



Teknik Bülten

Dipl. Ing. Paul Köberlein, Bosch Industriekessel GmbH



BOSCH
Yaşam için teknoloji

Silindirik buhar kazanı sistemlerinde kaçınılmaz termal gerilmeler

Buhar kazanı sistemleri, kazan gövdesinde değişken gerilmelere neden olabilecek çeşitli yük değişimlerine maruz kalır. Düşük su kalitesine ek olarak, iki ana faktörün önemi büyüktür: Tasarım ve işletim parametrelerinden kaynaklanan etkiler ve sistem yük değişimlerinin etkileri. Bu dokümanda, Kazan sistemlerinde kaçınılabilecek termal gerilmeler açıklanmakta ve okuyucuya sistemlerin uygun şekilde planlanması, kurulumu ve ayarlaması hakkında bilgi verilmektedir.

Bosch Termoteknik Isıtma ve Klima
Sanayi Ticaret Anonim Şirketi
Aydınevler Mahallesi İnönü Caddesi
No: 20 Küçükyalı Ofis Park A Blok
34854 Maltepe/İstanbul
Türkiye

Tel: (0216) 432 08 00
Faks: (0216) 432 09 86

www.bosch-industrial.com
bosch.industrial@tr.bosch.com

© Bosch Industriekessel GmbH |
Resimler, sadece örnek niteliğindedir |
Teknik değişikliklere tabidir | 12 / 2014 |

Günümüzde, her sektörde birçok farklı ticari ve endüstriyel tesiste ısı taşıyıcı akışkan olarak doymuş buhar kullanılmaktadır. Gıda ve içecek endüstrisinde ısıtma, kaynatma ve temizleme süreçlerinde, tekstil endüstrisinde temel olarak dokumaların işlenmesinde kullanılır. Çamaşırhaneler ve kuru temizlemeciler, çamaşır makinelerini ısıtır veya ütüleme ve kurutma işlemleri için buhar kullanır. Hastanelerde, tedavi ve ameliyat gereçlerini sterilize etmek için son derece temiz buhar kullanılır. Büyük ölçekli mutfaklarda ve klima santrallerinde havanın nemlendirmesinde de buhar kullanılır. İnşaat malzemeleri sektöründe, otoklavlama ve kumlu kalker tuğla üretimindeki gibi ısıtma ve kurutma işlemlerinin gerekli olduğu birçok süreçte doymuş buhar kullanılır. Kağıt ve ambalaj endüstrisi, kimya endüstrisi, eczacılık ve daha birçok sektörde buhar, bir ısı taşıyıcı olarak önemlidir.

Bu buhar uygulamalarının çoğunda, 200 t/h buhar üretim kapasitesine, 30 bar basınca ve 300 °C sıcaklığa sahip doymuş veya kızgın buhara ihtiyaç duyulur. Buhar üretmek için, genellikle silindirik yapıda bir veya daha fazla gaz veya sıvı yakıtlı kazanlar kullanılır (Şekil 1). Su borulu kazan sistemlerine kıyasla, silindirik kazanlar genel performans açısından çok daha iyi birer alternatiftir, çünkü satın alma ve işletimde daha ucuzdurlar.

Modern silindirik buhar kazanı sistemlerinin işletilmesi, günümüzde sorunsuz olarak görülmektedir. Yine de bu kazanlarda, aslında kaçınılabılır olsalar da, güvenlik ve çalışma ömrüne olumsuz etki eden bir takım sorunlarla sık sık karşılaşılır. Yetersiz su kalitesine ek olarak, iki ana faktörün önemi büyüktür: tasarım ve işletim ayarlarından kaynaklanan etkiler ve tüketim devrelerinin etkileri.

Düşük su kalitesi

Korozyona veya birikintilerin oluşmasına neden olan düşük su kalitesi, hasar istatistikleri listesinde en baştaadır. Bu tür hasarların sonuçları genellikle sektörde bilinir ve dolayısıyla bu teknik bilgi föyünde detaylı bir şekilde ele alınmayacaktır. "Düşük" su kalitesi, çoğunlukla aşağıdakilerin birinden veya tümünden kaynaklanır:

- Gerekli su parametrelerinin takip ve test edilmesinde yetersizlik (Şekil 2)
- Bilgi eksikliği
- Ölçülen değerlerin yanlış yorumlanması veya değerlerde sapma olması durumunda herhangi bir aksiyon alınmaması

Düşük su kalitesinin hasarlara neden olmasını önlemek için, öncelikle su üreticisinin belirlediği değerlere uyum sağlanması esastır (EN 12953 Kısım 10 uyarınca). Uygun su şartlandırma bileşenlerinin kullanılmasının yanı sıra, su analizi alanında da yetkinliğin sağlanmasına dikkat edilmelidir. Tamamen otomatikleştirilmiş analiz cihazlarının kullanılması önerilir. Bu cihazlar sertlik, iletkenlik, pH değeri ve kondens suyu saflığı gibi tüm su parametrelerini kaydeder ve takip eder (Şekil 3). Bkz: Teknik Bilgi Föyü "Modern su işleme ve su analizi".

Tasarım ve işletim parametrelerinin etkileri

İhtiyaç duyulan gerçek buhar miktarına göre çok yüksek kurulu kazan kapasitesi

Bu sorun genellikle tesislerdeki buhar tüketiminin, enerji kayıplarının giderilerek veya çeşitli ısı geri kazanım yöntemleri ile büyük oranda azaltıldığı mevcut tesislerde karşımıza çıkmaktadır. Ancak planlama esnasında tesisdeki tüketim noktalarının eşzaman faktörünün yanlış öngörülmesi veya marjlı hesaplama yaklaşımları dolayısı ile yeni kurulan tesislerde benzer sıkıntılara rastlanmaktadır. Kazan kapasitesine oranla çok düşük olan buhar tüketimi dolayısı ile brülörün yüksek şalt sayısı ile çalışması sonucu ile karşılaşmaktadır. Bu durum, özellikle gaz yakıtla işletilen kazanlarda sıradışı sıcaklık değişimlerine ve uzun ön süpürme sürelerine neden olmaktadır.

Brülörler, yanma odasında 1400 ila 1700 °C arasında sıcaklıklar oluşturur. Yanma odasına ön süpürme aşamasında (bu aşama her bir brülör ateşleme sürecinden önce gerçekleşir), kazan dairesinden içeriye taze hava alınır. 20 - 30 °C gibi düşük hava sıcaklıkları, daha önce çok sıcak olan ısıtma yüzeylerinin soğumasına neden olur. Bunun ardından, brülör ateşlenir ve genellikle hemen en yüksek yük seviyesine geçme sinyali alır. Aşırı düşük yüklerde ise brülör, henüz ateşleme aşamasına yeni başlayırken genellikle tekrar kapatılır, ön havalandırma gerçekleşir ve bu döngü sürekli tekrar edilir.

Isınma ve önsüpürme sırasında sıcaklığın sürekli değişmesinden kaynaklanan gerilmeler, yanma odası ile kazan gövdesi arasında genleşme farklılıklarına neden olur ve bu da zamanla metal yorulması ile sonuçlanabilir. Bu çalışma şekli, sistemin hasar görmeye eğilimini artırmanın yanı sıra, ekonomik verime de olumsuz etki eder, çünkü her bir ön süpürme süreci büyük miktarda enerjinin kaybedilmesine sebep olur.

Bunu engelleyebilmek için, aşağıdaki adımlar önerilir. Bunu elde etmek için, aşağıdaki adımlar önerilir

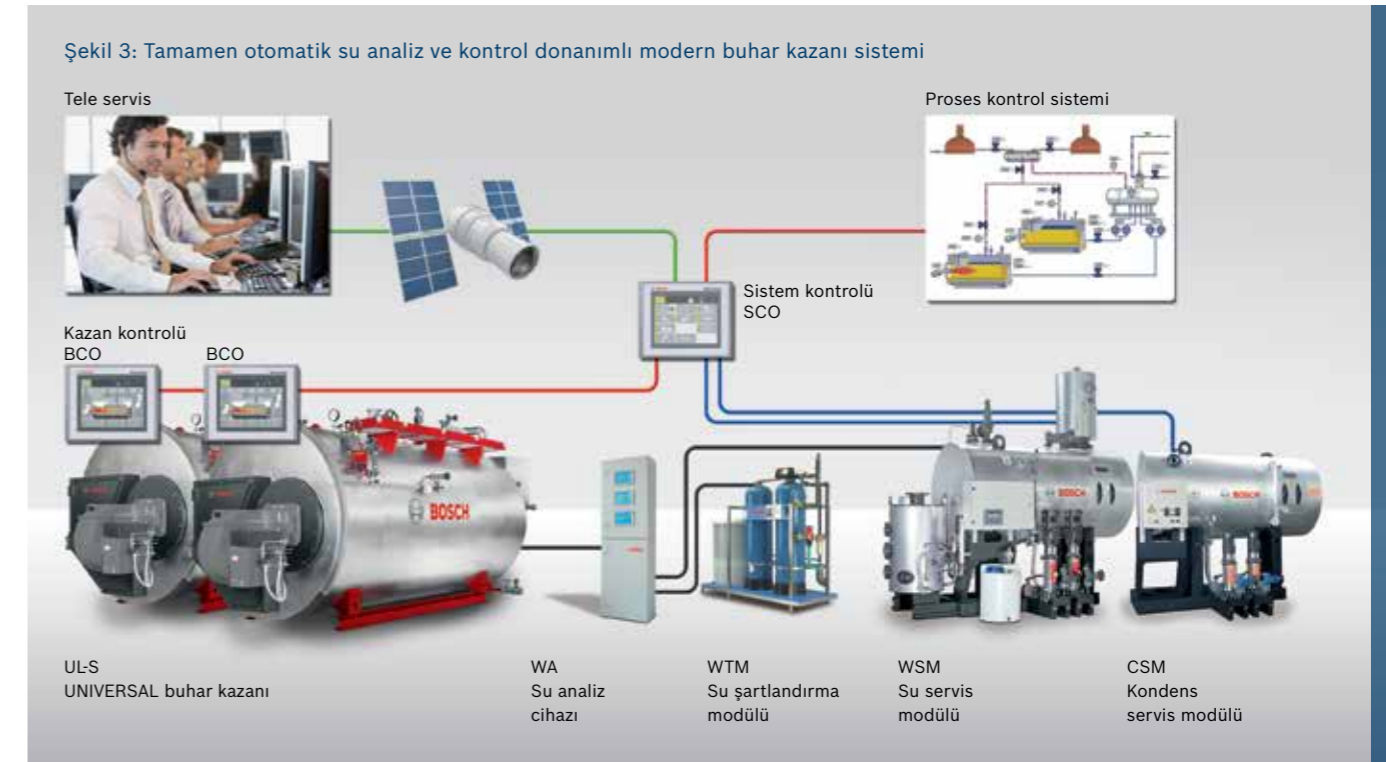
- Sık brülör şaltını engelleyebilmek için hassas kısmi yük kontrol donanımı kullanılması
- Brülörün sürekli kısmi yüklerde çalışabilmesine imkan tanıyan kapasite kontrol donanımlarının kullanılması
- Geniş modülasyon aralıklarına sahip brülörlerin kullanılması
- Brülör kapasitesinin gerçek tüketim miktarına göre yeniden belirlenmesi (yani, brülörde değişiklik yapılması veya daha küçük kapasiteye sahip bir brülörün kullanılması)



Şekil 1: Endüstriyel bir tesiste silindirik kazan



Şekil 2: Yanlış su sertlik analiz takibinin sonuçları



Brülör açma ve brülör kapatma arasında yetersiz basınç farkı

Bilindiği üzere buhar kazanının kapasitesi, kazan içerisinde ölçülen buhar basıncı ile ayarlanır. Seviyenin ayarlanabilir buhar basıncı $P_{brülör, açık}$ altına düşmesi durumunda, brülör açılır. $P_{brülör, kapalı}$ değeri aşıldığında ise, brülör kapatılır.

$P_{brülör, açık}$ ile $P_{brülör, kapalı}$ arasındaki fark çok düşük bir seviyeye ayarlanırsa, sonuçları şu şekilde olacaktır:

- Ayar basıncının aşılmasından kaynaklanan sık şalt, dolayısıyla sıcaklık değişiminin neden olduğu gerilmeler ve birlikte gelen olumsuz sonuçlar
- Sistem basıncının istenilen dar işletim aralığında tutulabilmesi için zorlayıcı ayar parametreleri sonucu brülör kontrol ekipmanlarının ve ısıtma yüzey malzemelerinin yorulması, zarar görmesi

Tecrübelerimiz göstermektedir ki,, kazan emniyet basıncına bağlı olarak $P_{brülör, açık}$ ile $P_{brülör, kapalı}$ arasında %10 ila 15'lik basınç ayar farkının (brülör ayarlarına ve brülör çalışma basıncına bağlı) bu sorunu güvenilir şekilde çözebilmektedir.

Kapasite değişim ayarının çok "hızlı" olarak yapılması

Modern brülör kontrol donanımları, brülörün aktivasyon sürecini, yani düşük yük ile yüksek yük seviyeleri arasındaki geçiş süresini değişken bir aralıkta belirleyebilmektedir. Aynı zamanda, brülörün ayar değerinden sapmalara tepki süresi, kapasite kontrol üniteleri ayar parametrelerinden etkilenebilir. Silindirik bir kazan, yüksek malzeme miktarı ve yüksek su içeriği ile diğer kazan teknolojilerine kıyasla yavaş tepki veren bir sistemdir. Muhtemelen çok kısa brülör çalışma süreleri ile birlikte çok "hızlı" olarak ayarlanan kapasite kontrol üniteleri, yanma odasında hızla artan bir ısı girişine neden olur. Su tarafında, bu ısı girişi öncelikle buhar bölgesinde oluşan ve yükselen buhar kabarcıkları tarafından giderilir (şekil 4). Ancak, bu buhar kabarcıkları, belirli bir gecikmeden sonra oluşur. Bu durum, kısa süreli bölgesel aşırı ısınmaya ve sıcaklık değişiminden kaynaklanan ilave gerilmelere neden olur, bu gerilmeler ise uzun vadede ısıtılan kazan duvarlarında malzeme yorulmasını hızlandırır.

İlk çalıştırmanın uzman teknisyenler ve yetkili servis tarafından gerçekleştirilmesi şiddetle tavsiye edilir. Bu teknisyenler, brülörleri ve kapasite kontrol üniteleri ile kumanda panellerini ayarlayacaktır.

Çoklu kazan sistemlerinde sıra kontrol stratejisinin eksikliği

Çoklu kazan sistemleri otomatik sıra kontrolü ile donatılmadığında, işletme ekibinin üstlenmesi gereken önemli bir rol vardır. Çok sayıda kazanın çalıştırılması ile elde edilen kapasite ihtiyaca nazaran çok fazlaysa, işletme ekibi kazanları kontrollü bir şekilde kapatmalıdır. Bunun yapılmaması durumunda, örnek sonuçlar ilgili grafikte gösterilmiştir. Grafik, tüm işletim periyodu boyunca gerekli buharın (mavi) tek başına Kazan 1 (kırmızı, 10 t/h çıkış gücü) tarafından karşılanabildiğini göstermektedir. Dolayısıyla, Kazan 2'nin (yeşil) sık sık katkıda bulunması tamamen gereksizdir ve sıcaklık değişimi sonucunda gerilmelere neden olur.

Ayrıca, iki kazanın birbirine olan etkisi de son derece açıktır. Kazan 1 (kırmızı) çıkış gücünü düşürürken, Kazan 2 (yeşil) buhar üretimini artırır, yani kazanlar "birbirlerine karşı" çalışırlar ve birbirlerine basınç uygularlar. Isıtma yüzeylerinden ısı transferinin engellenmeden gerçekleşmesi artık garanti edilemez.

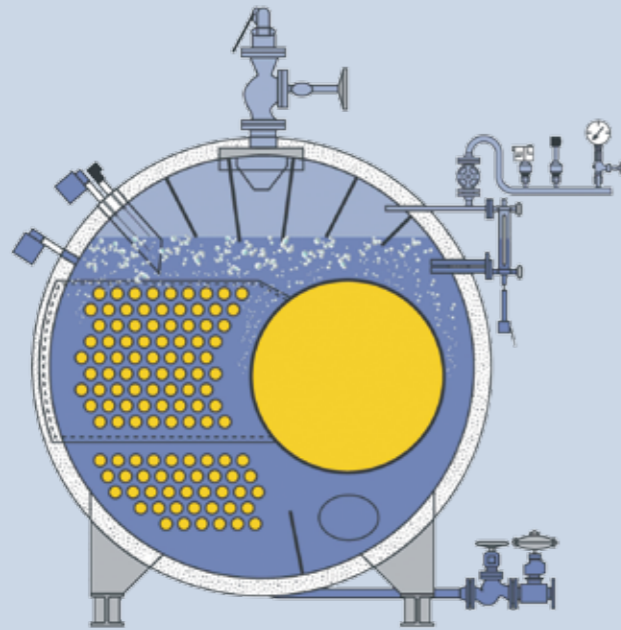
Dolayısıyla, iki buhar uygulanması içeren buhar sistemleri için dahi bir sıra kontrol konseptinin uygulanması önerilir; kazan dairesinde üç veya daha fazla kazan bulunuyorsa, bu konseptin mutlaka kullanılması gerekir.

Kullanılan sıra kontrolünün tipi (buhar miktarı veya basıncın bir fonksiyonu olarak sistemdeki kazanların sırayla işleme girmesi veya çıkması), öncelikle kazan sayısına ve ardından tüketici tarafında hangi derecede basınç dalgalanmalarına müsaade edilebileceğine bağlıdır. Buhar hacmine bağlı olan sıra kontrolleri ile, gözlenen basınç dalgalanmaları çok daha düşük seviyede tutulabilir.

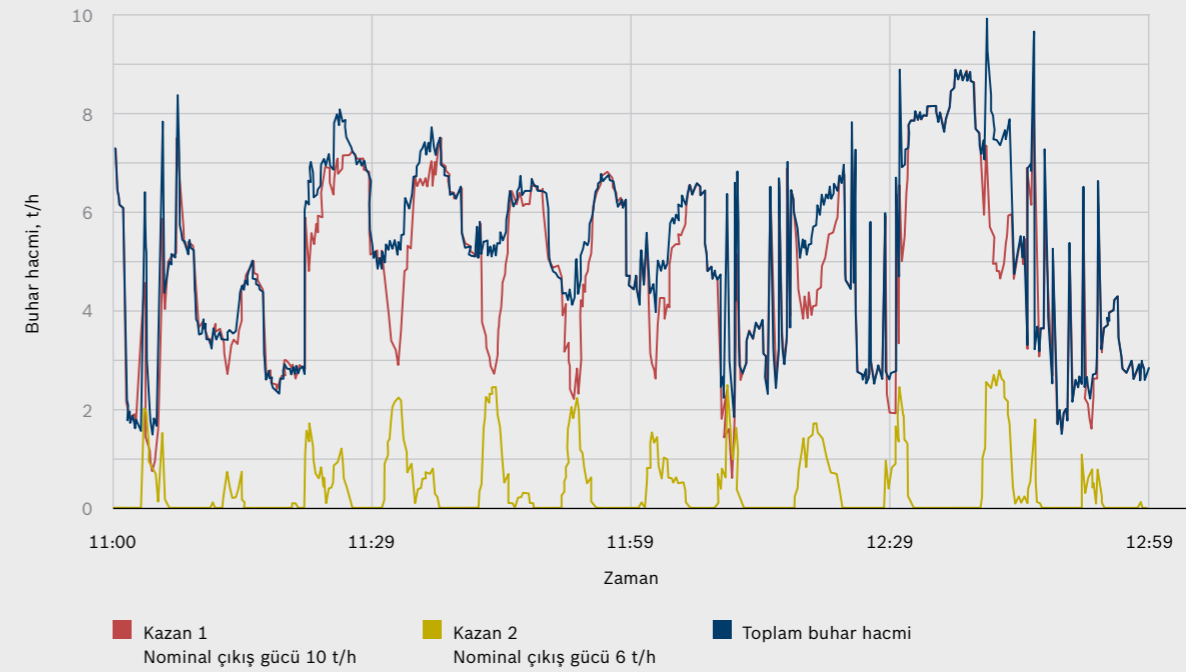
Aşağıdakilere de dikkat edilmelidir:

- Çok kazanlı sistemlerdeki buhar kazanları, birbirlerini etkilemelerinin önlenmesi için hidrolik olarak ayrılmalıdır (örneğin, çekvalfler ile)
- Planlama aşamasında, ısının korunması sırasında kazan suyunda farklı sıcaklık katmanlarının oluşmasını önlemek için sıra kazanların taban ısıtma serpantini ile donatılması göz önüne alınmalıdır.

Şekil 4: Yük altındaki ısıtma yüzeylerinden, kabarcık oluşumu ile ısının taşınmasını gösteren şema



Grafik: Sekans kontrol konseptine sahip olmayan 2 adet buhar jeneratörü içeren bir kazan sisteminde buhar çıkış gücü kaydı



Buhar tüketim hatlarının etkisi

Soğuk haldeyken sık işleme girme

Sistemin soğuk haldeyken çalıştırılması, kazan gövdesini büyük miktarda mekanik yüke maruz bırakır. (Bkz: "Silindirik kazanların soğuk çalıştırılması") Bunun sebebi, standart çalışma sıcaklığında çalışmaya kıyasla, soğuk çalıştırmada yanma odası ile kazan muhafazası arasında daha büyük sıcaklık farkının olmasıdır. Yanma odasının termal gerilmesi (kazan muhafazası ile alev borusu uzunluklarındaki değişim farkı), çalıştırma sırasında daha yüksektir, bu da kazan gövdesinin üstesinden gelmek zorunda olduğu büyük miktarda gerilmelere yol açar. Çalıştırma sırasında buhar kabarcıkları oluşmazsa veya yalnızca sınırlı bir miktarda oluşabilirse (örneğin buhar tahliye valfi kapalıysa), bu sorun daha da kritik bir hale gelir. Buhar kazanı içinde normalde mevcut olan doğal sirkülasyon gerçekleşemez (şekil 5), sonuç olarak kazan içinde daha fazla ısı gerilmelere neden olan sıcaklık katmanları oluşur (alt kısımda soğuk, üst kısımda sıcak). Soğuk halde çalıştırmanın sık yapıldığı durumlarda, bu aşırı ısı gerilmeleri malzemenin çatlamasına, hatta en kötü senaryoda sistemin tamamen arızalanmasına neden olabilir.

Çalıştırma ısı yükünün düşürülmesi için aşağıdakilere dikkat edilmelidir:

- Soğuk halde çalıştırmadan normal çalışma sıcaklığına mümkün olan en düşük brülör yüküyle geçilmelidir
- Çalıştırma sırasında, buhar kabarcıklarının yukarı itildiği doğal sirkülasyonun başlayabilmesi için küçük bir miktar buhar mutlaka kazandan çıkabilmelidir
- İdeal olarak sistem, brülörün çalışmasını ve su sıcaklığının ve basıncının bir fonksiyonu olarak yükün azaltılmasını düzenleyen otomatik bir çalıştırma tertibatı ile donatılmalı, böylece gerilmeler minimum seviyede tutulmalıdır.

Uzun bekleme süreçleri

Isının korunması sırasında veya bekleme modunda (örneğin, çok kazanlı sistemlerde ikincil kazan gerekli değilse), kazan hiç buhar veremez. Kontrol konseptine bağlı olarak, buhar tahliye valfi kapatılır veya ikincil kazan hat basıncından daha düşük bir basınçta çalıştırılır. Bu çalışma modunda brülörler yalnızca belirli aralıklarla çalışarak ısı iletiminin ve ısımanın neden olduğu kayıpları dengeler. Bu durumun herhangi bir süre boyunca korunması durumunda (> 3 gün), kazan içerisinde farklı sıcaklık katmanları oluşmaya başlar. Kazanlar bu şekilde sıcak tutulduktan sonra normal çalışmaya geçilirse, yüksek çalışma basıncı (üstteki sıcak bölge) kazanın hemen kullanılabilir hale geldiği sanılabilir. Daha sonra kazan kontrolü, bir gereklilik mevcutsa bu kazana kısa bir süre içinde yüksek bir brülör yükü uygulanır. Kazan içerisinde oluşan farklı sıcaklık katmanlarının sonucu olarak, aşırı derecede ısı gerilmeler meydana gelir.

Bu, kazanın tabanında ısı koruma serpantinleri kullanılmasıyla önlenemez (şekil 6). Bu ısıtma serpantininin buharla ısıtılması alttan gerçekleşir, yani kazan içerisinde zararlı sıcaklık katmanlarının oluşması güvenilir şekilde önlenir. Ancak, bu çözümün uygulanabilmesini sağlamak için çok kazanlı bir sistemin kullanılması veya dışarıdan güvenilir şekilde buhar temin edilebilmesi esastır.

Belirli kapasite dalgalanmalarından kaynaklanan basınç değişimleri

Belirli yük değişiklikleri ile, yani yük değişikliğinin hızla gerçekleştiği durumlarda, belirli basınç dalgalanmaları oluşabilir. Bu dalgalanmalar, kazan içerisinde istenmeyen akışlara neden olabilir. Isıtma yüzeylerinden ısının alınması için gerekli olan buhar kabarcıklarının oluşması yavaşlayabilir veya birleşerek büyük kabarcıklar haline gelen çok sayıda küçük kabarcıklar oluşabilir. Küçük kabarcıklar, ısıtma yüzeylerinden hemen ayrılamaz ve bölgesel aşırı ısınmayı teşvik eder. Bu nedenle, büyük ölçüde dalgalanan yükler oluşturan tüketim hatlarına buhar sağlayan kazan sistemlerinde, kazandaki basınç dalgalanmalarını tüketici ünitelerden bağımsız olarak sınırlayabilmek için özel tedbirlerin alınması gereklidir. Bu amaca, örnek olarak aşağıdaki gibi ulaşılabilir:

- Basınç tarafında daha yüksek kazan emniyeti ve kazan ile tüketiciler arasında bir basınç düşürücü merkezi ilave edilmesi
- Pik yükler için bir buhar akümülatörünün ilave edilmesi
- Kazanı aşırı basınç kayıplarından korumak için, kazanın ardında ayarlı bir buhar tahliye vanasına sahip bir basınç koruma tertibatı

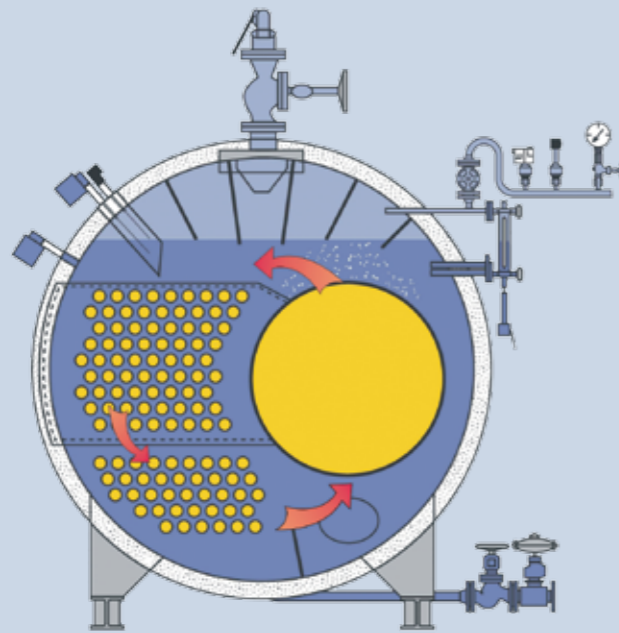
Özet

Burada listelenen kazan sorunlarının kaçınılan nedenleri, bunun çok karmaşık bir konu olduğunu gösterir. Kazan sistemlerinin planlanmasından kurulumuna, ayarlanmasından işletimine kadar uzanır. Bu bağlamda, ilgili tüm sorunların kesin bir şekilde ele alınması mümkün değildir.

Buhar kazanı sistemlerindeki malzeme kompleksliğinden dolayı, aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi çok önemlidir:

- Buhar kazanı sistemleri yalnızca konu üzerine eğitilmiş, deneyimli uzmanlar tarafından tasarlanmalıdır, çünkü bu erken aşamada birçok sorun kaynağının önüne geçilebilir
- Kullanılan kazanların, brülörlerin ve kazan sisteminin bileşenlerinin kalitesi, sistemin düzgün ve aksamadan çalışabilmesi için belirleyici önem taşır
- Sistemin doğru şekilde kurulumu, çeşitli kazan dairesi bileşenleri üzerine bilgi sahibi ve yetkin bir saha mühendisinin çalışmasını gerektirir
- İşletim ve operasyon ekibinin desteği son derece önemlidir ve buhar kazanı sisteminin çalışma ömründe belirleyici etkiye sahiptir
- Kazan imalatçısı ile yapılan bir bakım ve tele servis anlaşması, daima büyük bir avantajdır.

Şekil 5: Kazan içerisindeki doğal sirkülasyonun şeması



Şekil 6: Ayarlı taban ısıtma serpantini şeması

