



tmmob
m a k i n a m ü h e n d i s l e r i
o d a s ı



tmmob
m e t a l ü r j i m ü h e n d i s l e r i
o d a s ı

D. Demir-Çelik Sektöründe Çevre Yönetimi ve Atıkların Değerlendirilmesi

"Erdemir'de çevre yatırımları ve ISO 14001 uygulamaları"

Gülay YILDIRIM
Aygül ÖZSU

Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.

ERDEMİR'DE ÇEVRE YATIRIMLARI VE ISO 14001 UYGULAMALARI

Gülay YILDIRIM

Aygül ÖZSU

Özet: Hem ülkemizde hem de dünyada son otuz yılı çevresel sorunların ve çözüm arayışlarının yoğun olarak yaşandığı bir dönem olarak tarif edebiliriz. Bu kapsamda günümüzde çevre sorunları yerellikten ziyade küresel ölçekte etkiler göstermekte ve günlük yaşamımıza giderek çevre daha çok damgasını vurmaktadır. Toksik maddelerin havaya, suya, toprağa karışması sonucu yaşanan kirlilik, biyolojik kaynak ve çeşitliliğin yok olması tehlikesi, toprakların yok olması ve/veya kullanılamaz hale gelmesi, insan faaliyetlerinin küresel ekosistem dengesini bozması, nüfus artışı, küresel ölçekte yaygınlaşan yoksulluk gibi nedenlerden dolayı dünya bugün çok önemli ve karmaşık sorunlarla karşı karşıyadır. Gün geçmiyor ki dünyanın herhangi bir yöresinden insanoğlunun çevreye karşı olan duyarsızlığı sonucu yaşanan bir felaket haberi gelmesin.

Çevresel sorunların ve üzerine düşen sorumluluğun bilincinde olan ERDEMİR, bugüne kadar yapmış olduğu çevre yatırımlarıyla "Sürdürülebilir Kalkınma" ilkesini destekleyen bir kuruluş olma özelliği göstermiştir. ERDEMİR yaptığı yatırımları sonucu gelecek kuşakların ihtiyaçlarını dikkate alarak bir taraftan çevreyi korurken; diğer taraftan ürün, hammadde ve doğal kaynakların geri kazanımını sağlamıştır.

ERDEMİR, çevre ile ilgili yapmış olduğu yoğun yatırımlarını bir sistematik çerçevesinde yürütmek ve sosyal paydaşlarının (müşteriler, çalışanlar, tedarikçiler, hissedarlar ve toplum) beklentilerini karşılamak amacıyla ISO 14001 standardı çerçevesinde "Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS)" çalışmalarını başlatmıştır. Bu çalışmalar kapsamında Çevre Politikası, Çevre Temel Kitabı, Prosedürler, İş Talimatları ve Çevre Boyut ve Etki Değerlendirme tablolarını içeren yaklaşık 2.000 sayfalık bir doküman alt yapısı oluşturulmuş ve uygulama çalışmalarına başlanmıştır.

Mevzuata uyumun temelde yer aldığı Çevre Yönetim Sistemiyle, atığı kaynağında azaltmak, geri kazanıma önem vererek doğal kaynak ve enerji tasarrufu yapılmasını teşvik etmek gibi politikalar ve uygulamalar geliştirilmiştir.

Bu bildirin birinci bölümünde, ERDEMİR'de yapılan çevre yatırımları (mevcut artırım ve geri kazanım tesisleri) tanıtılmaktadır. İkinci bölümde ise, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi kapsamında yapılan çalışmalardan ve bu çalışmalar çerçevesinde geliştirilen projeler ve düzenlemelerden örnekler sunulmaktadır.

Anahtar Sözcükler: *Erdemir Çevre Yatırımları, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi, Çevre Boyutlarının Saptanması ve Etkilerinin Değerlendirilmesi Çalışmaları.*

1. ERDEMİR ÇEVRE YATIRIMLARI

ERDEMİR, çevre kirliliğinin insan sağlığına ve doğal yapıya zarar vereceği bilincinde olarak, kurulduğu yıllardan beri bu konuya gerekli duyarlılığı göstermektedir. Su, hava ve toprağa verilecek kirliliği en az düzeyde tutacak tesisler kurmakta, izleme ve ölçme alt yapısını geliştirip kirlilik önleme konusunda daha sistematik yaklaşımlar geliştirmektedir. ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) de bu yaklaşımın sonucu olarak gündeme gelmiştir.

ERDEMİR'de şimdiye kadar kurulmuş olan artırım sistemleri aşağıda ele alınmıştır.

ARITIM TESİSLERİ

K o k Fabrikası Atıksu Biyolojik Tesisi

Kok Fabrikası katran dekanterlerinden, Amonyum Sülfat ve Benzol tesislerinden gelen fenol, amonyak, siyanür içeren atıksular biyolojik olarak arıtılmaktadır. Atıksular önce dinlendirme tanklarında yağ, tortu ve katı maddelerinden

temizlenir, nötralizasyon işleminden sonra kok filtrelerinden geçirilip, seyreltme havuzuna alınır. Fenol ve diğer bileşiklerin yoğunluğunu azaltmak ve bakteriler için uygun çalışma ortamı sağlamak amacıyla buhar ve fosforik asit ilavesi yapılır. Atıksu daha sonra havalandırma havuzuna alınarak hava verilir ve bakterilerin fenolü parçalaması sağlanır. Oluşan çamurlu su çökeltme havuzuna geçerek çamur sudan ayrılır. Arıtılan su dışarı kanalına, çamur ise kekleştirme sistemine gönderilir. Tesis kapasitesi 56 m³/saat'tir.

Soğuk Haddehaneler Kimyasal Atıksu Arıtma Tesisi

Soğuk Haddehane tandem, temizleme ve teneke hatlarından çıkan asitli, deterjanlı, yağlı atıksular bu sistemde arıtılmaktadır. Yağlı atıksular ön ayırma tanklarında, yağların büyük bir kısmını bırakarak flotasyon ünitesine geçerler. Burada hava, kireç, demirsülfat ve polielektrolit gibi kimyasallar verilerek yağ ve çöken maddeler ayrılır. Geri kazanılan yağlar yakıt olarak değerlendirilirken çöken çamur ise çamur kurutma yataklarına verilerek suyundan ayrılır. Flotasyon tankından çıkan yarı arıtılmış atıksu, asitli ve alkali atıksularla beraber karıştırma tankında kireç ve demir sülfat ile işleme sokulur. Polielektrolit ilavesiyle katı maddelerinden ayrılan su denize, çamur ise çamur kurutma yataklarına verilir. Tesis kapasitesi 523 m³/saat'tir.

2. Soğuk Haddehane Kromlu Su Arıtma Tesisi

Tesis, krom kaplama ünitesinden Cr⁺³e indirgenmiş olarak gelen kromlu atıksuyun sudan uzaklaştırılması için kurulmuştur. Kapasitesi 40 m³/saat'tir.

Sosyal Tesisler Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi

Sosyal tesislerden gelen atıksular bu tesiste arıtılıp, "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde" belirtilen parametreler sağlandıktan sonra alıcı ortama verilmektedir. Sisteme gelen kirliliği sular, havalandırma havuzundan sonra çökeltme havuzuna geçer. Suyu, çökeltme verimini arttırmak için polielektrolit ilavesi yapılır. Çökeltme havuzundan alınan sulu çamura kireç eklenerek koyulaştırma havuzunda dinlendirilir ve buradan da kurutma yataklarına verilerek gübre olarak değerlendirilir. Atıksu ise klor eklenerek drenaja verilir. Tesis kapasitesi 2830 m³/gün'dür.

Sıcak Haddehane ve Sürekli Dökümler Atıksu Arıtım ve Su Resirkülasyon Tesisi

Yassı mamul üretiminin haddeleme işlemi sırasında yüzey temizleme ve soğutma proseslerinde kullanılan sular bu tesiste arıtılmaktadır. Katı madde ve yağ içeren bu sular önce tufal çukurlarına alınarak tufalın dibe çökmesi, üstte kalan yağların ise sıyrılarak sudan ayrılması sağlanmaktadır. Tufal havuzlarından geçen su basınçlı kum-çakıl ve antrasit filtrelerinden geçirilerek kalan tufal ve yağlarından arıtılmakta, daha sonra soğutma kulesinde soğutulduktan sonra tekrar sisteme verilmektedir.

Kazanılan yağlar yakıt olarak değerlendirilirken tufal ise Sinter üretim prosesinde kullanılmaktadır. Tesis kapasitesi 17.600 m³/saat'tir.

1. Soğuk Haddehane Asit Rejenerasyon ve Demir Sülfat Üretim Tesisi

Soğuk Haddehanede üretilen sacların sülfürik asitle yüzey temizleme işlemi sırasında oluşan, demir ve seyrettik asit içeren banyo çözeltileri bu sistemde değerlendirilir. Çözelti önce vakum altında soğutularak demir sülfat kristalleri oluşturulur. Daha sonra santrifüj ayırıcıda asitli çözüldüden ayrılan demir sülfat kristalleri (FeSO₄ · 7 H₂O) satılmak üzere paketleme ünitesine gönderilir. Çıkan demir sülfat, fabrika içerisinde su arıtım sistemlerinde de koagulant olarak kullanılmaktadır. Santrifüjden çıkan seyreltik asit çözeltisi ise buharlaştırma işlemi ile konsantrasyonu artırılır ve geri kazanılarak aynı sistemde geri kullanılır. Tesis kapasitesi 31 m³/saat'tir.

2. Soğuk Haddehane Asit Rejenerasyon ve FeO Üretim Sistemi

Yine soğuk haddehanede üretilen sacların hidroklorik asitle yüzey temizleme işlemi sırasında oluşan demir klorür çözeltisi önce akışkan yataklı reaktörden geçirilerek ısı 850°C'ye çıkartılır. Yüksek sıcaklıkta FeO taneçikleri oluşarak alttan sistemden ayrılırken, HCl asiti ise buhar olarak asit buharı yıkama sistemine verilir. Suyu yıkama işlemi ile sıcaklık 100 °C'ye indirildikten sonra asit, asit depo tankına, kalan demir oksit ise değerlendirilmek üzere Sinter Fabrikası'na gönderilir. Tesis kapasitesi 7.3 m³/saat'tir.

Sinter Fabrikası Elektrostatik Toz Tutma Sistemi ve Diğer Toz Tutucuları

Sinter Fabrikası'nın çeşitli yerlerinden toplanan tozlu gazlar atmosfere verilmeden önce elektro statik toz tutucudan geçirilir. Sistem, çıkış toz konsantrasyonu en fazla 50 mg/m³ olacak şekilde tasarlanmış, baca gazı debisi 972.000 nr³/saat'tir.

Diğer toz tutucular ise aşağıda verilmektedir.

Sinter Tarafı Toz Toplama Sistemi : 8.200 nr³/dak
Cevher Tarafı Toz Toplama Sistemi : 900 m³/dak

1. ve 2. Yüksek Fırın Hammadde Besleme Toz Tutma Sistemi

Yüksek fırınların cevher, pelet, kok gibi besleme sistemlerindeki tozlan tutan toz tutma sistemlerinin kapasiteleri;

1. Yüksek Fırın Kapasite : 2.500 m³/dak
2. Yüksek Fırın Kapasite : 4.000 m³/dak

1. ve 2. Yüksek Fırın Döküm Holü Toz Tutma Sistemi

Döküm alma esnasında çıkan tozların tutulması için kurulmuştur.

Kapasite : 8.000 mVdak

Yüksek Fırın Baca Gazı Temizleme ve Su Resirkülasyon Tesisi

Yüksek fırın bacalarından çıkan kirli gaz geri kazanım amacıyla temizlenerek yakıt olarak kullanılmaktadır. Yüksek fırın gazı önce gaz yıkama kolonlarında su ile yıkanır. Su içinde kalan katı maddelerden ağır olanlar ön ayırmada tutulmakta buradan da çamur havuzlarına gönderilmektedir. Su ise çökeltme havuzlarında dinlendirilerek askıdaki katı maddeleri alınmakta, soğutma kulesinde soğutulduktan sonra tekrar sisteme verilmektedir. Gaz yıkayıcılardan çıkan yüksek fırın gazı elektro filtreden geçirilerek kalan tozundan arındırılır ve yakıt gazı olarak kullanılır.

Tesisin kapasitesi : 680 mVsaat'tir.

Çelikhane Baca Gazı Temizleme ve Su Resirkülasyon Tesisi

Çelik üretimi sırasında konvertörlerden çıkan gazlar yoğun biçimde katı madde sürüklerler. Bu gazlar konvertörler üzerinde bulunan davlumbazlar ile toplanmakta, su ile yıkanarak içerisindeki katı maddeleri tutulmaktadır. Katı madde içeren su önce çökeltme havuzuna, sonra soğutma kulesinde soğutulduktan sonra sisteme geri verilir. Çökeltme havuzunda dibe çöken çamurlar ise kurutulmak üzere çamur kurutma yataklarına gönderilir. Temizlenen gaz yakıt olarak kullanılır.

Tesisin kapasitesi: 75.000 mVsaat'tir.

Çelikhane Gaz Temizleme Sistemi

Çelikhaneenin değişik kısımlarından kaynaklanan tozların tutulması amacıyla kuru tip torbalı toz tutucular kurulmuştur.

- Kimyasal Isıtma ve Pota Alaşım Sitemi:
Kapasite : 1.500 nrVdak
- Otomatik Flux Toz Toplama Sistemi:
Çelikhaneenin flux sistem konveyörlerine ait transfer noktalarından çıkan tozlar tutulmaktadır.
Tesis Kapasitesi: 1.167 m³/dak
- İkincil Toz Tutma Sistemi:
Kapasite : 18.084 mVdak
- Pota Fırını ve Pota Karıştırma Tesisi Toz Tutma Tesisi:
Kapasite : 1.667 m³/dak

Kireç Fabrikaları Toz Tutma Sistemleri

Torbalı tip toz tutma sistemlerine sahiptir.

3.Kireç Fabrikası kapasite : 800 m³/dak

4.Kireç Fabrikası kapasite : 2.000 nrVdak

2. ERDEMİR'DE ISO 14001 KURMA ÇALIŞMALARI

Globalleşen dünyada, çevrenin korunması, enerjiden tasarruf sağlanması, maliyetlerin düşürülmesi ve pazar payının artırılmasını sağlayan en önemli unsurlardan bir tanesi ISO 14000 Çevre Yönetim Standardlarının uygulanmaya başlamasıdır. Günümüzde bu ve diğer yönetim standartlarının yaptırım gücü, yasal yaptırımlardan çok daha etkili olmaya başlamıştır. Bu anlayışla, 13.01.1999 tarihli Toplam Kalite Konseyinin kararıyla ERDEMİR'de ISO 14001 ÇYS kurma çalışmaları başlatılmıştır. 28.06.1999 tarihinde ise ERDEMİR Çevre Politikası Genel Müdürlük Makamı tarafından yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. ISO 14001 ÇYS nin uygulanmasıyla geçmişten günümüze sürdürülmekte olan çevre faaliyetleri sistematik yapıya oturtulacak, sürekli gelişim ilkesiyle çevre konusunda önemli çalışmalar ortaya konulacaktır.

ERDEMİR'de Yapının Oluşturulması, Sorumlulukların Tanımlanması

ÇYS'nin ilk aşaması olan üst yönetim taahhüdünün alınması ve çevre politikasının yayınlanarak, yürürlüğe girmesinden sonra, ÇYS nin kurulması ve uygulanmasından sorumlu personel belirlenerek, görev tanımları yapılmıştır.

Toplam Kalite Konseyi tarafından ISO 14001 ÇYS'nin ERDEMİR'de kurulmasından sorumlu Çevre Çalışma Grubu, ÇYS'nin tüm gerekliliklerinin yerine getirilmesinde Çevre Çalışma Grubuna destek sağlamak ve üst yönetime rapor sunmaktan sorumlu Çevre Yönetim Temsilcisi. ÇYS nin ünitelerde uygulanması ve sürekliliğinin sağlanmasından sorumlu Ünite Çevre Sorumluları ve Ünite Çevre Temsilcileri atanmıştır.

Eğitim Faaliyetleri

Eğitim faaliyetleri ERDEMİR'de ISO 14001 ÇYS çalışmalarının önemli adımlarından birini oluşturmaktadır.

Eğitim faaliyetleri, Çevre Çalışma Grubunun ve Ünite Çevre Temsilcilerinin ISO 14001 ÇYS Bilinçlendirme ve ISO 14001 ÇYS Tetkikçi eğitimlerinin alınması ile başlatılmıştır.

Çevre Çalışma Grubu tarafından tüm işletme genelinde sürdürülen diğer eğitimlerin konuları;

- a- ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Bilgilendirme,
- b- Çevre Boyutlarının Saptanması ve Etkilerinin Değerlendirilmesi Metodolojisi,
- c- Çevresel Proses Kontrol ve Kayıt Sistematiğinin Oluşturulması ve Acil Durum Planlarının Hazırlanmasıdır.

ÇYS kapsamındaki mesleki eğitimler ise ihtiyaç doğrultusunda üniteler tarafından yürütülmektedir.

ERDEMİR ÇYS Dokümantasyon Sisteminin Oluşturulması

ISO 14001 ÇYS çalışmaları kapsamındaki faaliyetlerin sistematığını oluşturan ERDEMİR Çevre Yönetim Sistemi dokümanları aşağıda verildiği biçimde oluşturulmuştur.

- a- Çevre **Temel Kitabı** : ERDEMİR'de Çevre Yönetim Sisteminin her kademedeki çalışanlar ve yöneticiler tarafından anlaşılmasını sağlamak ve ÇYS sisteminin kuruluş ve işleyişinin temel prensiplerini belirlemek amacıyla hazırlanmıştır.
- b- **Prosedürler** : Standardın herbir maddesine karşılık ÇYS Prosedürleri hazırlanmış ve KGS Prosedürleri ile entegrasyonu sağlanmıştır.
ÇYS kapsamındaki prosedürler;
Çevre Boyutlarının Saptanması ve Çevre Etkilerinin Değerlendirmesi Prosedürü
Çevre Amaç ve Hedeflerinin Belirlenmesi Prosedürü
Çevre Yönetim Programı Hazırlama ve Uygulama Prosedürü
Çevre Mevzuatı Prosedürü
Çevresel Proses Kontrol Prosedürü
Ölçüm ve Kontrol Prosedürü
Çevresel Acil Durum Prosedürü
Yatırımların Çevresel Etki Değerlendirilmesi Prosedürü
İletişim Prosedürüdür,
- c- İş Talimatları
- d- Destek Dokümanlar (raporlar, akım şemaları gibi)

Çevre Boyutlarının Saptanması ve Etkilerinin Değerlendirmesi Çalışmaları

ERDEMİR faaliyet, ürün ve hizmetlerinden doğan çevresel risklerini saptamak için Çevre Boyutlarının Saptanması ve Çevre Etkilerinin Değerlendirmesi Metodolojisini geliştirmiştir.

Çevresel etki envanterinin hazırlanması amacıyla tüm proseslerde hammadde, yardımcı madde girdilerini, ürün, yan ürün ve atık çıktılarını gösteren çevresel proses akım şemaları oluşturulmuştur. Bu akım şemalarından yararlanılarak, proseslerde herbir faaliyetin çevresel etki yaratma olasılığı ve oluşan etkinin derecesinin belirlenmesi için risk puanları hesaplanarak, tablolar oluşturulmuştur.

Çevresel Proses Kontrol Altyapısının Oluşturulması

Çevresel Etki Değerlendirmesi çalışmaları sonucunda çevresel riski yüksek bulunan tüm etkileri kontrol altına almak için çevresel proses kontrol altyapısı oluşturulmuştur. Bu kontrol sisteminin işlerliği ve uygulamasını sağlamak amacıyla daha önceki çalışmada belirlenen çevre prosesleriyle ilgili iş talimatları hazırlanmıştır. İş talimatları hazırlanırken çevre mevzuatı, geçmişte yaşanan olağanüstü haller ve kazalar ve çevre boyutlarının değerlendirilmesi ve etkilerinin belirlenmesi çalışmalarının sonuçları dikkate alınmıştır.

Bu iş talimatlarında:

- Kapsam ve uygulama alanı,
- İş yapmakla yükümlü personelin veya birimin sorumlulukları,
- Prosesin çevrede olumsuz etki yaratmaması için çalışma işlem kriterleri,
- Bu işlem kriterlerinden olası sapmalar sonucunda çevreye verilen etkiler ve bu etkilerin giderilmesi için alınacak önlem ve tedbirler,
- Sürekli izlenen parametreler ve yapılan ölçümler, belirtilmiştir.

Çevresel Acil Durum Planlarının Hazırlanması

Çevresel Acil Durum çalışmasının amacı : ERDEMİR'de doğal afet, sabotaj ile üretim faaliyetleri esnasında mevzuata uygunsuzluk ve kontrol parametrelerinden sapmalar gibi beklenmedik durumların meydana gelmemesi, meydana gelmesi halinde çevrede olabilecek olumsuz etkilerin önlenmesi ve en aza indirilmesidir.

Çevre Amaç ve Hedeflerinin Tesbit Edilmesi ve Yönetim Programlarının Oluşturulması

Ünitelerde yapılan çevre boyutlarının saptanması ve etkilerinin değerlendirilmesi çalışmaları sonucunda önemli olarak tesbit edilen boyutlar, yönetim programına amaç ve hedef olarak dahil edilmiştir.

Kuruluş İçi Çevre Tetkiklerinin Yapılması

ERDEMİR, TSE tarafından bir ön tetkikten geçmiştir. Ön tetkik sonrası tespit edilen eksiklikler bir uygulama planı dahilinde giderilmeye çalışılmaktadır. Özellikle mevzuata aykırı olan uygulamaya dönük sorunlar için uygulama projeleri geliştirilmiştir.

Çevre Yönetiminin Gözden Geçirilmesi

Yılda bir defa düzenlenecek "Çevre Yönetiminin Gözden Geçirilmesi" toplantısında, iç denetim sonuçları değerlendirilerek, uygulanan çevre yönetim sisteminin standartta istenen şartları karşılayıp karşılamadığı, verimliliği ve sürekliliği kontrol edilecektir.

3. ISO 14001 KAPSAMINDA GELİŞTİRİLMİŞ PROJELER

Ön tetkik sonrası eksik olarak karşımıza çıkan uygulamaya dönük sorunlardan bir kısmı ERDEMİR'in kendi imkanlarıyla çözümlenmiş, bir kısmı ise yakın gelecekte çözüm bulacaktır. Bu projeler şunlardır:

- Yağların tüketimi ile ilgili envanter oluşturulmuş, üniteler bazında tüketimin en aza indirilmesi için çalışmalar başlatılmıştır.
- Çıkan atık yağların açık sahaya gelişigüzel atılması önlenmiş, Su tesisleri sahasına yapılan ilave atık yağ

depolama tankları ile yağların suları alınmakta, satışı sağlanmaktadır.

- Kullanım yağlarının depolanmasına ilişkin tip proje geliştirilmiş, Standard depolama şekli ile yağların dökülerek çevreyi kirletmesi veya bozularak atık haline dönüştürülmesi önlenmiştir. Yaygınlaştırılması devam etmektedir.
- Kok Fabrikası'ndan çıkan ve önceleri açık sahaya dökülen atık yıkama yağları kendi tesisleri içinde susuzlaştırılmakta, suyu arıtma tesisine giderken yağlar ise satışa sunulmaktadır.
- Yine Kok Fabrikası katran dekanterlerinden çıkan tortular kok tozu ve diğer bağlayıcılar kullanılarak briket haline getirilerek bataryalara şarj edilecektir. Bu konuda araştırma ve deneme çalışmaları yapılarak olumlu sonuç alınmış, henüz uygulamaya başlanılmamıştır.
- ERDEMİR'in atık envanteri oluşturulmuş, atık malzemelerin bertaraf edilme şekline göre sınıflandırmaları yapıp bertarafı sağlanacaktır.
- ERDEMİR'de kullanım dışı kalmış atık malzemelerin satışından 2001 yılının ilk dört ayında yaklaşık 500 Milyar TL gelir elde edilmiştir.
- Ünitelerde üretim sonucu açığa çıkan bakım, ambalaj, ofis ve diğer atık malzemelerin bertarafı için bir prosedür geliştirilmiş, uygulanması sağlanacaktır.

◆ Atık pillerin ambarlarda toplandıktan sonra yüksek fırınlara verilmesi sağlanmıştır.

◆ Atık kağıtların ayrı ayrı toplanarak, Seka'ya verilmesi sağlanmıştır.

◆ Atığın kaynağında azaltılması bilinci yaygınlaştırılmaktadır.

• Bütün çalışanlara çevre kirliliğini önleme ve atıkları değerlendirme konularında bilinçlendirme eğitimleri verilecektir.

• Üretim sonucu açığa çıkan katı atıkların geri kazanımını sağlamak üzere oluşturulan bir komisyon marifetiyle fizibilite çalışmaları sürdürülmektedir. Bu atık geri kazanım tesisinin kurulması ile hem hammadde tasarrufu sağlanmış hem de bu atıkların yaratmış olduğu çevre kirliliği önlenmiş olacaktır.

4. SONUÇ

ERDEMİR çapında çevresel sorunlara çözüm bulmada sistematik bir yaklaşım olan Çevre Yönetim Sistemleri uygulaması sonucu kuruluşumuzda önemli ilerlemeler kaydedilmiş bulunmaktadır. Özellikle çevresel performansın iyileştirilmesi, sosyal paydaşların beklentilerinin karşılanması, daha az çevresel kaza, çalışanların katılımı, konu ile ilgili ulusal, uluslararası ve sektörel yasa ve yönetmeliklere uyum ile maliyetlerde sağlanan azalma bu ilerlemelere ilişkin örnekler olarak verilebilir.



tmmob
makina mühendisleri
odası



tmmob
metalürji mühendisleri
odası

D. Demir-Çelik Sektöründe Çevre Yönetimi ve Atıkların Değerlendirilmesi

*"Çelikhane cürufu içerisindeki hurdaların
değerlendirilmesi"*

Erem ALTAN

Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.

ÇELİKHANE CÜRUFU İÇERİSİNDEKİ HURDALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Erem ALTAN

Özet: Bu çalışmada, 1981 yılından itibaren Erdemir'de biriktirilen çelikhane cüruflarını katma değer yaratacak yan ürünlere dönüştürmek üzere Erdemir özkaynakları ile yapılan 250 t/saat kapasiteli "Çelikhane Cürufu Değerlendirme Tesisi" hakkında bilgiler verilmiştir.

1996 yılında proje çalışmalarına başlanan ve 1998'de devreye alınan tesisin projelendirilmesinden önce cüruf değerlendirme konusunda yapılan denemeler, tesis yeri ve kapasitesinin seçimi, tesisin yapım aşamaları, uygulama çalışmaları özetlenmiş, ayrıca halen faal durumdaki tesisin üretim teknolojisinden de bahsedilmiştir.

Anahtar sözcükler: Çelikhane Cürufu, Cüruf Değerlendirme, Manyetik Hurda.

1. ÇELİKHANE CÜRUFUNUN YAPISI VE OLUŞUMU:

Yüksek fırında üretilen pik demiri, içinde fazla miktarda C, Si, P ve S bulunduğu sert ve kırılığandır. Pik demirden daha mukavemetli, daha kolay işlenebilen çelik malzeme elde etmek için Çelikhane konvertörüne alınan sıvı pik demir (sıcak metal) içindeki istenmeyen elementlerin oksitlenme yoluyla giderilmesi gerekir. Konvertöre hammadde olarak sıcak metal ve hurdanın yanısıra yardımcı hammadde olarak da yanmış kireç (CaO), kireçtaşı (CaCO₃), dolomit [CaMg(CC>3)2] gibi cüruf yapıcı flux malzemeleri ilave edilir. Konvertörüne oksijen üflenerek çelik kompozisyonunda istenmeyen elementlerin oksitlenerek giderilmesi sağlanır. Meydana gelen oksitler flux malzemeleri birleşerek ergimiş haldeki cürufu oluştururlar ve yoğunluk farkından dolayı konvertör içindeki sıvı çeliğin üstünde yer alırlar. Bu arada demirinde bir kısmı oksitlenerek demiroksit halinde cürufa karışarak cürufa akıcılık sağlar. Kaliteli bir çelik, iyi bir cüruf elde edilir. Bu nedenle çelikhanelerde pratiğe uygun cüruf bileşimiyle çalışılmalıdır.

Çelikhane cürufunun, literatürde verilen tipik kimyasal kompozisyonu şöyledir:

%10,9 SiO₂, % 42,9 CaO, %1,5 Al₂O₃, %20,7 FeO, %7,2 MgO, %0,09 S, %5,2 MnO, %1,4 TiO₂

BOF (Basic oxygen furnace) teknolojisi ile Çelik üreten tesislerde literatüre göre 1 ton çelik üretimi için gerekli cüruf miktarı yaklaşık olarak 150 kg'dır.

BOF cürufunun kimyasal kompozisyonu ve miktarı; konvertöre şarj edilen hammaddeye, elde edilecek çeliğin cinsine ve işletme pratiğine göre değişiklik gösterir.

Yüksek fosforlu sıcak metal kullanımında %8-12 SiO₂ bulunurken, düşük fosforlu çalışmada %15-20 SiO₂ bulunur. Cüruf içerisindeki silisyum miktarının artışı yanmış kireç kullanımını da artırır.

MnO miktarının artışı, cüruf akışkanlığını ve cüruf hacmini artırır; buna bağlı olarak akışkan cürufun çalışması fırın taşmasına ve verimliliğin düşmesine neden olur. Düşük Manganlı çalışmanın mahsuru ise metal banyosundan sıçrayan parçacıkların oksijen lansına yapışmasıdır. BOF'ta Manganın %80'i, Fosforun %90'ı oksitlenerek cürufa geçer.

Cürufun iki özelliği, reaksiyonlar ve çelik yapımında önemlidir:

- Baziklik: Özellikle düşük fosforlu sıcak metal, BOF için tercih edildiğinden fosfor ve kükürdü gidermenin başarılı olabilmesi için baziklik minimum %3,5 (teorik) olmalıdır.
- Cüruf oksitlenme düzeyi: Cüruftaki FeO oranı çelik yapımı için çok önemlidir. Metal banyosuna oksijen verir. Ancak cüruftaki demir oksitinin fazla artışı konvertör astarının aşınmasında önemli bir etkidir. Konvertörde yüksekten Oksijen üflenmesi cürufta FeO seviyesini artırır.

2. ÇELİKHANE CÜRUFUNUN KULLANIM YERLERİ:

Çelikhane cürufuna uygulanan çeşitli işlemlerden sonra:

- Elde edilen parça ve granüle haldeki metalikler, (manyetik hurdalar) çelikhane hurda girdisi olarak;
- Toz haldeki metalik ürünler ve ince kırılmış cüruflar, sinter harmanına şarj malzemesi olarak;
- Metalikleri ayıklanmış çeşitli ebatlarda sınıflandırılmış cüruflar ise:
 - Karayollarında asfalt kaplama malzemesi olarak; (yüzey, temel ve dolgu malzemesi)
 - Tarım toprağını iyileştirme malzemesi olarak;
 - Çimento klinkeri için hammadde olarak;
 - Betonarme için ince agrega olarak; (Cürufun hızlı soğutulması halinde)
 - Çeşitli amaçlarla dolgu malzemesi olarak

kullanılmaktadır.

Çelikhane cürufu, dayanımı yüksek olduğu için altyapı malzemesi olarak, arazide tesviye işlemlerinde, yol yapımı, su yapıları için dolgu ve balast malzemesi olarak değerlendirilmektedir.

Yol yapımında uygulamaya etkisi olan özellikleri; kireç dağılımı, demir dağılımı, serbest kirece bağlı genişleme, gözenekler, yetersiz kristalleşmedir. Bu özellikler dolayısıyla uygulamada serbest kirece bağlı genişleme gözlemlenebilir. Bunun önüne geçilmesi ve cürufun yapısında doğal olarak mevcut olan serbest kirecin özelliklerini kaybetmesi için yola serilmeden önce uzun süre bekletilmelidir. Kırılma dayanımı, yol yapımında kullanılan balast malzemeleri ile mukayese edilecek kadar iyidir. (TRÖGER'e göre sıradışı aşınma direnci: 19 cm³, normal aşınma direnci: 25-31 cm³, yetersiz aşınma direnci: 37 cm³ iken, çelikhane cürufu için bu değer: 18—27,7 cm³ dür.)

Cüruf, yol kaplama malzemesi olarak 1980'de Linz'de kullanılmış, ~5 cm kalınlığındaki kaplama üzerinden 90-140 tonluk ağır ekipmanlar geçirilerek yapılan denemelerde bir deformasyon gözlenmemiştir.

3. ERDEMİR'DE CÜRUF MANİPLASYONU:

Erdemir'de konvertörlerde meydana gelen cüruf, yaklaşık 1500 °C sıcaklıkta sıvı fazda iken cüruf potasına alınmaktadır. Cüruf potaları 12,6 m³ hacminde ve yaklaşık 30 ton cüruf alabilecek kapasitedir. 2 dökümde 1 pota doldurulmakta ve dolaşımında 14 adet pota bulunmaktadır.

Çelikhane günlük ortalama 70 döküm yapılmakta ve burada potalara alınan cüruflar, demiryolu vasıtasıyla "Cüruf Tumba Tesisi"ne taşınmaktadır. Çelik konstrüksiyon açık bir hol şeklindeki bu tesiste, potaları devirebilecek özellikte 2 adet tavan vinci bulunmaktadır.

Cüruf Tumba Tesisinde aşağıdaki işlemler yapılmaktadır:

- Tavan vinçleri yardımıyla pota içindeki sıvı cüruf, cüruf soğutma yatağına boşalması,
- Soğutma yatağına dökülen sıvı cürufun soğutulması,
- Boşaltılmış cüruf potalarının tekrar kullanılmak üzere hazırlanarak çelikhaneye gönderilmesi.

Cüruf potasından sahaya dökülen sıvı haldeki cüruf, üzerine kontrollü olarak verilen soğutma suyu ile karşılaştığında katılaştır ve kristalleşip gri ve az gözenekli bir malzeme halini alır.

Erdemir'de 1995 yılında tamamlanan Çelikhane Kapasite Artırımı ve Modernizasyonu sonrası Çelikhane cürufunun yaklaşık özellikleri aşağıda verilmiştir:

Kimyasal kompozisyon: %10,68 SiO₂, %50,17 CaO, %2,81 Al₂O₃, %17,84 FeO, %1,44 MgO, %0,05 S, % 4,68 MnO, % 1,28 P₂O₅, %0,29 TiO₂ ve % 10,72 Fe
Sertlik: 6,5 - 7 moh's scale,
Yığın Ağırlığı: 2 ~ 2,8 ton/m³,
Nem Miktarı = - %5

Modernizasyon öncesi Çelikhane'den çıkan cürufun kimyasal kompozisyonu ile yukarıda verilen yeni kompozisyon arasındaki en önemli fark demiroksit miktarıdır. Modernizasyon öncesi %20-25 olan FeO oranı, modernizasyondan sonra %15-20'ye düşmüştür. Bunun nedeni de yeni konvertörlerde tesis edilen alttan karıştırma sistemidir.

Cüruf içerisinde, cürufa kaçan ve süngerimsi yapıda serbest demir de yer almaktadır. Yazının sonraki bölümlerinde metalik oranı yüksek olan bu malzeme, "manyetik hurda" veya kısaca "hurda" olarak anılacaktır.

Halihazırda Erdemir'de 1 ton sıcak madenin işlenmesi sırasında yaklaşık olarak: 45 kg skal, 125 kg BOF cürufu, 12,5 kg taşan cüruf, 18 kg çelik potasında kalan cüruf, 15 kg desülfürizasyon cürufu oluşmaktadır.

4. ERDEMİR'DE CÜRUF DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI:

Erdemir'de Çelikhane Cürufu, katma değer sağlayacak ürünlere dönüştürülebilmesi ve içerisindeki hurdanın çelik üretiminde iki temel girdiden biri olarak değerlendirilme imkanı bulunması, başka bir deyişle ithal hurda yerine ikame edilebilmesi nedeniyle 1981 yılından itibaren liman tarafında açık sahada Cüruf Tumba Tesisi yanında biriktirmeye başlanmıştır.

Muhtelif skallar, desülfürizasyon cürufları, çelik potası cürufları ve refrakter artıkları ile karışık olarak sahada biriktirilen çelikhane cürufları; 1994 yılında yapılan ölçümlere göre, yaklaşık 2.100.000 m³ hacim ve 5.000.000 ton ağırlığında bir tepe halini almıştır.

1986 yılında özellikle çelikhane cürufu içindeki hurdaları ayırmak ve ebatlandırılmış cürufu değerlendirmek üzere bir deneme tesisi yapılmıştır. Önceleri 25 t/saat kapasite ile çalışan tesis, 1991 yılında yapılan revizyonlarla 100 t/saat cüruf işleyecek hale getirilmiştir. Bu tesiste 1 adet grizzly elek ve besleyici, 5 adet konveyör, 2 adet elek, 1 adet darbeli kırıcı ve 2 adet bantlı manyetik seperatör bulunmaktadır.

Bu tesis ile başlayan deneme çalışmaları ile paralel olarak biriktirilmiş olan cürufun; entegre çelik fabrikalarında cürufların manipasyonu ve işlenip değerlendirilmesi işi ile uğraşan uluslararası müteahhit firmalar vasıtası ile işlettilmesi alternatifleri üzerinde de çalışılmıştır. Yapılan araştırmalar ve fizibilite çalışmaları sonucu Erdemir'in kendi şartlarına uygun bir tesisin yine Erdemir tarafından dizayn edilip işletmeye alınmasının hem mali açıdan hemde işletme pratikleri açısından daha uygun olacağına karar verilmiştir.

Cüruf Değerlendirme Tesisinin dizaynından önce; Deneme Tesisinde işlenen cürufun içerisindeki manyetik hurda oranının ve manyetik hurdaların içindeki metalik demir oranının tespiti ile ilgili çalışmalar ve sözkonusu oranın yükseltilmesi için denemeler yapılmıştır.

4.1 Metalik Demir Oranının Tespiti ve Yükseltilmesi İçin Yapılan Denemeler

Manyetik hurdaların içindeki metalik demir oranının tespiti için 1995 yılında yapılan ilk denemede, üniform bir yapıya sahip olmayan cüruf tepesinin muhtelif bölgelerinden alınan cüruflar tartılarak deneme tesisindeki hopere yüklenmiş, kırılmak ve elenmek suretiyle işlenmiştir. Hoper ızgarasından ayrılan parçaların içindeki manyetik hurdalar seygar magnet ile ayıklanmıştır. Izgaradan ve seperatörlerden elde edilen manyetik hurdalar, ayrı ayrı tartılmış, bunlardan alınan numuneler içindeki metalik demir oranı laboratuarda tespit edilmiştir.

496 ton cüruf işlenerek yapılan bu ilk denemede ağırlık bazında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Manyetik hurdaların cüruf içindeki oranı : % 11
Hurdalardaki metalik demir oranı : % 65,28 ortalama
% 39,18 minimum
% 75,08 maksimum

Çelikhane kullanılabilecek hurdaların metalik demir oranının ağırlıkça en az % 80 olması istenmektedir. Bu bakımdan elde edilen hurda içindeki metalik oranını artırmak üzere denemelere devam edilmiştir. Cüruftan elde edilen manyetik hurdaların üzerinde ve gözeneklerinde yine cüruf parçacıkları bulunmakta ve metalik oranının yükseltilmesi için bu cüruf parçacıklarının hurdadan mümkün olduğu kadar ayrılması gerekmektedir.

Bu işlemin yöntemini tespit için yapılan ikinci denemede seperatörlerden alınan ve ortalama metalik yüzdesi % 55,48

olarak tespit edilen 12.120 kg hurda, Kireç Taşı Kırma Eleme Tesisindeki Yıkama Tamburundan geçirilmiştir.

Yıkama Tamburu silindirik, yatay konumda dönen ve içerisinde malzemelerin vida hareketi yaparak ve aynı zamanda birbiri üzerine düşerek ilerlemesini temin eden kanatlar bulunan bir ekipmandır. Bu işlemin sonucunda yıkama tamburundan geçtikten sonra toplanan manyetik hurdanın 10.995 kg olduğu ve ortalama metalik demir yüzdesinin % 76,16 değerine yükseldiği görülmüştür.

Yine 1995 yılında yapılan üçüncü denemede ise manyetik seperatörlerde tutulan 12.465 kg hurda kamyonu alınıp tekrar deneme tesisinin rampasından giriş hoperine yüklenmiş ve sistem çalıştırılarak manyetik hurdalar seperatörlerde tekrar yakalanmıştır. Bu denemede seperatörlerde tekrar yakalanan hurda 10.780 kg olmuştur.

Denemelerin sonucunda, manyetik seperatörler ile tutulan hurdaların bir tambur içerisinde kuru olarak çevrilip birbiri üzerine düşürülmesi ile hurdaların yapısındaki cüruf parçacıklarından büyük bir bölümünün düşme, çarpma, sürtünme hareketleri ile hurdadan ayrılacağı ve metalik demir oranının da Çelikhane istediği % 80 değerine ulaşacağı tespit edilmiştir.

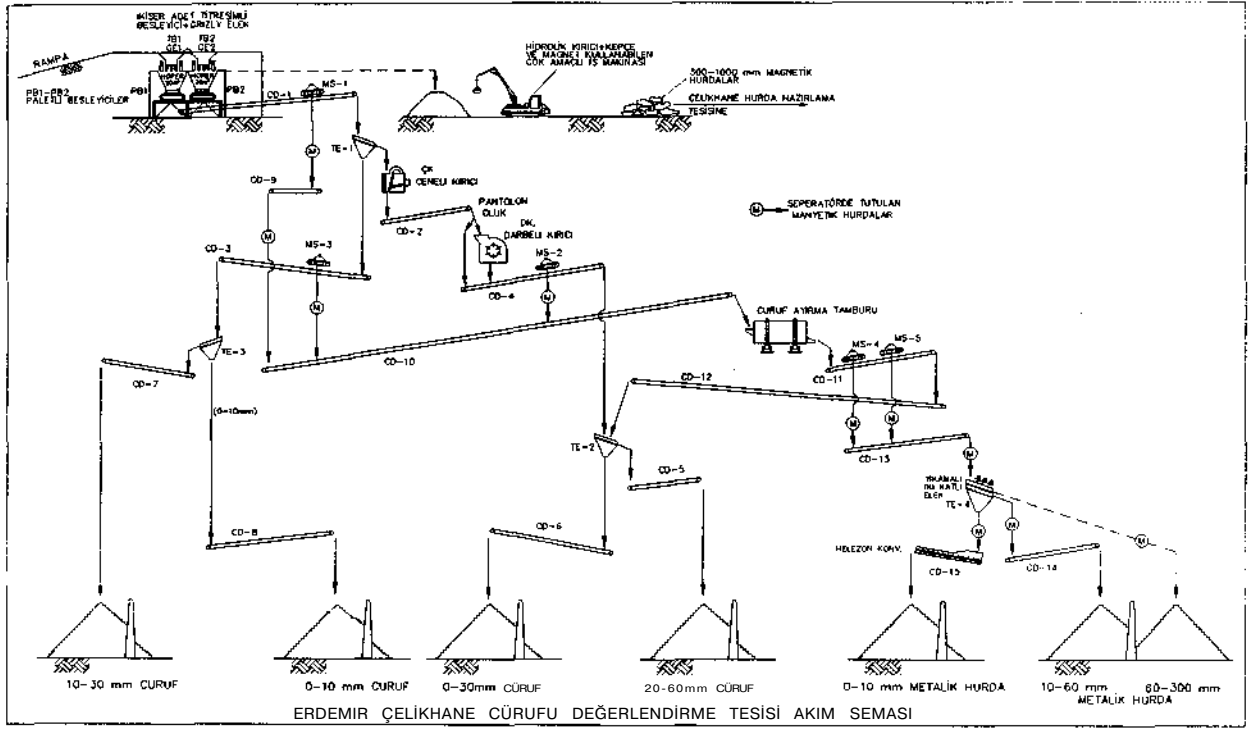
4.2 Tesis Yerinin ve Kapasitesinin Seçimi

Tesisin yerleşimi için en uygun yer olarak cüruf tepesinin kuzeydoğusunda, cüruf tumba tesisinin de kuzeybatısında taşıma işini en aza indirmek için hemen tepenin yamacında bir yer seçilmiştir.

Deneme tesisinde elde edilen çalışma pratikleri, cüruftan elde edilecek hurdanın çelikhane tüketilme oranı ve benzeri çeşitli faktörler de dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda; mevcut cüruf tepesini 5,5 yılda işleyerek bitirmek hedefi ile 2 vardiya çalışma düzeni ve %80 toplam çalışma verimi esasıyla 250 ton/saat kapasiteli bir "Cüruf Değerlendirme Tesisi" kurulmasına karar verilmiştir.

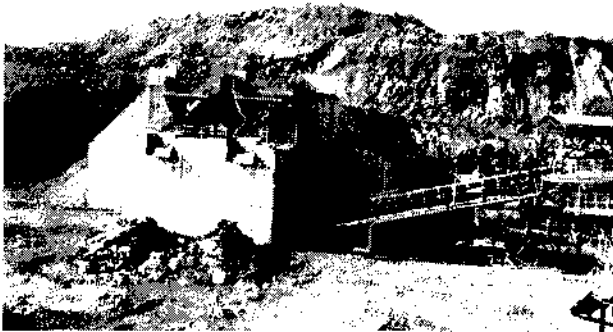
Bu tesisten 5,5 yıllık çalışma sonunda elde edilmesi hedeflenen malzemeler aşağıda verilmiştir:

- Manyetik hurdalar: yaklaşık 700.000 ton olacağı tahmin edilmiştir. Bunlardan +60mm ebatlı olanları çelikhane tüketilmesi, daha küçük ebatlardaki parçaların ise sinter harmanına katılması öngörülmüştür.
- 0-10mm. Ebatlı cüruf : Ağırlıkça %25-30, yaklaşık 1.600.000-1.920.000 ton olacağı tahmin edilmiştir. Bu malzemenin sinter harmanına katılması öngörülmüştür.
- 10-60mm arasında sınıflandırılmış cüruf ile muhtelif ebatlı refrakter kırığı ve moloz: yaklaşık 3.775.000 ton olacağı tahmin edilmiştir. Bu malzemenin genellikle dolgu malzemesi olarak faydalanılması öngörülmüştür.



5. TESİSİN ÜRETİM TEKNOLOJİSİ (PROSESİN TANITIMI)

Yukarıda verilen akım şemasından da görüleceği üzere: cüruf tepesinden ağır hizmet tipi büyük kapasiteli damperli taşıyıcılar ile getirilen cüruf, rampa üzerinden hopelerle boşaltılmaktadır. Her hoperin hacmi, 1 taşıyıcı ile gelen malzemeyi alacak ölçüdedir. Hoperlerin üzerinde, taşıyıcıdan dökülen karışık cürufu hopere istenilen özellikte vermek üzere titreşimli besleyiciler ve grizzly elekler bulunmaktadır.



Resim 1. Rampa ve Yükleme Hoperleri

Cüruf, besleyici ve grizzly eleklerden hopere boşalırken 300 mm.den daha iri cüruflar ve metalik parçalar, grizzly eleğin ızgarası üzerinden hoperin yan tarafına dökülerek ayrılmaktadır. (Resim-1) Bu bölümde biriken +300mm malzeme içindeki metalik hurdalar, magnet ataşmam

takılmış ekskavator vasıtasıyla ayıklanarak ayrılmakta ve doğrudan çelikhane hurda hazırlama tesisine gönderilmektedir.

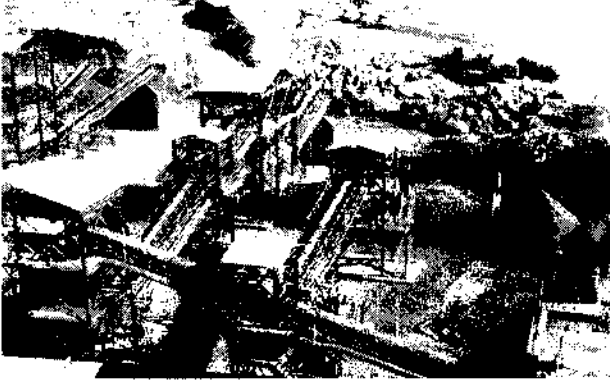
Hoperlerin altından Paletli Besleyici ile alınan 0-300mm karışık malzeme, CD-1 konveyörü ile TE-1 eleğine giderken bu konveyör üzerine yerleştirilmiş MS-1 manyetik separatörü ile manyetik hurdaların bir bölümü yakalanmaktadır. Kalan malzeme ise TE-1 eleğinde kalın ve ince olmak üzere 2 ebada ayrılmaktadır.

Elek üstü kalın malzeme, eleğin hemen çıkışına yerleştirilmiş Çeneli Kırıcıda işletme pratğine göre belirlenen çene açıklığında kırılmakta ve CD-2 konveyörü yardımıyla Darbeli Kırıcıya taşınmaktadır.

Darbeli Kırıcı'nın yerleşimi, ihtiyaç halinde devreye alınabilecek veya devre dışı bırakılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Kırıcının devreye alınmasını sistemden elde edecek ince cürufun kullanım oranı belirlemektedir. Kırıcı çalıştırılmadığı zaman CD-2 konveyörü çıkışına yerleştirilmiş pantolon oluk yardımıyla malzeme doğrudan CD-4 konveyörüne yönlendirilmektedir.

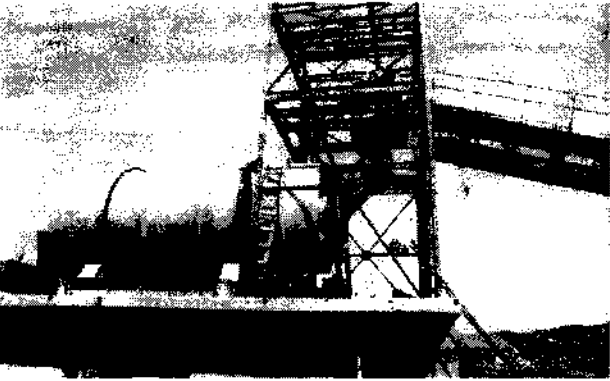
CD-4 konveyörüne alınan ince veya orta kalınlıkta malzeme, TE-2 eleğine taşınırken bu konveyör üzerine yerleştirilmiş MS-2 manyetik separatörü ile cürufta kalmış manyetik hurdaların bir bölümü daha yakalanmaktadır. Kalan malzeme ise TE-2 eleğinde elenmektedir. Bu eleğin göz açıklığı, darbeli kırıcının devrede olup olmamasına göre belirli ölçüye değiştirilmektedir. Elek üstü cüruf CD-5 konveyörü ile, elek altı cüruf ise CD-6 konveyörü ile sahaya yığılmaktadır. (Resim 2.)

TE-1 eleğinde, elek altından alınan malzeme, CD-3 konveyörü ile TE-3 eleğine taşınırken bu konveyör üzerine yerleştirilmiş olan MS-3 manyetik seperatörü ile bu bölümdeki manyetik hurdalar da yakalanmaktadır. Kalan cürüflar ise TE-3 eleğinde elenerek benzer şekilde CD-7 ve CD-8 konveyörleri ile sahaya yığılmaktadır.



Resim 2. İşlenmiş Cürüfün Sahaya Yığılması

Kırıcı ve elekler arasındaki taşıma esnasında MS-1, MS-2, MS-3 bantlı manyetik seperatörler ile toplanan manyetik hurdalar, CD-10 konveyörüne verilmekte, bu konveyör vasıtasıyla bütün manyetikler cüruf ayırma tamburuna gönderilmektedir. (Resim-3) Tambur içindeki kanatlar dönme hareketiyle birlikte malzemeyi ilerletmekte ve birbiri üzerine düşürmektedir. Ard arda tekrarlanan düşme ve çarpma hareketleri ile gözenekli yapıdaki metaliklerin üzerinde bulunan cüruf parçaları, manyetiklerden ayrılmakta ve hurda olarak kullanılacak malzemenin metalik oranı yükselmektedir.



Resim 3. Cüruf Ayırma Tamburu

Cüruf ayırma tamburundan çıkan malzeme, CD-11 konveyörü ile taşınırken bu konveyör üzerine yerleştirilmiş MS-4 ve MS-5 seperatörleri ile ayıklanan manyetik parçalar, oluklar ile CD-13 konveyörüne aktarılmakta, kalan cüruf ise CD-12 konveyörü ile elenmek üzere TE-2 eleğine nakledilmektedir.

CD-13 konveyörü üzerindeki metalik hurdalar, TE-4 no.lu iki katlı elek ile elenmekte ve yıkanmaktadır. Bu elekte 3 ayrı ebada sınıflandırılmış hurdalar, CD-14 ve CD-15 konveyörleri ile sahaya yığılmaktadır.



Resim 4. Cüruf Değerlendirme Tesisi Genel Görünüş

Tesis, kumanda binasından PLC ile otomatik olarak çalıştırılmaktadır. Tesis işletmesi ve kumandası, ayrıca soyunma-yıkama yeri olarak iki katlı bir bina inşa edilmiştir. (Resim-4)

Tesiste kullanılan mobil ekipmanlar, her biri yeterli sayıda ve kapasitede olmak üzere ağır hizmet tipi damperli taşıyıcı, shovel, ekskavatör, traxcavator, loader ve dozerden ibarettir.

Tesiste yaklaşık 600 ton çelik konstrüksiyon ve 250 ton teknolojik ekipman ve elektrik aksamı kullanılmıştır. Tesisin toplam enerji ihtiyacı yaklaşık 700 kw-saattir.

Tesiste bir vardiyadaki çalışan sayısı; 1 formen, 1 sistem operatörü, 4 düz işçi ve sürekli çalışan iş makinelerinin 3 operatörü olmak üzere 9 kişidir.

6. TESİSİN YAPIM AŞAMALARI VE UYGULAMA ÇALIŞMALARI

Tamamı Erdemir özkaynakları ile gerçekleştirilen tesisin ana mühendislik, proje yönetimi ve uygulama çalışmaları; Etüd Proje Daire Bşk.lığı, Etüd Planlama Md.lüğünün koordinatörlüğünde yürütülmüştür.

1995 yılı son aylarında yapım kararı alınan tesisin avan projelerinin çizimi 1996 yılı ilk yarısında tamamlanmış; inşaat, aydınlatma, topraklama ve genel hizmet projeleri Erdemir'ce yapılmış, diğer detay projeler ise Erdemir kontrolünde bir mühendislik firmasına çizdirilmiştir.

Tesiste kullanılacak teknolojik ekipmanlar, deneme tesisinden ve diğer manipulasyon sistemlerinden elde edilmiş tecrübelerin ışığında özenle seçilmiş, özel ekipmanların projeleri ise Erdemirde hazırlanmıştır. Cüruf ayırma tamburu ile 3 adet elek, bu projelere göre Erdemir'in kendi atelyelerinde imal edilmiştir. Diğer teknolojik ekipmanlar, hazırlanan teknik şartnameler ile yurtdışı ve yurtiçi firmalardan satın alınmıştır.

Sahanın tesviyesi, tesisin temel inşaatı ve saha betonlaması, ana enerji hattının, içme ve servis suyu hatlarının çekilmesi gibi alt yapı çalışmaları Erdemir tarafından yapılmıştır. Çelik konstrüksiyon imalat ve montajı ile teknolojik ekipmanların montajı bir firmaya, elektrik-otomasyon işlerinin proje, malzeme temini ve montaj işleri de diğer bir

firmaya ihale yoluyla yaptırılmıştır. 1997 yılı sonunda teknik kabule hazır hale gelen tesisin test çalışmaları da tamamlanarak 1998 yılı ilk çeyreğinde işletmeye alınmıştır.

7. SONUÇ

Tesisin devreye alındığı 1998 yılından bu yana tesiste 3.904.095 ton cüruf işlenmiştir.

İşlenen cüruf içerisinde 483.060 ton hurda geri kazanılmıştır. (Toplam hürdanın işlenen cüruf içindeki oranı %12,4 dür.) Geri kazanılan hurdalar her şarjda

yaklaşık 4 ton. olmak üzere Çelikhane de hammadde girdisi olarak kullanılmıştır.

0-1 Omm ebatlı cüruflar, fosfor oranının elverdiği ölçüde sinter harmanına karıştırılarak şarj malzemesi olarak kullanılmaktadır. Halen kullanım miktarı yaklaşık 650 ton/gün dür. 1998 yılından bu yana Sinter Fabrikasında 352.990 ton cüruf, şarj malzemesine karıştırılarak kullanılmıştır.

Sonuç olarak Tesis, kendini çok kısa sürede amorti etmiş, biriken çelikhane cürufunu da planlandığı gibi 5,5 yıl içinde işleyebileceği görülmüştür.



tmmob
makina mühendisleri
odası



tmmob
metalürji mühendisleri
odası

D. Demir-Çelik Sektöründe Çevre Yönetimi ve Atıkların Değerlendirilmesi

"Çevre ve enerji stratejisi açısından çelik bilimi ve teknolojisinde yeni eğilimler"

M. Kelami ŞEŞEN

İstanbul Teknik Üniversitesi,
Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Çevre ve Enerji Stratejisi Açısından Çelik Bilimi ve Teknolojisinde Yeni Eğilimler

M. Kelami ŞEŞEN

Özet

Küresel çevrenin ve enerji kaynaklarının korunmasının malzeme bilimi ve teknolojileri ile önemli ilişkisi vardır. "Dünya Dostu Teknoloji"; mantıklı duyarlılık gösterilmeden ve kullanılan teknoloji sorgulanmadan geliştirilemez. Çelik, gerek dünya üzerinde yaygın olarak büyük miktarlarda üretilmesinden dolayı, üretiminde kullanıldığı teknolojiler nedeniyle ve gerekse üstün teknolojik malzeme olması nedeniyle, enerji kullanımı ve çevre açısından stratejik bir malzemedir. Çelik bilimi ve teknolojisinin; enerji tüketimi, çevre ve yeniden kazanma konularında katkı oluşturacak birçok örnek vardır. Corex prosesinin etkili kullanımını sağlayan entegre bir sistem çelik üretiminde yeni teknolojidir. Mühendislik malzemesi olarak çelikler için daha az ile daha çok iş yapmak şeklindeki uygulamalar ile, istenilen fonksiyonlar, enerji ve hammadde daha az kullanılarak ve çevre daha az kirletilerek yerine getirilebilir. Çelik kalitelerindeki gelişmelerle insan ve topluma yarar sağlanır.

Anahtar kelimeler: Enerji ve çevre, çelik üretim teknolojisi, Corex prosesi, çelik kaliteleri.

1-GİRİŞ VE AMAÇ

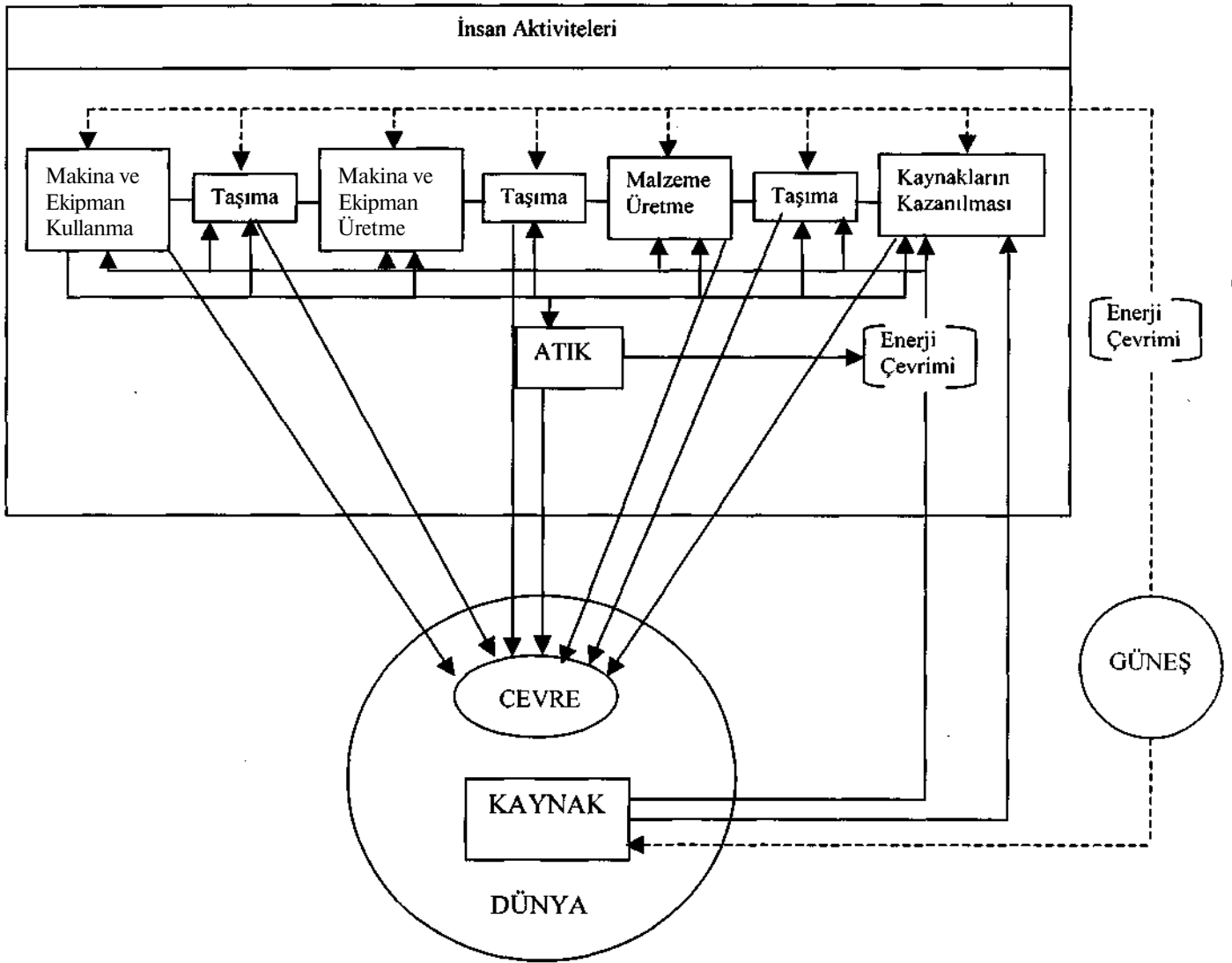
Çağdaş kültürün ve uygarlığın gelişmesi; insan yaşamı, doğa ve teknoloji zincir halkasında, dünyanın ekolojisi ile armonisini bozar. Bu nedenle, küresel çevrenin ve enerji kaynaklarının korunmasının malzeme üretimi ile ilgisi gözden geçirilmelidir. Bilimin gelişmesi teknolojiyi büyük ölçüde değiştirmiştir. Bu olanak insan ve toplum yararına değerlendirilmelidir.

Çağdaş bilim ve teknolojinin gelişmesinin tarihi, bize, insan uygarlığının gelişmesinin; alet ve olanakların üretilmesi için gerekli olan malzemelerin üretimine ve bilimine büyük ölçüde bağlı olduğunu göstermektedir[1]. Şekil 1 'de, insan etkinlikleri ve dünyanın çevre ve kaynakları arasındaki ilişkiler şematik olarak gösterilmiştir. İnsanlar doğal kaynaklardan malzeme üretirken ve bu malzemelerden makine ve ekipmanları üretirken ve bunları kullanırken enerji kullanırlar, atık üretirler. İnsanlık tarihinden çok daha fazla süredir depolanan enerji kaynaklarıyla doğal hammaddelerden işlenen çeşitli malzemelerin kullanılması ile çağdaş konforlar meydana getirilmektedir. İnsan uygarlığının sanayi devriminden beri olan hızlı büyümesinin bir sonucu olarak, iki yüzyıl gibi oldukça kısa bir sürede, korkunç miktarlarda enerji ve kaynak tüketilmiştir. Malzeme akışının her durumunda, bu büyük tüketim, dünyanın ekolojisine (çoğunlukla dünyanın doğasına zararlı olmak üzere) ileri ölçülerde etkiler yapmıştır.

"Dünya Dostu Teknoloji"; mantıklı duyarlılık gösterilmeden ve kullanılan teknoloji sorgulanmadan geliştirilemez. İnsan hayatına zenginlik getiren bilim ve teknoloji, gelişmeler sonucunda karşılaşılan sorunların ışığında, gerekli sınırlamalarla dengelenmelidir. Sadece kazanılan değerlerin geniş yelpazesinde elde edilen ürünlerin verdiği memnuniyet değil, CO₂ emisyonu, üretim sırasında ortaya çıkan zararlı atıklar, makine ve ekipmanın kullanılmasının etkileri, diğer faktörler vb. etraflıca değerlendirilmelidir ve özellikle atık atılmasının sınırlanması ve son atık miktarının azaltılması konusunda yoğun çaba gösterilmelidir. Gösterilen çabalardan kısa, orta ve uzun vadede beklenen yararların sağlanabilmesi için, yeni teknolojileri geliştirmek üzere, ulusal ve uluslararası işbirliği gereklidir.

2- ÇELİK ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN VE ÇELİK ÜRÜNLERİN ENERJİ VE ÇEVRE İLE İLİŞKİSİ

Çelik, gerek dünya üzerinde yaygın olarak büyük miktarlarda üretilmesinden dolayı, üretiminde kullanıldığı teknolojiler nedeniyle ve gerekse üstün teknolojik malzeme olması nedeniyle, enerji kullanımı ve çevre açısından stratejik bir malzemedir. Atık duruma gelmiş veya kullanım ömürlerini tamamlamış çelik malzemelerin yani hurdaların çelik ergitme proseslerinde yeniden işlenip kullanılabilmesi de, enerji tüketimini ve çevresel sorunları azaltır.



Şekil 1- İnsan aktiviteleri ile çevre ve dünyanın kaynakları arasındaki ilişki[2].

Dolayısıyla, çelik üretim teknolojilerinin ve çelik ürünlerin çevre ve enerji ile ilişkisi önemlidir. Konu ile ilgili aktiviteler insan ve toplum yararı gözetilerek yapılmalıdır. Aşağıdaki bazı örnekler bu konu ile ilgilidir[2].

Enerji ile ilişkili örnekler:

- Enerji kullanma etkinliğini arttıran malzemelerin geliştirilmesi.
- Otomobillerin ağırlığını azaltan malzemelerin geliştirilmesi.
- Üretim proseslerinde enerji tutumluluğunu sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi.

Çevre ile ilişkili örnekler:

- Çevreyi koruyan sistemlerde kullanılmak üzere malzemelerin geliştirilmesi.
- Otomobil eksoz gazlarını temizlemeye yönelik malzemelerin geliştirilmesi.

Yeniden kazanma ile ilişkili örnekler:

- Hurdayı geri kazanma ve yeniden kullanma teknolojilerinin geliştirilmesi.
- Yan ürünleri geri kazanma ve yeniden kullanma teknolojilerinin geliştirilmesi.
- Uzun ömürlü ürünlerin üretilmesine olanak sağlayan malzemelerin geliştirilmesi.

Çeliğin enerji ve çevre ile ilişkilerinde ilk akla gelebilecek bazı ürün ve uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir[2]:

- 1- Enerji tutumluluğuna katkı sağlayan yüksek performanslı elektrik çelikleri.
- 2- Çevreyi kontrol eden sistemlerde paslanmaz çeliklerin yaygın kullanılması.
- 3- Yüksek etkinliktli ısısal güç tesislerinin oluşturulmasına yönelik olarak çok yüksek basınç kazanı yapımı için yüksek sıcaklığa dirençli çelik boruların üretimi.
- 4- Taşıma vasıtalarının ve çelik ürünlerin geliştirilmesi.
 - 1- İhtiyaç duyulan taşıma vasıtalarının geliştirilmesi.
 - 2- Yakıt tüketimini düşürmek için ağırlık azaltacak yüksek dayançlı çelikler.
 - 3- Yüksek hızlı trenler için yüksek performanslı uzun ömürlü raylar.
- 5- Hurda kaynakların ve çelik üretim malzemelerinin yeniden kazanılması.

Hurda kaynaklarla yapılan üretimler, birincil kaynak kullanıma durumuna göre, genel olarak, daha az enerji tüketirler, çevre kirliliğini azaltırlar veya çevreyi daha az kirlendirirler, üretim süreçleri kısadır, dolayısıyla daha az yatırımı gerektirirler ve maliyetleri daha düşüktür. Tablo 1 ve Tablo 2 'de bu konularda bazı bilgiler verilmektedir.

Tablo 1- Çeşitli malzemelerin üretiminde ton başına tüketilen enerji[3].

Malzeme	KWh/t
Cevherden birincil üretim çelik, sıcak hadde ürünü şerit	6351
Hurdadan üretilen çelik, çubuk	1412
Yüksek alaşınlı takım çeliği, çubuk	4058
Alüminyum, birincil üretim metal, levha	23300
Alüminyum, ikincil üretim metal, ingot	2000
Plastik, polietilen	15500

Tablo 2- Geri dönüşümlerin çevreye etkileri[2].

	Kağıt	Alüminyum	Demir ve çelik
Enerji kullanmada azalma, %	30-35	90-95	60-70
Çöp ve katı atıkta azalma, %	130	100	95
Hava kirliliğinde azalma, %	95	95	30

Genel olarak atık ve/veya hurda durumuna gelmiş hammaddelerin geri dönüştürülmesi kullanılan enerjinin ve çevresel sorunların büyük oranlarda azalmasını sağlamaktadır. Atıkları ve hurdaları ayırma tekniklerinin gelişmesiyle ve atıkları ayırma kurallarının yasal hale getirilmesi ile gelecekte, metal üreticisinden satılan her bir ürünün zamanla metal üretim proseslerine geri döneceği beklenmelidir.

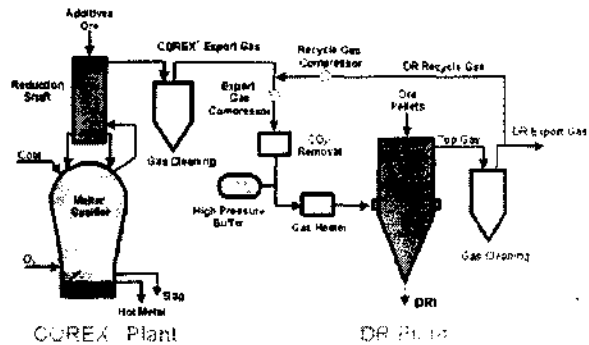
Demir çelik üretiminde kullanılan hammaddelerin ve hammaddelere göre seçilen üretim teknolojilerin; enerji tüketimi ve çevre ile ilişkileri farklılıklar gösterir. Tablo 3 'de farklı yöntemlerle yapılan çelik üretimlerinde ton sıvı çelik üretimi için oluşan CO₂ emisyonları verilmiştir.

Tablo 3- Farklı yöntemlerle yapılan çelik üretimlerinde ton sıvı çelik üretimi için oluşan CO₂ emisyonları[4].

PROSES	TOPLAM Kg CO ₂ /ton sıvı çelik
Cevher - pelet + kok - BF - BOF (%25 hurda)	2010
cevher - pelet - Corex - BOF	3 089
cevher - pelet - Midrex - EAF	1 874
%100 hurda - EAF	641
%60 hurda + (cevher - %40 demir karbür) - EAF	982
%50 hurda + (cevher - %50 Fastmet) - EAF	1 872
cevher - %100 demir karbür - EAF	1 089

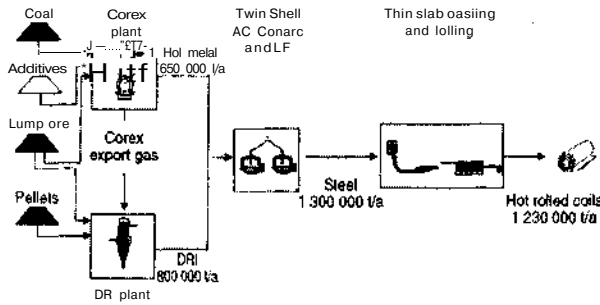
Tablodan görüleceği gibi günümüzün yeni teknolojisi indirgeyici ergitme (smelting reduction) prosesi Corex 'in temel proses olduğu üretim şeklinde en fazla CO₂ emisyonu vardır. İndirgeyici ergitme prosesi, Corex prosesi ile kazanılan sıvı metal %2.5 gibi düşük oranda C içerir ve dolayısıyla çelik üretim prosesinde (BOF 'da) daha az hurda kullanılır. Ancak günümüzde indirgeyici ergitme proseslerinin tercih edilmesini sağlayan üstün özellikleri vardır.

İndirgeyici ergitme prosesinde kokun kullanılmaması, cevherin aglomerasyon işlemine tabi tutulmaması gibi avantajlardan dolayı geleneksel demir çelik üretimiyle rekabet edebilecek durumdadır. Kokun kullanılmaması ve baca gazlarının fırına şarj edilebilmesi, bu prosesin çevreye duyarlılığını ortaya çıkarır. Prosesde hava yerine oksijenin kullanılması, zararlı gazlar olarak, azot oksitlerinin ve alkali siyanürlerin oluşmasını önler. İndirgeyici ergitme prosesi gazı ile sünger demir üretimi yapılabilir. İndirgeyici ergitme prosesinin baca gazları temizlendikten sonra yüksek basınç sistemine ve ısıtıcılardan geçirilerek direkt indirgeme proseslerinin indirgeme şaftına üflenir (Şekil 2).



Şekil 2. Corex prosesinin direkt indirgeme prosesi ile entegre çalışması[5].

İndirgeyici ergitme yöntemi ile elde edilen sıcak metalin, direkt indirgeme şaft fırınında indirgeyici ergitme prosesinden çıkan baca gazı kullanılarak elde edilen sünger demirin ve hurdanın karıştırılıp elektrik ark fırınına şarjı ile hem kaliteli çelik elde edilir, hem de enerjide büyük tutumluluk sağlanır (Şekil 3). Sıcak metalle birlikte sünger demirin sıcak şarjı, istenen kalitede daha çok hurda şarjına olanak sağlar. Doğal gazın uzun yıllardır kullanıldığı ülkemizde sünger demir üretim tesisi, birçok kereler gündeme getirildiği halde, günümüze kadar kurulamamıştır. Bunda doğal gaz konusunda dışa bağımlı olmamızın büyük payı olabilir. Aynı şekilde günümüzün alternatif prosesi olan indirgeyici ergitme prosesinin de ülkemizde kurulmasının zaman zaman sözü edildiği de bir gerçektir. Dolayısıyla Şekil 3 'de şematik olarak gösterilen "indirgeyici ergitme + direkt indirgeme -> EAF" veya benzeri bir entegre tesisin ülkemize kazandırılması uygun olabilir.



Şekil 3. Corex indirgeyici ergitme ve direkt indirgeme proseslerinin elektrik ark fırını ile entegre çalışması[5].

3- ÇELİK MALZEMELERİN OPTİMİZASYONU VE ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Diğer bir konu, üretilen malzemelerin optimum fiziksel ve kimyasal özelliklerini çok yakın değerlerle elde etmenin gerekliliğidir. Malzemelerin özelliklerinin çok iyi bilinmesi ile, örneğin, daha güçlü: belirli yük için daha az gerekli, veya daha fazla elektrik iletken: verilen elektrik akımını iletmesi için daha az gerekli vb. gibi ilişkiler sağlanabilir. Genel olarak daha az ile daha çok iş yapmak şeklindeki bu uygulama, istenilen fonksiyonlar, enerji ve hammadde daha az kullanılarak ve çevre daha az kirletilerek yerine getirilebilir. Şekil 1 'i izlersek, daha az ile daha çok iş yapabilirsek, daha az kaynak kullanılacak, daha az taşıma yapılacak, daha az malzeme-makina-ekipman üretilecek, daha az makina-ekipman kullanılacak ve dolayısıyla daha az enerji tüketilecek ve daha az atık atılacak.

Çok iyi mekanik dayanımı ve tokluğu, şekillendirilebilirlik ve kaynaklanabilirlik gibi imalat sanayiindeki performansı ve düşük fiyatı ile stratejik bir malzeme olan çeliğin kalitesi sürekli geliştirilmektedir. Geçen on yıllar içerisinde i) sıcak haddelenmiş levha ve şerit çeliklerinde, ii) soğuk

haddelenmiş şerit çeliklerde, iii) paslanmaz çeliklerde önemli gelişmeler olmuştur. Çelik üretiminde gelişmiş tekniklerin kullanılmasıyla; empürite oranları önemli ölçülerde düşürülmüş, inklüzyonların giderilmesi etkinleştirilmiş ve çelik kalitelerinin kimyasal bileşim aralıkları daraltılmıştır. Yakın geçmişten bu güne oksijen, kükürt, azot, fosfor ve bazı durumlarda da karbon gibi önemli empüriteler, en az 10 faktörle düşürülmüştür. Alaşımli çelik kalitelerinde ve paslanmaz çelik kalitelerinde alaşım elementlerinin içeriğinin dağılımı son 20 yılda 2 faktörden fazla azalmıştır. Günümüzde paslanmaz çelik kalitelerindeki gelişmeler olarak i) çok yüksek alaşımli ostenitik paslanmaz çelikler, ii) azot alaşımli ostenitik paslanmaz çelikler, iii) duplex paslanmaz çelikler dikkati çekmektedir. Sayısız örnekler verilebilecek bu gelişmelerin çok az kısmının görülebileceği Tablo 4 yüksek dayanımlı çelik levhalarıyla ilgilidir. Çelik kalitelerinde sağlanan her türlü gelişmelerle yukarıda belirtilen amaçlara yanıt verilmektedir.

4- SONUÇLAR

Küresel çevrenin ve enerji kaynaklarının korunmasının malzeme bilimi ve teknolojileri ile önemli ilişkileri vardır. İnsanlar doğal kaynaklardan malzeme üretirken ve bu malzemelerden makine ve ekipmanları üretirken ve bunları kullanırken enerji kullanırlar, atık üretirler. "Dünya Dostu Teknoloji"; mantıklı duyarlılık gösterilmeden ve kullanılan teknoloji sorgulanmadan geliştirilemez. İnsan hayatına zenginlik getiren bilim ve teknoloji, gelişmeler sonucunda karşılaşılan sorunların ışığında, gerekli sınırlamalarla dengelenmelidir. İnsan ve toplum yararına gösterilen çabalardan kısa, orta ve uzun vadede beklenen yararların sağlanabilmesi için, yeni teknolojileri geliştirmek üzere, ulusal ve uluslararası işbirliği gereklidir. Çelik, gerek dünya üzerinde yaygın olarak büyük miktarlarda üretilmesinden dolayı, üretiminde kullanıldığı teknolojiler nedeniyle ve gerekse üstün teknolojik malzeme olması nedeniyle, enerji kullanımı ve çevre açısından stratejik bir malzemedir. Çelik bilimi ve teknolojisinin; enerji tüketimi, çevre ve yeniden kazanma konularında katkı oluşturacak birçok örnek vardır. Bunlardan üretim teknolojileri ile ilgili olarak, Çorex prosesinin etkili kullanımını sağlayan direkt indirgeme ve elektrik ark fırını ile tümleşik bir uygulama günümüzün yeni teknolojisine bir örnektir. Mühendislik malzemesi olarak çelikler için daha az ile daha çok iş yapmak şeklindeki uygulamalar ile, istenilen fonksiyonlar, enerji ve hammadde daha az kullanılarak ve çevre daha az kirletilerek yerine getirilebilir. Son yıllarda sıcak ve haddelenmiş levha ve şerit çeliklerinde ve paslanmaz çeliklerde önemli gelişmeler olmuştur. Paslanmaz çeliklerdeki gelişmeler daha çok çok yüksek alaşımli ostenitik paslanmaz çeliklerde, azot alaşımli ostenitik paslanmaz çeliklerde ve duplex paslanmaz çeliklerde olmuştur. Çelik kalitelerindeki her gelişme ile insan ve topluma yarar sağlanır.

Tablo 4- Geliştirilen ve geliştirilmekte olan yüksek dayançlı çelik levhaların performansları ve karakteristikleri[2].

Sınıflandırma		Çekme Dayanımı, MPa	Şekillendirilebilirliği	Açıklama
Temel tip (1970'lerde)	Fosfor ilaveli Çelikler	350-450	Genellikle iyi	Yüksek P katı çözümlü ve önemsiz C katı çözümlü, fırın ısı işlemi ile sertleştirilebilir, üretimi görece kolay.
	Kompozit yapılı Çelikler	500-1000	Uzama ve n değeri yüksek	Ferrit-martensit çift fazlı çelik, yüksek yorulma dayanımlı, tekerlek disklerinde kullanıma uygun.
	Çökeltme sertleşmeli Çelikler	500-800	Uzama ve n değeri düşük	Ti ve Nb karbür/nitrür ile sertleştirilmiş, yüksek akma gerilmesine sahip, tercihi olarak şekillendirilerek kuvvetlendirme gereken kullanımlarına uygun, üretimi kolay.
Yüksek şekillendirilebilir tip (1980'lerde)	Süper derin çekilebilir kalite çelikler	350-450	r değeri çok yüksek	Çok düşük C, Ti ve Nb ile C ve N sabitlenmiş, Si, Mn, ve P ile sertleştirilmiş, düşük akma gerilmesine sahip, iyi biçim sabitliğine sahip, fırın ısı işlemi ile sertleştirilebilir.
	Yüksek bölgesel deforme edilebilir çelikler	400-600	Bölgesel genişletme oranı yüksek	Düşük MnS tipi inklüzyonlu karbür kontrollü sıcak haddellenmiş çelik şeritler.
Yeni sertleştirilebilir Tip (şimdilerde)	Yüksek kalıntı östenitli çelikler	600-1000	Uzama çok yüksek	C-Si-Mn bazlı, martensit içindeki kalıntı östenitin (%5) deformasyon transformasyonunun yapıldığı çelik.
	Çok düşük karbonlu bakır ilaveli çelikler	yaklaşık 400	r değeri ve uzama yüksek	Çok düşük C 'lu, aşırı doymuş Cu katı çözümlü çelik, fırın ısı işlemi ile yüksek sertleştirilebilir.

5- KAYNAKLAR

- [1] A. Kelly, The modern place of materials science and engineering , Materials Science and Engineering, A272 (1999), 1-4
- [2] K. Nakajima, Recent trends of steel science and technology for environmental strategy, J. Materials Processing Technology, 59,(1995), 221-232
- [3] R. Lagneborg, Steel development review and prospects for future, Scandinavian Journal of Metalurgy, 1997, 26, 255-265.
- [4] T. Emi, S. Seetharaman, Future steelmaking plant with minimized energy consumption and waste evolution, Scandinavian Journal of Metalurgy, 2000, 29, 185-193.
- [5] E. Eichberger, H. Freydorfer, F. Brauer, P. Holaschke, First operational results of the Corex plant at Jindal Vijayanagar Steel, MPT Int., 3, June 2000, 56-60.



tmmob
makina mühendisleri
odası



tmmob
metalürji mühendisleri
odası

D. Demir-Çelik Sektöründe Çevre Yönetimi ve Atıkların Değerlendirilmesi

"Metal hurdalarının geri kazanılması"

M. Kelami ŞEŞEN
Gökhan BAŞMAN
Necip ÜNLÜ

İstanbul Teknik Üniversitesi,
Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

METAL HURDALARININ GERİ KAZANILMASI

M. Kelami ŞEŞEN

Gökhan BAŞAdAN

Necip Ünlü

Özet

Enerji ve hammaddelerin tutumluluğu ve çevre açısından atık duruma gelmiş maddelerin, özellikle demir çelik hurdalarının geri dönüştürülmesinin birçok yararı vardır. Hurda kaynakları esas olarak kullanım ömürlerini tamamlamış araç ve gereçler ve sanayi ürünleridir. Bunların dışında, bir hurda kaynağı da, yerel belediyeleri ilgilendiren atıklardır. Bu hurda kaynaklarının geri kazanılmasında ve işlenmesinde uygulanabilecek birçok yöntem vardır.

Anahtar kelimeler: Metal hurdaları, belediye atıkları, hurda geri kazanma, çevre

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Küresel çevrenin ve enerji kaynaklarının korunmasında malzeme üretiminin ve üretim teknolojilerinin ilgisi büyüktür. Şekil 1 'de, insan etkinlikleri ve dünyanın çevre ve kaynaklar arasındaki ilişkiler şematik olarak gösterilmiştir. İnsanlık tarihinden çok daha fazla süredir depolanan enerji kaynaklarıyla doğal hammaddelerden üretilen çeşitli malzemelerin kullanılması ile çağdaş konforlar meydana getirilmektedir. İnsan uygarlığının sanayi devriminden beri olan hızlı büyümesinin bir sonucu olarak, iki yüzyıl gibi oldukça kısa bir sürede, korkunç miktarlarda enerji ve kaynak tüketilmiştir. Malzeme akışının her durumunda, bu büyük tüketim, dünyanın ekolojisine (çoğunlukla dünyanın doğasına zararlı olmak üzere) ileri ölçülerde etkiler yapmıştır.

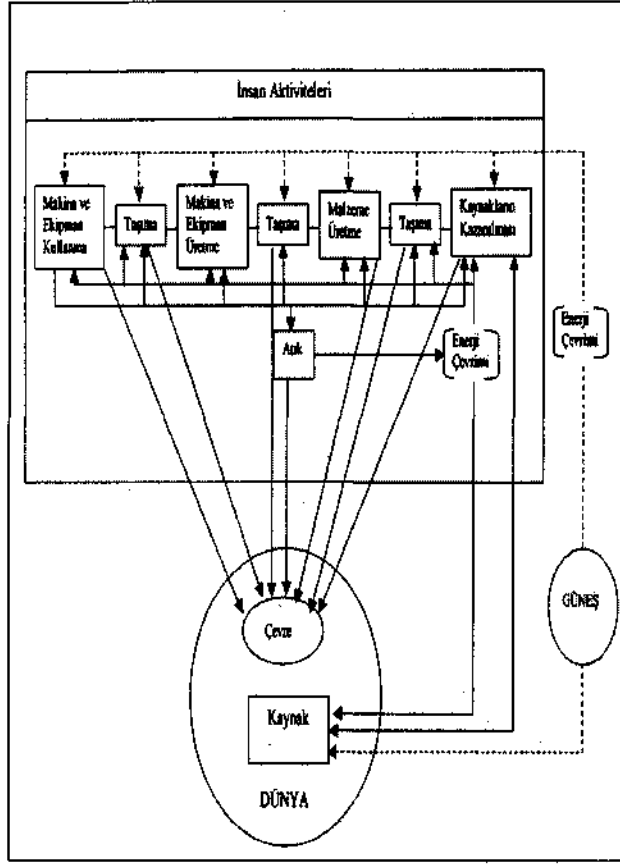
"Dünya Dostu Teknoloji"; mantıklı duyarlılık gösterilmeden ve kullanılan teknoloji sorgulanmadan geliştirilemez. İnsan hayatına zenginlik getiren bilim ve teknoloji, gelişmeler sonucunda karşılaşılan sorunların ışığında, gerekli sınırlamalarla dengelenmelidir. Sadece kazanılan değerlerin geniş yelpazesinde elde edilen ürünlerin verdiği memnuniyet değil, CO2 emisyonu, üretim sırasında ortaya çıkan zararlı atıklar, makine ve ekipmanın kullanılmasının etkileri, diğer faktörler vb. etraflıca değerlendirilmelidir ve özellikle atık atılmasının sınırlanması ve son atık miktarının azaltılması konusunda yoğun çaba gösterilmelidir.

Metal içerikli atık malzemeler, metallerin, metalik malzeme ve gereçlerin üretimleri sırasında ve bu malzeme ve gereçlerin kullanım ömürlerinin tamamlanmasıyla ortaya çıkarlar. Çevresel sorun da göz önüne alındığında, metal üretim endüstrisinde atık malzemelerin geri dönüştürülmesinin önemi gittikçe artmaktadır.

Metal içerikli atık malzemelerin geri dönüştürülmesi esasına dayanan üretimler, birincil kaynakların kullanıldığı durumlara göre, genel olarak, daha az enerji tüketirler, çevre kirliliğini azaltırlar veya çevreyi daha az kirletirler, üretim süreçleri kısadır, dolayısıyla daha az yatırım gerektirirler ve maliyetleri daha düşüktür. Tablo 1 ve Tablo 2 'de bu konularda bazı bilgiler verilmektedir. Tablo 3 'de de, çevre koruma örgütlerinin bir çalışmasında verilen; demir çelik üretiminde hammaddelerin yerine hurda kullanılması ile sağlanan 7 ana yarar belirtilmektedir.

Tablo 1. Çeşitli malzemelerin üretiminde ton başına tüketilen enerji [1].

Malzeme	KWh/t
Cevherden birincil üretim çelik, sıcak hadde ürünü	6351
Hurdadan üretilen çelik, uzun ürün	1412
Alüminyum, birincil üretim metal, levha	23300
Alüminyum, ikincil üretim metal, ingot	2000



Şekil 1. İnsan aktiviteleri ile çevre ve dünyanın kaynakları arasındaki ilişki [2].

Tablo 2. Geri dönüşümlerin çevreye etkileri[2].

Etkinin Konusu	Kağıt	Alüminyum	Demir ve çelik
Enerji kullanmada azalma, %	30-35	90-95	60-70
Çöp ve katı atıkta azalma, %	130	100	95
Hava kirliliğinde azalma, %	95	95	30

Tablolardan anlaşılacağı gibi atık ve hurda durumuna gelmiş hammaddelerin geri dönüştürülmesi kullanılan enerjinin ve çevresel sorunların büyük oranlarda azalmasını sağlamaktadır. Atık duruma gelmiş çeliklerin geri dönüştürülmesi ile sağlanan enerji tutumluluğunun, yalnız başına, çevre üzerinde büyük pozitif bir etkisi vardır. Şöyle ki, hurdadan çelik üretmek, ham demirden çelik üretmekten 4 kez daha az enerji gerektirir. Ayrıca geri kazanılan çelik atık hacmini azaltır. Atıkları ve hurdaları ayırma tekniklerinin gelişmesiyle ve atıkları ayırma kurallarının yasal hale getirilmesi ile gelecekte, metal üreticisinden satılan her bir ürünün zamanla metal üretim proseslerine geri döneceği beklenmelidir.

Tablo 3. Demir çelik üretiminde hammaddelerin yerine hurda kullanılmasının sağladığı yararlar[2].

Yararın Konusu	%
Enerji tutumluluğu	74
Hammadde kullanmada tutumluluk	90
Hava kirliliğinde azalma	86
Su kullanmada azalma	40
Su kirliliğinde azalma	76
Maden atıklarında azalma	97
Tüketici atıklarında azalma	105

2. METAL HURDA KAYNAKLARI

Kullanım ömürlerini tamamlamış otomobiller, ev aletleri, çiftlik, ofis ve endüstriyel tesis ve ekipmanlar, gemi ve demiryolu taşıtları, hurda metal ve özellikle demirli hurda olarak önemli kaynaklardır. Demir ve çelik malzemeler, birbirine benzer şekilde endüstriler tarafından yeniden kullanılmak amacıyla hemen hemen sınırsız sayıda tekrarlı şekilde ergitilebilir ve işlenebilir. Demirli hurdalar; demirli malzemelerin imalatları sırasında kullanılmayan kısımları ve kalitesi bozuk ürünler ve kullanım ömürlerini tamamlamış yukarıda sıralanan diğer kaynaklardır. İmalat tesislerinde ortaya çıkan demirli hurdalar, endüstriyel hurdalar olarak bilinirler ve uygun şekillerde ayrılarak sınıflandırılırlar. Yukarıda sıralanan kullanım ömürlerini tamamlamış otomobiller, ev aletleri, çiftlik, ofis ve endüstriyel tesis ve ekipmanlar, gemi ve demiryolu taşıtları da uygun tesislerde ayrılırlar ve sınıflandırılırlar. Bu hurdalar fırında tekrar ergitilerek geriye kazanılırlar.

Bunların dışında, miktar olarak belki bunlar kadar fazla olmayan, ancak Tablo 2 'den de anlaşılacağı gibi çevresel açıdan önemli olan, hurda rezervlerinin bir kaynağı da, yerel belediyeleri ilgilendiren atıklardır. Bu kaynak Amerika Birleşik Devletlerinde yıllık 135 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. Demirli hurdaların miktarı için en iyi tahminler 9.45 milyon ton seviyesinde olduğu belirtilmektedir. Bu hurdaların her yıl ancak 1 milyon tondan azı ferro alaşım ve bakır üretiminde kullanılmak üzere geri kazanıldığı ifade edilmektedir. Çevresel açıdan bu dengenin gelecekte daha fazla kullanıma doğru değişmesi beklenmelidir.

Ülkemizde belediye çöplerindeki geri kazanılabilen kaynaklar, belli ölçülerde, sokak aralarında ayrılmakta ve yeniden kullanıma katılmaktadır. Ancak bu konuda istatistiksel bilgiler yoktur. Dolayısıyla konunun bilimsel açıdan ele alınmasında yarar vardır. Belediye çöplerinde yer alan önemli hurdaların geri kazanılmasında yapılacak aktif araştırmalarla; bileşim, kalite ve bulunabilirlik konularında sağlıklı bilgiler sağlanmalıdır.

Demir ve çelik hurdalarının pazarları dökümhane ve demir ve çelik endüstrileridir. En önemlisi EAF 'li mini çelik tesisleridir. Dolayısıyla hurda kaliteleri bu kullanım yerlerindeki üretilere uygun özelliklerde olmalıdır.

3. BELEDİYE ATIĞI KAYNAKLI HURDALARI KAZANMA

Yerel belediyeleri ilgilendiren, belediye atığı kaynaklı hurdaların dağılımları Tablo 4 'de verilmiştir. Bazı yerlerde bu hurdalar yakılır. Böylece hacim azalır ve sonuçta atıkların bileşim oranları değişir. Bu hurdaların yakılmış durumlarındaki oransal dağılımları Tablo 5 'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Belediyeleri ilgilendiren hurdaların oransal dağılımları[4].

Hurda Cinsi	%
Kağıt	55
Yiyecek	14
Metal (kutu)	9(5)
Cam	9
Çimen ve Bahçe atıkları	5
Odun	4
Paçavra / Kauçuk	3
Plastik	1

Tablo 5. Belediyeleri ilgilendiren hurdaların yakıldıktan sonraki oransal dağılımları [4].

Hurda Cinsi	%
Demirli Hurda (Metal kutu)	30(17)
Cam	43
Kül	17
Yanmamış kağıt	8
Demirdışı metal	2

Belediye atığı hurda kaynaklarının geri kazanılmasında ve işlenmesinde kullanılan çok sayıda yöntem vardır. Bu yöntemlerdeki temel prensipler, başlıca;

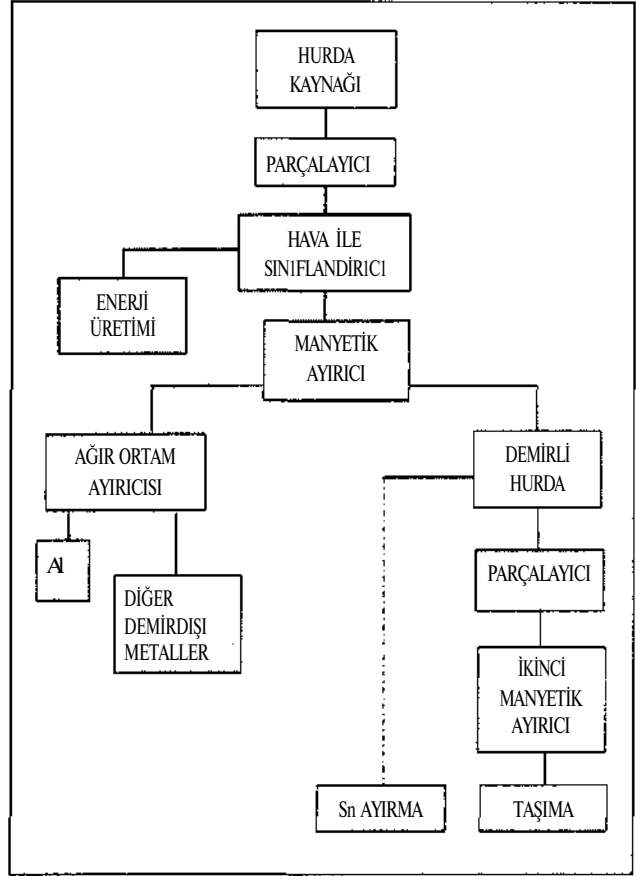
- Yakma ve geri kazanma,
- Parçalama-manyetik ayırma ve geri kazanma,
- Yaş hamur haline getirme ve geri kazanma,

Hurda geri dönüşümünde seçilecek bir sistem, sonuç ürünlerin özellikleri üzerinde etkilidir. Şekil 2 'de belediyeleri ilgilendiren hurda kaynaklarının geri kazanılmasının akım şemasını göstermektedir. Bu yöntem, demirli hurdalarda kalayı giderme çalışmaları ile veya ilave işlemler ile ürünün kalitesini geliştirme potansiyeline sahiptir. Ayrıca çift manyetik ayırma sistemine sahiptir.

Yakarak hurdayı geri kazanma sisteminin tipik akım şeması da Şekil 3 'de gösterilmektedir. Şekil 2 'den farklı olarak işlem sırasında buhardan enerji elde edilebilir.

Kullanıcılara sağlanan hurdanın fiziksel kalitesi, yeni kaynakların geri kazanılması alanında geliştirilen birbirlerini takip eden proses adımlarıyla iyileştirilebilir. Hurda kaynağından demirli kütleler manyetik olarak ayrılabilir. Eğer manyetik sistem zayıfsa arzu edilmeyen sonuçlar doğabilir.

Manyetik ayırıcıda ayrılan hurdanın parçalanması, hurdanın yığın yoğunluğunu artırır. Üst ve alt boyutlar için belirlenen spesifikasyonlar, arzu edilen boyut dağılımını garantileyebilir.

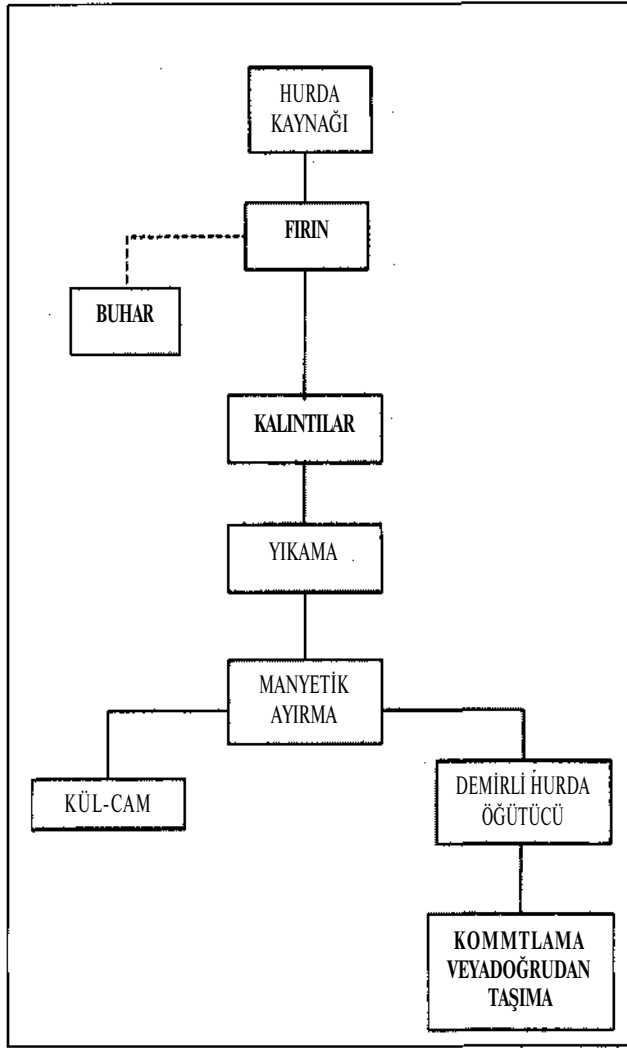


Şekil 2. Yerel belediyeleri ilgilendiren hurdaların geri dönüştürülmesinde demirli hurdaların çift manyetik ayırma sistemiyle hurdaları geri kazanmanın akım şeması[4]

Hurdanın kimyasal bileşimi, kendi içinde bir bütünsellik gösterir, ancak kullanılan geri kazanma prosesinin tipi ile de ilgilidir. Yakılmamış hurdanın bileşimi yakılan hurdanın bileşiminden farklıdır. Yakılmayan hurdanın bileşimi ilave proseslerle değiştirilebilir. Tablo 6 'de; Şekil 2 'de ve Şekil 3 'de verilen sistemlerden elde edilen hurdanın bileşimi gösterilmektedir.

İki farklı bileşimi karşılaştırdığımızda, yakılan hurdanın Cu seviyesinde farklılıklar vardır. Cu seviyesi yakılan hurdada çok daha yüksektir. Yakılmayan hurdada bulunan Cu 'in çoğu manyetik ayırıcı ile ayrılır. Sn seviyesi her iki durum için benzer seviyededir. Al seviyesi yakılmayan hurdada daha yüksektir.

ASTM E-38.02 standardında, hurdalar için belirli kimyasal kalite kriterleri verilmektedir. Tablo 7 'de, demir ve çelik ve dökümhanelerde kullanıma uygun geri kazanılmış hurdaların istenilen kimyasal bileşimler verilmiştir.



Şekil 3. Yakılan hurdadan geri kazanma sisteminin tipik akım şeması[4].

Tablo 6. Yakılmadan çift manyetik ayırma sistemi kullanılarak ve yakılarak tek manyetik ayırma sistemi kullanılarak elde edilen hurdanın tipik kimyasal bileşimi [4].

Elementler	Hurdanın Üretim Yöntemi	
	Yakmadan Çift Manyetik Sistemle Ayırma	Yakarak Tek Manyetik Sistemle Ayırma
C	0,10	0,05
S	0,04	0,05
Mn	0,15	0,20
P	0,02	0,03
Sn	0,25	0,25
Cu	0,05	0,35
Cr	0,04	0,03
Ni	0,04	0,05
Mo	0,01	0,02
Al	0,1	-
Pb	0,06	0,08

Tablo 7. Demir ve çelik üretimi ve dökümhanelerde kullanıma uygun geri kazanılmış hurdanın kimyasal bileşimleri [4].

Hurda Kaynağı	Çift Manyetik Ayırma İle Kazanılmış		Yakarak Tek Manyetik Ayırma İle Kazanılmış	
	Yüzde (%) Maksimum			
Element	Demir ve Çelik	Dökümhane	Demir ve Çelik	Dökümhane
S	0,04	0,04	0,04	0,04
Si	0,10	0,10	0,10	0,10
P	0,03	0,03	0,03	0,03
Sn	0,30	0,30	0,30	0,30
Cu	0,10	0,20	0,10	0,20
Ni	0,08	0,12	0,08	0,12
Mo	0,025	0,04	0,025	0,04
Cr	0,10	0,15	0,10	0,15
Al	0,15	0,15	0,15	0,15
Pb	0,15	0,03	0,15	0,03

4. SONUÇLAR

Enerji ve hammaddelerin tutumluluğu ve çevre açısından atık duruma gelmiş maddelerin, özellikle demir çelik hurdalarının geri dönüştürülmesinin birçok yararı vardır.

Hurda kaynakları esas olarak kullanım ömürlerini tamamlamış otomobiller, ev aletleri, çiftlik, ofis ve endüstriyel tesis ve ekipmanlar, gemi ve demiryolu taşıtlarıdır. Ayrıca demirli hurdalar olarak, demirli malzemelerin imalatları sırasında kullanılmayan kısımları ve kalitesi bozuk ürünler olabilir. Bunlar uygun tesislerde ayrılırlar ve sınıflandırılırlar. Bu hurdalar fırında tekrar ergitilerek geriye kazanılırlar.

Bunların dışında, hurda rezervlerinin bir kaynağı da, yerel belediyeleri ilgilendiren atıklardır. Bu hurda kaynaklarının geri kazanılmasında ve işlenmesinde (a) Yakma ve geri kazanma, (b) Parçalama-manyetik ayırma ve geri kazanma, (c) Yaş hamur haline getirme ve geri kazanma, şeklinde özetlenebilecek yöntemler uygulanabilir. Hurda geri dönüşümünde seçilecek yöntem, sonuç ürünlerin özellikleri üzerinde etkilidir.

5. KAYNAKLAR

- [1] R.Lagneborg, "Steel Development Review and Prospects for the Future", Scandinavian Journal of Metallurgy, 1997, s:255-265
- [2] K. Nakajima, "Recent Trends of Steel Science and Technology for Environmental Strategy", Journal of Material Processing Technology, 1995, s:221-232
- [3] "Serap Iron and Steel", Institute of Serap Recycling Industries, Inc., 1993, s:1-9.
- [4] E.J. Ostrovski, "Recovery and Use of Ferrous Serap From Municipal Refuse" AFS Transactions, 1990, s: 111-116,



tmmob
makina mühendisleri
odası



tmmob
metalürji mühendisleri
odası

D. Demir-Çelik Sektöründe Çevre Yönetimi ve Atıkların Değerlendirilmesi

"Yüksek fırın ve çelikhane cüruflarının grit malzemesi olarak kullanımı"

Doç. Dr. Ercan CANDAN
Zonguldak Karaelmas Üniversitesi,
Karabük Teknik Eğitim Fakültesi

Hikmet OCAKLI
Mustafa TURAS
Ahmet AYÇAN
Doç. Dr. Sencer İMER
Kardemir A.Ş.

YÜKSEK FIRIN VE ÇELİKHANE CÜRUFLLARININ GRİT MALZEMESİ OLARAK KULLANIMI

Ercan CANDAN

Hikmet OCAKLI

Mustafa TURAS

Ahmet AYÇAN

Sencer İMER

Özet: Boya ve benzeri uygulamalar öncesi yüzey hazırlama işlemlerinde kum raspalama için kullanılan SiO₂ kumunun nefes darlığına ve kansere yol açtığını çalışmalar göstermiş ve bu yüzden birçok ülkede ve Türkiye'de kullanımı yasaklanmıştır. Bu çalışmada, SiO₂ kumuna alternatif olarak serbest silis içermeyen ayrıca çevreyi koruma açısından Kardemir demir ve çelik cürufllarından rasplama gritlerinin üretilebilirliği araştırılmıştır. İlk deneysel sonuçlar, Kardemir çelikhane ve yüksek fırın gritlerinin gemi malzemesi yüzeylerini temizlediğini göstermiştir. Ancak, temizlenen yüzeylerin temizlik kalitesi açısından bazı önlemler alınmalıdır.

Abstract: Recent research showed that SiO₂ sand, which is used in abrasive blasting for the preparation of surfaces prior to painting or related applications, causes breathing and cancer problems. Therefore, its usage has been banned in many countries including Türkiye, in this study, as an alternative to SiO₂ sand, production of abrasive grits from Kardemir iron and steel slags, which do not contain free silica and environmentally friendly, has been investigated. Preliminary results showed that Kardemir's both steel and blast furnace slags successfully cleaned the surface of ship body. However, from the surface cleanness point of view, some precautions should be taken.

Anahtar sözcükler: *Abrasifgrit, Demir-çelik cüruflları geri dönüşümü, Raspalama*

1. GİRİŞ

Bir çok malzeme yüzeyinin temizlenmesindeki geleneksel yollardan biri de basınçlı hava ve aşındırıcı partikül (grit) karışımı ile temizlemedir. Kısaca bu işleme kum raspası adı verilir [1]. Özellikle, boya öncesi çelik konstrüksiyonların ve tersanelerdeki yeni yapılan veya bakımdaki gemi gövdelerinin yüzeylerindeki oksitlerin veya eski boyaların temizlenmesi için kum raspalama en ekonomik ve hızlı metottur [2-8]. Raspalama işlemi için aşındırıcı tozlar iki kısma ayrılmaktadır. Bunlar; metal esaslı [9,10] ve metal dışı esaslı aşındırıcılardır [4,7,11-20]. Belli bir yüzeyin hazırlanması için en önemli aşama, doğru tip ve ölçüdeki aşındırıcının seçimidir [4,10,14,20-25]. Birçok raspalama işlemleri yanlış aşındırıcı seçimi yüzünden kaçınılmaz zararlara sebep olabilir. Örneğin, yeni bir çelik yüzeyi temizlemek için kaba aşındırıcı seçildiğinde, yüzeyde kaba profile neden olur. Bu durumda ince bir astar, kaba profilin tepe noktalarını kapatmayacaktır ki bu iğne ucu şeklindeki korozyonun temel nedenidir. Diğer bir taraftan, ince aşındırıcı kullanılmasıyla kalın bir kaplama öncesi az bir profil elde edilir bu da yapışma problemine neden olabilir [26].

Yakın zamana kadar, boya ve benzeri uygulamalar öncesi yüzey hazırlama işlemlerinde kum raspalama için SiO₂ kumu kullanılıyordu. Ancak ~5 l.j.m'dan küçük solunum yoluyla alınabilen kristalin silis partiküllerinin nefes darlığına yol açtığını çalışmalar göstermiş ve bu yüzden birçok ülkede kullanımı yasaklanmıştır. Türkiye'de de raspalama işlemleri için SiO₂ kumu kullanımı yasaklanmıştır. Bu bağlamda, SiO₂ kumuna alternatif olarak serbest silis içermeyen ayrıca çevreyi koruma açısından cüruf bazlı aşındırıcıların kullanımı daha cazip hale gelmiştir. Bu çalışmanın amacı Kardemir demir-çelik cürufllarından abrasiv grit malzemesi üretilebilirliğinin araştırılmasıdır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Numunelerin Hazırlanması

2.1.1 Grit Numunelerinin Hazırlanması

Çelikhane (Ç:H) ve Yüksek Fırın (Y.F) cüruflları, cüruf hazırlama sahasında sırasıyla; Ayrıştırma, Kıрма, Eleme, Yıkama ve Depolama işlemine tabi tutulmuşlardır. Cüruf, kıрма işlemine girmeden önce el yardımı ile mümkün

olduğunca içerisindeki taş ve refrakter malzemeler temizlenmeye çalışıldı. Kıırma işleminden cüruf 0-10mm aralıkta elendi. Özel bir kum-çakıl tesisinde yıkama-eleme işleminden geçirilip tekrar elenerek 0-3mm'ye düşürüldü. Yıkamış grit kuruması için 15 gün bekletildi. Kardemir hammadde laboratuvarı imkanlarından yararlanılarak yıkamış ve kurutulmuş Ç.H ve Y.F gritleri üç ayrı elek fraksiyonlarında kuru eleme yöntemi ile elendi. Her bir elek fraksiyonundan 1 varil hazırlandı. Bu fraksiyonlar sırasıyla;

$$0,2 < X < 2,8 \text{ mm,}$$

$$0,2 < X < 1,4 \text{ mm ve,}$$

$$1,4 < X < 2,8 \text{ mm arasıdır.}$$

Gritlerin performanslarının karşılaştırılması açısından Yunanistan'dan ithal edilmekte olan aynı elek fraksiyonlarındaki gritler de kullanılmıştır.

2.1.2 Cürufların Fiziksel Özelliklerinin Tayini

ISO 11126'da [27] belirtilen "Boya ve benzeri uygulamalar öncesi yüzeylerin işlemlerinde kullanılan gritlerin taşınması gereken özellikler" ve bunların tayini için uygulanması gereken testler ISO11127'de [28] belirtilmiştir. Söz konusu testler, Y.F ve Ç.H cüruflarından elde edilen gritlere Kardemir Kalite Güvence laboratuvarında ISO 11127'deki açıklamalar doğrultusunda uygulanmıştır. Deneylerden sağlıklı sonuç alabilmek için grit numuneleri 10-30mm kırılmış malzemelerden hazırlanmıştır.

2.1.3 Temizlenecek Malzemenin Hazırlanması

Temizlenecek malzeme yüzeyleri uzun süre denizde çalışma şartlarında kalmış, büyük oranda korozyona uğramış ve boyanmasına ihtiyaç duyulan gemi malzemeleridir. Temizlenecek malzemenin yüzey durumu Şekil 1'de gösterilmektedir. Temizleme işlemi GEMAK A.Ş, Tuzla, İstanbul, tersanesinde gerçek şartlarda yapılmıştır.

2.1.4 Yüzey Temizleme Aleti

Abrasiv Yüzey Temizleme (Raspalama) işlemi için GEMAK A.Ş'de bulunan grit püskürtme aleti kullanılmıştır.

Raspalama işlemi için uygulanan parametreler aşağıdaki gibidir;

Püskürtme uzaklığı :	~40cm
Püskürtme açısı :	-60-90°
Hava basıncı :	8 atm.
Nozul çapı :	10mm

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Gritlerin taşınması gereken özellikler ve test prosedürleri ISO 11126 ve 11127'de detaylı olarak anlatılmıştır. Tablo 1'de söz konusu özellikler ve değerleri gösterilmektedir.

Tablo 1 Kardemir Çelikhane, BOF ve Yüksek Fırın cüruflarından elde edilen gritlerin özellikleri (0,5-2,8mm grit)

ISO No	Analiz Cinsi	Ç.H	Y.F	İstenen ISO 11126-6
11127-3	Yoğunluk (kg/dm ³)	3,58	2,92	3,0-3,3
11127-4	Sertlik (Moh 's)	>6	>6	>6
11127-5	Rutubet	0,24	0,01	Max. 0,20
11127-6	Kondüktans (mS/m)	2660	205	Max.25
11127-7	Klor (Cl)	0,0034	0,0018	0,0025

Tablo 1'de görüldüğü gibi Ç.H cürufu standardın bir miktar üstünde, Y.F cürufu standardın biraz altında kalmaktadır. Yoğunluğun ÇH cüruflarında biraz yüksek çıkmasının sebebi grit taneleri içerisinde ayrıştırılmamış demir fazlarının bulunması olabilir. Her ne kadar numunelerdeki demir içeren gritler miktatsızla ayrıştırılmış olsa da büyük grit partikülleri (1-2.8mm) içinde çok düşük boyutta da olsa bir miktar demir bulunma olasılığı vardır. Doğal olarak bu durum yoğunluğun yüksek çıkmasına sebep olabilir. Ç.H cürufu 0,2mm altındaki (büyük çoğunluğu toz) malzemeden tekrar yoğunluk testi yapılmış ve yoğunluk 3,15 kg/dm³ (standarta uygun) olarak bulunmuştur ki bu yukarıda bahsedilen daha iri gritlerin demir fazı içerdiği tezini desteklemektedir. Bu durumu önlemek için yüksek gauslu miktatsızlar önerilebilir. Seçilen grit partiküllerinin, ISO11127-4'de açıklandığı gibi mikroskop camları üzerinde kaydırılarak testleri yapıldı ve gritler istenilen performansı gösterdi. Yıkamış numuneler 48 saat oda şartlarında bekletildikten sonra Tablo 1'de görüldüğü gibi büyük oranda rutubet şartları karşılanmaktadır. Standarta göre max. 25 mS/m olması gerekirken Kardemir cüruf numunelerinin tümü için cüruf çeşidine göre bu değer 2660 ile 205 arasında değişmektedir (bakınız Tablo 1). Bu durumun büyük ihtimalle yüzey kontaminasyonundan kaynaklandığı varsayılmaktadır. Bu açıdan numuneler 3 değişik şartlarda yıkamış ve deneyler tekrar edilmiştir. Yıkama şartları ve sonuçları aşağıdaki Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'den görüldüğü üzere kondüktans ile pH arasında sıkı bir bağlantı görülmektedir. pH'ın yüksek olması durumunda kondüktans'da yüksek değerler vermektedir. Yıkama ile pH azalmakta ve kondüktans şiddetli bir biçimde düşmektedir. Kondüktansın yüksek çıkmasının sebebi malzemenin yüzey kontaminasyonuna uğradığı sonucu ile açıklanabilir. İstenilen kondüktans oranları pH'ın nötr olması durumunda karşılanabildiği görülmekte. En iyi yıkama sonucu numunelerin akan su altında yıkaması olarak tesbit edilmiştir. Dolayısı ile ISO 11127-6'daki

kondüktans değerlerine ulaşabilmek için üretilen gritin su ile yıkanması gerekecektir.

Tablo 2 Değişik şartlarda yıkanmış Kardemir grit numunelerinin kondüktans ve pH değerleri

Numune	Analiz Cinsi	Ç.H	Y.F Cürufu
A	Kondüktans	212,1	9,12
	pH	10,64	6,74
B	Kondüktans	205	6,72
	PH	10,57	6,71
C	Kondüktans	20	
	pH	7,8	

A 25 gr. numune 2 litre su ile yıkanmış ve 2 saat su içerisinde bekletilmiş,

B 25 gr. numune 3 litre su ile yıkanmış ve 3,5 saat su içerisinde bekletilmiş,

C 25 gr. numune çeşme suyu ile yıkanmış, su içerisinde bekletilmemiş.

Yapılan raspalama deneyleri sonucunda grit numunelerin kullanılan tüm çelik malzeme yüzeylerini kabul edilebilecek zaman aralığında temizlediği gözlenmiştir. Ç.H, Y.F ve Yunanistan gritinin sabit miktarda temizleme alanı ve zamanı Tablo 3'de gösterilmektedir. Tablo 3, Y.F gritinin yüzey temizlemedeki hem sarfiyatının hemde süresinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ç.H griti ise Yunanistan gritinden biraz daha iyi sonuç vermesine karşılık temizleme süresi açısından daha düşük performans göstermektedir.

Tablo 3. Ç.H; Y.F ve Yunanistan gritinin gemi malzemesi yüzeyi temizleme performanslarının karşılaştırılması.

	Y.F	Ç.H	Ç.H	Yunanistan
Miktar (kg)	96	96	96	96
Boyut (mm)	0,2< X <2.8	0,2< X <2.8	0,2< X <1.4	0,2< X <2.8
Süre (dak.)	20	14	18	12
Temizlenen alan (m ²)	1.50	1.72	1.75	1.60
Sarfiyat (kg/m ²)	64.0	55.8	54.8	60.0

Numunelerin temizlenmemiş ve temizlenmiş yüzeylerinin detayı sırasıyla Şekil 1-4'te verilmiştir. Çalışmalar, Ç.H gritinin Y.F gritinden daha iyi yüzey temizleme performansının olduğunu göstermiştir (bakınız Şekil 2 ve 3). Bunun nedeninin Ç.H cürufunun Y.F cürufundan daha yüksek sertliğe sahip olmasına dayandırılmıştır. Ç.H ve Y.F cüruflarının sertlik değerleri 6 Moh's değerinin üstünde çıkmasına rağmen ISO 11127-4 deki cam çizdirme metodu iki değer arasındaki farkı göstermemektedir. Dolayısıyla mikro sertlik ölçümleri yapılmıştır. Yapılan mikro sertlik ölçümleri Ç.H cürufunun 315 ve Y.F cürufunun 290 Vickers sertliğinde olduğunu göstermiştir ki bu da Ç.H

gritinin neden daha iyi yüzey temizleme performansı gösterdiğinin kanıtıdır.

Her ne kadar, Ç.H cürufunun temizleme performansı kabul edilebilir değerlerde ise de yüzeylerde beyaz noktaların varlığı göze çarpmaktadır (bakınız Şekil 3, mark X). Bu beyaz kalıntıların cüruf içinde bulunan serbest CaO'den meydana geldiğine inanılmaktadır. Ç.H gritinin kullanılabilmesi için beyaz kalıntıların tamamen ortadan kalkması gerektiği yine uluslar arası expertlerce belirtilmiştir. Yapılan literatür taramasında Japonya'da Ç.H gritinin serbest CaO içerdiği ve bunun da temizlenen malzeme yüzeyinde beyaz kalıntılara neden olduğu rapor edilmiştir [18]. Ç.H cürufundan yapılan gritlerle yapılan temizleme sonucu beyaz kalıntıların olduğu Ukrayna'da yapılan bir çalışma ile de rapor edilmiştir [17].

Ç.H gritinin yüzey temizleme hızı Yunanistan griti kadar performans göstermesine karşılık yüzey pürüzlendirme kabiliyeti oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Yunanistan gritinin -50 yüzey pürüzlülük kalitesi sağlarken bu oran Ç.H cürufu için -35 değerini vermiştir. Uluslararası standartlara göre geminin su altında kalan bölümleri için kabul edilebilir minimum yüzey pürüzlülüğü -50 olmalıdır. Bununla beraber expertlerin yorumu, geminin su altında kalan gövde kısmının haricinde Ç.H gritinin kullanılabilirliği yönündedir.

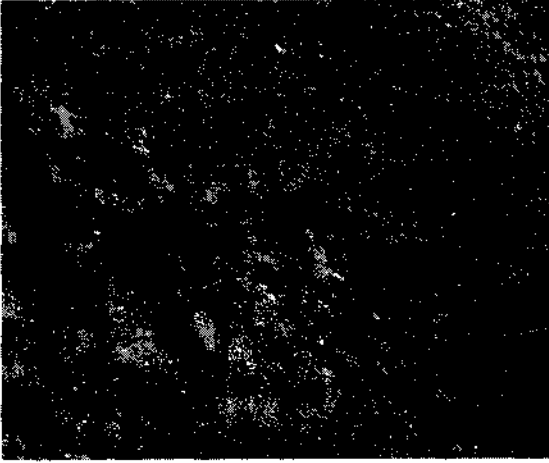
Ç.H gritinin 0,2< X <1,4 mm aralığındaki boyutları ile süpürme (boyanın raspalama yardımı ile kat kat kaldırılması) performansı da denendi. Sonuçlar, Şekil 5 ve 6'da gösterilmiştir. Ç.H gritinin süpürme performansının Yunanistan griti ile aynı değerde olduğu görüldü.



Şekil 1. Ağır korozyona uğramış gemi gövdesinin raspalama işlemi öncesi görünümünden bir kesit.



Şekil 2. Şekil 1'deki yüzeyin $0,2 < X < 2,8$ aralığındaki Y.F. griti ile temizlenmiş durumu.



Şekil 3. Şekil 1'deki yüzeyin $0,2 < X < 2,8$ aralığındaki Ç.H. griti ile temizlenmiş durumu (beyaz nokta, X = serbest CaO kalıntısı).



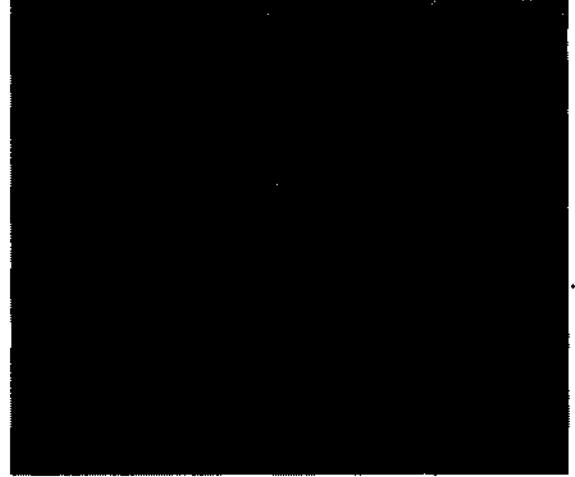
Şekil 4. Şekil 1'deki yüzeyin $0,2 < X < 2,8$ aralığındaki Yunanistan griti ile temizlenmiş durumu (Beyaz noktalar ışığın yansımaları sonucu meydana gelen parlaklıklar).

Yapılan çalışmalar, $0,2 < X < 2,8$ mm grit aralığındaki oranların temizleme performansı üzerinde çok etkili olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla yapılacak gritin ISO1126 da verilen elek aralıklarında ayrı ayrı elenip daha sonra bunların belirlenen optimum karışımlarda paketlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

4. SONUÇLAR

Yapılan deneysel sonuçlar, Kardemir Ç.H ve Y.F. gritlerinin gemi malzemesi yüzeylerini temizlediğini göstermiştir. Ancak, temizlenen yüzeylerin temizlik kalitesi açısından aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- Cüruf, kırma işlemine girmeden önce taş, refrakter tuğla vb. yabancı maddelerden mutlaka ayrıştırılmalıdır.
- Tozlanmanın azaltılması açısından grit mutlaka yıkama işlemine tabi tutulmalıdır.
- Ç.H cürufunda bulunan serbest CaO'nin giderilmesi için uygun bir yöntem bulunmalıdır.
- Y.F cürufunun katılaşma şartlarına bağlı olarak sertliğinin yükseltilmesi için optimum şartlar araştırılmalıdır.
- Optimum karışım için gritler ISO1126 da verilen elek aralıklarında ayrı ayrı elenmeli ve daha sonra kullanım yerine göre karışım yapılarak paketlenmelidir.



Şekil 5. Şekil 1'deki yüzeyin $0,2 < X < 1,4$ aralığındaki Yunanistan griti ile süpürülmüş (boyanın kat raspalama yardımı ile kat kat kaldırılması) durumu.



Şekil 6. Şekil 1'deki yüzeyin $0,2 < X < 1,4$ aralığındaki Ç.H griti ile süpürülmüş (boyanın kat raspalama yardımı ile kat kat kaldırılması) durumu.

AÇIKLAMA

Bu çalışma, Tübitak-Tideb 980245-3 "*Katı Metalurjik Atıkların Geri Kazanımı*" projesi kapsamında Kardemir A.Ş ve Zonguldak Karaelmas Üniversitesi tarafından yürütülmüştür. Yazarlar, bu çalışmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen Sn. Hikmet Kayacı'ya teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKÇA

1. DeGarmo E. P., Black J. T. ve Kohser R. A., "Materials and processes in manufacturing" 8. edn., Prentice-Hall, New York, 1997, p 1083-1090
2. Simpson S.A, "Abrasive flow machining wipes out burrs, improves surfaces, maintain tolerances", Machine and Tool Blue Book v 71 n 2 Feb 1976 p 80-87
3. Carlson G. A. Jr, "New applications in abrasive descaling and oxide removal processes" SME Technical Paper (Series) MR Jun 7-9 1977 1977 SME p 1-11
4. Anon J., "Tentative specification for mineral slag abrasive", Journal of Protective Coatings & Linings v 1 n 6 Nov 1984 p 34-40
5. Seavey M., "Abrasive blasting above 100 Psi", U. K. Corrosion '85. Corrosion and Preparation, Corrosion Monitoring, Materials Selection. 1985 Sponsored by: Inst of Corrosion Science & Technology, Birmingham, Engl; NACE, Houston, TX, USA Inst of Corrosion Science & Technology p 81-99

6. Hedrick H. M. II. ve Peart J., "Abrasive reclamation in shipyards", Journal of Protective Coatings & Linings v 2 n 1 Jan 1985 p 12-15
7. Bennet P. J., "Non-metallic abrasives for surface preparations", Journal of Protective Coatings & Linings v 3 n 4 Apr 1986 p 32-39
8. Anon J., "25 years of blast cleaning", Finishing v 14 n 3 Mar 1990 p 45
9. Borch E. A., "Metal abrasives. All-purpose variable in blast cleaning", Abrasive Eng v 15 n 11 Nov 1969 p20-2
10. Aston A. J., ve Dyer D., "Metallic and non-metallic abrasives and their selection", Foundry Trade Journal v 161 n 3356 Sep 24 1987 p 764, 766, 768
11. Stettler L. E., Groth D. H., Platek S. F. ve Donaldson H. M., "Fibrogenic effects and chemical characterization of coal and mineral slags used as sand substitutes", Health Issues Related to Metal and Nonmetallic Mining. Papers presented at the 4th Annual RMCOEH Occupational and Environmental Health Conference, 1983, Sponsored by: Univ of Utah. Rocky Mountain Cent for Occupational and Environmental Health, Salt Lake City, Utah, USA p 135-160
12. Wozniak K., "Cutting property assessment of copper slag grains", Metal Finishing v 86 n 11 Nov 1988 p 37-40
13. Wozniak K. ve Herman D., "Glass binder-bonded copper slag grains to form abrasive tools", Journal of Materials Science v 23 n 1 Jan 1988 p 223-228
14. Peart J. ve Fultz B., "Performance characteristics of copper and coal slag abrasives", Journal of Protective Coatings & Linings v 7 n 9 Sep 1990 p 21-29
15. Sleppy W. C, Pearson A., Misra C. ve Maczura G., "Non-metallurgical use of alumina and barite", Proceedings of the 120th TMS Annual Meeting Feb 17-21 1991 1990 Publ by Minerals, Metals & Materials Soc (TMS) p 117-124
16. Aganval G. ve Speyer R. F., "Devitrifying cupola slag for use in abrasive products", JOM v 44 n 3 Mar 1992 p 32-37 1047-4838
17. Demin B. L. ve Sorokin Y. V., "Application of metallurgical slags as abrasive material for spray surface treatment" Stal' n 10 Oct 1993 p 82-84
18. Cen Y., "Development of disposal and application of iron and steel slag", Kang T'ieh/Iron and Steel (Peking) v 29 n 5 May 1994 p 71-74
19. Kaliampakos D., "New expendable blast-cleaning abrasive material. A comparative study of the Stefani dolomite", Plating and Surface Finishing v 81 n 9 Sept 1994 American Electroplaters & Surface Finishers Soc Inc p 69-73
20. Militani C. ve Humphrey H. J., "Use of coal combustion by-products in infrastructure projects-a total benefit option", Proceedings of the Air & Waste Management Association's Annual Meeting & Exhibition Jun 23-28 1996 1996 Air & Waste Management Assoc 12pp
21. McKelvie A. N., "Monitoring cleanlines and profile of blast cleaned steel", Materials Performance v 13 n 10 Oct 1974 p 9-11

22. Borchers J., "*Production research observations on abrasive flow deburring*", SME Technical Paper (Series) MR Jun 7-9 1977 1977 SME 20p
23. Rhoades L. J., "*Abrasive flow finishing*", SME Technical Paper (Series) MR Dec 30 1977 SME, Dearborn 00001500 14p
24. Wallis G. R., "*Mechanical finishing by impact treatment*", Prod finish (London) v 35 n 10 Oct 1982 p 31-32
25. Vincent L. D., "*Abrasive blast media additives - a user's perspective*", Materials Performance 34 7 Jul 1995 Natl Assoc of Corrosion Engineers p 31-33
26. Brevis D. M. ve Brigs D., Industrial adhesion problems, Orbital press, Oxford, 1985
27. ISO Standartları, 11126
28. ISO Standartları, 11127



tmmob
makina mühendisleri
odası



tmmob
metalürji mühendisleri
odası

D. Demir-Çelik Sektöründe Çevre Yönetimi ve Atıkların Değerlendirilmesi

*"Çelikhane cürufunun sinter, yüksek fırın ve
çelikhane de değerlendirilmesi"*

Aydemir GÜNAYDIN
Prof. Dr. Naci SEVİNÇ
Prof. Dr. Yavuz TOPKAYA
ODTÜ

Doç. Dr. Sencer İMER
Kardemir A.Ş.

ÇELİKHANE CÜRUFUNUN SİNER, YÜKSEK FIRIN VE ÇELİKHANEDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Aydemir GÜNAYDIN

Naci SEVİNÇ

Yavuz TOP KAYA

Sencer İMER

Özet: Bu araştırma kapsamında Kardemir cüruf değerlendirme tesisinde stoklanmış çelik cüruflarının işlenmesi ile üretilen 0-10 mm, 10-50 mm ve +50 mm boyutundaki ürünlerin Kardemir'de kullanımı olasılıkları araştırılmıştır. Bu amaçla 0-10 mm cüruf ürünü sinterlik demir cevher harmanına değişik oranlarda karıştırılarak sinter üretimine etkileri incelenmiştir. Diğer taraftan manyetik nitelikte olan 10-50 mm'lik hurda vasıflı ürün ise Kardemir 3.nolu yüksek fırınına beslenmiştir. Cüruf değerlendirme tesisinde manyetik ayırma sonucu elde edilen +50 mm boyutundaki manyetik özellikli malzeme ile birlikte, OMS Şirketi tarafından çelik cüruflarına top atma ve manyetik ayırma ile elde edilen skalların çelikhanede hurda amaçlı kullanımı da ayrıca araştırılmış bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucu sinter harmanına %4 oranında 0-10 mm cüruf ürününün fazla sorun yaratmadan katılabileceği görülmüştür. Hurda vasıflı ve manyetik nitelikli 10-50 mm cüruf ürününün ise yüksek fırın sıvı ham demir üretimini olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir. Diğer taraftan OMS skalı ve +50 mm manyetik cüruf değerlendirme tesisi hürdasının belirli oranlarda normal hurda ile karıştırılarak çelik konverterlerine beslenebileceği görülmüştür. Kardemir'de uzun yıllar Siemens-Martin ve BOF fırınlarından çelik üretimi sırasında oluşan cüruf stoklarının, bu araştırma sonuçlarına göre değerlendirilebileceği ortaya konulmuş olup, ayrıca birikmiş çelikhaneye cüruflarının yaratmış olduğu çevre sorunlarına kısmen de olsa bir çözüm getirilmiş bulunmaktadır.

Anahtar sözcükler: Cüruf, Sinter, Yüksek Fırın, Çelikhane, Hurda

1. GİRİŞ

Entegre demir çelik tesisleri büyük miktarlarda katı atık üretirler. Bu alanda yapılan bir çok çalışmanın da gösterdiği gibi bir ton çelik üretimi sırasında yaklaşık 420 kg katı atık üretilmektedir. Bu katı atıklar genelde yüksek fırın ve çelikhane cürufları, tozlan, çamurları, haddehane tufali, kullanılmış refrakterler, vs dir.^{[1][6]}

Bu çalışma yaklaşık 50 yıldan beri Kardemir cüruf stok sahasında biriktirilen, tahmini tonajı 5 milyon tonu bulan çelikhane cüruf birikintisi üzerinde yapılmıştır. Bu cüruf birikintisinin büyük kısmı 1999 yılına kadar çalıştırılmış olan Siemens-Martin çelik ocakları tarafından üretilmiştir. Son yıllarda bazik oksijen fırınları (BOF) devreye alınmış olup, bu fırınların cürufları da ayrı olarak biriktirilmektedir.

1999 yılında Kardemir'de bir cüruf değerlendirme tesisi kurulmuştur. Bu tesisin yıllık cüruf işleme kapasitesi 250000 ton'dur. Bu tesisde gülle düşürülerek skal parçalarının ayrılmasından sonra cüruf kırılıp, sınıflandırılmakta ve mıknatıslarla ayırma işlemine tabi tutulmaktadır. 10-50 mm ve 50-500 mm aralığındaki manyetik parçalar sırasıyla Kardemir yüksek fırınlarına ve konvertere şarj edilmektedir. Siemens-Martin cüruflarından ayrılan manyetik parçaların miktarı işlenen cürufun %5 ile %8'i kadar tutmaktadır. 0-10 mm'lik çelikhane cürufu ise

sinter harmanına katılmaktadır. Diğer taraftan manyetik olmayan iri parçaların demiryolu balastı olarak satışı yapılmaya çalışılırken, yol yapı ve dolgu malzemesi olarak da pazar imkanları araştırılmaktadır. 0-10 mm'lik kısmın çimento yapımı yanı sıra gemicilikteki grid malzemesi yapımı imkanları da araştırılmaktadır. Kardemir demir ve çelik işletmelerindeki cüruf değerlendirme tesisi ürünlerinin sinter malzemesi , yüksek fırın şarj malzemesi ve konverterlere hurda yerine şarj malzemesi olarak kullanımına ilişkin detaylar aşağıda verilmiştir.

2. KARDEMİR CÜRUF DEĞERLENDİRME TESİSİ ÜRÜNLERİNİN KULLANIMI

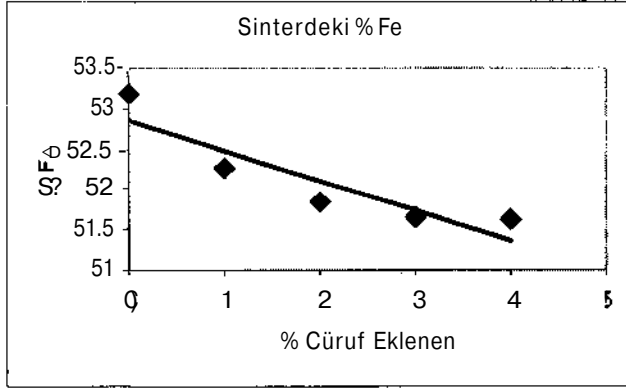
2.1 Sinter Katkısı

Kardemir'deki cüruf değerlendirme tesisi ürünü 0-10 mm'lik cüruf sinter katkısı olarak kullanılmaktadır. Manyetik ayırma uygulanmayan bu cüruf ürününün kalsiyum silikatlar, vüstit, spinel ve diğer ferritlerin yanı sıra metalik demir parçacıklarını da içerdiği gözlenmiştir. Optik mikroskop yardımıyla yapılan mineralojik inceleme ve x-ışınları kırınımı analizlerinden alınan verilere göre vüstit genelde 50-60 mikron boyut aralığında olup hacimce %15 kadar yer tutmaktadır. Vüstitin yapısında ayrıca bir miktar mangan oksit ve magnezyum oksit de bulunmaktadır. 0-10 mm'lik cürufun kimyasal analizleri şu

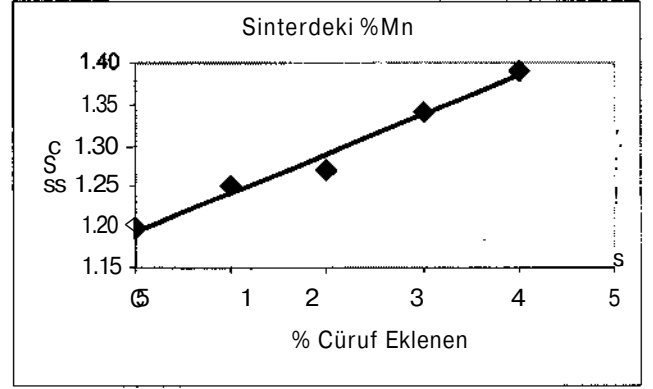
değerler aralığında değişmektedir: 25-30% Fe_2O_3 , 17-22% SiO_2 , 5-8% Mn, 2.5-4.5% Al_2O_3 , 31-35% CaO, and 7.5-9% MgO. Kimyasal analizlerinden de anlaşılacağı üzere cüruf Fe, Mn, CaO, MgO gibi büyük oranda yararlı elementleri veya flaks bileşiklerini içermektedir. Bu yararlı bileşiklerden yararlanabilmek için cürufun 0-10 mm'lik kısmı Kardemir'deki sinter harmanının içerisine katılmaktadır. Sinter harmanına ilave edilen cüruf, sinterlik demir cevherinin %4'üne gelecek miktarlara kadar eklenmiştir. Cüruf eklendikçe mamul sinter Fe, Mn, CaO, MgO, P_2O_5 yüzdelerindeki değişim ve sinterin bazikliği Şekil 1-6 'da verilmiştir. Şekillerden görüldüğü üzere ilave edilen 0-10 mm'lik cürufun yüzdesi sıfırdan %4'e kadar

her seferinde %1 olarak artırılmıştır. Mamul sinterin Fe yüzdesinde azalma görülürken CaO, MgO, Mn, P_2O_5 yüzdeleri de artmıştır. Ayrıca mamul sinterin bazitesi de bir miktar artmıştır.

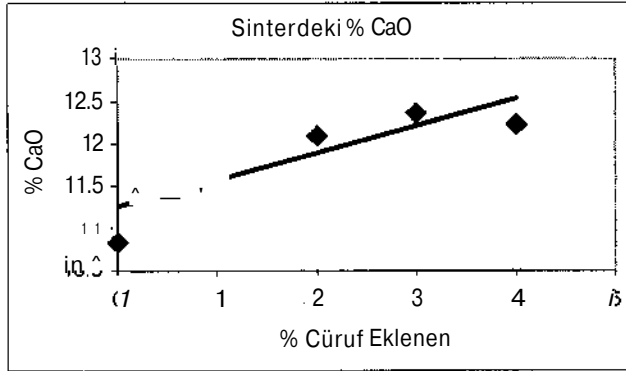
Sinterin shatter testleri ile belirlenen mukavemeti cüruf katkısından etkilenmemiştir. Ayrıca kok tozu tüketiminde, sinter yatağının geçirgenliğinde veya sinter üretim hızında belirgin bir değişiklik görülmemiştir. Sinterin fosfor miktarında gözlenen artış sebebiyle sinter harmanına yapılan cüruf katkısı %4 ile sınırlandırılmıştır. Bir diğer pozitif etki de sinterdeki mangan ve magnezyum oksit miktarlarındaki artıştır.



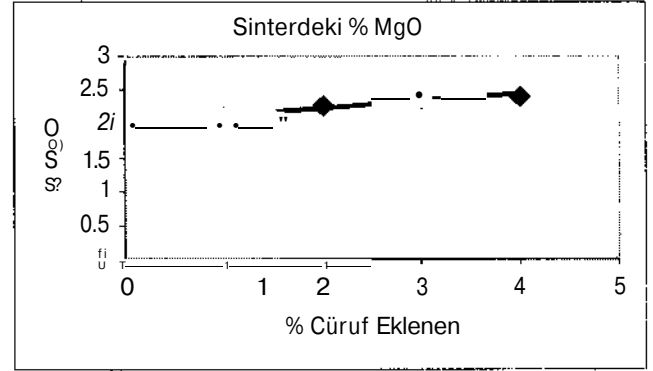
Şekil 1. Sinterdeki Fe miktar değişimi



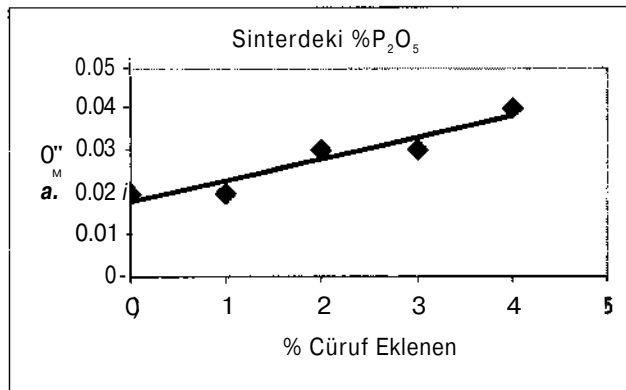
Şekil 2. Sinterdeki Mn miktar değişimi



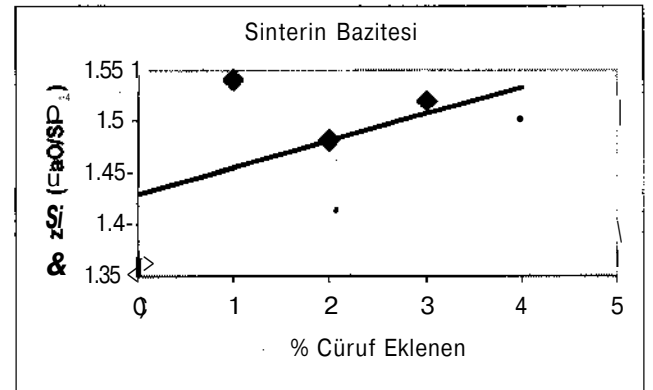
Şekil 3. Sinterdeki CaO miktar değişimi



Şekil 4. Sinterdeki MgO miktarı değişimi

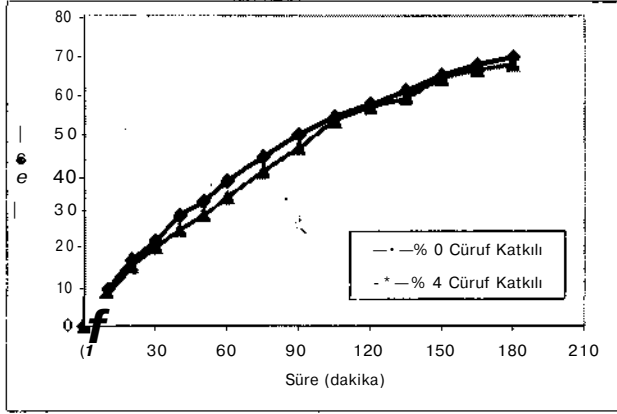


Şekil 5. Sinterdeki P_2O_5 miktarı değişimi



Şekil 6. Sinterinin baziklik değişimi

Cüruf katkısız normal sinter ile maksimum katkı miktarı olan %4 cüruf içeren sinterleri indirgenebilirlikleri açısından mukayese edebilmek için 500 gramlık temsili numuneler, Gakushin indirgenebilirlik testi ile %30 CO ve %70 N₂ gazlarını içeren indirgeyici gaz karışımına 900 °C'de 3 saat boyunca tabi tutularak indirgenmişlerdir. Elde edilen sonuçlar Şekil 7'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere cüruf katkısız normal sinterin indirgenebilirliği %4 cüruf katkılı sinterden bir miktar daha iyidir.



Şekil 7. Demir cevheri sinterinin 900°C'de indirgenebilirlik testleri (Gakushin Tests)

Sonuç olarak Kardemir'de 0-10 mm'lik cürufun sinter harmanına beslenmesinin, sinterlik demir cevherinin %4'ü ile sınırlandırılmasına karar verilmiştir. Bu limitin aşılmadığı durumlarda herhangi bir zararlı etkinin görülmediği gözlenmiştir.

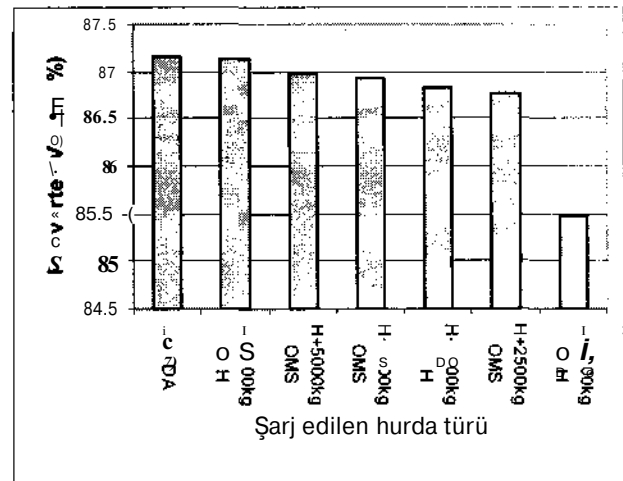
2.2 Yüksek Fırına Beslenmesi

Diğer taraftan 10-50 mm'lik boyut aralığındaki cüruf değerlendirme ürünü manyetik konsantre Kardemir'de 3 no'lu yüksek fırına şarj edilmiştir. Kimyasal analizlerden bu ürünün %75 ile %90 arasında Fe içerdiği tespit edilmiştir. Bir ay süren ilk testlerde bu üründen Kardemir'deki 3 no'lu yüksek fırına her gün 25 ton olmak üzere besleme yapılmıştır. Bu besleme yüksek fırının demirli şarjının (sinter + pelet + parça cevher) yaklaşık %1'ine tekabül etmektedir. Bu sayede bu fırının günlük sıcak maden üretiminde yaklaşık 12 ton/gün Mük bir artış gözlenmiştir. İki hafta süren ikinci testlerde, bu üründen toplam 900 ton tüketilmiştir ve günde yaklaşık 60 ton besleme yapılmıştır ki bu da günlük şarj edilen demirli malzemenin % 2.7'sine tekabül etmektedir. Bu süre zarfında sıcak maden üretimi 1500 ton/gün'den yaklaşık 1525 ton/gün'e çıkmıştır. Sinter, pelet veya parça cevhere göre daha yüksek Fe tenörüne sahip olması sebebiyle 10-50 mm'lik boyut aralığındaki cüruf değerlendirme ürünü manyetik konsantrenin 3 no'lu yüksek fırına beslenmesi ile günlük sıcak maden üretimindeki artış beklenen bir durumdur. Bu testler sırasında fırının işletimi ile ilgili olarak herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır.

Şu anda yaklaşık bir ay sürecek olan üçüncü testleri yapmak için 10-50 mm'lik manyetik konsantreden cüruf değerlendirme tesisinde stok yapılmaktadır. Bu ürünün üçüncü testlerde yüksek fırına toplam demirli şarjın %4 ve %8'ine karşılık gelecek miktarlarda beslenmesi planlanmaktadır. Bu ürünün kullanımının kok tüketimi, tepe gazı kompozisyonu, vb. gibi diğer yüksek fırın işletim parametrelerine etkilerinin belirlenmesi planlanmaktadır.

2.3 Konvertere Beslenmesi

Siemens-Martin cürufunun cüruf değerlendirme tesisinde işlenmesi sonucu 50-500 mm'lik boyut aralığında metalik parçalar da elde edilmektedir. Bu metalik parçalar skal ile birlikte kullanılmaktadır. Bu metalik malzeme Kardemir'deki konverterlerde değişik miktarlarda kullanılmıştır. Kardemir'deki 100 ton kapasiteli konverterlere normalde 20 ton hurda yüksek fırından gelen sıcak madenle birlikte şarj edilir. Çelikhanede yapılan bir seri testlerde değişik miktarlarda 50-500 mm'lik boyut aralığındaki cüruf değerlendirme tesisi hurdası (CDH) ve skal (OMS), normal hurda (H) ile birlikte konvertere şarj edilmiştir. Bu testlerin sonuçları Şekil 8'de verilmiştir. Bu şekilde üretilen sıvı çelik ağırlığının konvertere şarj edilen metalik malzemelerin (sıcak maden+H+CDH+OMS) toplam ağırlığına oranı olarak tanımlanan konverter verimliliğinin şarj edilen hurda türü ile değişimi gösterilmektedir. Denemelerde H+CDH+OMS hurdalarının toplam ağırlığı 20 ton/şarj olarak sabit tutulmuştur. Şekilden de görüleceği üzere Kardemir'deki BOF konverterlerinin verimlilikleri skal ve/veya cüruf değerlendirme hurdası eklenince düşmüştür. Sonuçlar şaşırtıcı olmamıştır; çünkü hem skal hem de cüruf değerlendirme hurdası üzerlerindeki cüruf tanecikleri, bu hurdalar işleme tabi tutulurken tamamen uzaklaştırılmadıklarından normal hurdalar kadar kaliteli değildir. Fakat oldukça düşük olan maliyetleri nedeniyle her şarj başına, bu iki hurdadan toplam 5 ton kullanım uygun görülmüştür.



Şekil 8 . Farklı hurda şarjlarıyla BOF konverter verimleri

3. SONUÇLAR

Şu an Kardemir demir ve çelik tesislerinde 0-10 mm'lik cürufun sinter harmanında %4 oranında kullanımı Standard bir uygulama haline gelmiştir. Cürufun %4'den fazla kullanımı çelikhane fosfordan kaynaklanan sorunlar yaratabilir. 10-50 mm'lik manyetik ürünün yüksek fırında kullanımı sıcak maden üretiminde artış ile sonuçlanmaktadır ; bu ürünün tek problemi cüruf değerlendirme tesisindeki sınırlı üretim miktarıdır. Son olarak Siemens-Martin cüruflarından elde edilen 50-500 mm'lik boyut aralığındaki cüruf değerlendirme hurdası BOF konverterlerinde sınırlı miktarlarda kullanılabilir. Böylece Kardemirde cüruf değerlendirme tesisinin kurulması ve bu tesisin ürünlerinin sinter, yüksek fırın ve konverterde kullanımı ile sağlanan ekonomik yararlarla birlikte, cüruf birikintisinin yarattığı çevresel sorunlar kısmen de olsa önlenilecek ve el değmemiş doğal kaynakların tüketilmesi azaltılabilecektir.

4. KAYNAKLAR

- [1]. A. Bondar, V. Pavlov, et. al. "Use of Open-Hearth Slag in Sintering and Blast-Furnace Processes" Steel in Translation, cilt.25, No.10, 1995, s.1-4
- [2]. A. Ciocan, G. Popoiu, et. al. "Revaluation of Recovered Materials in Iron Making Process", Bildiriler Kitabı 10. Uluslararası Metalürji ve Malzeme Kongresi, İstanbul, Mayıs 2000, s. 195-199
- [3]. M. Fenton "Iron and Steel Serap" USGS, Mineral Industry Surveys, 1999 Annual Review, Ağustos 2000
- [4]. H.Motz, J. Geiseler "Production of Steel Slags an Opportunity to Save Natural Resources" Waste Management, cilt 21, 2001, s.285-293
- [5]. A. Mumcu "Sinter Üretiminde Bazik Oksijen Fırını (BOF) Cürufunun Kullanılmasının Etkileri" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1992
- [6]. U.S.Yadav, B.K. Das "Recovery of Mineral Value from Integrated Steel Plant Waste" Proceedings of VI. Southern Hemisphere Meeting on Mineral Technology, Rio, Brezilya, Mayıs 2001, s.719-725



tmmob
makina mühendisleri
odası



tmmob
metalürji mühendisleri
odası

E . Demir-Çelik Sektöründe Enerji Tasarrufu

*“1. soğuk haddehane aydınlatma
sisteminin modernizasyonu”*

Hakkı ÖZEN

Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.

I.SOĞUK HADDEHANE

AYDINLATMA SİSTEMİNİN MODERNİZASYONU

Hakkı ÖZEN

Özet: 1.Soğuk Haddehane aydınlatmasında kullanılan yaklaşık 950 adet, 1000 W.'lık civa buharlı ampullerin yarısı, yeni teknoloji ürünü olan ve 1000 W.'lık civalı ampullerin sağladığı aydınlatma seviyesini, 400 W enerji harcıyarak sağlayan ampullerle değiştirilmiştir. Ayrıca sistemdeki 1000 W.'lık civalı ampuller elden geçirilerek verimliliğini kaybetmiş olanlar yenileriyle değiştirilmiştir. Bu yolla hem haddehane genelinde 4-5 kat daha iyi aydınlatma elde edilmiş, hemde yıllık 245.000 dolar tutarında 3,9 milyon Kwh elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmıştır.

GİRİŞ:

D) 1. Soğuk Haddehane sonradan yapılan ilavelerle birlikte 950 adet 1000 W. lik civa buharlı ampullerle aydınlatılmıştır. Her bir civalı lamba 55.000 lümen ışık şiddeti vermektedir. Günümüzde 400 W güçte 54000 lümen ışık şiddeti veren sodyum buharlı ampuller geliştirilmiştir. Görüleceği gibi 600 W daha az elektrik enerjisi harcanarak aynı ışık şiddetinde aydınlatma elde etmek mümkündür.

Civa buharlı ampuller beyaz ışık, sodyum buharlı ampuller sarı ışık vermektedir. Sanayi tesislerinde, işçi çalıştıran yerlerde, tamamen sarı ışıklı ortam oluşturmak, çalışan açısından uygun değildir. Bu nedenle sodyumlu ampullerle, civalı ampullerin yarıyarıya karışık kullanılması, genelde kabul edilmiş bir uygulamadır.

II) Diğer taraftan haddehane aydınlatma sistemindeki civalı ampuller 35 yıldır sürekli çalışmaktadır. Zamanla emisyonundan düşmüş ve randımanını kaybetmişlerdir. Bu durumda hem daha az ışık vermekte ve hem de normalden %13 daha fazla elektrik enerjisi çekmektedir. Nitekim modernizasyon esnasında, sistemdeki 950 adet civalı ampulün %65'inin %20 ila % 83 arasında randımanını kaybettiği ve verimli çalışmadığı anlaşılmıştır.

III) Ampullerin ve armatürlerin kirlilik nedeniyle ışık şiddetini tam yansıtamamaları da enerji kaybına sebep olan bir başka husus olmuştur. Modernizasyon esnasında tüm armatürler tek tek çatıdan sökülerek yere indirilmiş ve yıkanmış, ampuller silinmiş, ışık şiddetleri ölçülerek verimlilik kontrolü yapılmış, verimliliği %80' in altında olanlar ayıklanmış ve kullanılmamıştır. Sökülen armatürlerin kabloları

kavrulmuş olduğundan silikon izoleli, ısıya mukavim kablolarla değiştirilmiş, fiş-priz bağlantıları duylar ve diğer aksam da elden geçirilmiştir.

IV) 950 Armatürün yaklaşık %10'u, çeşitli sebeplerden dolayı çalışmaz durumda iken modernizasyon esnasında bunlarda faal hale getirilmiştir.

V) Modernizasyon öncesinde ve sonrasında haddehane içinde aydınlık şiddeti haritası çıkartılmıştır. Yapılan ölçümler sonunda, aydınlık şiddetinin lokal olarak 2 ila 10 kat, ortalama olarak 4-5 kat arttığı tespit edilmiştir. Aydınlık şiddetinin artması, gün ışığının bulunduğu zamanda haddehane genelinde mevcut lamba sayısının %25'i oranında lambayı söndürme imkanı sağlamıştır. Bu yolla da ayrıca elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmıştır.

İŞİN YAPILIŞI:

Yaklaşık 20 mt. yükseklikte asılı duran 950 adet lambanın tek tek aşağı indirilmesi, elden geçirildikten sonra tekrar yerine takılması, 475 adet balast kutusunun çatıda sac parça kaynatılarak üzerine montajı, çatıda nötr hattı oluşturulması, uzun yıllar problemsiz bir şekilde çalışacak malzeme seçimi ve bütün bunların tavan vinçleri ve hatların çalışırken, iş güvenliğine dikkat edilerek iş makinası kullanmadan kazasız bir şekilde yapılacak olması, işi çok iyi düşünüp planlamayı gerektirmiştir.

Civalı ampullerin sodyumluya çevrilmesi, sadece ampulü değiştirmekle olmamaktadır. Balastları da değiştirmek gerekmektedir. Mevcut civalıların balastları 380 V. ile çalışırken, sodyumluların balastları ancak 220 V. ile çalışmaktadır. Zorunlu olarak çatıdaki elektrik tesisatında nötr hattı oluşturmak gereği doğmuştur. Ayrıca her bir

sodyumlu lamba için balast, ateşleyici, kondansatör ve sigortadan oluşan elemanlar grubu, bir kutu içine yerleştirilerek sodyumlu lamba balastı meydana getirilmiş ve bu balastlar sodyumlu lamba armatürünün yanına sac parça kaynatılarak, üzerine monte edilmiştir.

Çatıya yerleştirilen elektrik malzemelerinin yıllarca problemsiz bir şekilde çalışması için malzeme seçiminde titiz davranılmıştır. Önce piyasada bulunabilen malzemelerden numune temin edilerek 4 ay çeşitli testlerden geçirilmiştir. Bu malzemeler haddehane de pilot bölge seçilerek buranın aydınlatmasında kullanılmıştır. Fiili test neticesi de görüldükten sonra diğer kısımlar bu kalite malzemelerle modernize edilmiştir. Böylece işin yapılabilişliği, karşılaşılan zorluklar, tespit edilmiş diğer taraftan da meydana gelen aydınlatma şekli işletme personeline gösterilmiş ve haddehanenin geri kalan kısmının bu şekilde aydınlatılacağı gösterilerek kabul ettirilmiştir. Seçilen aydınlatma malzemelerinin pilot bölgede daha geniş kapsamlı test edilmesi yaklaşık 6 aylık süre almıştır.

Bilhare ihtiyaç duyulan bütün malzemeler sipariş edilerek tamamlandıktan sonra işçilik ihalesine çıkmıştır.

İşçilik dosyası 3 kalem altında toplanarak hazırlanmıştır.

- 1) Çatıdaki armatürün aşağı indirilmesi, aşağıda hazır olanın yukarı çıkartılması.
- 2) Sac parçanın çatıda kaynak edilmesi ve balast kutusunun üzerine montajı.
- 3) Arızalı 1000 W balastın aşağı indirilmesi ve sağlamlarının yukarı çıkartılması.

Bütün bu kalemlere, elektriki irtibatların sökülmesi, tekrar bağlanması işçiliği de dahil edilmiştir.

Yerde yapılacak her türlü tamirat ve montaj işleri ünite imkanları ile gerçekleştirilmiştir. Karşılaşılan bir başka zorluk nötr hattına ihtiyaç duyulması olmuştur. Civa buharlı armatürler 380 V. dur ve çatıdaki tesisat 3 faz esasına göre yapılmıştır. Sodyum buharlı armatürlerin 380 V. olanı yoktur. 220 V. ile çalışmaktadır. Bu nedenle ilave nötr hattı zarureti ortaya çıkmıştır. Bununda çözümü ilave hat çekmeden şöyle bulunmuştur. Her sıradaki 3 fazın orta sırasına isabet eden faz bağlantısı iptal edilerek trafo çıkışında nötr bağlantısı haline getirilmiştir. Hem faz akımları dengesi bozulmamış, hem ek bir hat çekmeye gerek kalmadan problem halledilmiştir.

ENERJİ TASARRUFU HESAPLARI

- 1) 950 Adet civalı lambanın yarısının sodyumlu lambaya çevrilmesi ile tasarruf edilen güç;

$$(1000W - 400W) \times \frac{950}{2} = 285\ 000\ W = 285\ KW$$

Bu lambalar yılda 365 gün sürekli yanmaktadır. Yılda tasarruf edilen elektrik enerjisi;

$$285\ KW \times 8760\ saat = 2\ 496\ 600\ Kwh.$$

- 2) Haddehanede elde edilecek iyi seviyede aydınlatma sonucu gündüzleri haddehane aydınlatmasının % 25'i söndürülecektir.

Bu durumda tasarruf edilen yıllık enerji miktarı;

$$\text{Civalıda: } 475\ \text{Adet} \times 1000\ W \times 0,25 \times \frac{8760}{2}\ \text{saat} = 520.125\ Kwh.$$

$$\text{Sodyumluda: } 475\ \text{Adet} \times 400W \times 0,25 \times \frac{8760}{2}\ \text{saat} = 208.050\ Kwh.$$

$$+ \frac{520.125 - 208.050}{1} = 728.175\ Kwh$$

- 3) Emisyondan düşmüş ampullerin ayaklanması ile tasarruf edilen elektrik enerjisi;

$$[(950-95)\ \text{Ad} \times 0,65] \times 1000W \times 0,13 \times 8760\ \text{saat} = 632.888\ Kwh.$$

- 4) Balastların yarısının 1000 W dan 400 W a düşürülmesiyle sağlanan enerji tasarrufu (Balast kaybı %3 alınmıştır.)

$$475\ \text{Adet} \times 600\ W \times 0,03 \times 8760 = 74898\ Kwh.$$

Toplam elektrik enerjisi tasarrufu ;

$$TET = 1 + 2 + 3 + 4$$

$$= 2496600 + 728175 + 632888 + 74898 = 3932561\ Kwh.$$

Bunun parasal karşılığı: (Yıllık)

TEAŞ'dan Nisan ayında satın alınan 25.009.000 Kwh elektrik enerjisine 966.381.941.000 TL. bedel ödenmiştir. Dolar 620.000 TL' den hesaplandığında 1 Kwh elektrik enerjisi ERDEMİR'e

$$\frac{966.381.941.000}{620.000 \times 25.009.000} = 0.0623\ \text{Dolara mal olmaktadır.}$$

Yıllık TOPLAM

$$\text{tasarruf maliyeti} = 3932561 \times 0,0623 = 245.093$$

Dolar/yıl'dır.

SONUÇ:

1. Soğuk Haddehane tavan lambalarının modernizasyonu sonucunda;

- 1) Yılda yaklaşık 3,9 milyon Kwh (245.000 Dolar) elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmıştır. Bu rakam tüm ERDEMİR lojmanlarının sarfettiği elektrik enerjisinden fazladır.
- 2) Haddehane de bölgesel olarak 2-10 kat, genelde 4-5 kat aydınlatma şiddeti artmıştır.
- 3) Haddehanenin daha iyi aydınlatılmış olması, iş kazası ve bobin hasarlanma riskini azaltmıştır. Ayrıca haddehanede çalışanlar üzerinde psikolojik yönden moral olarak olumlu etkiler meydana getirmiştir.
- 4) Armatürlerin çatıdan sökülmesi, takılması, balast montajı, hizmet alımı şeklinde müteahhite yaptırılmış, yer hizmetleri ünite imkanlarıyla gerçekleştirilmiştir.
- 5) Bu iş için yaklaşık 11 Milyar TL. (20.000 Dolar) müteahhit işçiliği. 16 Milyar TL. (29.000 Dolar) malzeme olmak üzere 27 Milyar TL. (49.000 Dolar) harcanmış ve 1,5 ayda bitirilmiştir.



tmmob
makina mühendisleri
odası



tmmob
metalürji mühendisleri
odası

E . Demir-Çelik Sektöründe Enerji Tasarrufu

"Erdemir back-up yük atma sistemi"

(EBYAS)

Tamer ADANIR
Okay GÜNER
Mesut KÜÇÜK

Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.

ERDEMİR BACK-UP YÜK ATMA SİSTEMİ (EBYAS)

Tamer ADANIR

Okay GÜNER

Mesut KÜÇÜK

Özet: ERDEMİR Back-up Yük Atma Sistemi (EBYAS), EDMS (Electrical Energy Distribution Management System) projesinin bir parçası olarak düşünülmüş ve tamamen ünite kaynakları ile inşa edilmiş, Türkiye'nin en büyük Yük Atma projesidir. Sistem, PLC kontrollü tam otomatik çalışan, genişleyebilir ve esnek bir sistemdir. EBYAS'ın temel görevi; ERDEMİR'in kesintisiz ve kaliteli elektrik enerjisi ile üretim yapmasına yardımcı olmaktır. Temel işlevi ise; ulusal şebeke ile paralel çalışırken, TEAŞ'da oluşan arızalarda, ERDEMİR'i en kısa zamanda TEAŞ'dan ayırmak ve o andan itibaren üretimi tüketime eşitleyebilecek şekilde otomatik yük atmaya gerçekleştirmektir.

Anahtar sözcükler: *Yük Atma Sistemi, Proaktif Yük Atma, Düşük Frekans, Gerilim Çökmeleri.*

1. GİRİŞ

Türkiye'deki ağır sanayinin öncüsü konumunda olan ERDEMİR 120 trafo merkezi ve bu trafo merkezlerinin beslediği fabrikaları ile entegre bir tesistir. ERDEMİR 'deki fabrikalara ait genel bir bilgi aşağıda verilmiştir;

- Yüksek Fırın 1 -2
- Kok, Sinter
- Cevher Stok, Cevher harmanlama, Kömür Harmanlama
- Liman, Kireç
- Tatlı Su, Resirkülasyon, Tuzlu Su
- Çelikhane, 18MVA Pota Isıtma
- Slap Döküm 1-2-3-4
- Oksijen 1-2-3-4-5
- Sıcak Haddehane 1-2
- Soğuk Haddehane 1 -2

ERDEMİR ihtiyacı olan 170 MW'lık (15 dakikalık demand) elektrik enerjisini TEAŞ trafoları ve kendi jeneratörlerinden karşılamaktadır. ERDEMİR 155 MW üretim yapabilecek kapasitede olmasına rağmen 40 MW'a çıkabilen haddehane darbelerini karşılayamadığı için TEAŞ'la paralel çalışmak zorundadır. ERDEMİR'in genel üretim kaynaklarını içeren basit tek hat şeması Şekil-1 de verilmiştir. En kritik yükleri Yüksek Fırımlar, Kok Fabrikası, ve Su Tesisleridir. Çelikhane ve Sürekli Dökümler tesisleri onları izlemektedir. Diğer tüm tesisler (Oksijen fabrikaları, Sinter, Sıcak ve Soğuk Haddehaneler) daha az kritik tesislerdir.

TEAŞ arızaları esnasında en kritik yüklerden daha az kritik yüklerle kadar tüm sistemin ayakta kalabilmesi, ancak ve ancak, en kısa zamanda TEAŞ'dan ayrılıp, üretimi tüketime

eşitleyecek şekilde yük atılması ile sağlanabilmektedir. Bu nedenle EBYAS sadece klasik düşük frekans koruması ile yük atma yapmaz aynı zamanda Ulusal Şebekeden (TEAŞ) ayrılma sinyali üreterek 'Proaktif olarak da yük atma gerçekleştirir. Proaktif yük atma sistemi, Türkiye Ağır Sanayisinde bir ilk olması açısından çok önem taşımaktadır.

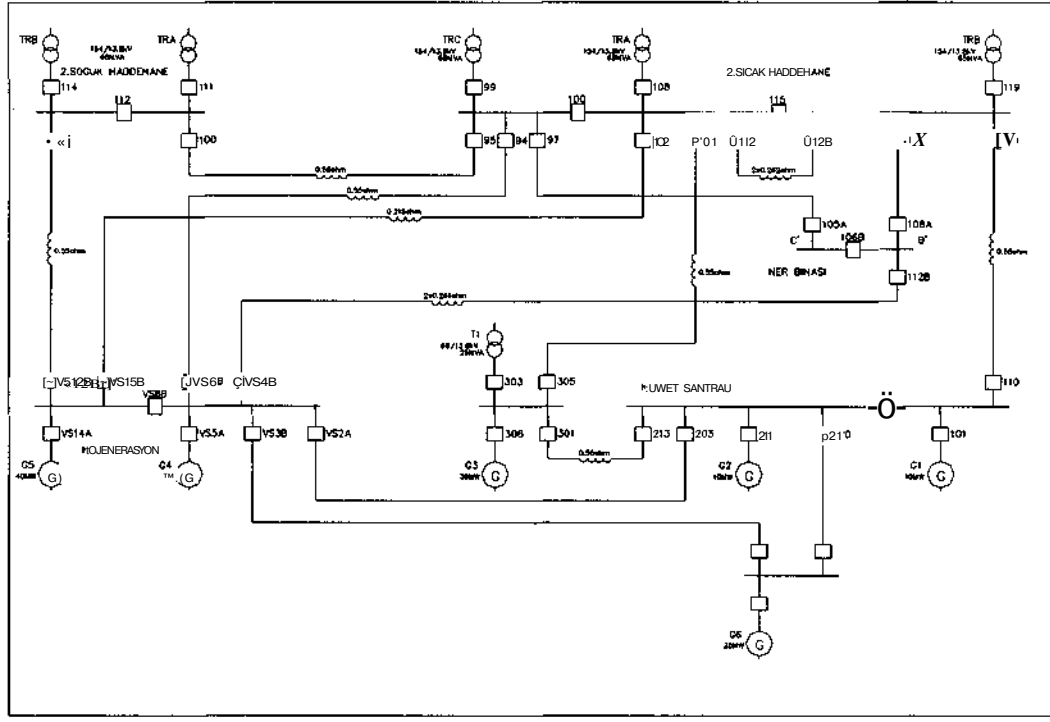
2. ENDÜSTRİDE AKILLI, HIZLI VE PROAKTİF YÜK ATMA SİSTEMİ;

Erdemir bünyesinde çok çeşitli proses ve otomasyon mevcuttur. Bu proseslerden bazıları sürekli çalışmayı gerektirmekte ve her türlü enerji kesintisinde insan sağlığını da tehdit edebilecek çok büyük maddi zararlar oluşabilmektedir. ERDEMİR geçmişte kendisinden kaynaklanmayan TEAŞ kısa devre arızalarından enterkonnekte olduğu için etkilenmiş ve ciddi üretim kayıplarına uğramıştır. Bu kayıpları minimize edebilmek ve kesintisiz elektrik enerjisini sağlayabilmek için çalışmalar başlatılmış ve EBYAS projesi, ERDEMİR Elektrik Sistemi iyileştirme çalışmalarının merkezi konumuna gelmiştir.

2.1 EBYAS Projesi Öncesi Yapılan Çalışmalar

EBYAS Projesi öncesi yapılan çalışmaların özeti aşağıda verilmiştir;

- ERDEMİR'de bulunan bütün fabrikalar incelenerek hassas ve kritik yüklerinin neler olduğu ünite sorumlularıyla tartışılarak belirlenmiştir. Buna göre işletmelerin minimum çalışmalarını sürdürebilmeleri için gerekli olan elektrik enerjisi miktarları çıkarılmıştır.

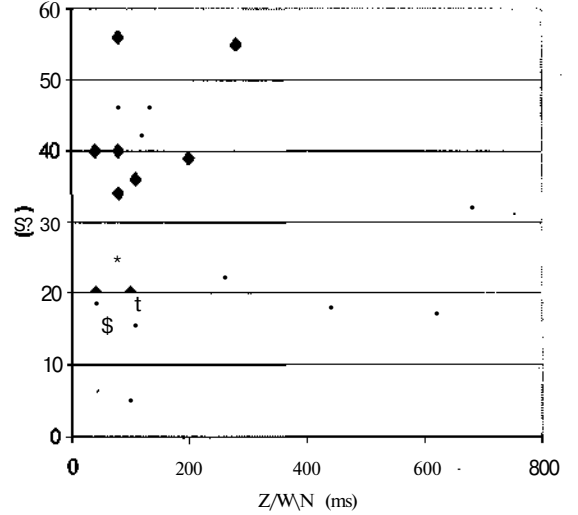


Şekil 1. Erdemir 13.8kV Genel Tekhat Şeması

TEAŞ iletim hatları çevresel ve atmosferik olaylardan etkilenmektedir. Bunun sonucu olarak da TEAŞ hatlarında sık sık anlık kısa devre olayları yaşanmaktadır. Bu arızalar genel olarak 150-200 milisaniye içerisinde TEAŞ tarafından temizlenmektedir. Ama bazı durumlarda süre ERDEMİR'in dayanabileceği sınırların üzerine çıkmaktadır. ERDEMİR, TEAŞ'da oluşan bir kısa devre arızasında ciddi biçimde TEAŞ'ı beslemekte ve bunun sonucu olarak da gerilim çökmeleri meydana gelmektedir. (Şekil 2) Gerilim çökmelerinin süresine ve seviyesine bağlı olarak hassas prosesler devre dışı kalmaktadır. TEAŞ'la bağlantı noktalarına çok fonksiyonlu mikroişlemci tabanlı koruma röleleri konarak sistem uzunca bir müddet gözlenmiş, arızaların analizleri çıkarılmış ve bu arızalarda ERDEMİR'in tepkisinin nasıl olduğu saptanmıştır. Yapılan bu çalışmalar TEAŞ kaynaklı kısa devre arızalarında frekansın, frekans rölelerini çalıştıracak kadar düşmediğini göstermiştir. Ayrıca gerilim çökmesinin belli bir süreden sonra kendi üretim kaynaklarımızı da devreden çıkarttığı ve sistemin komple sıfırlanmasına sebep olduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak tüketimimizi kendi üretim kaynaklarımızla karşılamak için bir kısa devre anında TEAŞ'dan hangi zamanda kopmamız gerektiği belirlenmiştir.

- ERDEMİR'de bulunan bütün büyük motorlar kısa devre anında arıza noktasını beslemektedir. Bu etki motorların eylemsizlik momenti ile ilgilidir. Bütün büyük motorların arızalardaki davranışları incelenmiştir.

GERİLİM ÇÖKMELERİ



Şekil 2. TEAŞ Arızaları Anında Oluşan Gerilim Çökmeleri

- ERDEMİR çok büyük ve iç içe geçmiş bir şebeke yapısına sahiptir. Bu yapı içerisinde oluşabilecek bütün ada ve yanmada alternatifleri incelenmiştir. Buna göre sistem topolojisinin dört ayrı yarım ada olabileceği ve bunların da $2^4 = 16$ ayrı alternatif oluşturacağı görülmüştür. Toplam 16 adet tie hattı ile de $2^{16} = 65536$ ayrı çalışma durumunun oluşabileceği tespit edilmiştir. Aşağıda detayı anlatılan algoritma ile tüm bu çalışma durumlarını otomatik fark edebilecek ve yük atma mantığını ona göre değiştirecek bir yazılım geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

- ERDEMİR sisteminin herhangi bir adasında veya yarımadasında TEAŞ'dan ayrıldıktan sonraki frekans değişim hızları hesaplanmış ve düşük frekans ile yük atma için gerekli frekans seviyeleri tespit edilmiştir.
- Herhangi bir yük atma kararının oluşması ile sahadaki kesicilerin açması arasındaki zamanın minimum seviyede olması sistemin güvenilirliği ve emniyeti için çok önemlidir. Bu kriteri sağlayacak en uygun çözüm araştırılmıştır. Buna göre kullanılan CPU'nun 4 milisaniye içerisinde yük atma sinyali üretebilecek şekilde hızlı olanı seçilmiştir.
- Herhangi bir yük atma sisteminin tam otomatik olsa dahi operatör ile sürekli iletişim halinde olması gerekmektedir. Bu nedenle, dijital, renkli ve kullanımı kolay bir operatör paneli Arayüz olarak seçilmiştir. Arayüz , EBYAS ile operatör arasındaki her türlü bilgi alışverişini sağlamaktadır.

Yapılan tüm bu çalışmalar EBYAS'ın nasıl bir mantık çerçevesi içerisinde çalışması gerektiğini göstermiştir.

2.2 EBYAS'ın Çalışma Mantığı

ERDEMİR normal çalışma koşullarında darbeli yüklerini kaldıramayacağı için TEAŞ ile paralel çalışmaya zorludur. Paralel çalışan bir şebekede frekans her yerde aynı olacaktır. Buna göre, dört türlü yük atma gerçekleşecektir:

- TEAŞ kaynaklı kısa devre arızasının Erdemir'in dayanabileceği seviyeyi ve süreyi geçmesi durumunda,
- TEAŞ ile paralel çalışan ERDEMİR'in şebeke frekansının limit değerden aşağı düşmesi durumunda,
- ERDEMİR şebekesi içerisinde oluşabilecek herhangi bir adada (TEAŞ'dan ayrı çalışmaya devam ederken) frekansın limit değerden aşağı düşmesi durumunda,
- Herhangi bir sebepten dolayı TEAŞ'dan ayrılması durumunda,

Yukarıda anlatılan durumların gerçekleşmesi halinde yük atma şu işlevleri yerine getirecektir: TEAŞ ile bağlantı noktalarındaki kesicilere aç sinyali gönderecek ve kuvvet santralı operatörleri tarafından daha önceden belirlenmiş ilk frekans kademesindeki yükleri atacaktır. Aynı anda alarm ve raporlama işlemleri de başlayacaktır.

2.3 EBYAS'ın Bölümleri

EBYAS şu ana başlıklar altında toplanabilir:

- Kablolama,
- Sistemin gözlemlenip atılacak yüklerin girilebileceği bir arayüz,
- Sağlıklı bir işletme için koruma sınırları,

- PLC
- Algoritma

2.3.1 Kablolama

EBYAS çok hızlı ve güvenli çalışmak zorundadır. Bunun için, yaklaşık 2,5 kilometre kareye yayılmış olan trafo merkezlerindeki kesici kontaklarının durumlarını en hızlı şekilde algılamalıdır. Aynı şekilde bir yük atma durumu söz konusu olduğunda atılacak yüklerin kesicilerine trip sinyalini de en hızlı ve güvenli şekilde ulaştırılabilir. Yaklaşık olarak 200 input bilgisi sahadan gelmekte ve 120 output bilgisi de sahaya gönderilmektedir. Bu işlem iki şekilde yapılabilir:

- Belli merkezlere, ana PLC ile bir data kablosu üzerinden haberleşecek uzak I/O modülleri konur. Bu uzak I/O modüllerinden de kesicilerin hareket sonu kontaklarına ve trip devrelerine birer kablo çekilir.
- Kesici hareket sonu kontaklarından ve trip devrelerinden direk ana PLC'ye birer kablo çekilir.

İlk yöntemin iki sakıncası vardır: Birincisi I/O modüllerle haberleşmenin belli bir gecikmeye sebebiyet verecek olması, ikincisi ise tek bir haberleşme kablosunun kopması durumunda bile birçok kesici ile bağlantı kurulamayacak olmasıdır. EBYAS'da ikinci yöntem uygulanmış ve her input ve output için ayrı kablo düşünülmüştür. Bu yöntemin de iki sakıncası vardır. Birincisi maliyetleri arttırması, ikincisi ise sahaya gidecek olan kablolar ile ilgili yapılacak projenin detaylı ve hatasız çalışması gerektiğidir. EDMS projesi çerçevesindeki ihale bedelinin 500.000 \$ olduğu ama Erdemir'in kendi imkanları ile 100.000 \$'a mal ettiği EBYAS projesi için kablo fiyatları önemsiz kalmıştır. Kablo bağlantılarının projelendirilmesi elektrik CAD programı ile gerçekleştirilmiş ve devreye alma sıfır hata ile başarılmıştır. Kablo güzergahları ve sahaya konacak bağlantı kutularına ait yerleşim planı için de proje yapılmış ve istek belgeleri bu metrajlara göre çıkarılmıştır. İş bitiminde kullanılan kablo metraji, tahmin edilenle yaklaşık aynı çıkmıştır

EBYAS projesi kapsamında çekirtilen kablolar Yüzde 50 yedeklidir ve sahanın her yerine gitmektedir. Yedek kablolar trafo merkezlerine acil telefonların konulmasına imkan sağlamıştır. Ayrıca hat koruması için kullanılan pilot hat devreleri de bu sayede yenilenmiş ve yedeklenmiştir.

EBYAS projesi çerçevesinde sahada kullanılmış olan kablo metrajlarına, bağlantı kutularına, rölelere ve klemenslere ait genel bilgiler aşağıda verilmiştir. (Tablo 1.)

Tablo 1. Kullanılan Kablo, Röle, Pano ve Klemensler

Malzeme	miktarı	Birimi
Kablo	15414	Metre
HOVDCröle	112	Adet
2'li klemens	2000	Adet
500x700x210 pano	34	Adet
700x1000x210 pano	3	Adet

senaryo, Bu adanın normal çalışma durumunda iken TEAŞ'dan ayrılmasıdır. Bu durumda frekans değişimi;

milisaniye içerisinde ve frekans $2.51 \text{ Hz/sn} \times 0.124 = 0.31 \text{ Hz}$ düşmüşken $(50-0.31 = 49.69 \text{ Hz})$ yük atar.

Tablo 4. Kuvvet Santrali Yarımadaşı Tüketilen Yükler

Yükler	MW
Kuvvet Santrali İç İhtiyaç	6,9
Kok Fabrikası	2,2
Tuzlu Su	1,9
Yüksek Fırın-1	3,2
Yüksek Fırın-2	2,5
Sürekli Döküm 1 ve 2	1,4
Çelikhane	7,8
Sürekli Döküm 3 ve 4	1,8
Resirkülasyon	5,6
Tatlı Su	1,1
Radyal-1 Göztepe Sitesi	1,1
Radyal-3 Bağlık Sitesi	1,8
Oksijen 3	3,7
Sinter	9,2
Temper-1	3,3
Teneke	3,6
II. Sıcak Haddehane A barası	8,8
II. Sıcak Haddehane B barası	17,3
II. Sıcak Haddehane B' barası	8,3
Oksijen 5	8,2
TOPLAM	99,7

G1: 12,5MVA, H=4,5p.u.=4,5x12,5=56,25MW-s
G2: 12,5MVA, H=4,5p.u.=4,5x12,5=56,25MW-s
G3: 33,5MVA, H=2p.u.=2x33,5=67MW-s
G6: 31,25MVA, H=2,2p.u.=2,2x31,25=68,75MW-s

$$"sistem = \frac{56,25 + 56,25 + 67 + 68,75}{12,5 + 12,5 + 33,5 + 31,25} = 2,766 > (3)$$

$$P_{YÜK} = \frac{\sqrt{00MW}}{S9J5MVA} = \sqrt{M4p.u.}, (4)$$

$$P_{ÜRET} = \frac{10MW + 10MW + 30MW + 25MW}{S9J5MVA} = 0.836p.w., (5)$$

$$\frac{df}{dt} = 50x \frac{P_{YÜK} - P_{ÜRET}}{2xH} = \frac{1,114-0.836}{2x2,766} 2,5 \sqrt{H_z/sn}, (6)$$

olarak hesaplanır. Bunun anlamı; frekansın 48.5Hz'e düşmeden önce en az 100-75=25 MW İlk yük ;

$$\frac{50//z-48.5/fe}{2.5 \sqrt{Hz/sn}} = 0.598 \text{ saniye}$$

598 milisaniye içerisinde atılmalıdır. Kesicilerin açma süresi ortalama 100 milisaniye kabul edilirse, 498 milisaniye içerisinde ise proaktif yük atma sinyali üretilmelidir. PLC'nin toplam çalışma süresi (scan time) ortalama 4 milisaniyedir. Sahadaki yük atma gerçekleştiren yardımcı rölelerin kapama süresi ortalama 20 milisaniyedir. Bu durumda PLC, 24+100 (kesici açma süresi) =124

Eğer proaktif yük atma gerçekleşmez ise bu durumda, 598 milisaniye sonra frekans 48.5 Hz' e düşer. Frekans rölelerinin trip zamanı 3 Hz =60 milisaniyedir. PLC frekans rölesinden kontak alıp 4 milisaniye içerisinde yük atma sinyalini oluşturur ve sahadaki yardımcı röleler de 20 milisaniye sonra yükleri açtırır. Bu durumda; kesicilerin açma süresi de hesaba katılınca 598+60+4+20+100 =782 milisaniye sonra frekans $2.51 \text{ Hz/sn} \times 0.782 = 1.96 \text{ Hz}$ düşmüşken, 48.04 Hz de sistem rahatlar ve frekans tekrar 50 Hz' e gelir. 2. kademe frekans set değeri 48 Hz ve 3. kademe frekans set değeri 47.5 Hz olduğu için ne 2. kademe, ne de 3. kademe yük atma gerçekleşmez. (Bakınız Tablo 5.)

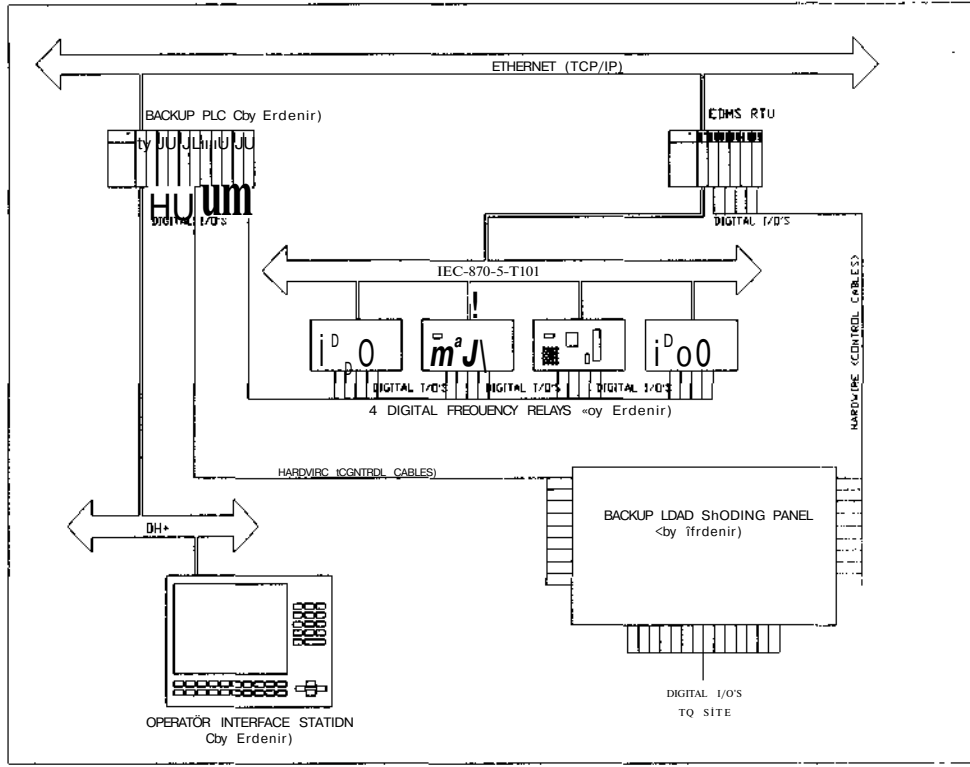
Tablo 5. Toplam Yük Atma Süreleri

Proaktif	Süre (ms)	Toplam Süre (ms)
TEAŞ dan ayrıldı	0	0
PLC Trip üretti	4	4
Sahadaki yardımcı röleler çalıştı	20	24
Kesiciler açtı. (Proaktif çalıştı)	100	<u>124(49.69Hz)</u>
Düşük frekans	Süre (ms)	Toplam Süre (ms)
Düşük frekans rölesi 48.5Hz algıladı	598	598
Düşük frekans rölesi trip üretti	60	658
PLC Trip üretti	4	662
Sahadaki yardımcı röleler çalıştı	20	682
Kesiciler açtı (düşük frekans ile)	100	<u>782(48.04Hz)</u>

Yukarıdaki örnekte verildiği gibi tüm ada ve yarımada durumlarına göre bu hesaplar yapılmış ve Tablo-3 de verilen düşük frekans yük atma kademeleri belirlenmiştir.

2.3.4 PLC

EBYAS projesinin genişleyebilir ve esnek yapıda olması hedeflenmiştir. Belli bir piyasa araştırmasından sonra ethernet destekli uygun bir PLC seçilmiştir. PLC etherneti desteklediği için sistemi fabrikadaki herhangi bir yerden kontrol etmek , yeni program yüklemek, "başka PLC veya DCS sistemleri ile haberleştirmek, arızalarda çok çabuk müdahale etmek vs. mümkündür. Ayrıca PLC ile haberleşen program DDE (Dynamic Data Exchange) destekli olduğu için Erdemir tek hat şemalarına, Erdemir ethernet ağında bulunan herhangi bir bilgisayardan da kolayca ulaşılabilmektedir. PLC Bölüm 2.3.2'de anlatılan bir arayüzle haberleşmekte ve yük atma için gerekli bilgi alışverişini sağlamaktadır. PLC yaklaşık olarak 4msn'de bir içindeki programı taramakta ve yük atma koşulları oluşması halinde aynı sürede trip sinyallerini üretebilmektedir. Şekil-5 EBYAS'ın temel yapısını göstermektedir.



Şekil 5. EBYAS'ın Temel Yapısı

2.3.5 Algoritma

EBYAS , klasik düşük frekans röleleri ile yük atma gerçekleştirebildiği gibi Türkiye'de ilk defa uygulanan proaktif yük atma işlemi de gerçekleştirmektedir. Proaktif yük atma işlemi kısaca, Ulusal şebeke ile paralel çalışırken, Ulusal şebekenin olmadığını bir şekilde algılanması ile TEAŞ'dan otomatik ayrılmak ve aynı anda üretimi tüketime eşitleyecek şekilde yük atmaya gerçekleştirmektedir. Böylece frekansın düşük frekans koruma değerlerine düşmeden 50Hz ile TEAŞ'dan sağlıklı bir şekilde kopabilmek ve 50Hz'de ayakta kalabilmek gerçekleşir. Frekansın tehlikeli seviyelere düşmesi veya yükselmesi özellikle buhar türbinleri başta olmak üzere tüm elektrik ekipmanlarını olumsuz yönde etkilediği aşikardır. Bu nedenle Proaktif yük atma oldukça önemlidir.

EBYAS projesi çerçevesinde, 13.8 ve 2.4 kV kesicilerin yaklaşık 200 adedinden kesici açık/kapalı bilgisi gelmektedir. Bu bilginin hızı sistemin hızını da etkilemektedir. Kesicinin açma süresi, her ne kadar kesicinin markasına göre değişse de normal şartlarda 100 ms civarındadır. Bu kayıp süreyi minimize etmek için kesicinin trip bobinine paralel bir donanım eklenebilir. Bu sayede daha kesici açmadan kesicinin açacağı bilenebilir ve 100 ms kazanılabilir. Ama Tablo-5 den de görülebileceği gibi yapılan hesaplamalar çok hızlı işlem kapasitesi olan EBYAS için bu sürenin çok önemli olmadığını göstermiştir.

ERDEMİR için en önemli kesiciler ERDEMİR'i TEAŞ 154kV ve 66kV sistemlerine bağlayan kesicilerdir.

TEAŞ'da oluşan arızalardan ERDEMİR'in etkilenmesini önlemek için bu kesicilere çok fonksiyonlu mikro işlemci tabanlı koruma röleleri konulmuştur. Bu rölelerin birer trip kontakları EBYAS'a da input olarak girmiş ve proaktif yük atma prosesinin başlangıç anı olarak kabul edilmiştir. Böylece kesicinin açması için geçecek olan süre kazanılmıştır. Frekansın düşmesini beklemeden direkt TEAŞ'dan ayrılma anına bakılarak proaktif yük atma yapılmaktadır. Ayrıca, Şekil-1 de verilen basit tek hat şemasında görülen tüm tie hatlarının açık veya kapalı olduğu sürekli izlenmekte ve eğer bir tie hattı durum değiştirmiş ve bunun neticesinde ada durumu oluşmuş ise bu durumlarda da proaktif yük atma gerçekleşmektedir.

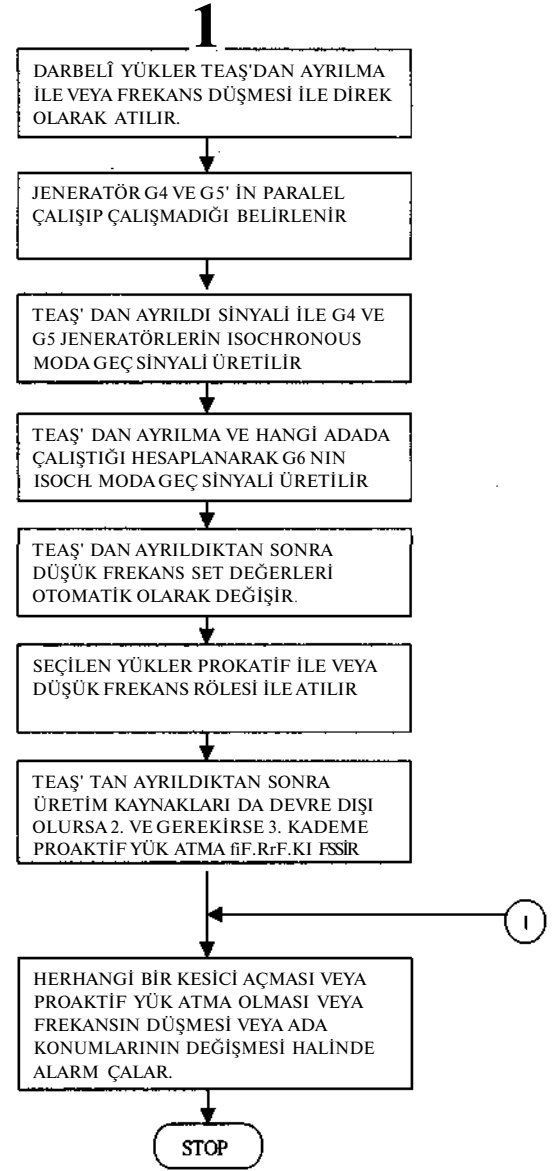
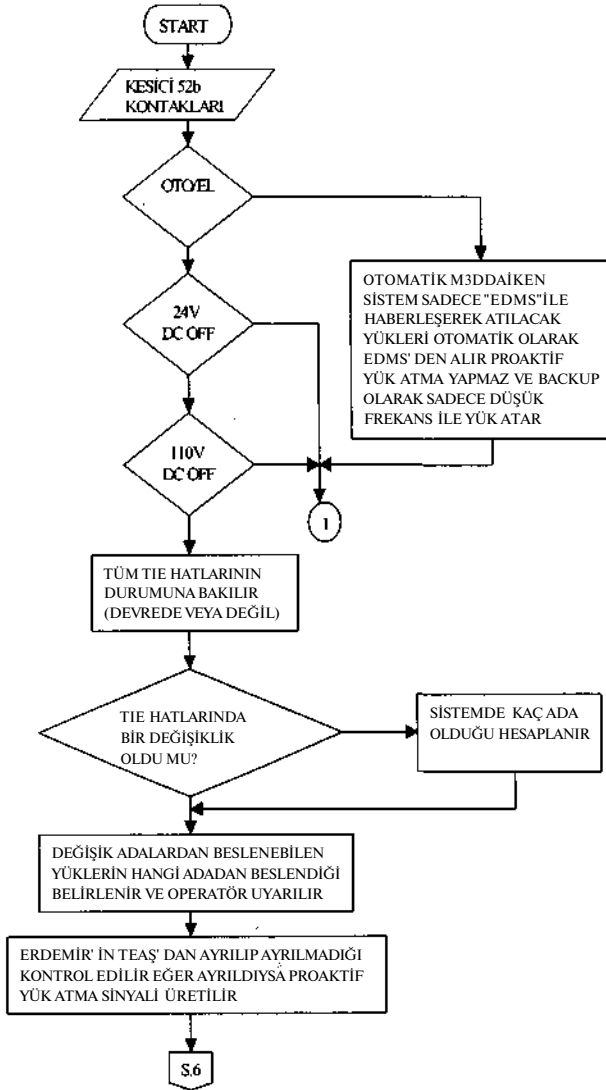
Şekil 6.'da EBYAS'ın algoritmasını açıklayan akış şeması verilmiştir.

EBYAS projesi kapsamında kullanılan PLC'nin içerisinde sistemi kontrol eden beş ayrı program koşturmaktadır. Bu programlar toplam 1100 ranktan oluşup tamamı ERDEMİR bünyesinde yazılmıştır. Programla şu sonuçlar elde edilmektedir:

- Sahadaki yaklaşık 200 kesicinin hareket sonu kontakları, ERDEMİR-TEAŞ bağlantısını kontrol eden rölenin trip kontakları ve frekans rölelerinin trip kontakları PLC tarafından gözlenmekte ve bu sayede altı Erdemir jeneratörü ve altı TEAŞ trafosunu birbirine bağlayan kesicilerin oluşturduğu yaklaşık 65536 kombinasyon taranıp oluşan bütün ada ve yarımada durumları tespit edilmektedir. Sistemde

değişen her durum için arayüz ve yazıcıdan operatörlere uyarı verilmektedir.

- Ada durumlarına göre generatörler için frekans tutucu mod sinyalleri üretilmektedir.
- Dört ayrı ada için konmuş olan dört dijital frekans rölesinden, belirlenmiş frekans kademelerine düşülmesi halinde trip sinyalleri gelmektedir. Hangi frekans kademesinde hangi yüklerin atılması gerektiği arayüzden gelen bilgiler doğrultusunda kontrol edilmektedir.
- Birinci kademe yük atma gerçekleşip TEAŞ'dan ayrıldıktan sonra ada durumunda kalan kısım için düşük frekans koruma değerleri otomatik olarak o adaya uygun olacak şekilde değişmektedir. Böylece ada durumuna geçen kısımda jeneratör kaybı ile oluşacak frekans düşmeleri için yeni yük atma mantığı aktif olmaktadır.



Şekil 6. Program Akış Şeması

3. SONUÇ

ERDEMİR'deki toplam elektrik tüketimi, Türkiye'de tüketilenin yaklaşık olarak yüzde birine denk düşmektedir. ERDEMİR bu derece büyük ve komplike elektrik sisteminin en can alıcı noktasını kendi mühendislerine emanet etmiştir. Projenin tamamı belli bir program dahilinde yürütülmüş ve başarı ile bitirilmiştir. ERDEMİR için bu proje kapsamında oluşan faydaları şu maddelerle özetleyebiliriz;

- Proje ilk önce EMDS (Electrical Energy Distribution Management System) projesi içerisinde ihale edilmiş ve firmalar tarafından yük atma sistemi için yaklaşık 500.000\$ teklif verilmiştir. Tasarruf tedbirleri ışığında bu miktar çok bulunmuş ve yük atma projesi ERDEMİR bünyesinde yapılmasına karar verilmiştir.

Proje maliyetinin 100.000\$ civarında gerçekleşmesi ile 400.000 \$ tasarruf etmiştir.

- ERDEMİR konu ile ilgili kendi 'know how'ını üretmiş ve bundan sonra benzer konuda yapılabilecek projeler için bilgi birikimi elde etmiştir. Yapılan işler dökümanite edilerek herkesin faydalanabileceği hale getirilmiştir.
- EBYAS oluşturulurken, ERDEMİR elektrik sistemi masaya yatırılmış ve kapsamlı bir şekilde etüt edilmiştir. Elektrik sisteminin çalışma mantığı yarım adalar şekline getirilmiş, TEAŞ arızasında hızlı ve etkili bir şekilde TEAŞ'dan ayrılma gerçekleştirilmiştir. Tüm sistemin röle koordinasyonları elden geçmiş ve yeniden düzenlenmiştir. Böylece , EBYAS ERDEMİR elektrik sistemi iyileştirme çalışmalarında mihenk taşı olmuştur.
- ERDEMİR'de, EBYAS'ın devreye girmesinden bu yana yaklaşık bir yıldır, ne TEAŞ kaynaklı nede kendi

iç arızalarından dolayı komple elektrik enerjisinin kesildiği hiçbir durum yaşanmamıştır.

- Erdemir'in yönetim anlayışında çok önemli yer tutan takım çalışmasına güzel bir örnek olmuştur
4. KAYNAKLAR

- [1] J. Berdy "Load Shedding - An Application Guide" General Electric Company, Electric Utility Engineering Operation, 1968,
- [2] J. Berdy, P.G. Brown, L. E. Goff "Protection of Steam Turbine - Generators During Abnormal Frequency Conditions" General Electric Company, 1974
- [3] O. Yıldırım "Elektrik Enerji Dağıtım Sistemi Analizi" Erdemir, 1992
- [4] B. Hoppe, A. Cornette "Reflex" Industrial Load Shedding System" Power Technologies, Inc., 1999
- [5] J.S.Czuba, D.J.Lavrence "Application of An Electrical Load Shedding System to a Large Refinery", Power Technologies, Inc., 2000



tmmob
makina mühendisleri
odası



tmmob
metalürji mühendisleri
odası

E . Demir-Çelik Sektöründe Enerji Tasarrufu

*"Demir ve çelik fabrikalarında enerji
yönetim modeli"*

Abdülkadir ÖZDABAK

Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.

DEMİR VE ÇELİK FABRİKALARINDA ENERJİ YÖNETİM MODELİ

Abdulkadir ÖZDABAK

Özet: Ulusal enerjinin yaklaşık %19'unu tüketen demir ve çelik tesislerinde, enerjinin toplam maliyet içindeki payı da %27-33 arasındadır. Maliyetin yüksek olması ve enerji kaynaklarının da sınırlı olması, enerjinin iyi yönetilmesi zorunluluğunu getirmektedir. Çok iyi organize olmuş bir demir-çelik tesisinde enerjinin verimli kullanılmasıyla satın alınan enerji miktarında önemli ölçüde azalma olmakta, maliyetler düşmekte ve karlılık payı artmaktadır. Bu nedenle en üst yöneticiden, en alta çalışanına kadar herkes bu yönetimin içinde yer almalıdır.

Anahtar sözcükler: *Enerji Yönetimi, Entegre Demir Çelik Fabrikaları.*

1. GİRİŞ

Entegre Demir ve Çelik Fabrikalarında enerji ihtiyacını karşılamak için güncel enerji teknolojileri kullanılmaktadır. Bu teknolojiler demir redüklenmesinde kullanılan kömür de dahil olmak üzere tüketim, geri kazanım, iletişim ve dağıtımını da kapsamaktadır. Bazen maksimum yük tüketimlerinde dışarıdan elektrik veya doğal gaz satın alınabilmektedir.

Toplam spesifik net enerji tüketimi yaklaşık olarak 20 Gj / THÇ (4770 Mcal/THÇ) civarındadır. Net enerji tüketiminin kesin değeri tesisin yapısına, ürünlerine ve verimliliğine bağlıdır. ERDEMİR'de bu rakam 1999 yılı için 21,59 Gj / THÇ (5160 Mcal/THÇ)'dir. Gelecekteki yatırımlar ve iyileştirme çalışmalarının gerçekleşmesi göz önüne alındığında enerji tasarrufu potansiyelinin yaklaşık 3 Gj / THÇ civarında olacağı gözlenmektedir.

Enerji tasarrufu, sürekli proseslerdeki problemlerin çözümlerini bulmakla sağlanır. Enerji tüketimi, geri kazanım ve dağıtımın en iyi şekilde nasıl sağlanacağına çözüm Enerji Yönetim Sistemidir (EYS). Bu sistem problemlerin çözümünde, enerji tasarrufu çalışmalarına danışmanlık, hesaplama ve spesifik kapalı-döngü fonksiyonları ile destek sağlamaktadır.

2. ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ

Üretimde, tüketilecek miktar da göz önüne alınarak, enerjinin ve enerji araçlarının ekonomik kullanımı tamamen enerji yönetimini ilgilendirir. Farklı şekillerdeki enerji ve araçları şunlardır;

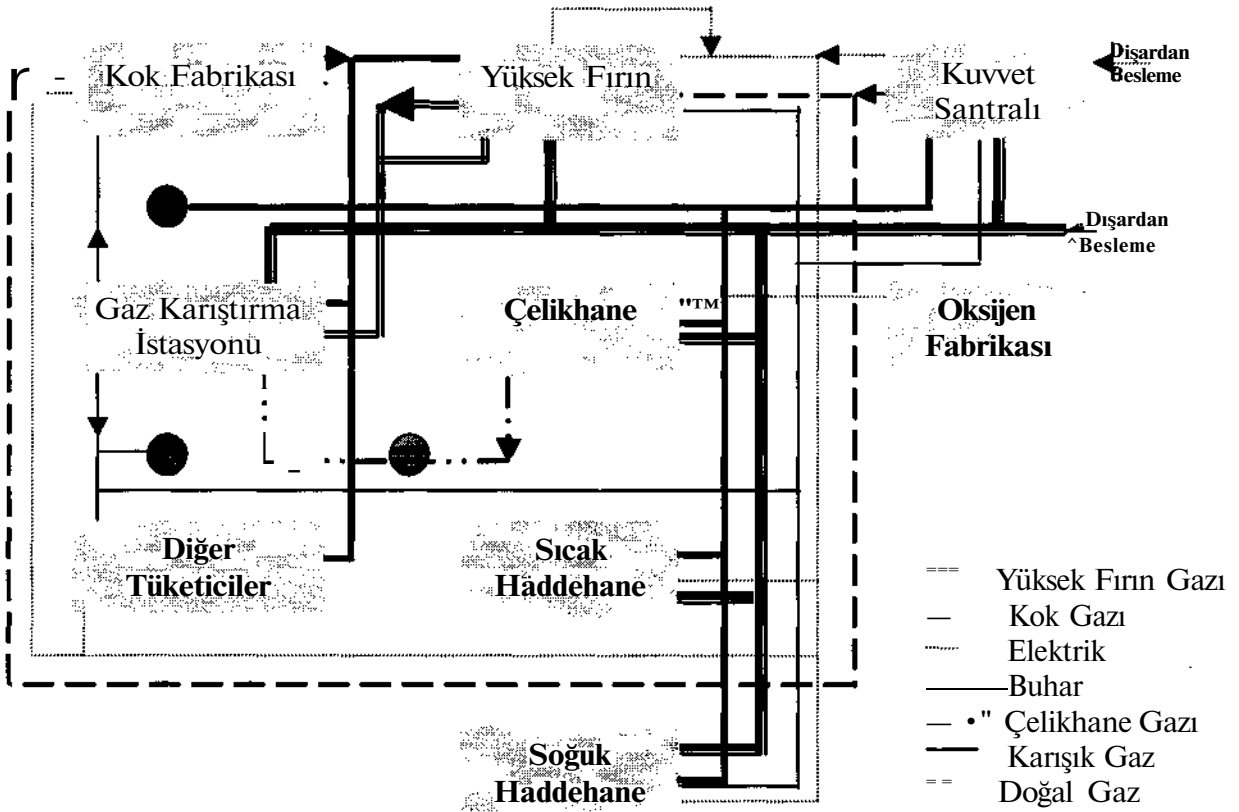
- Elektrik,
- Gazlar,
- Fuel-Oil,
- Buhar,
- Yan Ürün Gazlar,
- Basınçlı Hava,
- Su.

Yukarıda bahsedilen enerjiler farklı enerjiyi tüketen tüketiciler için tedarik edilir, üretilir, geri kazanılır, taşınır ve dağıtılır. Enerjiyi üreten ünitelerle, üretim üniteleri kapalı bir ilişki içinde çalışırlar. Enerji tasarrufu iki yönden göz önünde tutulur; üretim programı için en ekonomik enerji tüketimi ve üretim prosesleri esnasında enerji tüketiminin en iyi şekilde kullanılması. Her iki amaç da EYS tarafından desteklenir. EYS'nin kısaca tanımı, fonksiyonları belli ve aşikar yapmaktır. Tipik bir enerji akış şeması Şekil.1'de görülmektedir.

Enerji yönetim sisteminin ana amacı, enerjinin verimli kullanılarak, maliyetlerin azaltılması ve enerji tasarrufudur. Dünyadaki tüm demir ve çelik tesislerinde maliyetin azaltılması için iki amaç hedeflenmiştir:

- Nihai ürün başına enerji tüketiminin azaltılması,
- Ünite enerji maliyetlerinin azaltılması.

Birinci işlem üretim proseslerinde enerji talebinin minimize edilmesi hedef görev olmalıdır. İkincisi de, proseslerin modernizasyonu, yeni teknolojilerin uygulanması, malzemelerin ve enerjinin akış kontrolü, planlama, tahmin, analiz ve yönetimidir.



Şekil 1. Tipik Bir Enerji Akış Şeması

3. ENERJİ YÖNETİMİNİN FONKSİYONLARI

Enerji yönetim sisteminin kabulü, üretim prosesi, kontrol ve ölçüm ekipmanlarına bağlıdır. Birinci fonksiyon olarak enerji yönetim sistemi içindeki fonksiyonlar yerine getirilmiş olmalıdır, onların her biri için özellikle üretim tesisleriyle olan ilişkileri araştırılmalıdır. Bunlar;

- **Bilgi Toplama:** Ölçüm, tesis şartları, üretim planlama bilgilerinin çevrim içi iletilmesi. Tüm bilgi kaynakları ise ;
 - o Proses kontrol sistemleri,
 - o Proses bilgisayar sistemleri,
 - o Yüksek seviye sistemleridir. Gelmekte olan bilgiler özel bir veri tabanı içinde etiketlenerek işlenir ve depolanır.
- **Enerji Akışının Görüntülenmesi:** Ölçüm bilgilerinin görüntülenmesi,
- **Tahmini Enerji Tüketimi:** Olası enerjiyi tahmin etmek için istatistiksel metotlar ve uygun modeller kullanılarak hesaplama yapılabilmektedir. Kısa ve uzun dönemler için hesaplamalar yapılabilmektedir.
- **Enerji Akışının İzlenmesi:** Gelişmiş proses kontrol teknikleri ile enerji akışları izlenmektedir.
- **Enerji Tüketimini En İyi Şekle Getirmek:** Güncel isteklere uygun şekildedir.

- **Enerjinin Etkif Kullanımı:** Verimlilik ve tasarrufu ayrı kavramlardır. Verimlilik enerjinin efektif kullanılmasıdır ve enerji tüketim değerlerinin azaltılması anlamına da gelmemektedir, verimlilikle birlikte üretim kalitesinin de geliştirilmesi beraber düşünülmelidir.
- **Maliyetlerin Azaltılması:** Toplam enerji tüketiminin ton ürün başına düşürülmesi ünite enerji maliyetlerinin azaltılması demektir.
- **Çevre Etkilerinin Azaltılması:** Enerji tasarrufu, diğer yandan çevre ile ilgili emisyonların azaltılması esnasında önemli bir yer tutmaktadır.

4. ENERJİ YÖNETİM PROGRAMI

Bu program 8 önemli maddeyi kapsamaktadır. Bunlar;

- Hassas bir enerji yapısı,
- Doğru enerji ölçümleri,
- Etkif bir enerji izleme,
- Parasal destek,
- Enerjiyi fark etme,
- Prosesin iyileştirilmesi,
- Enerji sistemlerinin iyileştirilmesi,
- Etkif politika ve planlama yapmaktır.

Bu önem arz eden görevleri üstlenecek kişilerin de çok hassas bir şekilde çalışmaları gerekmektedir. Görev alacak kişilerin aşağıda belirtilen sorumlulukları yerine getirmeleri gerekir.

- Enerji sistemleri; her bir enerji sisteminin optimizasyon planı,
- Enerji kontrolü; enerji faturaları,envanter ve kalite kontrol olarak sayabilir,
- Raporlama / Özel Projeler; enerji raporları, tesis enerji modelleri, yakıt planı, ofis bilgisayar ve genel enerji projeksiyonları,
- Prosesin iyileştirilmesi; ana proseslerin en yüksek verime ayarlanmasıdır.

Yukarıda bahsedilen gerekçeler, enerjinin yönetilebilmesi ve organize edilebilmesi için yerine getirilmelidir. Efektif programın en son elemanı enerji politikası ve planlamasıdır. Her fabrika, izleyeceği enerji ve enerjinin verimli kullanılması ile ilgili hususlarda fabrikanın enerji politikasını tespit eder ve yazılı hale getirir. Kısa ve uzun dönem planlarının her biri, çalışanların izleyeceği planlar haline getirilir. Bu planlar, yönetim, işletme, pazarlama, maliyet tespitleri, tahmini enerji fiyatları ve özel yönetmeliklere uygun olmalıdır. Bu planlama faaliyetleri enerjiye yönelik geliştirme çalışmaları için finans sağlamada kritik rol oynar. Yapılması gereken işlemler;

- Sürekli işler; ölçme, bilgisayarda izleme, enerji merkezi yapısı, dağıtım yapan birim tarafından işlemlerin düzenlenmesi,
- Günlük işler; günlük dağıtım, enerji sistemleri ve kontrol grupları ile yorum yapma, ölçümlerin kontrolü ve enerji mühendisleri ile prosesin iyileştirilmesi,
- Aylık işler; raporlar, tesis ve fabrikaların performans analizleri, işletme ünitelerinin performansları, mali departmanlarla ilişkiler,
- Yıllık işler; mevcut model ile enerji kullanım tahmini ve tüm ünitelerin hedeflerinin konulması ve işletme ünitelerine iletilmesi.

5. ENERJİNİN İZLENMESİ

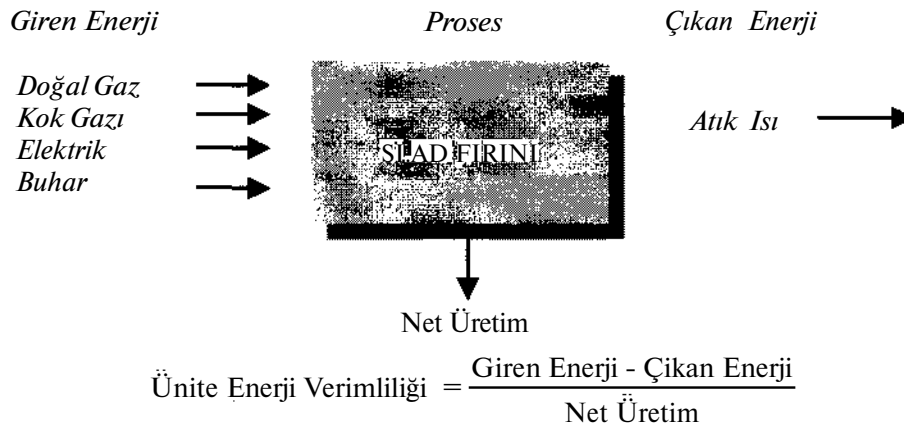
Yönetim sistemi içinde en önemli amaçlardan birisi de enerjinin izlenmesidir. Bu nedenle aşağıdaki adımlar çok önemlidir.

- Tüm tesiste kullanılan ve kayıp enerjilerin tespit edilmesi,
- Öncelikle, düzeltme faktörlerine yardımcı olunması,
- Yatırımların geri ödeme sürelerinin tespiti,
- Ürün maliyetlerinin tespiti,
- Uzun dönem planlamaya destek verilmesi,
- Çok iyi hazırlanmış yönetim kararlarına destek verilmesi,
- Karlılığı artırmak için alt yapının sağlanması.

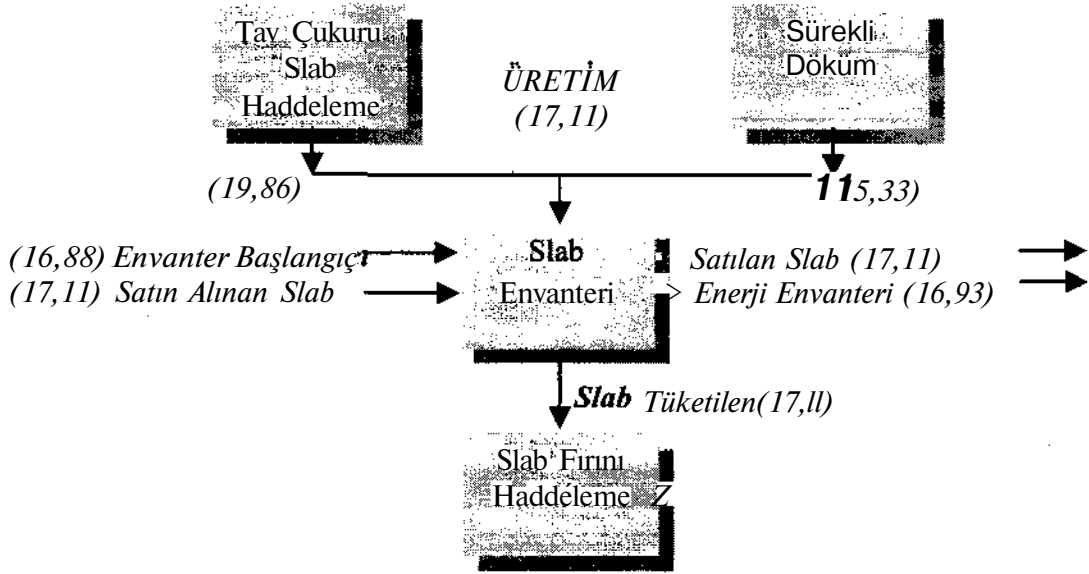
Enerjinin izlenmesi ölçümle başlar. Günlük ölçüm analizleri, aylık enerji maliyetleri her bir işletme ünitesine üretim ve tüketim raporlarıyla birlikte gönderilir. Bu rapor, enerji izlemenin ana noktasıdır. Bu raporda, performans grafikleri, planlanan değerler, çok yönlü yönetim bilgileri ve ürün başına harcanan enerjiler bulunmaktadır. Proses sırasında oluşan enerjilerin, tüm tesiste tüketilen enerjiden çıkarılmasıyla net tüketilen enerji değeri bulunur. Bulunan bu değerün üretime bölünmesiyle, ürün başına tüketilen spesifik enerji değeri bulunmaktadır.

Ayrıca, her bir ünitenin enerji verimlilik değeri de saptanmış olur. Bu işlemle ilgili olarak Şekil 2'de bir örnek görülmektedir.

Her tesiste enerji hesaplaması yanında enerji envanteri de yapılmalıdır. Bunun için LIFO Metodu kullanılır (Last in / First out).Karışık enerji tüketimine sahip bir atık ürün envanterinde mevcut ay için envanter seviyesi bu orandan başlatılır. Buna örnek Şekil 3'de verilmektedir.



Şekil 2. Ürün Başına Enerji Hesaplaması



Şekil 3. Enerjinin Yerleşimi (LIFO)

6. ENERJİ TAHMİNİ

Elde edilen verilerden gidilerek enerji tahmini yapılır. Bu model uygulamalarında bulunan spesifik enerji akışı için tahmini enerji hesaplaması yapılır, geri kalanı ise istatistiksel yöntemlerle yapılmaktadır. Tahmin, haftalık ve yıllık yapılmaktadır. Bu periyod işletmenin çalışma şekillerine göre değişmektedir. Genellikle yıllık olarak yapılmaktadır. Kısa zaman aralıkları için tahmin yapılırken üretim programının gerçek verileri ile kullanılan enerjinin özellikleri göz önüne alınır. Bu gibi tahminler kok fabrikası, sinter, yüksek fırın, çelikhane, sıcak haddehane ve diğerleri için yapılabilir. Gerçek verilerle beraber tahmin edilen değerler detaylandırılır, üretim ve enerji alanındaki enerji akışının bilgileri olarak bir yerde toplanır.

Bu işlem proses gazı geri kazanımı ve Enerji Yöneticisi için üretim ünitelerinden gelen enerji taleplerini karşılamada kolaylık sağlar.

7. ENERJİNİN KONTROLÜ

Bu fonksiyonun ana amacı, enerji tüketimi ve balansı ile ilgili bilgilerin detaylı bir şekilde tesis müdürlerine sağlanmasıdır. Enerji bilgileri günlük, haftalık, aylık ve yıllık olmak üzere raporlanır.

Günlük tesis raporlarında gerçekleşen enerji tüketimi ile beklenen enerji tüketim değerleri özet olarak mukayeseli şekilde verilmelidir. Değerlerin alınmasından sonra, gerçekleşen üretim parametreleri ile enerji modellerinin veya spesifik enerji şekillerinin yardımcıyla hesaplamaktır.

Bu işlemler ünitelere otomatik ortamda elektronik posta ile iletilmektedir. Bunun sonucunda enerji tüketiminin

artmasıyla buna bağlı problemlerin çok kısa zamanda tespit edilmesini sağlar.

Maliyet bölümü enerji bilgilerini alır ve iç müşterilerine daha gerçekçi ve güvenilir enerji maliyetlerini hesaplar.

İlave olarak, enerji kontrol fonksiyonları, plan yapmada Enerji Yöneticisine yardımcı olur ve gelecekteki enerji tasarruf projelerine de destek sağlar.

8. ENERJİ TASARRUFU ÖRGÜTLENMESİ

Bilhassa entegre tesislerde yöneticiler enerji tasarrufu kavramına büyük ilgi duymaktadırlar. Ancak, gerçekten enerji tasarrufu isteniyorsa işletmenin bu konudaki politikası ve almayı düşündüğü önlemler açıkça belirtmeli, personel de bu önlemlere uymalıdır. Bu tür bir düzenleme ise aşağıdaki yöntem takip edilerek oluşturulabilir.

- Yeterli bir örgütsel alt yapı oluşturulması,
- Personelin eğitimi ve yönlendirilmesi,
- Enerji üzerine bilgi toplama ve analiz,
- Yönetim tarafından tasarruf hedeflerinin belirlenmesi.

İşletme enerji tasarrufuna yönelik çalışmaya karar verdiğinde uygulanacak politikaların ve önlemlerin etkinliği kontrol edebilmek için "ENERJİ KONTROL MERKEZİ" anlamında bir örgütsel sistem oluşturulmak durumundadır.

Ayrıca, enerji yönetimini desteklemek için bazı kadroların bu oluşum içinde olması şarttır.

- Enerji Dispeçerliği,
- Enerji Dağıtım Sistem Mühendisliği,
- Saha Mühendisliği,
- Enerji Kontrol Grubu,
- Enerji Strateji Grubudur.

Enerji Dispeçerliği; 24 saat görev yaparak enerjiyi izlemeli ve en verimli şekilde dağıtımını yapmalıdır.

Enerji Dağıtım Sistem Mühendisliği; bu bölümün sorumluluğu ise enerji ve dağıtım sisteminde genel olarak planlama, kontrol ve bakımdır.

Saha Mühendisliği; Mühendis ve teknisyenleri, enerji kullanıcıları üretim departmanları içinde işletme iyileştirmelerini uygulamakla sorumludurlar.

Enerji Kontrol Grubu; günlük, haftalık, aylık ve yıllık hesaplamalardan sorumludurlar.

Enerji Strateji Grubu da; kısa ve uzun dönem tesisle ilgili plan yapmaktan sorumludurlar.

9. ENERJİ MERKEZİ

Entegre demir ve çelik tesislerinde büyük oranda elektrik, fuel-oil, buhar, oksijen v.s. üretilmekte ve tüketilmektedir. Enerji merkezinin görevi, enerjinin temin edilmesi ve fabrika sahası içinde tüketilmesini merkezi olarak kontrol etmektir. Enerji maliyetlerinin azaltılması için ünitelerin ekonomik çalışmasına yardımcı olmak en önemli katkısıdır. Şekil 4'de mevcut

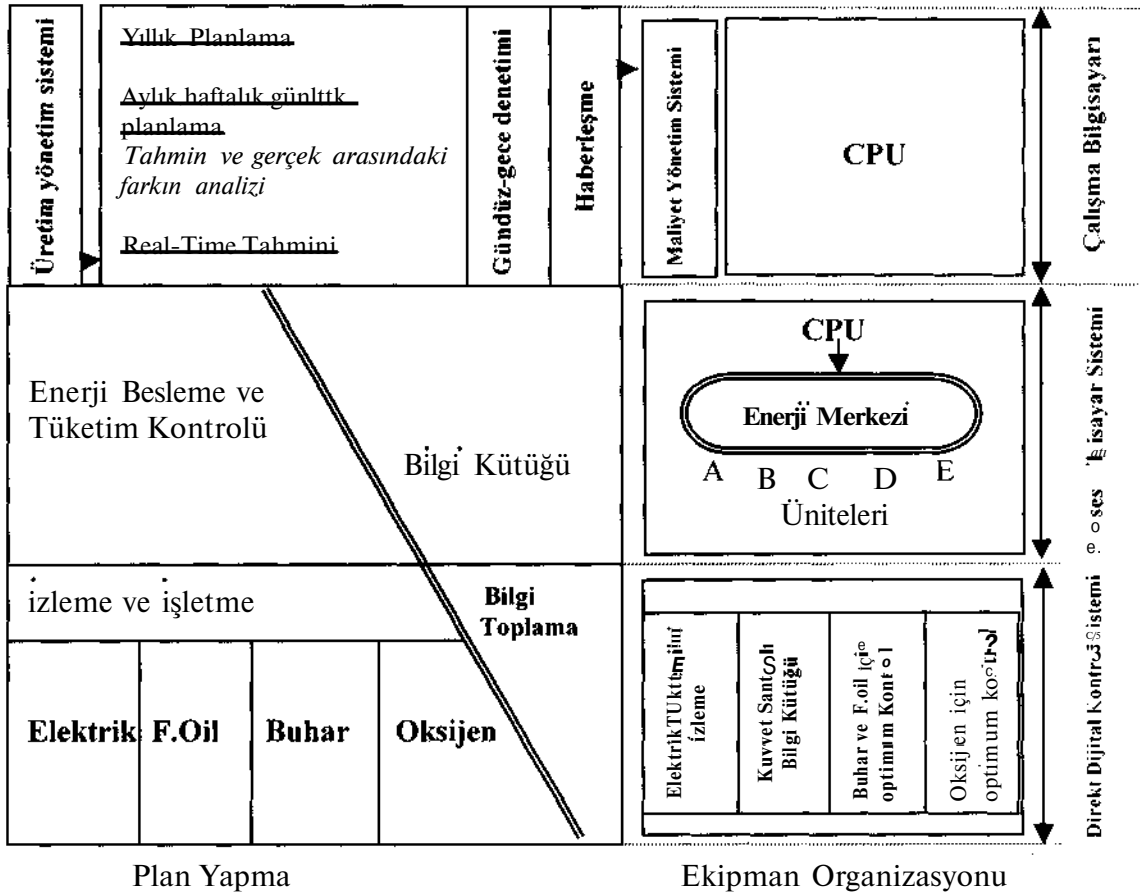
bir enerji merkezinin yapılanması görülmektedir. Tüm bilgiler **üniteler arası on-line** olarak taşınır.

Enerji yönetimini 3 grup halindeki bilgisayar sistemi desteklemektedir. Bunlar ;

- Çalışma bilgisayarları,
- Proses bilgisayarları,
- **Direkt** Sayısal Kontrol Sistemidir.

Enerji merkezinin özellikleri şunlardır;

- Üretim aktiviteleri ile enerji üretim ve tüketiminin koordineli olarak optimizasyonu,
- Enerjinin üretim-tüketimin kontrolü ve verimli kullanımını merkezden ayarlamak,
- Gündüz ve gece, elektrik fiyat farklarına göre efektif olarak faydalanmayı sağlamak,
- Yan ürün gazlarının kullanımını sağlamak, kullanıcılar arasındaki koordineyi sağlayarak atmosfere atılımı minimize etmek,
- Tesis elektrik tüketimine göre, satın alınan elektriği ayarlamak,
- Ünitelerin duruş ve yavaş çalışmalarına göre enerji üretim ve dağıtımını koordine etmek,
- Sistemdeki arızaları en kısa zamanda haber vermek ve tedbir almaktır.



Şekil 4. Enerji Merkezinin Genel Yapısı ve Fonksiyonları

Kurulacak bu donanımın verilerin entegrasyonu bir merkezde toplandıktan sonra bir süre verilerin istatistik analizi yapılır. Bundan amaç, ünitelerin hangi yakıt kombinasyonları ile enerji yönünden en verimli ve maliyet düşürücü çalıştığını tespit etmektir. Donanım ve yazılım, istatistik analize yardımcı olacak, üniteler için gerekli raporlar üretilmektedir.

Satın alınan enerjiler entegre demir ve çelik tesislerinde maliyetlerin %27-33 nü teşkil etmektedir. Bu nedenle yan ürün gazları ve enerjinin verimli kullanılması tasarruf için en önemli faktördür. Bunun sağlanması yönetimin en önemli görevidir. Tablo 1'de satın alınan enerjilerin dağılımı görülmektedir.

Tablo 1. Satın Alınan Enerjilerin Yüzde Dağılımı (%)

Enerji Kaynakları	SARTID (Yugoslavya)	Rautaruukki (İsveç)	Voest-Alpine (Avusturya)	ERDEMİR (Türkiye)	İSDEMİR (Türkiye)
Kömür	0	57,99	76,9	71,5	69
Kok	70,33	6,91	0	5,3	6
Doğal Gaz	20,74	6,50	13,9	13,1	0
Fuel-Oil	0	15,79	9,2	5,2	22
Elektrik	8,27	12,81	0,6	4,9	3

Tablo 1'de görüldüğü gibi, örnekler verilen demir-çelik tesislerinde tüketilen enerjilerin yaklaşık %90'ı fosil kaynaklı enerjilerdir. Dünyada enerji kaynaklarının sınırlı olması ve enerjinin ne kadar kıymetli olduğu, bunun için de gelecek nesillere daha temiz bir çevre ile tüketilmemiş enerji kaynakları bırakılması için enerjinin verimli kullanılması son derece önem arz etmektedir.

10. SONUÇ

Enerji tasarrufu işletmeler için sürekli gündemde olacak bir konudur. Konu, maliyetler açısından son derece önemlidir ve rekabette ana unsurlardan biri olmaya devam edecektir. Diğer taraftan ülke kaynaklarının en verimli bir şekilde kullanılması da önem kazanmaktadır. Bu nedenle her konuda olduğu gibi enerjinin çok iyi yönetilmesi gerekmektedir. Enerji kaynakları gittikçe azalmakta ve birim maliyetleri artmaktadır. Burada vurgulanmak istenilen şey, enerji yönetim sisteminin oluşturulmasıdır. Enerji yoğun çalışan entegre tesislerde de sistemin yerleştirilmesi çok önemlidir. Hem teknik yönden hem de insan yönünden çok önemlidir. Ancak burada vurgulanmak istenen nokta bir disiplin ve örgüt faaliyeti olarak bakılması veya mevcut örgütün yeniden yapılandırılması, ve sorumluluk alanlarının belirlenmesi, alt yapı donanımı ile donatılması ve bazı yetkilerin verilmesidir. Bu yönetimde çalışacakların eğitilmesi şarttır. Enerjinin verimli kullanılması, tasarrufu ve maliyetlerin düşürülmesinin temel dayanağı "ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİDİR".

Ayrıca, enerji politikası; enerjiyi en ucuz ve çevreci olabilecek şekilde kullanabilmek ve mümkün olan en uygun enerji kullanım teknolojilerini uygulayıp geliştirmektir. Bu da şöyle uygulanmıştır;

1. Tüm çalışanlarda, bilinçli enerji kullanma iletişimini geliştirmek,
2. Ana proses operatörlerini enerji kullanımında yetiştirmek ve eğitmek,
3. Etkin bir enerji azalma programı geliştirmek ve uygulamak,
4. Yan ürün yakıtlarının kullanımı ve proses ısılarını değerlendirmek,
5. Ekonomik ve çevreci olan en uygun enerji kullanım teknolojilerini tatbik etmek,
6. Belli işletim dönemleri için enerji kullanım hedefleri koymak,
7. Şirkette enerji kullanımını geliştirecek, uygulayacak ve gözleyecek bilinçli personel bulundurmak.

11. KAYNAKLAR

- [1] Chapman, I.R. - Stark, R., "Iron and Steel Engineer" Ağustos 1990
- [2] VOEST ALPINA-Industrieanlagenbau GmbH.
- [3] F. Çağlayan, A. Özdebak, Türkiye 7. Enerji Kongresi
- [4] MILOJKOVIC R-"Energy Management Strategy of an Integrated Steel Plant" 10. Metalürji Kongresi
- [5] A.Özdebak, "Entegre Demir ve Çelik Tesislerinde Enerji Verimliliğinin Artırılması"