

145113

T.C
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SERAMİK EĞİTİM BİLİM DALI

SERAMİK EĞİTİMİ VEREN EĞİTİM KURUMLARINDA
UYGULANABİLİR SERAMİK FIRINI TASARIMI VE YAPIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Ahmet Rasim KARS

145113


Tez Danışmanı
Yrd.Doç. Dr. Bülent BARAN

Ankara 2004
Temmuz

Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Ahmet Rasim KARS'a ait

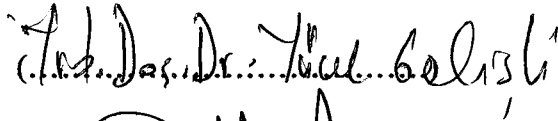
SERAMİK EĞİTİMİ VEREN EĞİTİM KURUMLARINDA
UYGULANABİLİR SERAMİK FIRINI TASARIMI VE YAPIMI
adlı çalışma jürimiz tarafından YÜKSEKLİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. Deniz Aydo

Başkan:


(.....)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Bülent BARAN (Danışman)


(Yrd. Doç. Dr. Tünel Balıoğlu)

Üye:



ÖZET

Bu çalışmada iki farklı özelliğe sahip gazlı raku fırını ve cam füzyon (eritme) fırını projelendirilmiş, hesapları yapılmış ve en uygun ve ucuz malzemeler kullanılarak imalatı gerçekleştirilmiştir.

Cam fırınında ve gazlı raku fırınında kontrol sistemleri ve emniyet sistemlerinin bazıları fırınlarda uygulanmıştır. Üretilen cam fırınında bazı renkli ve renksiz cam türlerinin kalıplar üzerinde eritilerek şekillenmesi deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Cam fırınında önceden belirlenen ısıtma rejimi uygulanarak bazı ürünler elde edilmiştir. Camların şekillendirilmesi sırasında meydana gelen hatalar incelenmiştir.

Raku fırınında benzer çalışmalar planlanmış ancak bu çalışmalar projelerdeki gecikmeler nedeniyle gerçekleştirilememiştir.

Abstract

In this study two different type of furnace (glass fusing furnace and raku gas kiln) was projected , designed , calculated and constructed by using the cheapest and suitable furnace materials.

Some of the control and safty systems are considered in this furnace construction. Some of the coloured and uncoloured glass products was shaped on the moulds experimently and was fired it.Firing shedule was determined before applied it. Some of the defects occured on the glass products when firing it was examined sistematically.

Same studies was programmed for the raku gas furnace but it was not realized because of the delayed for facility for project.

ÖNSÖZ

Seramik eğitimi alan birçok üniversite mezunu arkadaşımın ve Milli Eğitim’de Resim-İş ve İş Eğitimi dersi (İş-Teknik, Ev Ekonomisi) veren Öğretmen arkadaşlarımın Seramik fırınlarının fiyatlarından yakınmaları bu alanda daha ucuz ve kullanışlı fırın nasıl yapabilirim sorusunu sormama neden olmuştur.

Çalışma dört ana başlıkta toplanabilir 1-literatür tarama, 2-Proje tasarım, 3-Tasarlanan projelerin hayata geçirilmesi, 4-Sonuçların toplanması. Bunlara ek olarak Kütahya, Eskişehir, Uşak ve İstanbul’da araştırma ve inceleme gezileri düzenlenerek materyaller toplanmıştır, özellikle 4. uluslararası seramik cam ve teknolojileri fuarı (30 Haziran – 03 Temmuz 2003 İstanbul Lütfi Kırdar Fuar ve Kongre Merkezi) kaynak araştırması bakımından büyük faydası olmuştur.

Bütün bu aşamalar sırasında danışman hocam sayın Yrd.Doç.Dr. Bülent BARAN’ a araştırma inceleme gezilerinde, Cam füzyon fırını ve Raku fırını proje ile uygulama sırasında oluşan problemlerde cesaretli olmamı sağladığı ve İngiltere’den Internet yoluyla gönderdiği her türlü doküman için sonsuz teşekkürler.

Çalışmamın uygulanabilir proje çizimleri Korel programında kardeşim Nurafer KARS’ tarafından yapılmış ve Cam füzyon fırınının 3D MAX çizimleri Nuri Özgür Ünal’ tarafından gerçekleştirilmiştir.

Gazi Üniversitesi tarafından Bilimsel proje olarak kabul edilen; Proje no: 08/2003-12 kodlu Projenin adı:Raku fırınında paperclay yapımı zaman yetersizliği ve kaynak aktarımının gecikmesi sebebiyle gerçekleştirilememiş olmakla birlikte, Aynı projenin bir benzeri sponsor bulunarak Ankara/Gölbaşı İncik yolu No:256 (www.saitrustem.com) Sait Rüstem Sanat evi ve Galerisi’nde yapılmıştır.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	İ
ABSTRACT.....	İİ
ÖNSÖZ.....	İİİ
İÇİNDEKİLER.....	İV
KISALTMALAR.....	Vİİİ
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	İX
ÇİZELGELER.....	XIV

1-BÖLÜM

1-1- KONU.....	1
1-2- AMAÇ.....	1
1-3- ÖNEMİ.....	2
1-4- YÖNTEM.....	3

2-BÖLÜM

2-1-FIRIN TANIMI:.....	5
2-2-SERAMİK FIRINLARININ TARİHÇESİ.....	6
2-3-SERAMİK FIRIN ÇEŞİTLERİ.....	8
2-3-1-PERYODİK ÇALIŞAN SERAMİK FIRINLARI.....	8
2-3-2-BASAMAKLI FIRIN (UZAK DOĞU FIRINI).....	9
2-3-3-ŞİŞE BİÇİMLİ FIRINLAR.....	11
2-3-4-ÇİNİ FIRINLARI.....	13
2-3-5-KAMARA FIRINLAR.....	18
2-3-6-RAKU FIRINLARI.....	18
2-4-SÜREKLİ ÇALIŞAN SERAMİK FIRINLARI.....	20
2-4-1-TÜNEL FIRINLAR.....	20

2-4-2-HIZLI PIŞİRİM FIRINLARI	24
-------------------------------------	----

3-BÖLÜM

3-1-SERAMİK FIRINLARINDA KULLANILAN YAKIT ÇEŞİTLERİ	27
3-1-1-KATI YAKITLAR.....	27
3-1-2-SIVI YAKITLAR.....	28
3-1-3-GAZ YAKITLAR	30
3-1-4-ELEKTRİKLİ ISITMA.....	33

3-2-SERAMİK FIRINLARINDA ISI KONTROLÜ VE ÖLÇÜLMESİ.....	35
3-2-1- TERMO ÇİFTLER.....	35
3-2-2-SERAMİK YAPILI ISI ÖLÇME ALETLERİ.....	38

4-BÖLÜM

4-CAM FÜZYON FIRINI TASARIMI	40
4-1-CAM FÜZYON FIRINININ ÖZELLİKLERİ	40

4-1-2-FIRIN KUMANDA PANOSU İÇİNDE BULUNMASI GEREKEN MALZEMELER VE GÖREVLERİ:	42
---	----

4-2-FIRINLARIN MONOFAZE REZİSTANS BAĞLANTI ŞEKİLLERİ VE KONTROL PANOLARININ ÇALIŞMA PRENSİBİ:.....	49
4-2-1-PARÇALI BAĞLANTI	50
4-2-2-BÜTÜN BAĞLANTI.....	51

4-3-MONOFAZE KUMANDA PANOSU VE KULLANILAN MALZEMELER:	51
--	----

4-4-CAM FÜZYON FIRINI YAPIMI	53
4-4-1-SERAMİK YÜNÜ	57
4-5-CAM FÜZYON FIRININDA KULLANILAN REZİSTANSIN HESAPLANMASI	58
4-6- YAPILMIŞ OLAN ELEKTRİKLİ CAM FÜZYON FIRININDA FAYDALI ISININ HESAPLANMASI	67
4-7-CAM FÜZYON FIRININDA ÖNERİLEN FIRIN REJİMİ	71
4-8- DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	73
4-8-1-KULLANILAN KALIP ÇEŞİTLERİ	73
5-BÖLÜM	
5-TAŞINABİLİR GAZLI RAKU FIRINI	81
5-1- GELENEKSEL RAKU'NUN TANIMI.....	81
5-2--RAKU PIŞİRİMİ.....	82
5-2-1-ÖN PIŞİRİM (BİSKÜVİ PIŞİRİMİ).....	83
5-2-2- SIRLI RAKU PIŞİRİMİ.....	83
5-3- RAKU PIŞİRİMİNDE KULLANILAN MALZEMELER	86
5-4-TAŞINABİLİR GAZLI ÇAN TİPİ RAKU FIRIN UYGULAMASI.....	87

SONUÇLAR	92
ÖNERİLER	93
KAYNAKÇA	94



KISALTMALAR

a.g.e.	Adı Geçen Eser
C:	Cilt
Çev:	Çeviren kişi
yy.:	Yayın yılı
No:	Numara
s.:	Sayfa
°C:	Santigrat
°F:	Fahrenhayt
Vo:	Volt
Am:	Amper-Ampermetre
Ac:	Alternatif akım
Dc:	Doğru akım
kW:	Kilowatt
P:	Watt
W:	Watt
I:	Amper
R:	Ohm Ω
Ct:	Sıcaklık faktörü
D:	Tavsiye edilen spiral dış çapı
d:	Tel çapı
Lw:	Spiral boyu
L:	Açık spiral boyu

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1-** RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 26 (Eski Japon Fırını)..... 9
- Şekil 2-** RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 37 (Eski Çin Fırını)..... 10
- Şekil 3-** RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 33 (Eski Çin Fırını)..... 10
- Şekil 4-** RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 67 (İngiliz Şiş biçimli Fırınlr)..... 11
- Şekil 5-** RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 65 (İngiliz Şiş biçimli Fırın)..... 12
- Şekil 6-** RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 65 (İngiliz Şiş biçimli Fırın Kesiti) 12
- Şekil 7-** RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 210 (Seramik kutu çeşitleri) 14
- Şekil 8-** RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 212 (Fırında pişirilecek malzemenin fırın içine konuş metotları) 15
- Şekil 9-** ŞAHİN Faruk "Kütahya Seramik Teknolojisi ve Çini Fırınlrı Hakkında Görüşler" İstanbul üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sanat tarihi Yıllığı XI İstanbul 1982 s153 (Kütahya çini fırını, mamulün pişirildiği bölümün üstten kesiti)..... 16
- Şekil 10-**ŞAHİN Faruk "Kütahya Seramik Teknolojisi ve Çini Fırınlrı Hakkında Görüşler" İstanbul üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sanat tarihi Yıllığı XI İstanbul 1982 s152 (Kütahya çini fırını, ateşleme bölümünün üstten kesiti)..... 16
- Şekil 11-** ŞAHİN Faruk "Kütahya Seramik Teknolojisi ve Çini Fırınlrı Hakkında Görüşler" İstanbul üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sanat tarihi Yıllığı XI İstanbul 1982 s154 projesinin aslına uygun olarak (corel 9) korel programıyla tekrar çizilmiştir.(Kütahya Çini Fırını)..... 17
- Şekil 12-** Uygulaması yapılan taşınabilir gazlı raku fırın projesinin bitirilmiş görünümü. 19

Şekil 13- ARCASOY, Ateş. "Seramik Teknolojisi", M.Ü., G.S.F. Yay. No. 2, Sayı: 457, Meteksan matbaası Ankara, 1988. s.99 (Tünel fırın kesiti).....	22
Şekil 14- ARCASOY, Ateş. "Seramik Teknolojisi", M.Ü., G.S.F. Yay. No. 2, Sayı: 457, Meteksan matbaası Ankara, 1988. s.98 (Direk ısıtmalı tünel fırın enine kesiti)	23
Şekil 15- Kütahya inceleme gezisi (Gürel porselen Tünel fırın)	23
Şekil 16- Kütahya inceleme gezisi "Altın çini Seramik karo fabrikası" (Ateşleme deliği reküperatör otomatik açma kapama sistemi).....	24
Şekil 17- Prof..M.Ali Topbaş " Endüstri fırınları" Cilt 1 -2 Yıldız Üniversitesi Müh. Fak Metalürji Müh. Bölümü Yıldız 1991 s.50 Şekil 2.62 (Araba tabanlı hızlı ısıtma fırını)	26
Şekil 18- Kütahya inceleme gezisi "Altın çini Seramik karo fabrikası" (Altı çini, hızlı pişirim fırını)	26
Şekil 19- RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 102 (Akaryakıt damlama düzeneği)	29
Şekil 20- RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 103 (Akaryakıt damlama düzeneği)	29
Şekil 21- RHODES Daniel "Kılns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 112 (Gazlı fırınlarda uygulanabilir brülör).....	33
Şekil 22- Kanthal el kitabı "Endüstriyel fırınlar için elektriksel ısı alışım ve elemanları" İstanbul 2003 s.20 (Spiral tel ısıtıcılar, serbest ışımaya yüzeyli)	34
Şekil 23- http://katalog.elimko.com.tr/ (Düz tip Termokupllar).....	36
Şekil 24- http://katalog.elimko.com.tr/ (L- tipi Termokupllar).....	36
Şekil 25- http://katalog.elimko.com.tr/ (İnset tip Termokupllar).....	36
Şekil 26- http://katalog.elimko.com.tr/ (Portatif Termokupllar).....	36
Şekil 27- http://katalog.elimko.com.tr/ (Eksoz Termokupllar).....	37
Şekil 28- http://katalog.elimko.com.tr/ (Bayonet tip Termokupllar)	37
Şekil 29- http://katalog.elimko.com.tr/ (Mineral izoleli Termokupllar)	37
Şekil 30- Ahmet Nejat BİRDEVRİM "Elektrikli kamara Seramik Fırınlar ve Kişisel Öneriler" (Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi) Marmara Ün.Güz.Sn.Enst İstanbul-1997 s. 148 (Termo çiftlerin iç yapısı).....	38

Şekil 31- RHODES Daniel "Kılın design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania 1981 s. 227(Pramit ısı ölçme malzemesi).....	39
Şekil 32- http://www.pshcanada.com/crt1electrickilns.htm (Cam füzyon fırını).....	41
Şekil 33-Panosan Seramik ve Cam Fırın imalat sanayi Ürün katalogu Kütahya e-mail:panosan@mail.com (Cam füzyon fırını)	42
Şekil 34- http://www.eci.siemens.com/ (Devre elemanları)	43
Şekil 35- http://www.cire.com.tr/ (Aç-kapa şalter Pako şalter)	43
Şekil 36- http://katalog.elimko.com.tr/ (Dijital Ac Ampermetre)	44
Şekil 37- http://katalog.elimko.com.tr/ (Dijital Ac Voltmetre)	44
Şekil 38- http://katalog.elimko.com.tr/ (Dijital ısı göstere cihazı)	45
Şekil 39- Cam füzyon fırınında kullanılan analok ısı göstere cihazı.	45
Şekil 40 - Termostat kablo bağlantısı	46
Şekil 41- Cam füzyon fırını aç-kapa anahtarların genel çalışma prensibi	47
Şekil 42- http://katalog.elimko.com.tr/ (Dijital ve analok röle).....	47
Şekil 43- Cam füzyon fırını kontrol panosunun genel görünümü.....	49
Şekil 44- Rezistans bağlantı metotları	50
Şekil 45- Ahmet Nejat BİRDEVRİM "Elektrikli kamara Seramik Fırınlara ve Kişisel Öneriler" (Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi) Marmara Ün.Güz.Sn.Enst İstanbul-1997 s.155.(Fırın kontrol devresi).....	52
Şekil 46- Cam füzyon fırını önden görünüm.	54
Şekil 47- Cam füzyon fırını görünümü	55
Şekil 48-Cam füzyon fırını yandan görünüm (sağ).....	55
Şekil 49 - Cam füzyon fırını yandan görünümü	56
Şekil 50-Üst kapak ve haznenin genişliği	56
Şekil 51- Üst kapak ve haznenin genel görünümü.....	57
Şekil 52 - Alarko Holding A-Ş. nin çıkardığı "Kanthal Rezistans Tel, Bant ve şeritleri" katalogu İstanbul 1987 s.2 (Fırın gücünün tayini).....	59
Şekil 53 -Alarko Holding A-Ş. nin çıkardığı "Kanthal Rezistans Tel, Bant ve şeritleri" katalogu İstanbul 1987 s.3 (Fırın yüzey yükünün grafiği)	60
Şekil 54 -Bulten – Kanthal, AB Hallstahammar, İsveç s.45 (Sıcaklık faktörü grafiği).....	61

Şekil 55 -Bulten – Kanthal, AB Hallstahammar, İsveç s.57 (Tavsiye edilen spiral dış çapı).....	62
Şekil 56 - 3D MAX programında cam füzyon fırını projesi.(Taşıyıcı iskelet).....	64
Şekil 57 - 3D MAX programında cam füzyon fırını projesi ayrıntılı görünümü.....	65
Şekil 58 - 3D MAX programında cam füzyon fırını projesi genel görünümü.....	66
Şekil 59 - Cam füzyon fırını genel görünümü	66
Şekil 60 - Nurafer KARS Korel programında cam füzyon fırını zamana bağlı ısı değişim grafiği.....	70
Şekil 61 -Nurafer KARS Korel programında cam füzyon fırını Önerilen çalışma metodunun grafiği.	72
Şekil 62 - Cam füzyon fırını seramik kalıp	73
Şekil 63 - Cam füzyon fırını seramik kalıp.....	74
Şekil 64 - Panosan Seramik ve Cam Fırın imalat sanayi Ürün katalogu Kütahya e-mail:panosan@mail.com (Alçı kalıp)	75
Şekil 65 -Cahide EREL Sanat Atölyesi kumbaracı yokuşu no:98/1 Beyoğlu/İstanbul e-mail:cahideerel@superonline.com (Quartz kalıp)	75
Şekil 66 - Cahide EREL Sanat Atölyesi kumbaracı yokuşu no:98/1 Beyoğlu/İstanbul e-mail:cahideerel@superonline.com	76
Şekil 67 - Cam füzyon fırını cam denemeleri	77
Şekil 68 - Cam füzyon fırını cam denemeleri	78
Şekil 69 - Cam füzyon fırını cam denemeleri	78
Şekil 70 - Cam füzyon fırını cam denemeleri	78
Şekil 71 - Cam füzyon fırını cam denemeleri	79
Şekil72 - www.ceramicstoday.com/links/kilnsfiring.htm (Isıya bağlı mamul üzerindeki renk değişimi).....	85
Şekil 73 - Nurafer KARS Korel programında Çan tipi gazlı raku fırını çizimi (çan fırının genel görünümü)	88
Şekil 74 - Çan tipi gazlı raku fırını uygulama aşaması	89
Şekil 75 - Çan tipi gazlı raku fırını uygulama aşaması	89
Şekil 76 - Çan tipi gazlı raku fırını uygulama aşaması	90
Şekil 77 - Çan tipi gazlı raku fırını uygulama aşaması	91

ÇİZELGELER

- Çizelge 1** -Bulten – Kanthal, AB Hallstahammar, İsveç s.16(Kanthal A 1.7-1.5 mm ısıtıcı elemanların genel özellikleri)..... 62
- Çizelge 2** - Cam füzyon fırınının zamana bağlı sıcaklık değişim çizelgesi 68



I.BÖLÜM

1-1-KONUSU

Bu çalışmada iki farklı yakıtla çalışan fırınlar (cam füzyon fırını ve gazlı raku fırını)tasarlanarak, projelendirilecektir.

Bu fırınlara ait hesaplamalar yapılarak fırın yapımında kullanılmak üzere en uygun malzemeler seçilerek fırınların imalatı gerçekleştirilecektir. Cam fırınında çeşitli denemeler yapılarak çeşitli camların farklı kalıplarda şekillenmesi sağlanacak. Camların erimesi sırasında meydana gelen hatalar araştırılacaktır. Cam füzyon fırını pişirme rejim grafiği çıkarılacak ve fırının performansı belirlenecektir.

Raku fırınında da benzer çalışmalar ve denemeler gerçekleştirilecektir. Raku fırını raku yapımındaki zorluklar dikkate alınarak tasarlanmıştır.

Böylece seramik eğitimi veren orta dereceli okullar ve eğitim fakültelerinde materyal geliştirme dersi için seramik eğitimi alan öğrencilerin kolay bulabilecekleri malzemelerle, kolay şekilde imalatını gerçekleştirilecektir.

Basit, ucuz cam eritme ve gazlı raku fırınlarının uygulamalı olarak yapılabilmesi bu tezin konusunu oluşturmaktadır.

1-2-AMAÇ

Bu çalışmada amaç Türkiye'deki seramik eğitimi veren orta dereceli okullar ve eğitim fakültelerinde kullanılacak en uygun ve ucuz seramik fırını projelendirip üretmektir. Bu amaçla yapımı kolay uygulanabilir ve yüksek maliyet gerektirmeyen cam füzyon fırını ve gazlı raku fırını projelendirilerek uygulaması yapılacaktır.

Yapılacak raku fırını çalışması Gazi Üniversitesi tarafından Bilimsel proje olarak kabul edilmiştir; Proje no: 08/2003-12 kodlu Projenin adı: "Raku fırınında paperclay yapımı"

1-3-ÖNEM

Seramik üretimi farklı türden metal dışı hammaddelerin kırılması, öğütülmesi, su ile karıştırılarak şekil verilmesi, kurutulması, pişirilmesi (bisküvi pişirim), sır adı verilen bir süspansiyon içerisine batırıldıktan sonra tekrar pişirilmesi (sırlı pişirim), dekorlanması ve dekorlu pişirim işlemleri ile elde edilir (Norton,1974;). Fırınlardaki pişirme işlemleri şekillendirilmiş ürünlerin gerekli sertliğe ve dayanıma ulaşabilmesi ve suya karşı dayanıklılık için elzem bir işlemdir. Pişirme aşaması seramik malzemelerin sinterleşerek pekişmesini sağlayan en önemli ve teknik açıdan en çok üzerinde durulan aşamadır (German,R.M.,1985). Fırın yapım teknikleri araştırılması, fırının tasarım değişkenleri ve kontrol değişkenlerinin bilinmesi daha bilinçli pişirme işlemlerinin yapılabilmesine olanak sağlayacaktır.

Seramik üretimi yapan bir atölyede en büyük yatırım fırınlardır. Fırın yapım tekniklerinin ve kullanılan malzemelerin özellikleri bilinmesi ile ihtiyaca göre fırın imal etmeyi sağlayacaktır. Böylece ilk kurulum masrafları bilinçli bir şekilde azaltılabilecektir.

En temel malzeme türlerinden olan seramik ve cam malzemelerin pişirilmesini sağlayan çok yüksek meblağlara mal olduğu sanılan fırınların kendi imkanları ile yapılabilmesi seramiklerin yaygınlaşmasını sağlayacak önemli bir adım olacaktır.Seramik pişirme fırınlarının yapımı çok eski olmakla birlikte fırınların geliştirilmesi örn: roller fırınlar (Geschirr,V.S.,1988; Venturi,V,1988), yapımları sırasında kullanılan malzemeler örn: kaya yünü, kaolin yünü (fiber frax v.s.) günümüzde hala geliştirilmektedir(Bradley,B.2001). Buna sebep enerjinin pahalı olması yanında en etkili biçimde kullanılmasını gerektirmesidir. Fırın yapım tekniklerinin öğrenilmesi ile ısı transferi, ısıtma elemanları (Kanthal AF, Mo₂Si , SiC), fırın malzemelerinin seçimi ve geliştirilen yeni fırın tipleri hakkında bir çok bilgi kazanılmış olacaktır (Üstünel.M. 2001).

Seramik malzemelerin pişirilmesi farklı enerji kullanan çok değişik fırınlarda gerçekleştirilmektedir (raku fırınları,gazlı .fırınlar, hızlı pişirim fırınları,tünel fırınlar). Fırınlarda kullanılan enerji türlerine göre, pişirme sıcaklığına, sürekli veya kesikli çalışma sistemlerine ve yapılarına göre çok çeşitlidir(Trinks,W.1934). Fırın yapım tekniğinin bilinmesi ile enerjinin daha etkili ve verimli kullanımı söz konusu

yapım tekniğinin bilinmesi ile enerjinin daha etkili ve verimli kullanımı söz konusu olacaktır. Ayrıca kendi gereksinimine bağlı olarak fırınların tasarlanması ve yapılıp işletilmesi ülke ekonomisine seramik biliminin ve teknolojisinin geliştirilmesine sayısız faydalar sağlayacaktır.

Ülkemizde bazı bölgelerde geleneksel olarak yapılan ve işletilen (Avanos, Kütahya v.s) fırınların teknik bakış açısıyla incelenmesi ve özelliklerinin ortaya konulması, pişirilecek malzemelerde termal şok, genleşme v.s gibi sorunların araştırılması bilime ve seramik eğitiminin gelişmesine katkıları sağlayacaktır.

Çalışmada üretilen fırınların daha sonra yapılacak benzer çalışmalar için model teşkil edeceği için önemli görülmüştür.

1-4-YÖNTEM

Bu çalışmada seramik pişirme işlemleri için kullanılan şu anda işletilen fırınlardan alınan deneysel veriler ve literatürden elde edilecek teorik bilgiler detaylı bir şekilde incelenip elde edilen bilgiler doğrultusunda yeni fırınlar tasarlanarak uygulaması yapılacaktır.

Bu çalışma deneysel bir çalışma olup; 1-literatür tarama, 2-Proje tasarım, 3-Tasarlanan projelerin hayata geçirilmesi, 4-Sonuçların toplanması diye dört ana başlıkta toplanabilir. Çalışmada öncelikle bir fırın tasarımı için gerekli olan ön bilgiler: ısıtılacak hacim için gerekli enerji miktarı ilişkisi, belirli bir malzemeyi istenilen bir sıcaklığa çıkarabilmek için gerekli enerji miktarı bulunması, yakıt türleri ve yakıtların ısı değeri (kalori/gr), ısı transferi ve malzeme seçimi, özellikle gazlı fırınlarda tam yanmanın sağlanabilmesi için gerekli teorik hava miktarı buna bağlı olarak baca ve yanma sistemleri, fırınlarda sıcaklık kontrolü ve termoçiftler teorik olarak araştırılacaktır. Ayrıca elde edilen bilgilerle özellikle Kütahya'da geleneksel seramiklerimizin pişirilmesinde kullanılan fırınlar (yerel ve ilkel fırınlar) yerinde gözlemlenerek incelenecek kullanılan malzemeler belirlenecektir. Fırın kontrolü, pişirme rejimi, fırınlardaki ısı dağılımı araştırılacaktır. Ayrıca elektrikli ve gazlı

kontrolü, oluşacak fırın atmosferi ve pişirme rejimleri incelenecektir. Elde edilen bilgilerle ve imkanlar ölçüsünde cam füzyon fırını ve gazlı raku fırını imal edilecektir. İmal edilen fırınlarda olanaklar ölçüsünde bazı denemeler yapılarak fırınların performansı, verimliliği araştırılacak ve optimizasyonu yapılacaktır.

Varsayımlar ;

1- Bu çalışmada çok az imkanlar ve çok az maliyetle cam eritme (fusyon) fırını ve gazlı raku fırını tasarlanıp imal edileceği varsayılmıştır.

2- Monofaz şehir şebeke ceryanıyla ev ısıtıcılarında kullanılan standart Quvarts ısı elemanları ve kolay bulunabilecek izolasyon malzemeleri (Kaolen elyaf) kullanılarak cam füzyon fırını yapılabileceği varsayılmıştır.

3- Raku fırını çalışma sisteminin tek kişi tarafından kolayca çalışabileceği biçimde tasarlanmış olup buna göre raku çan kısmının kaldırılması tek kişi tarafından çalıştırılabileceği varsayılmıştır.

4-Fırınların çalışma işlemleri sırasında meydana gelen bazı hatalar sistematik olarak incelenip, fırınların pişirme rejim grafiği elde edilerek, performansları belirlenecektir.

5- Yapımı kolay ve maliyeti ucuz fırınların imalatı ve geliştirilmesi, seramik ve cam eğitimi veren okullarda yeni bir boyut getireceği varsayılmıştır.

Kapsam ve Sınırlılıklar;

Bu çalışma bulunabilecek en ilkel imkanlarla yapılabilecek cam füzyon fırını ve gazlı Raku fırın imalatı ile sınırlıdır.

Yapılması düşünülen fırınların yapım malzemelerinin fiyatının yüksek olması, Laboratuvar ve atölye koşullarının yeterli olmayışı, Yapılması düşünülen deneylerin bir çoğu hassas ve pahalı cihazlar gerektirmektedir (atmosfer kontrolü için gaz analizörü, fırın rejiminin elde edilmesi için dilatometre, sıcaklık dağılımının hassas ölçülmesi için programlanabilir dijital termostat sistemleri, yakıtların ısı değerleri için kalorimetre v.s). Bu cihazların laboratuvarımızda olmaması bazı verilerin üretilmesinde sınırlayıcı bir faktördür.

Veri Toplama Tekniği;

Çalışma seramik ürünlerin pişirildiği fırınların detaylı incelenmesi, fotoğraflarının çekilmesi ve bazı ölçümlerin yapıldığı ayrıyeten gözlemlere dayalı deneysel çalışmalarla başlayacaktır. Belirli teorik bilgilerin ışığında uygulamalar gerçekleştirilecektir.

II.BÖLÜM

2-1-FIRIN TANIMI:

“İçerisine yerleştirilen ya da sürekli olarak yüklenilen malzemeleri, ekonomik bir şekilde ısıtmak suretiyle, işlem sıcaklığına yükselten ve bu sıcaklıkta gereken süre tutan teknik ünitelere fırın adı verilmektedir. Fırın hacmi ısıtılacak maddeleri içine alacak ve ısıyı ekonomik olarak üretecek tarzda düzenlenmiştir.

Endüstri fırınlarında enerji gereksinmesi, katı, sıvı veya gaz yakıtların yakılması suretiyle KİMYASAL enerji olarak ya da elektrikten direnç, ark veya indüksiyonla ısıtma tarzında FİZİKSEL enerji olarak karşılanır. Son zamanlarda diğer enerji kaynaklarının da fırınlarda kullanılması her geçen gün artmaktadır. Enerji sağlama yönteminin seçiminde, gerçekleştirilmek istenen ısıl prosesin yanında, birim malzeme miktarı için gerekli ısı maliyeti ve enerji temin etme olanakları önemli rol oynar.

Isıtılacak parçalar ya da fırın yapı malzemeleri ile, alev ve baca gazlarından (gazlardan)oluşan fırın atmosferi arasında, genellikle istenmeyen birçok kimyasal olay meydana gelir. Sıcaklığa bağımlı olan bu olayların,fırın tipinin seçiminde ve konstrüksiyonunda (inşaa) göz önünde tutulması gerekir.

Konstrüksiyon açısından fırınları düşey fırınlar ve yatay fırınlar olarak guruplara ayırmak mümkündür. Yüksekliği, çapı ya da genişliğine nazaran küçük veya eşit olan yüksek fırın, kupol ocağı ve çan tipi tavlama fırını benzerlerine düşey fırınlar denmektedir, buna karşılık yüksekliği fazla olmayan yatay kesiti oldukça büyük itme fırın, kamara ve tünel fırınlar, Siemens-Martin ergitme fırınları ise, yatay fırınlar olarak adlandırılmaktadır.

Fırınların çalıştırılması, sürekli ya da kesintili olabilmektedir. Sürekli çalışmada hiç ara verilmeksizin, fırında arıza oluncaya ve tamir edilinceye kadar, günlerce çalışma devam eder. Kesintili çalışmada ise, periyodik çalışma tarzında ya da her hangi bir programa bağlı kalınmaksızın, rasgele çalışma yapılır. Sürekli çalışmaya nazaran, kesintili çalışmada ısı kaybı daha büyüktür, fırın verimi azdır ve

fırının ömrü kısadır. Fırınlarda sıcaklık ve atmosfer kontrolü, büyük önem taşır. Modern işletmelerde ölçme ve kontrol, hassas ve otomatik olarak yapılmaktadır.¹

2-2-SERAMİK FIRINLARININ TARİHÇESİ

Seramik fırını MÖ.6000 ve hatta daha erken bir döneme tarihlendirilebilir. İnsanoğlunun toprağın ateşle karşılaştığında sertleştiğini fark etmesi zamanla kademe kademe seramiği pişirme tekniğinin gelişmesine neden olmuştur.

Seramik pişiriminin en iyi örnekleri yeni taş döneminde ortaya çıkmaktadır. Bu da bize bu dönemden sonra seramik fırınlarının yavaş yavaş geliştiğini göstermektedir.

İlk seramik fırınları toprak içerisine yüzeysel olarak kazılan yaklaşık 14-20 İnç. Kare biçiminde açılan çukurlardı. Bu ilkel fırınların yakıtları ince dallar ve sazlardı. Bu dallar ve sazlar çukurun alt tarafından yerleştirilmeye başlayarak çukurun yan taraflarından yukarıya doğru çıkarılırdı. Ürünler çukurun içine aralarında çok az boşluk kalacak şekilde yerleştirilirdi.

Fırınlarda gelişmesindeki ilk devre çukur yapımındaki ilerlemeyle sıcaklığın daha iyi korunması ve bu yolla yakıtın daha fazla ekonomik bir şekilde kullanılması sağlanmıştır. Basit fakat önemli olan bir ilerleme ise, ateş yakılan çukurun alt kısmında açılan delikler ürünün pişirimi için iyi bir yanış sağlamak için, havanın içeriye girmesine imkan tanıyordu. Böylelikle en az 100°C lik sıcaklık kazanılıyordu. Bu şekildeki çukur fırınlar günümüzde halen İspanya'da ve

¹ Prof..M.Ali Topbaş " Endüstri fırınları" C. 1 s. 1-2

Meksiko'da kullanılmaktadır. Pişirim tekniğindeki gelişmenin asıl dönüm noktası ise ürünlerin direk ateş içerisinde değil, bir başka birimde pişirime tabi tutulmasıdır. Yakın doğunun ilkel fırınları bir sonraki fırın tiplerini şekillendirir. Bu fırınlar halen Irak, Kuzey Afrika, ve Girit'te kullanılmaktadır. Hiç şüphe yok ki bu fırın tipleri Antik Mısır ve Mezopotamya'daki geliştirilmiş olan, ilk gerçek seramik fırınlarıyla benzer özellikler göstermektedir. Fırın tipi temel olarak en altta ateşin girişi için bir tünelle, tepesi açık bir silindirden ibarettir. Fırının tepesi kırılmış çini veya çanak çömlekle kısmen kapanmış olabilir. Bu biçim bugün bildiğimiz fırın elementlerinin hepsini birleştirmekte ve çukurdaki ateşte pişirime büyük bir üstünlük sağlamaktadır. Bu elementler şunlardan ibarettir. Seramiğin yerleştirildiği ve ısının alı konduğu oda, sıcak havanın çıkışı yada bacadan dışarıya verilmesi, yakıtın yandığı ve ısının oluştuğu ağız yada ocak. Böylece ateş ağızına hava itilerek sıcak hava yukarıya hareket ettirilerek hava cereyanı sağlanmış olur. Model gelişiminde, bu elementlerin sağlanmasıyla (ateşlik, baca ve pişirimin oluşturulduğu kabin) Akdeniz ve Avrupa'da sıklıkla kullanılan modern seramik fırın tipleri dizayn edilmiştir.

2-3-SERAMİK FIRIN ÇEŞİTLERİ

“Seramik oluşumunda en önemli aşama olan pişirilmenin içinde gerçekleştirildiği fırınlar,çeşitli sınıflara ayrılırlar. Bu ayırırında şu özellikler göz önünde tutulur. fırın çalışma prensibi, fırın şekli, pişmeyi sağlayan ateşin durumu ve yakıtın türü. Seramik fırınlarını sınıflandırırken, onların çalışma prensiplerinden yola çıkılır ve iki büyük gurup altında toplanır.”² Periyodik çalışan seramik fırınları ve Sürekli çalışan seramik fırınları

Periyodik çalışan seramik fırın çeşitleri; Basamaklı fırın, Şişe biçimli fırınlar,Çini fırınları, Kamara fırınlar, Raku fırınlarıdır.

Sürekli çalışan seramik fırın çeşitleri: Tünel fırınlar ve Hızlı pişirim fırınlarıdır

2-3-1-PERYODİK ÇALIŞAN SERAMİK FIRINLARI

Periyodik çalışan seramik fırınlarında fırın soğukken fırın içi malla doldurulur ve fırın içerisindeki malın pişmesini istediğimiz dereceye gelinceye dek yakılır. Fırın istenilen dereceye geldiğinde fırın soğutulur ve boşaltılır. Bu işlem sırasıyla yakılardan çalışan fırın türlerine periyodik çalışan fırınlar denir.

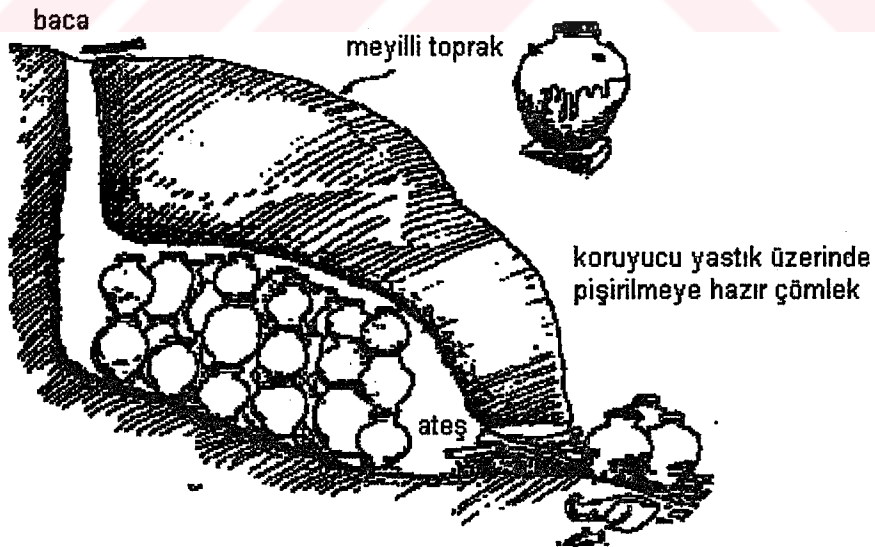
Periyodik çalışan seramik fırınlarında oldukça fazla ısı ve yakıt kaybı olur. Bu tip fırınlar genellikle küçük atölyelerde ve laboratuvarlarda kullanılırlar. Periyodik çalışan seramik fırınlarında genellikle elektrik ve gaz yakıtlar kullanılır. Bu tip fırınlarda ilk başlangıç kurutma, ısınma , pişme ve istenilen ısı derecesine gelme, ısı kaynağının kesilmesi ve soğumaya geçiş diye bir sıra takip edilir.

² Doç. Ateş ARCASOY "Seramik Teknolojisi" s. 92-92

2-3-2-BASAMAKLI FIRIN (UZAK DOĞU FIRINI)

“Çin’de çömlekçiler daha değişik tür fırınlar kurdular. Fırınları toprak zemine oturtmak yerine tepe yamaçlarına koydular. Ateş tepenin eteğinde yakılırdı, böylece çömlüklerin yerleştirildiği yer bacanın bir bölümüne benzerdi. Fırının tepesine yerleştirilen ateş düzenleyici kapak dışarı atılan sıcak gazları denetlemeye yarar; böylece fırında yükselen ısı korunabilirdi. Tepe fırınının üstünlüğü yüksek ısı elde edilmesinden ileri geliyordu. Ateş düzenleyici kapak ve toprak yalıtımı sayesinde ısı kaybı önlenemediği için özellikle ateşin yakıldığı bölgede ısı 1200°C dolayında yükselebilirdi. Bu derecede çoğu çamurlar sertleşir ve camlaşır, hatta gre olmaya baslar. Bu tür fırınlar geliştikçe bir kısmı toprak altında bir kısmı toprak üzerinde olmak üzere basamak sırası biçiminde kurulmaya ve bazıları değişik bölmelere ayrılmaya başlandı. Fırın kenarlarındaki küçük yakacak besleme delikleri açılarak fırının her tarafından eşit olarak dağılması sağlandı .

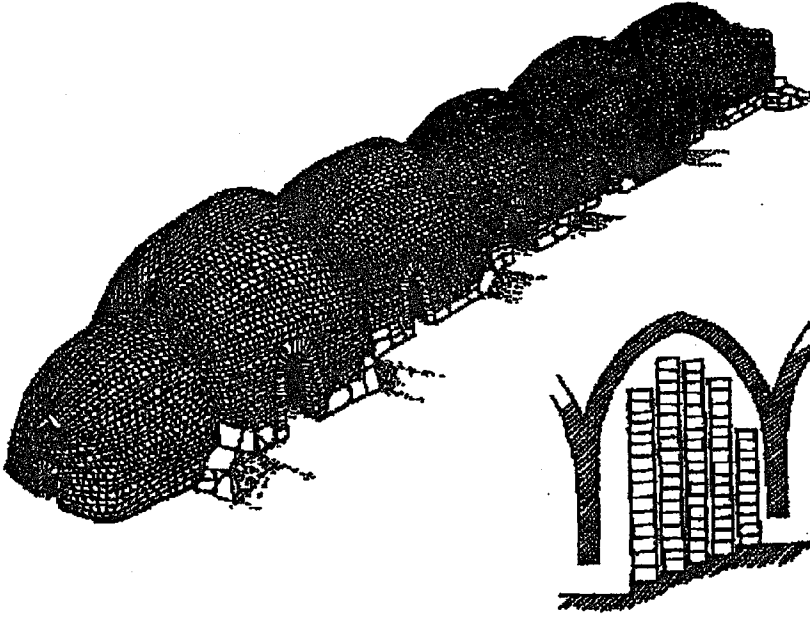
Bu fırınlar özellikle bölgeden bölgeye farklılıklar göstermekle birlikte uzak doğuda yaygınlaşmıştır.”³ Şekil 1,2, ,3,



Eski Japon Fırını toprak yalıtımı sayesinde ısı kaybı azdır 1200 °C çıkabilir

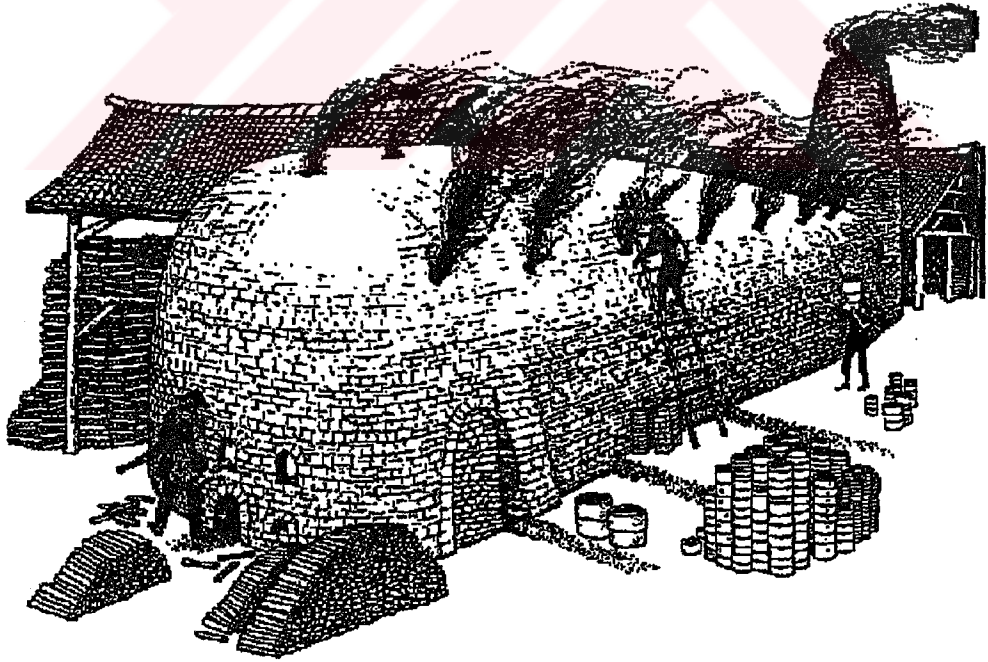
Şekil 1

³ RHODES Daniel "Kilns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania ss.28.44



Eski Çin fırınları eğik bir zemin üzerine sıralanmış odalar biçiminde yapılmakta, ısı bu odalardan geçerek çömlüklerin pişirimini sağlamakta.

Şekil 2



Çin fırının yandaki kapısından doldurulup kapı tuğlayla kapatılıyor ve daha sonra öndeki ateşleme bölümünden fırın yakılarak pişirim yapılıyordu .

Şekil 3

2-3-3-ŞİŞE BİÇİMLİ FIRINLAR

“18. yüzyılda Avrupa'da porselen üretimi yapabilmek için geliştirilmiş tepeden havalandırılmalı ve sıcaklığı 1300°C kadar çıkabilen fırınlardır. Bu fırınlar silindir biçimindedir. Alt bölmede bir kaç tane ateşleme ağzı bulunur. Alevler ürünlerin etrafından yukarıya doğru yükselip bacadan dışarıya çıkarlar, çömllekler koruyucu denilen seramik kutular içinde pişirilerek alevlerden korunur.

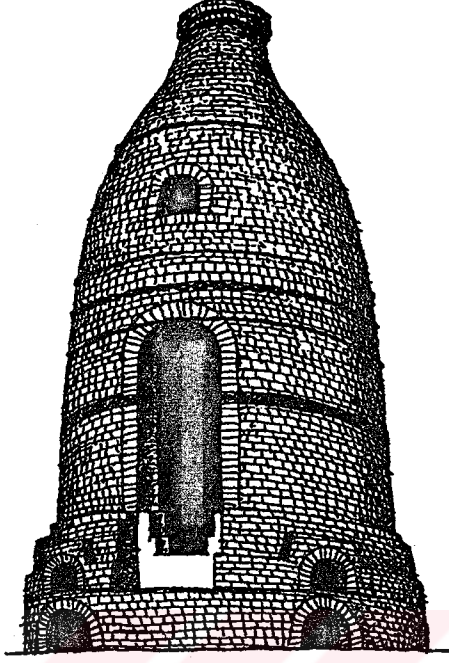
Bu fırınların imalinde refrakter tuğla kullanılmıştır. Ateşleme bölgeleri de dikkatle yapılarak önüne dökme demirden parmaklıklar konulmuştur. Bu sayıda odunun yerine maden ve kok kömürü kullanılmıştır. Fırının sıcaklığı yükseltilerek daha yüksek sıcaklığa çıkılmıştır.”⁴ Şekil 4,5,6' da şişe biçimli fırın örnekleri görülmektedir.



İngiliz şişe biçimli fırınlar

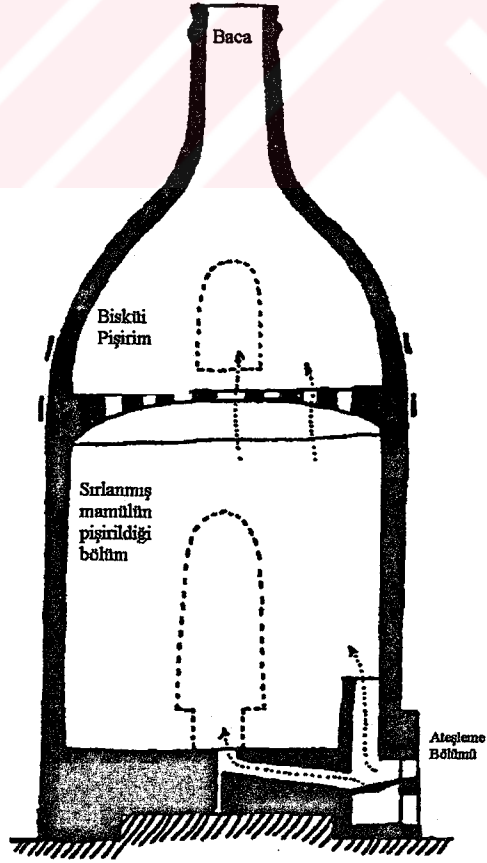
Şekil 4

⁴ RHODES Daniel "Kilns design, Construction and Operation" Radnor Pennsylvania ss.65.67



İngiliz şişe biçimli fırın

Şekil 5



Şişe fırın kesiti

Şekil 6

2-3-4-ÇİNİ FIRINLARI

“Çini fırınları Kapları yerleştirildiği fırınlar, iki bölümden oluşan, üstten havalandırmalı geleneksel Ortaçağ İslam fırınlarından Ateşlik denen alt bölme, pişirim yapılan üst bölmeden bir taban katıyla ayrılır. Bu tabanın ortasında Fustat’daki Memluk fırınlarında olduğu gibi tek bir delik, Semerkand / Afrasiyab’daki gibi bir kaç baca ya da Siraf’daki gibi deliklerden oluşan bir ızgara bulunurdu.

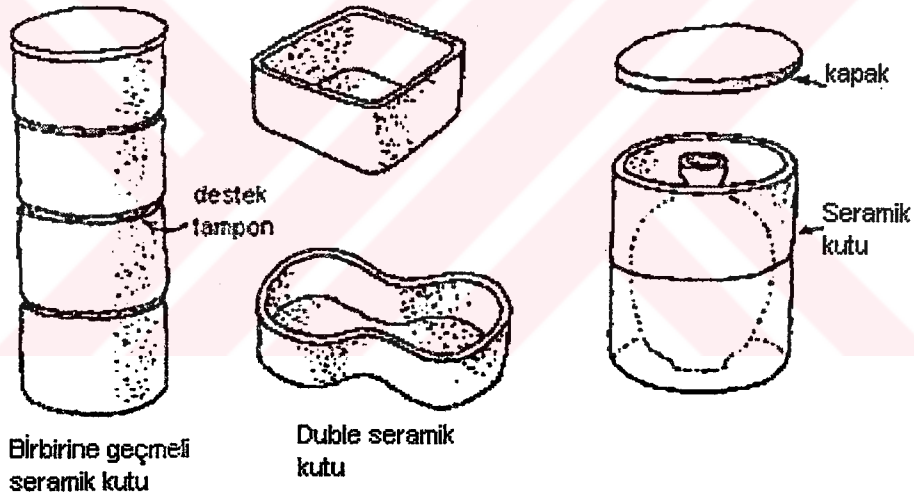
Her üç fırında da ateşlik 1,5 m çapında ve yüksekliğinde kubbeli dairesel bir hücredir. Bunun biraz farklı bir biçimi Nişabur’da ilhanlılar öncesi Taht-ı Süleyman’da ve Anadolu’da Kalehisar’da görülür. Bu fırınlarda dikdörtgenimsi alt bölmede, üst bölgeyi destekleyen çapraz tonozlar vardır. Bu güne kadar yapılan kazılarda ortaya çıkartılan en büyük ve görkemli Ortaçağ fırınları Taht-ı Süleyman’daki İlhanlılara ait fırınlardır. Bunlarda çapı yaklaşık 2m, yüksekliği ise 1m, den biraz fazla, dairesel ateşlikler bulunmaktaydı. Duvarlarında, yanma süresince meydana gelen gazları, pişirim bölümünden dış kenarlara taşınması için, içinde bacalar yerleştirilmiş kemerli nişler vardır.

Kütahya’da geleneksel fırınların tümü aynı biçimde yapılmasına karşın boyutları farklıdır. Sır altı bezeme uygulanan çini ve seramikler için, iç çapı en az 120cm olması kabul edilmiştir. Ayrıca çapın yüksekliğe oranı yaklaşık 7-8 dir. Bu orandan hareketle Dereköy’deki fırının yüksekliğinin 160’cm’in biraz altında olduğu söylenebilir. Bu fırında en azından birbirine çok yakın yerleştirilmiş sıra halinde bacalar olduğunu gösteren yedi tane baca kalıntısı bulunmaktadır.

İznik’li çömlekçilerin İran’daki gibi kapları fırın duvarlarına gömülen, yaklaşık 60cm uzunluğundaki askılara mı takarak fırınladıkları da bilinmez. Taht-ı Süleyman’da bunlardan sayısız örnek bulunmuştur. Meybod’da ise en az 25 yıl öncesine değin fritli kap fırınlarından 70-200’arasında bu tür ateşe dayanıklı kil dayanak bulunmaktaydı. Bunlar 70cm uzunluğunda, fırınların iç duvarlarından çıkan askılardı Üstlerinde kapları sabitleştirmek için kilden yapılmış halkalar ve dikdörtgen ayaklar vardı İznik’te ise, en azından yayımlanmış belgelere göre, bugüne değin, bu tür askılara rastlanmamıştır. Ebu Kasım’a göre, her kap için seramikten kapaklı bir kutu yapılyordu Kutu yada kasetin bir kaç yararı bulunmaktaydı. Bunlardan biri ısının kutunun içindeki kaba daha düzgün dağılabilesidir. Bir ikincisi kutunun

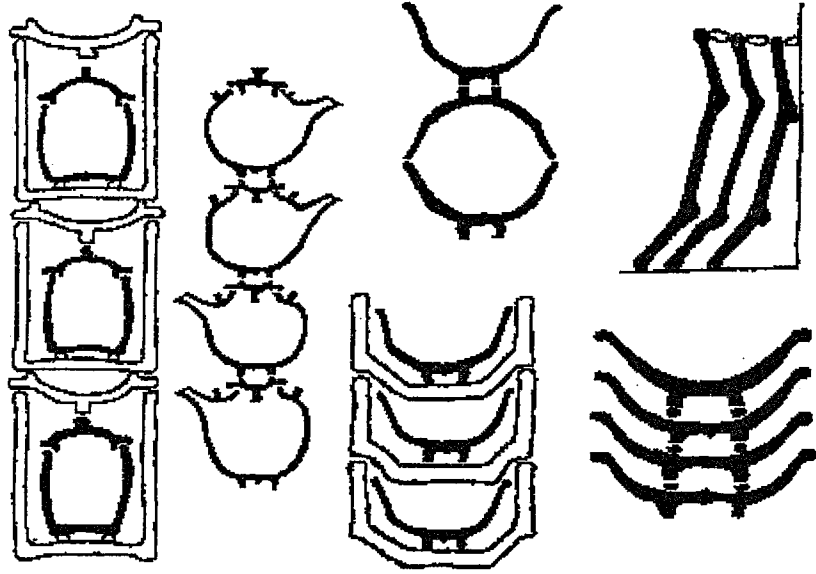
içindeki atmosfer sabitleştirerek kabın aşırı küçülmesini dolayısıyla da sırım kabarmasını önliyordu. Bir başka yararı da üründen ayırması ve uçuşan küllerden damlayan sırdan korumasıydı. Ayrıca kutuların bazı modelleri üst üste istiflenebildiğinden, daha az yer kaplayarak raf gereksinimini azaltıyordu.

Diğer yönüyle bunun, başta maliyet olmak üzere belirgin bazı sakıncaları da vardı. Kutunun maliyeti dışında kapladığı yer de önemliydi. Bu yöntem uygulandığında fırınlanabilen kapların sayısı neredeyse yarıya düşüyordu. Her ne kadar Taht-ı Süleyman'daki kazıdan bazı parçalar çıkmışsa da, bu yöntemin çok yaygın olmadığı sanılır. Şekil 7 ve 8 de Seramik kutu çeşitleri görülmektedir.



Seramik kutu çeşitleri

Şekil 7



Fırında pişirilecek malzemenin fırın içine konuş metotları

Şekil 8

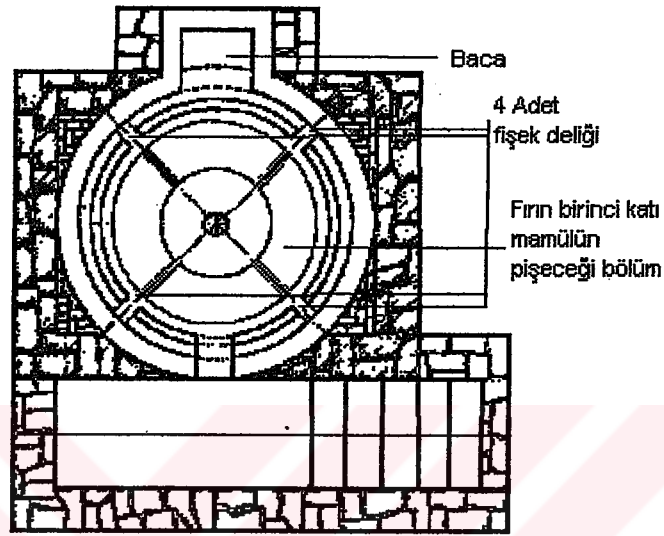
Başka İslam ülkelerinde rastlanan bu kutu sayısı çok azdır. İznik'te ise bu güne değin hiç bulunmamış ayrıca belgelere de rastlanmamıştır. İznik'te bulunmayışı fırınların büyük çoğunluğunun “Milet işi” olduğuna bağlanır. “Milet işi” nin kutuda pişmesi olanaksızdır. Kaseler ve tabaklar aralarına üçgen ayaklar konarak içice yerleştiriyorlardı. Kaplardaki izler bu üçgen ayaklara aitti.

İznik firit hamuru ile yapılan kaplarda ise tırnak izlerine rastlanmadığından büyük olasılıkla kutular içinde fırımlandığı sanılır. Ayrıca bir çok İznik tabağının ayak halkası içindeki sırda iğne deliklerini andıran delikler vardı. Bu da ancak kabın kutu içindeyken tabanın oksijensiz kalmasıyla olabiliyordu.

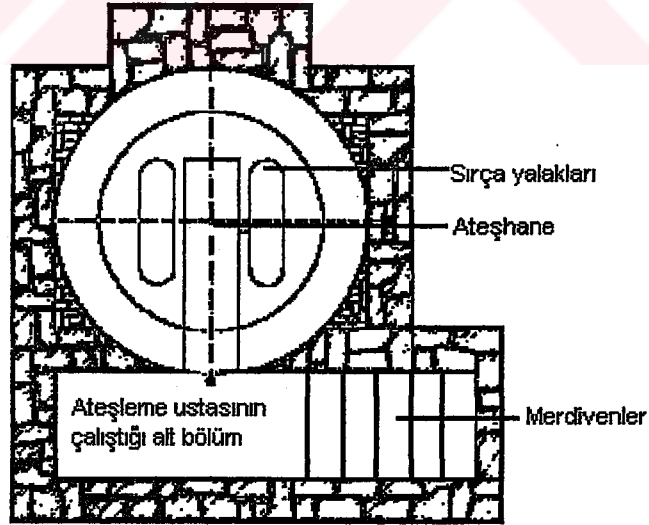
20. yüzyılda hem İran'da hem de Kütahya'da kaplar fırınlara kubbe tepesindeki yaklaşık 80cm genişliğindeki bir açıklıktan dolduruluyordu. bütünüyle doldurulduğunda, delik bir taşla kapatılıp üzeri kille sıvanıyordu.

Isı kaybını önlemek için, ateşlik çoğu zaman bu gün Kütahya'da yapıldığı gibi, yerin altında yapılırdı ve bir basamak ya da merdivenle inilirdi. İznik'teki uygulamanın nasıl olduğu açık değildir. Ebu'l Kasım'a göre, firitle kapların pişirimi işi 12 saat sürüyor, fırının soğuması içinde bir hafta bekleniyordu. Bu süre Meybod'da dört gün, Kütahya'da ise beş gündür. Kütahya'da 1974 de çömlekçiler yakacak olarak çam odunu kullanıyorlardı... odunun reçinesiz ve budaksız olması

şartı koşuluyordu. 1974’ de Kütahya’da geleneksel bir odun fırını için her yakışta bir yada iki ton odun gerekmektedir.”⁵ Şekil 9,10,11’ de Kütahya çini fırınının proje çizimleri görülmekte.

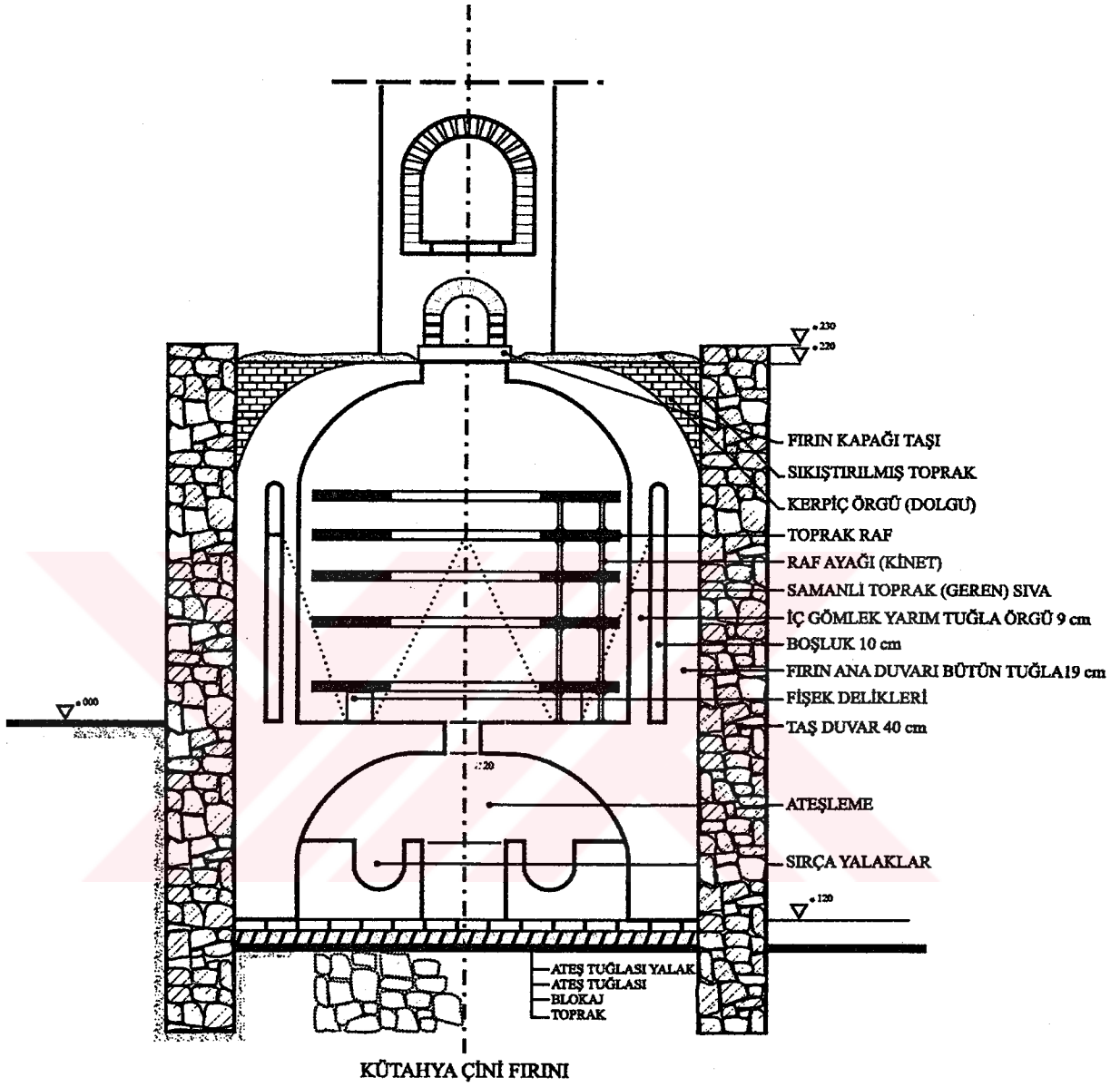


Kütahya çini fırını mamulün pişirildiği bölümün üstten kesiti
Şekil 9



Kütahya çini fırını ateşleme bölümünün üstten kesiti
Şekil 10

⁵ Nurhan ATASOY ve Julian RABY “İznik Seramikleri” İznik Türk Ekonomi Bankasının kültür hizmeti. 1992



Kütahya çini fırını
 Şekil 11

2-3-5-KAMARA FIRINLAR

“Başlangıçlarda ilkel kamara fırınlarda ateş tabanda yanar, malın arasından geçerek üstten bacaya ulaşırdı. Tavanları ya düz ya da çatı şeklindeydi. Sonradan ateşlemenin yanlarda, baca çekişlerinin tabanda olduğu, dikdörtgen biçimli, tavanları kemer şeklinde olan fırınlar yapılmıştır. Kemerin yükünü oldukça kalın örülmüş yan duvarlar taşır. Dış duvarlar, demir Konstrüksiyonlar ile deforme olmamaları için iyice sıkılır.”⁶ "Çeşitli amaçlara uygun ve yakıt cinslerine göre devamlı gelişmiş ve bir çok tip kamara fırın çeşitleri doğmuştur. Bunları sıralarsak,

- 1-Kasseler fırın
- 2-Yuvarlak fırın
- 3-Katlı kamara fırın
- 4-Arabalı kamara fırın
- 5-Duvarları hareketli kamara fırın

2-3-6-RAKU FIRINLARI

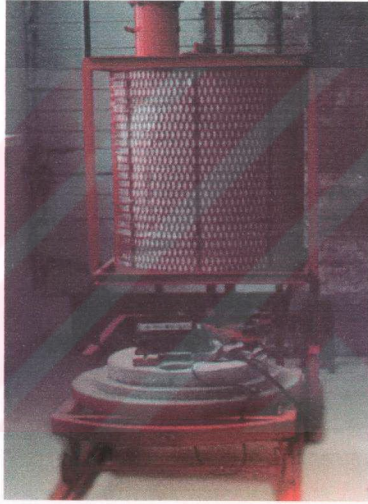
Raku, tarihi 4. yüzyıl öncesine kadar giden ve Japon çay törenlerinde tercih edilen, hızlı bir pişirim yöntemiyle pişirilen kaplara ve yöntemine verilen isim.”⁷ Olarak belirtilmiş olmakla beraber; Bu tür sırlı pişirim milattan önce 500 den günümüze İran ve Mısırdaki kullanıldığı bilinmektedir. Raku 12. Yüzyılda kullanımdan kalkmış 16.yüzyıla kadarda görülmemiştir.

Raku fırını her hangi bir tip tuğladan yapılabilir ve odun ateşi ile yakılabilir. Ortalama altı saatte istenilen ısıya gelinir. İyi bir pişirim ısısı elde edebilmek için fırının yerleştirilmesi önem kazanır. Kapı mümkün olduğu kadar iyi bir şekilde kapalı tutulur, bu da fırın içi ısısının homojenliğini sağlar. Fırın içi ısısı baca

⁶ Doç. Ateş ARCASOY "Seramik Teknolojisi" s. 92

⁷ Mürşit Cemal ÖZCAN (Yüksek lisans tezi)Geleneksel Raku Tekniği ve Artistik Seramik formlarda Uygulanması. S.4 Eskişehir-1997

tarafından hızlı bir şekilde çekilirse, fırın bacası eski bir fırın rafı ile kapatılarak çekim hızı düşürülür. Bu hız bacayı kapatan rafın , baca ile olan yüksekliği ile değişir. Raku fırınlarında baca çekim hızı bacanın boyu ile orantılıdır. Isı artırımında fırının içine temiz hava üflenir. **Şekil 12'** de uygulaması yapılan raku fırının örneği görülmekte. Raku fırınlar hakkında daha geniş bilgi çan tipi raku fırın örneğinde belirtilmiştir.



Uygulaması yapılan raku fırın çalışması görülmektedir.

Şekil 12

2-4-SÜREKLİ ÇALIŞAN SERAMİK FIRINLARI

“Sürekli çalışan fırınlarda, pişme sıcaklığı sürekli sağlandığından, fırının belli bir bölgesi devamlı sıcaktır. Pişecek olan mallar, bu sıcaklıkla karşılaştıkça pişerler. Bu durumda fırını söndürmeye gerek olmadan doldurma, pişirme ve boşaltma işlemleri sürer.”⁸

Sürekli çalışan seramik fırınlarında eğer fırın devamlı malla beslenir ise, yakıt ve zamandan büyük tasarruf sağlanmış olur. Bu tip fırınlarda kullanılan yakıt cinsi genellikle gaz veya sıvı yakıttır. Büyük masrafından dolayı elektrik pek tercih edilmez. Sürekli çalışan seramik fırınlarında mal yüklemesi belirli bir zamana ve periyoda göre yapılır.

2-4-1-TÜNEL FIRINLAR

“Tünel fırınların ilk yapılışı, ilk kez 1840 yılından yapılan tünel fırınlar esas şeklini 1910 yıllarında almaya başlamıştır. Tünel fırınlardaki kanal düz olarak uzanır ve genellikle 20-200 m arasında olabilir. Fırın içinde pişecek olan malları ateş bölgesinde geçirerek taşımayı tünel fırın arabaları yaparlar. Diğer taşıma araçları fırın boyu ve kesiti küçük olduğu hallerde kullanılan, fırın içinde kayarak ilerleyen ateşe dayanıklı plakalardır. Genellikle küçük kesitli tünel fırınlar çok kanallı olarak yapılırlar ve pasaj fırın adını alırlar. Süratli, verimli ve ekonomik oluşları nedeni ile pişirmede büyük aşamalar getirmişlerdir. En çok pişirilen mallar arasında duvar karoları, elektro porselenler, özel seramik ürünleri vardır.

Pasaj fırınlarda kanalların birbirine çok yakın olması nedeni ile sıcaklık kayıpları azdır. Kanalların beslenmesi aynı yönden yapılabildiği gibi, çoğu zaman karşılıklı olarak yapılabilir. Böylelikle birinin soğuma bölgesi, diğerinin ilk ısınma bölgesine çıkışarak büyük sıcaklık tasarrufu sağlanır.

Tünel fırınlar ayrıca direkt ve indirekt ısıtımlarına göre de adlandırılabilirler. Direkt ısıtmada, sıcaklık kaynağının önünde her hangi bir engel

⁸ Doç. Ateş ARCASOY "Seramik Teknolojisi" s. 92

yoktur. Kullanılan yakıtın türüne göre, ateş ya malların arasında dolaşır veya elektrikli tünel fırınlarında olduğu gibi, mallardan belli bir uzaklıkta yanar. Direkt ısıtılan fırınlarda sıcaklık dağılımı daha kolay olduğunda, fırınların tünel genişlikleri 3,50 m yükseklikleri ise 2,20 m dolayında olabilmektedir.

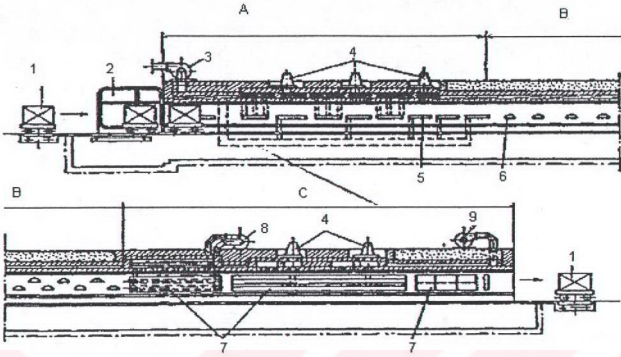
İndirekt ısıtılan fırınlarda, ateş bir kapalı kanal içinde yanar ve oluşan pişirme sıcaklığı bu kanaldan yayılarak malları pişirir. Çok temiz atmosferli pişirimi gerektiren malların pişiriminde bu fırınlar kullanılır. Pişirme sıcaklığı indirekt olarak yayıldığından fırının tünel ölçüleri daha küçük olup yaklaşık 1,20x1,30 dolayındadır.

Tünel fırınlarda katı yakıtlar dışında tanınan tüm yakıtlar kullanılabilirdiği gibi en çok elektrik, petrol ve gaz yakıtlar ekonomik olarak kullanılır ve her türlü mal pişirilebilir.

Fırını oluşturan üç önemli bölgeden "ön ısıtma bölgesi", fırının girişinde bulunur ve yanma bölgesinde oluşan sıcak gazların buraya yöneltmesi ile ısıtılır. İyi ısıtılmayan mallar pişme hatalarına yol açar. Fırının ortasında bulunan mal en yüksek sıcaklığa erişerek pişer. Soğuma bölgesi ise fırının ateş bölgesinin sonunda başlayıp çıkışa kadar olan bölgesidir.

Tünel fırınların veriminde rol oynayan etkenler, arabaların fırına giriş süreleri, fırın içinde kalış süreleri ve vagon yükünün ağırlığıdır.

Tünel fırınlarda sıcaklık kayıpları daha az ve yakıt tasarrufu daha fazladır. Doldurma ve boşaltma fırının dışında yapıldığından daha rahat çalışma koşulları sağlar. Fırın sürekli yakıldığından hafta sonu tatili için yeteri kadar rezerve vagon daha önceden hazırlanır ve aksatmadan fırına sürülür.



Tünel fırın kesiti görülmektedir.

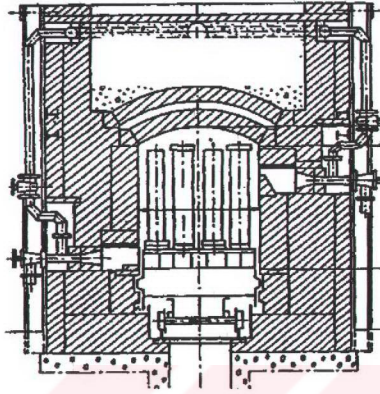
Şekil 13

(Şekil 13) de tünel fırının boyuna kesiti görülmektedir. Fırını oluşturan üç önemli bölgeden "Ön ısıtma bölgesi" (A), fırının girişinde bulunur ve yanma bölgesinde oluşan sıcak gazların buraya yöneltilmesi ile ısıtılır, iyi ısıtılmayan mallar pişme hatalarına yol açar. "Ateş bölgesi" (B), fırının ortasında bulunur ve mal burada en yüksek sıcaklığa erişerek pişer.

"Soğuma bölgesi" ise, fırının ateş bölgesinin sonundan başlayıp, çıkışa kadar olan bölgesidir. Buradan kazanılan sıcak hava, yanma havasının ısıtılması, kurutma odaları v.b. için kullanılabilir. Yeniden (Şekil 13) de tünel fırın kesitinde sırasıyla şunlar belirtilmiştir. 1) Tünel fırın arabası, 2) Açılır kapanır sistemli fırın girişi, 3) Yanma gazlarının çekiş vantilatörü, 4) Dolaştırma havası üfleyicileri, 5) Çekme kanalları, 6) Ateşleme delikleri, 7) Rekuperatörler, 8) Yanma havası vantilatörü, 9) Perdeleme havası vantilatörü

Tünel fırının veriminde rol oynayan en önemli faktörler arabanın fırına giriş süresi, fırın içinde kalış süresi ve vagon yükünün ağırlığıdır."⁹

⁹ Doç. Ateş ARCASOY "Seramik Teknolojisi" ss. 97..100



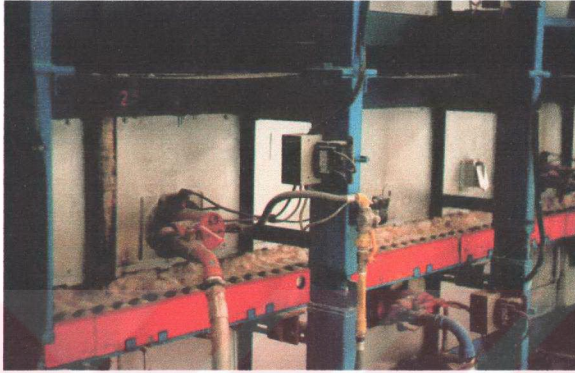
Direkt ısıtmalı tünel firn enine kesiti görülmektedir.

Şekil 14



Gral Porselen; Tünel firn.

Şekil 15



Ateşleme deliği reküperatör otomatik açma kapama sistemi

Şekil 16

2-4-2-HIZLI PİŞİRİM FIRINLARI

“Tünel fırın gibi yine bir koridor şeklinde olup, ürünlerin fırın içinden geçişini fırın tabanındaki dönen rulolar vasıtası ile sağlanan fırın tipleridir. Hızlı pişirim fırınlarında kesitler pişecek ürün tipine göre en düşük kesite indirilmiş ve bu kesitten hep aynı ağırlık ve boyda ürünlerin geçmesi ile ısıtma rejimi standart hale getirilmiştir. Fırın duvarları ve tavanı en az ısı kaybı yaratabilecek malzemeler ile inşa edilmiştir. Fırın kesitinin ufak olması, hep aynı tip ürünlerin pişirilmesi ve ısı kayıplarının minimize edilmesi ile hızlı pişmeye uygun hamur ve sır da geliştirilince pişme süresi yaklaşık 7 ile 10’da bir gibi çok önemli bir zaman kazanacak şekilde hızlandırılmıştır.

Fayans, yer karosu gibi düz plak şeklinde olan seramikler klasik tünel fırınlarda üst üste yerleştirilen refrakter kasetlerde pişirilmekte iken, hızlı pişirim fırınlarında direkt, döner şeklindeki rulolardan oluşan fırın tabanında ilerlemekte ve

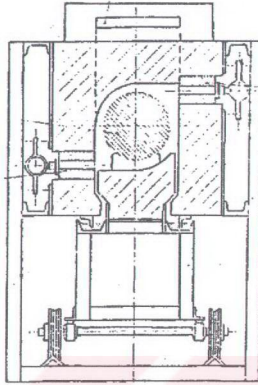
kilolarca pişirme yardımcı malzemesi devre dışı kalmıştır. Böylece birim başına düşen kalori sarfı da yaklaşık 3 ile 4 de biri kadar azalmıştır. Büyük ve hacimli ürünler için ince kristal silisyum karbür plakalar kullanılmakta ve bu plakalar rulolar üzerinde hareket ederken ürünü de taşırlar.

Hareketli rulolar ateş bölgesinde korunt diğer bölgelerde ise Ni-Cr alaşımlı metalden yapılmış ve dışarıdan dişiler vasıtası ile döndürülmektedir. ısıya dayanabilmeleri için içlerinde hava sirküle edilmektedir.”¹⁰ “Sıcak şekillendirilecek yada tavlancak parçalarda ısınmanın çok hızlı yapılması son yıllarda çok önem kazanmıştır. Hızlı ısıtmaya gaz, akaryakıt yada elektrik enerjisiyle erişilebilmektedir. Gaz yada akaryakıtla ısıtılan fırınlarda, parçaların ısınması radyasyon ve konveksiyon’la olmaktadır. Normal ısıtma fırınlarında düşük gaz akımlarında konveksiyon’la elde edilen ısı,toplam ısının sadece %10-15 i kadardır. Parçalarda hızlı ısıtma amacıyla duvar radyasyonunun yükseltilmesi, dahili reküperasyonu arttırmakla sağlanabilir.

Bu amaçla tuğla radyasyon tipi beklerin fırın içerisinde çok sayıda kullanılmasıyla, fırın duvarlarında yüksek yüzey sıcaklığına erişilebilmektedir. Ancak son yıllardaki araştırmalarda, fırında radyasyonun artırılması yerine, konveksiyonun artırılması çok daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Fırında gaz akımı artırabilmek için yüksek hızlı bekler geliştirilmiş ve fırın hacmi çok küçültülmüştür. Gazların hızının artmasıyla yüksek sıcaklıklarda kinematik viskozite artmakta ve ısı transferi için önemli olan Reynold sayısı küçülmektedir. **Şekil 17** de hızlı ısıtma yapabilen konveksiyon’la ısı geçişi yükseltilmiş araba tabanlı bir fırın görülmektedir.

¹⁰ GÜNER sümer "Seramik" s 159



Araba tabanlı hızlı ısıtma fırını

Şekil 17

Şekil 17 de hızlı pişirim kamara fırını görülmektedir. ısınacak parçalar hücre içerisine konmakta, yanma büyük bir hacimde yapılmaktadır. Toplam tesis boyu 14 m olan 16 kamaradan oluşmaktadır.”¹¹



Altın çini hızlı pişirim fırını

Şekil 18

¹¹ Prof.M.Ali TOPBAŞ "Endüstri Fırınları" Cilt s. 50

III.BÖLÜM

3-1-SERAMİK FIRINLARINDA KULLANILAN YAKIT ÇEŞİTLERİ

Yakıtların gruplandırılmalarında çeşitli noktalar göz önüne alınır. Örneğin kullanma yeri, karbon miktarı, ısıtma değeri gibi.

Yakıtların durumlarına göre, üç tür yakıt gurubu vardır. Katı yakıt, sıvı ve gaz yakıtlar. Doğal katı yakıtlar odun, torf, linyit ve taş kömürü olarak artan karbon oranına göre sıralanırlar. Sıvı yakıtlardan petrol tek doğal sıvı yakıttır. Seramik fırınlarının ısıtılmasında kullanılan fueloil ve mazot petrolün yapay ürünleridir.

Seramik endüstrisinde kullanılan gaz şeklindeki yakıtlar iki grupta incelenebilir. Birinci grupta doğal gazlar vardır. Yer gazı olarak adlandırılan doğal gaz türü, bu gazın zengin olarak bulunduğu ülkelerde seramik fırınlarında oldukça çok kullanılmaktadır.

3-1-1-KATI YAKITLAR

“Kömür çeşitleri olan, ağaç kömürü, linyit ve taş kömürü, odun ve diğer bitkilerin toprak altında zamanla değişmesi ile meydana gelmiş katı yakıtlardır. Yanabilen kısımları hidrojen ve karbon ihtiva eder. Bundan başka, başta kükürt olmak üzere oksijen, azot, su ve minerallerde kömür içerisinde bulunur. Arı kömür olarak, su ve mineral madde ihtiva etmeyen, katı yakıtlar anlaşılır.

Taş Kömürü daha yüksek ısı değerine sahiptir ve çeşitlerine bağlı olarak ısı değeri 28000 ile 32500 kJ/kg arasında değişir. Su miktarı % 2 ile 10, kül miktarı % 6 ile 10 ve uçucu madde miktarı % 10 ile 40 arasındadır.

Kok kömürü taş kömürünün gazlaştırılmasından sonra elde edilir. Gazlaştırılmada uçucu maddeler gaza geçer geriye karbon (Kül ile birlikte) kok olarak kalır. Kok un kalitesi, ham kömürün kızarma kabiliyeti ile bitüm miktarına bağlıdır. Bu nedenle, iyi kızarma kabiliyetli kömürler, gaz kömürü ve yakıt kok kömür olarak kok üretiminde kullanılırlar. Kokun üretimdeki temel amaç, yüksek

fırında kullanılan metalürjik kok ve kupol ocağında dökme demirin ergitilmesinde kullanılan döküm koku üretimi olabilir.”¹²

3-1-2-SIVI YAKITLAR

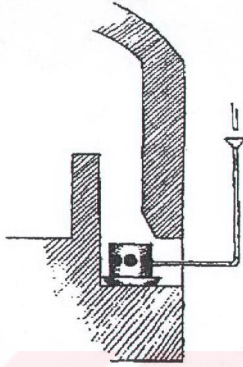
Endüstri fırınlarında kullanılan sıvı yakıtlar,şöyle sınıflandırılabilir:

- a) Linyit kömürü desüstasyonu
- b) Taş kömürü desüstasyonu
- c) Petrol desüstasyonu

Endüstride petrol desüstasyonu ile elde edilen sıvı formdaki akaryakıtlar,diğer sıvı yakıtlara oranla çok fazla kullanılmaktadır. (Şekil 19,20) 'da basit düzenekler görülmekte. Akaryakıt olarak fueloilin karakteristiğinin belirlenmesinde, pülverize olabilirlik ve pompalanabilirlik özellikleri çok önemlidir. Bu karakteristiklerin etkin olduğu viskozite,50 °C 'de Engler derecesi (E/50) olarak,100 °F da sanayiye Redwood I yada santistoke olarak ifade edilir.

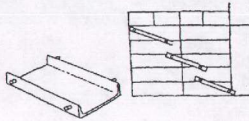
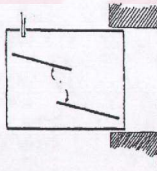
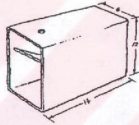
Engler derecesi 4 olan akaryakıt, iyi pülverize olabilmektedir. 100 Engler derecesine kadar olan akaryakıtlarda pompalanabilirlik vardır. Akaryakıt ısıtılmak suretiyle, istenilen viskozite değerine ulaşabilir. Orta ağırlıktaki akaryakıtlar, daha çok orta büyüklükteki endüstri fırınlarında kullanılır. Ön ısıtma 50°C 'ye kadar yapılabilir. 15°C 'nin altında kullanma tavsiye edilmemektedir. 300-500 s akaryakıtlar, büyük endüstri fırınlarında kullanılır. Yaklaşık 5°C sıcaklığa kadar pompalanabilir, Ancak yakılmazdan önce 50-70° C sıcaklığa kadar ısıtılmaları gerekir. C kalite Bunker - akaryakıtından, 0,986kg/dm³ ve viskozitesi 210° E/50 olan yakıt anlaşılır. (6500s R1100 °F) Hafif akaryakıtlar sınırında bulunan, orta ağırlıktaki akaryakıtlarda, yakıtın pülverize olabilmesi için ön ısıtma yapılması gereklidir. Ön ısıtmada daha çok elektrik enerjisinden yararlanır. Daha iyi pompalanabilirliğe erişebilmek için, ağır akaryakıt çeşitlerinin ısıtılmasında daha çok buhar, sıcak su, sıcak hava ve tesisteki artık ısılardan yararlanılabilir.

¹² Prof.M.Ali TOPBAŞ "Endüstri Fırınları" C.1. s. 217-218



Basit bir şekilde yapılmış akaryakıtla çalışan fırın kesiti alta seramik derin bir tabak üzerine konulan eski araba pistonuyla yapılmış basit bir düzenek fueloil metal boru ile tabağa damlatılır.

Şekil 19



Akaryakıt kullanılan fırınlarda damlama düzeneği.

Şekil 20

Akaryakıtlarda kükürt miktarı, depo cidarında, boru şebekesinde hidrokarbon molekül bağlantıları nedeni ile zararlı etki yapar. Aynı sorun, yakıtın yanmasıyla elde edilen gazların, tesisdeki metalik kısımlara temasında da görülür.

Akaryakıtta pek az su miktarı , yakıt tankının iç cidarında tahrip edici etki yapar. Tanklar için ön görülen yasal spesifikasyonlara uyulmalıdır.

Akaryakıttaki vanadyum miktarının etkisine de, özellikle reküperatörlerde yüksek sıcaklık korozyonu meydana geldiğinden dikkat edilmelidir.”¹³

3-1-3-GAZ YAKITLAR

"Endüstri fırınlarının daha çok kok fırın gazı,jeneratör gazı, akaryakıt gazı, baca gazı, doğal gaz ve likit petrol gazından yararlanılır.

Kok Fırın Gazı: (Havagazı) Üst ısı değeri $H_u=19000\text{kJ/Nm}^3$ ve alt ısı değeri $H_a=17000\text{kJ/Nm}^3$ dür.

Şehir havagazı, genellikle yalnızca taş kömürünün gazlaşmasından elde edilmez, ayrıca %30 ila 40 kadar su buharı ile karıştırılır (karışık gaz) Bu durumda, alt ısı değeri 15500 ile 17500 kJ/Nm³ değerine düşer. Genel olarak, ısı değerin tam karışılığı yoğunluk oranına ve gaz tesisindeki gaz konsantrasyonuna bağlıdır .

Jeneratör Gazı: Bu gaz kokun gazlaşmasından,yada antrasiti zengin ülkelerde antrasitten üretilir.

Karbonun oksijenle yada havayla gazlaşmasında, yanmayan karbondioksit ve yanan karbon monoksit ısı meydana getirir, gazdaki karbon monoksit miktarı karbondioksite nazaran oldukça fazladır.

Jeneratörde, gaz kok yığını terk ederken, C ile reaksiyonda son bulur. Sıcaklık 800 °C olduğunda,CO miktarı oldukça yüksek (%33.7) ve CO² miktarı oldukça az (%6) dir. Fakat, hava ile gazlaşma yapıldığından, azot miktarı (% 65.7)da oldukça yüksek olmaktadır.

¹³ Prof.M.Ali TOPBAŞ "Endüstri Fırınları" C.1 s. 227-228

Yüksek sıcaklıkta jeneratörü terk eden gaz, bu duruma göre bir miktar ısı taşımaktadır. Eğer jeneratör fırınla direkt bağlantılı ise, gazın jeneratörü terk etmesinin hemen ardından yanma olacağından ısı miktarı kaybı olmaz. Ancak, genellikle jeneratör gazı boru tesisatı ile iletilir, tozu alınır ve bu esnada soğur. Havagazının taşıdığı ısının büyük bir kısmı kaybolur ve gazın ısı değeri oldukça düşer. Buna karşılık, gazlaştırma hava sadece oksijen değil, ayrıca su da ihtiva eder Bu esnada, hidrojenin yanmasında da ısı kazanılır. Böylece havagazına nazaran daha yüksek ısı değerleri elde edilir.

Kızgın kömür üzerine su buharı üflenirse, su ile reaksiyon meydana gelir ve oksijen açığa çıkar. Bu oksijen, Karbonu okside ederek, kısmen karbonmonokside dönüşür. Teşekkül eden üç gaz Su, Gaz dengesi formülüne göre etki yapar. Yüksek sıcaklıklarda CO teşekkülüne, düşük sıcaklıklarda daha fazla H² teşekkülüne meyillidir. Havagazı teşekkülüne göre ters olarak, endotermiktir, yani su gazı teşekkülünde ayrıca ısı verilmesi gerekir.

Buna göre su gazı teşekkülünde aynı anda meydana gelen her iki reaksiyonda, ısı verilmesi gerekmektedir. Su gazı jeneratörlerinde, kok önce hava ile kızdırılır. Daha sonra hava kesilerek kızgın kok üzerine basınçlı su buharı verilir. Kokun sıcaklığı düştüğünde, su gazı alınması kesilir ve tekrar sıcak hava üflenir. Bu nedenle su gazı yönteminde daha gelişmiş tesis gereklidir. Endüstri fırınlarının ısıtılmasında yanabilir gazların üretiminde, genellikle özel işletmeli teknik jeneratör gazından yararlanılmaktadır.

Teknik Jeneratör Gazı: Bu gazın üretiminde, Hava gazı ve su gazı üretim sistemleri birlikte uygulanır. Su gazı yönteminde gerekli olan ısı, havagazı yönteminde elde edilenle karşılanır.

Jeneratör iyi işletilirse konsantrasyonun yaklaşık %40 ı yanabilir gaz olmaktadır. Bu durumda, 1 Kg Kok ve 0.6 ila 0.9 Kg su buharından 5.2 ila 5.4 Nm³ Jeneratör gazı üretilir.

Akaryakıt Gazı: Yakın tarihlerde geliştirilmiş bu tesislerde sıcak petrol ürünü, gaz içerisine verilir bu teçhizatla, karışık detaya gidilmeksizin yüksek randıman elde edilir ve 10 ila 1500 Kg petrol /h güçte çalışabilir. Bu gazdan da, endüstri fırınlarında yararlanılması, genellikle büyük yararlar sağlar.

Özellikle Fransa'da itme, tavlama, tünel, çinko redükleme, cam ve benzeri

fırnlarda bu sistemden yararlanılmaktadır. O.C.C.R (Office Central de Chauffe Rationnelle) patentine göre, akaryakıttan gaz üreten jeneratörlerin prensibi oldukça basittir. Akaryakıt ve hava yaklaşık 1300 °C sıcaklıkta, belirli bir oranda, bir birine temas edilecek şekilde bırakılır. Bu esnada, akaryakıtta gazlaşma ve hidrokarbon ayrışması olur. Hidrokarbonun bir kısmı yanarak CO² ve tekrar kısmen CO ya redüklenmesi görülür. Akaryakıt ve hava belirli oranlarda verildiği ve akaryakıt damlacıkları ile hava çok iyi temas ettiği için kül ve cürufıla yakıt kaybı olmaz, temizlik işlemi oldukça azdır. Jeneratör, fırının çok yakınına inşa edileceği için tesis randımanında oldukça yüksektir.

Baca Gazı: Yüksek fırınlarda her ton gazlaşmış koktan, yaklaşık 4000 Nm³ baca gazı elde edilir. Alt ısı değeri Ha=3600 ila 4400 U/Nm³ dür.

Doğal Gaz: Bu gazın esas bileşeni metan (CH₄)dır konsantrasyonu ve ısı değeri bulunduğu yere göre değişir.

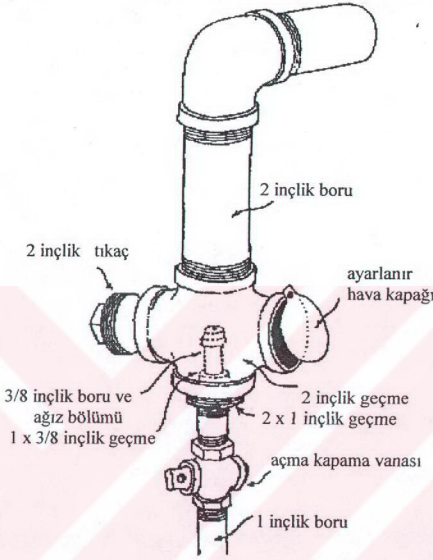
Likit Petrol Gazı (LPG): Basınç altında tutulduklarında, normal oda sıcaklığında sıvı fazda bulunurlar. Basıncın düşmesi ile gaz fazına geçerler.

Tanınan likit yanıcı gaz, bütan ve Propan'dır. 20 °C de buharlaşma basıncı, saf butan' da 2.10 5 N/m² ve saf propan'da 8.10 5 N/m² dir. Yani bu basınç değerinin üzerinde her ikisi de sıvı fazdadır. 20°C de Bütan için 3.105 N/m² ve Propan için 10.105 N/m² teorik olarak yeterlidir. Depolanmasında, daha yüksek basınçlar ve 50°C de sıcaklık göz önünde tutulmalıdır. Endüstride depolama ve taşıma için 150. 1 05 N/m² emniyetli olarak ön görülmektedir.

Likit gazlar. Sıvı halde depolanabildiği ve taşınabildiği için, diğer gaz yakıtlara nazaran daha yararlıdır. Ayrıca bütan ve propan'ın ısı değeri oldukça yüksektir. Buna karşılık, temini diğer yakıtlara nazaran daha zordur ve laboratuvar tipi küçük fırınlarda ancak ekonomik olabilmektedir. **Şekil 21'**de Gazlı fırınlarda uygulanabilir brülör yapısı görülmekte

Kökü dökümde kalıpların ısıtılmasında, ekstrüzyon ve pres dökümde, bunzen begleri ile likit gazların kullanılması oldukça yaygındır. Havaya göre yoğunluk oranı D=1.5 olarak ağır olduğundan dibe çökerek, birikme yapabilir. Böyle bir birikimde, ateş karşısında ani parlama tehlikesi vardır."¹⁴

¹⁴ Prof.M.Ali TOPBAŞ "Endüstri Fırınları" C.1. ss 219.226



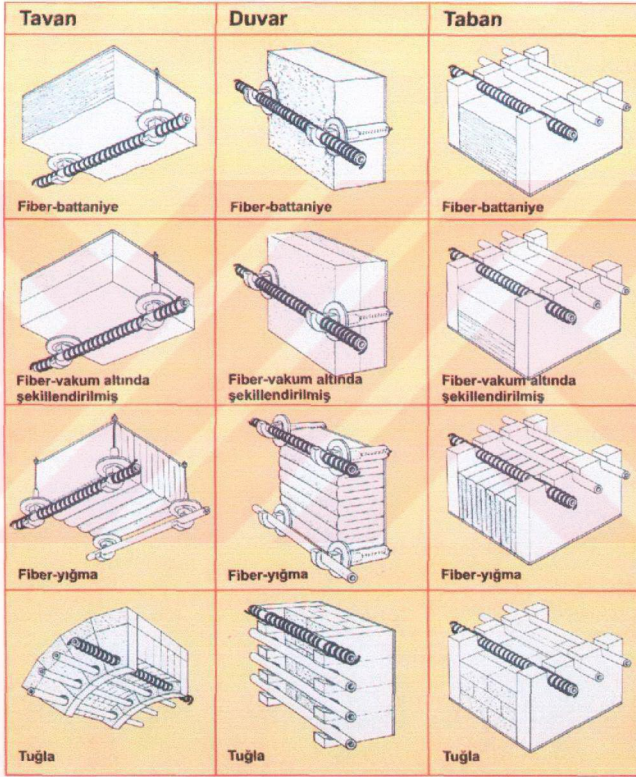
Gazlı fırınlarda uygulanabilir brülör

Şekil 21

3-1-4-ELEKTRİKLİ ISITMA

"Elektrik enerjisinin ısıya dönüşmesi, yanmayla elde edilen kimyasal enerjiye nazaran, teknikte birçok yararlar sağlar. Bu yararlardan en önemlisi olarak direkt şekilde ısı enerjisinin ısıtılacak parçada sağlanması söylenebilir. Diğer önemli yarar, ısıtılan parça, sıcak gazların korrozif etkisinden korunmuş olur. Bundan başka elektrik enerjisinin sevki, ısı kontrolü ve ayarı, kimyasal enerjiye nazaran çok daha kolaydır. Bu özellikler göz önünde tutulduğunda, elektrik enerjisinin,

fırınlar için ideal kaynak olduğu düşünülebilir. Ancak elektrik enerjisinin birim fiyatı çok yüksek olması ve depolama olanağının bulunmaması, çoğu zaman kimyasal enerji kullanmayı zorunlu kılmaktadır.”¹⁵ Şekil,22’de çeşitli Destek (İzolasyon) Sistemleri ve Rezistanslar görülmektedir.



Spiral tel ısıtıcılar, serbest ışına yüzeyli

Şekil 22

¹⁵ Prof.M.Ali TOPBAŞ "Endüstri Fırınları" C.1 s 265

3-2- SERAMİK FIRINLARINDA ISI KONTROLÜ VE ÖLÇÜLMESİ

“En ilkelden en gelişmişine kadar, seramik fırınlarında sıcaklık kontrol ve ölçme işlemi, fırının ayrılmaz bir parçasını oluşturur. Fırın türü ne kadar ilkel, pişirme ne kadar basit olursa olsun, gene fırının yanmasını kontrol eden ve sıcaklığı ölçen sistemler kullanılır. Örneğin, yakmanın bilinen bir sürede tutulması, yakma için kullanılan yakıtın ölçüsü, fırın sıcaklığının yanma rengine göz ile bakılarak saptanması gibi. Günümüz modern fırınlarında sıcaklığın kontrolü, ölçülmesi ve kaydedilmesi, geliştirilmiş araçlarla yapılmaktadır. Bu araçlar tek tek kullanıldıkları gibi, aynı ölçme aracından bir kaç tane, aynı fırının çeşitli yerlerine de yerleştirilebilir. Çoğu zaman, iyi bir sıcaklık kontrolü için, çeşitli türdeki araçlar aynı fırında bir arada kullanılır. Seramik fırınlarında pişirecek olan malzemenin en iyi şekilde pişmesi ve teknolojisinin gerektirdiği özelliği kazanması, ancak fırın sıcaklık kontrolünün düzenli yapılması ve sıcaklığın belirli bir düzeyde tutulması ile olur.”¹⁶

3-2-1- TERMO ÇİFT LER

“Bu sıcaklık ölçme aracının esasını, uçlarından bir birine lehimli iki farklı metal tel oluşturur. Bu birbirine bağlı iki uç fırının içinde bulunduğu andan itibaren, artan fırın sıcaklığı ile birlikte, bu tellerin diğer ucunda sıcaklık ile orantılı olarak değişen küçük (mV büyüklüğünde) bir elektrik akımı oluşur. Bu küçük elektrik akımı çok duyarlı bir galvanometreye aktarılarak, termo elemanın fırın içindeki ısıtılan ucunun sıcaklığı sıkaladan okunur. İstenirse bu değerler bir yazıcıya da aktarılarak, zamana bağlı olarak hareket eden bir kağıt üzerine kayıt yapılabilir. Sıcaklık ölçme yeteneklerine göre, kullanılan termo eleman çiftleri de farklıdır.

O - 700 °C için Bakır/Nikel-Demir termo çifti

O - 1100 °C için Nikel/Krom-Nikel termo çifti

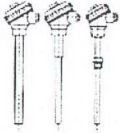
O - 1400 °C için Platin / Rodyum-Platin termo çifti”¹⁷

¹⁶ Doç. Ateş ARCASOY "Seramik Teknolojisi" s 104,105

¹⁷ Doç. Ateş ARCASOY "Seramik Teknolojisi" s. 105

Şekil 23,24,25,26,27,28,29 de termo elektrik pirometre çeşitleri görülmektedir.

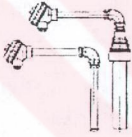
DÜZ TİP TERMOKUPLLAR



Metal veya seramik kılıflı düz termokuplar, -200°C ' den $+2320^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar çok çeşitli proseslerde yaygın olarak kullanılırlar...

Şekil 23

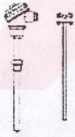
L - TİPİ TERMOKUPLLAR



Bu termokuplar genellikle tuz banyoları ve metal eriyiklerinin sıcaklık ölçümlerinde kullanılır. L tipi termokuplar, termokuplun kafasının banyo üzerindeki sıcaklık ve aşındırıcı gazların etkisinden korumak için tasarlanmıştır.

Şekil 24

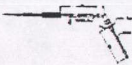
İNSET TİP TERMOKUPLLAR



Termokupl eleman teli önce primer bir koruyucu kılıf içine yerleştirilir, seramik klemens ile bir bütündür. Bu ünite inset olarak adlandırılır. Inset, ayrıca ikinci bir koruyucu kılıf içine yerleştirilir. Termokuplda arıza olduğunda dış kılıf değiştirilmeden inset değiştirilebilir.

Şekil 25

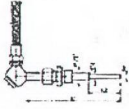
PORTATİF TERMOKUPLLAR



Portatif termokuplar çok çeşitli alanlarda geniş uygulama imkanına sahiptir. Gerek ortamların, gerekse yüzeylerin sıcaklıklarının ölçülmesinde portatif termokuplar yaygın olarak kullanılırlar.

Şekil 26

EKSOZ TERMOKUPLLAR



Eksoz termokupllar, kullanım yerlerinin özellikleri açısından özel montaj şekillerine sahiptir. Düz veya açılı olabilirler. Kablo bağlantı yerleri yaylı koruma altına alınabilir. Genel olarak sabit kablolu monte edilirler.

Şekil 27

BAYONET TİP TERMOKUPLLAR



Bu tip termokupllar, genel olarak çalışma şartları açısından daha kolay ortamlarda kullanılırlar. Sabit kablolu monte edilen bu termokupllar, yerleştirildikleri noktalara yay sıkıştırılmalı sabitleştirilir. Kablo ile metal ucun birleştiği yer, metal borunun sıkıştırılması ile sağlanır.

Şekil 28

MİNERAL İZOLELİ TERMOKUPLLAR



Bükülebilir - kıvrılabilir ve düşük çaplarda verilebilir olması nedeniyle portatif uygulamalarda geniş kullanım imkanları vardır. Sıcaklık limitleri olarak çalışabilecek ortamlarda kablo gibi dolaştırılabilirler. Uzun tünel fırınlarda araba altı sıcaklığını takip etmek için idealdirler.”¹⁸

Şekil 29

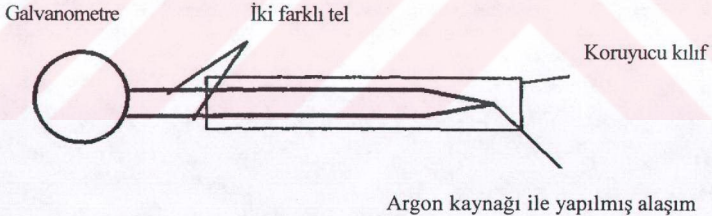
Termo çiftlerin diğer adı termokupl dur: Seramik fırının içine daldırılan termo çiftler zamanla mekanik ve kimyasal tahribata uğrayacakları için genellikle fırın atmosferi ile temas ettirilmezler, bunun için termo çiftler çeşitli koruyucular tarafından izole edilirler. Bu izolasyon maddeleri porselen borular ve ısıya dayanıklı

¹⁸ www.Elimko.com.tr

metal borulardır.

İki ucu argon kaynağı ile alaşım haline getirilmiş iki tel bu koruyucu borular içerisinde yanmaz ayrı izolasyon malzemelerinin yardımı ile yerleştirilir, telin diğer kısmı (fırın dışında kalan kısım)yanmaz klemens vasıtasıyla ölçü cihazına bağlanmak üzere uç çıkarılır. Çıkan bu uç kompozisyon kablosu aracılığı ile ölçü cihazına bağlanır. Bu kablunun en büyük özelliği iç direncinin çok küçük olması ve dışında bulunan çelik blendajı sayesinde dış statik elektrik etkilerinden ve fiziksel etkilerden kolay kolay etkilenmemesidir. Termokupl çiftleri fırın iç atmosferine iç duvardan itibaren en az 2cm içeri girmesi gereklidir . Bu 2cm lik mesafe içinde iki telin alaşım noktası bulunmaktadır.

Termo çiftler fırın içerisine genellikle arka üst orta noktadan içeri sokulurlar. Burada dikkat edilecek en önemli husus fırın içerisine sokulan Termo çiftler çubuklarının koruyucuları metal ise, rezistans tellerine deymemesidir,koruyucu çubuk porselen ise fiziksel darbelerin en az etkiyeceği ve ısıyı dengeli bir şekilde alacağı yere konulmalıdır. Şekil 30 ' de Termo çiftlerin yapısı görülmektedir.



Şekil 30

3-2-2-SERAMİK YAPILI ISI ÖLÇME ALETLERİ

“Bu yöntemle sıcaklık ölçme işleminde, başlıca iki türde şekillendirilmiş araçlardan yararlanılır. Bunlar Piramit ve halkalardır. En çok tanınanları ise Seger, Piramitleri, ile Bullers özel adı ile pazarlanan halkalardır. Bu yöntemle sıcaklık ölçme,

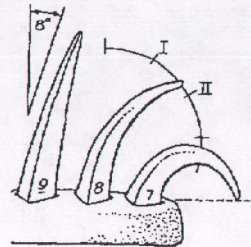
seramik çamurunun sıcaklık karşısında gösterdiği erime ve küçülme esasına dayanır. Bu sisteme bağlı olarak geliştirilmiştir.

Özel bir seramik çamurunun içine, sistematik olarak artan oranlarda katılan eriticiler ile her defasında farklı sıcaklıkta yumuşayan çamurlar elde edilir.

Özenli bir imalat teknolojisi ile bu çamurlar piramit şekline sokulurlar ve erimesi gereken sıcaklığa göre numaralandırılırlar. Belli bir dayanıklık kazanması için çok düşük sıcaklıkta pişirilirlir. Sıcaklık kontrolü ve ölçümü yapılacak olan fırının içine konmadan önce bu piramitler numara sırsına göre, bir miktar plastik çamur aracılığı ile bir plaka üzerine dizilirlir. Piramitler imalat sırasında bir yana doğru eğimli olarak yapılmışlardır. Fırın içine yerleştirilen piramitlerde bu eğim korunur. Fırının içindeki piramitler fırının gözetleme deliğinden sürekli izlenirlir. Fırın sıcaklığı artıkça sıra ile piramitler eğilmeye ve yatmaya başlarlar. Fırının istenen sıcaklığa geldiği, piramidin başının plakaya deymesi ile anlaşılır. Piramitler ayrıca sıcaklık ölçme aletlerinin kontrollerinde de kullanılırlar. Piramitler gibi seramik çamurundan elde edilen bir diğer sıcaklık ölçme aleti de Bullers halkalarıdır. Yaklaşık 6 cm çapında 0.5 cm kalınlığında kuru olarak preslenen bu araçla, fırının içinde sıcaklığın ölçüleceği bölgede düz bir yere yerleştirilirlir. Ancak pişme işlemi bittikten sonra halka üzerinde ölçüm yapılarak fırının sıcaklığı hakkında bir fikir elde edilebilir.

Fırından çıkan halka, özel skalalı bir gösterge arasına sıkıştırılarak 90° lik iki çapında ölçülür. Skaladan okunan değer, bir cetveldeki sıcaklık değerleri ile karşılaştırılarak, pişme sıcaklığı saptanır.¹⁹ Şekil 31 de piramit ısı ölçme malzemesi görülmektedir.

Piramit ısı ölçme malzemesi
Şekil 31



¹⁹ Doç. Ateş ARCASOY "Seramik Teknolojisi" s 106,107

IV.BÖLÜM

4-CAM FÜZYON FIRINI TASARIMI

Çalışma yapılırken konunun; “Seramik eğitimi veren okullarda; Seramik Fırınlarının seramik Eğitime katkısı” Olması nedeniyle mümkün olduğunca çevrede temin edilebilecek ve kolay uygulanabilecek malzemelerle seçilmeye çalışılmıştır.

Cam füzyon fırınları çok derin olmayan geniş ve yayvan fırınlardır. Bu fırınlar sadece üstten ısıtılmalıdır.

Buna karşılık seramik üretiminde kullanılan fırınlar kamara tipinde olup tavan hariç her taraftan ısıtma elemanları vasıtasıyla ısıtılmaktadır.

Cam füzyon fırını 1000 °C için tasarlanmıştır. Sürekli çalışma sıcaklığı 800 °C dir.

Yapılacak olan cam füzyon ve çan tipi seramik raku fırınının uygulanabilir proje çizimleri (Corel-9) Korel ve 3D MAX programları ile yapılmıştır. Çizimi yapılan projelerin 1/10 oranında küçültülmüş maketleri aslına uygun olarak düzenlenmiş son düzeltmeler bu maketler üzerinde yapıldıktan sonra uygulama aşamasına geçilmiştir.Raku fırınında kullanılan malzemeler; Yalıtım için 1370 °C sıcaklıkta kullanılabilen bir yalıtım malzemesi olan kaolen yünü ve Raku fırınında cehennemlik bölgesinde dövme ile şekillenen plastik refrakter harcı kullanılmıştır.

4-1-CAM FÜZYON FIRINININ ÖZELLİKLERİ

Cam ürünlerinin çoğu kalıp üzerinde ergitme yoluyla şekillendirilmekte ve çalışma sıcaklığı genellikle 850 °C ile1000 °C arasında olmaktadır.

Sıcaklık arttıkça camın viskozitesi düşmekte buda yüksek sıcaklıkta şekillendirmeyi zorlaştırmaktadır.

Cam füzyon Fırınının ısı kontrol sistemi yönünden atölyelerde kullanılan kamara tipi seramik fırınlarının ısı kontrol sistemiyle aynıdır. Cam fırınlarında

dirençli direk ısıtma uygulamaktadır. Fakat elektrikli kamara tipi fırınlarından farklı olarak ısıtma sadece üst kapaktan yapılmaktadır .

Cam füzyon fırınının performansını incelemek amacıyla yapılan deneme çalışmalarında bazı istenmeyen sonuçlarla karşılaşmıştır bunlar; bazı camlar 850-900 °C 'de çok fazla erimesi sonucu , köpüklenmesi cam üzerinde sabun köpüğüne benzer camlardan köpüklerin oluşması ve düz yüzeyde camın geriliminden dolayı toplanarak ayrılması, kalıp hataları sonucu ürünün kalıptan ayrılmaması, camın cins ve yapısına bağlı olarak aynı °C' de aynı kalıpta farklı sonuçların oluşması gibi sorunlar sayılabilir.

Cam ergitme fırınları yayvan ve fazla derin olmayan fırınlardır. Fırının seramik fırınlarında olduğu gibi pişecek mallarla üst üste konması söz konusu değildir; eğer bu şekilde pişirim yapılacaksa üstte bulunan parçalar istenilenden daha fazla erimekte ve kalıbın içine akmakta veya köpüklenmekte gaz çıkışı meydana gelmektedir. Altta kalan ürünler ise tam tersine az sünmektedir.



Cam Füzyon Fırınının ve ısıtıcılarının yerleşim yerlerinin genel görüntüsü

Şekil 32

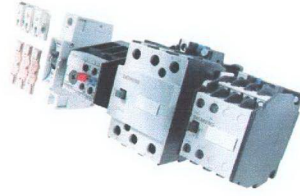


Daha büyük boyutlu bir füzyon fırının genel görünüşü

Şekil 33

4-1-2- FIRIN KUMANDA PANOSU İÇİNDE BULUNMASI GEREKEN MALZEMELER VE GÖREVLERİ:

1-Kontaktör: Kontaktörler, yüksek güç çeken fırınlarda termostatı korumak için kullanılan bir röle sistemidir. kontaktör fırın gücüne göre seçilmelidir. Kontaktörlerde genelde üç düz, bir ters kontak bulunmaktadır. Bu kontaklar kontaktörlerin yapılarına ve güçlerine göre kontak sayıları ve cinsleri değişmektedir. Kontaktörler elektro mıknatıs sistemi vasıtasıyla kontaklar çekilip bırakılarak vazife görürler. **Şekil 34** de devre elemanları kablo pabuçları, sigortalar zaman saati, röle görülmektedir

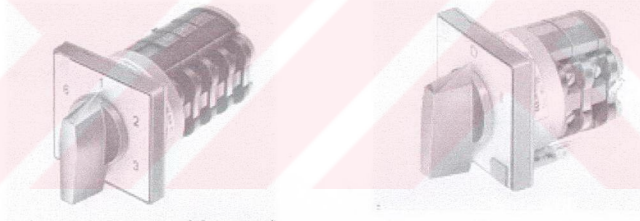


Devre elemanları (kablo pabuçları, Sigortalar zaman saati, röle)

Şekil 34

2-Göz Lambası: Uygulanan cam fırında yeşil renkli olarak seçilen göz lambası, Fazlara güç gelip gelmediğini kontrol eder. Çalışma şekli her faz ve şase arası olduğu için çalışma voltajı 220'dir.

3-Aç Kapa Şalter(Pako Şalter): Bu şalterler iki çeşittir. Bunlardan biri hem fırın sistemini ayarlayan hem de devreyi açıp kapamaya yarayan şalter türleridir. **Şekil 35** Bu şalterlerde yıldız, üçgen sistemleri ile sıfır konumu bulunmaktadır. Bu şalterin amperi fırın gücüne göre seçilir.



Aç-Kapa Şalter Pako şalter

Şekil 35

4-AC Ampermetre: Ampermetre fırının hattan çektiği alternatif akımı gösterir. Ampermetre seçiminde fırının çekeceği akımın yaklaşık dört katı daha fazla akım gösterge skalalı seçilir. Bunun sebebi, her hangi bir kısa devre sırasında sigortalarının atma süresi içinde, hattan yüksek akım çekileceğinden ampermetrelerde her hangi bir bozukluk oluşmaması için. Dijital veya Analog ampermetre gösterge cihazları piyasada mevcut, **Şekil 36** de dijital Ampermetre görülmekte. Ampermetrelerin fırınlarda bir başka görevi ise fırın içi rezistanslarında

kopma oluştuğunda, ampermetrelerin kullanılma şekillerine göre kopan rezistans gurubunu gösterir.



Dijital AC.Ampermetre

Şekil 36

5-AC Voltmetre: Voltmetrenin görevi faz nötr arasındaki potansiyel farkı gösterir.aynı ampermetre gibi dijital veya analog olanları piyasada mevcut . Faz nötr arasındaki gerilim 220V, fazlar arasındaki gerilim ise 380 voltur. **Şekil 37** de dijital voltmetre görülmekte.



Dijital AC.Voltmetre

Şekil 37

6-Termostat: Bu cihazların görevi fırın içindeki sıcaklığı göstermek ve istenilen derecede fırının elektrik enerjisi kapatarak fırın sıcaklığını sabit tutmaktır. Bir termo çift ile birlikte kullanılan bu cihazda ayarlanan sıcaklığı gösteren ve o andaki fırın sıcaklığı gösteren bir dijital ekran vardır.Fırın sıcaklığı arttıkça rakamların arttığı görülür. **Şekil 40** cam füzyon fırınında kullanılan termostat görülmekte. Termoçiftler ayrı cins teller den yapılmıştır. (Nikel-Krom Nikel, Platin-Rodyum platin) Bu teller birbirlerine uç kısımdan argon kaynağı ile kaynatılmıştır. Argon kaynağının amacı yüksek ısı sonucu ergiyen iki ayrı cins metal telin birbirleriyle kaynaşma sırasında araya başka bir materyalin girmesini önlemektir.

Termo çift den, ısı artışına göre üretilen mV cinsinden voltaj kompenzasyon kablosu ile termostata taşınmaktadır. Bu kablunun özelliği, taşınan mV cinsinden voltajın, dış statik elektrik ve manyetik etkilerden etkilenmesini önlemek ve göstergede okunan değerin gerçek değer olmasını sağlamaktır. Dijital ısı göstere cihazlarının yapısı tamamen elektronik olup içerisinde her hangi bir çalışan mekanik aksam yoktur. **Şekil 38** de dijital ısı göstere cihazı görülmektedir



Dijital ısı göstere cihazı

Şekil 38

Çalışma esnasında içeride ergitilecek cam mamul konulduktan sonra fırın istenilen dereceye ayarlanıp bırakılır. Fırın istenilen ısıya ulaştığında otomatik olarak devreden elektrik kesilir. **Şekil 39**da cam füzyon fırınında kullanılan analog ısı göstere cihazı görülmektedir.



Cam Füzyon fırınında kullanılan Analog ısı göstere cihazı

Şekil 39

7-Kablo pabuçları:Yüksek akımın taşınmasında kullanılan kabloların bağlantı noktalarında kablo pabuçlarının kullanılmasında çok büyük fayda vardır. Kablo pabuçlarının görevi; kablonun bağlantı yerinden kopmaması ve gevşeyerek ark yapmasını, ısınmasını önlemesidir. Bu pabuçlar her çeşit kablo çapına göre piyasada mevcuttur.

8-Termostat:

Cam füzyon Fırınında kullanmış olunan termoçiftin **Şekil 40** özelliği belirtilmiştir.

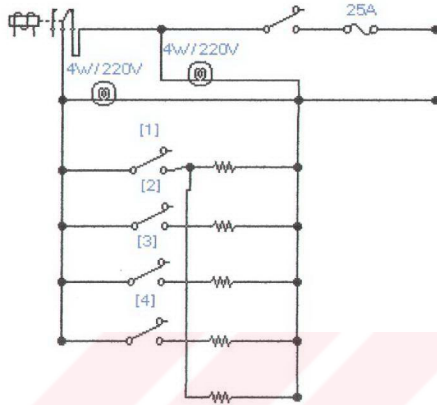


Termostat kablo bağlantısı

Şekil 40

Cam füzyon fırında tasarlanan devrenin ısısına bağlı olarak metal veya seramik kılıflı termostatlar seçilebilir, -200°C ' den $+2320^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar çok çeşitli proseslerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bağlantı yapılırken özellikle kabloların +(Artı) ve – (Eksi) uçların doğru bağlanmasına dikkat edilmeli ters bağlanması durumunda $^{\circ}\text{C}$ – Eksi yönde hareket edebilir.Chromel -Alumel termoçiftin sıcaklığa karşı ürettiği gerilimler ortalama değer $^{\circ}\text{C}$ başına $40.8 \mu\text{V}$ dur.

9-Açıp Kapama Anahtarı: Sistemin devresini el ile açıp kapamaya yarayan anahtardır. **Şekil 41** anahtarların çalışma prensibi çizilen şemada görülmektedir. Anahtarların seçiminde dikkat edilecek husus devrenin çekeceği ampere göre seçilmesi gereklidir. Cam füzyon fırınında beş rezistans grubu için her rezistansı ayrı olarak çalıştıran dörtlü anahtar kullanılmıştır.



Cam Füzyon Fırını aç-kapa Anahtarlarının genel çalışma prensibi

Şekil 41

10- Zaman Saati: Bu saatin görevi fırın sisteminin açılış kapanışını, fırın sıcaklığının aynı derecede kalış zamanını ayarlar. Şekil 42 Rezervli olmasının sebebi ise elektrik kesintilerinde ayarlanan programın bozulmasını önlemektir.



Dijital röle



Analog röle

Şekil 42

11- Sigortalılar: Sigortaların görevi bilindiği gibi devrede veya fırın içinde meydana gelecek her hangi bir kısa devre anında pano içinde bulunan cihazların bozulmasını ve panoya giren hattın yanmasını önleyen malzemelerdir. Bu

sigortaların bıçaklı, muşonlu ve V otomat türleri bulunmaktadır. Yüksek amper çekilecek devrelerde bıçaklı sigortalar daha fazla kullanılmakta. Bıçaklı sigortaların yapısı elektro porselen olduğu ve atacak ince telin kum yığını içinde bulunmasından dolayı, hatta kısa devre olmadığı süre içinde ısınmadan dolayı bu sigortalar türleri kolay kolay atmazlar. Bu sigortaların bir dezavantajı, sigortalar attığı zaman bıçaklı kısmın değiştirilmesi gerekmektedir.

V Otomatların kullanılma yerleri ise daha ziyade düşük akım çeken yerlerdir. Bu sigortaların kullanılma süresi içinde ısınırlar, çekilen akım konulan sigortaların akımına yakın ise, bir süre sonra kendiliğinden atarlar. Bu sigortaların bıçaklı sigortalara nazaran avantajı, sigortalar attığı zaman mandalı yukarı kaldırılmak suretiyle devreye tekrar sokulurlar. Bunların gövdeleri porselen veya ısıya dayanıklı plastikten yapılır.

4-2-FIRINLARIN MONOFAZE REZİSTANS BAĞLANTI ŞEKİLLERİ VE KONTROL PANOLARININ ÇALIŞMA PRENSİBİ:

Direnç ısıtmalı fırınlarda kontrol sistemleri iki şekilde yapılır. Bunlar Elle kontrol ve otomatik (programlanabilir) kontroldür. Kontrol sistemleri yapılmadan önce fırın içine yerleştirilen rezistansların seçimi, kaç kW lık fırın olacağı ve hangi tip bağlantı sistemlerinin yapılacağı tespit edilmelidir. Çünkü sistemin kontrolünün yapılacağı kumanda panosundaki malzeme çeşidi ve güçleri fırın içine yerleştirilen rezistansın hattan çekeceği güce ve sistem bağlantı şekline bağlıdır.

1-Elle kontrol sistemleri (Manuel):

Bu sistem otomatik kontrol sisteme nazaran oldukça az maliyetle yapılan

güvenceli bir sistemdir. Bu sistem, Monofaze ve Trifaze çalıştırılmak üzere rezistansları döşenmiş fırınlarda kullanılabilir. Bu kumanda panolarının yapımı ve panonun içinde kullanılacak malzemeler monofaze ve trifaze sisteme göre değişmektedir.

Yapılmış olunan cam füzyon fırınında da maliyetin ucuzluğu nedeniyle elle kontrol sistemi uygulanmıştır. **Şekil 43**



Kontrol panosunun önden görünümü

Şekil 43

2-Otomatik kontrol sistemleri:

Bu sistem hem trifaz, fırınlarda hem de monofaz, fırınlarda kullanılmaktadır. Bu sistemin kullanıcıya en büyük faydası fırın sıcaklığının kontrolü, fırının yanmasını ve sönmesini kullanıcıya bağımlı kalmaksızın kendi otomatik olarak yapmasıdır.

Monofaze sistem daha çok deney ve ev tipi seramik fırınlarında kullanılır. Bu fırınlar genellikle küçük hacimli fırınlardır. Bu fırınların rezistans bağlantı şekilleri **Şekil 44** da gösterildiği gibi parçalı veya bir bütün olarak bağlanabilir.

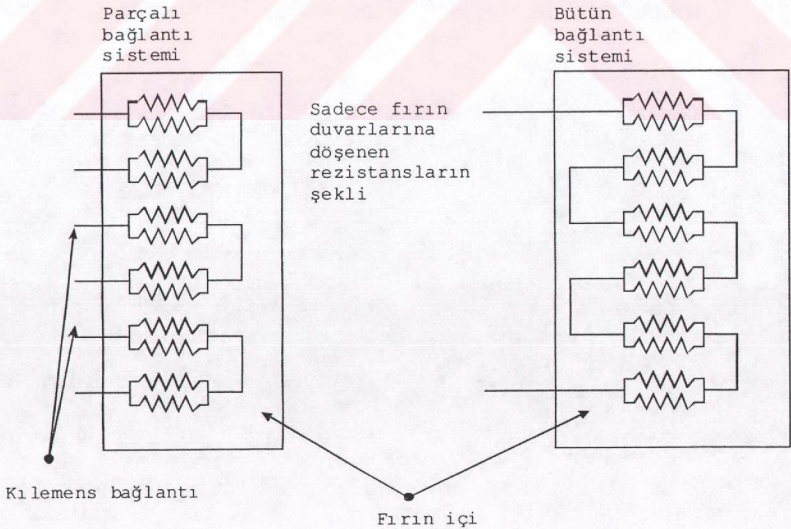
4-2-1-PARÇALI BAĞLANTI (GURUPLAŞTIRILMIŞ REZİSTANS BAĞLANTISI):

Bir bütün olarak fırının gücüne göre hesaplanmış rezistans, fırın içinde

bulunan rezistans kanallarının adedine göre, parçalanarak çift sayılı guruplara ayrılırlar. Bu ayrılan guruplar fırının içine yerleştirildikten sonra fırının dış arka yüzeyinde birbirlerine yanmaz, porselen veya havayı hat klemensleri vasıtasıyla seri olarak bağlanırlar.

Bu bağlantının başındaki ve sonundaki rezistans uçları ise, fırının çekeceği güce göre tayin edilmiş monofaze kablo ile fırın kumanda panosuna bağlanır. Hesaplanmış olan rezistans fırın içine yerleştirilirken dikkat edilmesi gereken kısım fırının duvarlarına (sağ yan, sol yan, arka duvar, alt taban, kapı) yerleşecek rezistans boylarının aynı uzunlukta (m de) olmasına özen gösterilmelidir. Bunun başlıca sebebi fırın içi atmosferinin dengeli bir şekilde olmasını sağlamaktır.

Guruplaştırılmış rezistans bağlantısında elde edilecek fayda, fırınların uzun kullanımlarından sonra, rezistanslarda yer yer kopmalar oluşur, bu kopan kısım tespit edilerek sırf o grup rezistans değiştirilir, böylelikle tüm rezistans komple değiştirilmemiş olur. Bu tür bağlantı bize hem maliyetten hem de zamandan tasarruf etmemizi sağlar.



Şekil 44

4-2-2-BÜTÜN BAĞLANTI(TEK GURUP BAĞLANTI):

Bu bağlantı şekli gurup bağlantısına nazaran işçiliği çok daha kolay olan bir bağlantı sistemidir. Burada fırının gücüne göre bir bütün olarak hesaplanmış olan rezistans fırın kanallarına yerleştirilmeden önce fırın kapağına ve tabana yerleştirilecek rezistans miktarları, fırının her duvarına düşecek rezistans miktarına eşit olacak şekilde ayrıldıktan sonra fırın kanallarına veya çubuklarına yerleştirilir. Kapak ve tabana yerleştirilen rezistanslar, daha sonra fırın dışından duvar rezistanslarına seri olarak bağlanır.

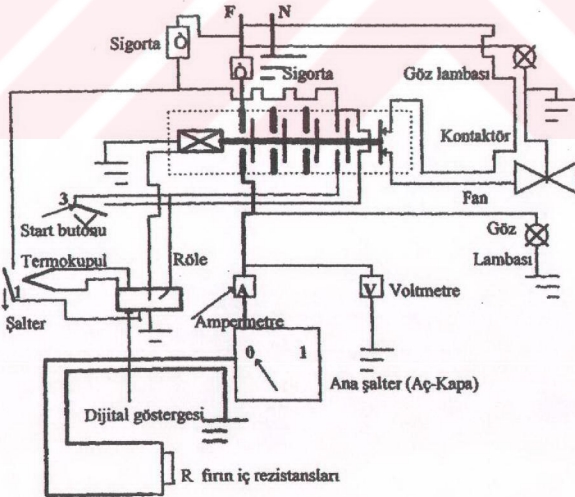
Bu bağlantı sisteminde fırın duvarlarındaki veya kapaktaki ve tabandaki rezistanslarda olacak kopmalarda, o kısmın rezistansı komple değişmek zorundadır. Fırın içinde kopan rezistanslar kesinlikle birbirleriyle ek yapılamaz, çünkü eklenen bu kısımlar zamanla boşluk yapacaklarından ark oluştururlar ve tekrardan aynı yerden koparlar, eğer bu kopma fırının istendiği derecede sönme zamanına gelmeden önce olur ise karşımıza büyük zorluklar çıkar. Bu zorluklar: Fırının boşaltma ısısına kadar beklenmesi, sıvı fırını ise sıvı yapısının kısmen bozulması ve zaman kaybıdır.

4-3-MONOFAZE KUMANDA PANOSU VE KULLANILAN MALZEMELER:

Yukarıda izah ettiğimiz fırın bağlantı sistemlerinin açılıp kapanmasını, fırın iç sıcaklığının görülmesini, fırının istenildiği derecede sönmesi ve yanmasını, hattan çektiği akımı ve fazlardaki voltajın görülmesini sağlayan kısımdır. Bu kısmın ölçüleri genelde fırın gücüne göre değişir. Fırın gücü büyüdükçe panonun ebatları da büyür. Bu kumanda panoları iki çeşitte yapılabilir bunlardan biri manuel diğeri auto kontrol. Monofaze fırın panosunda bulunması gereken malzemeler şunlardır.

1-Fırın gücüne göre tayin edilmiş Kontaktör

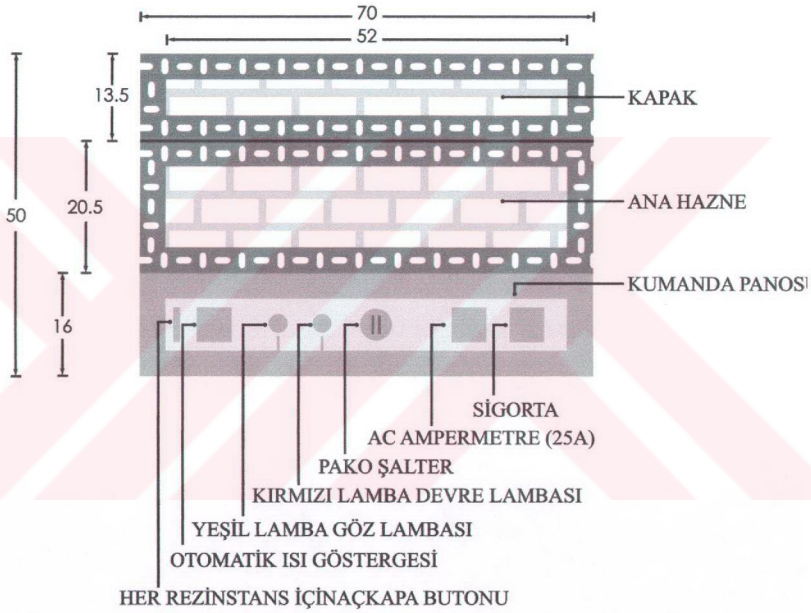
- 2-Göz lambası
 - 3-Fırının gücüne göre tespit edilmiş aç kapa şalter
 - 4-Bir adet en az fırının çekeceği gücün dört katını gösteren AC ampermetre
 - 5-Bir adet faz nötr arasındaki gerilimi ölçecek AC voltmetre
 - 6-Fırın içi sıcaklığını gösteren analog veya dijital ısı göstergesi (Bu göstergesi cihazları manuel veya auto sisteme göre değişmektedir)
 - 7-Kablo pabuçları
 - 8-Aç kapa şalter.
 - 9-Start ve Stop anahtarları
 - 10-72 Saatlik rezervli zaman saati (Bu saat adedi yapılması istenen panonun işlevine göre değişmektedir)
 - 11- Sigortalarlar
 - 12-Sayılan malzemeleri rahat bir şekilde içine alacak saç pano
- Şekil 45 de cam füzyon fırının kontrol devresi görülmektedir.



Şekil 45

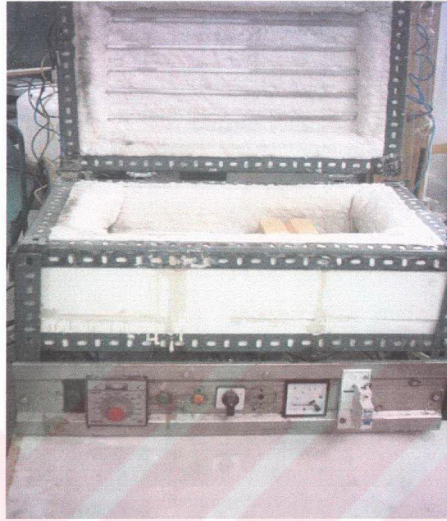
4-4-CAM FÜZYON FIRINI YAPIMI

Fırının iç duvarları yapımında 23 x 11 x 6 cm ölçülerinde, Thermal ceramics industrial insulation Fransız firmasının JM 26 nolu ithal izole tuğlası kullanılmıştır. Bu tuğlalar rezistansları tutturmak için kullanıldığı gibi asıl amacı ısı yalıtımını sağlamaktır. İkinci derecede ısı yalıtımını sağlamak için 2,5 cm lik kaolin yün kullanılmıştır. Çalışmanın uygulama aşamasına geçmeden proje çizimleri (corel 9) **Şekil 46,48,50** ve 3D MAX **Şekil 53,54,55** programlarıyla çizilmiştir.Yapılan fırın projeye uygun olarak inşası yapılmıştır. ‘ de görülmektedir. Isıtma elemanı olarak Quartz boru içerisinde yay şeklinde sarılmış dirençler kullanılmıştır. Fırın inşası (konstrüksion) yapılırken metal aksan çelik raf sistemlerinde kullanılan 4 cm lik profiller kullanılarak yapılmıştır. Fırında kullanılan izolasyon malzemelerinin ısı yalıtımın çok yüksek ve hafif olması cam füzyon fırının da hafif olmasına neden olmuştur. Cam füzyon fırının Fotoğrafları **Şekil 43,47,49,51,56**,de görülmekte



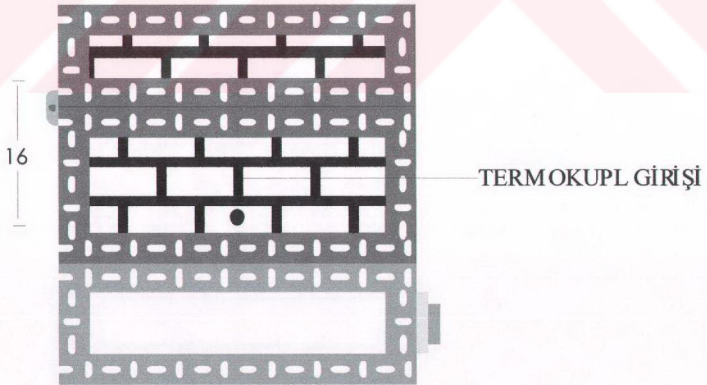
Cam füzyon fırını önden görünüm

Şekil 46



Çalışmanın genel görünümü bağlayıcıların görünümü

Şekil 47



Cam füzyon fırını yandan görünümü (sağ)

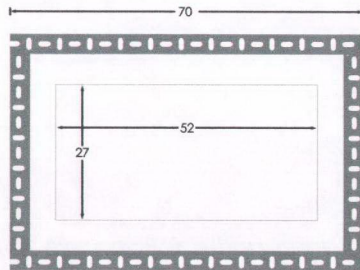
Şekil 48



Cam füzyon fırını

Şekil 49

Fırının yandan görünümü, Quvarts çubukların başlarının geçtiği üst kapak, Tuğlalar arasına sürülen özel harç tuğlaların kaynaşmasını sağlamakta.



Üst kapak ve haznenin genişliği

Şekil 50



Üst kapak ve haznenin genel görünümü

Şekil 51

4-4-1-SERAMİK YÜNÜ

Yalıtım için 1370 °C sıcaklıkta kullanılabilen bir yalıtım malzemesi olan kaolen yünü kullanılmış ve iç piyasadan temin edilmiştir.

Kullandığımız seramik yünü 1370 °C de kullanılabilen ısı yalıtım malzemesidir, ısıyı daha iyi yalıtarak ve çok az ısı stoklayarak yüksek enerji tasarrufu sağlamaktadır. Ani ısınma ve soğuma durumlarında bünyesinde gerilimler oluşmadığı için termal şoktan zarar görmez, izolasyon kabiliyeti refrakter tuğlalara nazaran daha fazladır. Bu nedenle, dış çeper ısı kayıplarını minimuma indirmek mümkündür.

Ancak bütün bu olumlu özelliklerinin dışında 900 °C nin üzerine çıktığında seramik yünün faz değişimi sonunda kırılmaya uğrayıp tozama meydana getirdiği, bu tozumanın da teneffüs yolu ile insan sağlığını tehlikeye düşürdüğü bilinmektedir.

4-5-CAM FÜZYON FIRININDA KULLANILAN REZİSTANSIN HESPLANMASI

Belirli bir güçte çalışmakta olan rezistans elemanında, gücün rezistans yüzüne yayıldığını düşünürsek, birim yüzeye isabet eden bir güç miktarı vardır. W/cm^2 elemanın radyasyon yolu ile ısı vermesinde önemli faktördür. Verilen bir çalışma gücünde birim yüzeye yüklenen gücün büyüklüğü doğrudan aşağıdaki noktalara bağlıdır”²⁰

- Rezistans elemanının çapına ve uzunluğuna. (W/cm^2 büyüdükçe tel çapı küçülür, tel uzunluğu.)
- W/cm^2 büyüdükçe tel sıcaklığı yükselir, fakat çekilen güç sabit kaldığından W/cm^2 nin her büyüklüğü için çevreye verilen kalori sabittir
- W/cm^2 büyüklüğü yükseldikçe telin ömrü azalır.

Sonuç olarak fırından arzu edilen sıcaklığa göre birim yüzeye yüklenen gücü seçmek gerekir. Kullanılacak telin hesabı aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

Fırın Gücünün Belirlenmesi :İçinde ısıtılan maddelerin (Seramik,cam vs) birim zamanda belirli sıcaklığa çıkabilmesi için gerekli ısı miktarı + Fırın kayıpları +Emniyet için ilave edilen ısı miktarı formülünden hesaplanabilmektedir. **Grafik 1** de normal izolasyon ve yapıdaki fırınların iç hacmine göre güçlerini gösterilmektedir.

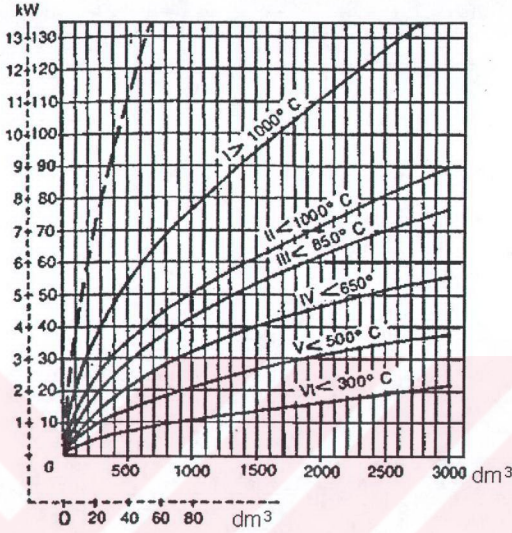
Yapılan cam füzyon fırınının iç boyutları **Şekil 48** ve **Şekil 50** de görülmektedir buna göre iç hacmi:

$$E_n = 52 \text{ cm, Boy} = 27 \text{ cm, yükseklik} = 16 \text{ cm}$$

$$\text{Hacim} = 27 \times 52 \times 16 \text{ (Hacim} = B \times H \times L)$$

$$\text{Hacim} = 22464 \text{ dm}^3 \text{ bulunur} = 22,5 \text{ Litreye eşdeğerdir.}$$

²⁰ Bulten – Kanthal, AB Hallstahammar, İsveç



Fırın Gücünün Tayini

Şekil 52

Fırını maksimum çalıştırılacağı sıcaklık derecesi = 1000 °C

Fırın iç hacim= 22,5 lt

Buna göre; fırının için gerekli güç miktarı 3kW' dır.

Bulunan bu değer Watt cinsinden değere çevrilir.

kW=3 = 3000 Watt olur

Fırının Monofaz olarak çalıştırılması nedeniyle gerilim V=220

P (Watt) = V(volt) .I (Amper)

3000=220.I

$I (\text{Amper}) = \frac{3000}{220}$ I (Amper)= 13.63 amp

Fırın direncinin ohm cinsinden değeri ise $R(\text{ohm}) = V(\text{volt})/I(\text{amper})$

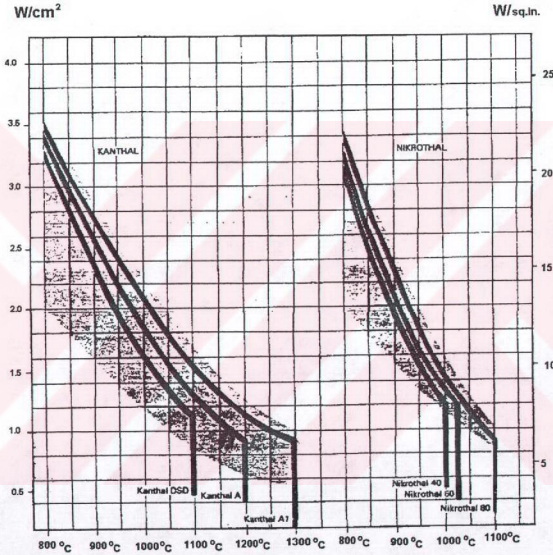
$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{220}{13.63} = 16.14 \Omega(\text{ohm})$$

$$R(\text{ohm}) = 16.14 \Omega$$

Birim alan üzerine düşen yüzey yükü:

Yüzey yükü (W/cm^2) ısıtıcı elemanın birim yüzeyinin vermiş olduğu güçtür. Fırın sıcaklığına bağlı olarak tavsiye edilen yüzey yükü Kanthal serisinden görülen grafik eğrilere bakılarak bulunur. Grafikteki eğriler farklı ısıtıcı teller için verilmiştir. (Şekil 53)



Fırın sıcaklığına bağlı olarak tavsiye edilen yüzey yükü Fırın sıcaklığı
Fırın yüzey yükü grafiği

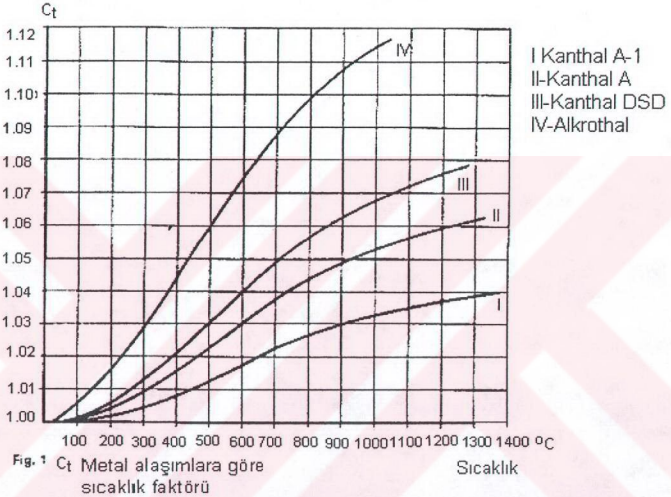
Şekil 53

Fırın yüzey yükü grafiğinde görülen Kanthal A grafik çizgisi göz önünde bulundurularak 900 °C ile 1000 °C arasında uygun gelen yüzey yükü bulunur.

$$P=2.3 \text{ Watt/cm}^2$$

Sıcaklık faktörü;

Birim alan üzerine düşen yüzey yükü bulunduktan sonra fırın ısıtma elemanlarının sıcaklıkla dirençlerindeki değişimi göz önünde bulundurularak çıkan sıcaklığa göre bir katsayı seçilir **Şekil 54** da görülen grafikte II- Kanthal A grafik çizgisi göz önünde bulundurularak sıcaklık faktörü bulunur



sıcaklık faktörü

Şekil 54

II-Kanthal A ısıtıcı tel için 900 °C ile 1000 °C arasındaki sıcaklık faktörü $C_t = 1.05$ olarak bulunur

$$C_t = 1.05$$

Sıcaklık faktörünün bulunmasından sonra fırının cm^2/Ω değerini bulmak için

$$cm^2 / \Omega = \frac{I^2 \cdot C_t}{P} \text{ formülü uygulanır}$$

$$cm^2 / \Omega = \frac{I^2 \cdot C_t}{P} \quad cm^2 / \Omega = \frac{13.63^2 \cdot 1.05}{2.3}$$

$$cm^2 / \Omega = 84.81 \text{ değeri bulunur.}$$

Tel çapının seçimi;

Buradan telin cm^2/Ω değerine karşılık gelen çap Çizelge 1'den bulunur bulunan değere uygun değerde çap her zaman olmadığı için biraz yüksek değer veya altındaki değer seçilebilmektedir.

Yapılacak fırına en uygun telin çapı 1.7 olarak tespit edilmiştir. Piyasadan istenilen çapta ısıtıcı eleman temin edilememesi nedeniyle bu ölçülere en yakın olan 1.5 mm ısıtıcı eleman çapı olarak. **Çizelge 1** de 1.7 ve 1.5 mm çapındaki rezistans tellerin özellikleri görülmektedir.

Telin çapı mm	Birim uzunluğunun Direnci Ω/m 20 °C	Cm^2/Ω 20 °C	Birim uzunluğunun ağırlığı g/m	Birim uzunluğunun yüzeyi Cm^2/m	Kesit alanı mm^2	Çapı mm
1.7	0.595	89.8	16.5	53.4	2.27	1.7
1.5	0.764	61.7	12.8	47.1	1.77	1.5

Kanthal A 1.7-1.5 mm ısıtıcı elemanların genel özellikleri

Çizelge 1

Rezistans teli spiral ölçülerinin seçimi:

D = Tavsiye edilen spiral dış çapı

d = Tel çapı

Endüstriyel fırınlarda $< 1000^\circ\text{C}$: $D/d = 6-8$

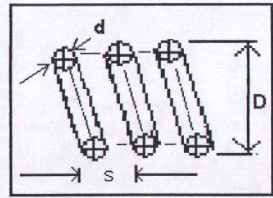
Endüstriyel fırınlarda $> 1000^\circ\text{C}$: $D/d = 5-6$

Elektrikli ısıtıcılarda $D/d = 6-8$

Tavsiye edilmektedir

$$\text{Kullanılan telin uzunluğu} = \frac{16.14\Omega}{0.764\text{m}} = 21.13\text{m}$$

Kullanılan telin uzunluğu = 21.13 m



Şekil 55

Kullanılan telin miktarı = $21.13 \cdot 12.8 \text{ gr} / \text{m}$

Kullanılan telin miktarı = 270.4 gr

$$\text{Sarımlı adedi} : W = \frac{1000 \cdot P}{\pi \cdot (D - d)}$$

$$\text{Sarımlı adedi} : W = \frac{1000 \cdot 21.12}{3.14 \cdot (9 - 1.5)}$$

$$\text{Sarımlı adedi} : W = 896.8$$

Spiral boyu (kapalı olara): $L_w = W \cdot d (\text{mm})$

$$\text{Spiral boyu } L_w = 896.8 \cdot 1.5$$

$$\text{Spiral boyu } L_w = 1345.2 \approx 134.6 \text{ cm}$$

$$\text{Spiral boyu } L_w = 134.6 \text{ cm}$$

Düzenli bir hatveye (s) sahip olmak için $s/d = 2-4$ tavsiye edilir.

Spiral boyu (açılmış olarak): $L = w \cdot s$

$$\text{Açık spiral boyu} : L = 134.6 \cdot 2$$

$$\text{Açık spiral boyu} : L = 269.2$$

Bulunan açık spiral boyu kullanılan kuvars ısıtıcı elemanları sayısına bölünür, bu şekilde her kuvars ısıtıcıda bulunan açık spiral boyu bulunur.

$$\text{Kuvars ısıtıcı spiral boyu} = \frac{269.2}{5}$$

$$\text{Kuvars ısıtıcı spiral boyu} = 53.84 \text{ cm bulunur}$$

Fırın ısıtma elemanı olarak 5 adet 60 cm'lik Quartz ısıtıcı elemanları kullanıldı buna göre

$$3000/5 = 600 \text{ Watt her bir Rezistansın Watt cinsinden değeri bulunur}$$

$$W = 600 + 600 + 600 + 600 + 600 = 3000 \text{ W/cm}^2$$

Kuvars boru içerisindeki yay şeklinde sarılmış tel uzatılarak boyu 60 cm'ye uzatılır.

$$\text{Kuvars ısıtıcı toplam boyu} = 60 \text{ cm}$$

Sonuç fırının genel özellikleri:

$$\text{Toplam güç} = 3 \text{ kW} = 3000 \text{ Watt}$$

Her bir rezistans için güç= 600 Watt

$$I (\text{Amper}) = \frac{3000}{220} \quad I (\text{Amper}) = 13.63 \text{ amper}$$

$$R(\text{ohm}) = R = \frac{V}{I} \quad R = \frac{220}{13.63} = 16.14 \Omega(\text{ohm})$$

Tel çapı = 1.5 mm

Sarım adedi : $W = 896.8$

Kapalı yayın uzunluğu (Spiral boyu L_w) = 134.6 cm

Açık yayı uzunluğu (Açık spiral boyu): $L = 269.2$

Her bir kuvars ısıtıcıdaki spiral boyu = 53.84 cm \approx 60 cm cm

Her bir kuvars ısıtıcıdaki açık spiral boyu = 269.2 cm \approx 300 cm

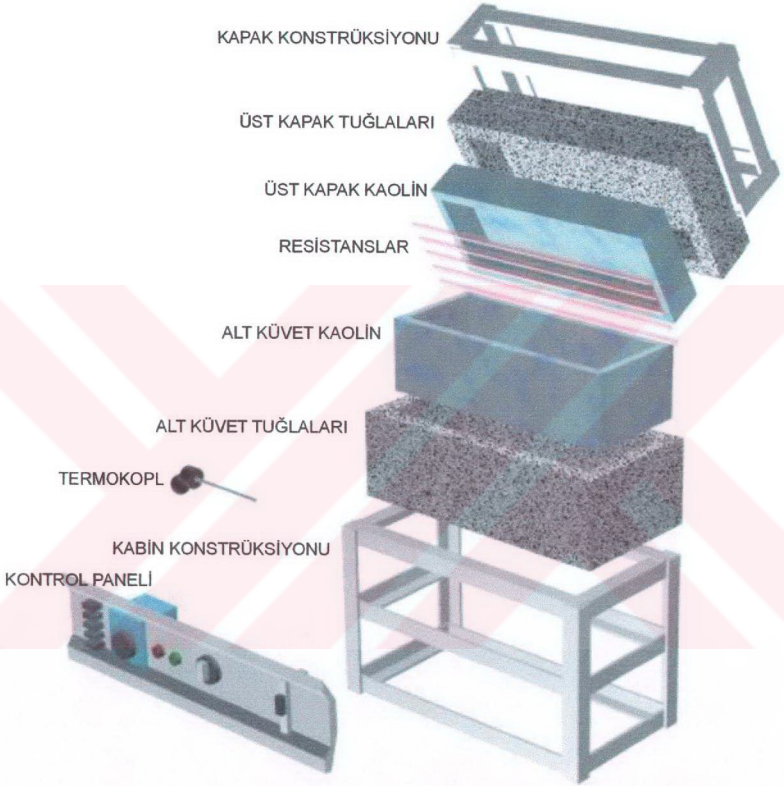
Kullanılan telin uzunluğu = $16.14 \Omega / 0.764 \Omega/\text{m} = 21.13 \text{ m}$

Kullanılan telin miktarı = $21,13 \times 12.8 \text{ gr/m} = 270.4 \text{ gr}$

Olarak hesaplanmıştır.



Taşıyıcı iskeletin görünümü
Şekil 56



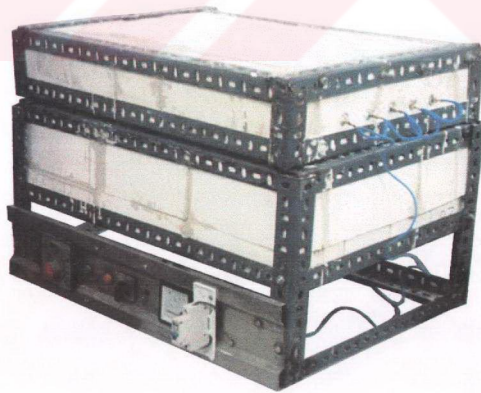
Yapılan cam Füzyon fırınının3D MAX programı ile çizilmiş projesi görülmektedir.

Şekil 57



Cam füzyon fırının genel görünümü

Şekil 58



Cam füzyon fırının genel görünümü

Şekil 59

Cam füzyon fırınında diğer seramik fırınlarından farklı olarak;

- Rezistans taşıyıcı tuğlaların kullanılması yada, tuğla kanallarının rezistans için açılması gibi sorun yoktur .
- Fırının monofazda (220 V) çalışıyor olması özel bir elektrik donanımı gerektirmemektedir.
- Fırının uzun süreli çalışma sonucu rezistanslarının deforme olup kopması durumunda rezistans tellerinin yeniden yerine takılması diğer kamara fırınlara göre çok daha kolay yapılabilmektedir.

4-6- YAPILMIŞ OLAN ELEKTRİKLİ CAM FÜZYON FIRININDA FAYDALI ISININ HESAPLANMASI

“Fırın içerisinde ısıtılan parçaların, fırına kondukları sıcaklık t_1 (°C), bir saat ısındıktan sonra ulaştığı sıcaklık t_2 (°C), t_1 sıcaklığında özgül ısı c_1 (kJ/kg. K) ve t_2 sıcaklığında özgül ısı c_2 (kJ / kg.K) ağırlığı G (kg) ise, bir saatte verilen ısı miktarı:”²¹

$$Q_1 = G (t_2 \cdot c_2 - t_1 \cdot c_1) \quad (\text{kJ} / \text{h}) \text{ olur.}$$

Cam füzyon fırını denemeleri sırasında kullanılan camlar maksimum 1000 °C de fırınlanmıştır Fırın verimini belirlemek için fırın boşken ve tam doluyken ısıtılmış ve soğuma eğrileri zamana bağlı olarak çizilmiş elde edilen eğri **Şekil 60** 'da verilmiştir. Buna göre fırın boşken 30 dakikada tam doluyken 100 dakikada maksimum sıcaklığa geldiği ve şoklama yapmadan soğumanın 7 saat sürdüğü belirlenmiştir. Buna göre fırındaki ısı kayıplarının cam ergitme için uygun olduğu belirlenmiştir

²¹ Prof.M.Ali TOPBAŞ "Endüstri Fırınları" C.I s. 394

Fırın Boşken zamana bağlı sıcaklık °C değişimi		Fırın doluyken zamana bağlı sıcaklık °C değişimi	
sıcaklık °C	Zaman t	sıcaklık °C	Zaman t
20 °C-100°C	1.dak	20 °C-100°C	3dak20sn
100 °C-200°C	1.dak 45sn	100 °C-200°C	8dak50sn
200 °C-300°C	2.dak50sn	200 °C-300°C	15dak
300 °C-400°C	3dak	300 °C-400°C	22dak
400 °C-500°C	4dak.58sn	400 °C-500°C	30dak
500 °C-600°C	8dak 19sn	500 °C-600°C	39dak
600 °C-700°C	14dak 25sn	600 °C-700°C	54dak
700 °C-800°C	25dak 25sn	700 °C-800°C	6 9dak
800 °C-900°C	43dak	800 °C-900°C	117dak
900°C-800°C	45.dak	900 °C-800°C	124 dak
800 °C-700°C	47.dak	800 °C-700°C	138 dak
700 °C-600°C	50.dak	700 °C-600°C	159 dak
600 °C-500°C	63dak	600 °C-500°C	189 dak
500 °C-400°C	69 dak.	500 °C-400°C	249 dak
400 °C-300°C	73dak	400 °C-300°C	327 dak
300 °C-200°C	95 dak	300 °C-200°C	397 dak
200 °C-100°C	181 dak	200 °C-100°C	

Cam füzyon fırının zamana bağlı sıcaklık değişimi

Çizelge 2

Fırının kalıp üzerinde cam eriterek şekillendirmek için en uygun çalışma sıcaklığının 800°C olduğu belirtilmiştir 800°C'a gelen fırının her yerinin 800 °C' a ulaşması ve içerisine konulan camın gelişmesi için maksimum sıcaklıkta 4-5 dakika bekletmek olumlu sonuç vermiştir.

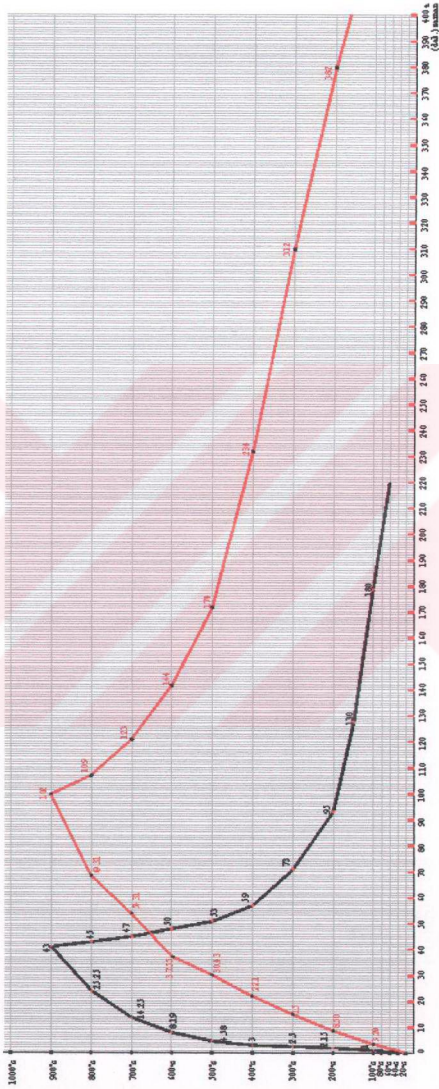
Çalışmalarda camın gerilime bağlı çatlama ları ilk denemelerde görülmüş özellikle aşırı aceleci davranılması fırın kapağını ani açılması, kritik noktalarının bilinmemesi, aynı kimyasal yapıda olmayan camları bir kalıpta eritilmesi ve fırın kendi haline bırakarak soğumaya bırakılması birçok camın gereksiz yere parçalanıp ufalanmasına neden oldu.

Cam füzyon fırının en önemli sorunlarından biri ise soğutma rejimidir. Bazı fırınlarda 800-850 °C arası füzyona tabi tutulan camların 500-540 °C ye kadar ani şokla soğutulması zaman açısından avantajlar sağlamaktadır şoka uğratılan bu camların, yaklaşık 540 °C sıcaklıkta 10-15 dakika bekletilip soğumaya bırakılması. Fırının zamana bağlı soğuma rejimi **Şekil 61** de verilmiştir.

Fırın içerisine konulan kalıpların cinsi ve büyüklüğü de fırın iç sıcaklığının zamana bağlı değişimine etki eden faktörlerden biridir.

Cam füzyon fırınının pişirme yapılırkenki boşken ve içerisinde mamul bulunduğu durumda ısınma ve soğuma rejimi grafiği Aşağıda verilmiştir. **Şekil 60**

Cam ergitme fırını içerisine konulan kalıpların yapıldığı maddelerin cinsi ve büyüklüğü ısıtılmasında etkilidir. Yoğunluğu büyük malzemelerle yapılan kalıplar (şamot) geç ısınıp geç soğumasına karşılık hafif malzemelerden oluşan kalıplar erken ısınıp erken soğumaktadırlar.



Cam Füzyon fırınının ısıtma ve soğutma rejimi eğrisi

Şekil 60

4-7-CAM FÜZYON FIRININDA ÖNERİLEN FIRIN REJİMİ:

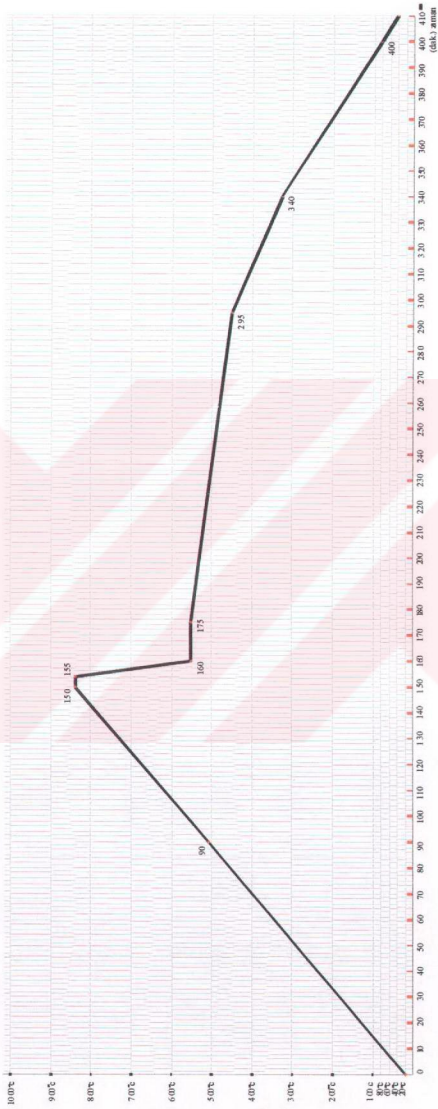
Cam füzyon fırınında camdaki gerilimin alınabilmesi için en uygun ısıtma ve soğutma rejimi aşağıda verilmiştir.

- 1- Fırına konulan mamul 90 dakika(1.30 saat) boyunca yavaş bir biçimde 520 °C kadar ısıtılır.
- 2- 520 °C dereceden 820-830 °C kadar 60 dakika (1 saat) ısıtılır
- 3- 820 °C ile 830 °C derece arası 5-10 dakika bekletilir
- 4- 600-820 °C derecede 5-10 Dakika bekleyen mamul ani bir biçimde 550 °C kadar soğutulur bu soğutma büyük fırınlarda fırın iç aspiratörleriyle sağlanır küçük fırınlarda kapak ani olarak açılır ve 540 °C kadar bu şekilde kapak açık beklenir. Bu işlem yaklaşık 5-10 dakika sürer.
- 5- Fırın iç ısı 550 °C derecede 15 dakika boyunca korunur
- 6- 550 °C derecede 15 dakika bekleyen mamul 120 dakika (2 saat) boyunca 450 °C dereceye sistemli olarak düşürülür.
- 7- 450 °C dereceden 45 dakika süresinde 325 °C dereceye sistemli olarak düşürülür
- 8- 325 °C dereceden 60 dakika süresince (1 saat) 80 °C gelen mamul kendi halinde soğumaya bırakılır²²

Cam füzyon denemelerinin bir kısmını bu şekilde pişirilmiş olup olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu yöntem uygulanarak yapılan denemelerin büyük bir bölümünde oluşan gerilime bağlı çatlama ve kırılmalarda azalma gözlenmiştir .

Cam füzyonu için önerilen pişirme rejimi grafiği de verilmiştir. **Şekil 61**

²² Cumali ÖZDEŞ' (teknik öğretmen) Özdeş Kristal www.vitray.gen.tr e-mail: info@vitray.gen.tr



Önerilen çalışma metodunun grafiği
Şekil 61

4-8- DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Cam füzyon fırını üretimi yapıldıktan sonra çeşitli malzemeler pişirilerek denenmiştir

4-8-1-KULLANILAN KALIP ÇEŞİTLERİ;

Cam füzyon fırınında kalıp malzemesi olarak döküm çamuru, şamotlu çamur, Quartz kullanılmıştır.

1. Seramik kalıplar

a).Şamotlu çamurdan yapılan kalıplar.

b).Döküm çamurundan yapılan kalıplar.

2.Alçıdan yapılan kalıplar.

3. Isıya dayanıklı toz maddelerle yapılan kalıplar.

4.Kaolen yünü (fiber frax, board veya blanket) yapılan kalıplar.

Seramik kalıp; Cam füzyon fırınındaki kalıplar dişi kalıplardır. Kalıplar hazırlarken kalıp ile camın yapışmaması için kalıp üzerinde camın eridikten sonra takılabileceği tortu ve girintiler yok edilmiştir. Herhangi bir şekilde bu çıkıntı ve tortular oluşmuşsa dişleri küçük zımpara veya taşlama aletiyle temizlenerek kalıp kullanıma hazır duruma getirilmiştir. **Şekil 62**



Seramik dişi kalıbın (şamotlu çamurdan) kenarlarında oluşan tortuların zımparalanarak temizlenmesi

Şekil 62

Kalıp malzemesi olarak döküm veya şamotlu çamur kullanılmış kalıp seramik pişiriminde olduğu gibi belli bir süre kurutulmuş kurutulan seramik kalıplar atölyelerde kullanılan kamara tipi seramik fırınında pişirilmiştir, şamotlu çamur, döküm çamuru ve Avanos kilinden yapılan kalıplar cam fırınında pişirilmiştir. Fakat şamotlu çamurlarla ve döküm çamuruyla yapılan kalıplarda zaman içinde küçük çatlaklar oluşmuş bir süre sonra ise tamamen kalıp parçalanmıştır. **Şekil 63**

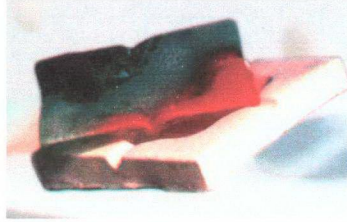


Kırık pencere camı ve kırık maden suyu şişesi parçalarıyla yapılan çalışma

Şekil 63

Alçı kalıp: Cam eritme fırınında alçı kalıp kullanılmıştır. Alçı kalıp fırında dağılmıştır.

Ayrı ayrı % 50 Qurtz ve % 50 kaolinle karıştırılan alçılardan yapılan kalıplar fırınlarda başarıyla kullanılmıştır



Alçı kalıp kullanılan bir çalışma (Panosan seramik ve cam fırın imalat san)

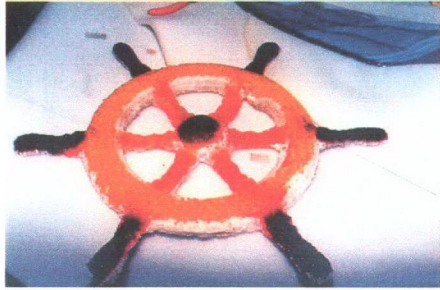
Şekil 64

Isıya dayanıklı toz maddelerle yapılan kalıplar; Quartz hem kalıp malzemesi ve hemde kalıptankolay ayrılmasını sağlayan malzeme olarak kullanılmıştır. Bu teknikle ilgili cam sanatçısı Cahide EREL,'in yapmış olduğu bir çalışmanın uygulama aşamaları görülmekte **Şekil.65,66**



Fırının zeminine Quartz dökülüp üzerine yapılacak çalışmanın dişi kalıbı bu Quartz tozuyla yapılmıştır. Yapılan bu kalıbın içerisine önceden öğütülen cam parçaları yerleştirilmiştir.

Şekil 65



Isıtılan cam eriyerek kaynaşmakta iş bittikten sonra ürün Quartz tozlarından temizlenip ayıklanmaktadır.

Şekil 66

Kalıplardan çıkan camların alt yüzeylerinin matlaşması sebebiyle ısıya dayanıklı izolasyon malzemelerle de kalıp yapımında kullanılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır

Cam; Denemelerde çeşitli cam parçaları düz (Flote) camlar ve şişe camları kullanılmıştır.

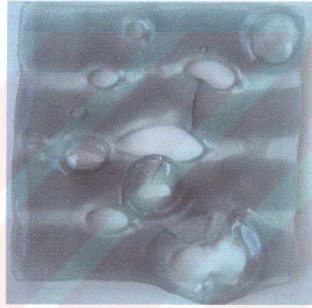
Fırında çalışırken olabilecek sorunları incelemek ve buna uygun çözümler üretebilmek için. Bazı pratik çözümler şunlardır.

Cam fırında çalışma yapmadan önce camlar şu işlemden geçirilmiştir

- 1- Camlar iyice temizlenmiş üzerlerindeki kir, macun ve kağıt atıkları temizlenmiştir
- 2- Camın önceden yumuşama aralığı ve erime sıcaklığı belirlenmiş ve buna göre çalışma aralığı tespit edilmiştir. Bazı cam türleri düşük sıcaklıkta yumuşamakta bazıları ise oldukça yüksek sıcaklıklarda işlenebilmektedir. Camların içerisindeki bileşenler yüksek sıcaklıkta buharlaşabilmekte buda camın yapısını bozabilmektedir. Cam füzyon fırınlarında en uygun yumuşama sıcaklığı 800-850 °C arasında olduğu maksimum 850 °C sıcaklıkta cam ergitme işlemleri yapılmalıdır bazı özel camlarda 800 °C ısının bile

oldukça yüksek bir sıcaklık olduğu bilincinde olunmalı, 850-900 °C sıcaklıkta bekleyen camlar aşırı erimekte ve kalıbın içine dolarak düz tekparça bir kütle haline gelebilmektedir.

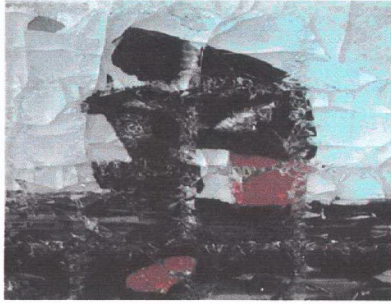
- 3- 900 °C ve üzerinde farklı kimyasallarla üretilmiş camlar aynı kalıpta eritildiğinde bazen gaz çıkışı olmakta ve buna bağlı olarak camın üzerinde kopmalar köpüğe benzer görüntüler oluşabilmektedir. **Şekil 67**



İki farklı camın 900 °C pişirilmesi sonucu oluşan gaz çıkışı ve camlar üzerindeki etkisi

Şekil 67

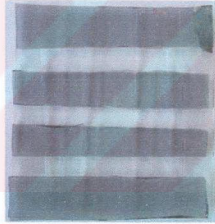
- 4- Önceden ufalanmış cam parçaları dekorlama sırasında kolaylık sağlar.
- 5- Sırlanmış kalıp kullanılmamalı, cam sırlı kalıba yapışabilmekte ve buda kırılmalara sebep olmaktadır.



Cam sırlı kalıplara yapışabilmekte ve buda kırılmalara sebep olmaktadır

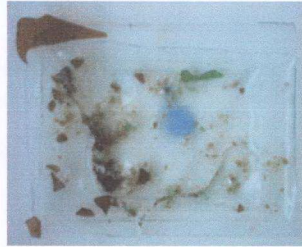
Şekil 68

6- 500°C 650 °C Arası camlar tam erimemekte istenilen füzyonu gerçekleştirilmemektedir üstüste konulan camlar birbirlerine yapışmakta çoğunlukla istenilen pürüzsüz görünüm oluşmamaktadır. **Şekil 69,70**



Cam füzyon tam olarak oluşmamış örnek (600 °C)

Şekil 69

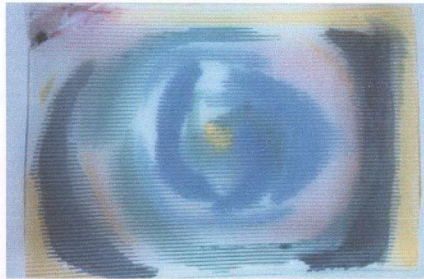


Cam füzyon tam olarak oluşmamış örnek (600 °C)

Şekil 70

- 7- Cam boyamaları için oksitler kullanılmış ancak bunun yanı sıra düşük sıcaklıklarda gelişebilen sırlarda kullanılabilir.

“Bu boyalar kabarcıklı ve düz. renkli olmak üzere iki gruptur. Her iki çeşit boya da doğru kullanıldığı ve pişirildiği sürece cam ile uyumlu ve parlak renkler vermektedir. Dekoratif camların, panoların ve süs eşyalarının üretilmesinde bazen iki cam plaka arasında bazen de cam yüzeyinde kullanılarak çok güzel ve cazip etkiler elde edilmektedir. Kabarcıklı boyalarda kabarcıkların muntazam oluşması ve dağılımı için dikkat edilmesi gereken nokta boyanın doğru miktarda kullanılması ve homojen uygulanmasıdır. Uygulama kuru veya yaş olarak yapılabilir. Yaş uygulamalar sadece cam yüzeyinde yapılmalıdır çünkü boyayı pasta haline getirmek için kullanılan medyum yandığı zaman ortaya çıkacak gazlar cam plakalar arasında kalarak ortamı bozulabilmektedir. Kullanılacak boya kuru olarak muhafaza edilmelidir. Bu boyaların pişirme sıcaklığı 800-820 °C derecedir. Bütün seramik boyaları bir çok çeşit kimyasal maddenin yüksek sıcaklıklarda oluşturduğu farklı kristal maddelerin sonucudur. Yutulması ve teneffüs edilmesi zararlıdır.”²³ Daha önce belirtildiği gibi ; cam üzerine uygulanabilir teknikleri denemekten ziyade fırının çalışma düzenini tespit için **Şekilde 71** cam dekor boyası kullanılmıştır.



Cam dekor boyası kullanılmış bir örnek

Şekil 71

²³ Empol emaye mutfak eşyaları ve boya san. ve tic. Aş. Tanıtım katalogu. 20085 Denizli 2003
www.empol.com.tr

- 8- Camın fırın içerisinde füzyona maruz kalması sırasında oluşan en büyük sorunlardan biri camın matlaşması. Camın matlaşmasının nedeni olarak camın ön yüzünün kalıp üzerine gelmesinden kaynaklanmaktadır, çıplak gözle camın ön ve arka yüzeyini anlamak imkansız. Bu nedenle camın öncelikle ön yüzünü anlamak için cam üzerinden kesilen iki parça cam füzyon fırınına farklı yönde konulup fırından çıkan sonuca göre camın ön ve arka yüzü işaretlenmelidir. Matlaşmanın nedeni camın soğutulurken kırılma eğiliminden ileri gelmektedir.
- 9- Denemeler esnasında bor tuzlarını suda eritilerek, fırça ile cam yüzeyine sürülmüştür. Camlar istenildiği gibi parlak ve matlaşmamış olarak füzyon fırınından çıkarılmıştır. Fakat bu işlemi yaparken kesinlikle sulu çözeltinin camın ön yüzü dışında başka bir yere değmemeli veya damlatılmamalıdır. Sulandırılmış bor çözeltisi kalıba değdiği her yerde camın kalıba yapışmasını neden olmaktadır. Kullanılan kalıp eğer kaolin elyafı ise bor çözeltisi kullanılmamalıdır. bor çözeltisinin bord ve kaolin elyaf ile karşılaştığı yerlerde erimeler oluşmaktadır.
- 10- Füzyon da, kullanılan camların erime dereceleri farklıdır. Aynı türdeki camlar birbirleriyle kullanılması gelişmelerin kontrol edilmesi açısından önemlidir.
- 11- Renklendirme çalışmaları için şeffaf (Florat) camların arasına toz boya serpilir. Eğer çok konursa şişme ve çatlama olabilmektedir.

V.BÖLÜM

5-TAŞINABİLİR GAZLI RAKU FIRINI

Uygulama aşamasının ikinci bölümü taşınabilir(tekerlekli) çan tipi gazlı raku fırın imalatı ve uygulamasıdır.

Çan tipi seramik raku fırınının uygulanabilir proje çizimleri (Corel-9) Korel programı ile yapılmıştır. Çizimi yapılan projelerde ölçek 1/10 oranında olup maketleri de aynı ölçek kullanılarak yapılmıştır.

Yapılan fırınların deneme çalışmalarını kısıtlı zaman süresi nedeniyle gerçekleştirilememiştir, bu nedenle uygulama aşamasında fırının yapım aşamaları ve bunların proje uygulamaları görülmektedir.

Projesi yapılan raku fırının imalatı henüz gerçekleştirilememiştir. Bu yüzden uygulama yapılmamıştır. Ancak benzer bir fırının imalatı sırasında çalışılmıştır.

5-1- GELENEKSEL RAKU'NUN TANIMI

Raku, tarihi 4. yüzyıl öncesine kadar giden; Japon çay törenlerinde kullanılan, hızlı bir pişirim yöntemiyle pişirilen kaplara uygulanan yöntemle verilen genel bir isimdir.

Bu yöntemde yüksek oranlı şamot ve kum içeren killer raku çamuru olarak kullanılmaktadır. Şekillendirilen çamurun kurutulduktan sonra bisküvi pişirimleri yapılır kurşunlu, erime dereceleri düşük sırlarla sırlanır. Sırlanan ürün yanmakta olan odun yakıtlı fırın üzerinde ya da kenarlarında bir süre ısıtıldıktan sonra 750°C - 950°C' deki fırına maşa yardımıyla konur ve sırn gelişimi gözetleme deliğinden izlenir. Sırn köpürmesi bitip erimeye başladığı anda, fırın içinde oksijensiz bir atmosfer yaratmak için baca kapatılır. 5-10 dakika bu durumda bekleyen ürün 750°C-950°C' deki fırından çıkarılır ve açık havada soğumaya bırakılır. Günümüzde

ise fırından çıkartıldıktan hemen sonra talaş ya da su içine atılarak.

Sır içindeki metal oksitlerin indirgenmesi sağlanır.İçerisinde odun talaşı bulunan ağız sıkıca kapatılan metal bidonlarda oksitler yanma sırasında meydana gelen karbon monoksit gazı ile etkileşerek indirgenmesi sağlanır. Metal bidonların en önemli özelliği hava ile temasının kesebilmesidir.

5-2-RAKU PİŞİRİMİ

Raku tekniğinde iki aşamalı pişirim yapılır. Bunlar ön pişirim (Bisküvi) ve Raku pişirimi (Sırlı)'dır.

Pişirim: Şekillendirilmiş ve kurutulmuş ürünün programlı bir şekilde ısıtılarak bünyedeki kristal suyu atması ve sertlik kazanması işlemidir. "Pişirim sırasında çamur karışımında kimyasal ve fiziksel değişim oluşmaktadır. Çamur 800 °C' ye çıkıldığında biraz büyüme gösterir, sonra parçacıklar birbirine yaklaşarak ufalır"²⁴. Pişirim esnasında çamuru oluşturan taneciklerin birbirleri içine kaynaşma noktası erimeninse başladığı, cam fazına geçtiği noktadır. Bu andan itibaren seramikte deformasyonlar görülür.

Pişirim işlemi şu evrelerden oluşur:

1. Fırının temizlenmesi
2. Fırının doldurulması
3. Ön ısıtma (Kurutma)
4. Sürekli ısıtma
5. Pişme
6. Soğutma
7. Boşaltma

²⁴ FOURNIER, Robert.: Illustrated Dictionary of Practical Pottery, ChiltonBook Company, Radnor, Pennsylvania.s.111

5-2-1-ÖN PİŞİRİM (BİSKÜVİ PİŞİRİMİ)

Kurutulmuş ve rötuşu yapılmış seramik ürünün, sırsız olarak oksijen bulunan bir ortamda, içindeki gazlardan ve sudan arındırılmak üzere 800-1100 °C arasında yapılan ön pişirim işlemine (bisküvi pişirimi) denir. Bu işlem mamulün dayanımını artırır, sırlamada rahatlık sağlar ve gaz çıkışı ilk pişirimde tamamlandığı için sırda daha iyi neticeler alınmasını, ürünlerin stoklanmasında kolaylık sağlar.

Raku yapımında, Raku yapılacak ürünün ön pişirime tabi tutulması şarttır. Çünkü ilk pişirim mamulün termik şoklara dayanımını artırır.

Raku yapılacak ürünün bisküvi pişirimi normalde olduğu gibi yapılır, fakat derece düşük tutularak (700-800 °C) mamulün sinterleşmesi önlenir, çünkü mamul ne kadar az sinterleşirse o kadar geçirgen ve gözenekli olur, bu da termik şoklara dayanımı artırır. Ayrıca Raku pişirimi sırasında maşa kullanılacağından bisküvi pişirimi olmayan ürünlerin kırılma riski büyüktür.

5-2-2- SIRLI RAKU PİŞİRİMİ

Sırlı raku pişirimi genellikle bir ekip çalışmasıdır. Bir tören havasında gerçekleşir. Bisküvisi yapılmış ve sırlanan kaplar, sırayla yanmakta olan fırın üzerine koyularak sırn ve mamulün kuruması beklenir.

Burada kuruyan ve ısınan ürün ekipten birinin fırın kapağını açmasıyla yanan fırına maşa yardımıyla itina ile yerleştirilir ve fırın kapağı sızdırmanın en az olacağı bir şekilde seri bir şekilde kapatılır. Fırın üzerinde boşalan yere yeni bir ürün konur. Bu sırada gözetleme deliğinden fırın içi gözetlenerek sırn olgunlaşmış olgunlaşmadığına bakılır. Bu işlem sırasında oksijen kaynak gözlüğü kullanmak, fırın içinin daha iyi görmemizi sağlar ve sürekli parlak alevlere bakmanın meydana getirebileceği göz bozukluklarını önler.

Gözetleme deliğinden bakılarak fırın iç ısı tahmin edilebilir. Gözetleme

deliğinde gözükene renge göre fırın içi ısıyı anlaşılabilir. **Şekil 72**

Gözetleme deliğinden bakılıp, kabın üzerini kaplayan sıranı köpürerek akışkan bir hal aldığı, yani geliştiği gözetlendiğinde, fırının yakıtı kesilir ya da kısılarak fırın kapağı açılır maşa ve ısıya dayanıklı eldivenler sayesinde fırından alınan ürün isteğe bağlı olarak ya suya sokulur ya da indirgenmeye (redüksiyona) tabi tutulur.

Fırından ürünü alırken yakıt kesilmezse fırından çıkan ısı ürünün fırından alınmasına engel olabilir. Özellikle gazlı fırınlarda bir kişi kapağı, bir kişi gaz basıncını, bir kişide ürünün fırına koyulup alınmasını kumanda etmelidir. Böylece fırın ısısında aşgari bir ısı kazancı olur. Yaklaşık her 15-20 dakikada bir ürün pişirilebilir. Ürünün çamuruna, formuna, büyüklüğüne göre bu süre değişebilir.

santigrat	Fahrenheit	Çıplak gözle görülen renk
600	1112	sönük kırmızı
614	1137	
635	1175	
683	1261	
717	1322	
747	1376	
792	1457	
804	1479	
838	1540	
852	1565	
884	1623	kiraz kırmızı
894	1641	
900	1652	
923	1693	
955	1751	portakal
984	1803	
999	1830	
1046	1914	
1060	1940	
1080	1976	
1101	2014	
1120	2048	
1137	2079	
1154	2109	sarı renk
1162	2124	
1168	2134	
1186	2167	
1196	2185	
1222	2232	
1240	2264	
1263	2305	
1280	2336	
1305	2381	beyaz
1315	2399	
1326	2419	
1346	2455	

Isıya bağlı mamul üzerindeki renk değişimi

Şekil 72

5-3- RAKU PİŞİRİMİNDE KULLANILAN MALZEMELER

Raku tekniğiyle yapılan seramiklerde her türlü hammadde ve bunun yansıra kendine özgü alet ve malzemeler kullanılabilir.

Raku yapım evresi sırlı pişirime kadar çok özel teknikler gerektirmemektedir. Aksine sunduğu kolaylıklarla daha çok zevk alınmasını sağlar. Eğer odunlu fırında pişirim yapılıyorsa ateşi kontrol etmek için; odun maşası, gelberi kül küreği kullanılır. Raku pişiriminin belki de en özel aleti kullanılan maşalardır. Seramik tarihinde maşa ilk olarak Japonya'da kullanılmıştır. Bir deprem sonucu tahrip olan evlerin kiremitlerini yetiştirmeye çalışan Koreli ustalar, fırını yüksek derecelerde boşaltıp yeniden doldurarak zamandan ve enerjiden kazanmışlar ve boşaltma işleminde maşa kullanmışlardır.

Kullanılan maşalar değişik şekillerde olmalıdır. Her türlü seramiği tutmaya ve kaldırmaya uygun olmalıdır.

Redüksiyon ortamını fırın dışında sağlamak için; kapaklı metal kova ve su kabı temin edilir. Fırın içindeki sırn gelişmiş olup olmadığını anlamak için gözetleme deliğinden bakarken oksijen kaynak gözlüğü kullanılır. Yüksek ısıya dayanıklı eldiven ve önlük fırın kapağını açmada ve kapak açıldığında dışarı çıkan ısıya karşı koruyucu olarak kullanılır. Pişirim öncesinde tedbir olarak ecza çantası ve yangın söndürücü temin edilmelidir.

5-4-TAŞINABİLİR GAZLI ÇAN TİPİ RAKU FIRIN UYGULAMASI

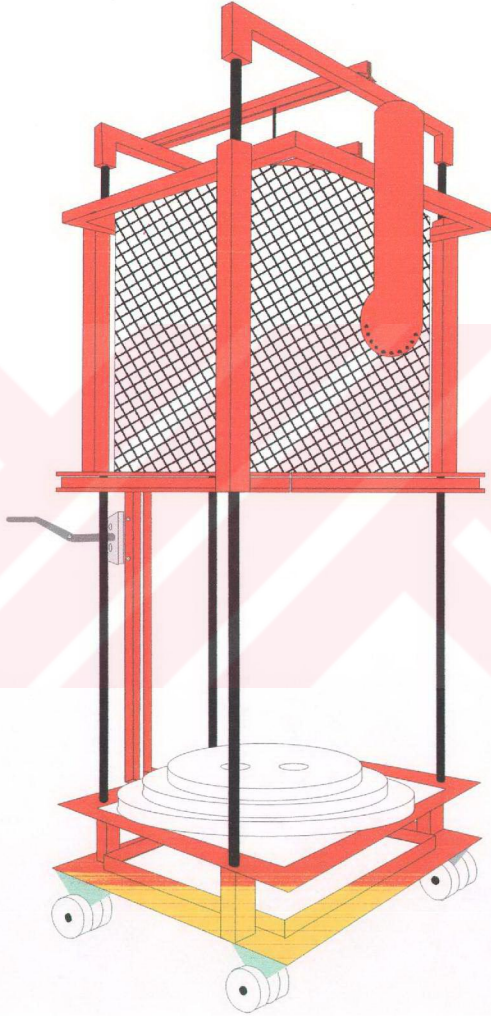
Söz konusu fırının konstrüksiyonu demir profil, boru ve köşebent kullanılarak hazırlanmıştır. Fırın silindirik bir yapıda olup tabanı sabittir. İstenilen sıcaklıkta silindir şeklindeki üst bölüm özel bir vinç sistemiyle kaldırılmaktadır. Buradaki amaç fırının tek kişiyle bile raku yapmayı sağlayacak donanımına sahip olmasıdır. Fırın kontrollü olarak fırın içerisinde pişen malzemeleri sarsmadan açıp kapayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca fırının diğer bir avantajı fırının her tarafından yükleme ve boşaltma işleminin yapılmasına imkan vermektedir.

Fırın tabanında özel bir alüminyum silikat refrakter harcı kullanılmıştır. Dövme yoluyla şekillenebilen bu refrakter kurduktan sonra pişme sırasında yeterli sertliğe ve dayanıma ulaşmasıdır. Özel olarak başka bir pişirme işlemi gerektirmemektedir. Fırının cehennemlik bölgesi (alevle temas eden bölge) yine özel refrakterle hazırlanmıştır. Fırının izolasyonunda kaolin yünü (fiber frax) battaniye (board) kullanılmıştır. Üç kat 2.5 cm kalınlıktaki kaolin yünü fırın izolasyonu için yeterli olmuştur. Fırın taban izolasyonunda fiber frax board kullanılmıştır.

Fırın alttan üç adet atmosferik bek ile ısıtılmaktadır. Gaz bağlantısında özel basınçlı hava için kullanılan portatif gaz bağlantı elemanları kullanılmıştır. Fırının sıcaklık kontrolü için termostat ve termoçift kullanılmıştır. İstenilen sıcaklığa ulaşıldığında alarm sistemi devreye girmektedir. Ayrıca fırın bacasında atılan havanın miktarını değiştirmek üzere klape sistemi baca dirseğine monte edilmiştir.

Projelendirilmiş ancak yapımı henüz bölümümüzde gerçekleştirilemeyen ancak özel olarak benzer bir fırının yapımı sırasında aşamaları dikkatle izlenen (tekerlekli) taşınabilir çan tipi gazlı raku fırının yapım aşamaları **Şekil 73,74,75,76, 77'** de verilmiştir.

Gazlı raku fırınlarda yakıt olarak Propan ve butan karışımı kullanılmıştır. Bu gazın beklerin sönmeye başlamesi durumunda tekrar yakılması kesinlikle birikmemesi gerekmektedir. Bu yüzden pilot alevli bek sistemleri tercih edilmelidir. Ancak basit, ucuz ve pilot alevli bek sistemleri ülkemizde bulunmadığından bekleri sürekli izleme yoluyla bu sorunun üstesinden gelinmiştir. Yinede emniyet açısından bu tip fırınları açık havada çalıştırılması veya çok iyi havalandırılan ortamlarda çalıştırılması gaz patlama riskini ortadan kaldırması bakımından tavsiye edilmektedir.



Çan fırının genel görünümü

Şekil 73



Çan fırını uygulama aşaması

Şekil 74



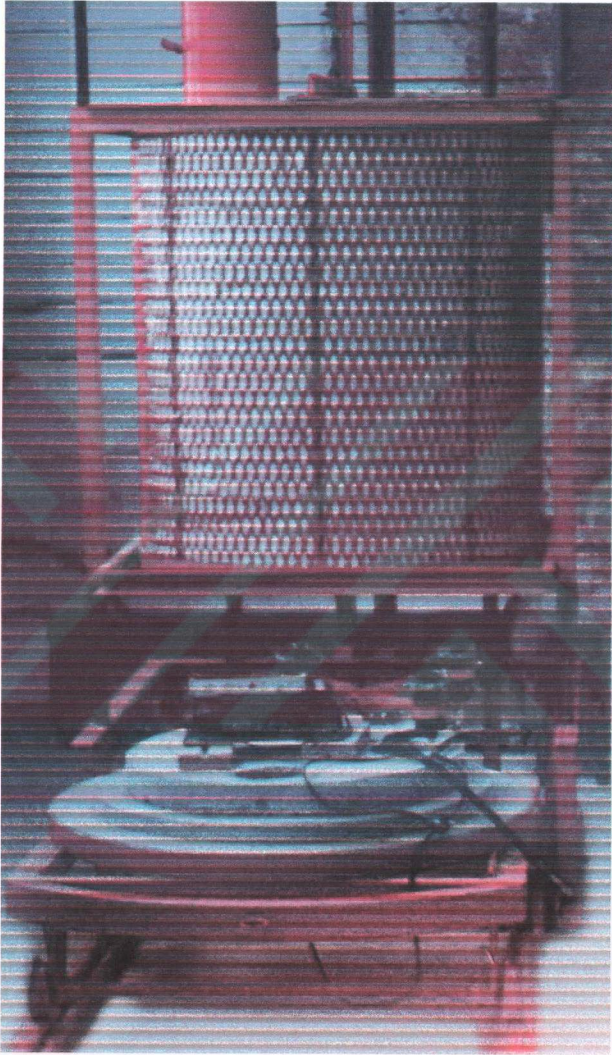
Çan fırını uygulama aşaması

Şekil 75



Çalışmanın alt tabanında seramik tuğlası yerine; ısıya dayanıklı izole çimento kullanıldı. Rem-San Remplas 85 ateşe dayanıklı plastik refrakter dövme veya sıkıştırma yoluyla uygulanan kullanıma hazır malzeme.

Şekil 76



Çalışmanın tamamlanmış hali

Şekil 77

Sonuçlar

Bu çalışma ile kısıtlı imkanlarla ve az maliyetlerle cam eritme (fusyon) fırını ve gazlı raku fırını tasarlanıp imal edilmiştir.

Ayrıca cam füzyon fırını tasarımı, projelendirilmesi, kontrol ve emniyet sistemlerinin fırınlarda kullanılması ve fırın malzemelerinin seçilmesi aşama aşama yapımı gerçekleştirilmiştir.

Cam eritme fırınında şamotlu, alçı katkılı ve kaolen yününden yapılmış kalıplar kullanılarak cam eritme işlemi uygulanmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

Cam eritme işlemleri sırasında meydana gelen bazı hatalar sistematik olarak incelenmiştir.

Cam eritme fırınının pişirme rejim grafiği elde edilerek, fırının performansı belirlenmiştir.

Bu tez seramik eğitimi veren orta dereceli okullar ve Uygulamalı Sanatlar Eğitimi Bölümü Seramik A.B.D' da okutulmakta olan Materyal Geliştirme dersine konu olabilecek ve uygulamalı olarak öğretilebilecek fırın yapımı ve aşamaları gösteren bir kaynak olacaktır. Böylece bu çalışma ile daha hafif bu yüzden işletme masrafları düşük olan , ilk kurulum maliyetleri benzerlerine göre çok ucuz olan, çok hızlı sıcaklık artışı elde edilebilen, ısıtma elemanları her zaman ve kolayca temin edilebilen bir fırın imal edilmiştir.

Yapımı kolay ve maliyeti ucuz fırınların imalatı ve geliştirilmesi ve yayılması seramik ve cam eğitimi veren okullarda yeni bir boyut getirecektir.

Gazlı raku fırınının imalatı proje imkanlarının gecikmesi sebebiyle yapımı bölümümüzde henüz gerçekleştirilememiştir. Bu yüzden herhangi bir ürün elde edilememiştir. Ancak aynı projenin bir benzeri yapılarak fırın imal edilmesi aşaması sırasında izlenmiştir.

Öneriler

1. Fırınlr bu alanda çalışan eğitimcilerle işbirliği yapılarak tasarlanmalıdır.
2. Fırın yapım teknolojisi ve amaca uygun fırın tasarımı üniversitelerde ders olarak verilebilir.
3. Fırın malzemelerinin seçimi ve uygulanması çeşitli deneylerle öğrencilere gösterilmesi faydalı olacaktır.
4. Seramik ve cam eğitimi veren kurumlar; kullanım amaçlarına uygun fırın projeleri üzerinde çalışabilirler.

KAYNAKLAR

1. ARCASOY, Ateş. "Seramik Teknolojisi", M.Ü., G.S.F. Yay. No. 2, Sayı: 457, Meteksan matbaası Ankara, 1988.
2. Alarko Holding A-Ş. nin çıkardığı "Kanthal Rezistans Tel, Bant ve şeritleri" katalogu İstanbul 1987
3. ATASOY Nurhan ve RABY Julian "İznik Seramikleri"İznik Türk Ekonomi Bankasının kültür hizmeti.1992
4. 2003 Balçık ürün katalogu Ankara – 2003
5. BİRDEVRİM Ahmet Nejat "Elektrikli kamara Seramik Fırınlar ve Kişisel Öneriler" (Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi) Marmara Ün.Güz. Sn. Enst. İstanbul-1997
6. Bulten – Kanthal, AB Hallstahammar, İsveç
7. Cumali ÖZDEŞ' (teknik öğretmen) Özdeş Kristal www.vitray.gen.tr e-mail: info@vitray.gen.tr
8. Cooper E., "Electrical Kiln Pottery" Anchor Press Ltd.,1982
9. Empol emaye mutfak eşyaları ve boya san. ve tic. Aş. Tanıtım katalogu. 20085 Denizli 2003 www.empol.com.tr
10. FOURNIER, Robert.: Illustrated Dictionary of Practical Pottery, Chilton Book Company, Radnor, Pennsylvania.
11. GERMAN Randall,M."LiquidPhase Sintering" Plenum Pres, Newyork, London, 1985
12. GREGORY Ian - RAKU CERAMİC SKİLL BOOKS Kiln Building " Ian
13. GÜNER Doç.Dr.Güngör "ANADOLUDA YAŞAMAKTA OLAN ilkel çömlekçilik" Akbank yayınları kültür serisi:16-5 İstanbul 1988
14. GÜNER Sümer, "SERAMİK" Eskişehir : Anadolu Üniversitesi Uygulamalı Güzel Sanatlar Yüksekokulu, 1988 (Anadolu Üniversitesi Basımevi)
15. Gregory I. "Kiln Building" A&C Black Publishing Company.,London,1995
16. KANTHALAB «KANTAL EL KİTABI'»endüstriyel, fırınlar için elektriksel alarım ve elemanları Türkiye genel distribütörü Teknotherm kimya ve makine Sanayi Temsilcilik ve dış ticaret Ltd. Şti. İstanbul 2003 Ertem reklamcılık basım hizmetleri

17. Kıltaç Refrakter malzeme san.tic.ltd.şti **Monolitik refrakterler** .2003
18. Northon,F.H. "Elements of Ceramics"Addison Wesley Publishing
Com..London,California 1974
19. Omega makine kimya san ve dış tic **seramik elyaf plakalar**. 2003 İstanbul
www.omegamakina.com
20. ÖZCAN Mürşit Cemal (Yüksek lisans tezi)**Geleneksel Raku Tekniği ve
Artistik Seramik formlarda Uygulanması**. Eskişehir-1997
21. Piepenburg,R., "Raku" Pebble Press, Ann Arbor,1991
22. Remmey,G.B." Firing Ceramics" ,World Scientific Pub.Company ,
Singapore,New Jersey,1994
23. RHODES Daniel "Kılın design, Construction and Operation" Radnor
Pennsylvania 1981
24. Singer,F,.Singer,S.S."Industrial Ceramics" Chapman and Hall,London1979
25. TOPBAŞ Prof..M.Ali " **Endüstri fırınları**" Cilt 1 -2 Yıldız Üniversitesi
Müh. Fak Metalürji Müh. Bölümü Yıldız 1991