



**ÇELİK ÜRETEEN BİR ENDÜSTRİ TESİSİNDE  
ENERJİ MALİYETİNİN DÜŞÜRÜLMESİ  
ÇALIŞMASI**

**Shahin MOHSUNLU**

**2021  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Khangardash ASGAROV**

**ÇELİK ÜRETEN BİR ENDÜSTRİ TESİSİNDE ENERJİ MALİYETİNİN  
DÜŞÜRÜLMESİ ÇALIŞMASI**

**Shahin MOHSUNLU**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Makina Mühendisliği Anabilim Dalında  
Tezin Derecesi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Khangardash ASGAROV**

**KARABÜK  
Ocak 2021**

Shahin MOHSUNLU tarafından hazırlanan “ÇELİK ÜRETEN BİR ENDÜSTRİ TESİSİNDE ENERJİ MALİYETİNİN DÜŞÜRÜLMESİ ÇALIŞMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Khangardash ASGAROV .....

Tez Danışmanı, Konstrüksiyon İmalatı Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Makine Mühendiliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 21.01.2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Yaşar YETİŞKEN (KBÜ) .....

Üye : Prof. Dr. Khangardash ASGAROV (KBÜ) .....

Üye : Doç. Dr. Mükemin YILMAZ (BÜ) .....

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ .....

Fen Bilimleri 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.”*

Shahin MOHSUNLU

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ÇELİK ÜRETEN BİR ENDÜSTRİ TESİSİNDE ENERJİ MALİYETİNİN DÜŞÜRÜLMESİ ÇALIŞMASI**

**Shahin MOHSUNLU**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. Khangardash ASGAROV**

**Ocak 2021, 101 sayfa**

Bu araştırmada demir çelik sektöründe yaygın kullanılan üretim yöntemlerinden olan elektrik ark ocaklarında, çelik üretim aşamasında harcanan enerjiden tasarruf etmek ve üretimin yükseltilmesi amacıyla uygulanmaya konulacak yöntemler incelenmiştir. Bu incelemeler bağlamında güç girdisinin yükseltilip, istikrarlı ve kullanışlı halde olması, üretim süresini azaltarak enerji kaybının önlenmesi, kimyasal enerjinin devreye alınıp elektrik enerjisinden tasarruf edilmesi araştırılmıştır.

Bu araştırmayı yaparken bazı uygulamalar gerçekleştirilip ve ulaşılan veriler karşılaştırılmıştır. Bahsi geçen tasarruf ve üretim verimliliği yöntemlerinin masraflarının yüksek olması sebebiyle hayata geçirilememiştir. Dünya üzerinde uygulanabilen yöntemlerin verileri toplanarak araştırma gerçekleştirilmiştir.

Yapılan araştırmalar neticesinde elde edilen verilere bakıldığında fırınlarda elektrik arkının meydana getirilebilmesi, ark kararlılığının devam ettirilebilmesi ve elektrik enerjisinin olabildiğince en fazla şekilde fırına iletilebilmesi, ocağa iletilebilmesi zorunlu olan maksimum enerjinin bir kısmının kimyasal enerji yolu ile karşılanabilmesi ve bu sistemlerden elde edilen sonuçların yansıtılabilmesi bu çalışmanın amaçlarındandır. Bu yöntemlerden başka elektrik ark fırınlarında bulunan elektrot ve refrakter kullanımında tasarruf sağlandığına da varılmıştır.

**Anahtar Sözcükler :** Elektrik ark ocağı, çelik üretimi, enerji yöntemi

**Bilim Kodu** : 91438

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **ENERGY COST REDUCTION STUDY AT A STEEL-PRODUCING INDUSTRIAL PLANT**

**Shahin MOHSUNLU**

**Karabuk University  
Institute of Graduate Programs  
Mechanical Engineering Department**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. Khangardash ASGAROV**

**January 2021, 101 pages**

In this research, the methods to be applied in electric arc furnaces, which are one of the common production methods in the iron and steel industry, in order to save energy consumed in the steel production stage and to increase production were examined. In the context of these investigations, the increase in the power input to make it stable and useful, reduction in the production time to prevent energy loss, and the activation of chemical energy to save electricity have been analysed.

While doing this research, some applications were carried out and the data obtained were compared. The aforementioned saving and production efficiency methods could not be implemented due to their high costs. The research was carried out by collecting the data from the worldwide applicable methods.

Considering the data obtained, it is among the aims of this study to create an electric arc in furnaces, to maintain arc stability and to transmit electrical energy to the furnace as much as possible, to meet some of the maximum energy required to be transmitted to the furnace by chemical energy and to reflect the results obtained from these systems. Apart from these methods, it was also found that savings were achieved in the use of electrodes and refractories in electric arc furnaces.

**Key Word** : Electric arc furnace, steel production, energy method

**Science Code** : 91438



## TEŞEKKÜR

İlk önce her zaman yanımda olan ve beni hep destekleyen aileme teşekkür ederim. Bu çalışmada, desteğini ve yardımını esirgemeyen ve her zaman yanımda olan, bana yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Khangardash ASGAROV'a teőekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında bana yardım eden, destek gösteren Sayın Prof. Dr. Yaşar YETİŞKEN'e ve manevi olarak yanımda olan arkadaşım Mert YILMAZ'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	5
DEMİR ÇELİK ÜRETİMİ VE YÖNTEMLERİ .....	5
2.1. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1.1. Çeliğin Tanımı.....	7
2.1.2. Demir Çeliğin Doğuşu .....	8
2.1.3. Demir Çeliğin Özellikleri ve Üstünlükleri .....	9
2.2. ÇELİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....	10
2.2.1. Bessemer Yöntemi .....	11
2.2.2. Tomas Yöntemi .....	13
2.2.3. Siemens – Martin Yöntemi .....	15
2.2.4. Oksijen Üfleme Yöntemleri (BOF).....	17
2.2.4.1. Döner Konverter Yöntemi.....	18
2.2.4.2. LD Yöntemi.....	19
2.2.4.3. LDAC Yöntemi .....	20
2.2.4.4. Kadlo Yöntemi .....	21
2.2.5. Elektrik Ark Fırın Yöntemi.....	21
2.2.6. İndüksiyon Ocak Yöntemi .....	23

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.3. DEMİR ÇELİK ÜRÜN ÇEŞİTLERİ.....	24
2.3.1. Uzun çelik ürünleri.....	25
2.3.2. Yassı çelik ürünleri.....	25
2.3.3. Çelik Boru Ürünleri.....	25
2.3.4. Vasıflı Çelik Ürünleri.....	26
2.4. HADDEHANELER .....	27
BÖLÜM 3 .....	28
DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ .....	28
3.1. DÜNYA DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ .....	28
3.1.1. Dünya Ham Çelik Üretimi.....	28
3.1.2. Türkiye’de Ham Çelik Üretimi.....	33
3.2. KAPASİTE KULLANIM ORANLARI (KKO) .....	36
3.2.1. Dünyada Kapasite Kullanım Oranları .....	36
3.2.2. Türkiyede Kapasite Kullanım Oranları .....	37
3.3. TÜKETİM DURUMU .....	41
3.3.1. Dünyada Tüketim Durumu .....	41
3.3.2. Türkiye’de Tüketim Durumu.....	43
3.4. DEMİR ÇELİK TİCARETİ .....	45
3.4.1. Dünyada Demir Çelik Ticareti.....	45
3.4.2. Türkiye’de Demir Çelik Ticareti .....	46
3.5. DÜNYA HAMMADDE PİYASALARI.....	47
3.5.1. Demir Cevheri .....	48
3.5.2. Kok Kömürü .....	49
3.5.3. Hurda .....	51
3.6. DÜNYADA GERİ DÖNÜŞÜM SANAYİİ.....	54
3.7. DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜNDE REKABET GÜCÜ.....	55
3.7.1. Sektörün Rekabet Gücünün Artırılması ve Verimlilik.....	57
3.8. DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜNÜN SWOT ANALİZİ.....	58
3.8.1. Sektörün Güçlü Yönleri ve Fırsatlar .....	58
3.8.1.1. Güçlü Yönler .....	58
3.8.1.2. Fırsatlar.....	59

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.8.2. Sektörün Zayıf Yönleri ve Tehditler .....	60
3.8.2.1. Zayıf Yönleri .....	60
3.8.2.2. Tehditler .....	61
<b>BÖLÜM 4 .....</b>	<b>63</b>
<b>ELEKTRİK ARK OCAKLARINDAKİ ÜRETİM SIRASINDA HARCANAN ENERJİ GEREKSİNİMİNİN ANALİZİ .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1. ÇELİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....</b>	<b>63</b>
4.1.1. Entegre Sistemlerde Çelik Üretimi .....	63
4.1.2. Elektrik Ark Ocağı İle Çelik Üretimi.....	65
<b>4.2. ÇALIŞMASI YAPILAN ELEKTRİK ARK OCAKLARI'NIN     İNCELENMESİ .....</b>	<b>67</b>
4.2.1. Elektrik Ark Ocağında Sıvı Çelik Üretimi Esnasında Gerçekleşen Kimyasal Reaksiyonlar .....	68
<b>4.3. ELEKTRİK ARK OCAĞINA YÜKLENEN MALZEMELER .....</b>	<b>69</b>
4.3.1. Hurda.....	69
4.3.2. Antrasit Kömürü.....	70
4.3.3. Sönmemiş Kireç .....	71
4.3.4. Elektrot .....	72
4.3.5. Doğalgaz.....	72
4.3.6. Oksijen .....	73
<b>4.4. ELEKTRİK ARK OCAĞINDAN ÇIKAN MATERYALLER .....</b>	<b>73</b>
4.4.1. Sıvı Çelik.....	73
4.4.2. Cüruf.....	74
<b>4.5. DEMİR ÇELİK ÜRETİMİ İÇİN GEREKEN ENERJİ VE HAMMADDE .</b>	<b>74</b>
<b>4.6. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>79</b>
<b>4.7. ELEKTRİK ARK OCAKLARINDA ÜRETİM .....</b>	<b>80</b>
4.7.1. Ocağa Şarj .....	80
4.7.2. Ergitme .....	82
4.7.3. Saflaştırma.....	84
4.7.4. Cüruf Giderme.....	88
4.7.5. Döküm Devirme İşlemi.....	90
4.7.6. Ocağın Yeni Döküme Hazırlanması İşlemi .....	91

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.8. ELEKTRİK ARK OCAKLARINDA ENERJİ GEREKSİNİMİNİN İNCELENMESİ .....	92
4.9. ELEKTRİK ARKININ OLUŞTURULMASI İŞLEMLERİ.....	94
BÖLÜM 4 .....	97
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	97
KAYNAKLAR .....	99
ÖZGEÇMİŞ .....	101

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1.	Bessemer konverterinin şematik olarak gösterimi. ....	12
Şekil 2.2.	Siemens – Martin fırınının şematik gösterimi. ....	16
Şekil 2.3.	Bazık oksijen fırınının şeması. ....	17
Şekil 2.4.	Yatay konumundaki oksijen konverterinin şematik gösterimi. ....	19
Şekil 2.5.	LD Konverterinin kesitinin şematik gösterimi. ....	20
Şekil 2.6.	Elektrik ark fırınının şematik gösterimi. ....	22
Şekil 2.7.	Endüksiyon fırınının şematik gösterimi. ....	23
Şekil 2.8.	Haddeleme işlemi. ....	27
Şekil 2.9.	Çelik Üretim prosesi. ....	27
Şekil 3.1.	Dünya ham çelik üretimi (Milyon ton). ....	29
Şekil 3.2.	Dünya çelik üretiminde bölgelerin payı (Bin ton). ....	31
Şekil 3.3.	İlk 10 ülke çelik üretimi (Milyon ton). ....	32
Şekil 3.4.	Türkiye çelik üreticileri. ....	35
Şekil 3.5.	Dünya ham çelik üretim kapasitesi (Milyon ton). ....	36
Şekil 3.6.	Gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkeler ve Çin'deki çelik tüketim payları. ....	37
Şekil 3.7.	Üretim yöntem durumu. ....	39
Şekil 3.8.	Bölgeler göre miktar bazında çelik ihracatı (1.000; %pay). ....	46
Şekil 3.9.	Bölgeler göre miktar bazında çelik ithalatı (1.000; %pay) ....	47
Şekil 3.10.	Çelik üretiminde kullanılan demir çelik hurdası. ....	52
Şekil 3.11.	Dünyada ortalama karlılık (FVAÖK/Satış) (%). ....	56
Şekil 4.1.	Çelik üretim yöntemleri gösterimi. ....	63
Şekil 4.2.	Elektrik ark ocağının genel görüntüsü. ....	67
Şekil 4.3.	Elektrik ark ocağına giren ve çıkan malzemelerin şematik gösterimi. ...	68
Şekil 4.4.	Hurdanın kimyasal analizi. ....	70
Şekil 4.5.	Antrasit kömürün kimyasal analizi. ....	71
Şekil 4.6.	Sönmemiş kirecin kimyasal analizi. ....	71
Şekil 4.7.	Elektrodun kimyasal analizi. ....	72
Şekil 4.8.	Doğalgazın kimyasal analizi. ....	73
Şekil 4.9.	Dünya elektrik fiyatları. ....	75

**Sayfa**

Şekil 4.10. Elektrik ark ocaklarının tarihsel gelişimi .....	78
Şekil 4.11. Elektrik ark ocağı çalışma periyodu. ....	83
Şekil 4.12. Elementlerin oksijen eğilimleri.....	85
Şekil 4.13. Örnek bir ark ocağı için elektrik enerjisi karşılaştırma grafiği. ....	94
Şekil 4.14. Ark gerilimi ve akımının temel hareketleri ( $\text{Cos}\Phi=0,95$ ).....	95
Şekil 4.15. Ark gerilimi ve akımının temel hareketleri ( $\text{Cos}\Phi=0,707$ ).....	96

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Dünyada çelik üretiminin yöntemlere göre dağılımı. ....	11
Çizelge 3.1. Bölgeler itibariyle dünya ham çelik üretimi (Bin ton).....	30
Çizelge 3.2. Dünya ham çelik üretimi (Bin ton). ....	30
Çizelge 3.3. Bölgeler bazında çelik üretim dağılımı.....	31
Çizelge 3.4. Dünyadaki ilk 20 şirket (Çelik üreticisi).....	33
Çizelge 3.5. Ham çelik üretimi (Milyon ton).....	34
Çizelge 3.6. Türkiye'nin ürünlere ve yöntemlere göre ham çelik üretimi (Milyon ton). ....	35
Çizelge 3.7. Ham çelik kapasitesi (1.000 ton). ....	38
Çizelge 3.8. Türkiye'nin ham çelik üretim kapasitesi (1.000 ton).....	38
Çizelge 3.9. BOF ve EAO'lu tesislerin KKO'ları (2012-2017).....	40
Çizelge 3.10. Bölgeler bazında kişi başına düşen ham çelik tüketimi (Kg). ....	41
Çizelge 3.11. Ülkeler bazında bazında kişi başına düşen ham çelik tüketimi (Kg)...	42
Çizelge 3.12. Ülkeler bazında ham çelik tüketimi (Milyon ton).....	43
Çizelge 3.13. Türkiye'nin nihai mamul tüketimi (1.000 Ton). ....	43
Çizelge 3.14. Türkiye'de nihai mamul tüketimi (1.000 Ton). ....	44
Çizelge 3.15. Demir çelik dış ticareti (Milyon ton). ....	45
Çizelge 3.16. Çelik dış ticareti yapan ülkeler. ....	45
Çizelge 3.17. İşletme maliyetlerinin payları (%). ....	48
Çizelge 3.18. Demir cevheri üretimi, tüketimi ve rezervleri, 2011.....	48
Çizelge 3.19. Dünya kok kömürü üretimi ve kapasitesi. ....	50
Çizelge 3.20. Dünya kok kömürü ticareti. ....	51
Çizelge 3.21. İkincil demir çelik üretimi yapan başlıca ülkeler.....	52
Çizelge 3.22. Başlıca hurda ithalatçisi ülkeler (Milyon ton). ....	53
Çizelge 4.1. Elektrik ark ocağında gerçekleşen reaksiyonlar. ....	69
Çizelge 4.2. Demir çelik tesislerinde enerji tüketimi. ....	75
Çizelge 4.3. Demir çelik tesislerinin hammadde tüketimi. ....	75
Çizelge 4.4. Elektrik ark ocaklarının maliyet kalemleri. ....	77
Çizelge 4.5. EAO cürufun tipik bileşimi.....	90



Çizelge 4.6. Elektrik ark ocaklarında süreç parametrelerinin değişimlerinin, ark ocağı performans değerlerine etkileri. .... 93

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

Al	: Alüminyum
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
H	: Hidrojen
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
N	: Azot
Ni	: Nikel
O	: Oksijen
P	: Fosfor
S	: Kükürt
Si	: Silisyum

### KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKÇT	: Avrupa Kömür ve Çelik Topluluğu
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
BDT	: Bağımsız Devletler Topluluğu
Bknz	: Bakınız
BOF	: Bazık Oksijen Fırını
cm	: Santimetre
EAO	: Elektrik Ark Ocağı

- GFSEC : Küresel Çelik Kapasitesi Fazlası Forumu (Global Forum on Steel Excess Capacity)
- Hz : Frekans
- kA : KiloAmper
- kg : Kilogram
- kg/tsç : Kilogram/ tüketilen sıvı çelik
- KKO : Kapasite Kullanım Oranları
- kVA/ tsç : KiloVolt-Amper/tüketilen sıvı çelik
- kWh/tsç : KiloWatt-Saat/tüketilen sıvı çelik
- LPG : Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquified Petroleum Gas)
- m : Metre
- mm : Milimetre
- MV : MegaVolt
- MVA : MegaVoltAmper
- MW : MegaWatt
- OECD : Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)
- ppm : Milyonda Bir Birim (Part Per Million)
- TCDD : Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
- TÇÜD : Türkiye Çelik Üreticileri Derneği
- V : Volt

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Dünya çapında üretilen demir çelik endüstrisinin elde edilen ürünlerinden biri çelik olarak adlandırılır. Dünya nüfusu hızla artmaktadır ve üretimin devamlı olarak sürmesi eğiliminde olması; elektrik makineleri ve ekipmanları, makine, ulaşım ekipmanları, fabrikada üretilmiş metal ürünleri, yapı sektörü ve diğer imalat kalemleri olmak üzere altı ana çelik tüketim endüstrisi mevcuttur. Günümüzde metalurji sanayisinin temel ürünü olarak bilinen demir cevherinin ve hurdanın kullanıldığı iki farklı gelişmiş çelik üretim yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ilki demir cevherlerinin ham madde olarak kullanıldığı entegre demir çelik tesislerinde BOF (bazik oksijen fırınları), diğeri hurda denilen metalin kullanıldığı yarı entegre demir çelik tesislerinde EAO (elektrik ark ocakları) çelik üretimidir. Elektrik ark ocaklarında üretilen çelik, kalite değeri bakımından yüksektir. Konvansiyonel entegre farklı çelik üretim yöntemlerinde, yüksek fırında üretilen demir, bazik oksijen fırınında (BOF) çeliğe dönüştürülürken, modern yöntem olarak bilinen elektrik ark fırınında, hurda metal direkt eritildikten sonra çeliğe dönüştürülmektedir. Elektrik ark fırınındaki üretim yöntemi ile genelde düşük karbonlu çelikleri ve hususi çelik türlerini üretmek amaçlanır. Son yıllarda özellikle 2016 yılı itibariyle dünya çapında elektrik ark fırını tabanlı tesislerde, kaliteli çelik üretimi 520 milyon ton civarında olmuştur. Elektrik ark fırınlarında çelik kapasitesinin büyük bir kısmı üretilmektedir. Dünya çapındaki hurda ithalatına bakıldığında, gelişen Türkiye sanayisi ön sıralarda yer almaktadır. Küresel alanda, %60 oranında entegre tesislerde üretim yapılırken %40 oranında ise elektrik ark ocaklarında üretim yapılmaktadır. Türkiye’de metalurji sanayisinde %34’lük pay entegre tesislerdeki çelik üretimini, geri kalan %66’lık pay ise elektrik ark ocaklarındaki üretimi kapsamaktadır. Elektrik ark ocaklarından üretim gerçekleştirilmesinin en büyük nedenleri arasında hammadde, ulaşım ve üretim için harcanan yatırım maliyeti ile ilişkili olmasıdır. Elektrik ark ocaklarında üretim amacı

ile kullanılan hurdanın yaklaşık %70'lik bir kısmı ithal edilmektedir. 2012 Türkiye üretim göstergeleri incelendiğinde 4,6 milyon ton koklaşabilir taş kömür ürünü (991 milyar dolar), 22,415 milyon ton hurda (9,4 milyar dolar), 7,8 milyon ton demir cevheri (1,149 milyar dolar) ithalatı yapılmıştır.

Türk Demir Çelik Sanayisi'nin dünyadaki gelişmeler çerçevesinde, 2030 yılına kadar rekabet gücünü muhafaza etmesi ve hatta artırması, yeni pazarlar ve ürünler ortaya çıkarması ve dünyada teknoloji liderleri arasına girebilmesi için sektörel çalışmalara yeni projelerle devam edilmektedir.

2018 yılı itibariyle Türk çelik sektörü, dünyadaki 65 çelik üreten ülke arasında sekizinci sırada, Avrupa'daki çelik üreticileri arasında ise Almanya'dan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Bu sıralama Türkiye'nin 2016 yılında yeniden yerleştiği konumunu koruduğunu göstermektedir. 2016 yılının ikinci yarısından itibaren küresel ekonomide ve iç tüketimde yaşanan gelişmeler 2017 yılında da devam etmiştir. Ancak 2018 yılında %0,6 azalma yaşanmıştır. Türk üretim sektörü 2018 yılı üretimi 37,3 milyon ton olarak gerçekleştirmiş ve dış ticaret verilerinde geçen seneki döneme göre büyük bir artış göstermiştir. 2018 yılında diğer taraftan ihracatta %32,1'lik bir artış yaşanırken, ithalattaki artış %3,3 olarak tanımlanabilir. Miktar bazında ise ithalatta %11,3 azalma, ihracatta ise %20,5 artış olmuştur.

Türkiye'de genele bakıldığında, demir çelik sektörü 2018 yılında 22,1 milyon ton demir çelik ürünü ihracatı yaparak 17,7 milyar dolar gelir sağlanmıştır. Bu rakam toplam ihracatımızın %10,5'ini teşkil etmektedir. Demir çelik üretim sektörü alanında 2018 yılı itibariyle net ihracatçı durumundadır. 2018 göstegelerine göre demir çelik sektöründe, Avrupa'da ikinci, dünyada ise sekizinci sırada bulunan Türkiye, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'nın en büyük çelik üreticisi durumundadır. Demir çelik üretim sektörü 45.000 kişiye istihdam gerçekleştirmektedir. Demir çelik üretim sektörü, başka sektörlerle etki sağlayan lokomotif bir sektör durumundadır. Buna rağmen 2019 yılı ilk dört aylık durum için üretim ihracat göstergelerinde yani başka bir deyiş ile rakamlarında azalma yaşanmaktadır.

Dünyada ve Türkiye’de ham demir çelik üretimi, demir cevheri kullanan entegre demir çelik üretim tesisleri ile hurdadan üretim yapan elektrik ark ocaklı (EAO) tesislerde gerçekleştirilmektedir. Diğer taraftan demir çelik sektörünün üretim kapasitesine bakıldığında ağırlıklı olarak hurdaya dayalı bir demir çelik üretiminin altyapısı görülmektedir. Türkiye’de demir çelik üretim 2018 yılında 51,8 milyon tonluk ham çelik kapasitesinin 39,4 milyon tonu hurdadan, 12,4 milyon tonu ise demir cevherinden üretim yapan üretim tesislerine aittir. Ayrıca demir çelik sektörünü diğer metal sektörleriyle birlikte 22 adet Ar-Ge merkezi ve 3 adet Tasarım merkezi oluşturmaktadır.

Geçen senelerde daha doğrusu 2018 yılında, ülkemiz 14,5 milyon ton demir çelik ürünü ithalatı için 12,8 milyar dolar döviz ödemiştir. Demir çelik ithal ürünleri araştırıldığında özellikle paslanmaz çelik ve diğer çeliklerin öne çıktığı görülmektedir. Nitelikli çelikler, ürünler içerisinde katma değeri en yüksek olanlardır. Demir çelik üretim sektöründe bu tür çelik üretiminin önemi, sanayi ürünlerinin birim değerlerine bakıldığında daha da ön plana çıkmaktadır. Türkiye’de üretilen nervürlü demir, yuvarlak demir profil, sac, boru ve bağlantı elemanlarının birim fiyatları 650-890\$/ton arasında değişirken, Türkiye’de üretimi olmayan paslanmaz çelik ürünlerinin ve süper alaşımlı çeliklerin birim fiyatları ise 2.500\$/ton seviyesinden 10.000\$/ton düzeyine kadar çıkabilmektedir. Demir çelik sanayisinde yüksek teknolojiye geçiş sürecinde, yüksek katma değer elde edeceğimiz paslanmaz ve nitelikli çelik yatırımları büyük önem taşımaktadır.

Türkiye ile AB arasında 1995 yılında imzalanan Gümrük Birliği Anlaşması ile AKÇT ürünleri ticareti dışında bırakılmış ve 25/7/1996 tarihinde AB ile imzalanan AKÇT-Serbest Ticaret Anlaşması kapsamında iki taraf arasında demir çelik ürünleri ticareti serbestleştirilmiştir. Anlaşma ile demir çelik sektörüne devlet tarafından izin verilmemektedir yani yasaklanmıştır. Buna rağmen demir çelik üreticileri yapılan işlemler durumunda endüstri bölgeleri kurumları konusunda bakanlığa teşvik edilmektedir. Diğer taraftan kalitesiz demir çelik ürünleri ithalatının engellenmesi için piyasa gözetiminin yoğunlaştırılması ve gerekli denetimlerin yapılması önem arz etmektedir.

Buna ek olarak, yerli üretimin teşvik edilmesi ve yerli ürün kullanılması amacıyla uluslararası bir proje olan Akkuyu Nükleer Santral Tesisleri'nin kurulması aşamasında ihtiyaç duyulan yaklaşık 1 100 000 ton çeliğin yurtiçin kapasitesine sahip üreticilerinden temin edilmesi hususunda, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile birlikte, Rus santral yetkilileri ile prensipte mutabık kalınmıştır.

## BÖLÜM 2

### DEMİR ÇELİK ÜRETİMİ VE YÖNTEMLERİ

#### 2.1. GENEL BİLGİLER

Demir çelik endüstrisinde, pik olarak adlandırılan ham demir yüksek fırında üretilir. Bu işlem için; demir cevheri, katkı maddeleri, yakıt ve hava kullanılır. Demir cevheri; demir oksitler, demir karbonatlar ile bunların içerdikleri SiO<sub>2</sub>, Mn, P, S ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi katkı maddelerinden oluşur. En önemli demir cevherleri aşağıda verilir;

Hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : %40-60 oranında Fe içerir.

Manyetit (FeO<sub>4</sub>) : %50-70 oranında Fe içerir.

Limonit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> n H<sub>2</sub>O) : %30-40 oranında demir içerir.

Siderit (FeCO<sub>3</sub>) : %30-40 oranında demir içerir.

Eski insanlar demir ve çelik üretmek amacıyla günümüze gelinceye kadar birçok yöntem geliştirmiştir. İlk yöntem de odun kömürünün yakılması ile oluşan redükleyici karbonmonoksit (CO) gazının aşağıdaki reaksiyonda görüldüğü gibi demir cevheri (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ile tepkimeye girmesi sonucunda demir elde edilmiştir. Oluşan reaksiyon Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 3CO → 2Fe + 3CO<sub>2</sub> denklemi ile gösterilir.

1300'lü yıllarda ilkel yüksek fırınlar kullanılarak pik veya ham demir üretilmeye başlanmıştır. 1800'lü yıllarda da çelik üretiminde büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Özellikle 1855 yılında uygulanmaya başlanan Bessemer yöntemi ile daha sonra uygulanan Siemens-Martin yöntemi sayesinde çelik üretiminde büyük artışlar sağlanmıştır.

Demir ve özellikle çelik üretiminde meydana gelen hızlı gelişmeler sonucunda endüstri devrimi gerçekleştirilmiş, üretim araçlarındaki niteliksel gelişmeler ile de



teknoloji alanında ileriye doğru adımlar atılmıştır. Günümüzde ise demir ve çelik, sanayi sektörünün temel girdisi haline gelmiş ve demir çelik üretimi ve tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeyinin bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir.

Dünyadaki demir üretiminin % 95'i yüksek fırın yöntemi ile gerçekleşir. Yüksek fırınlar kok tüketimini azaltmak ve günlük üretim kapasitesini arttırmak amacıyla sürekli olarak geliştirilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte artan çelik talebini karşılamak amacıyla büyük hacimli yüksek fırınlar yapılmış ve bu fırınlarda günde 5000 tonluk üretime ulaşılmıştır.

Demir ve çeliğin çeşitli yöntemlerle üretimini, sıcak ve soğuk şekillendirme yöntemleriyle çubuk, boru, profil, tel, levha haline getirilmesini çeşitli dövme, döküm ve ısıl işlemleri safhalarını kapsar.

Bu sektör genel anlamda ülkelerin ekonomik gücüyle ilişkili bir alandır. Gelişmenin temeli güçlü bir demirçelik sektörüne sahip olmaktır. Bu alanda gelişmenin önemi başka endüstriyel dallara girdi vermesinden kaynaklanmaktadır.

Sanayinin bu sektörü; teknoloji ve sermaye, yoğun işgücü gereksinimi yüksek olan bir sanayi sektörüdür. Gelişen üretim farklılıkları, rekabetin gün geçtikçe zorlaşması, gelişen teknoloji yenileme yatırımları yapmayı zorunlu kılmaktadır. Farklı çelik ürünlerini ve kalitelerini geliştirmek amacıyla araştırma çalışmaları sektör için önemli bir yer tutmaktadır. Günümüze gelene kadar ve maliyeti yüksek olan demir çelik sektörü ülkelerin kalkınması ve savunması için stratejik öneme sahip olduğundan, başlangıçta çelik firmaları genelde kamuya ait kuruluşlar olarak kurulmuşlardır. Zaman zaman demir çelik ticari bir ürün olarak algılanmaya başlanmış ve özel sektör bu alan içindeki üretimdeki payını artırmaya başlamıştır. Genel anlamda gelişen kapasiteler nedeniyle, finansal yatırımcılar tarafından cazip bir sektör olarak görülmeyen demirçelik sektörü, 2002 yılından itibaren özellikle gelişmekte olan ülkelere yaşanan aşırı talep artışı nedeniyle yatırımcıların gözde sektörlerinden biri haline gelmiştir.

Oluşan gelişmelere paralel olarak çelik endüstrisinde de pek çok değişim yaşanmıştır. Standart ürünlerden müşteri isteklerine yönelik çözüm üreten yenilikçi ürünlere, üretilen katma değer artırılmasına ve ürünün piyasa değerinin yükseltilmesine doğru bir yönelme gözlenmiştir.

### 2.1.1. Çeliğin Tanımı

Herhangi bir işleme tabi tutulmadan yani şekil değişimine elverişli ve en çok %2,06 oranında karbon içeren demir semenlit alaşımına çelik adı verilir. Genelde yüksek fırından çıkan ham demirin içerisinde ise %3,0-4,5 oranında karbon, %0,7-3,5 oranında silisyum ve %0,8'den fazla olmamak koşulu ile mangan, fosfor ve kükürt gibi refakat elementleri bulunur. Çeliğin kimyasal içeriğinde bulunan kükürt ve fosfor zararlı elementlerdir. Demirin kimyasal içeriğinde bulunan karbon dahil bütün katkıların oksijene karşı ilgileri fazladır. Bu nedenle sıvı durumdaki ham demire (pik) çeşitli yollardan hava veya oksijen verilerek bu katkılar yakılır.

Malzeme biliminde bu işleme “üfleme” adı verilir. Oksijen önce miktarca en fazla olan demir ile reaksiyonuna girerek ( $2\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{FeO}$ ) demir (II) oksit ( $\text{FeO}$ ) oluşturur. Oluşan  $\text{FeO}$  sıvı durumdaki ham demir içerisinde çözünerek refakat elementleri ile reaksiyona girer. Meydana gelen reaksiyonlar aşağıdakilerdir;

- $2\text{FeO} + \text{Si} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{SiO}_2$
- $\text{FeO} + \text{Mn} \rightarrow \text{Fe} + \text{MnO}$
- $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$
- $2\text{FeO} + \text{S} \rightarrow \text{Fe} + \text{SO}_2$
- $5\text{FeO} + 2\text{P} \rightarrow 5\text{Fe} + \text{P}_2\text{O}_5$

Tepkimelerden görüldüğü gibi, oksijen demiroksitten demir refakat elementlerine geçer. Sonuçta demir indirgenir ve refakat elementleri oksitlenir. Üretim sırasında ergitme banyosu içerisindeki hareketler hızlandıkça oluşan reaksiyonlar da hızlanır. Bu yöntemde üflenmiş hava sıvı metali karıştırma görevi de yaptığından reaksiyonlar hızlı olur. Yeni geliştirilen çelik üretim yöntemlerinde döner ergitme banyoları kullanılarak banyo içinde daha fazla hareket elde edilir. Bu reaksiyonlar sonucunda

oksitlenen refakat elementleri cürufa veya baca gazlarına karışır. Çelik içerisinde yalnız fosfor kalır. Metal olmayan P elementi bazik bir madde ile bağlanabilir. Bu nedenle, sıvı metale sönmemiş kireç CaO katılarak fosforu bağlayan ve bazik bir cüruf olan kalsiyum trifosfat  $Ca_3 (PO_4)_2$  bileşiği oluşturulur.

Böylece çelik üretimindeki başlıca esasların karbon oranını istenilen düzeye indirmek, mangan ve silisyum oranlarını öngörülen değerlere (Mn oranı  $< 0,8$  ve Si oranı  $< 0,5$ ) düşürmek, kükürtü mümkün olduğunca alaşımdan uzaklaştırmak, fosforu cürufa bağlamak ve çeliğe istenilen oranda alaşım elementi katılmasını sağlamak olduğu söylenilebilir [13].

### **2.1.2. Demir Çeliğin Doğuşu**

Demir metali ile insanlığın tanışması her ne kadar M.Ö. 4500'lerde meteoroidlerdeki zengin nikelin (%12 – 18 Ni) demir alaşımları ile olmuşsa da, demir cevherlerinin indirgenmesiyle demir metalinin üretiminin M.Ö. 2000 yıllarında Tunç Devri'ndeki ergitme fırınlarıyla rastlantı olarak gerçekleştirildiği düşünülmektedir. Bronz (Tunç) elde edilirken henüz tam bir ergitmenin yapılamadığı dönemlerden kalan artık malzemelerde yapılan araştırmalarda, bakır cevherinde veya işlemlerin yapıldığı ortamlarda rastlantı olarak bulunan demiroksitlerin indirgendiği anlaşılmıştır. Demirçelik fırınları, kurulma ve işletme avantajı nedeniyle tepe yamaçlarına inşa edilmiştir. Bu yöntemde bir veya iki havalandırma deliği ve cüruf alma deliği bulunur. Bu yöntemle üretilen çelik kapasitesi çok fazla olmazdı, genelde bir kerede 300 kg kadar kısmen sıvı, süngerimsi yapıda bloom adı verilen ürün üretilabiliyordu. Bu üretim yöntemiyle Afrika, Avrupa, Hindistan ve Orta Doğu Bölgelerinde çelik ürünleri üretilmiştir. Fırın bölgesi olan hazne, Japonya'da daha muntazam olarak inşa edilen şaft tipi fırınlarda 4 tona kadar ürün elde edilebildiği belirtilmektedir. Bu tür üretim yönteminde Roma İmparatorluğu devrinde Avrupa ve Akdeniz Bölgelerinde yaygınlaştığı düşünülür. Buna rağmen Roma İmparatorluğunun çöküşü ile bu bölgelerdeki demir üretiminde de gerilemelere o zamanlar rastlanmıştır.

Demir üretildikten sonrası kullanımına dair işaretler, farklı ürünler, bıçak ve süs eşyası şeklinde olup Sümerlere ve eski Mısırlılara kadar dayanmaktadır.

### 2.1.3. Demir Çeliğin Özellikleri ve Üstünlükleri

Dünya çapında gelişmiş ülkelerin ekonomilerinin genel durumu demir çelik sanayisinin gelişme düzeyi ile sıkı bağlıdır. Üretilmiş çeşitli çelik ürünlerini farklı sanayi alanlarında kullanabilmek bir güç kaynağı olmuştur.

Demir Çelik Sektörünün Temel Özellikleri;

- Fabrika ve üretim teknolojisinde gerekli yatırımların uygulanması,
- Üretim sektörünün iç alanında yer alan yardımcı alt sektörlerin farklı ekonomik, teknolojik açılardan sıkı bağlı olma koşulları gerekmektedir.
- Üretim yönteminin Amerika, Avrupa ve Japonya denetiminde olmaması durumu,
- Demir çelik sektöründe yapılan yerleşim yerleri farklılıkları arasındaki yoğunlaşmanın bulunması,
- Üretim yönteminin başka üretim yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha progressiv, gelişmiş olmasıdır.

Demir Çelik Üretim Yöntemlerinin Üstünlükleri;

- Ürünün farklı kullanım alanlarında üstün kullanım dayanıklılığı,
- Tekrarlı veya dinamik yük altında çalışan parçaların uzun ömürlülüğü ve güvenliliği,
- Gerçek kullanım şartlarında yada bu şartlara yakın çalışma koşulları altında özelliklerin ödenilmesi,
- Farklı sıcaklıklarda kullanım yeteneği ve üstün korrozyon, mekanik ve teknolojik özelliklere sahip olması.
- Başka seramik, polimer ve plastik malzemeler ile karşılaştırıldığında çelik konstrüksiyon parçalarından üretilen makinaların ve diğer inşaat konstrüksiyonlarının kullanım alanları olmasıdır [9].

## 2.2. ÇELİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Demir Çelik üretiminin gelişmesi ile bağlı Asya ve Avrupa, dünyada üretilen çeşitli demir ürününün üçte ikisini sağlamaktadır. Bu ülkelerin üretim gelişimini ABD izlemektedir. Çelik üretiminin geri kalan kısmı az sayıda başka ülkeler tarafından üretilir. Bu ülkeler aşağıdaki gibi Singapur, Tayvan, Japonya, Güney Kore, Doğu Avrupa Ülkeleri ile Çin ve Brezilya'dır.

Bu ülkelerin içerisinde diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında, Çin dünya demir çelik üretiminin % 17'sini karşılamaktadır.

Tüm dünyada üretilen çelik üretiminin büyük oranı yani %70'i entegre tesislerde üretilir. Üretimin geri kalan kısmı yani %30'u elektrik ark ocaklı tesislerde üretilmektedir. Ayrıca genel anlamda tüm dünya çelik üretiminin yassı ürün payı %65, uzun ürün ise %35'lerdedir.

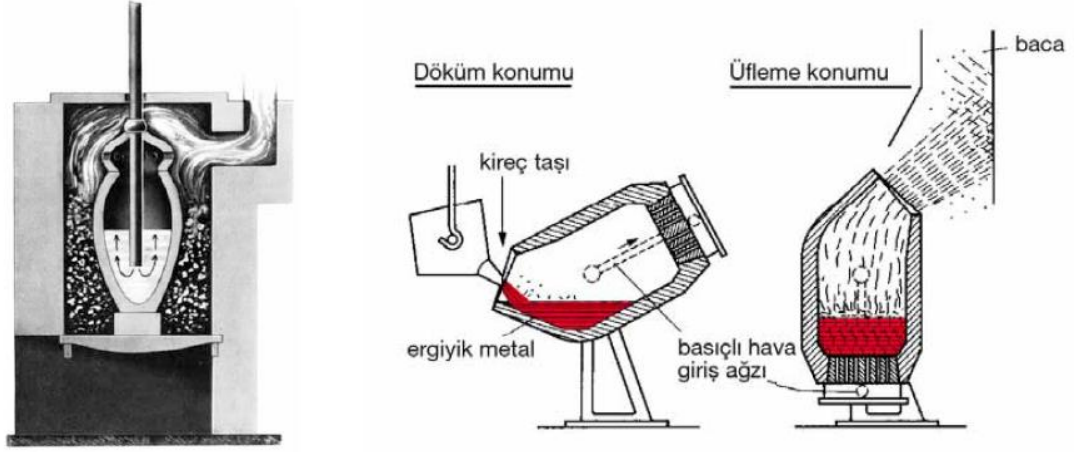
2007 yılında 1 milyar 347 milyon ton seviyesinde gerçekleşen dünya ham çelik üretimi, 2008 yılının ikinci yarısında ortaya çıkan global finans krizinin de etkisiyle, 2008 yılında %1,3 oranında düşüşle, 1 milyar 329 milyon ton, 2009 yılında ise, %7,3 oranında düşüşle, 1 milyar 323 milyon tona gerilemiştir. Dünya çelik üretimindeki global finans krizi kaynaklı gerilemeye rağmen Çin'in üretimi, artış eğilimini sürdürmüş ve 2007 yılındaki 490 milyon ton seviyesinden, 2008 yılında 512 milyon, 2009 yılında ise 577 milyon tona yükselmiştir [9].

Çizelge 2.1. Dünyada çelik üretiminin yöntemlere göre dağılımı.

	Entegre Tesisler (%)	Elektrik Ark Ocaklı Tesisler (%)	Diğer (%)
AB-25	61,4	38,6	0
Rusya	61,6	16,3	22,1
ABD	46,4	53,6	0
Brezilya	76,8	23,2	0
Orta Doğu	16,5	83,5	0
Çin	81,6	18,4	0
Hindistan	57,2	38,9	3,9
Japonya	73,6	26,4	0
G. Kore	56,1	43,9	0
Tayvan	55,7	44,3	0
<b>Türkiye</b>	<b>28,5</b>	<b>71,5</b>	<b>0</b>
<b>Dünya</b>	<b>63</b>	<b>33,8</b>	<b>3,2</b>

### 2.2.1. Bessemer Yöntemi

Bahsettiğimiz bu yöntem 1855 yılında Henry Bessemer ve William Kelly bilim adamları tarafından birbirinden habersiz olarak geliştirilmiştir. Bu yöntemin şematik gösterimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Şemadan görüldüğü gibi Bessemer konverteri çelik sacdan yapılmıştır. Bu sacın içi ısıya dayanıklı refrakter malzeme ile kaplanmıştır. Yapılan mazlemenin cinsine göre asidik veya bazik konverter söz konusu olur.



Şekil 2.1. Bessemer konverterinin şematik olarak gösterimi.

Asidik olarak üretilen konverterin yapılan kısımları aşağıdakilerdir;

Bu konverterin duvar kalınlıkları 25 - 40 cm. olup, tabanında 15 mm. çapında 250' ye kadar hava üfleme kanalı vardır. Asidik olarak üretilen konverterin yüksekliği 6 m. olup, iç çapı ise 3 m. olup, 30 - 40 ton ham demir alabilecek bir kapasiteye sahiptir. Bu çelik üretim yöntemi ile üretilen şarj malzemesi olarak yüksek fırından alınan silisyumlu sıvı pik kullanılır. Bu yöntemle elde edilen çelik üretiminde şarj malzemesine fazla miktarda çelik veya pik hurdası katılamaz.

Yöntemin en önemli yönü silisyumun ısı üreticisi olup, asidik bir cüruf oluşturmak amacıdır. Bu cüruf  $\text{SiO}_2$  bileşiğidir.  $\text{SiO}_2$  bileşiğinin oluşumunun esas amacı fosforu ve kükürtü bağlamamak yeteneğinin olmasıdır. Geriye kalan oksijeni aradan çıkarmak için üretilen sıvı çeliğe ferromangan veya oksijen alıcı (deoksidasyon) maddeler katılır. Bu yöntemle kimyasal içeriğinde %0,25 oranına kadar karbon olan genelde düşük karbonlu çelikler uğratılır. Bu tür çelikler yaygın olarak kullanılırlar. Düşük karbonlu çelikler içerdikleri karbon oranının düşük oranı nedeniyle iyi kaynak edilebilme kabiliyetine sahiptirler. Düşük karbonlu çeliklerin sertleştirilebilme kabiliyetleri gerekli düzeyde değildir. Bu üretim yönteminin üstünlükleri ve zayıf yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [13].

Üstünlükleri: Bu yöntem ile üretilen;

- Çelik mamulleri kısa süre içerisinde çok miktarda çelik üretilebilir.
- Çeliğin kimyasal içeriğinde bulunan yabancı maddeler hızlı bir şekilde uzaklaştırılır.

Zayıf Yönleri;

- Çelik malzemelerin en önemli özelliklerinden biri fiziksel özelliklerdir. Fiziksel özelliklere ait önemli karakterizasyon parametresi ergime sıcaklığıdır. Hurdanın ergime sıcaklığının yüksek olması nedeniyle bu üretim yöntemi hurda kullanımına elverişli değildir.
- Ticari çeliklerdeki kükürt oranı genelde %0,05'in altında tutulur, kükürt demir ile birleşerek FeS bileşimini oluşturur. Oluşan demir sülfür bileşiği de demir ile birlikte ergime noktası düşük olan bir alaşım meydana getirir. Meydana gelen bu alaşım daha çok tane sınırlarında yerleşir. Kükürt içeren çelik konstrüksiyon malzemesini sıcak dövme veya haddeleme işlemine tabi tutulduğunda tane sınırlarında bulunan ötektik alaşım ergir. Sonuçta alaşımın ergimesiyle taneler arası bağların kopması ile çelik konstrüksiyon malzemesinde çatlamlar meydana gelir. Yüksek oranda kükürt içeren pikten bu yöntemle kaliteli çelik üretilemez.
- Çeliklerdeki fosfor oranı genelde %0,04 değerinin altında tutulur. Yüksek oranlardaki fosfor kimyasal yapı içerisinde sert ve gevrek  $Fe_3P$  bileşiminin meydana gelmesine neden olur. Bu bileşik çeliğin tokluğunu azaltarak soğuk şekillendirme işlemlerinde çelik konstrüksiyon parçasının kırılması ile sonuçlanır. Böylece yüksek oranda fosfor içeren pikten bu üretim yöntemiyle çelik üretmek zorlaşır [13].

### 2.2.2. Tomas Yöntemi

Bu çelik üretim yöntemi 1876 yılında Thomas Gielahrist tarafından geliştirildi. Bu üretim fırın yönteminde fosforun ve kükürtün yakılması sağlanmıştır. Biraz önce incelediğimiz Bessemer yöntemi Tomas Yönteminin aynısı gibidir. Bessemer ve



Tomas yöntemlerinin tek farkı ise astar kısmının asidik silika tuğlalar yerine, bazik dolomit tuğlalarla inşa edilmesidir.

Tomas Fırınının yüksekliği 8 m. ve iç çapı 5 m.'dir. Bu çelik üretim yöntemi yardımı ile 100 tona kadar ham demir üretmek mümkündür. Tomas üretim yönteminde konverterdeki çeliğin fosfor oranı %0,06 – 0,08 değerine kadar oksijen üfleme uygulanır. Üretim sürecinde yanma ve hava sürekli olarak devam ettirilir. Son dönemde çelik sürekli olarak %79 oranında azot içeren bir gaz ile temas ettirilir.

Bu işlemin etkisinden çeliğin içerisinde %0,012 – 0,025 gibi belli bir farklı oranda azot elementi bulunur. Yapılan gelişmelerin etkisinden Tomas fırınında üretilen kükürtün ve fosforun oranları azalır. Sonuçta azot ve fosfor oranlarının yüksek olması nedeniyle Tomas üretim yöntemi ile üretilmiş çelik konstrüksiyon parçacıkların şekillendirme özellikleri sınırlıdır.

Tomas çelik üretim yönteminin belli başlı üstünlükleri ve zayıf yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Üstünlükleri;

- Bu çelik üretim yöntemi yardımı ile sisteme enerji vermeden küçük bir zaman aralığında çok büyük miktarda üretim verimliliği yükseltilebilir.
- Üretim sırasında oksidasyon oluşumu nedeniyle fosfor oksitlenir ve sonuçta gevrekleşme olayı önlenir.

Zayıf Yönleri;

- Tomas yöntemi ile elde edilmiş çelik konstrüksiyon parçalarının şekillendirme kabiliyeti çok düşük olur.
- Tomas yöntemi ile üretilmiş seri üretimde hurda kullanım işlemi uygun değildir [13].

### 2.2.3. Siemens – Martin Yöntemi

Bu üretim yönteminde Siemens adlı bir Alman bilim adamı ile bir Fransız bilim adamı Martin'de yöntem incelemiştir. Bu yöntemle hacim tutumu 100 – 300 ton miktarında değişen sabit veya devrilebilen fırınlardan yararlanır. Bu yöntemle üretilen çelik fırınları muhtelif yüksek sıcaklığa devamlı metallere yapılmış olup, gereken bir yüzey kapasitesine ve küçük bir banyo derinliğine sahiptirler. Üretim fırınının tabanı yüksek sıcaklığa dayanıklı manyezit veya krom manyezit tuğlalar ile döşenir. Son işlem ise döşenmiş tuğlaların manyezit ile kaplama işlemidir.

Bu yöntem ile çelik üretmek için gereken malzemeler aşağıdakilerdir;

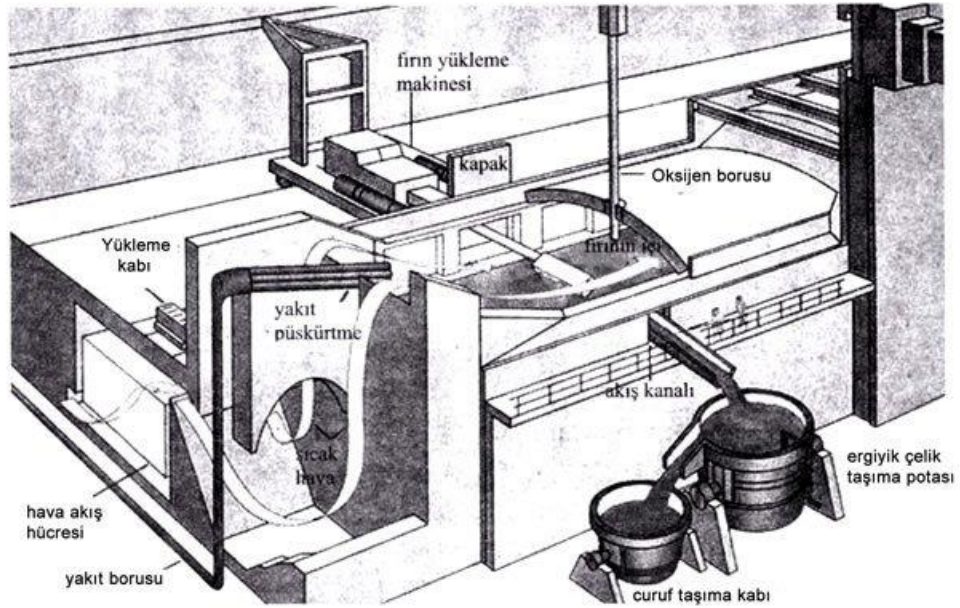
Demir hurdası, kır dökme demir, dökme çelik hurdası ve demir cevheridir. Siemens – Martin Yöntemi ile üretilen ürünlerdeki fosfor oranı Thomas Yöntemi ile üretilen ürünlerin içerdikleri fosfor oranından düşüktür. Siemens – Martin üretim çeliklerinin kimyasal içeriklerindeki kükürtü uzaklaştırmak çok zordur. Bu nedenle fırın şarjında ve yakıt içerisinde kükürtün olmaması istenir. Siemens – Martin üretim yöntemi yardımıyla alaşımlı çelik parçacıklarının ergitilmesi işlemi yapılabilir. Siemens – Martin yönteminin üstünlükleri ve zayıf yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Üstünlükleri;

- Siemens – Martin yöntemi yardımı ile zararlı element hesap edilen fosfor sıvı metalden kolayca uzaklaştırılabilir.
- Siemens – Martin yöntemi ile üretilen çelik konstrüksiyon malzemelerinin kimyasal içeriklerinde fosfor ve azot oranının az olması nedeniyle üretilen çelikler soğuk şekil değişimine elverişlidirler.
- Yapılan tüm işlem yavaş yapıldığı için çeliğin bileşimi kontrol edilip, ayarlanabilir. Yavaş işlem yapıldığından bu yöntem ile üretilen çeliklerin kimyasal içeriğinde kalıntılara oksit, nitrür, hidrür türlerine rastlanır.
- Bu fırınlarda çelik hurdası kullanılabilir. Pik hurdasından daha az oranda yabancı maddeler içeren demir karbon alaşımı yani çelik hurdası kullanarak üretim sürati artırılabilir.

Zayıf yönleri;

- Siemens – Martin yöntemi ile üretilen çelik ürünlerinin işlem süresinin uzun tutulması nedeniyle yöntemin üretim hızı çok yüksek olmayabilir.
- Siemens – Martin fırın yönteminin tesisinin kurulması ve işletilmesi pahalıdır.
- Üretimin tamamlanmasını yetiştirmek amacı ile kullanılan alev alaşımli çeliklerin ergitilmesi sürecinde yaygın olamayan alaşım elementlerinin yanmasına neden olabilir [13].



Şekil 2.2. Siemens – Martin fırınının şematik gösterimi.

Siemens – Martin fırınlarından farklı kanallardan elde edilen baca ve hava gazları ile fırın sıcaklığı sağlanır. Bu ısı 1700 derece civarına çıkartılır. Oksijeni yüksek bulunan fırında yüksek bir ateş ile karbon yakılır ve ateş hammaddeyi kaplayarak ergitir. Devamında da ergitilmiş çelik potaya dökülür.

Ocakta iki ağız bulunmaktadır. Bunun biri gaz diğeri ise hava girişi sağlanması içindir. Bacaya ulaşmadan evvel yüksek ısıda ayrılmış gazlar bu ağızlardan birine devamlı olarak dıştan temas halindeyken diğeri ağızdan hava girişi sağlanır. Bu şekilde yanma verimini artırmak için hava girişi yapılan ağız devamlı olarak

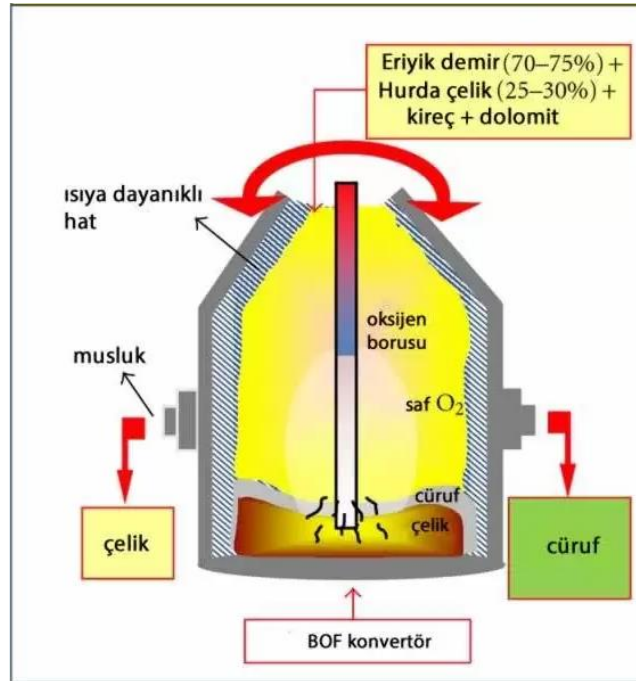
ısıtılmaktadır. Kaliteli çeliğin yapılması için gereken süre 5-10 saatlik bir zamanı kapsamaktadır. Bu fırınların kapasitesi 100-350 ton civarında değişmektedir.

#### 2.2.4. Oksijen Üfleme Yöntemleri (BOF)

Farklı çelik üretim uygulamalarında sıvı metale üretim sırasında sürekli hava üflenmesi zararlı azotun çeliğe girmesine neden olur. Azot elementi kükürt ve fosfor elementi gibi zararlı element hesap edilir. Çeliğin kimyasal içeriğinde azotun bulunması çeliğin plastik şekillendirme yeteneğini kısıtlar. Malzemelerin genel bir önemli özelliği olan soğuk şekillendirmeyi azot zorlaştırdığı için istenmez. Buna göre hava yerine oksijen üfleme yöntemleri geliştirilmiştir.

Bu üfleme yöntemleri aşağıdaki sıralanan şekilde uygulanır;

Su soğutmalı bir bakır içinden banyo üzerine saf oksijen üflenir. Uygulanan kap kazan şeklini andırır. Bu reaksiyon kabı kapalı bir tabana sahip olup basit bir şekilde sökülebilir. Bu üfleme yöntemi son yıllarda daha da geliştirilmiş ve diğer ülkelerde de yaygın kullanılmaktadır.



Oksijen üfleme yönteminin belli başlı üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Üstünlükleri;

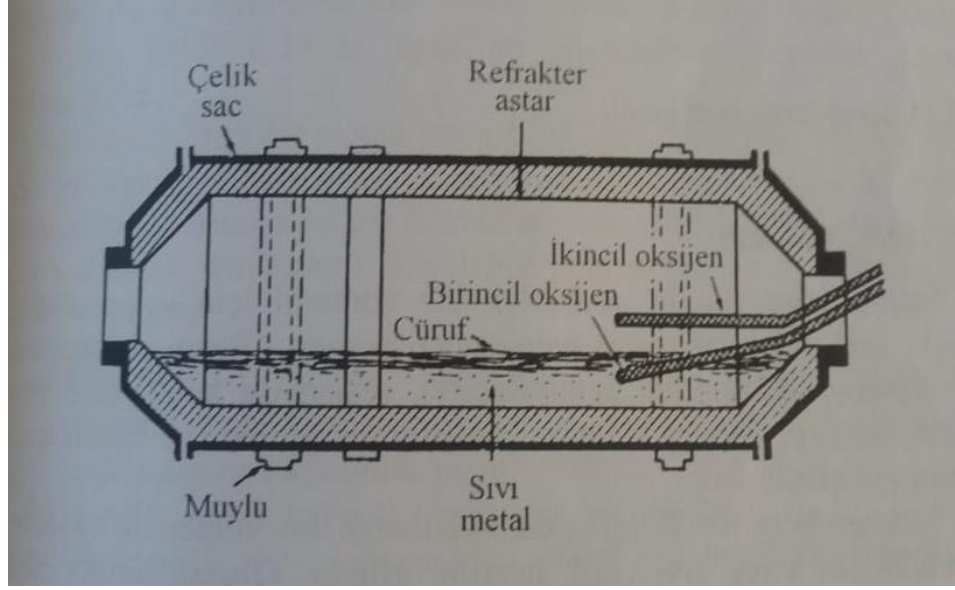
- Bu tür üretim yönteminde saf oksijen uygulandığı için sıvı metal içerisindeki tepkimeler hava üflenmesinden farklı olarak daha süratli bir görünüm sergiler.
- Başka yöntemlerden farklı olarak oksijen gazının ısıtılması için daha minimum enerji masrafı olduğundan dolayı sıvı çeliğin daha iyi ısınması sağlanır.
- Oluşan işlem sonrası cüruf, kireç katkısı ile bazik duruma gelir. Buna göre zararlı element sayılan fosforun uzaklaştırılması hemen başlar. Görülen önlemler neticesinde banyo içerisine azot giremediği için üretilen çelik ürünlerinde minimum oranlarda azot ve azot bileşiği bulunur.

Bu yöntemle üretilen konverterlerde, açık hazneli fırınlarda meydana gelen benzer tepkimeler oluşur. Ancak oksijen üfleme metodu ile üretilecek tüm işlemler daha süratli bir şekilde gerçekleşir. Bu yöntemle üretilen çelikler pahalı değildirler. Yöntemin daha önemli yönü dış ısıtmaya gerek olmamasıdır. Çelik üretim yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

Bunlar Döner Konverter, LD, LDAC ve KADLO yöntemleridir [13].

#### **2.2.4.1. Döner Konverter Yöntemi**

Bu çelik üretim yönteminde uygulanan konverter türü yatay konumunda yerleştirilmiş olup, sonrası aşamada yavaşça dönerken içerisindeki sıvı metale oksijen üfleme işlemi yapılır. Bu üretim fırınının şematik gösterimi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

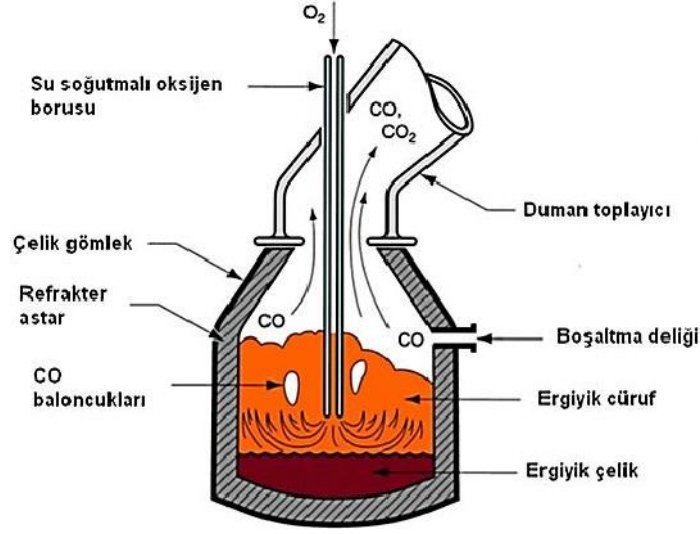


Şekil 2.4. Yatay konumundaki oksijen konverterinin şematik gösterimi.

#### 2.2.4.2. LD Yöntemi

Bu çelik üretim yöntemi 1952 yılında Avusturya'nın Linz kentindeki Vost firması ile Donowitz kentindeki Montan şirketi tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilmiş yüksek kaliteli çelik üreten bir LD konverterinin üretim hacmi 180 – 200 ton arasında yer alır. Bu yöntemde işlemin tamamlanması için üfleme süresi yaklaşık olarak 40 dakikadır.

Bu yöntemin bir sıra zayıf yönleri mevcuttur. Şöyle ki, bu üretim yöntemi ile fosfor oranı % 0,05'ten daha düşük olan çelik üretilebilir. Ayrıca üretilen çelikteki azot oranının da % 0,005'in altında kalması sağlanabilir.



Şekil 2.5. LD Konverterinin kesitinin şematik gösterimi.

### 2.2.4.3. LDAC Yöntemi

Soğuk deformasyon sırasında soğuk yırtılma oluşturan fosfor elementi çelik konstrüksiyon parçalarının üretiminde fazla istenmez. Fosfor bakımından zengin cevherler LD yöntemi için uygun değildirler. Kimyasal içeriğinde yüksek oranda fosfor içeren metal banyosuna oksijen üfleme işlemi uygulandığında cüruf hemen fosfor bakımından zenginleşerek tepkime kabiliyetini hemen yitirir. Zararlı, istenmeyen fosfor oranının azaltılması için yardımcı bir işlem – ikinci bir cüruf oluşturmak gerekir. Bu işlemi tamamlamak için LDAC çelik üretim yönteminin uygulanması önem taşır.

Bu yöntem ilk kez yurtdışında Belçika ve Lüksemburg’da kullanılmıştır. Bu yöntemde işlem oksijen ile birlikte toz durumundaki kireç sıvı çelik üzerine üflenir. Yapılan işlemin etkisinden oluşan birincil cüruf ile birlikte kimyasal içerikte bulunan fosforun büyük bir kısmı sıvı metalden uzaklaştırılır. Teknolojiye uygun olarak ikincil cüruf oluşturularak fosfor tamamen uzaklaştırılır. Bu prosede oluşan ikincil cüruf çeliğin akıtılması sürecinde konverterde bırakılır ve bir sonraki işlem sonucu oluşan şarjın fosforunu alarak önceden oluşan birincil cürufün görevini yapar. Bahsettiğimiz çelik üretim yöntemi ile kaliteli ve farklı ürünlerin, yani malzeme parçalarının şekillendirilmesini kolaylaştırır.

#### **2.2.4.4. Kadlo Yöntemi**

Bu yeni çelik üretim yöntemi LD konverterine benzeyen ancak belli bir ok etrafında fasilesiz olarak dönen bir kap içerisinde yapılan üfleme şeklinde çalıştırılır. Bu üretim türünde döner kap eğik halinde olurken uzun eksen etrafında belirlenmiş bir suretle çevrilir. Dönme hareketi sonucu elde edilen sıvı metal ve cürufun daha iyi temas etmesi sağlanır ve bunun sonucu tepkimeler tam olarak gerçekleşir.

#### **2.2.5. Elektrik Ark Fırın Yöntemi**

Bu çelik üretim yöntemi çok elverişli bir yöntem olarak bilinir. Bu üretim yöntemi yardımı ile çok kaliteli çelik ürünleri üretilir. Bu çelik üretim yöntemi ürünleri sıralanan çelik üretim yöntemlerinden daha üstün sayılmaktadır. 1899 yılında Heroalt adlı Fransız bilim adamı bu çelik üretim yöntemini geliştirmiştir. Bahsettiğimiz kaliteli çelik yönteminin sayesinde ark ve endüksiyon fırınları kullanılmaktadır [13].

Günümüzde elektrik ark fırınlarının çoğunluğunun asıl amacı katı hammaddeyi sıvı ham demire mümkün olduğunca kısa zaman içerisinde dönüştürebilmeaktır.

Elektrik ark fırınlarında üretilen çelik, dünya üzerinde üretilen çelik miktarının üçte birini kapsamaktadır. Bu fırınlarda hurda çelik kullanılarak az ve çok katkılı birçok çeşitte çelik, özellikle paslanmaz çeliklerin üretimi yapılabilmektedir.

Elektrik ark fırınlarının kapasiteleri 50-150 ton civarında olmaktadır. Bu fırınlarda çelik üretim aralığı 45 dakika ile 2 saattir. Fırın içerisindeki hurdanın tamamının ergimesi için gereken sıcaklık 1650 derecenin üstündedir.

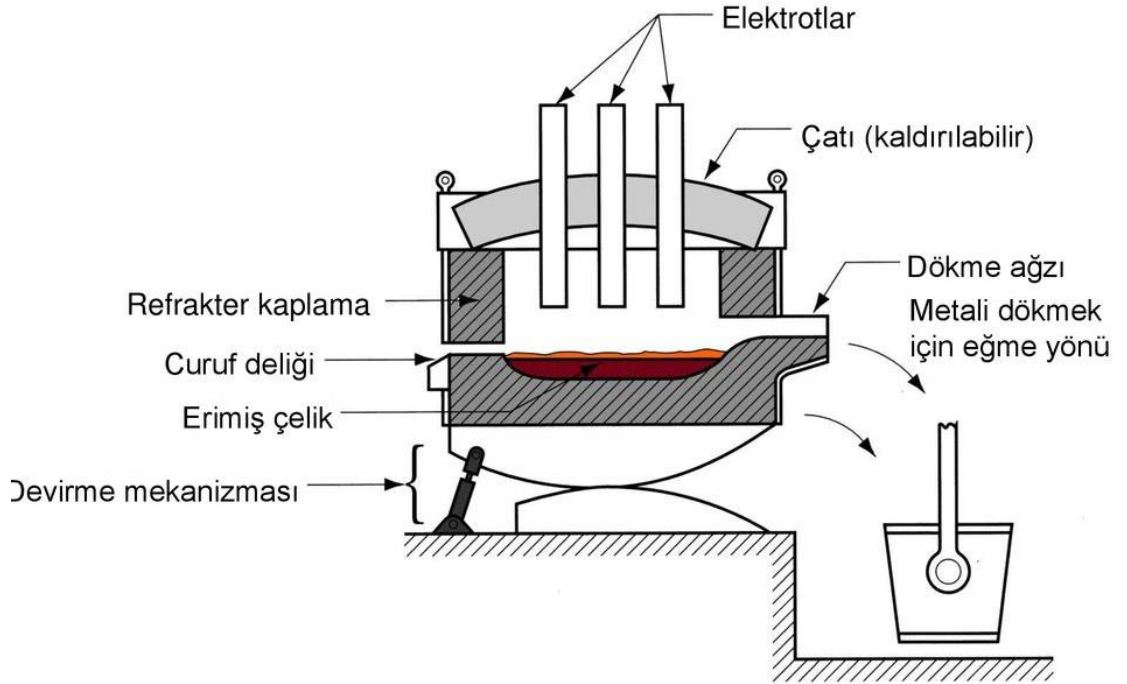
Elektrik ark fırınının avantajlı yönü temiz bir ısıtma sağlarken katkı maddesi eklenmesine gerek duyulmamasıdır. Bu fırınları tercih eden ülkelerde elektriğin bol ve ucuz olması önemli bir etkidir.



Kullanılan hurda malzemeler;

- Kimyasal olgularına göre (az katkılı, paslanmaz çelik vb.)
- Atık element oranına göre (S, P, Cu vb.)
- Malzemenin boyutuna ve şekline göre gruplara ayrılır.
- Kalitesi yüksek hurda; bütün yönleriyle, fiziksel ve kimyasal olarak düşük atık bulunduran hurdalara denmektedir. Böyle hurdalar çok yüksek fiyatlıdır ve çelik üretiminin son aşamasında kullanılmaktadır.

Aşağıdaki şekilde elektrikli fırın yönteminin şematik gösterimi gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Elektrik ark fırınının şematik gösterimi.

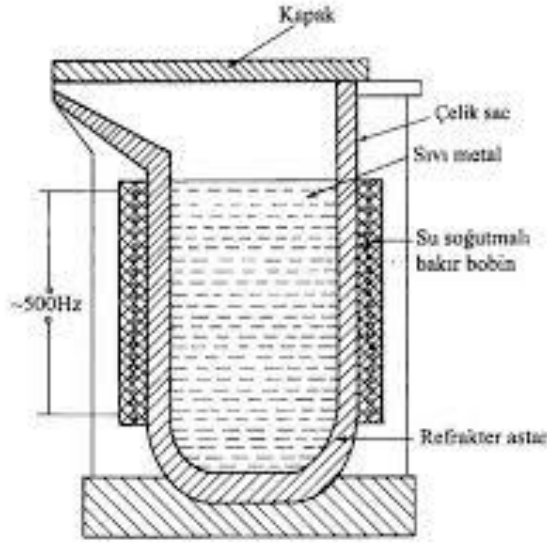
Şekilden görüldüğü gibi, ark uç grafitli elektrotla çelik arasında meydana gelir. Elde edilen ergime sıcaklığı sayesinde Siemens – Martin üretim fırınlarında ulaşılan sıcaklıktan çok daha yüksektir. Bu yöntemle yüksek ergime sıcaklığına sahip alaşım elementlerinin ergitilmesi de mümkün olmuştur [13].

### 2.2.6. İndüksiyon Ocak Yöntemi

Diğer bir fırın tipi de endüksiyon fırınıdır. Bu çelik ergime fırınları genelde 16 ton kapasiteli olup, dökümhanelerde yüksek ergime sıcaklığına sahip alaşımli çeliklerin ergitilmesinde kullanılır. Bu tür üretim fırınlarında alev bulunması alaşım elementi kayıplarını en aza indirir.

Bu ocaklarda yapılan demir çekil üretiminin temel malzemesi hurdadır. Hurda, bu ocağa üst bölümden vinçle dölülür, sonra ise ocak kapağı kapatılır. Metal, ocakta ergidikten sonra tepkime oluşturması için lazım olan elementler eklenmesi ve dinlendirme uygulaması sebebiyle potaya aktarılır. Sonrasında potada hazır hale gelen sıvı çelik aşamalardan geçirilerek kütük ve slab'tan ara ürün üretilir [17].

Aşağıdaki şekilde tipik bir endüksiyon fırınının şematik gösterimi gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Endüksiyon fırınının şematik gösterimi.

Bu tür üretim fırınları asidik veya bazik astarlı olurlar. Asidik astarlı fırın türünde fosforu ve kükürtü gidermek yani uzaklaştırmak mümkün değildir. Başka diğer üretim fırınında ise yani astarlı fırında bu zararlı elementler büyük ölçüde uzaklaştırılır. Asidik astarlı fırında ergitme süresi saha kısa olduğundan elektrik

tüketimi daha azdır. Elektirikli fırın yönteminin belli başlı üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Üstünlükleri;

- Bu tür üretim fırınlarında oksitleyici alev bulunmadığından alaşım elementlerinin yanma oranı düşük olur. Buna görede alaşımli çeliklerin üretilmesinde ekonomik yararlar sağlar.
- Bu üretim yönteminde vacip sayılan sıcaklık ve atmosfer kolay kontrol edilebilir.
- Arzu edildiğinde birkaç kez cüruf yapılabilir.
- Sıralanan tüm üretim yöntemlerinden farklı olarak, bu yöntemle temiz çelik üretilir [13].

### **2.3. DEMİR ÇELİK ÜRÜN ÇEŞİTLERİ**

Demir çelik üretim sektörü kendi alanında çok fazla geliştirilmiş ve genişletilerek farklı çeşitlere, alt yapılar ve gerekli bölümlere ayrılmış bir sanayi sektörüdür. Bu sanayi bölümünün ürettiği ürünleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

Uzun hadde ürünleri, yassı hadde ürünleri, borular, vasıflı çelik ürünleri, dövme ve döküm sanayi ve dökme demir çeşitleri arasında sayılmaktadır. Dünya çapında çelik ve dökme demir üretiminde Çin ilk basamakta bulunurken onu ABD, Japonya, Rusya ve Almanya takip etmektedir. Döküm sektörü de aşağıdaki sıralanan bölümlere ayrılır;

Demir dökümhaneleri, çelik dökümhaneleri ve hafif metal dökümhanelerine ayrılırlar. Döküm bölümü alanında dünya birincisi ABD gelirken onu Çin, Japonya ve Almanya izlemektedir. Üretim miktarına göre Avrupa'da ilk sırayı Almanya almaktadır [9]. Bu üretim sektörlerinin tanımları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

### 2.3.1. Uzun elik rnleri

- İnaaat elik konstruksiyon parçalarında kullanılan çubuk (apları 6-32 mm. arasında deėiſen düz ve nervürlü),
- İnaaat konstruksiyon malzemelerinde kullanılan kare, dikdörtgen, L, H, U kesitli profiller,
- Yardımcı metalurji ürünlere ait tel, çivi ve otomotiv yan sanayisinde kullanılan filmaſın (5-16 mm. Çapları arasında),
- TCDD'de yaygın kullanılan demiryolu rayları olmak üzere dört ana gruba ayrılabilir.

### 2.3.2. Yassı elik ürünleri

- elik ürününün üretilmesi için gereken yarı mamul (slab) sıcak haddehanede iſleme uğratıldığında üretilen sıcak haddelenmiſ rulo ve saclar (kalınlığı 20 mm'den az)
- Üretim ürününün (slab) sıcak haddehanede haddelenmesiyle üretilen levha (kalınlığı 12-50 mm. aralığında)
- İſlem yapılmıſ yassı çeliğin soğuk haddehanede haddelenmesiyle üretilen soğuk haddelenmiſ rulo ve saclar (kalınlığı 0,30 – 2,00 mm. arasında)
- elik retim sırasında yapılmıſ soğuk haddelenmiſ yassı çeliklerin sıcak doldurma yöntemiyle eſitli ağırlıklarda çinko kaplanması ile üretilen ve kalınlıkları 0,30 – 2,00 mm. aralığında deėiſen galvanizli rulo ve saclar,
- Soğuk haddelenmiſ yassı çeliğin elektroliz yöntemiyle farklı ağırlıklarda kalay ve krom kaplanması ile üretilen ve kalınlıkları 0,20 – 0,60 mm. aralığında deėiſen kalay ve krom kaplı rulo ve saclar, olmak üzere aſaėıdaki ana gruba ayrılabilirler.

### 2.3.3. elik Boru rnleri

Demir elik alaſımından mamul borular; uygulamada kullanım alanlarına göre, boyutlarına ve farklı üretim yöntemlerine göre sıralanabilirler [9].

Kullanım alanlarına göre;

- Genel standart su ve gaz boruları
- Petrol ve gaz boruları
- Gerekli basınç ve ısıya dayanıklı borular
- Petrol üretiminde kullanılan koruyucu borular
- Yaygın kullanılan mekanik borular ve profiller
- Siparişle yapılan özel hassas borular.

Boyutlarına göre;

- Çapı küçük olan borular
- Orta büyüklükteki borular
- Büyük borular

Uygulanan üretim yöntemlerine göre;

- Kaynak sonrası üretilen dikişli borular
- Üretim aşamasından sonra elde edilen spiral dikişli borular
- Üretilmiş dikişsiz borular
- Farklı yöntemle üretilmiş döküm boruları

#### **2.3.4. Vasıflı Çelik Ürünleri**

Bahsedilen vasıflı çelik her türlü işlem dövme ve makina imalat sanayinde kullanılmaya uygun kimyasal, fiziksel ve metalurjik özelliklere garanti edilebilen ve bu garantiyi vermek üzere ihtiyaç duyulan muayene, ölçüm ve deneyleri yapılmış olan, müşteri talebi üzerine uygulamada yaygın kullanılan karbon, orta ve yüksek alaşımlı çelik mamülleridir. Vasıflı çelikler kullanım alanlarına göre üç grupta toplanır:

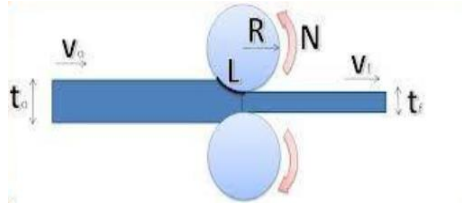
**Alaşımız çelikler:** Uygulamada kullanılan genel makine yapım çelikleri, asal çelikler ve takım çeliklerinden oluşur.

**Az alaşımlı çelikler:** Mühendislikte kullanılan genel makine yapım çelikleri, elektrotluk ve takım çeliklerinden oluşur.

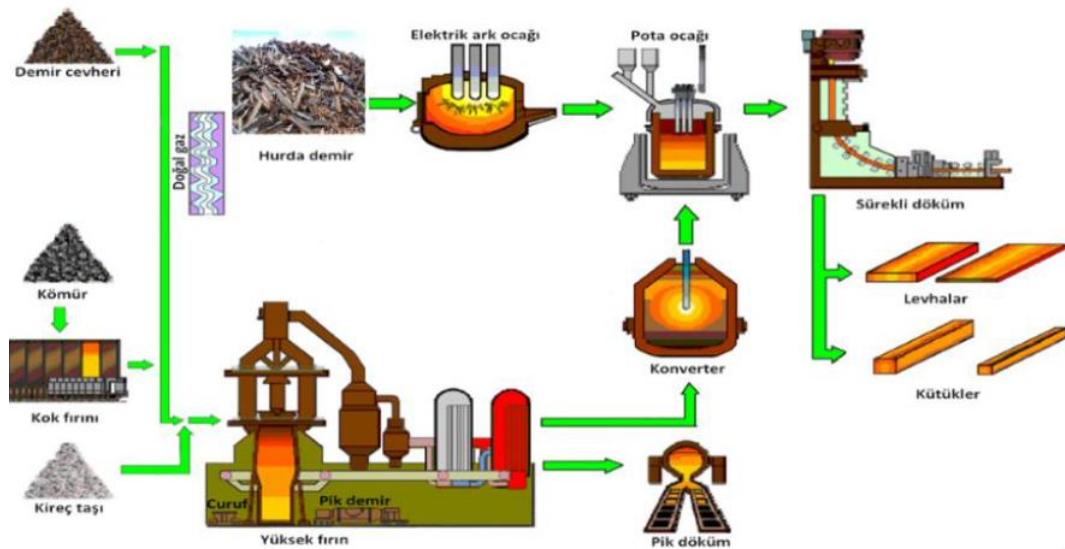
**Yüksek alaşımlı çelikler:** Özel kullanılan yapı çelikleri, paslanmaz çelikler, ısıya dayanıklı çelikler ve takım çeliklerinde oluşur [9].

## 2.4. HADDEHANELER

İki adet devamlı dönen silindir biçimli merdanenin basınç sağlayarak kütük ve slablara soğuk ve sıcak plastik şekil aldırma uygulamasına haddeleme denir. Farklı yöntemler ile üretilen kütük ve slab'lar son olarak haddehanede kullanılarak nihai çelik ürünleri üretilir. Genelde kütükler uzun ürünlerin yapımında kullanılır, slab'lar ise yassı çelik ürünlerinin yapımında kullanılır [17].



Şekil 2.8. Haddeleme işlemi.



Şekil 2.9. Çelik Üretim prosesi.

## BÖLÜM 3

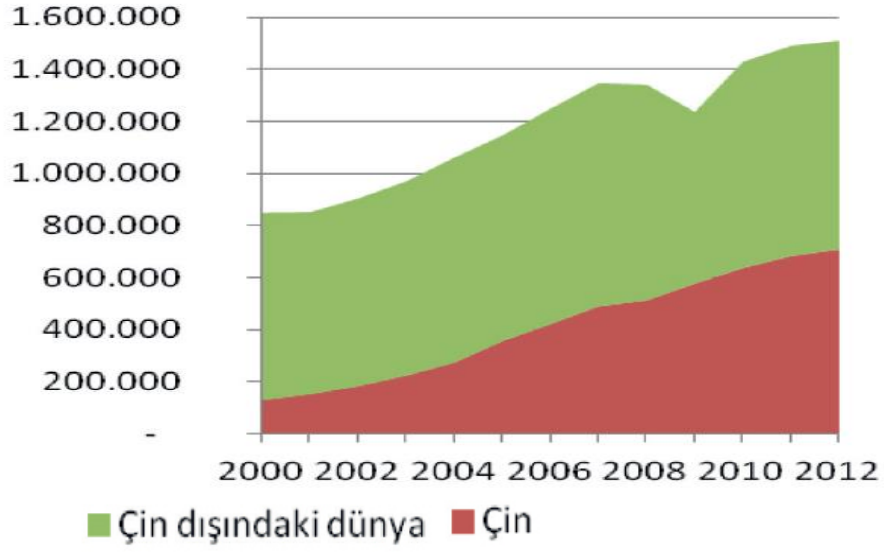
### DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ

#### 3.1. DÜNYA DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ

##### 3.1.1. Dünya Ham Çelik Üretimi

Dünyada üretilen toplam çelik üretimi, 1998 – 2008 yılları arasındaki 10 senelik süreçte, hızlı ve gereken bir şekilde artış göstermiştir. Elde edilen verilerin incelenmesiyle, özellikle 2000’li yıllardan itibaren, dünya çelik üretimindeki artışta Çin Halk Cumhuriyeti’nin büyük bir payı olduğu görülmektedir. Özellikle 2000 – 2007 seneleri arasında dünya çapında çelik üretimi %58,8 oranında artması sonucunda, 848 milyon tondan 1 milyar 347 milyon tona yükselmiştir. Yine bu zaman aralığında, Çin’deki çelik üretiminin %280 oranında artışı görülmüştür ve çelik üretimi 129 milyon tondan 490 milyon tona kadar yükselmiştir. Aynı dönemde dünyada 499 milyon tonluk çelik üretimi artışı gözlemlenmiştir. Bu artışın %72’si olan 361 milyon ton çelik üretimi Çin’in katkısıdır. Dünya çelik üretiminde Çin’in artışını çıkardığımızda geriye kalan artış %19 seviyesinde bulunmaktadır.

Bu artıştan sonra 2008 senesinin ikinci döneminde meydana gelen global finans krizinin de etkisiyle, senenin sonunda %1,3 oranında düşüş görülmüştür ve çelik üretimi 1 milyar 329 ton olmuştur. 2009 senesinde ise %7,3 oranında azalmayla, 1 milyar 232 milyon ton gerileme meydana gelmiştir. Dünya çelik üretiminde yaşanan global finans krizinin sebep olduğu gerilemeye rağmen, Çin üretimdeki artış istikrarını devam ettirmiştir ve 2007 senesindeki 490 milyon ton seviyesinden, 2008 senesinde 512 milyon, 2009 senesinde ise 577 milyon tona ulaşmıştır.



Şekil 3.1. Dünya ham çelik üretimi (Milyon ton).

2010 – 2011 seneleri arasında, özellikle Kuzey Amerika, AB başta olmak üzere, gelişmiş ülkelerin krizin etkisinden kurtulmasından sonra dünya çelik üretimi, tekrardan süratli biçimde artış evresine geçmiştir. 2000 – 2007 senelerinde Çin Halk Cumhuriyetinin çelik üretimini her yıl %20 civarında artırmasına rağmen 2011 ve 2012 senelerinde çelik üretimi artış seviyelerinde %10'a bile ulaşamamıştır. Fakat, dünya çelik üretiminde Çin Halk Cumhuriyetinin bu artış gerilemesine rağmen 2000 senesindeki %15 seviyesinden, 2012 senesinde %46 seviyesine ulaşmıştır. AB'nin hamçelik üretimi 2000 – 2007 seneleri içerisinde 190 – 210 milyon ton miktarlarında değişmiş, 2008 ile 2009 senelerinde toplam olarak %34 oranında azalmıştır. AB'de 2010 senesinden başlayarak topralanma, daha doğrusu gelişme eğilimi gösterilmiştir. 2011 senesi itibariyle çelik üretimini 177 milyon tona artırabilmesine rağmen, 2011 senesinin son döneminde Avrupa bölgesinde meydana gelen borç krizi nedeniyle, 2012 senesinde AB'nin çelik üretimi 169 milyon ton civarında olmuştur.



Çizelge 3.1. Bölgeler itibariyle dünya ham çelik üretimi (Bin ton).

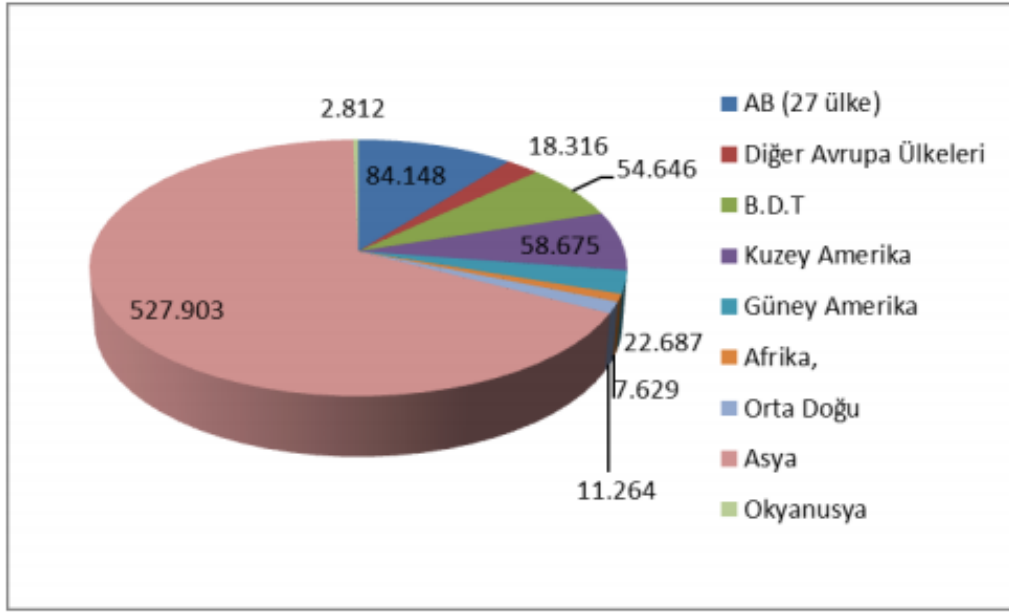
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	% değişim 12/11
AB (27)	206.903	210.179	198.195	139.366	172.630	177.376	169.367	-4,5
Diğer Avrupa	28.205	30.608	31.710	29.076	33.585	38.966	37.862	-2,8
BDT	119.906	124.169	114.345	97.645	108.200	112.554	111.179	-1,2
Kuzey Amerika	131.789	132.618	124.494	82.578	111.565	119.434	121.872	2,0
Güney Amerika	45.298	48.232	47.354	37.776	43.873	48.312	46.929	-2,9
Afrika	18.695	18.675	16.997	15.326	16.621	14.326	15.700	9,6
Orta Doğu	15.376	16.452	16.646	17.656	19.590	20.935	24.200	15,6
Asya	674.126	757.285	783.040	810.405	915.839	988.170	1.012.700	2,5
Okyanusya	8.691	8.783	8.424	6.014	8.149	7.248	5.805	-19,9
<b>Dünya</b>	<b>1.248.991</b>	<b>1.347.002</b>	<b>1.341.205</b>	<b>1.235.841</b>	<b>1.430.052</b>	<b>1.529.200</b>	<b>1.547.800</b>	<b>1,2</b>

Dünyanın ham çelik üreten 62 ülkesi, 2013 sensinin ilk yarısı dahil olmakla toplam 788 milyon ton üretim yapmıştır. Asya ve Orta Doğu haricindeki diğer bölgelerde çelik ve dökme demir üretiminde düşüş olmasına rağmen, Asya %5,65, Orta Doğu %0,48 oranında üretimini yükseltmiştir.

Çizelge 3.2. Dünya ham çelik üretimi (Bin ton).

	2012-6 ay	2013-6 ay	% değişim
<b>AB (27 ülke)</b>	88.803	84.148	-5,24%
<b>Diğer Avrupa Ülkeleri</b>	19.082	18.316	-4,01%
<b>B.D.T</b>	56.713	54.646	-3,64%
<b>Kuzey Amerika</b>	62.727	58.675	-6,46%
<b>Güney Amerika</b>	23.624	22.687	-3,97%
<b>Afrika,</b>	7.763	7.629	-1,73%
<b>Orta Doğu</b>	11.210	11.264	0,48%
<b>Asya</b>	499.657	527.903	5,65%
<b>Okyanusya</b>	2.854	2.812	-1,47%
<b>Dünya (62 ülke)</b>	772.432	788.079	2,03%

Farklı çeşitte üretilen ürünler en fazla Asya bölgesinde yapılırken sonrasında Avrupa Birliği Ülkeleri, Kuzey Amerika ve Bağımsız Devletler Topluluğu takip etmiştir [18].



Şekil 3.2. Dünya çelik üretiminde bölgelerin payı (Bin ton).

2018 senesinde ise dünyada üretim faaliyetleri içerisinde olan 65 ülke, ham çelik üretimi bazında 1,8 milyar ton kapasitesinde ürün üretiminde bulunmuştur. Dünyadaki çelik üretimi oranına bakıldığında, genel bir artış gerçekleşmektedir. Artışın oluşmasında payı bulunan bölgeler Orta Doğu, Asya ve Kuzey Amerika bölgeleridir. Bu bölgeler haricindeki bütün bölgelerde genel olarak üretimde artma söz konusuysen AB’de düşüş olmuştur. Aşağıda verilen Çizelge bölgelerin genel dağılımını içermektedir (Çizelge-3.3). Bununla birlikte ülkeler sıralamasında en fazla üretim gerçekleştiren 10 ülke aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil-3.3) [17].

Çizelge 3.3. Bölgeler bazında çelik üretim dağılımı.

	2017	2018
<b>AB (28 ülke)</b>	168,5	168,0
<b>Diğer Avrupa Ülkeleri</b>	40,6	40,8
<b>B.D.T.</b>	100,8	101,1
<b>Kuzey Amerika</b>	115,8	120,5
<b>Güney Amerika</b>	43,7	44,3
<b>Afrika</b>	13,6	14,5
<b>Orta Doğu</b>	32,0	36,1
<b>Asya</b>	1.191,8	1.258,0
<b>Okyanusya</b>	5,9	6,3
<b>Dünya (65 ülke)</b>	<b>1.729,8</b>	<b>1.808,6</b>



Şekil 3.3. İlk 10 ülke çelik üretimi (Milyon ton).

Çin Halk Cumhuriyeti, 2018 senesinde dünyada üretilen çelik miktarının %50'sini karşılamıştır. Bu seneler içerisinde ABD, İran ve Hindistan üretimde yükselmeye doğru ilerlerken Rusya, Japonya ve Güney Kore gibi üretim faaliyetlerinde bulunan ülkelerin, çelik üretiminde ciddi bir farklılık yaşanmamıştır. Ülkeler dışında dünyaca, demir çelik üretimine katkı sağlayan en büyük 20 şirket ve bilgiler aşağıda sunulmuştur [17].

Çizelge 3.4. Dünyadaki ilk 20 şirket (Çelik üreticisi).

Sıra No	Şirket Adı	Kuruluş Yılı	Ülke	Üretim (milyon ton) (2017)
1	ArcelorMittal	2006	Lüksemburg-Hindistan	97.03
2	China Baowu Group	2016	ÇHC	65.39
3	Nippon Steel and Sumitomo Metal Corporation	1950	Japonya	47.36
4	HBIS Group	2008	ÇHC	45.56
5	POSCO	1968	G. Kore	42.19
6	Shagang Group	1975	ÇHC	38.35
7	Ansteel Group	1948	ÇHC	35.76
8	JFE Steel Corporation	1950	Japonya	30.15
9	Shougang Group	1919	ÇHC	27.63
10	Tata Steel Group	1907	Hindistan	25.11
11	Nucor Corporation	1905	ABD	24.39
12	Shandong Steel Group	2015	ÇHC	21.68
13	HYUNDAI Steel Company	1953	G. Kore	21.23
14	Jianlong Group	1999	ÇHC	20.26
15	Valin Group	1997	ÇHC	20.15
16	Maanshan Steel	1993	ÇHC	19.71
17	Novolipetsk Steel (NLMK)	1927	Rusya	17.08
18	Gerdau S.A.	1901	Brezilya	16.50
19	JSW Steel Limited	1982	Hindistan	16.06
20	Benxi Steel	1996	ÇHC	15.77

### 3.1.2. Türkiye’de Ham Çelik Üretimi

2011 senesinden başlayarak, Türkiye çelik üretimi artış hızında düşüş eğilimi göstermiştir. 2013 senesine geçiş sürecinde ise çelik üretiminde yükselme olasılığı düşünülmektedir. Demir çelik sektörünün temel malzemesi olan hurda ile mamul fiyatları arasındaki marjın azalması ile çelik üretimi baskı altında kalmıştır. 2013’ün

son döneminde çelik üretiminde düşük bir seviyede yükselme eğiliminde olan ham çelik üretimi, Aralık ayında ülke bazında elektrik enerjisi arzı sebebiyle gerçekleşen problemlerin çelik üretim sektörünün enerjisinin kesintiye uğrayarak aşılmaya çalışılmasından etkilenerek üretimde azalma yaşanmıştır. 2013 senesinin bütününde, Türkiye'nin çelik üretimi, hedeflerinin aksine %3,4 seviyesinde düşüş ile, 34,65 milyon tona gerilemiştir. Yaşanan gerilemeye rağmen dünya sıralamasında Türkiye 8. Konumunda kalmayı başarmıştır. 2011 ve 2012 senelerinde en fazla çelik üretiminde bulunan 10 ülke içerisinde, üretiminde en hızlı şekilde artış görülen ülke başarısını göstermiş ve son 10 senelik süreçte Türkiye, 2013 senesinde üretimdeki gerilemeye göre Güney Kore'den sonra en kötü performansa sahip ikinci ülke durumuna geçmiştir [9].

Çizelge 3.5. Ham çelik üretimi (Milyon ton)

	1980	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	% değ. (13/12)
<b>Toplam</b>	2.400	9.322	14.325	20.964	23.437	25.754	26.806	25.303	29.143	34.107	35.885	34.654	-3,4

Türkiye, demir çelik üretim faaliyetlerinde uzun ürünlerde ihracatçı konumundadır. Yassı ürün üretiminde ise kendi ihtiyaçlarını karşılama kapasitesindedir. Bu dönemde demir çelik üretim sektöründe üretilen çeliklerin çeşit farklılığı, yerli ekonomiye katkısı, katma değeri ve gelecek perspektifi gibi alanlarda çalışmalar başlatılmıştır. Bununla beraber, demir çelik üretim sektörünün katma değeri daha fazla olan yassı ürünleri tercih ederek hakim bulunduğu pazarları kontrolünde tutmak hatta yeni pazarlara giriş sağlayabilmek için çalışmalarda bulunulması mecburidir.

Türkiye, çelik üretim sektöründe 2018 senesinde 37,3 milyon ton çelik üretiminde bulunmuştur. Bir önceki dönemle kıyaslandığında 37,5 milyon ton ham çelik üretimi gerçekleştirmiştir ve %0,6 seviyesinde düşüş yaşanmıştır. Bu dönemde demir çelik üretiminde azalma gözlenmesine rağmen dünya çelik üretimi sıralamasında Türkiye ilk 10 ülke içerisinde bulunduğu 8.lik durumunu korumayı başarmıştır (Bknz Şekil-3.3).

2018 senesinden başlayarak, Türkiye'de demir cevherinden çelik üreten 3 adet Entegre Demir Çelik Tesisi ve hurdadan üretim gerçekleştiren 31 adet indüksiyon ve

elektrik ark ocaklı tesis mevcuttur. Bu tesislerin bölgesel dağılımı aşağıdaki haritada gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Türkiye çelik üreticileri.

Demir çelik üreten tesislerin çoğunluğunun sahil kesimlerinde toplanmış olduğu haritadan anlaşılmaktadır. Bu bölgeler İzmir-Aliğa, İskenderun-Osmaniye, Marmara ve Batı Karadeniz kıyı hattıdır.

Çizelge 3.6. Türkiye'nin ürünlere ve yöntemlere göre ham çelik üretimi (Milyon ton).

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Uzun</b>	26,294	24,612	23,231	23,015	25,839	24,669
<b>Yassı</b>	8,360	9,423	8,286	10,148	11,685	12,643
<b>TOPLAM</b>	<b>34,654</b>	<b>34,035</b>	<b>31,517</b>	<b>33,163</b>	<b>37,524</b>	<b>37,312</b>
<b>EAO</b>	24,723	23,752	20,482	21,846	25,963	25,799
<b>BOF</b>	9,931	10,283	11,035	11,317	11,561	11,513
<b>TOPLAM</b>	<b>34,654</b>	<b>34,035</b>	<b>31,517</b>	<b>33,163</b>	<b>37,524</b>	<b>37,312</b>

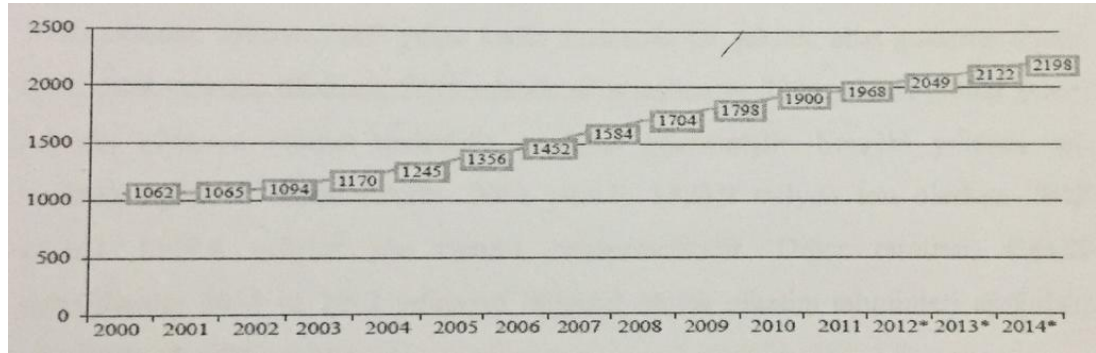
2015 çerçevesinde dünya sıvı çelik üretimi sıralamasında 9. konuma inen Türkiye, 2016 senesinde yeniden 8. sıraya çıkmıştır ve 2017 ile 2018 senelerinde ise bu konumunda kalmayı sürdürmüştür. Türkiye'nin demir çelik sektöründe 2018 senesinde, 2013 verilerine bakıldığında elektrik ark ocaklı üretim tesislerinde üretimde azalmaya karşın bazik oksijen fırınlı üretim tesislerinde üretimde artışın gerçekleştiği bilinmektedir. 2016 senesinde bazik oksijen fırınlı üretim tesislerinde 11,3 milyon ton üretim gerçekleşmiştir. Bununla beraber 2018 senesinde bu miktar

%2,2'lik bir artış yaşanarak 11,6 milyon tona ulaşmıştır. Görüldüğü gibi elektrik ark ocaklı üretim tesislerinde son senelerdeki üretim azalmasına karşın, 2017 senesinde elektrik ark ocaklı çelik üretim tesislerinde %8,8 oranında üretim artışı gerçekleşmiş ve bu artış 2018 senesinde de korunmuştur [17].

### 3.2. KAPASITE KULLANIM ORANLARI (KKO)

#### 3.2.1. Dünyada Kapasite Kullanım Oranları

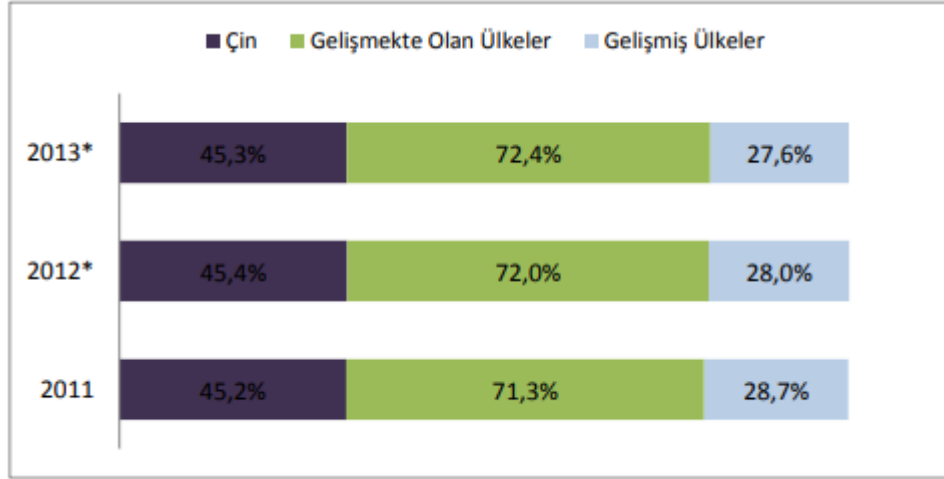
Üretilen çelik miktarını kontrol eden Dünya Çelik Derneği'nin verileri sonucuna göre, 2000 – 2012 seneleri aralığında, dünyadaki ham çelik üretim hacmi %95 oranında artış ile 1 milyar 62 milyon tondan, 2 milyar 68 milyon tona yükselmiştir. Global kriz şartlarında elde edilen üretim göstergelerinde düşüş yaşanırken, kapasitedeki büyüme eğilimi sürekli bir şekilde üretim göstergelerinde gelişmeler izlenmiştir. Çelik üretim değerlerinde olduğu gibi, kapasite artışında da Çin Halk Cumhuriyeti belirleyici olarak önemli bir yere sahiptir. Üretim sırasında bu dönemlerde AB ve Kuzey Amerika gibi çelik üreticileri arasındaki artış ise yaklaşık %6-8 seviyelerinde olmuştur.



Şekil 3.5. Dünya ham çelik üretim kapasitesi (Milyon ton).

2000 – 2012 seneleri arasında, Çin Halk Cumhuriyeti'nin dünya çelik üretim kapasitesi içerisindeki payında %14,1'den %44,5'e, Asya'nın payında %41,1'den %63,5'e yükselme görülürken, AB'nin payında %22,6'dan %11,6'ya ve Kuzey Amerika'nın payında %14,3'ten %7,8'e kadar gerileme görülmüştür [9].





Şekil 3.6. Gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkeler ve Çin'deki çelik tüketim payları.

Çin Halk Cumhuriyetinin gün geçtikçe artmakta olan kapasitesi sebebiyle dünyadaki çelik üretim kapasitelerinde daralma gerçekleşmiş olmasına karşın son senelerde kapasitelerdeki artış göze çarpmaktadır. OECD Çelik Komitesi'nin hazırladığı raporlara bakıldığında dünyadaki çelik kapasite kullanım seviyesinin şuan %75 civarında bulunduğu, bu rakamın 2030 senelerinde artış gösterebileceği ve %78 seviyesine ulaşacağı beklenmektedir. Çin Halk Cumhuriyetinde gerçekleşen son yıllarda çelik kapasite yükselmesi nedeniyle G-20 ülkeleri Küresel Çelik Kapasitesi Fazlası Forumu'nu (GFSEC) uygulamaya geçirmiştir ve bahsi geçen forumda Türkiye de büyük rol sahibidir.

### 3.2.2. Türkiyede Kapasite Kullanım Oranları

Türkiye'nin ham çelik üretim hacmi 1980 senesinde 4,2 milyon ton, 1990 senesinde 11,3 milyon ton, 2000 senesinde 19,8 milyon tona kadar yükselmiştir. 2006 senesinde ham çelik kapasitesi 27,7 milyon ton olmuştur. Bu dönemden sonra Türkiye'de yassı ve yapısal çelik ürünlerine yapılan yatırımların sonucunda ham çelik kapasitesi 49,6 milyon tona ulaşmıştır. 2000-2013 zaman aralığında ham çelik kapasitesinde oluşan 29,8 milyon tonluk yükselmenin 24,1 milyon tonu elektrik ark fırınlı çelik üretim tesislerinde, 7,8 milyon tonu ise entegre tesislerde üretilmiştir.



Çizelge 3.7. Ham çelik kapasitesi (1.000 ton).

	1980	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2013	%değişim (12/11)	%pay (2012)
EAO	1.200	6.500	13.632	18.844	33.385	36.435	38.385	37.689	-1,8	75,9
BOF	3.000	4.800	6.200	6.300	9.350	10.650	10.650	11.950	12,2	24,5
<b>Toplam</b>	<b>4.200</b>	<b>11.300</b>	<b>19.832</b>	<b>25.144</b>	<b>42.735</b>	<b>47.085</b>	<b>49.035</b>	<b>49.639</b>	<b>1,2</b>	<b>100,0</b>

2013 senesinden başlayarak Türkiye'nin ham çelik üretim kapasitesi 49,6 milyon tona ulaşmıştır. Bu kapasitenin %75,9'u yani 37,7 milyon tonu elektrik ark ocaklı çelik üretim tesislerinde, %24,1'i yani 12 milyon tonu ise entegre tesislerde üretilmiştir [9].

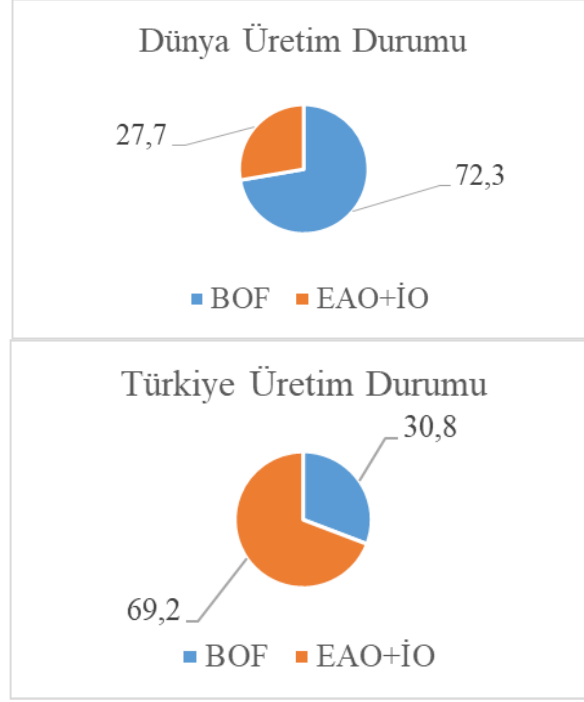
Türkiye'de ham çelik üretim kapasitesi aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Türkiye'nin ham çelik üretim kapasitesi (1.000 ton).

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
EAO+İO	37.689	38.663	38.739	39.256	38.940	39.484
BOF	11.550	11.550	11.700	12.250	12.250	12.400
<b>TOPLAM</b>	<b>49.239</b>	<b>50.213</b>	<b>50.439</b>	<b>51.506</b>	<b>51.190</b>	<b>51.884</b>

Türkiye'de demir çelik sektöründe üretilen üretimin kapasitesi 51,8 milyon tondur. Bu kapasitenin 18,3 milyon tonunu yassı ürünler, 33,5 milyon tonunu ise uzun ürünler oluşturmaktadır. Üretim sektörü bu kapasite dahilinde 2018 senesinde 37,3 milyon ton sıvı çelik üretimi gerçekleştirmiş ve bu üretim kullanım kapasitesinin %72'sini oluşturmaktadır.

Türkiye'de daha çok elektrik ark ocakları kullanımı, dünyadaki ağırlıklı olarak bazik oksijen fırınları kullanımına zıtlık oluşturmaktadır. Bazik oksijen yöntemine göre %72,3 seviyesinde bulunan dünya çelik üretimi Türkiye'de %30,8 seviyesinde kalmaktadır.



Şekil 3.7. Üretim yöntem durumu.

Türkiye’de 2017 senesi sonunda bazık oksijen fırınlı tesislerin kapasite kullanım seviyeleri %94 iken, elektrik ark ocaklı tesislerde bu seviye %67 olmuştur [17].

Çizelge 3.9. BOF ve EAO'lu tesislerin KKO'ları (2012-2017).

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	KKO	KKO	KKO	KKO	KKO	KKO
Asil Çelik	66	63	90	83	62	81
Baştağ	76	92	85	73	82	83
Bilecik	-	-	-	60	78	99
Çebitaş	39	37	37	16	19	54
Çemtaş	67	79	83	78	104	88
Çolakoğlu	87	78	74	60	70	83
Diler	93	90	74	68	70	80
Ede	33	21	23	0	1	6
Ege Çelik	50	41	33	21	18	24
Ege Demir				91	80	65
Egemen			48	82	85	11
Ekinciler	82	84	61	48	54	76
Elektrofer	0	0	-	-	-	-
Habaş			-	60	67	73
İçdaş	78	76	66	53	60	78
İzmir D.Ç.	95	95	80	80	88	88
Kaptan D.Ç.	94	79	72	71	82	93
Koç Metalurji		95	39	62	99	128
Kroman	55	52	55	46	49	49
MKEK			-	2	0	0
MMK	33		-	0	0	0
Nursan	92	74	66	71	0	0
Özkan	75	75	53	55	61	73
Platinum	61	94	79	88	85	114
Sıddık Kardeşler				-	-	218
Sider (Erege)	75	52	49	36	45	55
Sivas D.Ç.	61	68	61	32	0	26
Tosçelik	78	78	85	52	72	89
Yazıcı	97	93	90	92	83	92
Yeşilyurt	63	61	74	70	79	89
Diğer EO	54	61	66	-	-	-
<b>EAO+İO Toplam</b>	<b>71</b>	<b>66</b>	<b>61</b>	<b>53</b>	<b>56</b>	<b>67</b>
Erdemir	84	98	100	97	96	95
İsdemir	87	85	95	103	98	99
Kardemir	97	59	64	75	76	84
<b>Entegre Top.</b>	<b>88</b>	<b>83</b>	<b>89</b>	<b>94</b>	<b>92</b>	<b>94</b>
<b>GENEL TOP.</b>	<b>75</b>	<b>70</b>	<b>68</b>	<b>62</b>	<b>64</b>	<b>73</b>

Türkiye’de demir çelik üretimi gerçekleştiren tesislerin kapasiteleri, üretim miktarları ve kapasite kullanım seviyeleri, ile ilgili bilgilere dayanarak entegre bazik oksijen fırın teknolojisi bulunduran demir çelik üretim tesislerinin kapasite kullanım seviyelerinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır [17].

### 3.3. TÜKETİM DURUMU

#### 3.3.1. Dünyada Tüketim Durumu

2000-2007 zaman aralığında devamlı yükselme içerisinde olan dünya nihai çelik ürünleri tüketimi, 2008 senesinde sabit olarak devam etmiş ve 2009 senesinde küresel finan krizi sebebiyle gerilemiştir. İleriki zamanlarda ise artış yönlü ilerlemeyi devam ettirmiştir. 2011 senesinde 1380,9 milyon ton, 2012 senesinde ise 1409,4 milyon ton olmuştur [9].

Dünyada ihtiyaç sebebiyle birçok farklı alanda artmakta olan tüketim seviyeleri, çelik üretim sektöründe de süratli bir şekilde sürmektedir. Ulaştırma, inşaat, otomotiv ve makine sanayi sektörleri çeliğin kullanıldığı başlıca alanlardandır. Bu sektörlerle hammadde statüsünde girdi gerçekleştiren çelik ürünlerinin tüketimi de dünyada hatırı sayılır rakamlara ulaşmıştır. Kişi başına düşen ham çelik tüketimi dünya bazında 230 kg'yi bulmaktadır, bununla beraber bölgeler çapında ham çelik tüketimi aşağıda verilmektedir.

Çizelge 3.10. Bölgeler bazında kişi başına düşen ham çelik tüketimi (Kg).

Kişi Başına düşen ham çelik tüketimi (kg)	2016	2017
AB (28 ülke)	338.0	350.0
Diğer Avrupa Ülkeleri	379.8	393.7
B.D.T.	215.0	223.3
Kuzey Amerika	266.1	280.6
Güney Amerika	96.8	100.6
Afrika	33.4	30.3
Orta Doğu	234.7	231.9
Asya	263.0	275.9
Okyanusya	198.0	184.8
Dünya (65 ülke)	220.0	228.4

Bununla birlikte çelik tüketimi çerçevesinde ek olarak dünyada üretim gerçekleştiren ilk 10 sırada konumlanan ülkelerin tüketimini içeren Çizelge aşağıda verilmektedir.

Çizelge 3.11. Ülkeler bazında bazında kişi başına düşen ham çelik tüketimi (Kg).

Ülkeler-Kişi Başına düşen ham çelik tüketimi (kg)	2016	2017
<b>ÇHC</b>	505.5	545.5
<b>Hindistan</b>	71.4	75.3
<b>Japonya</b>	528.4	549.9
<b>ABD</b>	318.4	338.0
<b>G.Kore</b>	1171.8	1152.4
<b>Rusya</b>	301.6	308.3
<b>Almanya</b>	521.9	527.7
<b>Türkiye</b>	455.9	475.0
<b>Brezilya</b>	97.5	101.8
<b>İran</b>	264.4	273.2

2018 senesinde dünyada ülkeler çerçevesinde ham çelik tüketimi ile ve buna istinaden 2019 ve 2020 senelerinin projeksiyonunu içeren Çizelge aşağıda verilmektedir [17].

Çizelge 3.12. Ülkeler bazında ham çelik tüketimi (Milyon ton).

Sıra No	Ülke	2018	2019	2020
1	ÇHC	835.0	843.3	834.9
2	ABD	100.2	101.4	101.7
3	Hindistan	96.0	102.8	110.2
4	Japonya	65.4	64.7	64.2
5	G. Kore	53.6	53.4	54.1
6	Rusya	41.2	41.6	42.2
7	Almanya	40.8	40.4	41.0
8	Türkiye	30.6	29.1	31.4
9	İtalya	26.4	26.7	27.0
10	Meksika	25.4	25.8	26.1

### 3.3.2. Türkiye’de Tüketim Durumu

2013 senesinde Türkiye’nin nihai mamul tüketimi %10 seviyesinde yükselerek 31,3 milyon ton olmuştur. Aynı yıl içerisinde inşaat sektöründe daha çok önem verilen uzun ürünlerin tüketimi %12,3 seviyesinden yükselerek 16,67 milyon ton olmuş, yassı ürünlerin tüketimi ise %7,4 seviyesinde yükselerek 14,63 milyon ton olmuştur. Yassı mamul tüketimindeki yükselme gidişatının az seviyede bulunması üretim sanayinin gelişmesindeki hızının düşüşünün nedeni olmuştur.

Çizelge 3.13. Türkiye’nin nihai mamul tüketimi (1.000 Ton).

	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	%değ. (13/12)	%pay (2013)
Uzun	4.161	6.784	9.077	10.536	12.110	10.272	9.699	11.660	13.738	14.841	16.671	12,3	53,3
Yassı	...116	6.286	9.363	10.686	11.661	11.182	8.349	11.944	13.210	13.627	14.630	7,4	46,7
<b>Toplam</b>	<b>7.277</b>	<b>13.070</b>	<b>18.440</b>	<b>21.222</b>	<b>23.771</b>	<b>21.454</b>	<b>18.048</b>	<b>23.604</b>	<b>26.948</b>	<b>28.468</b>	<b>31.301</b>	<b>10,0</b>	<b>100,0</b>

2005 senesinde %40 oranında olan Türkiye’nin yassı ürün tüketimini karşılama oranı, üretim hacminin %40 seviyesine yükselerek 3 milyon tondan 16,3 milyon tona ulaşmasına karşın, 2013 senesinde %67 oranında olabildiğince düşük seviyede seyretmiştir. Uzun ürünlerde ise üretimin tüketimi karşılama seviyesi 2012 senesinde

%170 oranından 2013 senesinde %159'a düşmüştür. Türkiye, 2013 senesinde imal ettiği çeliğin %86'lık dilimini yerli piyasadan elde etmiştir. Aynı dönemde Türkiye gereken miktardan çok çelik üretmiştir [9].

Türkiye'nin son senelerde artış gösteren iç tüketimi ürün gamında daha da netleştirmek amacıyla Türkiye Çelik Üreticileri Derneği'nin (TÇÜD) hazırladığı çalışmaya dayanarak ulaşılan verileri yansıtan Çizelge aşağıda verilmektedir.

Çizelge 3.14. Türkiye'de nihai mamul tüketimi (1.000 Ton).

	2000	2005	2010	2014	2015	2016	2017	2018	% değişim 18/17	% pay 2018
Uzun ürün	6.784	9.077	11.660	16.168	17.926	17.636	18.130	15.804	-12,8	51,7
Yassı ürün	6.286	9.363	11.944	14.605	16.455	16.455	17.796	14.779	-17,0	48,3
<b>Toplam</b>	<b>13.070</b>	<b>18.440</b>	<b>23.604</b>	<b>30.773</b>	<b>34.381</b>	<b>34.077</b>	<b>35.926</b>	<b>30.584</b>	<b>-14,9</b>	<b>100,0</b>

Bahsi geçen nihai mamul Çizelgesuna bakıldığında, tüketimde %52 civarındaki bölümü, inşaat ürünlerini barındıran uzun ürünler kaplamaktadır. Çizelgeya bakıldığında bu tüketici yerli tesislerin kaynak oluşturduğu anlaşılmaktadır. Toplam tüketimin %45'ini yassı ürün karşılamaktadır. Bu ürünler sanayide girdi olarak kullanılır. Ancak, yassı üründe Türkiye'nin üretim potansiyeli bulunmasına karşın farklı sebeplerden ötürü kapasite kullanım seviyelerinin düşük olması ve ithalatın daha uygun görülmesi sebebiyle %48'lik kısım içinde yerli üretimin fazlalaştırılması önem taşımaktadır.

Farklı açıdan, Türkiye'de nihai mamul Çizelgesuna bakıldığında, 2000 senesinden başlayarak, Türkiye'de çelik tüketiminin 2015 senesine kadar artış istikrarı sağladığı, 2016 senesinden başlayarak ise yavaşladığı ve 2018 senesinde ise düşüşe geçtiği anlaşılmaktadır [17].

### 3.4. DEMİR ÇELİK TİCARETİ

#### 3.4.1. Dünyada Demir Çelik Ticareti

Dünya çapında üretilen demir çelik ticaretinde, üretim faaliyetlerindeki ve kapasitedeki oluşan artışlardan dolayı olumsuz etki görülmektedir. Toplam demir çelik ticareti 2000 senesinde 307 milyon tondan yıllık ortalama % 2,5 oranında büyüyerek, 2012 senesinde 414 milyon tona kadar yükselmiştir.

Çizelge 3.15. Demir çelik dış ticareti (Milyon ton).

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Dış Ticaret	307	371	418	445	437	327	389	417	414
Üretim	849	1.147	1.249	1.347	1.341	1.236	1.430	1.500	1.518
Ticaretin Üretimine Göre Payı %	36,2	32,4	33,5	33,0	32,6	26,5	27,2	27,8	27,3

Çelik ticaretinde bulunan ülkelere bakıldığında, çelik üretiminde ilk sırada olan Çin Halk Cumhuriyeti'nin ve Japonya'nın aynı zamanda ihracatçı ülke konumunda da ilk sırada olduğu belirgindir. ABD ve Almanya gibi ülkelerin büyük üretim göstergelerine rağmen en büyük ithalatçılar bazında da ilk sıralarda yer alması dikkat çekmektedir.

Çizelge 3.16. Çelik dış ticareti yapan ülkeler.

İHRACAT (2012)			İTHALAT (2012)		
	Ülkeler	Milyon Ton		Ülkeler	Milyon Ton
1	Çin	54,8	1	ABD	31,5
2	Japonya	41,5	2	Almanya	22,9
3	Güney Kore	30,2	3	Güney Kore	20,4
4	Rusya	26,7	4	Tayland	15,2
5	Almanya	26	5	Çin	14,2
6	Ukrayna	24,1	6	İtalya	13,9
7	Türkiye	18,7	7	Fransa	13,2
8	İtalya	18,3	8	Endonezya	12,2
9	Fransa	14,6	9	Türkiye	11,5
10	Belçika	14,5	10	Belçika	10,6

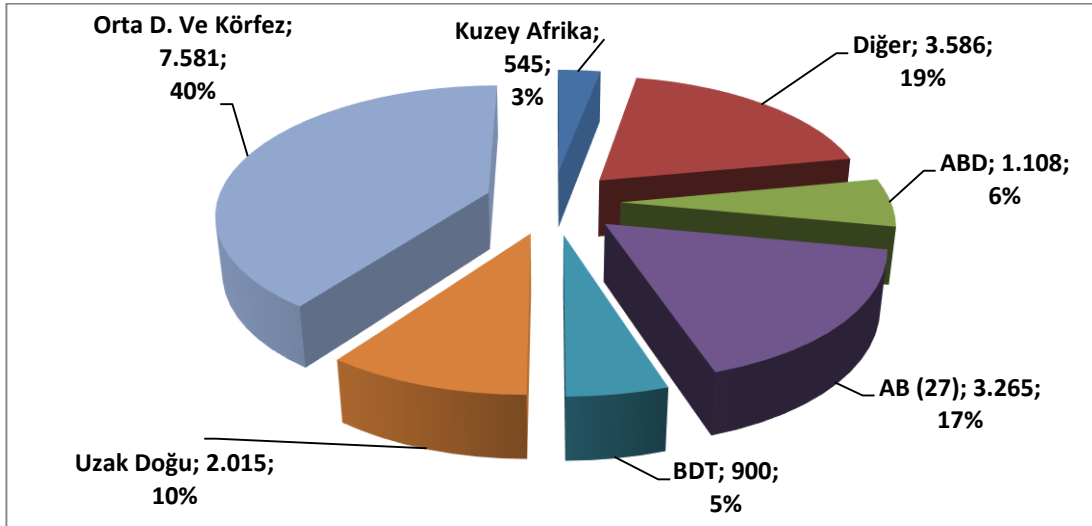
Ülkelerin ticareti sekteye uğratan önlem ve girişimleri, sektörde küresel kapasitenin ve üretimin, küresel talepten daha çok artmasına sebebiyet vermiştir. 2000 – 2012 seneleri dahilinde demir çelik sektöründe gelişme eğilimi gösteren ülkelerde iktisadi



yönden kazanılan büyümeler alt yapı ihtiyaçlarının ve diğer tüketim ihtiyaçlarının büyük bir oranını iç üretim ile karşılama çabası içerisinde olmuşlardır. Bu senelerde çeliğe olan talebin yüksek olması, hammadde ve enerji piyasalarının da canlanmasına sebep olmuştur, arz talebi karşılayamadığı için demir çelik üretiminde büyük fiyat ve maliyet artışları meydana gelmiştir.

### 3.4.2. Türkiye’de Demir Çelik Ticareti

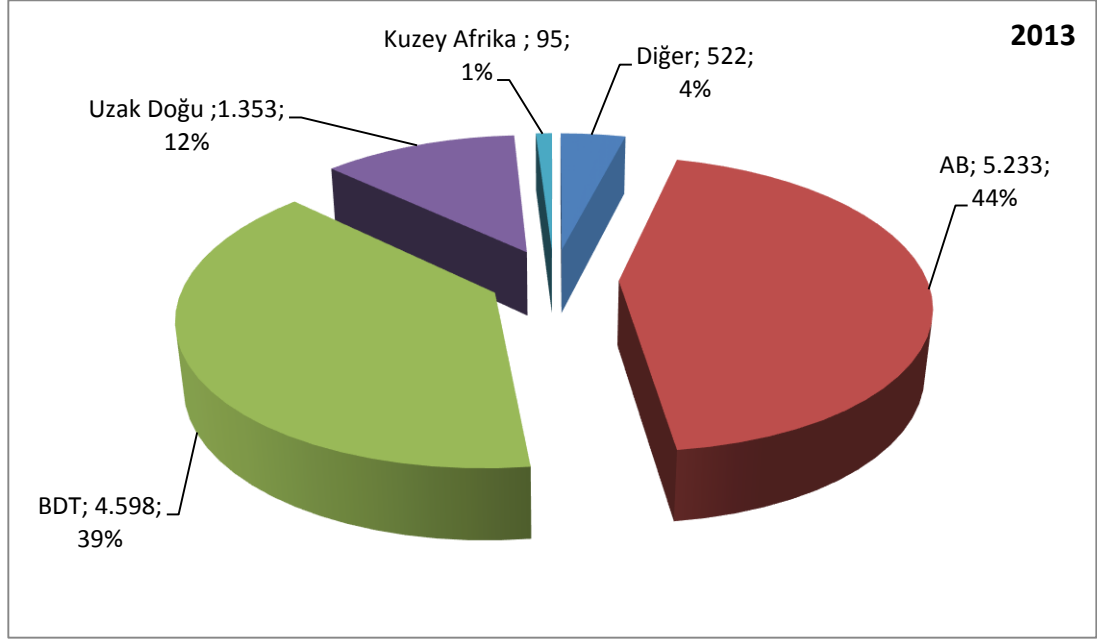
2013 senesinde AB’ye %30 seviyesinde artış sağlanarak ulaşılan 3,3 milyon ton çelik ürünü ihraç edilmiştir. AB haricindeki diğer bölgelere yapılan ihracatta düşüş olmuştur. Türkiye dış pazarda Orta Doğu ve Körfez bölgesine gerçekleştirdiği ihracatı %15,4 oranında azalarak, 7,58 milyon tona, Kuzey Afrika’ya gerçekleştirdiği ihracatta ise %4,7 seviyesinde azalarak 2 milyon tona gerilemiştir. Aynı dönemde Türkiye’nin AB(28), Kuzey Afrika, Orta Doğu ve Körfez bölgelerine yaptığı ihracat toplam ihracatın %67’sini oluşturmuştur. Bu bölgelerin haricinde talep-fiyat-maliyet kapsamında son dönemlerde Güney Amerika ve Uzak Doğu bölgeleri ile de ticaret ilişkileri önem kazanmıştır.



Şekil 3.8. Bölgeler göre miktar bazında çelik ihracatı (1.000; % pay).

Bölgeler baz alındığında, Türkiye’nin üretimdeki düşüşüne rağmen tüketiminde artma eğilimi yükselmiştir. Bu bölgeler arasında AB ve BDT ön plana çıkmıştır. 2013 senesinde AB ülkelerinden gerçekleştirilen ithalat %15 seviyesinde yükselerek

6 milyon ton olmuştur. BDT'den gerçekleştirilen ithalat ise %39 seviyesinde yükselerek 6,6 milyon ton olmuştur. Güney Doğu Asya'dan ve Uzak Doğu'dan gerçekleştirilen ithalat ise %6,9 seviyesinde yükselerek 1,5 milyon ton olmuştur. Aynı sene içerisinde Türkiye'nin BDT ve AB bölgelerinden yaptığı ithalat toplam ithalatın %85'ini oluşturmuştur [9].



Şekil 3.9. Bölgeler göre miktar bazında çelik ithalatı (1.000; %pay)

### 3.5. DÜNYA HAMMADDE PİYASALARI

Gelişen bir sektör konumunda olan demir çelik sektörü, hammadde piyasasında gelişen durumlardan direkt olarak etki görmektedir. OECD Çelik Komitesi [2012: 15] göstergelerine göre entegre tesisler ile bahsedilen demir çelik üretim endüstrisindeki faaliyetlerde toplam maliyetin %86,4 oranında kısmını, EAO ile demir çelik üretimi yapan işletmelerde ise toplam maliyetin %75,5 oranında kısmını hammadde harcamaları kapsamaktadır. Böylece çelik üretim alanında hammadde piyasalarında oluşan %10 oranında bir artış üretim parça ürünlerinin maliyetini %7,5 ile %8,5 arasında gerekli seviyede etkilemektedir.

Çizelge 3.17. İşletme maliyetlerinin payları (%).

	BOF	EAO
Demir Cevheri	47,6	-
Kok Kömürü	25,7	-
Hurda	13,1	75,5
Toplam Hammaddeler	86,4	75,5
Yan Ürün ve Enerji Katkıları	-11,8	0,0
Elektrik	2,3	9,7
Doğal Gaz	0,2	0,2
Toplam Enerji	2,5	9,9
Sarf Malzemesi	14,7	10,1
Hizmetler	8,2	4,4
Toplam	100,0	100,0

Gelişen demir çelik sektöründe üretimin artma eğiliminde olduğu ilk senelerde, üretimin fazla olduğu Rusya ve BDT ülkelerinde ürünlere düşük talep olması, Çin'in büyük hammadde talebini karşılamıştır. Oluşan bu durum yeni maden sahası arayışlarını ve yeni maden alanlarının aktif hale gelmesini bir süre geciktirmiştir.

### 3.5.1. Demir Cevheri

Demir çelik üretiminin temel ihtiyacını demir cevheri karşılamaktadır. Bu kaynağın %73 oranındaki kısmı sırasıyla Avustralya, Brezilya, Rusya, Çin ve Hindistan'da mevcuttur. Üretim sektöründe ise Avustralya çelik üreticisi olmadığı halde buna rağmen yeterli seviyede çelik üretiminin temel kısmını oluşturan cevher üreticisi konumundadır. 2011 senesinde toplam 1 milyar 9 milyon ton demir cevheri tüketimi ile toplam tüketimin %53 oranındaki kesimi yalnızca Çin oluşturmaktadır. Böylece, oluşan bu tüketim durumunun devam etmesi gerçekleşirse toplam demir cevheri kaynağının 40 senelik bir sürede biteceği hesaplanmaktadır [9].

Çizelge 3.18. Demir cevheri üretimi, tüketimi ve rezervleri, 2011.

	Ülkeler	Üretim (Milyon Ton)	Rezerv (Milyon Ton)		Ülkeler	Tüketim (Milyon Ton)
1	Avustralya	487,9	17.000	1	Çin	1.009,1
2	Brezilya	391,0	16.000	2	Hindistan	158,2
3	Çin	322,4	7.200	3	AB (27)	145,2
4	Hindistan	196,0	4.500	4	Japonya	128,5
5	BDT	202,6	14.000	5	BDT	135,4
	Diğer	322,5	21.300		Diğer	336,6
	Dünya	1.922,4	80.000		Dünya	1.913,0

### 3.5.2. Kok Kömürü

Demir çelik üretim yönteminin gelişimi kömür üretimiyle sık alakalı bir gelişmeyle bağlıdır. Kömürün, oksijensiz ortamda ısıtılması ile karbon içeriğinin yükseltilmesine karbonizasyon veya koklaşma ile bağlıdır. Kömür, havasız ortamda ısıtıldığında, yapısındaki uçucu maddeleri parçalanarak, gaz ve yoğunlaşabilir dolayısıyla katran olarak kömürden ayrılmaktadır. Bu durumda, bu olayda kömürün karbon yüzdesinin artmasına yol açmakta ve sonuç olarak karbon yüzdesi çok yüksek olan katı maddeye de kok adı verilmektedir.

Taş kömürün ısıtılma tabii tutulması sırasında, ara ürünler olarak adlandırılan katran çıkışı (sıvı ürünler) 500°C – 600°C arasında ısıtıldığında gaz çıkışı 900°C – 1000°C kok bataryalarının soğuk duvarı ile temas ederler. Bu işlemin amacı kokun üretimi için karbonizasyon sıcaklığında (900°C – 1000°C) tutulmaktadır. Bu işlem yani kok elde etmek her kömür türünde olmayıp sadece birkaç tür taş kömüründe vardır. Üretim sırasında koklaşma özelliği olan kömürler 350°C – 500°C arasında yumuşayarak akışkan (kömür koyu bir hamur) hale gelirler, bu olaya malzeme biliminde kömürün plastikleşmesi adı verilir.

Demir çelik üretimi sanayisinde koklaşma özelliği olmayan kömürleri de farklı işlemlere uğratarak koklaştırmak mümkündür. Bu tür kömürleri koklaştırmak için aşağıdaki farklı yöntemler uygulanır:

- Bu tür kömürler koklaşma özelliğine sahip kömürlere karıştırılarak, kok bataryalarında koklaştırılması.
- Koklaşma için gereken özelliği olmayan kömürün belli boyuttaki tane parçalarının çok yavaş bir ortamda özel bataryalarda koklaştırılması.
- Kok üretimi sırasında koklaşma özelliği olmayan kömürlerin peletleme işlemiyle belli bir tane iriliğine getirildikten sonra farklı kok bataryalarında işlemin gerçekleşmesidir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA, 2011) araştırmalarına göre yeraltında mevcut toplam kok kömürü kaynağı 404,8 milyar ton olduğu belirtilmiştir. Bahsedilen bu kaynağın

% 77,0 oranında kısmı sırasıyla ABD, Çin, Rusya, Hindistan ve Avustralya'da olduğu bilinmektedir. Bu ülkeler arasında en büyük tüketici olan Çin, 2011 senesinde 454,8 milyon ton üretim ile en büyük kok kömürü üreticisi sırasında yer almaktadır.

Çizelge 3.19. Dünya kok kömürü üretimi ve kapasitesi.

	Ülkeler	Üretim (Milyon Ton)
1	Çin	454,8
2	Avustralya	152,1
3	Rusya	71,1
4	ABD	68,6
5	Hindistan	35,4
	Diğer	109,1
	<b>Dünya</b>	<b>891,1</b>

	Ülkeler	Rezerv (Milyon Ton)
1	ABD	108.501
2	Çin	62.200
3	Rusya	49.088
4	Hindistan	56.100
5	Avustralya	37.100
	Diğer	91.773
	<b>Dünya</b>	<b>404.762</b>

Demir çelik üretiminin bir sektörü olan kok kömürü üretimi ihracatında 2011 senesinde 142 milyon ton ile Avustralya demir cevherinde olduğu gibi birinci konumdadır. Kok kömürü ithalatında ise Çin Halk Cumhuriyeti 71 milyon ton ile birinci konumda, Japonya 52 milyon ton ile ikinci, Hindistan 37 milyon ton ile üçüncü, Güney Kore 31 milyon ton ile dördüncü ve Brezilya 11 milyon ton ile beşinci büyük demir çelik sektörü için gereken yardımcı madde olan kok kömürü ithal eden ülke sırasındadır [9].

Çizelge 3.20. Dünya kok kömürü ticareti.

İhracatçı Ülkeler	Milyon Ton
Avustralya	142,0
ABD	63,0
Kanada	31,0
Moğolistan	19,0
Rusya	18,0
İthalatçı Ülkeler	Milyon Ton
Çin	71,0
Japonya	52,0
Hindistan	37,0
Güney Kore	31,0
Brezilya	11,0

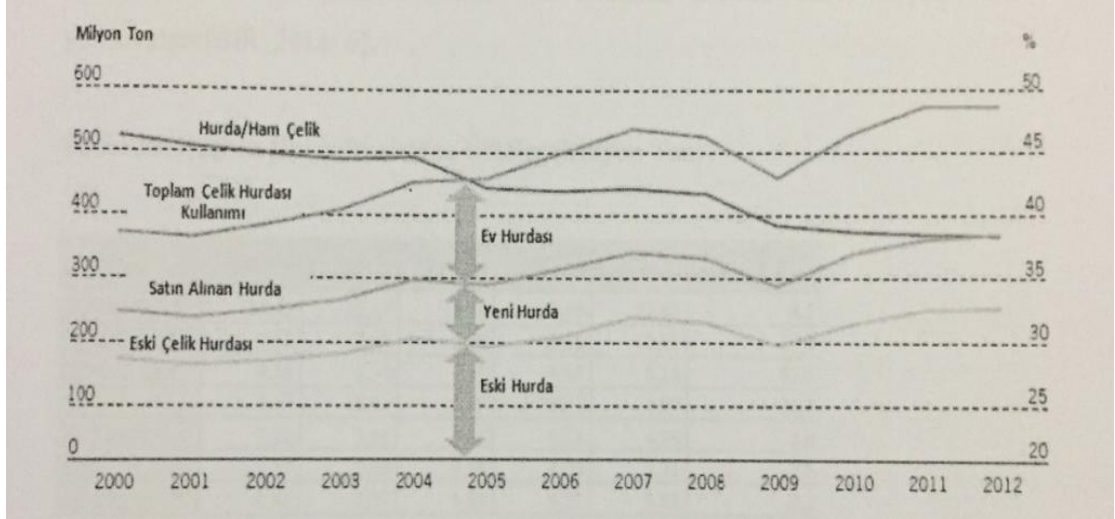
Demir çelik sektörünün üretiminden sonraki aşamada hammadde piyasalarında yaşanan fiyat oynamaları bu sektörün gelişimini etkileyen olumsuz etkilerden biridir. Bu sektördeki temel sorunun asıl sebebi, demir çelik üretimi tüm dünyada yaygın olduğu halde, hammadde arzının belirli bir yerde toplanmasıyla ve ticaretteki kısıtlama uygulamalarıyla ilgili olduğu sanılmaktadır. Birçok farklı ülke politikalarında ve hammadde değerlerinde oluşan rekabet nedeniyle, yeni girişimler denenerek sorunları çözmeye çaba gösterilmiştir. Böylece sonuç olarak dünya çapında demir çelik üretimi ve tüketimi sektöründe politika, ürün fiyatları yeterli miktarda hammadde arzının ve ulaşılabilirliğinin sağlanabilmesi olarak belirlenmiştir [9].

### 3.5.3. Hurda

Çelik üretim sanayisinde demir çelik hurdası, tüm dünya çapında farklı çelik ürünlerinin üretilmesi yolunda önemli bir hammadde durumuna gelmiştir. Bazı kaynaklardan ve bazı piyasalardan bağımsız olarak dünyada üretilen ve ticareti yapılabilen bir mal durumundadır.

Birleşmiş Milletler Emtia Ticaret İstatistikleri veri tabanı bilgilerinde 1990 senesinde 9,3 milyon ton olan küresel demir çelik hurdası ticaretinin, 2011 senesinde 106 milyon tona kadar yükseldiği belirtilmiştir. Diğer kaynaklardan Uluslararası Geri

Dönüşüm Bürosu [BİR, 2012] bilgilerine göre ise 2011 senesinde dünya çapında demir çelik hurdası tüketiminin 570 milyon tona ulaştığını belirtmektedir [9].



Şekil 3.10. Çelik üretiminde kullanılan demir çelik hurdası.

BİR [2013: 5] bilgilerinde göre, 2012 senesinde yalnızca ABD ve Türkiye’de hurda üretim ve tüketiminde gelişme ve artış görülmüştür. ABD’de toplam ham çelik üretimi % 2,7 oranında artış gösterirken, hurda tüketiminde % 9,4 oranında artış izlenmiştir. Bu durum, düşük kalitedeki hurdaların öncül üretim uygulayan tesislerde seyretilenbilmesinin yaygın hale gelmesi nedeniyledir. Türkiye’de ki tüm demir çelik üretimi % 5,3, hurda tüketimi % 5,2 oranında artmış ve 32,4 milyon tona yükselmiştir. Böylece ham çelik üretiminin senelik ortalama % 3,7 oranında artış göstereceği, hurda talebinin de aynı oranda artış göstereceği hesaplanırsa 2011 senesinde 570 milyon ton olan tüketimin, 2017 senesinde 120 milyon tonun üzerinde artış göstermesi ilerdeki verilerin sonucu olarak bilinmektedir [10].

Çizelge 3.21. İkincil demir çelik üretimi yapan başlıca ülkeler.

	Ham Çelik Üretimi (Milyon Ton)			Çelik Hurdası Kullanım (Milyon Ton)		
	2011	2012	% Değişim	2011	2012	% Değişim
AB (27)	177,7	168,9	-5	100,1	94,1	-6
ÇİN	694,8	716,5	3,1	91	79,8	-12,3
ABD	86,4	88,7	2,7	56,4	61,7	9,4
JAPONYA	107,6	107,2	-0,4	37,2	35,5	-4,6
TÜRKİYE	34,1	35,9	5,3	30,8	32,4	5,2
RUSYA	68,9	70,4	2,2	21	20,1	-4,3

Sanayi sektörünün hızlı gelişimi nedeniyle 2012 senesinde, Türkiye en büyük hurda ithalatçısı konumunda sabit kalmıştır. Bu üretim sektöründe demir çelik hurdası ithalatı % 4,5 oranında artış göstererek 22,4 milyon tona çıkmıştır [9].

Çizelge 3.22. Başlıca hurda ithalatçısı ülkeler (Milyon ton).

	2008	2009	2010	2011	2012	2011/2012 % Değişim
<b>TÜRKİYE</b>	17,42	15,67	19,19	21,46	22,42	4,5
<b>KORE</b>	7,32	7,80	8,09	8,63	10,13	17,4
<b>HİNDİSTAN</b>	4,58	5,34	4,64	6,18	8,18	32,5
<b>ÇİN</b>	3,59	13,69	5,85	6,77	4,97	-26,5
<b>TAYVAN</b>	5,54	3,91	5,36	5,33	4,96	-7,0
<b>ABD</b>	3,57	2,99	3,78	4,00	3,71	-7,3
<b>AB (27)</b>	4,81	3,27	3,65	3,71	3,41	-8,1

Demir çelik üretim sanayisinde üretilen demir çelik hurdası fiyatı da, çelik üretiminde kullanılan diğer metaller gibi piyasada oluşan dengelerle ilişkili olarak belirlenmektedir. Buna rağmen son zamanlarda çelik üretimi için harcanan hurda miktarında gerçekleşen artış değerleri, uluslararası piyasaları da etkisi altına almış ve hurda fiyatları piyasalardaki arz ve talep yoğunluğuna göre değer farklılıkları oluşturmuştur. 1997 – 1998 senelerinde Asya’da meydana gelen finansal kriz, enflasyon gibi ekonomik süreçler de metal hurda fiyatlarındaki farklılıklara sebep olmuştur. Başka bir sebep ise üretimde yaşanan yeni süreçleri yada kullanım yöntemi, zamansız maden kapatılmaları gibi hammaddeye has değişimler de metal fiyatlarında etkili olmaktadır [16].

2012 senesinde üretilen tüm çelik üretim ve hurda ticareti, bir önceki seneye göre % 1,9 oranında erime göstermiştir. Sonuç olarak azalma 106,6 milyon tona düşmüştür. Çelik sanayisinde üretilen ürün kapasitesinin 2000 – 2012 seneleri içerisinde artış hızındaki yükselme, hammadde ihtiyacına olan artışı gözler önüne sermektedir. Ürün fiyatlarının artışı ve yükselen hammadde fiyatları, farklı üretim madenlerinin araştırılmasına ve kullanıma başlanmasına hızlı bir şekilde geçilmesine neden olmuştur. Üretim sanayisinde üretilen demir cevheri ve üretici ürün kok kömürüne olan talebin bu yolla karşılanması sağlanmaya çabalanmıştır.



Üretimde temel hammadde olan hurda için durum, öteki hammaddelerden daha farklı şekillenmektedir. Çok yüksek çelik tüketimi gösteren gelişmiş ülkelerin önceki kriz seneleri hariç hurda arzının piyasa kontrolüne hakim olmaları, hurda ticareti talebi artışına neden olmuş ve yüksek maliyet artışları görülmüştür.

Üretim sırasında oluşan fiyat artışları, alışveriş kısıtlamaları, dünya çapında meydana gelen ekonomik durgunluk sebepleriyle üretim talebine endeksli olarak artan atıl kapasite çelik sektörünün rekabet gücünü olumsuz yönde etkilemiştir. Çelik üreticileri düşüşte olan rekabet güçlerine ve sektördeki kazançlarına, artı yönde ivme kazandırma amacı ile işletmeler alanında ve uluslararası alanda çözüm yolları arayışı içinde bulunmuşlardır [9].

### **3.6. DÜNYADA GERİ DÖNÜŞÜM SANAYİİ**

Demir çelik üretimi ile bağlı son derece yenilikçi bir sektör olan geri dönüşüm sektörü, pazar içerisindeki güncel ürenlere devamlı olarak uyum sağlamayı başarabilmektedir. Bu sektör önceleri seyyar satıcılar yoluyla konutlarda kullanılmış az miktarlar ile ticaretini sağlamakta iken, günümüzde atık kağıt, hurda metal, hurda plastik, kullanılmış elektronik aletler, üretim esnasında oluşan diğer hurda ürünler ve kullanım süresini doldurmuş araçlar yolu ile ticaret yapılması sürmektedir.

Geri dönüşüm ekonomik kalkınma aracı olmakla beraber çevresel bir araç olması, toplumlara direkt olarak gelişim imkanı tanımaktadır. Elden çıkarılan ürünler titiz ve becerili bir şekilde istiflenip, kalite artırımı, yerel ekonomiler içerisinde kazanç ve iş olanakları doğuran, iş sahalarının gelişmesinde rol oynayan bir kaynak durumuna zemin oluşturmaktadır.

Çelik ürünlerinin üretim prosesinde enerji ve ulaşım gibi diğer ilgili fiyat değerlerindeki artış da, hurda ve nihai mallarda daha yüksek fiyatların ortaya çıkmasında rol oynamıştır. Dünya çapında demir çelik sektöründe ekonomik yönden ana üstünlük, ikincil ürünlerden çelik sektörünün doğurduğu maliyet üstünlüğüdür. Çelik üretimi için gerekli olan hurda malzemenin kullanılmasının meydana getirdiği, çok güçlü iktisadi üstünlükleri bulunur. Bu hurda sanayisinin oluşturduğu farklı

ekonomik ve çevresel üstünlükler bulunmaktadır. Çelik sanayisi içerisinde geri dönüşüm sanayisinin kaynak yetmezliğine karşı tanıdığı alternatif ve güçlü çözümler olsa da, ülkelerin politika oluşturma esnasında çok yönlü ve detaylı araştırmalara başvurmasına gerek duyulmaktadır. Bu sebepten geri dönüşüm sanayisinin tanıdığı çevresel çözüm yolları kamu politikaları için güçlü dayanaklar oluşturmaktadır.

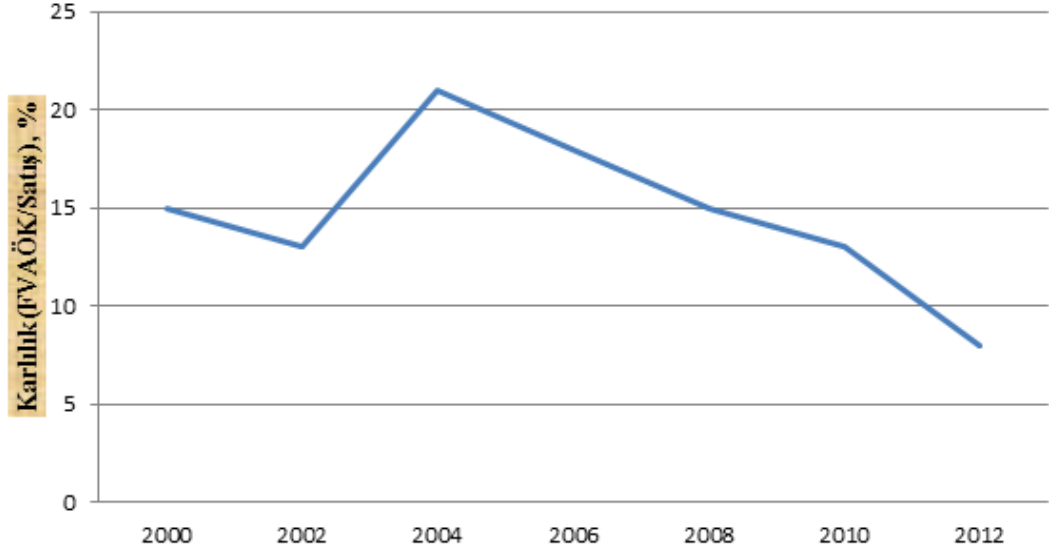
Hurda farklı sayıda kaynaktan elde edildiği için, hurda toplamak, ayırmak ve işlemlerin tamamlanması için de farklı teknikler geliştirilmiştir. Mevcut demir çelik hurdası geri dönüşüm işlemleri daha kaliteli şekilde geliştirilmiştir.

Çelik üretim yönteminde hurdaların az bir bölümünü, hazırlanma evresine girmeden direkt olarak tüketiciler kullanabilmektedir. Fakat büyük bir kısmı üretim endüstrisi yoluyla gerekli bir şekilde işleme evresine alınmaktadır [9].

### **3.7. DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜNDE REKABET GÜCÜ**

Uluslararası Demir Çelik Enstitüsü (IISS, 2004) demir çelik sektörü, amaçlarını; tüm çalışmalarda demir çelik sektörünün gelişmiş bir endüstri seviyesine ulaşarak, sosyal yaşam sahalrı ve iktisadi sahalarda öncü olan ve her zaman gelişim hedefi için uğraşan, devamlılığı sağlanabilen bir dünyanın ana değerlerinden biri olması ifadesini kullanmaktadır. Böylece, demir çelik üretim sektöründe inceleme ve gelişime katkı sağlama çabalarının durmaksızın sürmesi ve yeni gelişmelerin üretilmesi tahmin edilmektedir. Araştırma ekipleri üretim sektörünü, elde edilecek bir bilgi bulundurmayan, sadece eski ve dumanlı bir sanayi sayarak umursamamışlardır. Üretim sektöründeki araştırmalar ağırlıklı bir şekilde işçi-işveren arasındaki konular veya iş yapma şekilleri üstünde daha çok durarak çevre gibi ana konuları umursanmamıştır. Özellikle üretimdeki hammadde maliyetlerinde, oluşan yükselmeden kaynaklı sorunların ardından atık yönetimi gibi alanlarda araştırma yapma mecburiyeti doğmuştur.

### Dünyada Ortalama Karlılık



Şekil 3.11. Dünyada ortalama karlılık (FVAÖK/Satış) (%).

FVAÖK'nin (faiz, vergi ve amortisman öncesi kar) üretim satışlarına oranı araştırıldığında 2004 senesine kadar, genel olarak gelişme eğilimi gösteren ülkelerde oluşan talebin, artmaya devam etmesinin de etkisiyle karlılık artışı sürmüştür. Bu tarihten başlayarak üretim ve tüketimdeki talep azalması ve yükselen atıl kapasitenin oluşturduğu etki ile karlılıkta azalma yaşanmıştır.

İşletmeler hem kurumsal temel hemde ülke politikarı yoluyla, yaşanan olumsuzlukları bitirmeye çalışmak için çözümler aramaya koyulmuşlardır. OECD'nin (2013b: 3) çalışma koşullarını ve işletmelerin arz ve talep ile ilişkili durumlarını incelediği, üretim sektörünün istikbaline odaklı araştırmada, ülkelerin devreye soktuğu politikaları ve işletmelerin rekabet durumlarını artırmak için ele aldığı önlem uygulamalarından öğrenilen tespitler aşağıdaki biçimde sıralanmıştır.

- Genelde uygulanan ekonomik kurallar, çelik üretim sektörünün düzenli çalışması için büyük önem taşımaktadır.
- Üretim sektöründeki işletme büyüklüğü iktisadi perfomansın iyileştirilebilmesi ile alakalı olmamaktadır.
- Demir çelik sektörünün kar kazancını sürdürmesinde, üretimde yoğunlaşmanın gereken seviyede bulunması fikri önemli şekilde hakimdir.

- Hammadde piyasası demir çelik sektörü için risk oluşturmaktadır [9].

### **3.7.1. Sektörün Rekabet Gücünün Artırılması ve Verimlilik**

Türk demir çelik üretim sektörü girdilerini oluşturan hurda ve cevherde yüksek oranda ithalata bağımlı olduğu için, oluşan dış etkenlere açık bir halde olmakta ve Çin, Avrupa ve Amerika'daki gelişmelerin etkisini hissetmektedir. Bu etki sebebiyle, girdi maliyetleri yönünden dezavantajlı bir durumda bulunduğu bilinmektedir. İthalatın girdi maliyeti bakımından önemli unsurların içerisindeki hurda, enerji, hurda çelik üretiminin temelini oluşturan kok kömürü ve cevher değerlerinde oluşan yükselmeler, üretim sektörünü sıkıntılı bir duruma sokmaktadır. Diğer taraftan Rusya ve Ukrayna gibi kendi hammadde rezervleri bulunan ülkelerdeki üreticiler ise maliyet yönüyle avantajlı bir yere sahiptirler. Bahsedilen bu ülkeler hurda ihracatına koydukları vergi ve tarife dışı engeller ile de, çelik üretim sektörünün işlem verimliliğini artırma çabasıdadır.

Çin Halk Cumhuriyetinin demir çelik üretiminde, kendisine yetebilir seviyeye ulaşması sonucunda, gün geçtikçe arzın artması nedeniyle üretici seviyesine çıkması, sektördeki hızlı gelişmenin daha çok artmasına sebebiyet vermiştir.

Demir çelik sektör kuruluşları, üretimdeki fiyat değerlerini aşağı çekmek ve ülkeler arasındaki rekabet üstünlüklerini fazlaştırmak için, enerji korunması çalışmalarının üzerinde düşünmektedir ve üretim teknolojilerini devamlı bir şekilde güncelleştirerek rekabet fonksiyonlarını canlı tutmaya çabalamaktadır.

Ekonomi Bakanlığı'nın hazırlamış olduğu ve 2010 senesinde devreye soktuğu 'Yerli Girdi Tedarik Stratejisi' çalışmaları çerçevesinde;

- Dış ticarete ihtiyaç olan girdilere en müsait koşullarda, uygun fiyatlar ile, engelle karşılaşılmadan ulaşım imkanının oluşturulması,
- Girdi alımında, mümkün olduğu kadar, atıl kalan dahili rezervlere geçilmesi ve ithalat bağımlılığının düşürülmesi,

- Girdi alımı ve kullanımında rezerv verimliliğini oluşturacak çözüm yolları bulunması amaçlanmaktadır.

### **3.8. DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜNÜN SWOT ANALİZİ**

#### **3.8.1. Sektörün Güçlü Yönleri ve Fırsatlar**

##### **3.8.1.1. Güçlü Yönler**

- Demir çelik sektörünün % 100 özel işletme himayesinde bulunmasının, esnek ve dinamik karar mekanizmaları meydana gelmesine uygunluk yaratması,
- Karar mekanizmasının oluşturduğu dinamizmle ilgili olarak, girdi alımı ve ihracatta esneklik sağlanabilmesi,
- Teknolojik donanım ve tecrübe ile oluşturulan rekabet gücü,
- Uluslararası uygunluk koşullarını sağlayan kaliteli ürün üretiminde odaklılık,
- Çelik üretim sırasında dönüşüm ve değişim uygulamaları kapsamında kapasitedeki iyileştirme hareketleri,
- Üretim esnasında yüksek çevre hassasiyeti ve çevre koruma çalışmalarının devamlılığının sağlanması,
- Çelik üretimi sırasında çok talep edilen ve yatırımları düşük olan ürünlerin hacminin yükseltilmesi yönündeki uygulamalar,
- Gemi inşa, otomotiv, beyaz eşya, altyapı ve inşaat üretim sektörlerinin gelişmiş yapısı,
- Üretimi hızlandırmak amacıyla yatırım ortamının iyileştirilmesi yönünde çalışmaların sağlanması,
- Dünya çapında uygunluk koşullarında üretim meydana getirebilen, marka değeri kazanmış kaliteli üretim,
- Çelik üreten ülkenin coğrafyasına bağlı olarak ortaya çıkan stratejik ve lojistik üstünlükler,
- Avrupalı çelik üretici ülkeleriyle kıyaslandığında azalan üretim maliyetleri,
- İşletme tesislerinin lojistik bakımdan üstünlüğünü sağlayan deniz kıyısında konumlanması,

- Kalite sertifikasyonu bulunan üretim tesisi sayısının fazlalığı,
- Çelik üretim sektörünün rekabet gücü fazla ve devamlılığa elverişli bir yapıda bulunması,
- Yönetim becerisi fazla, tecrübeli, gerekli eğitim ve bilgi seviyesine ulaşmış insan gücünün varlığı,
- Gelişmiş teknolojik donanıma sahip ve teknoloji gelişimine elverişli üretim tesisleri [9].

### 3.8.1.2. Fırsatlar

- Üretilen demir çelik ürünlerine karşı yurtiçi ve yurtdışı talebin ve tüketimin güçlü olması,
- Doğu Avrupa, Orta Doğu ve Kuzey Afrika gibi büyümekte olan pazarlara coğrafi yakınlığının bulunması,
- Üretime bağlı teknik donanımın üst seviyede olması ve teknolojik ilerlemelerin sürekli olarak izlenmesi,
- Türkiye'nin sanayi içerisinde çelik tüketiminin yükselme istikrarı bulundurması,
- Türkiye çapında çelik yapıların ve yapısal çelik kullanımı tercih edilmesinin yaygınlaşma eğilimi bulundurması,
- Depreme dayanıklılık amacıyla inşaat yapılarında çelik kullanımının artarak yaygınlaşması,
- Türkiye'nin komşu ülkelerinin yükselme eğilimi gösteren altyapı ihtiyacı ve Türkiye'nin üstün durumu,
- Bazı Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkelerinde Arap Baharı'nın yaşanmasıyla ortaya çıkan yeniden inşa zorunluluğu,
- Enflasyonun azalmaya doğru hareketliliği ve durgun biçimde seyredeceği düşüncesinin oluşması,
- Kişi başına milli kazancın yükselmesi ve bu yönde çalışılması,
- İktisadi ve politik devamlılık ile yabancı yatırımcıların Türkiye'ye ilgisinin fazlalaşması,
- Çelik üretim sanayisinde gelişmiş bilgi teknolojileri altyapısı,

- Şimdiki ve önümüzdeki zaman aralığında Güney Amerika, Afrika ve Orta Doğu ülkelerinde talep artışı beklentisi,
- Enerji üretimindeki beklenen hızlı yükselme,
- Avrupa'nın farklı ürünlerin yapımında rekabetçiliğin düşüşü neticesinde, üretimini farklı bölgelere transfer etmeye yönelmesi,
- Doğal gaz, petrol ürünlerinin fiyatlarındaki artışın, Orta Doğu ülkelerinde altyapı geliştirmelerine önem vermesi.

### **3.8.2. Sektörün Zayıf Yönleri ve Tehditler**

#### **3.8.2.1. Zayıf Yönleri**

- Öncelikle kullanılan enerji maliyeti harcamaları ve girdi maliyetlerinin rekabetçi ülkelere göre fazla düzeyde bulunması,
- Çevre koruma uygulamalarının çok masraflı bulunması,
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından alınan çevre katkı payının, maliyetleri fazlaştırarak rekabet gücünü olumsuz biçimde yönlendirmesi,
- Üretim sektörünün, temel ürünlerde ithalat seviyesinin yüksek bulunması,
- 2008 senesinden itibaren şimdiye kadar yassı çelik üretim hacminde oluşan yüksek seviyeli artış göstergelerinin, yassı çeliğin dışardan alınmasına ilişkin mevzuata yansıtılmaması,
- Sektörün ihracat ve ithalat mecburiyetinde olma durumu ve navlun maliyetlerinin yüksek olması,
- Üretim sırasında ucuz ve kalitesiz ürün ithalinin, kısıtlayıcı mekanizmalarının modernleşmesi gerekliliği,
- AB mevzuatı içerisinde yer almayan yatırımlara verilen devlet desteğinin kesilmesi,
- AR-GE bilincinin gerekli seviyede olamaması,
- Üretim sırasında işçilik masraflarının bazı çelik üreten rekabetçi ülkeleri kıyasladığımızda, gelişmiş oranda olması,
- Doğal gaz ve elektrikte, tekel konumundaki tedarikçelere üretim koşullarındaki bağımlılık durumu,

- Çelik üretim sanayisini geliştirmek için yardımcı olan demiryolu altyapısının yetersizliliği,
- Üretimi gerekli görülen katma değeri yüksek olan ürünlerin, üretiminin yetersiz düzeyde olması,
- Yurt içi üretimin temeli sayılan hammadde üretiminin yetersizliği,
- Oluşturulan sermaye yetersizliği ve finansman masraflarının fazla olması,
- Ülkeler arasında rekabetçi koşullarda yatırım ve işletme kredisinin temin zorluğu,
- Üretim sektöründe ve yurtiçi pazarında ölçek ekonomisi yetersizliği ve finansal durumdaki zorluklar,
- Çelik üretim teknolojisindeki ve elde edilen ürün kaliteleri düşük, küçük çaplı üreticilerin, kalitesiz mamul ithalatı ile standartlara uygun olmayan üretim ürünü yapması,
- Çelik üretiminde dış pazarda, temel kaynak temininde ülkeler arası rekabet öncesi işbirliğinin yetersizliği [9].

### 3.8.2.2. Tehditler

- Rekabetçi devletlerin üreticilerine farklı düzeyde devlet yardımı oluşması,
- AB'nin üçüncü ülkelerle imzaladığı Serbest Ticaret Anlaşmalarının Türkiye'yi içine almaması,
- Sanayide oluşturulan küresel metal üretiminde yatay ve dikey bütünlüşmeler,
- Çelik üretiminde gelişmiş, Rusya ve Ukrayna gibi rekabetçi ülkelere göre işçilik maliyetlerine etki eden asıl faktör etkisi,
- Üretimdeki kontrol edilmeyen ithalatın artması faktörü,
- Orta Doğu ve Doğu Avrupalı demir çelik üreticilerinin fazla katma değerleri olan çelik ürünlerine yönlendirilmiş yatırımları,
- Çin, Hindistan ve Japonya gibi devletlerin Türkiye'ye ihracatındaki hızlı artış durumu,
- Demir çelik üretiminin temel kaynak değerlerinde, artan seviyedeki dalgalanmalar ve belirsizliğin oluşması durumu,
- Üretimdeki çelik ve diğer metallere ikame ürünlerindeki gelişmeler,



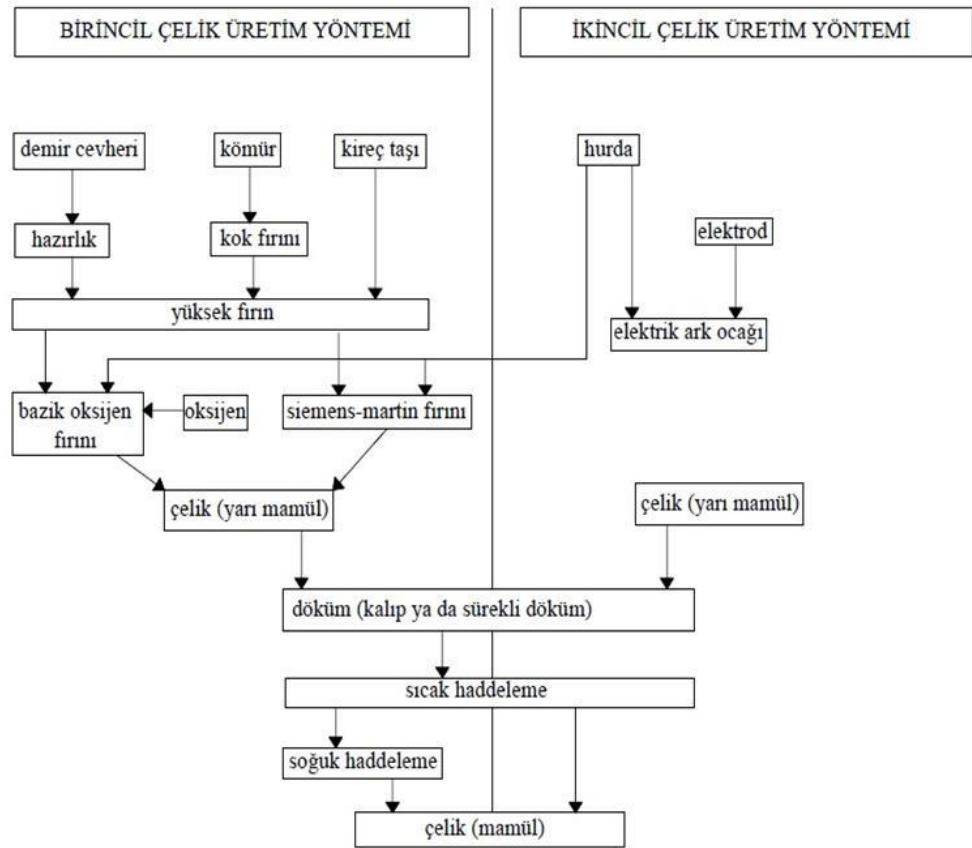
- Dünya çapında gerekleŒen iktisadi ve siyasal geliŒmelerin i ve dıŒ piyasalardaki olumsuz etkileri,
- Rekabette üretici sayısının fazla olması ve sonuçta pazara giriş kolaylığı faktörü,
- Üretimde ihracat pazarlarında alınması gereken önlemlerin artması durumu,
- Bazı üretim sektörlerinde üretimi artırmak amacıyla yeni yatırımların az maliyetlerle kolaylıkla yapılabilmesi,
- Türk Lirası'nın değerindeki beklenmedik deęiŒmeler.

Türkiye'de yeni madenlerin bulunmasının ve var olan madenlerin iŒletilmesinin yeteri kadar önemsenmemesi [9].

## BÖLÜM 4

### ELEKTRİK ARK OCAKLARINDAKİ ÜRETİM SIRASINDA HARCANAN ENERJİ GEREKSİNİMİNİN ANALİZİ

#### 4.1. ÇELİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ



Şekil 4.1. Çelik üretim yöntemleri gösterimi.

#### 4.1.1. Entegre Sistemlerde Çelik Üretimi

Entegre tesislerde çelik üretim aşamaları; çelik üretimi için gerekli madde hazırlık süreci, pik üretimi, ham çelik üretimi ve yarı mamül üretimi şeklindedir.

Çalışma veya işlemlerin ilk aşamasında hammadde hazırlanış evresinde, yüksek fırında pik demir ürününün üretimi esnasında genelde 2 temel hammadenin olması şarttır. Bunlar demir çelik üretiminin temelini oluşturan demir cevheri ve kok kömürüdür. İlk önce genel anlamda yer altından çıkarılan cevher, işleme uğratılmadan çelik üretiminde kullanılamaz. Demir cevherlerinin kimyasal bileşimindeki bazı elementlerin uygun bir boyuta getirilerek kullanımını kolaylaştırmak ve kimyasal içerikteki bazı elementlerin bileşimden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu türlü yapılan çalışmalara demir çelik üretim sektöründe hammadde hazırlık aşaması adı verilmektedir. Sistemde yapılan cevher hazırlama işlemi, yüksek fırında verimliliği artırır. Sonuçta, daha ucuza sıvı çelik üretimine temel imkanlar oluşturulur. Üretim aşamasında cevher hazırlama süreci işlemi ile temel işlemlerden biri olan sinterlemede; fırının içerisindeki toz demir cevheri, ısı ve oksitleşme veya oksidasyon işleminden sonra ısıl sertleşmeye uğrar ve sonuçta blok parça duruma dönüştürülmüş olur. Bu işlemin yani demir cevherlerinin sinterleme işleminin avantajlarını şöyle sıralayabiliriz [11].

Çok tozlu demir cevheri tozunun elimine işlemi, demir cevherlerindeki uzaklaştırılması gereken ve sıcak işlemlerde sıcak yırtılma oluşturan kükürtü oksitleyerek, cevherin kimyasal bileşimindeki kükürt miktarının %0,05'inin kadar azaltılması, pik demirin bileşimindeki ve kullanım için gerekli olan kok kömürünün azaltılması, üretim sırasında ufalanmaya dayanıklı şarj malzemesi işlemi yapılarak sonuçta üretim verimliliği artırılmaktadır. Eğer, demir cevherinin kimyasal bileşimindeki safsızlık değeri yüksek olursa sonucunda konsantre edilmiş ürün oluşmaktadır. Oluşan bu ürüne pelet denir, işleme ise peletleme işlemi adı verilir. Bu işlem yapılırken konsantre ürününe bağlayıcı bir madde eklenir ve neticede sistemde nem ve ısısında eşlik etmesi ile sertleştirme yeteneği gerçekleşir. Bu işlem sonucunda demir bakımından zengin ince yapıli minerallerin oluşumu sağlanır. Boyutları, üretilen kapasiteye bağlı olarak 30 ile 90m. arasında olan, kimyasal içeriğinde demir bulunan hammaddeleri, kok ve kireç taşı ile birlikte eritildiği ocaklara yüksek fırın adı verilir. İşlem aşamasında eritmeyi sağlamak amacıyla karbon içerikli kok kömür, katran kullanılabilir. Üretimi tamamlamak ve sıvı pik demir elde etmek için cevher, pelet ve sinter kullanılır. Fırın içerisindeki reaksiyonlar sonucu cüruf elde etmek için ve cüruf kimyasal yapısını ayarlamak için kireç taşı,

dolomit gibi malzemeler kullanılır. Yüksek fırınlarda yakıt olarak kok kömürü kullanılmaktadır. Kok kömürü fırının ısı ihtiyacı ve indirgeyici görevini üstlenir. Yapılan birsıra işlemlerden sonra sıvı pik demir elde edilir. Hurda ilavesi yapıldıktan sonra BOF yada Siemens-Martin fırını içerisinde gerçekleştirilen tekrarlı bir eritme işlemi ile yarı mamul elde edilir [11].

#### **4.1.2. Elektrik Ark Ocakları İle Çelik Üretimi**

Bu yöntemin diğer üretim yöntemlerine göre daha çok uygulanması nedenleri içerisinde; yatırım masrafları, üretim esnekliği, seri bir şekilde devreye alma ve durdurma verilebilir. Çelik üretim yöntemlerinde yüksek fırınlardaki üretimde, ürün farklılığını fazlaştırmamanın masrafı elektrik ark fırınlarına göre daha yüksektir.

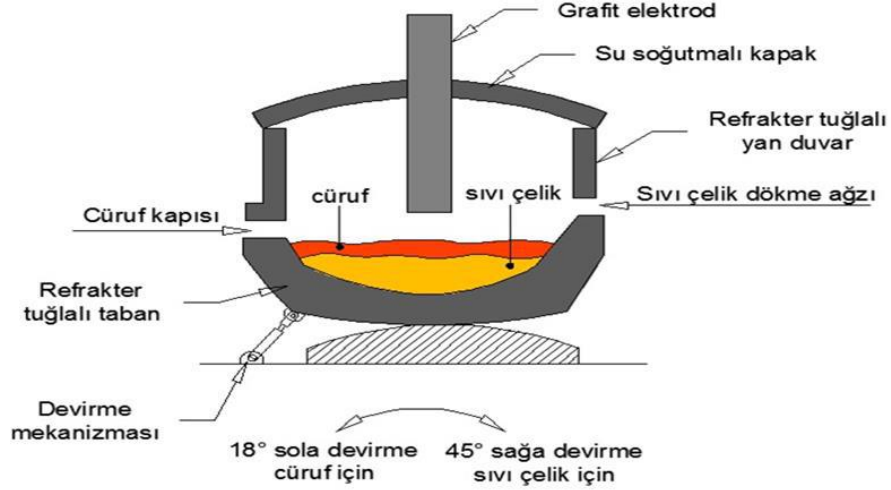
Genelde elektrik ark ocakları asidik veya bazik astarlı olurlar. Asidik astarlama türünde, cüruf yapısında asidiktir. Uygulamada çelik üretimi tam ve kısmi oksidasyon metodu ile gerçekleşir. Bu ocaklarda cüruf yapısı nedeniyle zararlı elementler sayılan fosfor ve kükürt giderimi yapılamaz. Bu sebepten dolayı hammaddelerin de seçilmesi gerekir. Bir başka metod olan bazik astarlı fırınlarda ise oksitleyici ve redükleyici çift cüruf uygulaması rahatlıkla oluşturulabilir. Bu durumda sıcak ve soğuk yırtılmalara neden olsn S ve P, yani kükürt vr fosfor rahatça uzaklaştırılabilir. Bazik yani asitlerle birleşerek onları yanmaz hale getiren maddeler ile oluşturulan üretim yönteminde, yani bazik astarlı fırınlarda şamot tuğla ve magnezit tuğla üzerine de genelde dolomit ile astarlama işlemi uygulanır. Elektrik ark fırınları AC yada DC prensibine göre işlemektedir. AC prensibinde 3 elektrod uygulaması yapılır ve işlem bu 3 elektrod arasında oluşturularak çeliğin eritilmesi gerçekleştirilir. DC çalışma prensibinde ise uygulamada genelde tek elektrod vasıtasıyla üstten elektrod ve ocak tabanı arasında gerekli akım oluşturulur ve bu metodla çeliğin eritilmesi sağlanır. Sonuç olarak elektrik ark fırın yöntemi ile yapılan uygulamaları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Hurda şarjı
- Eritme
- Oksidasyon

- Redüksiyon
- Alaşımrama
- Deoksidasyon
- Döküm alma
- Ocağın Hazırlanması [6].

Hurda demirinin kullalındığı elektrik ark ocaklarına genelde hurda malzemesinin soğuk şekilde yada uygulamada ön ısıtma işlemi uygulanarak şarjı yapılmaktadır. Bu işlem sonrası su soğutmalı ve fırın içerisine kolaylıkla indirilip ve kaldırılabilen grafit elektrodlar bulunan kapak son işlem olarak kapatılır. Bu işlemde elektrodlar, uygulanan akımın yarattığı güçlü ve şiddetli ark ile hurda malzemesini eritir. Uygulamada hurdanın eritilmesinde çok büyük enerji miktarı gerekmektedir. Oksidasyon aşamasında sıvı çelik içerisinde arzu edilmeyen malzemelerin oksitlenmesi gerçekleşerek cürufa karışır. En son aşamada sıvı metal oluşumu sonucu cüruf alınır ve hemen fosfor tasfiyesi gerçekleştirilir. Bu durumda çeliğin kimyasal bileşiminde bulunan silisyum, mangan, fosfor, demir ve buna benzer elementler de oksitlenme oluşmaktadır. Redüksiyon aşamasında gereken işlemlerden en önemlisi zararlı element sayılan kükürt giderme işlemi yapılır. Bu işlem, banyo sıcaklığını yükselterek gerçekleştirilir. Sonrasında sıvı çeliğe gerekli ilaveler yapılarak yapıda istenen bileşimler sağlanarak işlem tamamlanır. İleride mühendislik alanlarında çalışma koşullarına göre bazilik oranı dikkatlice düzenlenmelidir. Gerekli bileşimin kontrol altında tutulması için devamlı olarak sıcaklık ölçümü yapılması gerekir. Bu işlem fırından numune alınarak uygulanır. Elde edilen numunenin durumuna göre kimyasal içeriğe yetişmeyen veya eksik olan element ilavesi yapılarak alaşımrama işi tamamlanır. Diğer taraftan kimyasal içerikte fazla olan elementlerin de tasfiyesi gerçekleşir. Bundan sonrasındaki işlem fosfo, kükürt, mangan, silisyum ve karbon oranları belirlenir. Bu işlemden sonra banyo içerisindeki oksitleri almak ve oksijen seviyesini en aza indirmek için kimyasal içeriğe kireç ve karbon (deoksidanlar) katılır ve sonuçta gereken cüruf oluşumu aşaması gerçekleşir. Son işlem olarak gereken sıcaklık ve kimyasal bileşim kontrolü belirlendikten sonra güç düşürülür ve gereken sıcaklığa ulaşılmışsa fırın, yatayla 18° açı yapacak şekilde yatırılır ve sonuçta erimiş çelik üzerindeki cüruf alınır. (Şekil-4.2) Fırın içerisindeki sıvı çeliği potaya aktarmak için tam tersi şekilde veya istikamette yatayla 45° açı yapılacak

şekilde tekrar yatırılmakta ve son durumda elde edilen sıvı çelik sonrasında potaya dökülür. Kimyasal içerikte oluşmuş ve zararlı element sayılan fazla oksijenin alınması için potaya boşaltma aşamasında külçe alüminyum gereken miktarlarda Ferro-Siliko-Mangan, Ferro-Silis ve kireç potaya ilave edilerek işlem tamamlanır.



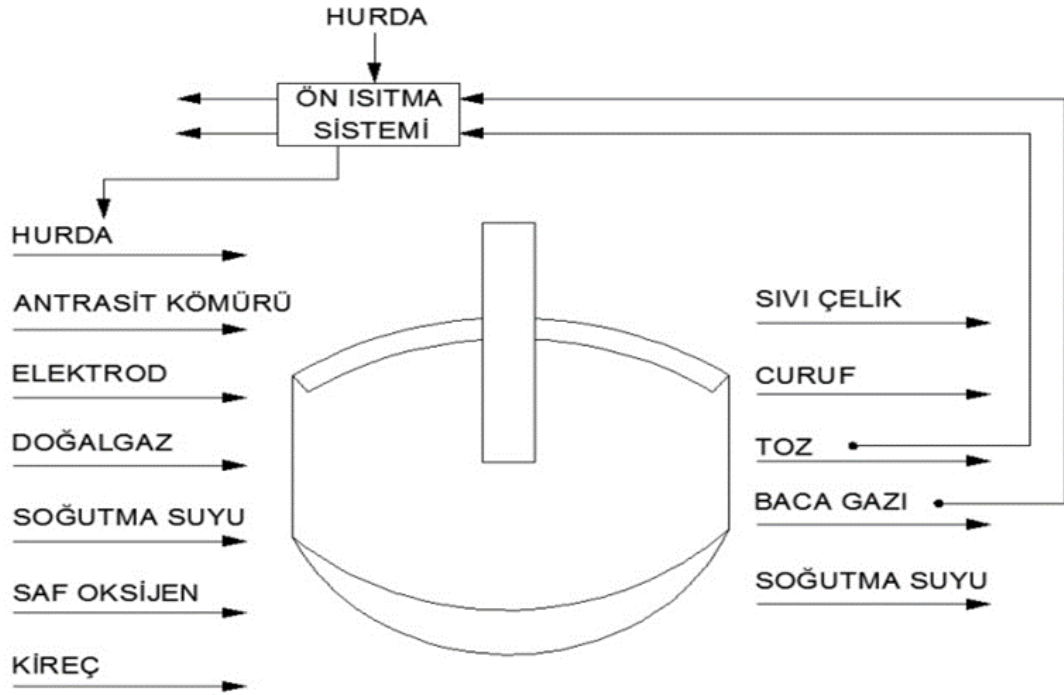
Şekil 4.2. Elektrik ark ocağının genel görüntüsü.

Elektrik fırın ocağında gerçekleştirilen çelik üretim işlemi potada yapılmış olan oksijensizleştirme yani deoksidasyon ve alaşımlama işlemi tamamlandıktan sonra optik emisyon spektrometresi uygulanarak analiz işlemleri gerçekleştirilir. Yapılan analiz verilerine göre otomatik bant sistemi yardımıyla karbon ilavesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemden sonra pota içerisinde sıvı çelik elektrotlar yardımı ile yeniden ısıtılarak istenilen sıcaklığın oluşması işlemi sağlanır [11].

#### 4.2. ÇALIŞMASI YAPILAN ELEKTRİK ARK OCAKLARI'NIN İNCELENMESİ

Bu incelemede bir demir çelik tesisinde mevcut olan ve doğru akım prensibine göre çalışan 102 ton hacim veya hurda yükleme kapasitesine sahip olan kaliteli çelik üretimini gerçekleştiren elektrik ark ocağının araştırılması yapılmıştır. Çalışmalar alternatif akım kaynaklı 3 elektrot kullanılmakta olan tesislerde elektrik ark ocaklarının aksine DC prensibiyle çalışan tesislerde tek elektrot yapımıyla gerçekleştirilir. Ergitme aşamasında ocağa üç kez 35 tonluk hacimli sepetler ile

hurda malzemesi şarj edilir. Elektrik ark fırınından salınan baca gazı öncelikle hurdaya direkt olarak üflenerek hurdanın ön ısıtılması işlemi yapılır ve 300°C sıcaklığına kadar ön ısıtılma işlemi yapılır. Sonraki aşamada ısı sıcaklığı 1600°C'ye kadar yükselen fırın ile günde yaklaşık 30 döküm gerçekleştirilir. Her yeni bir döküm işleminde fırına ilave edilmekte olan ve eritme işlemi sonrasında üretilen ürünlerin şematik sunumu Şekil 4.3.'te gösterildiği gibidir.



Şekil 4.3. Elektrik ark ocağına giren ve çıkan malzemelerin şematik gösterimi.

#### 4.2.1. Elektrik Ark Ocağında Sıvı Çelik Üretimi Esnasında Gerçekleşen Kimyasal Reaksiyonlar

Üretim sırasında yüksek sıcaklıklarda üretimin yapıldığı süreçte birçok reaksiyonlar meydana gelir. İşlem sırasında kirecin, hurdanın ve üretim sırasında katılan diğer maddelerin yüksek sıcaklıklarda oluşan tepkimeleri ve çalışma sırasında doğalgazın yanma reaksiyonları da kimyasal olarak incelenmiştir. Oluşan temel reaksiyonlar Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Elektrik ark ocağında gerçekleşen reaksiyonlar.

Kimyasal reaksiyon		Reaksiyon tipi
$\text{FeO} + \text{C}$	$\longrightarrow \text{Fe} + \text{CO}$	Ekzotermik
$2\text{Fe} + 3/2\text{O}_2$	$\longrightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$	Ekzotermik
$\text{Fe} + 1/2\text{O}_2$	$\longrightarrow \text{FeO}$	Ekzotermik
$\text{C} + 1/2\text{O}_2$	$\longrightarrow \text{CO}$	Ekzotermik
$\text{Si} + \text{O}_2$	$\longrightarrow \text{SiO}_2$	Ekzotermik
$\text{Mn} + 1/2\text{O}_2$	$\longrightarrow \text{MnO}$	Ekzotermik
$2\text{P} + 5/2\text{O}_2$	$\longrightarrow \text{P}_2\text{O}_5$	Ekzotermik
$\text{CaO} + \text{S}$	$\longrightarrow \text{CaS} + 1/2\text{O}_2$	Endotermik
$2\text{Al} + 3/2\text{O}_2$	$\longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$	Ekzotermik
$2\text{Cr} + 3/2\text{O}_2$	$\longrightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3$	Ekzotermik
$\text{Ca} + 1/2 \text{O}_2$	$\longrightarrow \text{CaO}$	Ekzotermik
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2$	$\longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	Ekzotermik
$\text{C}_2\text{H}_6 + 7/2\text{O}_2$	$\longrightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	Ekzotermik
$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2$	$\longrightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	Ekzotermik
$\text{C}_4\text{H}_{10} + 13/2\text{O}_2$	$\longrightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$	Ekzotermik

Elektrik ark ocağı yöntemiyle üretilen eritme işlemi sırasında oluşan reaksiyonlar hurdadaki demir oksitinin (FeO) demir elementi karbon (C) ilavesi ile oksidinden ayrıştırılır ve üretim sistemine yeniden kazandırılır. Çelik üretim sisteminde aktarılan fazla oksijen de, reaksiyon sonuçlarından görüldüğü gibi cüruf içerisinde FeO olarak dışarı çıkmaktadır. Çelik üretim yöntemi aşamasında istenmeyen elementler ile birlikte sisteme verilen fazla oksijen de yine sisteme eklenen ve oksijenle kolay tepkimeye giren safsızlık elementleri yardımıyla gerçekleşir. Bu elementler şunlardır; Silisyum, Alüminyum, Manganyum ve Karbon'dur. Diğer taraftan sistemde ergimeyi hızlandırmak için kullanılan doğalgazın bileşenlerinin de oksijen ile tepkimeye girdiği bilinmektedir [11].

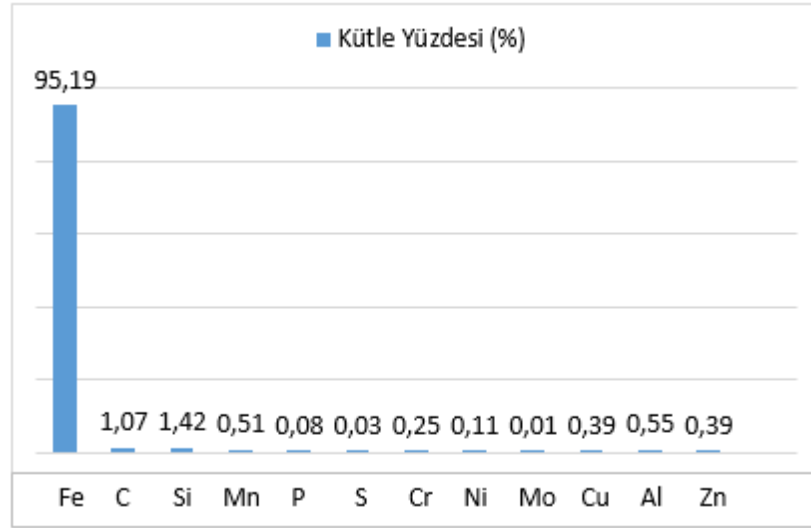
### 4.3. ELEKTRİK ARK OCAĞINA YÜKLENEN MALZEMELER

#### 4.3.1. Hurda

Elektrik ark fırınlarına yüklenen veya şarj edilen hurdanın kimyasal bileşimine bakıldığında, çeliğin kimyasal bileşiminde bulunan Si, P, S gibi elementlerin sınırlı olması düşünülmektedir. P ve S sırasıyla <0,05 ve <0,04 altında tutulmaları istenir. Çeliğin kimyasal içeriğinde bulunan fosfor (P), çeliğin fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkiler, soğuk deformasyon sırasında soğuk yırtılmalara neden olur. Düşük oranlardaki fosfor, ferrit yapısı içerisinde çözünerek çeliğin mukavemet değerlerinin



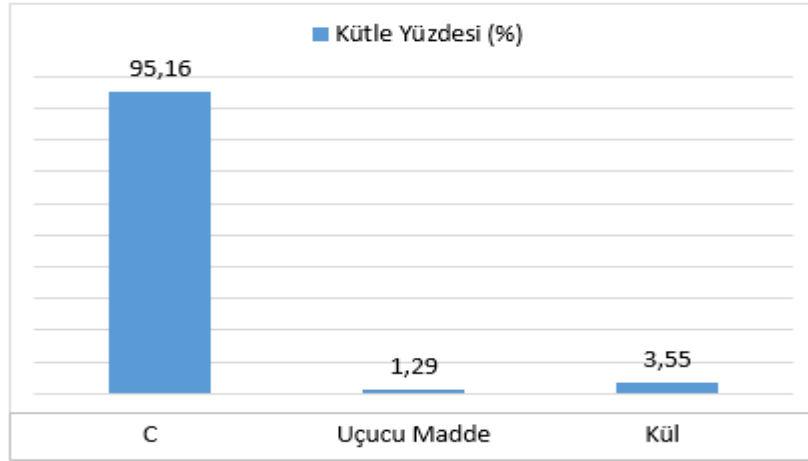
bir miktar yükselmesine neden olur. Buna rağmen yüksek orandaki fosfor yapı içerisinde gevrek demir, fosfor ( $Fe_3P$ ) bileşiminin oluşmasına neden olur. Kükürt kimyasal içerikte demirle  $Fe_3S$  ötektik bileşimini oluşturur. Çeliğin mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Kükürt (S) çelikte sıcak yırtılmalara neden olur. Bu durum çeliğin kimyasal bileşimine Mn ilavesi ile önlenir. Şöyle ki, çelikte Mn bulunması durumunda mangan sülfür ( $MnS$ ) oluşur.  $MnS$ 'ün büyük bir bölümü çelik yapısında cürufta toplanırken bir kısmı da  $MnS$  kalıntıları olarak yapı içerisinde dağılır. Elde edilen hurda numunesinin kimyasal içeriği incelendiğinde çeliği oluşturan elementler bakımından Si oranı hariç gayet uygun görülmektedir [15].



Şekil 4.4. Hurdanın kimyasal analizi.

#### 4.3.2. Antrasit Kömürü

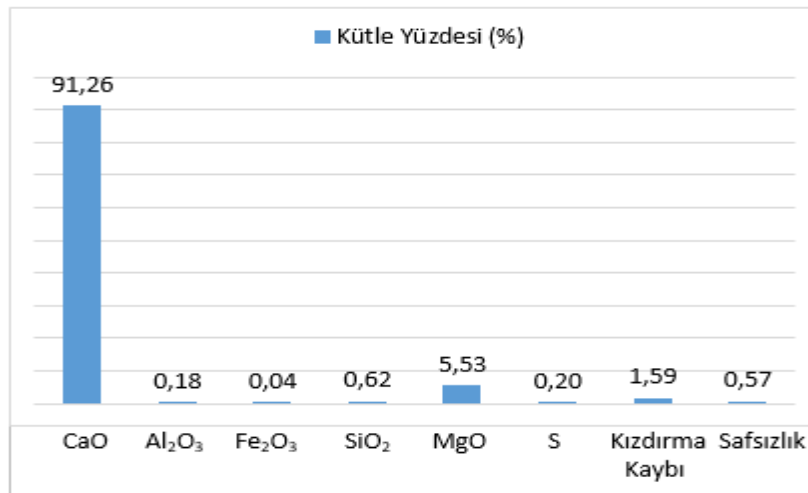
Çelik üretim sektöründe ergitme işlemlerinde faydalanılan antrasit kömürü yüksek miktarda karbon içerir. Karbon, çeliğin yapı ve mekanik özelliklerini en çok etkileyen alaşım elementi sayılmaktadır. Çelik içeriğinde karbon oranı arttıkça çeliğin sertlik ve mukavemeti artar. Buna rağmen karbon oranı arttıkça çeliğin süneklik değeri azalmaktadır. Bu durumu önlemek amacı ile karbon artış sınırı %1,5 olarak öngörülmüştür. Genelde karbon oranı bu sınıra yaklaştıkça, çeliğin tokluk değerleri azalması sebebiyle kırılabilirliği gerçekleşmektedir.



Şekil 4.5. Antrasit kömürün kimyasal analizi.

#### 4.3.3. Sönmemiş Kireç

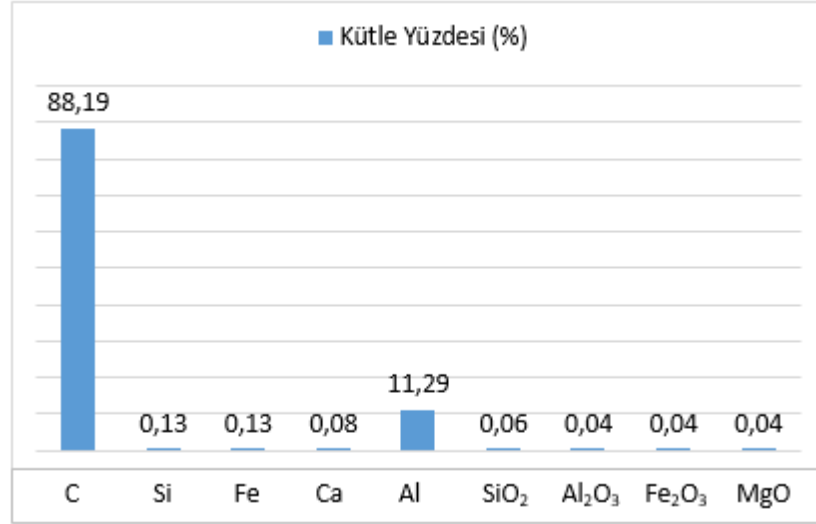
Genelde demir çelik üretim sırasında kullanılan sönmemiş kireç, çeliğin kimyasal içeriğinde bulunan zararlı element sayılan fosforun uzaklaştırılmasında başlıca faydalarındandır. Bunun sayesinde üretim sırasında elektrodun oluşturduğu ark, cüruf tabakasını aşarak sıvı çeliğe kolayca temasını ve erimenin oluşumunun hızlanmasını gerçekleştirmektedir. Çelik üretim yönteminde sönmemiş kireç uygulamasının bir başka üstünlüğü ise kükürt, silisyum gibi istenmeyen elementlerin oksidasyon işlemine uğrayarak, çelik üretim sırasında sistemde cürufa dönüşerek atılması gerçekleşir, bununla birlikte yüksek sıcaklığa dayanıklı refrakter tuğlaları için koruyucu bir tabaka oluşturmaktadır [8].



Şekil 4.6. Sönmemiş kirecin kimyasal analizi.

#### 4.3.4. Elektrot

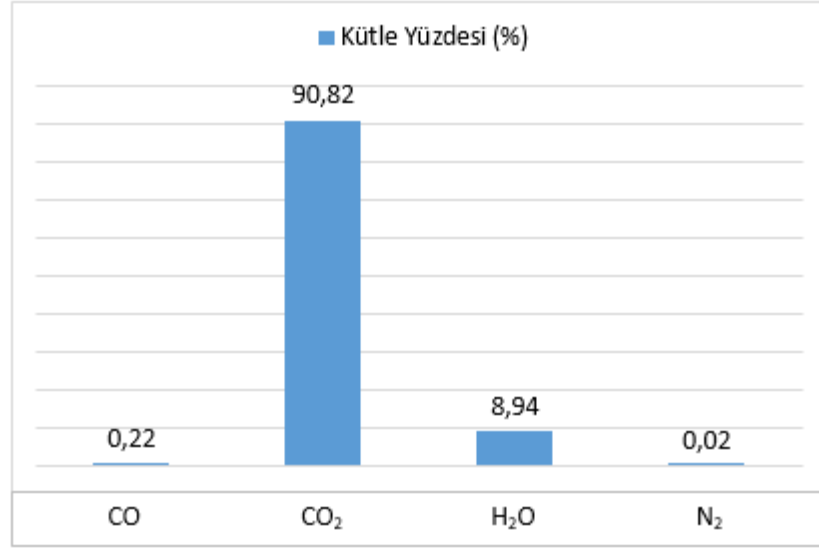
Çelik üretimi yönteminde, çeliğin ergitilmesi işleminde gereken ekipmanlardan biri de elektrik enerjisini fırın içerisine iletip, hurda eritilmesini gerçekleştiren grafit elektrotlardır. Elektrotlar üretim işleminin tamamlanması için yüksek sıcaklık dayanımlarına sahiptirler. Elektrotların başka bir özellikleri ise enerji iletimini sabit ve sürekli bir şekilde yapabilmeleridir. Elektrot çok yüksek oranda karbon ihtiva eden yapıya sahiptir. Karbondan sonra ikinci en çok bulunan kimyasal element ise alüminyumdur.



Şekil 4.7. Elektrodun kimyasal analizi.

#### 4.3.5. Doğalgaz

Demir çelik üretiminin gerçekleştirilmesi için kullanılan ark ocağı içinde eritmeyi hızlandırmak için doğalgaz bileşenleri içerisinde en fazla görülen bileşen metan sayılmaktadır.



Şekil 4.8. Doğalgazın kimyasal analizi.

#### 4.3.6. Oksijen

Çelik üretimi sırasında elektrik ark ocağı içerisine üflenen oksijen, hem ergime işleminin tamamlanmasını gerçekleştiren doğalgazın yanması için hem de ergitme işlemini daha efektif oluşumu için yapılmaktadır.

### 4.4. ELEKTRİK ARK OCAĞINDAN ÇIKAN MATERYALLER

Elektrik ark fırınında üretilen demir çelik ürünleri yüksek sıcaklık koşulları ile meydana gelmektedir. Oluşan kimyasal reaksiyonlar sonucu çelik üretimi tamamlanır. Bunun yanı sıra üretim sırasında çıkan baca gazı gibi atıklar da mevcuttur.

#### 4.4.1. Sıvı Çelik

Genel anlamda çelik herhangi bir işleme tabi tutulmadan dövülebilen, başka bir deyişle şekil değişimine elverişli olan ve en çok %2,06 oranında karbon içeren demir sementit alaşımı olarak isimlendirilir. Çeliğin kimyasal içeriğindeki karbon oranı yükseldikçe çeliğin elastikliğinde azalma, kırılma kuvvetinde ise yükselme görülür. Karbon oranının artması ile çeliğin mekanik özellik parametrelerinden çoğu artar;

çekme direnci, akma sınırı ve sertlik değerleri. Buna rağmen sünekliği azalır. Genelde çelikler iki büyük ana gruba ayrılırlar. Bunlar şu şekilde sıralanabilir; karbonlu ve alaşımlı çelikler. Tüm çelikler karbon dahil diğer başka elementler içerirler, bu elementler nikel, krom, tungsten gibi özel alaşım elemanlarını barındırıyorsa bu çelikler alaşımlı çelikler olarak adlandırılırlar. Genelde karbonlu çelikler %0,01'den %0,30'a kadar Si içerirler. Bu element genel olarak deoksidant element görevini yapar. Çelik içerisinde oluşan gaz boşluklarını önler. Çeliğin içerisindeki fosfor, çeliğin tane boyutunun büyümesine sebep olur. Bundan dolayı fosforun fazlası çelikte kırılabilirlik oluşturur [8].

#### **4.4.2. Cüruf**

Çelik üretim sırasında bazikliğin ayarlanmasında oluşan cürufun kimyasal içeriğinin önemi büyüktür. Genelde baziklik CaO/SiO<sub>2</sub> olarak gösterilir. Baziklik oranının 1,8-2,3 aralığında olması gerekir. Sistemde SiO<sub>2</sub> seviyesinin düşmesi baziklik ile doğru orantılı olduğundan bu olay kireç tüketiminin de azalmasına etki etmektedir. Eğer sistemde baziklik yüksekse cüruf katılaştır, düşükse sıvılaştır. Bu nedenle bazikliğin bu aralıkta olması şarttır [11].

#### **4.5. DEMİR ÇELİK ÜRETİMİ İÇİN GEREKEN ENERJİ VE HAMMADDE**

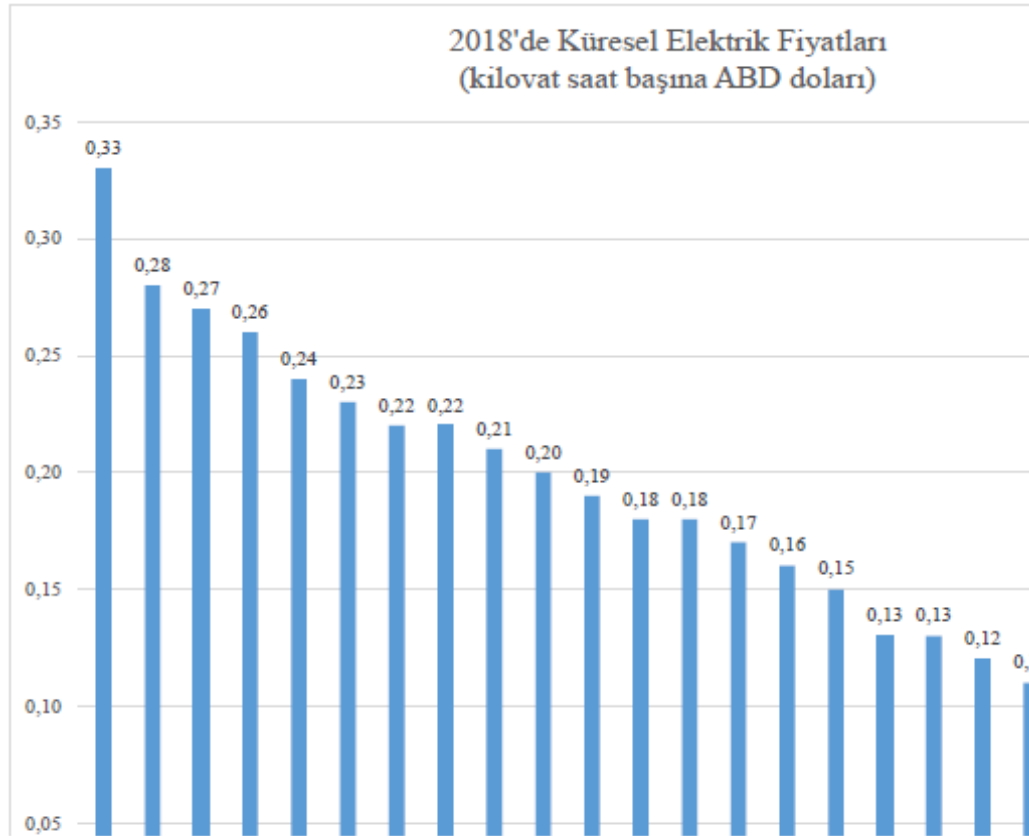
Demir çelik üretim sektörü, aşırı enerji tüketimi gerçekleştiren sektörlerdendir. Bu sektörde üretim gerçekleştirmek için kullanılan ana malzemeler, üretimde kullanılan yöntemlere göre değişmektedir. İktisadi bakımdan üretimde etkisi bulunan bu malzemelerin tüketimi Çizelge-4.2 ve Çizelge-4.3'te sunulmuştur. Elektrik ark ocaklı tesislerde üretimi gerçekleştirmek için kullanılan elektrik tüketiminin global piyasalarla mukayese edilmesinin ülkelerce kıyaslanması Şekil-4.9'da sunulmuştur [17].

Çizelge 4.2. Demir çelik tesislerinde enerji tüketimi.

Enerji Tüketimi	BOF'lu Tesisler (1 ton ham çelik)	EAO'lu tesisler (1 ton ham çelik)
Elektrik (%)	5	65
Doğalgaz (%)	15	30
Motorin (%)	-	5
Kömür (%)	75	-
Petrol (%)	5	-
Maliyet içindeki payı (%)	20	15
TOPLAM (Mcal)	5450	570

Çizelge 4.3. Demir çelik tesislerinin hammadde tüketimi.

Hammadde Tüketimi	BOF'lu Tesisler (1 ton ham çelik)	EAO'lu tesisler (1 ton ham çelik)
Hurda (kg)	-	1150
Cevher (kg)	1500	-



Şekil 4.9. Dünya elektrik fiyatları.

Demir çelik üretim sektörü içerisinde harcanan enerjinin boyutlarına bakıldığında, dünya çapında üretilen toplam elektrik enerjisinin neredeyse %12'lik kısmını bu sektör harcamaktadır. Diğer taraftan sektörün üretimde harcadığı enerji boyutunun yükselmesi sebebiyle, üretim gerçekleştirirken tüketilen enerjinin azaltılma çalışmaları, sektörde tüketilen enerjinin yüksek olmasından oldukça önemlidir [5].

Hurdanın geri dönüşümünü sağlamak için başvurulan yöntemlerden biri elektrik ark ocağı yöntemidir. Bu yöntem günümüzde en çok faydalanılan yöntemlerdendir. İlerleyen teknoloji ile beraber, bu ocaklarla kurulan tesislerin büyük yatırım masrafları içermesi ve işletme yönteminin kolay olması açısından, dünya çelik üretiminde elektrik ark ocakları %30'luk bir kısmı kaplamaktadır. Türkiye'nin demir çelik üretim sektöründe bu ocakların payı %70'ler civarındadır [3].

Bu faktörlerin göz önüne alınmasıyla tüketilen enerjinin azaltılması çalışmaları her geçen gün süratlenmiştir. Araştırmalara ve incelemelere bakıldığında elektrik ark ocaklarda çelik üretimi içerisinde harcanan enerjinin %40 civarında farklı sebeplerle kaybolduğu ortaya çıkmıştır. Tüketimdeki kaybolan enerjinin minimuma indirilmesi amacıyla yapılan işlemler neticesinde kaybolan enerji miktarı da oldukça azalacaktır. Bu ocaklarda enerjiden tasarruf sağlamak için yapılması gereken en önemli uygulama üretim hızının artırılmasıdır. Üretimin hızlandırılması da fırının elektrik arkının aktif olduğu ve olmadığı zamanın düşürülmesi neticesinde oluşacaktır. Uygulamanın yapılabilmesiyle, üretilen ürün başına harcanan elektriğin düşürülmesi amaçlanmaktadır. Kaybolan enerjinin azaltılması demek önemli derecede zamandan tasarruf ve dökümden döküme olan zamanın düşürülmesi demektir. Çelik üretiminde elektrik ark ocaklarının yaygın olmasının sebepleri aşağıdaki faktörlerdir:

- Üretimde kapasite için yatırım maliyeti, yüksek fırın yöntemine göre daha azdır.
- Yatırım süreci daha az zaman almaktadır.
- Gelişen teknoloji ile üretimdeki masraflar düşmüştür.
- Küçük ve esnek üretim faktörü bulunur [4].

Demir çelik üretiminde elektrik ark ocaklarında çelik üretimi için maliyet masrafları aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

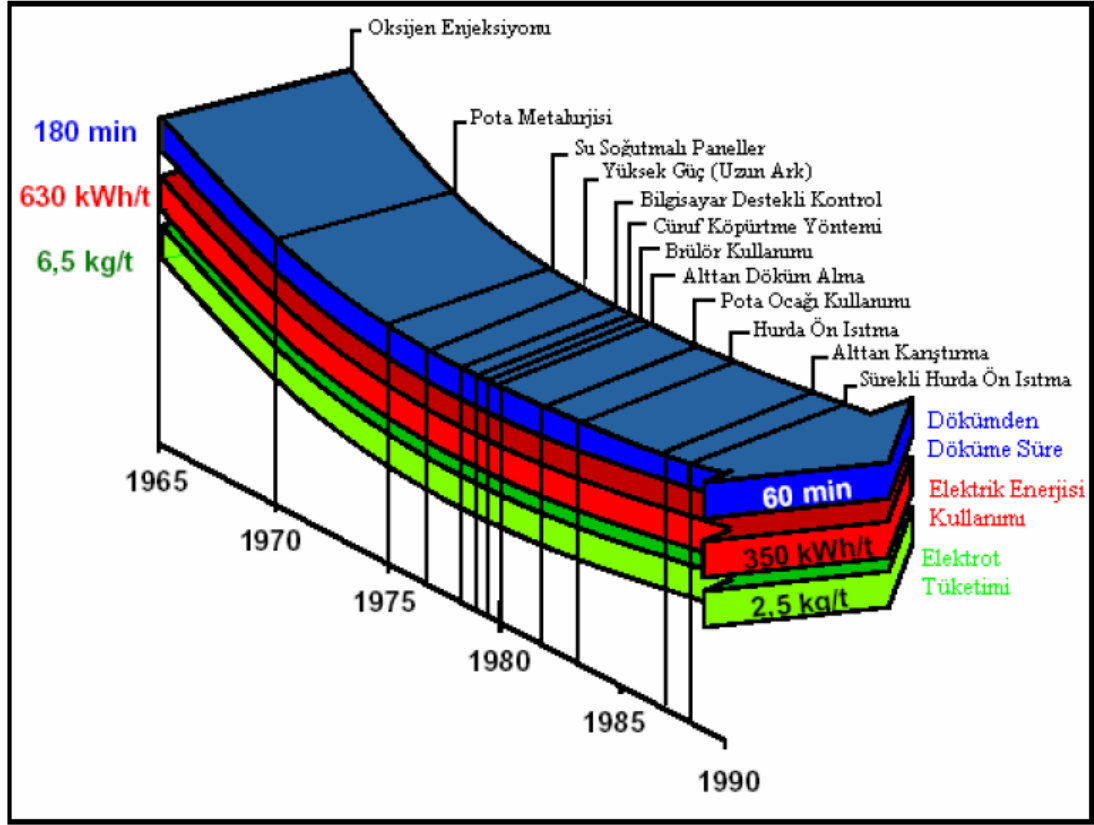
Çizelge 4.4. Elektrik ark ocaklarının maliyet kalemleri.

<b>Maliyet Kalemi</b>	<b>Oran</b>
Hammadde (Hurda) Maliyeti	%65
Elektrik Enerjisi Maliyeti	%9
İşçilik Maliyeti	%6
Refrakter Maliyeti	%5
Elektrot Maliyeti	%3
Atık Toz Bertaraf Maliyeti	%1,4
Oksijen Tüketimi Maliyeti	%1,3
Bakım Maliyetleri	%1,2
Diğer	%8,1

Çizelgeden de anlaşılacağı üzere elektrik enerji tüketimi maliyet kalemi sıralamasında ikincidir. Bu maliyetin düşürülmesi amacıyla 35 sene civarında elektrik ark ocakları üzerinde farklı çalışmalar yapılmaktadır. 1943 senesinde modern kabul edilen, kapasitesi 70 ton olan elektrik ark ocağında, trafo gücü 12-15 MVA, trafo ikincil gerilimi ise 200-300 V seviyelerindeydi. Elektrik ark ocağında zayıf güç girdisi oluşu için çeliğin ergime süresi zaman almaktaydı. Bu sebepten enerji kayıpları gereğinden fazlaydı, verimlilikte ise düşüş yaşanmaktaydı.

Elektrik ark ocaklarında kullanılan elektrik enerjisinin düşük değerde olması amacıyla, elektriksel sistem tasarımı, işlem operasyon pratikleri ve ocağa enerji girdisi için işlem sırasında gerekli sistemler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Enerji kullanımında tasarruf edilmesi; oksijen tüketimine ve kimyasal enerji ilavesinin fazlaştırılması, sisteme giren enerjinin iyileştirilmesi, hurda ön ısıtma ve ileri yanma yöntemlerinin uygulanmasıyla sağlanmıştır [4]. Elektrik ark ocaklarında uygulanmış olan çalışmalar ve bunların sonuçları Şekil-4.10'da verilmektedir.





Şekil 4.10. Elektrik ark ocaklarının tarihsel gelişimi.

Şekilden görüldüğü gibi ark ocaklarının demir çelik üretimi içerisindeki yoğunluğunun artma eğilimi gösterdiği 1965 senesinde, 180 dakikada gerçekleşen dökümden döküme süre ve 630 kWh/tsç seviyesinde bulunan elektrik enerji tüketimi, farklı uygulamaların hayata geçmesiyle beraber günümüzde 60 dakikada gerçekleşen döküm süresi ve 350 kWh/tsç seviyesinde elektrik enerjisi tüketimine kadar geliştirilmiştir. Bu uygulamaların diğer bir avantajı da elektrotların tüketim miktarında yaşanmış ve kullanım seviyesi 6,5 kg/tsç'den 2,5 kg/tsç civarında düşüş göstermiştir. Uygulanan bu geliştirmeleri şöyle sıralayabiliriz [14];

- Karbonsuzlaştırma ve hurda kesimi için oksijen katkısı uygulandı.
- Alaşımlama süreçleri için potaların kullanım işlemi yapıldı.
- Çelik üretim kademesinde su soğutmalı panellerin devreye alınmasıyla refrakter kullanımı düşürüldü.
- 600-1000 kVA/tsç güce ve 900 V. üzeri ikincil çıkış gerilimine sahip, yüksek güçlü trafolar uygulanmaya başlatıldı [7].

- Üretimde güç faktörü ve ocak parametrelerine bağlı olarak, otomatik kademe değişimi elektrik güç programının iyileştirilmesi amacıyla teknolojik sistemler uygulamaya konuldu.
- Su soğutmalı panellerin bulunduğu gövde ve kapakta, ark radyasyonunun etkilerini düşürebilmek amacıyla cüruf köpürtme yöntemleri geliştirildi.
- Enerji girişinin desteklenmesi ve ergitme işleminin yükseltilmesi amacıyla brülörlerin kullanımı devreye alındı.
- Döküm aşamasını azaltmak ve sıcaklığın düşüşünü engellemek, potalardaki cüruf birikiminin önüne geçmek amacıyla alttan döküm alma sistemleri geliştirildi.
- Pota ocaklarının kullanıma alınmasıyla, saflaştırma ve alaşımlama uygulamalarının bir bölümü ocak haricinde uygulanarak, dökümden döküme geçen zaman düşürüldü.
- Atık gazların enerjiye dönüştürülmesi amacıyla hurda ön ısıtma uygulamaları modernleştirildi.
- Elektrik enerjisi kullanılmayan şarj alma aşamasının yerine devamlı beslemeli hurda ön ısıtma yöntemleri modernleştirildi.
- Üretimde sürekli olarak ark kararlılığının gerçekleştirilmesi amacıyla gerilim dalgalanmalarının dengede tutulması yöntemleri uygulamaya konuldu [7].

#### **4.6. MATERYAL VE YÖNTEM**

Üretim yöntemlerinde, özellikle ark ocaklarında üretimin tamamlanması gerekliliği nedeniyle, tüketimin düşürülmesi amacıyla uygulanan kimyasal enerji kullanımı üzerine oluşturulacak iyileştirmelere göre, güç girdisinin yükseltilmesi için üretimdeki elektrik yöntemlerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılan işlemlere ve araştırmalara önem verilmektedir. Son zamanlarda uygulamaya alınan jet brülör yöntemlerinin kimyasal enerjiye olan etkisi ve statik volt-amper reaktif düzelticisi yöntemlerinin uygulanmaya başlanıp uygulamasının bitirilmesi ve her iki durum sırasında ocak işleyiş parametrelerinin mevcut ölçüm yöntemlerinden elde edilmesi sayesinde değerlendirilmiştir. Bununla beraber, yatırım masraflarının fazlalığı sebebiyle deneysel çalışma imkanı olamayan, fakat çağımız teknolojik fırınlarında

değerlendirilen çeşitli yöntemlerin de teknik değerlendirilmeleri incelenerek araştırmalarda gösterilmektedir.

Elektrik ark fırınlarında dökümden döküme sürecinin düşürülerek üretimin yükseltilmesi amaçlanmıştır, bu sebeple fırınların dökümden döküme olan sürecini oluşturan iki dönem üzerinde işlem yapılmıştır:

- Elektrik arkının elde edildiği bölümler (enerjili süreler)
- Elektrik arkının elde edilemediği bölümler (enerjisiz süreler)

Enerjili süreler bölümünde ergitme, saflaştırma ve numune alma uygulamaları yapılmaktadır. Enerjisiz süreler bölümünde ise şarj alma, döküm devirme, ocağın yeni döküme hazır hale gelmesi, elektrot ekleme ve uzatma uygulamaları bulunmaktadır [7].

#### **4.7. ELEKTRİK ARK OCAKLARINDA ÜRETİM**

Elektrik ark ocaklarında, çeliğin hurdadan sıvı hale getirilmesine kadar olan dönem aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Ocağa şarj
- Ergitme
- Saflaştırma
- Cüruf giderme
- Döküm devirme
- Ocağın yeni döküme hazırlanması

##### **4.7.1. Ocağa Şarj**

Bu aşama hurda şarjının hazır hale getirilmesiyle başlamaktadır. Şarjın hazır hale gelmesi gerçekleşirken, hurdayı yalnızca kimyasal olarak ergimenin oluşup sıvı çeliği oluşturacak hammadde tanımıyla açıklamamak uygundur. Ocak koşullarına uygun olarak gerçekleştirilmiş bir hurda şarjının olduğu etkiler şöyle sıralanabilir:

- Ocak regülasyonunun olumlu bir şekilde işlemesi,
- Kararlı bir ark için mecburi sayılan sıvı çelik oluşumunun süratlenmesi,
- Ocak gövde ve kapağının radyasyon temasından kaçınılması,
- Üretimde hurda çökmelerinin düşürülmesi ve bunun sonucunda elektrot kırılmalarının önüne geçilmesi,
- Büyük hurda parçalarının gaz akışını kesmenin önüne geçilmesinin amacıyla jet brülörlerinin önüne getirilmesi.

Üretim sırasında uygulamaya alınan hurdalar, kimyasal kompozisyon ve geometrik olarak iki gruba ayrılmaktadırlar. Kimyasal kompozisyon durumunda olarak yüksek alaşımli çeliklerden, karbon çeliklerine kadar geniş çeşitlilik mevcutken, geometri olarak da kırılmış değirmen tür hurdadan, iri parçalı hurdalara kadar farklı türlerde hurda mevcuttur.

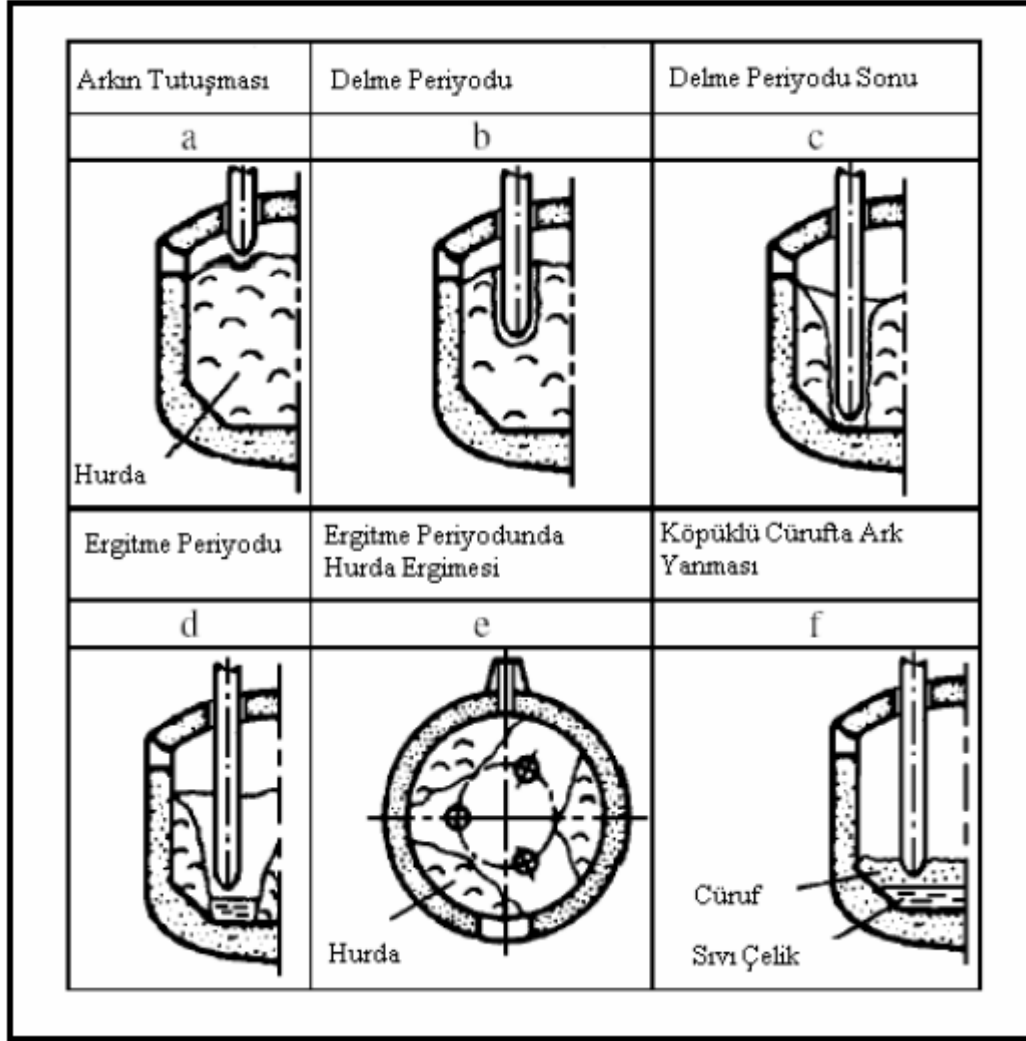
Hurda şarjının uygulanabilmesi amacıyla ocak kapağı ve elektrotlar, hidrolik silindirler yoluyla kaldırılarak yana çevrilir. Hurda sepetleri şarj vinci vasıtasıyla alınarak ocağın üzerine getirilir, bu süreçte sepetlerin alt bölümünün açılmasıyla hurda fırına şarj edilir. Hurda şarjından sonra fırın kapağı ve elektrotlar, ocak üstündeki konumlarına geri alınarak ark oluşumunun uygulanmaya başlaması amacıyla aşağıya indirme işlemi yapılır. Sıvı çelik üretiminde şarj etme zaman kaybı olduğu için ocakların kurulumunda şarj sırasında düşürülme amaçlanmaktadır. Çünkü şarj döneminde yaşanan kayıp zaman da fırında ark oluşturması yapılamamakta ve ergitme uygulanamamaktadır. Bu kayıp sürenin düşürülmesi, fırından alınan verimin fazlalaştırılmasını ve dökümden döküme geçen sürecin düşürülmesi avantajı kazandırır. Fırın kurulumunda boyut hesaplanırken yalnızca sıvı çelik hacmi değil, tüketilecek hurda kapasitesi ve uygulanacak şarj sayısı da hesaplanmalıdır. Standart uygunluktaki fırınlarda amaçlanan şarj sayısı iki olarak belirlenmiştir. Bazı işlemlerde belirlenen şarj sayısı bir'dir. Devamlı şarj uygulanan fırınlarda ise şarj esnasında fırın çalışmasına ara vermez ve herhangi bir kayıp oluşmaz. Şarj sırasında fırın kapağının açık hale getirilmesi enerjide kayıp oluşturmaktadır. Bu kaybın miktarı 10-20 kWh/tsç civarında değişmektedir [7].

#### 4.7.2. Ergitme

Elektrik ark fırınlarında sıvı çelik üretimi elektrotla hurda arasında gerçekleşen elektrik ark yoluyla elde edilir. Standart hacimli ark fırınlarının elektrik güçleri, fırının boyutlarına göre 50-120 MW civarındadır. Hurdanın kimyasal içeriğine göre erime sıcaklığı 1500-1550°C civarında değişim gösterir.

Şarjı sonrası ilk çalışma sırasında, elektrotlara az seviyese gerilim işlemi yapılır ve elektrot izdüşümünde hurda da delik açılmaya çalışılır. Delme aşaması ismi verilen bu çalışmanın sebebi, yüksek gerilim ile meydana gelebilecek güçlü ark radyasyonunun, fırın panellerinde hasar oluşturma olasılığının bulunmasıdır. Elektrotlar hurdada açılan oyuk yerine yerleştirildikten sonra gerilim seviyesi artırılarak, uzun ark boyu ile işleme başlanılır. Gerilim yükseltilmesi, ark radyasyonunun da yükseltilmesi neticesini oluşturacaktır. Ark hurdanın içerisinde tam güç ile oluşturulduğunda, etrafı hurda ile sarılı bulunduğu için ilk olarak kendisini saran hurdayı ergitmeye başlayacak, bu sayede gövde ve kapak ark radyasyonundan muhafaza edilecektir.

Ergitmenin süratli bir biçimde oluşturulması amacıyla hafif hurdalar şarjın üstüne konumlandırılır. %15 civarında hurda bu giriş aşamasında ergitmeye uğrar. Hemen ardından elektrotlar, hurdanın oyuk oluşturulan bölümüne daldırılarak, yüksek gerilim-uzun ark boyu yöntemiyle çalışılmaya başlanır. Uzun ark boyu, ark radyasyonu seviyesini yükselterek hurdaya nüfuz eden güç geçişini en yüksek seviyeye getirir ve fırın zemininde bir sıvı çelik havuzu meydana gelmesinde rol oynar. Şekil-4.11'de elektrik ark ocağının çalışma periyodu şematik olarak aşağıda verilmiştir [7].



Şekil 4.11. Elektrik ark ocağı çalışma periyodu.

Ergitmenin ilk aşamasında ark değişken karaktere sahip olur. Elektrot davranışlarıyla beraber akımın değişkenliğine dikkat edilmelidir. Elektrik ark ocağının dahili ısınmasıyla arkın kararlılığı artar. Isının etkisinden oluşan sıvı çelik havuzunun ardından arkın kararlılığı daha da yükselir. Bu işlemleri hızlandırmak amacıyla ocağa etki eden diğer yardımcı enerji girdisi de fazlalaşır.

Hurdanın ergitilmesini kolaylaştırmak için fırına kimyasal güç girişi de verilir. Bu amaçla brülörler ve oksijen lansları devreye sokulur. Bu yardımcı etkenler yeni brülörler, oksijen yardımıyla LPG ve doğalgaz yakarlar. Bu sayede oluşan ısı hurdaya alev radyasyonu ve konveksiyonu yöntemleriyle ulaştırılır. Oksijen lanslarıysa hem iri parçalı hurdaları küçültmek hem de saflaştırmayı gerçekleştirmek

amacıyla fırına saf oksijen iletilmesinde yararlanır. İşlemlerin tamamlanması amacıyla kullanılan ısı, oksijenin sıcak hurda ve yanan demir ile reaksiyonda bulunması neticesinde meydana gelir.

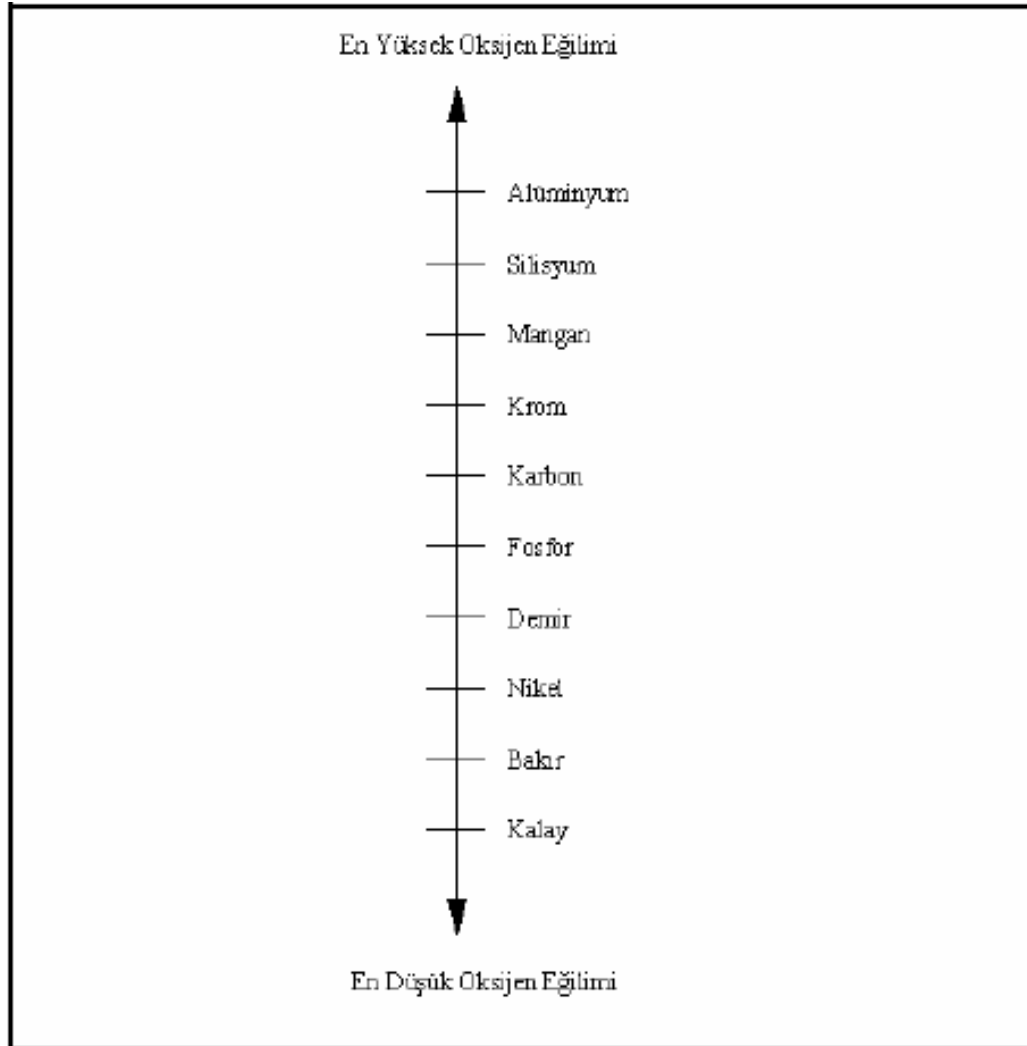
Üretim aşamasında elektrik ark ocağında sıvı çelik havuzu meydana geldiğinde oksijenin, direkt banyo içine verilmesi sağlanarak havuzdaki mangan, fosfor, alüminyum, silisyum, karbon ve demir gibi elementler ile tepkimeye geçmesi imkanı sunar. Oluşan tepkimelerin tümü ekzotermik olup, fırına uygulanacak olan kimyasal gücün ciddi bir kısmı bu tepkimelerden sağlanır. Tepkimeler neticesinde metal oksitler elde edilerek cüruf evresine geçişi başlar. Bu cüruf ilerleyen evrede fırından çıkartılır. Bununla beraber, oksijenin karbon ile tepkimesi neticesinde karbonmonoksit (CO) gaz meydana gelir ki bu gaz, kimi teknolojik fırınlarda bulunduğu gibi fırına ek oksijen iletilmesiyle fırın içerisinde yada fırın içinden emilerek, yanma odası olarak anılan ikinci bir bölümde yakılması gerçekleştirilir. Bu uygulamada önem arz eden faktör, fırına olması gereken seviyeden fazla oksijen verilirse, gereğinden fazla oksijenin çeliğe karışması, çeliğin kalite bakımından sorun yaşamasına neden olabilir. Ayrıca gereken seviyeden düşük oksijen verilirse, yanmamış karbonmonoksit gazı, fırının toz toplama yöntemi yardımıyla önlenir. Sonuçta emilen gaz ya kontrol dışı bir yanma işlemine uğrar ya da dışarıya atılır. Üretim işleminde etki eden diğer faktörlere bağlı olarak her iki durumunda dezavantajları vardır. Kontrol dışı bir şekilde gazın yanması gerçekleşirse, toz toplama yönteminin torba filtrelerinin hasar görmesine sebebiyet verebilir. Eğer yakılma işlemleri yapılmayıp, karbonmonoksitin bacadan salınması da çevresel problemler oluşturacaktır. Bu koşullar içerisinde hassas ölçüm teknolojisi barındırmayan fırınlarda bu olasılıklardan kaçınılır ve fırın haricinde kurulan yanma bölümünde, bu işlem kontrol altında uygulanır. Hurda gerektiği kadar ergitildiyse fırına ikinci şarj operasyonu yapılabilir [7].

#### **4.7.3. Saflaştırma**

Elektrik ark ocaklarında yapılan saflaştırma işlemleri çelikten karbon, mangan, kükürt, fosfor, alüminyum, silisyum gibi elementlerin sistemden atılmasını sağlamak içindir. Saflaştırma uygulamaları, ergitme aşamasının ardından yapılmaktadır. Sıvı

çelik bünyesinde mevcut elementlerin hangi sıcaklık ve sırayla oksitleneceği verisi, saflaştırma yönteminde önem arz etmektedir. Hurda fırına şarj edilmeden içeriğindeki elementler araştırılmaz ise yani hurda bünyesinde oksijene eğilimi demirden daha az olan elementler bulunursa, sıvı çeliği saflaştırma işlemi istenilen şekilde gerçekleşmez [12].

Sıvı çelik banyosuna oksijen verilmesiyle, oksijene eğilimi en fazla olan elementten başlayarak en az olan elemente kadar devam edecek oksitlenme işlemi gerçekleşir. Farklı elementlerin oksijene olan eğilimleri Şekil-4.12’de sunulmuştur.



Şekil 4.12. Elementlerin oksijen eğilimleri.



Şekildeki verilerden anlaşılacağı gibi oksijen eğilimi en az durumda olan element kalay, en fazla olan element alüminyumdur. Bakır ve kalayın oksijen eğilimleri demirden daha az durumda bulunduğundan fırına ne kadar oksijen verilse de bu elementlerde kesinlikle oksitlenme görülmez. Bunun sebebi çeliğin demir alaşımı olması ve istenilen, çelik elde etmektir. Bakır ve kalayda oksitlenme oluşturabilmek amacıyla demirin türünün oksitlenmiş duruma gelmesi gerekli olmaktadır. Bu sebeple bakır ve kalay miktarı, sınırlı bir çelik elde edilecekse (elektrotluk, tellik, halatlık çelikler gibi) rafinasyon imkanı bulunmadığı nedeniyle az seviyede bakır ve kalay bulunduran hurda tüketme mecburiyetindedir [1].

Katı fazda oksit oluşturan elementler alüminyum, silisyum, krom, demir ve mangan iken gaz fazında oksit oluşturan karbon elementidir.

Genelde çeliğin kimyasal kompozisyonunda bulunan fosfor ve kükürt elementleri çeliklerin özelliklerini büyük oranda olumsuz etkilerler. Bu nedenlerden dolayı bu elementler farklı yollarla çelik kompozisyonundan uzaklaştırılmalıdır. Asıl sorun fosforu uzaklaştırmak amacıyla gereken koşulların, kükürdü uzaklaştırmak amacıyla gereken koşulların tersi olması durumudur. Cürufunda bulundurulabilecek fosfor seviyesi banyo sıcaklık derecesini, cüruf bazikliğinin ve cürufunda bulunan demiroksit (FeO) miktarının bir faktörüdür. Sıcaklığın fazla veya az FeO miktarlarında cüruf fazına ayrılmış olan fosfor, sıvı çelik banyosunu geri dönecektir. Bu sebeple fosfor, saflaştırma aşamasında yapılabildiğince erken fırından uzaklaştırılması gerçekleştirilebilmelidir. “Hot Heel” pratiği denilen işlem bu amaca ulaşmak için yeterince uygulanabilir. Bu işlemde oksijenin, banyo sıcaklığı düşük durumdayken banyoya üflenmesi gerçekleştirilir. Isı artışı gerçekleşmeden önceki cürufun fazla FeO miktarı bulundurması, fosforu uzaklaştırma işleminin rahat yapılabilmesine etki eder. Cüruf bazikliğinin yüksekliği de (fazla kireç bulundurma) fosforu uzaklaştırma işlemine kolaylık sağlar. Fakat cürufun kireç ile doyurulmasına dikkat edilmesi gerekir. Bu olay cürufun viskozitesin artmasına neden olur ki bu da akışkanlık durumunu bozarak cürufun etkinliğinin azalmasına sebep olur.

Cürufun sıvılaştırılmasını sağlamak amacıyla banyonun içerisine fluşpat eklenmesi yapılabilir. Bundan başka diğer bir yöntem de İnert gaz ile banyonun sürekli olarak

karıştırılmasıdır. Bu yöntem ile cüruf-metal ara yüzeyi devamlı olarak yenilenir ve bunun sonucunda tepkime kinetiklerinin yükseltilmesini oluşturur.

Eğer kaliteli bir çelik elde etmek amaçlanmışsa fosfor oranının düşük tutulması gerekmektedir. Çünkü çeliğin bünyesinde fosfor miktarının elektrik ark ocağında indirgenme oranı %20-50 aralığında bulunmaktadır [1].

Kükürt elementi, cüruf içerisinde sülfat çözeltisi olarak ayrıştırma işlemi yapılabilir. Metal ve cüruf arasındaki kükürt ayrışması cüruf kimyasıyla ilgilidir ve çeliğin az oksidasyon oranlarıyla desteklenir. Elektrik ark ocağında kükürtü uzaklaştırma uygulaması, banyonun oksidasyon oranının yeterli kadar fazla olduğu teknolojik işlemlerle oldukça kolay değildir ve indirgenme oranı %3-5 civarındadır. Bu nedenden dolayı desülfirasyon, çelik üretiminin indirgeme esnasında yani döküm esnasında ve pota ocağı işlemleri esnasında çok daha etkili şekilde oluşturulur. Bu süreçlerde banyo çok az oksidasyon oranlarına sahiptir ve kükürt indirgenmesi %20-100 civarında oluşur. Sıvı çelik bünyesindeki mangan, FeO ile tepkime oluşturarak banyoya tekrardan demir dönüşümü sağlar. Bu, fırın veriminin artışını gerçekleştiren bir tepkimedir. Mangan, banyodan %0,06'ya kadar düşürülebilmektedir.



Karbon ile oksijenin tepkimeye geçirilmelerinin öncelikli nedeni, karbonmonoksit üretiminin gerçekleşmesidir. CO, banyo içerisine daha az masraflı kimyasal güç girişi sağlamaktadır. Elektrik ark ocakları uygulamalarında C ve O'nun tepkimesi fırına net olarak %20-30 aralığında kimyasal güç girişi oluşturmaktadır [1].

Karbonmonoksitin oluşturulması, köpüklü cüruf içerisinde mecburidir. Cürufün köpürtülmesi yoluyla elektrik arkının saklanması, açık ark neticesi meydana gelebilecek azot oluşmasının önüne geçer. Bu uygulanmaz ise meydana gelen azot çözünerek çeliğin bünyesine katılabilir. Karbonmonoksit çelik banyosunda meydana getirilirse, bu azot ve hidrojenin çelikten ayrılması işlemine kolaylık olmaktadır. Çelik içerisindeki azot miktarı fırında 50 ppm'nin altına kadar düşürülebilir.

Alttan döküm alma işlemi de az azot miktarlarının korunabilmesine kolaylık sağlayan bir yöntem türüdür. Bu yöntemde döküm devirme esnasında fırından potaya olan sıvı çelik akışı süratli ve devamlıdır. Bu da atmosfer ile temas sürecini ve temas yüzey alanını düşürüp, azot oranının korunmasına kolaylık sağlar.

Saflaştırma işlemi neticesinde banyo sıcaklığı ölçülür ve banyodan örnek alınması gerçekleştirilir. Sıcaklık az ise banyo içerisine tekrardan enerji sağlanarak sıcaklığın gereken seviyede tutulması gerçekleştirilebilir.

#### 4.7.4. Cüruf Giderme

Üretimde genel olarak cüruflar metalurji sanayisinde iki ana sınıfa ayrılırlar. Çelik ve cüruf içerisinde çözülmüş durumda bulunan bazı maddeler arasında kimyasal tepkimeler meydana gelir. Demir çelik üretiminde hem bazik (baz karakterli) hem de asidik (asit karakterli) maddeler kullanılmaktadır.

Bazik maddeler; asitlerle birleşerek onları yanmaz hale getiren maddelere denir. Örneğin kalsiyum ve magnezyum bileşikleri asit veya asit karakterli maddeleri (fosfor ve kükürt gibi) bağlama özelliklerine sahip oldukları için çelik üretiminde kullanılan baz karakterli diğer maddelere örnek olarak kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) yanmış veya sönmemiş kireç ( $\text{CaO}$ ), dolomit ( $\text{Ca, Mg CO}_3$ ) ve manyezit ( $\text{MgCO}_3$ ) verilebilir.

Asidik maddeler; genelde silisyum bileşiklerine verilen bir isimdir. Bunlar bazik maddelerle kolayca reaksiyona girme özelliği sergilemez [2].

Metal üretiminde asidik madde olarak kum, killi şist ve asidik cüruf kullanılır. Cüruf içerisinde bulunan  $\text{CaO}$  ve  $\text{SiO}_2$  oranları genelde cürufun özelliklerinin belirlenmesinde önemli rol oynar. Buna göre;

- $\frac{\%CaO}{\%SiO_2} < 2$  ise bu tür cüruflar asidik karakterli cüruflar olarak adlandırılırlar.

- $\frac{\%CaO}{\%SiO_2} < 2$  ise bu tür cüruflar bazik karakterli cüruflar olarak adlandırılırlar.

Asidik cüruflar, rafinasyon işlemi uygulanmayan ve sadece eritmek için uygulanan fırınlarda mevcuttur. Örnek gösterecek olursak dökümhaneler ve devamlı döküm cürufları verilebilir.

Bazik cüruflar ise, fosfor ve kükürt rafinasyonu işlemi uygulanan fırınlarda mevcuttur. Ark fırınlarında çalışılması gerekli olan cüruf, bazik karakterli cüruftur. Bazik cürufu meydana getiren fazlar aşağıda sırasıyla verilmektedir [2].

- Cüruf oluşturalardan geçen fazlar,
- Sıvı metalin oksidasyonu neticesi cürufa geçen fazlar,
- Refrakter aşınması ile cürufa geçen fazlar,
- Cüruf akışkanlığı için fırına giren malzemelerden geçen fazlar.

Elektrik ark fırın yönteminde fırının refrakter türü ile cüruf türü arasında bir bağlantı mevcuttur. Üretim esnasında uygulanan cüruf türü ile bu cürufun temas oluşturduğu refrakter türünün eşit karakterli durumda bulunmaları mecburidir. Elektrik ark fırını yöntemi bazik karakterli cüruf ile sağlandığından dolayı uygulanan refrakterin de, dolomit ve magnezit türü bazik karakterli durumda bulunmaları mecburidir [2].

Kimyasal içerik olan fosforun, ısıtma işlemi sırasında mümkün olduğunca çabuk oksitlenerek cüruf fazına dönüştürülmesi zorunludur. Sonuçta meydana gelen bu fosfor bulunduran cüruf ters tepkime oluşmadan fırından alınmalıdır. Bunun gerçekleşmesi için fırın arkaya yatırılır ve cüruf, cüruf çıkışından dışarı atılır. Aşağıdaki çizelgede elektrik ark ocağında oluşturulan cürufun tipik bileşiminin değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. EAO cürufun tipik bileşimi.

Bileşim	Kaynak	Oran (%)
CaO	Şarj	40–60
SiO <sub>2</sub>	Oksit Üretimi	5–15
FeO	Oksit Üretimi	10–30
MgO	Refrakter Aşınması	3–8
MnO	Oksit Üretimi	2–5
CaF <sub>2</sub>	Şarj	<0,1
Kükürt	Çelikten Absorbe	<0,1
Fosfor	Oksit Üretimi	<0,1

Cüruf köpürtme yöntemi işlemi esnasında cürufa karbon elementi ilave edilir. İşlem sonucunda hem cüruftaki FeO oranı düşer ve sıvı çeliğe Fe döngüsü gerçekleşir hem de yöntemde CO oluşturulur ki, bu da cürufun köğürtülmesi amacıyla zorunludur.



#### 4.7.5. Döküm Devirme İşlemi

Elektrik ark fırınlarında hurda ergitilmesinin peşine ikinci amaç çeliği öngürülen bir saflık seviyesine getirmektir. Bu amaç gerçekleştiğinde üretim sırasında döküm deliğinin oluşturulması ve fırının deliğin altındaki potaya doğru yöneltmesiyle sıvı çelik potaya aktarılır. Dökümen alınması esnasında ve bunun peşine de potaya istenilen çelik kalitesinin oluşturulması amacıyla gereken alaşım elementleri ilave edilir. Diğer taraftan çelikteki oksijen oranını düşürebilmek amacıyla çeliğe oksit gidericiler de eklenir. Genelde çelik üretiminde kullanılan oksit giderici elementler alüminyum, silisyum ve mangandır.

Döküm aşaması esnasında mümkün olduğunca düşük miktarda cürufun fırından potaya karışması istenir. Bu sebeple alttan döküm alma fonksiyonlu fırınlar, hem döküm devirme işleminin çabuk gerçekleşmesi hem de çelik akışının aralıksız gerçekleşmesi sebebiyle uygulanmaktadır.

Potaya akıtılan çeliğin hava ile temas etmemesi amacıyla pota üzerinde bir koruyucu tabaka meydana getirilmesin zorunludur. Demir çelik üretiminde pota fırınındaki işlemler için oluşan kalsiyumalüminat tabakası, sülfür kontrolü amacıyla da gereken bir uygulama metodudur.

#### **4.7.6. Ocağın Yeni Döküme Hazırlanması İşlemi**

Çelik üretiminde fırının yeni döküme hazır edilmesi işlemi, dökümün devrilmesini takip eden ve fırının tekrardan şarj almasına kadar geçen bir zamandır. Bu zaman içerisinde kapak ve elektrotlar kaldırılır ve fırın refrakterinin zarar görmemesi için kontroller yapılır. İşlem aşamasında gerekli olursa refraktere tamir uygulanır. Bu tamir işlemleri, tamir harçlarının basınçlı hava yoluyla refrakter yüzeyine püskürtülmesi şeklinde uygulanır. Teknolojik fırınlarda sus soğutmalı panel uygulamasının fazlalaştırılmasıyla, fırının refrakter kaplı yüzey bölümünün azaltılması gerçekleştirilmiş ve bunun sonucunda refrakterin zarar görme olasılığı düşürülmüştür.

Fırın tabanı neredeyse 2-6 haftalık dilimlerde yeni refrakterle değiştirilebilir. Sonuçta döküm için hazırlanmış yedek taban ile değiştirilerek yenilenmesi uygulamasının çok daha kısa bir zamanda gerçekleşmesi yapılır.

Fırının yeni döküme hazırlanması aşamasında döküm deliğine, yeni dökümün gerçekleşmesi için döküm kumu malzemesi doldurulur. Dökülen kumun içeriği, olivin ve genelde bir miktar karbon bileşimidir. Döküm alınma aşamasında döküm deliği açıldığında kumun kendiliğinden akması sağlanıp, sıvı çelik akışının gerçekleşmesi beklenmektedir. Fakat bu akışın gerçekleşmediği ve kumun boşalmadığı durumlar da görülmektedir. Eğer böyle bir durum yaşanırsa, kumun boşaltılması için döküm deliğine bir boru kullanılarak alttan oksijen üfleme işlemi uygulanır. Kumun içeriğindeki karbon, oksijenle tepkime oluşturarak, yanar. Bu yanma ile meydana gelen boşluklar, kumun harekete geçip boşalmasını sağlar ve döküm deliği açılır.

#### 4.8. ELEKTRİK ARK OCAKLARINDA ENERJİ GEREKSİNİMİNİN İNCELENMESİ

Elektrik ark fırınları kapsamında araştırmalarda, ark fırınlarına gereken elektrik enerjisinin hesaplanması amacıyla fırınların ortalama değerlerinin istatistiksel analizi yöntemi ile araştırmalar sonucu bir formül oluşturulmuştur. Oluşturulan bu formül, döküm süreci ve miktarı, döküm sıcaklığı, oksijen seviyeleri, brülör gazı kullanımı gibi farklı işlemleri hedeflemektedir. Bu formül aşağıda gösterilmişdir [7].

$$W_R = 375 + 400\left(\frac{G_H}{G_D} - 1\right) + 80\left(\frac{G_{DRI/HBI}}{G_D}\right) - 50\left(\frac{G_{Dgm}}{G_D}\right) - 350\left(\frac{G_{HM}}{G_D}\right) + 1000\left(\frac{G_Z}{G_D}\right) + 0,3(T_D - 1600) + t_{tap} - 8M_{CH_4} - 4,3M_L - 2,8M_N \quad (4.3)$$

Burada;

$W_R$ : Elektrik enerjisi ihtiyaçı [kWh/tsç]

$G_H$ : Hurda miktarı [ton]

$G_D$ : Döküm ağırlığı [ton]

$G_{DRI/HBI}$ : Direct Reduced Iron (DRI) ve Hot Briquetted Iron (HBI) Miktarı [ton]

$G_{Dgm}$ : Değirmen hurda miktarı [ton]

$G_{HM}$ : Sıcak metal sarj miktarı [ton]

$G_Z$ : Cüruf yapıcı malzemelerin miktarı [ton]

$T_D$ : Döküm sıcaklığı [ $^{\circ}C$ ]

$t_{tap}$ : Dökümden döküme süre [dak]

$M_{CH_4}$ : Doğalgaz miktarı [ $Nm^3/tsç$ ]

$M_L$ : Lans oksijen miktarı [ $Nm^3/tsç$ ]

$M_N$ : İleri yanma sistemi oksijen miktarı [ $Nm^3/tsç$ ]

Yukarıdaki verilere bakıldığında, ark fırınlarında elektrik enerjisi üzerinde etkili olan unsurlar hesaplanabilmektedir. Kimyasal enerji girişinin fazlaştırılmasıyla elektrik enerjisi harcamasında tasarruf sağlanacağı görülebilmektedir. Bununla beraber hurda veriminin ve kirliliğin de bir unsur durumunda bulunduğu eşitlikten görülmektedir. Ark fırınına şarjı gerçekteştirilen hurdanın az verimli olması ve fazla kirliliğinin

bulunması, elektrik enerjisi harcamasını yükselten faktörlerdendir. Aynı sıvı çelik hacmini elde etmek amacıyla kullanılması mecburi olan hurda miktarının yükselmesi, hem ergime zamanını fazlalaştıracak, hem de hurda içerisinde mevcut olan istenmeyen elementlerin çokluğu sebebiyle fırına eklenmesi gerekli olan cüruf oluşturu malzeme oranının yükseltilmesine sebep olacaktır. Fırına eklenen ortam sıcaklığındaki cüruf oluşturu malzemenin ergime sıcaklığına kadar artmaları amacıyla gereken ısı, sıvı çelikten alınacağı için elektrik enerjisi girdisinin yükseltilmesi gerekli olacaktır [7].

Aşağıdaki çizelgede elektrik ark fırınlarının aşama parametrelerinin, fırın performans değerine olan etkiler gösterilmiştir.

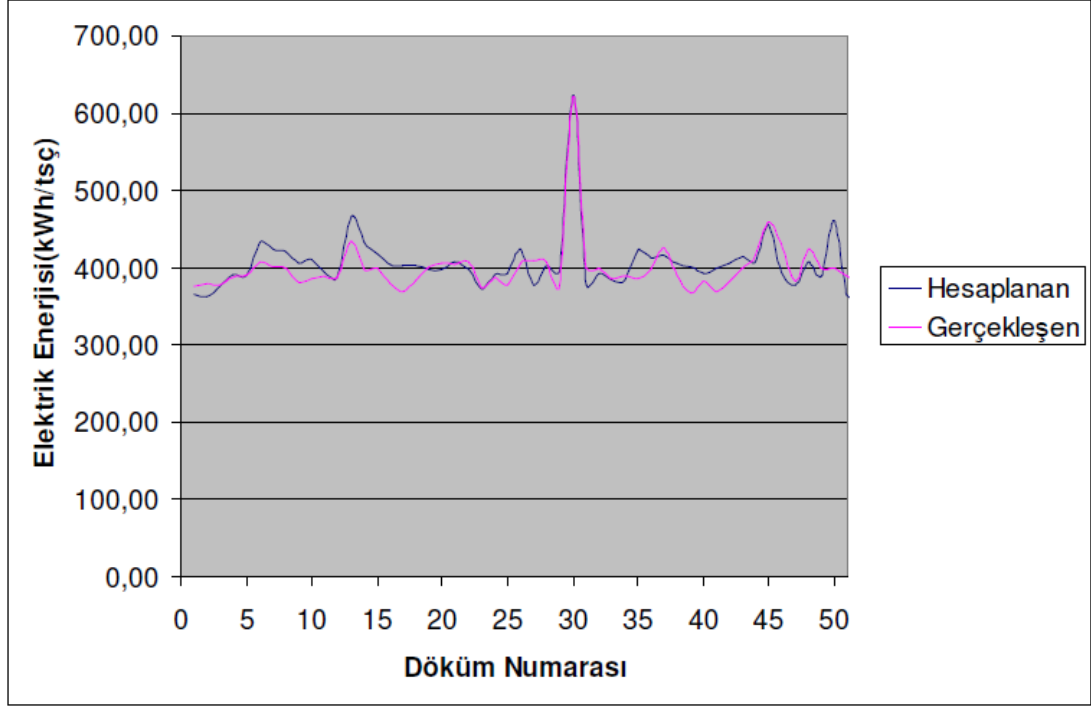
Çizelge 4.6. Elektrik ark ocaklarında süreç parametrelerinin değişimlerinin, ark ocağı performans değerlerine etkileri.

	Cüruf yapıcıların artırılması	Döküm sıcaklığının artırılması	Brülör kullanımının artırılması	Lans O <sub>2</sub> kullanımının artırılması	İleri yanma oksijeninin artırılması
Elektrik enerjisi	↑	↑	↓	↓	↓
Kimyasal enerji	→	→	↑	↑	↑
Elektrot tüketimi	↑	↑	↓	↓	↓
Üretim miktarı	↓	↓	↑	↑	↑
Döküm süresi	↑	↑	↓	↓	↓
Cüruf miktarı	↑	→	→	↑	→
Atık gaz enerjisi	→	↑	↑	→	↓
Soğutma enerjisi	→	↑	→	→	→

Şekil 4.13'te yukarıdaki eşitliğin, 75 ton sıvı çelik hacimli 53 MVA trafo bulunduran AC tip bir ark fırınında uygulandıktan sonra ulaşılan değerler, grafik şeklinde gösterilmektedir. Bu eşitlik formülü kullanılarak ulaşılan elektrik enerjisi



gereksiniminin, toplamda harcanan elektrik enerjisi seviyesi değerlerinde olduğu gösterilen grafikte açıklanmaktadır. Ulaşılan sonuçlardan bu formülün uygulanabilir ve genel anlamda elektrik üretim ocaklarının elektrik enerjisi tüketim çalışmaları alanında gerekli olduğu bilinmektedir.



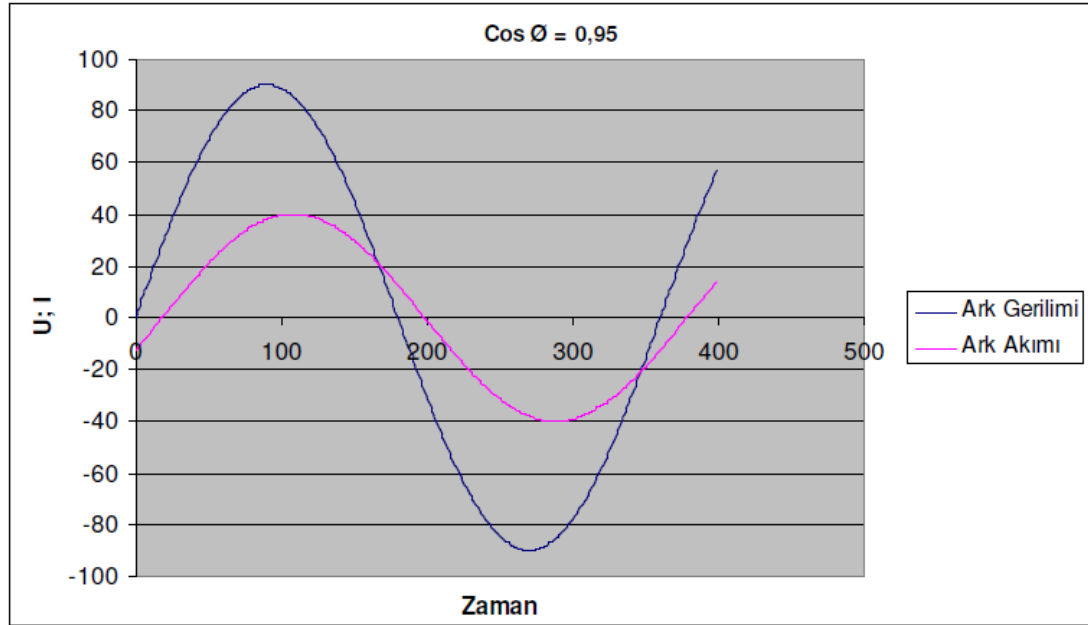
Şekil 4.13. Örnek bir ark ocağı için elektrik enerjisi karşılaştırma grafiği [7].

#### 4.9. ELEKTRİK ARKININ OLUŞTURULMASI İŞLEMLERİ

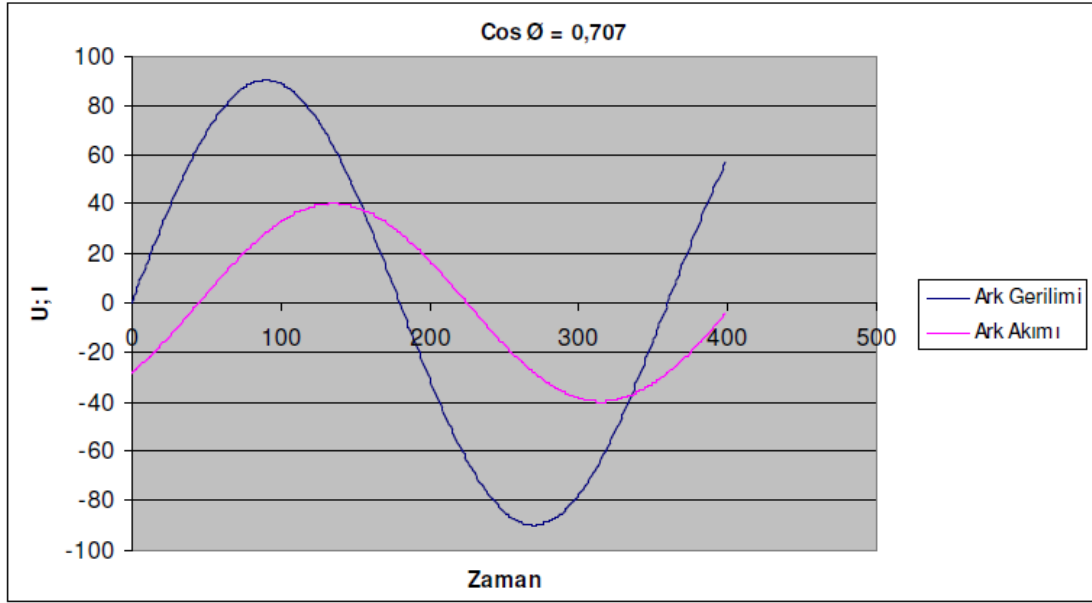
Elektrik ark fırınlarında asıl istenilen, üretim sırasında elektrotlar ile hurda metal arasında işlemin başlanması için elektrik arkı yaratmaktır. Bahsettiğimiz ark, uygun gerilim ve akım değerleriyle iki nokta arasında çok güçlü ışık kolonuna benzer bir elektrik boşalması işlemidir. Üretim sırasında fırına aktarılan gerçek güç, ark içerisinde meydana gelen ısı enerjisidir. Ark fırınlarının şebekeye olumsuz etki etmesinin sebebi de lineer olmayan karakteristikteki arkın kendisidir. Bunun sonucunda meydana gelen iki sıcak noktadan biri hurda yüzeyinde, biri de elektrotun ucunda oluşur. Bu noktalar, anot ve katot gibi adlandırılırlar. Ancak alternatif akım aktarılıyorsa bu iki nokta, uygulanan frekansa eşit bir sıklıkta elektrik polaritelerini değiştirmektedir. Normalde 50 Hz'lik bir enerji sağlandığında

noktaların polariteleri, pozitif ve negatif şekilde her saniyede elli defa konumunu değiştirmektedir. Alternatif değişimde akım sıfır olduğu zaman ark s3ner, bu durumda da elektrot ucu ile metal arasındaki gerilim neredeyse fırn ikincil gerilimine denk olmaktadır. Bu gerilimin, ark ateşlemesinde net bir etkisi bulunur. Arkı koruyabilmek amacıyla en az 40 V gerilime ve 4 kA akıma ihtiyaç duyulur [7].

Aşağıda g3sterilen şekil 4.14 ve 4.15’de, aynı seviyede g3ç ve reaktanslarda, ilk grafikte g3ç oranının 0.95, ikinci grafikte ise g3ç oranının 0.707 olduğu durumlar esnasında ark geriliminin ve akımının hareketleri g3sterilmiştir.



şekil 4.14. Ark gerilimi ve akımının temel hareketleri (Cos $\Phi$ =0,95).



Şekil 4.15. Ark gerilimi ve akımının temel hareketleri ( $\text{Cos}\Phi=0,707$ ).

Gösterilen grafiklerdeki etki eden parametrelerin araştırılması sonucu aşağıdaki yorumlara varılır:

- İlk durumda, akım sıfır durumunda iken gerilim, arkın anında yaratılması için yeterli olmamaktadır. Ark elde etmek için, akımın artmasıyla beraber gerilim de belli bir seviyeye kadar artması beklenmelidir.
- İkinci durumda ise gerilim, akım değerinin sıfır olduğu halde ilk duruma göre daha yüksek seviyededir ve akımın artmasıyla beraber ark oluşumu anında oluşturabilecek gerilim değeri bulunmaktadır [7].

## BÖLÜM 4

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışmasında, elektrik ark ocaklarında sıvı çelik üretimi sırasında gerekli olan elektrik enerjisi miktarının azaltılabilmesi veya düşürülebilmesi amacıyla araştırılmış çalışmaların etkinlikleri gösterilmektedir. Bu sistemler aşağıdaki bölümlere göre sıralanmaktadır.

- Elektrik enerjisi girdisinin etkinleştirilmesi için geliştirilen sistemler
- Üretim sırasında kimyasal enerji girdisinin etkinleştirilmesi için geliştirilen sistemler
- Çalışma prosesinde enerji geri kazanımı için geliştirilen sistemler.

Demir çelik sektörünün çelik üretimi sanayisinde elektrik enerjisi girdisinin etkinleştirilmesi kapsamında, ocakta kararlı bir ark oluşumu, bu arkın sürdürülebilmesi ve en yüksek değerine ulaşabilmek için nelerin yapılabileceği incelenmiştir. Buna göre:

- Güç faktörünün düşürülebilmesi için elektrik ark ocaklarının elektrik sistemlerinin birincil devresine seri bağlı refrakter ilavesi etkili bir çözüm olmuştur. Bunun neticesinde ocağa olan aktif güç girdisinde %20-%40 arasında artış sağlanmaktadır.
- Yapılan teorik ve pratik çalışmalar neticesinde özellikle ark akımı ve ark geriliminin artırılmasıyla, ark radyasyonunun artacağı ve bu sırada elektrotlardan uzak bölgelerindeki hurda malzemesinin ergitilmesinin kolaylaşacağı analiz edilmiştir.
- Çalışma koşullarında yüksek ark gerilimi nedeniyle sonuçta oluşacak güçlü ark radyasyonunun ocak refrakteri ve su soğutmalı paneller üzerindeki olumsuz etkilerini önlemek amacıyla gövde panellerine yerleştirilen karbon ve oksijen

üfleme noktaları etkisi ile sağlanan güçlü cüruf köpürme pratiklerinden pratik yönden gerekli veya olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

- Elektrik ark ocaklarının çalışma süresinde darbeleri ve düzensiz çalışmaları nedeniyle sebep oldukları birincil sistemdeki gerilim düşümleri, güç girdisi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Kimyasal enerji girdisinin etkinleştirilmesi amacıyla ocaklarda brülör sistemleri ve oksijen kullanımı üzerinde teorik ve pratik çalışmalar yapılmıştır. Buna göre:

- Kullanılan güçlü brülör sistemleriyle demir çelik sektöründe çelik üretimi amacıyla gerekli enerjinin yaklaşık %15'lik bölümü buradan karşılanmıştır.
- Üretim sırasında oksijen kullanımının etkinleştirilmesi ile de sonuçta gerekli toplam enerjinin %20'lik bir kısmı oluşan ekzotermik tepkimeler sonucu elde edilmiştir.

Son işlemler enerji geri kazanım sistemleri üzerine uygulanan çalışmalarda ise:

- Ocaktan yakılmadan atılan yanabilir gazların ocak içerisinde etkin şekilde yakılmasını sağlayan ileri yanma sistemleri yardımıyla sıvı çelik üretimi amacıyla gerekli enerjinin yaklaşık %5-10'luk miktarı bu sistemlerden elde edilmiştir. Diğer taraftan bu sistemler %10 civarında günlük çelik üretiminde farklı artış sağlamaktadır.
- Üretim prosesinde atık gazların sıcaklığından faydalanıp hurdanın ısıtılması prensibine sahip modern hurda malzemesi ön ısıtma sistemleri yardımıyla elektrik enerjisi tüketiminde %18 oranında bir tasarruf sağlanırken, demir çelik üretiminde de %17-20 arasında belirli bir oranda artış elde edilmiştir.
- Bunlarla beraber elektrik ark ocaklarında sıvı çelik mayası bırakma, ocağın alttan asal gaz ile karıştırılma döküm alma sistemli elektrik ark ocaklarının kullanımı da önemli geliştirilmiş çalışmalar olarak önem taşımaktadırlar.

## KAYNAKLAR

1. ANDERSON, S., 2002. **DRI-The EAF Energy Source of the Future.** Steelmaking/Melting Midrex Direct Reduction Corporation, 16 s, USA.
2. ANONİM, 1991. **Sivas Demir Çelik İşletmeleri A.S. Çelikhane Eğitimi Notları.** İzmir Demir Çelik Sanayi A.S. Foça Çelik Fabrikası, 101 s, İzmir
3. ANONİM, 2006. Türkiye Demir Çelik Üreticileri Derneği. Ankara.
4. BLISS, N.G., 2002. **Improvements in Arc Furnace Electrical Efficiency.** ISS 60.Electric Furnace Conference, Texas/USA.
5. Çamdalı, Ü., “Elektrik ark fırını yöntemiyle çelik üreten bir tesiste termodinamiğin ikinci kanununun analizi” Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 57-65 (1998).
6. Çamdalı, Ü., Tunç, M., “Elektrik ark fırınında fiziksel ekserji potansiyelinin ve veriminin elde edilmesi”, **Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 5(1): 53-61 (2004).
7. Erensoy, K., “Elektrik ark ocaklarında enerji maliyetlerinin araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, **Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Hatay, 5-7 (2007).
8. LIAPIS, Ioannis; PAPAYIANNI, Ioanna. Advances in chemical and physical properties of electric arc furnace carbon steel slag by hot stage processing and mineral mixing. *Journal of hazardous materials*, 2015, 283: 89-97.
9. Namlı, A., Uzer B. ve Delibaş M. H., Dünya’da ve Türkiye’de demir çelik sektörü ve Kardemir’in sektördeki yeri” **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Lisans Tezi, 4-39 (2017).
10. OECD (2013), Improving Energy Efficiency in the Iron and Steel Sector: Opportunities and Financing Challenges [DSTI/SU/SC(2013)23]. OECD, Paris, France.
11. Özdeş, E. O., “Demir çelik endüstrisindeki elektrik ark ocaklarının kimyasal bileşimine dayalı kütle ve enerji analizi” Yüksek Lisans Tezi, **İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü**, Hatay, 7-18 (2018).
12. PUJADAS, A. and McCauley, J., 2004. **EAF Energy Optimization at Nucor-Yamato Steel.** Iron and Steel Technology, 111 s, Italy.

13. Savaşkan, T., “Demir-Karbon Alaşım Sistemi”, *Malzeme Bilim ve Malzeme Muayenesi*, 6. Baskı, *Papatya Bilim Yayınevi*, Trabzon (2012).
14. SCHMITT, R., 1997. **Electric Arc Furnace Scrap Preheating**. Electric Power Research Institute, 4 s, USA.
15. Vogler, J., & Reins, D. Technical Paper 10 - Understanding Scrap Metal Recycling. [cited 2017 Oct 21 ]. Available from: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNABC938.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABC938.pdf).
16. YELLISHETTY, M., GM Mudd., PG Ranjith, A. Tharumarajah., **Environmental Life-Cycle Comparisons of Steel Production and Recycling: Sustainability Issues, Problems and Prospects**, Environmental Science & Policy 14(6), 657.
17. İnternet: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü, “Demir Çelik Sektör Raporu (2019)”, <http://www.satso.org.tr> (2019).
18. İnternet: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, “Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Sektör Raporu (2013)”, <http://www.tobb.org.tr> (2013).

## ÖZGEÇMİŞ

Ben Shahin Mohsunlu 28 Nisan 1995'te Bakü'de doğdum. 2001 yılında ilkokula başladım, 2012'de liseyi bitirdim. Aynı yıl Azerbaycan Devlet Petrol Akademisi'nin ( Azerbaycan Devlet Petrol ve Sanayii Üniversitesi ) Makine Mühendisliği bölümünü burslu ( devlet burslu ) kazandım. 2016'da üniversiteden mezun oldum ve aynı yılın ekim ayından itibaren bir yıl süreliğine askerliğimi yapmak üzere Azerbaycan Silahlı Kuvvetleri'ne dahil oldum, 2017 Ekim ayında tezkeremi aldım. Askerliğimi bitirdikten sonra çalışmaya başladım ve Türkiye üniversitelerinde Yüksek Lisans yapmak için hazırlandım. 2019'da Karabük Üniversitesin'de Makine Mühendiliği bölümünde Yüksek Lisans'a başladım.