

**YANMIŞ KİREÇ TAŞI ELEMEDE KULLANILAN
ELEK PANELLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

**2019
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

ENGİN NAKAŞ

**YANMIŞ KİREÇ TAŞI ELEMEDE KULLANILAN ELEK PANELLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

Engin NAKAŞ

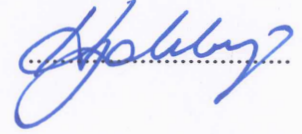
**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Şubat 2019**

Engin NAKAŞ tarafından hazırlanan “YANMIŞ KİREÇ TAŞI ELEMEDE KULLANILAN ELEK PANNELERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Hasan GÖKKAYA
Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 28/02/2019

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan: Prof. Dr. Hasan GÖKKAYA (KBÜ)

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Gökhan SUR (KBÜ)

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Derviş ÖZKAN (BÜ)



...../...../2019

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

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.





“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.”

Engin NAKAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YANMIŞ KİREÇ TAŞI ELEMEDE KULLANILAN ELEK PANELLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Engin NAKAŞ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Hasan GÖKKAYA

Mart 2019, 56 sayfa

Günümüzde sanayi kuruluşları üretim maliyetlerini düşürebilmek ve rekabet etme kabiliyetlerini arttırılabilmek için tesislerinde iyileştirme çalışmalarına büyük önem vermektedirler. Dünyada her yıl yaklaşık olarak 1.3 milyar ton çelik üretimi yapılmakta olup bu miktarın % 60'ı yüksek fırınlarda demir içerikli ham maddelerin kok ve kireç taşının ergitilmesiyle elde edilmektedir. Kardemir A.Ş. entegre demir çelik fabrikasında çelik üretimi prosesinde yanmış kireç taşları sıvı çelik yapısı içerisindeki safsızlıkların giderilmesi için kullanılmaktadır. Çelik üretim prosesi gereği, yanmış kireç taşlarının belirli ebatlarda olması gerekmektedir. Yanmış kireç taşlarının boyutlandırılmasında kullanılan çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalar, yanmış kireç taşlarının sağlıklı boyutlandırılmamasına neden olmaktadır. Çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalardan kaynaklı üretim duruşları, yedek parça maliyeti, iş sağlığı ve güvenliği konularında olumsuzluklara neden olmaktadır.

Bu çalışmada, çelik esaslı elek panelleri yerine, çelik esaslı elek panelleri ile aynı tarama-boyutlandırma alanına sahip olan kauçuk esaslı elek panelleri kullanılmıştır. Kauçuk esaslı malzemeler, üzerine uygulanan kuvvetle beraber şekil değiştiren, uygulanan kuvvetin serbest bırakılması ile tekrar eski konumuna dönebilen malzemeler olduğundan mühendislik uygulamalarında sıkça tercih edilen malzemelerdir. Kauçuk esaslı elek panelleri kullanılarak yanmış kireç taşlarının boyutlandırılması işleminde panellerde oluşan kopmaların önüne geçilmiştir. Yapılan iyileştirme ile elek panellerinin kopmasından kaynaklı üretim duruşları, yedek parça maliyeti, elek panellerinin değişimi esnasında yaşanan iş sağlığı ve güvenliği risklerinin önüne geçilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Bazık Oksijen Fırını(BOF), yanmış kireç taşı, elek paneli, üretim duruşu, iş sağlığı ve güvenliği.

Bilim Kodu : 914.1.090

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

IMPROVEMENT OF SIEVE PANELS USED IN BURNT LIME STONE

Engin NAKAŞ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Hasan GÖKKAYA

February 2019, 56 pages

Nowdays, industrial enterprises attach great importance to improvement works in their facilities in order to reduce production costs and increase their competitiveness. Approximately 1.3 billion tons of steel is produced every year in the world and 60% of this amount is obtained by melting the coke and limestone of raw materials with iron content in blast furnaces. Kardemir A.Ş. In the steel production process of the integrated iron and steel plant, burnt limestone is used to remove impurities in the liquid steel. Due to the steel production process, burnt limestone should be of a certain size. The breaks in the steel-based screen panels used in the sizing of the burnt limestone cause the burnt limestone not to be dimensioned. The production stops caused by the breakage caused by the steel-based screen panels, the costs of spare parts, occupational health and safety issues cause negativity.

In this study, instead of steel based sieve panels, rubber based sieve panels with the same scanning-sizing area as the steel based sieve panels were used. Rubber-based materials are the materials that are frequently preferred in engineering applications because they are materials that can change shape with the force applied on it and are able to return to their previous position by releasing the applied force. In the process of dimensioning the burnt limestone by using rubber based sieve panels, the ruptures in the panels were prevented. As a result of the improvement, production stops due to the breakage of the sieve panels, spare parts cost and occupational health and safety risks during the change of the sieve panels were prevented.

Key Word : Basic Oxygen Furnace (BOF), burnt limestone, sieve panel, production stop, occupational health and safety.

Science Code : 914.1.090

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Hasan GÖKKAYA' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım, Emrah KARA, Sadık YILMAZ, Hilmi YÜKSELOĞLU, Timuçin ÖZDEMİR, Samet GÜNEY, Emre ÇELİK'e ve çalışma hayatımda fikir ve uygulamalarını örnek aldığım müdürlerim Ahmet AYCAN ve Mansur YEKE'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili eşim Kinem NAKAŞ'a, oğlum Barın Ilgaz NAKAŞ'a ve manevi hiçbir yardımı esirgemediğim yanımda oldukları için babam Ömer NAKAŞ'a, annem Sevgi NAKAŞ'a, ablam Tuğba Nakaş'a ve yeğenlerim Beyza Tuğçe ÖZKOÇAK'a ve Ömer Efe ÖZKOÇAK'a bütün aileme, tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	3
ÇELİK ÜRETİM PROSESİ.....	3
2.1. BAZİK OKSİJEN FIRINI (BOF) İLE ÇELİK ÜRETİMİ.....	6
2.2. BOF'DA YANMIŞ KİREÇ TAŞI KULLANIMI.....	9
BÖLÜM 3.	11
KARDEMİR A.Ş. KİREÇ FABRİKASI.....	11
BÖLÜM 4.	21
YANMIŞ KİREÇ TAŞI BOYUTLANDIRMADA KULLANILAN ÇELİK ESASLI ELEK PANELLERİ.....	21
4.1. YANMIŞ KİREÇ TAŞI BOYUTLANDIRMADA KULLANILAN KAUÇUK ESASLI ELEK PANELLERİ.....	23
BÖLÜM 5.	26
LİTERATÜR.....	26

5.1. LİRETATÜR ARAŞTIRMASININ GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ	33
BÖLÜM 6.	34
MATERYAL VE METOD	34
BÖLÜM 7.	42
BULGULAR VE TARTIŞMA	42
7.1. GİRİŞ.....	42
7.2. ÇELİK ESASLI ELEK PANELLERİNDE OLUŞAN KOPMALARA BAĞLI OLARAK ÇELİK ÜRETİM PROSESİ SÜRESİNİN UZAMASI... 42	
7.3. ÇELİK ESASLI ELEK PANELLERİNDE OLUŞAN KOPMALARA BAĞLI OLARAK KİREÇ FABRİKASI ÜRETİM DURUŞU	43
7.4. MALİYET	46
7.5. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ	47
BÖLÜM 8.	51
SONUÇLAR	51
ÖNERİLER	52
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Yüksek fırın kesit görünümü.....	4
Şekil 2.2. Sıvı maden transferinde kullanılan torpidonun kesit ve genel görünümü..	5
Şekil 2.3. Safsızlıkların giderilmesi için uygulanan ikincil işlem ve BOF'a sıvı maden ile hurda malzeme şarjı etme anı gösterimi.....	6
Şekil 2.4. Bazık oksijen fırını (BOF) kesit görünümü	7
Şekil 2.5. İçerisi refrakter tuğla ile örülmüş BOF kesit görünümü	7
Şekil 2.6. Bazık oksijen fırını (BOF) ile çelik üretim aşamaları görüntüsü.....	8
Şekil 2.7. BOF'ların yardımcı bölümlerinin genel görünümü	10
Şekil 3.1. Kardemir A.Ş. kireç taşı yer altı bunkerleri genel görünümü	11
Şekil 3.2. Kireçtaşının damperli kamyonla yer altı bunkerlerine boşaltım anı görüntüsü.....	12
Şekil 3.3. Yer altı kireç taşı bunkerleri vibratörlerin gösterimi.....	12
Şekil 3.4. Kireç taşlarının bantlı konveyörlerle tartım bunkerine transferi anı görünümü	13
Şekil 3.5. Tartım bunker ve skip arabası genel görünümü.....	14
Şekil 3.6. Kireç taşı dolu skip arabasının eğik ray yolu üzerinde silo üstü bunkerine doğru hareketinin görüntüsü	14
Şekil 3.7. Skip arabasının kireç taşlarını silo üstü bunkerine boşaltım anı görüntüsü.....	15
Şekil 3.8. Kardemir A.Ş. bünyesinde bulunan kireç taşı fabrikasında 300 tonluk 2 adet kireç taşı silolarının genel görünümü	15
Şekil 3.9. Kireçtaşı silosundan bant yoluna kireç taşlarının boşaltımı ve kireç taşlarının bant yolu üzerindeki hareketinin gösterimi.....	16
Şekil 3.10. Fırın skip arabasına kireç taşlarının şarjının gösterimi	17
Şekil 3.11. Fırın skip arabasının fırın tepesine doğru hareketinin gösterimi	17
Şekil 3.12. Fırın külahı gösterimi.....	18
Şekil 3.13. Fırın külahı altı vibratör ve Çift yönlü bant gösterimi.	18
Şekil 3.14. Hooper gösterimi	19

Sayfa

Şekil 3.15. Yanmış kireç taşlarının elevatöre bant yolu ile şarjının gösterimi.....	20
Şekil 3.16. Kireç fabrikalarından Çelikhaneeye yanmış kireç taşı naklini gerçekleştiren bant yolu gösterimi.....	20
Şekil 4.1. Yanmış kireç taşı elemelerde kullanılan elek paneli gösterimi.....	22
Şekil 4.2. Yanmış kireç taşı eleme görevi gören elek panelinin tahrik ünitesi gösterimi.....	22
Şekil 4.3. Yanmış kireç taşı eleme esnasında çelik esaslı elek paneli üzerinde oluşan kopmaların gösterimi	23
Şekil 4.4. Kauçuğun ham maddesinin temin edildiği Tropikal bir ağaç olan Hevea Brasiliensis gösterimi	24
Şekil 4.5. 50x50 mm geçiş aralığına sahip kauçuk esaslı elek paneli gösterimi.....	24
Şekil 4.6. Kauçuk esaslı elek paneli ve bağlantı elemanlarının gösterimi	25
Şekil 4.7. Montaj için hazırlanmış kauçuk esaslı elek panelinin genel görünümü ..	25
Şekil 6.1. Kardemir A.Ş yanmış kireç taşı eleğinin üst kademesinde bulunan çelik esaslı elek panellerinin görünümü.....	35
Şekil 6.2. Kademe sayısı 3 olan elek ile boyutlandırma işlemi anı görüntüsü.....	35
Şekil 6.3. Kardemir A.Ş yanmış kireç taşı eleğinin üst kademesinde bulunan çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmaların görünümü	36
Şekil 6.4. Kardemir A.Ş. Kauçuk esaslı elek panellerinin Kardemir A.Ş. mevcut yanmış kireç taşı elek ölçülerine göre tasarımının gösterimi.....	37
Şekil 6.5. Kardemir A.Ş. Kauçuk esaslı elek panelinin gösterimi	38
Şekil 6.6. Yanmış kireç taşı eleği üst kademe çelik esaslı elek panellerinin demonte edilmiş hali gösterimi.....	39
Şekil 6.7. Yanmış kireç taşı eleği üst kademe çelik esaslı elek panel şaselerinin kesilerek demontajı anı gösterimi	39
Şekil 6.8. Kauçuk esaslı elek panellerinin kutu profil şaseye civata ile bağlantısının yapılmış görüntüsü	40
Şekil 6.9. Kauçuk esaslı elek panellerin montajının yapılması anı görüntüsü	40
Şekil 6.10. Kauçuk esaslı elek panellerinin montajının bitmiş hali gösterimi	41

Sayfa

Şekil 7.1. Kardemir A.Ş. Çelik Üretim Müdürlüğü Mekanik Bakım Faaliyet raporu verilerine göre çelik esaslı elek paneli değişim sayısı	44
Şekil 7.2. 2017 yılı Kardemir A.Ş. kireç fabrikaları çelik esaslı elek panelleri değişimi kaynaklı ünite duruş saatleri.....	45
Şekil 7.3. 2017 yılı Kardemir A.Ş. kireç fabrikaları çelik esaslı elek panelleri değişiminden kaynaklı yanmış kireç taşı üretim kayıpları.....	46
Şekil 7.4. Kardemir A.Ş. Risk Skoru belirlemede kullanılan L tipi matrisin şiddet sayısal değerleri ve derecelendirme tanımları.....	48
Şekil 7.5. Risk skoru belirlemede kullanılan L tipi risk matrisi tablosu	49



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 6.1. Kauçuk esaslı elek panellerinin teknik özellikleri	38
Çizelge 7.1. 2017 yılı verilerine göre kireç fabrikası duruş süreleri ve üretim kaybı.	44



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

%	: Yüzde
/	: Bölme
°C	: Santigrat derece
°	: Derece, Açı birimi
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
kg	: Kilogram
h	: Saat
s	: Saniye
d/d	: Devir/dakika
m/s	: Metre/saniye
mm/s	: Milimetre/saniye
µm	: Mikrometre
Hz	: Hertz
MPa	: Megapaskal
M22	: Metrik 22 civata
Cr	: Krom
V	: Vanadyum
W	: Volfram

CaO : Kalsiyumoksit
CO : karbonmonoksit
CO₂ : karbondioksit
S : Kükürt
Si : Silisyum
T : sıcaklık

KISALTMALAR

BOF : Bazık Oksijen Fırını
FEA : Finite Element Analysis (Sonlu Elemanlar Analizi)
TRVS : Traditional Rigid Vibrating Screen (Geleneksel Rijit Titreşimli Panel)
R-FRVS : Flexible – Rigid Vibrating Screen (Esnek Rijit Çubuklu Elek Paneli)
DEM : Discrete Element Method (Ayrık Elemanlar Yöntemi)
SVM : Support Vector Machine (Destek Vektör Makinesi)
FEM : Finite Element Method (Sonlu Elemanlar Yöntemi)
İSG : İş Sağlığı ve Güvenliği
R : Risk
O : Olasılık
Ş : Şiddet
TL : Türk Lirası
A.Ş. : Anonim Şirketi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Çelik malzemeler yapı, otomotiv, sağlık sektörlerinde ve günlük kullandığımız araç gereç gibi pek çok alanda karşımıza çıkmaktadır. Dünyada her yıl yaklaşık olarak 1.3 milyar ton çelik üretimi yapılmakta olup bu miktarın % 60'ı yüksek fırınlarda demir içerikli ham maddelerin kok ve kireçtaşının ergitilmesiyle oluşturulmaktadır. Diğer % 40'lık kısım ise ark ocaklarında hurda ergitme yöntemi ile yapılmaktadır. Çelik üretiminde yanmış kireç taşı vazgeçilmez bir parametredir. Yanmış kireç taşlarının boyutları da çok önemlidir. Belirli ebatlarda olması sıvı çelik yapısında daha optimum çözünüp çelik içerisinde istenmeyen kükürt silisyum gibi çeliğe zarar veren elementlerle bileşik oluşturarak çelik yapısında yüzeye çıkarılır ve yapıdan uzaklaştırılır. Kardemir A.Ş. çelik üretim prosesinde yanmış kireç taşlarının ebatlarının çelik üretim prosesi gereği 50 mm üzerinde olması istenmektedir.

Endüstriyel tesisler de eleme boyutlandırma işleminde genellikle çelik esaslı elek panelleri kullanılmaktadır. Çelik esaslı elek panellerinde deformasyonlara bağlı kısa sürelerde oluşan kopmalar, çelik esaslı elek panellerinin montaj ve demontaj işlemlerinin zorluğu gibi olumsuz özellikleri 7/24 çalışmaya devam eden endüstriyel şirketleri arayış içerisine sokmaktadır. Günümüz teknolojisinde çelik esaslı elek panellerinin yerini kauçuk esaslı elek panelleri almaktadır. Kauçuklar esneme kabiliyetlerinden ötürü üzerlerine uygulanan enerjiyi absorbe ederek yapısal hasara uğramayan malzemelerdir. Kauçuklar bu özellikleri ile mühendislik alanında pek çok uygulamada tercih edilirler.

Yapılan çalışma ile Kardemir A.Ş. çelik üretim müdürlüğüne bağlı kireç fabrikasında eleme boyutlandırma işlemi yapılan çelik esaslı elek panelleri yerine kauçuk esaslı elek paneli kullanımına geçilerek elek panellerinde oluşan kopmalara bağlı ünite duruşları, maliyet ve iş sağlığı güvenliği konularında iyileştirme gerçekleştirilmiştir.

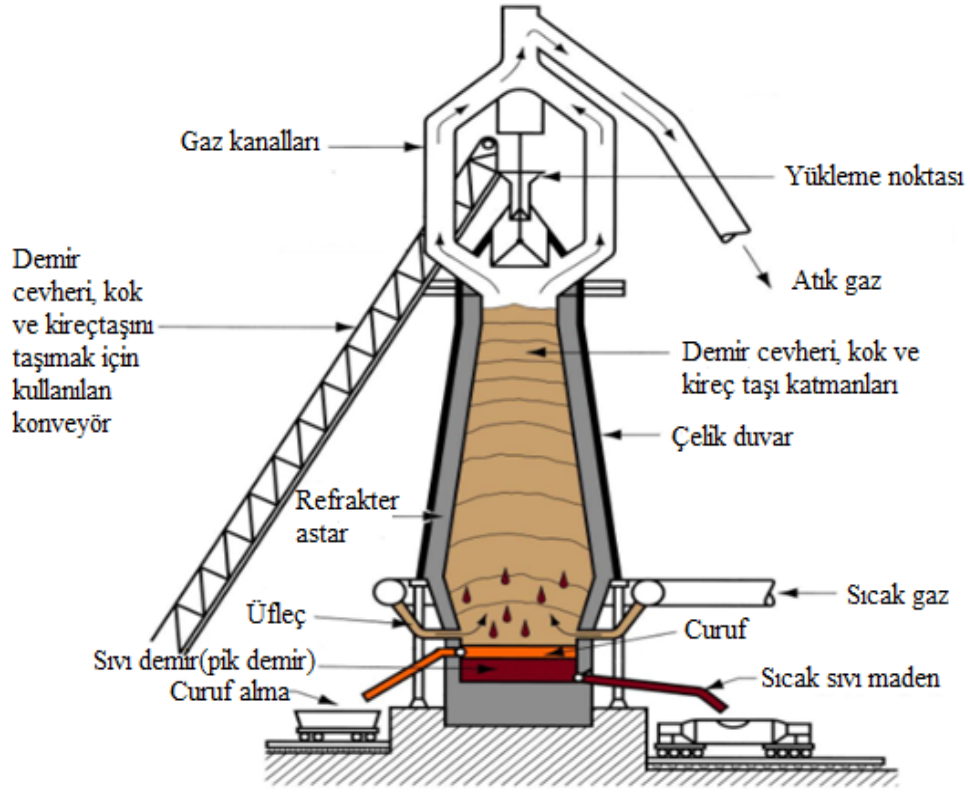
Çalışma, genel anlamda sekiz ana başlık altında toplanmıştır. Birinci bölüm olan giriş bölümünde, dünyada çelik malzemelerin kullanım alanları, üretim miktarları ve metodlarına değinilmiş yapılan iyileştirme çalışması hakkında genel bilgi verilmiştir. İkinci bölümde, Çelik Üretim Prosesi, BOF prosesine yer verilmiş, üçüncü bölümde ise, Kardemir A.Ş. çelik üretim müdürlüğü kireç fabrikası prosesine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde çelik esaslı elek panelleri ile kauçuk esaslı elek panellerine yer verilmiştir. Beşinci bölümde yanmış kireç taşı elemeye kullanılan elek panelleri ile ilgili literatürde bulunan çalışmalara yer verilmiştir. Altıncı bölümde gerçekleştirilen çalışma ile ilgili materyal ve metoda yer verilmiştir. Yedinci bölümde, bulgular ve tartışmalara yer verilmiştir. Sekizinci ve son bölümde gerçekleştirilen çalışmanın sonuç ve önerilerine yer verilmiştir.

BÖLÜM 2

ÇELİK ÜRETİM PROSESİ

Çelik, kimyasal bileşiminde ağırlıkça % 0.008 ile % 2.14 oranında karbon içeren demir-karbon alaşımıdır. Karbon gibi magnezyum (Mg), krom (Cr), vanadyum (V) ve volfram (W) vd. elementler de demir alaşımlamada kullanılmaktadır. Çeliğin sınıflandırılmasında, içerdiği karbon oranı büyük önem arz etmektedir. Çelikte; sertlik, süneklilik ve gerilme noktası gibi mekanik özellikler; bileşimdeki karbon miktarına göre değişir. Bileşimdeki karbon miktarı yükseldikçe çelik sert ve güçlü bir yapıya sahip olur. Süneklilik özelliği ise, karbon miktarının artışı ile azalır [1].

Dünyada her yıl yaklaşık olarak 1.3 milyar ton çelik üretimi yapılmakta olup bu miktarın % 60'ı yüksek fırınlarda (Şekil 2.1) demir içerikli ham maddelerin kok ve kireçtaşının ergitilmesiyle oluşturulmaktadır. Diğer % 40'lık kısım ise ark ocaklarında hurda ergitme yöntemi ile yapılmaktadır. Yüksek fırın gövdesi farklı kalınlıkta (30 mm-50 mm) sacdan imal edilen, içerisi refrakter tuğla ile kaplı, boyları kapasitesine göre 30 m, 90 m ve 108 m arasında değişen sanayi fırınıdır [2,3].

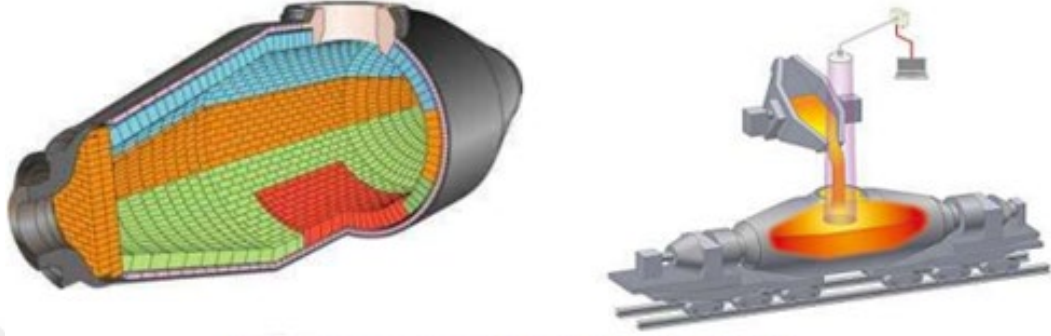


Şekil 2.1. Yüksek fırın kesit görünümü [2].

Yüksek fırınlarda, yeraltı kaynaklarında ham olarak çıkarılan demir cevheri ile birlikte pelet, sinter; safsızlıkların giderilmesi için curuf yapıcı özelliğinden dolayı kireç taşı; fırın içerisindeki sıcaklığı artırmak amacıyla kullanılan kok kömürü konveyör bant veya arabalar vasıtasıyla yüksek fırının şarj haznesine boşaltılır. Şarj haznesinden yüksek fırın içerisine boşaltılan bu malzemelere kok gazı ve 1000-1100 C° sıcaklığındaki hava püskürtülerek kok kömürünün yanması sağlanır ve birbirini takip eden kimyasal tepkimeler sonucunda sıvı maden elde edilir [1].

Kardemir A.Ş. Yüksek fırında elde edilen sıvı maden, içerisi refrakter tuğla ile örülü yaklaşık olarak 150 ton sıvı maden alabilen torpidolara boşaltılır (Şekil 2.2). Torpidolar, içerisindeki madeni boşaltmak ve kendi bakımları için elektrik motoru tahriği ile hareket eden, tren yolu üzerinde yüksek fırın ve çelikhane arasında sıvı maden transferini gerçekleştiren vagonlardır. Torpido içerisindeki sıvı madende bulunan kükürt, silisyum ve fosfor gibi safsızlıkların giderilmesi torpido kükürt giderme ve pota kükürt giderme tesislerinde iki aşamada gerçekleştirilir. Yüksek fırından sıvı maden alan torpidolar ilk önce torpido kükürt giderme tesisine getirilir. Torpido

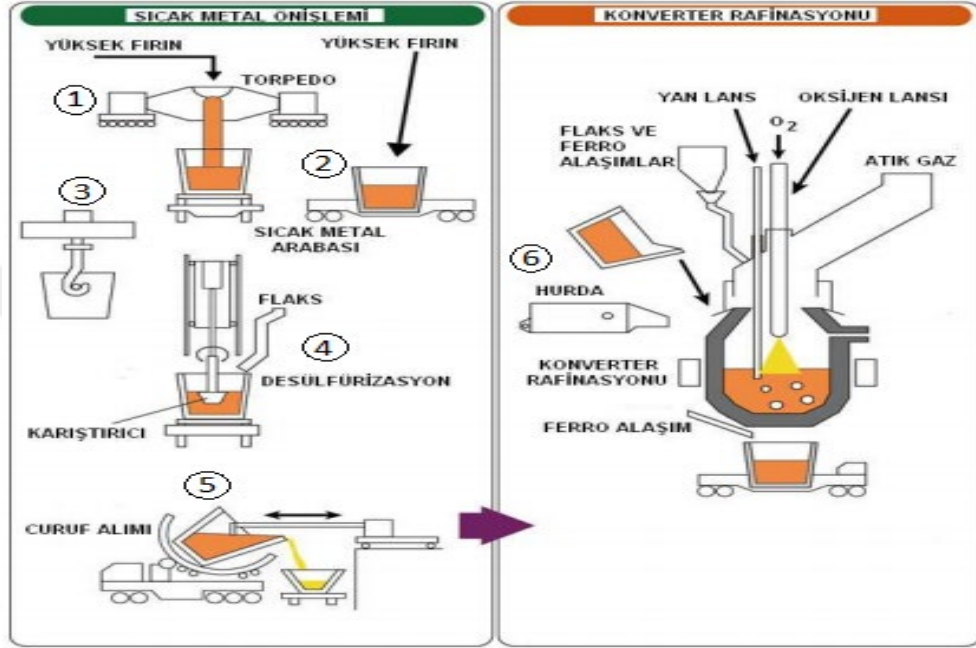
içerisindeki sıvı madene lans adı verilen boru ile mikron seviyede kireç, florid ve magnezyumdan oluşan homojen karışım püskürtülerek safsızlıkların torpido içerisinde bulunan sıvı maden yüzeyinde curuf oluşturması sağlanır [2].



Şekil 2.2. Sıvı maden transferinde kullanılan torpidonun kesit ve genel görünümü [2].

Safsızlıkların giderilmesi için yapılan ön işlem sonrasında çelikhaneye gelen torpidolar, maden çukurlarında transfer arabası üzerinde bulunan boş maden potalarına içerisindeki madeni boşaltırlar Şekil 2.3(1). Transfer arabası üzerindeki dolu madenin vinç vasıtası ile alınıp pota kükürt giderme ünitesine sevkiyatı için transfer arabası tavan vinçlerinin görüş ve çalışma alanına doğru hareket eder Şekil 2.3(2). Tavan vinçleri kancalarını maden potası muylularına geçirerek sıvı maden dolu potayı kaldırma işlemini yaparlar Şekil 2.3(3). Tavan vinçleri sıcak metal transfer arabasından aldıkları maden potasını çelikhane içerisinde bulunan pota kükürt giderme ünitesindeki curuf çekme arabası üzerine bırakırlar. Maden potasındaki kükürt, silisyum ve fosfor gibi istenmeyen elementlerin içeriklerinin azaltılması için çelikhane içerisinde bulunan pota kükürt giderme tesisinde lans ile ikincil desülfirizasyon (kükürt giderme) işlemi uygulanır Şekil 2.3(4). Safsızlıkların hapsedildiği curuf özkütle farkından dolayı maden potası yüzeyinde toplanır. Curuf çekme arabası hidrolik pistonlar ile maden potası eğik vaziyette kalacak şekilde ayarlanır ve yüzeyde

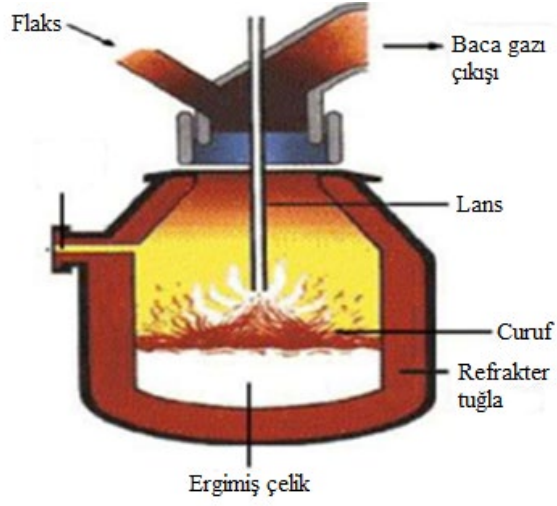
toplanan curuf ucunda kürek bulunan hidrolik bir kol vasıtasıyla curuf potasına sıyırılır Şekil 2.3(5). Curufdan arınmış, safsızlıklarında minimum'a indirilmiş haldeki sıvı maden dolu pota, içerisine hurda almış sıvı maden bekleyen Bazik Oksijen Fırın (BOF) adı verilen konverterlere şarj edilmek üzere tavan vinçleri ile alınır ve içerisine boşaltılır Şekil 2.3(6)[2].



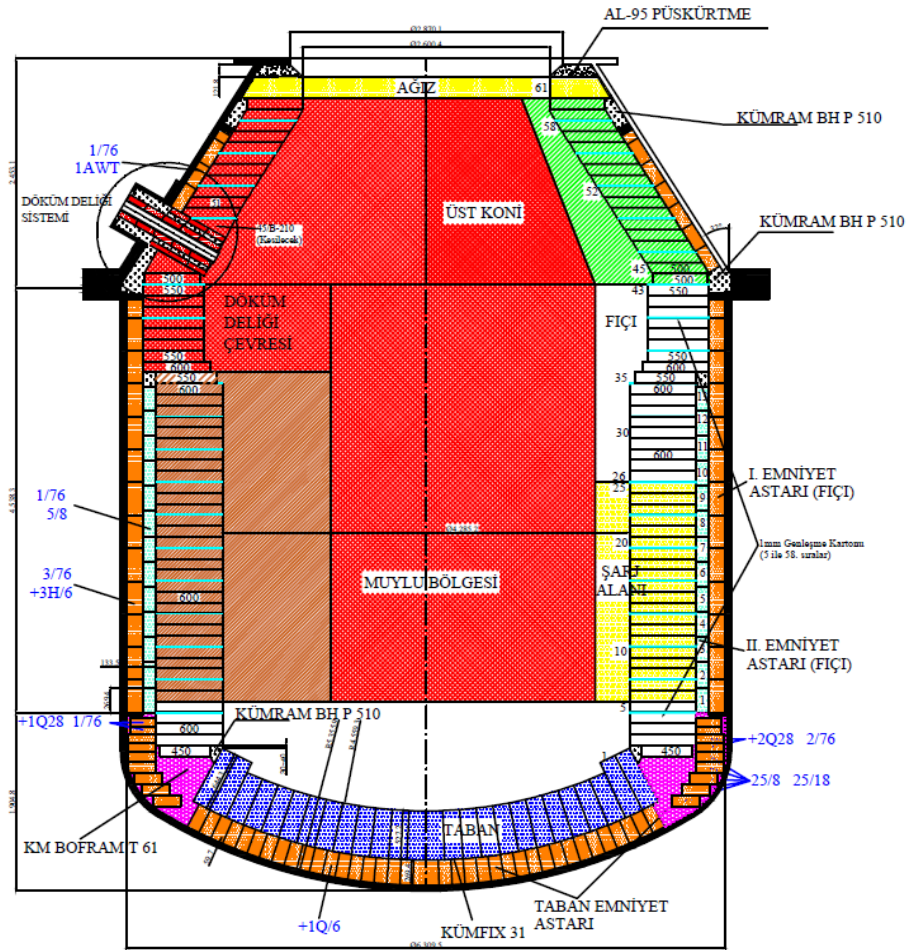
Şekil 2.3. Safsızlıkların giderilmesi için uygulanan ikincil işlem ve BOF'a sıvı maden ile hurda malzeme şarjı etme anı gösterimi [2].

2.1. BAZİK OKSİJEN FIRINI (BOF) İLE ÇELİK ÜRETİMİ

BOF diğer adlandırılışıyla konverter, yatay muylu eksenini etrafında elektrik motoru tahriği ile 360° dönebilen, üst yüzeyde bulunan kapağı içerisine hurda ve sıvı maden şarjı yapılabilmesi için açık olan, içi refrakter tuğla ile örülüdür. Şekil 2.4' de verilen iç yapısının detaylı görünümü ise Şekil 2.5' de gösterilen fiçli şeklinde bir kaptır. 90 ton kapasitedeki bir BOF'un yüksekliği 8.90 m, dış çapı 6.31 m, cidar kalınlığı 0.60 m ve çalışma hacmi 105 m^3 'tür. BOF ile çelik üretimi; ana hatları ile sıvı maden, hurda ve yanmış kirecin belirli oranlardaki karışımına lans ile saf oksijen üflenmesi ile gerçekleştirilir. BOF' a şarj edilen sıvı maden, hurda oranları, curuf yapıcı katkı maddelerinin miktarı, BOF içerisine saf oksijen üfleyen lansın yüksekliği ve üfleme zamanı bilgisayarla otomatik olarak kontrol edilmektedir [2,3].

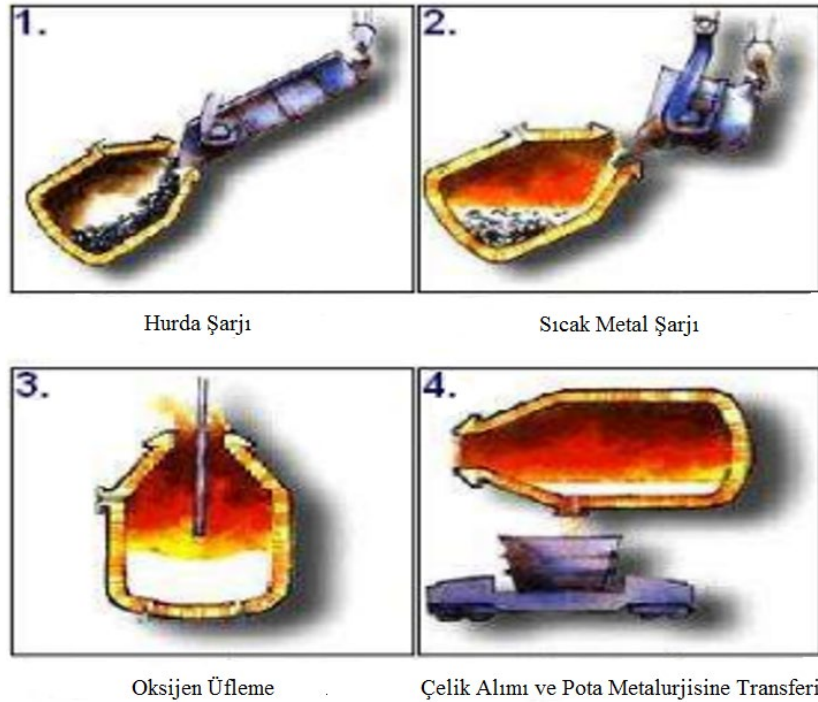


Şekil 2.4. Bazik oksijen fırını (BOF) kesit görünümü [2].



Şekil 2.5. İçerisi refrakter tuğla ile örülmüş BOF'un kesit görünümü [3].

Kendi etrafında dönebilen BOF, ilk aşamada şarj bölümü yönünde eğilerek içerisine hurda şarj edilir Şekil 2.6(1). Hurda şarjını alan BOF, yine aynı pozisyonda pota kükürt giderme tesisinde işlenmiş şarja hazır haldeki sıvı maden potasını bekler ve belli bir zaman sonra içerisine sıvı maden şarj edilir Şekil 2.6(2). BOF, içerisine hurda malzeme ve sıvı maden alımından sonra ağız dik konuma getirilir. BOF şarj ağızı dik konumda iken, içerisine flaks silolarından yanmış kireç taşı ve diğer malzemeler (dolomit mıcır, pelet) şarj edilir. BOF içerisine yapılan şarj işlemlerinden sonra lans ile 15-20 dakika boyunca saf oksijen üfleme işlemi uygulanır Şekil 2.6(3). BOF içerisine daldırılan lans üfleme işlemi ile oksijen; karbon, kükürt, silisyum ve mangan ile kimyasal tepkimeye girer. Karbon, yapıdan karbonmonoksit (CO) olarak uzaklaştırılır. Diğer elementler ise yanmış kireç taşı sayesinde yüzeyde curuf olarak uzaklaştırılır. Lans vasıtasıyla gerçekleştirilen tepkimeler sonucunda çelik üretimi gerçekleştirilmiş olunur. İçerisinde çelik üretimi gerçekleştirilen BOF, boşaltma bölümü yönüne eğilerek içerisindeki çeliği transfer arabası üzerinde bekleyen çelik potası içerisine boşaltır Şekil 2.6(4). Yanmış kireç taşı sayesinde oluşan curuf özkütle farkı nedeniyle BOF içerisinde kalır. BOF tekrar şarj bölümü yönünde eğilerek BOF içerisindeki curufu curuf potasına boşaltır. Tüm bu işlemler tavan vinçleri ile yapılmaktadır [2].



Şekil 2.6. Bazik oksijen fırını (BOF) ile çelik üretim aşamaları görüntüsü [2].

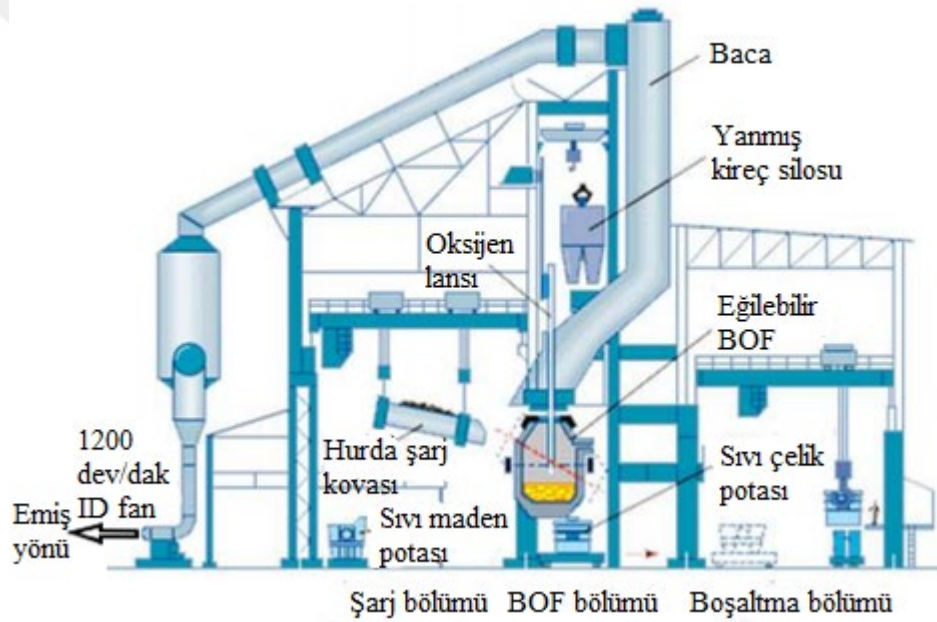
Eğer BOF içerisine %100 sıvı maden şarj edilir ve oksijen üflenirse, sıcak sıvı maden içindeki karbon ve diğer safsızlıkların oksijen ile birleşmesi sonucunda çok fazla ısı meydana geleceğinden dökülemeyecek kadar sıcak bir çelik elde edilmektedir. Bunu önlemek için BOF içerisine hem soğutucu hemde sıvı maden yapısındaki silisyumun giderilmesi için hurda şarj edilir. Bu nedenle, üretim kapasitesi 92 ton çelik olan bir BOF' da; 82 ton sıvı maden, 19 ton hurda, 4-4.5 ton yanmış kireç taşı miktarlarıyla çelik üretimi için optimum sıcaklık değerlerini sağlamakta ve 1680 °C sıcaklığında çeliği uygun bir şekilde çelik potasına boşaltımını sağlamaktadır. BOF içerisine her bir döküm için toplamda ortalama 105.5 ton malzeme girişi ile 92 ton sıvı çelik üretilmektedir. Ortalama 13.5 tonluk fark ise, atık curuf ve elektrik enerjisi eldesinde kullanılan CO gazı olarak sistemden uzaklaştırılmaktadır. Her işletmenin çelik üretim kapasitesine göre şarj miktarları değişkenlik göstermektedir [2,3].

2.2. BOF'DA YANMIŞ KİREÇ TAŞI KULLANIMI

BOF' larda üretilen çelik kalitesinin iyi olması için kullanılan yanmış kirecin de kaliteli olması istenilmektedir. Kaliteli yanmış kireç taşı; uygun büyüklüğe sahip, içerdiği kalsiyumoksit (CaO) oranı, kükürt (S), fosfor (P), silisyum (Si) gibi safsızlıklarla tepkimeye girme reaktivitesi yüksek olan kireçtir. BOF ile çelik üretiminde kullanılan yanmış kireç taşı, BOF' un ısıl dengesini sağladığı ve safsızlıkların giderilmesini gerçekleştirdiği gibi oluşturduğu curuf sayesinde BOF içersindeki refrakter tuğla ömrünüde uzatmaktadır. BOF içerisindeki curuflar refrakter tuğlalar üzerinde bir katman oluşturarak tuğlaların aşınmasını engellemektedir. Buda, maliyeti çok yüksek olan refrakter tuğlaların uzun süre kullanımını arttırmaktadır [4].

BOF' larda kullanılan yanmış kirecin ebatları büyük önem arz etmektedir. BOF' da çelik üretimi esnasında oluşan CO, karbondioksit (CO₂) gazları ve oluşan tozların ortama yayılmaması için lans ile oksijen üfleme esnasında 1200 d/d dönen emiş gücü çok yüksek bir ID fan vasıtası ile çekilmektedir. Gaz ve tozdan oluşan karışım boru içerisinde ID fanın emiş yönüne doğru hareket etmektedir. Gaz ve toz karışımı hareket halindeyken su püskürten nozullarla toz çöktürme işlemi uygulanmaktadır. Tozdan arınan gaz karışımı değerlendirilmek üzere Kardemir A.Ş Enerji Tesislerine gönderilmektedir. BOF' larda istenilen kalitede 92 ton çelik üretmek için 4-4.5 ton

yanmış kireç taşı kullanılmaktadır. Yanmış kireç taşları istenilen boyutlardan küçük olması durumunda BOF içerisinde sıvı maden yapısına ulaşmadan fanın emiş gücü ile çekilmektedir (Şekil 2.7). Küçük boyutlarda yanmış kireç taşı kullanılması durumunda BOF içerisine tekrar yanmış kireç taşı şarj etmek gerekmektedir. Bu durum, yanmış kireç taşı sarfiyatını artırmaktadır. Ayrıca BOF içerisine tekrar yanmış kireç taşı şarj alma ve lans ile yeniden oksijen üfleme sürelerinden dolayı üretimde kayıplara neden olmaktadır. Kardemir A.Ş. BOF'larında çelik üretim esnasında işletme standartınca yanmış kireç taşı boyutları 50 mm üzerinde kullanılmaktadır [2,3].



Şekil 2.7. BOF'un yardımcı bölümlerinin genel görünümü [2].

BÖLÜM 3

KARDEMİR A.Ş. KİREÇ FABRİKASI

Karabük ili, jeolojik açıdan zengin bir bölgededir. Kardemir A.Ş; kireç fabrikası hammadde kaynağı olan kireç taşını, Karabük ilinin Eskipazar ilçesinde bulunan kireç taşı ocaklarından temin etmektedir. Eskipazarda çıkarılan kireç taşlarının kaliteli ve Kardemir A.Ş.'ye yakın oluşu lojistik açıdan avantaj kazandırmaktadır [3].

Kardemir A.Ş. çelik üretim ünitesindeki BOF' larda çelik üretimi için gerekli olan kireç taşları kamyonlarla Kardemir A.Ş. kireç fabrikası kireç taşı yer altı bunkerleri (150 Ton) sahasına getirilmektedir (Şekil 3.1, Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Kardemir A.Ş. kireç fabrikasında bulunan kireç taşı yer altı bunkerleri genel görünümü.



Şekil 3.2. Kireçtaşının damperli kamyonla yer altı bunkerlerine boşaltım anı görüntüsü.

Kamyonlarla bunkerlere sevkiyatı gerçekleştirilen kireç taşları, bunkerler üzerindeki vibratörlerin yapmış olduğu titreşimle, kireç taşlarının aşağı yönde akması ve tartım bunkerine transferini gerçekleştiren bantlı konveyör yoluna dökülmesi sağlanmaktadır (Şekil 3.3). Bantlı konveyör yoluna dökülen kireç taşları, bantlı konveyör ile tartım bunkerine transferi gerçekleştirilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. Yer altı kireç taşı bunkerleri vibratörlerin genel görünümü.



Şekil 3.4. Kireç taşlarının bantlı konveyörlerle tartım bunkerine transferi anı görünümü.

Tartım bunkerini altında ağırlık ölçen load-celler bulunmaktadır. Tartım bunkerini içerisindeki kireç taşı 4 ton olduğunda otomasyon sistemi ile bant yolunun hareketi ve vibratörlerin çalışması durdurulmaktadır (Şekil 3.5). Tartım bunkerini içerisinde bulunan 4 ton kireç taşının alt kısmındaki hidrolik tahrik klapesi açılarak skip arabası içerisine boşaltımı gerçekleştirilmektedir. İçerisinde 4 ton kireç taşı bulunan skip

arabası silo üstü bunkerine doğru çelik özlü halatlar ile eğik bir ray yolu üzerinde taşınır (Şekil 3.6). Silo üstü bunkerine ulaşan skip arabası içerisinde kireç taşlarını silo üzerindeki bunkere boşaltılır (Şekil 3.7). Kireç taşları 300 ton kapasiteli 2 adet kireç taşı silolarında stoklanır (Şekil 3.8).



Şekil 3.5. Tartım bunkerini ve skip arabasını genel görünümü.



Şekil 3.6. Kireç taşı dolu skip arabasının eğik ray yolu üzerinde silo üstü bunkerine doğru hareketinin genel görünümü.



Şekil 3.7. Skip arabası içerisindeki kireç taşlarını silo üzerindeki bunkere boşaltım anı görüntüsü.



Şekil 3.8. Kardemir A.Ş. bünyesinde bulunan kireç taşı fabrikasında 300 tonluk 2 adet kireç taşı silolarının genel görünümü.

Kireçtaşı siloları altındaki vibratörlerin yapmış olduğu titreşimle silo altından bant yoluna kireç taşları boşaltılmaktadır (Şekil 3.9). Bant yolunda hareketine devam eden kireç taşları fırın skip arabasına boşaltılmaktadır (Şekil 3.10). Fırın skip arabasındaki kireç taşı miktarı 4 tona ulaştığında bant yolu otomasyon sistemi ile durur ve kireç

taşlarının fırın skip arabası içerisine şarjı tamamlanır. Fırın skip arabası eğik bir ray yolu üzerinde çelik özlü halatlar ile fırın tepesine taşınır (Şekil 3.11). Fırın tepesine gelen skip arabası içerisindeki kireç taşlarını fırın külahı adı verilen bunker içerisine boşaltılmaktadır (Şekil 3.12). Fırın külahındaki kireç taşları vibratörün oluşturduğu titreşimle çift yönlü bant yoluna boşaltılır (Şekil 3.13). Çift yönlü bant, kumanda odasından sağa veya sola doğru hareket ettirilerek iki haznesi bulunan kireç fırınına kireç taşı şarj edilmektedir. Haznelerden boş olana kireç taşı şarj edilebilecek şekilde bantın hareket yönü sağa veya sola değiştirilir. Bant yolundan hooper adı verilen bunker içerisine kireç taşı boşaltılır. Hooper içerisindeki kireç taşını fırının tüm iç yüzeylerine yayacak şekilde serme görevi gören dönel bir bunkerdir (Şekil 3.14). Bu sayede fırın haznesinde kireç taşlarının tepe şeklinde yığılmasını engelleyerek tüm kireç taşlarının aynı oranda ısı alması sağlanmaktadır.



Şekil 3.9. Kireçtaşı silosundan bant yoluna kireç taşlarının boşaltımı ve kireç taşlarının bant yolu üzerindeki hareketinin gösterimi.



Şekil 3.10. Fırın skip arabasına kireç taşlarının boşaltım anı gösterimi.



Şekil 3.11. Fırın skip arabasının fırın tepesine doğru hareketinin gösterimi.



Şekil 3.12. Fırın külâhı gösterimi.



Şekil 3.13. Fırın külâhı altı vibratör ve Çift yönlü bant gösterimi.



Şekil 3.14. Hooper gösterimi.

Kireç taşları kireç fırınları içerisine şarj edildikten sonra 1000-1050 °C sıcaklıkta yakılarak kireç taşlarının kalsinasyonu gerçekleştirilerek metalurjik yanmış kireç taşı elde edilmektedir. Kireç fırınında her iki haznenin alt kısmında bulunan klapeleler açılarak yanmış kireç taşları bant yollarına boşaltılır. Bant yolu üzerindeki yanmış kireç taşları kovalı elevatöre şarj edilir (Şekil 3.15). Elevatör, içerisindeki kovalara doldurulan yanmış kireç taşlarını 50 metre yüksekliğe çıkarır ve kovalardaki yanmış kireç taşlarını eleğe boşaltır. Yanmış kireç taşı eleğinde 50 mm üzerindeki yanmış kireç taşları 250 metre uzunluğundaki bant yolu ile kireç fabrikasından çelikhaneye taşınırlar (Şekil 3.16). Çelikhaneye gelen yanmış kireç taşları BOF'lar üzerindeki yanmış kireç silosuna şarj edilerek stoklanır.



Şekil 3.15. Yanmış kireç taşlarının elevatöre bant yolu ile şarjının gösterimi.

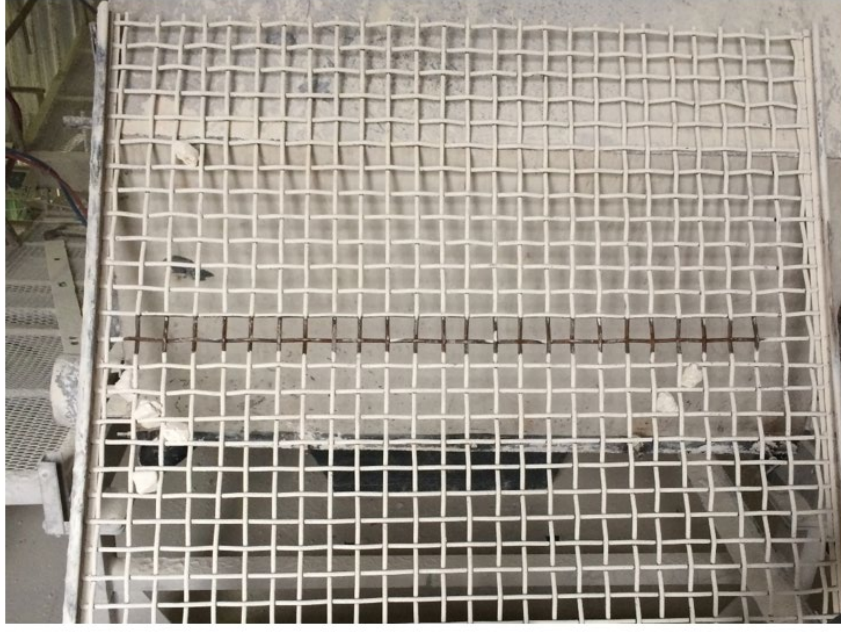


Şekil 3.16. Kireç fabrikalarından Çelikhaneye yanmış kireç taşı naklini gerçekleştiren bant yolu gösterimi.

BÖLÜM 4

YANMIŞ KİREÇ TAŞI BOYUTLANDIRMADA KULLANILAN ÇELİK ESASLI ELEK PANELLERİ

BOF' larda çelik üretiminde BOF'un ısı dengesinin sağlanması ve sıvı maden içerisindeki safsızlıkların giderilmesi için yanmış kireç taşına ihtiyaç bulunmaktadır. Yanmış kireç taşları 50 mm büyük boyutlarda olması yanmış kireç taşlarının BOF içerisindeki sıvı madende homojen bir şekilde çözünmesi için önem arz etmektedir [2,3]. 50 mm üzerindeki boyutlarda yanmış kireç taşlarının elde edilmesi için Kardemir A.Ş. çelik üretim müdürlüğüne bağlı kireç fabrikaları ünitesi kullanılmaktadır. Kardemir A.Ş. çelik üretim müdürlüğüne bağlı kireç fabrikalarında genel olarak yanmış kireç taşı boyutlandırmada çelik esaslı elek panelleri kullanılmaktadır (Şekil 4.1). Yanmış kireç taşı boyutlandırma ve nakil ünitesinde eleme görevi gören çelik esaslı elek panelleri, çelik profillerden imal edilmiş bir şase üzerinde çalışmaktadır. Çelik esaslı elek panelleri, her iki tarafında bulunan gergi plakalarına geçirilir ve yanmış kireç taşı eleğinin gövdesinin iç kısımlarına civatalar ile sabitlenir. Elek panellerinin çalışmalarında tahrik için elektrik motorları kullanılmaktadır. Elektrik motoru tahriki ile üretilen güç, kayış kasnak sistemi ile yanmış kireç taşı eleğinin ortasında bulunan uzun mile aktarılır (Şekil 4.2). Dönen milin diğer ucunda bulunan eksantrik ağırlıkların oluşturduğu titreşim ile yanmış kireç taşlarının boyutlandırılma işlemi yapılmaktadır. Çelik esaslı elek panelleri, titreşime bağlı olarak altında bulunan çelik profilden imal edilmiş şaseye çarpmalar meydana getirerek çalışmaktadır. Saatte 30 ton 55 °C sıcaklığında kireç taşı eleme kapasitesine sahip eleme ünitesi, titreşim ve çarpmaların etkisiyle üzerinde bulunan elek panellerinde kopmalar meydana gelmektedir (Şekil 4.3). Çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalar sonucunda 50 x 50 mm olması gereken göz aralığı, kopma durumuna göre farklılık göstererek daha büyük boyutlarda olabilmektedir. Bu durumda, yanmış kireç taşının boyutlandırılması sağlıklı olmamaktadır [3].



Şekil 4.1. Yanmış kireç taşı elemeye kullanılan çelik esaslı elek paneli gösterimi.



Şekil 4.2. Yanmış kireç taşı eleme görevi gören elek panelinin tahrik ünitesi gösterimi.



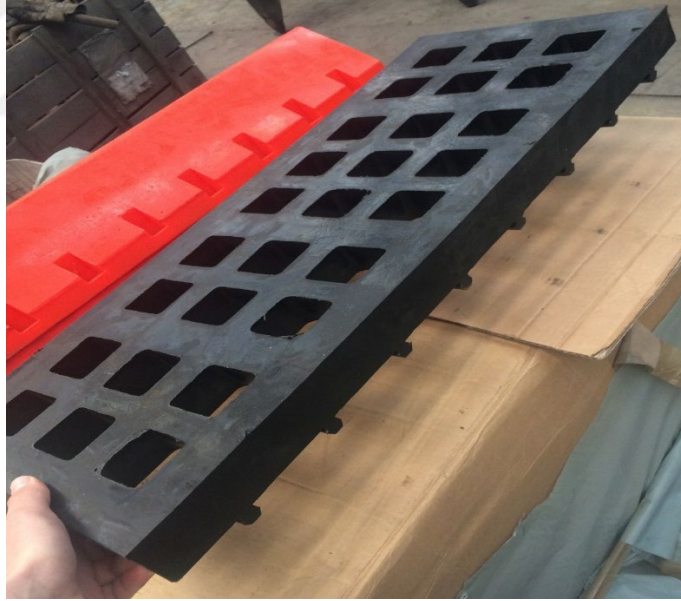
Şekil 4.3. Yanmış kireç taşı eleme esnasında çelik esaslı elek paneli üzerinde oluşan kopmaların gösterimi.

4.1. YANMIŞ KİREÇ TAŞI BOYUTLANDIRMADA KULLANILAN KAUÇUK ESASLI ELEK PANELLERİ

Son yıllarda çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmaların sebep olduğu maliyet ve ünite duruşlarının önüne geçmek için kauçuk esaslı elek panelleri tercih edilmektedir. Kauçuk doğada Hevea Brasiliensis adı verilen ağacın sütümsü öz suyundan elde edilen bir malzemedir (Şekil 4.4). Alkol ve petrolün bileşiminden suni olarak da elde edilirler. Kauçuklar üzerine uygulanan kuvvetle beraber şekil değiştiren, uygulanan kuvvetin serbest bırakılması ile tekrar eski konumuna dönebilen malzemelerdir [5]. Kauçuklar yüksek esneklik, yüksek dayanım, düşük deformasyon gibi fiziksel özelliklere sahip oldukları gibi dinamik ve statik yüklere karşı dayanımları oldukça yüksektir. Kauçuklar, aşınmaya karşı oldukça dirençlidirler [6]. Kauçuk esaslı elek Şekil 4.5’ te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Kauçuğun ham maddesinin temin edildiği Tropikal bir ağaç olan Hevea Brasiliensis ağacından sütümsü özsuyu elde edilme anı gösterimi.



Şekil 4.5. 50 x 50 mm geçiş aralığına sahip kauçuk esaslı elek paneli gösterimi.

Yanmış kireç taşı elemelerde kullanılan kauçuk esaslı elek panellerinin montajı elle rahatça yapılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Kauçuk esaslı elek panellerinin altlarında tırnaklar bulunmaktadır. Bu tırnaklar diğer bağlantı elemanlarıyla birbirine legolar gibi geçerek bütünlük sağlamaktadır. Ancak, kauçuk esaslı elek panellerinin yanmış kireç taşı elemelerde kullanmak için çelik eleklerin montajında olduğu gibi bir şase

oluşturularak montajları yapılmaktadır Şekil (4.6). Bu şase toplam 4 farklı pozdan oluşmaktadır. Ç-1 pozu çelik esaslı T profil ve K-1, K-2, K-3 pozları ile belirtilen kauçuk esaslı malzemeler kauçuk esaslı elek panelinin sağa ve sola kaymasını engellemektedir. Montaj için hazırlanmış kauçuk esaslı elek paneli Şekil 4.7’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Kauçuk esaslı elek paneli ve bağlantı elemanlarının gösterimi.



Şekil 4.7. Montaj için hazırlanmış kauçuk esaslı elek panelinin genel görünümü.

BÖLÜM 5

LİTERATÜR

Eleme boyutlandırma işlemi, entegre demir çelik üretim tesislerinde kullanılan katkı maddelerinin (silisyum, pelet, kireç taşı vb.) boyutlandırılmasında yaygın olarak yapılmaktadır. Elenen malzemeler, zamanla elek panellerini fiziksel tahribata uğratarak panellerde kopmalara neden olmaktadır. Elek panellerinde oluşan hasarlar, işletmede ünite duruşlarına neden olmaları nedeniyle maliyeti artırdığı gibi elek panellerinin değişimi esnasında iş kazalarına da neden olmaktadır. Araştırmacılar, tarafından çelik üretimi esnasında kullanılan elek panellerinin olumsuzluklarının giderilmesi ve en uygun metodolojiyi sağlamak için araştırmalar yapılmaktadır.

A. Y. Şeflek ve arkadaşları, budama atıklarının parçalanması ve elenmesinde kullanılan makinanın performans değerlerinin irdelenmesi adlı çalışmalarında, atık besleme oranı 650 kg/h olan parçalama işlemi esnasında boyutlandırma işlemi de gerçekleştiren makinanın optimum enerji tüketimi ve verimliliğini araştırmışlardır. Makine ile 3 farklı parçalayıcı çevre hızında (52 m/s, 57.8 m/s, 63.58 m/s) 2 farklı göz aralığına (25 mm ve 50 mm) sahip elek paneli kullanarak denemeler yapmışlardır. Artan parçalayıcı çevre hızı ve elek paneli göz aralığına bağlı olarak söğüt ağacı budama atıklarının, makine içerisinde parçalanıp boyutlandırılma işleminin daha kısa sürede gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir. Makinanın optimum enerji tüketimi ile parçalama boyutlandırma değerlerinin 50 mm göz aralıklı elek panelinde ve 63.58 m/s' lik parçalayıcı çevre hızında gerçekleştiğini elde etmişlerdir [7].

R. Demirsöz, granül cüruf taşımada kullanılan boruların iç yüzeyinin aşınma özelliklerinin iyileştirilmesi adlı çalışmasında, granül cürufun taşınması esnasındaki borulardaki aşınmaya neden olan partikül boyutlarını araştırmıştır. Granüle cürufun 710 µm ve 300 µm göz aralığına sahip 400 mm kasnak çapındaki 2 farklı elekten geçirerek granüle cüruf partiküllerini boyutlandırma işlemi yapmıştır. ASTM 11:82 standartına göre laboratuvar ortamında yapmış olduğu elek analizi ile yüksek fırın

granüle cürufun yaklaşık %65'lik kısmının boyutunun 300 µm ile 710 µm değerleri arasında olduğunu tespit etmiştir. Diğer %35'lik kısım ise 300 µm daha küçük ve 710 µm'den daha büyük tane boyutuna sahip olduğunu tespit etmiştir. [8].

B. A. Wills ve arkadaşları, cevher hazırlama teknolojisi adlı çalışmalarında, laboratuvar ortamında gerçek ebatlardaki elek panellerinin elek makinası gövdesi ile açısının, elenen malzemenin şeklinin ve elek makinasının vibrasyon değerlerinin eleme boyutlandırma verimliliğine etkilerini araştırmışlardır. Eleme işleminde birim zamanda beslenen malzeme miktarı arttıkça elek panelleri üzerinde yığılmalar olduğunu ve elek makinasının vibrasyon değerinin artırılmasıyla yığılma sorununun azaldığını gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar birim zamanda beslenen malzeme miktarı ve vibrasyon değerlerini sabit tutarak yapmış oldukları deneylerde optimum eleme boyutlandırma verimliliğinin elek panellerinin çalışma açısının 32° olduğunda gerçekleştiğini tespit etmişlerdir [9].

S. Bragetti, ağır yüklü, titreşimli elekler için yenilikçi yapısal çözüm adlı çalışmasında, standart titreşimli elek panellerinin yapısal ve dinamik davranışlarını araştırmak için sayısal sonlu eleman modelleri oluşturmuştur. Yapmış olduğu analizler sonucunda, geleneksel elek panelinin geometrik parametrelerini değiştirerek yeni bir tasarım ortaya çıkarmıştır. Araştırmacı yapmış olduğu tasarımla elek panellerinde oluşan nominal yüklere karşılık elek paneline dinamik yapısal direnç kazandırarak en stresli bölgedeki gerilme değerlerinin azaltulmasını sağlamıştır. Yeni elek panelinin tüm bileşenlerinin yorulmaya karşı direncinin arttığını tespit etmiştir. Araştırmacı yeni tasarım ile çelik esaslı elek panellerinde oluşan tel kopmalarının kopma sürelerini uzatacak bir tasarım bulduğunu belirtmiştir [10].

J.M. Beeckmans ve arkadaşları, elek makinasının performans özellikleri adlı çalışmalarında, kömür ve kum karışımlarını hem laboratuvar ortamında hem de kömür madeninde 0.5 mm göz aralığına sahip elek perdesinden geçirerek kömür parçalarını kum taneciklerinden ayırma işlemi yapmışlardır. Bu işlem esnasında kum tanecikleri ve kömür parçalarının eleme işleminin yapıldığı ortamdaki nem miktarına bağlı olarak küçük kum partiküllerinin kömür parçalarına yapıştığını ve sağlıklı bir eleme işleminin yapılamadığını gözlemlemişlerdir. Yapmış oldukları çalışma ile eleme işleminin

yapıldığı ortamdaki nem miktarının artışı kum partiküllerinin kömür parçalarına penetrasyonunun arttığını belirtmişlerdir [11].

B. Ramatsetse ve arkadaşları, yeniden yapılandırılabilen titreşimli elek paneli hata ve duyarlılık analizi adlı çalışmalarında, maden işleme endüstrilerinde kullanılan yüksek yapısal yüklenme ve sürekli titreşimlere maruz kalan çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmaların neden olduğu bakım maliyetleri ve ünite duruş kayıplarını incelemişlerdir Araştırmacılar, çalışmalarında 305 mm x 610 mm, 305 mm x 1220 mm ve 610 mm × 1220 mm ebatlarındaki sanayide kullanılan gerçek elek panellerini modelleyerek üzerinde sırasıyla 18.756 Hz, 32.676 Hz ve 39.619 Hz frekanslarında sonlu elemanlar analizi (FEA) gerçekleştirilmiştir. Analizde elde edilen sonuçlar, elek paneli yapısının yan plakalarındaki zayıf noktaları belirlenmiştir. Elek panellerinde yapılan iyileştirmeler sonucunda bakım maliyeti ve plansız elek makinası duruş sürelerinde düşüş gözlemlenmiştir [12].

H. Jiang ve arkadaşları, rijid esnek çubuklu, titreşimli elek panelinin kinematik özellikleri ve nemli kömür partiküllerinin çubuklu elek panelindeki davranışlarını araştırmışlardır. Çalışmalarında, nemli kömürlerin klasik kare göz aralığına sahip elek paneli gözeneklerine yapışarak gözenekleri kapaması sorununa çözüm bulmak için geleneksel rijit titreşimli kare göz aralıklı elek paneli (TRVS) ve yeni tasarım olan rijid esnek çubuklu elek paneli (R-FRVS) ile nemli kömürlerin eleme performans verimliliği kıyaslamalarını yapmışlardır. Rijid esnek çubuklardan oluşan yeni elek panellerinin kinematik özellikleri, ADMAS yazılımı kullanılarak otomatik dinamik simülasyon analizi ile sistematik olarak incelemişlerdir. Tarama testi sonucu, R-FRVS'nin eleme performansının iyi ve verimli olduğunu ve farklı deney koşullarında tarama verimliliğinin %82'den fazla olduğunu gözlemleyerek R-FRVS elek panelinin TRVS'ye kıyasla belirgin eleme verimliliğine sahip olduğunu belirtmişlerdir [13].

M.Vishwas ve arkadaşları, doğal kauçuk, yapısal çelik ve alüminyumun düşük darbe yükü altındaki davranışları adlı çalışmalarında, elek panelleri imalatında hammadde olarak kullanılan yapısal çelik, alüminyum ve doğal kauçuk malzemelerinin toplam enerji, temas kuvveti, deformasyon, von mises stresi ve gerinimi ile absorbe edilen özgül enerjiler gibi çeşitli parametrelerinin karşılaştırmasını gerçekleştirmişlerdir.

Kauçuk malzemelerin dinamik veya statik mühendislik uygulamaları için ideal olduğu düşük histerezis kaybı ve düşük sıcaklık özellikleri ile mükemmel dinamik özelliklerinin çelik esaslı malzemelere göre daha iyi olduğu sonucuna ulaşmışlardır [14].

Z. Li ve arkadaşları, titreşimli elek panellerinin tasarımı için modelleme ve parametre optimizasyonu adlı çalışmalarında, gerçek elek paneli elek ebatlarını kullanarak Ayrık Elemanlar Yöntemi (DEM) ile karmaşık parçacık akış davranışını, doğrusal titreşimli elek üzerinde eleme verimliliğini simüle etmişlerdir. Araştırmacılar, aynı parametreleri kullanarak aynı ebatlardaki ayarlanabilir deneysel bir prototip elek panelinde laboratuvar ortamında uygulayarak simulasyon verileri ile deneysel verileri karşılaştırmışlardır. Elde etmiş oldukları deneysel veriler ile simülasyon verilerinin birbirileri ile uyumlu olduğunu gözlemlemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalar sonucu elde etmiş oldukları bulgular Destek Vektör Makinesi (SVM) tabanlı parametrik olmayan modelin sadece uygulanabilir olmadığını aynı zamanda büyük ölçekli yinelemeli hesaplama gerektiren parametre optimizasyonuna da oldukça uyumlu olduğunu belirtmişlerdir [15].

L. Wang ve arkadaşları, basit olmayan harmonik titreşimli elek panelinde bir parçacığın kinematiği ve dinamiği adlı çalışmalarında, matris yöntemi kullanarak gerçek ebatlardaki titreşimli elek panelinin hareketini sayısal olarak simüle ederek titreşimli elek panelinin hareket denklemlerini elde etmişlerdir. Elek panelinin hareket denklemlerinin analizlerini matlab yazılımında gerçekleştirmişlerdir. Analizler incelendiğinde elek panelinin basit olmayan harmonik harekete maruz kaldığını ve titreşimli elek panelinde her noktanın hareket yasasının farklı olduğu sonucuna varmışlardır. Eleme işlemi esansında partiküllerin ileriye doğru kayma, geriye doğru hareket etme ve elek panelinin farklı kısımlarına atılma gibi farklı parçacık hareketi türlerini gözlemlemişlerdir. Sayısal simülasyonlardan elde ettikleri verileri laboratuvar ortamında gerçek titreşimli elek panelleri üzerinde uygulamalı olarak doğrulamışlardır. Hava akışı ve taneler arası sürtünme göz ardı edilirse, bir partikülün elek paneli üzerindeki hareketi elek panelinin hareketinden doğrudan etkileneceğini belirtmişlerdir [16].

X. Mei ve arkadaşları, değişken eliptik iz ile titreşimli bir elek panelinin dinamiği ve tarama özellikleri adlı çalışmalarında, titreşimli elek panelleri için ideal hareket özelliklerini araştırmışlardır. Çok serbestlik dereceli titreşim teorisini uygulayarak, titreşimli elek panelinin yapısal hareket özelliklerinde mekanik elek paneli modeli oluşturmuşlardır. Araştırmacılar, oluşturdukları gerçek elek paneli ebatlarındaki titreşimli elek panelinde hareket izlerinin doğrusal, dairesel veya eliptik olduğunu gözlemlemişlerdir. Elek paneli yüzeyi boyunca beş spesifik noktanın genlik, hareket hızı ve atma indeksi dahil olmak üzere teknolojik parametrelerini değiştirdiklerinde yeni tasarlanmış titreşimli elek panellerinin ideal tarama hareketini izlediğini gözlemlemişlerdir. Bu sonuçlara bağlı olarak da tarama verimliliği ve işleme kapasitesinin etkin bir şekilde geliştirilebileceğini belirtmişlerdir [17].

Z. Wang ve arkadaşları, titreşimli bir elek panelinde boyutlandırılan kömürlerin elek panelleri üzerindeki dinamik etkisi adlı çalışmalarında, kömürlerin elek paneli üzerindeki aşındırıcı etkisini araştırmışlardır. Laboratuvar ortamında elek makinasına kömür beslemesi yapılmadan boşta çalıştırarak ve kömür beslemesi yapıp eleme prosesi gerçekleştirilerek çeşitli deneyler gerçekleştirmişlerdir. Elek panellerinin titreşim karakteristiğini inceleyerek boyutlandırılan kömürlerin elek panelleri üzerinde ek bir titreşim oluşturduğunu belirtmişlerdir. Elek panellerinde kömürlerin boyutlandırılması esnasında ortaya çıkan ilave titreşim sinyalini analiz etmek için elek panellerinde ergodisite testi yapmışlardır. Ergodisite testinin, tüm elek paneli üzerinde tarama işlemi titreşim özelliklerini analiz edilmesi için yeterli olduğunu kabul etmişlerdir. İlave titreşimin istatistiksel özelliklerinin de tarama-boyutlandırma kapasitesi ile birlikte değiştirdiğini gözlemlemişlerdir. Boyutlandırma işlemi esnasında ortaya çıkan ilave titreşim kaynağının elek paneli üzerindeki deforme etkisini azaltmak için yeni bir elek paneli tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Elek panellerinde tarama işlemine tabi tutulan kömürlerin elek panellerindeki dinamik etkilere karşı oluşan deformasyonları azaltan yeni bir elek paneli tasarımı elde etmişlerdir [18].

Z. Yue-min ve arkadaşları, dinamik tasarım teorisi ve büyük titreşimli elek panellerinde uygulanması adlı çalışmalarında, elek panellerinin mukavemet özelliklerini artırmak için araştırmalar yapmışlardır. Araştırmacılar, laboratuvar ortamında gerçek ebatlardaki titreşimli elek panelleri ile deneyler

gerçekleştirmişlerdir. Elek panellerinin dinamik özelliklerini analiz etmek için sonlu elemanlar yöntemini (FEM) kullanarak elek panelinin doğal frekansı, doğal titreşim modları ve titreşimli elek panelinin dinamik hareket değerlerini hesaplamışlardır. Araştırmacılar yapmış oldukları hesaplamalar sonrasında, gerçek ebatlardaki elek panellerinin eleme esnasındaki elek panelinin maksimum enine yer değişiminin 0.13 mm'ye karşılık gelen noktaların titreşim genliği maksimum farkı 0.44 mm ve maksimum dinamik gerilimin 16.63 MPa olduğu sonuçlarını elde etmişlerdir. Elek panellerinde gerçekleştirilen yeni yapısal optimizasyon ile elek makinası yan plaka kütlelerinin 194.50 kg azaldığını, ikinci ve üçüncü modal frekansın sırasıyla % 1.73 ve % 2.91 oranında arttığını ve elek panellerinin mukavemet özelliklerinde daha iyi bir optimal etki elde edildiğini belirtmişlerdir [19].

N. Rotich ve arkadaşları, titreşimli elek panellerinde granüler malzemenin dinamik ve pertürbasyon sistemi analizi adlı çalışmalarında, elek panellerine birim zamanda malzeme besleme oranlarının ve malzeme besleme hızı dalgalanmalarının eleme boyutlandırma verimliliğine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, minimal değişikliklerin ünite operasyonunun malzeme dengesi analizi üzerindeki etkilerini incelemek için pertürbasyon teorisini uygulamışlardır. Pertürbasyon teorisinden elde edilen verileri laboratuvar ortamında gerçek elek panelleri ile yapılan eleme boyutlandırma deneyleri ile doğrulamışlardır. Eleme işlemi için belirlenen kapasitenin % 80'den fazla olan besleme oranlarının verimsizliğe yol açtığını ve optimum eleme verimliliğin sabit hızdaki malzeme beslemelerinde gerçekleştiğini belirtmişlerdir [20].

P.W. Cleary ve arkadaşları, endüstriyel titreşimli elek panellerinde partikül kohezyonunun akış ve ayrılma üzerine etkisi adlı çalışmalarında, ıslak eleme boyutlandırma işleminde birbirine yapışan parçacıkların elek panelinin tarama boyutlandırma verimine etkisini araştırmışlardır. Laboratuvar ortamında gerçek elek panelleri ile ıslak ve kuru eleme işlemi yapmışlardır. Islak eleme boyutlandırma işleminde karşılaşılan kohezyonunun elek paneli gözeneklerini tıkayarak malzeme eleme boyutlandırma işleminde verimi düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Daha düşük kohezyon seviyeleri elde ederek partikülleri verimli bir şekilde boyutlandırabilmek için elek panelleri yeniden dizayn edilmiştir. Boyutlandırması yapılan partiküllerde kohezyon oluşumu miktarında büyük bir düşüş sağlandığını belirtmişlerdir [21].

M.Jahani ve arkadaşları LIGGGHTS DEM çözücü kullanarak muz tipi elek panellerinde boyutlandırma performansı adlı çalışmalarında, DEM (Ayrık Elemanlar Yöntemi) çözücü 'LIGGGHTS' kullanarak muz tipi elek panellerinin tarama-boyutlandırma performansını araştırmışlardır. Araştırmacılar, çift kademeli elek panelleri simüle edilerek her bir elek panelinin eğim açısı, titreşim genliği ve titreşim sıklığı dahil olmak üzere tasarım parametrelerinin simülasyon süresi ve partikül büyüklüğü dağılımı dahil, işletme parametrelerinin endüstriyel elek panelinin tarama-boyutlandırma performansına etkilerini incelenmişlerdir. Simülasyon sonuçlarını doğrulamak için, bölüm numarası olarak adlandırılan bir parametre tanımlanmışlardır. Laboratuvar deneylerine ilişkin simülasyonların bölüm sayılarının literatürde bulunanlarla karşılaştırılması, DEM simülasyonlarını ve kullanılan yazılımı doğrulayan iyi bir kıyaslama yöntemi olduğunu savunmuşlardır. Endüstriyel elek panellerinin tasarım parametrelerindeki değişikliklere göre eleme boyutlandırma performansında tamamen farklı bir davranış sergilediğini belirtmişlerdir [22].

X. Xionga ve arkadaşları, muz tipi elek panelinin titreşim özellikleri adlı çalışmalarında elek panellerinde titreşimle oluşan deformasyonların nedenlerini incelemişlerdir. Eğimli elek panelinin titreşim karakteristiği için bir matematiksel model oluşturmuşlardır. Elek panellerinin titreşim karakteristiklerini analiz etmede Catenary teorisini kullanmışlardır. Araştırmacılar, muz tipi elek makinasında tahrik ağırlıklarının dönme hızının etkileri, eğim açısı, gevşeklik uzunluğu ve elek panelinin dikey sapma üzerindeki özellikleri ile düşey hız ve elek panelinin dikey hızlanması parametrik olarak incelemişlerdir. Elek makinasındaki tahrik ağırlıklarının dönme hızının, eğim açısının, gevşeklik uzunluğun ve elek paneli özelliklerinin eğimli bir muz tipi elek paneli titreşimleri üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu ve bu parametrelerin optimize edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir [23].

A. Jafari ve arkadaşları, farklı parametrelerin tarama verimliliği ve elek paneli üzerinde ki yıpranma etkisini incelemek için ayrık elemanlar yöntemi kullanımı adlı çalışmalarında, çarpışan partiküller arasındaki temas kuvvetinin modellenmesinde Hertz elastik ve Kelvin-Voigt viskoelastik matematik modelleri bir arada kullanmışlardır. Sayısal çalışmalarda elek eğimi, titreşim frekansı ve malzeme besleme noktasının eleme verimliliği ve elek paneli gözünün aşınması üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak için çeşitli simülasyonlar yapmışlardır. Simülasyon

sonuçlarını laboratuvar ortamında gerçek elek paneli ebatlarında yaptıkları deneylerle karşılaştırmışlardır. Eleme boyutlandırma veriminin, titreşim frekansı, uyarım açısı ve elek paneli eğimine bağımlılığı ile ilgili sonuçlar simülasyonlarda bildirilen verilerle uyumlu olduğunu ve uygulanan parametrelerin verimliliği ve elek panelindeki aşınmayı etkilediğini gözlemlemişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarının ve metodolojisinin hem pratik hem de teorik alanlarda kullanılabileceğini belirtmişlerdir [24].

5.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan literatür araştırmaları ile eleme boyutlandırma işleminde kullanılan sanayi tipi elek panellerinde oluşan kopmaların nedenleri incelenerek, verimli eleme boyutlandırma işleminin gerçekleştirilebilmesi için elek makinaları ve elek panellerinde geliştirmelerin yapıldığı tespit edilmiştir. Literatür çalışmalarında, elek panellerinde oluşan kopmaların oluşmasını önlemek için elek makinalarının çalışma parametrelerinde, panellerinin geometrik tasarımlarında ve panellerinin malzeme seçimlerinde iyileştirmeler yapıldığı tespit edilmiştir.

Kardemir A.Ş.'de BOF ile çelik üretiminde, yanmış kireç taşlarının boyutlandırılmasında kullanılan çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalara bağlı ünite duruşlarının önüne geçebilmek, yedek parça maliyet giderlerini azaltmak ve iş kazalarını önleyebilmek için dinamik mühendislik uygulamaları için ideal olan esneyebilme özelliği sayesinde üzerine düşen enerjiyi absorbe edebilen kauçuk esaslı elek panellerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Literatürde kauçuk esaslı elek panellerinin mühendislik uygulamalarında kullanıldığı görülmektedir. Kauçuk malzemelerin dinamik veya statik mühendislik uygulamaları için ideal olduğu düşük histerezis kaybı ve düşük sıcaklık özellikleri ile mükemmel dinamik özelliklerinin çelik esaslı malzemelere göre daha iyi olduğu bilinmektedir. Kauçuk esaslı elek panellerinin kullanımı ile çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalardan kaynaklı olumsuzluklar ortadan kaldırılması planlanmıştır.

BÖLÜM 6

MATERYAL VE METOD

Kardemir A.Ş. kireç fabrikasında yanmış kireç taşı boyutlandırma için kullanılan elekler 5034 mm x 1600 mm ölçülerinde ve dikdörtgen bir tarama-boyutlandırma alanına sahiptirler. Tarama alanı taş akışını sağlaması için 20°'lik açılı olup 1678 mm x 2057 mm ebatlarında 3 eşit çelik esaslı elek paneli ile bölünmüştür. Elek panelleri arasında 10 cm yükseklik farkı bulunmaktadır. Kardemir A.Ş. kireç fabrikalarında kullanılan yanmış kireç taşı elek panelleri 1 m² tarama alanında 165 adet 50 mm göz açıklığına sahip üst paneller ve 5 mm göz aralığına sahip alt paneller olmak üzere 2 kademedan oluşmaktadır Şekil (6. 1). Elek panellerinde, boyutları 50 mm'den büyük olan yanmış kireç taşları üst kademeki 50 mm göz aralıklı çelik esaslı elek paneli üzerinden zıplayarak devam etmekte ve bir şut vasıtasıyla çelikhane nakil bantına döküş yapmaktadır. Boyutları 50 mm'nin altında olan yanmış kireç taşları, elek'in üst kademedeki göz aralıklarından geçerek alt kademedeki bulunan 5 mm göz aralığına sahip elek panelleri üzerine düşmekte ve alt kademedeki paneller üzerinde hareketine devam ederek siloda depolanmaktadır. Silo içerisindeki boyutları 50 mm altında olan yanmış kireç taşları sinter ve kok tesislerine kullanılmak üzere kamyonlar vasıtasıyla sevkiyatları yapılmaktadır. Tek bir elek ile iki farklı boyutlandırma yapılabilmektedir. Sanayide kullanılan eleklerde kademe sayıları üretim ihtiyacına göre 3 veya 4 olabilmektedir Şekil (6. 2) [3,25].



Şekil 6.1. Kardemir A.Ş yanmış kireç taşı eleğinin üst kademesinde bulunan çelik esaslı elek panellerinin genel görünümü.



Şekil 6.2. Kademe sayısı 3 olan elek ile boyutlandırma işlemi anı görüntüsü [7].

Kardemir A.Ş Çelikhane BOF'un yanmış kireç taşı silolarının dolun süresi yaklaşık 60 dakikadır. Bu dolun süresi zaman zaman 80 dakikalara ulaşmaktadır. Çelik üretiminin gün boyunca 24 saat durmadan devam etmesi nedeniyle yanmış kireç taşı silosunun BOF içerisine yanmış kireç taşı şarj edebilmesi için devamlı dolu olması

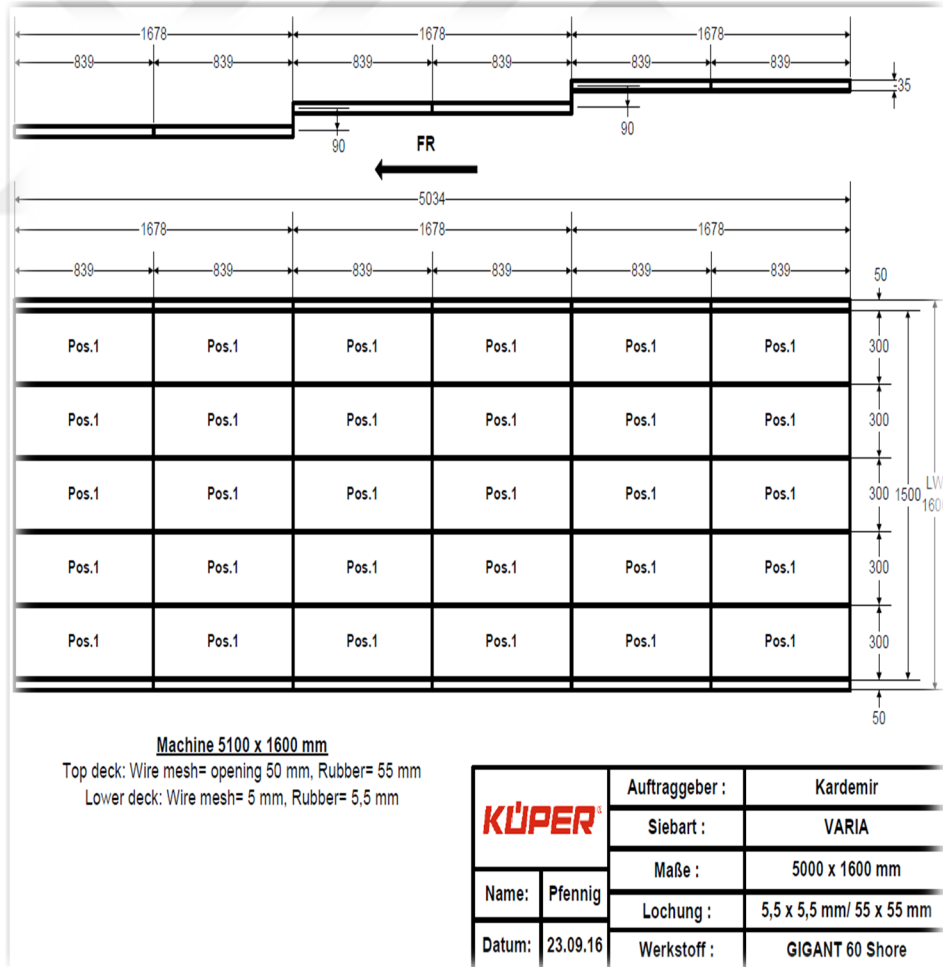
büyük önem arz etmektedir. BOF'lardaki yanmış kireç taşı silosunun dolmasındaki süre artışının kaynağı incelendiğinde yanmış kireç taşı eleği üst kademesinde bulunan çelik esaslı panellerde oluşan kopmalar farkedilmiştir. Çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopma bölgeleri incelendiğinde 350 mm'ye ulaşan deliklere rastlanılmıştır. (Şekil 6.3). Boyutları 50 mm'den büyük olmasına rağmen yanmış kireç taşları bu deliklerden düşmekte çelikhane yanmış kireç nakil bant yoluna ulaşamamaktadır. Örneğin 65 mm boyutundaki yanmış bir kireç taşı bu deliklerden alt kademedeki elek paneli üzerine düşmekte sinter ve kok silosunda depolanmak üzere hareketine devam etmektedir. Bu durumda çelikhane nakil bant yoluna birim zamanda düşen yanmış kireç taşı miktarı azalmakta ve dolayısıyla BOF yanmış kireç taşı silosunun dolum süresini 60 dakikadan 80 dakikalara kadar çıkarmaktadır.



Şekil 6.3. Kardemir A.Ş yanmış kireç taşı eleğinin üst kademesinde bulunan çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmaların görünümü.

Yanmış kireç elek panellerinde oluşan kopmaların önüne geçmek için çelik esaslı elek panellerinin yerine kauçuk esaslı elek panellerinin kullanımı araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda kauçuk esaslı elek panellerinin sanayide kopma ve dağılma yaşanmadan uzun sürelerde kullanıldığı tespit edilmiştir. Kauçuk esaslı elek panelleri 65 °C sıcaklığındaki taşları boyutlandırabilme ve 60 shore sertlik değerine sahiptirler. Yanmış kireç taşının fırınlardan eleğe ulaştığındaki sıcaklığı 55 °C'dir. Bu veriler göz

önünde bulundurulduğunda kauçuk esaslı elek panellerinin Kardemir A.Ş. Çelik Üretim Müdürlüğü Kireç Fabrikaları yanmış kireç taşı eleğinde kullanılabilceği öngörülmüştür. Alman Küper firması ile yapılan görüşmeler sonucunda 1700 mm x 1600 mm ölçülerindeki 3 adet çelik esaslı elek panelleri yerine 839 mm x 300 mm ölçülerinde 30 adet kauçuk esaslı elek panellerinin kullanılması tasarlanmıştır (Şekil 6.4, Şekil 6.5). Kauçuk esaslı elek panelleri 1 m² tarama alanında 78 adet 50 mm göz açıklığına sahiptir. Yeni tasarımın, 10 adet kauçuk elek paneli 1 bölmeyi oluşturacak ve her bir bölme arasında 90 mm yükseklik farkı olacak şekilde toplamda 3 bölme olması kararlaştırılmıştır. Bu sayede elek panelindeki mesh alanını büyüterek olası bir kopmada sadece kopma olan kauçuk elek panelinin değiştirilip üretim duruşuna verilen ara çok kısa olacağı da düşünülmüştür. Kauçuk esaslı elek panellerinin teknik özellikleri çizelge 6.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Kardemir A.Ş. Kauçuk esaslı elek panellerinin Kardemir A.Ş. mevcut yanmış kireç taşı elek ölçülerine göre tasarımının gösterimi.



Şekil 6.5. Kardemir A.Ş. Çelik Üretim Müdürlüğü tarafından alımı gerçekleştirilen kauçuk esaslı elek panelinin genel gösterimi.

Çizelge 6.1. Kauçuk esaslı elek panellerinin teknik özellikleri [26].

Ebat (mm)	Göz aralığı (mm)	Sertlik (shore)	Maksimum çalışma sıcaklığı (°C)
839 x 300	50	60	65

Ancak, kauçuk esaslı elek panel şasesi çelik esaslı elek panel şasesinden farklıdır. İlk olarak eleğin üst kademesinde bulunan cıvata bağlantılı çelik esaslı elek panelleri taşıyıcı şaseden demontajı yapılmıştır (Şekil 6.6). Üst kademedeki çelik esaslı elek panellerinin demontajından sonra elek içerisindeki çelik esaslı panel şasesi komple kesilerek alınmıştır (Şekil 6.7). Yanmış kireç taşı eleği üst kademe şasesi kesilip alındıktan sonra elek iç yüzeyi kauçuk esaslı elek panellerinin şasesinin kaynağının yapılabilmesi için zımpara taşı ile taşlanarak elek iç yüzeyinde kalan parça ve çapakların temizliği yapılmıştır.



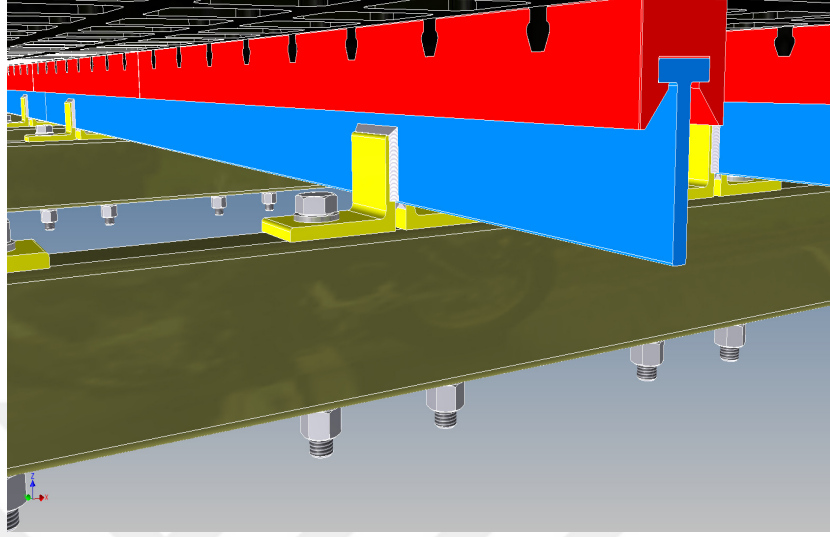
Şekil 6.6. Yanmış kireç taşı eleği üst kademe çelik esaslı elek panellerinin demonte edilmiş hali gösterimi.



Şekil 6.7. Çelik esaslı elek panel şaselerinin kesilerek demontajı anı gösterimi.

Yanmış kireç taşı elek iç yüzeyinin temizlik işi bittikten sonra kauçuk esaslı elek şasesi olan 200 mm x 200 mm ebatlarındaki kutu profillerin kaynakları yapılmıştır. Montaj için daha önce atölyede hazır hale getirilmiş kauçuk esaslı elek panelleri yanmış kireç taşı eleği iç kısmında şase görevi gören kutu profillere M22 civata ile bağlanacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 6.8). Elektteki titreşiminden dolayı civata somunları civatadan kurtulamayacak şekilde birbirine sıkı sıkıya kenetlenecek özellikteki fiberli somunlarla montajı yapılmıştır. Kauçuk esaslı elek panellerinin montaj anı görüntüsü

Şekil 6,9'da montajı bitmiş kauçuk esaslı elek panellerinin genel görünümü Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



Şekil 6.8. Kauçuk esaslı elek panellerinin kutu profil şaseye cıvata ile bağlantısının bilgisayar ortamında yapılmış katı model görünümü.



Şekil 6.9. Kauçuk esaslı elek panellerin montajının yapılması anı görüntüsü.



Şekil 6.10. Montajı tamamlanmış kauçuk esaslı elek panellerinin genel görünümü.

BÖLÜM 7

BULGULAR VE TARTIŞMA

7.1. GİRİŞ

Kardemir A.Ş. çelik üretim prosesinde BOF'lara şarj edilen yanmış kireç taşı ebatları büyük önem arz etmektedir. İşletme tecrübesi ile 50 mm ve üzerindeki yanmış kireç taşlarının BOF'lara şarj edilmesi zamanla kural haline gelmiştir. Yanmış kireç taşlarının elenmesi esnasında kullanılan çelik esaslı elek panellerinde zamanla kopmalar meydana gelmektedir. Çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmaların kontrolleri gözle yapılmaktadır. Elek makinası ortalama 74,5045 mm/s titreşimle çalışmaktadır. Eleme boyutlandırma işleminde kullanılan çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalar; çelik esaslı elek panellerinin değişimi için elek makinasının duruşuna, koparak zayi olan çelik esaslı elek panellerinin oluşturduğu maliyete, 40 kg ağırlığındaki çelik esaslı elek panellerin montaj ve demontajı esnasında iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından iş kazalarına ve çelik üretim prosesinde gecikmelere neden olmaktadır.

7.2. ÇELİK ESASLI ELEK PANELLERİNDE OLUŞAN KOPMALARA BAĞLI OLARAK ÇELİK ÜRETİM PROSESİ SÜRESİNİN UZAMASI

Kardemir A.Ş. çelik üretim ünitesinde çelik üretim prosesi 7/24 devam eden bir uygulamadır. Boyutlandırma işleminin yapıldığı yanmış kireç taşı elek makinası, çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalar sonucunda sağlıklı bir boyutlandırma işlemi yapılamamasından dolayı 50 mm' nin altındaki yanmış kireç taşları BOF'lara şarj edilmektedir. Boyutları 50 mm' nin altındaki yanmış kireç taşları BOF içerisinde sıvı çelik yapısına ulaşmadan ID fan tarafından çekilmekte, böylece BOF'larda safsızlıklar giderilememektedir. BOF içerisindeki sıvı çeliğin istenilen sıcaklığa ulaşabilmesi ve içerisindeki safsızlıkların giderilmesi için BOF'a tekrar yanmış kireç taşı şarjı yapılır

yeniden lans ile BOF içerisine oksijen üfleme işlemi yapılmaktadır. BOF sisteminde 92 ton sıvı çelik üretimi 40 dakika sürmektedir. Tekrar yanmış kireç şarj edilip lans ile oksijen üfleme işlemi çelik üretim prosesine 12 dakika ilave süreye neden olmaktadır. Kardemir A.Ş. çelik üretim ünitesi döküm raporları incelendiğinde yılda ortalama 192 kez BOF'lara fazladan yanmış kireç taşı şarj edildiği ve lans ile oksijen üfleme yapıldığı tespit edilmiştir. Yanmış kireç taşlarının elenmesi esnasında çelik esaslı elek panellerinin kopmalarından kaynaklı istenilen boyutlarda elde edilemeyen yanmış kireç taşlarının neden olduğu 12 dakikalık proses gecikmesi, yılda ortalama 5200 ton sıvı çelik üretiminin gerçekleştirilememesine neden olmaktadır.

Tez konusu olan çelik esaslı elek panelleri yerine kauçuk esaslı elek panelleri kullanımı sonucu yapılan iyileştirme ile 1 yıldır elek panellerinde kopma yaşanmamıştır. İyileştirme sonucunda Kardemir A.Ş. Çelik Üretim Ünitesinde sıvı çelik kayıplarının önüne geçilerek üretim verimliliği artırılmıştır.

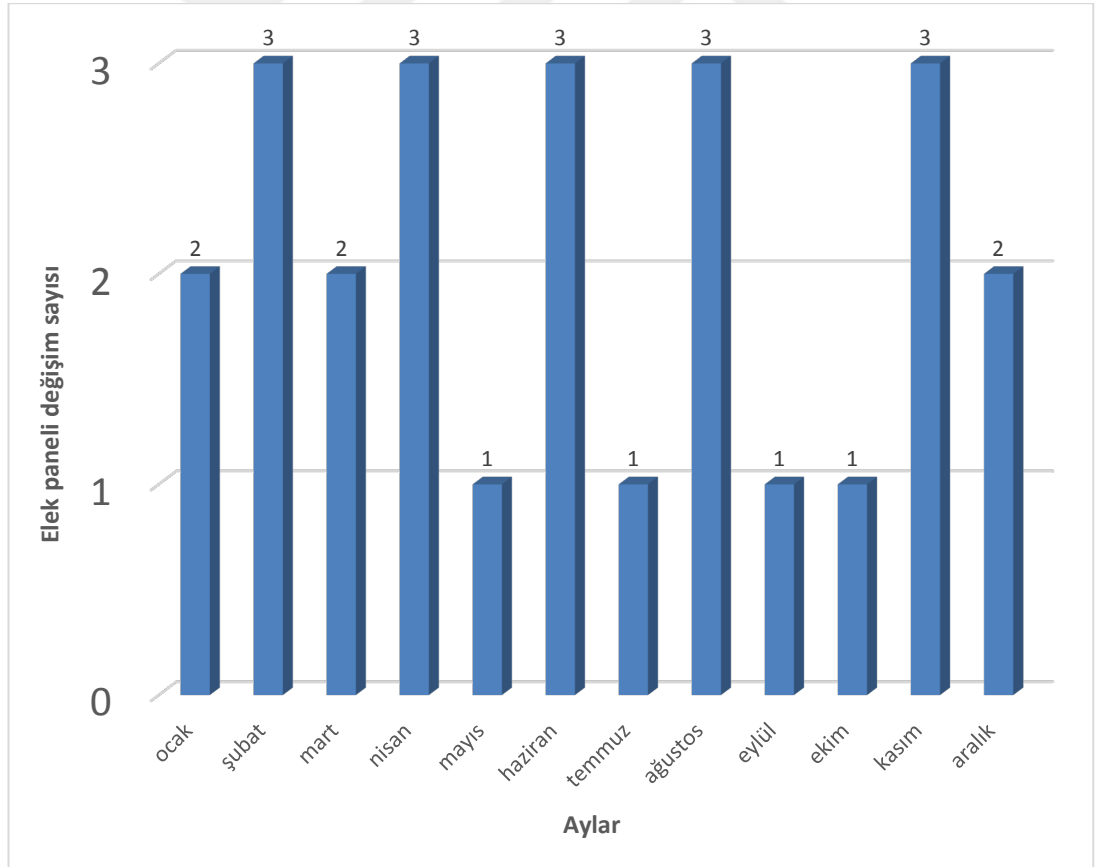
7.3. ÇELİK ESASLI ELEK PANELLERİNDE OLUŞAN KOPMALARA BAĞLI OLARAK KİREÇ FABRİKASI ÜRETİM DURUŞU

Kardemir A.Ş. kireç fabrikalarında yanmış kireç taşı eleme boyutlandırma işlemi çelik esaslı elek panelleri ile gerçekleştirilmektedir. Yanmış kireç taşını boyutlandırmada kullanılan elek 5034 mm x 1600 mm ölçülerinde dikdörtgen bir tarama-boyutlandırma alanına sahiptir. Bu tarama alanı 20 derece açı ile eğik bir şekilde olup 1678 mm x 2057 mm olmak üzere 3 eşit çelik esaslı elek paneli ile bölünmüştür. Yanmış kireç taşı eleğinde kullanılan çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalar sonucunda sağlıklı boyutlandırma işlemi yapılabilmesi için deforme olan elek panelinin yenisi ile değiştirilmesi gerekmektedir. Kopmaların olduğu çelik esaslı elek paneli cıvata bağlantıları sökülerek demontajı yapılmaktadır. Cıvata bağlantıları sökülen çelik esaslı elek paneli 4 işçi ile elle taşınarak elek şasesinden alınmaktadır. Yeni elek paneli yine 4 işçi tarafından el gücü ile elek şasesi üzerine konularak cıvata bağlantıları tamamlanmaktadır. Bir adet çelik esaslı elek panelinin kopmadan kaynaklı demontajı ve yenisinin montajı işleminin yapılması ortalama 4 saat sürmektedir. Deforme olan her bir elek panelinin değiştirilebilmesi için üretime 7/24 devam eden kireç fabrikaları duruşa geçmektedir. Çelik üretim müdürlüğü mekanik bakım faaliyet raporları

incelendiğinde (Çizelge 7,1) çelik esaslı elek panellerinin 2017 yılında toplamda 25 adet değiştirildiği tespit edilmiştir (Şekil 7,1).

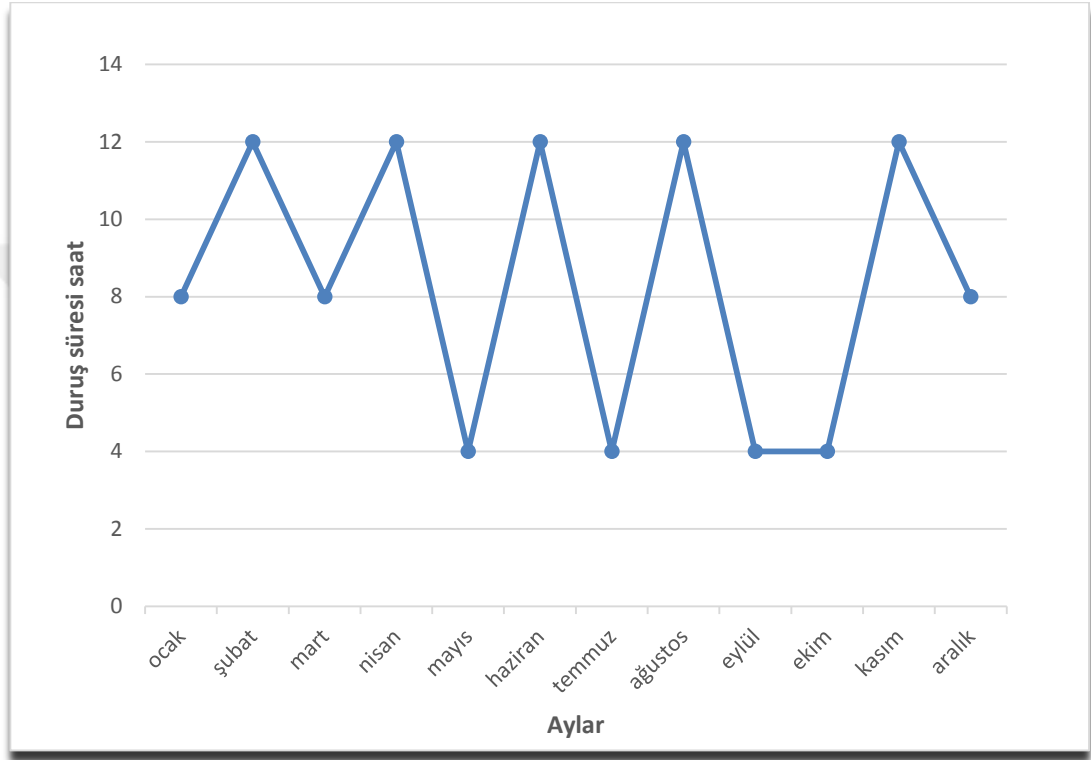
Çizelge 7.1. 2017 yılı verilerine göre kireç fabrikaları duruş süreleri ve üretim kaybı.

AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
Çelik esaslı elek paneli (adet)	2	3	2	3	1	3	1	3	1	1	3	2
Ünite duruşu (saat)	8	12	8	12	4	12	4	12	4	4	12	8
Üretim kaybı (ton)	240	360	240	360	120	360	120	360	120	120	360	240



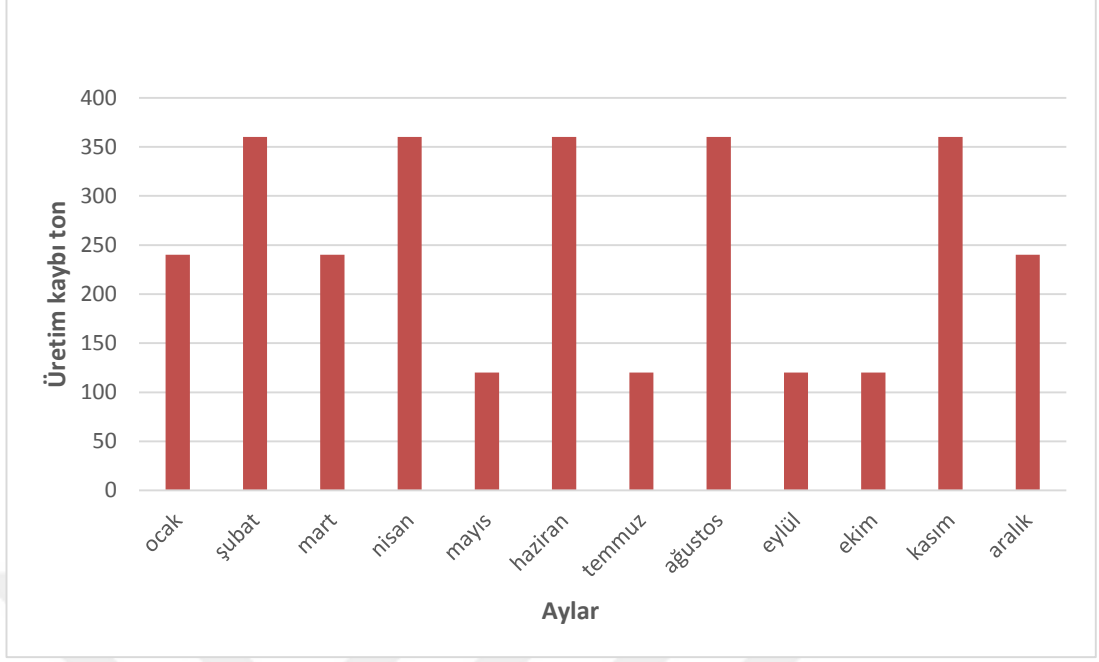
Şekil 7.1. Kardemir A.Ş. Çelik Üretim Müdürlüğü Mekanik Bakım Faaliyet raporu verilerine göre çelik esaslı elek paneli değişim sayısı.

Bir adet çelik esaslı elek panelinin değiştirilmesi 4 saat sürmektedir. Çelik esaslı elek paneli değişiminde ünite duruşu gerçekleşmektedir. 2017 yılında çelik esaslı elek panellerinin kopmasına bağlı olarak 100 saat ünite duruşu yaşanmıştır. 2017 yılında çelik esaslı elek panellerinin değişiminden kaynaklı ünite duruş sürelerinin aylara göre ünite duruş saatleri Şekil 7.2' de belirtilmiştir.



Şekil 7.2. 2017 yılı Kardemir A.Ş. kireç fabrikaları çelik esaslı elek panelleri değişimi kaynaklı ünite duruş saatleri.

Kardemir A.Ş. kireç fabrikalarında 30 ton/saat üretim yapılmaktadır. Çelik esaslı elek panellerinin değişiminden kaynaklı ünite duruşlarından dolayı 2017 yılında 3000 ton yanmış kireç taşı üretim kaybı yaşanmıştır (Şekil 7.3). Kauçuk esaslı elek paneli kullanılarak yapılan iyileştirme sonucunda 1 yıl (Ocak 2018-Ocak 2019), zaman aralığında rutin duruşların dışında elek paneli kopmalarından kaynaklı kireç fabrikaları duruşu gerçekleşmemiştir. Bu durum; kireç fabrikalarının üretim verimliliğini arttırmıştır.



Şekil 7.3. 2017 yılı Kardemir A.Ş. kireç fabrikaları çelik esaslı elek panelleri değişiminden kaynaklı yanmış kireç taşı üretim kayıpları.

7.4. MALİYET

Kardemir A.Ş. kireç fabrikalarında yanmış kireç taşlarının eleme boyutlandırılmasında kullanılan çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalar doğrudan ya da dolaylı olarak çelik üretim maliyetini artırmaktadır. Çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmaların oluşturduğu maliyet 3 ana başlıkta incelenmiştir.


- Çelik üretim prosesi gecikmesinden kaynaklı çelik üretimi maliyeti; yanmış kireç taşlarının sağlıklı boyutlandırılmamasından dolayı çelik üretim prosesinde gecikmeler yaşanmaktadır. Kardemir A.Ş. çelik üretim ünitesinde üretim 7/24 devam etmekte olup her bir dakika üretim ritminin doğru ayarlanıp maksimum üretimin sağlanması adına çok önemlidir. Kireç fabrikalarında boyutlandırma işleminde kullanılan çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalar sonucunda çelik üretim prosesinde 2017 yılında gecikmeler yaşanmış ve 5200 ton sıvı çelik üretilenmemiştir. Kardemir A.Ş. satış verilerinden elde edilen verilere göre çelik ton başına elde edilen kar ortalama 300 tl dir. Yapılan iyileştirme çalışması ile yıllık 1.560.000 TL üretim kaybının önüne geçilmiştir.

- Kireç fabrikaları duruşu yanmış kireç taşı üretim maliyeti; Kardemir A.Ş. kireç fabrikaları prosesi ara vermeden yılın tüm günlerinde devam etmektedir. Yanmış kireç taşlarının boyutlandırılma işleminin yapıldığı elek makinası kireç fabrikaları prosesinin son adımıdır. Boyutlandırılma işlemi gerçekleştirilen yanmış kireç taşları çelikhane bandına dökülür ve bant üzerinde hareketlerine devam ederek BOF yanmış kireç taşı silolarına ulaşırlar. Çelik esaslı elek panellerinin değiştirilmesi için kireç fabrikaları duruşa geçmektedir. Çelik esaslı elek panellerinin değiştirilmesi için 2017-2018 yıllarında (1 yıl) kireç fabrikaları toplamda 3000 ton yanmış kireç taşı üretilmemiştir. Türkiye'deki kireç piyasaları incelendiğinde metalurjik kireç üreten fabrikalar ortalama 20 tl/ton kar elde etmektedirler. Yapılan iyileştirme çalışması ile 60.000 TL değerinde yanmış kireç taşı üretiminin engellenmesinin önüne geçilmiştir.
- Çelik esaslı elek panellerinin kopması ve yenisi ile değiştirilmesi maliyeti (Yedek parça maliyeti); Kardemir A.Ş. çelik üretim prosesinde kendi ürettiği metalurjik yanmış kireç taşını kullanmaktadır. BOF ile çelik üretim prosesinin gerçekleştirilmesinde yanmış kireç taşının boyutları büyük önem taşımaktadır. Yanmış kireç taşlarının boyutlandırılmasında kullanılan çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalara kısa sürede müdahale edilmesi gerekmektedir. Kopmaların oluştuğu çelik esaslı elek panelleri yenisi ile değiştirilmektedir. Çelik esaslı elek panelleri Ocak 2017- Aralık 2017 aylarında kopmalara bağlı olarak toplamda 25 adet değiştirilmiştir. 2017 yılındaki satın alma verilerine bakıldığında bir adet çelik esaslı elek panelinin 350 TL değerinde olduğu görülmüştür. Yapılan iyileştirme çalışması ile 8750 TL değerinde çelik esaslı elek panelleri kullanımıyla oluşan zayıfatın önüne geçilmiştir.

7.5. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Kardemir A.Ş.'de İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) politikasının temelini "Kazasız Çelik Üretimi" hedefi oluşturmaktadır. Bu hedef doğrultusunda faaliyetlerini sürdüren İş Sağlığı ve Güvenliği Müdürlüğü bünyesinde iş güvenliği, itfaiye ve işyeri sağlık olmak üzere üç ayrı grup oluşturulmuştur. İş güvenliği grubu; çalışma ortamlarının risk analizini yaparak, daha güvenli ve sağlıklı çalışma ortamı sağlamak amacıyla, yasa,

tüzük ve yönetmelikler doğrultusunda faaliyetlerini sürdürüp, araştırma ve incelemeler yaparak personelin çalışma ortamlarını her zaman daha iyi noktalara getirmek, kazasız çelik üretebilmek, çevreye zarar vermemek ve İSG konusunda bilinçli bir toplum meydana getirmek için faaliyetlerini sürdürmektedir. Kardemir A.Ş. de İSG birimi şirket içi her türlü iş faaliyetlerinin risk analizlerini yapar ve 5x5 L matris sistemine göre risk skorlarını belirler (Şekil 7.4). L matrisi gerçekleştirilen işte ortaya çıkabilecek kazaların olasılığı ile olay gerçekleştiğinde oluşabilecek şiddet değerinin çarpımı ile elde edilen sayısal değerdir (Şekil 7.5). Risk skoru gerçekleştirilen işin İSG açısından risk ölçüsünü bildiren sayısal değer olup 1 ile 25 skala aralığında değerlendirilir.

<u>RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ</u>	
$R = O \times \text{Ş}$ R = Risk O = Olasılık Ş = Şiddet (Zararın Derecesi)	
	
<u>Olasılık</u>	<u>Ortaya Çıkma Olasılığı</u>
Çok küçük (1)	Yılda bir veya daha az
Küçük (2)	Altı ayda bir
Orta (3)	Üç ayda bir
Yüksek (4)	Ayda bir
Çok Yüksek (5)	Haftada bir
<u>Şiddet (Zararın Derecesi)</u>	<u>Derecelendirme</u>
Çok Hafif (1)	İş saati kaybı yok, ilkyardım gerektiren
Hafif (2)	İş günü kaybı yok, ilkyardım gerektiren
Orta (3)	Hafif yaralanma, tedavi gerektiriyor
Ciddi (4)	Ağır yaralanma, uzuv kaybı
Çok ciddi (5)	Ölüm, birden çok ölüm

Şekil 7.4. Kardemir A.Ş. Risk Skoru belirlemede kullanılan L tipi matrisin şiddet sayısal değerleri ve derecelendirme tanımları.

RİSK MATRİSİ					
Siddet – Zarar Olasılık-İhtimal	Çok Ciddi (5)	Ciddi (4)	Orta (3)	Hafif (2)	Çok Hafif (1)
Çok Yüksek (5)	25	20	15	10	5
Yüksek (4)	20	16	12	8	4
Orta (3)	15	12	9	6	3
Düşük (2)	10	8	6	4	2
Çok Düşük (1)	5	4	3	2	1

RİSK SKORU	EYLEM
25, 20, 16, 15	KABUL EDİLEMEZ RİSK Bu risk değeri ile ilgili mümkün olan en kısa sürede çalışma başlatılmalı, önlem alınmalı.
12, 10, 9, 8	DİKKATE DEĞER RİSK Risk seviyesini aşağıya düşürmek için önlem planlanmalı ve yakın - orta tarihte faaliyete geçirilmeli.
6, 5, 4, 3, 2, 1	KABUL EDİLEBİLİR RİSK Denetim ve kontroller ihmal edilmemeli. Eylem planı düşünülebilir.

Şekil 7.5. Risk skoru belirlemede kullanılan L tipi risk matrisi tablosu.

Çelik esaslı elek panellerinin yenisi ile değiştirilmesi işlemi 4 kişi ile zor koşullar altında gerçekleştirilmektedir. İSG uzmanı tarafından çelik esaslı elek panelleri ortalama haftada bir kez değiştirilmekte olduğundan olasılık değeri 5 olarak belirlenmiştir. Çelik esaslı elek panelleri el-kol sıkışması ayak burkulması, belde incinme, yaralanma gibi iş kazalarına sebep olduğu için İSG uzmanı tarafından şiddet değeri 3 olarak belirlenmiştir. L matrisine göre risk skor değeri olasılık ile şiddetin çarpımıdır. Çelik esaslı elek panelleri değişimi sırasındaki risk skoru Olasılık (5) x Şiddet (3) = 15 olarak tanımlanmıştır.

Kauçuk esaslı elek panellerinde kopmalar yaşanmamaktadır. Olasılık değeri İSG uzmanı tarafından 1 olarak belirlenmiştir. Kopma olup olası bir kauçuk esaslı elek paneli değişimi durumunda bir kişi herhangi bir el aleti kullanmadan kopan elek panelini değiştirebilmektedir. Kauçuk esaslı elek panelinin olası değiştirilme ihtimaline karşı İSG uzmanı tarafından şiddet değeri 3 olarak belirlenmiştir. Kauçuk

esaslı elek panelleri değişimi sırasındaki risk skoru Olasılık (1) x Şiddet (3) = 3 olarak belirlenmiştir.

Kardemir A.Ő. kireç fabrikalarında kullanılan elek makinesi panellerinde gerçekteřtirilen iyileřtirme ile risk skor deęeri 15'den 3'e dūřürölerek, elek panelleri deęiřiminde oluřabilecek iř kazalarının önüne geçilmiřtir.



BÖLÜM 8

SONUÇLAR

Eleme boyutlandırma işlemi gerçekleştiren sanayi kuruluşlarında genellikle çelik esaslı elek panelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Çelik esaslı elek panelleri ile eleme boyutlandırma işleminde çok kısa sürede kopmalar gerçekleşmekte ve tesis duruşlarına neden olmaktadır. Bu çalışmada, çelik esaslı elek panelleri yerine dinamik mühendislik uygulamaları için ideal olan esneyebilme özelliği sayesinde üzerine düşen enerjiyi absorbe edebilen kauçuk esaslı elek panelleri kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir;

- Kardemir A.Ş çelik üretim tesisi mekanik bakım onarım ekibi tarafından çelik esaslı elek panelleri, dinamik mühendislik uygulamaları için ideal olan esneyebilme özelliği sayesinde üzerine düşen enerjiyi absorbe edebilen kauçuk esaslı elek panelleri ile değiştirilerek 2018 yılı içerisinde elek panellerinde kopmalardan dolayı çelik üretim prosesinde gecikmeler yaşanmamıştır.
- 2018 yılında kauçuk esaslı elek panelleri ile yanmış kireç taşlarının elenmesi ile 5200 ton sıvı çelik üretim kaybının önüne geçilmiştir.
- Yapılan iyileştirme çalışması ile Kardemir A.Ş. kireç fabrikalarında, elek panellerinin kopmasına bağlı kireç fabrikalarının duruşu engellenerek 60.000 TL değerinde yanmış kireç taşı üretiminin engellenmesinin önüne geçilmiştir.
- Yapılan iyileştirme çalışması ile 8.750 TL değerinde çelik esaslı elek panelleri kullanımıyla oluşan maliyetin önüne geçilmiştir.
- Kardemir A.Ş. kireç fabrikalarında kullanılan elek makinesi panellerinde gerçekleştirilen iyileştirme ile risk skor değeri 15'den 3'e düşürülerek elek paneli değişimi kaza sıklık oranında %80 oranında düşüş sağlanmıştır.

- Yapılan iyileştirme çalışması ile küçük boyutlarda yanmış kireç taşı kullanılması durumunda BOF içerisine tekrar yanmış kireç taşı şarj edilmesi ortadan kaldırılarak yanmış kireç taşı sarfiyatında azalma sağlanmıştır.
- Yapılan iyileştirme çalışması ile BOF yanmış kireç taşı silosunun dolum süresinde azalma sağlanmıştır. Çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalar sonucu BOF yanmış kireç taşı silosunun dolum süresi ortalama 80 dakikadan kauçuk esaslı elek paneli kullanımına geçilmesiyle BOF yanmış kireç taşı silosu dolum süresi ortalama 60 dakikaya düşürülmüştür.
- Yapılan iyileştirme çalışması ile çelik esaslı elek panellerinde oluşan kopmalara bağlı olarak yenisi ile değişiminde harcanan zaman kireç fabrikalarında kestirimci bakımcılık yapılarak değerlendirilmiştir.

Kardemir A.Ş. gibi eleme boyutlandırma işlemi gerçekleştiren işletmelerde çelik elek paneli kopmaları ile oluşan olumsuzlukların yaşanmaması için kauçuk esaslı elek panelleri kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Callister, W., D. ve Rethwisch, D., G., “Materials Science and Engineering”, *Wiley*, 322-394 (2007).
2. Yıldız, K., “Demir Çelik Metalurjisi Ders Notları”, *Sakarya Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü*, Sakarya (2013).
3. Kardemir, “Çelik Üretim Müdürlüğü Üretim Raporları”, *Kardemir*, Karabük (2017).
4. Yüce, A., E., Gürkan, V., Erdoğan, M., Tarkan, H. M., Girgin, Ş., Kangal, M. O ve Oktay, F. Y., “Demir Çelik Kullanım Amaçlı Kireçtaşları İçin Yeni Bir Tanımlama Önerisi”, *Madencilik*, 41 (4), 21-36 (2002).
5. Vahapoğlu, V., “Kauçuk Türü Malzemeler I. Doğal Kauçuk”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü*, Trabzon (2007).
6. Küçük malzemeler ve özellikleri, http://www.teknolojikarastirmalar.com/pdf/tr/07_010109_5_sugozu.pdf E.T: (10.11.2017).
7. Şeflek, A. Y., Çarman, K. ve Özbek, O., “Budama Atıklarının Parçalanmasında Kullanılan Makinanın Performans Değerlerinin İrdelenmesi”, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2(3), 219-224 (2006).
8. Demirsöz, R., “Granül Curüf Taşımada Kullanılan Boruların İç Yüzeyinin Aşınma Özelliklerinin İyileştirilmesi”, Doktora Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2018).
9. Wills, B. A., “Wills' Mineral Processing Technology (Seventh Edition)”, *Wills' Mineral Processing Technology*, Australia, 186-202 (2005).
10. Baragetti, S., ‘Innovative structural solution for heavy loaded vibrating screens’, *Minerals Engineering*, Bergamo, 15-26, (2015).
11. Beeckmans, J. M., Hu, E., Germain, R. ve McIntyre, A., “Performance characteristics of a probability screening machine”, *Powder Technology*, Elsevier, 43 (1), 249-256 (1985).
12. Ramatsetse, B., “Failure and sensitivity analysis of a reconfigurable vibrating screen using finite element analysis”, *Case Studies in Engineering Failure Analysis*, Pretoria, 40-51 (2017).

13. Jiang, H., Duan, C., Wu, J., Zhao, Y., Liu, C., Luo, Z., Dong, L., Zhang, Bo., Wang, Z., Zhang, C., Yu, X., “Kinematics characteristics of the vibrating screen with rigid-flexible screen rod and the behavior of moist coal particles during the dry deep screening process”, *Powder Technology*, Xuzhou, 319, 92-101 (2017).
14. Vishwas, M., Joladarashi, S. ve Kulkarni, S. M., “Behaviour of Natural Rubber in Comparison with Structural Steel, Aluminium and Glass Epoxy Composite under Low Velocity Impact Loading”, *Materials Today: Proceedings*, Karnataka, 4(10), 10721-10728 (2017).
15. Li, Z., “Modeling and parameter optimization for the design of vibrating screens”, *Minerals Engineering*, Xiamen, 149-155 (2015).
16. Wang, L., Ding, Z., Meng, S. ve Zhao, H., “Kinematics and dynamics of a particle on a non-simple harmonic vibrating screen”, *Particuology*, Harbin, 167-177 (2017).
17. He, X. ve Liu, C., “Dynamics and screening characteristics of a vibrating screen with variable elliptical trace”, *Mining Science and Technology (China)*, Jiangsu, 508-513 (2009).
18. Peng, L., Wang, Z., Ma, W., Chen, X., Zhao, Y. ve Liu, C., “Dynamic influence of screening coals on a vibrating screen”, *Fuel*, Xuzhou, 484-493 (2018).
19. Yue-min, Z., Chu-sheng, L., Xiao-mei, H., Cheng-yong, Z., Yi-bin, W. Ve Zhi-ting, R., “Dynamic design theory and application of large vibrating screen”, *Procedia Earth and Planetary Science*, Yangquan, 1(1), 776-784, (2009)
20. Rotich, N., Tuunila, R., Elkamel, A. ve Louhi-Kultanen, M., “Dynamic and perturbative system analysis of granular material in a vibrating screen”, *Advanced Powder Technology*, Waterloo, 28(12), 3257-3264 (2017)
21. Cleary, P. W., Wilson, P. ve Sinnott, M. D., “Effect of particle cohesion on flow and separation in industrial vibrating screens”, *Minerals Engineering*, Clayton South, 191-204 (2018).
22. Jafari, A. ve Nezhad, V. S., “Employing DEM to study the impact of different parameters on the screening efficiency and mesh wear”, *Powder Technology*, 126-143 (2016).
23. Xiong, X., Niu, L., Gu, C. ve Wang, Y., “Vibration characteristics of an inclined flip-flow screen panel in banana flip-flow screens”, *Journal of Sound and Vibration*, Taiyuan, 411, 108-128 (2017).
24. Jafari, A. ve Nezhad, V. S., “Employing DEM to study the impact of different parameters on the screening efficiency and mesh wear”, *Powder Technology*, Sirjan, 126-143 (2016).

25. Sandvik, “Kademeli Elek Panelleri”,
<https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/stationary-crushers-and-screens/stationary-screens-and-feeders/ss-and-sf-free-fall-screens/> E.T:
(25.07.2018).
26. Küper GmbH&Co., “The Clamp-on System for Fast, Robust Connection of Standardised Components”
http://www.kuepergermany.com/system/uploads/files/51658b/74898d5f4e2e00014/RZ_Kueper_Siebe_Datenblatt_VARIA_en.pdf E.T:(01.09.2018)



ÖZGEÇMİŞ

Engin NAKAŞ 1988 yılında Karabük'te doğdu; ilk ve orta öğrenimini Safranbolu Ünsal Tülbentçi ilköğretim okulunda tamamladı. Safranbolu Lisesi'nden mezun oldu. 2007 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2012 yılında mezun oldu. Askerlik görevini tamamladıktan sonra 2013 yılında KARDEMİR A.Ş. alt işvereni olan HG İnşaat Makine firmasında şantiye şefi olarak göreve başladı. 2015 yılında KARDEMİR A.Ş. Çelik Üretim Müdürlüğü'nde Mekanik Bakım Mühendisi olarak göreve başladı. 2018 yılında KARDEMİR A.Ş. İş Sağlığı ve Güvenliği Müdürlüğüne İSG öneri sistemleri başmühendisi olarak atandı ve hala devam etmektedir. 2014 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : KARDEMİR A.Ş.
İş Sağlığı ve Güvenliği Müdürlüğü
Fabrika Sahası 78170 Merkez / KARABÜK

Tel : (541) 297 3486

E-posta : enakas@kardemir.com