF_2$ ) veya kriyolit (sodyum alümina florid -  $Na_3AlF_6$ ) gibi floridlerin ilavesi ile elde edilir.

### 3.7.4. Rubi Renkli Camları Oluşturan Renklendirici Oksitler

Rubi camları ve diğer bazı renkli camlar daha önce sözü edilen renklendirici oksitlerin çeşitli kombinasyonlarda kullanılması ile elde edilir. Rubi camlarının rengi selenyum ve kadmiyum sülfür, bakır oksit ve hatta altın klorür kombinasyonu ile oluşturulabilir. Bu renkler çıplak gözle görülemeyen ve camın soğutulması esnasında kristallenen küçük partiküller (parçacıklar) neticesinde meydana gelir. Bu tip camlar, genellikle sinyal camlarında ve dekoratif amaçların yanı sıra sarı, turuncu, kırmızı renk aralığında fotoğrafik filtrelerin yapımında kullanılırlar.

### 3.7.5. Bal Rengi Camları Oluşturan Renklendirici Oksitler

Bal rengi camlar en popüler ticari camlardan biridir. Alkollü içecek ve ecza şişeleri yapımında kullanılır. Renk, cam indirgenmiş bir durumda iken demir polisülfidlerin oluşumu ile elde edilir. Bu amaçla harmana karbon, kükürt ve demir katılır.

## 3.8. Yüksek Fırın Cürufu

Cam harmanına alüminyum kaynağı olarak ilave edilmese de belli bir cam kompozisyonuna ulaşmak ve bunu kararlı bir şekilde sürdürebilmek için yüksek fırın cürufu kullanılıyor ise bu ham maddeden gelecek alüminyum oksidin de dikkate alınması gerekir. Yüksek fırın cürufu cam yapımında kullanılan bir yan üründür. Bu ham madde çoğu cam yapımcıları tarafından ergime ve afinyonu kolaylaştırmak amacı ile kullanılır. Şişe yapımında kullanılan cam harmanlarına kum ağırlığının onda biri seviyesine kadar ilave edilebilir ve böylelikle alümina ve alkali oksit temini için diğer ham maddelere duyulan gereksinim azaltılabilir. Cam elyaf üretiminde yüksek fırın cürufu kullanımı harman ağırlığının % 25'ine kadar yükseltilebilir.

Tablo 3.4'te yüksek fırın cürufu için tipik bir kimyasal analiz verilmektedir. Yurt dışında bu ürünü pazarlayan kuruluşların teminat verdikleri standart analizleri vardır.

OKSİTİN ADI	KİMYASAL FORMÜLÜ	%
Silisyum dioksit	SiO <sub>2</sub>	35,50
Alüminyum oksit	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,75
Sodyum oksit	Na <sub>2</sub> O	0,40
Potasyum oksit	K <sub>2</sub> O	0,60
Kalsiyum oksit	CaO	42,00
Magnezyum oksit	MgO	6,00
Demir oksit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,25
Mangan oksit	MnO	0,50
Titan oksit	TiO <sub>2</sub>	1,00
Kükürt	S	1,00

Tablo 3.4: Yüksek fırın cürufunun kimyasal analizi

### 3.9. Cam Kırığı

Cam üretiminde kullanılan en önemli ham maddelerden biridir. Cam kırığı genellikle fabrikanın kendi üretim prosesinde, örneğin; ayırımı yapılan hatalı mamullerden veya cam ürünlerini, ev yaşantısı veya diğer endüstrilerde kullananlardan geri dönen kırıklardan sağlanır. Diğer ham maddelerde de olduğu gibi cam kırığının kaynağının ve kompozisyonunun bilinmesi önemlidir. Burada tabiidir ki üretim ve ayırma işlemlerinde ortaya çıkan fabrikanın kendi cam kırığının ne olduğu bilinir. Fakat dışarıdan alınan cam kırığının ne olduğunun araştırılmasına ve içerdiği maddelerinin ne olduğunun bilinmesine gerek vardır.

- Teknolojik olarak cam kırığı ilavesi ergimeye yardım eder.
- Fırına ilk yol verilmesi anında fırın cam kırığı ile doldurulur.
- Iskarta camların değerlendirilmesini sağlar.

Cam kırığı kaynakları şunlardır:

- Yabancı cam kırığı
- Atılan camlar yahut tamirdeki fırınların camları
- İmalat makinelerinden çıkan cam kırıkları
- Soğutma sonunda ayrılan ıskartalar
- Ambar kırıkları
- Müşteriden gelen cam kırıkları

Yabancı cam kırıkları hem kompozisyonlarının farklılığı, hem de temiz olmama olasılıkları nedeni ile en arzu edilmeyen kaynaklardır. Cam kırığında istenmeyen madde olarak;

- Demir parçaları (çivi, soğutma teli, kapak),
- Organik maddeler (içerdikleri karbon dolayısıyla istenmez.),
- Alüminyum kapsüller (küçük siyah silikon taşıma sebep olur.) sayılabilir.

Yabancı cam kırıkları temiz olmamaları nedeniyle cam kırığı tesisinde yıkama prosesinden geçirilir. Bu proses akım şemasına göre şöyledir; Dışarıdan toplanan cam kırığı stok sahasına alınır. Ayıklama konveyörü, mıknatıslı ayırıcı, kırıcı, titreşimli elek, metal kapak ve mantar için siklon ayırıcı, tambur yıkayıcı ve 0.5 mm elek ve elle triyajdan (ayırmadan) geçirilen cam kırığı silolarda toplanır. Kırılmış ve yıkanmış cam kırığı ebadı, -20 mm ile + 0.5 mm arasındadır (20 mm elek altı, 0.5 mm elek üstü).

Bazı durumlarda örneğin; şişe ve cam ev eşyası gibi ürünlerin cam kırıklarında emaye baskı boya bulunabilir. Bu durumda cam kırığının, ergitilmekte olan cam rengi üzerinde olumsuz bir etki yaratmayacak şekilde denetim altında tutulması önemlidir.

Renkli ve opal camların eldesinde, çok miktarda mavi ve siyah baskı boyaları kullanılmamış ise üzerinde baskı boyası bulunan cam kırığı kullanmanın sakıncası yoktur.

Dikkat edilmesi gereken diğer bir faktör de, bal rengi cam gibi hassas camlarda cam kırığı aracılığı ile ergimiş camın oksidasyon/redüksiyon dengesinin bozulmamasıdır. Aksi takdirde ciddi kalite problemleri yaşanabilir.

Cam kırığı hazırlama prosesi aşağıdaki yollarla gerçekleşir:

- Renksiz, yeşil veya bal rengi cam bunkerden sisteme beslenir.
- Metalik malzemeler, manyetik seperatörlerle dışarıya alınır.
- Yabancı maddeler, taşlar ve değişik renkteki camlar elle ayıklanır.
- Şişeler mekanik olarak kırılır bu şekilde hâlâ şişe üstünde olan kapakların serbest hâle gelmesi sağlanır.
- Cam kırıkları 15 mm'lik bir sarsak elekten geçirilerek ince partiküllerin ayrılması sağlanır.
- Plastik veya alüminyum kapaklar vakum sistemi emilir.
- 25 mm'lik sarsak elek, geride kalan hurdaları ayırır.
- Tüm metalik malzemelerin ayrılmasını sağlamak için temizlenmiş ve tane iriliği ayarlanmış cam kırığı tekrar bir manyetik seperatörden geçirilir.
- Sonunda cam kırığı elevatör ve konveyör sistemi yoluyla dağıtım için stok alanına gönderilir.



## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını okuyup camı oluşturan yardımcı ham maddeleri ve görevlerini araştırmasını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Camın kimyasal kompozisyonuna katılan yardımcı ham maddeleri araştırınız.</li><li>➤ Yardımcı ham maddelerin nasıl temin edildiklerini araştırınız.</li><li>➤ Yardımcı ham maddelerin cam bileşimindeki görevlerini araştırınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Size en yakın kütüphanelerin açık adresini ve yerini öğreniniz.</li><li>➤ Kütüphanedeki görevli memurlardan aradığınız konunun hangi bölüm ve numaralarda kayıtlı olduğu hakkında bilgi ediniz.</li><li>➤ Cam harmanına katılan yardımcı ham maddelerin isimlerini araştırınız.</li><li>➤ Yardımcı ham maddelerin nerelerden ve nasıl temin edildiklerini araştırınız.</li><li>➤ Yardımcı ham maddelerin cam bileşimindeki görevlerini araştırınız.</li><li>➤ Alanınızla ilgili üniversitelerde yapılmış tezleri inceleyiniz.</li><li>➤ Yaptığınız araştırmaları sınıftaki arkadaşlarınızla paylaşarak tartışınız.</li><li>➤ Yaptığınız araştırmaları dosyalayarak kendinize bir kaynak oluşturunuz.</li></ul>

### KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanmadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
Camın kimyasal kompozisyonuna katılabilecek yardımcı ham maddelerin isimlerini sayabiliyor musunuz?		
Hangi yardımcı ham maddenin hangi amaçla cam bileşimine katıldığını biliyor musunuz?		
Yardımcı ham maddelerin nasıl temin edildiklerini biliyor musunuz?		
Renklendirici oksitlerin cama verdikleri rengi ve hangi ortamlarda bu rengi verdiklerini söyleyebiliyor musunuz?		
Cam kırığının önemini ve nasıl elde edildiğini biliyor musunuz?		

### DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

- Aşağıdakilerden hangisi yardımcı ham maddelerin görevleri arasında yer almaz?  
A) Afinyona yardımcı olmak  
B) Ergimeye yardımcı olmak  
C) Camın oksidasyon seviyesini ayarlamak  
D) Cama camsı özellik vermek
- Opal cam yapımında aşağıdaki ham maddelerden hangisi kullanılır?  
A) Sülfatlar  
B) Florürler  
C) Nitratlar  
D) Klorürler
- Cam kırığının çok fazla tercih edilmemesinin sebepleri arasında aşağıdakilerden hangisi yer almaz?  
A) Üretilen cam türüyle cam kırığının kimyasal kompozisyonlarının farklı olması  
B) Cam kırığının yeterli derecede temiz olmaması  
C) Cam kırığının ergimeyi kolaylaştırması  
D) Cam kırığının demir parçaları içermesi

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

- ..... borosilikat camının afinyonunda kullanılır.
- ..... yapımında kriyolit, kalsiyum florür, sodyum florür ve sodyum siliko florür gibi florür bileşikleri kullanılır.
- ....., cam yapımında camın kimyasal dayanıklılık açısından kayba uğramadan viskozitesini düşürmek için kullanılır.  
**Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.**
- ( ) Arsenik oksit cam harmanına afinyona yardımcı olması amacı ile katılır.
- ( ) Kırılmış ve yıkanmış cam kırığının ebatları 200 mm – 100 mm arasında olmalıdır.
- ( ) Borik asit ergimeye yardımcı olmak amacı ile kullanılan bir yardımcı ham maddedir.
- ( ) Selenyum cam harmanına pembe renk vermesi amacı ile katılır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi borosilikat cam türü kompozisyonunda yer almaz?  
A) Silis C) Kurşun oksit  
B) Soda D) Alüminyum oksit
2. Aşağıdakilerden hangisi cama sağlamlık katan oksitlerden biri değildir?  
A) Silis C) Kalsiyum oksit  
B) Sodyum oksit D) Alüminyum oksit
3. Aşağıdakilerden hangisi cam üretiminde kullanılan en önemli girdilerden biri değildir?  
A) Kum C) Soda  
B) Dolomit-kuvartz D) Sır
4. Aşağıdakilerden hangisi günlük hayatımızda sıkça kullandığımız genel cam türlerinden biri değildir?  
A) E-camı C) Soda-kireç-silis camı  
B) Kurşunlu cam D) Borosilikat camı
5. Aşağıdaki oksitlerden hangisi tadil edici oksitler içerisinde yer alır?  
A) Silis C) Bor oksit  
B) Alüminyum oksit D) Sodyum oksit

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

6. Bir cam kompozisyonunda ergime derecesini düşüren, camın kimyasal dayanıklılığını azaltan, ısıl genişleme katsayısını artıran oksit ..... oksittir.
7. Camın kırılma indisini yükselten oksit ..... oksittir.
8. Camdaki demir kirlenmesine ..... denir.
9. Bir cam kompozisyonunda ergimeye yardımcı olan, çalışma aralığını daraltan, kimyasal dayanıklılığı artıran, suya karşı dayanıklılığı artıran oksit ..... oksittir.
10. .... oksitte camın dayanıklılığını artırır, fakat kireç kadar etkili değildir.
11. .... oksit ısıl genişleme katsayısının düşük olması istenen camlarda kullanılır.

12. Soda–kireç camlarında ham maddelerdeki safsızlıklar dolayısıyla oldukça az miktarlarda bulunan demir oksidin oluşturduğu istenmeyen yeşilimsi rengin maskelenmesi işlemine ..... denir.

**Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.**

13. ( ) Cam kompozisyonunda silis miktarının artırılmasının camın ergime sıcaklığını yükseltici, sağlamlığını artırıcı, kimyasallara dayanımını artırıcı ve genleşmesini düşürücü etkisi olur.
14. ( ) Alüminyum oksit; ergime sıcaklığını yükseltir, camın çalışma aralığını genişletir, kimyasal dayanıklılığı artırır, devitrifikasyon olayını engeller.
15. ( ) Herhangi bir camın temel yapısını oluşturan maddelere tadil ediciler denir.
16. ( ) Aracı maddenin rolü; camın devitrifikasyon (kristallenme) eğilimini azaltmak ve sağlamlığını artırmaktır.
17. ( ) Kalsiyum oksit cam bileşiminde tadil edici oksit olarak görev alır.
18. ( ) Cam bileşimine yardımcı ham madde olarak katılan sülfatlar, camın ergimesini zorlaştıran maddeler olarak bilinir.
19. ( ) Renk verici oksitlerin rengi camın oksidasyon durumuna göre değişebilir.
20. ( ) Cam ergitme fırınlarında daha çok, dışarıdan toplanan cam kırığı tercih edilir.

### **DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	D
3	C
4	Düşük
5	Soda-kireç-silis
6	E-Camı
7	Doğru
8	Yanlış
9	Doğru
10	Doğru

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	D
4	Alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ )
5	Bor oksit ( $B_2O_3$ )
6	Potasyum oksit ( $K_2O$ )
7	Yanlış
8	Yanlış
9	Yanlış
10	Doğru

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	B
3	C
4	Sodyum klorür
5	Opal cam
6	Çinko oksit
7	Doğru
8	Yanlış
9	Yanlış
10	Doğru

## MODÜL DEĞERLENDİRME'NİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	B
3	D
4	A
5	D
6	Sodyum
7	Kurşun
8	Kontaminasyon
9	Kalsiyum
10	Magnezyum
11	Bor
12	Renksizleştirme
13	Doğru
14	Doğru
15	Yanlış
16	Doğru
17	Doğru
18	Yanlış
19	Doğru
20	Yanlış

## KAYNAKÇA

- T.ŞiŖe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı Yayınları, İstanbul, 2007.
- **Cam Teknolojisine Giriş I**, T.ŞiŖe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Eğitim Müdürlüęü Yayınları, İstanbul, 1993.