

T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



# MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

**SERAMİK VE CAM TEKNOLOJİSİ**

**SERAMİK VE CAMDA PİŞİRİM**

ANKARA 2006

**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 ulaşabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ - 1 .....	3
1. BİSKÜVİ PİŞİRİMİ.....	3
1.1. Tanımı ve Önemi .....	3
1.2. Bisküvi Pişiriminde Ortak Evreler .....	3
1.3. Pişirimde Bünyede Meydana Gelen Değişiklikler.....	3
1.4. Bisküvi Pişiriminde Meydana Gelen Hatalar .....	4
1.4.1.Ham Maddeye Bağlı Hatalar .....	4
1.4.2. Şekillendirme Yöntemine Bağlı Olan Hatalar.....	4
1.4.3. Kurutma Sonucu Ortaya Çıkan Hatalar.....	4
1.4.4. Pişirme Hataları .....	4
1.5. Seramik Fırınları.....	4
1.5.1.Muntazam Aralıklarla Isıtılan Fırınlr (Periodik) .....	5
1.5.2.Devamlı Isıtılan Fırınlr .....	6
1.6.Seramik Fırınlrında Sıcaklığın Kontrolü ve Ölçülmesi.....	7
1.7. Seramik Fırınlrında Kullanılan Yardımcı Malzemeler .....	8
UYGULAMA .....	9
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	11
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	13
2. FIRIN HAZIRLAMA .....	13
2.1. Potalar .....	13
2.2. Reverber Fırınlr.....	14
2.3. Sürekli Ergitme Tankları .....	14
2.4. Levha Cam Üretim Fırını.....	15
2.5. Elektrikli Ergitme Fırınları .....	15
2.6. Malzeme Bilgisi .....	16
UYGULAMA .....	18
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	19
ÖĞRENME FAALİYETİ - 3.....	21
3. FIRIN AYARLARI YAPMAK VE ÇALIŞTIRMAK .....	21
3.1. Camın Viskozitesi ( Camın Fiziksel Özellikleri ).....	21
3.1.1. Tanımı .....	21
3.1.2. Kavramlar ve Birimler .....	21
3.1.3. Viskozite Noktaları .....	21
3.2. Viskozitenin Sıcaklık Değişimi .....	22
3.3. Camın Dayanırlılığı ve Sertliği .....	22
3.4. Camlarda Yorulma .....	23
3.5. Camda Kırılma ve Kırılgnlık .....	23
3.6. Fırın İşlem Kademeleri .....	24
3.7. Fırın Ayarlarını Yapmak ve Çalıştırmak .....	24
UYGULAMA .....	25
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	26
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	30
CEVAP ANAHTARLARI.....	31
KAYNAKÇA .....	32

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>215ESB106</b>
<b>ALAN</b>	<b>Seramik ve Cam Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Alan/Dal Ortak</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Seramik ve Camda Pişirim</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Bu modül, seramik ve cam formların pişirimi, fırın kullanma, fırın ayarlarını yapıp çalıştırma ile ilgili bilgi ve becerilerin verildiği öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	Plaka Yöntemi ile Form Şekillendirmek ve Cam Kesimi - 1 modüllerini almış olmak.
<b>YETERLİLİK</b>	Fırınlama
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Gerekli ortam sağlandığında seramik formları ve füzyon vitray tekniğinde hazırlanan ürünleri, özelliklerine, uygun sıcaklıkta fırınlayıp, fırınlama sonrası ürünlerin kalite kontrollerini yapabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Seramik formları özelliklerine uygun olarak fırına yükleyerek uygun sıcaklıkta bisküvi pişirimi yapıp, fırınlama sonrası mamullerin kalite kontrollerini yapabileceksiniz.</li><li>➤ Füzyon fırın kullanma bilgisine sahip olup fırın hazırlayabileceksiniz.</li><li>➤ Fırın ayarlarını yapıp fırını çalıştırabileceksiniz.</li></ul>
<b>EĞİTİM VE ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	Kamera fırın, fırın içi yardımcı malzemeler, istif arabaları, fırın kullanma kılavuzu (kürek, süpürge, toz bezleri, yardımcı malzemeler)
<b>ÖLÇME DEĞERLENDİRME:</b>	Modülün içinde yer alan faaliyetten sonra, verilen ölçme araçları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Modül sonunda sizlere üzerinizde ölçme aracı uygulanarak, modül ile kazandığınız bilgi ve beceriler değerlendirilecektir.

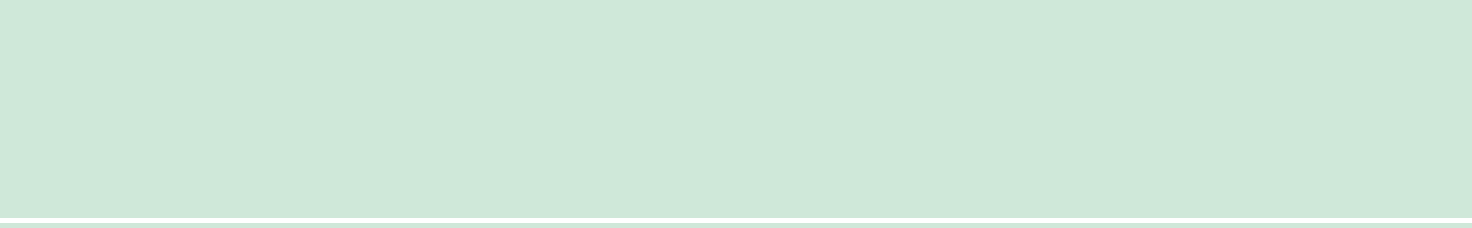
# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

İnsan var olduğundan beri kendini bir biçimlendirme gereksinimi bulmuştur. Bu gereksinimini karşılarken kendine doğayı örnek almıştır. İnsanlar doğadaki toprağı kullanarak seramik ve cam hammaddesini kullanmayı öğrenmiş ve çeşitli malzemelerden fonksiyonu olan ürünler ortaya koymuşlardır.

Gelişen teknolojiyle birlikte hayatımıza giren makineler seramiğin ve camın işlenmesinde hızla yerini almış ve çeşitli fırınlar üretilerek yeni teknikler ortaya çıkarılmıştır. Bu kaynakla seramik formları ve füzyon vitray tekniğinde hazırlanan ürünleri özelliklerine uygun olarak fırına yükleyip, uygun sıcaklıkta fırınlayıp, fırınlama sonrası kalite kontrollerini yapabilecek duruma geleceksiniz.

Şimdiden sizlere yapacağınız çalışmalarda başarılar dileriz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Bu faaliyet ile tekniğe uygun olarak seramik formların özelliklerine uygun fırına yükleyerek uygun sıcaklıkta bisküvi pişirimi işlemini yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Seramik bisküvi pişirimi yapmak için kullanılan seramik fırınlar ve fırın içinde kullanılan yardımcı malzemeler hakkında araştırma yaparak bilgi toplayınız.

Büyük ve orta ölçekli işletme ve atölyelere giderek bilgi edinebilirsiniz.

Sanat atölyelerini ve galerileri gezerek bilgi edinebilirsiniz.

## 1. BİSKÜVİ PİŞİRİMİ

### 1.1. Tanımı ve Önemi

Şekillendirilmiş ve kurutulmuş yarı mamülün, bir program içinde ısıtılması ve oluşan seramiğin tekrar bir program içinde soğutulması işlemidir.

Nem ve suyun tamamen ürün içinden uzaklaştırılıp ürüne mukavemet kazandırılmasıdır.

### 1.2. Bisküvi Pişiriminde Ortak Evreler

- Fırının doldurulması
- Ön ısınma
- Sürekli ısınma
- Pişme ısınması
- Soğuma
- Boşaltma

### 1.3. Pişirimde Bünyede Meydana Gelen Değişiklikler

Pişme sırasında seramik, bazı geçici ve kalıcı değişiklikler gösterir.

- Geçici değişiklikler: Hacimsel büyüme
- Kalıcı değişiklikler: Kristal değişikliği, cam fazı oluşumu, yer değiştirme reaksiyonları

## 1.4. Bisküvi Pişiriminde Meydana Gelen Hatalar

Pişme sırasında ortaya çıkan hataların bir kısmı üretimin ilk basamaklarında oluşmaktadır.

Örneğin: Çamur hazırlamada, şekillendirmede, kurutmada yapılan ve henüz ortaya çıkmayan hatalar, pişirme sırasında ortaya çıkar.

### 1.4.1. Ham Maddeye Bağlı Hatalar

- Yaş, topraklı saygısızlıkların kilde bulunması, çatlamalara yol açan homojen ürün verir.
- Kuruma sırasında yüzeye gelen çözünebilir tuzlara bağlı olarak yüzey lekelenir.

### 1.4.2. Şekillendirme Yöntemine Bağlı Olan Hatalar

- Farklı nem miktarına sahip parçaların birleştirilmesi. Yüzey çatlakları.

### 1.4.3. Kurutma Sonucu Ortaya Çıkan Hatalar

Bünyenin içi daha nemliyken aniden kurutma işlemi uygulanacak olursa kuruma çatlakları oluşur. Derin çatlaklar kurutma hatasıdır.

### 1.4.4. Pişirme Hataları

- Seramik üründen su uzaklaştırma işlemi çok ani yapılacak olursa bünyede çarpıklıklar oluşur.
- Bazı gazlar çıkmadan sinterleşme olursa şişmeler görülür.
- Su uzaklaştırma işlemi ani hacim değişimleri ve soğutma işlemleri gereğince yavaş oluşturulamaz ise çatlaklar olur.
- Sıcaklığın çok çabuk yükselmesinden pişme çatlakları meydana gelir.
- Pişen ürünlerin çok çabuk soğuması da çatlamalara neden olur. Bu çatlaklar sert ve keskin olmasıyla diğerlerinden ayrılır.

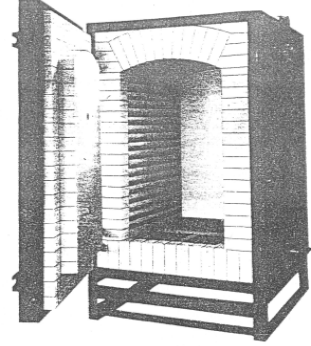
## 1.5. Seramik Fırınları

Isıtma çeşidine göre fırınları 2 grupta inceleyebiliriz:



### 1.5.1.Muntazam Aralıklarla Isıtılan Fırımlar (Periodik)

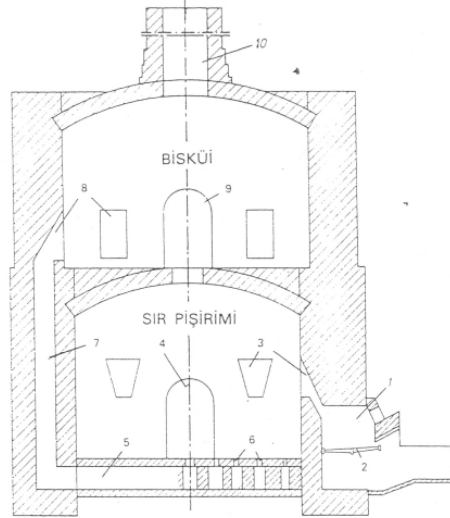
- **Sahra fırın:** En ilkel bir fırındır.Açık havada çalışıklarından uygun iklim koşullarında yanabilirler. Uygun kil yataklarının bulunduğu yerlerde kurulan tuğla harmanlarında şekillendirilen tuğlaların pişirilmesinde kullanılır. 15-20 gün pişme süresi vardır. Sıcaklık dağılımının kötü olmasına paralel olarak bozuk mal sayısı artacaktır.



Resim 1.1: Kamara fırın

- **Kamara fırın:** Ateşler seramik ürünler arasında dolaşır ve yanma gazları tavanda dışarıya baca yolu ile atılır.

- **Kubbeli yuvarlak fırın:** Kamara fırınlarına benzerler, ısı tekniği bakımından daha verimlidir. Sıcaklıktan daha iyi yararlanmak için 2 katlı olarak yapılmıştır.



Resim 1.2: Kubbeli Fırın Kesiti

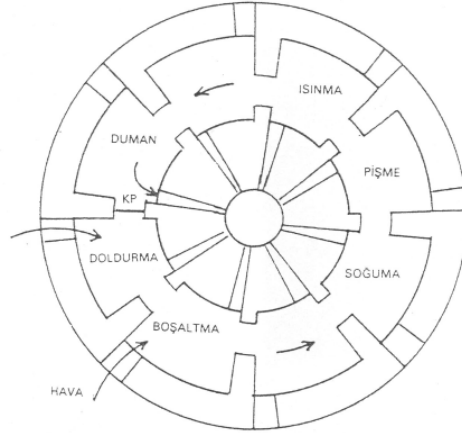
- **Elektrikli kamara fırınlar:** Küçük ölçüdeki atölyelerde maksimum 1100°C – 1200 °C lerde kullanılır. Yüksek sıcaklıklara çıkılır, elektrotların hem pahalı hem de çabuk bozulması nedeniyle yüksek sıcaklıkta kullanılmaz. Enerji, fırın içerisinde bulunan direnç tellerinin elektrikle ısınmasıyla elde edilir. Her işlemten sonra soğutulup, boşaltma ve yükleme yapıp tekrar ısıtılması maliyeti artırmaktadır. Enerji kaybı fazladır.



**Resim 1.3: Elektrikli Fırın**

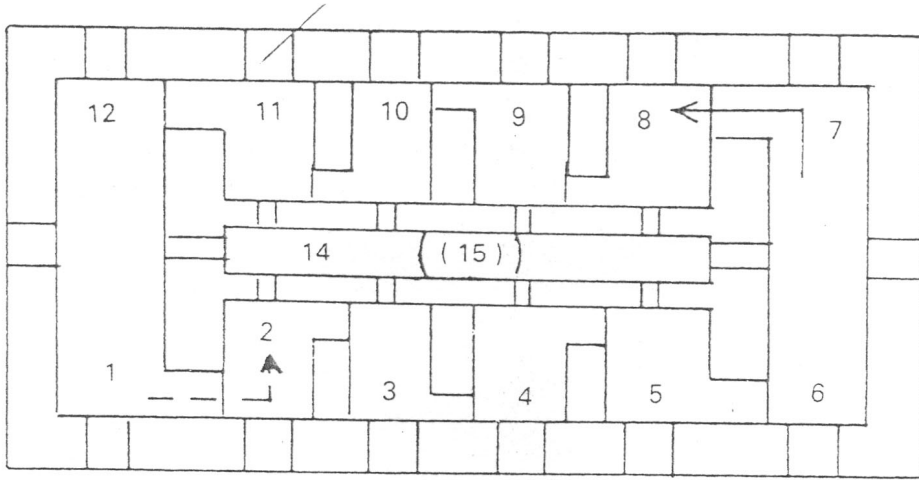
### 1.5.2.Devamlı Isıtılan Fırımlar

- **Ring fırınları:** Eşit aralıklarla doldurma yapılan ve boşaltma kapıları bulunan fırınlardır.



**Resim 1.4: Ring fırın kesiti**

- **Zikzak fırınlar:** Zikzak şeklinde yerleşmiş pişme odalarından oluşan bir fırındır.



**Resim 1.5: Zikzak fırın kesiti**

- **Tünel fırın:** Üç önemli bölgeden oluşur.
  - Ön ısıtma bölgesi (fırın girişi)
  - Ateş bölgesi (fırın orta kısmı)
  - Soğuma bölgesi (fırının ateş bölgesinden başlayıp çıkışa kadar olan kısmıdır.)

## 1.6. Seramik Fırınlarında Sıcaklığın Kontrolü ve Ölçülmesi

En ilkelinden en gelişmişine kadar, seramik fırınlarında sıcaklık kontrol işlemi fırınların en önemli parçasını oluşturur.

Modern fırınlarda sıcaklığın kontrolü, ölçülmesi ve kaydedilmesi geliştirilmiş araçlarla yapılmaktadır.

Bu araçlar tek kullanılabildiği gibi, aynı ölçme aracından birkaç tane, aynı fırının çeşitli yerlerine yerleştirilerek de kullanılabilir.

Sıcaklığı ölçen üç sistem geliştirilmiştir.

- Termo elektrik prometre
- Optik prometre
- Seramik kökenli sıcaklık ölçme araçları

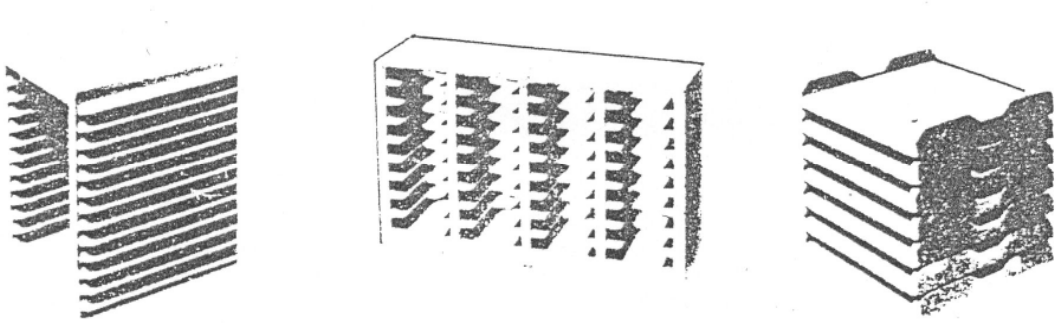
## 1.7. Seramik Fırınlarında Kullanılan Yardımcı Malzemeler

Piştirilen ürünlerin özelliğine, türüne, ağırlığına ve formuna göre çok çeşitli plaka ve diğer taşıyıcı araç-gereçler geliştirilmiştir.

Örneğin, fayans ve tabaklar için özel kasetler kullanılır.

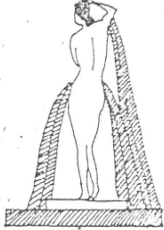
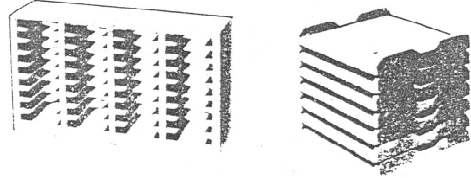
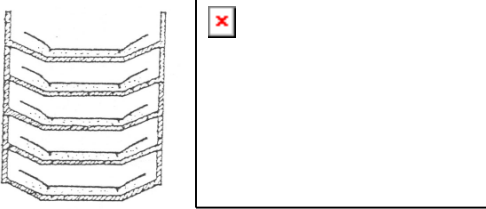

Fırında kullanılan önemli yardımcı malzemeler fırın plakaları ve kasetleridir. Fırını yerleştirmede, hazırlanan işlerin taşınmasında taşıyıcılık görevi yaparlar.

Yardımcı malzemeler malın ağırlığına ve formun boyutlarına göre çok çeşitli plaka ve taşıyıcı olarak hazırlanmıştır.



Resim 1.6: Fırın kasetleri

## UYGULAMA

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>Fırına konacak ürünlerin boyutlarına ve biçimlerine uygun yardımcı malzemelerden birini seçiniz.</p> 	<p>Fırın içinde kullanılan yardımcı malzemeler ateşe dayanıklı refrakter, fırın rayları, kasetler, seramik ayaklar ve fırın tuğlalarıdır.</p> 
<p>Fırına yerleştirilecek seramik ürünleri boyutlarına göre raflara yerleştiriniz.</p> 	<p>Fırın içinin doldurulmasında, yer zıyanının olmamasına dikkat ediniz.</p>
<p>Seramik formların özelliklerine uygun olarak fırını yükleyiniz.</p> 	<p>Seramik formları tabak, heykel ve karoların özelliklerine uygun yerleştiriniz.</p> <p>Seramik ürünlerin fırın içinde yerleştirilmesinde ürünlerin kesinlikle birbirine dokunmamasına dikkat ediniz.</p> <p>Bunun için her seramik ürün arasında 2 cm bir açıklık bırakınız.</p>
<p>Fırın sıcaklık derecesini 900 °C'ye ayarlayınız.</p>	<p>Bu derecede kil tamamen kurur. Kil içindeki organik maddeler yanar.</p>

Fırın ısı derecesini hazırladığınız seramik ürünün özelliklerine göre ayarlayınız.	Uygun pişme sıcaklığı ürünlerin özelliklerine göre 800-1300 arasında bir sıcaklık olabilir. <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sofra eşyası bisküvi pişirimi 800-950 °C</li><li>➤ Tuğla pişirimi 900 – 1050 °C</li><li>➤ Fayans pişirimi 1200-1250 °C</li></ul> Seramik ürünler bisküvi pişiriminden sonra artık yeniden plastik hâle dönmez ve ham halinden daha kırılğan olur.
Seramik ürünleri eldivensiz tutulabilecek dereceye gelince fırından çıkarınız.	Pişme işlemi bittikten sonra fırının yavaş yavaş soğumasını beklemelisiniz.
Fırından çıkarılan seramik ürünlerin ne kadarının bozuk ve sağlam olduğunun tespitini yapınız.	Ne? Neden? Niçin? Sorularını sorarak, pişme hatalarının nedenlerini araştırınız. Seramik ürünler üzerinde yaptığımız değerlendirmeleri defterinize (fırın sıcaklık ayarlarını ve sonuçlarını) yazınız.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu Faaliyet ile kazandığınız bilgileri aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

### ÖLÇME SORULARI

- Aşağıdaki hangisi bisküvi pişiriminin ortak evrelerinden değildir?  
A) Fırın doldurulması  
B) Sürekli ısınma  
C) Soğuma  
D) Mamul
- Aşağıdakilerden hangisi pişirme bünyesinde meydana gelen değişikliklerdendir?  
A) Kristal değişikliği  
B) Fırın sıcaklığı  
C) Hacimsel büyüme  
D) Kızdırma kaybı
- Bisküvi pişirimiinde meydana gelen pişirme hatalarından hangisi pişirme sonucu oluşan hatalardandır?  
A) Malların iyice kurutulması  
B) Fırın sıcaklığının çok çabuk soğuması  
C) Su uzaklaştırma işleminin çok ani yapılması  
D) Ürünü şekillendirme ve kurutma.
- I.Sahra Fırın  
II. Cam Fırın  
III. Elektrikli Fırın  
IV. Tünel Fırın  
Yukarıdaki fırın çeşitlerinden hangileri periyodik çalışan fırınlardandır?  
A) I, IV  
B) II, III  
C) III, IV  
D) II, I, III
- Seramik fırınlarında sıcaklığın kontrolü ve ölçülmesi işleminde aşağıdakilerden hangisi kullanılmaz?  
A) Reverber  
B) Optik prometre  
C) Seramik kökenli sıcaklık ölçme araçları  
D) Termo elektrik prometre

**Not:Cevap anahtarı modülün sonundadır**

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı kitapçığın sonundaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Kendinizi değerlendirmeniz sonucunda yanlış cevap verdiyseniz ya da cevaplama anında tereddüt yaşadıysanız ilgili konulara dönerek yada öğretmeninize danışarak bu konuları tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz uygulama testine geçiniz.

## UYGULAMA TESTİ

Bisküvi pişirimi işlemini yaparak kendinizi ölçünüz.

DEĞERLENDİRME KRİTERİ	Evet	Hayır
1.Fırın yardımcı malzemelerini hazırladınız mı?		
2.Fırına konacak ürünlerin boyutlarına ve biçimlerine uygun yardımcı malzemeyi seçtiniz mi?		
3.Fırına yerleşerek seramik ürünleri boyutlarına göre yerleştirdiniz mi?		
4.Seramik ürünleri,seramik formların özelliklerine göre fırına yerleştirdiniz mi?		
5.Fırın sıcaklık derecesini bisküvi pişirimi yapılacak ürüne göre belirlediniz mi?		
6.Fırın kontrol panosuna ayarları girdiniz mi?		
7.Fırını çalıştırıp pişirimi gerçekleştirdiniz mi?		
8.Ürüne , uygun soğutma yaptınız mı?		
9.Fırını tekniğine uygun boşalttınız mı?		
10.Kalite kontrolü yaptınız mı?		

Yukarıdaki performans testini kendinize veya arkadaşınıza uygulayınız.

## DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda eksikleriniz varsa, öğrenme faaliyetine geri dönerek işlemleri tekrarlayınız. Yoksa bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Tek başınıza füzyon fırınına hazırlayıp kontrollerini yaparak, fırını yakmaya hazır hale getirebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Kütüphaneden fırınlarla ilgili bilgi edininiz ve bu bilgileri arkadaşlarınızla ve öğretmenlerinizle paylaşınız.

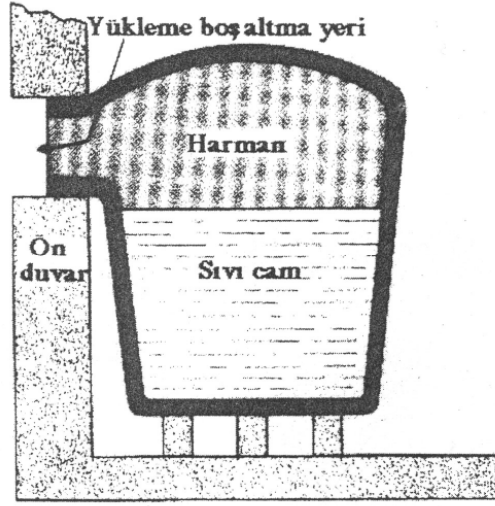
Atölyelere gidip kullandıkları fırın şekillerini ve çalışma prensiplerini araştırınız.

## 2. FIRIN HAZIRLAMA

Cam ergitme işleminde 18. yüzyıl ortalarına kadar özel killerden yapılmış potalar kullanılmaktaydı. Cama olan talep arttıkça potaların yerini dikdörtgen kesitli reverber tipi fırınlar almıştır. Üretimde otomasyona geçilmesiyle seri üretim şartlarına uygun yüksek kapasiteli sürekli ergitme fırınları kullanılmaya başlanmıştır.

### 2.1. Potalar

Potalar, özel killerden yapılmış, cam üretiminde gerekli olan sıcaklığa mukavemet gücüne sahip ve ergimiş camın basıncına dayanıklı fırınlardır. Günümüzde optik camların, renkli camların ve sanatsal camların üretiminde kullanılmaktadır. Potaların kapasitesi 225-1800 kg, en düşük çalışma süresi de 24 saattir. Potalar, 1400 °C'ye kadar çalışabilir. Potaların kullanım süreleri birkaç ay olabilmektedir.



Resim 2.1: Cam ergitme potası

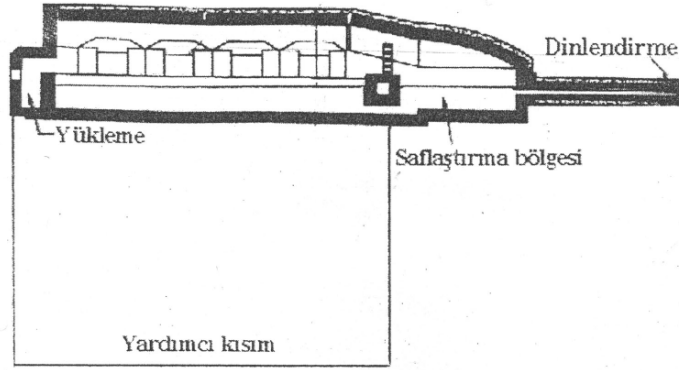
## 2.2. Riverber Fırınlar

Potalarda üretilen camların maliyeti yüksek olduğundan daha fazla miktarda üretim yapabilen ve maliyeti düşük fırınlara ihtiyaç duyulmuştur. Reverber fırınlar yatay alevli fırınlardır. Alev, cam harmanının üstünden temas ettiği için ergime, yüzeyden başlar. Refrakterlerin sıcaklığı, her zaman ergimiş camın sıcaklığından düşüktür. Bu; camın daha az kirlenmesine neden olur. Ancak fırın hacminde sıcaklık farkları olduğundan camın homojenliği düşebilmektedir.

## 2.3. Sürekli Ergitme Tankları

Sürekli ergitme yapan tankların kapasitesi 200-300 ton olup durdurulmadan 4,5 yıl çalışabilirler. Harmanın tanka yüklenmesi sürekli çalışan bantlar sayesinde yapılır. Isı, fırın kenarlarında bulunan çapraz olarak yerleştirilmiş brülörler ile sağlanır. Tanka hava ısıtılarak verilir ve her 20 dakikada havanın akış yönü değiştirilir. Tankın duvarlarındaki refrakterlere dokunan cam eriyiği soğuyacağından merkeze göre daha viskozdur. Cam eriyiği, ergitme bölgesinin sonunda tankın dibine yakın kısmındaki bir delikten saflaştırma bölgesine alınır. Camın dipten alınmasının sebebi, ergimemiş kısmın yüzerek taşınmasını engellemektir. Saflaştırma kısmına alınan ergimiş cam yeterli viskozite değerine ulaştıktan sonra dinlenme kısmına alınır. Tanklarda yakıt olarak sıvı, gaz yakıtlar kullanılabilir. Günümüzde doğal gazlı cam ergitme fırınları diğer fırınlara göre daha çok kullanılmaktadır.

Tankın duvarları, şamot, alümina veya zirkonya alümina-silikadan yapılan refrakterlerle örülmüştür. Sürekli ergitme tanklarında 300-450 m<sup>2</sup> ergitme alanı, 0,9-1,2 m cam derinliği bulunur.

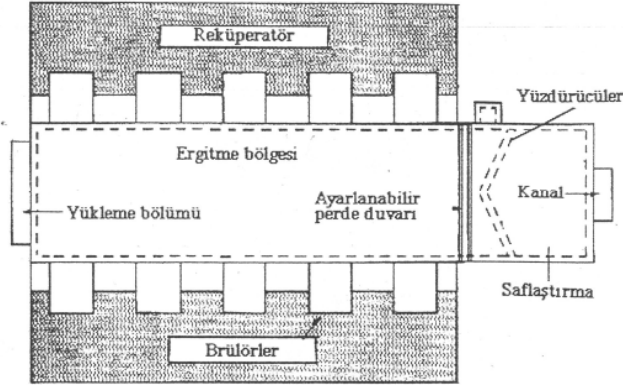


Resim 2.2: Cam üretim tankı

## 2.4. Levha Cam Üretim Fırını

Bu fırının kapasitesi cam ergitme fırınlarından daha büyüktür ve kapasitesi 1500 tona kadar çıkar. Yapı olarak diğer fırınlar gibidir ama onlardan daha uzundur. Diğerlerinden farklı olarak yüzdürme bölümü vardır. Bu bölümde cam, perde hâlinde çekilir. Bir tank günde 200-300 ton cam ergitebilir.

Yakıt masrafını azaltmak için ambalaj camı fırınlarında ve levha camı fırınlarında reküperatör adı verilen ısı kazanım merkezleri vardır.



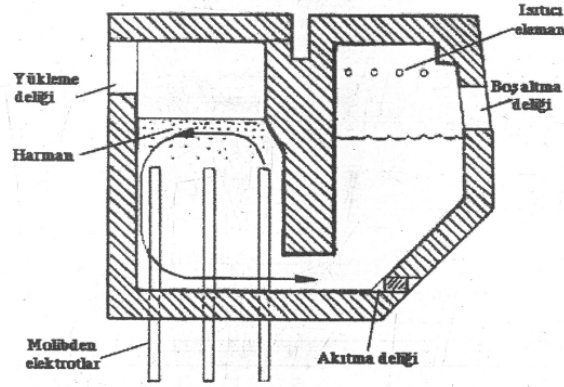
Resim 2.3: Levha camı tankı

## 2.5. Elektrikli Ergitme Fırınları

Elektrikli fırınlar özellikle flor, fosfat ve borosilikot camların üretiminde kullanılmaktadır. Camların içerisinde buharlaşabilen elemanlar bulunabilir. Normal yakıt kullanıldığında ergitildiklerinde cam yüzey birleşimindeki uçucu elemanlar kaybedilebilir. Fırın gazları ile taşınarak atmosferi kirletebilirler. Bu nedenle cam birleşiminin hassas bir biçimde kontrol edilebildiği elektrikli fırınlar tercih edilmektedir.

Isı, yığının altında üst kısmındaki soğuk hammadde tabakasına doğru yayılmakta böylece uçucu elemanlar bu tabaka tarafından kısmen tutularak yoğunlaştırılmaktadır.

Sıvı yakıtlı fırında eritilen bir yığının içindeki flor miktarı ergitme sonunda yarı yarıya azalırken elektrikli fırın kayıp miktarı % 4 seviyelerinde kalmaktadır.



Resim 2.4: Elektrikli ergitme fırını

## 2.6. Malzeme Bilgisi

Fırın içinde kullanılan fırın içi temizleme araç-gereçlerinin, fırın içine camların yapışmasını engelleyen ara (toz) malzeme ve cam temizleme malzemelerinin kullanım bilgisidir.

- **Kalıp:** Füzyon cam yapımında kullanılan kalıplar farklı malzemelerden hazırlanabilir.
- **Serabord:** Tabaka halinde satılıp, farklı boyutları ve farklı kalınlık ölçüleri bulunan malzemedir.
- **Islak battaniye:** Islak bir battaniye görünümünde, istenilen form şekli verilebilen kalıp malzemesidir.
- **Cam elyaf:** Islak battaniye özelliklerinde ince bir malzemedir. Bu kalıp malzemeler, kanserojen etkiye sahiptir. Kullanımda dikkat edilmesi gereken kurallar bulunmaktadır.
  - Şeffaf eldiven
  - Ağız maskesi
  - Havalandırılan atölye ortamı
- **Seramik kalıp:** Kil istenilen biçimde şekillendirilip, alçıdan kalıbı alınarak dökümü yapılır.

Rahat ve uzun süre kullanılabilen kalıptır.

➤ **Malzeme bilgisi**




Fırın içini temizlemede kullanılan süpürge veya fırçanın yumuşak uçlu olmalarına dikkat edilmelidir. Yumuşak olması fırın içinde bulunan elyaf malzemelerin uzun süre deforme olmadan kullanılabilmesini sağlar.

Toz malzeme hazır olarak satılan kaolen veya pudra kullanılır. Pudra en ucuz olanıdır. Camın alt kısmında pütürlü bir yüzey oluşturur. Camın temizleme işlemi tiner ve yumuşak bezle yapılmalıdır.

➤ **Kalıp kullanımında yardımcı malzemeler:**

- Camın şekillendirilmesinde kullanılan örnek kalıplar.
- Kalıp malzemenin şekillendirilmesinde kullanılan kesici spatula, kratuvar, makas vb.
- Cetvel, gönye vb. Ölçü aletleri
- Malzemenin çabuk kuruması için kurutucular.
- Eldiven, yüz maskesi

## UYGULAMA

İşlem Basamakları	Öneriler
<p data-bbox="200 457 728 520">Fırının içini yumuşak uçlu bir fırça yardımı ile temizleyiniz.</p> 	<p data-bbox="749 457 1283 551">Fırın içinde bulunan malzemelerin daha sağlam ve uzun süre dayanması için sertleştirici malzeme kullanınız.</p>
<p data-bbox="200 961 728 1023">ara (toz) malzemeyi kalıbın her yerine homojen bir şekilde eleyiniz.</p> 	<p data-bbox="749 961 1283 1023">Kalıbın içini toz ve diğer yabancı maddelerden temizleyiniz.</p> <p data-bbox="749 1029 1283 1123">Kalıp ve cam malzemenin arasında toz malzemenin kullanış sebebi her ikisini birbirinden ayırabilmektir.</p>
<p data-bbox="200 1361 728 1423">Kalıbın boyutlarında kesilen camı, tinerle silerek kalıbın üzerine yerleştiriniz.</p> 	<p data-bbox="749 1361 1283 1423">Kalıbı fırına yerleştirirken, camın kaymamasına dikkat ediniz.</p>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet ile kazandığımız bilgileri aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

### ÖLÇME SORULARI

- Optik camların, renkli camların ve sanatsal camların üretiminde kullanılan fırın aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Sürekli ergitme tankları  
B) Reverber fırın  
C) Potalar  
D) Elektrikli ergitme fırın
- Alev, cam harmanının üstünden temas ettiği için ergime yüzeyde başlar. Refrakterin sıcaklığı, her zaman ergimiş camın sıcaklığından düşüktür. Camın daha az kirlenmesine neden olur.  
Bu özelliklere sahip fırın aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Reverber  
B) Potalar  
C) Sürekli ergitme tankları  
D) Levha cam üretim fırını
- I. Kapasitesi 225-1800 kg 'dır.  
II. Ergime yüzeyden başlar  
III. Cam, madeni dipten alınır.  
IV. Saflaştırma bölgesi bulunur.  
Yukarıdaki özelliklerin hiçbirine sahip olmayan fırın tipi hangisidir?  
A) Sürekli ergitme tankları  
B) Reverber  
C) Potalar  
D) Levha cam üretim fırını
- Aşağıdaki kalıp malzemelerden hangisi kanserojen madde  içermez?  
A) Cam elyaf  
B) Seramik kalıplar  
C) Islak battaniye  
D) Bord
- Aşağıdakilerden hangisi kalıba yardımcı malzemelerden biri  değildir?  
A) Sertleştirici  
B) Kalıp Kesim Makası  
C) Kalem  
D) Cetvel

**Not: Cevap anahtarı modülün sonundadır.**

## DEĞERLENDİRME

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

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz uygulama testine geçiniz.

## UYGULAMA TESTİ

Fırını hazırlayarak kendinizi ölçünüz

DEĞERLENDİRME KRİTERİ	Evet	Hayır
1.Temizlik araç gereçlerini hazırladınız mı?		
2.Fırının içini yumuşak bir fırça yardımı ile temizlediniz mi?		
3.Ara toz malzemeyi hazırladınız mı?		
4.Toz malzemeyi kalıbın her yerine homojen bir şekilde eleyerek dağıttınız mı?		
5.Kalıbın boyutlarında hazırlanan camı tinerle temizlediniz mi?		
6.Sildiğiniz camı kalıbın üzerine doğru yerleştirdiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda eksikleriniz varsa, öğrenme faaliyetine geri dönerek işlemleri tekrarlayınız. Yoksa bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

Ürünlerin özelliklerine göre fırın ayarlarını yapıp ve fırını çalıştırabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Fırın rejimleri hakkında kütüphanelerden ve internet sitelerinden bilgi edinebilirsiniz. Fırınlarda atölyelerden bilgi ve doküman toplayıp not tutabilirsiniz.

## 3. FIRIN AYARLARI YAPMAK VE ÇALIŞTIRMAK

### 3.1. Camın Viskozitesi ( Camın Fiziksel Özellikleri )

#### 3.1.1. Tanım

Viskozite, ergitme şartları, çalışma ve tavlama sıcaklıkları, saflaştırma davranışı, en yüksek kullanım sıcaklık değeri ve kristalleşme oranını belirleyen faktördür.

#### 3.1.2. 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 olmak düşünüldüğünden akışkanlık viskozite olarak ifade edilir ve akışkanlık =  $1 / n$  olarak tanımlanır.

#### 3.1.3. Viskozite Noktaları

Ergime noktası, çalışma noktası, yumuşama noktası, tavlama noktası olarak tanımlanabilir.

- **Ergime Noktası:** Camın sıvı hâlde aktığı ve 100 P viskozite değerlerine ulaştığı andaki sıcaklık derecesidir.
- **Çalışma Noktası:** Cama kalıcı şeklinin verildiği viskozite değerlerindeki sıcaklık derecesidir.
- **Yumuşama noktası:** Camın kendi ağırlığını daha fazla taşıyamadığı noktadır.
- **Tavlama noktası:** Şekillendirme işlemleri sonunda camda olabilecek gerilmelerin yaklaşık olarak 15-20 dk. içinde giderildiği noktadır.
- **Deformasyon noktası:** Viskozitenin 1014.5 P olduğu sıcaklık değeri deformasyon noktasıdır. Deformasyon noktasının altındaki sıcaklıklarda camda kırılmalar oluşur.

**Örnek:** Soda-kireç camının karakteristik viskozite noktaları

Ergime noktası	1400 °C
Çalışma noktası	1000 °C
Yumuşam noktası	700 °C
Tavlama noktası	500 °C
Deformasyon noktası	450 °C

### 3.2. Viskozitenin Sıcaklık Değişimi

Camların çeşitlerine göre farklı sıcaklıklarda ergitme, şekillendirme, tavlama gibi ısı işlemleri uygulanır. İşlemler camların viskozitelerine göre belirtilen sıcaklıklarda yapılır. Camların karakteristik değerlerini sıcaklık ve viskozite belirler.

### 3.3. Camın Dayanıklılığı ve Sertliği

Cam diğer malzemelerin tersine kırılıgandır. Diğer malzemelere herhangi bir kuvvet uygulandığında, malzemenin direncine bağlı olarak bir deformasyon oluşur. Uygulanan gerilme küçükse moleküller arası bağları gerer. Gerilme büyük ise plâstik deformasyon oluşur. Camda plastik deformasyon görülmeden cam kırılır. Cam çekme kuvvetine karşı zayıf, basma kuvvetlerine karşı dayanıklıdır.

Camda en küçük bir çatlağın 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

1. Talk	Tırnakla çizilebilir, çok yumuşak.
2. Jibs 3. Kalsit 4. Flüorit	Çakı, iğne ile çizilebilir.
5. Apatit 6. Ortoklos	Ege ile çizilebilir.
7. Kuvers 8. Topoz 9. Korund 10. Elmas	Camı kuvvetle çizer.

### 3.4. Camlarda Yorulma

Camların dayanma gücü, normal şartlarda gerilme altında tutulduklarında değişir. Bu değişme, 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 ısı genleşme 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. Orta şiddette ise gerilme, 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 tesbit edilir.

### 3.5. Camda Kırılma ve Kırılgenlik

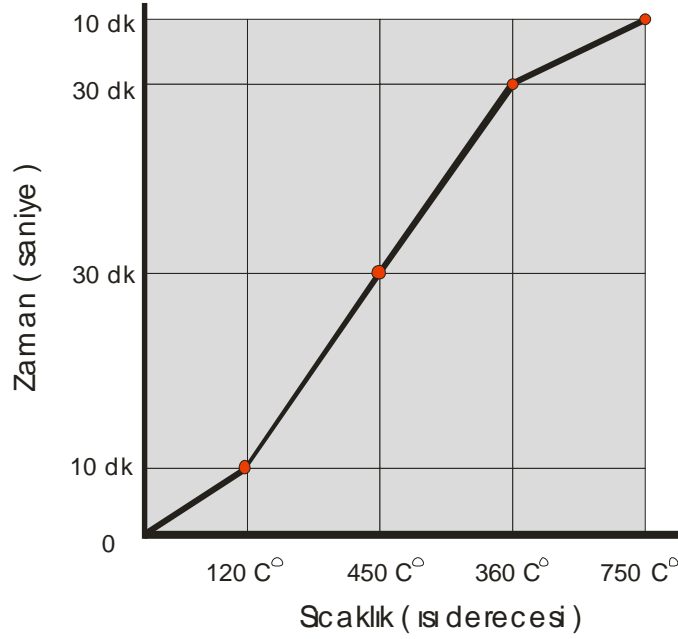
Camın iki veya daha fazla parçaya ayrılmasına kırılma denir. Kırılma uygulanan gerilmeye, sıcaklığa deformasyon hızına ve camın birleşimine bağlı olarak değişir. Kırılmanın oluşumu, çatlak ve çatlağın ilerlemesidir. Cama etki eden kuvvetler vardır. Bunları iki grupta inceleyebiliriz.

<b>Doğal Kuvvetler</b>	<b>İnsan Kaynaklı Kuvvetler</b>
Rüzgâr basıncı Kar yükleri Isıl gerilmeler Hidrostatik (sıvı) basınçları	Ani çarpmalar Silah mermilerinin oluşturduğu yükler Patlamalardan oluşan yükler

Cam malzemelerde kırılma, atomlar arası bağların kopması sonucu oluşur.

### 3.6. Fırın İşlem Kademeleri

Fırın işlem kademelerinde yapılması gereken, camın fırınlamasında camın birleşimleri, yapısı ve camın kalınlığına göre fırının ısı değerlerinin hazırlanması ve bu ısı değerlerinde fırının derecelerinin ayarlanmasıdır.



Resim 3.1: Grafik

Pencere camında yapılan füzyon şekillendirme fırın derecelerinin şekil değişimi grafiği.

Kalınlığı 4 mm olan bir pencere camı için yapılan bir fırın çalışmasıdır.

### 3.7. Fırın Ayarlarını Yapmak ve Çalıştırmak

Kullanılan camın özelliği ve kalınlığına göre zaman ve ısı ayarları yapılmalıdır. Bu ayarlar belirlendikten sonra fırın çalıştırma panelinden ısı ve zaman ayarlarını girip fırın çalıştırma şalterine basınız.

## UYGULAMA

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>Fırın kapağını yavaşça kapatınız.</p>	<p>Fırın içindeki ürünlerin kalıplar üzerinden yerlerinin değişip değişmediğini kontrol ediniz.</p>
<p>Fırına bağlı bulunan şalteri indiriniz.</p> 	<p>Şalteri açmadan önce fırın kılavuzunu gözden geçiriniz. Bilgilerinizi tekrar hatırlayınız.</p>
<p>Fırın ayarlarını, panel tuşlarından zaman, ısı ve bekleme sürelerini giriniz.</p> 	<p>Camınızın özelliklerine uygun ısı ve zaman çizelgesi hazırlayınız. Hazırladığınız fırın rejimlerini her zaman defterinize ısı ve bekleme sürelerini yazınız.</p>
<p>Fırın derecelerini kontrol ediniz.</p>	<p>Fırın ayarlarının kontrolünü titizlikle yapınız.</p>
<p>Fırını çalıştırma düğmesine basarak çalıştırınız.</p> 	<p>Fırını çalıştırmadan yaptığımız tüm işlemleri gözden geçiriniz.</p>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu Faaliyet ile kazandığınız bilgileri aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

### ÖLÇME SORULARI

1. Aşağıdakilerden hangisi cama etki eden doğal kuvvetlerden biri değildir?  
A) Rüzgâr basıncı  
B) Ani çarpmalar  
C) Isıl gerilmeler  
D) Kar yükleri
2. Isıl genişleme ve dışarıdan uygulanan mekanik kuvvetlerin cam ürün üzerinde oluşan etkisine ne ad verilir?  
A) Gevrek kırılma  
B) Kırılma  
C) Camda yorulma  
D) Camın sertliği
3. Cam malzemeyi diğer malzemelerden ayıran en önemli özelliği nedir?  
A) Yorulması  
B) Dayanıklılığı  
C) Plastik Deformasyon  
D) Sertliği
4. Camın sıvı hâlde aktığı ve 100 P viskozite değerine ulaştığı andaki sıcaklık derecesi tanımı verilen hangi viskozite noktalarından biridir?  
A) Çalışma noktası  
B) Deformasyon noktası  
C) Tavlama noktası  
D) Ergime noktası
5. Viskozitenin tanımı aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru verilmiştir?  
A) Cama kalıcı şeklinin verildiği sıcaklık derecesi  
B) Tavlama ve ısıtma işlemidir.  
C) Ergime şartları, çalışma ve tavlama sıcaklıkları saflaştırma davranışları en yüksek kullanım sıcaklık değeri ve kristalleşme oranıdır.  
D) Malzemenin gerilme altında iki veya daha fazla parçaya ayrılmasıdır.

**Not: Cevap anahtarı modülün sonundadır.**

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı kitapçığın sonundaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Kendinizi değerlendirmeniz sonucunda yanlış cevap verdiyseniz ya da cevaplama anında tereddüt yaşadıysanız ilgili konuları tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz uygulama testine geçiniz.

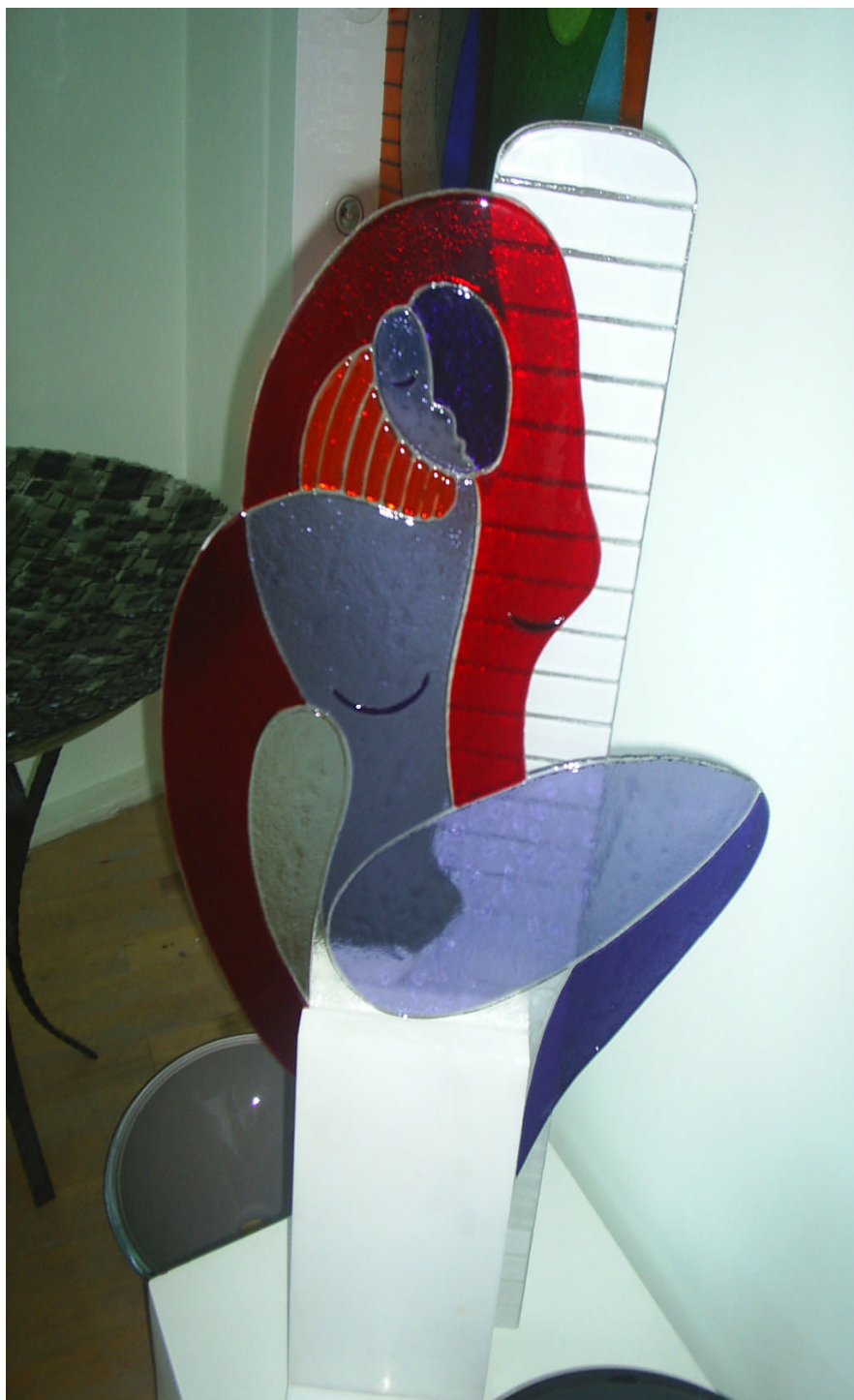
## UYGULAMA TESTİ

Fırın ayarları yaparak ve fırını çalıştırarak kendinizi ölçünüz

DEĞERLENDİRME KRİTERİ	Evet	Hayır
1.Fırın kapağını doğru şekilde kapattınız mı?		
2.Fırın şalterinin kontrollerini yaptınız mı?		
3.Fırın ayarlarını hazırladınız mı?		
4.Panel tuşlarında zaman,ısı,bekleme sürelerini doğru girdiniz mi?		
5.Derecelerin doğru olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
6.Fırın çalıştırma düğmesine bastınız mı?		
7.Düzenli çalışmaya özen gösterdiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda eksikleriniz varsa, öğrenme faaliyetine geri dönerek işlemleri tekrarlayınız. Yoksa bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.







Resim :Örnek

# MODÜL DEĞERLENDİRME

## Yeterlik Ölçme

Kazandığınız tecrübeleri göz önüne alarak cam atölyesinde cam kesimini tek başınıza yapabilirsiniz.

Cam atölyesinde düz cam kesimi yaparak aşağıdaki uygulamalı test ile kendinizi ölçünüz.

Bu modül ile kazandığınız bilgileri aşağıdaki soruları cevaplayarak değerlendiriniz.

## UYGULAMA TESTİ

	Evet	Hayır
1. Bisküvi pişirimi için fırın içi yardımcı malzemeyi istiflediniz mi?		
2. Yarı mamülleri istiflediniz mi?		
3. Seramik formları özelliklerine uygun olarak fırına yüklediniz mi?		
4. Ön pişirim yaptınız mı?		
5. Bisküvi pişirimi yaptınız mı?		
6. Fırını tekniğine uygun boşalttınız mı?		
7. Seramik mamüllerin kalite kontrolünü yaptınız mı?		
8. Fırının içini temizlediniz mi?		
9. Kalıp içini ara (toz ) malzemeyi, homojen şekilde tozu eleyerek kapladınız mı?		
10. Kalıbın üzerine, cam malzemeyi temizleyip yerleştirdiniz mi?		
11. Fırının kapağını kapattınız mı ?		
12. Fırına bağlı şalteri açtınız mı ?		
13. Fırının sıcaklığını ve bekleme sürelerini ayarladınız mı?		
14. Fırın derecelerini kontrol ettiniz mi?		
15. Fırını çalıştırdınız mı?		

## DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarınızı (değerlendirme kriterleri) karşılaştırınız. Yapılan değerlendirme sonunda “HAYIR” cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız modülü tekrar ediniz. Cevaplarınız doğru ise bir sonraki modüle geçmek için ilgili kişiler ile iletişim kurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	C
4	D
5	A

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	D
4	B
5	A

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3 CEVAP ANAHTARI

1	B
2	A
3	C
4	D
5	C

## KAYNAKÇA

- BİRKS Tony, **The Complete Potter's Companion.**
- Doç. Dr. ARCASOY, Ateş, **Seramik Teknolojisi Kitabı**, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Anasanat Dalı Yayınları, No: 2.
- Doç. Dr. SÖZÜDOĞRU Türkan, **Seramik ve Çini Sanatı**, Ankara 1995.
- Doç. SÖZÜDOĞRU Türkan, **Uygulamalı Keramik Teknolojisi**, Ankara 1993.
- Sümer Güner, **Seramik Sanayi El Kitabı**, T.C. Anadolu Üniversitesi Uygulamalı Güzel Sanatlar Yüksekokulu Yayınları, No: 1, Eskişehir 1988.
- TAŞÖZÜ İsmail, **Anadolu Cam Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Cam İşletme Tesisi.**
- Yrd. Doç. Dr. KARASU Bekir, Doç. Dr. Ay Nuran, **Cam Teknolojisi Ders Kitabı**, Millî Eğitim Yayınları, Ankara 2000.
- YILMAZ Zafer, **Füzyon Teknik Cam Sanatı Merkezi**, İstanbul 2006.