

7. KAZANLAR VE YARDIMCI SİSTEMLER

[\(Ref. e makaleleri\)](#)

Modern buhar üretim ünitesi, en basit şekliyle, bir ızgara (kafes) bir fırın ve bir kazandan oluşur. Büyük dizaynlarda mekanik yakıt-yakma sistemleri, su-soğutmalı fırınlar, aşırı ısıtıcılar, kazan yüzeyi, ısı-gerikazanma cihazları gibi yardımcı sistemler bulunur. En yüksek verim ve ekonomi, herbir birimin diğer birimlerle oranlı ve dengeli çalışmasına bağlıdır.

Kapasite

Modern buhar-üretim ünitelerinin kapasite ve derecesi için kesin değerler verilemez. Ünitelerde birkaç farklı tipte ısı-absorblama cihazı bulunduğundan birleşik performans, kazan gücü (horse power) veya eşdeğeri olan buharlaşma miktarıyla doğru olarak tanımlanamaz. Bu nedenle pratikte kapasite, özel bir basınç ve sıcaklıkta, saatte üretilen buhar miktarı (pound) ve besleme suyu miktarıyla tarif edilir. Rafineriler ve petrokimya komplekslerinde buhar üretim kapasitesi 1 100 000 - 2 600 000 lb/sa. (500-1200 ton/saat) dolayındadır.

Kazan Tipleri

Endüstride ve merkezi buhar istasyonlarında kullanılan kazanlar çok çeşitlidir. Bunların hepsi iki genel sınıfta toplanır:

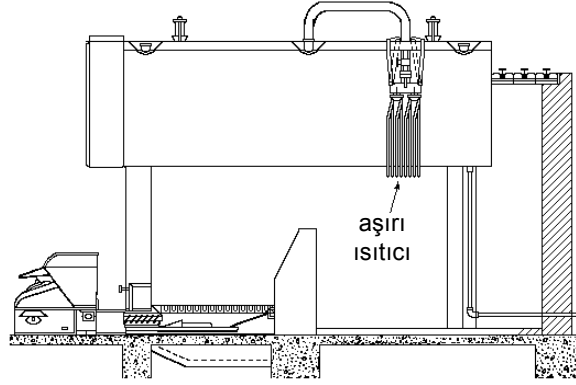
1. Duman borulu kazanlar
2. Su-borulu kazanlar.

Duman-Borulu Kazanlar

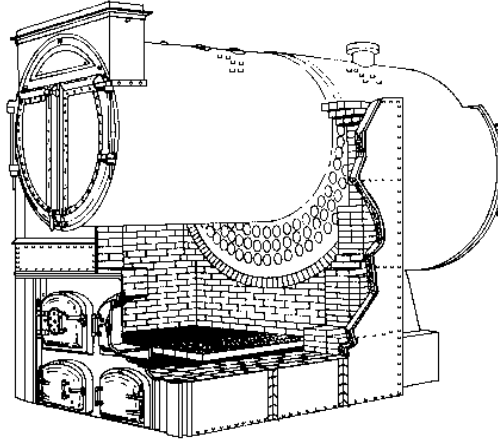
Bir duman-borulu kazanda tüpler ısı absorblayan yüzeylerdir. Yakıt tüplerin içinden geçer, ısınan tüp yüzeyler ısıyı, dış kısmındaki suya iletirler.

Bu tip kazanlar, diğerlerine kıyasla daha ucuzdur, fakat yüklenme kapasitesi sınırlıdır ve çıkış gazı sıcaklığı, çıkan miktarın artmasıyla hızla yükselir.

Yatay geridönüşlü kazan (horizontal return-tubular, HRT) bu tipin en çok kullanılan türüdür.



(a)



(b)

Şekil-1: Küçük ve modern bir HRT kazan; kolon tip, aşırı ısıtıcı ve hamlaçlı. (b) Elle-yakmalı bir kazan.

Bir HRT kazan silindirik bir dramdır. Dramın iki başında aynalar bulunur. Dumanın geçtiği borular bu aynalara tutturulmuştur ve dram içinde boydan boya uzanırlar. Yanma odasında oluşan alev ve duman, boruların içinden geçerken onları dıştan saran suyu ısıtır. Yanma odası dramın dışında veya içine gömülmüş konumda olabilir; dışındaysa, iç kısmı sıcaklığa dayanıklı bir refraktör malzeme ile kaplanmıştır; içinde olduğunda böyle bir kaplamaya gerek olmaz.

Duman borulu kazanlar küçük ısıtma ünitelerinde, basınç ve kapasitenin düşük olduğu ve sadece sınırlı bir aşırı ısıtmanın istendiği sanayi tesislerinde kullanılır. Kapasitesi 1000-15000 lb buhar/saat aralığında, basıncı 150 °F da 250 psi ye kadardır. Buharlaşma hızı 7 lb/ft.sa. ten düşüktür.

Yakıt olarak kömür kullanıldığında küçük kazanlarda elle-yakma pencereleri, büyüklerde hamlaçlar bulunur. Yağ, gaz ve atık fuel-oil de yakıt olarak kullanılabilir. Tipik bir HRT kazan Şekil-1(a)'da verilmiştir; aşırı ısıtıcı kolon tiptir. Standart HRT kazanının değiştirilmiş bir tipinde (Şekil-1 b) çok az refraktör malzeme kullanılmıştır ve yarı-taşınabilir yapıdadır. Dramın arka tarafının çapı daha büyüktür ve alt tarafında bir dizi kısa tüp bulunur; üst tarafta, dramın ön kısmına kadar uzanan uzun tüpler yerleştirilmiştir. Arka taraftaki yakma odacığından gelen yakıt gazı borularla öndeki duman bölmesine taşınır.

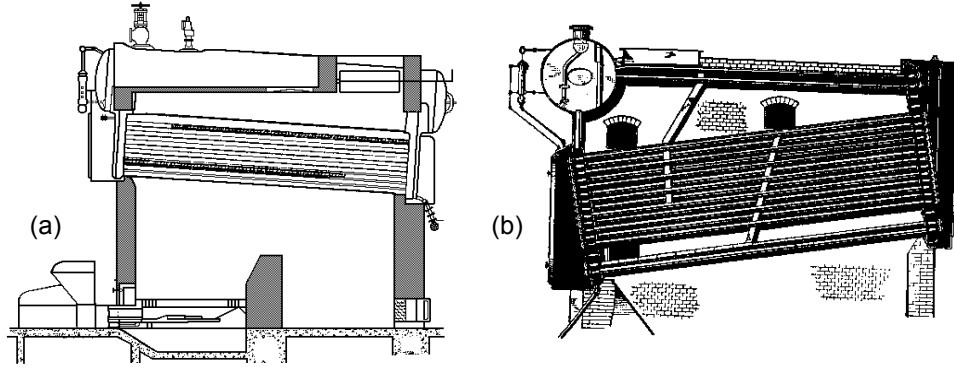
Su Borulu Kazanlar

Bir su borulu kazan, dış kısımdan yakıt gazının, içinden suyun geçtiği tüplerden oluşur; (a) düz-borulu, (b) eğik-borulu olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Büyük kapasiteler istendiğinde su borulu kazanlar tercih edilir; basınç 150 psi (10.2 atm) den büyük, kapasite 15 000 000 lb buhar/sa (6 800 ton/sa) in üzerindedir. Örneğin 5 000 psi (340 atm) basınç ve 4 000 000 lb/sa (1800 ton/sa) kapasitede çalışabilen kazanlar vardır. Yatay yerleştirilmiş düz-borulu kazanlar, kullanım alanı en yaygın olan tiplerdir. Basınçlar ve kapasitelerin kademe kademe yükseltilmesi istendiğinde, fırın çıkış genişliğinin herbir feetine düşen buhar üretim hızı sirkülasyon sınırını aşar; böyle bir durumda eğik borulu kazan kullanılması uygundur.

Düz Borulu Kazanlar

Bunlarda ana boru bankı 1-3 inç kadar eğik konumda yerleştirilir ve isteğe göre, yatay veya dikey şaşırtmalıdır. Düz borulu kazanlar boylamasına veya çapraz-dram tipte olabilir.

Boylamasına-dram tipte bir, iki veya üç paralel dram bulunur; bunlara üst ve alt aynalar bağlanmıştır (Şekil-2 a); tüp banklarına paralel veya yatay olabilir. Sayıları ve çapı istenilen kapasiteye göre değişir. En yüksek basınç 300 psi (20.4 atm) ve kapasite aralığı 4 000 - 90 000 lb/sa (1.8-41 ton/sa) tir.

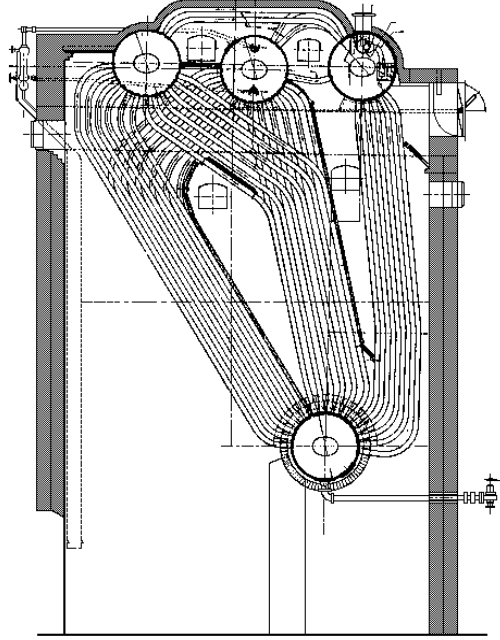


Şekil-2: (a) Yatay şaşırtmalı eğik dramlı,
(b) çapraz dramlı, kazanların şematik görünüşleri.

Çapraz dram tipteki kazanda bir dram vardır; tüp banklarına çapraz (enine) bağlanır ve üst aynanın üzerine yerleştirilmiştir. Ön veya üst ayna dram, yatay sirkülasyon tüpleri ve nipellerle alt aynaya bağlanır (Şekil-2 b). Aşırı ısıtıcı, çoğu zaman tüp banklarının üst kısmında bulunur ve aşırı ısınmayı 200 °F dolayında tutar. Buhar dramlarının çapı 42-72 inç, kapasitesi 4 000-525 000 lb/sa (1.8-238 ton/sa) olabilir.

Eğik Borulu Kazanlar

Geleneksel Eğik-borulu kazanlarda eğik tüplerle bir, iki veya üç tane buhar-ve-su dramına bağlanmış bir alt (veya çamur) dram bulunur. Yeni bazı dizaylar dışında ısıtma yüzeyi, iki veya üç bank ve dikey baffıllar (şaşırtma çubukları) veya dik ve çapraz baffıllardan oluşan sistemlerdir. Aşırı ısıtıcılar, ilk kazan bankındaki tüp arasına veya birinci ve ikinci tüp bankları arasındaki bank arasına yerleştirilmiştir. Dizayda esneklikler olması nedeniyle bu tip kazanlar 6000-2 000 000 lb/sa (2.7 – 908 ton/sa) kapasitede ve 160 – 2700 psi (72.6-183.7 atm) basınçta çalışabilir; buharın sıcaklığı 1100 °F (593 °C) dir.



Şekil-3: Dört dramlı eğik-borulu bir kazanın şematik görünümü

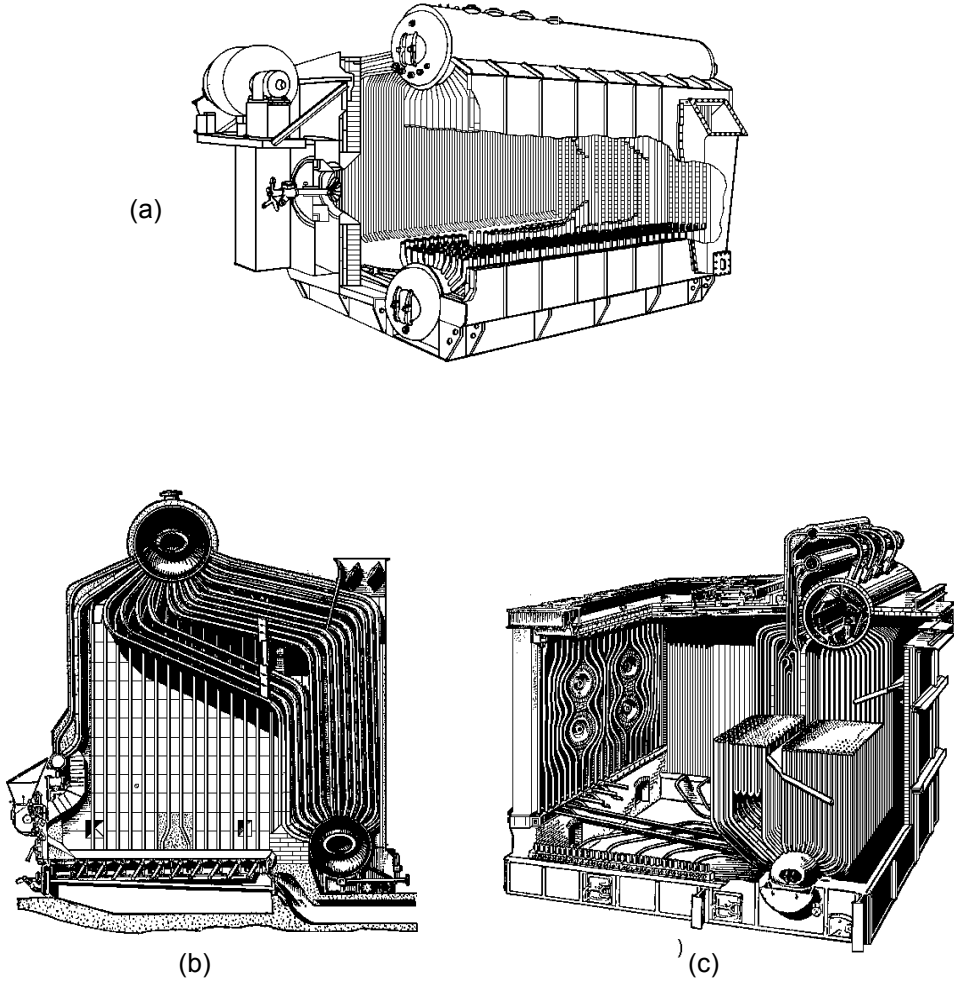
En fazla kullanılan eğik-borulu kazan dört-dramlı olanıdır. Bunda üç tane üst buhar-ve-su dramı bir tane alt veya çamur dramı vardır. Dramları birbirine bağlayan tüpler, bafıllı üç bankta bulunur. Tüplerin her sıradaki tüp sayısı kazanın büyüklüğüne ve alt dramın çapına göre değişir. Kapasite, kazanın genişliğini saptayan faktördür ve aynı zamanda alt ve üst dramlar arasındaki dikey mesafeyi de etkiler. Şekil-3'de dört-dramlı bir kazan görülmektedir.

Paket-Tip Kazanlar

Orta-basınçlarda, 4000-42000 lb/sa (1.8-19 ton/sa) kapasiteli, az yer kaplayan standart birimler şeklinde paket-tip kazanlar dizayn edilmiştir (Şekil-4a). Bunlarda, çoğu kez, eğik-borulu iki dram ve su-soğutmalı bir fırın vardır; yağ veya gazla çalışabilir.

Tren yolu veya tankerle taşınabilir yapıdadır; yakma sistemi, yağ pompası ve ısıtıcı takımı, zorlamalı çekiş fanı, ısıtma regülatörü, besleme suyu regülatörü, kasa ve kontrol paneli, is çekicisi, otomatik kontrol sistemi ile komple bir pakettir.

Şekil-4(b)'de küçük ve orta büyüklükte endüstriyel bir paket buhar üretim ünitesi görülmektedir; kapasitesi 18 000-50 000 lb/sa (8-22.7 ton/sa) tir.

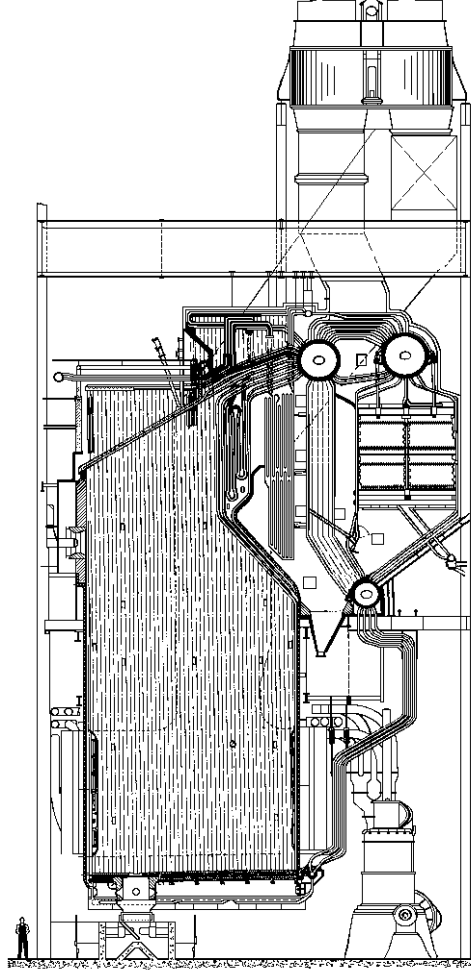


Şekil-4: (a) Paket tip bir kazanın kesit görünümü, (b) yağ ve gaz yakabilen yaygın yollu komple bir kazan, (c) yağ ve gaz yakabilen buhar jeneratörü.

Daha büyük kapasiteli bir ünite Şekil-4(c)'de verilmiştir; 425 000 lb/sa (193 ton/sa) 1250 psi (85 atm) ve 900 °F (482 °C) a ulaşılabilir. Pulverize yakıt, yağ ve gaz yakıt kullanılabilir.

Yüksek-Basınç Buhar Jeneratörü

Bu tip buhar jeneratörleri modern merkezi ısıtma sistemlerinde çok kullanılır. Su soğutmalı fırınlar, büyük aşırı-ısıtıcılar, tekrar-ısıtıcılar (bazan), kazan konveksiyon bankı, ekonomizerler (bazan) ve büyük hava ısıtıcılarından oluşur. İletim (konveksiyon) yüzeyinin miktarı, bir ekonomizer kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak değişir. Ünitenin dizaynı tam olarak standardize edilememiştir, fakat kurulacak tesise tam uygun standardizasyonlar yapılır. Çoğunlukla iki basınç sınıflaması bulunur; 900-1100 psi (61.2--74.8 atm) ve 1200-2700 psi (81.6-230.8 atm). Üretilen buharın sıcaklığı 850-1100 °F (454-593 °C) aralığında değişir. Maksimum yükten, önceden saptanan yük noktasına inildiğinde sıcaklığın sabit kalması için gerekli önlemler alınmıştır. Fırın hacmi aşırı-ısıtıcının konumu, şekli ve büyüklüğünün seçiminde çok önemlidir; yüksek basınç ve yüksek buhar sıcaklığı için, tüm fırın soğutma sistemi kullanıldığında, buharın çoğu fırın duvarında oluşur. Sonuçta aşırı-ısıtıcı çıkışı ve ekonomizer girişi arasında küçük bir ısı iletim bandı gerekir (Şekil-5), sürekli kapasite 1 000 000 lb/sa, (454 ton/sa), basınç 1675 psi (114 atm) ve sıcaklık 955 °F (513 °C), verim %88.8 dir: ısı absorblama yüzeyleri (hava ısıtıcısı hariç) %14.6 kazan, %12.4 fırın, %34.7 aşırı-ısıtıcı ve %38.3 ekonomizerdir.



Şekil-5: Büyük bir buhar üretim ünitesi

Kontrollü Sirkülasyon

"Kontrollü Sirkülasyon", fırın duvarlarına, kazan bölmelerine veya tüplere önceden saptanmış (veya herhangi) bir zamanda, belirli sınırlar içinde toplam akımı veya dağılımı değiştirebilmektir. İşlem buhar üretim çevrimi girişinde bulunan orifislerle sağlanır. Sirkülasyon pompaları, kazan dramı ve su girişi (ısı absorblama yüzeyi-

ne) arasındadır; böylece her zaman pozitif bir akış bulunur. Isı absorblayan yüzeyin özelliklerine göre ısı uygulandığında pompaya yardımcı olan bir sirkülasyon yüksekliği oluşur.

Kontrollü sirkülasyon küçük çaplı ve ince duvarlı tüplerin bazı koşullarda kullanımına olanak verir; bu koşullar doğal olarak ısıyla meydana gelen sirkülasyonun yetersiz olduğu dizaynlar veya su ve buhar yoğunluklarının, yüksek çalışma basınçlarında birbirine yaklaşılarak ısıyla sirkülasyonun düştüğü hallerdir.

Elektrik üretim istasyonlarının çoğunda kontrollü sirkülasyon uygulanır. Kapasite aralığı 700 000 – 2 200 000 lb buhar/sa (318 – 1000 ton/sa), basınç 1650-2650 psi (115-180 atm) ve sıcaklık 1000 – 1100 °F (538-593 °C) dır.

Sıcak-Su Kazanları

Yüksek çalışma verimi ve düşük bakım gereksinimleri nedeniyle "yüksek- sıcaklık-taki su sistemleri" iyi bir ısı dağıtma ortamıdır. Bu tesisler 350 °F (177 °C) dolayında çalışırlar ve 160 psi (11 atm) lık doymuş buhar verirler. Sistem kapalı olduğundan besleme miktarı oldukça düşüktür. Özel dizaynlarda ısı duvarları ve konveksiyon bölmeleri giriş ve çıkış aynalarına bağlı, küçük çaplı tüplerden oluşan bir dizi paralel devrelerdir. Suyun devrelere düzenli olarak dağıtılması, taşkan (surge) tankı ile kazan girişi arasına konulan bir sirkülasyon pompasıyla sağlanır (kontrollü sirkülasyon).

Monotüp Buhar Üretim Ünitesi

Kritik basıncın üstünde veya altındaki çalışmaları kapsayan yüksek- basınçlı buhar çevrimi isteği monotüp kazan dizaynlarını gündeme getirmiştir.

Monotüp uygulamada, kritik basıncın altındaki çalışmalar için ekonomizer kısmına bir pompayla verilen besleme suyu sonra buharlaştırma bölümüne akar; burada az bir miktar buhara dönüşür. Bu buhar ve su karışımı bir ayırıcıya (seperatör) geçerek su ve varsa katı safsızlıklarını bırakır. Sonra buhar, konveksiyon aşırı-ısıtıcıya gider ve son olarak ta radyant ısıtıcı bölgeye girer.

Monotüp ilkesi (zorlamalı sirkülasyon), doğal veya kontrollü sirkülasyonlardan farklıdır; buhar üretim devresi boyunca akan suyun ayırıcıda ayrılan az bir miktar dışında tamamı, doğrudan buhara dönüşür.

Kızdırıcılar (Aşırı Isıtıcılar, Superheaters)

Kızdırıcı, doygun buhara ilave ısı vererek sıcaklığını ve hacmini artıran bir sistemdir. Sistem yakıt gazı yolu üzerinde bulunan ve kazanın üretim kısmından çıkan doygun buharın geçtiği absorblayıcı bir yüzeydir.

Kızgın (aşırı ısınmış) buharın özellikleri mükemmel gazlara yaklaşır; nem içermez, doygun buhar sıcaklığına gelinceye kadar yoğunlaşmaz. Doygun buhardaki kullanılabilir ısı tümüyle basınca bağlı olduğu halde, kızgın buharda, kızdırma derecesiyle orantılı miktarda ilave ısı bulunur. Sabit buhar sıcaklığı "by-pas" damper kontrolüyle sağlanır; kızdırıcı yüzey üzerinden geçen sıcak gaz miktarı bu sistemle ayarlanarak buharın sıcaklığı istenilen seviyede tutulur. "Ayarlanabilen fırın brülörleriyle de buhar sıcaklığının istenilen düzeyde olması sağlanabilir. Ayrıca, kızdırıcılar arasına yerleştirilen "desüperheater" de buhar sıcaklığını düşürmek için uygulanan sistemlerdir.

Isı Geri-Kazanma Sistemi

Isı geri-kazanma cihazı buhar üretim tesisinin bir parçasıdır, fakat buhar üretimi veya aşırı ısıtma bölgelerinin birer bölümü değildir. Bir tesisin buhar üretim bölgesinden çıkan yakıt gazından ısı kazanacak şekilde dizayn edilmiş olan, besleme-suyu-ısıtıcısı ve hava-ısıtıcısı olarak çalışan sistemlere ekonomizerler ve hava ısıtıcıları denir.

Ekonomizerler

Ekonomizerlerin yapımında kullanılan en uygun malzeme çelik tüptür; tüp duvarları incedir, çapı küçüktür, alanı homojendir, sıkı (kompakt) sistemler yapımına uygundur ve pahalı değildir.

Ekonomizere giren besleme suyunun sıcaklığının 200 °F (93 °C) in üzerinde olması önerilir. Çelik malzemeden yapılmış ekonomizerlerde besleme suyunda çözülmüş olan oksijen iç korozyona yol açar, bu nedenle suyun kimyasal yolla veya hava-çıkarıcı ısıtıcılarla oksijenden arındırılması gerekir. Çelik-tüp ekonomizerler dikey (yekpare) veya yatay (ayrı) olarak yerleştirilebilir.

Hava Isıtıcıları

Bir hava ısıtıcısının görevi, atılacak yakıt gazındaki ısıyı geri- kazanmak ve havayla fırına göndererek yakıt tasarrufu sağlamaktır. Hava ısıtıcılar çalışma şek-

line göre iki tiptir: Birincisinde iki akışkan, ısı transfer yüzeyi ile birbirinden ayrılmıştır; akışkanın biri bir yönde, diğeri aksi yönde akar. Örneğin, tüpler kullanıldığında akışkanın biri tüplerin içinden diğeri dışından; veya levha tip bir ısıtıcıda akışkanlar levhanın ayırdığı iki bölmede akarlar. İkinci tip hava ısıtıcılarda ısı transfer yüzeyinin her iki tarafı aralıklı olarak ısıtılır ve soğutulur; önce akışkanın biri ısıtır, sonra diğeri soğutur.

Fırımlar

Buhar üretim tesislerinin fırınlarını dizaynında kuruluşlara özgü detaylı bilgiler gerekir, bu nedenle her koşulda uygulanabilir standartlar verilemez.

Tek Yollu Fırımlar (Single-Retort Stokers)

Dört refraktör duvardan oluşan en basit fırın tipidir. (Şekil-4.1a ve 2.31). Isı oluşum hızı $45000 \text{ Btu/ft}^3 \cdot \text{sa}$ ten fazla olmadığı durumlarda refraktör malzeme uzun süre dayanır. Şekil-3.11(b), darbeli komple bir üniteyi göstermektedir.

Çok yollu Fırımlar (Multiple-Retort Stokers)

Bunlar büyüklükleri dışında tek-yollu fırınlara benzer. Suyla soğutulan yüzeylerin kullanılmasıyla refraktörlü fırınlarda karşılaşılan sınırlamalardan kurtulmak için, yakıtın tümünün yakılabildiği dizaynlara yönelinmiştir. En yüksek ısı çıkış hızı $35000 \text{ Btu/ft}^3 \cdot \text{sa}$,tir.

Gaz tabakalarını kıran fırın türbülensi çeşitli şekillerde oluşturulur; alev-üstü ve buhar jetleri etkindir.

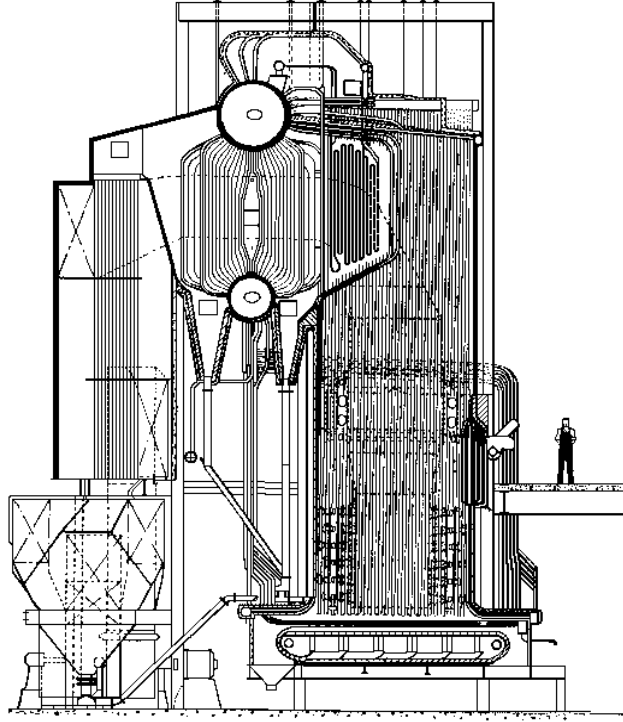
Yaygın Yollu Fırımlar (Spreader Stokers)

Isı akışının $35000 \text{ Btu/ft}^3 \cdot \text{sa}$ in altında olduğu açık-tip fırınlar bu şekilde kurulur. Su-soğutmalı yüzeyler önemlidir, ayrıca yakıt yatakları hava akışına hassastır. Yakma için %90 veya daha fazla hava gerektiği durumlarda çok verimlidirler.

Türbülent Süspansiyonlu Brülörler

Bu tip brülörler, kule-tipi bir fırında oldukça iri yakıt taneciklerinin yukardan aşağı doğru püskürtülmesi (duş şeklinde) olarak tarif edilebilir. Püskürtülen yakıt yüksek türbülens gaz hacminden geçer ve yakma havasının etkisiyle kurur, tutuşur ve

düzenli olarak dağıtılır. Kapasite 8 000 - 300 000 lb/sa (36-136 ton/sa) buhardır. Şekil-6'de bu ilkeye göre çalışan bir ünite görülmektedir



Şekil-6: Türbülent süspansiyonlu brülörlü bir fırının şematik görünümü.