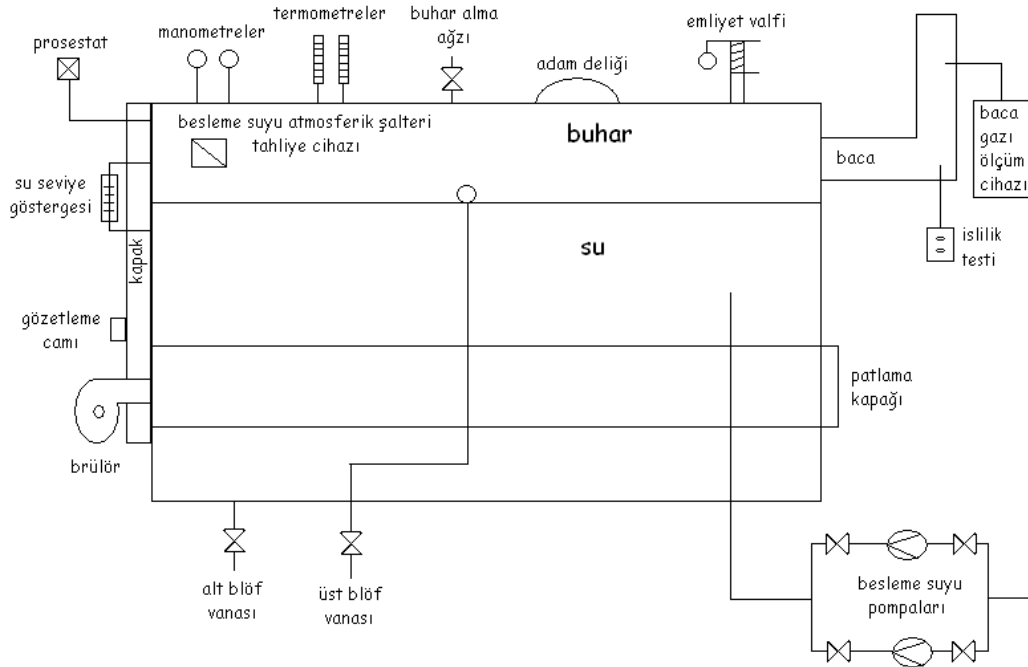


BUHAR KAZANLARI DERS NOTLARI

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT



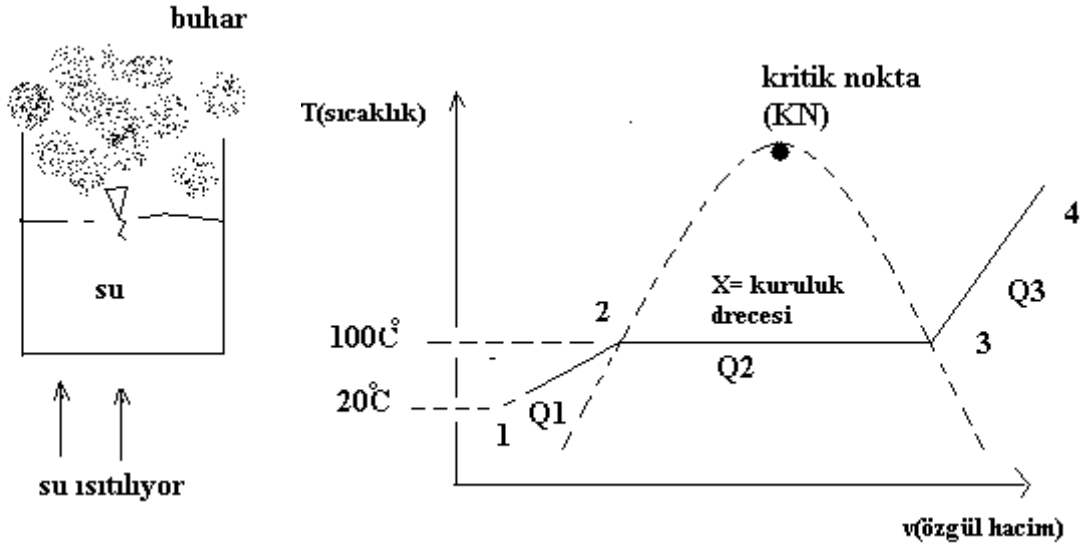
Şubat, 2024, Şanlıurfa

BUHAR KAZANLARI DERS NOTLARI

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT

Buhar nedir?

Buhar: Suyun gaz durumuna denir. Su ve dolayısıyla buhar saf bir maddedir. Termodinamik özellikleri, tablolardan veya diyagramlardan (Mollier diyagramı) bulunur. İki özellik bilirse diğer özellikler de hesaplanabilir veya diyagram ve tablolardan tespit edilebilir..



Buhara Verilen Isının Hesabı=

- 1-2 arası suyu doymuş hale getirme (2 noktası doymuş sıvı noktası)

$$Q1 = \dot{m} \times c_p(T2-T1) = \dot{m} \times (h2-h1)$$

- 2-3 arası doymuş sudan doymuş buhar haline getirme (3 noktası doymuş buhar noktası)

Aynı zamanda 2-3 arası doymuş sıvı-doymuş buhar karışımı (ıslak buhar) dır. Bu bölgede buhar miktarını tespit edebilmek için kuruluk değeri, x tanımlanır.

$$Q2 = \dot{m} \times h_{fg} = \dot{m} \times (h3-h2)$$

$x = \frac{\dot{m}_{\text{buhar}}}{\dot{m}_{\text{toplam}}}$ (x=kuruluk derecesi $0 \leq x \leq 1$)

x=0 ise doymuş sıvı

x=1 ise doymuş buhar

- 3- 4 arası doymuş buhardan kızgın buhar haline getirme (4 noktası kızgın buhar noktası)

$$Q3 = \dot{m} \times (h4-h3)$$

Suyun kızgın buhar hale getirmek için gerekli toplam ısı miktarı;

$$Q_T = Q1 + Q2 + Q3$$

Burada m, kütleli debi, Cp sabit basınçta özgül ısı ve h, kJ/kg entalpiyi göstermektedir.

Buhar Nasıl Oluşur?

Buhar, sıvı ya da katı halden buharlaşma ya da sublimasyon yolu ile oluşur. Suyun buharlaşması esnasında eşit miktarda sıvı ya da katı parçacıkların gaz haline geçtiği ve aynı zamanda gaz halinden geri döndüğü bir dinamik denge kurulur.

Temel kavramlar:

Doyma sıcaklığı: Verilen basınçta suyun kaynamaya başladığı sıcaklığa doyma sıcaklığı denir.

Doyma basıncı : Verilen sıcaklıkta suyun kaynamaya başladığı basınca doyma basıncı denir.

Sıkıştırılmış sıvı: Verilen bir basınçta suyun sıcaklığı doyma sıcaklığının altında ise sıkıştırılmış sıvı olarak tanımlanır.

Doymuş sıvı: Verilen bir basınçta o basınca karşılık gelen doyma sıcaklığında olup, içinde buhar zerresi olmayan suya doymuş sıvı denir. Su buharlaşmanın başlangıcındadır.

Doymuş buhar: Verilen bir basınçta o basınca karşılık gelen doyma sıcaklığında olup, suyun tamamının buhar fazında olduğu durumdur. Buhar yoğunlaşma sınırındadır.

Kızgın buhar: Verilen bir basınçta buharın sıcaklığı o basınçtaki doyma sıcaklığından daha yüksek ise buhar kızgın buhardır.

Buharın Kullanılma Nedenleri

- İdeal bir ısı taşıyıcı olması (Su üç şekilde ısı taşıyıcı olarak kullanılmaktadır. 1- Sıcak Su, 2- Kızgın Su (Basınç altında sıvı haldeki su), 3- Buhar)
- Küçük çaplı borularla daha fazla ısı taşıyabilmesi
- Çevre dostu olması (yani temiz olması)
- Geri kazanımı ile enerji tasarrufu sağlanabilir
- Akışkanın taşınması kendi basıncıyla gerçekleşir. Pompaya gerek yoktur. dolayısıyla maliyeti düşüktür.
- Sıcaklık kontrolünü çok hassas bir biçimde gerçekleştirmek mümkündür.
- Buhar tesisattaki korozyon riskini azaltır.
- Isı kayıpları azdır yani ideal bir ısı taşıyıcısıdır. Küçük çaplı borular ile iletilmesi nedeniyle ısı kayıpları diğer sistemlere göre daha azdır. Termodinamik özellikleri iyidir.
- Yatırım gideri azdır, küçük çaplı boru kullanılır, yalıtım az yapılır, ucuz montaj.
- Buhar emniyetlidir yani alevlenme özelliği yoktur. Steril bir akışkandır.
- Buhar çevre dostudur. Saf maddedir.

Dezavantajı ise; yüksek enerji ve basınç olduğundan korunması yapılmalıdır.

Buharın Kullanım Alanları

- Petrokimyada
- Termik santrallerinde elektrik üretiminde (Buhar türbinleri)
- Sterilizasyon amacı ile sağlık, tıbbi cihazların sterilizasyonu (Buharlı otoklav), ilaç ve gıda endüstrisinde
- İnşaat malzemelerin endüstrisinde
- Buharlı bölge ısıtma sistemleri (Kampüs veya çok bloklu sitelerde binaların kalorifer sistemi ile ısıtılması)
- Rafinerilerde

- Kimyasal prosesler
- Tıbbi atıkların otoklavlarda sterilizasyonu
- Petrol Kuyularında petrol çıkarmak için buhar enjeksiyonunda
- Gıda endüstrisinde
- Sterilizasyon (ambalaj ve gıda)
- Gübre endüstrisinde
- Kauçuk ürünlerinde ve imalatında
- İnşaat malzemeleri endüstrisinde
- Kağıt endüstrisinde
- Ahşap işletmesi ve şekillendirilmesi

Daha bir çok yerde kullanılmaktadır.

Basınçla ilgili dönüşümler

Basınç	Bar=10 ⁵ N/m ²	kg/cm ² =at	1 Torr=1 mmHg	Atm=760 torr	Lb/sq*in	Lb/sq*in (p.s.i.)
1 bar	1	1.01972	750.062	0.988924	2.088*55	14.5038
1 kg/cm ²	0.980565	1	735.55956	0.967842	2.048*17	14.22337
1 torr	1.33322*10 ³	1.3595*10 ⁽⁻⁵⁾	1	1.31579* 10 ⁽⁻⁵⁾	2.78450	1.93358*10 ²
1 atm	1.01325	1.03323	760	1	2116.22	14.69597
1 lb/sq*in	4.78802*10 ^{1/4}	4.88242*10 ⁽⁻⁴⁾	0.359131	4.72541* 10 ⁽⁻⁴⁾	1	1/144
Lb/sq*in	6.894474*10 ⁽⁻⁵⁾	7.03058*10 ⁽⁻⁷⁾	51.71485	6.80459* 10 ²	144	1

ISI ENERJİSİ NAKLİNDE KULLANILAN AKIŞKANLAR

Isı enerjisi naklinde, sıcak su, kızgın su, alçak ve yüksek basınçlı buhar, kızgın yağ olmak üzere dört cins akışkan kullanılır.

1. SICAK SULU ISITMA SİSTEMLERİ

TS 2796 veya DIN 4751 normlarına göre, çıkış suyu sıcaklığı 110 °C değerine kadar olan ısıtma sistemleri bu grup içine girer.

Maliyeti en ucuz, buna karşılık ısıyı en iyi taşıyan akışkan sudur. Suyun özgül ısısı yaklaşık 1kcal / kg °C = 4,19 kJ/kg.K değerindedir.

Binaların ısıtılması için genel olarak, sıcak sulu ısıtma sistemleri (Kalorifer sistemi) tesis edilir. Yıllardan beri alışılmış olan sistem gidiş sıcaklığı 90 °C, dönüş sıcaklığı 70 °C olan ısıtma sistemidir.

Hastanelerde daha sağlıklı olarak gidiş sıcaklığı 80 °C, dönüş sıcaklığı 60 °C olarak tercih edilmiştir. Gerek Avrupa'da gerekse ülkemizde bugün geçerli ısı tasarrufu yönetmenlikleri veya kanunlarına uygun olarak binalar izole edildiğinden radyatör yüzeyleri daha küçük çıkmakta, işletme sıcaklıkları, 80°C / 60, °C , 70 °C / 50 °C, veya 65 °C / 45 °C değerlerinde tutularak daha sağlıklı ısıtma yapabilmektedir. Böylece şebeke kayıpları da azaltılabilmektedir.

Döşemeden (yerden) ısıtma yapılması durumunda gidiş sıcaklığı 55°C, dönüş sıcaklığı 45°C alınabilmektedir.

Çıkış sıcaklığı 90°C değerine kadar olan sistemler, suyun kaynama sıcaklığının altında olduğundan buharlaşma olması söz konusu değildir ve sistem atmosfere açık olarak dizayn ve tesis edilebilir. Çıkış suyu sıcaklığı 110°C değerine kadar olan sistemlerde buharlaşma basıncı, genleşme deposu üzerine takılan bir güvenlik sifonu ile temin edilebilir.

DIN 4751 dört bölümden meydana gelmiştir

Bölüm 1 (Kasım 1962) : Çıkış sıcaklığı 110 °C değerine kadar olan atmosfere açık veya DIN 4750'ye uygun bir güvenlik sistemi veya emniyet ventili ile kapalı, statik basınç en alt noktada 50 mSS değerini geçmeyen, sıcak sulu ısıtma sistemlerinin güvenlik donanımını içerir.

Bölüm 2 (Eylül 1968) : 300 000 kcal/h kapasite sınırına kadar atmosfere açık veya kapalı, sıcaklığın 110 °C değerinin üzerine çıkması, termostatik olarak önlenmiş ve alt noktada statik basınç 15 mSS değerini geçmeyen ısıtma sistemlerinin güvenlik donanımını içerir (Türk standardı TS 2797).

Bölüm 3 (Mart 1976) : Kapasite sınırı 150 kW (130 000 kcal/h) değerine kadar, termostatik güvenli, su hacmi 10 litre değerine kadar olan ani geçişli (kombi tipi) ısı üreteçli açık ve kapalı, en alt noktadan statik basıncın 15 mSS değerini geçmediği ısıtma sistemlerinin güvenlik sistemini içerir.

Bölüm 4 (Eylül 1980) : Çıkış suyu sıcaklığı 120 °C değerine kadar, kapasitede sınırı 350 kW değerinin üzerinde en alt noktadaki statik basınç 15 mSS değerinin üzerinde olan, sıcaklık sınırı termostatik olarak güvence altına alınmış olan sıcak sulu ısıtma sistemlerinin planlanması ve gerçekleştirilmesini içerir.

2. KIZGIN SULU ISITMA SİSTEMLERİ

Genel Bilgiler:

- a) Çıkış suyu sıcaklığını yüksek ve dönüş sıcaklığını düşük tutarak daha büyük (Δt) sıcaklık farkı elde edilmekte ve aynı su debisi ile daha çok ısı nakledilmektedir. Böylece boru ve armatür çapları ile sirkülasyon pompaları küçülür. Boru, armatür ve pompa malzemeleri aynı cins kalmak şartı ile sistemin ilk tesis maliyeti düşer. Su debileri küçüldüğü için pompaların elektrik sarfiyatı da düşer.
- b) Fırın ısıtması, sınav banyo ısıtma gibi endüstriyel tesislerde, ısıtıcı serpantin kapasiteleri artar.
- c) Gerekli takdirde 180 °C'ye kadar yüksek sıcaklıklara çıkarma imkânı vardır.

TS 2736 veya DIN 4752 normlarına göre, çıkış sıcaklığı 110 °C değerinden daha yüksek olan ısıtma sistemleri bu grup içine girer.

Kızgın sulu sistemler iki guruba ayrılır.

Grup 1: Müsaade edilen maksimum çıkış sıcaklığı 130 °C olan ısıtma sistemleri

Grup 1a: Çıkış suyu sıcaklığı, basınç sınırlandırılmasıyla güvenceye alınan sistemlerdir.

Emniyet ventili ayar basıncı 1.5 bar, statik basınç ise max. 50 mSS değerindedir.

Grup 1b : : Çıkış suyu sıcaklığı, sıcaklık sınırlandırılmasıyla güvenceye alınan sistemlerdir.

Emniyet ventili ayar basıncı 1,5 ile 6,5 bar, statik basınç ise max. 50 mSS değerindedir.

Grup 2: Müsaade edilen çıkış suyu sıcaklığı 130 °C değerinin üzerinde olan veya 130 °C değerinin altında olmamakla beraber grup 1a ve grup 1b'ye girmeyen sistemlerdir.

Hangi şartlarda sıcak su hangi şartlarda kızgın su?

Konfor ısıtmasında, kat ısınmasından blok ısıtmasına ve hatta bölge ısıtmasına kadar, sıcak sulu ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Site veya bölge ısıtmasında belli bir kapasiteye kadar 110 °C veya 120 °C çıkış suyu sıcaklıklı sıcak sulu ısıtma sistemleri kullanılır. Büyük kapasiteli bölge ısıtmalarında 120 °C ile 180 °C arasında çıkış suyu sıcaklıklarında kızgın sulu ısıtma sistemleri kullanılır.

Kızgın sulu ısıtma sistemleri ayrıca, proses ile ilgili yüksek sıcaklık ihtiyacı olan sanayi tesislerinde de kullanılır. Katı veya sıvı yakacak kullanılması halinde, eğer yakacakta kükürt

miktarı yüksek ise kazana dönüş sıcaklığını ve buna bağımlı olarak kazandan çıkış sıcaklığını korozyonu önlemek maksadı ile yüksek tutmak gerekir.

3: BUHAR İLE ISITMA SİSTEMLERİ

A) Alçak Basıncılı Buharla Isıtma Sistemleri: Buhar basıncı TRD 701'e (Technische Regeln für Dampf Kessel – Buhar kazanları için teknik kurallar) göre maksimum 1 bar olan sistemlerdir.

B) Yüksek Basıncılı Buhar İle Isıtma: Buhar basıncı 1 bar üstünde olan sistemlerdir. Günümüzde konfor ısıtması için buharla ısıtma sistemleri artık kullanılmamaktadır. Seyrek veya periyodik kullanılan ve çabuk ısıtması gereken fuar ve sergi salonları gibi özel durumlarda kullanılabilir. Buharla ısıtma yerine; sıcak sulu veya kızgın sulu ısıtma sistemi daima tercih edilmelidir.

Buharın yüksek sıcaklık ve yüksek ısı taşıma özellikleri nedeni ile buhara ihtiyaç varsa, örneğin endüstriyel mutfaklar, çamaşırhaneler, fırınlar, otoklavlar vs. için buharlı ısıtma sistemi tercih edilir. Bazen sıcak veya kızgın sulu sistemin yanında ihtiyaca cevap verecek kapasitede ayrıca bir buharlı sistem tesis edilir.

Yüksek basınçlı buharla, genellikle 10 bar işletme basıncına kadar ve buna bağlı olarak 180 °C işletme sıcaklıklarına kadar, buharlı ısıtma kullanılır.

Buhara nispeten az miktarda ve yerel ihtiyaç olan yerlerde buhar jeneratörleri de kullanılabilir.

4: KIZGIN YAĞ İLE ISITMA SİSTEMLERİ

Kaynama sıcaklıkları 260 °C ile 390 °C arasında değişen ısı transfer yağları kullanılan ısıtma sistemleridir.

Isı transfer (termal) yağları, termal stabilitesi yüksek, 300-350°C aralığında atmosfer basıncında buharlaşmadan, kapalı ısı transfer sistemlerinde kullanılmak üzere üretilmiş yağlardır.

Tekstil, ağaç, otomotiv ve kimya sanayi gibi tesislerde endüstriyel ısıtma, kurutma ve pişirme gibi yüksek çalışma sıcaklıklarına ihtiyaç olan proseslerde, eskiden yüksek basınçlı buhar veya kızgın su kullanılırdı. Şimdi ise aynı maksat için 300 °C sıcaklıklara kadar, kızgın yağlı ısıtma sistemleri tercih edilmektedir.

Proses ihtiyacı yüksek sıcaklık uygulamalarında kızgın yağ tercih edilmesinin en önemli nedeni; yüksek sıcaklık karşılığı olan buhar basıncının yüksek olmasıdır. Bu nedenle yüksek buhar basıncında çalışma riskini ortadan kaldırmak için kızgın yağ kazanları kullanılmaktadır.

Sistemde en üst noktadaki basınç maksimum 1 bar, sistem yüksek basınçlı olmadığından daha güvencelidir, korozyon etkisi yoktur. Sistemin toplam maliyeti, genel olarak buharlı veya kızgın sulu sistemden daha azdır. Tesis lokal olarak ve sadece yüksek sıcaklık isteyen proses için kurulur.

Bu tip akışkanların, su ve buhara göre başlıca üstünlükleri şunlardır:

1. Atmosferik basınçta yüksek kaynama sıcaklığına sahip oluşları dolayısıyla 350 °C sıcaklığa kadar “basıncısız” tesisler kurmak mümkündür.
2. Korozyon ve taşlama eğilimi olmadığından ısı taşıyıcının ön-hazırlama tesisine ihtiyacı yoktur.
3. Katılaşma esnasında hacmi artmadığından donmanın vereceği zararlar söz konusu değildir.

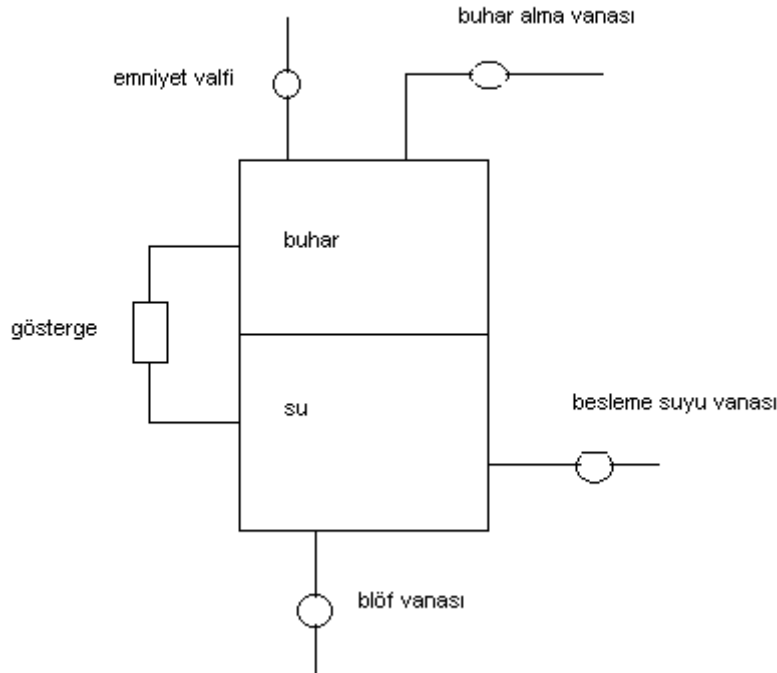
Kızgın Yağdan İstenen Özellikler:

1. Atmosferik basınçtaki kaynama sıcaklığı yüksek olmalıdır.
2. Katılaşma (donma) sıcaklığı düşük olmalıdır.
3. İyi bir ısı kararlılığına sahip olmalıdır.
4. Tüm sıcaklıklarda (hata ilk çalıştırma anında bile) düşük viskoziteye sahip olmalıdır.

5. Isı transfer özellikleri iyi olmalıdır.
6. Buhar olarak kullanıldığında, buharlaşma gizli ısısı yüksek olmalıdır.
7. Kullanıldığı cihazların malzemeleri için korozyon eğilimi düşük olmalıdır.
8. Kokusuz ve zehirsiz olmalıdır.
9. Yabancı maddelere karşı hassasiyeti düşük olmalıdır.(örneğin oksijene karşı)
10. Sistemin sızdırması durumunda çevreye vereceği zarar riski minimum olmalıdır.
11. Yangın riski minimum olmalıdır.
12. İmha imkânları kolay olmalıdır.
13. Fiyatı ucuz olmalıdır.

Buhar Kazanları

Tanım: Herhangi bir yakıtın (Katı, Sıvı, Gaz) yakılması sonucu veya elektrik veya nükleer enerji kaynağı kullanılarak sudan istenilen sıcaklık, basınç ve miktarda buhar elde etmeye yarayan basınçlı kapalı bir kaptır.



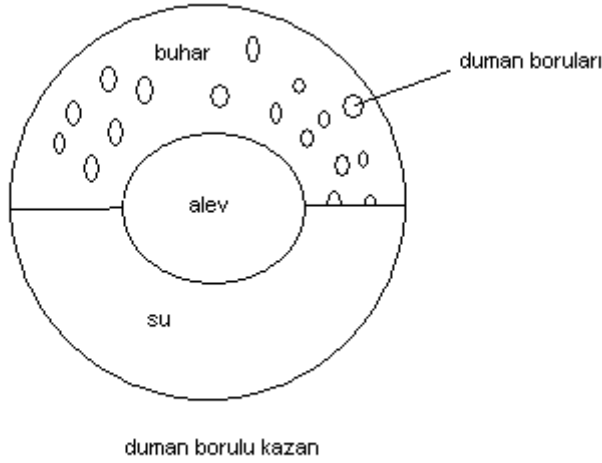
Buhar Kazanlarının Sınıflandırılması

1. **Kullanılış yerlerine göre:**
 - Sabit kazanlar
 - Portatif kazanlar
 - Lokomotif kazanlar
 - Gemi buhar kazanları
2. **Buhar kazanları kazan basınçlarına göre:**
 - Alçak basınçlı kazanlar
 - Yüksek basınçlı kazanlar
 - Süper kritik basınçlı kazanlar
3. **Ocak cinsine göre:**
 - Dıştan ocaklı kazanlar

- İçten ocaklı kazanlar
- 4. Kullanılan yakıt cinsine göre:**
- Kömür yakan kazanlar
 - Sıvı yakıt kullanılan kazanlar
 - Gaz yakıt kullanılan kazanlar
 - Elektrikli Buhar Kazanları (jeneratör)
- 5. Kongsüksüyonuna göre:**
1. Duman borulu kazanlar
 2. Alev borulu
 3. Alev-duman borulu
 4. Su borulu kazanlar

Kazanları değişik kriterlere göre sınıflandırmak mümkündür.

- 1. Isı alan akışkanın özelliklerine göre:**
- a) Sıcak su kazanları (kalorifer kazanları)
 - b) Kaynar su kazanları
 - c) Kızgın yağ kazanları
 - d) Buhar kazanları
 1. Alçak basınç (0,5 bar)
 2. Yüksek basınç (0,5 bar'dan yukarı)
- 2. Kazanın ihtiva ettiği su hacmine göre:**
- a) Büyük su hacimli kazanlar
 - b) Küçük su hacimli kazanlar
 - c) Çok küçük su hacimli kazanlar (buhar jeneratörleri)
- 3. Alev – duman gazlarının dolaşım durumuna göre:**
- a) Alev borulu, duman borulu, alev – duman borulu kazanlar
 - 1 geçişli (tek geçişli)
 - 2 geçişli
 - 3 geçişli
 - b) Su borulu kazanlar
 - c) Alev borulu- su borulu kazanlar
- 4. Suyun dolaşım şekline göre:**
- a) Tabii (doğal) dolaşımlı kazanlar
 - b) Cebri dolaşımlı kazanlar
- 5. Yaktığı yakıtı göre:**
- a) Katı yakıt yakan kazanlar
 - b) Sıvı yakıt yakan kazanlar
 - c) Gaz yakıt yakan kazanlar
 - d) Çok yakıt yakan kazanlar
 - e) Yanabilir endüstri artığı ve çöp yakan kazanlar
 - f) Atık ısı (çürük gaz) kazanları
 - g) Elektrikle ısı veya buhar üreten kazanlar
- 6. Yanma hücresinin (ocağının) konumuna göre:**
- a) İçten ocaklı kazanlar
 - b) Dıştan ocaklı kazanlar
 - c) Ön ocaklı kazanlar
 - d) Arka ocaklı kazanlar



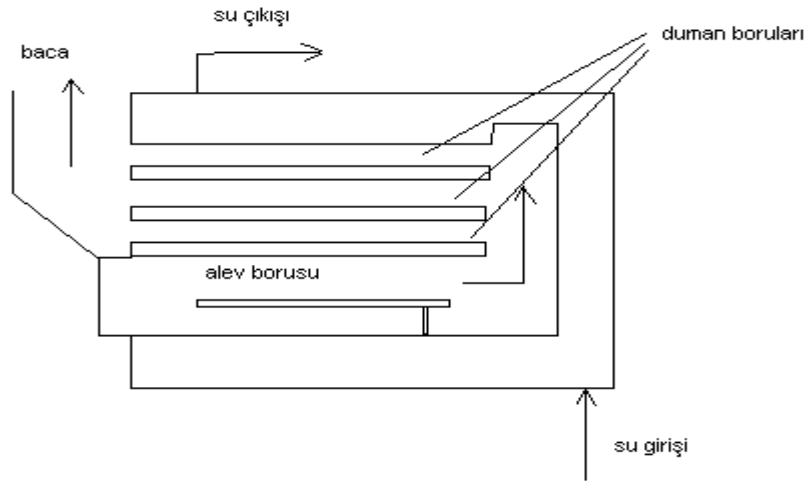
Alev duman borulu kazanalar: küçük sanayide ve küçük gemilerde kullanılır. Yanma ocak adı verilen kapalı bir alanda gerçekleşir. Yanma sonucu ortaya çıkan gazlar duman borularının içinden geçirilir. Duman borularının dışında buharlaşmakta olan su bulunur. Sıcak gazlardan suya ısı geçişi, gazlar alev ve duman borulardan akarken sağlanır.

Su kazanlarının avantajları;

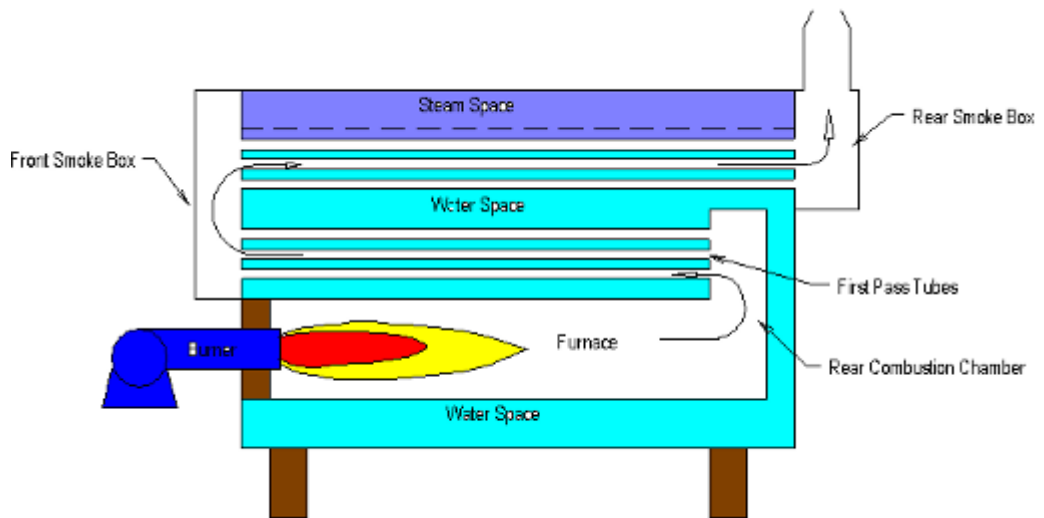
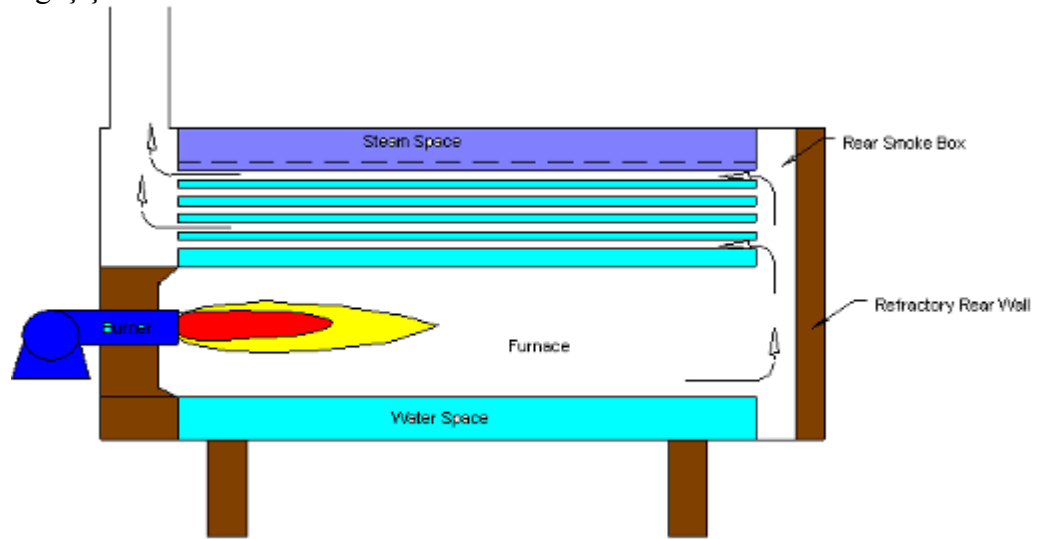
- Konstrüksiyonları basittir
- İmalat ve işletmeleri kolaydır
- Kazan içindeki su miktarı fazla olduğundan sıcak su depolarlar. Dolayısıyla buhar yükünün zamanla değiştiği işletmeler için uygundur.
- Buharın sudan ayrılma yüzeyi büyük olduğundan buharın kuruluk derecesi yüksektir.
- Kazanın su tarafındaki yüzeylerinde biriken kazan taşlarının temizlenmesi kolaydır.

Dezavantajları:

- Gövdeleri büyük olduğu için yüksek basınçlar için imalatı zordur. Genellikle 20 bar basınca göre yapılırlar.
- Isıl verimleri %85 civarındadır.
- Ağır ve hacimce büyüktür.
- Su hacimleri büyük olduğundan kazanın rejime geçmesi için zamana ihtiyaç vardır.

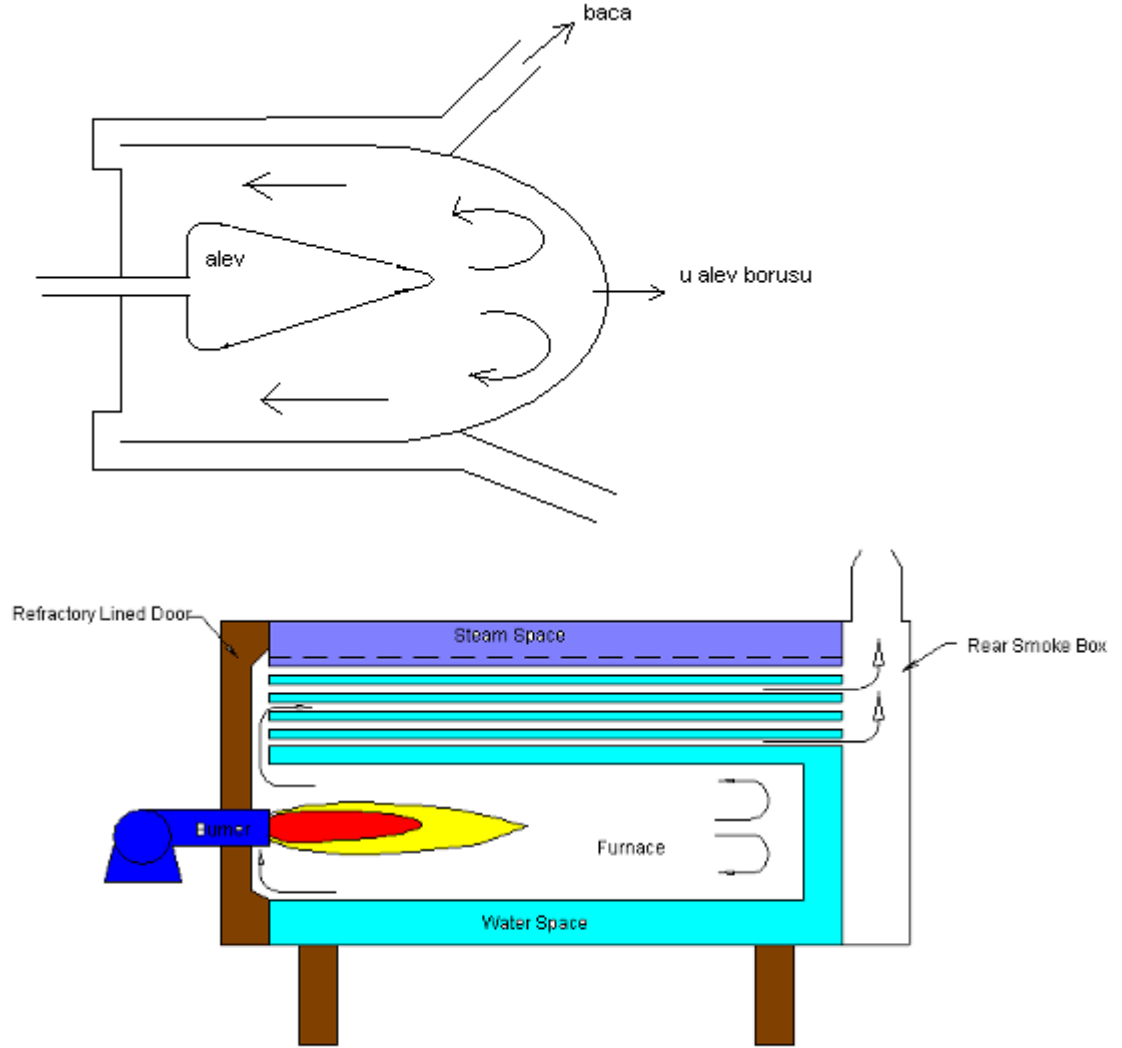


2 geçişli alev duman borulu kazan.



Üç geçişli

Piyasada skoç tipte denir.3 ve 4 geçişlileri de vardır.



Karşı basınçlı (alev geri dönüşlü) 3 geçişli kazan

Su borulu kazanlar

Yüksek sıcaklık ve basınçta buhar üretimi için kullanılırlar. Bu tip kazanlarda buharlaşan su küçük çaplı borular içinde, sıcak duman gazları ise borular dışındadır. Kazana taşı (kireçlenme) temizlenmesi zordur. Dolayısıyla besleme suyunun iyi arıtılması gerekir.

Avantajları;

- Ocak içinde en sıcak yerde bulunan su küçük miktarlara bölündüğünden emniyet büyük ölçüde artar.
- Borunun patlaması halinde su buhar haline gelip tahliye edilebilir.
- Ani ve büyük yük değişimlerine elverişlidir.
- Çabuk rejime girerler.

BÜYÜK SU HACİMLİ KAZANLAR

Genel olarak bu tip kazanlar, küçük sanayide küçük gemilerde kullanılır. Kazan içindeki boruların dışında buharlaşan su , boruların içinde ise sıcak duman gazları bulunur.

Bu tip kazanlar alev borulu, duman borulu ve alev-duman borulu olmak üzere üç tipte incelenebilir.

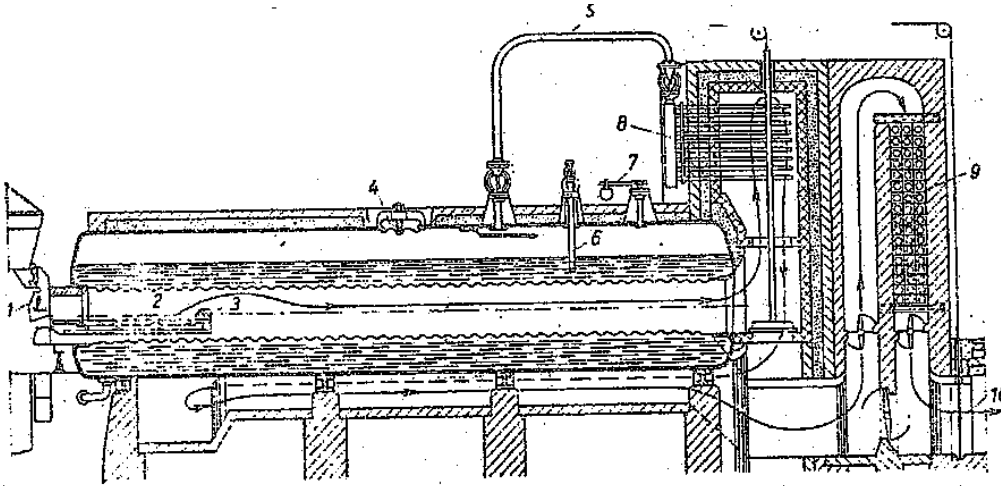
ALEV BORULU KAZANLAR

Alev borulu kazanlar, ortalarında boydan boya geçen bir veya daha fazla sayıda alev borusu olan silindirik kazanlardır. Yakıt genellikle alev boruları içinde yakılmakla beraber düşük kalorili kömürler kazan dışındaki ocaklarda yakılır. Yanma gazlarına kazan içinde uzunca bir yol izlettirilerek ısıları mümkün olduğu kadar alındıktan sonra bacaya gönderilir. Gazların kazan tesisatındaki her bölümden geçişine *çekiş* denir. Birinci çekiş gazların alev borusu içindeki geçişi, ikinci çekiş kazanın arka tarafına yerleştirilen kızdırıcı borular arasında geçişidir.

Bazı kazanlarda üçüncü çekiş, alev borusunu terk eden yanma gazlarının kazanın alt yarısının bir tarafından öne, diğer yarısından tekrar geriye geçirilmesi ya da besleme suyu ısıtıcısına (ekonomizer) gönderilmesi şeklinde meydana gelir

Bu kazanların tek alev borularının 16 atü'ye kadar buhar üretebilmekte ve ısıtma yüzeyleri 20- 60 m² kadar yapılabilmektedir. Birden fazla alev borusu halinde 18-20 atü basınca, 160-600 m² ısıtma yüzeyine çıkarılabilmektedir.

- a) Yatay alev borulu kazanlar
- b) Dikey alev borulu kazanlar



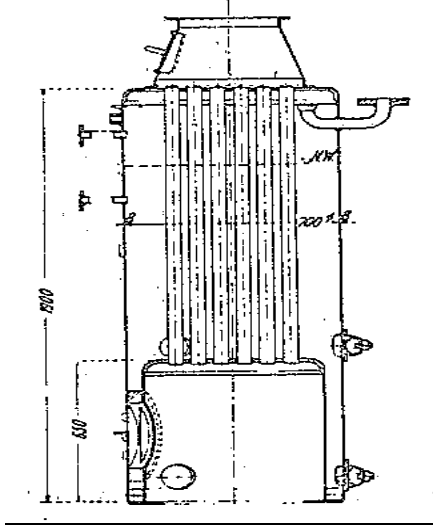
Alev Borulu Kazan

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| 1 Yükleme mekanizması (atma ile) | 6 Besleme suyu girişi |
| 2 Izgara | 7 Emniyet ventili |
| 3 Alev köprüsü | 8 Kızdırıcı kollektörü |
| 4 Adam deliği | 9 Ekonomizer |
| 5 Kızdırıcıya buhar gidişi | 10 Baca damperi |

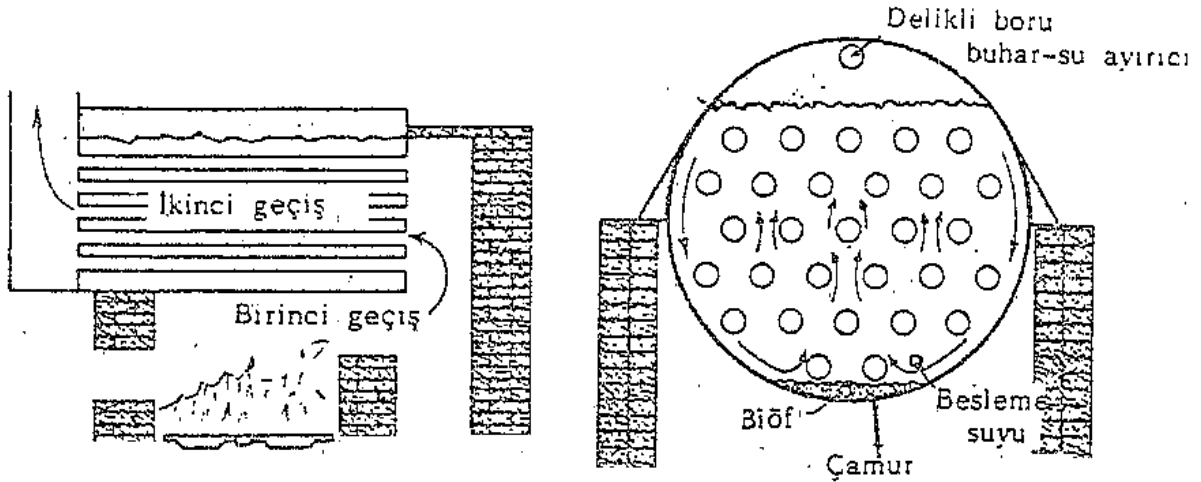
DUMAN BORULU KAZANLAR

Silindirik bir gövdenin içine yerleştirilmiş boru demetlerinden teşekkül eder. Ocak adı verilen bir hacimde yakılan yakıttan elde edilen sıcak duman gazları, duman borularının içinden geçirilerek suyun buharlaşması sağlanır.

- a) Dik Duman Borulu kazan: Buhar ihtiyacının az olduğu atölyelerde , küçük sanayide, boyahanelerde ve döner vinçlerde kullanılan bir kazan çeşididir. Verimleri 0.65, ısıtma yüzeyleri en fazla 20 m² ve buhar kapasiteleri en fazla 500 kg/h değerlerindedir. Bu kazanlarda malzeme korozyonu vardır. Buharla temasta olan duman borularının sıkça tahrip olmasına neden olur.

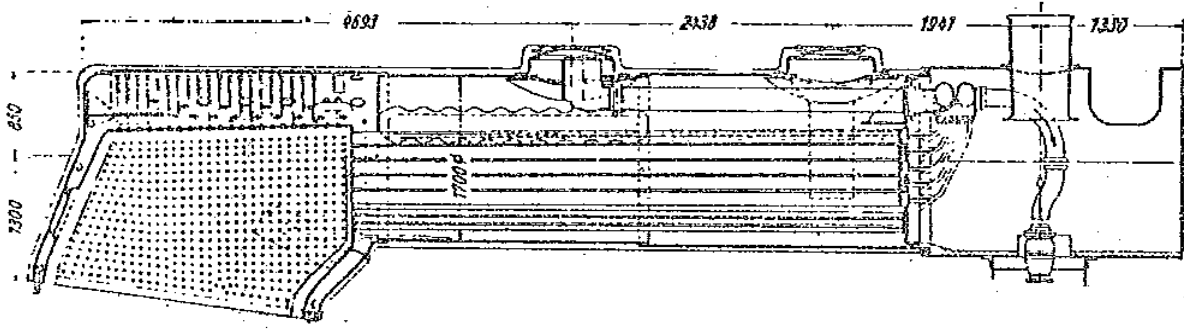


- b) Dönüş Duman Borulu Kazan: Bu kazan konstrüksiyonu çok basit ve dış ocaklıdır, her türlü yakıtı yakabilir.



Dönüş duman borulu kazanın şematik kesiti ve içindeki su sirkülasyonu.

- c) Lokomotif Kazanı: Buhar makinasının veriminin küçük olması halinde, bunlarla birlikte kullanılır.



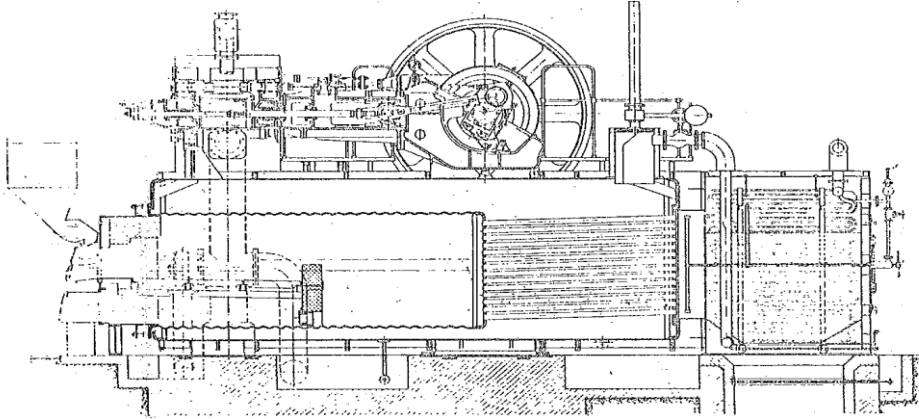
Lokomotif kazanı.

ALEV- DUMAN BORULU KAZANLAR

Hem alev borusundan hemde duman borularından meydana gelen kazan çeşitleridir. Genel olarak yakacak alev borusunun içindeki ocak kısmında yakılır. Sıcak duman gazları alev borusunun ocak olmayan diğer kısmını geçtikten sonra duman borularına girer. Asıl ısıtma yüzeylerinin büyük kısmı duman borularından oluşur. Alev-duman borulu kazanların alev borululara göre daha küçük hacim kaplaması bir üstünlüktür. Duman borularının temizlenmesinde karşılaşılan güçlükler bu tip kazanların sakıncalarıdır.

a) Lokomobil kazanı

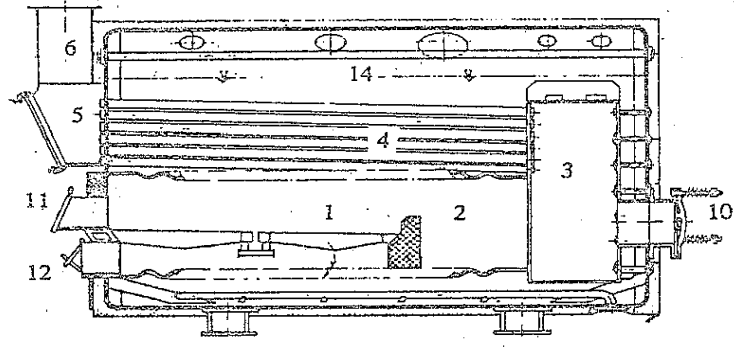
Buhar makinası da hemen yanında olan tipleri yapılmıştır. BU şekilde güç üretimi de sağlanmaktadır. Ocağın küçük olması nedeniyle yanma iyi olmayabilir. Bir ön ocak ilavesi ile bu kazanda düşük ısı değerli yakacaklarda yakılabilir. Kızdırıcı, arka duman kutusuna yerleştirilebildiği gibi lokomotif kazanlarına benzer olarak büyük duman borularının da içine konabilir.



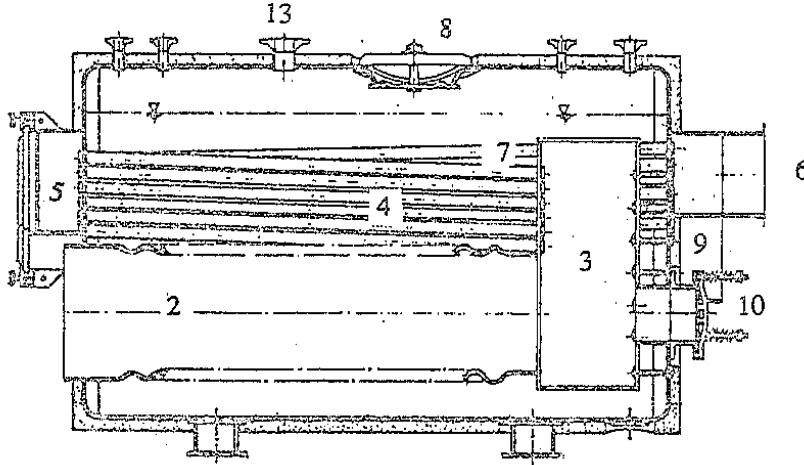
Lokomobil kazanı ve buhar makinası.

b) İskoç Tipi Buhar Kazanı

Küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin 20 bar'dan küçük doymuş veya az kızmış buhar ihtiyacı için çok kullanılan bir kazan çeşididir. Duman gazlarının kazan içindeki geçiş sayısı iki veya üç olabilir. Genellikle gemilerde kullanılan tipleri iki geçişlidir, karada kullanılan tipleri ise üç geçişlidir.



İki geçişli katı yakacak yakan tip

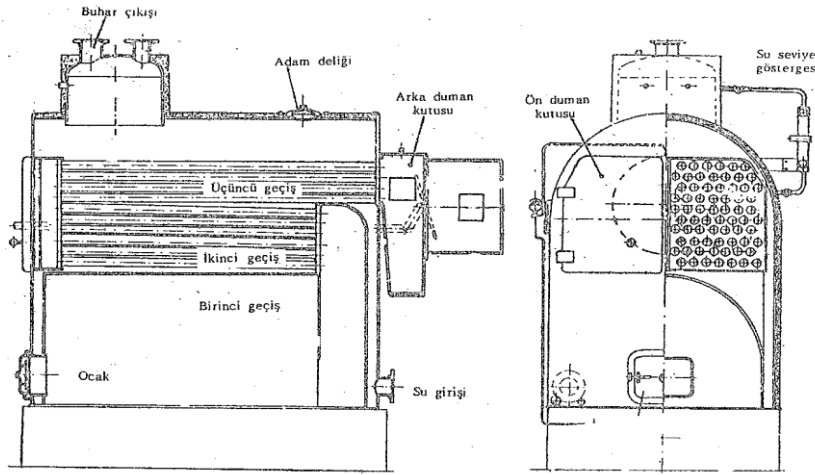


Üç geçişli sıvı veya gaz yakacak yakan tip.

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. Izgara | 8. Adanın deliği |
| 2. Alev bölgesi | 9. Arka duman kutusu |
| 3. Cehennemlik | 10. Patlama kapağı |
| 4. İkinci geçiş boruları | 11. Kömür alma kapağı |
| 5. Ön duman kutusu | 12. Kül alma kapağı |
| 6. Baca | 13. Buhar alma ağzı |
| 7. Üçüncü geçiş boruları | 14. Takviye çubukları |

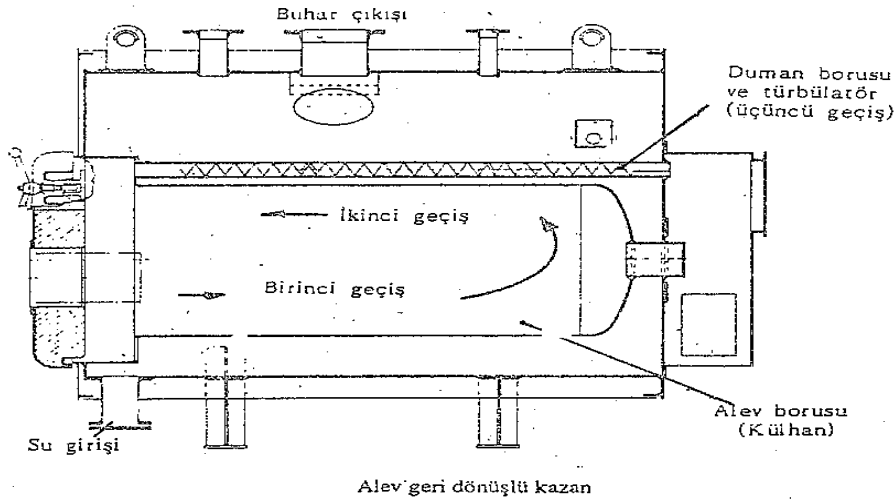
c) Kalorifer Kazanı

Bu kazan çeşidi alçak basınçlı buhar üretimi için çok kullanılmaktadır. En büyük üstünlükleri, imalatlarının basit, katı yakacak yakılması halinde ızgara yerleştirilmesinin ve kül almasının kolay olmasıdır. Sakıncaları ise ocağın alt kısmı su ile temasta olmadığından ısıl kaybı fazladır, 6 bar basınçtan yüksek işletme şartlarında kullanılması önerilmez.



d) Alev Geri Dönüslü Kazanlar

Bu kazanda alev borusunun arkası kapalı olduğundan alevin ve duman gazlarının öne ve arkaya olan iki geçişi alev borusunun içindedir. Üçüncü geçiş ise alev borusunun dışındaki duman borularından oluşur. Borular içindeki duman gazı hız diğer alev- duman borulu kazanlardan biraz daha fazla olarak 20-30 m/s değerlerindedir. Kazanın buhar yükü 40-80 kg (buhar)/m²h, buhar kapasitesi ise 13 t/h değerine kadar çıkabilmektedir. Bu kazanda duman gazı hızının yüksek olması yük kaybını artırdığından doğal baca çekişi yeterli olmayabilir. Bu nedenle sistemde ilave bir vantilatör veya aspiratörün sağladığı zorlanmış çekmeye gerek vardır.



Alev-Duman Borulu Kazanların Üstünlükleri

- Yapıları basittir
- İşletmeleri, suyun şartlandırılma isteği daha basittir.
- Büyük su hacminden dolayı yük değişimlerine daha iyi uyum sağlar.
- İmal maliyetleri daha azdır.
- Boyutları ufaktır (daha az yüksekliğe ihtiyaç gösterir)

- Taşınması ve montajı kolaydır.

Alev-Duman Borulu Kazanların Sakıncaları

- Belirli işletme basıncına (20 bar) ve belirli buhar üretim (15 t/h) miktarına imal edilebilirler.
- Buhar üretimi büyük su hacminden dolayı daha uzun zaman alır.
- Büyük su hacminden dolayı , bilhassa bir külhan çökmesi veya dış zarf yırtılmasında, çok miktarda buharın ortaya çıkması sonucu tahribatasbep olabilir.
- Su sirkülasyonu zayıftır.

SU BORULU KAZANLAR

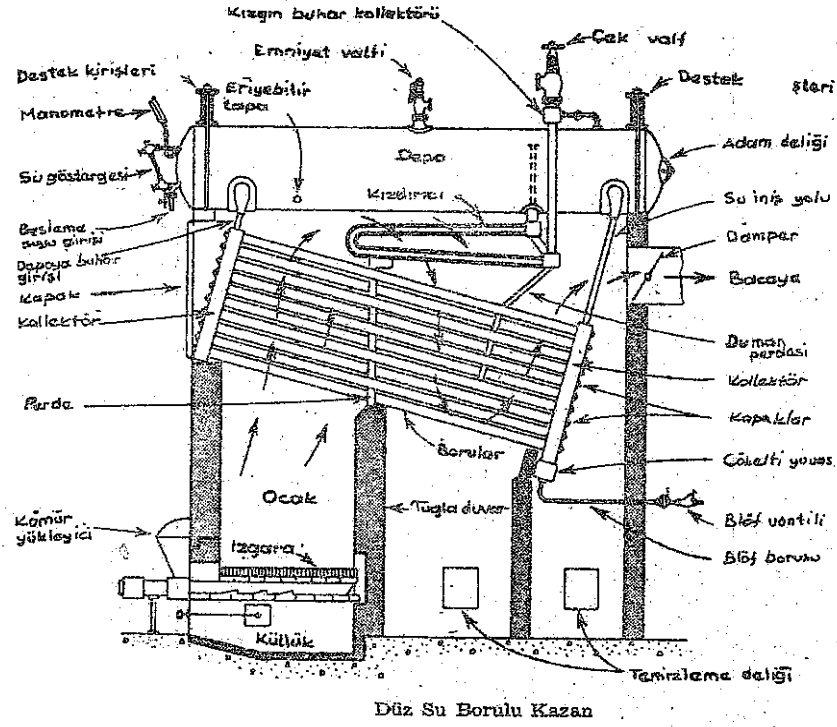
Yüksek sıcaklık ve basınçta buhar üretimi su borulu kazanlar ile sağlanır. Kaynamakta olan küçük çaplı boruların içinde sıcak duman gazları ise boruların dışındadır. Boruların içinde oluşabilecek kazan taşının temizlenmesi zor olduğu için besi suyu çok iyi arıtılmalıdır. Boru boyları genellikle 50-100 mm değerindedir.

Su borulu kazanları düz ve kıvrılmış borulu olarak iki gruba ayırmak mümkündür.

a) Düz Su Borulu Kazanlar

Borular ocak içine, su ve buhar deposu olarak kullanılan gövde ise, üst kısma yerleştirilmiştir. Su arka kollektörden geçerek su borularına gelir ve ön kollektörden sirkülasyonunu tamamlar.

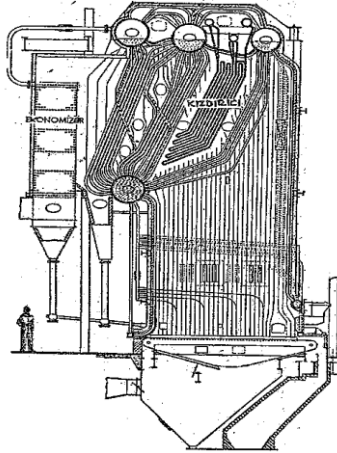
Kızdırıcı, genellikle buhar deposunun alt tarafına yerleştirilir ve depodan alınan buhar bu borularda kızdırılır.

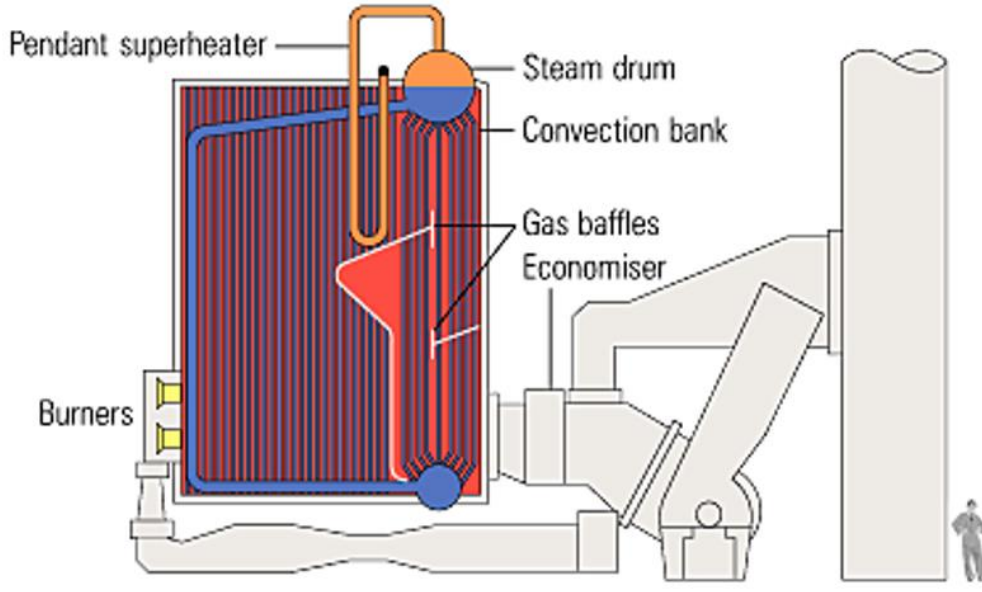


b) Kıvrılmış Borulu, Su Borulu Kazanlar

- Isı geçişi yönünden düz borular uygun olmadığı,
- Kıvrılmış boruların uzama ve kısalmalara daha iyi uyabildiği,
- Depoya radyal olarak girip daha fazla boru yerleştirilmesine olanak sağladıkları,
- Boru yerleşiminde büyük bir fleksibilite yaratıkları

İçin kıvrılmış borulu kazanlar kullanılmaya başlamıştır.





c) Cebri (zoraki) Dolaşım (sirkülasyonlu) Kazanlar

Yüksek basınçlarda kazandaki su dolanımı kötüleşmektedir. Su borulu kazanlar yüksek basınçlarda buhar üretmek üzere yapıldıklarından genellikle 160 atü'nün üstündeki kazanlarda su dolanımını cebri olarak sağlama yoluna başvurulur. Amaç ekonomizlerden itibaren kazanda bir sirkülasyon sağlamak suretiyle boruların içindeki suyun tamamen buharlaşmasını önlemek ve böylece yabancı maddelerin ve tuzun çeperlerde katılaşmayıp solüsyon halinde kalmasını sağlamaktır.

Su içinde zamanla artan birikintiler ise blöfle dışarı atılırlar.

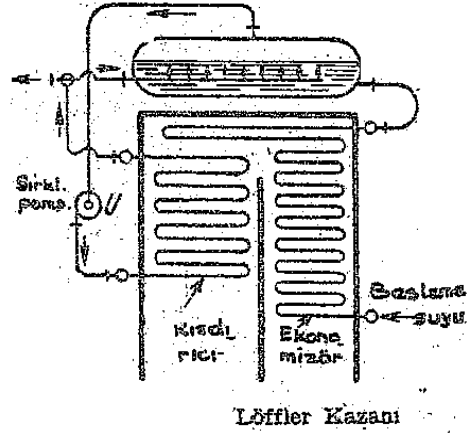
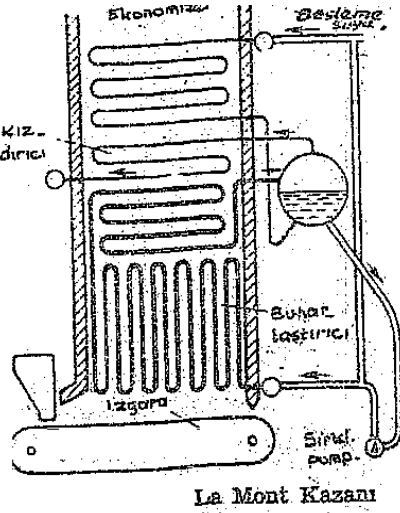
İki çeşit cebri dolanım ayırt edilmektedir:

- 1-Harcanan buhar miktarının 3 ila 20 katına varan su dolanımı
- 2- Harcanan buhar miktarına eşit su dolanımı

1- Harcanan Buhar Miktarından Daha Fazla Su Dolanımı Sağlayan Kazanlar

Bu tipin en tanınmış La Mont kazanıdır. Bu kazanda toplayıcıda toplanan su, bir pompa yardımıyla paralel gruplar halindeki buharlaştırıcı borulara basılır. Isıtma yüzeyi yükü yüksektir ve gemi v.s gibi hareket halindeki vasıtalarda kullanılmaya da elverişlidir.

Löffler kazanı da bu gruptan bir kazan olup bunda su yerine kızgın buhar sirkülasyonu sağlanır. Pompa, buharlaştırma deposundan doymuş buharı alır ve kızdırıcıya basar. Kızgın buharın 1/3 ü kullanma yerine gönderilir, kalanı ise buharlaştırma deposuna sevk edilerek sahip olduğu ısıdan depodaki suyun buharlaştırılması sağlanır.

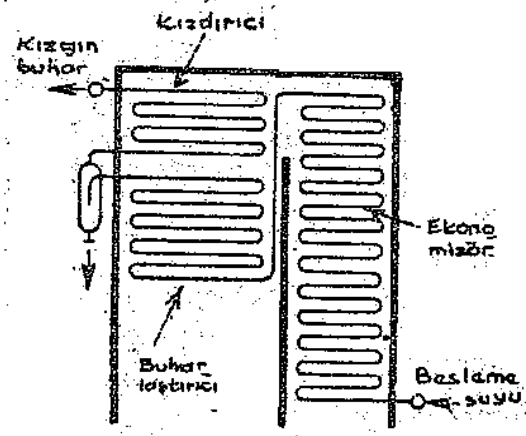
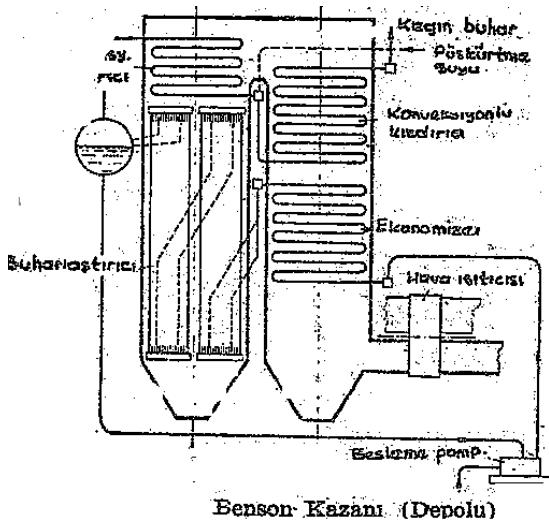


2- Harcanan Buhar Miktarına Eşit Su Dolanımı Sağlanan Kazanlar

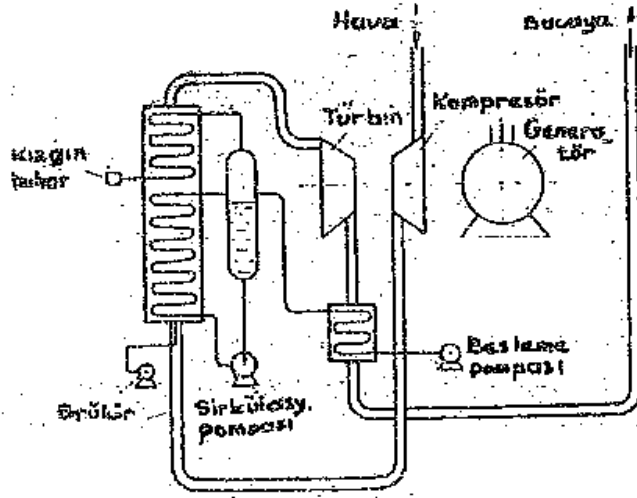
Bu grubun tanınmış ismi Benson kazanıdır. Bu kazanda kıvrılmış borular içine besleme suyu 224.65 atü kritik basınç dolaylarında sevk edilir. Su sıcaklığı da kritik sıcaklık (374°C) dolaylarındadır ve su, bu basınç ve sıcaklıkta herhangi bir hacim değişikliğine uğramaksızın buhar durumuna geçer. BU sebeple özel buharlaşma deposuna ihtiyaç kalmamaktadır. Kritik basınçtaki buhar, kullanma basıncına (örneğin 160 atü) düşürülerek kullanılır.

Bu grubun diğer bir tipi de Benson kazanına benzeyen Sulzer kazanıdır. Bensonun paralel gruplar halindeki küçük çaplı buharlaştırıcılarınakarşıt Sulzer’de uzun ve daha büyük çaplı borular bulunmaktadır. Buhar üretimini arttırmak için bu borular paralelolarak birleştirilir. Ekonomizer son çekışte; buharlaştırıcı ve kızdırıcı ilk çekışte yani radyasyon alanında bulunur. Bileşiminde tuz bulunan sular için buharlaştırıcı sonona bir tuz ayırma kabı konmuştur ve buhar burada tuzlu sudan ayrılarak kızdırıcıya gönderilir.

Bu gruptaki bir diğer tip de Velox kazanıdır. Son zamanlarda bunların fuel-oil ve gaz yakıt yakanlarında 200-300 m/s gaz hızlarına ulaşarak ısı geçirme katsayısı büyük ölçüde arttırılmaktadır. Dolayısıyla ısıtma yüzeyleri de çok tutulabilmektedir.



Sulzer Kazanı



Velox Kazanı

Su Borulu Kazanların Üstünlükleri

- Herhangi bir boru yarılmasında kazandaki suyun çok az bir kısmı süratle buhara dönüştüğünden büyük bir tehlike yaratmaz.
- Isıtma yüzeyi fazla su hacmi az olduğundan birim ısıtma yüzeyinden daha fazla buhar elde edilir. Ayrıca daha kısa zamanda buhar üretilir.
- Yüksek basınçlarda ve büyük kapasitelerde imal edilme imkanı vardır.
- Daha iyi bir su sirkülasyonu vardır.

Su Borulu Kazanların Sakıncaları

- Daha hassas bir su şartlandırılması ister.
- İlk imal maliyeti daha fazladır.
- Daha dikkatli bir işletme ister.
- Kapladığı hacim ve boyutlar daha fazladır.

BUHAR JENERATÖRLERİ

Buharı depo etmeden üretilip sisteme gönderen, çok düşük su hacimleri ile çalışan ünitelerdir. Su borulu tipler bir su serpantinine basılan suyun serpantin çevresince ısıtılıp buhar fazına geçirilmesi esasına dayalı çalışır. Buhar jeneratörleri, spiral su borulu, dik su borulu, yatık su borulu veya bunların karışımı şeklinde konstrüksiyonlarda olabilir.

Buhar Jeneratörlerinin Kullanım Alanları

- Buhar jeneratörleri buhar kalitesinde ve ani yük değişimlerinde problem yaşanmayacak ve düşük kaliteli buhar ihtiyacının duyulduğu her yerde,
- Kapalı çevrimli sistemlerde ve çok yüksek işletme basınçlarına kadar (örn. 60 bar)
- 50 ile 2000 kg/h arasında buhar üretimi için;

- Otel, Motel, Çamaşırhane, Kuru temizleme, Beton küreme tesisleri, Ziraat, Meşrubat, ilaç, Deri, Tekstil, Konfeksiyon, Mandra, Konserve ve Kimya sanayinde ve endüstride, buhar ihtiyacı olan her yerde rahatlıkla buhar üretiminde kullanılır.

Kazanlarda kapasite belirleme

Buhar debisi (kg/h), Isıtma yüzeyi (m²) veya doğrudan güç birimi (kW, kcal/h) olarak verilir.

Kapasite Güç= Buhar debisi kg/h * 2500 kJ/kg= kJ/h/3600 s=kW/4.186=kcal/h

2500 kJ/kg buharlaşma ısısı alınmıştır.

Kazan Isıtma Yüzeyi Hesabı

Buhar Kazanı

Buhar kazanı etiketinde yer alan ısıtma yüzeyi 100 m²'den küçük ise buhar kapasitesi ısıtma alanı x 50 formülü ile;

Buhar kazanı etiketinde yer alan ısıtma yüzeyi 100 m²'den büyük ise buhar kapasitesi ısıtma alanı x 40 formülü ile hesaplanır.

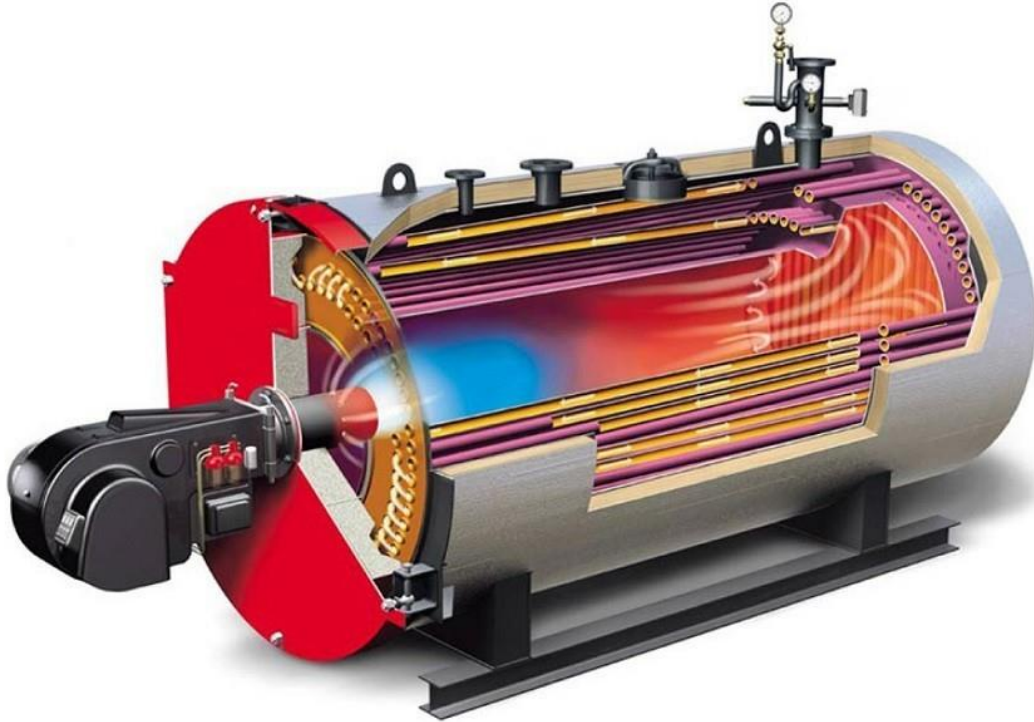
Yapılan hesaplama sonucunda saatte üretilen buhar miktarı kg/h cinsinden bulunmuş olursunuz. Buhar sıcaklığına göre buharın enerjisi termodinamik tablolardan okunabileceği gibi ortalama olarak;

saatte üretilen buhar miktarı x 560 formülünden saatte üretilen enerji kcal/h cinsinden (kazan kapasitesi) bulunmuş olur.

Örnek bir hesaplama ile kazanın kapasitesini bulalım. Kazanımız 200 m² olsun.

200 x 40 = 8000 kg/h olarak bulunur

yaklaşık olarak 8000 x 560 = 4.480.000 kcal/h = 5.210 kW bulunur.



Buhar Kazanı

Isıtma Yüzeyi Hesabı



Kazan

Kömürlü Kazan

A_k =kazanın metre cinsinden alanı (m^2)

$K_k Q_h$ =kazanın ısı yükü (kcal/h)

K_k =ısıtma yüzeyine düşen ısı güç ($kcal/m^2h$)

K_k değeri için

Sıvı yakıt kullanımında

90/70'lik sıcak su kazanı için $K_k = 8000 \text{ kcal/m}^2h$

kömür kullanımında

90/70'lik sıcak su kazanı için $K_k = 6000 \text{ kcal/m}^2h$

alınır.

Anlaşılabacağı üzere kazan kapasitesi m^2 cinsinden bulunurken kazan ısı yükü ile kazan birim ısıtma yüzeyine düşen ısı güç bölünür. Kazan kapasitesini kcal/h cinsinden bulmak istiyorsan kullanılan yakıtın cinsine göre 6000 veya 8000 ile çarpmak yeterli olacaktır.

$A_k = Q_h / K_k$ formülüyle **kazan kapasitesi m^2 cinsinden bulunur.**

<https://www.muhendisiz.net/kazan-ısıtma-yuzeyi-hesabi-ve-kapasite-hesabi.html>

KAYNAK: <https://www.muhendisiz.net/kazan-ısıtma-yuzeyi-hesabi-ve-kapasite-hesabi.html>

<https://www.muhendisiz.net/kazan-ısıtma-yuzeyi-hesabi-ve-kapasite-hesabi.html>

<https://www.muhendisiz.net/kazan-ısıtma-yuzeyi-hesabi-ve-kapasite-hesabi.html>

BRÜLÖRLER

Brülörün görevi yakıtlarda mevcut olan enerjiden ısı olarak yararlanmasını sağlamaktır. Büyük su hacimli kazanlarda genellikle gaz veya sıvı yakıt kullanılır. Brülörlerde yanma havası sıcaklığı genellikle $5^\circ C$ ile $40^\circ C$ arasında olmalıdır. Nedeni ise zararlı madde emisyonu düşük bir yanma gerçekleştirmek ve brülör ömrünün uzun olmasını sağlamak. Ayrıca bu yanma havasında klor ve halojen bileşimli korozif bileşenler bulunmamalıdır.

SIVI YAKITLAR

Sıvı yakıtlar aşağıdaki kategorilere ayrılır:

Motorin: Kükürt oranı % 0,2'nin altında,

$H_u = 10256 \text{ kcal/kg}$ MJ/kg

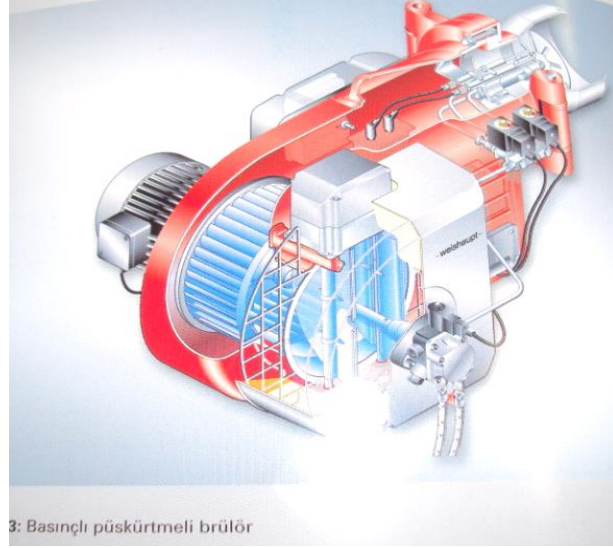
Fuel-oil No.4 ve No:6

$H_u = 9875 \text{ kcal/kg}$ veya 9562 kcal/kg

Fuel-oil No.4 veya No.6 için işletme şartları kazan üreticisine sorulmalıdır. Sıvı yakıtın cinsine bağlı olarak çeşitli brülör tipleri mevcuttur. Buna göre brülörler basınç püskürtmeli, buhar basıncı püskürtmeli ve dönel yakıcı brülörler olmak üzere üçe ayrılırlar.

Basınç Püskürtmeli Brülörler

Burada sıvı yakıt pompa basıncı ile bir meme üzerinden sıvı yakıt dumanı haline püskürtülür. Bu brülör genelde motorin püskürtmekte kullanılır.

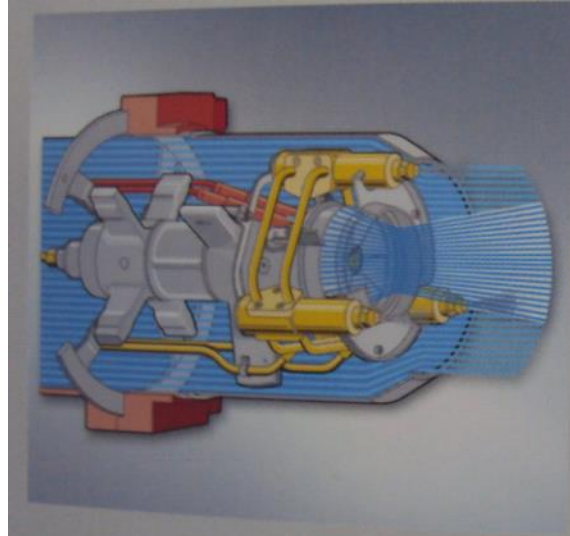


Buhar Basınçlı Püskürtmeli Brülörler

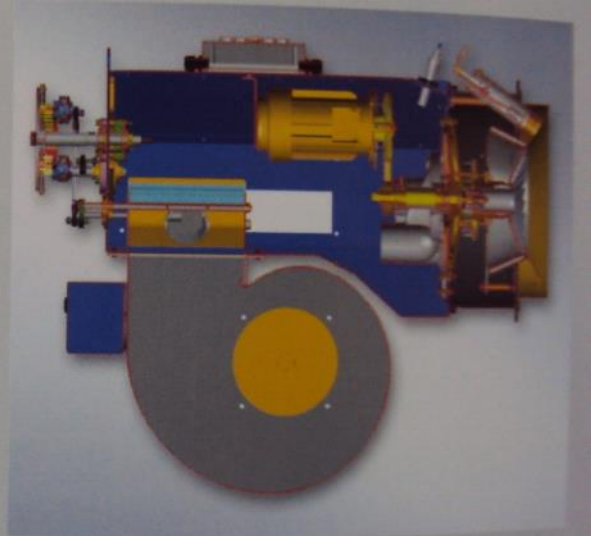
Sıvı yakıt yanma başlığına buhardan yararlanarak püskürtülür. Bu yöntem genelde büyük kapasite aralıklarında kullanılır.

Dönel Yakıcı Brülörler

Burada sıvı yakıt çok hızlı bir şekilde dönen kaplara verilir. Dönme etkisi ve kabın iç yapısının konik şekli sayesinde sıvı yakıt yanma odası yönüne doğru akarak, santrifüj kuvveti ile yüksek hızda dışarıya çıkan püskürtme havası yardımıyla pülverize edilir. Dönel yakıcı brülörler tercihen fuel-oil No.4 veya No.6 yakılmasında kullanılır. Bu brülörler motorin, sıvı yakıt artıkları, hayvani ve kızarma yağları ile kolza yağı içinde kullanılır.



Resim 34: Bir basınçlı püskürtücünün kesiti



Resim 35: Dönel yakıcı brülör
(Kaynak: Saacke)

Sıvı Yakıt Brülörlerin Önemli Parçaları

Düsenstok: Yakıt pompasından basınçlı olarak borular vasıtası ile enjektöre gelen yakıtın püskürme memesinden sisi halinde fışkırmasını sağlayan püskürtme grubudur.

Türbülötör: Enjektör memesinden püsküren yakıt zerreciklerini fandan gelen hava ile karıştırıp yönlendirerek güçlü bir yanma temin eder.

Brülör memesi: Enjektörün ucuna talkılan ve belli bir açıda (45° / 60°) ve miktarda yakıtın çıkmasını sağlayan cihaz. Meme kapasitesi GPH (saatte memeden çıkan galon yakıt miktarı) olarak verilir.

Elektrot: Yanma başlangıcında , transformatörden almış olduğu yüksek gerilimle devreye girerek kıvılcım oluşturup ilk yanmayı sağlar.

Alevlik: Aleve yön ve biçim veren kazanın içine giren brülörün önündeki kısım.Brülörün monte edildiği kazan tipine göre alevliğin boyu değişir.Karşı basınçlı kazanlarda genelde uzun alevlikli brülör kullanılır.

Yakıt Pompası: Yakıtın pulvarizasyonu için gerekli basıncı temin eden, hareketini bir kaplinle motordan alan dişli pompadır.Motorin ve ayın yağlar için farklı tipleri mevcuttur.

Magnet Ventil: Aldığı ikaz alarları ile yakıt yolunu açan veya kapayan elektromanyetik vanalardır.

Isıtıcı: Basınçlı kaptır.Pot depodan gelen kalın yakıtın içindeki rezistanlar yardımı ile ısıtarak viskozitenin düşürülmesini sağlar ve böylece yakıtı enjektörden püskürtmeye müsait hale getirir.

Termostat: Isıtıcı içindeki yakıtın ısısının sabit tutulması için rezistanlara giden akım devresini açar veya kapat.

Transformatör: Normal şebeke akımını kullanarak elektrotlar ucunda kıvılcım oluşturabilecek yüksek gerilimi temin eder.

Elektrik Motoru: Yakıtın yanması için gerekli olan havayı temin eden fanı ve yakıt pompasını direkt olarak çalıştırır.

Hava Fanı: Yakıtın yanması ve karşı basıncının yenilenmesi için gerekli olan havayı sevk eder.Genelde 500 kg/h kapasiteden daha büyük brülörlerde fan brülör gvdesinden ayrı olarak ihtiyaca karşılık verecek şekilde gövdesinden ayrı olarak imal edilir.

Servomotor: Hava klapelerinin açılmasına kumanda ederek klapelerin hangi pozisyonda duracağını kademeli/kademesiz olarak tespit eder.

Brülör Otomatığı/ Beyin: Brülörün emniyet koşulları içinde yanmasını temin eden ve arıza durumlarında ventillerin, motorun durmasını temin eden elektronik kumanda cihazı.

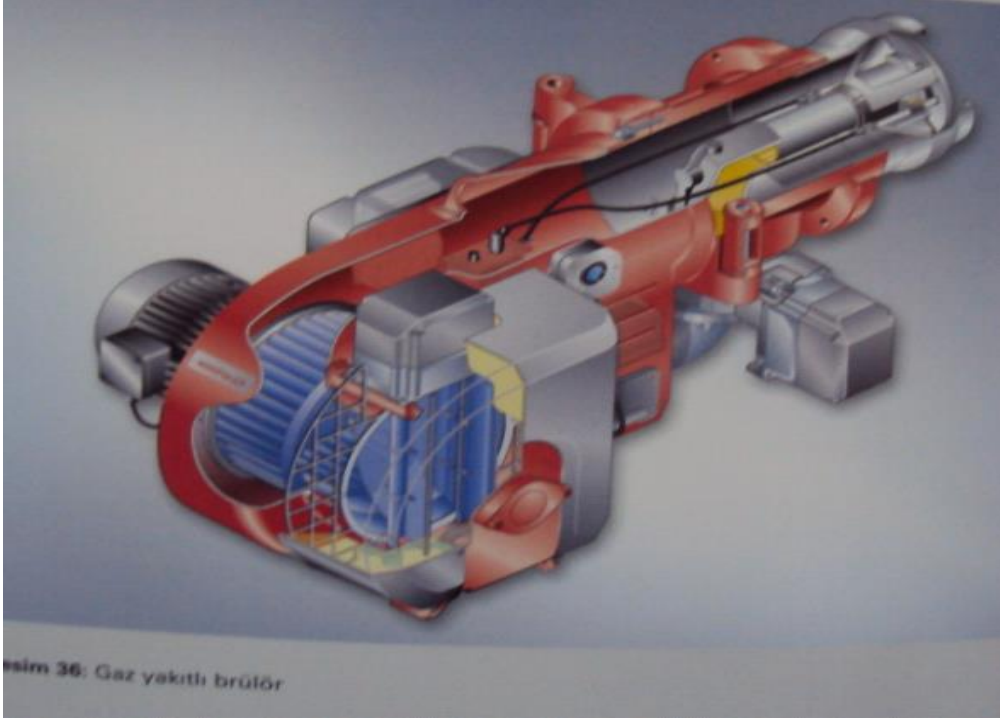
Fotosel: Alevi görür, yanma teşekkül etmediği zaman brülör otomatığına sinyal vererek brülörün durmasını ve magnet ventillerinin kapanmasını sağlar,kazana yakıtın akmasını önler.

GAZ YAKITLAR

Doğalgaz büyük oranda metandan(CH_4) oluşmaktadır.Bileşimi bulunduğu yere göre değişmektedir.Doğalgazda normal olarak soy gazlar (yanmayan parçalar) ile air hidrokarbonlar da mevcuttur.

Doğalgaz: $H_u=8250 \text{ kcal/m}^3$

Doğalgaza bio-gaz ve arıtma gazları ilave etmek mümkündür, fakat bu iki gaz doğalgaz ile karıştırmadan da kullanılabilir.Burada gazların birbirlerine karıştırılması durumunda at ısı değerlerinin değişeceği dikkate alınmalıdır.Bu durumda brülörün yeniden ayarlanması veya özel bir brülör kullanılması gerekmektedir.Sistem uygulanmasında ,kullanılan gazlardaki kükürt oranları da göz önünde bulundurulmalıdır.Bu durumda gaz ile temas eden armatürlerde paslanmaz çelik gibi yüksek kalitede malzemeler kullanılması gerekebilir.

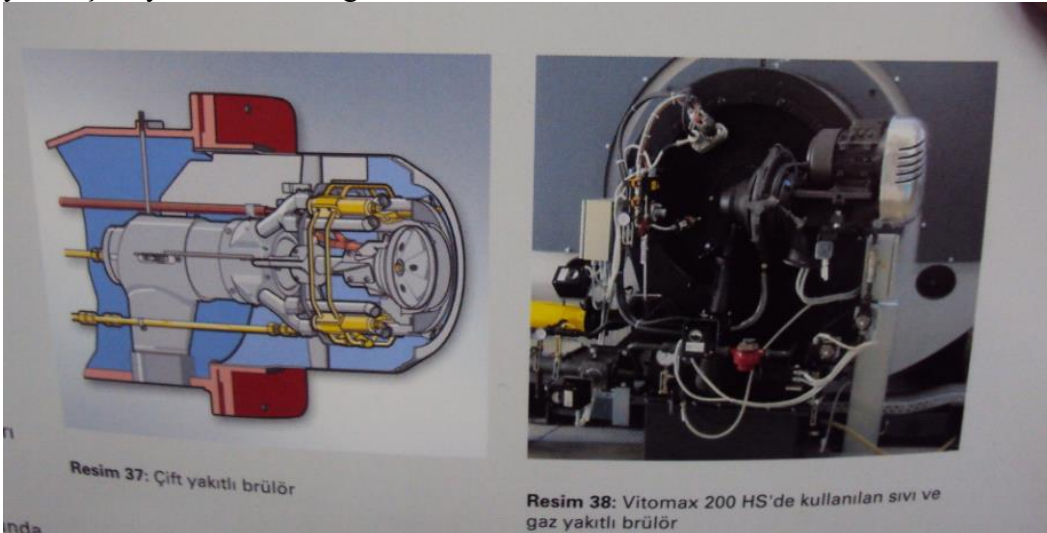


Resim 36: Gaz yakıtlı brülör

ÇİFT YAKITLI BRÜLÖRLER

Bunlar genelde sıvı veya gaz yakıtla çalışan brülörlerdir. Yakıt türü, gaz beslenmesinin kesildiği zamanlarda manuel veya otomatik olarak sıvı yakıtla değiştirilir. Bu tip brülörler genelde kesintisiz bir beslenme sağlayabilmek için büyük sistemlerde kullanılır. Sanayide çoğunlukla *doğalgaz+LPG veya biogaz* uygulamaları görülmektedir.

Çift yakıtlı brülörlerde ,yakıtın dolaştığı güzergah tamamıyla ayrıdır. Sıvı yakıt, pompadan ve sıvı yakıt selenoidlerinden geçer. Yakıtın cinsine göre memede pülverize olur. Dolayısıyla sıvı yakıtın brülörü kirletmesi veya performansı düşürmesi söz konusu değildir. Endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Her iki yakıt içinde panoda seçici bir anahtar vardır. Brülörün her iki yakıtta uyumlu tek bir brülör beyni ve alev sensörü vardır. Büyük brülörlerde her iki yakıt için ayrı kam düzeneği mevcuttur.



Resim 37: Çift yakıtlı brülör

Resim 38: Vitomax 200 HS'de kullanılan sıvı ve gaz yakıtlı brülör

ÇOK YAKITLI BRÜLÖRLER

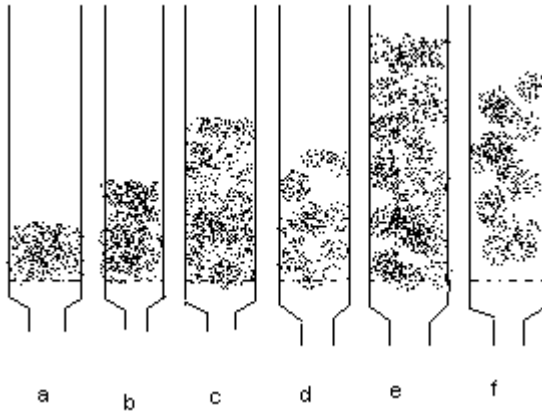
Büyük kapasiteli olan bu tiplerde, gaz ,sıvı yakıt ve kömür tozu kullanılır. Özellikle çimento ve kireç sektöründe kullanılmaktadır.

AKIŞKAN YATAKLI KAZANLAR

Akışkan Yataklı Kazanlar

Son yıllarda fuel-oil fiyatlarındaki anormal artış tekrar kömür yakan sistemleri güncel hale getirmiştir. Bu sistemlerden biriside akışkan yatak içersinde kömür taneciklerinin yakılmasıdır. Akışkan yatakta küçük kömür taneciklerinin değerlendirilmesi yanında ısı transferinde iyileşme ve hava kirliliğine neden olan SO₂ ve NO_x gazlarının klasik yakma sistemlerine göre daha az üretilmesi yüzünden bu teknik son yıllarda önemli gelişmeler kaydetmiştir.

Akışkanlaşma olayı tanecikli bir ortam içinden gaz veya sıvı geçirildiğinde görülür. Şekilde de görüldüğü gibi küçük delikleri olan dağıtıcı bir levha üzerine konmuş tanecikli malzemelerden oluşmuş bir yatak içinden akışkan geçirilsin. Düşük akışkan hızlarında akışkan tanecikler arasındaki boşluklardan geçecektir. Sabit yatak adı verilen bu duruma malzeme katı bir ortam karakterini gösterir. Akışkan hızı arttırılırsa tanecikler titreşmeye başlayacak ve dar bir alanda hareket edecektir. Bu duruma genişleşmiş yatak adı verilir. Hız biraz daha arttırılırsa tanecikler akışkanın içersinde asılı bir halde kalır. Taneciklerin ağırlığı ile akışkanın sürtünme kuvveti denge halindedir. Bu duruma da minimum akışkanlaşma hızı yatak adı verilir. Hızın biraz daha arttırılması halinde düzgün akışkanlaşmış yatak elde edilir. Bundan sonra hızın daha fazla arttırılması akışkanın hava olması halinde parçacıklar arasında habbeli olarak gaz çıkışı hız daha da arttırılırsa pnömatik transport durumu görülür.



- a) Sabit yatak
- b) Minimum akışkanlaşma
- c) Düzgün akışkanlaşma
- d) Gaz akışkanlarda habbeli akışkanlaşma
- e) Dar ve derin yataklarda habbeli akışkanlaşma
- f) Pnömatik transport

Akışkan yataklı ocaklarda yanmanın üstünlükleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- 1) Bu teknikle her çeşit yakacak yanında ısı değeri düşük katı yakacalarda yakılabilir.
- 2) Yatak içinde ısı taşıma katsayısı yüksek olması nedeniyle daha küçük yüzeyli buhar kazanları yapılabilir.
- 3) Yatak içine kireç taşı gibi bazı absorban taneciklerin ilavesi ile yanma sonunda meydana gelen SO₂ gazının tutulması sağlanır. Ayrıca yataktaki yanma olayı 800–900 °C sıcaklığında olduğundan NO_x gazlarının oluşması önlenir.
- 4) Siklonlar yardımıyla yanmamış tanecikler tutularak sisteme yeniden gönderilir ve yanma verimi yükseltilebilir.
- 5) Geniş bir çap aralığında taneli yakacaklar yakılabildiğinden yakıtın hazırlanması için gerekli işletme masrafları düşüktür.

6)Yakıtın içinde düzgün bir sıcaklık dağılımı olduğundan ısıl gerilmeler yoktur.

7)Sistemin otomatik kontrolü kolaylıkla yapılabilir.

Sistemin sakıncaları ise;

1)Akışkanlaşmayı sağlamak için büyük bir vantilatör gücüne ihtiyaç vardır.

2)Tanecikler ısı transferi yüzeyinde aşınmaya neden olabilir.

3)Sistemin devreye girişi için sıvı veya gaz brülöre ihtiyaç vardır.

Akışkan yataklı reaktörlerin, kimya sanayisinde birçok proseste kullanımı daha eskilere dayanıyor olsa da, kömür yakan kazanlar olarak kullanılmasına 1970'li yıllardan sonra başlanmıştır. Sonrasında akışkan yatakta yakma teknik olarak endüstriyel boyutlu buhar üretimi ve elektrik enerjisi üretiminde önemli bir yer edinmiştir.

Akışkan yatakta yakma teknolojisinin, katı yakıtların yakılmasıyla buhar üretilmesinde belirgin avantajları bulunmaktadır. Bu sistemlerin anahtar noktası, yakıt esnekliği ve düşük emisyonlardır. Akışkan yataklı kazanların çalışma prensibini anlatabilmek için akışkanlaşma prensipleri ve endüstride birçok uygulama alanı olan akışkan yatağın ne olduğunu açıklamak gerekmektedir.

Akışkan Yatak Prosesi

Bir kolon içinde yığılı durumda bulunan taneciklerin teşkil ettiği yatak bölgesine alttan düşük bir hızla hava verilmeye başlandığında, hava parçacıklar üzerinde fazla kuvvet uygulayamaz ve parçacıklar arasından kendine boşluklar bularak yukarı hareket eder. Bu durum parçacıkların hareket etmediği sabit yatak konumudur.

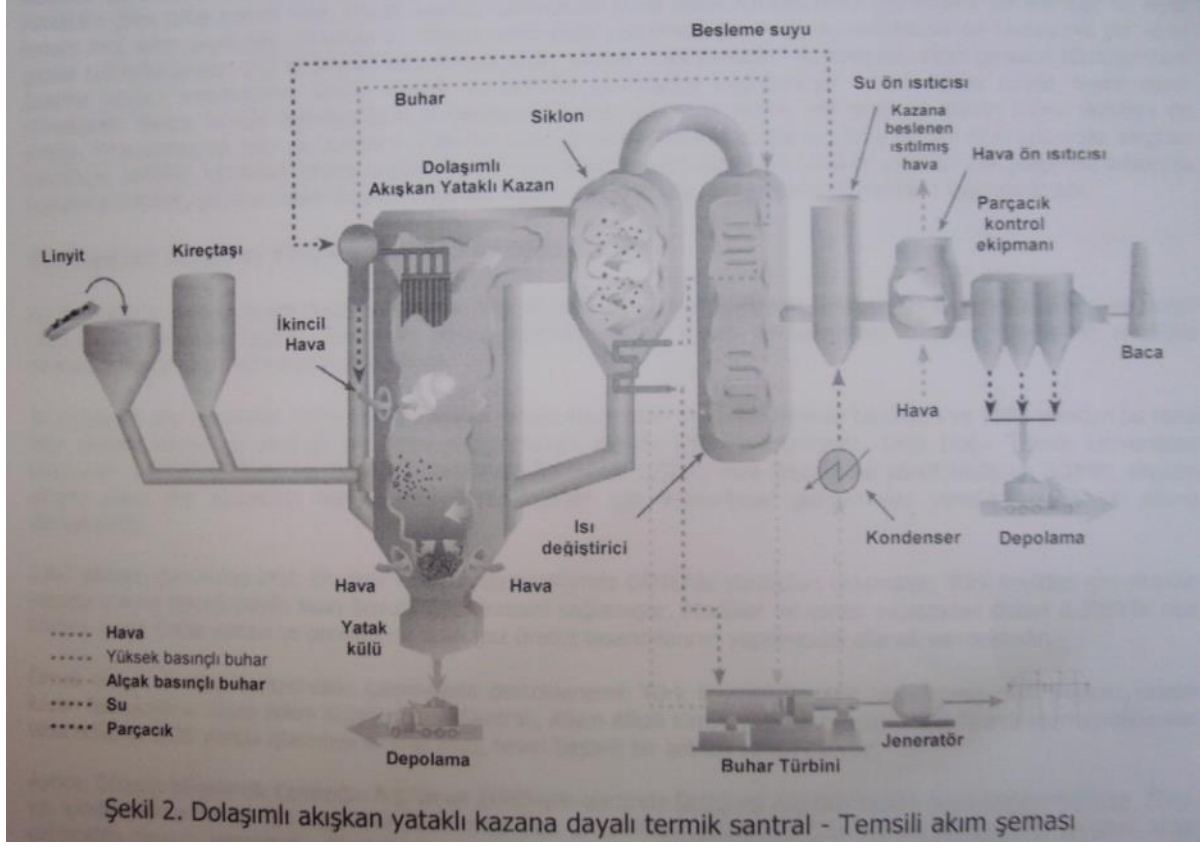
Akış hızı artırıldıkça, hava parçacıklara daha fazla kuvvet uygulayarak, parçacıkların arasındaki yerçekiminden kaynaklı kuvvetleri azaltır. Hız daha da artırıldığında, Parçacıkların üzerindeki kaldırma kuvveti yer çekimini dengeleyerek, yukarı doğru akan havanın içinde parçacıkların asılı kalmasını sağlar. Artık yatağı oluşturan parçacıklar akışkan özelliklerini sergilemeye başlamıştır ve bu durum minimum akışkanlaşma koşulu, bunu sağlayan gaz hızı da minimum akışkanlaşma hızıdır.

Yatak bölgesinin kapladığı hacmi fazla değiştirmeyen bu konumda hızı daha da artırılırsa, yatak içinde hava kabarcıkları oluştuğu ve kabarcıkların yatağı , suyun kaynamasına benzer bir şekilde terk ettikleri görülür.Kabarcıklı akışkan yatak olarak adlandırılan bu sistemlerde , gaz-katı karışımının kapladığı hacim sabit yatak konumuna göre belirgin şekilde artmasına rağmen , yatak bölgesi ile üzerinde bulunan serbest bölge arasında halen kolaylıkla ayrı yapılabilmekte ve gözle görülür bir yatak yüzeyi bulunmaktadır.

Hava akışını daha da hızlandırılması durumunda , kabarcıklar daha da büyüyecek ve birleşerek yatakta daha büyük boşluklar oluşturacaktır.Türbülanslı akışkan yatak olarak adlandırılan bu durumda, katılar yüksek katı derişimine sahip ,birbirine bağlı gruplar halinde bulunurlar.Eğer gaz akışı ile hareket eden katılar, havadan ayrıştırılarak yatağa geri döndürülürse , parçacıklar bir döngüde dolaşmaya başlayacaklardır.Dolaşımli akışkan yatak olarak tanımlanan bu tür sistemlerde . altta bulunan yoğun yataktan daha yukarıda bulunan seyreltik bölgeye doğru katı gittikçe düşse de, kabarcıklı sistemlerin aksine , iki bölge arasında belirgin bir geçiş bulunmamaktadır.Geri döndürülen katıların ağırlığı sistemden akan havanın ağırlığının yüzlerce katı olabilirken, bu durum, yataktaki katıların ağırlığının yarattığı basınç farkının artmasına sebep olur.

Yanma odasındaki basınç farkı hava akışı ile değişmekte olup, minimum akışkanlaşma hızına ulaşana dek hızın artmasıyla artar.Bu noktada katılar havada asılı kaldı için karşılaşılan

direnç , sadece yataktaki katıların ağırlığına bağlıdır.Dolayısıyla katıların sistem dışına taşınmasına sebep olacak hıza erişilene kadar basınç farkı sabit kalacaktır ve bu noktadan sonra sistemden katıların kaçmasıyla toplam ağırlık düştüğü için basınç farkı azalacaktır. Şimdiye kadar anlatılan akınlaşma koşullarından sadece kabarcıklı ve dolaşimli akışkan yataklar buhar üretimi için kullanılmaktadır.



Akışkan Yatak Teknolojisinin Gelişimi

1930'lu yıllar ve 1940'ların başında geniş çaplı araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucunda akışkan yatakların katı-gaz teması gerektiren uygulamalardaki avantajların saptanması, ilk olarak benzin ve diğer petrol bazlı ürünlerin üretimi için akışkan yataklı katalitik ayırıcının geliştirilmesi sağlanmıştır.Bugün akışkan yataklar dünya çapında birçok endüstride çeşitli prosesler için kullanılmaktadır.

1960'ların başlarında, termik santrallerden kaynaklanan kükürt dioksit (SO_2) ve azot oksit(NO_x) emisyonlarının azaltılmasının gerektiği ve akışkan yatakta yakma prosesinin bu emisyonları azaltacağı düşüncesi , kömür yakan akışkan yataklı kazanın geliştirilme çalışmalarını başlamıştır.Bu çalışmalar sonucunda ,1970'li yıllarda kabarcıklı akışkan yataklı kazan teknolojisi geliştirildikten sonra 1980'lerde uygulamalar dolaşimli akışkan yataklı kazanlara yönelmiş ve o tarihlerden bu güne sayıları hızla artan başarılı santral uygulamaları gerçekleştirilmiştir.Akışkan yataklı yakma teknolojileri , sanayide sıcak su, buhar. Kurutma amaçlı sıcak gaz (örnek olarak ; çimento sektöründe hammadde kurutma) eldesinde kullanıldığı gibi termik santrallerde de enerji eldesinde kullanılmaktadır.

Akışkan Yatakta Yakma ve Diğer Teknolojiler

Bütün yakma teknolojileri . bir şekilde yakıt ve havanın karışmasını sağlayarak , yakıtın yapısındaki kimyasal enerjinin kullanılabilir enerjiye çevrilmesini sağlamaktadır.Akışkan

yataklı kazanlar , katı yakıt,özellikle kömür yakma işleminde kullanıldı için kömür yakma teknolojileri ile karşılaştırılması uygun olacaktır.

Pülverize kömür teknolojisi , mikron boyutunda kömürün yüksek sıcaklıkta yakılmasını gerektirir.Kömür parçacıklarının yanma odasına geniş ölçüde yayıldı bu sistemlerde ,brülörün bulunduğu bölgede sıcaklık 1600-1900° C'ye kadar ulaşır.Parçacıkların boyutu çok küçük olduğundan , kazan içinde kaldığı süreleri yanma gazlarına çok yakındır.

Izgaralı kazanlarda ise parçacık boyutu pülverize kazanlara göre epeyce yüksektir.(25-30mm).Kömür parçacıkları hareketli ızgaranın üstünde havanın ve yanma gazlarının içinden aktığı sabit bir yatak oluşturur.Sıcaklıkların 1600°C'yi aştığı bu sistemlerde yakıtın ocak içinde kaldığı süre ızgaranın hızına bağlıdır.

Akışkan yatakta yakma teknolojisinde parçacık boyutu bu iki sistemdeki parçacık boyutunun ortasına düşmektedir. Genel olarak 12 mm'den küçük boyuta kırılan kömür, yatak malzemesi içindeki oranları yaklaşık %2 olacak şekilde beslenerek,yukarı doru akan hava sayesinde akışkanlaşan yatak malzemesi içinde tutuşarak yanmaya başlar. Yatak malzemesi , yakıtın külü , SO₂ gazının tutulması için yatak bölgesine beslenen kireçtaşı, kalsiyum sülfat ve bazen de kumdan oluşmaktadır. Yataktaki katıların sıcaklığı 750-900°C aralığında olurken, hava ve kömür besleme hızı ayarlanarak gereken miktarda enerjini elde edilmesinde süreklilik sağlanır.

Kömürün sistemde kalma süresinin uzun olması ve yüksek kütle transferi sayesinde akışkan yataklı yakıcılarda kömür yada diğer katı yakıtlar ,konvansiyonel yakma proseslerinden çok daha düşük sıcaklıklarda verimli olarak yakılabilir.

Yakıt arçacıkları yandıkça boyutları küçülür ve havanın kaldırma kuvveti ağırlıklarını yenecek boyuta ulaştıklarında, hava tarafından taşınarak yanma odasının dışına çıkarlar.Uçucu kül diye adlandırılan bu parçacıklar çıkışta tutularak yatağa geri gönderilebilir ve bu durumda yanmasını tamamlamış parçacıklar için yanma süresi sağlanmış olur.Bu sebeplerden dolayı, akışkan yatakta kömürün karbon yanma verimi %98'in üstünde olmaktadır.

Akışkan Yatak Teknolojisinin Avantajları

Akışkan yatakta yakma teknolojisinin ilk geliştirilme sebebi olan kükürt dioksit ve azot oksit emisyonlarının düşürülmesi, yatak içerisine kireç taşı ilavesi ile kükürt dioksitin tutulması ve düşük yanma sıcaklıklarında azot oksit oluşumunun azalmasıyla ilave gaz arıtma tesisi gerektirmeden sağlanabilmiştir.Daha sonraları yapılan çalışmalar , bu teknolojinin pratikte diğer teknolojilerle değerlendirilmesi mümkün olmayan düşük kaliteli yakıtları yakılabileceğini göstermiştir.Ayrıca akışkan yataklı kazanlar, kaynağa göre büyük farklılıklar gösteren kömür bileşimindeki değişikliklere karşı da daha esnektir.Özelikle düşük yanma sıcaklığı ve yatak içinde gerçekleşen mükemmel katı-gaz karışımı , akışkan yataklı kazanlara birçok avantaj sağlamaktadır.

Yüksek Yanma Verimi ve Yüksek Isı Transfer Katsayısı

Akışkan yataklı kazanlarda mükemmel katı-gaz karışımının sağlanması ve parçacıkların yatakta kalış süresinin uzunluğu nedeniyle yüksek yanma verimi elde edilmektedir.Yanma verimi kazanı terj eden parçacıkların tutularak sisteme geri gönderilmesi ile daha da artırılır.Bunlara ilaveten yatak içerisinde ısı transfer katsayısı çok yüksek olduğu için ısı transfer yüzey alanları ve dolayısıyla kazan boyutları konvansiyonel kazanlara göre daha küçüktür ve daha az yatırım maliyeti gerektirir.

Yakıt Hazırlama Kolaylığı

İri tana boyutu nedeniyle pülverize kömür tesislerine nazaran daha düşük yatırım maliyetine sahip yakıt hazırlama tesisleri kurulmaktadır.Özellikle yüksek küllü kömürlerde, pülverize yakıt hazırlama sistemleri sıklıkla bakım gerektirmektedir.Dolayısıyla, akışkan yataklı kazanlar için 12mm'nin altında kırılan yakıtın hazırlamak daha kolay ve daha ucuzdur.

Yüksek Emre Amadelik

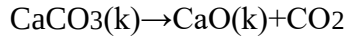
Özellikle erime ve yapışma ihtimali olan kül erime noktası düşük yakıtların akışkan yataklı kazanlarda yakılması durumunda, erime noktasının altında sıcaklıklarda çalışıldığı için , ısı transfer yüzeylerine kül yapışması sonucu oluşacak bir çok kazan işletme problemine rastlanmaz.Dolayısıyla, akışkan yataklı kazanlarda %90-95 düzeyinde emre amadelik söz konusudur.

Yakıt Bileşimine Esneklik

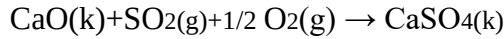
Yatak malzemesinin yüksek ısı kapasitesi sayesinde ,yakıtın yataa girdiğinde anında ısınması ve parçacıklara yanma için uzun süre sağlanması, akışkan yataklı kazanlarda , düşük ısı değerli yakıtların bile rahatlıkla yakılabilmesini salamaktadır.Aynı sebeplerden akışkan yataklı kazanlar, kül ve kükürtçe zengin yakıtların deerlendirilmesine ve düşük kaliteli ikinci yakıtlarla beraber yakma işlemine uygundur.Ayrıca akışkan yataklı kazanlar, çok daha geniş bir yelpazedeki yakıt bileşimini yakabilecek şekilde tasarlanabilir.Yakıt bileşimine esneklik konusunda dolaşımli akışkan yataklı kazanlar, kabarcıklı sistemlerden daha başarılıdır.Ancak bu sistemlerde tasarım değerlerini zorlayan bir yakıtın kullanılmasının önünde sınırlar olduğu unutulmamalıdır.

Düşük NO_x ve SO₂ Emisyonları

Kükürt dioksit, özellikle asit yağmurlarına yol açması , dolayısıyla havda ve suda asit birikimi oluşturması sebebiyle önemle üzerinde durulan emisyonlardan biridir.Yanma, sırasında yakıtın bünyesinde bulunan kükütdün oksitlenmesiyle kükürt dioksit oluşurken , akışkan yataklı kazanlarda yatak bölgesine kireçtaşı beslenerek bu kükürt dioksit tutulur.Kireçtaşı yataa beslendiği anda sıcaklığın etkisiyle endotermik kalsinasyon reaksiyonu gerçekleşir.



Kalsiyum oksit oluştuğunda ise küküt dioksit ve oksijen gazları ile reksiyona girerek katı fazda kalsiyum sülfat oluşturur.



Oluşan küküt dioksitin katı faza geçmesiyle ,yatak malzemesi ya da uçucu kül ile beraber sistem dışına taşınarak ortadan kaldırılacak katık haline gelir.Kalsiyum oksitten, kalsiyum sülfat oluşumunun gerçekleştiği yukarıdaki reaksiyonla ilgili olarak ; kalsiyum sülfatın, akışkan yataklı kazanlara özgü düşük çalışma sıcaklıklarında (750- 900° C) kimyasal olarak kararlı oldu için , katı fazda ve bozunmadan kazandan dışarı alınabildiği unutulmamalıdır.

Yanma veriminin artırılmasına ilaveten , yukarıdaki reaksiyon zincirinden en yüksek kükürt tutma verimini, alabilmek için , kazanı terk edip siklonda tutulan katı parçacıkların , kabarcıklı sistemlerde küçük bir kısmı , dolaşımlarda ise çok büyük kısmı , reaksiyonların devamı için kazana geri gönderilir.Geri gönderme işlemiyle , katıların gazla teması için daha çok süre , reaksiyon için ise dah çok yüzey alanı oluşturulduğu düşünülürse , dolaşımli akışkan yataklı kazanlar, yanma veriminde olduğu gibi küküt tutma veriminde de kabarcıklı akışkan yataklı kazanlara göre daha üstündür.

Azot oksitler , çevreyle etkileşimleri açısından kükürt oksitlerden çok daha geniş kapsamda etkileri olan gazalardır.Tüm çeşitlerinin tanımlanması için NO_x formülü ile ifade edilen azot oksitlerin asit yağmuru, yer seviyesinde ozon oluşumu ,atmosferin üst seviyelerinde ozon tabakasının incelmesi , sera gazı etkisi ve fotokimyasal sis oluşumunda yer almasıyla çevre üzerinde belirgin etkileri vardır.Bu gazaların yanma sonucunda oluşması için iki kaynak vardır; yakıttaki azot ve yanma için beslenen havadaki atmosferik azot.Atmosferik azotun özellikle 1200°C ve üzerindeki sıcaklıklarda oksijenle reaksiyona girmesi sonucunda oluşan ısı-azot oksit, çok daha düşük işletme sıcaklığına sahip akışkan yataklı kazanlarda kayda değer miktarda oluşmamaktadır.Yakıt kaynaklı azot oksitlerin oluşumu ise değişik mekanizmaların beraber ilerlediği reaksiyonlarla gerçekleşir.Akışkan yataklı yakıcılarda azot oksit emisyonlarının azaltılması için kademeli hava beslenmesi yapılarak sisteme verilen havanın bir kısmı alttan, geriye kalan kısmı yatak üstünde çeşitli noktalardan beslenir.Bu

uygulama ile indirgeyen atmosfer oluşturulması azotun oksitlenerek azot oksite dönüşmesini engeller.

Sonuç olarak ,düşük yanma sıcaklığı (750- 900° C) sayesinde düşük miktarda ısı NOx ve kademeli hava beslemesi sayesinde düşük yakıt kaynaklı NOx ve yakıcının içinde kireçtaşı ile SO₂'nin tutulması sayesinde ,ilave baca gazı arıtma tesisleri olmaksızın .akışkan yataklı kazanlardan yönetmenliklerle belirlenmiş olan sınırların altında NOx ve SO₂ emisyonları elde edilir.

Kullanılabilir Kül

Akışkan yataklı kazanlarda yakma işlemi sonucunda elde edilen kuru ve depolanabilir külün değişik kullanım alanları bulunmakta, yeni kullanım sahaları için de araştırma çalışmaları yapılmaktadır.Tarıma elverişli toprak eldesi , atık/çamur stabilizasyonu, yol yapımında taban malzemesi , atık alanları kapatılması gibi işlemlerde akışkan yataklı kazanların küllri kullanılabilmektedir.Kazanlara yakıt sağlayan açık maden ocaklarının geri kazanımında dolgu malzemesi olarak kullanılan bu külün , sıcak su üretimi için akışkan yataklı kazan bulunan çimento tesislerinde , üretime hammadde olarak aktarılmasıyla maliyetlerden tasarruf gerçekleşir.

Akışkan Yataklı Kazanların Sınıflandırılması

Akışkan yataklı kazanlar , atmosferik ve basınçlı olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir.Atmosferik basınç civarında çalışanlar atmosferik akışkan yataklı kazan(AAYK), 5-20atm arasında çalışanlar basınçlı akışkan yataklı kazan(BAYK) olarak adlandırılırlar.Bunun ardından ,akışkan yataklı kazanlar akışkanlaştırma koşullarına bağlı olarak da kabarcıklı (KAYK) ve dolaşimli (DAYK) akışkan yataklı kazanlar olmak üzere ikiye ayrılır.

Kabarcıklı Akışkan Yataklı Kazanlar

Akışkan yataklı kazanlarda , yakıcıya beslenen , kırıcılardan geçirilmiş yakıt ve kireçtaşı parçacıkları,alttaki dağıtıcı plakadan geçerek yanma odasına giren ve yukarı doru akmakta olan hava akımında asılı kalırlar.Minimum akışkanlaşma koşulunu salayan gaz debisinin üstüne çıkıldıkça kabarcıklar ortaya çıkmaya başlar.Kabarcıkların , taneciklerin yatak içerisinde dolaşımını sağlaması ile katı taneciklerin kazan içerisinde mükkemmele yakın bir şekilde karışması mümkün olur.Bu kazanlarda katı-gaz karışımının gerçekleştiği yatak bölgesi ile yukarıda bulunan serbest bölge arasında kalan yatak yüzeyi oldukça belirgindir.Yanma sonucu oluşan uçucu kül , gazala beraber sürüklenir ve nispeten daha iri parçalar siklonda , ince taneler de daha ileride bir elektrostatik ya da torba filtrede tutulur.Siklonda tutulan uçucu külün , gerekli görüldüğünde yatak bölgesine tekrar beslenmesiyle , yanma ve kükürt verimlerinin artması sağlanır.

Kabarcıklı akışkan yataklı kazanlarda , kazan borularının bir bölümü yanmanın gerçekleştiği yatak bölgesinin içine yerleştirilerek 800-900°C civarında sabit sıcaklık sağlanır.Kazanın diğer bölümlerinde uygun yerlere de baca gazlarının ısısından maximum seviyede istifade edilecek şekilde kazan boruları yerleştirilir.Kabarcıklı akışkan yataklı kazanlar özellikle yüksek kapasitelerde uygulanmazken ,dolaşimli sistemler tercih edilmektedir.

Dolaşimli Akışkan Yataklı Kazanlar

Temsili bir akım şeması verilen dolaşimli akışkan yataklı kazanlarda ,küçük tanecik boyutu ve yüksek gaz hızları sebebiyle yatak ve serbest bölge ayırımı belirgin bir şekilde yapılamaz.Bir başka deyişle , gaz hızları kabarcıklı sistemlerdekinin (~2m/s) 2-3 katı daha fazla olduğu için , parçacıkları rahatlıkla sürükleyerek , tanecik yoğun ve seyrek bölgeleri ayıran belirli bir yüzeyin oluşmasını engellenir.Bu sistemlerde . yanma havasını kademeli olarak beslenmesiyle yanmanın tüm kazan bboyunca sürmesi sağlanır.En altta giren hava miktarı toplam havanın %60-%75'ini oluştururken , geri kalan hava daha yukarı seviyelerden ikincil hava olarak sisteme verilir.Yanma 840-900°C 'de gerçekleşirken, ince tanecikler (<450 mikron) 4- 6 m/s

yanma gazı hızıyla yakıcının dışına taşınırlar.Bu parçacıklar genelde yanma odası çıkışına yerleştirilen siklon tarafından tutularak yanma odasına geri gönderilir.Böylece dolaşım gerçekleşmiş olur.Parçacık dolaşımı ,parçacıkların ısısından maximum yararlanılarak yakıcı duvarlarına verimli ısı transferini ve kazanı terk eden parçacıkların geri dönmesi ile kömüre yanma , kireç taşına da kükürt tutması için yakıcı içinde daha uzun süre kalmasını sağlar.Ayrıca, geri döndürülen parçacık debisinin yanma gazı debisinden çok daha yüksek olması , yanma odası sıcaklığının stabil kalmasını sağlar.Yatağın içine yerleştirilmiş kazan boruları bulunmayan bu sistemlerde borular yanma odasının duvarlarına ve gaz yolu üzerine yerleştirilir.Kzan duvarlarındaki borular gereken ısıyı sistemden alırken , sıcaklığın da belirtilen düzeyde kalması sağlanır.

Dolaşımlı akışkan yataklı kazanlarda kullanılan kireçtaşı boyutu daha küçük olduğu için , birim ağırlık başına kireçtaşı yüzey alanının artması, kükürt dioksit- kireçtaşı reaksiyonun da hızını artırır.Bu durum, kömürün yapısında bulunan birim kükürt karşılında sisteme beslenmesi gereken kireçtaşı miktarını düşürmektedir.Bir başka deyişle ,Ca/S molar oranı, teorik limit olan 1'e yakındır ki, bu değere en çok yaklaşan akışkan yatak tipi, dolaşımlı sistemlerdir.

Akışkan yataklı kazanların teknolojisi gereği, hem kabarcıklı hem de dolaşımlı sistemlerde yakıt bünyesindeki kükürtün çok büyük bir bölümü yatakta kireçtaşı ile reaksiyona girerek tutulmuş olduğundan, baca gazlarının kükürt içeriği düşüktür.Yatakta dolaşan gazların küküttten arındırılmış olması , düşük sıcaklıkta korozyon tehlikesini ortadan kaldırarak, kazan çıkışında baca gazı sıcaklığının diğer tip kazanlara göre daha düşük seçilebilmesini , bu da baca gazı ısısından en yüksek oranda yararlanılabildiğini sağlar.Bu durum akışkan yataklı kazanların verimini artırır.

Dolaşımlı sistemlerin bir başka avantajı da kademeli hava beslemesi sayesinde yakıt kaynaklı azot oksit oluşumunun kabarcıklı sistemlere göre daha az oluşudur. Yanma için gerekli havanın tamamının alttan beslenmeyişi, yatak bölgesinde indirgeyen atmosfer oluşmasını ve yakıt bazlı azotun atmosferik azaota indirgenmesini sağlamaktır.Dolayısıyla, yüksek ısıdan kaynaklanan azot oksit oluşumunun da çok düşük olduğu dolaşımlı akışkan yataklı kazanlarda, konvansiyonel sistemlerde bulunan herhangi bir ek tesis olmaksızın 200mg/Nm³'den daha az azot oksit emisyonları elde edilebilmektedir.

Basınçlı Akışkan Yataklı Kazanlar

Basınçlı akışkanlı kazanlarda kömür, 5 atm ile 20 atm aralında bir basınç altında yandığı için buhar üretiminin yanı sıra , gaz türbinlerine beslenebilecek basınca sahip yanma gazı elde edilir.Proses buharı ve buhar türbinlerinden elektrik eldesine ek olarak, gaz türbinlerinden de elektrik elde ediliyor olması basınçlı sistemleri atmosferik çalışan akışkan yataklara göre daha verimli kılar.Ancak basınçlı sistemlerde sıcak gazın temizlenmesi çok önemli bir noktadır ki, eğer kazanı terk eden sıcak gaz , siklonlar ve filtreler aracılığıyla parçacıklardan iyice arındırılmazsa ve korozyona yol açan gaz bulunduruyorsa, gaz türbinin kanatlarının zarar görmesi kaçınılmazdır.Bu sebeple sıcak gazların temizlenmesi üzerine yapılan araştırmalar, verimi yüksek bu tesisleri sorunsuzca uygulanabilir kılmak adına büyük önem teşkil etmektedir.Basınç altında reaksiyonların gerçekleşiyor olması yanmaya olumlu etki ederken kükürt tutma verimini de artırır.Hem kabarcıklı hem de dolaşımlı sistemler basınçlı olarak tasarlanabilir de daha yaygın olan kabarcıklı akışkan yatakların 100MWe kapasiteli basınçlı uygulamaları mevcuttur.Bsınçlı dolaşımlı akışkan yataklar ise geliştirme amacıyla kurulmuş 130 MWe gücünü bulan üniteler üzerinde yapılan çalışmalarla uygulamaya geçirilmeye çalışılmaktadır.

Türkiye'de Akışkan Yataklı Kazan Teknolojisi

Bu teknolojinin birçok ülkede başarı ile uygulandığı dikkate alındığında, ülkemiz linyitlerinin değerlendirilmesi ve doal gaza yüksek oranda bağımlı kalmamak adına akışkan yataklı kazan teknolojisinin ülkemiz linyitlerine ivedilikle adaptasyonunun gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Bu gereksinimden hareketle, 1975 yılında akışkan yataklı kazanların modellenmesi ile başlayan ve 1984 yılından bu yana pilot ölçekte deney ve tasarım geliştirme çalışmalarıyla devam eden araştırmalar, Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından, Kanada Uluslararası Teknoloji Geliştirme Ajansı'nın (CIDA) mail desteği ile yürütülmüş ve 0.3 MW_t akışkan yataklı yakıcı test ünitesinin kurulmasıyla Türk linyitleri için 'know-how' geliştirmeye yönelik önemli bir adıma dönüşmüştür.

1984 yılından günümüze Prof.Dr.Nevin Selçuk başkanlığında ODTÜ'de yürütülen çalışmalar, Türk linyitleri için akışkan yatakta yakma teknolojisinin ticari boyuta geçirilmesi sağlanmıştır. Modüler ve esnek yapısından dolayı 0.3MW' lık test ünitesi, gerek buhar kazanı ve gerekse de sıcak gaz üretici tasarımlarının yapılmasına olanak vermektedir.

Örnek olarak, bu test ünitesindeki çalışmalarla desteklenerek Türk linyitlerine göre tasarlanmış olan akışkan yataklı kazan teknolojisine dayalı Alkim Kojenerasyon Santrali, Alkim Alkali Kimya A.Ş tarafından kendi finansman kaynaklarıyla tesis edilerek 2000 yılında işletmeye alınmış olup, halen başarılı bir şekilde çalışılmaktadır.

Ayrıca, Dilovası bölgesinde Çolakoğlu A.Ş' ye ait 2x80MWe gücünde Dolaşım Akışkan Yataklı tesis çalışmakta olup, 2003 yılı içinde işletme kabülünün yapılması planlanmış olan 2x160 MWe gücündeki Çan Termik Santrali'nin devreye alma çalışmaları devam etmektedir. Elektrik üretecek bu santral ,16 MWe kapasiteli iki adet dolaşım akışkan yataklı kazandan oluşmaktadır. Yine aynı bölgede, demir çelik sektörünün önde gelen firmalardan İÇDAŞ A.Ş'nin Biga yakınlarındaki tesislerinde ,otoproduktör statüsünde faaliyet gösterecek dolaşım akışkan yataklı kazana dayalı elektrik santralinin inşaatına devam edilmektedir.

Türkiye'de Kömüre Dayalı Santraller

Akışkan yataklı kazanların belirtilen bütün avantajlarına rağmen , Çan termik santrali dışında Türkiye'deki bütün linyit santralleri pülverize kömür teknolojisine dayanır. Ancak, ülkemizde bu sistemlerin çalıştırılması, tasarım sıcaklığının(1200-1500°C) linyit kül erime sıcaklığının üzerinde olmasından dolayı , işletme sıcaklığının tasarım değerinin altına düşürülmesiyle mümkün olmaktadır ki, bu önlem verimin düşmesi anlamına gelmektedir. Mikron boyutunda ki kül tanecikleri birbirinden farklı bileşime ve dolayısıyla da farklı erime sıcaklığına sahip oldukları için , bu önlem bile külün eriyerek zaman içinde ısıtıcı paketleri üzerinde birikip kazan ısı veriminde büyük düşüşlere sebep olmasını engelleyememektedir. Gün geçtikçe gaz emisyon limitlerinin bir sonucu olarak pülverize kömür tesisleri artık baca gazı desülfürizasyon (BGD) üniteleri ile birlikte inşa edilmekte , eski tesislere de bu üniteler sonradan ilave edilmektedir. Ek mali yük getiren bu tesislerin en büyük sorunu ise , fazla miktarda sulu katı atıktır.

KAZAN VERİMİ

$\eta_{kazan} = 100 - \text{Toplam kayıplar}(\%)$

$\eta_{kazan} = \frac{m_{buhar} \times (h_{çıkış} - h_{giriş})}{(B \times H_u)}$

(B= yakıt miktarı, H_u= alt ısı değer)

$B = \frac{Q_{kaz}}{\eta_{kazan} \times H_u}$

Yakıtlara göre Kazan Verimleri:

Katı %60 < η_{kazan} < %75

Sıvı %70 < η_{kazan} < %85

Gaz %85 < η_{kazan} < %95

Kazan Verimini Nasıl Artırılabiliriz

1. Optimum yanma sağlamalıyız
2. Brülörün yakma havasını ısıtabiliriz
3. Kazanlarda kireçtaşı oluşur.Bu ısı transferini engeller.Bu nedenle kireç taşı oluşumunu engellemeliyiz.
4. İzalasyonu iyi yapmalıyız
5. Kazanın beşleme suyu sıcaklığını artırmalıyız.
6. Blöf sayısını artırmalıyız.

KAZAN ELEMANLARI

OCAK: Yakacakların uygun bir şekilde yakılarak ısı enerjisinin elde edildiği hacimlere ocak denir.ocaklar şekil, kapasite ve yakma sistemleri bakımından çok çeşitlidir. Bunlar:

Duvarların konstrüksiyonuna göre;

- 1.) Dolu refrakter duvarlı
- 2.) Hava soğutmalı refrakter duvarlı
- 3.) Su cidarlı

Ocak içindeki basınca göre;

- 1.) Dengeli çekme
- 2.) Basınçlı
- 3.) Aşırı doldurmalı

Yakacak cinsine göre;

- 1.) Kömür
- 2.) Sıvı
- 3.) Gaz
- 4.) Artık yakacak yakanlar olmak üzere ve çeşitli yakma sistemlerine göre sınıflandırılırlar.

Izgaralı Ocaklar:Toz kömür yakan ve akışkan yataklı ocakların dışında ,bütün katı yakacakları yakan ocaklarda ızgara vardır.Izgaranın en önemli iki görevi yakacı taşımak ve yanma için gerekli havanın geçmesini sağlamak.Bu iki zıt görevi nedeniyle ızgarada optimum bir aralık bulunmalıdır. Izgara kün dibe geçmesine , ayrıca yakma işlemi için gerekli havanın geçmesine olanak sağlamalıdır.

Izgaralı ocakları elle ve mekanik yüklemeli olmak üzere iki grupta incelenir.

1. Elle doldurulan ocaklar

Elle doldurulan ocakların önemi gittikçe azalmasına rağmen yine de küçük işletmelerde ve özellikle kömür ile çalışan kalorifer kazanlarında bu ocaklar kullanılmaktadır.Bu ocağın en büyük üstünlüğü yatırım masraflarının aza olamsıdır.Bu tip ocak alaev, alaev-duman borulu ve küçük su borulu kazanlara uygulanmaktadır.Bu ocakların belli başlı elemanları ocak kapısı,ızgara çubukları,ateş köprüsü(kemer) ve küllüktür.

2. Atma ile doldurulan ocaklar

Elle dolduran ocaklara göre daha gelişmiş ocak şeklidir.Bunlarda yakacak bir atma çarkı veya kürek adı verilen elemanlar yardımı ile ızgara üzerine atılır.Izgara üzerindeki yakacak daha düzgün dağıldından ve ocak kapısı yükleme için açılmadından yanma elle

doldurulan ocaklarda daha iyidir.Ayrıca bu sistemde kürek veya çark hızı değiştirilerek otomatik kontrol imkanı vardır.

Bu sistemlerde özellikle eri ızgaralar kullanılır.Bu oc klarda yanma iyi olmasına rağmen ,yanmamış yakacak kayıpları fazladır.

3. Vidalı stoker

Bu sistemde yakacak bir vida ile ocağa verilir.Vida hareketini sağlayan motor aynı zamanda ocağa yakma havasını veren vantilatörü de çalıştırır.Yanan kömür ızgaranın ortasından kenarlara yayılır. Küller kenarlardan ve alttan alınabilir.Sistemin otomatik kontrolü motorun hızı değiştirilerek yapılır.Bu tip ocakta saatte 14 ton yakabilen kapasitelerde sistemler yapılabilir.

4. Sonsuz zincirli ızgara

Bu sistemde ızgara bisiklet zincirine benzer şekilde yapılmıştır.Izgaranın yarısı ocak içinden geçerken , diğer yarısı ocak dışında soğumaktadır.Taze yakacak ızgaranın ön tarafında bir silodan dökülür, yanma atıkları ise alt taraftaki kül odalarına düşer.Izgara hızı ve yakacak yüksekliğini ayarlayan sürgü ile sistemde otomatik olarak kontrol yapılabilir.Izgara altından verilen hava ile hava fazlalık katsayısı bölgesl olarak kontrol edilir.

5. Alttan beslemeli basamaklı ızgralar

Bu ocaklar uçucu maddesi fazla olan yakacaklar için başarı ile kullanılmaktadır.Özellikle A.B.D’ de bu tip beslemeli ızgaralar, zincirli ızgaralara tercih edilmektedir.Bu sistemde yakacak bir piton hareketi ile eimli ızgaranın altından ocaa basılır.Izgara yatayla yaklaşık olarak 20°’lik eğimdedir.Alttan ızgralı ocakların faydalarının başında değişken ısı yüklerine hemen cevap verebilmesi, ocakta bir tutuşma kemerine ihtiyaç duymamasıdır. Bu ızgaranın zayıf tarafı ise , uçucu maddesi az olan yakacakları kolay bir şekilde yakamaması ve yüksek sıcaklığa maruz kalması nedeniyle ızgara çibuklarının kısa zamanda aşınmasıdır.

6. Sabit basamaklı ızgralar

Bu ızgarada bütün ızgara yüzeyi meyilidir.Izgra elamanlarının birbiri üzerinde merdiven gibi sıralanmaları nedeniyle ‘basamaklı ızgara’ adını almıştır.Bsamaklı ızgaraların sakıncaları, cüruflaşma sıcaklığı küçük yakac akların sıklık karıştırmaya gerek duyulması ve ızgaraya kolayca yanaşılammaması nedeniyle bu tip ızgaralarda yakılamamasıdır

Bu ızgaralar dışında kayan basamaklı ızgaralar ,yürüyüşlü ızgara ve titreşimli ızgaralar (yakıtı eğimli ızgara üzerinde titreştirerek yakar) kullanılmaktadır.

KIZDIRICILAR: Asıl ısıtma yüzeylerinden çıkan ıslak buhara sabit basınçta ısı verilerek , buhar çevriminin veriminin arttırılmasının sağlandığı elemandır.

Kızdırma sıcaklığı ne kadar artarsa verim o kadar yükselir. Kızma sıcaklığını sınırlayan etken kızdırıcı malzemesinin mukavemetidir. Kızdırıcı tipleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1.) Konveksiyonlu kızdırıcılar
- 2.) Radyasyonlu kızdırıcılar
- 3.) Kombine kızdırıcılar
- 4.) Ayrı ateşlenen kızdırıcılar

Pratikte genellikle büyük su hacimli kazanlar ile az eğimli su borulu kazanlarda yatay ve düşey konveksiyonlu kızdırıcılar, dik su borulu kazanlarda asılı tipten düşey konveksiyonlu kızdırıcılar, radyasyonlu kazanlarda ise radyasyonlu kızdırıcılar veya kombine kızdırıcılar kullanılır.

Buhar kazanlarının asıl ısıtma yüzeylerinden çıkan ıslak buharın kuruluk derecesi 0,95–0,99 arasındadır. Bu ıslak buhara kızdırıcı adı verilen elemanlar içinde sabit basınçta ısı vererek kızdırmak mümkündür. Kızdırma işlemi buhar çevriminin verimini arttırması ve erozyonun azalması bakımından faydalıdır.

Kızdırma sıcaklığını sınırlayan etken kızdırıcı malzemesinin mukavemetidir.

Genellikle bir kızdırıcının aşağıdaki görevleri yerine getirmesi beklenir.

- 1) Isıl genleşmeleri karşılayabilecek bir konstrüksiyona sahip olmalıdır.
- 2) Yüksek sıcaklık, yüksek basınçtaki ani değişimlere dayanacak malzemedен yapılmalıdır.
- 3) Bağlama yerlerinde conta kullanılıyor ise bunlar zamanla sıcak gazlardan bozulmamalıdır.
- 4) Dış ve iç tarafında biriken kül, kurum ve tortu kolaylıkla temizlenebilmelidir.
- 5) İstenilen bir kızma sıcaklığının ayarı ve otomatik kontrolü kolay olmalıdır.
- 6) Herhangi bir nedenle kızdırıcı içine su sürüklenmesi halinde bu su kolayca boşaltılabilmelidir.
- 7) Mümkün olduğu kadar küçük hacim kaplamalıdır.
- 8) İlk yatırım ve işletme masrafları az olmalıdır.
- 9) Hem duman hem de buhar tarafında basınç kaybı küçük olmalıdır.

Kızdırıcı tipleri

Kızdırıcıların buhar kazanı içine yerleştiriliş yerine göre, konveksiyonlu, radyasyonlu veya her iki durumun karışımı olan kombine kızdırıcı tipleri vardır.

Konveksiyonlu kızdırıcılar: doğrudan doğruya duman gazlarının yolu üzerine bazen de lokomotif kazanlarında olduğu gibi U şeklinde kıvrılarak büyük çaplı duman boruların içine yerleştirilir. Bunlar 450 °C kızma sıcaklığına kadar kullanılabilir.

Radyasyonlu kızdırıcılar: yüksek basınç, yüksek kızdırma sıcaklığı ve büyük buhar kapasitesi istenen durumlarda kullanılır. genellikle 30 bar dan büyük buhar basınçları için idealdir. bu kızdırıcıların belli başlı üstünlükleri;

- 1) Ocak sıcaklığı düştüğü için küller ergime sıcaklığına ulaşamadığından, küllerin yüzeylere yapışarak ısı transferine kötü etkisi biraz daha azalmıştır.
- 2) Buhar yüküne göre kızgın buhar sıcaklığı sabit kalır.

Ayrıca bu kızdırıcıların yakacak cinsine bağlı olmaması üstünlük olarak söylenebilir.

Kombine kızdırıcılar: konveksiyonlu ve radyasyonlu kazanların üstünlükleri birleştirilerek kombine kızdırıcılar geliştirilmiştir. İşletme şartları ve buhar gücü değiştikçe kızgın buhar sıcaklığının sabit bir değerde kalması üstün bir özelliktir.

Ayrı ateşlenen kızdırıcılar: bazı işletmelerin özelliği dolayısıyla buharın kızma işlemi kazandan başka bir yerde ayrı ateşlenen bir sistem içersinde yapılır. Bu tip kızdırıcılara ayrı ateşlenen kızdırıcılar denir. Bu kızdırıcılar bir veya daha fazla kazandan beslenebilir. Kızgın buhar sıcaklığı çok hassas olarak ayarlanabilir. Çok düşük basınçlarda yüksek kızma

sıcaklığına çıkmak mümkündür. Genellikle sıvı veya gaz yakacak kullanılır. Düşük buhar kapasitesinden dolayı kimya endüstrisi ve petrol rafinerilerinde kullanılabilir.

Ara kızdırıcı: prensip olara ara kızdırıcılar aynı radyasyonlu ve konveksiyonlu kızdırıcılara benzer yüksek sıcaklığa kadar kızma yaptıklarından duman gazlarının nispetten sıcak olduğu yerlere yerleştirilir. Kurum ve kül birikmesinin daha az olması nedeniyle ısıl değeri küçük, kül miktarı fazla yakacaklarda radyasyonlu ara kızdırıcılar daha ekonomiktir.

Sistemdeki toplam buhar debisindeki azalma nedeniyle tekrar kızdırma işleminin üstünlükleri;

- 1)Buhar kazanı boyutları %15–18 azalır.
- 2)Kazan besleme pompası gücü %15–18 azalır pompa boyutları küçülür.
- 3)Yoğuşturucu boyutları %7–8 azalır.
- 4)Yakma kapasitesi %5 azalır.
- 5)Besleme suyu ısıtıcıları boyutları azalır.

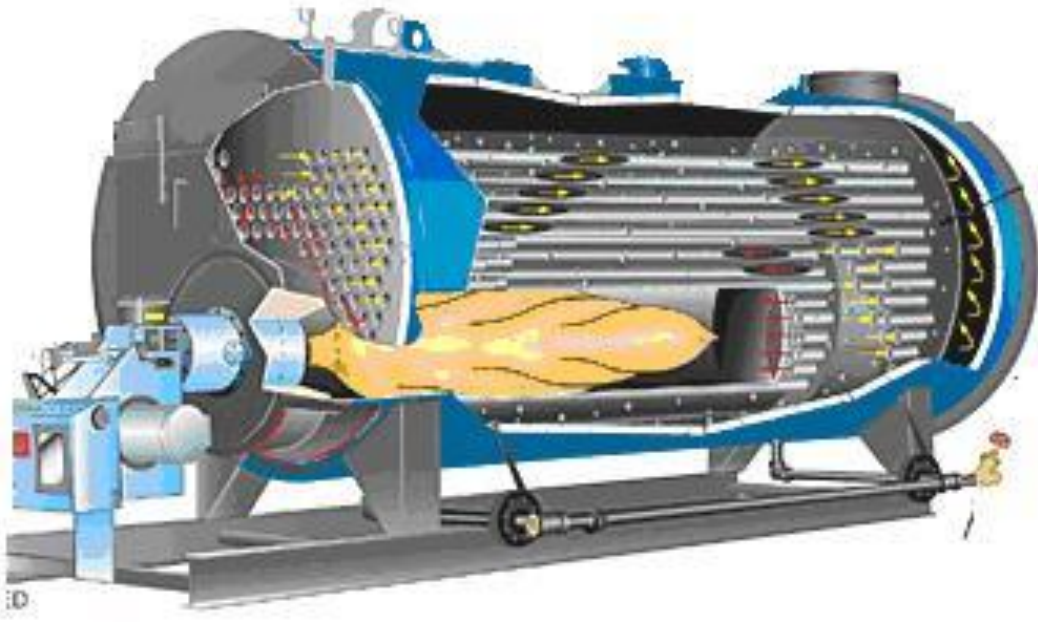
Üstünlüklere karşılık sakıncaları;

- 1)Sistemin ilk yatırım maliyeti artar.
- 2)Buhar türbini fiyatı artar.
- 3)Sistemin kontrol ve işletmesi biraz daha güçtür.
- 4)Türbin oturma alanı biraz daha fazladır.

- 5)Boru donanımı biraz daha karışıktır.



Buhar kazanlarında elde edilen buharı kurutmak (kızgın buhar elde etmek) ve sıcaklığı yükseltmek amacı ile kullanılır. Kızdırıcı sayesinde buhar sıcaklığını yükseltmek için basıncı yükseltmeye gerek kalmaz. Ana buhar çıkışından alınan buhar, istenilen sıcaklığa ve çalışma basıncına bağlı olarak, ikinci veya üçüncü duman geçişine yerleştirilir



EKONOMİZÖRLER:

Kazan besleme suyu, kazanın asıl ısıtma yüzeylerine girmeden önce ekonomizör adı verilen elemanlar içinde duman gazları ile ısıtılabilir. Bu şekilde kazana gönderilen su ile buharlaşmakta olan su arasındaki sıcaklık farkı küçüldüğünden kazandaki ısıl gerilmeler azalır, su içindeki gazların çıkışı kolaylaşır ve kazanın ısıl verimi artar.

Özellikle yakıt olarak doğal gaz kullanıldığında veya buhar basıncına bağlı olarak baca gazı sıcaklıkları yüksekse tavsiye edilir. Ekonomizör performansını etkileyen faktörlerden biri duman içinde kükürt oksit oranı, dolayısıyla korozyondur. Yakıt ne kadar temizse ekonomizör çıkışında baca gazı sıcaklığı o kadar küçük tutulabilir.

Bir kazandan bacaya verilmek üzere çıkan duman gazları genellikle kazan çalışma rejimi sıcaklığından 40°C ila 80°C daha yüksek olmaktadır. Kazan çalışma sıcaklığı ve buna bağlı olarak kazan duman gazı çıkış sıcaklığı yükseldikçe, duman gazları vasıtasıyla çevreye atılan enerji miktarı da artmaktadır. Bacadan atılan bu atık ısının bir kısmının geri kazanılması, kazan veya sistem verimini yükselterek yakıt tasarrufu sağlayacaktır. Ekonomizerler, ısı, buhar veya güç üretim tesislerinde kazanlardan çıkarak bacaya verilen duman gazları üzerinde bulunan ısının bir bölümünü, bünyelerinde sirküle eden suya aktarmak suretiyle, geri kazanmak amacıyla kullanılırlar. Geri kazanılan bu ısı, kazan besleme suyuna verilebileceği gibi, tesiste ısıtma, banyo, yıkama, vb. amaçlar için kullanılacak suya da verilebilir. Geri kazanılacak ısının hava veya bir gaza aktarılması söz konusu olduğunda ise hava ısıtıcılar kullanılır. Kazan duman gazı çıkış sıcaklığı, kazanın çalışma rejimine, kazanın bünyesel verimine, kazan-brülör uyumuna ve yakıt cinsine bağlı olarak belli bir büyüklükte olur. Ekonomizer gaz çıkış sıcaklığını ise, kullanılan yakıtın cinsi ve ısının aktarılacağı akışkanın çalışma koşulları belirler. Bir ekonomizerde geri kazanılabilecek ısının büyüklüğü, kazan duman gazı çıkış sıcaklığına bağlı olduğu gibi duman gazının ekonomizerden çıkış sıcaklığına da bağlıdır. Ekonomizere giren ve çıkan duman gazları sıcaklıkları farkı ne denli büyük olursa geri kazanılan ısı, dolayısıyla verim artışı da o denli büyük olur. Ancak korozyona sebep olabilecek asit gazlarının yoğunlaşmasını önlemek için atık gazların

sıcaklıklarının belli bir derecenin altına indirilemeyeceği gözönüne alınmalıdır. Bir ekonomizerde, doğal gaz ve benzeri gaz yakıtlı kazanlarda 140°C, motorin, fuel oil ve kömür yakıtlı kazanlarda 220°C ve daha büyük duman gazı sıcaklıklarından ekonomik olarak yararlanmak olanaklıdır. Bir duman gazı ısı geri kazanım sisteminde ulaşılabilecek baca gazı sıcaklığının minimum seviyesi, kullanılan yakıtın cinsine bağlıdır. Ekonomizer gaz çıkış sıcaklığı, fuel oil yakıtlı kazanlarda 180°C, motorin yakıtlı kazanlarda 150°C, doğal gaz ve LPG yakıtlı kazanlarda 110°C ye kadar düşürülebilir.

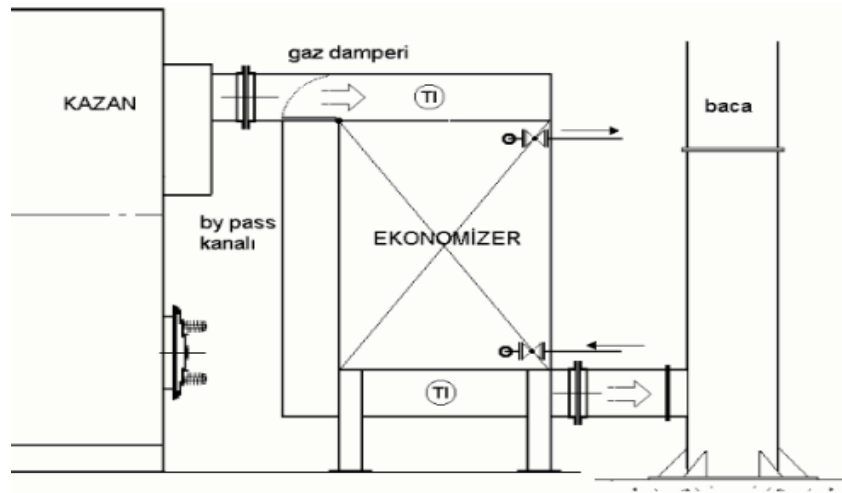
Isı, buhar veya güç üretim tesislerinde ekonomizer kullanılmasıyla sağlanacak yararlar şunlardır :

- Kazan duman gazı çıkış sıcaklığı ve yakıt cinsine bağlı olarak kazan veya tesis veriminde %3 ile %7 arasında verim artışı sağlanır.
- Sağlanan verim artışına bağlı olarak, aynı kapasite için daha az yakıt harcanması veya aynı miktarda yakıt harcamı için daha fazla ısı üretimi gerçekleşir.
- Kazanılan ısıнын kazan besleme suyuna verilmesi halinde, kazanın max. yüklerde dahi zorlanmadan çalışması, değişik yüklere daha iyi bir şekilde uyum sağlaması ve kazan veriminin değişik yüklerde nispeten yüksek ve sabit kalması sağlanır.
- Optimal kapasitesinin üzerinde çalışan veya yapısı itibarıyla düşük verimli olan kazanlara ekonomizer ilavesi ile kazan kapasitesi ve verimi optimum düzeylere çıkarılabilir.

Ekonomizer uygulama alanları, oldukça çeşitlidir. Önemli olan, sistemden geri kazanılan ısıнын, sistemin çalışma süresi boyunca kullanılmasıdır.

Ekonomizer çeşitleri

- İntegral Tip Ekonomizerler
- Ayrık Tip Ekonomizerler
- Buharlaştırıcı Ekonomizerler



HAVA ISITICILARI

Hava ısıtıcılarında yakma havası duman gazları ile ısıtılarak, yakıt tasarrufu ve ocakta daha iyi yanma sağlanır. Havanın her 50°C fazladan ısıtılması, yakıtta %2.5 tasarruf sağlar.

Hava Isıtıcıları, ısı, buhar veya güç üretim tesislerinde kazanlardan çıkarak bacaya verilen duman gazları üzerinde bulunan ısıнын bir bölümünü geri kazanmak amacıyla kullanılırlar. Geri kazanılan bu ısı, kazanda yakma havası olarak kullanılan taze havaya

verilebileceği gibi, tesiste ısıtma, pişirme, kurutma , vb. amaçlar için kullanılacak havaya da verilebilir. Bir hava ısıtıcısında, kazanda yakılan yakıt cinsine bağlı olmakla birlikte 200°C ve daha büyük duman gazı sıcaklıklarından ekonomik olarak yararlanmak olanaklıdır.

Isı, buhar veya güç üretim tesislerinde hava ısıtıcısı kullanılmasıyla sağlanacak yararlar şunlardır :

- Kazan duman gazı çıkış sıcaklığı ve yakıt cinsine bağlı olarak kazan veya tesis veriminde %3 ile %7 arasında verim artışı sağlanır.
- Sağlanan verim artışına bağlı olarak, aynı kapasite için daha az yakıt harcanması veya aynı miktarda yakıt harcamı için daha fazla ısı üretimi gerçekleşir.
- Özellikle orta ve büyük kapasiteli katı yakıtlı kazanlarda yakma havası olarak ön ısıtılmış sıcak havanın kullanılması ocak sıcaklığını, buna bağlı olarak yanma verimini ve duman gazlarının radyasyon verimi yükseltir. Ayrıca konstrüksiyonlarının basit, temizliklerinin kolay yapılabilmesi ve yatırım maliyetlerinin düşük olması nedeniyle orta ve büyük kapasiteli katı yakıtlı ön ocaklı kazanlarda hava ısıtıcısı kullanılması özellikle tavsiye edilir.

Hava Isıtıcısı Uygulama Alanları(Geri Kazanılan Isının Kullanım Alanları)

Buhar, Kaynar Su ve Kızgın Yağ Kazanlarında

- Kazan yakma havasının ön ısıtılmasında,
- Kazan dairesine yakın bir mahallin ısıtılmasında,
- Tesiste ısıtma, pişirme, kurutma , vb. amaçlar için kullanılacak sıcak havanın ön ısıtılmasında veya ısıtılmasında.

Bir hava ısıtıcısında geri kazanılabilecek ısının büyüklüğü, kazan duman gazı çıkış sıcaklığına bağlı olduğu gibi duman gazının hava ısıtıcısından çıkış sıcaklığına da bağlıdır. Hava ısıtıcısına giren ve çıkan duman gazları sıcaklıkları farkı ne denli büyük olursa geri kazanılan ısı, dolayısıyla verim artışı da o denli büyük olur. Kazan duman gazı çıkış sıcaklığı, kazanın çalışma rejimine, kazanın bünyesel verimine, kazan-brülör uyumuna ve yakıt cinsine bağlı olarak belli bir büyüklükte olur. Hava ısıtıcısı gaz çıkış sıcaklığını ise, kullanılan yakıtın cinsi ve ısının aktarılacağı akışkanın çalışma koşulları belirler.

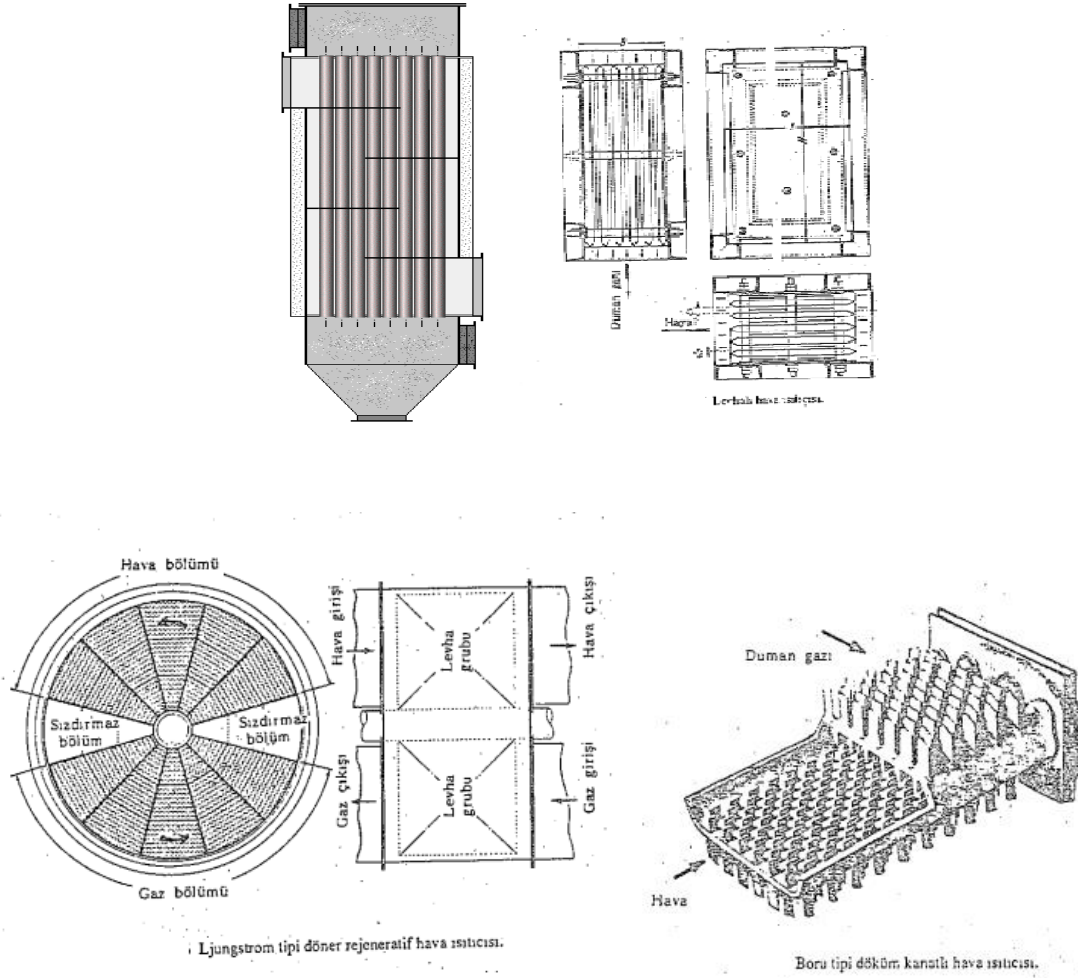
Hava ısıtıcıları çeşitleri

1) Reküparatif hava ısıtıcıları

- a) Borulu hava ısıtıcıları
- b) Levhalı hava ısıtıcıları
- c) Buharlı hava ısıtıcıları

2) Rejeneratif hava ısıtıcıları

- a) Ljungsrom tipi hava ısıtıcısı
- b) Rothemuhle tipi hava ısıtıcısı



Ekonomizörlerde olduğu gibi hava ısıtıcılarında da duman gazları bir miktar daha soğutulurken hem daha fazla yakıt ekonomisi hem de yakma havasının ısıtılmasıyla ocakta daha iyi bir yanma sağlanır.

Hava ısıtıcılarının üstünlükleri şunlardır;

- 1) Hava ısıtıcısına giren hava sıcaklığı ekonomizöre giren su sıcaklığından daha düşük olduğundan duman gazları hava ısıtıcısında daha düşük bir sıcaklığa kadar kolaylıkla soğutulabilir
- 2) Hava ısıtıcısındaki basınçlar su ısıtıcısına göre çok daha azdır.
- 3) Daha düşük hava sıcaklık kat sayısı ile tam yanmaya yaklaşıldığından yanma verimi artar.
- 4) Küçük yüklerde dahi yakıtın tutuşması kolaydır.
- 5) Tutuşmanın hızlanması daha geniş yük aralığında çalışmayı sağlar.
- 6) Yanmanın iyileşmesi ve ocak sıcaklığının artması kompakt kazanların imalatına imkân verir.
- 7) Sıcak hava ile toz kömür kurutulduğundan taşınması, beslenmesi ve yakılması kolaylaşır.
- 8) Çok nemli testere talaşı, odun zeytinyağı ve pancar atıkları sıcak hava ile kurutularak kolayca yakılabilir.
- 9) Aynı çeşitli bölgelerin ısıtılmasında ve bazı maddelerin kurutulmasında sıcak havadan yararlanılabilir.

Bu üstünlüklere karşılık sakıncaları;

- 1) Havanın ısınması stoker ve ocak duvarlarının refrakterlerinde çabuk bozulmalara neden olduğundan ilave bir bakım masrafı doğurur.
- 2) Sıcak hava içine karışabilen yanıcı tozlar tutuşarak önemli tahribat yapabilir.

- 3)Hava ısıtıcısının mümkün olduğu kadar küçük projelendirilmesi vantilatör ve kanalların uygun dizaynı için dikkatli bir ön çalışma gerekir.
- 4)Hava kaçaklarını karşılamak için vantilatör kapasitesi artırılır.
- 5)Hava ve duman tarafındaki kaçakların tespiti kolay değildir.

KURUM ÜFLEYİCİLER: Yanma sonunda ortaya çıkan kül, kurum gibi elemanların duman gazları ile sürüklenerek ısı transferi yüzeylerine yapışması, bu yüzeylerden geçen ısı transferini olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle böyle istenmeyen tozların toplanacağı yüzeyleri temizlemek için, buhar veya basınçlı hava ile çalışan kurum üfleyici adı verilen cihazlar kullanılır.

TOZ TUTUCULAR: Katı yakacak yakan buhar kazanlarının duman gazlarında sürekli olarak önemli miktarlarda kül ve kurum gibi tozlar bulunur. Özellikle kızdırıcı, ekonomizör, hava ısıtıcısı ve asıl ısıtma yüzeylerini temizlemek için kurum üfleyiciler çalıştırıldığında duman gazındaki tozlar daha artar. Bu tozları tutarak , duman gazının nispeten zararsız bir şekilde bacadan atmosfere verilmesi gerekmektedir. Bunun için toz tutucuları kullanılmaktadır. Buhar kazanlarında toz tutucusu olarak siklon, ıslak tutucu ve elektrostatik filtre gibi cihazlar kullanılır.

DEGAZÖRLER: Su içerisinde erimiş halde bulunan oksijen malzeme üzerinde çukurlar halinde, karbondioksit ise bütün yüzeyde korozyon meydana getirir. Besi suyu kazana basılmadan önce karbondioksitten tamamen, oksijenden ise mümkün mertebede temizlenmiş olması gerekir. Gaz alma işlemi için pratikte ısıl yöntem kullanılır. Gaz alınacak su ile buhar ters yönde birbiri ile karşılaştırılır. Buhar yoğunlaşarak aşağıda toplanırken, yoğunlaşmayan gazlar havalıktan dışarı atılır.

FLAŞ TANKI: Yüksek basınçtaki kazan suyu veya kondenzen alçak basınçlı flaş buhar elde etmek için flaş tankı kullanılır. Flaş tankları blöften geri ısı kazanmada ve açık devreli buhar sistemlerinde yüksek basınçlı kondenzen ısı geri kazanmada kullanılır.

BLÖF TANKI: Kazan boşaltma suyu kazanda su seviyesini düşürürken atılan su dip blöf suyu yüksek basınçlı su olup, doğrudan rögara verilmez. Bunun için bir blöf soğutma tankı kullanılır.

BESİ SUYU POMPALARI: Buhar kazanlarının emniyetli ve düzenli çalışabilmesi için en önemli yardımcı elemanlardan biri besi suyu pompasıdır. Besi suyu pompaları küçük kapasiteli kazanlarda su seviyesine göre zaman zaman çalışmasına karşılık, büyük kapasiteli kazanlarda debisi ayarlanarak sürekli çalışır.

DEGAZÖRLER

(KAZAN BESLEME SUYU GAZ ALMA CİHAZLARI

Buhar ve kaynar su sistemlerinin iki düşmanı vardır: Sudaki kireç gibi sertlik ve taş yapıcı malzemeler ve Oksijen (O₂) ve Karbondioksit (CO₂) gibi koroziv gazlar. Oksijen (O₂), havada ve taze kazan besleme suyu içinde çözünmüş halde bulunur. Su, hava ile temasında çok kolay bir şekilde oksijen alır. Karbondioksit (CO₂), ham suyun geçici sertliğini oluşturan veya yumuşatma işleminden sonra nitelik değiştiren sertlik yapıcı malzemelerin (karbonatların) sıcaklık ve basınç altında parçalanarak ayrışması sonucu oluşur. Buhar kazanları besleme suyu ve kaynarsu kazanları tamamlama suyu içinde çözünmüş olarak bulunan serbest oksijen (O₂) ile kazanlar içinde karbonatların parçalanmasıyla oluşan karbondioksit (CO₂) gazları, kazanlarda, buhar kullanan cihazlarda ve özellikle tesisatlarda gözenekler ve paslanarak erimeler şeklinde korozyona neden olurlar. Bu gazların etkileri taze besleme suyu oranı ve sistem işletme basıncı arttıkça daha da artar. Kazan besleme suları bu gazlardan arındırılmazsa tüm sistem ömrü kısılır, çok kısa sürelerde dahi kazanda ve sistemi

oluşturan cihaz ve tesisatlarda korozyon ve delinmeler oluşabilir. Bunun yanında CO₂, özellikle buhar kullanan cihazlarda ve serpantinlerinde ve kondens borularında aşırı korozyona neden olur. Kazan besleme sularının O₂ ve CO₂ gazlarından arındırılmaları için degazör cihazından geçirilerek degaze edilmeleri şarttır.

degazör cihazları

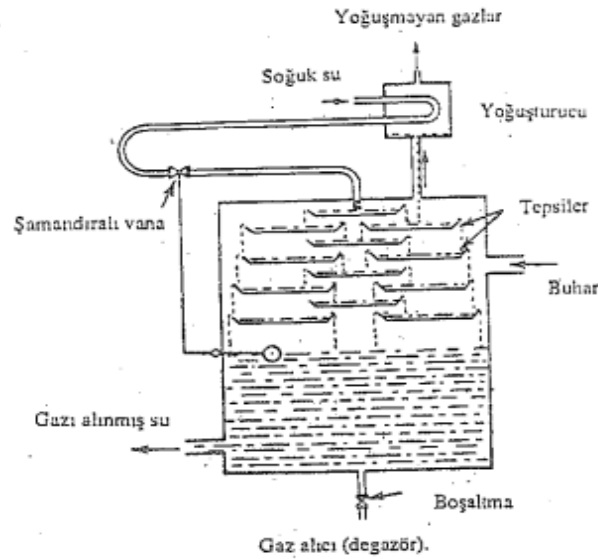
- Sıcaklık + basınç esasına göre çalışan degazörler
- Sıcaklık + pulverizasyon esasına göre çalışan degazörler

olmak üzere iki tiptir.

1. tipteki sıcaklık + basınç esasına göre çalışan degazörler, özellikle taze besleme suyu oranının yüksek olduğu yüksek basınçlı kazanlı sistemlerde kullanılırlar. Bu cihazlar, kısmen kondens tankında parçalanmış karbonatların kendi bünyelerinde de parçalanmalarını ve gazlarını açığa çıkarmalarını da sağlarlar. Bu cihazların işletme sıcaklığı 102 - 105 °C, işletme basıncı 0,2 - 0,5 atü mertebesinde olup, gaz alma verimleri %96 - %100 aralığındadır. Sıcaklık yüksek olduğundan kazan besleme pompalarının kavitasyona neden olmadan sağlıklı çalışmalarını sağlamak amacıyla pompalardan asgari 4 - 4,5 metre yükseklikte tesis edilmeleri zorunludur. Bu tipteki degazör sisteminde ısıtıcı buharın diğer bir kısmı, özel bir karışım donanımı ile doğrudan degazör tankı içindeki suya verilerek, suyun kaynatarak gazını bırakması sağlanır ve yeniden gaz alması engellenir.

2. tipteki sıcaklık + pulverizasyon esasına göre çalışan degazörler, özellikle taze besleme suyu oranının düşük olduğu orta basınçlı kazanlı sistemlerde kullanılırlar. Bu cihazların işletme sıcaklığı 90 - 95 °C, işletme basıncı atmosferik, gaz alma verimleri %90 - %95 aralığındadır. Karbonatların parçalanması kendi bünyelerinde veya kondens tankında gerçekleşir. Sıcaklık yüksek ve kavitasyon tehlikesi olmadığından kazan dairesi zemininde veya kondens tankı üzerinde tesis edilebilirler.

Her iki degazör sisteminde besleme suyu pulverize edilmek ve degazör tavalarından geçirilmek suretiyle buharla karıştırılarak sıcaklığı artırılır ve böylece O₂ ve CO₂ gazları besleme suyundan ayrıştırılır. Serbest kalan O₂ ve CO₂ gazları degazör üzerindeki otomatik gaz atma vanasından dışarı atılır



BESLEME POMPALARI

Buhar kazanlarının emniyetli ve düzenli çalışabilmesi açısından en önemli yardımcı elemanlardan biri besleme pompalarıdır. Besleme pompaları küçük kapasitelerde kazandaki su seviyesine göre zaman zaman çalışmasına karşılık, büyük kapasitelerde debisi ayarlanarak sürekli çalışır. Özellikle büyük işletmelerde ve termik santrallerde kullanılan kazanların besleme pompalarının seçimi ve dizynında göz önüne alınması gereken hususlar çeşitli standartlarda verilmektedir. Genel olarak kara tipi buhar kazanlarında:

1. Besleme pompası tahrikinde kullanılan (buhar veya elektrik) enerjisinin devreden çıkması halinde, kazan yakma sistemi de devreden çıkıyorsa ve kazanda depo edilmiş ısı enerjisi kazan için bir tehlike oluşturmuyor ise,
2. Buhar kazanında otomatik kontrollu bir yakma sistemi var ise,
3. Buhar basıncı ve su beslemesi otomatik kontrollu ise,
4. Düşük su seviyesini belirten bir emniyet tertibatı var ise,

Tek bir besleme pompası yeterlidir. Aksi taktirde sistemde en az iki besleme pompası konulmalıdır.

Besleme pompalarının debisi, işletmenin müsaade edilen maksimum buhar tüketiminin 1.25 katı olmalıdır. Zorlanmış akışlı buhar kazanlarında besi pompası debisi işletmenin maksimum buhar tüketimini karşılayacak kadar olmalıdır. Sistemdeki sürekli blöf miktarı %5 değerinden fazla ise, blöf miktarı kadar besleme pompası debisi artırılmalıdır.

Besleme pompaları müsaade edilen işletme basıncının 1.1 katı basınçta istenilen miktar suyu basabilecek kadar olmalıdır.

Sistemde en az iki besleme pompasının bulunması durumunda:

- Debisi büyük besleme pompasının devreden çıkması durumunda, geri kalan pompalar yukarıda verilen şartları gerçekleştirmelidir.
- Birbirinden bağımsız iki enerji kaynağı (elektrik ve buharf) bulunması tercih edilmelidir.

Besleme pompalarının hepsi elektrik veya bir kısmı elektrik, bir kısmı buhar ile tahrik ediliyor ise bu enerji kaynaklarından birinin devreden çıkması durumunda, diğer kaynakla beslenen pompa, buhar debisinin en az 1.25 katını karşılamalıdır. Enerji kaynağının devreden çıkması durumunda yakma sistemi de devreden çıkıyor ise ve kazanda biriken ısı, su miktarını aşırı derecede buharlaştırmıyor ise, besleme pompalarının tek bir elektrikli enerji kaynağından tahrikine müsaade edilebilir.

DUMAN ÇEKİŞİ: Duman gazlarının kazan içindeki hareketini sağlayan çekiş işlemi üç şekilde yapılabilir:

- 1.) Sadece baca yardımıyla sağlanan doğal çekiş
- 2.) Emme ve basma fanları ile ortak olarak sağlanan dengeli çekme
- 3.) Sadece basma fanının sağladığı ve bütün kazan duman yollarında atmosfer üstü basıncın olduğu çekiş.

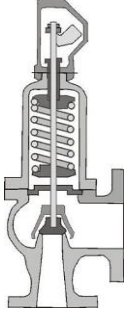
Her üç çekme durumunda da, baca fanların sağladığı basınçların toplamı, duman gazının yük kayıpları toplamını yenmelidir.

YAKIT FİLTRESİ: Yakıt filtresi yanmanın iyi olması ve verimin düşmemesi için yakıt içerisindeki yabancı maddelerin tutulması için kullanılır.

BUHAR KAZANLARININ EMNİYET VE KONTROL ELEMANLARI

BASINÇ VE KONTROL ELEMANLARI:

Emniyet Valfleri (Vanaları, ventilleri): Herhangi bir nedenle kazan içindeki basıncın istenen değeri aşması durumunda kendiliğinden açılarak kazan basıncını istenen düzeye düşüren elemanlardır. İki türlü emniyet valfi vardır.



- Yaylı emniyet valfleri



- Ağırlıklı emniyet valfleri

Kazan üzerinde iki adet kullanılmalıdır. Malzeme çelik veya özel döküm olabilir. Emniyet vanaları açtıklarında kazandaki basınç yükselmeyecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Emniyet valfleri, maksimum çalışma basıncının % 6 üzerine çıkılmadan, kazan tam kapasitede iken buharı dışarı atabilecek ölçüde olmalıdır. Emniyet valfleri çalışma basıncının yaklaşık % 10 daha üzerinde bir değere ayarlanmalıdır. Örneğin 8 atü işletme basıncı olan bir kazanda emniyet valfleri ~ 8,8 atü değerine ayarlanmalıdır.

Presostatlar: Kazan içindeki basıncı belirli bir noktada tutmamızı sağlayan ve basınç sinyalini elektrik sinyaline çeviren elemanlardır. Ayarladığımız noktada kontak vererek brülörün devreden çıkmasını ve ayarladığımız fark basıncı kadar sonra tekrar devreye girmesini sağlarlar.

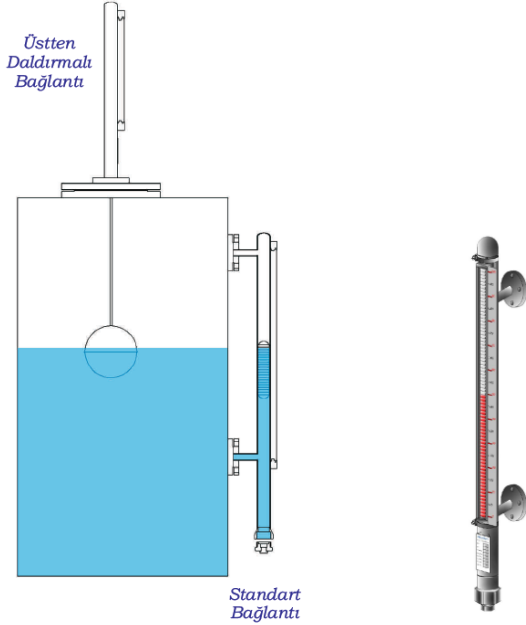
Sıcaklık ve basınç değerlerini hissedip ilgili cihazın kontrolünü sağlayan elemanlardır.



Presostatlar kazan üzerinde iki adet olmalıdır. Bunlardan birincisi limit presostat olup ayarlanan değerde brülörü durdur. Diğeri ise basınç ayar presostadı olup, brülör cinsine göre oransal veya on – off kontrollü olabilir. Presostat seçiminde dikkat edilecek çok önemli bir nokta presostat ayar basıncının, presostat çalışma aralığının ortasında bir yerde olmasıdır.

SU SEVİYE KONTROL ELEMANLARI:

Manyetik seviye göstergeleri: Yoğunluğu farklı birçok sıvıda kullanılabilen basınca dayanımlı ve kolay izlenebilen cihazlardır. Birleşik kaplar ve sıvının kaldırma kuvveti prensibiyle çalışan cihazın monte edildiği tankın içindeki sıvı, şamandırada kırmızı-beyaz diskleri hareket ettirerek seviyenin rahatlıkla takibini sağlar. Vibrasyondan etkilenmeden çalışması, korozyona dayanıklılığı ve çok değişik sıvılarda kullanılabilmesi cihazın özelliklerindendir. İstenildiğinde bağlanan sensörlerle seviye kontrolü de yapılabilir.



Kazan Besi Pompaları : Kazan besi pompaları, buharlaşmadan dolayı eksilen kazan su seviyesini normal seviyesine getirmek için kazana su basan pompalardır. Kazan içindeki basıncı yenibilmek için kademelidirler. Kazan besi pompaları rulmanları periyodik olarak gres yağı basılarak yağlanmalıdır. Salmastralarından fazla miktarda su kaçması durumunda salmastra baskısı sıkılmalıdır. Eğer sonuna kadar sıkılmış ise yeni salmastra takılmalıdır. (Dakikada 30 damla normaldir.)

Tağdiye Cihazları: Tağdiye cihazları kazan su düzeyini denetlerler. Su seviyesi belirli bir seviyeye düştüğünde kontak vererek kazan besi pompasının çalışmasını sağlarlar. Yine belirli bir düzeye çıktığında pompaların devreden çıkmasını sağlarlar. Tağdiye cihazları bir emniyet aracı olarak da görev görürler. Şöyle ki: Kazan seviyesi ayarlanan değerinde altına düştüğünde ikinci cam tüpteki uçlar kontak vererek brülörün devreden çıkmasını sağlarlar. Böylece olabilecek muhtemel bir kazan patlamasının önüne geçilmiş olunur.

ISI KONTROL ELEMANLARI:

Termostatlar: Kazandaki kızgın suyun sıcaklığını sabit tutar. Sıvı yakıtlı kazanlarda sıcaklık artınca brülörü durdurur, sıcaklık düşünce brülörü çalıştırır. Kömür yakıtlı kazanlarda ise sıcaklık artması veya azalması halinde sırasıyla yanma havası vantilatörünü durdurur veya çalıştırır.



- **Isıl genleşmeye dayanan sıcaklık ölçme aletleri**
 1. İdeal gaz termometreleri
 2. Sıvı genişlemeli termometreler
 3. Metal genişlemeli termometreler
- **Radyasyon özelliğine dayanan termometreler**
 1. Optik pirometreler
 2. Radyasyon pirometreleri
- **Elektriksel özelliklerin değişimine dayanan sıcaklık ölçme cihazları**
 1. Elektrik direnç termometreleri
 2. Termistörler
 3. Termoelemanlar

GÖSTERGELER:

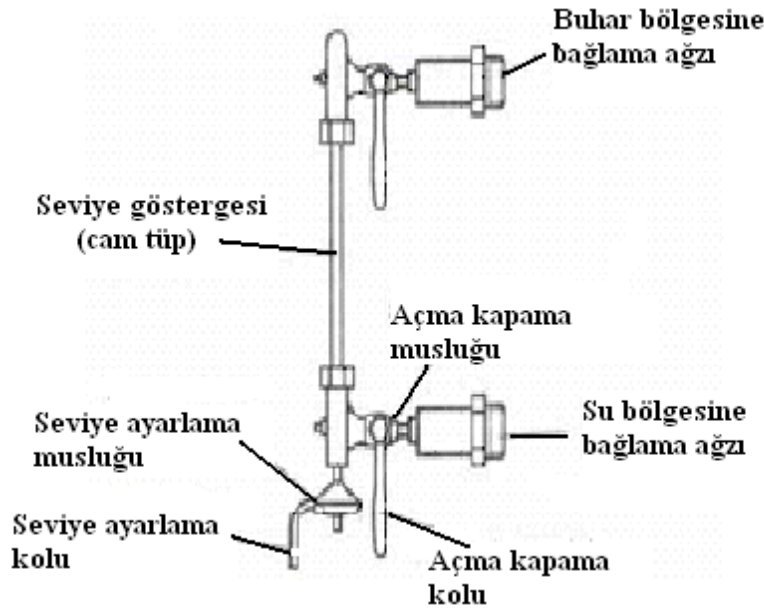
Manometreler: Kazan içindeki basıncı gösteren elemanlardır. Kazanın çalışma basıncı manometre üzerinde işaretlenmelidir. Her iki manometre de aynı değeri göstermelidir. Eğer manometreler farklı değer gösteriyorsa birisi mutlaka arızalı demektir. Brülör üzerinde bulunan manometreler ise titreşimden etkilenmemesi için gliserinli manometre olmalıdır.



Termometreler: Sıcaklık, ölçen elemanlardır. Kazan suyunun sıcaklığını gösterir; kazanın ya da gidiş kolektörünün üzerinde bulunur.

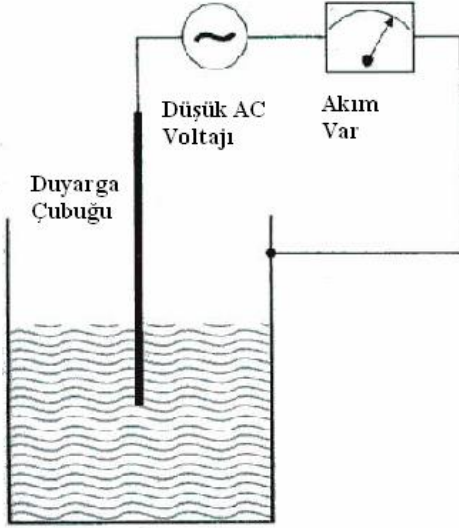


Su seviye göstergeleri: Su seviye göstergeleri kazan içindeki su seviyesini gösterirler. Bunlar genelde iki çeşittir. Düz cam olanlar ve cam gösterge içinde metal farklı renkli disk şeklindedirler. Seviye göstergeleri günde 1 defa blöf edilmelidir. Böylece tortu oluşup görevlerini yapamaz duruma gelmeleri engellenmiş olur.

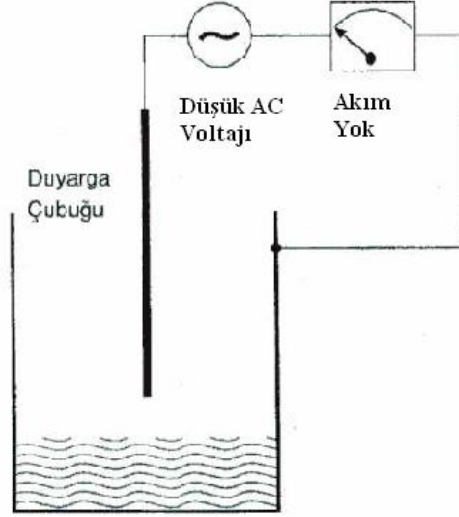


İletkenlik Duyargaları

Çalışma Prensibi: Duyarga, temasta olduğu ortamın elektrik iletkenliğine göre suyun seviyesini belirler.



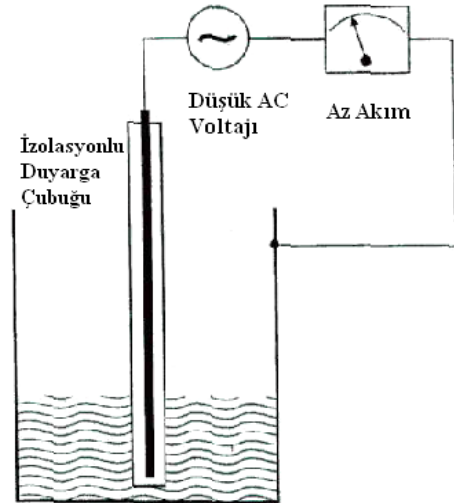
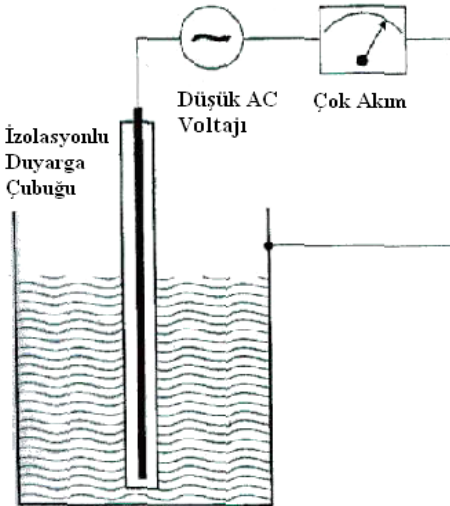
Su ile temasta olan duyarga akımı iletir



Su ile temasta olmayan duyarga akımı iletmez

Kapasitans Duyargaları

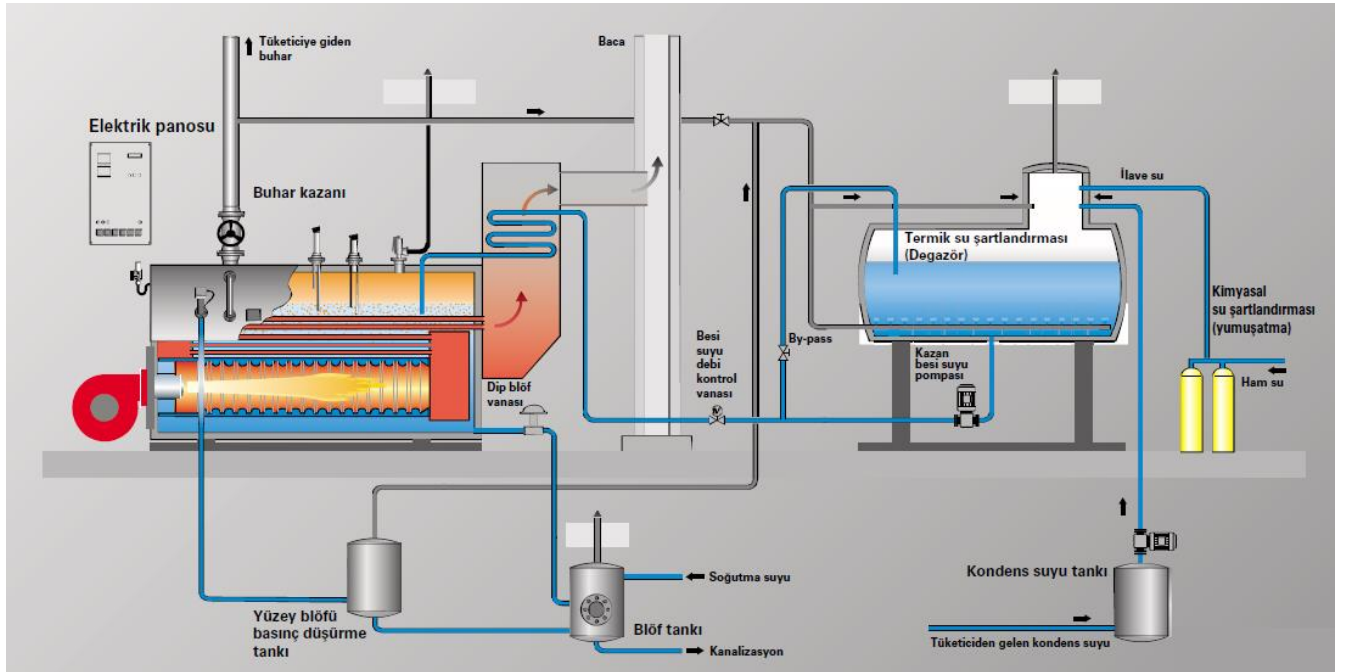
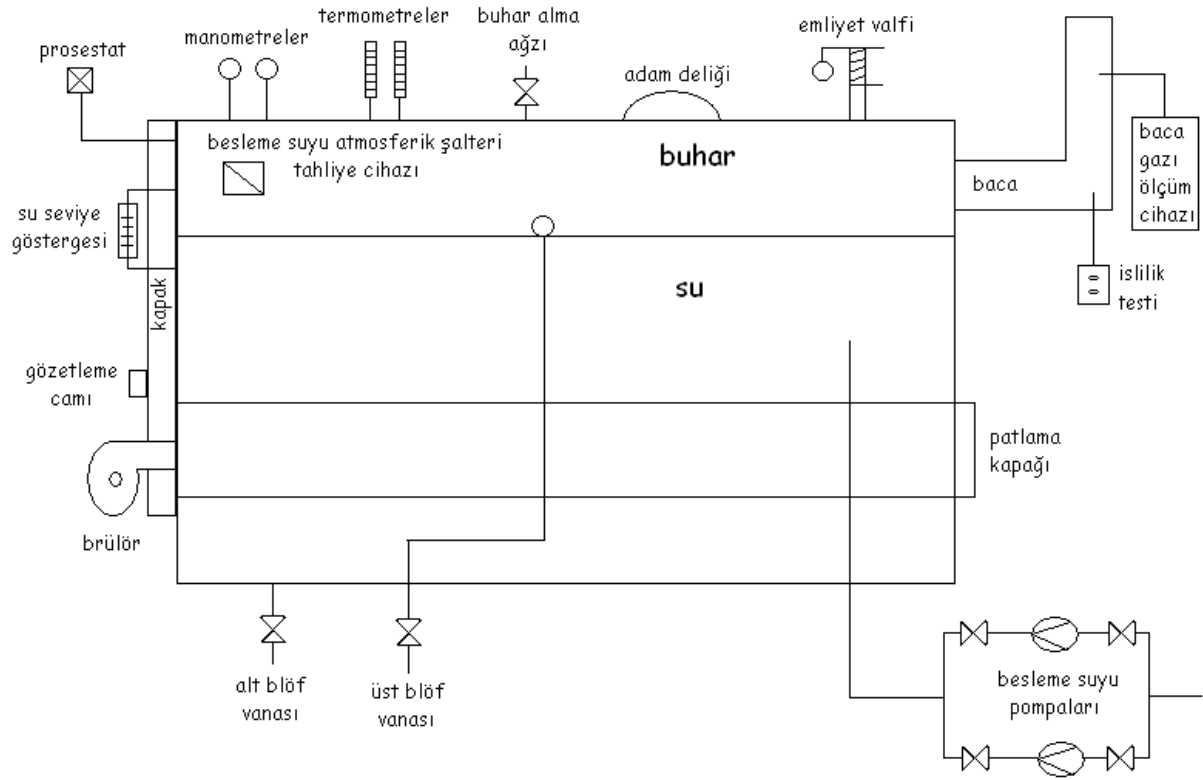
Çalışma Prensibi: Duyarga, temasta olduğu sıvının miktarı ile orantılı olarak bir elektrik sinyali verir.



Daha düşük su seviyesinde zayıf akım

Hidrometre: Binadaki su seviyesini gösterir. Kazanın veya gidiş ve dönüş kolektörünün üzerinde bulunur. Açık sistemde çalışan (genleşme deposu dış havaya açılan) kazanlarda bulunur.

Ölçme ve kontrol elemanlarının buhar kazanı üzerinde şematik gösterimi:



PRESOSTATLAR: Basınç kontrol elemanlarıdır. kazan üzerinde iki adet olmalıdırlar. Bunlardan birisi limit presostat olup, ayarlanan değerde brülörü durdurur. Bir diğeri basınç ayar presostatı olup, brülör cinsine göre oransal veya on-off kontrolü yapabilir.

MANOMETRELER: Kazan buhar basıncının okunmasına yararlar. Kazan üzerinde tedbir amaçlı iki adet bulunur. Manometrede çalışma basıncı, cihaz ölçüm aralığının yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ünde olmalıdır.

SU SEVİYE GÖSTERGESİ: Su seviye göstergeleri işletme esnasında buhar kazanlarındaki su seviyesinin tam ve doğru bir şekilde bilinmesi için konulan emniyet cihazlarıdır.

EMNİYET VENTİLLERİ: Bu cihazlar buhar kazanlarında ayarlandıkları basınçta kendiliğinden açılarak kazandaki fazla buharı dışarı atar. Ağırlıklı veya yaylı cinsli olabilir. Kazan üzerinde iki adet kullanılmalıdır.

PATLAMA KAPAĞI: Patlama kapağı kazan üreticisi sorumluluğunda olup gaz patlamalarına karşı alınmış bir önlemdir. Gazların basıncının artmasıyla meydana gelen patlamanın etkisiyle kapak geri itilir ve basıncı alınır.

ALARM SİSTEMİ: Otomatik su besli cihazından kumanda alan bir sesli bir ışıklı alarm konulur.

KAZAN OTOMATİK BESİ CİHAZI: otomatik su besli cihazı, kazanda ayarlanan su seviyesi azaldıkça, besli pompalarına kumanda ederek kazana otomatik olarak su basılmasını ve seviyesinin sabit tutulmasını temin eder. Kazan üzerindeki en önemli emniyet ve kontrol elemanıdır.

BLÖF KONTROL VANASI: Kazan içerisindeki tuz konsantrasyonunu ayarlamak için üst blöf yapılır. Yüksek oranda tuz içeren kazandaki su dışarı atılarak yerine çok daha az tuz içeren taze su alınır. Böylece kazandaki tuz konsantrasyonu düşürülür. Üst blöf yapılmazsa, su yüzeyinde köpükleme olur ve buharla birlikte yüksek oranda tuz içeren su sürüklenir. Tuzlu su kontrol cihazlarının arızalanmasına, eşanjör yüzeylerinde birikim olmasına, buhar kapılarının tıkanmasına, boruda ve cihazlarda korozyona sebep olur.

YAKITLAR

Yakıldıkları zaman ortama ısı veren maddelere yakıt denir. Yakıtlar cinsine göre 3'e ayrılır:

- 1.) Katı
- 2.) Sıvı
- 3.) Gaz

Katı Yakıtlar

Antrasitler :Yoğun ve serttir, parlak siyah renklidir, tabakalar taşımaz ve homojendirler.

Taş kömürleri

Linyitler

Turbalar

Odunlar

Katı atıklar gibi doğal olanlar ile doğal yakıtların karbonlaştırılması ile

Kok ve semikok

Taş kömürü ve linyit briketleri

KÖMÜR

Buhar kazanlarında birinci enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtlar arasında kömür yer almaktadır. Kömürü meydana getiren bileşenler pratikte iki farklı analizyöntemine göre ifade edilir.

1-Elementer analiz: karbon(%72) hidrojen(%5) oksijen(%6,7) kükürt(%2,3) kül(%7) su(2,5) azot (%4,5)

2-Endüstriyel analiz: karbon(%52,9) uçucu madde(%37,6) kül(%7) su(%2,5)

Kömürün Fiziksel Özellikleri

1-Isıl değer: 1 kg kömürün yakılmasından elde edilen ısıdır.

2-Kül yumuşama sıcaklığı: Kül ısıtıldığında önce yumuşar, sonra yapışkan duruma gelir. Sonunda da ergir. Bu değerler standart büyüklükte, külden yapılan konilerin veya piramitlerin ısıtılan bir ortamda gözlenmesi saptanır.

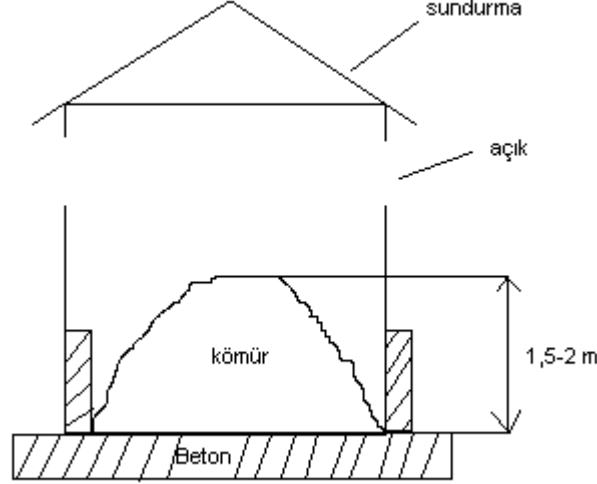
3-Kömürün tepkime şiddeti: Kömürün tutuşma sıcaklığı üzerinde oksijenle birleşme hızıdır.

4-Serbest genleşme indisi: kapalı bir kaptaki belirli koşullarda ısıtılan kömürün hacminde oluşan büyümeyi anlatır.

5-Öğütebilme: Kömürün tozlaştırma kolaylığının standart bir ölçüsüdür.

Kömürün Depolanması

Dış ortamdan en az etkilenecek şekilde muhafaza edilir. Saklanacak kömür kuru olmalı, içersinde kuru tahta, yanıcı maddeler olmamalıdır. Çeşit kömürler kendi aralarında depolanmalı, yığma; trapez veya üçgen şeklinde olmalıdır. Yığma yüksekliği 1,5-2 m olmalıdır.



Sıvı Yakıtlar

Buhar üretimi için en yaygın kullanılan sıvı yakıt, yakıt yağı (fuel-oil)'dir.

Sıvı yakıtlar genelde ham petrolün damıtılmasıyla elde edilen ürünlerdir. Ham petrol bitki ve hayvan fosillerinin milyonlarca yıl toprak altında kalması ve bu arada bir takım bakteriyolojik etkilerle değişime uğraması sonucu oluşmuş siyah renkli yanıcı bir sıvıdır.

Sıvı yakıtlara teknikte yakıt yağları da denir.

Yakıl yağları-fuel oil

Bitkisel yağlar-Biyodizel, alkol

Fuel-oil; Ticari olarak 6 dereceye sınıflandırılmıştır.

1-2-3 dereceli yağlar; Ön ısıtmaya gerek duyulmayan yakıtlar

4-5-6 dereceli yağlar; Viskozitesi yüksek olduğundan ön ısıtmaya gerek duyulur.

4 nolu yakıtlar kalorifer yakıtı olarak evlerde kullanılabilir.

6 nolu yakıtlar en ağır ve en ucuz olan yakıtlardır. Çevreye çok fazla zarar verdiklerinden kullanımı uygun değildir.

Bileşimi; Karbon(%83-87),hidrojen(%11-16),oksijen+azot(%0-7),kükürt(%4)

Kükürt; İstenmeyen bir maddedir. Çevreye zarar verir. Atmosferde su buharıyla tepkimeye girerek asit yağmuruna sebep olur.

Alev alma sıcaklığı: sıvı yakıtlar, üzeri açık bir kapta ısıtılırken belli bir sıcaklıkta alev yaklaştırılırsa bir an için alev alırlar. Alev çekilirse sönerler. Bazı kaynaklar, sıvıların yanmaları ile ilgili bu en küçük sıcaklığı, parlama sıcaklığı olarak adlandıırırlar.

Yanma sıcaklığı: sıvı yakıt bir miktar daha ısıtılırsa bir alev yaklaştırıldığında yine alev alır. Yaklaştırılan alev çekilse bile kendi kendine en az 5 sn daha yanmasını sürdürür. Bu duruma yanma sıcaklığı veya yanma noktası denir.

Kendi kendine tutuşma sıcaklığı: Üzeri açık kapta bulunan sıvının ısıtılması sürdürülürse öyle bir sıcaklığa erişir ki hiçbir alev yaklaştırılmasa bile kendiliğinden yanmaya başlar. Bu sıcaklığa yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığı denir.

Gaz Yakıtlar

Gaz yakıtlar, kontrol kolaylığı, hemen hiç katı atık bırakmayışı ve çok az hava fazlalığına gerek duyulması sebebiyle ideal yakıtlardır. Bu yakıtların en önemli bilinmesi gereken özellikleri, bileşimleri, ısı değerleri ve yoğunluklarıdır. Eğer kullanım yerinde var ise; denetim kolaylıkları, hiç katı atık bırakmayışları, çok az hava fazlalık katsayısına gerek duymaları, kullanım yerlerinde kükürt içermeyişleri gibi nedenlerden dolayı en uygun yakıttır.

Hava gazı, su gazı gibi yapay olanları ile ham petrolün damıtılmasından üretilen sıvılaştırılmış petrol gazı(LPG) ve doğal gaz çeşitleri vardır.

Doğalgaz: esas içeriği metan ve etan gazıdır. Kükürt miktarı olmayan tek yakacaktır. Çevreci bir yakıttır. Renksiz ve kokusuzdur. Doğal gaz; metan, etan, propan gibi hafif moleküler ağırlıklı karbonlardan oluşan renksiz, kokusuz ve havadan hafif bir gazdır. Petrol ve gaz yataklarının üst kısmından toplanır.

En önemli özelliği temiz bir yakıt olması ve çevreyi kirletmemesidir. Gaz halinde olması nedeniyle hava ile daha iyi bir karışım oluşturarak kolay yanar, tam yandığında mavi bir alev oluşturur.

Pratikte yakacak olarak kullanılan doğal gazın bileşimi: metan CH_4 (%70-96), etan C_2H_6 (%1-14), propan C_3H_8 (%0-4), bütan C_4H_{10} (%0-2), pentan C_5H_{12} (%0-0,5), hekzan C_6H_{14} (%0-2), karbon dioksit CO_2 (%0-2), oksijen O_2 (%0-1,2) ve azot N_2 (%0,4-17) gazlarından oluşur.

Doğalgazın özellikleri

- %80-95 metan, %5-19 etan ve propan ile azottan oluşur.
- Renksiz ve kokusuzdur. Emniyet açısından doğal gazın koku ile anlaşılabilmesi için bunlara koku verici elemanlar ilave edilir.
- %5 ile %15 oranında havaya karıştığında patlayıcı özelliği vardır. Bu yüzden yapay olarak kokulandırılmıştır.
- Mavi bir alev ile yanar.
- Hidrojen miktarı katı ve sıvı yakıtlara göre daha yüksektir. Karbon miktarı ise daha azdır.
- Kül ve nem içermez.
- Havadan daha hafiftir.

LPG: sıvılaştırılmış petrol gazıdır. İçerisinde bütan ve propan bulunur. atm basıncında gaz halinde olup yüksek olmayan basınç altında sıvı hale geçerler. Havadan daha ağır bir gazdır.

YANMA

Yakıt içinde yer alan yanabilir bileşenlerinin havanın oksijeni ile kimyasal olarak hızla birleşmesi şeklinde tanımlanır. Bu yanabilir maddeler;

Katı yakıtlarda: C, H, S

Sıvı yakıtlarda: C, H ve az miktarda S

Gaz yakıtlarda: C ve H elementleridir.

Yanmanın olabilmesi için yanıcı ve yakıcı madde arasındaki tepkime hızlı ve ısı enerjisi açığa çıkmalıdır. Yanma hızlı fakat ısı enerjisi açığa çıkmazsa patlama olur. Yanma sonucu karbondioksit(CO_2) ve su buharı (H_2O) oluşur.

Tam yanma: yanma sonucu meydana gelen gazlarda hiçbir yanıcı madde bulunmuyorsa buna tam yanma denir. Tam yanma sonucu hava(oksijen) fazla olduğundan bir kısmı tepkimeye girmeden çıkar.

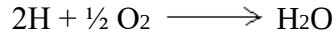
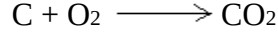
Eksik yanma: yanma sonucu C,H gibi maddeler bulunuyorsa bu yanmaya eksik yanma denir.

Yanma gazlarında CO vardır. Alev rengi sıvı ve katılarda koyudur. İs ve kurum birikmesine neden olur.

Eksik yanmayı doğuran nedenler;

- Yetersiz hava ve yakacak ile havanın iyi karışmaması
- Aleve yetersiz hava sağlanması
- Alev içinde reaksiyon zamanının yetersiz olması
- Alevin soğuk yüzeyler ile temas etmesi
- Çok düşük alev sıcaklığı

Eksik yanmada yanma verimi ve kazan verimi düşer, çevre kirliliği oluşur ve yakacak miktarı artar.



Stokiyometrik yanma: yanma sonucu yanıcı ve yakıcı maddelerin hepsi tepkimeye girerek karbondioksit ve su buharı oluşturmaları olayıdır.

Tam yanma sonucu su buharı ve karbondioksit gazı meydana gelir. Yanmada yakacağın yanması için daha fazla hava olması gerekir. İdeal miktardan daha fazla verdiğimiz havaya **hava fazlalığı**, verilen hava miktarının ideal hava miktarı oranına da **hava fazlalık katsayısı** denir.

$$\Lambda = n = \frac{L_{\text{gerçek}}}{L_{\text{ideal}}} \quad (\text{hava fazlalık katsayısı})$$

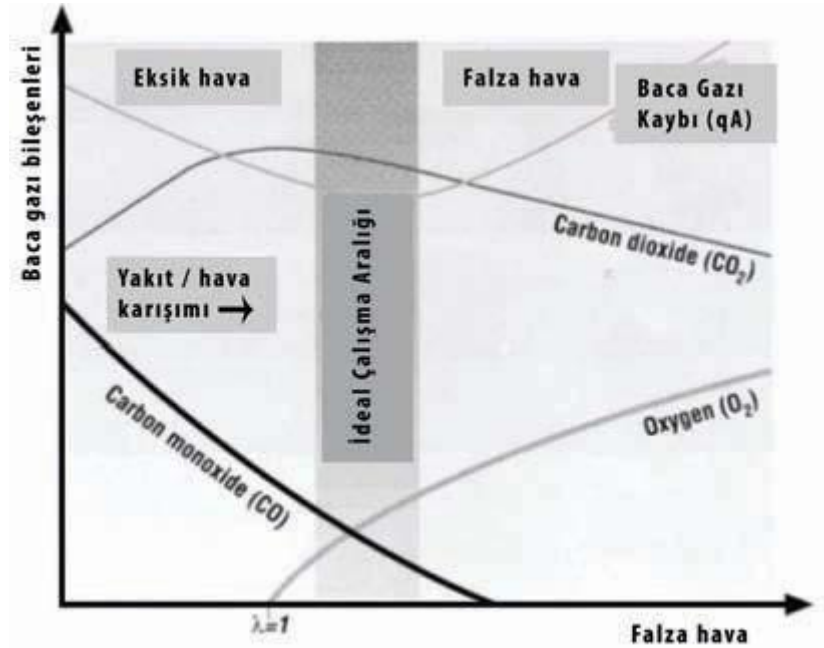
$n < 1$ ise eksik yanma

$n = 1$ ise stokiyometrik (ideal) yanma

$n > 1$ ise tam yanma

n değeri

Toz kömür	1,15–1,2
Parça kömür	1,1–1,15
Tane kömür	1,15–1,6
Fuel-oil	1,05–1,1
Doğal gaz	1,07–1,12



Isıl Değer

1 kg veya 1 m³ yakıtın tam yanması sonucu açığa çıkan ısı enerjisine denir. Birimi kJ/kg, kcal/kg, kJ/Nm³

Alt ısı değer: yanma ürünlerinin çevre sıcaklığının üstünde bir değerde atılması sonucu elde edilen ısı değeridir.

Üst ısı değer: baca gazları çevre sıcaklığına getirilip atmosfere atılırsa elde edilen ısı değeridir.

Pratikte, hesaplamalarda alt ısı değer kullanılır.

Üst ısı değer = Alt ısı değer + Suyun buharlaşma gizli ısısı

$$H_{üst} = H_{alt} + m_{su} * h_{fg}$$

$$\eta_{ısı} = \frac{Q_{su}}{Q_{verilen}} = \frac{Q_{su}}{m_{yakıt} * (H_{alt} + h_{fg} * m_{buhar})}$$

$$\eta_{ısı} = \frac{Q_{su}}{H_{alt}} + \frac{m_{su} * h_{fg}}{H_{üst}}$$

Yakıt	Alt ısı değer(kcal/kg)	Üst ısı değer(kcal/kg)
Ham petrol	9300–10400	9800–10700
Motorin	10120	10800
Fuel-oil	9500–9700	10000
Benzin	10300	11200
Taş kömürü	6000–7000	7000–8000
Linyit kömürü	4500–5000	5000
Doğal gaz	11740	13025

EMİSYON:

Havaya salınan her türlü baca gazına emisyon gazları denir. Emisyon gazları hava ve çevre kirliliğine yol açar. Başlangıçta bölgesel olarak görülen birçok hava kirliliği problemi, ozon tabakası, asit yağmurları, sera etkisi gibi olayların ortaya çıkması ile uluslar arası sorun haline gelmiştir.

Hava kirliliğinin oluşumu ve çözümü çok sayıda mühendislik dalını yakından ilgilendirmektedir. Hava kirliliğinin daha başlangıçta oluşumu ve giderilmesi özellikle makine ve tesisat mühendisliği açısından önem kazanmaktadır. Pratik açıdan bakıldığında hava kirliliği konusunda çalışan makine mühendisleri esas olarak;

- Endüstriyel bir işlem için hava kirliliği yönetmelik ve kanunlarını ön gördüğü koşulları gerçekleştirmek;
- Tozların çevrede bulunan canlılar, cihazlar, tesisatlar ve yapılar üzerine yaptığı olumsuz etkileri azaltmak,
- Çeşitli işlemler için gerekli olan temiz gaz veya havanın hazırlanmasını sağlamak,
- Yararlı madde, ısı veya enerji geri kazanmak,
- Yangın, patlama veya diğer tehlikeleri azaltmak,

Fonksiyonlarından bir veya birkaçı için endüstriyel gaz temizleme tesisatları ile ilgilenirler.

Ülkemizde hava kirliliği ile ilgili uygulama 2 Kasım 1986 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanan yönetmelik ile sağlanmaktadır (Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliği, 1986) bu yönetmelikle endüstri tesisleri için;

- Kirletici vasfı yüksek tesisler,
- İzne tabi tesisler,
- İzne tabi olmayan tesisler,

Olmak üzere 3 kaynak grubu tanımlanmıştır. izne tabi olan ve olmayan tesisler için emisyon kısaltması bakımından bir fark yoktur.

Emisyon sınır değerleri yakıt ve emisyon cinsine bağlı olarak farklı referans değerlerinde hacimsel olarak verilir. Bir kazandaki yanma sonucu açığa çıkan gazların analizi kazanın bacasından yapılır. Farklı gaz analiz sonuçlarında elde edilen emisyon değerlerinin karşılaştırılması için emisyonların aynı oksijen konsantrasyonu bazına getirilmesi gerekmektedir. Referans olarak seçilen oksijen konsantrasyonu değeri yakıt ve emisyon cinsine göre değişmektedir.

KÖMÜR YAKMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI:

1- Izgaralı (sabit yataklı) Sistemler:

- Elle beslemeli ızgaralı ocaklar
- Mekanik beslemeli ızgaralı ocaklar (stokerler)
- Küçük stokerler
- Büyük stokerler

2- Toz kömürü ocakları

3- Siklon ocakları

4- Akışkan yataklı ocaklar

5- Fakir yakacak ocaklar

1- Izgaralı (sabit yataklı) Sistemler:

Bu ızgara türlerinin karşıt ızgara dilimleri arasında alttan verilen birincil havanın geçmesini sağlayan geçiş kanalları vardır. Genelde kır döküm ara sıra da çelikten yapılan bu ızgaralar;

- Elle beslenen ızgaralı ocaklar
- Mekanik ızgaralar olmak üzere ikiye ayrılır.

Elle beslemeli ızgaralı ocaklar:

Izgara kırılmış kömürle 15 cm kalınlıkta bir katman olacak şekilde kaplanır. Daha sonra kömür üstten tutuşturulur. Kömürün ızgara üzerinde elle beslenerek yakılmasında 2 yöntem vardır yanma ve yastıklama yöntemi.

Yayma yönteminde sürekli olarak fakat besleme az miktarda yapılır. Kömür yatağın yalnızca bir bölümünde önden arkaya doğru fırlatılarak yapılır.

Yastıklama yönteminde ise kömür ön tarafta yakılır. Kor durumuna geldikten sonra arka tarafa itilir ve sıcak bir yatak oluşturulduktan sonra taze kömür aynı yere alınır. Sıcak kömürün üzeri örtülmez.

Elle beslemede iyi bir ateşçiyle kötü bir ateşçi arasında aynı koşullarda % 20 değişik sonuç sağlanabilir.

- Elle beslemede yalnızca ocaktaki dumanı önleyecek kadar hava gönderilmeli daha fazla hava gönderilmemelidir.
- Yatağın üzerindeki alevin rengi izlenmeli çok fazla alev varsa veya siyah duman çıkıyorsa yatak üstü ikincil hava artırılmalıdır.
- Curuf topraklarının oluşmaması için kül soğuk alınmalı, işlenerek külün sıcak yakıt bölgelerine karıştırılmamasına özen gösterilmelidir.
- Bazı durumlarda yağlı kömürler hafifçe ısıtılmalıdır. Yatak koşullarını iyileştirir.
- Ateş fazla süngülenmemelidir. Yanmamış kömürlerin ızgara altına düşmesi yakıt savurganlığıdır.

Mekanik beslemeli ızgaralı ocaklar (stokerler):

Stokerle beslemeye mekanik besleme diyebiliriz. Besleme şekilleri üstten alttan ve çapraz olabilir. Üstten beslemede kömür ve havanın akışı ters yönlüdür, alttan beslemede kömür ve hava yukarı doğru paralel hareket ederler.

Bu grup ızgaraların, istenilen ölçüde ve dönemde besleme yapabilmesi birincil hava ayarının çok iyi yapılabilmesi sonucunda dolayısıyla kazan verimini yükseltme üstünlüğü olması nedeniyle orta ve büyük kapasiteli kazanlarda yaygın olarak kullanılma durumları vardır. Küçük ve büyük mekanik stokerler olmak üzere 2 gruba ayrılırlar.

Toz kömür ocakları:

Kömür öğütücüleri toz kömür ocaklarına gerekli fiziksel özellikteki yakıtı sağlarlar ve 3 çeşidi vardır:

- Düşük dönme ile dönen tambur içinde manganlı çelik bilyelerle kömürün toz haline getirildiği çeşit.
- Orta dönme ile düşey eksen etrafında dönen üst ve sabit alt tabla arasında dönen çapları eşit bilyelerle veya silindirler aracılığı ile toz kömür sağlayan çeşit.
- Yüksek dönme ile çalışan önce çekiçle daha sonra sabit ve döner tablalar arasında kömürü parçalayıp toz durumuna getiren çeşit.

Çok ince taneli toz durumuna getirilmiş kömürün yakıldığı yakıcı çeşididir. İri taneli kömüre göre yanma süresi daha kısadır yani birim zamanda yakılabilen yakıt miktarı artmakta ve fazla miktardaki yakıtın yanması ile sağlanan yüksek ısı ile fazla kapasitelere ulaşılma olanağı vardır. Yüksek güçler için (125 ton/h buhar) daha fazla kullanılan yakma sistemidir.

Ayrıca;

Siklon ocakları, akışkan yataklı ocaklar ve fakir yakacak ocakları da katı yakıt yakmak için kullanılan ocak tipleridir.

SIVI YAKIT YAKICILARI:

Sıvı bir yakıtın yakılabilmesi için buhar durumuna geçmesi ve bu buharında hava ile karışması zorunludur. Genellikle sıvı yakıt olarak kullanılan fuel-oil az uçucu bir yakıt olduğundan çok küçük parçacıklara ayrılması dolayısıyla hava ile karışan yüzeylerin artması hem buharlaşmayı hızlandırır, hem de kolaylaştırır. İşte bu saydığımız buharlaşmayı ve hava ile karışmayı sağlayan ve yakıtı yanmaya hazır duruma getirip ateşleyen kazanların can damarları brülörlerdir.

Brülör türleri:

- 1- Yüksek yağ basıncılı brülörler
- 2- Hava veya buhar atomizasyonlu brülörler
- 3- Dönel brülörler

Brülörün Çalışma Biçimi:

Elektrik komuta pano veya tablosundaki ana şalter ve brülör şalteriyle çevrime akım verilmeye başlanınca ısıtıcı yağı (yakıtı) ısıtmaya başlar. Yağ sıcaklığı termostattaki değere ulaşınca brülör motoru çalışmaya başlar. Bu anda ateşleme trafosuna gelen akımla elektrotlar arasında kıvılcım çakar. Motor tarafından döndürülen hava fanı emdiği havayı yanma başlığından geçirerek yanma odasına üfler. Yön ve hareket verilen hava ile yakıt yanma kafasında iyice karıştırılır ve yanmaya hazır hale getirilir. Gerilim trafosundan gelen yüksek akımın etkisiyle elektrotlar arasında çıkan kıvılcım bu karışımı tutuşturur. Dolayısıyla yanma başlar.

ISIL KAYIPLAR VE ISIL VERİM

Verim kavramı fizikte ve mühendislikte genel olarak bir sistemden elde edilen faydanın sisteme ödenen bedele oranı şeklinde tanımlanabilir. Isıl kayıplar ise; kömürden cüruf olarak yanmamış madde kayıpları(V_B), uçan koktan ve kurumdan doğan kayıplar(V_R), külden doğan duyulur ve gizli ısı kaybı(V_S), yanmayan gazlardan doğan kayıplar(V_C), radyasyon kaybı(V_{ST})

Kazanın yüksek sıcaklıktan dolayı çevreye olan ısı kayıpları; baca kayıpları(V_{SCH}), blöf kayıpları(V_A), aralıklı çalışma kaybı(V_F)

$$\text{Kazan ısı verimi; } \eta = \frac{\text{Elde edilen ısı}}{\text{Verilen ısı}} = \frac{m_{\text{buhar}} \cdot (h_2 - h_1)}{m_{\text{yakıt}} \cdot H_u}$$

$$\text{Sıcak su kazanı ise; } \eta = \frac{m_{\text{su}} \cdot c_{\text{su}} \cdot (T_{\text{çıkış}} - T_{\text{giriş}})}{m_{\text{yakıt}} \cdot H_u}$$

η (verim) değerleri

Katı yakıtlı kazanlarda	%50–65
Sıvı yakıtlı kazanlarda	%60–80
Gaz yakıtlı kazanlarda	%80–95

Verimi yükseltmenin faktörleri;

Öncelikle kayıpları azaltmak

İyi bir yanma sağlamak

Kazan ocak sıcaklığını yüksek tutmayarak N₂ ve S oluşumunu önlemek

Kazan izolasyonunu en iyi bir şekilde sağlamak

Yatımın brülör tarafından iyi bir şekilde yakılmasını sağlamak

Baca çekişinin iyi olmasını sağlamak

Buhar deposu ve buhar alma ağzı

Buhar depoları gerçekte su borulu kazanların temel bir elemanı olmasına rağmen kazandaki kuru buhar üretimi ve su sirkülasyonu ile ilgili olması nedeniyle yardımcı elemanlar arasında da yer alabilir.

Kurum üfleyicileri

Yanma sonunda ortaya çıkan kül, kurum gibi elemanların duman gazları ile sürüklenerek ısı transferi yüzeylerine yapışması bu yüzeylerden geçen ısı transferini olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle böyle istenmeyen tozların toplanabileceği yüzeyler zaman zaman temizlenmelidir. Büyük kapasiteli su borulu kazanlarda temizleme işlemi için buhar veya basınçlı hava ile çalışan kurum üfleyici adı verilen cihazlar kullanılır.

Toz tutucular

Katı yakacak yakan buhar kazanlarının duman gazlarında sürekli olarak önemli miktarda kül ve kurum gibi tozlar bulunur. Özellikle kızdırıcı, ekonomizör, hava ısıtıcısı ve asıl ısıtma yüzeylerini temizlemek için kurum üfleyicileri çalıştırıldığında duman gazlarındaki tozlar daha da artar. Toz tutucular bu tozları tutarak duman gazlarının nispeten zararsız bir şekilde bacadan atmosfere verilmesi, çevre kirliliği açısından çok önemlidir.

Kazan besleme suyu

İçinde gaz ve tuzların kolayca eriyebilmesi nedeniyle ham su adı verilen doğadaki su saf halde değildir. Buhar kazanlarında özellikle su borulu kazanlarda ham su belirli işlemlerden geçirildikten sonra kazan besleme suyu haline getirilip kazana verilir. Kazan besleme suyu içinde yağ, organik madde, gaz ve sertlik yapabilen elemanlar bulunmamalıdır. Aksi takdirde bu elemanlar kazanın su tarafında birikerek ısı transferini güçleştiren tabakalar oluşturur, malzemenin korozyona uğramasına veya köpük ve kabarmalar yaparak kızdırıcılara su sürüklenmesine neden olur.

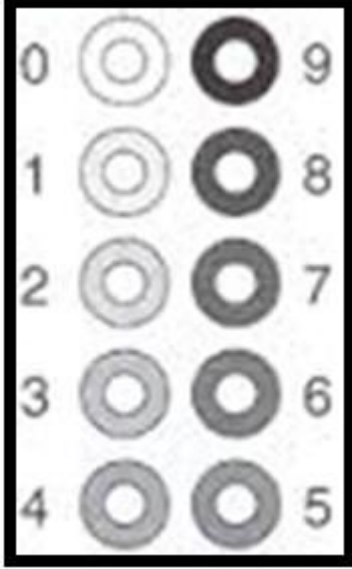
Çekme sistemi

Duman gazlarının kazan içindeki hareketini sağlayan çekme işlemi üç şekilde yapılabilir.

- Sadece baca yardımıyla yapılan doğal çekme
- Emme ve basma fanları ile ortak olarak sağlanan dengeli çekme
- Sadece basma fanının sağladığı ve bütün kazan duman yollarında atmosfer

Üstü basıncın olduğu çekme.

Gaz analiz cihazları: Buhar kazanındaki yanma ürünlerinin analiz edilmesiyle yanmanın iyi veya kötü olduğu hakkında fikir veren cihazlardır. Gaz analiz cihazları fiziksel ve kimyasal prensiplere dayanan yöntemler olmak üzere iki ana grupta toplanabilir.



Bacharach Isilik Skalası

Besleme Suyunun Hazırlanışı

İçinde gaz ve tuzların kolayca eriyebilmesi nedeniyle ham su adı verilen doğadaki su saf halde değildir. Kazan besleme suyu içinde özellikle su borulu kazanlarda yağ, organik madde, gaz ve sertlik yapabilen elemanlar bulunmamalıdır. Aksi takdirde bu elemanlar, kazanın su tarafında birikerek ısı transferini güçleştiren tabakalar oluşturur, malzemenin korozyona uğramasına veya köpük ve kabarmalar yaparak kızdırıcılara su sürüklenmesine neden olabilir.

SULARIN SERTLİĞİ

Genel olarak, herhangi bir suyun sertliği denildiğinde o suyun sabunu çöktürme özelliği anlaşılır. Sabun başlıca Ca^{++} ve Mg^{++} iyonları tarafından çökeltilir. Ancak iyonlara oranlara su kaynakları içerisinde daha az miktarda bulunan diğer metal iyonları da sabunun çöktürülmesinde etkilidirler. Fakat bu iyonlara oranla Ca^{++} ve Mg^{++} iyonları sulara daha fazla bulunduklarından, **suların sertliği, su içerisinde çözünmüş olarak bulunan toplam Ca^{++} ve Mg^{++} miktarının CaCO_3 eşdeğeri olarak tanımlanır.** Sularda sertliğe yol açan iyonların genellikle mg/l olarak CaCO_3 eşdeğeri olarak gösterilmesinin nedeni, CaCO_3 'ün standart olarak kolaylıkla bulunabilmesi ve hesaplamalardaki kolaylık yönünden mol ağırlığının 100 olmasıdır. Suyun sertliği içerisinde çözünmüş Ca^{++} ve Mg^{++} nadiren Sr^{++} ve Ba^{++} 'un bikarbonatları geçici sertlik veya karbonat sertliğini, yine bu elementlerin karbonattan ayrı tuzları kalıcı sertliği verir. Geçici sertlik denilmesinin nedeni, belirli şartlarda her iki anyonun da serbest CO_2 gazı açığa çıkarabilmesidir. Bir suyun sertliği, o suyun temas etmiş olduğu topraklardaki minerallerin suda çözünmesiyle yakından ilgilidir. Yer altı suları daha fazla oranda mineral madde ile temas ettiklerinden yüzey sularından daha serttir. içme

kullanma sularının sertliklerine göre sınıflandırılması birçok ülkede ayrı ayrı kabul edilen temel esaslara göre yapılmaktadır.

ÜLKELERE GÖRE SU SRETLİĞİNİN SINIFLANDIRILMASI			
SU SERTLİĞİ	ALMAN	FRANSIZ	İNGLİZ
Çok Yumuşak	0-4	0- 7.2	0-5
Yumuşak	5-8	7.3- 14.2	6-10
Orta Sert	9-12	14.3- 21.5	11-15
Oldukça Sert	13-18	21.6- 32.5	16- 22.5
Sert	19-30	32.6-54	22.5- 37.5
Çok Sert	30'dan fazla	54'dan	37.5 ten fazla

Not: Ülkemizde en çok Fransız sertliği kullanılır.

SUYUN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

1. pH

pH, bir çözeltideki H⁺ iyonu konsantrasyonunun (–) logaritmasıdır. $pH = -\log [H^+]$, $pH=7$ ise

nötr, $pH < 7$ ise asidik, $pH > 7$ ise bazik sulardır.

2.İLETKENLİK

Suda çözünen tuzlarının toplam konsantrasyonunun ölçüsüdür. Tuzlar suda çözündüğünde elektriği ileten yüklü iyonlar verir. Sudaki iyon sayısı ne kadar fazlaysa elektriksel kondüktivitesi o kadar yüksektir, örnek kirli sular. Elektriksel kondüktivite(iletkenlik) denen bu parametre, çözeltideki atık madde miktarını ve tuzlulukla ilişkisini yaklaşık olarak gösterir. İletkenlik 1 cm²'lik alanda 1 cm aralıkla duran iki platin elektrot arasındaki direncin ölçümü olarak ifade edilir. Son yıllarda kondüktivite birimi olarak **µS/cm** kabul edilmiştir. Genellikle doğal sularda iletkenlik yaklaşık olarak çözünmüş katı maddelerin toplamıdır. Dışarıya akıntısı olan göllerde total çözünmüş madde miktarı 100-200 ppm arasındadır. Akıntısı olmayan kapalı göllerde buharlaşma çözünmüş katı madde miktarını artırır, bazı hallerde 100.000 ppm'e kadar çıkabilir.

3.ALKALİTE SAYISI

200C'deki 1 L deniz suyunu nötralize edebilen H⁺ iyonunun mili eşdeğer sayısına o suyun **alkalitesi** denir. Alkalite su kaynağının sulama ve endüstriyel kullanıma uygunluğunu belirlemede, suyun ham halinin özelliklerini tanımlamada ve atık su izlemede kullanılır. Su kaynağında asit çökmesi veya kaza ile suya asit ilavesi ile oluşabilecek pH değişikliklerinin indikatörü olarak da önemlidir.

Alkalite, suların asit bağlama gücü; nötralizasyon kapasitesinin ölçüsüdür. Yüzey sularının alkalitesi başlıca karbonat, bikarbonat ve hidroksit içeriğinden dolayıdır, bunların konsantrasyonlarına bakılarak yorumlanır. Alkalite aynı zamanda boratlar, fosfatlar, silikatlar ve var ise diğer bazlar katkıda bulunabilir. **Fenolfitaleyn ve total alkalite** olmak üzere ölçüm yapılır.

Fenolfitaleyn alkalitesi: Sadece serbest karbon dioksit yoksa ölçülür, yani pH'nın 8.3'ü geçtiği durumlarda vardır. Bu alkalite toplam alkalitenin hiçbir zaman yarıdan fazlasını geçmemelidir, yoksa kostik özelliği olan alkalite oluşur. İçme suyunun pH'ının > 10.6, 250C , olmaması tavsiye edilir, karbonat alkalitesi ise > 120 ppm olmamalıdır.

b) ısıl yöntem:

Bu yöntemde ham su, önce buharlaştırılır sonra yoğunlaştırılır. Bu şekilde çok iyi bir saf su elde edilmiş olur.

c)kimyasal yöntemler

Suyun sertliğini gidermek için birçok kimyasal yöntem geliştirilmiştir Bunlar esas olarak iki grupta toplanır.

1. çökerme yöntemi: Ham suya kireç soda aleminyum sülfat gibi maddeler ilave edilerek yapılan yöntemdir

2. iyon değiştirme yöntemi: Günümüzde pratikte daha çok kullanılan yöntem iyon değiştirmedir. Doğal veya sentetik zeolit ile bazı reçineler, ham su içinde sertlik yapan kalsiyum ve magnezyum tuzları tutar.

d)gaz alıcılar:

Su içinde erimiş halde bulunan oksijen ve karbondioksit kazan ve boru donanımlarında önemli korozyona neden olur. Besleme suyu kazana basılmadan önce karbondioksitten tamamen oksijenden ise mümkün mertebe temizlenmiş olması gerekir.

SU YUMUşATMA YÖNTEMLERİ VE CİHAZLARI

Su yumuşatma yöntemleri

Su yumuşatma sistemi, sulardaki sertliği gidermek için kullanılır. Halk arasında sudaki kireç ya da kireçli su olarak tanımlanan sertlik esas itibariyle sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarından ileri gelmektedir. Demir, mangan, çinko, kurşun gibi iki değerlikli metal iyonları da suya sertlik verir. Ancak bunlar suda önemli miktarda bulunmazlar. Sertlik, geçici sertlik ve kalıcı sertlik olmak üzere ikiye ayrılır. Geçici sertlik suyun ısıtılması ile giderilebilir.

Suyun sertliğinin çeşitli mahsurları vardır;

- Sert sularda sabun sarfiyatı fazladır, sabun geç köpürür. Suyun içinde bulunan kalsiyum ve magnezyum sabun içinde bulunan sodyum ve potasyum ile yer değiştirdikten ve tamamen sarf edildikten sonra sabun köpürür.
- Sert sular ısıtma tekniği bakımından da uygun değildir. Bilhassa sıcak su tesisatı, buhar kazanları gibi tertibata ait borularda kısa sürede kireçtaşı bağlamasıyla kesitlerin daralmasına neden olur.
- Sert suların kullanıldığı dokuma sanayiinde boyaların dokular içersine tam olarak nüfuz etmesi güçleşir.
- Sert sular mutfak işleri içinde elverişli değildir.
- Sertlik giderme metodları içinde en çok kullanılan yöntem iyon değiştirme yöntemidir.

Su Nasıl Yumuşatılır?

Reçineli Su Yumuşatma Üniteleri

Su eğer 10 Fr üzerinde sertlikte ise mutlaka yumuşatılması gereklidir.

Suyu yumuşatmanın en pratik yolu iyon değiştirici reçine kullanmaktır. İyon değiştirici reçineli sistemler genelde sodyum iyonları ile sertlik iyonlarını yer değiştirterek çalışırlar. Proses esnasında su reçine tanecikleri arasından süzülerek geçer. Reçine tanecikleri

üzerindeki elektrik yükü sodyum iyonlarını reçine taneciği üzerinde tutar. Ancak, reçine taneciklerinin aynı zamanda sertlik minerallerini tutma kabiliyeti de vardır. Reçine taneciklerinin sertlik minerallerini tutma kabiliyeti sodyum iyonlarını tutma kabiliyetine göre daha fazladır. Bu şekilde iyon değişimi gerçekleşir.



Belli miktarda sert su reçine yatağından geçtikten sonra, reçine tanecikleri tamamıyla, sertlik mineralleriyle kaplanır. Bu durumda sertlik minerallerinin tutulması son bulur.

Sertlik iyonlarının tekrar sudan tutulabilmesi için reçine taneciklerinin sertlik minerallerinden kurtarılacak şekilde tekrar sodyum taneciklerinin bağlanması gereklidir. Bu işleme 'rejenerasyon' adı verilir. Rejenerasyon esnasında tuzlu su reçine tankına verilir ve reçine sodyuma doyurulur. Reçine tankında biriken yüksek konsantrasyondaki sodyum iyonları sertlik iyonlarını reçine taneciklerinden ayırır. Reçine daha sonra temiz su ile durulanarak, fazla tuz ve sertlik mineralleri tanktan atılır. Reçine tankı tekrar sertlik iyonlarını tutmaya hazır durumdadır.

Aktif Karbon Yöntemi

Aktif karbonun yaygın uygulama alanı, suyun içinde mevcut organik madde, renk, koku, tat ve klor giderimidir. Ancak burada, söz konusu olan sadece fiziksel bir süzme işlemi değildir. Aktif karbon sistemler, fiziko-kimyasal arıtma yapan sistemlerdir ve suyun arıtılması esnasında adsorpsiyon mekanizması işlemektedir. Aktif karbon kömürümsü ancak çok geniş yüzey alanına (1000-1500 m²/gr) sahip bir malzemedir. Organik kirliliğin olduğu sularda ve klor giderme amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Aktif karbon ile ilgili dikkat edilmesi gereken bir konu, bakteri üremesi için uygun ortam oluşturabilmesidir. Çünkü, aktif karbon organik maddeyi tutar ve eğer suda bakteri varsa, bakteri bu organik maddeyi besin olarak kullanarak üreyebilir. Bu gibi durumlarda bakteri kaçağı oluşumu mümkündür. Bu sebeple aktif karbonun öncesinde ve sonrasında suyun dezenfekte edilmesi önemlidir.

Aktif karbon sistemlerin dizaynında, ünite tankı içindeki yatak hızının klor giderimi için 25 mt/saat'i organik madde giderimi içinse, 6 mt/saat'i aşmaması gerekir. Bu hızı aşan durumlarda ünite verimli çalışmayacaktır.

Ters Ozmoz Yöntemi

Ters ozmoz, suyun içindeki istenmeyen tüm mineralleri sudan ayıran ve saf su ve içme suyu teminine yönelik olarak kullanılan membran filtrasyon prosesinin adıdır. Bu sistemler çapraz akışlı olarak çalışırlar. Bilinen anlamda filtrasyon prosesi değildir. Çünkü membran üzerinde suyun geçişine izin veren gözenekler son derece ufaktır. (Yaklaşık 1 mm'nin 2.000.000'da biri delik çapı). Böyle ufak bir gözenekten sadece su molekülleri ve bazı çok ufak inorganik moleküller geçebilmektedir. Diğer moleküller ise konsantre su fazında sistemden dışarı atılır.

Yumuşatma Ünitelerinde Rejenerasyon Kontrolü

Genelde iki tip kontrol mekanizması vardır.

Miktar (Debi) Kontrollü: Kontrol grubu bir su sayacına bağlıdır. Reçinenin yumuşatabileceği kadar su miktarı kontrol grubuna tanımlanır. Tank içinden belirlenen miktarda su geçtiğinde cihaz rejenerasyona geçmek üzere sinyal alır. Genelde iki depo arası sistemlerde kullanılır

Zaman kontrollü: Kontrol grubu üzerindeki zaman saati vasıtası ile rejenerasyon kontrolü yapılır. Tank içinde iki rejenerasyon arası zaman aralığında yumuşatılacak su miktarına yeterli olacak kadar reçine bulunmalıdır.

Su Yumuşatma Cihazları

Filtrasyon sistemleri

Suyu tortu ve klordan arındıran, renk, tat ve koku giderimi yapan ön filtrasyon sistemleridir. Bu sistemler aynı zamanda kendilerinden sonra gelen su arıtma sistemlerini de koruyucu özelliğe sahiptir.

Su içinde sertliğe neden olan kalsiyum ve magnezyum iyonları bulunur. **Su yumuşatma sistemleri**, su içerisinde sertliğe neden olan iyonları tutarak yumuşak su elde edilmesini sağlayan, en yaygın **su arıtma** yöntemlerinden biridir.

Reverse Osmosis (Ters Ozmoz) **su arıtma** sisteminde su; delikleri ancak elektron mikroskobu ile görülebilen reverse osmosis membranından yüksek basınçla geçirilerek arıtılır. Reverse osmosis, organik bileşiklerin çoğunu ve tüm iyonları yüzde 99'a varan oranlarda sudan uzaklaştırır.

Reverse Osmosis Su Arıtma Cihazı



Reverse osmosis su arıtma cihazı, sudaki tüm iyonları, bakteri ve virüsleri %99'a varan oranlarda arıtır, içme suyunu evinizden ulaşılabilir hale getirir.

BUHAR KAZANLARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

1. Kazan verimin artırılması gerekir.Buna bağlı olarak:

- Hava fazlalığı
- Baca gazı sıcaklığı
- Brülör ve yakıt cinsi
- Yakıtın nem içeriği
- Yanma verimi
- Blöf miktarı
- Besi suyu ve yakma havası

Gibi faktörlerin kontrol edilmesi gerekiyor.

2. Kazan bakımının iyi yapılması gerekiyor.

- Kaçak tespiti yapılmalı.(buhar kaçakları)
- Boru ve kazan yalıtımları iyi yapılmalı.
- Yakma havası kontrol edilmeli.
- Ocak temizlenmeli.
- Kazan tarafında biriken kazan taşları temizlenmeli.
- Yakıt viskozitesi kontrol edilmeli ve buna bağlı olarak brülör bakımı yapılmalı.

3. Kazanlarda ısı geri kazanımı sağlanmalı

- Ekonomizer ile: Baca gazlarındaki ısıtan yararlanarak besı suyu ısıtır.Böylece baca gazlarındaki ısıdan yararlanılmış olunur.
- Hava ısıtıcısı ile: Kazana verilen yakma havasının sıcaklığı kazan sıcaklığından düşük olduğu için kayıplara neden olur.Dolayısıyla yakma havasının bir ön ısıtmaya tabi tutulması kazan verimini artırır.
- Blöften geri ısı kazanımı:Kazanda besı suyu ile gelen ve kazanda biriken yabancı maddeleri atmak için kullanılan sisteme blöf sistemi denir.Bu işlem yapılırken enerjinin bir kısmıda dışarı atılmaktadır. Bu enerjinin bir kısmı blöfü bir flanşlı tanktan geçirilerek ve flanşlı tanktan atılan sıcak suyu besı suyunu ısıtmada kullanarak ısı geri kazanılabilir.Burada hem düşük basınçlı buhar elde edilmekte hem de besı suyu ön ısıtma yapılmaktadır.Bu sistemlerin kullanılabilmesi için otomatik blöf gereklidir.
- Sistem basıncı düşürülmeli: Sistemde buhar basıncı düşürülebiliyorsa, bir yandan ekonomizörsüz kazanda dumanın daha fazla soğuması nedeniyle baca gazı sıcaklığı düşecek ve verim artacak,diğer taraftanda düşük basınçtan dolayı flaş buhar miktarı azalaçaktır.
- Kondenstoplar: Kondenstoplardaki buharın enerjisinden yararlanılarak geri ısı kazanılabilir.

KAZANLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

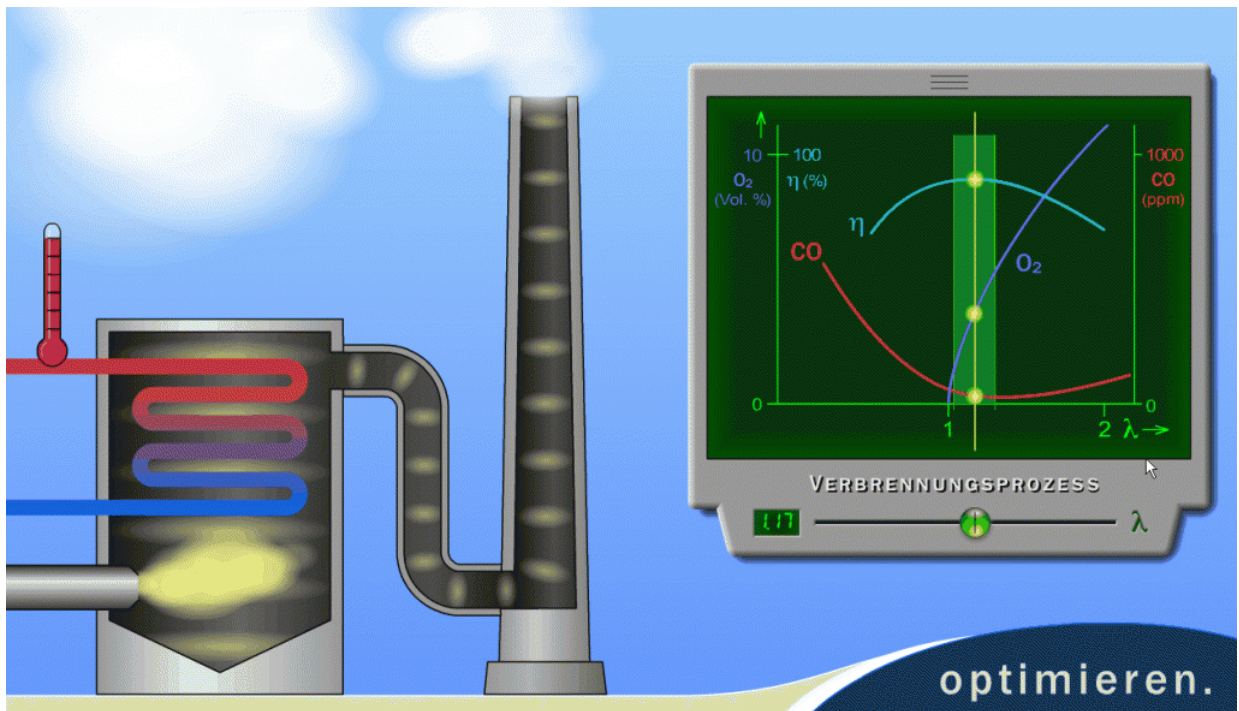
Kazanlarda enerji verimliliği, yanmanın mükemmelliğine ve yanma sonucu açığa çıkan ısı enerjisinin kazan içindeki akışkana transfer oranına, baca gazı emisyonları ise yine yanmanın kalitesine, ocak ve brülör tasarımına, ayrıca kullanılan yakıt içerisindeki kirleticilere bağlı olmaktadır. Bu nedenle, işletme döneminde, kazanlarda termik verimin sürekli olarak yüksek tutulabilmesi ve emisyonların kontrol edilebilmesi için "baca gazı analizörleri" yardımıyla, baca gazı bileşenlerinin sürekli veya periyodik olarak izlenmesi ve

yanmaya etki eden parametrelere zamanında müdahale edilmesi, ayrıca brülörlerin duruş duruş zamanlarında kazanların neden olduğu iç soğuma kayıplarının minimize edilmesi önemli olmaktadır.

Aşağıda kazanların verimli işletilebilmesini teminen, baca gazı analizlerinin irdelenerek brülörlerde alınması gereken önlemler, kazanlarda iç soğumaya neden olan faktörler ile yakıt ve yakıcılardan kaynaklanan emisyonlar konusunda somut baca gazı analiz örneklerinden de yararlanılarak anlatılmıştır.

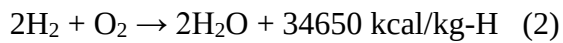
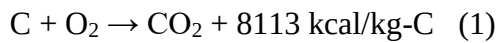
1.GİRİŞ

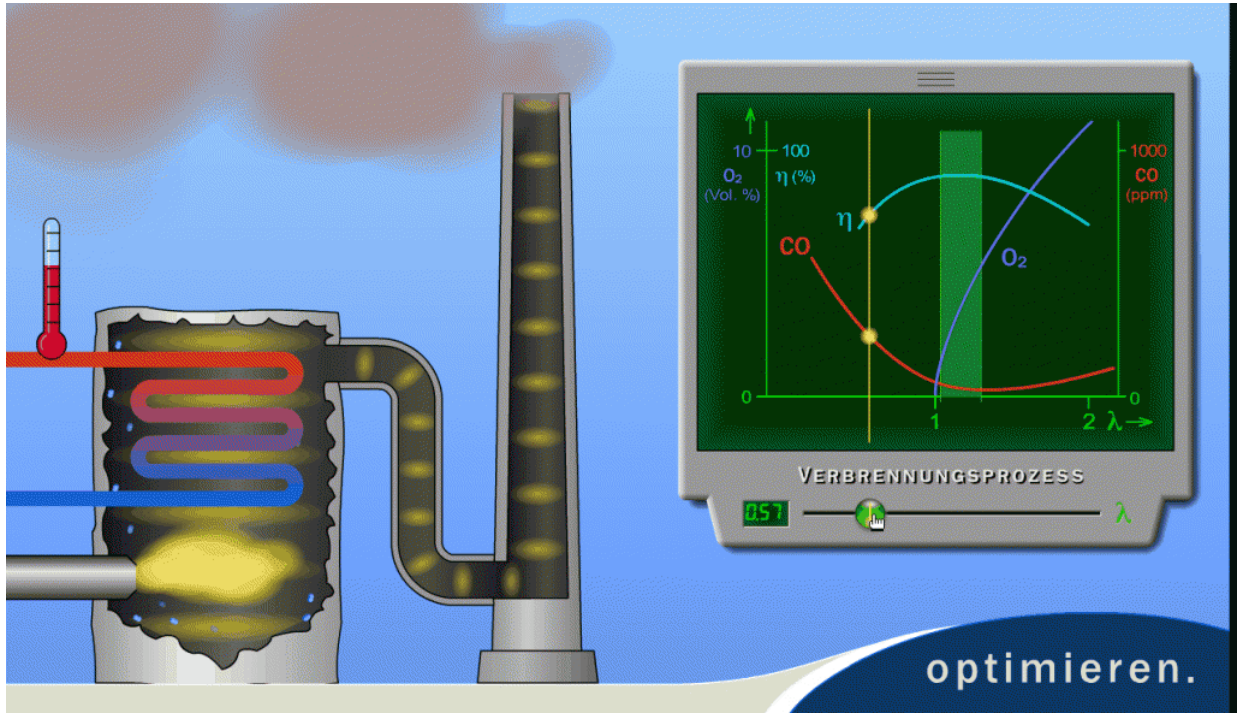
Yakıt tamamen yandığında, içerisindeki karbon (C) karbondioksit (CO_2), hidrojen (H_2) su buharına (H_2O), kükürt (S) kükürt- dioksit (SO_2) dönüşmektedir



Şekil1. İdeal hava gaz karışımı, tam yanma, atıkgaz temiz ve verim yüksektir.

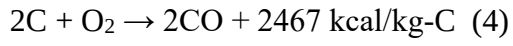
Tam Yanma

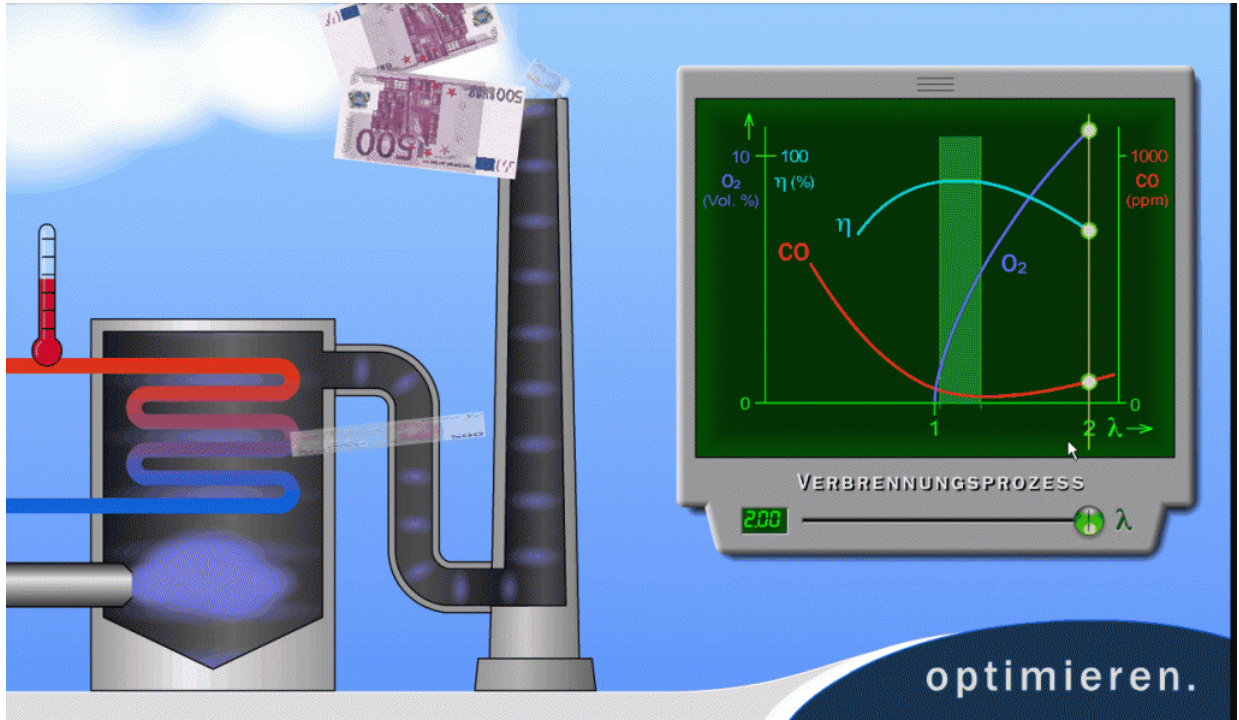




Şekil 2. Hava yani oksijen yetersiz, isli atıkgaz , düşük verim ve kazanda yıpranma söz konusudur.

Eksik Yanma





Şekil3. Hava yani oksijen aşırı fazla olduğundan havayı ısıtan bir sistem.

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 yakıt verilen hava belirli oranda arttırılmaktadır. Buna "hava fazlalık katsayısı" denilmektedir. Yakıt cinsine bağlı olarak değişen bu katsayının gereğinden az olması halinde karbonmonoksit oluşmakta, üretilen enerji azalmakta, ısılık 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 bileşenleri kolayca elde edilip değerlendirilebilmekte, brülör ve kazanlara anında müdahale edilebilmektedir. Aşağıda baca gazı analizlerinin belli başlı parametreleri değerlendirilmektedir.

2. BACA GAZI BİLEŞENLERİ, EMİSYONLAR

a) Oksijen (O_2)

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 (CO_2)

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 kabul edilmemekte ve emisyon kabul edilmektedir. Yakıta verilen oksijen artırılarak, eksik yanmatamamlanmak suretiyle karbonmonoksit mutlaka karbondioksit'e 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 ihtivaeden 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 yeni yeni tartışılmakta olan, "Düşük Ocak Yüğü (Maksimum 1.3 MW/m³)", "Baca Gazları Resirkülasyon Sistemi" ve "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, 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 yoğunlaşma (çığlenme) sıcaklığı, ayrıca yakıttaki kükürt (S) dolayısıyla baca gazındaki kükürt dioksit (SO₂) ile ilgilidir. Baca gazları içerisindeki kükürt dioksit (SO₂), su buharı (H₂O) ile düşük sıcaklıklarda reaksiyona girerek sülfirik asit (H₂SO₄) oluşturmakta, bunun sonucu olarak da kazanlarda korozyonla istenmeyen tahribatlar meydana gelmektedir. Bu nedenle, içerisinde yoğunlaşmaya izin verilmeyen normal çelik kazanlarda, doğalgaz kullanımında 130-150 °C, katı ve sıvı yakıt kullanımında 130-175 °C baca gazı sıcaklıkları uygun değerler olarak kabul edilebilmektedir. 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.

g) Su Buharı (H₂O), Kondenzasyon

Hidrojen kökenli yakıtlarda yanma sonucu oluşan baca gazı bileşenlerinden birinin de su buharı (H₂O) olduğu ifade edilmişti.

Doğalgaz gibi hidrojen (H₂) kökenli yakıtların kullanılmasında iki husus önem kazanmaktadır. Bunlardan birincisi, baca gazları içinde atılan su buharının bacada yoğunlaşması sonucu yaptığı çöküntü ve tahribatların neden olduğu kazalar (örnek olarak 20 000 Kcal/h kapasiteli bir kombi tam kapasitede 4.0 kg/h su buharı üretmektedir), ikincisi ise alt ve üst ısı değerleri arasındaki kullanılmayan farkın normal çelik kazanlarda yarattığı enerji kaybı olmaktadır. Alt ısı değer baz alındığında, yakıt olarak, metan (CH₄) kökenli doğalgazda bu fark %11, hidrojeninde %18.5 mertebelerinde olmaktadır.

Yeni teknoloji ürünü kondenzasyonlu (yoğuşmalı) doğalgaz kazanlarında ise kazan içinde veya kazana entegre yoğuşturucuda, baca gazlarında bulunan su buharının yoğunlaşmasına izin verilmekte ve bu maksatla sistem dönüş suyu yoğuşturucudan geçirilerek, doğalgaz için baca gazı çiğlenme sıcaklığı olan 55 °C 'ye kadar baca gazı sıcaklıkları düşürülmekte, soğuyan baca gazının ısısına ek olarak, yoğuşan suyun gizli ısısı da kazan içindeki akışkana transfer edilmekte, yoğuşan su miktarına bağlı olarak normal kazanlara oranla %10-15 verim artışı sağlanabilmektedir. Alt ısı değer esas alındığında yoğuşmalı kazan verimleri günümüzde %100'den büyük ifadelerle anılmaktadır. Ancak üst ısı değerine göre söz konusu verim her zaman %100'den küçüktür.

3. YANMA VERİMİ, KAZAN VERİMİ

Baca gazı analizörü tarafından, baca gazlarında ölçülen, oksijen, karbondioksit, karbon monoksit, baca gazı sıcaklığı ve ortam sıcaklığı gibi parametreler değerlendirilerek, yanma verimi (η_y) otomatik olarak hesaplanabilmektedir. İşletmeci tarafından yanma verimi üzerinde yorum yapılırken, sonuca etki eden faktörler kolayca görülebilmektedir. Yanma veriminden yola çıkarak, kazan veriminden (η_k) söz ederken, kazan radyasyon kayıpları, külde yanmamış karbon kayıpları gibi ölçülmeyen değerler için yakıt cinsine ve kazan kapasitesine bağlı olarak, yanma veriminden belirli bir oranda azaltma yapmak gerekmektedir. TS.4041 'de kazan radyasyon kayıpları, kapasite ve yakıt cinsine bağlı olarak %0.7-3.0 arasında verilmektedir. Baca gazında is ve kurum ile küldeki yanmamış karbon (C) dikkate alındığında, yaklaşık kazan verimini belirlerken yanma veriminden radyasyon ve kül kayıpları olarak düşülmesi gereken miktar, yaklaşık olarak, doğalgazda %1, fuel-oilde %2-3, kömürde ise %4-5 olarak kabul edilmektedir. Ancak, belirtilen yöntemle, baca gazı analizörü kullanılarak kazan verimlerinin tespiti, işletmede yanmanın optimizasyonu ile verimin yüksek tutularak enerji ekonomisi sağlanmasına yönelik olmalı, söz konusu yöntem kazan verim ve kapasite değerlerinin tescilinde kullanılmamalıdır.

4. KAZAN KAPASİTESİ

İşletmede baca gazı analizörü yardımıyla kazan veriminin (η_k) yaklaşık olarak tespitini takiben yine yaklaşık olarak kazan kapasitesinin belirlenmesi de mümkün olabilmektedir. Bunun için rejim haline getirilmiş kazanda, birim zamanda kullanılan yakıt miktarının doğru olarak tespiti gerekmektedir.

Kazan kapasite formülünü hatırlarsak;

$$Q_k = B \times H_u \times \Delta k \quad [3]$$

Q_k = Kazan Kapasitesi (Kcal/h)
 B = Yakıt Debisi (Kg/h, Nm³/h)
 H_u = Yakıt Alt Isıl Değeri (Kcal/kg, Kcal/Nm³)
 η_k = Kazan Verimi (%)

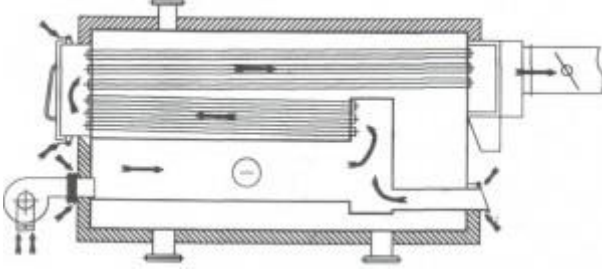
Rejim haline getirilmiş kazanda doğalgaz yakıt debisinin tespiti kolay olup, doğalgaz sayacından okunan değeri, sayaçtan geçen gazın basıncına göre Nm³/h olarak düzeltmek gerekir. Sıvı yakıtta ise yakıt debisinin tayini sayaç kullanılmıyorsa güçtür. Ancak istenildiği takdirde, hacimsel debi takip edilerek kütleli debi hesaplanabilir. Katı yakıtlı sistemlerde ise rejim haline getirilmiş kazana katı yakıtın tartılarak beslenmesi gerekir. Mümkün mertebe sağlıklı bir kapasite ve verim tespiti yapılmak isteniyorsa, çıkan kül ve baca filtresinde (mevcutsa) biriken kurum miktarının tartılarak belirlenmesi, ayrıca katı yakıt ve kül+kurum karışımının alt ısı değerlerinin uzman bir laboratuvarında tespiti gereklidir. Yoğuşmalı kazanlarda ise duyulur ısıdan kaynaklanan verim ve kapasitenin analizör yardımıyla tespitinden sonra, test sırasında birim zamanda yoğuşturucuda biriken su miktarı tartılıp kazana transfer edilen gizli ısı miktarı bulunarak (gizli ısı, 550 Kcal/kg-su üzerinden hesaplanabilir) duyulur ısı miktarına eklenmek suretiyle toplam ısı kapasitesi bulunabilir. Toplam ısı kapasitesinin yakılan yakıt miktarı ve alt ısı değerinin çarpımına bölünmesiyle yoğuşmalı kazanın toplam verimi belirlenebilir. Alt ısı değere göre hesaplanan bu verim değeri %100 'den büyük olabilir.

5. YAKMA YÖNETİM SİSTEMLERİ

Yakıt tüketimin büyük değerlere ulaştığı büyük kapasiteli kazanlarda, verimin kontrolü daha büyük önem arz etmekte ve bu iş için tam otomatik mikro modülasyonlu yakma yönetim ve oksijen trim kontrol sistemleri geliştirilmiş bulunmaktadır. Söz konusu sistem ile baca analizleri sürekli ve otomatik olarak yapılmakta, (O₂), (CO₂), (CO) ve baca gazı sıcaklığı gibi baca gazı parametreleri ile yanma verimi sürekli izlenmekte, yakıt karakterinde ve atmosferik şartlarda olabilecek değişikliklerin önceden ayarlanmış parametrelere etkisi sistemin yakıt/hava ayarına otomatik müdahalesi ile önlenilmekte, gerektiğinde frekans konvertörlü brülör fanları ile eşgüdümlü çalışarak fan enerji tüketiminden tasarruf sağlanmakta, hassas ve oransal kontrol ile tam yanma sonucu sistem verimi yükseltilmekte ve yakıt tasarrufu sağlanmakta, ayrıca, sistem otomatik kalibrasyon ve hata tespitine imkan vermekte ve bina otomasyon sistemlerine de entegre edilebilmektedir.

6. İÇ SOĞUMA KAYIPLARI

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 4. Kazanlarda İç Soğumaya Neden Olan Hava Sirkülasyonu

Şekil-4 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.

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 termostatin 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 flanşı 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.

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, yukarıdabelirtilen 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.

7. 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 olduğunca iki kademeli veya modülasyonlu brülörler tercih edilmeli, kazan suyu sıcaklığı gereğinden yüksek tutulmamalı, mutlaka tam sızdırmaz kazanlar kullanılmalı, sızdırmazlığın garanti edilmediği kazanlarda otomatik baca kapama düzeneği kullanımı düşünülmeli, 1.500.000 – 2.000.000 Kcal/h ve daha büyük kapasiteli kazanlarda yanmanın sürekli kontrol edilip, brülör ayarlarına sürekli müdahalenin yapılarak verimin sürekli maksimumda tutulabildiği tam otomatik mikro modülasyonlu, yakıt/hava oran kontrollu yakma yönetim ve oksijen trim kontrol sistemleri tesis edilmeli, mümkün mertebe, doğalgaz gibi hidrojen kökenli yakıtlarda, yanma sonucu baca gazlarında oluşan su buharının sistem dönüş suyu yardımıyla soğutularak yoğunlaştırılmasıyla, duyulur ısıya ilaveten gizli ısının da kazan içindeki akışkana transfer edilebildiği, daha yüksek verimli, üst ısı değer kondenzasyon kazanları veya paslanmaz çelik yoğunlaştıruculu normal çelik kazanlar tercih edilmelidir.

Buhar hattında kullanılan armatörler veya ekipmanlar

1-Kondenstop: Buhar kapanı veya kondenstop, buhar sistemlerinde yoğunlaşma sonucu oluşan kondensin sistemden dışarı atılması için kullanılan tesisat elemanlarıdır.

2-Kompansatör: Kompansatör, boru tesisatlarının genleşmesi ve büzülmesini ve tesisatta oluşan mekanik titreşimleri absorbe eden elemandır. Metal veya kauçuk tipleri vardır.

3-Pislik tutucu vana

4-Çekvalf

4-Vakum tutucu veya kırıcı

5-Kesme vanaları

6- Gözetleme camı

7-Buhar Sayaçları

Daldırma tip buhar sayacı

Compakt Orifis Buhar Sayacı

Vortex Buhar Sayacı

Buhar sayaçları, enerjinin geri kazanılmasına yönelik yapılan tüm çalışmalar sonucundaki uygulamaların fayda derecesini kontrol eder. Prosese istenilen buhar miktarının verilip

verilmediğini, verilen buharın sıcaklık ve basıncının kontrol edilmesini sağlar. Tüm tesisin veya tesis içerisindeki çeşitli ünitelerin hatta ünite içindeki herhangi bir makinenin birim ürün buhar maliyetini tespiti için buhar sayacı kullanılır. Buhar sayacı ile farklı sebeplere bağlı olarak verimin ne kadar düştüğünden başlayarak; ünite, bölüm, işletme, kazan verimlerinin düşme miktarları gözlenebilir ve verimliliğin artırılması için adım atılabilir Buhar Sayacı aşağıdaki nedenlerle kullanılmaktadır.

1) Sistem Verimliliği 2) Enerji Verimliliği 3) Prosesin Kontrolü 4) Buhar Maliyeti

Kaynaklar:

- 1- Isıtma Tesisatı, Isısan Çalışmaları No: 265.
- 2- Isıtma sistemlerindeki gelişmeler, Isısan Çalışmaları No: 177.
- 3- Buhar Kazanları-Isıl Hesaplar, Musatafa ÖZKAN, Cilt 1, Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- 4- Buhar Kazanları, Osman F. Genceli, Birsan yayınevi, İstanbul.
- 5- Buhar Santralleri, Yaver Heper, Ankara.
- 6- Endüstri Kazanları, Erhan Böke, İSKAV yayınları, 2004.
- 7- Sıcak Su Kazanları, İ. Yalçın Uralcan, İSKAV yayınları, 2004.
- 8- <https://buhartesisatlari.com/buhar-armaturleri-2/>
- 9- <https://tomlinsonenergy.com.au/news/steam-boilers-what-are-the-main-types/>
- 10-<http://www.cankayacevre.com.tr/bacada-islilik-olcumleri>