

T.C.
MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

SERAMİK VE CAM TEKNOLOJİSİ

ÜRETİM KADEMELERİ

ANKARA 2008

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşabilir.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ -1	3
1. CAM ÜRETİM AŞAMALARINI ARAŞTIRMAK	3
1.1. Harman.....	3
1.2. Harman Hazırlanması	3
1.3. Fırınlarda Ergitme	4
1.3.1. Fırınlarda	4
1.3.2. Potalar.....	4
1.3.3. Havuz Fırın	4
1.3.4. Reverber Tipi Fırınlarda	4
1.3.5. Sürekli Ergitme Tankları	5
1.3.6. Levha Cam Üretim Fırını.....	6
1.3.7. Optik Camların Ergitilmesinde Kullanılan Tanklar.....	6
1.3.8. Elektrikli Ergitme Fırınlarda	6
1.3.9. Camın Ergitilmesi.....	6
1.4. Tavlama.....	8
UYGULAMA FAALİYETİ	9
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	10
ÖĞRENME FAALİYETİ -2	12
2. CAM HATALARINI VE TEST YÖNTEMLERİNİ ARAŞTIRMA.....	12
2.1. Gaz Kabarcıkları	12
2.2. Renk Değişimleri	12
2.3. Yüzey Çizikleri	13
2.4. Kristalleşme	13
2.5. İç Gerilmeler	13
2.6. Cihazlar ile Yapılan Çekme ve Basma Gerilimleri.....	13
2.7. Mekanik Mukavemet	14
UYGULAMA FAALİYETİ	16
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	17
ÖĞRENME FAALİYETİ -3	19
3. CAMIN BİLEŞİM VE ÜRETİM KOŞULLARINA BAĞLI ÖZELLİKLERİNİ ARAŞTIRMA	19
3.1. Camın Viskozitesi	19
3.2. Kavramlar ve Birimler	19
3.3. Karakteristik Viskozite Noktaları	19
3.4. Viskozitenin Sıcaklıkla Bileşimi.....	20
3.5. Viskozitenin Kimyasal Bileşime Bağlı Değişimi	20
3.6. Camın Yoğunluğu	20
3.7. Isıl Genleşme	21
3.8. Isı İletimi	21
3.9. Camın Mekanik Özellikleri.....	22
3.9.1. Elastik Şekil Değişimi	22
3.9.2. Plastik Şekil Değişimi.....	22
3.9.3. Anelastik Şekil Değişimi	22
3.10. Hooke (Huuk) Yasası.....	23

3.11. Elastik Modül.....	23
3.12. Poisson (Puason) Oranı.....	23
UYGULAMA FAALİYETİ	25
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	26
öğrenme faaliyeti -1.....	28
4. CAMIN FİZİKSEL VE KİMYASAL DAYANIM KOŞULLARI	28
4.1. Cam Ölçüm Yöntemleri	28
4.2. Camlarda Yorulma.....	29
4.3. Camda Kırılma ve Kırılgenlik.....	30
4.4. Kimyasal Etkileşme	32
4.6. Alkali Etkileri.....	32
4.7. Su –Asit Etkileri.....	33
4.8. Bileşim Etkileri ve Dayanıklılığın Artırılması.....	33
UYGULAMA FAALİYETİ	35
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	36
MODÜL DEĞERLENDİRME	38
CEVAP ANAHTARLARI.....	40
ÖNERİLEN KAYNAKLAR.....	42
KAYNAKLAR.....	43

AÇIKLAMALAR

MODÜLÜN KODU	543M00174
ALAN	Seramik ve Cam Teknolojisi
DAL/MESLEK	Şekillendirmeci
MODÜLÜN ADI	Üretim Kademeleri
MODÜLÜN TANIMI	Cam üretim aşamaları, cam hataları ve test yöntemleri, camın bileşimi, camın fiziksel ve kimyasal dayanım koşulları ile ilgili konuların anlatıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/
ÖN KOŞUL	Modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Uygun ortam sağlandığında tekniğine uygun olarak cam hataları ve test yöntemlerini araştırabilecek, camın bileşim ve üretim koşullarına bağlı özelliklerini, camın fiziksel ve kimyasal dayanım koşullarını araştırabileceksiniz.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile uygun ortam sağlandığında cam hataları ve test yöntemlerini araştırabilecek ve camın bileşim ve üretim koşullarına bağlı özelliklerini, camın fiziksel ve kimyasal dayanım koşullarını araştırabileceksiniz. Amaçlar 1. Cam üretim aşamalarını, cam hataları ve test yöntemlerini, camın bileşim ve üretim koşullarına bağlı özelliklerini, camın fiziksel ve kimyasal dayanım koşullarını araştırabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Yeterli ortam sıcaklığı ve yeterli aydınlatmanın sağlandığı, atölye, sınıf, işletme, internet, kütüphane vb. Donanım: Cam fırını, yazı tahtası, projeksiyon makinesi, öğrenci sıraları, öğretmen masa ve sandalyesi vb.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modülün içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra, verilen ölçme soruları ve uygulamalı test ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı (test, çoktan seçmeli, doğru yanlış vb.) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

GİRİŞ

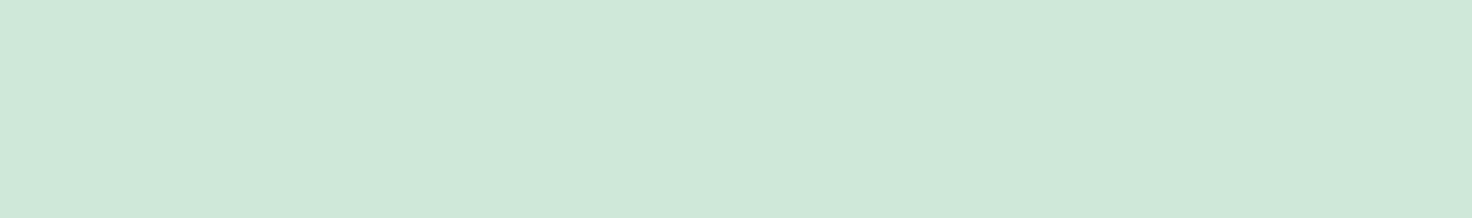
Sevgili Öğrenci,

Seramik ve cam teknolojisinin şekillendirmecilik dalı, Türkiye’de ve dünyada gelişmekte olan ve tercih edilen bir meslektir. Geleceği oldukça parlak olan bu mesleği en iyi şekilde yapabilmek için temel bilgi ve becerileri öğrenmelisiniz. Bu modülde alacağınız bilgiler sizin mesleki bilgi ve becerilerinizin temellerinden birini oluşturacaktır. Günümüze kadar hiçbir malzeme cam kadar değişik alanlarda kullanılmamıştır. Camın çok amaçlı kullanılabilmesi dışında gerek sade cam gerekse diğer malzeme ve tekniklerle süslenmesi ile yapılabilecekler de oldukça fazladır.

Her cam üreticisi kendi işine uygun cam için çeşitli malzeme kullanır. Yardımcı katkı malzemesi de gereğe göre değişir. Örneğin, eski Mısırlılar soda kullanmışlardır. Akdeniz ülkelerinin bu özelliği camın biçimlendirilmesini etkilemiştir. Her cam üreticisi kendi özel isteklerine uygun cam elde etme karışımları hazırlamaktadır. Bu karışımlardaki değişikliklerle çok geniş kullanım alanı sağlanmaktadır.

Hazırlanan bu modülde, cam üretim aşamalarını, cam hataları ve test yöntemlerini, camın bileşim ve üretim koşullarına bağlı özelliklerini ve camın fiziksel ve kimyasal dayanım koşullarını öğrenecek ve araştırabileceksiniz.

Endüstrideki geniş kullanım alanı içinde bu bilgi ve yeterliği kullanma imkânı bulacaksınız. Diğer modülleri de tamamlayıp kendinizi mesleki alanda iyi yetiştirdiğinizde cam endüstrisi alanında hizmet veren kuruluşların ilgili bölümlerinde çalışabileceksiniz.



ÖĞRENME FAALİYETİ- 1

AMAÇ

Bu faaliyette verilecek bilgiler doğrultusunda uygun ortam sağlandığında cam üretim aşamalarını araştırabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Harman hazırlama ve fırınlarda ergitme yapan firmaları gezerek araştırınız ve araştırmalarınız doğrultusunda yapılan çalışmaları inceleyerek tartışınız.

1. CAM ÜRETİM AŞAMALARINI ARAŞTIRMAK

1.1. Harman

Cam üretiminde öncelikle harman hazırlama gelir. Harman, o camın içinde bulunması gereken oksitleri sağlayacak ham maddelerin reçetelere göre istenilen miktarlarda tartılarak ve karıştırılarak elde edilmesidir. Kum, kireç taşı, soda gibi ham maddeler ve bunların yanında başlangıç malzemeleri katılarak harman hazırlanır.

Ham maddeler, fabrikaların stoklarından arabalarla alınarak terazilere getirilir ve tartılır. Sonra istenilen miktarlarda karıştırılarak fırına verilir. Genellikle dünya cam üretiminin büyük çoğunluğunu silikat esaslı camlar oluşturur.

1.2. Harman Hazırlanması

- Gelen ham maddelerin silolara nakli
- Iskarta ve kape cam kırıklarının toplanarak cam kırığı sahasına ve silolara nakli
- Ham maddelerin silolardan alınıp her bileşenin kantarda tartımının yapılması
- Tartılmış ham maddelerin mikserlere nakli
- Mikserlerde karışımı ve gerekli ise su ilavesi yapılması

Harmanda aranılan özellikler şunlardır:

- Ham maddeler miktar ve kalite yönünden kontrol altında olmalıdır.
- Ham maddelerin dış şartlardan etkilenip bozulmayacak şekilde korunması, muhafazası
- Ham maddelerin istenilen tane iriliğine sahip olması
- Harman+cam kırığı homojen olarak % 2,8 civarında nem içermesi
- Tartım hatalarının olmaması

- Hazırlanan harman karıştıktan sonra homojenliğini korumalı
- Harmandaki ham maddeler gruplaşarak ayrılmamalı

Ham maddelerin fırınlanmasında ergitme sırasında içerdikleri gazları kaybetmeleri söz konusudur. Yani ağırlık kaybederler. İdeal kaybın %15 olması gerekir. Bu değerden daha fazla kayıp olursa cam eriyiği, kaynama noktasına yakinken daha düşük değerlerde eriyiğin berraklaşması zorlaşır.

1.3. Fırınlarda Ergitme

1.3.1. Fırımlar

Cam ergitme için kullanılan birçok fırın tipi vardır. Önceleri potalar kullanılmaktaydı. Zamanla camın kullanım alanları ve talep arttıkça potaların yerini reverber tipi fırınlar almıştır. Daha sonraları otomasyon üretime geçildiğinde seri üretim şartlarına uygun sürekli ergitme fırınları kullanılmıştır.

1.3.2. Potalar

Potalar optik camların, renkli camların, sanatsal camların üretimlerinde kullanılmakta olan, ergimiş camın basıncına dayanıklı ve özel killerden yapılmışlardır. Potalarda 1400°C'ye kadar çalışılabilir. Kapasiteleri 225-1800 kg arasındadır. Potalarda üretilen camlar çok homojen olmaktadır. Potalarda üretilen camların maliyeti de yüksektir.

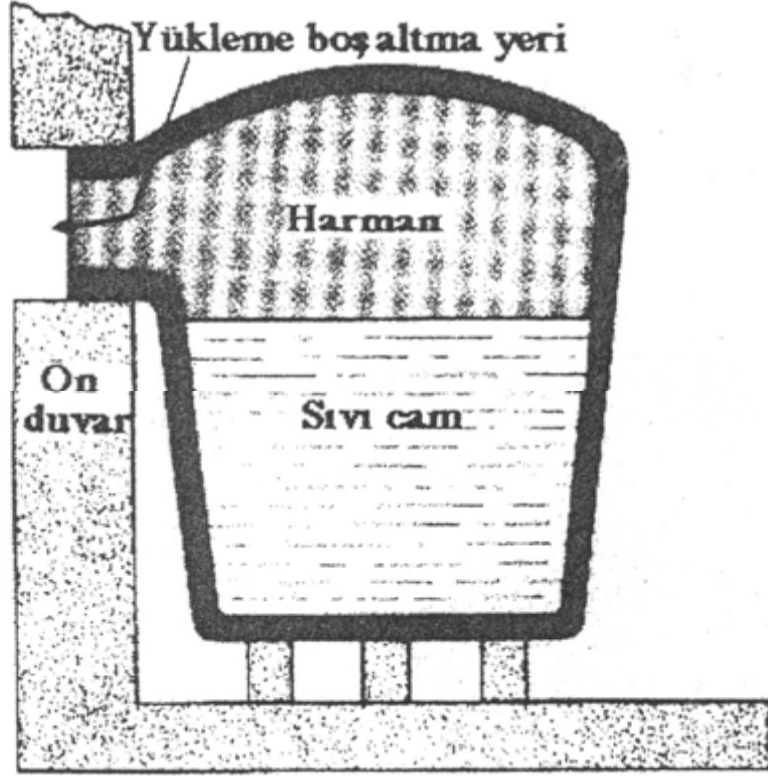
Cam türlerinin fazla olduğu, ancak cam miktarının az olduğu üretim süreçlerinde havuz fırınının kullanılması uygun değildir. Bu yüzden potalı fırın kullanılır. Potalı fırında ana madde miktarı en fazla 2000 kg dolayındadır.

1.3.3. Havuz Fırın

Biçim yönünden yüzme havuzuna benzediği için havuz fırın adı verilmiştir. Fazla miktarda cam üretilmesi gereken üretim süreçlerinde kullanılır. Bu fırında yaklaşık 800-1000 ton dolayında erimiş cam bulunur. Camı oluşturacak ana maddeler, özel bir itici mekanizma ile havuz fırınının ağız kısmından içeriye itilir ve eritme işlemine başlanmış olunur.

1.3.4. Reverber Tipi Fırımlar

Cam üretiminde maliyeti düşüren fırın tiplerine ihtiyaç duyulduğu için reverber tipi fırınlara geçiş yapılmıştır. Bu fırınlar yatay alevli fırınlardır. Cam harmanının yüzeyine alev temas etmekte ve bu yüzden de ergitme yüzeyden başlamaktadır. Böylece refrakterlerin sıcaklığı ergimiş camınkinden daha düşük olmakta ve cam daha az kirlenmektedir. Bu tip fırında camın homojenliği düşük olabilmektedir.

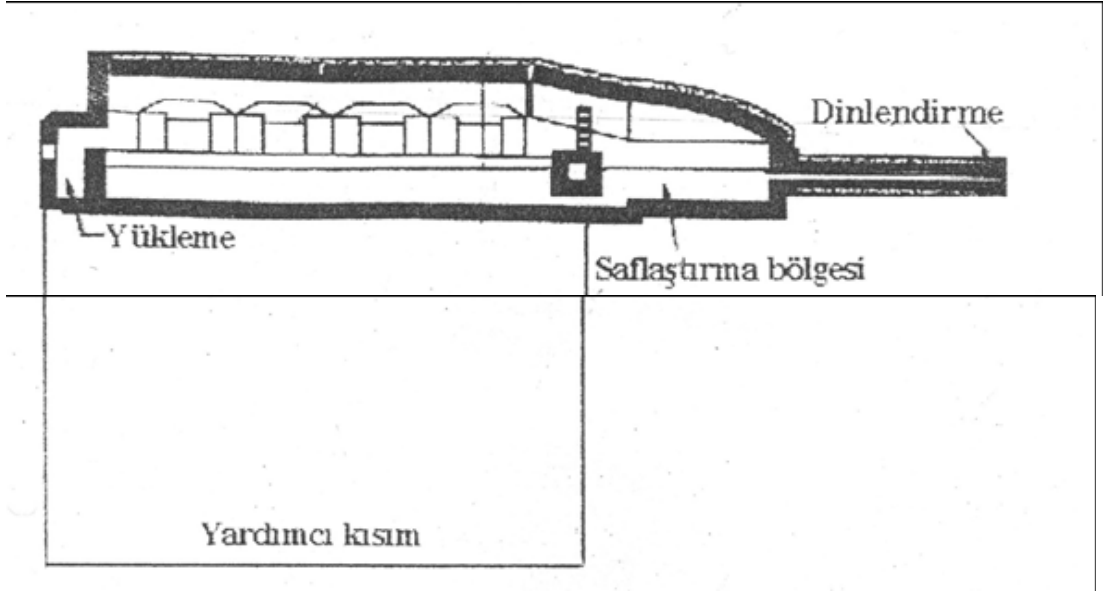


Şekil 1.1: Potalar

1.3.5. Sürekli Ergitme Tankları

Bu tankların 200-300 tonluk kapasiteleri vardır. Hiç durdurulmadan sürekli olarak 4,5 yıl çalışabilirler. Harman sürekli çalışan bantlara verilerek tanka yüklenir. Fırın içine ısı, kenarlara çapraz olarak yerleştirilmiş brülörlerle sağlanmaktadır. Sıvı ve gaz yakıtlar ile çalışırlar. Hava ısıtılarak, tanka verilir ve 20 dakika aralıklarla hava akışının yönü değiştirilir. Cam eriyiği, tankın dibine yakın bir bölmedeki delikten saflaştırma bölgesine alınarak dinlendirme kısmına gönderilir.

Tank duvarı, refrakterlerle örülüdür. Günümüzde bu tip fırınlar doğal gazlı kullanılmaktadır. Sürekli ergitme tanklarında 300-450 m² ergitme alanı, 0,9-1,2 m cam derinliği bulunur.



Şekil 1.2: Ergitme tankları

1.3.6. Levha Cam Üretim Fırını

Kapasiteleri büyük fırınlardır. Diğer fırınlardan biraz daha uzundurlar. Yüzdürme bölümlerinde cam perde hâlinde çekilebilir. Günde 200-300 ton cam ergitir.

1.3.7. Optik Camların Ergitilmesinde Kullanılan Tanklar

Bu tanklarda ergitme işlemi gazla yapılır. 90-180 kg'lık üretim kapasiteleri vardır. Tankın ergitme kısımları refrakter tuğlalarla kaplıdır. Cam ergitilerek platin hücreye alınır ve homojenleştirme ve saflaştırma işlemleri gerçekleştirilir.

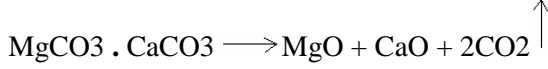
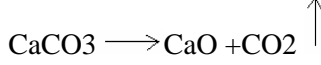
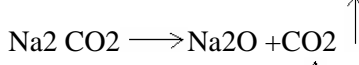
1.3.8. Elektrikli Ergitme Fırınları

Sıvı ve gaz yakıtlı fırınlarda cam bileşimindeki bazı elemanlar kaybedilmekte ve hatta atmosfere karışarak kirliliğe neden olmaktadır. Elektrikli fırınlarda cam bileşimleri kontrol edilir. Bu fırınlarda ısı alttan üste doğru yayılmakta ve uçucu elemanlar da üste yayılan tabaka tarafından tutulmakta ve yoğunlaştırılmaktadır. Örneğin, sıvı yakıtlı bir fırında ergitilen camın içindeki flor yarı yarıya azalmaktadır. Elektrikli fırınlarda yükleme deliği (ağız), harman bölümü, molibden elektrotlar, ısıtıcı eleman, altta akıtma deliği ve boşaltma deliği (ağız) bulunmaktadır.

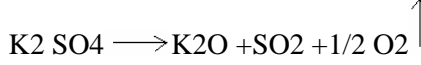
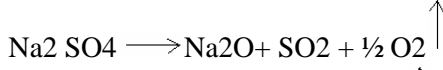
1.3.9. Camın Ergitilmesi

Cam harmanı ergitilirken reaksiyonlar meydana gelir. Bunlar kalsinasyon parçalanma, oksidasyon, hidrasyon redüksiyondur.

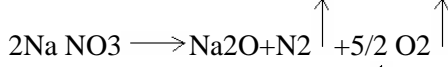
Karbonlar ayrışarak CO2 sisteminden uzaklaştırılır;



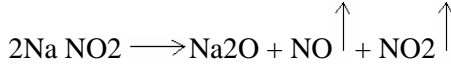
Sülfatlar parçalanır.



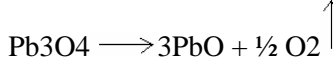
Nitratların ayrıştıkları kabul edilir.



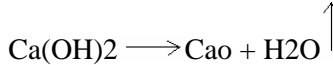
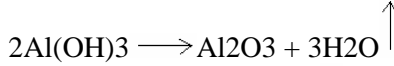
$\text{NaNO}_3 \longrightarrow \text{NaNO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \uparrow$ (Nitratlar, düşük sıcaklıklarda nitritleri oluşturur.)
Böylece nitratlar oksitleyici olabilir.



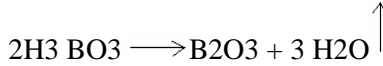
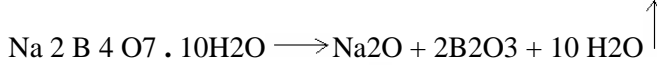
Kırmızı kurşun (minyum), oksitleyici özelliği olan bir diğer elemandır;



Su, sistemden buhar olarak uzaklaşır;



Harmanda kullanılan diğer elemanlar da reaksiyon oluşturur;



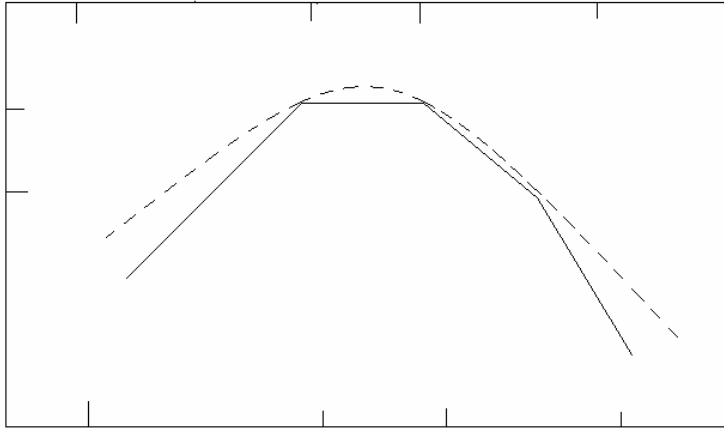
Ergitmeden sonra ikinci kademe, saflaştırma. Bu devrede ham maddelerden çıkan gaz kabarcıkları uzaklaştırılır. Gazlar O₂, SO₂, H₂O, N₂ ve karbondioksit içerir. Bazıları çözünürken bazıları camın içinde kalabilir. Gazların uzaklaşması camın akışkanlığına ve yüzey gerilimine bağlıdır. Düşük yüzey gerilimi ve yüksek akışkanlık saflaştırma işlemi hızlandırır.

Ergitme işleminde üçüncü kademe, dinlendirme işlemidir. Camın dinlendirilmesi, homojenlik, kimyasal ve fiziksel özelliklerin nitelikli olması açısından önemlidir.

1.4. Tavlama

Tavlama, cama uygulanan ısıtma işlemidir. Tavlama işlemi ile cam soğutulurken meydana gelen gerilmeler yok edilir. Cam ürün soğutulurken önce yüzeyler gerilmeye başlar ve iç kısımlar sıcaktır. Böylece cam yüzeyinde basma gerilmeleri, iç kısımlarda çekme gerilmeleri oluşur. Bu gerilmelerin azaltılması gerekir. Çünkü ürünün mukavemeti buna bağlıdır. Böylece tavlama için kademeli bir ısıtma işlemi uygulanır.

1. tavlama noktası →
Deforme → noktası
↑
Sıcaklık
Zaman →



Şekil 1.3: Tavlama işlemlerinin kademeleri

Cam, tavlama fırınına konularak ısıtılır. Tavlama 4 kademeyle gerçekleşir. Birinci kademe, tavlama sıcaklığına kadar ısıtma ve belli bir süre bekletmedir. Sonra cam soğutulur, ürün bulunduğu sıcaklıktan oda sıcaklığına kadar hızlı bir şekilde indirilir (şekil).

Endüstriyel fırınlarda tavlama eğrisi, kesikli (-) çizgilerle şekilde gösterilmiştir. Camlar sürekli çalışan ve lehr adı verilen fırınlarda tavlınırlar. Genelde fırınlarda yakıtlar sıvı, gaz ve elektrik enerjilidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Harman hazırlama aşamalarını araştırmak

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Cam üretim aşamalarını analiz ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Cam üretim aşamalarının araştırmasını internet, kütüphane ,cam teknolojisi kitapları ,çeşitli camla ilgili yayınlardan yapabilirsiniz.➤ Cam üretim aşamalarını araştırıp bir deftere ya da dosya kâğıdına not alınız.➤ Ülkemizde en fazla hangi üretim aşamasının yapıldığını araştırınız.➤ Harman hazırlama aşamalarını araştırınız.➤ Araştırmalarınızda modül bilgilerinden faydalanabilirsiniz.➤ Konularla ilgili örnek resimler toplayınız.➤ Araştırmalarınızı yaparken öğretmeninizden görüşlerini alınız.➤ Topladığınız bilgileri raporlaştırıp konu ile ilgili resimlerle birlikte arkadaşlarınıza sununuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Üretim aşamalarının içeriğini ve özelliklerini araştırınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Araştırma yaparken modülde öğrendiğiniz bilgileri hatırlayınız.➤ Ülkemizde cam ham madde rezervlerinin nerelerde olduğunu araştırınız.➤ Harman hazırlamada istenilen özellikleri araştırınız.➤ Araştırdığınız ve bulduğunuz bilgileri not alarak toparlayınız. Bir dosya oluşturunuz.➤ Bu bilgileri sınıfta arkadaşlarınız ve öğretmeninizle paylaşınız. Öğretmeninizin görüşlerini alınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet ile kazandığımız bilgileri aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

ÖLÇME SORULARI

1. Ham maddeler fırınlandıklarında içerdikleri gazları kaybederler, yani ağırlık kayıpları olur. İdeal kayıp aşağıdaki seçeneklerden hangisidir?
A) %30
B) %50
C) %5
D) %15

Aşağıdaki soruda boş bırakılan yerlere uygun kelimeyi yazınız.

2., camın içinde bulunması gereken oksitleri sağlayacak ham maddeleringöre istenilen miktarlarda tartılarak ve karıştırılarak elde edilmesidir.

Cam ergitme işlemi hangi tür fırınlarda yapılmaz?

- A) Potalar
 - B) Kamaralı fırınlar
 - C) Reverber tipi fırınlar
 - D) Sürekli ergitme tankları
3. Aşağıdaki soruları doğru (D), yanlış (Y) şeklinde cevaplandırınız.
 4. Tavlamanın amacı, gaz kabarcıklarını gidermektir.
A)D B)Y
 5. Genelde camlar, sürekli çalışan ve lehr adı verilen fırınlarda tavllanır.
A)D B)Y

Not: Cevap anahtarı modülün sonundadır.

Değerlendirme

Cevaplarınızı, kitapçığın sonundaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Kendinizi değerlendirmeniz sonucunda yanlış cevap verdiyseniz ya da cevaplama anında bazı sorularda tereddüt yaşadysanız, öğrenme faaliyetindeki ilgili konulara dönerek konuları tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz uygulamalı teste geçiniz.

UYGULAMALI TEST

Fırınlarda cam ergitme ve tavlama işlemlerini araştırarak kendinizi ölçünüz.

Açıklama: Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri “Evet” ve “Hayır” kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
➤ Cam ergitme fırınlarını araştırdınız mı?		
➤ Araştırmalarınız doğrultusunda bulduğunuz cam ergitme fırınlarının resimlerini çektiniz mi?		
➤ Camların ergitme derecelerini araştırdınız mı?		
➤ Ergitmede dikkat edilmesi gereken noktaları araştırdınız mı?		
➤ Tavlama işleminin önemini araştırdınız mı?		
➤ Tavlama işleminin nasıl yapıldığını araştırdınız mı?		
➤ Araştırmalarınızda çeşitli kaynaklardan yararlandınız mı?		
➤ Modül bilgilerinden yararlandınız mı?		
➤ Topladığınız bilgi ve resimlerden bir katalog oluşturduunuz mu?		
➤ Zamanı verimli kullanmaya dikkat ettiniz mi?		
➤ Araştırmalarınızda öğretmeninizin görüşlerini aldınız mı?		
➤ Toparladığınız bilgileri arkadaşlarınıza ve öğretmeninize sundunuz mu?		

Değerlendirme

Uygulamalı testte işaretlediğiniz “Evet”ler, kazandığınız becerileri ortaya koyuyor. ”Hayır” larınız için ilgili öğrenme faaliyetini tekrarlayınız.

Tamamı “Evet” ise sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ- 2

AMAÇ

Bu faaliyette verilecek bilgiler doğrultusunda uygun ortam sağlandığında cam hataları ve test yöntemlerini araştırabileceksiniz.

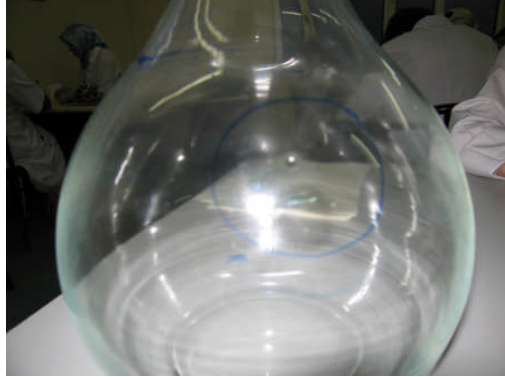
ARAŞTIRMA

- Cam hatalarını ve test yöntemlerini araştırarak sınıfta tartışınız.

2. CAM HATALARINI VE TEST YÖNTEMLERİNİ ARAŞTIRMA

2.1. Gaz Kabarcıkları

Gaz kabarcıkları, yani habbeler ürünlerin kalitesini bozan bir cam hatasıdır.



Resim 2.1: Habbe

Habbe oluşumunun belirlenmesinde iç basınç ve kimyasal bileşenlerinin belirlenmesi önemlidir. Habbe oluşumunu önlemek için cam harmanına az miktarlarda arsenik oksit ya da antimuan oksit gibi saflaştırıcı maddelerin ilavesi yapılmaktadır.

Camların yapımında ham maddeler kullanılır ve bunların ergitme sırasında gaz çıkışları olur. Bunların bazıları yüzeyi terk edemez ve bünyede hapsolup kalır. İşte bunlar cam hataları, yani habbe adı verilen gaz kabarcıklarıdır.

2.2. Renk Değişimleri

Ürünlerdeki renklilik ve renksizlik, ürüne hem estetik ve albeni hem de optik ve ısı fonksiyonlar kazandırmaktadır. Renklerde istenilen homojenlik kazandırılmazsa ürün hatalı olarak kabul edilir.

2.3. Yüzey Çizikleri

Ürün yüzeyleri çiziklerden korunmalıdır. Çünkü camlar, çekme gerilmeleri sırasında yüzey çiziklerinden dolayı kırılır. Borosilikat camı soda-kireç-silika camına göre sürtünme direnci daha fazladır. Saf silika camı ise diğer camlara göre daha dayanıklıdır.

Hataların tespiti, görsel incelemelerle yapılabildiği gibi, optik mikroskop çalışmalarıyla da daha sağlıklı bir şekilde yapılmaktadır.

2.4. Kristalleşme

Camların belli bir ergitme sıcaklığı vardır. Camlar bu ergitme sıcaklığının altında hızlı bir biçimde soğutulamazsa kristalleşir, yani devitrifiye olur. Kristalleşme, camın ısıtıldığı sıcaklığa bağlıdır. Camda uzun çalışma süreleri kristalleşmeye sebep olur. Bu kristalleşme sonraları iç kısımlara doğru ilerler. Kristalleşme miktarı fazla olursa yüzey süt rengine dönüşür. Gözle kolayca algılanabilir. Gözle algılanamayan faz ayrışmaları da oluşabilir. Bunlar da optik ve elektron mikroskoplarıyla gözlenebilir.

2.4.1. Camın Kristalizasyon Özelliği

Camdan beklenen en önemli özellik, uzun kristalizasyon sürelerine ihtiyaç göstermeden uygun özelliklere sahip kristalleri verebilmesidir. Bazı camların kristallenmeleri imkânsız olmasa bile çok zor olmakta ve uzun sürelere ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin, potasyum alüminasilikat camlarında $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ fazının kristallenmesi çok zor olmakta ve bu nedenle cam üretimi için uygun olmamaktadır. Camın yapısını modifiye edici oksitler, yüksek oranda bulduklarında kristalizasyon kolaylaşmaktadır. Ancak modifiye edici oksitlerin miktarı camın soğutulması sırasında kontrolsüz kristalizasyona yol açacak kadar olmamalıdır. Li_2O , ZnO , CaO , BaO , Na_2O ve K_2O modifiye edici olarak kullanılır.

2.5. İç Gerilmeler

Cam üretilirken cam bünyesinde gerilmeler oluşur. Bu gerilmeler tavlama işlemiyle giderilmeye çalışılır. Ancak bir miktar gerilme cam bünyesinde oda sıcaklığına taşınabilir. Bunlar mekanik mukavemeti düşürürler.

2.6. Cihazlar ile Yapılan Çekme ve Basma Gerilmeleri

Cam bünyelerde çekme ve basma karakterli gerilmeler gözlenir. Polariskop cihazlarla yapılan gözlemlerde çekme gerilmeler mavi, basma gerilmeler mor renkli olarak görülür. Camlar, çekme gerilmelerine karşı daha zayıftır. Bu nedenle bu gerilmelerin giderilmesine öncelik verilir. Çekme gerilmelerine maruz kalan yüzeyde cam hatalarının olmaması gereklidir, yoksa çabuk kırılırlar.

2.7. Mekanik Mukavemet

Camların ısıl dayanımlarının basma ve çekme gerilmelerine karşı dayanımlarının ölçümü camın mukavemetini verir. Çeşitli deneylerle mekanik mukavemet ölçümleri yapılabilir. Mukavemetin artması için camlar, tavlama ve temperleme işlemlerine tabi tutulur.

Camların mekanik dayanımlarının belirlenmesinde bir deney yapılabilir. 6mm kalınlıktaki temperlenmemiş cama 30-40 cm yüksekte 500g ağırlığında bir demir bilye bırakıldığında kırılabilirken temperlenmiş cam kırılmamaktadır. Temperlenmiş cam bilye daha da yükseğe çıkarıldığında (2 m gibi) kırılmaktadır. Temperlenmiş camın mekanik mukavemeti normal cama göre 7 katıdır.

Camın bildiğimiz diğer tüm malzemelerden farklı olan mekanik özellikleri, onun kalıcı deformasyonuna izin vermeyen molekül yapısından kaynaklanır. Bu özellik; camın kırılma tokluğu düşük, kütleli mekanik dayanımı yüksek olmakla beraber, yüzey hatalarına aşırı derecede duyarlı, kırılma, kırıldığında yaralanmalara yol açabilen bir malzeme olmasına neden olmaktadır.

Mukavemet olarak da bilinen mekanik dayanım, bir cismin akma ya da kırılmaya maruz kaldığı gerilimdir. Yani, kırılma dayanımını b_f olarak gösterir ise;

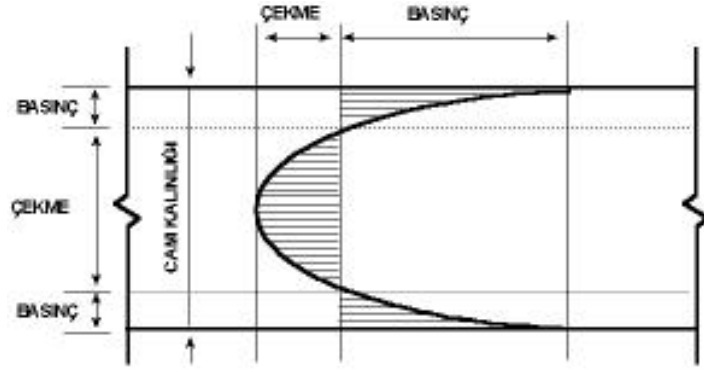
$$b = F_f / A$$

Burada F_f kırılma anındaki yüküdür.

Cam gibi kırılma malzemeler , yalnızca çekme gerilimi altında kırılır, basma gerilimi altındaki dayanımları çok yüksektir.

Camın mekanik dayanımı teorik olarak, molekül katmanlarını birbirinden ayırmak için gerekli kuvvetlerden yola çıkarak hesapladığımızda $b_f \cong 3000 \text{ Mpa}$ ($1 \text{ Mpa} = 10^6 \text{ N/m}^2$) değerini elde ederiz. Gerçekte elde edilen değerler bu teorik değerinin çok altındadır. Yani, üretilen elyaflarda 1000 Mpa dayanım elde edilirken bu elyaflar elle tutulduğunda dayanımları 100 Mpa ' a kadar düşer. Günlük yaşantımızda kullandığımız camların dayanımı ise 30 – 100 Mpa arasındadır.

Buradan çıkarılacak sonuç, camların mekanik dayanımlarının yukarıda da belirttiğimiz gibi yüzey durumları tarafından belirlendiğidir. Yüzey hataları ise mekanik, kimyasal ve ısıl etkilerle ortaya çıkar. Yüzey durumu, camlardaki kırılma olayını istatistiksel açıdan da etkiler. Yüzeyi homojen olarak aşındırılmış camların kırılma gerilmeleri kesin olarak tahmin edilebilirken düzgün yüzeyli camlar daha yaygın bir kırılma gerilimi verir. Camların günlük yaşantımızda kullanımını sınırlayan iki temel özellik, kırılma ve güvenilmezliktir. Zedelenmiş yüzeyleriyle çok yüksek mekanik dayanım gösteren cam, günlük kullanımda emniyetli tasarımdan kaynaklanan ağırlık bakımından rakiplerinin gerisine düşmektedir. Cam ürünlerde, özellikle de cam kaplarda hafifletmenin mümkün olabilmesi için cam yüzeylerinde temasla zedelenmelerin engellenmesi gereklidir.



Şekil 2.2: Yüksekten bilye düşürme deneyi

UYGULAMA FAALİYETİ

Cam hatalarını araştırmak

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Cam hatalarını örnekler üzerinden analiz ediniz.</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Cam hatalarını internet, kütüphane cam, teknolojisini kitapları, çeşitli camla ilgili yayınlardan araştırabilirsiniz.➤ Cam hatalarını araştırıp bir deftere ya da dosya kâğıdına not alınız.➤ Cam hatalarını örnekler üzerinden analiz ediniz.➤ En fazla hangi cam hataları ile karşılaşıldığını araştırınız.➤ Cam hatası oluşumu önleme yöntemlerini araştırınız.➤ Araştırmalarınızda modül bilgilerinden faydalanabilirsiniz.➤ Konularla ilgili örnek resimler toplayınız.➤ Araştırmalarınızı yaparken öğretmeninizden görüşlerini alınız.➤ Topladığınız bilgileri raporlaştırıp konu ile ilgili resimlerle birlikte arkadaşlarınıza sununuz.
<p>➤ Test yöntemlerini analiz ediniz.</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Test yöntemlerinin neler olduğunu araştırınız. İsimlerini not alınız.➤ Araştırma yaparken modülden öğrendiğiniz bilgileri hatırlayınız.➤ Cam çeşitlerine göre test yöntemlerini analiz ediniz.➤ Araştırdığınız ve bulduğunuz bilgileri not olarak toparlayınız. Bir dosya oluşturunuz.➤ Bu bilgileri sınıfta arkadaşlarınız ve öğretmeninizle paylaşınız. Öğretmeninizin görüşlerini alınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet ile kazandığınız bilgileri aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

ÖLÇME SORULARI

1. Habbe (gaz kabarcığı) oluşumunu önlemek için cam harmanına az miktarda katılan saflaştırıcı maddeler vardır. Bunlar aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilmiştir?
A) Alüminyum oksit
B) Arsenik ve antimuan oksitler
C) Silisyum oksit
D) Demir oksit

Aşağıdaki sorularda boş bırakılan yerleri doğru (D), yanlış (Y) şeklinde cevaplandırınız.

2. () Camlar, çekme gerilmeleri sırasında yüzey çiziklerinden dolayı kırılır.
3. () Camlarda uzun süren çalışma süreleri kristalleşmeye sebep olur?
4. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi camdaki iç gerilmeleri gidermek için uygulanır.
A) Tavlama
B) Temperleme
C) Ergitme
D) Mukavemet testleri

Aşağıdaki soruda boş bırakılan yerlere uygun kelimeleri yazınız.

5. Cam bünyelerde çekme vekarakterli gerilmeler gözlenir.....cihazlarla yapılan gözlemlerde çekme gerilmelerrenkte görünür.

Not : Cevap anahtarı modülün sonundadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı, kitapçığın sonundaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Kendinizi değerlendirmeniz sonucunda yanlış cevap verdiyseniz ya da cevaplama anında bazı sorularda tereddüt yaşadysanız, öğrenme faaliyetindeki ilgili konulara dönerek konuları tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz uygulamalı teste geçiniz.

UYGULAMALI TEST

Cam üretiminde test yöntemlerini araştırarak kendinizi ölçünüz.

Açıklama: Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri “Evet” ve “Hayır” kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
➤ Cam üretim çeşitlerine göre uygulanan test yöntemleri olup olmadığını araştırdınız mı?		
➤ Test yöntemlerinin çeşitlerini araştırdınız mı?		
➤ Cihazlar ile yapılan test yöntemlerini araştırdınız mı?		
➤ Gözle yapılan test yöntemlerini araştırdınız mı?		
➤ Araştırmalarınızda çeşitli kaynaklardan yaralandınız mı?		
➤ Modül bilgilerinden yararlandınız mı?		
➤ Topladığınız bilgi ve resimlerden bir katalog oluşturduunuz mu?		
➤ Zamanı verimli kullanmaya dikkat ettiniz mi?		
➤ Araştırmalarınızda öğretmeninizin görüşlerini aldınız mı?		
➤ Topladığınız bilgileri arkadaşlarınıza ve öğretmeninize sundunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Uygulamalı testte işaretlediğiniz “Evet” ler, kazandığınız becerileri ortaya koyuyor. ”Hayır” larınız için ilgili öğrenme faaliyetini tekrarlayınız.

Tamamı “Evet” ise sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ- 2

AMAÇ

Bu faaliyette verilecek bilgiler doğrultusunda uygun ortam sağlandığında camın bileşim ve üretim koşullarına bağlı özelliklerini araştırabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Camın viskozitesini ve camın yoğunluğunu araştırarak sınıfta tartışınız.
- Camın mekanik özelliklerini araştırarak sınıfta tartışınız.

3. CAMIN BİLEŞİM VE ÜRETİM KOŞULLARINA BAĞLI ÖZELLİKLERİNİ ARAŞTIRMA

3.1. Camın Viskozitesi

Viskozite; çalışma ve tavlama sıcaklıkları, ergitme şartları, saflaştırma, sıcaklık değeri ve kristalleşme oranını belirleyen önemli bir faktördür. Camın viskozitesini, kimyasal bileşimler ve sıcaklıklar etkiler.

3.2. Kavramlar ve Birimler

Viskozite, n (nü) ile gösterilir.

F: Kuvvet

A: Alan

V: Hız

x: Mesafe

Viskozite birimi poise (puoz)

Viskozite, akışkanlığa karşı gösterilen direnç olarak düşünüldüğünden akışkanlık viskozite olarak ifade edilir ve akışkanlık = $1 / n$ olarak tanımlanır.

3.3. Karakteristik Viskozite Noktaları

Ergime noktası, çalışma noktası, yumuşama noktası, tavlama noktası olarak tanımlanabilir. Cam için özel olarak belirtilirler.

Ergime noktası: Camın sıvı hâlde aktığı ve 100 P viskozite değerlerine ulaştığı andaki sıcaklık derecesidir. Soda –kireç camının ergime noktası 1400 °C’dir.

Çalışma noktası: Cama kalıcı şeklinin verildiği viskozite değerlerindeki sıcaklık derecesidir. Soda –kireç camının çalışma noktası 1000 °C’dir.

Yumuşama noktası: Camın kendi ağırlığını daha fazla taşıyamadığı noktadır. Soda – kireç camının yumuşama noktası 700 °C’dir.

Tavlama noktası: Şekillendirme işlemleri sonunda camda olabilecek gerilmelerin yaklaşık olarak 15-20 dk. içinde giderildiği noktadır. Soda –kireç camının tavlama noktası 500 °C’dir.

Deformasyon noktası: Viskozitenin 1014.5 P olduğu sıcaklık değeri deformasyon noktasıdır. Deformasyon noktasının altındaki sıcaklıklarda camda kırılmalar oluşur. Soda – kireç camının deformasyon noktası 450 °C’dir.

3.4. Viskozitenin Sıcaklıkla Bileşimi

Camların çeşitlerine göre farklı sıcaklıklarda ergitme, şekillendirme, tavlama gibi ısı işlemler uygulanır. İşlemler, camların viskozitelerine göre belirtilen sıcaklıklarda yapılır.

Camların karakteristik değerlerini sıcaklık ve viskozite belirler. Viskozitenin sıcaklığa bağlı değişimi;

$$n=A \exp (-Q/RT)$$

A; sabit değer

Exp;üstel ifade

Q;viskoz akış için gerekli aktivasyon enerjisi

R;gaz sabiti

T;sıcaklık olup Kelvin (K) cinsinden kullanılır.

3.5. Viskozitenin Kimyasal Bileşime Bağlı Değişimi

Camın içine farklı oksit ilavesi viskoziteyi değiştirmektedir. Sodyum silikat camında alkali miktarı değişimi viskoziteyi etkilemektedir, Şöyle ki birim hacimdeki alkali miktarı arttıkça viskozite azalmaktadır.Nedeni ise iyonların oksijen ile bağlanarak diğer bağları koparmalarıdır.Birim hacimde iyon – oksijen bağı ne kadar çok oluşmuşsa viskozite o kadar değişir.Na, K, Ca, Fe, Mn gibi iyonlar viskoziteyi azaltır, Si, Al, Ti, Cr gibi iyonlar viskoziteyi artırır.

3.6. Camın Yoğunluğu

Yoğunluk, birim hacimdeki kütle miktarıdır.

$$d = M/V$$

d ; yoğunluk

M ;kütle (gram)

V ; hacim (cm küp)

Cam yoğunluğu sıcaklığa bağlı olarak değişir.

Yoğunluk (g/cm küp)

Saf silika camı 2,203

Soda – kireç silika camı 2,5

TV tüpü camı	2,60
Levha camı, şişe camı	2,48 – 2,5

3.7. Isıl Genleşme

Isıl genleşme, camın en belirgin özellikleri arasındadır ve ölçülmesi kolaydır. Isıl genleşme kat sayısı (a) malzemenin türüne, iç yapısına ve sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterir. Isıl genleşme kat sayısı çubuk şeklinde bir malzemenin birim uzunlukta 1 derece santigratlık ısınma ya da soğumada boyunda uzama ya da kısalma oranıdır.

$$a = (\Delta l / l_0) / (\Delta T)$$

l_0 = Çubuğun ilk uzunluğu

Δl = $l_1 - l_0$ boyda meydana gelen değişim miktarı

ΔT = $T_1 - T_0$ sıcaklık değişimi

Birimi: cm / cm °C Cam ısıtıldığında yüzey ve hacim boyutları da değişir. Bu da doğrusal ısıl genleşmeyle ilişkilidir. Camların ısıl genleşmesi, cam türüne göre farklı değerler alır.

3.8. Isı İletimi

Malzeme içinde ısı enerjisinin bir noktadan diğer bir noktaya taşınmasıdır. Isıl akı (q), birim alandan (A) birim zamanda (dt) geçen ısı enerjisidir.

$$q = -k(dT / dx)$$

$$q = Q / A dt = -k (dt / dx)$$

k; ısıl iletkenlik kat sayısıdır.

dT/dx; sıcaklık gradyanıdır.

Sıcaklık gradyanının eksi olmasının nedeni, ısının sıcak bölgeden soğuk bölgeye doğru yayılmasıdır. Camda ısıl iletkenlik, sıcaklıkla birlikte düşer ve mutlak sıfır noktasında en düşük değerine ulaşmış olur. Kristallerde azalan sıcaklıkla birlikte ısıl iletkenlik artışı gösterir. Bu değerlerin camlarda hassas şekilde ölçümü oldukça zordur.

Camlarda fiziksel özellik ölçümleri

- Yumuşama noktası
- Tavlama ve gerilme noktaları
- Kristallenme sıcaklığı tayini
- Yüksek sıcaklık viskozitesi
- Termal şok dayanımı
- Tavlama rejimi tayini
- Isıl işlem

Isıl genleşme katsayısı
Isıl genleşme davranışı (25-1000⁰C)
Camlar arasındaki genleşme Uygunluğu testi
Yoğunluk tayini(Arşimet yöntemi)
Darbe dayanımı
Kırılma analizi(Fraktografi)
Yüksek sıcaklık elektriksel özdirenci
Kırılma indisi tayini

3.9. Camın Mekanik Özellikleri

Mekanik özellik, bir cismin dış kuvvete karşı gösterdiği tepkidir. Her cismin mekanik davranışı farklıdır. Mekanik özellikleri belirlemek için çeşitli deneyler yapılmıştır.Çekme, basma, sertlik deneyleri gibi.Deneyler sonucunda elastik modül ,akma – çekme ve kopma gerilmesi, sertlik değeri, kırılma özellikleri belirlenmektedir. Metaller ve plastikler, iç yapılarıyla belirlenen bir dayanıma sahiptir. Camın mekanik dayanımı ise onun yüzey özellikleri tarafından belirlenir. Çünkü camın yüzeyinde hemen her zaman bulunan mikro çatlaklar, gerilim uygulandığında plastik deformasyon engeliyle karşılaşmadan hızla ilerlerken metallerde ve plastiklerde bu yüzey hataları kütleşir.

Bazı yöntemlerle camın dayanıklılığı yüksek oranlarda artırılabilir. Günlük hayatta kullanılan bazı camların dayanıklılık uygulaması cm² ye 65–130 kg'dır Bununla birlikte tasarımlarda sertleştirilmiş bir ürün için ise bu oran 10 katına çıkarak 1300 kg/cm² ye kadar ulaşabilmektedir. Böyle camlar oldukça dayanıklı olup tekme ya da çekiç darbelerinde dağılmaz. Bunun yanında iki cam tabakasının arasına başka bir kimyasal ekleyerek camı dayanıklı hâle getirmek mümkündür.

3.9.1. Elastik Şekil Değişimi

Bir malzemeye yük uygulanır ve bu yük kaldırıldığında malzeme eski şekline dönebiliyorsa elastik şekil değişimi oluşmuştur.

3.9.2. Plastik Şekil Değişimi

Malzemeye yük uygulandıktan sonra yük kaldırıldığında malzeme eski şekline dönemez. Eğer malzeme yeni bir şekil almışsa plastik şekil değişimi olmuştur.

3.9.3. Anelastik Şekil Değişimi

Malzemedeki yük kaldırıldığında malzeme hemen değil de zamanla eski şekline dönebiliyorsa anelastik şekil değişimi olmuştur.

Malzemeye uygulanan kuvvet, alana bölünüp mukavemet yani gerilme değerleri bulunur.

$$\sigma = F/A$$

F ;Kuvvet birimi;kg/mm kare

A = Alan

$$\sigma = \text{Gerilme (sigma)}$$

Şekil değişimi, kuvvet uygulandıktan sonra meydana gelen değişimdir.

3.10. Hooke (Huuk) Yasası

Malzeme, gerilmeye maruz kaldığında, malzemede şekil değişimi oluyorsa gerilme (σ) şekil değişimi (ϵ) eğrisi lineer olarak değişir. $y = ax$ $\sigma = E \cdot \epsilon$ şeklinde ifade edilir. Bu eşitlik Hooke Yasası olarak bilinmektedir. E ; malzeme sabitidir ve elastik modül olarak tanımlanmaktadır.

3.11. Elastik Modül

Gerilmenin şekil değişimine oranıdır. $E = \sigma / \epsilon$ birimi : kg / mm² dir.

Uygulanan kuvvete göre farklı isimlerle elastik modüller tanımlanabilir. Çekme kuvveti uygulandığında elastik modül, basma kuvveti uygulandığında kütle modülü olurlar. B ile gösterilir. $B = \sigma / \epsilon$

Kayma kuvveti uygulandığında elastik modül **kayma modülü** adını alır.

$$G = T/ Y$$

Kayma gerilmesi T(to)

Kayma şekil değişimi Y(gama)

$$E=2G (1 + \nu)$$

$$E = 3B (1 - \nu)$$

V : Poisson (puason) oranıdır.

Örnek;

Elastik modül	Poisson	
Pencere camı	7,39	0,220
Cam fiber	8,31	0,243
Kuvars camı	7,45	0,160
Boro silikat camı	6,42	0,176

3.12. Poisson (Puason) Oranı

Şekil değişimi tek eksenle hesaplanır. Hooke Yasası geçerlidir. Malzeme 3 boyutlu ve üç eksenle değişim oluşur.

a,b,c eksen uzunluğuna sahip cisim 2 eksen boyunca çekme gerilmesi uygulanırsa boy(c) Şekil değişimi büyür; a,b küçülür.

Belli bir doğrultudaki bir kuvvet tarafından gerilen esnek (elastik) bir gereçte, bu doğrultuya dik bütün doğrultularda, buna karşılık olan ve kuvvet doğrultusundaki gerilmenin 'p' katına eşit bir gerilme oluşur. çelik ve alüminyum için (p) poisson oranı 0,30'dur. Eğer malzeme isotropic ise esneklik modülü 'e', makaslama modülü 'g' ile poisson oranı arasında şu bağıntı vardır: $e = 2g (1+p)$

Elimizde 1 metreye 1 metre, kare 2 boyutlu bir malzeme olsun. Bunu bir kenarından çekerek boyunu 2 metre yaptığımızda diğer kenarındaki azalma oranı poisson oranıdır.

Eğer çektiğimizde hacmi sabit kalsaydı (alan=1 olması için) diğer kenarının 0.5 metre olması gerekirdi.

Ama beton gibi maddelerde hacim sabit kalmadığından, yani arttığından kenar 0.8 metre olur.

Bu da demektir ki betonun poisson oranı $-(0.8 - 1)=0.2$ 'dir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Camın fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmak

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Camın fiziksel özelliklerini araştırınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Camın fiziksel özelliklerini internet, kütüphane, cam teknolojisi kitapları, çeşitli camla ilgili yayınlardan araştırabilirsiniz.➤ Camın fiziksel özelliklerini araştırıp bir deftere ya da dosya kâğıdına not alınız.➤ Camın viskozitesini araştırınız.➤ Camın yoğunluğunu araştırınız.➤ Isıl genleşme konusunu araştırınız.➤ Isı iletimi konusunu araştırınız.➤ Araştırmalarınızda modül bilgilerinden faydalanabilirsiniz.➤ Konularla ilgili örnek resimler toplayınız.➤ Araştırmalarınızı yaparken öğretmeninizden görüşlerini alınız.➤ Topladığınız bilgileri raporlaştırıp konu ile ilgili resimlerle birlikte arkadaşlarınıza sununuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Camın mekanik özelliklerini analiz ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Üretim yöntemlerine göre camın mekanik özelliklerini araştırınız.➤ Araştırma yaparken modülden öğrendiğiniz bilgileri hatırlayınız.➤ Araştırmalarınızda cam üretimi yapan işletme ve fabrikaları gezerek bilgi toplayınız.➤ Tavlanmış ve temperlenmiş camların mekanik özelliklerini analiz ediniz.➤ Camın mekanik özellikleri ile ilgili yasaları araştırınız.➤ Araştırdığınız ve bulduğunuz bilgileri not alarak toparlayınız. Bir dosya oluşturunuz.➤ Bu bilgileri sınıfta arkadaşlarınız ve öğretmeninizle paylaşınız.➤ Öğretmeninizin görüşlerini alınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet ile kazandığınız bilgileri aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki sorularda boş bırakılan yerlere uygun kelimeleri yazınız.

1. Camın viskozitesini kimyasal.....ve.....etkiler.
2. Aşağıdakilerden hangisi karakteristik viskozite noktalarından biri değildir?
A) Ergime noktası
B) Yumuşama noktası
C) Saflaşma noktası
D) Tavlama noktası
3. Soda kireç camının çalışma noktası kaç °C'dir?
A) 500
B) 1000
C) 750
D) 900

Aşağıdaki cümleleri okuyup doğru 'D', yanlış 'Y' şeklinde işaretleyiniz.

4. () Camlara uygulanan ısı işlemler, viskozitelerinin belirttiği sıcaklıklarda yapılmalıdır.
5. () Camın içine farklı oksit ilaveleri viskoziteyi değiştirmez, aksine sabitleştirir.

Aşağıdaki sorularda boş bırakılan yerlere uygun kelimeleri yazınız.

6. Camın yoğunluğubağlı olarak değişir.
7. Isıl genleşme kat sayısışeklinde bir malzemenin birim uzunlukta 1 °C' lik ısınma ya da.....boyunda.....ya daoranıdır.
8. Malzeme içinde ısı enerjisinin bir noktadan diğer bir noktaya taşınması işlemine ne ad verilir?
A) Isıl şok
B) Isı mukavemeti
C) Isı aktarımı
D) Isı iletimi

Not: Cevap anahtarı modülün sonundadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı, kitapçığın sonundaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Kendinizi değerlendirmeniz sonucunda yanlış cevap verdiyseniz ya da cevaplama anında bazı sorularda tereddüt yaşadysanız, öğrenme faaliyetindeki ilgili konulara dönerek konuları tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz uygulamalı teste geçiniz.

UYGULAMALI TEST

Camın mekanik özelliklerini etkileyen faktörleri araştırarak kendinizi ölçünüz.

AÇIKLAMA: Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri “Evet” ve “Hayır” kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
➤ Camın mekanik özelliklerini araştırdınız mı?		
➤ Mekanik özellikleri etkileyen faktörleri araştırdınız mı?		
➤ Cam çeşitlerine göre mekanik özellikleri araştırdınız mı?		
➤ Araştırmalarınızda çeşitli kaynaklardan yararlandınız mı?		
➤ Modül bilgilerinden yararlandınız mı?		
➤ Topladığınız bilgi ve resimlerden bir katalog oluşturduunuz mu?		
➤ Zamanı verimli kullanmaya dikkat ettiniz mi?		
➤ Araştırmalarınızda öğretmeninizin görüşlerini aldınız mı?		
➤ Toparladığınız bilgileri arkadaşlarınıza ve öğretmeninize sundunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Uygulamalı testte işaretlediğiniz “Evet” ler, kazandığınız becerileri ortaya koyuyor. ”Hayır” larınız için ilgili öğrenme faaliyetini tekrarlayınız.

Tamamı “Evet” ise sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ- 2

AMAÇ

Bu faaliyette verilecek bilgiler doğrultusunda uygun ortam sağlandığında camın fiziksel ve kimyasal dayanım koşullarını araştırabileceksiniz.

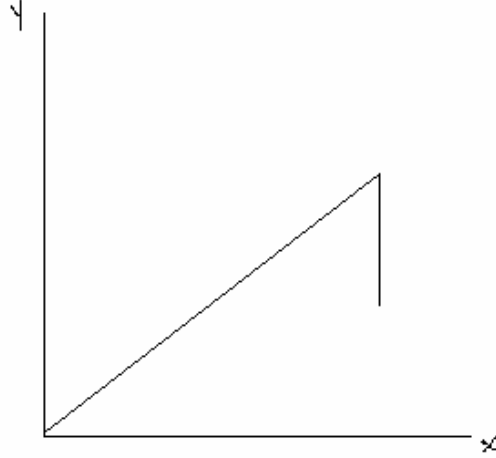
ARAŞTIRMA

- Camın fiziksel ve kimyasal dayanım koşullarını araştırarak sınıfta tartışınız.

4. CAMIN FİZİKSEL VE KİMYASAL DAYANIM KOŞULLARI

4.1. Cam Ölçüm Yöntemleri

Çekme deneyi, malzemenin mukavemetini saptamak amacıyla kullanılır. Numuneler tek ekseninde belirli bir hızla ve sabit sıcaklıkta koparılmaya kadar çekilir. Numuneye devamlı bir çekme kuvveti uygulanırken aynı zamanda uzaması kaydedilir. x eksenine deformasyon Y eksenine gerilme değerleri yazılır. Şekilde camın gevrek kırılması görülmektedir.



Şekil 4.1: Gerilme şekil değişimi eğrisi

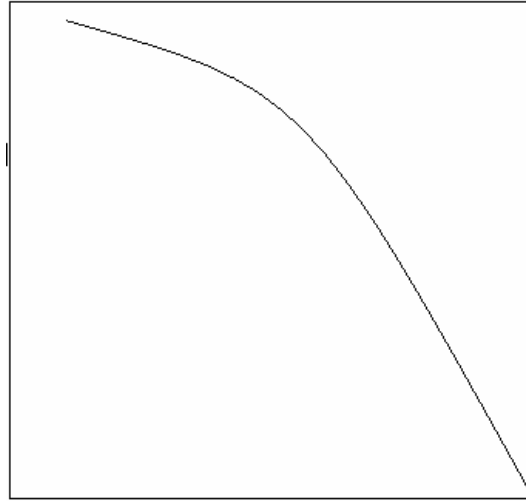
Gerilme şekil değişimi eğrisi iki kısımdan oluşur. Lineer olan kısım elastik şekil değişim bölgesidir. Bu bölgeden plastik deformasyon bölgesine geçiş akma noktası ile belirlenir. Buradaki mukavemet, akma mukavemetidir. Ulaşılan en büyük değer çekme mukavemetidir. Numunenin kırıldığı gerilme kopma mukavemetidir.

Basma deneyi, çekme deneyinin tersidir. Basma deneyi, standartlarda belirtilen boyutlardaki numunelerle yapılır. Kırılma, numunenin iki parçaya ayrılması şeklinde olur.

Eğme deneyi, iki desteğe serbest olarak oturtulan daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney numunesinin yön değiştirilmeden ortasına eğme kuvveti uygulanarak yapılır. Deney sonunda eğme mukavemeti, kırılma mukavemeti veya kırılma modülü MOR adı verilen gerilme değeri, kırılma anındaki en büyük yükün ölçülmesi ve formüllerin kullanımıyla bulunur.

$$\Sigma = MOR = Mc/1 = 3 PL/ 2bd^2$$

Camdaki gerilmelerin tespiti için gerilme gevşemesi deneyleri yapılır. Deney sırasında sıcaklık sabit tutulur. Başlangıç gerilmesi, farklı sıcaklıklardaki gerilmeleri normalize etmek için kullanılır. Bu gerilme, zamanın fonksiyonu olarak işaretlenir. Şekilde soda – kireç camının 473 °C 'deki gerilme gevşemesi eğrisi görülmektedir.



Şekil 4.2: Camda gerilme gevşemesi

Normalize edilmiş gerilme \longrightarrow
0
Zaman(saniye)

4.2. Camlarda Yorulma

Camların dayanma gücü, normal şartlarda gerilme altında tutulduklarında değişir. Budeğişme; havadaki su miktarına, gerilme miktarına, sıcaklığa, cam birleşimine ve yüzey işlemlerine bağlı olarak değişir. Camın üzerinde gerilme, belirli bir süre sonra yüzeyde çatlama ve ardından kopma olayına neden olur. Yorulma cama sadece dışarıdan uygulanan mekanik kuvvetle değil, aynı zamanda ısıl genişleme veya büzülmeden doğan iç gerilmelerle de olabilmektedir. Çatlak oluşumu ile başlayan süreç, çatlağın büyümesi sonucu kırılmayla son bulur.

Cama uygulanan gerilme büyük ise cam kırılır. Gerilme çok küçük ise cam kırılmaz.

Gerilme orta şiddette ise, cam hemen değil, belli bir süreçten sonra kırılır. Gerilme büyüdükçe kırılmaya kadar geçen süre kısalmır. Bu statik yorulma olarak tanımlanır. Statik yorulma, cam belirli bir yük altında tutularak kırılma zamanı tespit edilir.

4.3. Camda Kırılma ve Kırılmalık

Camın iki veya daha fazla parçaya ayrılmasına kırılma denir. Kırılma; uygulanan gerilmeye, sıcaklığa deformasyon hızına ve camın birleşimine bağılı olarak değişir. Kırılmanın oluşumu, çatlak ve çatlağın ilerlemesidir. Cama etki eden kuvvetler vardır. Bunları iki grupta inceleyebiliriz. Doğal kuvvetler ve insan kaynaklı kuvvetler.

Doğal kuvvetler insan kaynaklı kuvvetler şunlardır:

- Rüzgâr basıncı
- Kar yükleri
- Isıl gerilmeler
- Hidrostatik (sıvı) basınçları
- Ani çarpmalar
- Silah mermilerinin oluşturduğu yükler
- Patlamalardan oluşan yükler



Resim 4.3: Kırılmış Cam

Cam malzemelerde kırılma, atomlar arası bağların kopması sonucu oluşur. Cam diğer malzemelerin tersine kırılmandır. Diğer malzemelere herhangi bir kuvvet uygulandığında malzemenin direncine bağlı olarak bir deformasyon oluşur. Uygulanan gerilme küçükse moleküller arası bağları gerer. Gerilme büyük ise plastik deformasyon oluşur. Camda plastik deformasyon görülmeden cam kırılır. Cam, çekme kuvvetine karşı zayıf; basma kuvvetlerine karşı dayanıklıdır. Camda en küçük bir çatlakın varlığı bile camın dayanımını azaltır. Sertlik, göreceli bir ölçü olup çizmeye, kesmeye, sürtünmeye ve plastik şekil değişimine karşı direnç olarak tarif edilir. Taşları birbirine sürtülerek sertlikleri ölçülmüştür. Çizen taşlar, çizilenden sert sayılmıştır. Bu yöntem mohs sertliği olarak bilinir.

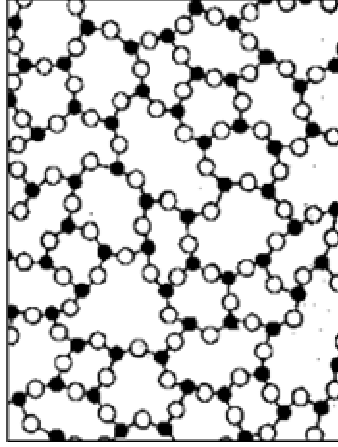
Mohs sertlik cetvelindeki 10 mineral

- Talk: Tırnakla çizilebilir, çok yumuşaktır.
- Jips
- Kalsit
- Flüorit: Çakı, iğne ile çizilebilir.
- Apatit
- Ortoklos: Ege ile çizilebilir.
- Kuvers
- Topoz
- Korund
- Elmas: Camı kuvvetle çizer.



Resim 4.4: Kırılmış cam

4.4. Kimyasal Etkileşme



Şekil 4.5: Cam moleküllerinin dizilişi

Bir malzemenin etkileşimde bulunduğu gaz, sıvı veya katı hâldeki maddelerin etkilerine karşı gösterdiği direnç, kimyasal dayanıklılık olarak tanımlanır. Genellikle camdaki alkali oranının yüksekliği camın kimyasal dayanıklılığını zayıflatırken boroksit, alüminyum oksit, çinko oksit ve zirkonyum oksit ise camın kimyasal dayanıklılığının artmasını sağlamaktadır.

Camın yıpranmasına sebep olan etkileşim mekanizmaları şöyledir:

- Sızma
- Tercihli çözünme
- Çöktürme
- Homojen çözünme

Bunların ilk üçünde cam yüzeyinin bileşimi değişir. Sızmada bazı iyonlar camı terk eder. Tercihli çözünmede, iki fazlı camdaki fazlardan biri çözünür ve camı çevreleyen ortama geçer.Boşluklu bir yüzey meydana gelir.Çöktürmede bazı elementler cam yüzeyine çökerek katman oluşturur.Homojen çözünme ise camın düzgün hızla etkileştiği ortama karışıp küçülmesine neden olur.

4.6. Alkali Etkileri

Sodyum, lityum, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi elementlerin yer aldığı çözeltiler alkali çözeltiler olarak cama etki eder. Alkalilerin camla etkileşiminde görülen mekanizma çözünmedir. Cam ağı alkali etkisiyle yıkıma uğrarken iyonlar serbest kalarak çözeltiye geçer.Si-O-Si yapısındaki silisyum – oksijen bağı koparak kopan uçlardan birine

OH- iyonu diğeri ise Na+ iyonu bağlanarak cam korozyona uğrar ve silisyum iyonu çözeltiye geçer.

Fe, Mn, Cr, La, Zn, Sn gibi elementlerin az miktarlarının bile kimyasal dayanımı olumlu yönde etkiledikleri görülmüştür.

4.7. Su –Asit Etkileri

Camların suya karşı dayanıklı olması arzu edilir. Alkali silikat ve soda-kireç-silika camlarının sulu çözeltilerce aşındırılması üç kimyasal reaksiyonla açıklanabilir:

a-Sudan gelen H₃O veya H iyonlarının cam ağına sızması, böylece alkali iyonlarının yerini işgal ederek alkaliler çözeltiye geçer.

b-Hidroksil (OH eksi)iyonları camdaki O-Si bağlarını bozar.

c-Açığa çıkan O eksi iki iyonları su molekülü ile tekrar reaksiyona girer ve OH çıkışını sağlar ve bu da 'b' deki reaksiyonun tekrarına sebep olur.

Difüzyon yoluyla cama pozitif iyonlarını veren su, negatif iyonlarca PH'ı artırır. Cam çözünmeye başlar. Cam yüzeyinde temizlenmesi zor lekeler oluşur.Bu durum, durgun su kütleleri ile temasta olan soda-kireç camları için geçerlidir.Akarsuyla yıkanan camlarda bu durum oluşmaz.

Silikat camları, kimyasal olarak su ve asitlere karşı dayanıklıdır. Ancak bazı asitler korozyon yapabilir. Camı en iyi çözen madde florik asittir(HF).

4.8. Bileşim Etkileri ve Dayanıklılığın Artırılması

Silikat camlarının bileşimi değiştiğinde temasta buldukları ortamla etkileşimleri de değişir. Örneğin, alkali miktarının artmasıyla suda çözünme hızlanır. CaO 'in camda bulunması cam sistemi karalaştırır ve sodyum iyonlarının hareketini yavaşlatır.İkili ve üçlü alkali-silika cam sistemlerinde görülen faz ayrışması kimyasal dayanımı düşürür.Soda-kireç camlarında CaO ve özellikle Al₂O₃, faz ayrışmasına olan eğilimi düşürerek dayanımı artırır.Genellikle kimyasal dayanımı artırmak için CaO, MgO en çok kullanılan oksitlerdir.Silikat camlarının kimyasal dayanımı, ortamın pH değerine ve bu ortamın doğasına bağlıdır.

Camların kimyasal dayanım ölçümlerini etkileyen faktörleri şöyle sıralayabiliriz:

➤ Cam tanelerinin ağırlığı ve yüzey alanı

Yüzey alanı önemli bir faktör olmakla birlikte camdan çözünerek açığa çıkan bileşenlerin miktarı yüzey alanı ile ilgilidir.

➤ **Yüzey alanı/çözelti hacim oranı**

Silikat camından çözünen malzemenin miktarı bu oranla değişir ve silikat camı için çözünen silika miktarı, bu oranın artmasıyla artış gösterir.

➤ **Çözeltinin tekrarlanan değiştirilme işlemi**

Çözeltilerin değiştirilmesi ne kadar az sıklıkla gerçekleşirse o kadar çok çözünme oluşur.

➤ **Aşındırma sıcaklığı**

Camda çözünen alkali ya da diğer bileşen miktarları belli bir zaman aralığında artan sıcaklıkla çoğalır. Bir sene boyunca oda sıcaklığında elde edilen çözünmenin 50 oC' de 3 haftada, 75 oC 'de 2 günde elde edildiği bulunmuştur. Cam bileşimi ve alkali iyon tipi bu olayları etkilemektedir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Camın fiziksel ve kimyasal dayanım koşullarını araştırmak

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Camın dayanıklılığını ve sertliğini araştırınız.</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Camın fiziksel dayanım koşullarının araştırmasını internet, kütüphane ,cam teknolojisi kitapları ,çeşitli camla ilgili yayınlardan araştırabilirsiniz.➤ Camın dayanıklılığını ve sertliğini araştırıp bir deftere ya da dosya kâğıdına not alınız.➤ Araştırmalarınızda modül bilgilerinden faydalanabilirsiniz.➤ Konularla ilgili örnek resimler toplayınız.➤ Araştırmalarınızı yaparken öğretmeninizden görüşlerini alınız.➤ Topladığınız bilgileri raporlaştırıp konu ile ilgili resimlerle birlikte arkadaşlarınıza sununuz .
<p>➤ Camın kimyasal dayanıklılığını araştırınız.</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Camın kimyasal dayanıklılığını araştırınız.➤ Kimyasal dayanım test ve yöntemlerini araştırınız.➤ Araştırma yaparken modülden öğrendiğiniz bilgileri hatırlayınız.➤ Araştırdığınız ve bulduğunuz bilgileri not alarak toparlayınız. Bir dosya oluşturunuz.➤ Bu bilgileri sınıfta arkadaşlarınız ve öğretmeninizle paylaşınız. Öğretmeninizin görüşlerini alınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet ile kazandığınız bilgileri aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki boşluklara uygun doğru kelimeleri yazınız.

1. Çekme deneyi malzemeninsaptamak amacıyla kullanılır.
2. Basma deneyi çekme deneyinin.....ve standartlarda belirtilen boyutlardakiyapılır.
3. Camdaki gerilmelerin tespiti için hangi deneyler yapılır?
A) Basma deneyi
B) Gerilme gevşemesi deneyleri
C) Eğme deneyi
D) Hepsi
4. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi alkali çözeltiler olarak cama etki etmezler?
A) Sodyum
B) Lityum
C) Potasyum
D) Alüminyum

Aşağıdaki soruları doğru ya da yanlış şeklinde cevaplandırınız. (D-Y)

5. () Cam malzemelerde kırılma, atomlar arası bağların kopması sonucu oluşur.
6. () Bir malzemenin etkileşimde bulunduğu gaz, sıvı veya katı hâldeki maddelerin etkilerine karşı gösterdiği direnç, mekanik dayanıklılık olarak tanımlanır.
7. Camda en iyi çözünen madde aşağıdakilerden hangisidir?
A) Florik asit
B) Silikat
C) Sodyum
D) Magnezyum

Not : Cevap anahtarı modülün sonundadır.

Değerlendirme

Cevaplarınızı, kitapçığın sonundaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Kendinizi değerlendirmeniz sonucunda yanlış cevap verdiyseniz ya da cevaplama anında tereddüt yaşadığınız sorular için ilgili konulara dönerek ya da öğretmeninize danışarak tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz uygulama testine geçiniz.

UYGULAMALI TEST

Camın dayanıklılığı ve sertliğini araştırarak kendinizi ölçünüz.

AÇIKLAMA: Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri “Evet” ve “Hayır” kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
➤ Camın dayanıklılığını araştırdınız mı?		
➤ Camın sertlik durumunu araştırdınız mı?		
➤ Camın sertliğini etkileyen etmenleri araştırdınız mı?		
➤ Araştırmalarınızda çeşitli kaynaklardan yararlandınız mı?		
➤ Modül bilgilerinden yararlandınız mı?		
➤ Topladığınız bilgi ve resimlerden bir katalog oluşturduunuz mu?		
➤ Zamanı verimli kullanmaya dikkat ettiniz mi?		
➤ Araştırmalarınızda öğretmeninizin görüşlerini aldınız mı?		
➤ Toparladığınız bilgileri arkadaşlarınıza ve öğretmeninize sundunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Uygulamalı testte işaretlediğiniz “Evet” ler kazandığınız becerileri ortaya koyuyor. “Hayır” larınız için ilgili öğrenme faaliyetini tekrarlayınız.

Tamamı “Evet” ise sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Modül sonunda kazandığınız yeterliği aşağıdaki uygulamayı yaparak değerlendiriniz.

Öğrenme faaliyetleri ve uygulamalar ile kazandığınız tecrübeleri göz önüne alarak camların kimyasal dayanım ölçümlerini etkileyen faktörleri araştırabilirsiniz.

Aşağıdaki işlemleri tamamladığınızda camların kimyasal dayanım ölçümlerini etkileyen faktörlerin analizlerini yapabileceksiniz.

Araştırmalarınızda cam teknolojisi kitabı, internet, kütüphane, camla ilgili yayınlardan ve firmalardan yararlanınız

- Camların kimyasal dayanımlarını araştırınız.
- Camların kimyasal dayanım ölçümlerini araştırınız.
- Camların kimyasal dayanım ölçümlerini etkileyen faktörleri araştırınız.
- Modül bilgilerini hatırlayınız.
- Araştırdığınız ve bulduğunuz bilgileri not alarak toparlayınız. Bir dosya oluşturunuz.
- Toparladığınız bilgileri arkadaşlarınıza ve öğretmeninize sununuz.

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

Camın kimyasal yapısına etki eden çözeltileri araştırarak kendinizi ölçünüz.

AÇIKLAMA: Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri “Evet” ve “Hayır” kutucuklarına (x) işareti koyarak kontrol ediniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
➤ Camın kimyasal yapısını araştırdınız mı?		
➤ Camın kimyasal yapısına etki eden çözeltileri araştırdınız mı?		
➤ Modül bilgilerinden yararlandınız mı?		
➤ Camın kimyasal yapısının, camın kullanım yerleriyle ilişkili olup olmadığını araştırdınız mı?		
➤ Değişik cam türlerinin kimyasal yapısına etki eden faktörleri araştırdınız mı?		
➤ Araştırmalarınızda öğretmeninizin görüşlerini aldınız mı?		
➤ Toparladığınız bilgileri arkadaşlarınıza ve öğretmeninize sundunuz mu?		

Not: Bu performans testini uygulayarak kendinizi ölçünüz.

DEĞERLENDİRME

Modül ile kazandığımız davranışlarda işaretlediğiniz “Evet” ler, kazandığınız becerileri ortaya koyuyor. “Hayır” larınız için ilgili faaliyetleri tekrarlayınız. Tamamı “Evet” ise bir sonraki modüle geçebilirsiniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ -1 CEVAP ANAHTARI

1-	HARMAN- REÇETELE RE
2-	D
3-	B
4-	B
5-	A

Cevaplarınızı kontrol ediniz. Yanlışlarınızı geri dönerek düzeltiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ -2 CEVAP ANAHTARI

1-	B
2-	Y
3-	D
4-	A
5-	BASMA- POLARİSK OP-MAVİ

Cevaplarınızı kontrol ediniz. Yanlışlarınızı geri dönerek düzeltiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ -3 CEVAP ANAHTARI

1-	BİLEŞİMLER- SICAKLIKLAR
2-	C
3-	B
4-	D
5-	Y
6-	SICAKLIĞA
7-	ÇUBUK- SOĞUMADA- UZAMA- KISALMA

Cevaplarınızı kontrol ediniz. Yanlışlarınızı geri dönerek düzeltiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ -4 CEVAP ANAHTARI

1-	MUKAVEMETİNİ
2-	NUMUNELERLE
3-	B
4-	D
5-	D
6-	Y
7-	A

Cevaplarınızı kontrol ediniz. Yanlışlarınızı geri dönerek düzeltiniz.

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- Cam üretim kademeleri ile ilgili internet siteleri.
- Prof. KÜÇÜKERMAN Önder, Cam ve Çağdaş Tasarım İçindeki Yeri, İstanbul.
- Cam üretimi yapan sektörler

KAYNAKLAR

- Yrd.Doç.Dr.KARASU Bekir, Doç.Dr. Nuran AY, **Cam Teknolojisi**, Ankara, 2000.
- <http://www.şişecam.com.tr>
- <http://www.teknolojikaraştırmalar.com>
- <http://www.mercek.org/MOC>
- <http://www.Gursanglass.com.tr>
- <http://www.metalurji.org.tr>