



**KOK FABRİKALARINDA KULLANILAN  
SERAMİK KAYNAK TEKNOLOJİSİNİN ODA  
SICAKLIĞINDA UYGULANABİLİRLİĞİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Göktuğ SUNGUR**

**2022  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Alper İNCESU**

**KOK FABRİKALARINDA KULLANILAN SERAMİK KAYNAK  
TEKNOLOJİSİNİN ODA SICAKLIĞINDA UYGULANABİLİRLİĞİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Göktuğ SUNGUR**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Alper İNCESU**

**KARABÜK  
Ekim 2022**

Göktuğ SUNGUR tarafından hazırlanan “KOK FABRİKALARINDA KULLANILAN SERAMİK KAYNAK TEKNOLOJİSİNİN ODA SICAKLIĞINDA UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Alper İNCESU .....

Tez Danışmanı, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 27/10/2022

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Harun ÇUĞ (KBÜ) .....

Üye : Doç. Dr. Yüksel AKINAY (YYÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Alper İNCESU (KBÜ) .....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Müslüm KUZU .....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Göktuğ SUNGUR

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **KOK FABRİKALARINDA KULLANILAN SERAMİK KAYNAK TEKNOLOJİSİNİN ODA SICAKLIĞINDA UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Göktuğ SUNGUR**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Dr. Öğr. Üyesi Alper İNCESU**

**Ekim 2022, 54 sayfa**

Bu tez çalışmasında, kok fabrikalarındaki bataryaların refrakter malzemesi olarak kullanılan tuğlalar ile bu tuğlalara servis koşullarında tamir için kullanılan seramik kaynak tozlarının oda sıcaklığında uygulanabilirliği araştırılmıştır. İki farklı seramik kaynak tozu (ST ve ST+) üç farklı refrakter tuğla (şamot, silika ve modül) yüzeylerinin kaplaması için kullanılmıştır. Uygulama esansında silika tuğla ile seramik kaynak tozlarının bağlanmadığı görülmüştür. Seramik kaynak tozları ve tuğlalara (X-Işını Floresans) XRF analizi yapılarak kimyasal bileşimleri tespit edilmiştir. Seramik kaynak tozu kaplamalı ve kaplamasız tuğlaların porozite ve yoğunluk ölçümleri yapılmıştır. Kaplamalı tuğlalara Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi yapılarak tuğla ve seramik kaynak tozu arayüzey geçişi detaylı olarak incelenmiştir. Uygulanan farklı seramik kaynak tozlarının tuğlaların mekanik

özelliklerini nasıl etkilediğinin değerlendirilebilmesi için de kaplamalı ve kaplamasız tuğlalara basma deneyi uygulanmıştır. XRF analiz sonuçlarına göre silika, şamot ve modül tuğla arasındaki belirgin farklılığın  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{CaO}$  faz içerik oranlarından kaynaklandığı belirlenmiştir. Seramik kaynak tozları arasındaki farklılık ise  $\text{CaO}$  faz içeriğinden kaynaklı olup S tozunda bu faz bulunurken (%1,82), S+ kaynak tozunda bulunmamaktadır. Yoğunluk ölçümlerine göre seramik kaynak uygulaması ile şamot tuğlanın yoğunluğunun düştüğü modül tuğlanın ise arttığı tespit edilmiştir. Refrakter tuğlaların poroziteleri uygulanan seramik kaynak tozu ile düşmüştür. Uygulanan seramik kaynak tozu ile hem şamot hem de modül tuğlanın maksimum basma mukavemetlerinin düştüğü görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler :** Seramik kaynak teknolojisi, Kok Bataryaları.

**Bilim Kodu** : 91525

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **INVESTIGATION OF THE APPLICABILITY OF CERAMIC WELDING TECHNOLOGY USED IN COKE PLANT AT ROOM TEMPERATURE**

**Göktuğ SUNGUR**

**Karabük University**

**Institute of Graduate Programs**

**Department of Metallurgical and Materials Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assist. Prof. Dr. Alper İNCESU**

**October 2022, 54 pages**

In this thesis, the applicability of the bricks used as the refractory material of the batteries in coke factories and the ceramic welding powders used for repairing these bricks under service conditions at room temperature were investigated. Two different ceramic welding powders (ST and ST+) were used for coating the surfaces of three different refractory bricks (chamotte, silica and module). It was observed that the silica brick and ceramic welding powders did not bond during the application. Chemical compositions of ceramic welding powders and bricks (X-Ray Fluorescence) were determined by XRF analysis. Porosity and density measurements of ceramic welding powder coated and uncoated bricks were made. Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis was performed on the coated bricks and the interfacial transition of brick and ceramic welding powder was examined in detail. In order to evaluate how the applied different ceramic welding powders affect the mechanical properties of the bricks, the compression test was applied to the coated

and uncoated bricks. According to the XRF analysis results, it was determined that the significant difference between silica, fireclay and module bricks was due to the phase content ratios of  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{CaO}$ . The difference between ceramic welding powders is due to the  $\text{CaO}$  phase content, while this phase is present in S powder (1.82%), it is not found in S+ welding powder. According to the density measurements, it was determined that the density of the fireclay brick decreased with the application of ceramic welding, and the module brick increased. The porosities of the refractory bricks decreased with the applied ceramic welding powder. It was observed that the maximum compressive strengths of both fireclay and module bricks decreased with the applied ceramic welding powder.

**Keywords** : Ceramic welding technology, Coke Batteries.

**Science Code** : 91525



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Alper İNCESU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneylein yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, Kardemir A.Ő. Kok Fabrikaları Müdürü Sn. Ömer ÖZDEMİR, Kok Bataryaları Başmühendisi Sn. Cüneyt USLU ve Sn. Alpaslan KARAGÜLLEOĐLU'na teşekkür ederim.

Manevi olarak hiçbir yardımcı esirgemedен yanımda olan eşim, kızım ve sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	3
KARDEMİR DEMİR ÇELİK FABRİKASI.....	3
2.1. KARDEMİR TARİHÇESİ VE GENEL BİLGİ.....	3
2.1.1. Kardemir Tesisleri .....	7
2.2. METALURJİK KOK ÜRETİMİ.....	9
2.3. KARDEMİR KOK FABRİKALARI .....	10
2.3.1. Kömür Hazırlama Tesisleri.....	12
2.3.2. Kok Bataryaları.....	13
2.3.3. Kok Kırma ve Eleme Tesisleri .....	14
2.3.4. Yan Ürün Tesisleri.....	15
2.3.4.1. Kok Gazı Tesisleri .....	15
2.3.4.2. Amonyum Sülfat Tesisleri .....	16
2.3.4.3. Benzol Fabrikaları.....	16
2.3.4.4. Katran Fabrikaları .....	16
2.3.4.5. Pres Naftalin Fabrikası.....	16
2.3.4.6. Atık Su Arıtma Tesisleri .....	17

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.4. KARDEMİR KOK BATARYALARI .....	17
2.4.1. Kardemir Kok Bataryaları Tarihçesi .....	17
2.4.2. Kok Bataryaları Tesis Bilgileri ve Üretim Prosesi .....	18
2.5. REFRAKTER MALZEMELER .....	20
2.5.1. Refrakter Malzemelerin Tanımı .....	20
2.5.2. Refrakterlerin Karakteristik Özellikleri .....	21
2.5.2.1. Ergime Noktası .....	21
2.5.2.2. Dizayn ve Ölçü .....	21
2.5.2.3. Porozite .....	22
2.5.2.4. Hacim Ağırlığı .....	22
2.5.2.5. Soğukta Basınca Dayanım .....	22
2.5.2.6. Refrakterlik .....	22
2.5.2.7. Yük Altında Refrakterlik .....	22
2.5.2.8. Yüksek Sıcaklıkta Sünme .....	22
2.5.2.9. Sıcakta Kırılma Mukavemeti .....	23
2.5.2.10. Yüksek Sıcaklıkta Boyut Değişiklikleri.....	23
2.5.2.11. Termal Şok Direnci.....	23
2.5.3. Kok Bataryalarında Kullanılan Refrakter Tuğlalar .....	23
2.5.3.1. Şamot Tuğla .....	23
2.5.3.2. Silika Tuğla .....	24
2.5.3.3. İzolasyon Tuğlası .....	25
BÖLÜM 3 .....	27
SERAMİK KAYNAK .....	27
3.1. SERAMİK KAYNAK UYGULAMASI.....	27
3.2. KOK BATARYALARINDA SERAMİK KAYNAK UYGULAMALARI ..	28
3.2.1. Seramik Kaynak Ekipmanları ve Malzemeleri.....	30
3.2.2. Kok Fırınlarında Seramik Kaynak Uygulama Bölgeleri .....	31
3.2.3. Seramik Kaynak Uygulamasının Yapılışı .....	31
BÖLÜM 4 .....	35
DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	35

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.1. SERAMİK KAYNAK UYGULAMASI.....	35
4.2. X-IŞINLARI FLORESANS SPEKTROMETRESİ (XRF) ANALİZİ .....	37
4.3. POROZİTE VE YOĞUNLUK ÖLÇÜMÜ .....	38
4.4. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) ANALİZİ.....	38
4.5. BASMA DENEYİ.....	38
BÖLÜM 5 .....	39
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	39
5.1. X-IŞINLARI FLORESANS SPEKTROMETRESİ (XRF) ANALİZ SONUÇLARI .....	39
5.2. POROZİTE VE YOĞUNLUK ÖLÇÜM SONUÇLARI .....	39
5.3. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) ANALİZ SONUÇLARI .....	40
5.4. BASMA DENEYİ SONUÇLARI .....	44
BÖLÜM 6 .....	49
SONUÇLAR .....	49
KAYNAKLAR .....	51
ÖZGEÇMİŞ .....	54

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1.	İlk Türk Demiri .....	5
Şekil 2.2.	Kardemir A.Ş. genel görünümü .....	7
Şekil 2.3.	Kardemir A.Ş. üretim akış şeması .....	8
Şekil 2.4.	Metalürjik kok görünümü .....	10
Şekil 2.5.	Kardemir A.Ş. Kok Fabrikaları genel görünümü .....	11
Şekil 2.6.	Kardemir Kok Fabrikaları kok üretim süreci.....	12
Şekil 2.7.	Kömür stok sahası genel görünümü.....	13
Şekil 2.8.	Kok bataryaları görünümü .....	14
Şekil 2.9.	Kok kırma eleme tesisi görünümü .....	15
Şekil 2.10.	Kok Bataryaları şematik gösterimi .....	19
Şekil 3.1.	Seramik kaynak prosesinin şematik gösterimi.....	29
Şekil 3.2.	Seramik kaynak makinası .....	30
Şekil 3.3.	Isı kalkanları ile izole edilmiş fırın .....	31
Şekil 3.4.	Fırın içi deforme olmuş bölge.....	32
Şekil 3.5.	Fırın içi seramik kaynak uygulaması .....	33
Şekil 3.6.	Sıfır genleşmeli tuğla ile tamir edilmiş fırın duvarı.....	34
Şekil 3.7.	Seramik kaynak uygulanmış fırın duvarları.....	34
Şekil 4.1.	Deney numunelerine yapılan seramik kaynak uygulaması.....	35
Şekil 4.2.	Seramik kaynak uygulanmış şamot ve modül tuğla .....	36
Şekil 4.3.	Seramik kaynak uygulanmış silika tuğla .....	37
Şekil 4.4.	Deneyisel çalışmalarda kullanılan XRF cihazı .....	38
Şekil 5.1.	a) ŞS b) ŞS+ c)MS d)MS+ seramik kaynak tozu refrakter tuğla ara yüzey görüntüsü (sol taraf toz sağ taraf tuğla).....	41
Şekil 5.2.	ŞS tuğla seramik tozu arayüzeyden çizgi EDS analizi .....	42
Şekil 5.3.	ŞS+ tuğla seramik tozu arayüzeyden çizgi EDS analizi .....	42
Şekil 5.4.	MS tuğla seramik tozu arayüzeyden çizgi EDS analizi .....	43
Şekil 5.5.	MS+ tuğla seramik tozu arayüzeyden çizgi EDS analizi.....	44
Şekil 5.6.	M, MST ve MST+ tuğlaları basma deneyi grafiği (dikey).....	45
Şekil 5.7.	M, MST ve MST+ tuğlaları basma deneyi grafiği (yatay) .....	46
Şekil 5.8.	Ş, ŞST ve ŞST+ tuğlaları basma deneyi grafiği (dikey).....	47

Şekil 5.9. Ş, ŞST ve ŞST+ tuğlaları basma deneyi grafiği (yatay) ..... 48

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 2.1. Kuruşulundan, özelleştirme tairihine kadar devreye alınan tesisler .....	4
Çizelge 2.2. Özelleştirme sonrası devreye alınan tesisler ve yatırımlar.....	6
Çizelge 2.3. Kok Bataryaları fırın sayıları ve kapasiteleri. ....	17
Çizelge 2.4. Kok Fırımları ölçüleri .....	19
Çizelge 2.5. Refrakter oksitlerin fiziksel özellikleri .....	21
Çizelge 4.1. Numune kod ve özellikleri.....	36
Çizelge 4.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan tuğlaların termal genişleme katsayıları.....	37
Çizelge 5.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerin kimyasal bileşimi.....	39
Çizelge 5.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerin yoğunluk ve porozite ölçümü .....	40
Çizelge 5.3. Deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerin basma deney sonuçları.....	45

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$\text{Al}_2\text{O}_3$	: alüminyum oksit
$\text{CaCO}_3$	: kalsiyum karbonat
$\text{SiO}_2$	: silika
$\text{MgO}$	: magnezyum oksit
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	: hematit
$\text{CaO}$	: kalsiyum oksit
$\text{ZrO}_2$	: zirkonyum oksit
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	: krom trioksit
$\text{CO}$	: karbon monoksit
$\text{CO}_2$	: karbon dioksit
$\text{Mn}$	: mangenez
$\text{Si}$	: silisyum
$\text{P}$	: fosfor
$\text{m}^3$	: metre küp
$\text{Nm}^3$	: normal metre küp
$\text{cm}$	: santimetre
$\text{cm}^2$	: santimetre kare
$\text{cm}^3$	: santimetre küp
$\text{mm}$	: milimetre
$^\circ\text{C}$	: santigrat derece
$\text{dk}$	: dakika
$\text{gr}$	: gram
$\text{kg}$	: kilogram
$\text{K}$	: kelvin
$\text{kJ}$	: kilo joule



## **KISALTMALAR**

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

ASTM : American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzeme Kurumu)

ISO : International Organization for Standardization (Uluslararası Standart Organizasyonu)

XRF : X-Ray Fluorescence (X-Işını Floresans Spektrometresi)

SEM : Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)

EDS : Energy Dispersive Spectrometry (Enerji Dağılım Spektrometrisi)

TTK : Türkiye Taşkömürü Kurumu

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Aşındırıcı ortamlar ve yüksek sıcaklıkların bulunduğu tüm proseslerde çoğunlukla refrakter malzemeler kullanılmaktadır. Refrakter malzemelerin kimyasal ve fiziksel direnç seviyeleri yüksek olduğu için endüstriyel fırınların yalıtımında ve korumasında kullanılmaktadır. Kok bataryaları da refrakter malzemelerin bu avantajları göz önüne alınarak büyük bir bölümü silika ve şamot tuğlalar ile dizayn edilmiştir.

Kok bataryaları refrakter yapısı, koklaştırma prosesi sebebi ile yüksek sıcaklıklara, aşındırıcı ve korozyif ortama maruz kalmaktadır. Bu sebeplerden dolayı zamanla refrakter yapıda yıpranmalar, delikler ve çatlaklar oluşmaktadır. Refrakter yapıdaki bu deformasyonlar koklaşma prosesine olumsuz etkilemektedir.

Kok bataryalarında refrakter yapının onarımı fırın sıcaklığı düşürülmeden yani servis koşullarında (sıcak tamir) yapılmaktadır. Sıcak tamirin kok fırınlarında uygulanma nedeni ise kok fırınlarının silika tuğlalarla tasarlanmıştır ve silika tuğla genleşme özelliği ile ilgilidir. Kok bataryalarında en verimli sıcak tamir yöntemi seramik kaynak uygulamasıdır.

Bu çalışmada, kok fabrikalarındaki bataryaların refrakter malzemesi olarak kullanılan tuğlalar ile bu tuğlalara servis koşullarında tamir için kullanılan seramik kaynak tozlarının oda sıcaklığında uygulanabilirliği araştırılmıştır. İki farklı seramik kaynak tozu (ST ve ST+) üç farklı refrakter tuğla (şamot, silika ve modül) yüzeylerinin kaplaması için kullanılmıştır. Seramik kaynak tozları ve tuğlalara (X-Işını Floresans) XRF analizi yapılarak kimyasal bileşimleri tespit edilmiştir. Seramik kaynak tozu kaplamalı ve kaplamasız tuğlaların porozite ve yoğunluk ölçümleri yapılmıştır.

Kaplamalı tuğlalara Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi yapılarak tuğla ve seramik kaynak tozu arayüzey geçişi detaylı olarak incelenmiştir. Uygulanan farklı seramik kaynak tozlarının tuğlaların mekanik özelliklerini nasıl etkilediğinin değerlendirilebilmesi için de kaplamalı ve kaplamasız tuğlalara basma deneyi uygulanmıştır. XRF analiz sonuçlarına göre silika, şamot ve modül tuğla arasındaki belirgin farklılığın  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{CaO}$  faz içerik oranlarından kaynaklandığı belirlenmiştir. Seramik kaynak tozları arasındaki farklılık ise  $\text{CaO}$  faz içeriğinden kaynaklı olup S tozunda bu faz bulunurken (%1,82), S+ kaynak tozunda bulunmamaktadır. Yoğunluk ölçümlerine göre seramik kaynak uygulaması ile şamot tuğlanın yoğunluğunun düştüğü modül tuğlanın ise arttığı tespit edilmiştir. Refrakter tuğlaların poroziteleri uygulanan seramik kaynak tozu ile düşmüştür. Uygulanan seramik kaynak tozu ile hem şamot hem de modül tuğlanın maksimum basma mukavemetlerinin düştüğü görülmüştür.

## BÖLÜM 2

### KARDEMİR DEMİR ÇELİK FABRİKASI

#### 2.1. KARDEMİR TARİHÇESİ VE GENEL BİLGİ

Cumhuriyetin kurulmasının ardından ülkenin gelişimi, siyasi bağımsızlığın yanında ekonomik bağımsızlığının sağlanmasına da bağlıydı. Tamda bu noktada sanayileşme ekonomik bağımsızlık için vazgeçilmez bir öncelikti [1].

Türkiye’de İktisat Vekâleti tarafından demir çelik sanayisi kurulum girişimi 1925 yılında başlamıştır. Bu amaçla kömür ve demir cevherlerinin incelenmesi için Avrupa’dan uzmanlar gelmiş, aldıkları numune incelmek için ülkelerine dönmüşlerdir. İlk ağır demir çelik sanayisinin kurulumuna ilişkin kanun 29 Mart 1926’da resmî gazetede ilan edilerek yürürlüğe girmiştir. Fakat 1932 yılına kadar demir çelik sanayisinin kurulumuna yönelik çalışmalardan netice alınamamış, 1932 yılında Avrupa’dan gelen uzmanlara tekrar incelemeler yaptırılmıştır [1].

Demir Çelik Sanayisi kurulum yeri ilk olarak demir cevher yataklarına yakınlığı ile ve liman olması sebebiyle İskenderun düşünülmüştür. Diğer bir seçenek ise kömür yataklarına yakın bir bölgede kurmak olarak değerlendirilmiştir. Ancak güvenlik endişesinden dolayı deniz kıyısında kurulması uygun görülmemiştir. Erkan-ı Harbiye ve Sümerbank yetkililerin çalışmalarıyla, Türkiye’nin ilk entegre demir ve çelik sanayisi, limana ve kömür madenine yakınlığı, demiryolu ulaşımının bulunuşu ve jeolojik bakımdan entegre tesisin kurulmasına elverişliliği nedeniyle Karabük Köyü’ne kurulmasına karar verilmiştir [1].

10 Kasım 1936 yılında Karabük köyüne demir çelik tesisi kurulumuna başlanmıştır. İngiliz Hükümeti ile Türkiye Hükümeti arasında 2,5 milyon sterlinlik anlaşma imzalanmıştır. Bu anlaşma sonucunda demir çelik tesisinin kurulum işi H.A. Brassert

firmasına verilmiştir. Karabük, o zamanlar Zonguldak iline bağlı bir köydür ve Araç ile Soğanlı çaylarının kesiştiği noktada bulunmaktadır. 3 Nisan 1937 tarihinde Türkiye'nin ilk demir çelik fabrikasının temeli, İsmet İnönü tarafından atılmıştır. Bu olayla birlikte Türkiye'nin çeltik üretiminden çelik üretimine geçiş miladı olmuştur [2,5].

Yüksek fırının devreye alınması 9 Eylül 1939 tarihinde olmuş ve ilk Türk demiri 10 Eylül 1939 tarihinde üretilmiştir. İlk Türk Demiri görüntüsü Şekil 2.1'de verilmiştir. Montaj ve kurulum işleri, İngilizlere ait bir şirket ile yürütülmüştür. Bu şirkete ait süpervizörler ve özverili Türk mühendisler, teknikerler ve emekçilerin yoğun çalışmaları sonucunda 1 Mart 1938 tarihinde başlayan çalışmalar 3 senede bitirilmiştir [2,5]. Kuruluşundan özelleştirme tarihine kadar devreye alınan tesisler Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Kuruluşundan, özelleştirme tarihine kadar devreye alınan tesisler [2].

Kuvvet Santrali	6 Haziran 1939
Birinci Kok Fabrikası	27 Temmuz 1939
Birinci Yüksek Fırın	9 Eylül 1939
Boru Fabrikası	15 Kasım 1939
Çelikhane	9 Ocak 1940
29'luk Trio Haddehane	10 Nisan 1940
12'lik Haddehane	1 Haziran 1940
16'lık Haddehane	3 Temmuz 1940
16'lık Haddehane	7 Kasım 1941
Sülfürik Asit Fabrikası	1 Haziran 1944
Fosfat Fabrikası	1 Haziran 1944
İkinci Yüksek Fırın	7 Ocak 1950
İkinci Kok Fabrikası	Mayıs 1952
Sinter Tesisi	Şubat 1953
Boru Fabrikası	31 Mayıs 1954
Üçüncü Kok Fabrikası	6 Aralık 1962
Üçüncü Yüksek Fırın	10 Aralık 1962

1950'de II. Yüksek Fırının da işletmeye açılmasıyla 54.122 ton ergimiş demir, 91.136 ton çelik, 76.286 ton hadde ürünü elde edilmiştir. Bu dönemlerde Karabük İşletmeleri, Türkiye'nin demir-çelik gereksinimini karşılayabilmiş ve Dünya'da 15. sırada yer almıştır [1].



Şekil 2.1. İlk Türk demiri.

Karabük Demir Çelik Fabrikaları başlangıçta Sümerbank'a bağlı bir tesis olarak kurulmuştur. Fabrikaya tesis eklenmesiyle 1955'ten Sümerbank ile yollarını ayırarak "Türkiye Demir ve Çelik İşletmeleri Genel Müdürlüğü" ismini almıştır. Divriği Demir Madenlerinin de katılımıyla 1976'ya kadar Türkiye Demir ve Çelik İşletmeleri Genel Müdürlüğü adına çalışmasını yürüten Karabük Demir Çelik Fabrikaları, bu yıldan itibaren Bakanlar Kurulu kararıyla tekrar yapılanmış ve Genel Müdürlüğe mensup bir tesis durumuna gelmiştir. 1994 yılında Karabük Demir Çelik Fabrikaları için en mühim statü değişimi meydana gelmiştir [5].

1994 yılı sonuna kadar Türkiye Demir Çelik İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı bir tesis olarak işletilen Karabük Demir Çelik Fabrikalarının, 5 Nisan 1994 tarihli ekonomik istikrar kararları kapsamında kapatılmasına karar verilmiştir. Fakat, ülkemiz için ağır sanayi olarak bir ilk ve "fabrikalar kuran fabrika" unvanına sahip sayısız hizmetleri olan Karabük Demir Çelik Fabrikalarının kapatılması kararına karşı, fabrikada olan Çelik İş Sendikası ve bağlı çalışanlarıyla birlikte tüm bölge halkı ayaklanmış ve kamuoyunda oluşan bu haberler Karabük Demir Çelik Fabrikaları için yeni bir dönem başlamıştır. Dönemin hükümeti ile sürdürülen uzun toplantılar sonucunda fabrikanın özelleştirme kapsamına girmesine ve Özelleştirme Yüksek Kurulunun kararı ile Karabük Demir Çelik Fabrikaları tesisinin,

KARDEMİR A.Ş.'ne devredilmesi kararı alınmıştır. 1995 tarihinde Özelleştirme İdaresi Başkanlığı ile Kardemir A.Ş. Müteşebbis Heyeti tarafından imzalanan sözleşme ile devir şartları hükme bağlanarak özelleştirme gerçekleşmiş ve Karabük Demir Çelik Fabrikaları, Kardemir A.Ş. tarafından devir alınmıştır [2,5].

Özelleştirildiği 1995 yılından beri yeni yatırımlar yapan Kardemir, geçen yıllar içinde teknoloji ve gelişmelere ayak uydurmayı başarmıştır. Yüksek Fırın yatırımları ve yeni Ray ve Profil Haddehanesi yatırımları ile, Türk demir çelik sanayisine lokomotif olmayı sürdürmüştür. Her sene yayımlanan veriler doğrultusunda Kardemir Türkiye'nin ilk 50 fabrikası arasında bulunmaktadır [4].

Kardemir Demir Çelik Fabrikası ülkemizde cevherden üretim yaparak, uzun mamul yapan ilk entegre kuruluşudur aynı zamanda bu bölgenin ve ülkemizin tek ray üreticisidir [6].

1995 özelleştirme sonra Kardemir Demir Çelik Fabrikasında devreye alınan tesisler ve yatırımlar Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Özelleştirme sonrası devreye alınan tesisler ve yatırımlar [2].

Pota Fırını ve Kütük Makinesi	1998
Kireç Fabrikası ve Hava Ayırıştırma Tesisi	1999
Blum Makinesi	2000
Ray ve Profil Haddehanesi	2007
4 No.lu Yüksek Fırın	2008
Yeni Sinter Fabrikası ve 3. Hava Ayırıştırma Tesisi	2011
Yeni Kireç Fabrikası	2012
Demiryolu Teker Üretim Teker ve Yeni Kok Bataryaları	2013
Merkezi Arıtma Tesisi ve Hidroelektrik Santrali	2014
5 No.lu Yüksek Fırın	2015
Kükürt Giderme Tesisi	2016
4 No.lu Hava Ayırıştırma Tesisi	2018

Kurulduđu günden beri ülkemizde birçok fabrikanın kurulmasında, konstrüksiyon montaj ve imalatında Karabük Demir Çelik Fabrikasının büyük alın teri vardır. Bu nedendir ki ülkemizin her yerinde KARDEMİR “Fabrikalar Yapan Fabrika” olarak bilinmektedir [3].



Şekil 2.2. Kardemir A.Ş. genel görünümü.

Kardemir’de üretilen başlıca ürünler; Kangal, Demiryolu Rayı, Demir yolu Tekerı, Profiller, Kütük, Blum, Düz Çubuk, Nervürlü Çubuk, Köşebentler, Maden Diređi, Pik, Kok Ürünleri (Pres Naftalin, Ham Katran, Ham Benzol, Amonyum Sülfat Yol Katranı, Kreozot, Katran Boyası), Granüle Cürufu ve Oksijen, Azot gibi Hava Ayrıştırma Tesisi ürünleridir [6].

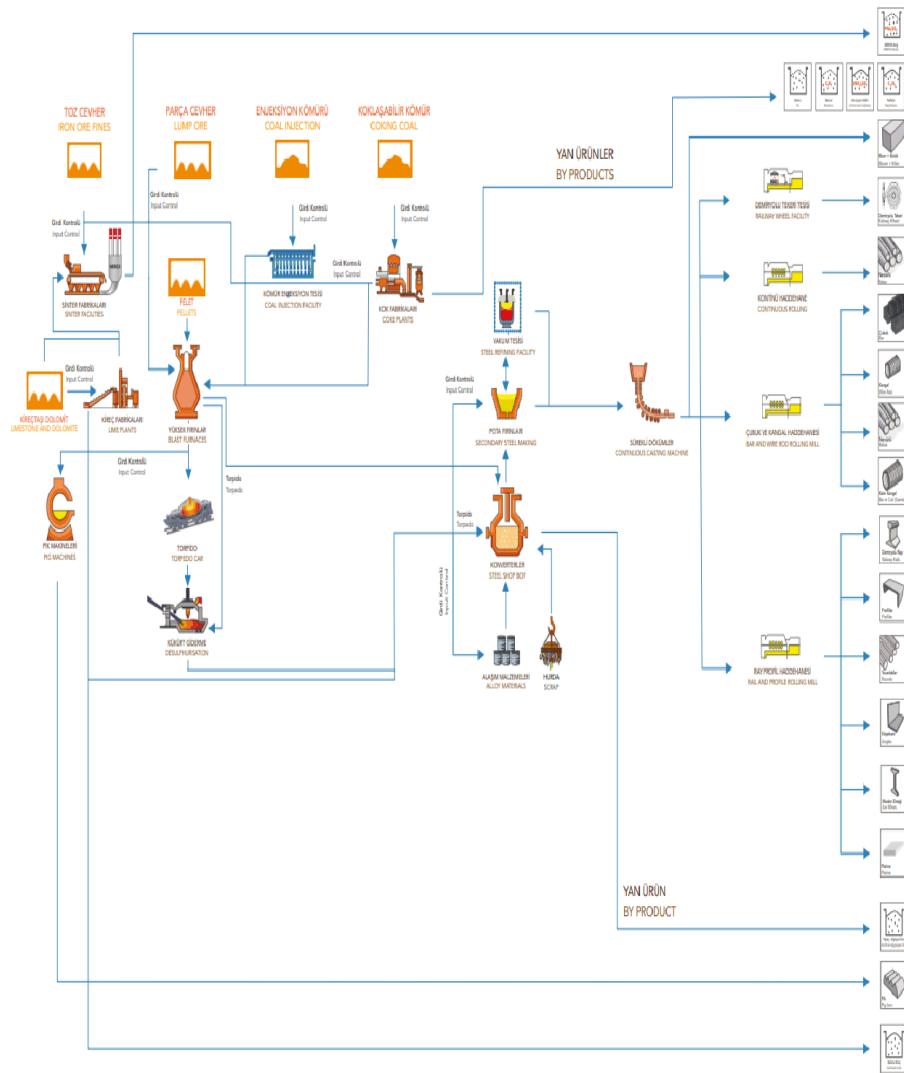
### 2.1.1. Kardemir Tesisleri

Kardemir’in üretimine ait şematik gösterim Şekil 2.3’te gösterilmiştir.

- Kok Fabrikaları
- Hammadde Manipülasyon Tesisleri



- Sinter Fabrikaları
- Yüksek Fırınlr
- Çelikhane Tesisleri
- Sürekli Döküm Tesisleri
- Ray ve Profil Haddehanesi
- Kontinü Haddehane
- Çubuk ve Kangal Haddehanesi
- Demiryolu Tekerü Üretim Tesisü
- Enerji Tesisleri
- Hava Ayrıştırma Tesisleri
- Su Tesisleri



Şekil 2.3. Kardemir A.Ş. üretim akış şeması [6].

## 2.2. METALURJİK KOK ÜRETİMİ

Yüksek fırınlar demir çelik sanayisinde kömürün en çok harcandığı tesislerdir. Kömürün koklaşması sonucu çıkan ürüne “kok” ismi verilir (Şekil 2.4). Demir çelik üretim sanayisinde kok tesislerinin ana kuruluş nedeni yüksek fırın üretim prosesinde önemli bir rol oynayan metalürjik kok gereksinimini gidermek için üretim yapmaktır. Yüksek fırın prosesinin ihtiyacı olan kok kömürü evrensel bir yakıttır. Redüksiyon ve ısı kaynağı olarak proseste yerini alır. Bununla birlikte kok kömürü proses içinde mali açıdan da büyük bir alan kaplar. Kok, yüksek fırın prosesinde hacimce %54, reaksiyon bölgesinin ise %73’nü kapsamaktadır [7].

Kokun yüksek fırındaki fonksiyonları şunlardır;

- Isı gereksinimini karşılamak amacı ile yakıt olarak kullanılır.
- CO sayesinde demir oksitlerin redüksiyonunu sağlar.
- Si, Mn, P, metal oksitleri redüksiyonunu sağlar.
- Demirin ergime noktasını azaltır.
- Yüksek fırının ıslak ve kuru bölümlerinde geçirgenliği sağlar ve mekanik dayanım sağlar [7].

Belli özelliklerdeki kömürün, havasız ortamda ve yüksek sıcaklıkta (1200-1250 °C’de) uçucularının giderilmesi ile dayanıklı, sert ve katı bir ürün elde edilmesi prosesine ‘koklaşma’ ismi verilir. Koklaşabilir taş kömürü, içi silika tuğlalarla örülü dar uzun fırınların içeresine şarj edilir. Fırın içerisinde duvarlardan merkeze doğru ısıtılan kömür uçucu maddelerin bünyesinden uzaklaşması sırasında akışkan özelliğinden dolayı eriyerek hacmi değişir ve semi (yarı) kok oluşturmak üzere katılarak birbirlerine bağlanırlar. Isıtma işlemine devam edildiği takdirde karbonizasyon tamamlanarak süngerimsi, karbon oranı artırılmış olan kok meydana gelmektedir [7].

Kok fırınları ihtiyaç bağlı olarak farklı boyutlarda inşa edilebilmektedir. Bu nedenle her bir fırına 10-60 ton kömür şarj edilebilmektedir. Şarj işlemi öncesi koklaşabilir kömür homojen koklaşma için boyutlandırma işlemine tabi tutulmaktadır. Bu

boyutlandırma işlemi Kok fabrikasının bir birimi olan kömür hazırlama tesisinde yapılmaktadır. Aynı zamanda kömür hazırlama tesisinde; depolama, harmanlanma ve kok bataryalarını besleyen kömür silolarına sevkinin sağlanmasıdır. Sevki sağlanan bu kömür ortalama 0-5 mm çapında olması sağlanır ve farklı menşeli kömürler harmanlanır. Boyutlandırılan ve harmanlanan kömür sırasıyla şarj silosu, şarj arabası ve fırın kamarasına aktarılmaktadır. Kömür, fırın tipine, tonajına ve sıcaklığına bağlı olarak 17-35 saat aralığında koklaşma işlemi tamamlanır. Uçucu maddeler koklaşma prosesi süresince kömürden bünyesinden ayrılarak sıvı ve gaz fazı olarak Yan Ürünler tesisine arıtılmak üzere gönderilir. Kömür uçucularından ayrıldıktan sonra fırın içinde kalan sert karbon yapı metalürjik koktur [7].



Şekil 2.4. Metalürjik kok görünümü.

### 2.3. KARDEMİR KOK FABRİKALARI

Kok Fabrikalarının ana üretim kalemleri metalürjik kok ve kok gazıdır. Bunların yanında ceviz kok, döküm kok, kok tozu ve yan ürün üretimi olarak amonyum sülfat katran, naftalin, benzol, üretilmektedir [9].

Kardemir Kok Fabrikaları, 1, 3, 4 ve 5 no.lu Yüksek Fırınların metalürjik kok ihtiyacını karşılamaktadır. Kok kömürünün boyutlandırma işlemleri sırasında oluşan kok tozu Sinter Tesislerinde kullanılmaktadır. Ayrıca Kok Fabrikalarında üretilen

kok gazı yan ürünlerine ayrıldıktan sonra Kok Bataryalarında, Çelikhanede, Haddehanelerde, Enerji Tesislerinde ve Dökümhane kullanılmaktadır [8].

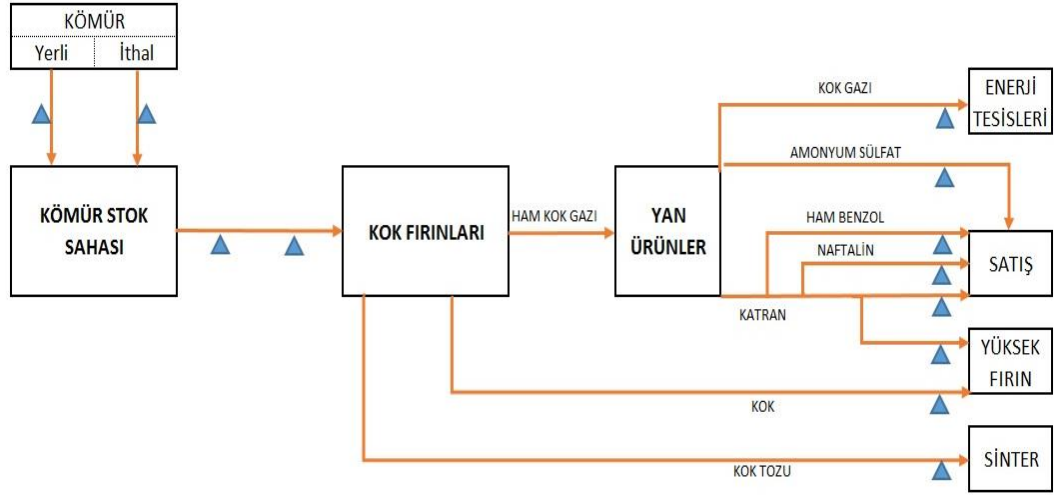
Kardemir Kok Fabrikaları 1.560.000 ton/yıl kömür şarj ve 1.170.000 ton/yıl Kok ve Kok Tozu üretim kapasitesine sahiptir [9].

Kok Fabrikaları aşağıda verilen 4 tesisten oluşmaktadır:

- Kömür Hazırlama Tesisi
- Kok Fırınları
- Kok Kırma Eleme Tesisi
- Yan Ürün Tesisleri [9].



Şekil 2.5. Kardemir A.Ş. Kok Fabrikaları genel görünümü.



Şekil 2.6. Kardemir Kok Fabrikaları kok üretim süreci [20].

### 2.3.1. Kömür Hazırlama Tesisi

Koklaşabilir taşkömürünün depolama, harmanlama, boyutlandırma ve şarj silolarına nakliyesinin yapıldığı tesistir. 1.600.000 ton/yıl kömür hazırlama ve 280.000 ton stoklama kapasitesine sahiptir. Koklaşabilir kömürler ayrı ayrı depolanıp optimum oranlar belirlenerek harmanlanmakta, kırma ve karıştırma işlemlerinde geçirilerek konveyör bantlarla vasıtasıyla kömür silolarına sevk edilmektedir [8,9].

Koklaşabilir kömür olarak yerli (TTK) ve ithal (ABD, Kanada, Avustralya, Rusya) kaynaklı kömürler kullanılmaktadır. İthal kömürler Çatalağzı ve Zonguldak limanlarına oradan da demiryoluyla tesislere gelmektedir [8,9].



Şekil 2.7. Kömür stok sahası genel görünümü.

### 2.3.2. Kok Bataryaları

Kömür Hazırlama Tesisinden konveyör bantlar vasıtasıyla getirilen koklaşabilir kömür, 2 ayrı kömür silosuna depolanmaktadır. Depolanan koklaşabilir kömür, şarj arabaları vasıtasıyla, fırınlara şarj edilmektedir. Her bir fırın 18-20 saatlik bir koklaşma süresi geçirmektedir. Koklaşma sonucunda fırınlar boşaltılarak kızgın kok söndürme kulelerine götürülerek üstüne su püskürtülmektedir. Soğutma işlemi tamamlanan kok kömürü Yüksek Fırınları göndermeden önce Kırma Eleme Tesisinde bir takım boyutlandırma işleminden geçmektedir. Kok fırınları ortalama 1200-1300 °C sıcaklığa sahiptir ve ısıtma gazı olarak karışık gaz (yüksek fırın gazı ve kok gazı) veya kok gazı ile kullanılmaktadır [8,9].



Şekil 2.8. Kok bataryaları görünümü [20].

### 2.3.3. Kok Kırma ve Eleme Tesisleri

Kızgın kok soğutma işlemi sonrası kok rampalarına boşaltılmaktadır. Rampalardan, konveyör bantlar vasıtasıyla her biri 200 ton/saat kapasiteye sahip 2 ayrı Kırma Eleme Tesisine nakledilir. Bu tesislerde rampa koku kırma eleme işlemleriyle boyutlandırılıp yüksek fırınlara sevk edilmektedir. Ayrıca tesiste piyasaya uygun metalürjik kok, ceviz kok, kok tozu ve döküm kok hazırlanmaktadır [8,9].



Şekil 2.9. Kok kırma eleme tesisi görünümü.

#### **2.3.4. Yan Ürün Tesisleri**

Yan Ürün Tesisleri birden fazla tesisin birleşmesi ile oluşmaktadır. Bu tesisler; Kok Gazı Tesisleri, Katran Fabrikası, Amonyum Sülfat Fabrikası, Pres Naftalin Fabrikası, Benzol Fabrikaları ve Atık Su Arıtma Tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerde, koklaşma işlemi esnasında oluşan ham kok gazı arındırılır ve şebekeye verilebilecek temizliğe getirilir. Aynı zamanda satılabilir yan ürünler elde edilir. Bu yan ürünler; ham benzol, ham katran, yol katranı, kreozot, katran boyası, pres naftalin ve amonyum sülfattır [8,9].

##### **2.3.4.1. Kok Gazı Tesisleri**

Kok Gazı Tesisleri kapasitesi 60.500 N.m<sup>3</sup>/saat'tir. Gaz hattında 9 ön soğutucu, 5 elektro filtre, 6 egzoster, 3 satüratör, 3 son soğutma kulesi ve 6 benzol kulesi bulunmaktadır. Tesislerde kok gazının; katran, amonyak, naftalin ve benzolü giderilmesi ve temiz olarak şebekeye verilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir [8,9].



#### **2.3.4.2. Amonyum Sülfat Tesisi**

Kok gazındaki amonyağın giderildiği tesistir. Kok gazındaki amonyak, içinde %3-4'lük sülfürik asit çözeltisi bulunan satüratörlerden geçirilerek amonyum sülfat halinde tutulur. Çözelti içindeki amonyum sülfat kristalleri, hava ejektörleri ile satüratörlerden santrifüjlere alınır. Santrifüjlerde çözeltiden ayrılan kristaller kurutma tesisine gönderilir, burada kok gazı yakılarak kurutulur ve amonyum sülfat olarak 50 kilogramlık polietilen torbalarda satışa sunulur. Amonyum Sülfat Tesisi kapasitesi 9.000 ton/yıl'dır [8,9].

#### **2.3.4.3. Benzol Fabrikaları**

Kok gazı içindeki benzolün tutulduğu ve işlendiği tesislerdir. Her biri 4.500 ton/yıl kapasitesinde iki Benzol Fabrikası mevcuttur. Benzol Fabrikasının kapasitesi 9.000 ton/yıl'dır [8,9].

#### **2.3.4.4. Katran Fabrikaları**

Tesiste dekanterden ayrılan ham katranın susuzlaştırılarak atmosferik destilasyonla hafif yağ, yol katranı, naftalin yağı, yıkama yağı ve karbol yağı olarak fraksiyonlarına ayrıldığı tesislerdir. Tesiste ihtiyaca göre susuz katran, krezot, katran boyası da üretilebilmektedir. 1962 yılında 30.000 ton/yıl kapasiteye sahip Katran Fabrikası-1 ve 2017 yılında 30.000 ton/yıl kapasiteye sahip Katran Fabrikası-2 kurulmuştur. Katran Fabrikalarının kapasitesi 43.000 ton/yıl yol katranıdır [8,9].

#### **2.3.4.5. Pres Naftalin Fabrikası**

Katran destilasyonundan ayrılan naftalin yağı soğutucularda kristallendirilir. Kristallendirilmiş yağ santrifüjlerde süzülerek ham naftalin elde edilir. Ham naftalininin preslenerek %4 yağ içeren kalıplanmış pres naftalin elde edilir. Tesisten ayrılan süzülmüş naftalin yağı ise benzol fabrikalarında yıkama yağı olarak kullanılır. Pres Naftalin Fabrikası kapasitesi 1.000 ton/yıl'dır [8,9].

#### 2.3.4.6. Atık Su Arıtma Tesisi

Kok fırınlarından ve yan ürün tesislerinden gelen amonyak oranı yüksek suyun arıtılmasını ve alıcı ortama verilecek kaliteye getirilmesini sağlayan tesistir [8,9].

#### 2.4. KARDEMİR KOK BATARYALARI

Kardemir Kok Bataryaları 1/2, 3/4 ve 5/6 Batarya olarak adlandırılan toplamda 170 fırından oluşmaktadır. Kok Bataryalarının yıllık kömür şarjı 1.560.000 ton; kok ve kok tozu üretimi 1.170.000 tondur. Bataryalar, ısıtma sistemi, fırın arabaları, şarj, gaz toplama sistemi ve söndürme sistemi olmak üzere 4 ana birimden oluşmaktadır. Bataryaların üretim kapasiteleri ve fırın sayıları Çizelge 2.3’de verilmektedir.

Çizelge 2.3. Kok Bataryaları fırın sayıları ve kapasiteleri.

Batarya	Fırın Sayısı (Adet)	Koklaşma Süresi (Saat)	İtme Sayısı (İtme/Gün)	Kömür Şarjı (Ton/Yıl)	Kok + Kok Tozu Üretimi (Ton)
1/2	44	21	51	365.000	274.000
3/4	56	18	75	531.000	398.000
5/6	70	18	93	664.000	498.000
Toplam	170	57	219	1.560.000	1.170.000

#### 2.4.1. Kardemir Kok Bataryaları Tarihçesi

Kardemir A.Ş.’de İlk Kok Bataryaları, İngiliz firması olan Simon Carves tarafından 42 fırın (2x21) olarak 26 Temmuz 1939’da kurulmuştur. 1952 yılının mayıs ayında 2 No.lu Kok Bataryaları DKH firması tarafından 42 fırın (2x21), 1962 yılında Dr. C. Otto firması tarafından 63 fırın (3x21) 3 No.lu Kok Bataryaları devreye alınmıştır [10].

1967 yılında ekonomik ve teknolojik ömrünü tamamlayan 1 Nolu Kok Bataryaları yıkılarak yerine 1968 yılında Dr. C. Otto firması tarafından 44 fırın (2x22) 1/2

Batarya, 1984 yılında 2 Nolu Kok Bataryaları yıkılarak yerine 18 Nisan 1986 yılında Didier Engineering firması imzalı 3/4 Batarya devreye alınmıştır. 3 Nolu Kok Bataryası ise 1 Temmuz 1993 tarihinde kapatılmış, uzun sürenin ardından bu bataryaların yerine 2013 yılında Kardemir A.Ş. tarafından 70 fırın kapasiteli 5/6 Batarya inşa edilmiştir. 1/2, 3/4 ve 5/6 Bataryalar toplamda 170 fırın olarak günümüzde halen üretime devam etmektedir [10].

#### **2.4.2. Kok Bataryaları Tesis Bilgileri ve Üretim Prosesi**

Kok fırınlarının yan yana dizilerek oluşturdukları yapıya “Batarya” adı verilmektedir. Bataryalar pinyon duvarı olarak adlandırılan iki izolasyon duvarı arasında sıralanmaktadır. Bu pinyon duvarları arasında kalan bölümde bir ısıtma kamarası, bir fırın kamarası, bir ısıtma kamarası şeklinde dizilerek bataryanın yapısını oluşturmaktadır. Fırınlar, ham kok gazı hatlarına göre veya baca gazı hatlarına göre bataryalara ayrılmaktadır. Kardemir A.Ş.’de bulunan bataryalar baca gazı hatlarına göre ayrılmıştır.

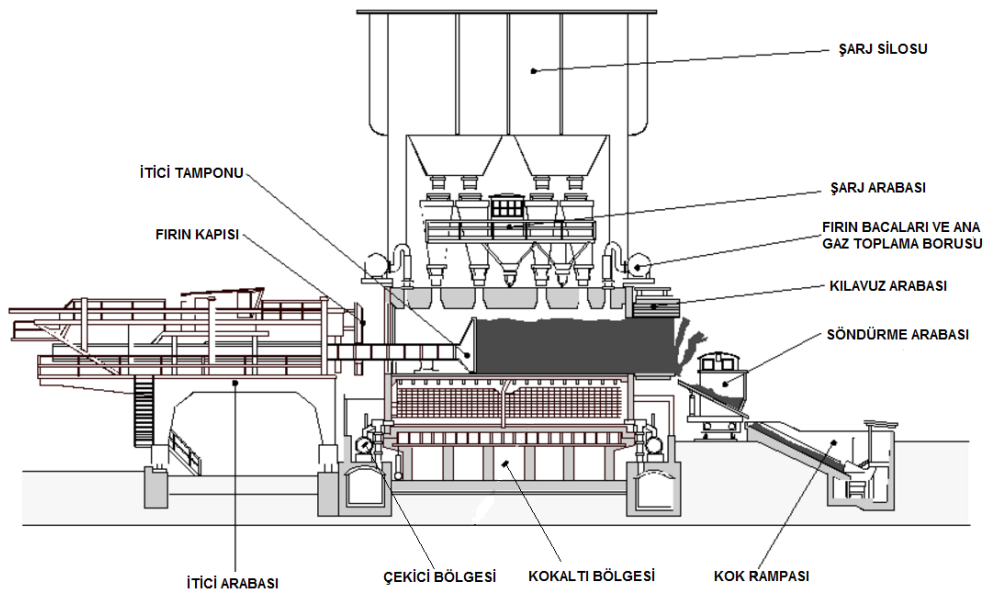
1/2 Batarya fırınları ikiz çekişli, alttan faryaplı ve birleşik tip fırınlardır. 3/4 ve 5/6 Batarya fırınları ise akış kontrollü ısıtma gruplu, alttan faryaplı ve birleşik tip fırınlardır. Kok Bataryalarının ısıtmasında kok gazı veya karışık gaz (yüksek fırın gazı ve kok gazı) kullanılmaktadır. Ayrıca bataryaları, 3 adet şarj arabası, 3 adet itici arabası, 4 adet kılavuz arabası ve 3 adet söndürme arabası hizmet vermektedir.

Bataryaları oluşturan fırınların itici ve kok tarafında buckstayler bulunmaktadır. Bu buckstayler, 30-40 mm çap aralığındaki ankrajlarla fırının üstünden ve altından bağlanmıştır. Ayrıca bataryanın enine doğru da ankrajlama sistemi vardır. Bu ankrajların görevi, fırın duvarlarını oluşturan tuğlaların sıcaklık nedeniyle oluşacak genleşme ve büzülme absorbe ederek, fırın duvarlarının deformasyonunu önlemektir. Aynı zamanda ankrajlarda bulunan yaylar yardımıyla batarya refrakter yapısını belli bir basınçta tutmasını sağlar. Kok bataryaları fırın ölçüleri Çizelge 2.4’de verilmektedir.

Çizelge 2.4. Kok Fırınları ölçüleri.

Fırın Uzunluğu (mm)	13.590
Fırın iç yüksekliği (mm)	4.500
Kömür şarj yüksekliği (mm)	4.200
Faydalı hacim (m <sup>3</sup> )	24,3
İtici taraf fırın genişliği (mm)	420
Kok taraf fırın genişliği (mm)	480
Ortalama fırın genişliği (mm)	450
Koniklik (mm)	60

Kok bataryalarında her bir fırına ortalama 19,5 ton kömür şarj edilebilmektedir. Silolardan alınan kömür şarj arabaları vasıtasıyla, dört ayrı şarj deliğinden fırınlara şarj edilir. Şarj edilen kömür yaklaşık 1200-1300 °C aralığında 18-20 saat koklaşır. Koklaşma işlemi sonunda, itici arabası ve kılavuz arabası yardımı ile kızgın kok söndürme arabasına boşaltılır. Söndürme arabası kızgın koku söndürme kulelerine taşır ve yaklaşık 20 ton su ile kızgın kok soğutulur. Soğutulan kok biri 150 ton, diğeri 100 ton kapasiteli iki kok rampasına dökülerek dinlendirilir. Üretilen kokun, %80'i metalurjik kok, %12'si ceviz kok ve %8'i kok tozdur. Kok Bataryalarının şematik gösterimi Şekil 2.10'da görülmektedir.



Şekil 2.10. Kok Bataryaları şematik gösterimi [10].

## 2.5. REFRAKTER MALZEMELER

### 2.5.1. Refrakter Malzemelerin Tanımı

Refrakter malzemeler, yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyulan proseslerde ısı, kimyasal, korozyon ve mekanik etkilere karşı koruma sağlar. Refrakterin bir diğer tanımı ise yüksek sıcaklıklarda katı, gaz ve sıvı maddelerin fiziksel ve kimyasal deformasyonuna dayanabilen malzemedir [11,12].

ISO (International Standard Organization) ve buna dayanan TSE'nin (Türk Standartları Enstitüsü) tanımlamaları çok farklıdır. Uluslararası kabul edilmiş tanımlama üretici ve tüketici tesisleri tarafınca kullanılması ve sanayi alanında dil birliğini sağlayacaktır. ISO 1927-1975 (E), ISO 1109-1975 (E), TSE 2335 ve TSE 2334'e göre bu tarif şu şekildedir; "Ateşe dayanıklı (refrakter) malzeme; metaller ve metal alaşımları dışında olup, ateşe dayanıklılık sıcaklığı 1500 °C'den az olmayan malzeme ve mamullerdir [12].

Metal ve çürüf potalarında, kireç fırınlarında, metalürji proseslerinde, hava ısıtıcılarında, hidrojen dönüştürücülerinde, kazanlarda ve sülfür fırınları gibi birçok ekipman ve sektörde refrakter malzeme kullanılmaktadır [11].

Refrakter malzemeleri temel olarak iki gruba ayrılabilir:

- Şekillendirilmiş refrakterler (Tuğla ve dökme parçalar),
- Şekillendirilmemiş refrakterler (Monolitik refrakterler, plastik malzemeler, püskürtme harçları).

Refrakter malzemelerin üretimi 6 temel oksitlerin kendi içinde veya karbon ile birleşimiyle olur. Bu oksitlerin fiziksel özellikleri Çizelge 2.5'de verilmiştir.

Çizelge 2.5. Refrakter oksitlerin fiziksel özellikleri [13].

Formül	Ergime Noktası (°C)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Isıl Genleşme (1000 °C'ye kadar %)	Isıl İletkenlik (20 °C'de W/m.K)	Isıl İletkenlik (1000 °C'de W/m.K)	Özgül Isı (kJ/kg.K)
SiO <sub>2</sub>	1725	2,20-2,65	1,00-1,40	1,40-8,0	4,50	1,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2050	3,99	0,80	53,0	9,0	1,10
MgO	2840	3,58	1,40	61,0	10,0	1,20
CaO	2580	3,32	1,30	25,0	9,0	0,95
ZrO <sub>2</sub>	2680	5,56	0,80	19,0	21,0	0,70
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2275	5,22	0,75	-	-	0,75

Refrakter malzemelerin genel özellikleri aşağıdaki gibidir [11]:

- Yüksek sıcaklıklara dayanım
- Yüksek sıcaklıkta, katı, sıvı ve gazların aşındırıcı etkilerine dayanım
- Mekanik yüklere dayanım
- Temas ettiği malzemelerin kirletici etkilerine karşı direnç
- Termal şoklara dayanım
- Isı tasarrufu sağlamaları

## 2.5.2. Refrakterlerin Karakteristik Özellikleri

### 2.5.2.1. Ergime Noktası

Malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri değişmeden dayanabildikleri sıcaklık olarak tanımlanabilir [11].

### 2.5.2.2. Dizayn ve Ölçü

Refrakterler kullanım yerlerine göre dizayn edilir ve ölçülendirilir bu uygulama için önemi bir kriterdir [11].

### **2.5.2.3. Porozite**

Porozite refrakter malzemelerin içindeki gözeneklerin ölçülmesi ile tespit edilir. Refrakter içerisindeki gözenekli yapının fazla olması veya az olmasına göre kullanım yerleri değişmektedir. Yüksek poroziteli malzemeler ısı izolasyonu için kullanılırken, düşük poroziteli malzemeler sıvı metal gibi korozif maddelerin temasının olduğu yerlerde kullanılır [12,13].

### **2.5.2.4. Hacim Ağırlığı**

Malzemenin ağırlığının hacmine olan oranı olarak tanımlanmaktadır [11].

### **2.5.2.5. Soğukta Basınca Dayanım**

Malzemenin uygulama, taşınma ve stoklama sırasındaki dayanımını temsil etmektedir [11].

### **2.5.2.6. Refrakterlik**

Refrakter malzemeler belirli bir sıcaklık aralığında önce yumuşar ardından akıcı hale gelir ve sonunda ergirler. Refrakterlerin bu davranışının ölçülmesi seger konileri yöntemi ile yapılır [11].

### **2.5.2.7. Yük Altında Refrakterlik**

Ergime ve yumuşama sıcaklıkları birbirinden farklı olan refrakterler için önemli bir parametredir. Refrakter numunenin belirli bir yüke maruz bırakılarak sıcaklığın yükseltilmesi ile tespit edilir. Numunenin boyu önce uzar sonra kısalmır [11].

### **2.5.2.8. Yüksek Sıcaklıkta Süneklik**

Refrakter numune belli bir sıcaklık ve sürede yüke maruz bırakılır. Sonucunda oluşan deformasyon sünekliği verir [13].

### **2.5.2.9. Sıcakta Kırılma Mukavemeti**

Hazırlanan refrakter numunelerin fırın içinde istenilen sıcaklığa ulaştıktan sonra iki destek arasında kırılması karşı oluşan mukavemettir [13].

### **2.5.2.10. Yüksek Sıcaklıkta Boyut Değişiklikleri**

Yüksek sıcaklıklarda refrakter malzemelerde meydana gelen uzama ve kısalmalar geçici veya kalıcı olabilir. Kalıcı boyut değişimi kristal yapı değişimi veya sinterleşme vb. nedenlerle gerçekleşir. Geçici boyut değişimi ise fizikseldir [11].

### **2.5.2.11. Termal Şok Direnci**

Refrakter malzemenin bütünlüğü ve yapısı bozulmadan sıcaklık değişimlerine karşı koyma direncidir [12].

## **2.5.3. Kok Bataryalarında Kullanılan Refrakter Tuğlalar**

Kardemir Kok Bataryalarında ağırlıklı olarak şamot tuğla, silika tuğla ve izolasyon tuğla kullanılmaktadır. Kok fırın çatısı, checker tuğlaları, fırın kapıları, fırın bacaları vb. sıcaklık değişimi yüksek olan bölgelerde şamot tuğla, fırın duvarları, fırın tabanı ve ısıtma bekler vb. sıcaklık değişiminin minimum olduğu bölgelerde ise silika tuğlalar kullanılmaktadır.

### **2.5.3.1. Şamot Tuğla**

Şamot refrakter malzemelerin bünyesinde hidro alüminyum silikat ve az miktarda diğer mineraller bulunmaktadır. Bu alümina silikatların genel formülü  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  olup %40  $Al_2O_3$ , %45  $SiO_2$  ve %15  $H_2O$  içermektedir. Bu malzemelerin yüksek sıcaklıklarda bağlı suyu kaybolur; kalan hammadde teorik olarak %46  $Al_2O_3$  %57  $SiO_2$  içermektedir. Ancak magnezyum, demir, kalsiyum, titanyum, silis, sodyum ve lityum gibi çok eser miktarda safsızlıklar bulunur [12].



Bu killer pişirilerek şamot adı verilen malzeme üretilmektedir. Şamot malzemeler, plastik killer ile bağlanarak şamot refrakterler üretilir. Bu sınıftaki tuğlalar yaklaşık olarak %17-45 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermektedirler [12].

Kok Bataryaları için farklı özellikler sahip şamot tuğlalar tasarlanabilmektedir. Şamot tuğlalar, ani sıcaklık değişimi olan bölgelerde ve yüksek sıcaklık olan fakat yüksek basınca maruz kalmayan bölgelerde kullanılmaktadır. Rejeneratörlerdeki checker tuğlalar ve rejeneratör alt bölümlerinde, ısıtma kamaraları üst bölümünden sonraki örümde, batarya üstünde, fırın kapılarında kullanılmaktadır. Genel olarak şamot tuğlaların imalinde kullanılan ateş toprağında %32-46 oranında Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %56-63 oranında SiO<sub>2</sub> (silika) bulunmaktadır [15].

Kok Bataryalarında kullanılan şamot tuğlalarının poroziteleri %17-36 aralığında değişmektedir. Porozitesi düşük olan şamot tuğlalar basma yüklerine karşı daha dayanıklıdır. Şamot tuğlalarda genellikle 1050 °C'ye kadar %0,5 oranında bir genleşme olur. Bundan sonraki genleşme ve büzülme şamot tuğlanın hammaddesine ve pişme sıcaklığına göre değişiklik gösterebilmektedir. Şamot tuğlaların türüne göre 4,4 kg/cm<sup>2</sup>'lik basınç altında 1140 °C'de deformasyona başlarlar. Şamot tuğlaların termik şoka dayanımı silika tuğlalara göre çok daha fazladır. Şamot tuğlalar saatte 310 °C'lik sıcaklık değişimlerine dayanabilirler. Düşük sıcaklıklarda şamot tuğlaların ısı iletkenliği ile silika tuğlaların ısı iletkenliği eşittir. Yüksek sıcaklıklarda ise silika tuğlaların ısı iletkenliği, şamot tuğlaların ısı iletkenliğine göre daha düşüktür [15,16].

### **2.5.3.2. Silika Tuğla**

Silika tuğlalar saf kuvars mineralinden oluşur ve hammaddesi kuvarsittir. Aynı zamanda silika tuğlalar kristal yapılıdır. Kuvarsın, alkaliler ve metal oksitleri düşük miktarda bünyesinde bulundurması istenir. Bağlayıcı olarak yaklaşık %2 oranında kireç kullanılır. Silika tuğlaların sınıflandırılması içersin de ihtiva ettiği alümina, potasyum, sodyum, titanyum ve alkali oranına göre yapılır [12,14].

Silika tuğlaları %92-99,3 SiO<sub>2</sub> ihtiva etmektedir. Silika üç ana kristalden oluşmaktadır. Bunlar; kuvars, tridimit ve kristobalittir. Silika tuğlalar yüksek sıcaklıkta %1,6 oranında genleşme gösterebilmektedirler. Bunun sebebi silika tuğla yapısında bulunan kuvarsın 875 °C'den sonra tridimit fazına sıcaklığı 1475 °C'ye ulaşınca kristobalit fazına allotropik dönüşümüdür [12,14].

Silika tuğlalar minimum 1475 °C sıcaklıkta kuvarsitten üretilir. Silika tuğlanın pişirilmesi esnasında %14,4 oranında hacim artışı oluşmaktadır. Silika tuğlalar kahverengi ve beyaz arası bir renkte görünür. Kok Bataryalarında çok tercih edilirler. Kok Bataryalarında silika tuğlaların kullanım yerleri yüksek basınç ve sıcaklığın olduğu bölgelerdir. Bu bölgeler; korbel bölgesi, rejeneratör bölgesi, ısıtma duvarı ve yanma kamaralarını arasındaki bölgedir [12,14].

Silika tuğlanın porozitesi %18-27 ve yüke karşı dirençleri yüksektir. Kok bataryalarının örümünde kullanılan silika tuğlalar eğer ki iyi fırınlanmış ise 875 °C'den sonra genleşme izlenmez. Bu sıcaklığa kadar olan genişleme oranı %1,6 civarındadır. Şamot tuğlaların genleşmesi sınırlı ve doğrusaldır. Silika tuğlalar genleşmelerinin çoğunu 300 °C'ye kadar tamamlamaktadır. Silika tuğlaların bu özelliği, kullanım bölgelerinin sıcaklığının yükselmesi ile deformasyonunu engellemektedir. Silika tuğlaların ergime sıcaklığı 1720 °C civarındadır. Silika tuğlalar ergime sıcaklığına yakın sıcaklıklarda kadar 3,4 kg/cm<sup>2</sup>'lik bir yüke dayanabilir [15,16].

### **2.5.3.3. İzolasyon Tuğlası**

İzolasyon tuğlaları porozitesi yüksek, hafif ve gözenekli tuğlalardır. İzolasyon tuğlaları yüksek ısı depolama kapasitesine aynı zamanda da düşük termal iletkenliğe sahiptirler.

İzolasyon tuğlaları temel yapı taşları şöyle sıralanabilir; refrakter ateş kili, diatomit, yüksek alümine mineralleri, geliştirilmiş vermikülit, perlit, kaolin, kuvarsit. İzolasyon tuğlaların yoğunluğunun düşürülmesi için üretim aşamasında kok kömür tozu, talaş tozu gibi yanıcı maddeler kullanılır [12,13].

İzolasyon tuğlaları; refrakter tuğlalarına yardımcı tuğla olarak kullanılır ve ergimiş metal veya cürufların deformasyonuna, aşındırma ve korozif etkilere dayanımı yoktur [12,13].

İzolasyon tuğlalarının avantajları aşağıda sıralanmıştır:

- Isı kaybı düşük ve ısı depolama kapasitesi yüksektir.
- Fırın sıcaklıklarının hızlı değişimini engeller.
- İzolasyon tuğlaları hafif olması kullanım yerindeki hacmini ve ağırlığını azaltır.
- Yüksek izolasyon etkisi nedeniyle daha ince duvarların yapılmasına olanak sağlar.

Kok Bataryaları gibi yüksek sıcaklıkla çalışan işletmede ısı izolasyonu için gözenek miktarı yüksek (%42-73) izolasyon tuğlaları kullanılmaktadır. Fakat izolasyon tuğlaları ateşe dayanımı yoktur. Kok bataryalarında kullanıldığı yerler, fırın tabanında alt kanallarda, kok ve itici taraf rejeneratör ön duvarlarında, kok fırınları çatısında kapama tuğlaların altında, rejeneratör bölgesinde ve batarya başlangıç ve bitiş bölgelerinde 1250 °C'ye kadar kullanılabilir [15].

## BÖLÜM 3

### SERAMİK KAYNAK

Seramik Kaynak teknolojisi cam fırınlarının yerinde tamirâtı için tasarlanmış ve metalurji ve cam endüstrisi alanında faaliyet gösteren Foseco ve Glaverbel firmaları tarafından 1960'lı yıllarda keşfedilmiştir [17]. Bu teknolojinin temeli 1933 ve 1938 yıllarında İngiliz Gaz Mühendisleri Enstitüsü'nün yapmış olduğu, hasarlı fırın duvarına toz malzeme üfleme denemelerine dayanmaktadır [18]. Daha sonra 1979'da ABD çelik endüstrisine kok fırın duvarları onarım yöntemi olarak tanıtılmıştır. Bu teknoloji o süreçten beri başta cam, demir çelik, alüminyum, bakır, dökümhane ve çimento gibi sektörler başta olmak üzere diğer enstitüleri kapsayacak şekilde yıllar boyunca gelişmiştir [19].

Seramik Kaynak uygulamasında, kuru, ateşe dayanıklı toz ve metalik yakıt karışımı kullanılmaktadır. Bu karışım tamir edilecek alana hava ve su soğutmalı lanslar ile püskürtülür. Oksijen akımıyla taşınan karışım, 2000 °C'yi aşan bir ekzotermik reaksiyonda sıcak onarım yüzeyinde tutuşur. Malzeme tuğla ile birleşerek seramik bir bağ oluşturur ve refrakterin orijinal durumuna geri döndürülmesini sağlar [20].

#### 3.1. SERAMİK KAYNAK UYGULAMASI

Seramik kaynak uygulaması, oksitleyici bir ortamda (genellikle oksijen) metalik tozlarla karıştırılmış özel olarak hazırlanmış bir seramik malzemenin, sıcak fırının hasarlı bölgesinde biriktirilmesi işlemidir [21].

Bu uygulamada metalik tozlar yanıcı malzeme olarak, seramik malzeme ise dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Oksijen ise akışı ve yanmayı sürdürmektedir. Tamir edilen duvar yüzeyinin sıcaklığı, karışımın tutuşmasını ve ekzotermik reaksiyonun başlamasını sağlar. Ekzotermik ısı kaynağı, alüminyum, magnezyum ve

silisyum gibi toz metaller tarafından sağlanmaktadır. Burada sıcaklık yaklaşık 2000-2200 °C'ye yükselir. Oluşan sıcaklığın etkisi ile hasarlı yüzey ve kullanılan seramik toz parçacıkları yumuşar ve erir. Erimiş seramik toz parçacıklar ile erimiş hasarlı yüzey birleşir. Bunun sonucunda oluşan refrakter oksitler aynı tip dolgu ile birleşir ve hasarlı bölge doldurulur [21].

Seramik kaynak uygulamasını amacı, reaksiyona giren malzemenin fırının duvarlarına sıkıca yapışmasını sağlamak ve uzun ömürlü bir duvar onarımı sağlamaktır. Hasarlı duvardaki çatlakları veya boşlukları dolduran bileşim, orijinal fırın duvar malzemesine fiziksel ve kimyasal olarak mümkün olduğunca benzer bir yapıya sahip olmalıdır [22].

Seramik Kaynak tamiraty fırın çalışma sıcaklıklarında uygulanır. Sıcak uygulama zaman, üretim ve verimlilik açısından büyük avantaj sağlar. Ayrıca sıcak uygulama seramik kaynak reaksiyonlarının verimliliğini artırmaktadır. Soğutma ve/veya daha sonra çalışma sıcaklığına yeniden ısıtma durumlarında termal stresler nedeniyle yapının zarar görmesi söz konusu olabilir [23].

Kaliteli bir seramik kaynak uygulaması için aşağıdaki koşulların yerine getirilmesini gerektirir [21]:

- Seçilen seramik kaynak tozu ile tamirat yapılacak refrakter bölgenin, fizikomekanik ve kimyasal özellikleri birbirlerine yakın olmalıdır.
- Doğru uygulama yöntemleri ve doğru seramik kaynak toz seçimi yapılarak optimum çalışma rejimi ile geri tepme oranının düşük olmalıdır.
- Tamirat yapılacak refrakter bölgenin, cüruf, gevşek parçalar, kaynaşmış parçalar, grafit ve diğer tortulardan temizlenmelidir.

### **3.2. KOK BATARYALARINDA SERAMİK KAYNAK UYGULAMALARI**

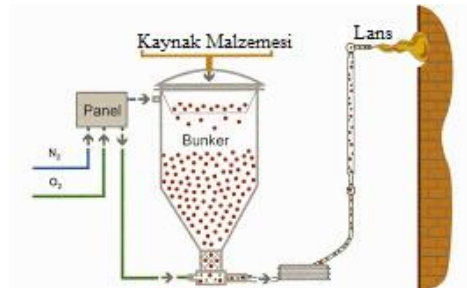
Seramik kaynak uygulamalarını en yaygın kullanım alanların birisi de silika refrakterlerden oluşan kok fırınlarıdır. Silika refrakterlerin onarımı için en sık kullanılan standart seramik kaynak tozu, silisyum ve isteğe bağlı olarak yakıt tozu

olarak alüminyum içerir. Silika refrakterler seramik kaynağı ile tamir edilmesi en kolay olanlardır çünkü silika refrakterler nispeten düşük refrakter derecesindedir, böylece seramik kaynak reaksiyon bölgesinde istenilen sıcaklıklara kolayca ulaşılabilir [23].

Kok fırınlarının çalışma süresini, refrakter yapısı tayin eder. Bu fırınları oluşturan ısıtma duvarlarının refrakter yapısı zaman içerisinde, refrakterin kimyasal ve fiziksel özelliklerine, işletme koşullarına, batarya dizaynına bağlı olarak hasarlanmaktadır [17].

Kok fırınlarının deforme olmuş refrakter yapısının onarımında, sinterleşebilen maddeyle püskürtme yapılması ve sıvanması, refrakter tuğlanın yenisi ile değiştirilmesi ve seramik kaynak yöntemi uygulanmaktadır. Seramik kaynak işlemi, deforme fırın duvarı veya ısıtma duvarının sıcak olarak tamir edebilmek için, silika esaslı seramik kaynak tozunun oksijenle akışı sağlanarak sıcak ve silika esaslı refrakter tuğla üzerine püskürtülmesidir. Yaklaşık 2000 °C sıcaklıkta meydana gelen ekzotermik tepkime ile silika esaslı tozunun ergimesiyle ve metalin oksidasyonu ile duvara bağlanmaktadır [17]. Bu olay şematik olarak Şekil 3.1’de görülmektedir. Seramik kaynak onarımı batarya işletme sıcaklığında uygulanabildiği için, üretim ve zaman kaybı minimum indirilmiştir [17].

Seramik kaynak uygulaması ile tamir edilmesi gerek hasarlı bölge, teknik personel ve kaynakçı tarafından fırın refrakter incelemesi yapılarak tespit edilir. Daha sonra gerekli ön hazırlıklar yapılarak, hasarlı bölgeler tamir edilir. Bunun sonucunda, ham kok gazı geçişlerini engellenir, üretim kaybı minimuma indirilerek kok miktarını ve kalitesini arttırmak mümkün olmaktadır [17].



Şekil 3.1. Seramik kaynak prosenin şematik gösterimi [24].

### 3.2.1. Seramik Kaynak Ekipmanları ve Malzemeleri

Kok fırınlarının refrakter yapısının Seramik kaynak tamirâtı için kullanılan ekipmanlar:

- Seramik kaynak makinası (Şekil 3.2)
- Tamirâtı yapılacak refrakter yapının temizliği için kullanılan kumlama makinası, pnomatik çekiçler ve kompresör
- Fırını değişik seviyelerinde yapılacak olan tamirat için gerekli olan personel yükseltici platformlar,
- Kumlama makinesinde kullanılacak olan temizleme tozları (kum vb.)
- Fırının refrakter tuğlasının özelliklerine göre kullanılan seramik kaynak tozları
- Farklı uzunluklarda su soğutmalı/soğutmasız lanslar
- Kumlama makinesi ve pnömatrik çekiçler için basınçlı hava
- Hortum ve borularda inert bir ortam yaratmak için azot gazı
- Kaynak tozunun akışı ve oksidasyon için oksijen gazı
- Fırının dış ortamla izolasyonu için kullanılan tel örgülerle sabitlenmiş seramik elyaf battaniye



Şekil 3.2. Seramik kaynak makinası [24].

### 3.2.2. Kok Fırınlarda Seramik Kaynak Uygulama Bölgeleri

Kok fırınları refrakter yapısında seramik kaynak ile tamirati yapılan bölgeler [17,27]:

- Kok kamarası ve ısıtma bekleri arasında gaz kaçaklarına sebebiyet veren derz boşlukları, çatlaklar
- Sıcak tamir sırasında oluşan eski-yeni tuğla birleşim yerleri
- Delinmiş refrakter tuğlalar
- Fırın kapı kasasının refrakter yüzeyine oturduğu yüzeyler
- Fırın taban ve tavan köşe bölgelerinde oluşan çatlaklar
- Fırın taban ve tavan bölgesinde deforme olmuş refrakter tuğlalar
- Şarj deliği bölgesindeki deforme olmuş refrakter tuğlalar

### 3.2.3. Seramik Kaynak Uygulamasının Yapılışı

Hasarlı olduğu tespit edilen ve duvar hasar haritası oluşturulan kok fırını itme programına uygun olarak itilerek boş bırakılır. Kok fırını tamir süresi boyunca üretim dışı bırakılır. Tamirat süresinde fırın ısıtma duvarları, ısıtma ekiplerince sürekli kontrol altında tutulur ve fırın sıcaklığının optimum seviyede kalması sağlanır. Sıcaklık kaybını önlemek amacı ile seramik kaynak yapılan bölgenin dışında kalan bölüme ısı kalkanları yerleştirilir. Isı kalkanı yerleştirilen fırınlara örnek Şekil 3.3'de görülmektedir.



Şekil 3.3. Isı kalkanları ile izole edilmiş fırın.



Deforme olmuş bölgeleri tamir etmek için ön hazırlıklar bitirildikten sonra deforme olmuş bölge pnömatik çekiçler veya kumlama makinesi kullanılarak ya da deformasyonun yüzeysel olduğu durumlarda basınçlı oksijen ile temizlenir [27]. Deforme olmuş fırın duvarı Şekil 3.4’de görülmektedir.



Şekil 3.4. Fırın içi deforme olmuş bölge.

Fırın içi temizleme işlemi yapılırken kaynağın tutunma yüzeyi için kaynak ağzı da açılır. Isıtma duvarlarında temizleme işlemini farklı uzunluklarda su soğutmasız veya soğutmalı lanslar vasıtasıyla yapılmaktadır. Su soğutmalı lanslar, sıcaklığın yüksek olduğu fırın iç bölgelerinde kullanılır [25].

Fırın temizleme yöntemlerinde biri olan pnömatik kırıcılar, basınçlı hava ile birlikte çalışan ve silindirik bir gövde içerisinde ileri geri hareketi yapan ucunda aşındırıcı bölmesi olan pistonlardan oluşur. Bu pistonlar tuğla yüzeyine aşındırarak deforme tuğla yüzeyini temizler. Diğer bir yöntem ise kumlama makinesidir. Bu yöntemle, hava kompresörü 10 atm basınç altında kuru kumlama tozunu, hasarlı tuğla yüzeyine yüksek hızda gönderir ve tuğla yüzeyine aşındırarak temizler [26].

Temizlik işlemini sona ermesiyle deforme olmuş bölgeye seramik kaynak uygulanır. Fırın içi seramik kaynak uygulaması Şekil 3.5’de görülmektedir. Seramik kaynak

lansları fırın içerisinde hasarlı bölgelere ulaşabilmek için farklı boyutlarda seçilmektedir [25].



Şekil 3.5. Fırın içi seramik kaynak uygulaması.

Seramik kaynak tozu, seramik kaynak makinesine şarj edilmeden önce karıştırıcıda yaklaşık 10 dakika süreyle karıştırılır. Seramik kaynak tozları uygulanacak refrakterin kimyasal kompozisyonuna ve uygulanacak bölgenin sıcaklığına göre sınıflandırılır. Genellikle kok fırınlarında 2 tip seramik kaynak tozu kullanılır. Bunlardan biri fırın içinde kullanılırken diğeri ise termal şokun çok olduğu fırın kapı ağız bölgelerinde, fırın kasa kenarlarında ve şamot tuğla hasarlarında kullanılır [26].

Daha sonra lans ucunun fırın içerisinde ateş alarak seramik kaynak makinesinden gelen toz ve oksijen ile yanması sağlanır. Ateşlenen lans temizlenmiş bölge üzerinde hareket ettirilerek katman oluşturularak hasarlı bölgeler doldurulur. Eğer ki tuğla hasarı büyük ve derin ise fırın refrakter yapısına benzer özellikte olan sıfır genleşmeli tuğlalar (modül tuğla) kullanılır. Derin bölgelere yerleştirilen sıfır genleşmeli tuğlaların etrafı seramik kaynakla doldurulur ve birleşme noktaları, yüzeyleri kaynakla kaplanır. Sıfır genleşmeli tuğlalarla tamir edilmiş bir fırın duvar

Şekil 3.6’da görülmektedir. Sıfır genişmeli tuğlalarının kullanılmasının avantajı hasar derinliği azaltılarak, daha az seramik kaynak tozu kullanılmasıdır [17].



Şekil 3.6. Sıfır genişmeli tuğla ile tamir edilmiş fırın duvarı.

Seramik kaynak dolgusu, tuğla yüzeyini maksimum 1 cm üzerinde olacak şekilde, düz ve aynı şekilde yapılır. Yapılan seramik kaynak yüzey kontrolü, gözle veya gerekli durumlarda şablonlarla yapılmaktadır. Seramik kaynak tamirati tamamlanmış fırın duvarları Şekil 3.7’de görülmektedir. Seramik kaynak tamirati sonunda fırın tabanına dökülen yanmış seramik kaynak tozu ve tuğla parçaları temizlenir ardından fırın ön ısıtma işlemine tabi tutulur ve ısıtma tamamladıktan sonra fırın şarj edilerek tekrar üretime dahil edilir [17].



Şekil 3.7. Seramik kaynak uygulanmış fırın duvarları.

## BÖLÜM 4

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 4.1. SERAMİK KAYNAK UYGULAMASI

Seramik kaynak COS-21 model makine ile uygulanmıştır. Makine 5 bar oksijen ve 1,5 bar azot basıncı ile çalışmaktadır. Uygulama sırasında makinede harcanan oksijen miktarı 30 m<sup>3</sup>/saattir. Seramik kaynak, numunelere oda sıcaklığında (25 °C) uygulanmıştır. Bu uygulama Şekil 4.1’de görülmektedir. Belirtilen parametrelerde uygulanan seramik kaynak sonucu Çizelge 4.1’de verilmiş olan numuneler elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Deney numunelerine yapılan seramik kaynak uygulaması.

Çizelge 4.1. Numune kod ve özellikleri.

Numune Kodları	Tuğla	Seramik Kaynak Tozu
Ş	Şamot	-
M	Modül	-
S	Silika	-
ŞST	Şamot	ST
ŞST+	Şamot	ST+
SST	Silika	ST
SST+	Silika	ST+
MST	Modül	ST
MST+	Modül	ST+



Şekil 4.2. Seramik kaynak uygulanmış şamot ve modül tuğla.

İki farklı seramik kaynak tozu (ST ve ST+) şamot, silika ve modül tuğlaların yüzeylerinin kaplaması için kullanılmıştır. Şamot ve modül tuğlaya uygulana yüzey kaplaması Şekil 4.2’de görülmektedir. Silika tuğlaya kaplama yapılması esnasında, tuğla çatlamış ve kaplama, tuğla yüzeyinden ayrılmıştır. Bu durumun sebepleri; silika tuğlasının termal genişleme katsayısının yüksek olması, kaplama ve tuğla arasındaki genişleme farkı ve ani yüksek sıcaklıktır. Silika tuğlasına uygulanan seramik kaynak kaplaması Şekil 4.3’te gösterilmiştir. Silika tuğlasında oluşan çatlamlar nedeniyle sonraki deneylere şamot ve modül tuğla ile devam edilmiştir.

Deneysel çalışmalarda kullanılan tuğlaların termal genişleme katsayıları Çizelge 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Seramik kaynak uygulanmış silika tuğla.

Çizelge 4.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan tuğlaların termal genişleme katsayıları.

Tuğla	Termal Genleşme % (1000 °C)
Silika	1,30
Şamot	0,55
Modül	0,20

#### 4.2. X-IŞINLARI FLORESANS (XRF) SPEKTROMETRESİ ANALİZİ

Numunelerin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi için Panalytical ZETIUM marka XRF cihazı kullanılmıştır. Numune analizleri seramik kaynak uygulaması yapılmadan önce alınmıştır. Analiz sonucunda tuğlaların ve kaynak tozlarının yüzdesel olarak kimyasal bileşimleri belirlenmiştir. Şekil 4.4’te deneysel çalışmalarda kullanılan XRF cihazının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.4. Deneysel çalışmalarda kullanılan XRF cihazı.

#### **4.3. POROZİTE VE YOĞUNLUK ÖLÇÜMÜ**

Kaplama yapılmamış tuğlalar, kaplama tozları ve kaplama yapılmış tuğlalar arasındaki görünür boşlukları ve yoğunlukları karşılaştırabilmek için porozite ve yoğunluk ölçümü yapılmıştır. Ölçümler ASTM C-20 standartlarına göre yapılmıştır.

#### **4.4. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) ANALİZİ**

Seramik tuğlalar ile kaplama tozları arasındaki geçiş bölgelerinin mikroyapısal ve faz analizlerinin yapmak için kullanılmıştır.

#### **4.5. BASMA DENEYİ**

Kaplamasız ve Kaplama uygulanmış tuğlalara hem kaplama yüzeylerinden hem de yan yüzeylerden basma deneyi uygulanarak mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır.

## BÖLÜM 5

### DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

#### 5.1. X-IŞINLARI FLORESANS SPEKTROMETRESİ (XRF) ANALİZ SONUÇLARI

Numune analizleri sonucunda tuğlalara kaplanan seramik kaynak tozlarının kimyasal bileşimlerinin, silika ve modül tuğlaların kimyasal bileşimine daha yakın olduğu görülmüştür. Kaplama tozları ile silika tuğlasını kimyasal bileşimi benzer olmasına rağmen kaplama silika tuğla üzerinde tutunamamıştır. Bu durumun sebepleri; silika tuğlasının termal genişleme katsayısının yüksek olması, kaplama ve tuğla arasındaki genişleme farkı ve uygulama esnasındaki yüksek sıcaklıktır. Numunelerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerin kimyasal bileşimi.

	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O (%)
<b>S</b>	95,43	0,79	0,94	2,29	0,11	-	-
<b>Ş</b>	43,39	53,42	1,77	0,48	0,39	-	0,55
<b>M</b>	97,38	0,48	0,46	-	-	1,34	0,03
<b>ST</b>	95,05	2,68	0,23	1,82	-	-	-
<b>ST+</b>	86,25	1,95	0,05	-	11,57	-	-

#### 5.2. POROZİTE VE YOĞUNLUK ÖLÇÜM SONUÇLARI

Şamot tuğlalara ve modül tuğlalara iki farklı kaplama uygulanmış ve bunun sonucunda numunelerin yoğunluk ve porozitelerinde değişimler gözlenmiştir. Numunelerin yoğunluk ve porozite ölçüm sonuçları Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.



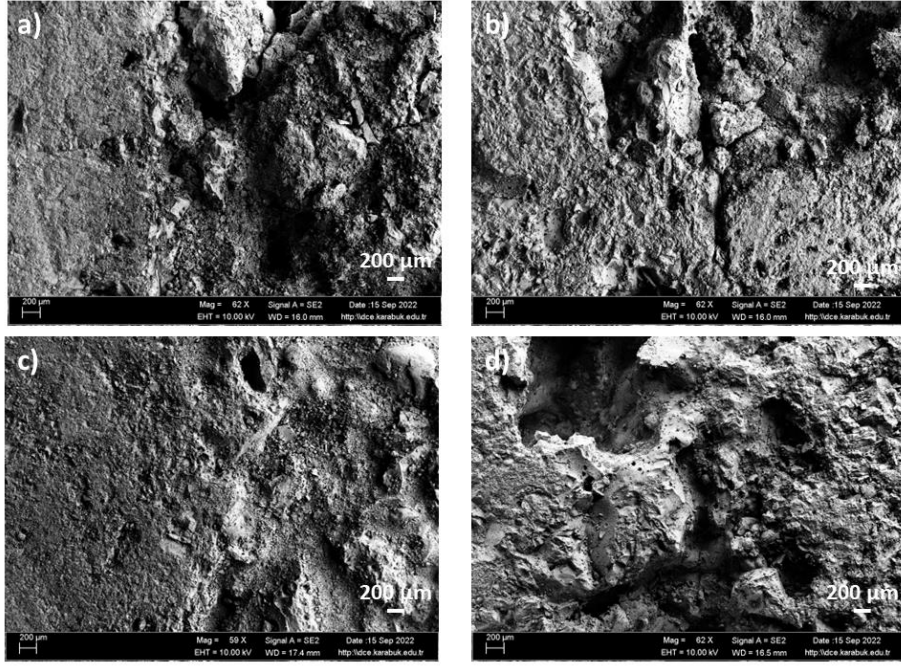
Kaplama sonucunda şamot tuğla numunelerinin yoğunluğunda azalma gözlenirken modül tuğla numunelerinde artış görülmektedir. Numunelerin kaplama sonrası porozitelerine bakıldığında, silika ve modül tuğla numunelerin tümünde azalma görülmektedir.

Çizelge 5.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerin yoğunluk ve porozite ölçümü.

	<b>Yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Porozite (%)</b>
<b>Ş</b>	2,32	19,30
<b>M</b>	1,72	23,16
<b>ST</b>	1,8	20,00
<b>ST+</b>	1,7	20,00
<b>ŞST</b>	2,20	16,56
<b>MST</b>	1,98	19,02
<b>ŞST+</b>	2,29	17,35
<b>MST+</b>	1,81	23,15

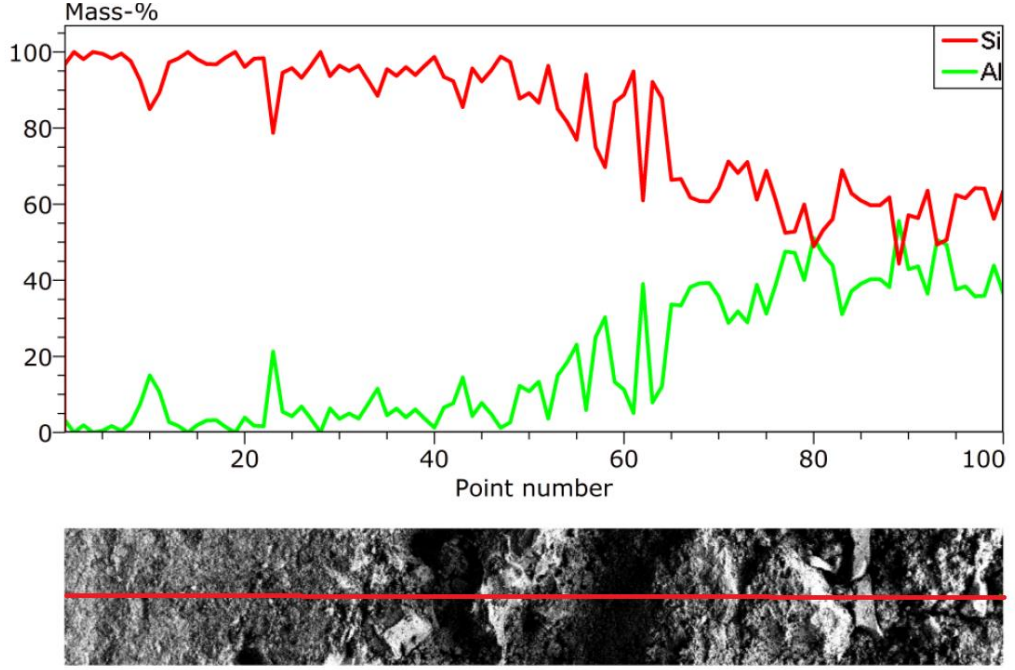
### **5.3. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) ANALİZ SONUÇLARI**

Şamot ve modül tuğlaya uygulanan S ve S+ seramik kaynak tozlarının taramalı elektron mikroskobundaki görüntüleri Şekil 5.1’de görülmektedir.



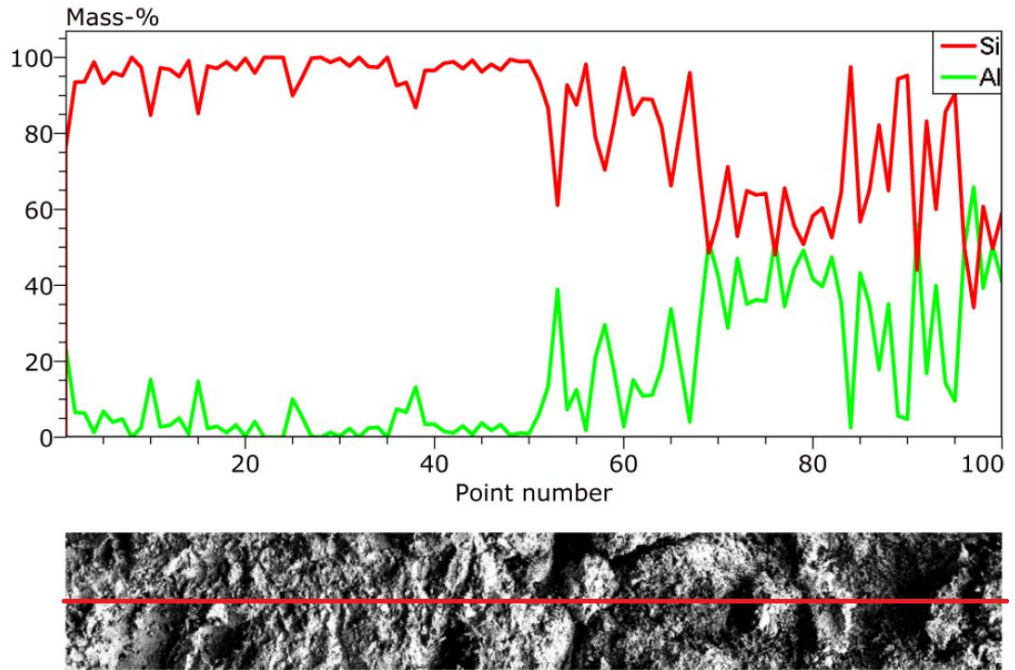
Şekil 5.1. a) ŞŞ b) ŞŞ+ c) MS d) MS+ seramik kaynak tozu refrakter tuğla ara yüzey görüntüsü (sol taraf toz, sağ taraf tuğla).

Şamot tuğlaya uygulanan S seramik kaynak tozunun EDS analizi Şekil 5.2’de görülmektedir. Sol taraftan sağ tarafa doğru çizgi EDS analizi boyunca Silisyum oranının azaldığı alüminyum oranının arttığı görülmektedir. Çizelge 5.1’de belirtildiği üzere S tozu ile şamot tuğla arasındaki belirgin kimyasal farklılık  $Al_2O_3$  bileşiği içeriğinden kaynaklanmaktadır. Çizgisel EDS analizi ile birlikte bu geçiş bölgesi tespit edilmiş ve kimyasal bağı da içeren bir ara yüzey geçiş bölgesi meydana geldiği anlaşılmıştır.

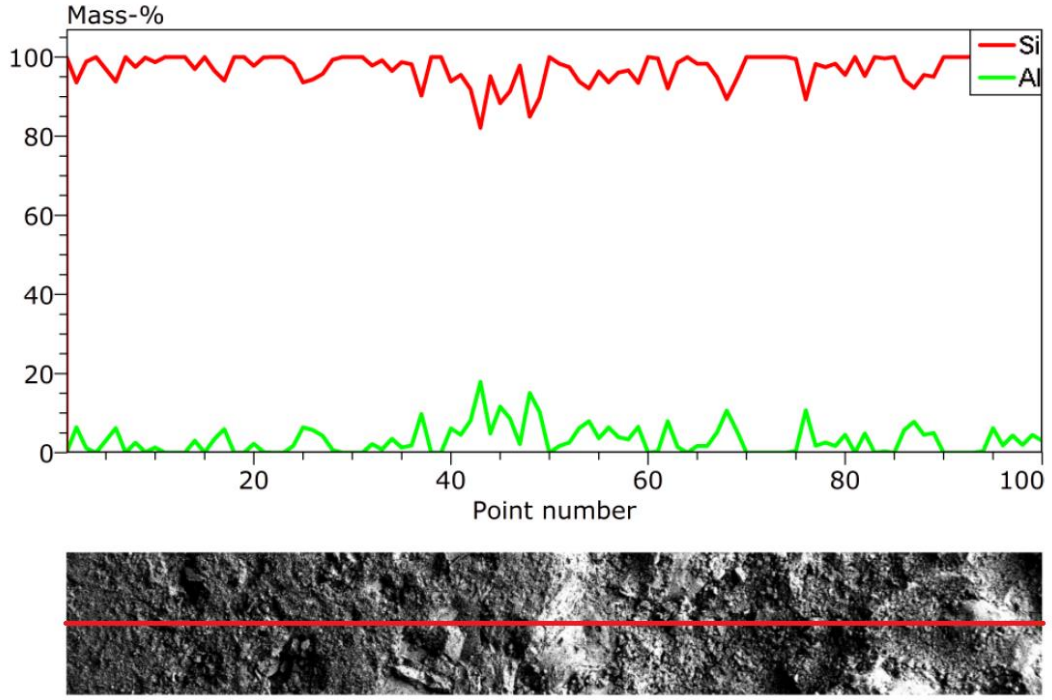


Şekil 5.2. ŞS tuğla seramik tozu arayüzeyden çizgi EDS analizi

Şamot tuğlaya uygulanan S+ seramik kaynak tozunun EDS analizi Şekil 5.3’de görülmektedir. S+ tozu şamot tuğla arasındaki belirgin kimyasal içerik farklılığı Çizelge 5.1’de görüldüğü üzere  $Al_2O_3$  bileşik içeriğinden kaynaklanmaktadır. Çizgi EDS analizi ile toz tuğla geçiş bölgesi tespit edilmiştir.

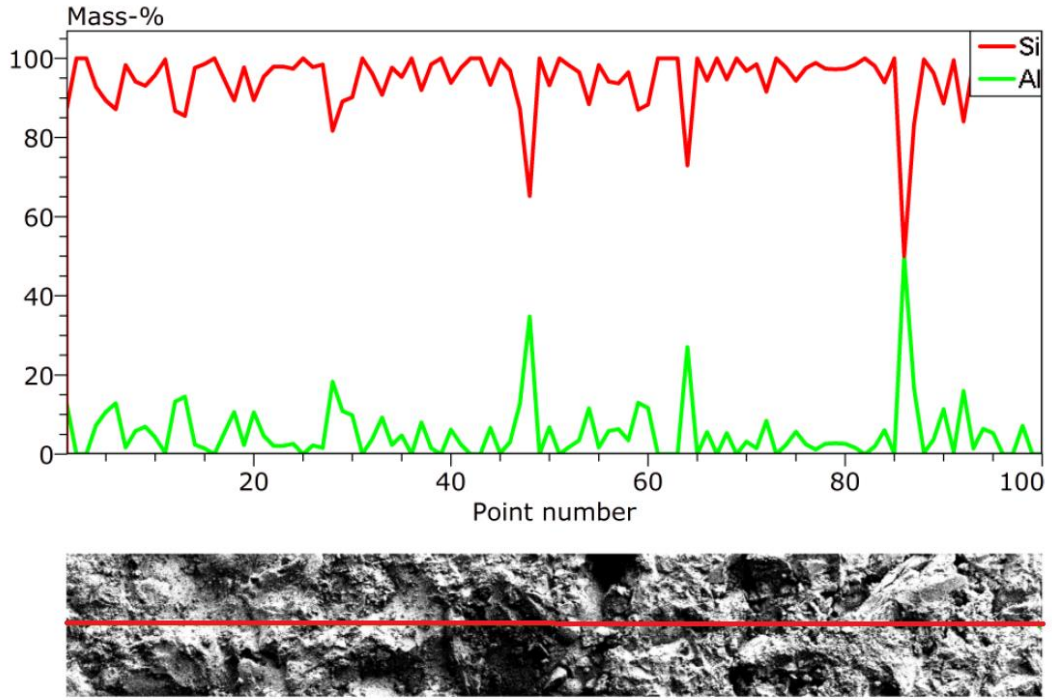


Şekil 5.3. ŞS+ tuğla seramik tozu arayüzeyden çizgi EDS analizi



Şekil 5.4. MS tuğla seramik tozu arayüzeyden çizgi EDS analizi.

Modül tuğlaya uygulanan S seramik kaynak tozunun EDS analizi Şekil 5.4'de görülmektedir. Toz tuğla geçiş bölgesinden alınan çizgi EDS analizinde Al ve Si elementlerine göre değerlendirme yapılmıştır. Modül tuğla ile S tozu arasında  $Al_2O_3$  ve  $SiO_2$  bileşikleri bakımından belirgin farklılık bulunmamasından dolayı çizgi EDS analizinde belirgin bir kimyasal içerik bakımından geçiş tespit edilememiştir.



Şekil 5.5. MS+ tuğla seramik tozu arayüzeyden çizgi EDS analizi.

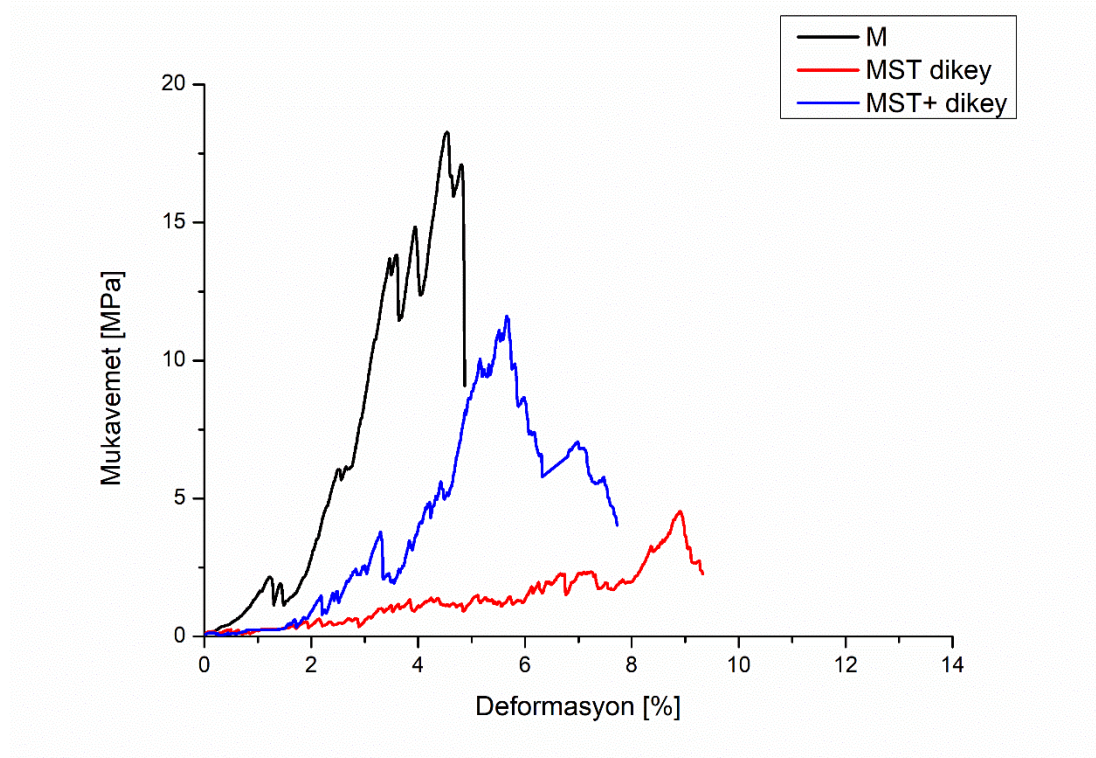
Modül tuğlaya uygulanan S+ seramik kaynak tozunun EDS analizi Şekil 5.5’de görülmektedir. Modül tuğla S tozu çizgi EDS analizinde olduğu gibi yine modül tuğla S+ tozları arasında  $Al_2O_3$  ve  $SiO_2$  bileşikleri bakımından belirgin farklılık olmadığı için kimyasal içerik bakımından geçiş tespit edilememiştir.

#### 5.4. BASMA DENEYİ SONUÇLARI

Seramik kaynak tozu kaplamalı ve kaplamasız modül ve şamot tuğlalara uygulanan maksimum mukavemet ve deformasyon yüzdeleri Çizelge 5.3’te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerin basma deney sonuçları.

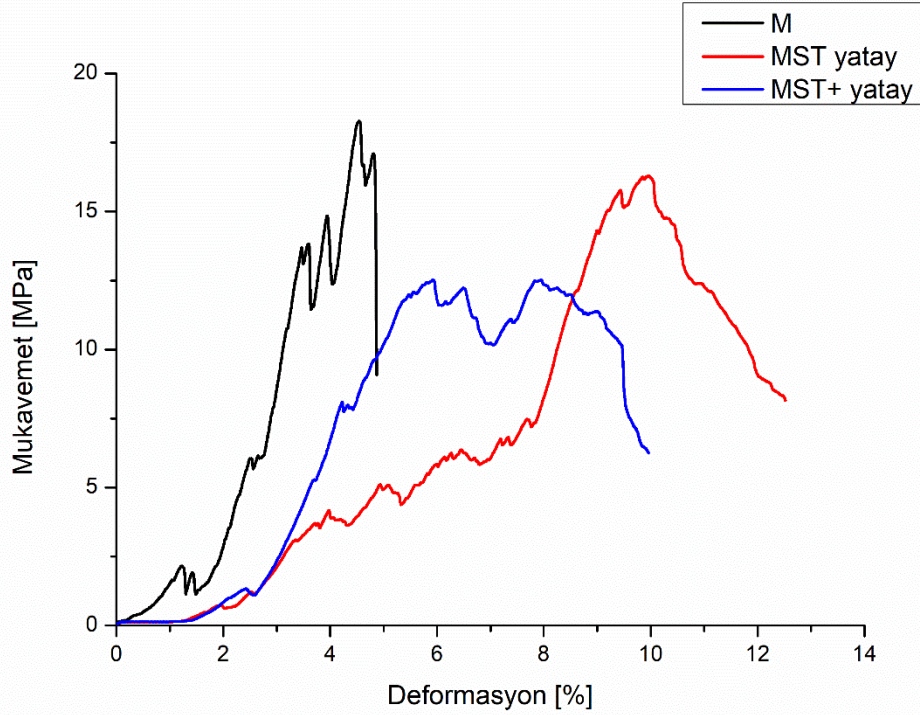
Numune Kodu	Maksimum Mukavemet (MPa)	Maksimum Mukavemetteki Deformasyon Miktarı (%)
Ş	16,48	2,98
M	18,27	4,54
ŞST dikey	5,12	9,33
ŞST+ dikey	8,05	5,86
MST dikey	4,53	8,90
MST+ dikey	11,61	5,66
ŞST yatay	8,43	9,95
ŞST+ yatay	15,49	9,28
MST yatay	16,30	9,96
MST+ yatay	12,52	5,92



Şekil 5.6. M, MST ve MST+ tuğlaları basma deneyi grafiği (dikey).

Kaplamasız modül tuğla ve S, S+ kaplamalı modül tuğlaya dikey (kaplama yüzeyinden) uygulanan kuvvet ve bunun sonucunda meydana gelen deformasyon

miktarı Şekil 5.6'daki grafikte görülmektedir. Her iki toz uygulamasında da kaplamalı modül tuğlanın basma mukavemetinin düştüğü görülmektedir. S tozu kaplı tuğlanın S+ tozu kaplı tuğlaya göre daha maksimum mukavemet olarak daha zayıf olduğu ancak maksimum yükteki % deformasyon bakımının çok daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

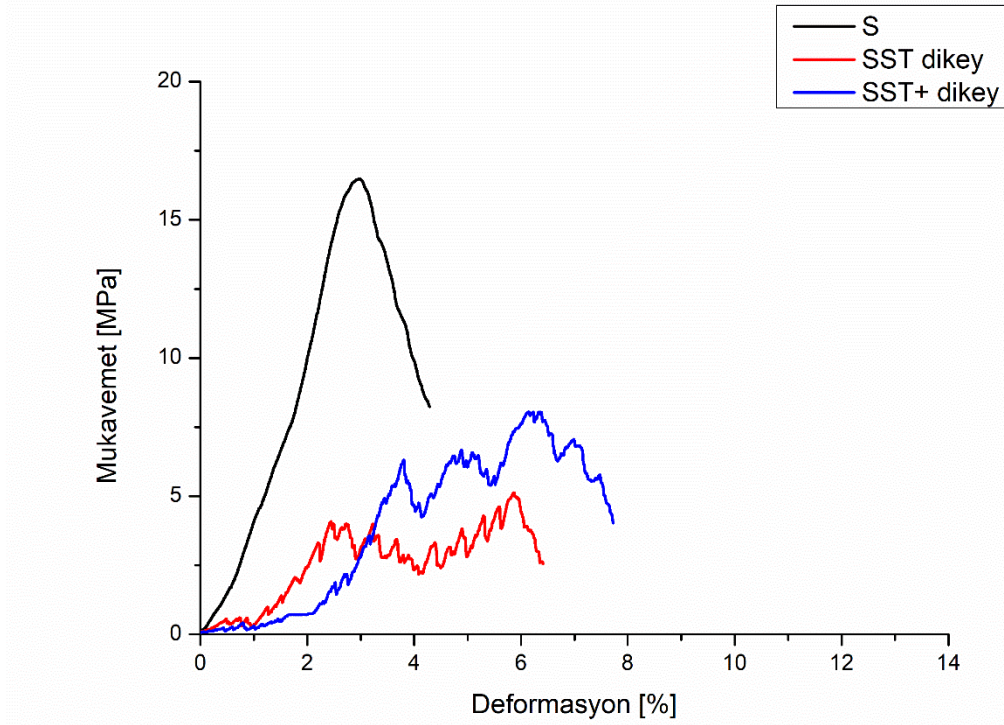


Şekil 5.7. M, MST ve MST+ tuğaları basma deneyi grafiği (yatay).

Kaplamasız modül tuğla ve S, S+ kaplamalı modül tuğlaya yatay (yan yüzeyden) uygulanan kuvvet ve bunun sonucunda meydana gelen deformasyon miktarı Şekil 5.7'deki grafikte görülmektedir. Yan yüzeyden uygulanan basma deneyinde S tozu kaplı numunelerde hem kaplamasız modül tuğla ile kıyaslanabilecek düzeyde maksimum mukavemet değerlerine ulaşıldığı hem de maksimum mukavemetteki % deformasyon kaplamasız modül tuğlanın iki katına kadar geliştiği gözlemlenmiştir.

Kaplamasız şamot tuğla ve S, S+ kaplamalı şamot tuğlaya dikey (kaplama yüzeyinden) uygulanan kuvvet ve bunun sonucunda meydana gelen deformasyon miktarı Şekil 5.8'deki grafikte görülmektedir. Şamot tuğlaya uygulanan iki farklı tozla kaplanmış numunelerden elde edilen basma deney sonuçlarında kaplamasız

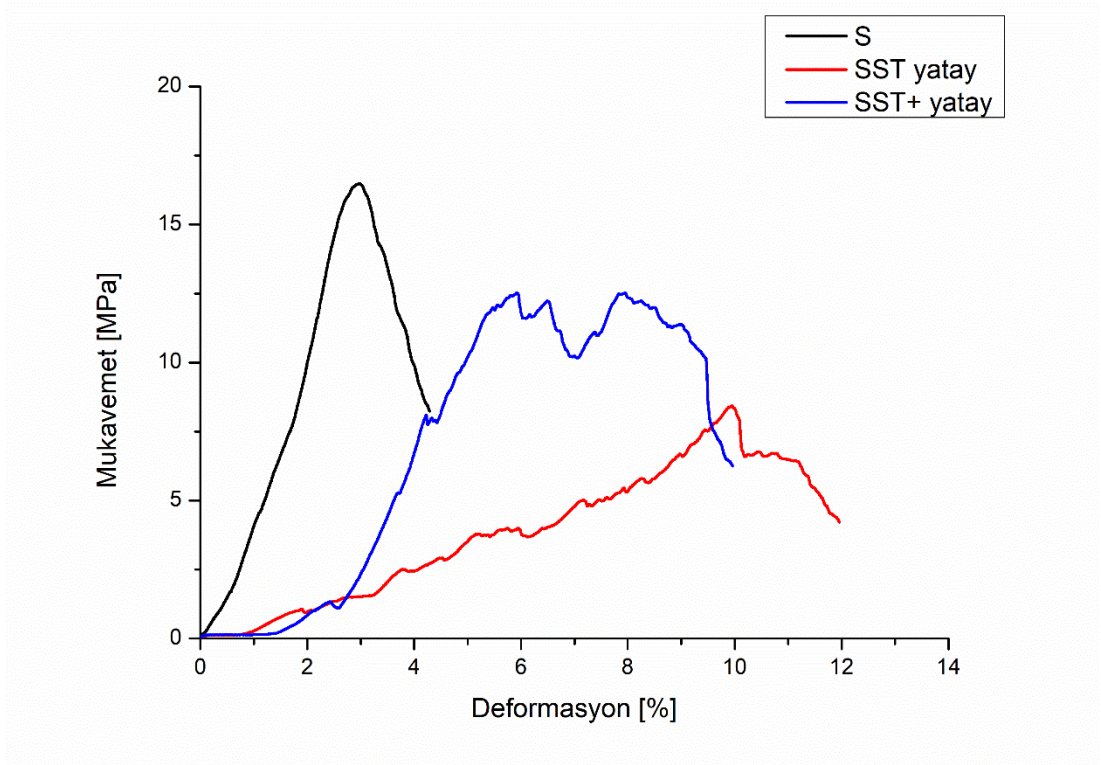
şamot tuğlaya göre belirgin şekilde maksimum mukavemet değerlerinin düştüğü görülmektedir. Bunun yanında maksimum yükteki uzama miktarları iki farklı kaplama tozunda da arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.8. Ş, ŞST ve ŞST+ tuğlaları basma deneyi grafiği (dikey).

Kaplamasız şamot tuğla ve S, S+ kaplamalı şamot tuğlaya yatay (yan yüzey) uygulanan kuvvet ve bunun sonucunda meydana gelen deformasyon miktarı Şekil 5.9'daki grafikte görülmektedir. Kaplamalı tuğlaların maksimum mukavemet değerlerinin dikey yüzeyden elde edilen mukavemet değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak modül tuğlada olduğu gibi kaplamasız tuğla ile karşılaştırılabilecek düzeyde de yüksek olmadığı tespit edilmiştir. Çizelge 5.1'de XRF analiz sonuçlarında da görüleceği gibi modül tuğla ile S ve S+ tozlarının kimyasal içerikleri şamot tuğla ile S ve S+ tozlarının kimyasal içeriklerine göre daha benzerdir. Buna seramik kaynak uygulaması esnasında kimyasal bağlanmayı kolaylaştırıp daha dayanıklı bir tuğla-toz arayüzeyi oluşmasına sebep olmuş olabilir.





Şekil 5.9. Ş, ŞST ve ŞST+ tuğlaları basma deneyi grafiği (yatay).

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR

Bu çalışmada İki farklı seramik kaynak tozu (ST ve ST+) şamot, silika ve modül tuğla yüzeylerine kaplanmıştır. Seramik kaynak tozları ve tuğlalara (X-Işını Floresans) XRF analizi yapılarak kimyasal bileşimleri tespit edilmiştir. Kaplamalı ve kaplamasız tuğlaların porozite ve yoğunluk ölçümleri, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi ve mekanik özelliklerin nasıl etkilendiğini öğrenmek için basma deneyi uygulanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda;

- XRF analiz sonuçlarına göre silika, şamot ve modül tuğla arasındaki belirgin farklılığın  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{CaO}$  faz içerik oranlarından kaynaklandığı belirlenmiştir.
- Seramik kaynak tozları S ve S+ arasındaki farklılığın  $\text{CaO}$  faz içeriğinden kaynaklı olduğu anlaşılmıştır.
- Yoğunluk ölçümlerine göre seramik kaynak uygulaması ile şamot tuğlanın yoğunluğunun düştüğü modül tuğlanın ise arttığı tespit edilmiştir.
- Her iki seramik kaynak tozu ile kaplanan şamot ve modül tuğlaların porozitelerinin düştüğü belirlenmiştir.
- Şamot ve modül tuğlaya uygulanan seramik kaynak kaplaması sonucunda, tuğlaların maksimum basma mukavemetleri düştüğü görülmüştür.
- Silika tuğlalara oda sıcaklığında seramik kaynak toz kaplaması yapılamayacağı tespit edilmiştir.

Uygulanmış olan testler ve analizler neticesinde, kok fırınlarının düşük sıcaklıkta ki bölgelerinde kullanılan şamot tuğlaların, seramik kaynak uygulanarak tamiratının yapılabileceği anlaşılmıştır. Mevcut durumda fırın içerisinde oluşan delikler, modül tuğlaların fırın içerisinden birkaç kez ölçü alınarak, yine fırın içerisinde kaynak yapılması yöntemi gerçekleştiriliyordu. Bu çalışma sayesinde modül tuğlanın oda

sıcaklığında, yani fırın dışında kaynağı gerçekleştirilerek fırın içerisine yerleştirilebileceği tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Kalaycıoğlu, O., “Kardemir’de ray üretiminde iyileştirmeler”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 2-10 (2006).
2. Bulungiray, N., “Özelleştirmenin sosyo-ekonomik etkileri üzerine bir uygulama: Kardemir örneği”, *Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 88-97 (2006).
3. Karaarslan, Z., “Kardemir A.Ş. kapasite artışının katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi sürecinin analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Karabük, 28-30 (2013).
4. Ersöz, Y. H., Özdemir, S. ve Yavuz, A., “Özelleştirmede çalışanların mülkiyet sahipliği: Kardemir örneği”, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Bölümü*, 46 (3): 2-14 (2003).
5. İnternet: KARDEMİR A.Ş., "Kilometre Taşları", [https://www.kardemir.com/kilometre\\_taslari](https://www.kardemir.com/kilometre_taslari) (2021).
6. İnternet: KARDEMİR A.Ş., "Ürün Katalođu, Üretim Akış Şeması", [https://www.kardemir.com/dosyalar/satispazarlama/urunkatalogu/kardemir\\_urunler.pdf](https://www.kardemir.com/dosyalar/satispazarlama/urunkatalogu/kardemir_urunler.pdf) (2021).
7. Ünal, M., “Yüksek Fırın Ders Notları”, *Karabük Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü*, Karabük (2019).
8. Endüstri Mühendisliği Müdürlüğü, “Kardemir tesisleri teknik özellikleri ve kapasiteleri raporu”, *Kardemir A.Ş.*, Karabük, 1-14 (2016).
9. Ağuş, M., "Kok Fabrikaları Prosedürü", *Kok Fabrikaları Müdürlüğü, KARDEMİR A.Ş.*, Karabük, 1-3 (2019).
10. Özdemir, Ö., "Kardemir Kok Fabrikalarının kuruluşundan bugüne gelişimi", *Kok Fabrikaları Müdürlüğü KARDEMİR A.Ş.*, Karabük, 1-11 (2021).
11. Şişli, İ., “Sürekli döküm tandişlerindeki cüruf ile refrakter etkileşimleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü*, Karabük, 2-6 (2016).

12. Kaya, K., “Çimento döner fırınlarında kullanılan bazik refrakter tuğlaların kontrol parametrelerinin karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bartın, 3-22 (2014).
13. Yarbil, S., “Refrakter tuğla üretiminde kullanılan hammaddelerin ve refrakter tuğlaların bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana, 3-33 (2012).
14. Brunk, F., “Silica bricks for modern coke oven batteries”, **Cokemaking International, Düsseldorf**, 37-40 (2000).
15. İnternet: ISITES2014, "Kok bataryalarının devreye alınması, işletilmesi ve asgari çalışma şartlarının araştırılması", <https://isites.info/PastConferences/ISITES2014/ISITES2014/papers/A12-ISITES2014ID263.pdf> (2014).
16. Kasai, K. and Tsutsui, Y., “Recent Technology of coke oven refractories”, **Nippon Steel Technical Report**, Tokyo, 55-62 (2008).
17. Çifçi, O. ve Seçen S., “Kok bataryalarında seramik kaynak uygulamaları”, **IV. Demir – Çelik Kongresi**, Zonguldak, 87-92 (2007).
18. Zlamal, F., “Ceramic welding composition and process”, **United States Patent No:4900484**, Hobart, 1-16 (1990).
19. İnternet: Fuse Tech, "Fuse tech hot tech ceramic welding", <https://fusetech.com/services/ceramic-welding/> (2021).
20. Huang, T., “Ceramic welding for no:31 hot stove wall of blast furnance”, **China Steel Technical Report**, China, 84-89 (2019).
21. Shchepeteva, N. P. and Davydov, V. V., “High tempetature ceramic welding: A new solution to the problem of maintenance of refractory linings”, **Refractories and Industrial Ceramics**, 41-44 (1999).
22. Robyn, P. and Zivkovic, A., “Ceramic welding process”, **United States Patent No:5270075**, Brussels, 1-36 (1993).
23. Mottet, L. P., Zvosec, M. C. and Cherico, D. S., “Ceramic welding process”, **United States Patent No:5242639**, Brussels, 1-32 (1993).
24. Uslu C., “Seramik kaynak prosesi ve uygulama notları”, **Kok Fabrikaları Müdürlüğü Kardemir A.Ş.**, Karabük, 3-6 (2016).
25. Zivkovic, A., “Ceramic welding method with monitored working distance”, **United States Patent No:5372493**, Brussels, 1-8 (1995).

26. Schoen, R., “Countinuous improvement in the maintenance of coke oven batteries”, A *Publication Of The American Coke And Coal Chemicals Institute*, Washington, 1-3 (2004).
27. Cordova, M. and Madias, J., “Coke oven life prolongation”, *45. Ironmaking*, Rio de Janeiro, 254-264 (2015).

## ÖZGEÇMİŞ

Göktuğ SUNGUR ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde, lise öğrenimini ise Edirne’de tamamladı. 2008 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2009 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliğine yatay geçiş yaparak 2012 yılında mezun oldu. 2012 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ,Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı’nda devam etmektedir. 2016 yılında beri Kardemir Demir Çelik Fabrikasında Bataryalar İşletme Mühendisi olarak görev yapmaktadır.