

KAZANLARDA BACA GAZI ANALİZLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ, İÇ SOĞUMA KAYIPLARININ İRDELENMESİ

Abdullah BİLGİN

ÖZET

İşletme döneminde, kazanlarda termik verimin sürekli olarak yüksek tutulabilmesi için brülör ayarlarına zamanında müdahale gerekli olmakta, dolayısıyla baca gazı analizörü kullanma alışkanlığı önem kazanmaktadır. Sözkonusu termik verimin belirlenmesinde genellikle işletme anında ölçülen değerler esas alınmakta, ancak brülörlerin duruş zamanlarının neden olduğu kazan iç soğuma kayıpları gözden kaçırılmaktadır. Bu çalışmada, baca gazı analizlerinin değerlendirilmesiyle, kazanlar ve brülörlerde alınması gereken önlemler ile iç soğumaya neden olan faktörler anlatılmaya çalışılmıştır.

1. GİRİŞ

1.1. Baca Gazı Analizleri

Kazanlarda baca gazı analizlerinin değerlendirilmesine başlamadan önce yanmanın kimyasal denklemlerini hatırlamak yararlı olacaktır. Yakıt tamamen yandığında, içerisindeki karbon (C) karbondioksit (CO₂), hidrojen (H₂) su buharına (H₂O), kükürt (S) kükürtdioksit (SO₂) dönüşmektedir.

Tam Yanma [1] ;



Eksik Yanma [1] ;



Buradan da görülebileceği gibi, yetersiz oksijen sonucu karbonun karbondioksit dönüşmeden, karbonmonoksit halinde kalmasıyla kaybedilen enerji miktarı %70 mertebesinde olmaktadır. Bu kaygıyla, mükemmel yanmanın sağlanması için, genel bir kural olarak yakıtta verilen hava belirli oranda artırılmaktadır. Buna hava fazlalık katsayısı denilmektedir. Yakıt cinsine bağlı olarak değişen bu katsayının gereğinden az olması halinde, karbonmonoksit oluşmakta, üretilen enerji azalmakta, islilik başlamakta, yanma verimi düşmekte, söz konusu hava fazlalık katsayısının gereğinden fazla olması halinde ise, karbonmonoksit azalırken, yanmaya iştirak etmeyen hava ocakta ısıtılarak bacadan atılmakta, yanma bozulmakta, yanma verimi düşmektedir. Bu nedenle, işletme sırasında yanmanın optimizasyonu için baca gazı analizörleri yardımıyla, baca gazı analizleri kolayca elde edilip değerlendirilebilmekte, brülör ve kazanlara anında müdahale edilebilmektedir. Aşağıda baca gazı analizlerinin belli başlı parametreleri irdelenmektedir. Ayrıca, konuyla ilgisi açısından "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği" ne göre sıvı ve gaz yakıtlı tesislerin emisyon sınır değerleri, bölüm sonunda Tablo-1 de verilmektedir [7].

a) Oksijen (O₂) :

Yakıt cinsine ve hava fazlalık katsayısına bağlı olarak, karbonmonoksit oluşumuna neden olmayacak şekilde, baca gazları içerisinde oksijen oranının mümkün olduğunca düşük olması istenmektedir.

Doğalgazda %2-3, sıvı yakıtta %3-4, katı yakıtta %5-6 oksijen oranı baca gazı analizleri için ideal değerler olarak kabul edilmektedir.

b) Karbondioksit (CO₂) :

Yakıt cinsine bağlı olarak karbondioksitin baca gazları içerisinde yüksek oranda bulunması tercih nedeni olmaktadır. Doğalgazda %11, sıvı yakıtta %14, katı yakıtta %14 karbondioksit değerleri, baca gazı analizleri için uygun mertebeler olarak söylenebilmektedir. Konumuzla direkt ilgili olmamakla birlikte, iyi bir yanmanın doğal sonucu olarak baca gazlarında yüksek oranda arzu edilen karbondioksit atmosferde neden olduğu sera etkisiyle son yıllarda emisyon kabul edilmektedir. Burada çözüm, düşük karbon oranlı, yüksek hidrojen ihtiva eden yakıtların yaygınlaşması ve fosil yakıt kullanımının zaman içerisinde sınırlandırılmasıyla mümkün görülmektedir.

c) Karbonmonoksit (CO) :

Neden olduğu enerji kaybı ve islilik sonucu kirlenme nedeniyle karbonmonoksit, baca gazları içerisinde arzu edilmemekte ve emisyon kabul edilmektedir. Yakıtta verilen oksijen artırılarak, eksik yanma tamamlanmak suretiyle karbonmonoksit mutlaka karbondioksite dönüştürülmelidir. Baca gazı analizlerinde karbonmonoksit miktarı 100 ppm değerine kadar normal kabul edilebilmektedir.

d) Kükürtdioksit (SO₂) :

Yakıt içerisindeki kükürtün yanmasıyla ortaya çıkan kükürtdioksit, çevre için tehlikeli emisyonların başında kabul edilmektedir. Brülör ve kazanda alınacak önlemlerle ilgisi olmayan bu gaz, ancak düşük kükürtlü yakıtlarla baca gazlarında azaltılabilmektedir. Doğalgaz kullanımında baca gazında "0" olan kükürtdioksit değeri, %0,5 kükürt ihtiva eden ithal kömür kullanıldığında, baca gazlarında 150-200 ppm değerlerinde olabilmektedir. Kükürtdioksitin, baca gazlarında, düşük sıcaklıklarda, su buharı ile birleşerek sülfirik asite dönüştüğü ve kazanlarda tahribatlara neden olduğu bilinmektedir.

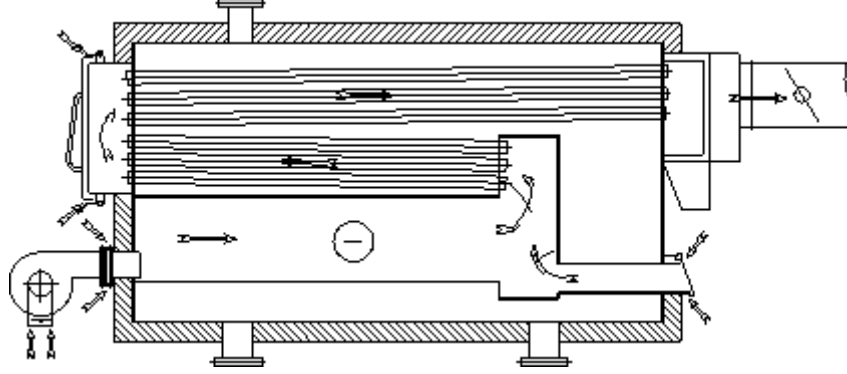
e) Azotoksitler (NO_x) :

Yakıt cinsine bağlı olarak, ocağa verilen havanın fazlalık katsayısı ile ocak dizaynından kaynaklanan nedenlerle oluşan azotoksitler, çevre açısından emisyon kabul edilmektedir. Yakıt hava ayarının elverdiği oran dışında azotoksitlere müdahale imkanı bulunmamakta, kazan alımı sırasında dikkate alınması gereken bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde sıkça konu edilen "Baca Gazları Resirkülasyon Sistemi" nin yanısıra "Düşük NO_x Brülörleri" azotoksitlerle mücadelede etkin yöntemler olarak kabul edilmektedir.

f) Baca gazı Sıcaklığı (T) :

Kazanı terk eden baca gazlarının, yakıt cinsine ve içerisindeki kükürt oranına bağlı olarak, mümkün mertebe düşük sıcaklıkta olması istenmektedir. Gereğinden fazla yakıt debisi, yetersiz kazan ısıtma yüzeyi ile duman borularındaki kirlilik, yüksek baca gazı sıcaklığına neden olmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli husus, kazan testinin, dolayısıyla baca gazı analizlerinin kazan anma gücüne uygun yakıt debisinde yapılmasıdır. Zira, düşük kazan kapasitelerinde baca gazı sıcaklığının da düşük çıkması beklenen bir durum olmaktadır. Yüksek baca gazı sıcaklığı verim kaybı demektir. Baca gazı sıcaklıklarında düşülebilecek minimum değerler, baca gazlarının yoğuşma (çiğlenme) sıcaklığı ile ilgilidir. Yoğuşma sıcaklığı ise baca gazındaki kükürtdioksit (SO₂), dolayısıyla yakıt içindeki kükürt (S) miktarına bağlıdır. Doğalgaz kullanımında 130-150 °C, katı ve sıvı yakıt kullanımında 130-175 °C baca gazı sıcaklıkları uygun değerler olarak kabul edilebilmektedir. Şekil -1 de, Fuel-Oil için, içeriğindeki kükürt (S) ve oksijen (O₂) oranına bağlı olarak "Gaz Yoğuşma Sıcaklık Eğrisi" verilmektedir. Yüksek

baca gazı sıcaklıklarında brülör ve kazana mutlaka müdahale edilmeli, kısmen kapasite düşürülerek veya kazan borularına türbülötörler ilave edilerek, baca gazı sıcaklığı düşürülmelidir. Her 20 °C baca gazı sıcaklık düşümü, verimde %1 artışa neden olmaktadır.



Şekil 1. Yakıttaki kükürt (S) ve oksijen (O₂) oranına bağlı olarak "Gaz Yoğuşma Sıcaklık Eğrisi"

g) Yanma Verimi (η_Y) :

Baca gazı analizörü tarafından, baca gazlarında ölçülen, oksijen, karbondioksit, baca gazı sıcaklığı ve ortam sıcaklığı gibi parametreler değerlendirilmek suretiyle, yanma verimi otomatik olarak hesaplanabilmektedir. İşletmeci tarafından yanma verimi üzerinde yorum yapılırken, sonuca etki eden faktörler kolayca görülebilmektedir. Yanma veriminden yola çıkarak, kazan veriminden söz ederken, kazan radyasyon kayıpları, yanmamış hidrokarbonlar, kül kayıpları gibi ölçülemeyen değerler için yakıt cinsine bağlı olarak, yanma veriminden %3-5 azaltma yapmak gerekmektedir. Ancak, baca gazı analizörlerinin, kazan verimlerinin tescil edilmesinden daha çok, yanmanın optimize edilmesinde kullanılması doğru yaklaşım olarak kabul edilmektedir.

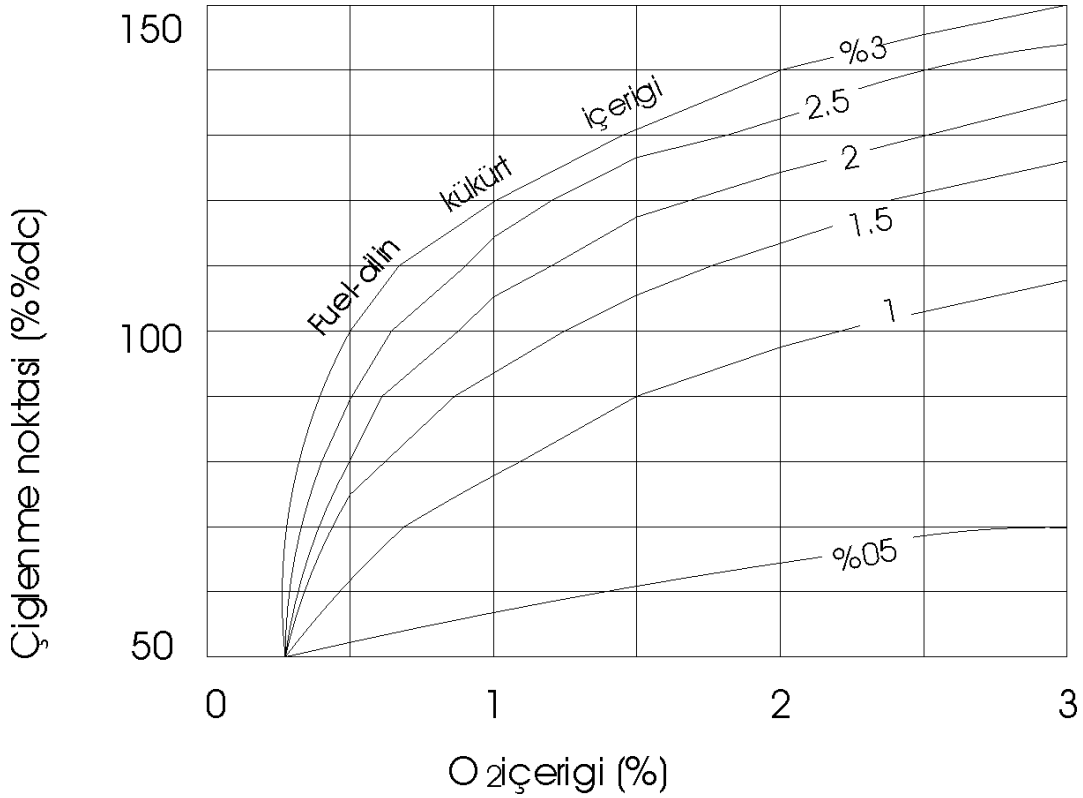
Tablo1. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğine göre sıvı ve gaz yakıtlı tesislerin "Emisyon Değerleri"

HAVA KALİTESİNİN KORUNMASI YÖNETMELİĞİ KİRLETİCİ VASFI YÜKSEK TESİSLER İÇİN ÖZEL EMİSYON SINIRLARI	
1- SIVI YAKITLI TESİSLER :	
%%UZOZEMİSYONLARI :	%%UKARBONMONOKSİT (CO)
Q _k < 2 MW	CO < 175 mg/m ³
Motoin , İstilik < Bacharach : 2	
4-5 nolu Fuel-Oil , İstilik < Bacharach : 3	%%UAZOTOKSİTLER (NO _x)
6 nolu Fuel-Oil , İstilik < Bacharach : 4	Q _k > 50 MW NO _x < 800 mg/m ³
Q _k ≥ 15 MW	%%UKÜKÜRTOKSİTLER (SO _x)
Motoin , Toz < 70 mg/m ³	Q _k < 300 MW SO _x < 1700 mg/m ³
4-5 nolu Fuel-Oil , Toz < 130 mg/m ³	Q _k > 300 MW SO _x < 800 mg/m ³
6 nolu Fuel-Oil , Toz < 170 mg/m ³	
2- GAZ YAKITLI TESİSLER :	
Q _k < 100 MW	TOZ < 10 mg/m ³
KÜKÜRTDİOKSİT (SO ₂) < 100 mg/m ³	Q _k > 100 MW
KARBONMONOKSİT (CO) < 100 mg/m ³	TOZ < 10 mg/m ³
	KARBONMONOKSİT (CO) < 100 mg/m ³
	AZOTOKSİTLER (NO _x) < 500 mg/m ³
	KÜKÜRTOKSİTLER (SO _x) < 60 mg/m ³

1.2. İç Soğuma Kayıpları

Günümüzde kazan verimleri yıllık verim ifadesiyle anılmaktadır. Bu değer, kazanların bir işletme sezonu içerisinde, çalışma ve bekleme zamanlarının toplamında, ortalama olarak gerçekleştirdiği bir verim ifadesi olmaktadır. Brülörlerin çalışma sürecinde ortaya koyduğu verim, bekleme zamanlarında kazan iç soğuma kayıplarının etkisiyle, yıllık ortalamada daha küçük bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Yıllık verimi, brülörlerin işletmede kalma süresinin büyüklüğü olumlu, kazan ve brülör niteliğinden kaynaklanan hava kaçakları ise olumsuz etkilemektedir.

Şekil -2 den de görüleceği gibi, duruşa geçen sıcak bir kazanda, baca çekişi etkisiyle, yanma odasına ve duman borularına giren kontrolsüz hava kazanı soğutmakta ve ısınmış olarak bacadan dışarı atılmaktadır. İç soğuma kayıplarının azaltılmasında brülör ve kazan dizaynında alınması gereken tedbirler önem kazanmaktadır.



Şekil 2. Kazanlarda iç soğumaya neden olan hava sirkülasyonu

Tek kademeli brülörlerde, genellikle emiş hava damperi bulunmamakta ve duruş zamanlarında direkt olarak açık kalmaktadır. İki kademeli ve oransal kontrollü brülörlerde mevcut olan hava damperi duruş zamanlarında kapanmaktadır. Ancak, bir kısım çift kademeli ve oransal brülörde ana şalterden direkt kapatma halinde damper açık kalabilmektedir. Bu nedenle brülör kapatılacaksa termostatın sistemi durdurmasını beklemekte yarar görülmektedir. Ayrıca, brülör hava damperlerinin tam olarak kapanıp kapanmadığını zaman zaman kontrol etmek gerekmektedir.

Kazanlarda hava kaçaklarının önlenmesi için ön duman kapakları contalı ve tam sızdırmaz olmalı, kapandığında tüm kapak profili kazana düzgün bir şekilde basmalıdır. Brülör bağlantı flanşları contalı ve muntazam olmalı, gözetleme deliği kullanım dışında mutlaka kapanabilir olmalıdır. Patlama kapakları kasıtlı olmamalı, contalı ve tam olarak kapanabilmelidir.

Sıcak kazanlarda baca çekiş etkisinin yarattığı hava sirkülasyonunun neden olduğu ısı kayıpları aşağıda teorik olarak incelenmektedir.

a) Baca Çekiş Etkisi (ΔP) [2] [5] :

$$\Delta P = H \times g \times (\gamma_2 - \gamma_1) \quad [\text{Pa}] \quad (5)$$

$$\Delta P = H \times (\gamma_2 - \gamma_1) \quad [\text{mmSS}] \quad (6)$$

H = Baca yüksekliği (m)

γ_1 = Kazan sıcaklığındaki havanın yoğunluğu (kg/m^3)

γ_2 = Dış sıcaklıktaki havanın yoğunluğu (kg/m^3)

Baca çekiş etkisi, baca yüksekliği ve kazan sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasındaki farkla orantılı olarak artmaktadır.

b) Bacadaki Sıcak Havanın Hızı (W) [5] :

$$W = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta P / \gamma_1} \quad [\text{m/sn}] \quad (7)$$

Bacadaki sıcak havanın hızı, baca çekişi ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

c) Baca Kesiti (F) [3] [4] :

$$F = n \times \frac{Q_k}{\sqrt{H}} \quad [\text{cm}^2] \quad (8)$$

n = Yakıt cinsine bağlı bir katsayı (Doğalgaz.....n = 0,010 – 0.012) [4]
(Fuel-Oil.....n = 0,020) [3]
(Katı Yakıt.....n = 0,030) [3]

Baca kesiti, kazan kapasitesi (Q_k) ve yakıta bağlı bir baca katsayısı (n) ile doğru orantılı olarak artarken baca yüksekliğinin (H) karekökü ile ters orantılı olarak azalmaktadır.

d) Bacada Sıcak Hava debisi (V) [5] :

$$V = F \times W \times 3600 \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (9)$$

Bacadaki sıcak hava debisi, baca kesiti ve hava hızıyla doğru orantılı olarak artmaktadır.

e) Bacada Sıcak Hava İle Taşınan Enerji (Q) [6]

$$Q = V \times \gamma_1 \times (T_1 - T_2) \times C_p \quad [\text{Kcal/h}] \quad (10)$$

T1 = Kazan sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

T2 = Dış hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

Cp = Havanın özgül ısısı (Kcal/kg K)

Bacada sıcak hava ile taşınan ısı miktarı hava debisi, kazan ve dış hava sıcaklığı arasındaki fark ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

Kazanlarda iç soğuma kayıplarının yıllık verime etkisinin tespitinde, brülörlerin devrede kalma süresi, yıllık toplam işletme süresi, kazan sıcaklığı, dış hava sıcaklığının değişimi ve kazan sızdırmazlığı gibi parametrelerde bir takım kabuller yapmak gerekmektedir. Bu nedenle, kazan ve yakıt cinsine bağlı olarak iç soğuma kayıpları konusunda, bu aşamada birtakım değerler vermek yerine, yukarıda belirtilen teorik ifadelerden yola çıkılarak, değişmeyen genel sonuçlar aşağıda ifade edilmektedir.

Buna göre;

1. Kazan, brülör kapasiteleri, baca kesitleri gereğinden büyük olmamalıdır.
2. Çift kademeli veya modülasyonlu brülörler kullanılmak suretiyle, brülörlerin yıllık sezonda devrede kalma süresi artırılmalıdır.
3. Karıştırıcı vanalarla yapılan otomatik kontrolde, 80-90°C gibi sabit bir kazan suyu sıcaklığı yerine, karışım suyundan +5°C gibi bir değer fazlasıyla, değişken kazan suyu sıcaklığı tercih edilmelidir.
4. Brülör giriş hava damperi, brülör bağlantı flanşı, ön duman kapakları, patlama kapağı, gözetleme camı contalı ve tam sızdırmaz olmalıdır.
5. Hava giriş damperi olmayan, tek kademeli brülörler ile sızdırmazlığı sağlanamayan kazanlarda, otomatik baca kapatma klapesi tesisi düşünülmelidir.
6. Belirli kazan kapasitesinde, baca yüksekliğine bağlı olarak baca kesiti daraldığından, bacadaki sıcak hava debisi sabit kalmakta, dolayısıyla baca yüksekliğinin iç soğuma kayıplarına etkisi olmamaktadır.

SONUÇ

Kazanlarda verimin yüksek tutulabilmesi için büyük tesislerde sürekli, küçük tesislerde periyodik olarak baca gazı analizörü kullanma alışkanlığı kazanılmalı, yıllık ortalama verimde kayba uğramamak için, duruş zamanlarının neden olduğu iç soğuma kayıplarının önlenmesi maksadıyla, kazan ve brülör kapasitesinin, baca kesitinin tayininde dikkatli olunmalı, mümkün merteye iki kademeli ve modülasyonlu brülörler tercih edilmeli, kazan suyu sıcaklığı gereğinden yüksek tutulmamalı, mutlaka tam sızdırmaz kazanlar kullanılmalı, sızdırmazlığın garanti edilmediği kazanlarda otomatik baca kapama düzeneği kullanımı düşünülmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] KARTAL, E., "Isı Geri Kazanım Sistemleri" Seminer Notları, TTMD, 2000.
- [2] ASHRAE Fundamentals, "Kanal Tasarımı", Çeviren: O. Genceli, TTMD, Teknik Yayınlar: 2, 1997.
- [3] MMO. "Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları", MMO, Yayın No: 84, 1989.
- [4] EGO, "Doğalgaz Tesisat Yönetmeliği ve Teknik Şartnamesi", EGO, 2000.
- [5] BRANDI, O. H., "Hava Kanalları Hesabı ve Konstrüksiyonu", Fon Matbaası, 1972.
- [6] ASHRAE Fundamentals, "Konutlarda Soğutma ve Isıtma Yükü Hesapları", Çeviren: T. Derbentli, TTMD, Teknik Yayınlar: 2, 1997.
- [7] TÜRK ÇEVRE MEVZUATI, "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği", Resmi Gazete, 19269, 1986.

ÖZGEÇMİŞ

Abdullah BİLGİN

1955 Balıkesir doğumludur. 1977 yılında ADMMA Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1977-1978 yıllarında İller Bankası Genel Müdürlüğü Yapı Dairesi Başkanlığı Tesisat Bürosunda Mühendis, 1980-1987 yılları arasında Kent-Koop Yapı Kooperatifleri Birliği'nde Tesisat Büro Şefi, 1987-1989 yıllarında Kent-Isı A.Ş.'de Genel Müdür olarak, özellikle toplu konutlarda mekanik tesisat ve bölgesel ısıtma sistemlerinin projelendirilmesi ile uygulamalarında görev aldı. 1989 yılından beri kurucu ortağı olduğu Merkezi Isıtma Sistemleri Mühendislik Ltd. Şti.'nde tasarımcı mühendis olarak çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.