

ÇELİK ÜRETİMİNDE KOK BATARYALARININ FARKLI SÖNDÜRME SİSTEMİ TASARIMLARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Gülay Akkar[1], Adalet Zeren[2]

Kok kömürü çelik üretiminin önemli girdilerinden biridir. Koklaşabilir özellikteki maden kömürlerinin kapalı fırınlarda havasız ortamda ısıtılarak içerdiği uçucu madde, katran, benzol gibi bileşenlerinden ayrıştırılmasına koklaştırma denmektedir. Koklaşması tamamlanan kömür, fırından itilerek söndürme arabalarına alınmaktadır. Sonrasında söndürme tesislerine giden kok, farklı söndürme teknikleri kullanılarak söndürülmektedir.

Kok Bataryaları uzun ömürlü işletmelerdir. Ortalama ömürleri 40 yıldır bu nedenle bu tesislerin kurulması ve yenilenmesi sürecinde prosesin gereklilikleri, bakımın kolaylığı, enerji döngüsü ve verimliliği dikkate alınarak uygun sistemin seçilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada farklı tipte kok söndürme sistemleri enerji çevrimleri ve verimlilikleri göz önüne alınarak araştırılmış ve kok Bataryalarının farklı söndürme tiplerine göre enerji döngüsü hesapları, yüksek fırındaki prosese uygunluğu değerlendirilmiştir. Yeni tesis kurulumları için en verimli ve çevre için en uygun yöntemin belirlenmesine çalışılmıştır.

1. GİRİŞ

Kok demir üretim aşamasındaki ham maddelerden biridir. Kok üretime ve yüksek fırının çalışmasına etkisi açısından en önemli girdi olarak değerlendirilebilir. Verimli bir yüksek fırın prosesi açısından mekanik dayanım oldukça önemlidir. Kok, fırının tüyer bölgesinde oksit bir atmosfere maruz kalmadan önce değişik sıcaklıklarda ağır mekanik yükleri kaldırması gerekmektedir. Kokun yüksek fırında 5 temel fonksiyonu vardır. Bunlar;

- Isı kaynağı sağlamak için bir yakıt olarak kullanılması,
- Demir oksitlerin indirgenmesi için CO sağlaması,
- Metal ve metalurjik oksitleri, Mn, Si, P gibi indirgemesi,
- Demiri karbürize ederek erime noktasını düşürmesi,
- Kuru ve ıslak bölgelerde geçirgenliği sağlaması ve mekanik destek olmasıdır (1).

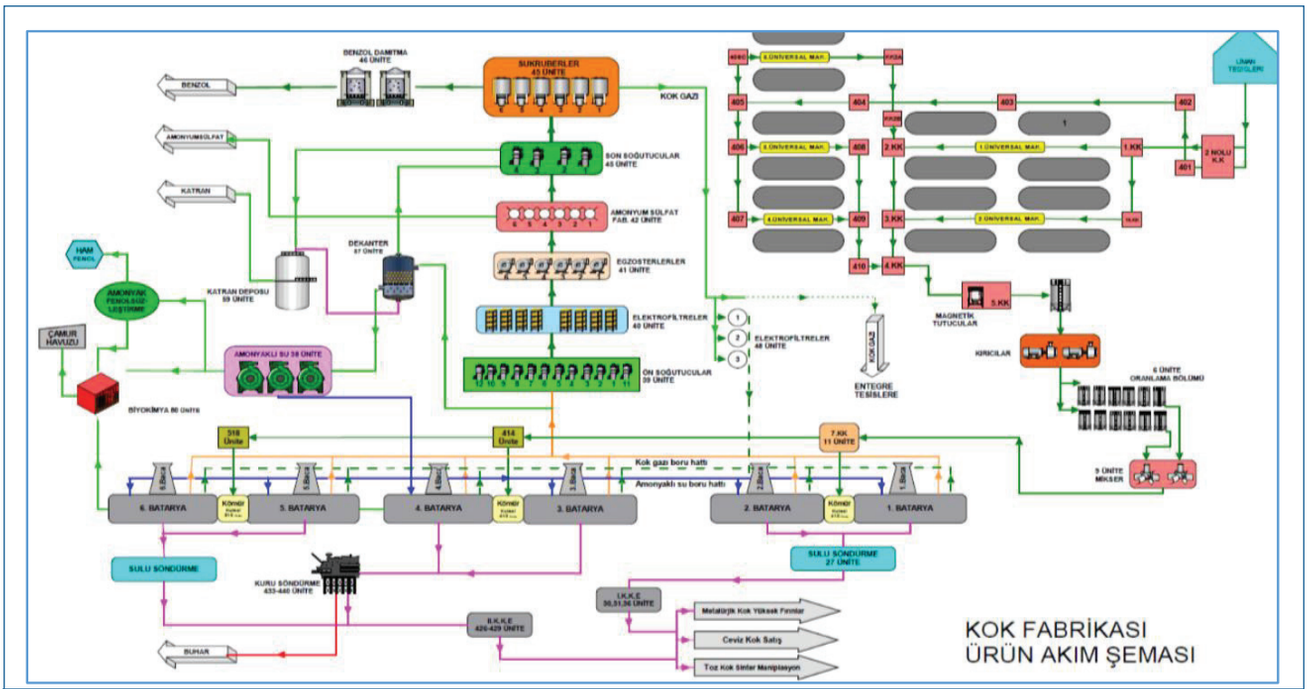
Bu fonksiyonları yerine getirebilmesi için metalurjik kokta olması beklenen özellikler şunlardır:

- Sevkiyata uygun olmalı,

[1] ??? - *gakkar@erdemir.com.tr*
[2] Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli - *adaletz@kocaeli.edu.tr*

- Yüksek fırının ağır şatlarının basıncı altında ezilmeyecek kadar sağlam ve dayanıklı olmalı,
- Toz ve ince parçaları içermemeli,
- İstenilen yanma hızı ile yanması için kok parçaları fazla iri olmamalıdır (2).

Kükürt miktarı ise %0.6'dan 2'ye kadar olabilmektedir (3). Fakat pik demirine geçmesi bakımından mümkün olduğunca düşük olması istenmektedir. Koklaşmanın gerçekleştiği fırınlarda hava bulunmaz. Damıtma için gerekli ısı fırının dışarıdan ısıtılmasıyla sağlanmaktadır. Koklaşma sonucu elde edilen gazlar fırının bitişiğindeki bölümlerde

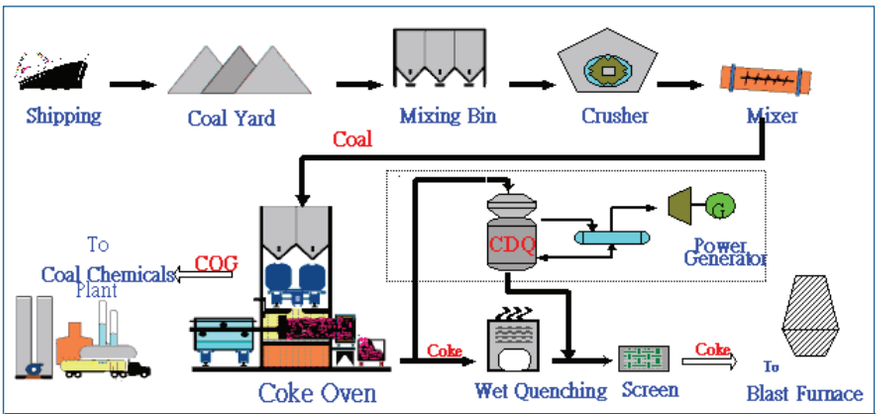


Şekil 1. Kok Fabikası Ürün Akış Şeması

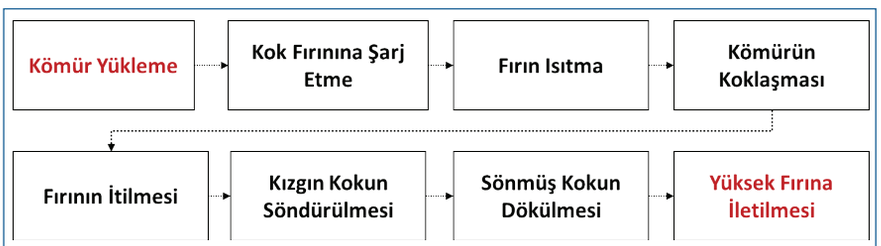
Şekil 1'de kok fabrikası ürün akış prosesi gösterilmektedir. Şarj arabaları ile taşınan kömür, batarya duvarlarında bulunan şarj ağızlarından fırına yüklenir. Kömürlere yanma odalarından gaz şarj edilir, burada amaç kömürü belirli bir sıcaklığa getirip koklaşmayı başlatmaktır. Söz konusu koklaşma havasız ortamda gerçekleştirilir.

Kömür fırına şarj edilip ısıtıldığında 315-475°C de plastik hale gelir. Bitümlü kömür (taş kömürü) bu sıcaklık aralığına ısıtıldığında uçucu maddeler önce hızlı olarak sonra 950°C a kadar daha yavaş olarak kömürden çıkmaktadır. Yavaş ısıtma, plastik sınırdan sonra kokun sertliğini biraz arttırmaktadır. Bununla birlikte, kok parçalarının ebatları büyük ölçüde şarj edilen kömürün boyutuna bağlıdır. Uygun bir kokun kimyasal bileşiminde daha az uçucu madde bulunmalıdır (Yaklaşık %85). Yüksek fırındaki proses sırasında fosforun hemen hepsi ve kükürdün bir kısmı pik demirine geçmektedir. Kül ise cürufa karışmasıyla kokun yüksek fosfor ve kükürt içermesi istenmeyen bir durumdur. Genel olarak koktaki fosfor miktarı % 0.05'in altında olmaktadır.

yanmaktadır. Koklaşma sırasında açığa çıkan uçucu maddeler değişik işlemler uygulanarak gaz ve yan ürün olarak elde edilmektedir. Üretilen gazın yaklaşık %35-40'ı tekrar kok fırınlarını ısıtmak için prosese yeniden şarj edilmektedir. Sistem, batarya şeklinde dikdörtgen şekilli odacıklardan oluşmaktadır. Odacıkların sayısı 100-200 arasında değişmektedir. Bataryalarda sırası ile bir koklaşma odacığı ve bir ısıtma odacığı bulunmaktadır. Böylece her koklaşma kamarasının iki yanında birer ısıtma odası bulunmaktadır. Isıtma odalarına gaz ile beraber rejeneratif odalardan geçerek ısınmış hava verilmektedir. Rejeneratif odalar ısıtma ve koklaşma odalarının altındadır. Isıtma odalarında gazla karışıp yanmayı sağlayan havanın ısıtılması için kullanılırlar. Kömürlerin koklaşabilmesi için gerekli ısı, ısıtma kamaralardan geldiği için koklaşma yan duvarlardan başlar ve kömür yatağının ortasına doğru ilerler. Koklaşma işlemi tamamlandıktan sonra kok itici makine ile itilerek fırının diğer tarafından vagona alınır. Fırının kok tarafı kokun kolayca boşaltılabilmesini sağlamak amacı ile itici tarafı 5-10 cm daha geniştir (4). Vagona alınan sıcak kok üzerine su



Şekil 2. Kok Fabikası Proses Akış Şeması (5; 6)



Şekil 3. Batarya Fonksiyon Akış Şeması

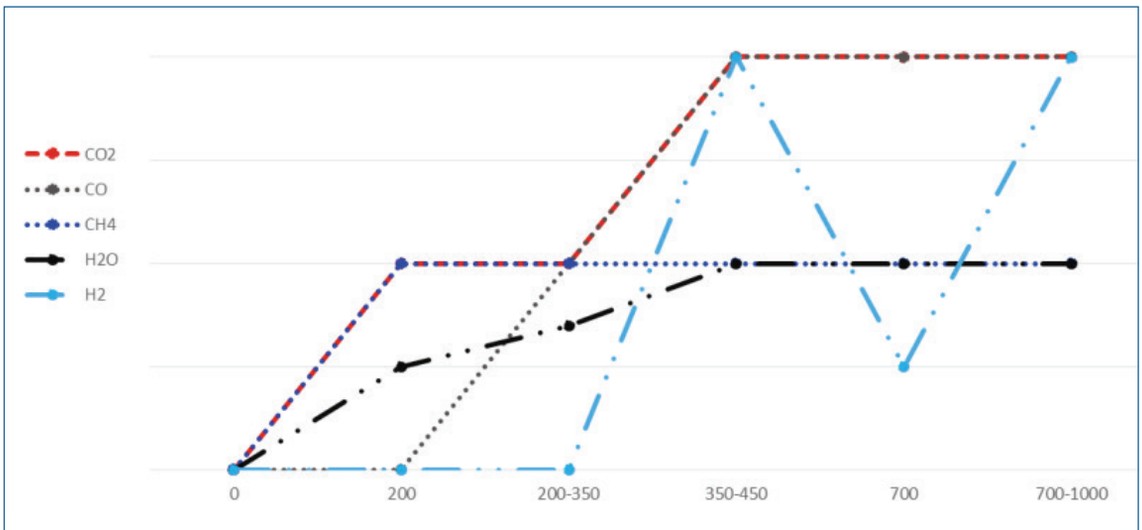
püskürtülerek veya kuru söndürme metoduyla söndürülmektedir. Koklaşma sırasında fırının her iki ağzı refrakter astarlı kapılarla sıkıca kapatılır. Uçucu gazların çıkması için fırın tavanında bir uçta veya uç bölgelerde delikler vardır. Bu deliklerden dışarı alınan gazlar bir boru vasıtasıyla bataryanın gaz toplama ana borusuna gider. Bu gazlara daha sonra değişik işlemler uygulanarak değişik yan ürünler elde edilmektedir.

Batarya; Kok fırınlarının bir araya getirilmesinde oluşmaktadır. Bu odaların girdi çıktı alınan ve verilen noktaları olduğundan izolasyonun uygun olması oldukça önemli olduğu görülmüştür. Bu iki duvar arasında ise yanma kamarası diye belirtilen kısım bulunmaktadır.

Yakıt gazlar yanma kamarasında yakılır. Ortaya çıkan ısı ile fırın duvarları ısıtılır. Bununla birlikte şarj edilen koklaşabilir kömür havasız ortama endirekt olarak şarj edilir. Yanma kamaraları ve fırın yan duvarlarının tamamına yakın bir kısmı silika (SiO_2) içeren refrakter yapı ile çevrilidir. Üzerinde fırın kapı ağızları ve şarj ağızları bulunan dış izolasyon duvarları şamot tuğlalardan yapılmıştır.

Bu kamaralarda ısınma için yanan gaz kullanılır. Kullanılan yer ve ısıyı optimize etmek adına batarya şeklinde organize edilen bu yanma odalarında, kömürden çıkana uçucu maddeler ile ısınma gazı birbirine karışmaz. Bu ısıtma gazı aynı zamanda baca gazı olarak da tanımlanır. Şekil 3'te batarya fonksiyon akışı görülmektedir.

Kömür içerisindeki nemin minimum seviyede olması koklaşma süresini hızlandıracaktır. Bunun yanında sarf edilen enerjinin de optimizasyonu konusuna etki edecektir. Fırın duvar kalınlığı bize ısı transferi için hesaplama yapmakta yardım ederken, fırın yüksekliği ise fırına şarj edilen ısının homojenliğinin sağlanması açısından önemli bir faktördür. Kömür harmanlarının, yüksek sıcaklıkta koklaştırılmasıyla, kok ve kok gazı oluşur. Kok gazı bir gaz ve buhar bütünüdür. Kok gazı, maden kömürü harmanlarının kok kamaralarında, termik parçalanması sırasında oluşan ilk gaz ürünlerinin parçalanması ve oluşan bu gaz ürünlerinin daha farklı bileşikler oluşturacak şekilde yeniden birleşmeleri ile oluşur. Gaz fazındaki maddelerdir. Şarj edilen kömür harmanının yapısına göre kok gazının bileşiminde ve bileşenlerin oranlarında, ortam sıcaklığının yükselmesiyle değişiklikler olduğu gözlenir. Koklaşma işleminin farklı etaplarında kamaralardan çıkan gaz ana gaz toplama borusuna gelir. Bu aşamada bileşimi sabitlendiğinden dolayı gazın yan ürünler bölümüne sürekli aynı bileşimde gönderilmesi sağlanmış olur. Yarı koklaş-



Şekil 4. Kok Bileşenleri Sıcaklığa Bağlı Oransal Değişim

mış tabakadan ve plastik kömür tabakasından çıkan ilk uçucu ürünler, kamaranın sıcak tabanında ve yan duvarlarında termik etkiye uğrarlar ve bunun sonucu olarak ilk ürünlerin parçalanması veya ikinci koklaşma işlemi ürünleri meydana gelir. Koklaşma esnasında 200°C'nin altında çıkan maddeler su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4)'dır. Bunların kömür molekülleri arasında absorbe edilmiş maddelerdir. 200-400°C arasında su buharı, CO_2 ve CO çıkar (7; 4). Bu sıcaklıkta kömür molekülleri parçalanmaya başlamıştır. Gaz halindeki madde miktarındaki ani bir şekilde artış 350-450°C dolaylarında başlar. Bu sıcaklığa ilk kritik sıcaklık denir. Kok gazının hacimce %55-65'ini oluşturan hidrojen (H_2), 350°C'de oluşmaya başlar. Fakat 700°C'ye kadar miktarı azaldıktan sonra 700°C'den sonra miktarı sıcaklığa bağlı olarak artar. Şekil 4'te sıcaklığa bağlı oransal değişim gösterilmektedir.

Hidrojen miktarının büyük artış gösterdiği bu sıcaklığa ikinci kritik sıcaklık denir. Hidrojen, kömür moleküllerinin parçalanması sırasında oluşan ilk ürünlerden birisidir. Fakat aynı zamanda koklaşmanın ilk ürünlerinin hem parçalanması hem de sentezi sırasında açığa çıkar. Bu reaksiyonlar 700°C'nin üstünde başladığı için bundan sonra oluşan hidrojen miktarında ani artış görülür. 700°C'nin üzerinde parafinlerin düşük karbon içerikli olanlarıdır.

Koklaşma sıcaklığı yükseldikçe küçük moleküllü gazın veriminin artması buna karşı büyük moleküllü katran veriminin azalması parçalanma olayı ile açıklanabilir. Amonyak (NH_2) miktarı 700°C'ye kadar artar. Bu sıcaklıktan sonra bileşenlerine ayrıldığı için azalır. Ham benzol miktarında 900°C'ye kadar görülen artışı büyük moleküllülerin parçalanması ile anlatmak mümkündür. 900°C'den sonra benzen halkaları birleşerek naftenleri (siklo bileşikleri) oluştururlar (4). Bu da ham benzol oluşumunu azaltır. Kok gazı tüm bu işlemlerden sonra geri yakılmak üzere yanma odalarına verilir. Oluşan bu gazın yanma hızı ve yanma isteği ne kadar yüksek olursa geri kazanım o kadar fazla olacaktır.

2. KOK SÖNDÜRME SİSTEMLERİNİN İNCELEMESİ

Koktan beklenilen kalite özellikleri Tablo 1 üzerinde tanımlanmıştır:

Metalurjik kokun fiziksel özellikleri içerisinde; ko-

Tablo 1. Kok Kalitesi Spesifikasyonları

Kimyasal (ağırlıkça %)	**Değer**
Nem (ağırlıkça, %)	6 max
Kül	9 max
Sülfür	0,8 max
Uçucu madde	1,5 max
Alkali (K_2O +Na_2O)	0,4 max
Fosfor	0,33 max
Fiziksel (ağırlıkça, %)	
Ortalama kok boyutu (mm)	45-60
+4 (ağırlıkça, %)	4 max
-1 (ağırlıkça, %)	11 max
Stabilite	58 min

kun mukavemeti, stabilitesi, sıcak mukavemet (CSR-reaksiyondan sonra kok mukavemeti) ve kok reaktivite indeks (CRI) değeri en önemli parametrelerdir. Kokun reaktivitesi; kok içerisindeki karbonun, hava, karbondioksit, oksijen ve buhar gibi tipik oksitleyici gazlarla reaksiyona girme hızı olarak tanımlanır (8).

En önemli kimyasal özellikler; nem, bağlı karbon, kül, sülfür, fosfor ve alkalilerdir. Bağlı karbon, kokun yakıt kısmıdır. Bağlı karbon ne kadar yüksek olursa, kokun termal değeri de o kadar yüksek olur. Nem, kül, fosfor, alkali gibi diğer komponentler; yüksek fırın operasyonu, sıcak maden kalitesi ve refrakter hattındaki enerji gereksinimlerine olumsuz etki yaptıklarından dolayı arzu edilmezler.

Kok Prosesi ele alındığında, kok bataryalarındaki enerji sirkülasyonunu doğru tayin edebilmek için, istenilen üretim hacmine uygun tasarımın, en az malzeme yapısı kadar önemli bir faktör olduğu görülmektedir. Koklaşabilir özellikteki maden kömürlerinin kapalı fırınlarda havasız ortamda ısıtılarak içerdiği uçucu madde, katran, benzol gibi bileşenlerinden ayrıştırılmasına koklaştırma denmektedir. Koklaşması tamamlanan kömür, fırından itilerek söndürme arabalarına alınmaktadır. Sonrasında söndürme tesislerine giden kok, yaş ya da kuru olmak üzere iki farklı yöntemle söndürülmektedir.

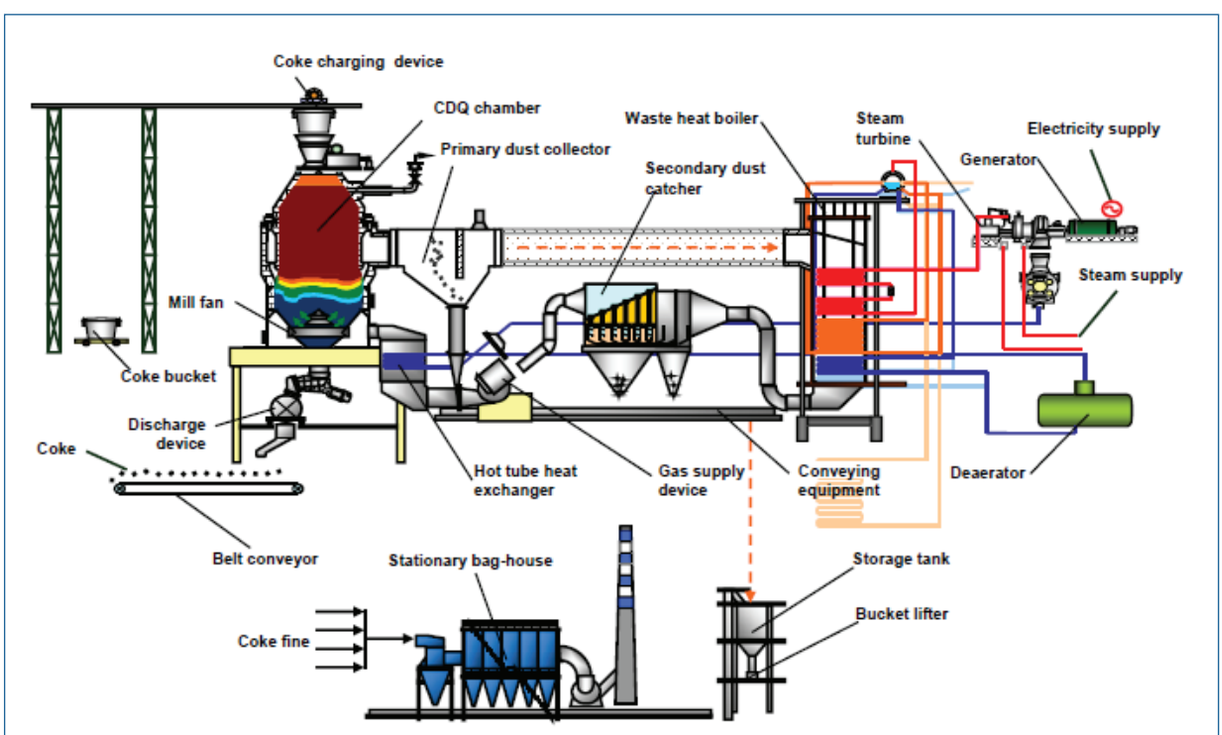
2.1 Kuru Söndürme

Kuru söndürme sistemlerinde kok, kamaralara alınmaktadır. İnert bir gaz ile kok söndürülmektedir. Kok kuru söndürme tesisleri aynı zamanda birer atık ısı geri kazanım tesisleridir. Ayrıca söndürülen kokta nem oluşmamasından dolayı yüksek fırınlar tarafından tercih edilen bir söndürme yöntemidir. Kok kuru söndürme tesisleri, yaş söndürmeye göre ekonomik olmasına rağmen yatırım maliyeti bakımından yaş söndürme tesislerine göre daha yüksek olmaktadır (2).

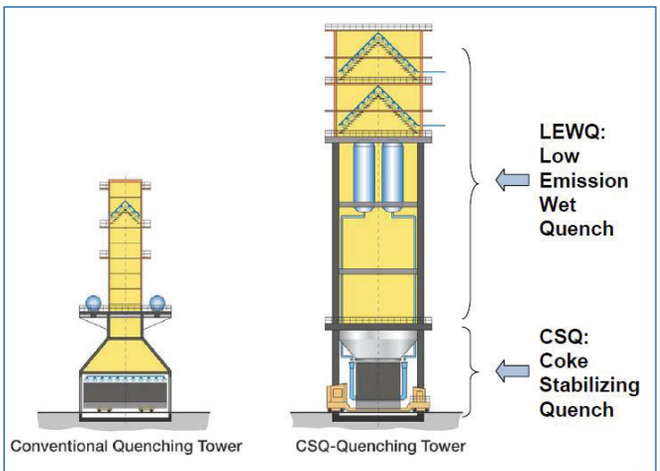
Bu sistemde akkor kokun ısısı inert gaza geçmekte ve bu gaz daha sonra kapalı sistemde suya ısısını aktararak buhar üretimini sağlamaktadır. Bu su buharı ile elektrik üretimi yapılarak enerji geri kazanımı sağlanabilmektedir (9). Ayrıca kuru olarak söndürülen kokun nemi olmamaktadır. Böylece Yüksek Fırınlarda yakıt tasarrufu sağlanabilmektedir.

2.2 Islak Söndürme

Yaş söndürme sistemlerinde ise üretimden çıkan kok üzerine su püskürtülerek söndürme işlemi yapılmaktadır. Bu şekilde söndürülen kok, nemli olarak yüksek fırınlara verilmektedir. Bu durum, yüksek fırınlarda kokun neminden dolayı yakıt tüketiminde artışa neden olmaktadır. Bu-

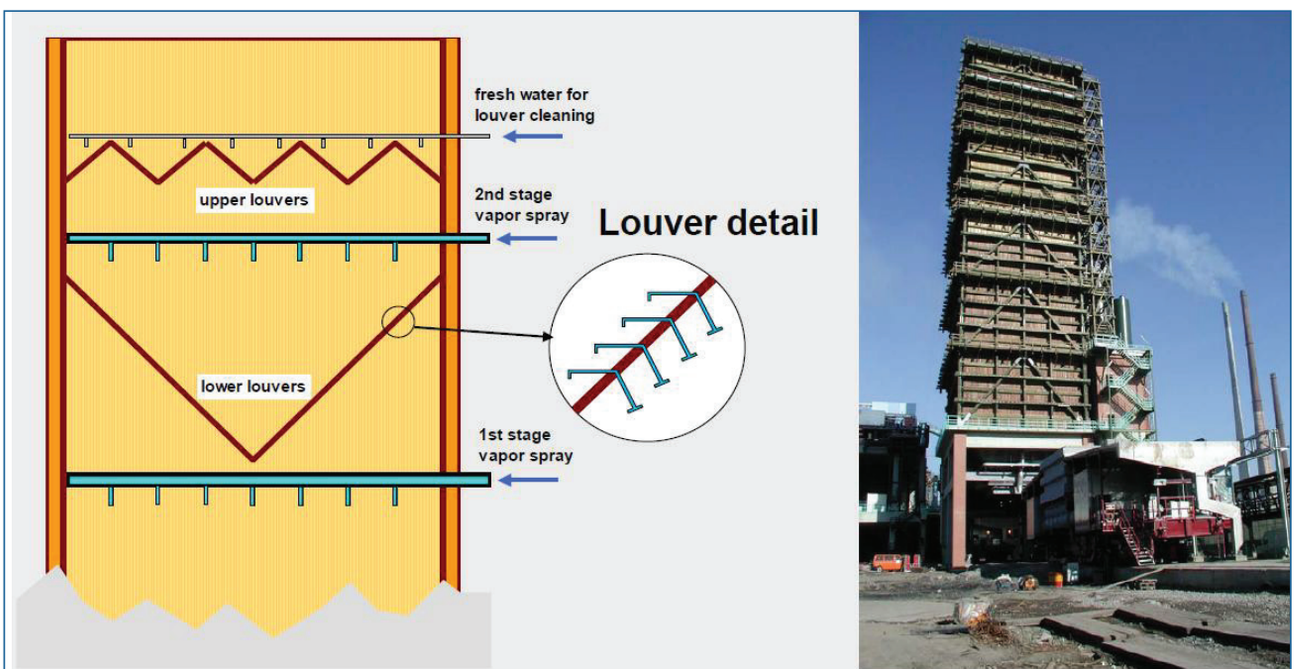


Şekil 5. Kuru Söndürme Proses Akışı



Şekil 6. Konvansiyonel ve CSQ Yaş Söndürme Sistemleri

- Söndürme esnasında suyun büyük kısmı tabandan verilmektedir. Böylece daha hızlı ve verimli söndürme yapılabilmektedir.
- Söndürme kulesi yaklaşık 70 metre uzunluğundadır. Toz bastırma bölümü 2 bölümden oluşmakta olup toz emisyonu oldukça düşüktür.
- Toz bastırmada tutulan kok tozları da geri kazanılarak sinterde kullanılabilmektedir.
- Her söndürmede 100 ton su 70 saniye süre ile kullanılmaktadır.
- Tesisin mümkün çalışma süresi 24 saat x 365 gün/yıl' dır (10).



Şekil 7. Temsili Yaş Söndürme Toz Bastırma Sistemi (10)

nunla beraber yatırım maliyeti bakımından kuru söndürme sistemlerine göre daha düşük maliyetlidir (2).

Dünyada yaş söndürme sistemlerinde daha verimli söndürme yapılabilmesine yönelik gelişmeler devam etmektedir. Bu gelişmelerden bir tanesi de CSQ sistemidir. Bu sistemde, konvansiyonel tip yaş söndürme sisteminden farklı olarak Şekil 6 da verilen özel söndürme arabaları kullanılmaktadır. Bu söndürme arabaları kendisinden motorlu olup konvansiyonel tip söndürme sisteminde olduğu gibi lokomotife ihtiyaç bulunmamaktadır.

CSQ Söndürme Süreci:

Islak Söndürme Sisteminde Kok Bataryalarında söndürme kulesinde su tankı bulunmaktadır. Su, pompalar ile basınçlandırılarak kullanılmaktadır. Söndürme için gerekli su önce tanklara basılmakta veya tanklardan yer çekimi ile araba içerisindeki kok üzerine bırakılmaktadır. Bu esnada tankın ve bataryanın büyüklüğüne göre değişken miktarlarda su kullanılmakta olup söndürme süresi kullanılan su miktarı ve sisteme bağlı olarak değişmektedir. Bu işlem sonucunda kokun su içerisinde tamamen kalması sağlanmaktadır. Böylece akkor kokun su ve buhar ile boğularak daha verimli söndürülmesi, dolayısı ile kok neminin minimum seviyelerinde kalması sağlanmakta-

dır. Söndürme kulesinin raydan itibaren toplam uzunluğu değişmekle birlikte, bu yüksekliğin %90'ı baca kısmını oluşturmaktadır (10)

Yaş söndürme bacasının yüksek olması daha hızlı su buharının emilmesini sağlayarak, yaş söndürme sistemi için göre avantaj sağlamaktadır. Ayrıca daha temiz üretim yapabilmek adına bu tip tesislere toz bastırma sistemi yapılabilmektedir. Şekil 10, temsili bir toz bastırma sistemine aittir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

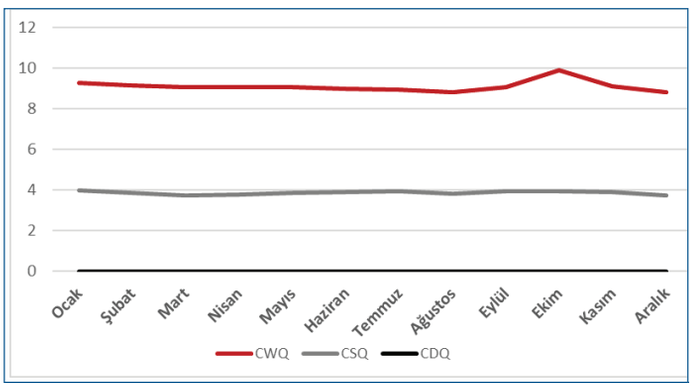
Bu bölümde kok üretiminde kullanılan söndürme sistemlerinin teknik açıdan karşılaştırılması yapılmıştır.

3.1 Kabuller

İnceleme yapılırken, tesislerin çalışma kapasiteleri, yıllık üretim ve kullanım miktarları belirli oranlar dahilinde örnek olarak yazılmıştır. Elektrik, su ve kok birim fiyatları belirlenirken tahmin ve ortalama alma metotları kullanılmıştır.

3.2 Nem

Tesisteki kuru kok bataryasında üretilen 1000-1200 ºC sıcaklığındaki kızgın kok öncelikle vinç vasıtasıyla kamara içerisine boşaltılmaktadır. Burada kokun içerisinden inert gaz sirkülasyonu ve ısınan inert gazın (yaklaşık 800 ºC) bir buhar kazanından geçirilmektedir. Bu bir dönüşüm halinde devam etmektedir. %1 nem azalması için Yüksek Fırında 20.000 Kcal/ton enerji harcanmaktadır (11). Bunun yanında sulu söndürme sonrasında 1042 kg (%4 su) üzerinden 1000 kg metalurjik kok elde edilmektedir. Ön-



Şekil 8. Kok Nem Oranları

Yıllık Çalışma Süresi = 340 gün/yıl x 24 saat = 8.160 saat

Yıllık üretim /kullanım = 140 ton/ saat x 8.160 saat = 1.142.400 ton

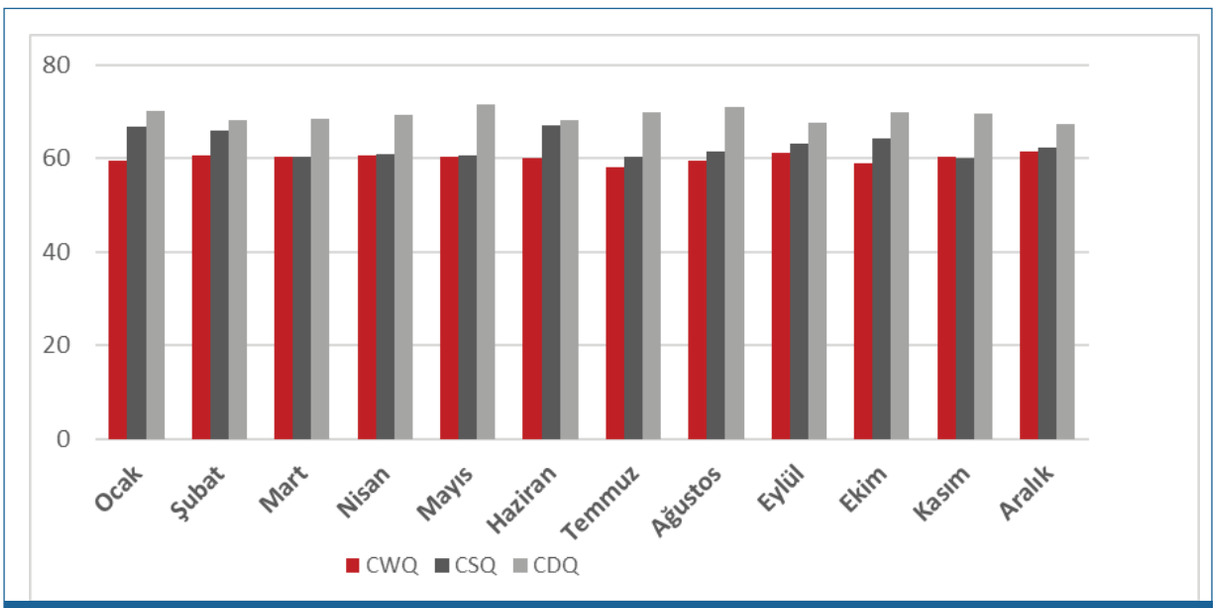
+%1 nem maliyeti = 20.000 Kcal/ton x 1.142.400 ton

= 22.848.000.000 kcal/yıl

+%1 nem maliyeti = 26.572 kWh * 0,3 TL/kWh (kabul)

= 7.972 TL

1 kW = 860 kcal/h



Şekil 9. Stabilite Değerleri

celikle 3 farklı teknolojinin arasındaki nem değişimlerine aylık ortamalarla incelenmiştir.

Kok Kuru Söndürme için %0 nem olduğu için bu maliyet söz konusu değildir. Kok Stabilizasyon Söndürme (CSQ) için %2-%5 nem aralığında değerler alındığı göz önüne alınırsa, göze alınacak maliyet yıllık yaklaşık 16.000 – 40.000 TL arasındadır. Sulu Söndürme sistemi için de kayıp yaklaşık 70.000 TL değerlerini bulabilmektedir.

3.3 Stabilite

Bunun yanı sıra, stabilite artışı, kullanılan metalurjik kokun miktarının azaltılmasında pozitif bir etki sağlamaktadır. Söndürme teknolojileri stabilite değerleri dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. Bu değerler farklı tip kok bataryalarından alınan 1 yıllık değer değişimleridir. Kok kuru söndürme için ortalama %2 stabilite artışı gözlemlenmiştir. 1 ton Sıvı Ham Demir üretimi için 10 kg kok tasarrufu sağlamaktadır.

Yıllık Kok Tasarrufu = 1.142.400 ton x 10 kg/ton = 11.424.000 kg = 11.424 ton kok

Tasarruf Maliyeti = 11.424 ton x 960 TL/ton = 10.967.040 TL

Bu stabilite artışının sağlayacağı tasarruf ise Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Stabilite Farkı ile Oluşan Tasarruf

Stabilite farkı	2%
Stabilite artışının sağladığı tasarruf	2 kg %1 artışta
Met kok tasarruf/ton	4 kg
Toplam Met Kok tasarrufu yüzdesi	0,10%
1 ton Met Kok içintasarruf	10 kg
Kuru Kok Tasarruf Miktarı	10.000 ton/yıl

3.4 Elektrik Üretimi

Kok kuru söndürme tesisinden elde edilen buhar ile bir buhar trübini vasıtasıyla elektrik üretilmektedir. Bunun getirisi saatte 15 MWh elektrik üretimidir. Yılda ortalama 120.000 MWh getiri sağlamaktadır. Bu da tesisin elektrik tüketiminde katkı sağlayacaktır.

Elektrik Üretimi = 120.000.000 kWh x 0,3 TL /kWh = 36.000.000 TL

3.5 Su Tüketimi

Yaş söndürmedeki ekstra kayıplar düşünüldüğünde, tesis için kulllanılan Sulu söndürme için 0,71 m3/ton kok su kullanılır. Bu suyun 0,37 m3/ton 'luk kısmı kaybedilmektedir.

$Q_1 = Q_2\ m_{kok} * c_{pkok} * d(T_2\text{-}T_1) = m_{su} * dH_s$

Yani 1 ton kok için %52'lik bir kayıp gerçekleşmektedir.

Su Tüketimi = 1.142.400 ton x 0,37 m^3/ton = 422.688 m^3 su kaybı

Su Tüketim Maliyeti = 422.688 x 0,2 TL /ton = 84.537,6 TL

3.6 Çevresel Etki

Kok Stabilizasyon Söndürme Sisteminde çıkan tozlar su damlalarının içine hapsolduğu için toz emisyonunun daha düşük olduğu gözlenir. Söz konusu tesislerin toz emisyon farkları aşağıdaki gibidir (12).

Kok Kuru Söndürme Sistemi; Toz emisyonu = 10 g/tkok

Kok Stabilizasyon Söndürme Sistemi; Toz emisyonu = 8,5 g/tkok

Gaz emisyonu açısından bakıldığında, kuru söndürmede kullanılan söndürme gazı dönüşüm içinde kullanılır. Ancak yanan kokun sönmeye alındığı anda hala yanma ya devam ettiği için H_2S ve SO_2 salınımı devam eder. Bu işlem ortalama 2-5 saate kadar devam eder. Ancak Stabilizasyon Söndürme için söndürme daha kısa (max 60 saniye) sürdüğü için, emisyon seviyeleri Kuru Söndürme Sistemine göre daha düşük olmaktadır.

4. DEĞERLENDİRME

Entegre Demir Çelik Tesislerinde bulunan kuru yaş söndürme sistemleri sulu söndürme sistemlerine göre daha verimli ve çevreci çalışmaktadır. Kuru söndürmeyi yaş söndürme CSQ sistemi ile mukayese edecek olursak aradaki en temel farkın söndürme arabası olduğu görülmektedir. Her iki sisteme ait söndürme kuleleri benzerdir. Söndürme arabaları bakımından mevcut arabalar lokomotif ile çekilen vagonlardan oluşmaktadır. Söndürme

vagonları ise kapalı havuz şeklinde olup yan tarafında kapakları bulunmaktadır. Tek başına söndürme vagonu oldukça ucuzdur ancak bu vagonu çekmek için bir adet lokomotif de alınacaksa maliyet artmaktadır.

CSQ sisteminde kullanılan söndürme arabası ise mevcut kullanılandan farklı olarak kendinden motorludur ve kok havuzuna alttan da su besleyebilmektedir. Bu tür arabaların maliyeti, mevcut arabalara (lokomotif hariç) göre yüksektir. Literatürde CSQ sistemi ile söndürülen kokun neminin % 2-5 oranlarında olabileceği belirtilmektedir (13). Bu oranlar, mevcut kuru söndürülen kokun değerlerine yakındır. Bu sebeple CSQ sistemi işletmede kok neminden ekstra bir avantaj yaratmayacaktır. Lokomotifli mevcut yaş söndürme arabalarının bir avantajı da lokomotifi sudan koruyarak ömrünü uzatma imkânının olmasıdır. CSQ da kullanılan söndürme arabaları kendinden motorlu olup her söndürmede suya maruz kalacaktır.

Entegre Demir Çelik Tesislerinde, yeni bir kok söndürme tesisi yapılacak olursa enerji geri kazanımı ve yüksek fırınlarda yakıt tasarrufu nedenleri ile öncelikle kuru söndürme yöntemi tercih edilmelidir. Yaş söndürme tesisinin tercih sebebi yatırım maliyetlerinin düşük olması olabilir. Ancak yapılacak kuru söndürme sisteminde çıkan enerjinin Elektrik üretimi için kullanılabiliyor olması ve su kaybı yaşanmaması tesisin geri ödeme süresini oldukça kısaltmaktadır.

Yeni sistemlerin CSQ olarak devreye alınması veya mevcut sistemlerin modernize edilmesi düşünüldüğünde, atılan kok tozunun azaltılması da dikkate alınması gereken önemli parametrelerden biridir. Tüm bunların yanında kok neminin artması ile stabilite gibi bazı kalite değerleri de olumsuz etkilenmekte ve bu durum yüksek fırınlarda yakıt kullanımında olumsuzluklara neden olabilmektedir.

Yeni bir kok batarya kurulumunda ilk tercih olarak Kok Kuru Söndürme Sistemi düşünülebilirken, toz emisyonu dikkate alınırsa Stabilizasyon Söndürme sistemi de ikinci tercih edilecek sistem olabilir. Tesis kurulum ücreti Kuru Söndürme için daha yüksek olsa da, uzun vadeli plan için sağlanan kazançların bu sistemde daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

1. Kok Özelliklerinin Yüksek Fırın Prosesine Etkileri ve Önemi. Akbulut, H. Ereğli, Türkiye : yazarı bilinmiyor, 2006. Demir-Çelik Sempozyum Bildirileri TMMOB.
2. **Uslu, C.** Demirçelik Sektöründe Kok Kuru Söndürme Sistemlerinin Tekno-Ekonomik Ve Çevresel Analizi (Tez). 914.1.027 Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri, Karabük Üniversitesi, Karabük Türkiye, Haziran 2014.
3. **M., Çakır A.** Kok Fırın Gazı Prosesleri ve Ek Tesisleri. Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye, Aralık 2006.
4. **Poyraz, H. B.** Kok Bataryalarının Devreye Alınması, İşletilmesi Ve Ekonomik Ömrünün Araştırılması. Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, Türkiye, Şubat 2015.
5. **Ahmad, Y.** Oxidation of Graphite and Metallurgical Coke. Stockholm, İsveç : Degree Project in Materials Design And Engineering, Kth Royal Institute Of Technolog, 2016.
6. "China Steel Corporation," 2016. Available: http://www.csc.com.tw/csc_e/pd/img/prs01.gif. [Accessed 11 February 2018].
7. Coke Oven Techniques. Innovation. Luxemburg : Graham & Trotman Limited, 1982. The Commission of the European Communities, Graham & Trotman Limited.
8. **Aydın, Ö.** Yüksek Fırın İşletmeciliğinde Optimizasyon. İstanbul, Türkiye : Metalurji ve Malzeme Mühendisliği ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2005.
9. **Errera M. R., Milanez L. F.** Thermodynamic analysis of a coke dry quenching unit. Brezilya : Energy Conversion & Management, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Mart, 1999.
10. Thyssenkrupp. Controlling Particulate Emissons from Coke Oven Plants. Chicago, Amerika : Uhde Corporation, Mart, 2010.
11. **Wakuri S., Ohno M., Hosokowa K., Nakagawa K., Takanohashi Y., Ohnishi T., Kushioka K., Konno Y.** New Moisture Control System of Coal for Coking. Narashino, Japonya : Chiba Institute of Technology, Aralık, 1985.
12. Coke Quenching. P., Liszio. Duisburg, Almanya : Steel Academy, Nisan, 2016.
13. Association, World. Coke Dry Quenching vs. Coke Stabilization Quenching. Brussels, Belçika : World Association, 2012.