

Be sure. **testo**

Uygulama Kılavuzu Endüstriyel Baca Gazı Analizi

Emisyonlar ve proses ölçüm rehberleri

3. revize baskı

Telif hakları, garanti ve yükümlölükler

İşbu Uygulama Kılavuzunda bir araya getirilen bilgiler, telif hakları gereği korunmaktadır. Tüm haklar yalnızca Testo SE & Co. KGaA'ya aittir. Kılavuz içeriği ve resimler, Testo SE & Co. KGaA'nın yazılı izni olmaksızın, uygulama amacı haricindeki sebeplerle ve ticari amaçlarla kopyalanamaz, değiştirilemez veya kullanılamaz.

İşbu Uygulama Kılavuzunda verilen bilgiler, büyük bir titizlikle hazırlanmıştır. Buna karşın, bu bilgiler bağlayıcı değildir; Testo SE & Co. KGaA değişiklik veya ekleme yapma hakkını saklı tutar. Bu sebeple, Testo SE & Co. KGaA, sunulan bilgilerin doğru ve eksiksiz olduğunu garanti etmez. Testo AG, doğrudan veya dolaylı olarak bu kılavuzun kullanımından kaynaklanan hasarlarda herhangi bir yükümlölük kabul etmez; bu durum kasıtlı eylem veya ihmâl olarak değerlendirilemez.

Önsöz

Sayın Okuyucu,

Baca gazı konsantrasyonlarının belirlenmesi, yasal açıdan gerekli olan emisyon limit değerlerinin takip edilmesini, böylece çevrenin korunmasını sağlar. Öte yandan, proses sırasında ortaya çıkan gaz konsantrasyonları veya gaz matrisleri, çoğu zaman, mevcut proses kalitesi hakkında bizlere son derece doğru bilgiler verir. Proses kalitesinin ürün kalitesi üzerindeki önemli etkisi ise yadsınamaz.

Bu Uygulama Kılavuzu kullanılan yanma proseslerinin temel prensiplerini, özellikle endüstriyel uygulamalardaki kullanımlarına atıfta bulunarak anlatmaktadır. Kılavuzda mevcut ölçüm yöntemleri, ölçüm işlemlerine ilişkin

nitelikler, beklenen gaz ölçüm parametreleri, konsantrasyonlar ve bunların proseslere ilişkin önemi de tanımlanmaktadır. Bu kılavuz, Testo ölçüm cihazlarının dünyanın dört bir yanındaki kullanıcı deneyimleri dikkate alındığında, endüstride kullanılan taşınabilir gaz analizörleri için son derece faydalı bir rehber niteliği taşımaktadır.

Kılavuzun geliştirilmesine yönelik yapılacak her türlü fikre ve öneriyeye açığız.

Keyifli okumalar!

İçindekiler

Önsöz 1

1. Yanma prosesi	5
1.1 Enerji ve yanma	5
1.2 Yanma tesisleri	8
1.3 Yakıtlar	10
1.4 Yanma havası, hava oranı	11
1.4.1 İdeal yanma, yakıt-hava oranı, materyal dengesi	11
1.4.2 Hava oranının belirlenmesi	14
1.4.3 Yanma havasının gereklilikleri	16
1.4.4 Gaz hacmi, seyreltici etki, referans değer	16
1.5 Baca gazı (egzoz gazı) ve bileşimi	19
1.6 Üst ısı değer, net ısı değer, verimlilik	23
1.7 Çiğleşme noktası, kondens	26
2. Endüstriyel baca gazları için gaz analizi	29
2.1 Yanma optimizasyonu	31
2.2 Proses kontrolü	34
2.2.1 Proses ısıtıcıları	34
2.2.2 Endüstriyel yanma tesisleri	35
2.2.3 Termal yüzey işleme	36
2.2.4 Güvenlik ölçümleri	37
2.3 Emisyon kontrolü	38
2.3.1 Almanya'daki yasal çerçeve	39
2.3.2 Almanya'daki rehberler (Alman Federal Emisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV) ve TI Hava (TA-Luft))	41
2.3.3 ABD'deki durum	48
2.3.4 Baca gazı saflaştırma prosedürleri	50
3. Gaz analiz teknolojisi	54
3.1 Gaz analiz teknolojisinde kullanılan terminoloji	54
3.1.1 Konsantrasyon, standart koşullar	54
3.1.2 Örnek hazırlama, kondens, ısıtma	60
3.1.3 Çapraz hassasiyet	62
3.1.4 Kalibrasyon	64
3.2 Gaz analizörleri	65
3.2.1 Terminoloji ve kullanım	65
3.2.2 Ölçüm ilkeleri	70

4. Endüstriyel gaz analizi uygulamaları	79
4.1 Güç üretimi	80
4.1.1 Katı yakıtlı ateşleme sistemleri	80
4.1.2 Gazlı ateşleme kurulumları	82
4.1.3 Gaz türbinleri	84
4.1.4 Yağ ateşlemeli kurulumlar	86
4.1.5 Kömür ateşlemeli elektrik santralleri	88
4.1.6 Kojenerasyon tesisleri	91
4.1.7 Kombine çevrimli elektrik santralleri	93
4.2 Atık bertarafı	94
4.2.1 Atık yakımı	94
4.2.2 Atık pirolizi	96
4.2.3 Termal ikincil yanma	98
4.3 Metalik olmayan madenler endüstrisi	100
4.3.1 Çimento üretimi	100
4.3.2 Seramik/porselen üretimi	102
4.3.3 Tuğlacılık	104
4.3.4 Cam üretimi	106
4.3.5 Kireç üretimi	109
4.4 Metal/maden endüstrisi	111
4.4.1 Sinterleme tesisleri	111
4.4.2 Demir üretimi	113
4.4.3 Çelik üretimi	115
4.4.4 Kok tesisleri	117
4.4.5 Alüminyum üretimi	119
4.4.6 Yüzey işleme	121
4.5 Kimyasal sanayii	123
4.5.1 Proses ısıtıcıları	123
4.5.2 Rafineriler	124
4.5.3 Baca alevi ölçümleri	126
4.5.4 Kalıntı yakma	127
4.6 Diğer	129
4.6.1 Krematoryum	129
4.6.2 Motor test yatakları	130
5. Testo gaz analiz teknolojisi	131
5.1 Şirket	131
5.2 Genel cihaz özellikleri	133
5.3 Gaz analizörlerinin genel özeti	135
5.4 Aksesuarların genel özeti	139
Adresler	143
Dizin	144

1. Yanma prosesi

1. Yanma prosesi

1.1 Enerji ve yanma

Enerji

(Yunan kökenli) “harekete geçen güç” anlamına gelir ve bir maddenin, bir gövdenin veya bir sistemin iş yapabilme özelliği olarak tanımlanır. Enerji, biçimlerine bağlı olarak, belli başlı enerji türlerini kapsayabilmektedir.

Enerji, altı kategori altında incelenebilir:

- Mekanik enerji (akan su, giden araba, sarmal yay)
- Termal enerji (kaynar su, gaz alevi)
- Kimyasal enerji (kimyasal reaksiyonlar, yanma, patlama)
- Elektrik enerjisi (araba bataryası, elektrik akımı)
- Elektromanyetik enerji (ışık, termal radyasyon)
- Nükleer enerji (nükleer fizyon)

Çeşitli enerji formları, bir biçimden diğerine dönüştürülebilir; bu sayede ideal kapalı sistemlerde tüm enerjilerin toplamı sabit kalır (enerji koruma). Aynı durum, evreni tek bir sistem olarak ele aldığımızda da geçerlidir. Ancak konu uygulamaya gelince, dönüşen enerji ya çok büyük ya da çok küçük oranda kaybolur ve bu kayıp dönüşüm prosesinin verimliliğini etkiler. Doğal enerji taşıyıcıları (kömür, doğalgaz, petrol, solar radyasyon, hidrojen vs.) birincil enerjiler olarak tanımlanırken, enerji dönüşümü ile oluşan formlara (elektrik, ısı vs.) ikincil enerjiler adı verilir. Bu enerji taşıyıcıları hem görüntüleri itibarıyla hem de enerji içerikleri bakımından birbirlerinden farklıdır. Kıyaslama yapmak için, genellikle, mevcut enerji kaynağı tamamen yandığında ortaya çıkan enerji miktarı dikkate alınır. Tablo 1 bunu açıklayacak birkaç örnek sunmaktadır.

Enerjinin ölçüm birimi jul (J)'dür.

1. Yanma prosesi

Enerji kaynağı	Enerji içeriği [MJ]
1 kg linyit	9.0
1 kg ahşap	14.7
1 kg taş kömürü	29.3
1 m ³ doğalgaz	31.7
1 kg ham yağ	42.6
1 kg hafif akaryakıt	42.7
1 kg benzin	43.5
Kıyaslama amaçlı 1 kWh	3.6

Tablo 1: Çeşitli yakıtların enerji içeriği

Enerji birimlerinin çevrimi:

1 erg	10 ⁻⁷ J
1 cal	4.184 J
1 Btu	1055.06 J
Btu:	İngiliz ısı ölçü birimi

Yanma

Kömür, yağ veya ahşap gibi yakıtlarda bulunan birincil kimyasal enerjinin, oksidasyon prosesiyle, ikincil termal enerjiye dönüşmesidir.

Bu sebeple yanma, enerjinin açığa çıkması sırasında, oksijenin yanıcı yakıt bileşenleriyle reaksiyona girmesine verilen teknik bir isimdir.

Yanmalar yüksek derecelerde (yaklaşık 1000 °C ve üzeri) ve ısı yayılımı sırasında meydana gelir. Yanan havanın bir kısmıyla gerekli olan oksijen sağlanır. Aynı zamanda önemli miktarlarda oluşan baca gazının yanı sıra, yakıtın türüne bağlı olarak belli miktarda kalıntı materyalleri (kül, cüruf) oluşur.

Oksidasyon

Bir maddenin oksijenle birleştigi sırada meydana gelen tüm reaksiyonlara oksidasyon adı verilir. Oksidasyon esnasında enerji açığa çıkar. Teknolojik (yanma) ve biyolojik (solunum) açıdan oksidasyonun önemi büyüktür.

Sera etkisi

Prensip olarak sera etkisi, doğal bir olaydır ve dünya üzerindeki hayatın ön koşuludur. Sera etkisi olmasaydı, dünyanın yüzeyine yakın alandaki ortalama küresel sıcaklık, +15 °C yerine -18 °C olurdu; dolayısıyla dünya canlılara elverişli olmazdı. Bu doğal etkinin sebebi, birincil olarak, dünyanın yüzeyine yakın atmosferdeki su buharı içeriğidir. Bu sayede solar radyasyon geçip giderken, yeryüzünde oluşan uzun dalgalı termal radyasyon yine yeryüzünde kalır. Bu radyasyon tekrar dünyanın yüzeyine yansır. Sera gazlarındaki ısı yönetimi bu ilkeye dayanmaktadır. Ancak, aşırı derecede yanan fosil yakıtlar (karbon dioksit emisyonları) ile kimyasallar ve tarım dolayısıyla salınan maddeler (CFC'ler, metan vs.) bu doğal etkiyi önemli oranda yoğunlaştırır; bu da yeryüzünün sıcaklığında ağır bir artışa sebep olur ve iklim koşullarını etkiler.

Yanma konusu hakkında daha ayrıntılı bilgiler Bölüm 1.4'te mevcuttur.

1. Yanma prosesi

1.2 Yanma tesisleri

Yanma tesisleri katı, sıvı veya gaz haldeki yakıtları yakarak ısı açığa çıkaran tesislerdir. Farklı amaçlarla kullanılabilirler. Örneğin:

- Isıtma amacıyla (ısıtma tesisleri ve bina ısıtma sistemleri)
- Elektrik oluşturmak için
- Buhar veya sıcak su oluşturmak için (örneğin işleme tesislerinde kullanılır)
- Belli başlı materyallerin üretimi için (örneğin çimento, cam veya seramik endüstrisinde kullanılır)
- İşlenecek metalik parçalara termal yüzey işleme uygulamak için
- Atık ve hurdaları yakmak için (atıklar, kullanılmış lastikler vs.)

Ayrıntılı uygulama örneklerini incelemek için Bölüm 4'e bakınız.

Yanma işlemi bir fırında gerçekleşir; tesisin diğer kısımları yakıt tedariki ve dağıtımını yapar, yanma havasını tedarik eder, ısıyı aktarır ve yanma gazları ile yanma kalıntılarını (kül ve cüruf) taşır.

Katı yakıtlar, ya sabit bir yatakta, ya akışkan bir yatakta ya da sıkıştırılmış toz bulutunda yakılırlar. Sıvı yakıtlar sis haindeyken, bir brülör vasıtasıyla yanma havasıyla birlikte yanma odasına aktarılırlar; gaz haldeki yakıtlar ise önceden brülör içindeki yanma havasıyla karıştırılırlar.

Yanma tesislerindeki baca gazı, benzin, yanma havası ve kalıntı maddelerin reaksiyon ürünlerini içerirler. Öncelikle toz, sülfür ve nitrojen oksitlerle birleşerek karbonmonoksit oluştururlar. Kömür, HCl ve HF'nin yanması sırasında ve cüruf materyalinin yanması esnasında, baca gazında bu materyallerin bileşenlerine (HCl ve HF, ayrıca çeşitli hidrokarbonlar, ağır metaller vs.) rastlanabilir.

Çevreyi korumak amacıyla, yanma tesislerindeki baca gazı, temiz gazda (atmosfere salındığında) bulunmasına izin verilen toz, sülfür, nitrojen oksit ve karbonmonoksit gibi kirletici maddelerin limit değerleri dikkate alınarak, son derece katı düzenlemelere tabi olmaktadır. Bu limit değerlere uymak için, yanma tesisleri, baca gazını temizlemek amacıyla, toz filtreleri veya çeşitli baca gazı temizleyicileri gibi olanaklara donatılmışlardır. Almanya'daki özel gereklilikler 13. ve 17. Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BImSchV) ile TI Hava'da belirtilmektedir. Konu hakkında ayrıntılı bilgi için Bölüm 2.3'e bakınız.

1. Yanma prosesi

1.3 Yakıtlar

Yakıtlar çeşitli form ve bileşenlerde bulunurlar:

- Katı yakıtlar (kömür, turba kömürü, ahşap, saman), birincil olarak karbon (C), hidrojen (H_2), oksijen (O_2) ve küçük miktarlarda sülfür (S), nitrojen (N_2) ile su (H_2O) içerirler.
- Sıvı yakıtlar petrolden ve petrolün işlenmesinden ortaya çıkar; o sebeple ekstra hafif (EL), hafif (L), orta (M) ve ağır (S) akaryakıtlar gibi bir ayırım söz konusudur.
- Gaz yakıtlar ise yanıcı (CO , H_2 ve hidrokarbonlar) ve yanmaz gazların bir bileşimidir. Günümüzde, ana bileşeni hidrokarbon gaz metan (CH_4) olan doğalgaz sıklıkla kullanılmakta.

Yakıt bileşeninin bilinmesi, yanma ile hem en verimli şekilde hem de mümkün olan en ekonomik şekilde mücadele etmek için son derece önemlidir. Yanmaz (inert) maddelerin önemli kısmı üst/net ısı değeri azaltmakta ve ısıtma yüzeylerinde toplanan kir seviyesini artırmaktadır. Artan miktarlardaki su oranı, su buharının çığlaşma noktasını yukarı iter ve baca gazındaki suyu buharlaştırmak için yakıt enerjisini tüketir. Yakıtta bulunan sülfür, SO_2 and SO_3 'e yakılır; bu da, gazın çığlaşma noktasının altına soğumasıyla birlikte agresif oranda sülfüroz asit veya sülfürik asit ortaya çıkarır. Bölüm 1.7'ye bakınız.

Bazı katı yakıtların bileşenleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Yakıtların ısı değeriyle ilişkin açıklamalar için Bölüm 1.6'ya bakınız.

Yakıt	İçerik (% cinsinden kütle içeriği)			
	Kuru maddede karbon	Sülfür	Kül	Su
Taş kömürü	80-90	1	5	3-10
Orto-linyit	60-70	2	5	30-60
Meta-linyit	70-80			10-30
Ahşap (açık havada kurtulan)	50	1	1	15
Turbo kömürü	50-60	1	5	15-30

Tablo 2: Yakıtların bileşenleri

1.4 Yanma havası, hava oranı

Yanma havası, yanma için gerekli olan oksijeni sağlar. Bu hava nitrojen (N_2), oksijen (O_2), küçük miktarda asal gazlar ve değişik oranlarda su buharından oluşur (Tablo 3). Bazı durumlarda, yanma için saf oksijen veya oksijen/hava karışımı da kullanılabilir.

Esansiyel yanma havası bileşenlerinin tamamı (yanma prosesinde kullanılan oksijen hariç) baca gazında bulunabilir.

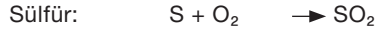
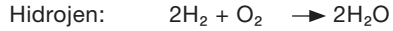
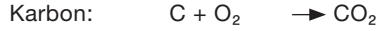
Bileşen	Hacim içeriği [%]
Nitrojen	78,07
Oksijen	20,95
Karbondioksit	0,03
Hidrojen	0,01
Argon	0,93
Neon	0,0018

Tablo 3: Dünyanın yüzeyindeki saf ve kuru havanın bileşimi

1.4.1 İdeal yanma, yakıt-hava oranı, materyel dengesi

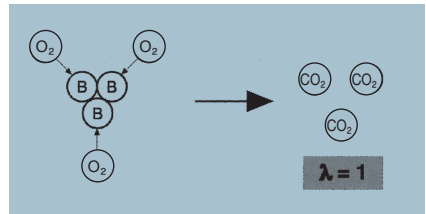
Yanma bileşenlerinin tamamen (ideal) yanması için gerekli olan minimum oksijen miktarı, yakıt bileşimine bağlıdır. Örneğin, 1 kg karbonun yanması için 2,67 kg oksijen gerekir, oysa 1 kg hidrojen için 8 kg ve 1 kg sülfür gerekiyken, yalnızca 1 kg oksijen yeterli olacaktır. Bu gibi kesinliği olan miktarlar, ideal bir yanma olarak veya stoikiyometrik koşullarda yanma olarak kabul edilir.

İlgili kimyasal denklemler aşağıda verilmiştir:



İdeal yanma Şekil 1’de gösterilen modelde mevcuttur:

Elde edilen oksijen miktarı, mevcut yakıtın tam olarak yanmasına tam denk gelecek miktardadır; artık oksijen veya yakıt kalmaz.



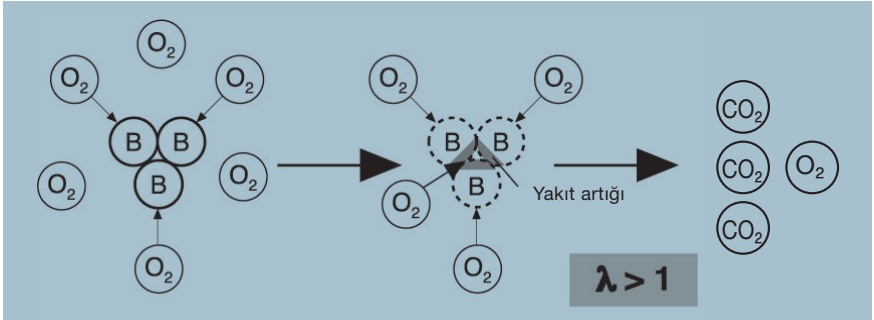
Şekil 1: İdeal yanma modeli

1. Yanma prosesi

Ancak uygulamada, yakıt ve oksijen mükemmel bir şekilde karışmadığından bu ideal (minimum) oksijen miktarı tam yanma için yeterli değildir; dolayısıyla sisteme daha fazla oksijen sağlanmalıdır; böylece yanma havasına stoki-yometrik olarak ihtiyaç duyulacaktır. Bu ilave havaya “hava fazlası” denir. Gerçek hava hacminin stokiyometrik olarak gerekli hava hacmine oranına ise hava oranı (λ) adı verilir. Şekil 2 hava fazlalı yanma modelini göstermektedir; burada hava fazlası nedeniyle, $\lambda > 1$ 'dir.

Bu sebeple, maksimum yanma verimliliği, marjinal fazla hava veya oksijen ile, yani $\lambda > 1$ (oksidize edici atmosfer) ile oluşturulur. Hava oranı ve bu oranın bilinmesi, bir tesis operasyonunda optimum yanma ve ekonomik verimliliğin sağlanması için son derece önemli faktörlerdir:

- Gereksiz derecede yüksek hava fazlası yanma sıcaklığını azaltır ve büyük hacme sahip baca gazı vasıtasıyla dağılan kullanılmayan enerji miktarını artırır.
- Çok az hava fazlası olduğunda ise, hem yakıt yetersiz şekilde kullanılacak hem de baca gazındaki yanmamış kalıntılar sebebiyle çevre üzerindeki zararlı etkiler artacaktır.



Şekil 2: Hava fazlalı yanma modeli

Tablo 4, çeşitli yanma tesisleri için tipik hava oranı aralıklarını göstermektedir. Prensipte gereği, kütle birimiyle ilgili yakıt (iri taneli yakıt) için reaksiyon yüzeyi ne kadar küçükse, tam yanmayı sağlamak için seçilmesi gereken hava fazlası da o kadar yüksek olur. Tam tersi de geçerlidir. Bu sebeple katı yakıtlar iyice öğütülürken, sıvı yakıtlar atomize edilir. Ancak, termal yüzey işleme gibi özel prosesler, kasti olarak $\lambda < 1$ ile yetersiz havada çalıştırılır; çünkü bu işlem gerekli olan rafinasyon prosesi için gereklidir.

Yanma tesisi	λ aralığı
Yanma motorları	0,8-1,2
Basınç jeti gaz ateşlemeli kurulum	1,1-1,3
Yakıt brülörü	1,2-1,5
Kömür tozu brülörü	1,1-1,3
Kahverengi kömür için ızgaralı fırın	1,3-1,7
Neon	0,001

Tablo 4: Hava oranı λ tipik aralıkları

Oksidize edici atmosfer

Burada yakıtta bulunan oksidize edilebilir maddelerin oksidasyonu için gerekli olandan daha fazla oksijen bulunur. Tam oksidasyon (yanma) mümkündür. Kısaca: Oksidasyon = oksijen ilavesi (CO , CO_2 'ye oksidize edilir).

İndirgeyici atmosfer

Burada, tüm oksidize edilebilir maddelerin oksidize olmasına yetmeyecek kadar az oksijen bulunur. Oksidasyonun zıttı, yani indirgeme (redüksiyon) meydana gelir.

Kısaca: İndirgeme = oksijenin çıkarılması (SO_2 , S'ye indirgenir).

1. Yanma prosesi

1.4.2 Hava oranının belirlenmesi

Hava oranı, baca gazı bileşenleri olan CO, CO₂ ve O₂ konsantrasyonlarıyla belirlenir; korelasyonlar yanma şeması Şekil 3'te gösterilmektedir. Yakıt ve hava ideal şekilde birleştirilirse, mevcut herhangi bir CO₂ içeriği, özel bir CO içeriği ($\lambda < 1$ aralığında) veya özel bir O₂ içeriği ($\lambda > 1$ aralığında) ile ilintilidir. Maksimum değeri aşan eğri profili sebebiyle, CO₂ değeri tek başına belirleyici değildir; yani gazın içinde CO₂'e ilave olarak CO veya O₂ bulunup bulunmadığını görmek için ilave test yapılması gerekmektedir. Hava fazlasıyla çalışırken (normal senaryo), genelde O₂'nin kati olarak ölçülmesi tercih edilir. Eğrideki ilerlemeler yakıtı özgüdür; örneğin her yakıt kendi şemasına ve CO_{2 maks} spesifik değerine sahiptir, bkz. Tablo 7. Uygulamada, bu sayısız şemanın korelasyonları, çoğu zaman, kolayca yönetilebilen bir pro-

gram şeklinde özetlenir ("ateş üçgeni" burada gösterilmemiştir). Bu durum her yakıt türü için geçerlidir.

Aşağıdaki iki formül, CO₂ veya O₂ okumalarından hava oranının teorik olarak hesaplanması için uygulanabilir:

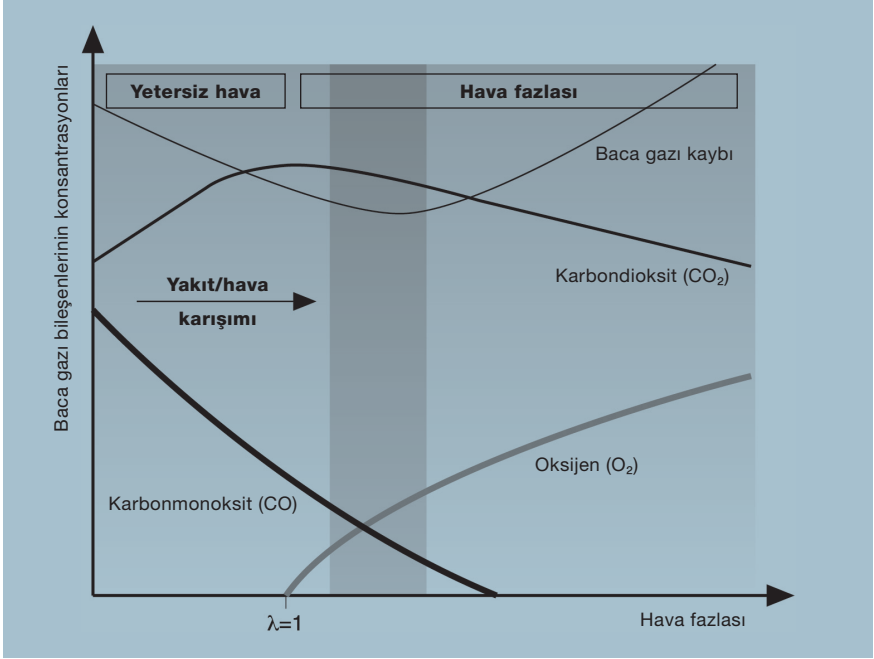
$$\lambda = \frac{CO_{2maks}}{CO_2} \quad \lambda = 1 + \frac{O_2}{21 - O_2}$$

ile

CO_{2 maks}: Yakıtı özgü maksimum CO₂ değeri (bkz Tablo 7).
Gerekirse bu değer Testo tarafından belirlenebilir.

CO₂

ve O₂: Baca gazında ölçülen (veya hesaplanan) değerler



Şekil 3: Yanma şeması

Yanma şemasındaki korelasyonların ayrıntılı açıklaması için Bölüm 2.1'e bakınız (yanma optimizasyonu).

1. Yanma prosesi

1.4.3 Yanma havasının gereklilikleri

Gerçek hava gerekliliği aşağıdaki şekillerle hesaplanır:

- İdeal yanma için gerekli minimum oksijen miktarından (yakıta bağlı olarak)
- Gerekli oksijen fazlasından; ve
- Havadaki bağıl oksijen miktarından.

Atmosfer basıncı altındaki kuru havalarda, bu oran %20,95'tir. Uygulamada ise yanma havası olarak kullanılan ortam havası asla tamamen kuru olmaz; yani prosesin eksiksiz olması için hava hacmi hesaplamasına nem faktörü de dahil edilmelidir.

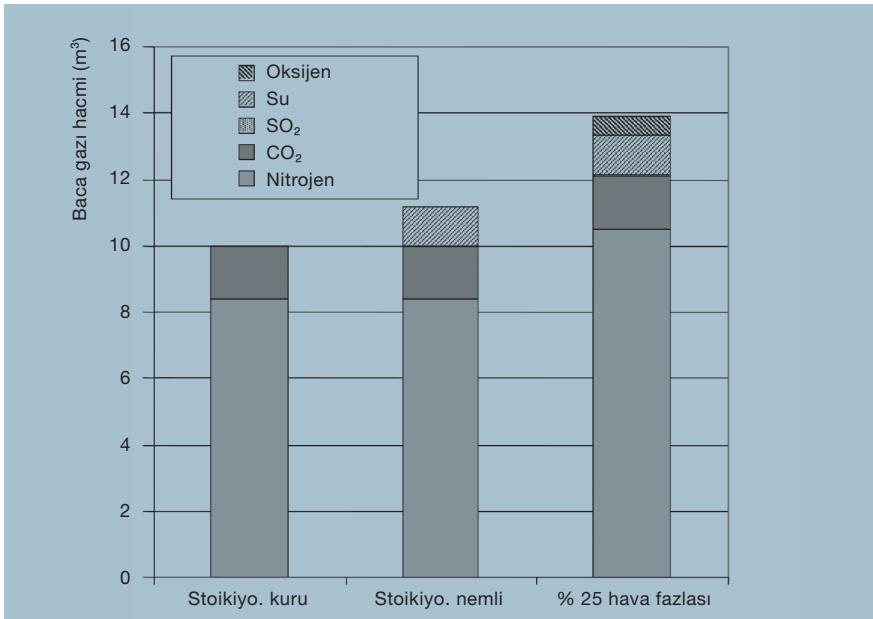
1.4.4 Gaz hacmi, seyreltici etki, referans değer

Yanma havası ve nem oranı (su buharı) mutlak gaz hacmini artırır.

Şekil 4, bu durumu 1 kg yakıtın yanması ile örneklendirmektedir. Stokiyometrik koşullarda, yani hava fazlası olmadan, kuru koşullarda yaklaşık 10 m³ baca gazı üretilirken, bu oran nemli koşullarda 11,2 m³'e yükselir. Yanma sırasında %25 hava fazlası olan aynı miktarda yakıtta ise, nemli koşullarda baca gazı hacmi 13,9 m³'e yükselir. Burada seyreltici etki ile aynı etkiyi gösterir; yani baca gazının ilgili bileşen kısımları azalır. Örneğin, mutlak surette sabit bir SO₂ içeriği, bağıl açılardan, 0,2 (stokiyometrik, kuru)'den 0,18 (stokiyometrik, nemli) veya 0,14 (%25 hava fazlası, nemli)'e indirgenirken, oksijen içeriği 4,4'ten 4'e düşer. Bkz. Tablo 5.

	Nitrojen	CO ₂	SO ₂	Su	Oksijen
Stoik./kuru	82,6	16	0,20	0	0
Stoik./nemli	747	14,4	0,18	10,7	0
% 25 HF/kuru	82,8	127	0,16	0	4,4
% 25 HF/nemli	75,6	11,6	0,14	8,7	4

Tablo 5: Baca gazının farklı koşullardaki bağıl bileşimi, % cinsinden (HF = hava fazlası)



Şekil 4: Nem içeriği ve hava fazlasının seyretici etkisi

1. Yanma prosesi

Referans değerler

Bahsi geçen korelasyonlarda görüleceği üzere, konsantrasyon gözlemleri çoğunlukla, yalnızca referans değerlerle bağlantılı olarak yapılabilir. Ancak o zaman okumaların bir anlamı olabilir ve diğer ölüm sonuçlarıyla, özellikle de yasal gerekliliklerle kıyaslanabilirler. Uygulamada aşağıdakiler kullanılır:

- Hava fazlası nedeniyle belirli bir seyrelticiyi referans gösterme; bunun bir ölümü oksijen içeriğidir. Referans rneğin "Referans değer % 8 oksijen" şeklinde ifade edilir.

Oksijen değerine verilen bu referans genellikle TI Hava spesifikasyonlarında geçerlidir. Ancak, TI Hava dışında da kullanılır. Örneğin bir tesisin referans noktası, tesis yeni faaliyet göstermeye başladığında oksijen içeriğine yakın bir şekilde tanımlanır.

- Gazın nem içeriği sebebiyle belli bir seyrelticiyi referans gösterme; bunun bir ölümü gazın sıcaklığıdır. Referans burada, örneğin, "kuru baca gazına bağlı olarak" veya "iğleşme noktası 4°C'de" şeklinde ifade edilir.
- Gazın normal halini referans gösterme. Bu referans, gaz hacminin, basınç ve sıcaklığın gerçek değerlerine olan bağlılığını ifade eder; bkz. Bölüm 3.1.1.

1.5 Baca gazı (egzoz gazı) ve bileşimi

Yanma proseslerinde oluşan baca gazına egzoz gazı da denmektedir. Bu gazın bileşimi yakıtta ve yanma koşullarına, örneğin hava oranına bağlıdır. Baca gazı bileşenlerinin çoğu havayı kirleten maddeler olarak sınıflandırılır; bu sebeple atmosfere salınmadan önce, mutlaka, yasal düzenlemelere uygunluk açısından son derece yüksek zaman kaybı yaşatan ve masraflı olan temizleme prosesleriyle baca gazından ayrıştırılmalıdır (bkz. Bölüm 2.3). Yanma sonrası orijinal bileşime sahip olan baca gazına aynı zamanda ham gaz adı da verilir. Temizleme aşamalarından geçtikten sonra adı temiz gaz olarak değiştirilir.

En önemli baca gazı bileşenleri aşağıda açıklanmıştır:

Nitrojen (N₂)

% 79 hacimde, havadaki başlıca bileşen nitrojendir. Bu renksiz, kokusuz ve tatsız gaz, yanma havasıyla tedarik edilir; ancak asıl yanma prosesinde doğrudan rol oynamaz. Balast ve atık ısı taşıyıcısı olarak taşınır ve atmosfere

geri döndürülür. Ancak, nitrojenin bazı kısımları, yakıtta bulunan nitrojenle birlikte, tehlikeli nitrojen oksitlerinin oluşmasına katkı yapar (aşağıya bakınız).

Karbondioksit (CO₂)

Karbondioksit, tüm yanma proseslerinde ve nefes alıp vermeyle ortaya çıkan, renksiz, kokusuz ve hafif ekşi tada sahip bir gazdır. Işıma ısını filtre etme özelliği sebebiyle, sera gazı etkisine en büyük katkıyı yapan gazdır. Doğal havada %0,03 oranında bulunur; izin verilen MAC (izin verilen maksimum konsantrasyon) ise %0,5'tir. Solunan havada % 15 üzeri konsantrasyonlarda bulunması halinde insanlarda bilinç kaybına neden olur.

Su buharı (nem oranı)

Yakıtta bulunan hidrojen, su (H₂O) oluşturmak için oksijen ile birleşir. Baca gazı sıcaklığına (FT) bağlı olarak, yakıttan ve yanma havasından alınan suyla birlikte, bu gaz baca gazı nemi (yüksek FT'de) veya kondens (düşük FT'de) şeklinde atılır.

1. Yanma prosesi

Oksijen (O₂)

Hava fazlası halinde yanma esnasında kullanılmayan oksijen, baca gazı gaz bileşeni olarak atılır ve yanma verimliliğini ölçmek için kullanılır. Yanma parametrelerini belirlemek için ve referans değer olarak ele alınır.

Karbonmonoksit (CO)

Karbonmonoksit renksiz, kokusuz ve zehirli bir gazdır. Genellikle, fosil yakıtların (fırınlar), otomotiv yakıtlarının (motorlu araçlar) ve karbon içeren diğer materyallerin tam olarak yanmaması haline ortaya çıkar. CO genelde insanlar için bir tehlike arz etmez; çünkü nihayetinde CO₂ oluşturmak için havadaki oksijenle birleşir. Ancak kapalı alanlarda CO son derece tehlikelidir, çünkü insanların soluyacağı havada bulunan sadece 700 ppm'lik bir konsantrasyon birkaç saat içinde kişiyi öldürür. MAC değeri ise 50 ppm'dir.

Nitrojen oksitler (NO ve NO₂, toplam formül NOX)

Yanma proseslerinde, yakıttan gelen ve yüksek sıcaklıklardaki yanma havasından gelen nitrojen, belirli bir aşamaya kadar yanma havası/oksijeniyle birleşir. Önce nitrojen monoksit NO (yakıt NO ve termal NO)'yu oluşturur. NO, ortamda oksijenin bulunması halinde oksidize olur ve baca gazı kanallarında ve daha sonra

atmosferde tehlikeli bir gaz olan nitrojen dioksiti (NO₂) oluşturur. Her iki oksit de zehirlidir. Özellikle NO₂ solunum yolunu etkileyen tehlikeli bir zehirdir; ve güneşle birleştiğinde ozonun oluşumuna katkı yapar. NO_x içeren baca gazlarını temizlemek için SCR prosesi gibi karmaşık teknolojiler kullanılır. Yanma sırasında oluşan nitrojen oksitleri azaltmak için, aşamalı hava tedariki gibi özel yanma önlemleri uygulanır.

Sülfür dioksit (SO₂)

Sülfür dioksit keskin bir kokusu olan, renksiz, zehirli bir gazdır. Yakıt içinde bulunan sülfürün oksidize olmasıyla meydana gelir. MAC değeri 5 ppm'dir. Su veya kondens ile birleştiğinde, sülfüröz asit (H₂SO₃) ve sülfürik asit (H₂SO₄) oluşur; her ikisi de hem bitki örtüsü hem de yapı malzemeleri olmak üzere çevreye ciddi oranda zarar vermektedir. Sülfür oksitleri azaltmak için, baca gazı desülfürizasyon tesisleri (FGD) kullanılır.

Hidrojen sülfid (H₂S)

Hidrojen sülfid, çok düşük konsantrasyonlarda (yakl. 2,5 µg/m³) bile zehirli olan ve son derece pis kokan bir gazdır. Doğalgaz ve petrolde doğal olarak meydana gelen bir bileşendir; dolayısıyla rafinerilerde ve doğalgaz işleme tesislerinde bulunur; aynı zamanda tabakhaneler ve tarım firmalarında bulunabilir ve araç katalitik konvertörlerinde meydana gelen eksik yanma sonucu oluşabilir. Baca gazlarından H₂S'yi ayıklamak için kullanılan proseslerden bazıları şöyledir: SO₂'ye yanma işlemi, belli başlı absorpsiyon prosesleri veya bir Claus fabrikasında yüksek miktarlarda element sülfüre dönüştürülmesi.

Hidrokarbonlar (HC veya C_xH_y)

Hidrokarbonlar, yalnızca karbon ve hidrojenden oluşan kapsamlı bir kimyasal bileşim grubudur. HC'ler organik kimyanın en önemli maddeleridir. Petrolde, doğalgazda veya karbonda doğal olarak oluşurlar. HC'ler, hem HC ürünleri üretildiğinde (örneğin rafinerilerde) hem de kullanıldıklarında ve atıldıklarında (çözücüler, plastikler, boyalar, yakıtlar, atıklar vs.) salınırlırlar. Tamamlanmamış yanma işlemleri, HC emisyonlarının en büyük kaynak-

larından biridir. Orman ve çalı yangınları, sigaralar da buna dahildir. HC'ler sera gazı etkisine katkı yaparlar.

HC'lere örnek olarak şunlar verilebilir: metan (CH₄), bütan (C₄H₁₀) ve benzen (C₆H₆); ayrıca karsinojenik bir madde olan benzo[a]piren. Uçucu organik bileşenler için baca gazı tam potansiyeline çoğu zaman toplam C veya Ctoplam adı verilir. Bu toplam genellikle baca gazında belirlenir.

Hidrojen siyanür (HCN)

Hidrojen siyanür (hidrosiyanik asit olarak da bilinir) 25.6 °C kaynama derecesine sahip, son derece zehirli bir sıvıdır. Baca gazlarında gaz halde bulunur. HCN, atık yakma tesislerinde bulunabilir.

1. Yanma prosesi

Amonyak (NH₃)

Amonyak, baca gazı denitrifikasyonu için SCR prosesiyle birlikte, baca gazlarında önemli bir rol oynamaktadır. Amonyak, denitrifikasyon reaktörlerinde, hassasiyetle ölçülen miktarlar halinde baca gazına ilave edilir ve nitrojen oksitlerin nitrojen ve suya dönüşmesini sağlar. Kullanılmayan kalıntı (NH₃ slip) aşağı akışlı temizleme aşamalarının uygulanmasıyla büyük oranda azaltılır; temiz gazda genellikle 2 mg/m³ veya daha düşük oranda görülür.

Halojen halidler (HCl, HF)

Kömür ve/veya atık materyallerin yanması sırasında hidrojen halidler HCl ve HF oluşabilir; bu halidler nemli atmosferle birleşince agresif asitler meydana getirir. Bu maddelerin büyük bir kısmı, baca gazı temizleme tesislerinde (gaz yıkayıcı) yıkanarak atılır.

Katılar (toz, kurum)

Baca gazında katı halde bulunan kirletici maddeler, katı ve sıvı yakıtların yanmaz bileşenlerinden kaynaklanmaktadır. Bunlar kömürlü ortamda silikon, alüminyum ve kalsiyum gibi maddelerin oksitleri iken, ağır akarkayıt ortamında çeşitli maddelerin sülfatlarıdır. Tozun insanlar üzerindeki zararlı etkisi, çoğunlukla, toz partikülleri içinde toplanan toksik ve kanserojen maddelerden kaynaklanır.

1.6 Üst ısı değer, net ısı değer, verimlilik, baca gazı kaybı

Üst ısı değer, net ısı değer

Üst ısı değer (önceleri üst net ısı değer adı verilirdi) karakteristik bir yakıt değeridir ve kullanılan yakıtın miktarına bağlı olarak tam yanma sırasında salınan enerjiyi ifade eder. Net ısı değer (önceleri alt net ısı değer adı verilirdi) ise yine kullanılan yakıtın miktarına göre, salınan enerji eksi 25°C'de yanma sırasında ortaya çıkan su buharının buharlaşma ısısı şeklinde ifade edilir. Temel olarak, net ısı değer, üst ısı değerden küçüktür.

Yoğuşmalı kazan

Yoğuşmalı kazanlar, yanma ısısına ek olarak, ısı eşanjörleri vasıtasıyla baca gazının yoğuşma ısısını kullanır. Net ısı değer bakımından bu kazanlar %107 oranında yanma verimliliği elde edebilirler. Ancak, çevreyi kirleten maddelerle oluşan ve kontamine olan kondens, çevreye duyarlı bir şekilde imha edilmelidir.

Yanma verimliliği

Verimlilik, tesis sabit çalışma halindedeyken performans değerlerine bakılarak belirlenen bir değişkendir.

Verimlilik (her zaman %100'den daha az olur) yanma odasının tamamına sağlanan enerjinin prosesi (ısıtma, eritme, sinterleme vb.) yürütmek için gerekli olan veya kullanılan enerjiye oranıdır. Verimlilik birçok bileşenden oluşur:

- Yanma verimliliği yanma işlemi sonrası yanma odasında bulunan toplam girdi gücünü (zaman birimi başına düşen enerji) tanımlar. Dolayısıyla, yanma kalitesini belirleyen önemli bir faktördür.
- Fırın verimliliği, çoğunlukla tasarımına bağlı olmakla birlikte, tedarik edilen enerji ile fırında mevcut olan enerji arasındaki ilişki baz alınarak, fırının ve operasyonun kalitesini tanımlar.
- Toplam verimlilik ise yanma ve fırın verimliliklerinin birbirleriyle çarpılmasıyla elde edilir.

1. Yanma prosesi

Bir yanma tesisindeki enerji dengesi

Tesis sabit çalışma modundayken, tesise tedarik edilen enerjilerin tamamı, tesis tarafından sağlanan enerjilerin tamamına eşit olmalıdır; bkz. Tablo 6.

Tedarik edilen enerjiler	Boşaltılan enerjiler
Net ısı değer ve somut yakıt enerjisi	Baca gazlarının somut ısısı ve kimyasal olarak bağlı enerjisi (baca gazı kaybı)
Yanma havasının somut ısısı	Kül ve cüruftaki yakıt kalıntılarının somut ısısı ve net ısı değeri
Tesiste dönüştürülen mekanik enerjinin termal eşdeğeri	Isı iletimi sebebiyle yüzeyde oluşan kayıplar
Ürün vasıtasıyla getirilen ısı	Ürünle birlikte dağılan ısı
	Ocaktaki sızıntılar nedeniyle ısı yayım kayıpları

Tablo 6: Enerji dengesini korumaya yönelik katkılar

Meydana gelen kaybın en büyük sebebi baca gazı kaybıdır. Bu kayıp, baca gazı sıcaklığı ile yanma havası sıcaklığı arasındaki farka, baca gazındaki O_2 veya CO_2 konsantrasyonuna ve yakıtta özgü faktörlere göre değişir (Tablo 7). Yoğuşmalı kazanlarda baca gazı kaybı iki şekilde azaltılır: yoğuşma ısısının kullanılmasıyla ve ortaya çıkan düşük baca gazı sıcaklığı ile. Baca gazı kaybı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir:

$$qA = \left[(FT-AT) \times \left[\frac{A2}{(21-O_2) + B} \right] \right] - KK$$

- FT: Baca gazı sıcaklığı
AT: Yanma havası sıcaklığı
A2, B: Yakıtta özgü faktörler (tabloya bkz)
21: Havadaki oksijen içeriği
 O_2 : Ölçülen O_2 konsantrasyonu
KK: Çiğleşme noktasına ulaşılma durumunda, qA değişkenini eksi değer olarak gösteren değişken. Yoğuşma sistemlerinde ölçüm yapmak için gerekli.

Katı yakıtlarda, A2 ve B faktörleri sifıra eşittir. Bu durumda, f faktörünün kullanılmasıyla, formül, Siegert formülü oluşturacak şekilde sadeleştirilebilir.

$$qA = f \times \frac{FT - AT}{CO_2}$$

Formülde kullanılan yakıtta özgü faktörler aşağıda belirtilmiştir.

Yakıt	A2	B	f	CO ₂ maks
Akaryakıt	0,68	0,007	-	15,4
Doğalgaz	0,65	0,009	-	11,9
LPG	0,63	0,008	-	13,9
Kok, ahşap	0	0	0,74	20,0
Briket	0	0	0,75	19,3
Linyit	0	0	0,90	19,2
Taş kömürü	0	0	0,60	18,5
Kok fırını gazı	0,60	0,011	-	-
Hava gazı	0,63	0,011	-	11,6
Test gazı	0	0	-	13,0
Turba kömürü	50-60	1	5	15-30

Tablo 7: Yakıtta özgü faktörler

Not:

Gerekirse yakıtta özgü faktör

CO₂ maks Testo tarafından servis kapsamında belirlenebilir.

1. Yanma prosesi

1.7 Çiğleşme noktası, kondens

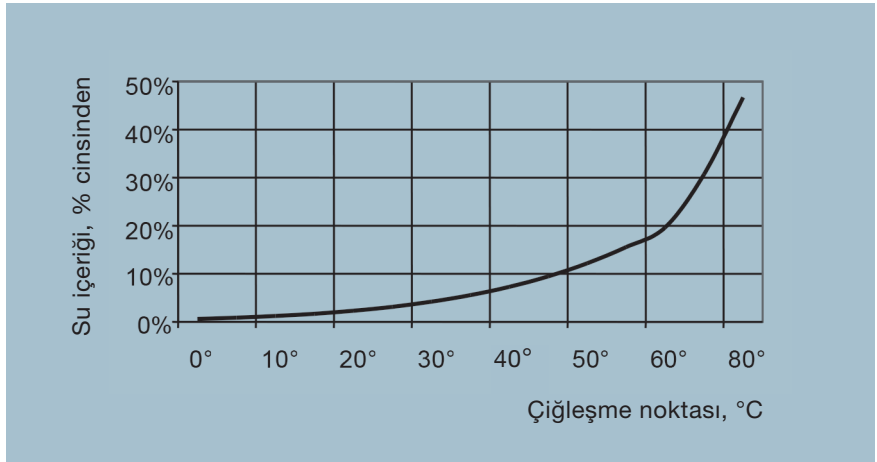
Çiğleşme noktası

Bir gazın çiğleşme noktası veya çiğleşme noktası sıcaklığı, gazın içindeki su buharının toplanma sırasında gaz halden sıvı hale geçtiği sıcaklıktır; bkz. Şekil 5. Bu geçişe çiğleşme adı verilir. Çiğleşme esnasında ortaya çıkan sıvıya kondens adı verilir. Çiğleşme noktasının altındaki su buharı sıvı haldedir; çiğleşme noktasının üstündeki su buharı ise gaz haldedir. Sıcaklık değiştikçe sis veya çiğ oluşması ve buharlaşması buna örnek olarak verilebilir. Nem içeriği, çiğleşme noktası sıcaklığını belirler. Nem oranı %30 olan bir havanın çiğleşme noktası yaklaşık olarak 70 °C

iken yalnızca % 5 gibi neme sahip daha kuru bir havada çiğleşme noktası ise yaklaşık olarak 35 °C'dir.

Not:

Gaz şartlandırması olmayan bir cihazla ölçüm yapılacak ise, gazın çiğleşme noktası sıcaklığı, yaklaşık olarak ortam sıcaklığına denk gelir; örn: 25 °C. Bu ölçümler daha sonra bir gaz şartlandırma ünitesiyle ölçülecek ise, örneğin çiğleşme noktası sıcaklığı 5 °C ise, farklı nem içeriği sebebiyle yapılacak okumalardaki değişiklik yaklaşık olarak %3'tür.



Şekil 5: Çiğleşme noktasının bir fonksiyonu olarak su buharı içeriği (hava basıncı 1013 mbar)

Isıtılmış hatlar, gaz soğutucularının ölçülmesi

Örneğin, %8 nem oranına sahip baca gazlarının çığlaşma noktası yaklaşık 40°C'dir; yani kondens, bu sıcaklığın atında oluşur. Bu durumun hem tesis için hem de ölçüm cihazı için iki önemli neticesi vardır:

- Örneğin baca gazında sülfür dioksitler varsa, bunlar 40 °C (örn. ısıtılmamış borular) atındaki sıcaklıklarda yoğuşan su buharıyla birleşerek sülfüroz asit (H_2SO_3) ile sülfürik asiti (H_2SO_4) oluştururlar. Her ikisi de aşırı derecede aşındırıcı özelliktedir ve sistem bileşenlerine temas etmeleri halinde ciddi hasara yol açabilirler. Bu sebeple, tesisdeki baca gazının sıcaklığı, baca gazı gaz yıkayıcısına ulaşana kadar, çığlaşma noktasının üstünde tutulur (örneğin yukarıdaki örnek dikkate alındığında 40 °C'nin üstünde).
- Aynı durum ölçüm cihazlarının baca gazının içinden geçtiği bileşenleri için ve örnekleme cihazlarının problar ve hortumlar gibi bileşenleri için de geçerlidir. Bu sebeple ısınmış problar ve ölçüm gaz hatları kullanılır ve sıcaklıkları, gazın çığlaşma noktasının üstünde

tutulur. Bu ölçüm gözlenmezse, ölçüm cihazlarında hasar meydana gelebilir veya hatalı ölçümlere sebep olabilir.

- Testo'nun yeni geliştirdiği ve patentini aldığı, özellikle yüksek gaz akış hızına sahip ve ölçüm gaz hattı yüzeylerinin özel bir kaplamayla kaplandığı yöntemi, yoğuşmanın oluşmasını önleyici alternatifler sunmaktadır. Bu sayede, hatları ısıtmaya gerek kalmamaktadır; bu da, güç tüketimindeki azaltım dikkate alındığında, mobil cihazlar için son derece önemlidir. Gazın soğutulduğu sıcaklığa bağlı olarak, soğutulan baca gazındaki su buharı az veya çok ölçüde azaltılır; bunun sonucunda gazın miktar olarak değişmeyen CO gibi diğer bileşenleri, baca gazının görece daha büyük bir kısmını oluştururlar. Yapılan okumalar nemli baca gazındaki oranlardan daha yüksek çıkar. Karşılaştırmalı okumalar yapmak için, ölçülecek olan gaz aynı sıcaklıklara ve dolayısıyla aynı nem içeriğine sahip olmalıdır.

1. Yanma prosesi

Sonuç olarak, ölçüm amaçlı gaz soğutucular (ölçüm amaçlı gaz kurutucuları da denebilir), analizörün gaz analizi yukarı akışında kullanılırlar. Böylece gaz belirli bir sıcaklığa getirilir, kurutma belirli bir seviyede gerçekleşir ve orada kalır.

Not

- Soğuyan gaz demek kuruyan gaz demektir.
- Kuru gazda, gaz bileşenlerinin okunması, nemli gazda okunanlara göre karşılaştırılabilir ölçüde daha yüksektir.

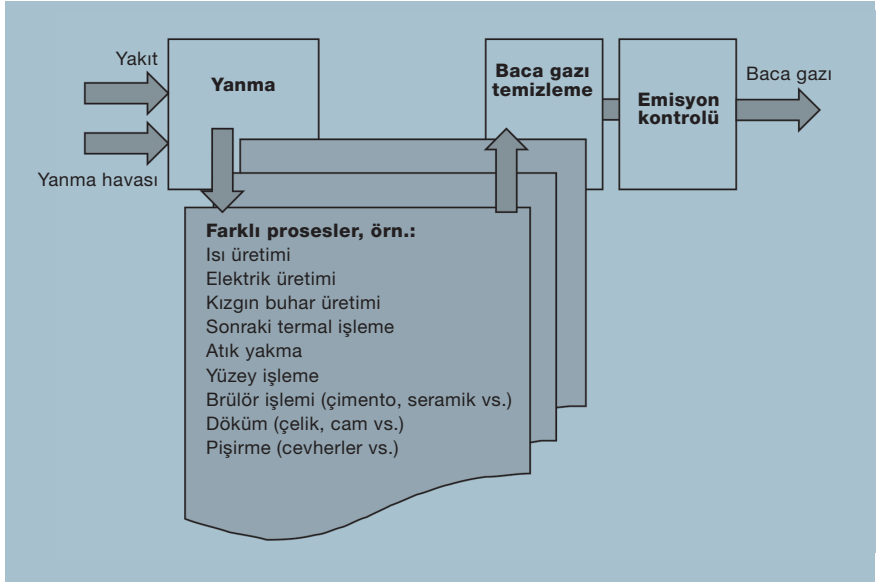
Testo cihazları, ölçüm amaçlı gaz soğutucu için Peltier soğutucu diye bilinen bir yöntem kullanmaktadır. Bu yöntemde, iki farklı metal türü arasındaki arayüz, akım debisinin yönüne bağlı olarak ısınır veya soğur. Bu soğutucu testo 350'deki ölçüm gazını +3 °C'ye soğutabilir ve bu sıcaklıkta sabit tutabilir.

Piyasada sıkça rastladığımız permeasyon soğutucuları, çığlaşma noktasını belirli bir sıcaklıkta tutamazlar. Hatta toz partikülleri nedeniyle topaklaşmaya duyarlıdır; ve de yedek parça masraflarını artırır.

2. Endüstriyel baca gazları için gaz analizi kullanmanın sebepleri

Gaz analizi (gazların bileşimini analiz etmeye yönelik ölçüm teknolojisi), tüm endüstriyel sektörlerde, ekonomik ve güvenli proses kontrolünün olmazsa olmazıdır. Her ne kadar içinde çok sayıda farklı proses barındıran bir terim olsa da, buradaki ana konu yanma prosesleridir.

Şekil 6 yanma prosesini segmentler halinde göstermektedir. Bu şekil yanma odasına tedarik edilen yakıt ve yanma havasıyla başlar (solda), sonra yanma işlemine, oradan geçerli olan diğer proseslere, baca gazı temizliğine ve en son da emisyon kontrolüne geçer.



Şekil 6: Yanma proseslerinin çeşitleri ve proses aşamaları

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

Gaz analizi yanma bileşimi ve baca gazları hakkında bu proses zincirinin tüm aşamaları boyunca bilgi vermektedir. Bu işlem, hem ekonomik ve güvenli bir tesis işletimi için son derece önemlidir hem de yasal düzenlemelere uygundur ve ürün kalitesi ve verimliliğini güvence altına almaktadır.

Birçok farklı üretici, farklı tasarımlara sahip gaz analizörleri satışı yapmaktadır; bu cihazlar farklı ölçüm prensiplerini temel alır. Ayrıntılı bilgi için 3. Bölüm'e bakabilirsiniz.

Testo'nun gaz analizörleri, yanma gazlarını analiz etmek amacıyla sektörde geniş çapta kullanılmaktadır; üstelik bu cihazlar yalnızca emisyon ölçümüyle sınırlı değildir. Aşağıdaki uygulama alanları, belli bir dereceye kadar birbiriyle kesişmekle beraber, son derece iyi bilinmektedir:

1. Genel takip amaçlı ayarlama ve servis işleri; örneğin tesis bakımı sonrası stabil olmayan proseslerdeki sorunları gidermek için, resmi ölçümlere hazırlanmak için, tamir sonrası vs.

2. Yakıt, yanma havası, brulörün yanma optimizasyonu için proses ölçümleri ve yanma odasında yakıt tasarrufu yapmak, verimliliği artırmak ve tesisin servis ömrünü uzatmak amaçlı. Bu uygulamalar da emisyon ölçümleriyle ilgilidir (bundan böyle 4. ve 5. nokta şeklinde anılacaktır), çünkü optimize yanma çoğu zaman emisyon seviyelerinde düşüşe sebep olur.

3. Yanma, pişirme, yüzey işleme gibi prosesler sırasında kazan daireleri, özel yanma odaları veya fırınlardaki tanımlı gaz atmosferini takip etme amaçlı proses ölçümleri.

4. Baca gazı temizleme cihazının takibi amaçlı, cihazın doğru çalıştığından emin olmak için, proses ve emisyon ölçümleri.

5. Bacalarda baca gazı yukarı akışlarındaki kirlenici maddelerin limit değerlere uygunluğunu ölçme amaçlı emisyon ölçümleri.

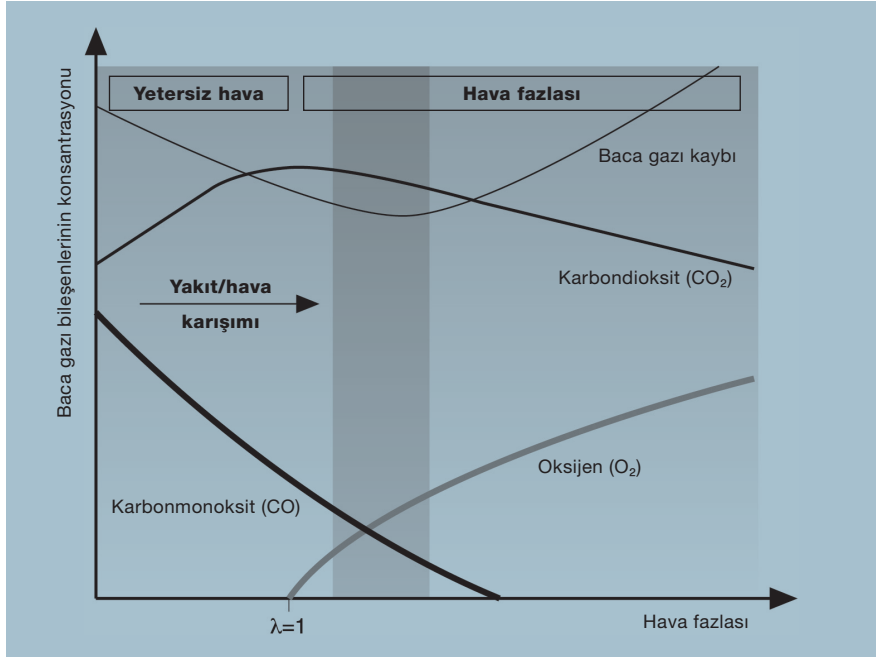
2.1 Yanma optimizasyonu için gaz analizi

Yanma optimizasyonuna en büyük katkısı aşağıdakiler yapmıştır:

- Yakıt ve yanma havası bileşimi (gaz analizi uygulama alanı)
- Tutuşturma davranışı ve yanma sıcaklığı
- Brülör ve yanma odasının tasarımı
- Yakıt/yanma havası oranı (gaz analizi uygulama alanı).

Belirli bir tesis ve belirli bir yakıt türü için optimum yakıt/yanma havası

(hava miktarı λ) oranı, gaz şemasının yardımıyla ve gaz analizi okumaları ile belirlenebilmektedir (bkz. Şekil 7). Burada, gaz bileşimleri CO , CO_2 ve O_2 'nin konsantrasyon ilerlemeleri, hava oranlarıyla bağlantılı olarak gösterilmiştir. 0 hava fazlası ($\lambda = 1$) ile ideal yanmayı temsil eden çizgi şemanın ortasındadır; hemen sağında hava fazlası hacmindeki artışlar, solunda da artan hava eksiklik aralığı (yetersiz hava yetersiz oksijen demektir!) bulunur.



Şekil 7: Yanma şeması

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

Gösterilen konsantrasyon ilerlemeleri, aşağıdaki bilgileri içerir:

Sol tarafta $\lambda < 1$

(Yetersiz hava)

- Ortamdaki hava yetersiz olduğunda CO oluşur, çünkü ortamdaki tüm CO'leri CO₂'e oksidize etmeye yetecek kadar oksijen bulunmamaktadır. Toksikite seviyesi nedeniyle, yetersiz havanın olduğu ortamda bulunan CO, tesis dışına sızarsa çok büyük bir tehlike oluşturabilir.
- Yetersiz hava oranı düştükçe, yani O₂ konsantrasyonu arttıkça, CO konsantrasyonu CO₂'e oksidize olduğu için düşer ve CO₂ konsantrasyonu artar. Bu proses $\lambda = 1$ 'de veya biraz üzerinde tamamlanır; CO sıfıra yaklaşırken, CO₂ maksimum seviyesine ulaşır.
- Oksijen bu aralıkta görülmez veya ölçülemez, çünkü eklenen bütün oksijen, anında CO oksidasyonu için kullanılır.

Sağ tarafta $\lambda > 1$

(Hava fazlası)

- $\lambda > 1$ aralığında O₂ artar, çünkü hava fazlası arttıkça elde edilen oksijen, CO'nun yetersiz olması sebebiyle oksidasyon sırasında kullanılmaz. Ancak uygulama esnasında, tam

yanmanın olması için belli bir miktar hava fazlasına ihtiyaç vardır, çünkü yanma odasındaki oksijen dağılımı tekdüze değildir. Yakıtın partikül boyutu da önemlidir: partiküller ne kadar küçükse, oksijen ile temas o kadar yoğun olur ve o kadar az hava fazlasına ihtiyaç duyulur.

- Öte yandan CO₂, $\lambda = 1$ 'deki maksimum değerine bağlı olarak tekrar düşer. Bu düşüşün sebebi kimyasal reaksiyon değil artan yanma havası nedeniyle oluşan seyreltici etkidir, çünkü artan hava CO₂ getirmez.

Sonuç

Ortamda tüm CO'yu (λ aralığı = 1.0 ila yakl. 1.3) yakmak için yeteri kadar hava fazlası varsa, dolayısıyla yeteri kadar oksijen varsa ve aynı zamanda hava fazlasının üstünde alçak tavan oluşmuşsa optimum yanma gerçekleşir. Çünkü böylece, gereksiz derecede yüksek hava fazlası sebebi ile, hafif sıcak baca gazı ve termal enerji atmosferde mümkün olduğunca kaybolur.

Bir yanma tesisindeki enerji optimizasyonu λ aralığı (tesise ait verilere de bağlıdır) iki adet bileşen CO_2 ve CO 'nun ölçülmesiyle (CO_2 , eğerdeki ilerleyişi maksimum seviyeyi aştığından, tek başına belirsizlik oluşturur) veya yalnızca O_2 'nin ölçülmesiyle belirlenebilir. Günümüzde O_2 ile ölçüm yapma opsiyonu daha sık kullanılmaktadır.

Tesise ve tesis operatörüne bağlı olarak, yanma odasının çeşitli alanlarında ölçüm veya gaz örnekleme noktaları belirlenebilir.

Şemada gösterilen kuru baca gazındaki hava oranı, hava fazlası ve tipik oksijen içeriği arasındaki korelasyonlar, taş kömürünün yakılması baz alınarak Tablo 8'de rakamlarla gösterilmiştir.

Hava oranı λ	Hava fazlası, %	Oksijen içeriği, %
0,9	Yetersiz hava	Yetersiz oksijen
1,0	0	0
1,1	%10	2
1,2	%20	3,5
1,3	%30	4,8
1,4	%40	6,2

Tablo 8: Taş kömürüyle çalışan bir tesiste kuru baca gazındaki hava fazlası ve oksijen içeriği arasındaki korelasyon

Ekonomik ilgililik

Emisyonları azaltmanın dışında bir tesisi optimum, yani mümkün olan minimum hava fazlasıyla çalıştırarak yanma optimizasyonu oluşturmanın ana amacı yakıt tasarrufu yaparak masrafları azaltmaktır.

Uygulamada sıkça rastladığımız ve literatürde de yazılı olan birinci kural şudur: oksijen fazlasını bir yüzdeler birim düşürürseniz (görece %1 olarak değil), yani mesela %4,5'ten %3,5'e düşürürseniz, yanma tesisinin verimliliği %1 oranında artabilir ve yakıt masrafları da aynı doğrultuda azalabilir.

Örneğin, ayda 15 milyon dolar yakıt masrafı olan orta ölçekli bir elektrik santrali, bu şekilde ayda 30 bin dolar tasarruf yapar. Gaz analizi yardımıyla, düzenli tesis operasyonu, optimum hava fazlasına % 0,2 daha yakın oranda yapılabilir. Optimum operasyon koşullarında sadece kısa süreli sapmalar olursa benzer tasarruflar yapılabilir ve gaz analizi kullanarak daha erken evrelerde iyileştirilebilir.

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

2.2 Proses kontrolü için gaz analizi

2.2.1 Yanma proseslerinde proses ısıtıcıları

Geleneksel yanma tesislerine (kazan ateşleme sistemleri) kıyasla, proses ısıtıcıları fırın veya sıcak yanma gazları ile termal işleme maruz kalan materyal arasında direkt temas sağlar; böylece bir dizi proses adımını başlatır. Çimento klinker üretimi, diğer benzer proseslere örnek olarak bunu aşağıda göstermektedir (ayrıntılar için Bölüm 4.3.1'e bakınız):

- Nemli hammadde parçalanır ve sıcak baca gazlarıyla kurutulur.
- Ayrıştırılan farin, akımın tersi yönünde aşağı doğru hareket eden sıcak gaz vasıtasıyla yaklaşık 800 °C'ye ısıtılır.
- CO₂ kalsinatörde çok aşamalı yanma prosesi sayesinde (materyalin asidi ayrıştırılır) yaklaşık 950 °C'de farinden atılır.
- Farin, tüm eklentileriyle beraber, yaklaşık 1400 °C'de fırında yakılır (sinterlenir).

Gaz analizi işlemi, bu proses adımlarının hava fazlası baz alınarak değerlendirilmesini, hatalı hava akışlarının hesaplanmasını ve tesis bileşenlerinin ayrı ayrı dengelenmesini sağlar. Bu da kalsiner performansı açısından (CO₂ ve O₂ ölçümü) önem arz eder. Çünkü yetersiz kalsinasyon, fırında ciddi kusurlara yol açabilir.

Bu tür proseslerde maddeler, işlenen üründen geçerek baca gazına ulaşır ve yanma tesisinin her zaman ürettiği emisyonları artırabilirler. Bazı durumlarda ise, kirletici maddeler gazın içinden geçerek işlenen ürüne veya özel olarak belirlenmiş maddelere (cüruflara) geçebilirler. Buna örnek olarak çimento veya kireç endüstrisi verilebilir; burada yakıttaki sülfür yanma prosesi sırasında ürünün bir bileşeni olarak, sülfür oksite dönüşebilir. Veya aksi şekilde, cam veya tuğla üretimi sırasında yakılan üründen sülfür oksitler açığa çıkar ve baca gazı konsantrasyonunu ciddi oranda artırır.

Aynı durum, materyal ve baca gazlarının giriş yapması için akımın tersi yönünde çalıştırılan proseslerdeki (örn. döner kireç ocaklarında) artan CO emisyonları için de geçerlidir. Fırından uzak bölgelerde, oksijen yetersizliği söz konusu olabilir; bu da CO konsantrasyonunun artmasıyla yetersiz yanma meydana gelmesine yol açabilir. Ağır metaller çöp fırını yakıtına (çimento, kireç) entegre edilebilir veya buradan baca gazına salınabilir (metal endüstrisi, cam üretimi).

Fırın odası tasarımı, alev iletkenliği, çöp fırını yakıtı ve fırın odası sıcaklığı ile yanma hava kaynağı gibi prosese bağlı önlemlerle, prosese bağlı emisyonlar önemli oranda azaltılabilir. Gaz analizi, bunu mümkün kılmak için gerekli olan bilgiyi bizlere sunmaktadır.

2.2.2 Endüstriyel yanma tesisleri

“Endüstriyel yanma tesisi” ifadesi, buhar ve sıcak su oluşturmak veya diğer ısı transfer ortamlarını ısıtmak için endüstride kullanılan yanma tesisleri anlamına gelmektedir. Bu terim, rafineri veya kok tesisleri gibi materyalleri dönüştürme amacı güden yanma tesislerini de kapsar. Endüstriyel yanma tesislerinin ısı çıkışı genellikle megawatt aralığındadır. Dolayısıyla, yaygın olarak TI Hava emisyon düzenlemelerine tabidirler; nadiren de olsa (gaz ateşlemeli kurulumlarda kapasite > 50 MW veya >100 MW) Büyük Yanma Tesisi Kuralları (13. BImSchV) geçerlidir.

Burada, gaz analiz işlemleri yanma optimizasyonu, baca gazı temizliğinin kontrolü ve limit değerlerin takip edilmesi ile ilgilidir.

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

2.2.3 Termokimyasal yüzey işleme

Bu işlem, üzerinde çalışılan parçanın kimyasal bileşimini veya yüzeyini, çevredeki gaz atmosferinden belli başlı elementleri içeri veya dışarı dağıtma yoluyla değiştiren bir ısı işleme prosesidir. Öncelikli kullanım amacı çeliği sertleştirmek ve seramik endüstrisindeki sırları ve boyaları yakmaktır. Bu prosesler işleme ortamı olarak neredeyse her zaman gazı kullanılırlar (nadiren toz da kullanılır); içinde dağıtıldıkları elementlerin yapısına ve konsantrasyonuna göre (örn. nitrasyon için nitrojen, krom kaplama için kromyum) ve proses sıcaklıklarına göre (yaklaşık 400 - 1100 °C) karakterize edilirler. Devamlı akış ve seriye sahip fırınların piyasada birçok farklı tasarımı bulunmaktadır.

Her durumda, hem optimum tesis operasyonu (masraflarda azalma ve güvenlik) hem de prosese özgü gaz atmosferi (ISO 9000 ff ile uyumlu dokümantasyon dahil, ürün kalitesi) için gaz analizi gereklidir. Analizin en önemli bileşenleri O₂, CO, CO₂ ve SO₂'dir. Bölüm 4.4.6'daki uygulama örneğine bakınız.

2.2.4 Güvenlik ölçümleri

Gaz analizinin proses uygulamaları, personeli ve tesisleri koruma amaçlı kullanılan ölçümleri de kapsamaktadır. Bu ölçümler, özellikle karbon monoksit CO başta olmak üzere toksik ancak öncelikle yanıcı ve patlayıcı olan gazları kapsamaktadır. Örneğin kömür tozu silolarında ve kömür öğütme tesislerinde CO takibi yapmak, tehlikeli durumların önceden tespit edilmesini sağlamak ve elektrostatik tutucularda patlayıcı gaz karışımlarının toplanmasını engellemektedir. Aynı durum, özellikle kimya tesislerinde, tehlikeli metan konsantrasyonları veya diğer patlayıcı gazlarla ilgili tesis takiplerinde geçerlidir.

Patlama limitleri

Yanar maddelerin hava veya oksijenle birleşimlerinden oluşan karışımlar belirli konsantrasyon oranlarında yanıcı özellik taşırlar. Her karışım için ayrı alt ve üst yanıcı limit söz konusudur. Bu değerler basınca ve sıcaklığa bağlıdır. Alt ve üst limitler hacim% veya g/m³ cinsinden belirli bir sıcaklık ve belirli bir basınçta (genellikle 20°C ve 1 bar) yanıcı bileşenin bir kısmını ifade ederler. Ateşleme veya patlama aralığı bu iki limit aralığındadır; bkz. Tablo 9.

Yanıcı maddeler	Formül	T=20 °C ve p=1 bar için havadaki yanma limitleri, hacim%	
		alt	üst
Amonyak	NH ₃	15,0	28,0
Karbonmonoksit	CO	12,5	74
Hidrojen	H ₂	4,0	75,6
Metan	CH ₄	5,0	15,0
Propan	C ₃ H ₈	2,1	9,5
Bütan	C ₄ H ₁₀	1,5	8,5
Asetilen	C ₂ H ₂	1,5	82,5

Tablo 9: Yanıcı gazlarda yanma limitleri (patlama aralığı)

Isı etkisi ölçüm ilkesi (bkz. Bölüm 3.2.2) yanar maddelerin gaz karışımlarını analiz etmek için kullanılır. Bu ilke, tüm yanar maddelerin toplamını belirler. Bir karışımı alt patlama limiti (APL) açısından takip etmek için, cihazın ölçüm aralığı, en düşük APL'ye sahip bileşeni temel almalıdır.

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

2.3 Emisyon kontrolü için gaz analizi

Birçok ülkede bulunan birçok endüstriyel tesis (başlıca elektrik santralleri, çelikhaneler, çimento fabrikaları, cam imalathaneleri, kimya tesisleri ve daha fazlası) ve devlete ait yerel tesisler, küçük üretim tesislerine varana kadar, atmosfere salınan baca gazı emisyonları hakkındaki katı düzenlemelere tabidir. Kirlетici madde olarak tanımlanan bileşenlerin baca gazındaki belirli limit değerleri aşmadığından emin olmak ve düzenli aralıklarla bunu doğrulamak için uygun önlemler alınmalıdır. Bazı ülkeler bu konuya özel yasalar ve düzenlemeler oluşturmuştur. Almanya'da Federal İmisyon Kontrol Yasası geçerli iken, ABD'de Temiz Hava Yasası geçerlidir. Tüm Avrupa'yı veya Asya bölgesini kapsayan standart düzenlemeler bulunmamaktadır. Bu sebeple birçok ülke ulusal düzenlemelerini BImSchG veya Temiz Hava Yasasını temel alarak hazırlamaktadır.

Gaz analizi, emisyonları sınırlandırmak için gerekli olan önlemleri uygulamada ve takip etmede önemi bir rol oynamaktadır.

Emisyon

Bir tesisten (kaynak) çıkan havayı kirlетen maddeler, gürültüler, titreşimler, ISI vs.

İmisyon

İnsanlar, hayvanlar, bitkiler, toprak, binalar vs. üzerine etki eden havayı kirlетen maddeler, gürültüler, titreşimler vs.

2.3.1 Federal Almanya Cumhuriyeti'nde emisyon / emisyon yasal çerçeveleri

Almanya'da çevre korumaya dair tüm düzenlemelerin yasal çerçevesi aşağıdaki gibidir:

- Çevre koruma amaçlı Alman Federal Emisyon Kontrol Yasası (BImSchG), versiyon tarih 2017; ve buna bağlı olarak,
- Yasanın uygulanmasını sağlayacak sayısız yasal düzenleme (Alman Federal Emisyon Kontrol Kuralları (BImSchV)) ve son olarak,
- 4. Alman Federal Emisyon Kontrol Kuralları (BImSchV) uyarınca tesislerin onay alması ve takip edilmesi için belli başlı gereklilikleri olan, yasal mercilere özel teknik talimatlar içeren TI Hava.

Federal Emisyon Kontrol Yasası aşağıdakiler başta olmak üzere çeşitli bölümlere ayrılmıştır:

1. Genel Şartlar no. 1 - 3
2. Kurulumların Oluşturulması ve Çalıştırılması no. 4 - 31
3. Kurulumların Yapısı, Maddeler, Ürünler, Yakıtlar ve Yağlama Maddeleri; Yakıtlarda Sera Gazı Azaltımı no. 32 - 37g
4. Araçların Yapısı ve Çalıştırılması, Karayolları ve Tren Raylarındaki İnşaat İşleri ve Değişiklikler no. 38 - 43
5. Hava Kirliliğinin Takibi ve Hava Kalitesinin İyileştirilmesi, Temiz Hava Planları ve Gürültü Azaltma Planları no. 44 - 47
6. Gürültü Azaltma Planları no. 47a - 47f
7. Genel düzenlemeler no. 48 - 62
8. Nihai şartlar no. 66 - 73

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

Bugüne kadar toplamda 42 yasal düzenleme faaliyete geçmiştir. Tablo 10 sizlere bir seçki sunmaktadır; beş adet düzenleme özellikle yanma sistemlerini vurgulayan düzenlemelerdir. Şekil 8, belli başlı kuralların çeşitli tesis türlerine (kullanılan yakıt ve tesisin kapasitesi) uyarlanmasını göstermektedir.

1. BImSchV	Küçük ölçekli yanma tesisleri
3. BImSchV	Hafif akaryakıtın sülfür içeriği
4. BImSchV	Ruhsat alması gereken tesisler
9. BImSchV	Ruhsatlandırma işleminin temel ilkeleri
11. BImSchV	Emisyon deklarasyonu
13. BImSchV	Büyük ölçekli yanma tesisleri
17. BImSchV	Atık yakma kuruluşları
27th BImSchV	Crematoria

Tablo 10: Alman Federal İmisyon Yasasına ilişkin yasal düzenlemeler (seçki)

Çıkış	MW					
	0...1*	1...5 (20)	5...10 (20)	10...50	50...100	>100
Yakıtlar						
Katı yakıtlar						
Akaryakıt EL	1. BImSchV		4. BImSchV		13. BImSchV	
Diğer akaryakıtlar			TI Hava			
Gaz bazlı yakıtlar						

Şekil 8: Tesis türlerinin ve düzenlemelerin sınıflandırılması

Emisyon değerleri ve emisyon limit değerleri

- Emisyon değerleri, yükümlülüğü emisyon limit değerlerinin altında olan standartlardır; hava kirliliği kontrolüne ilişkin emisyon değerleri TI Hava'da belirtilmiştir. Bunlar "son teknolojik gelişmelerin uygulanmasıyla aşılmaları nlenecek olan değerler" şeklinde tanımlanır.
- Emisyon limit değerleri, yasal emisyon standartlarıdır; bu sebeple etki alanındakiler için direkt olarak bağlayıcıdır. Bu değerler rneğin 1. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV), 4. BlmSchV/TI Hava ile 13., 17. ve 27. BlmSchV'de belirtilmiştir.

2.3.2 Alman Federal İmisyon Kontrol Yasası (BlmSchG) spesifikasyonları (seçki)

Küçük lekli yanma tesisleri hakkındaki yasa (1. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV))

Bu düzenleme, yaklaşık 1,5 veya 10 MW'lık çıkışa sahip (yakıta bağlı olarak, bkz. şekil 8), ruhsat gerektirmeyen tüm yanma tesisleri için geçerlidir. Bu tesislerin takibinden sorumlu olan kişi baca temizleyicisidir. Bu kişi her yıl ısıtma tesislerindeki emisyon limitlerinin aşılıp aşılmadığını kontrol etmelidir.

Katı yakıtlı tesislerde, toz benzeri emisyonlar ve bazı durumlarda da karbonmonoksit (CO) belirlenir. Benzin ve gaz ateşlemeli kurulumlarda, baca gazındaki oksijen veya karbondioksit içeriğinin ölçülmesiyle ve baca gazı sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki fark (yanma havasının sıcaklığı çoğunlukla oda sıcaklığına denk gelir) yardımıyla, baca gazı kaybı bir parametre olarak belirlenir. Benzin ateşlemeli kurulumlarda duman sayısı da belirlenir.

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

Not:

Bu konuya ait ve testo ölçüm teknolojisinin bu alanda kullanımına dair ayrıntıları Testo rehberi “Pratik kullanıma uygun baca gazı analizi,” sayfa 18ff’de bulabilirsiniz.

Ruhsat gerektiren tesisler hakkındaki yasa (4’üncü Alman Federal İmisyon Kontrol Yasası (BlmSchV))

Bu yasa, çalıştırılması için ruhsat gerektiren düşük megawatt aralığında dereceli ısı çıkışları olan yaklaşık 150 farklı tesisi kapsar. Tesis türleri gruplara ayrılmıştır, bkz. Tablo 11. 4. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV)’na ait uygulama düzenlemesine “Hava Kalite Kontrolü Teknik Talimatları” veya kısaca “TI Hava” adı verir. Lütfen aşağıdaki bölüme bakın.

Grup	Bulk kimya endüstrileri
1	Isı oluşturma, madencilik, enerji
2	Metal olmayan madenler, cam, seramik, inşaat malzemeleri
3	Demir, çelik ve diğer metaller, işleme dahil
4	Kimyasal ürünler, tıbbi ürünler, madeni yağ rafinerileri ve ileri seviye işleme
5	Plastik ve diğer materyallerin işlenmesi
6	Ahşap, selüloz
7	Gıda, içecekler, tütün ve hayvan yemleri ile tarım ürünleri
8	Atıkların ve diğer materyallerin geri kazanımı ve atılması
9	Maddeler ve preparatların saklanması, yüklenmesi ve boşaltılması
10	Diğer tesisler

Tablo 11: 4. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV)’nda tesis türlerinin grup sınıflandırması

TI Hava

(Hava Kalite Kontrolü Teknik Talimatları)

TI Hava, BlmSchG’ye ilişkin, idari bir düzenlemedir. Bir tesisin, bina uygulamasından devam eden operasyonların takibine kadar uyması gereken düzenlemeleri kapsar. Uygulamanın kapsamı yalnızca 4. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV)’nda listelenen, ruhsata ihtiyacı olan tesislerle sınırlıdır.

TI Hava dört kısma ayrılır:

Kısım 1: Uygulanabilirlik düzenlemeleri

Kırım 2: Hava kirliliği kontrolü hakkında genel düzenlemeler

Kısım 3: Emisyonların sınırlandırılması ve ayarlanmasına ilişkin gereklilikler

Kısım 4: Eski tesislerin yeniden geliştirilmesi

TI Hava Kısım 3, gaz analiz teknolojisi ile ilgilidir. Ruhsat gerektiren tesislerde emisyonların sınırlandırılmasına ilişkin başlıca gereklilikleri kapsar.

Bölüm 2.1, tehlikeli etkilerine göre dört sınıfa ayrılmış maddelerle birlikte genel kuralları sunmaktadır. En tehlikeli maddelerin limit değeri (Sınıf I, örn. arsen veya fosjen) 1 mg/m³ iken, sülfür oksit veya nitrojen oksitlerin limit değeri (Sınıf IV) örneğin 500 mg/m³'tür. Bu gereklilikler genel olarak uygulanabilmektedir. Ancak Bölüm 2.3'te ayrıntılarıyla anlatılan özel durumlarda, bu kurallar yerini daha katı, özel gerekliliklere bırakır.

Bölüm 2.2, emisyonların ölçülmesi ve takip edilmesi posedürlerini anlatmakta; ve başlıca aşağıdaki konulara değinmektedir:

- Tesislere onay verilirken, uygun örnekleme noktaları ve ölçüm istasyonları tasarlanmalı, böylece

emisyonların temsili ve metrolojik olarak, kusursuz biçimde ölçülmesi kolaylaştırılmalıdır;

- Onay bildirisinde limitleri tanımlanmış olan hava kirletici maddelerin emisyonları birinci ve tekrarlanan ölçümlerle oluşturulmalıdır;
- Emisyon limitlerine tabi olan maddelerin oldukça yüksek kütleli akışlarında, bu durumun sürekli ölçüm yapılarak takip edilmesi gerekmektedir;
- Sürekli ölçüm yapılması arzu edilen ancak teknik olarak bunun mümkün olmadığı tehlikeli maddeler için düzenli aralıklarla ayrı okumalar yapılmalıdır.

TI Hava'ya göre ayrı ölçümler (no. 26, 28 BImSchG uyarınca ölçüm)

Bir tesisin yeni kurulması veya tesiste önemli değişikliklerin yapılması sonrasında, ayrı ölçüm yapmadan önce, onaylı bir test merkezi tarafından ilk ölçüm gerçekleştirilmelidir. İlk ölçüm, tesisin kabul edildiği anlamına gelebilir ve devreye alım sonrası 3-12 ay içerisinde gerçekleştirilir. Daha sonra her 3 yılda bir ayrı ölçümler yapılır. Ölçüme tabi olan zehirli gazların konsantrasyonları, yarı saatlik ölçüm periyodu sonrasında ortalama değer olarak belirlenir ve limit değerlere uygunluk açısından kontrol edilir.

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

Sürekli çalışan tesislerde minimum 3 kez ölçüm yapılmalıdır; diğer durumlarda minimum 6 kez ölçüm yapılmalıdır. Ölçüm yapmadan önce tesis operatörü yanma sistemini optimum operasyon moduna ayarlamalıdır.

TI Hava'ya uygun sürekli ölçüm

Tesisin günlük çalışma süresi boyunca, her yarım saatte bir toplanan ölçüm verilerinden “yarım saatlik ortalama değer” hesaplanır. Bu değerler sayesinde “günlük ortalamalar” bulunur, saklanır ve istatistiksel olarak değerlendirilmeye tabi tutulur. Burada tesise özel olarak belirlenen limit değerler aşılmamalıdır.

- TI Hava ile uyumlu resmi ayrı ölçümler, yalnızca, TI Hava'nın kalifikasyon testini geçen ölçüm cihazları kullanılarak yapılabilmektedir.
- Yalnızca TI Hava'nın kalifikasyon testini geçen sabit ölçüm cihazları sürekli ölçüm için kullanılabilir.
- Testo analizörler hem ayrı ölçüm hem de sürekli ölçüm yapmak için uygundur.

Son olarak, Bölüm 2.3, endüstrinin geniş alanlarını etkileyen, belirli tesis türleri için özel düzenlemeler içerir. 12.

TI Hava'daki Bölüm	İlgili tesis türü
3.3.1	Isı oluşturma, madencilik ve enerji
3.3.2	Metalik olmayan madenler, cam, seramik, inşaat malzemeleri
3.3.3	Demir, çelik ve diğer metaller
3.3.4	Kimyasal ürünler, ilaçlar, rafineriler
3.3.5	Organik maddeler ile yüzey işleme, film üretimi, plastik işleme
3.3.6	Ahşap, selülöz
3.3.7	Gıda, içecekler, tütün ve hayvan yemi ile tarım ürünleri
3.3.8	Atık yakma (bir süredir 17. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV) ile yönetilmekte), gübreleme tesisleri
3.3.9	Saklama, yükleme ve boşaltma materyalleri
3.3.10	Diğer
Özel durum	Elektrik santralleri, CHP tesisleri ve ısıtma tesisleri > 50 MW (gazlı yanma tesislerinde > 100 MW), TI Hava yerine 13. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV) kapsamındadır.

Tablo 12: TI Hava'da tesis türünün sınıflandırılması (Bölüm 3.3)

Not:

Belirli tesis türlerine uygun kirlenici madde limit değerleri, ilgili uygulama örnekleri için bu Rehberin 4. Bölümünde verilmektedir.

Büyük ölçekli yanma tesisleri hakkındaki yasa (13. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (Blm-SchV))

Bu yasa, katı ve sıvı yakıtlar kullanıldığında > 50 MW'lık, gazlı yakıtlar kullanıldığında ise > 100 MW'lık ısı çıkışı olan yanma sistemlerini kapsar. Bu tesisler 4. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV) veya TI Hava kapsamında değildir. Emisyon

limitleri, tesisin türüne ve ısı çıkışına bağlı olarak toz, toz bileşenleri, sülfür dioksit, nitrojen oksit, karbonmonoksit ve gazlı klorür ile florin bileşimleri için belirlenmiştir. Bu değerlerin bazıları dinamik örnekleme ilkesine tabidir; bu sebeple değerlerin son teknolojik ürünler kullanılarak mümkün olduğu kadar çok düşürülmesi gerekir.

Kirlenici Madde	13. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV) uyarınca kirlenici madde limit değeri, mg/m ³			
	Yakıt			
	Katı	Biyo yakıtlar	Sıvı	Gaz
Toz	10	10	10	5 - 10
CO	150 - 200	150 - 250	80	50 - 250
NO, NO ₂	150 - 400	150 - 250	100 - 250	50 - 200
SO ₂ , SO ₃	150 - 400	150 - 200	150 - 350	5 - 350
Cıva	0,03	0,03	-	-

Tablo 13: 13. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV (alıntı)) gereğince kirlenici maddeler için limit değerler

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

Atık yakma tesisleri hakkındaki yasa (17. BImSchV)

Atık yakma tesisleri, atık miktarını ve atıkların potansiyel kirletme seviyelerini azaltmak amacıyla, katı, sıvı veya macun tipi atıkların (evsel ve tıbbi atıklar, tortu, kullanılmış lastikler, boyalar, vernikler ve solventler) termal

olarak işlenmesinde kullanılır. İzin verilen kirletici madde limit değerleri dikkate alındığında, yanma sırasında ortaya çıkan baca gazları, atık yakımını kapsayan geçerli kurallara (17. BImSchV) uygun olmalıdır. Bu konuyla ilgili sunulan değerler seçkisi Tablo 14'te gösterilmektedir.

Kirletici madde	17. BImSchV uyarınca kirletici madde limit değerleri, mg/m ³	
	Maks. günlük ortalama	Maks. yarım saatlik ortalama
Toplam toz	5	20
Toplam karbon	10	20
Hidrojen klorür	10	60
Hidrojen florür	1	4
SO ₂ ve SO ₃	50	200
NO, NO ₂	150	400
Cıva	0,03	0,05
Karbonmonoksit CO	50	100
NH ₃	10	15

Tablo 14: 17. BImSchV uyarınca kirletici madde limit değerleri (seçki)

Krematoryumlar hakkındaki yasa (27. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV))

Bu kurallar, krematoryum kaynaklı emisyonları ölçmek amacıyla alınması gereken önlemleri tanımlamaktadır (bkz. Bölüm 4.6.1)

Alman Federal İmisyon Kontrol Yasası (BlmschG) uyarınca emisyon takibi amaçlı analizörler

Alman Federal İmisyon Kontrol Yasası (BlmschG) uyarınca, emisyon takibinde kullanılan analitik yöntemler, diğer gaz analizi alanlarında kullanılan yöntemlerle aynı fiziksel veya kimyasal ilkeler çerçevesinde çalışmaktadır. Ancak, cihazların gereklilikleri burada belirtilir ve cihazlar spesifikasyonları karşılıklarını bir kalifikasyon testiyle kanıtlamak zorundadır.

Baca gazında bulunan çok sayıdaki bileşen yeteri kadar yöntem ve cihaz seçkisine tabi tutulmalı; düşük ve bilinen derecelerde çapraz hassasiyet göstermelidir. Ölçüm yöntemleri güvenilir ve yeniden tekrarlanabilir olmalı ve kalibrasyona imkan tanımalıdır. Yüksek işe yararlık oranı ve esas olarak bakım gerektirmeyen bir çalışma prensibi de önemlidir.

Yüksek baca gazı sıcaklıkları sebebi ile, yüksek nem oranı ve toz içerikleri ile agresif baca gazı bileşenleri ve ölçüm görevleri de, örnekleme prosesinde özel gereklilikler oluşturmaktadır. Ayrıca, örnek alma işlemi sırasında, bu işlemin tesisi temsil ettiği unutulmamalıdır; örneğin yüksek geçici ve/veya konumsal değişkenliğe sahip kirlenici maddelerin olduğu tesislerde ızgara ölçümleri yapılmalı veya dağıtılmış ayrı ölçüm noktaları bulunmalıdır.

Ölçüm cihazları kalifikasyon testi

Alman Federal İmisyon Kontrol Yasası (BlmschG) gereklilikleri uyarınca hava kirliliği kontrolünü takip etmek için, yalnızca bu amaçla kalifikasyonlarını başarıyla kanıtlamış ölçüm cihazları kullanılabilir.

Bu ilkeye göre, ölçümlerin yeteri oranda kalite ve karşılaştırılabilirlik özelliği bulunmalı, ayrıca tesis takibi için tekdüze uygulamaya sahip olmalıdır. Kalifikasyon testi, önceden belirtilen rehberlere (minimum gereklilikler) göre yürütülür; özel onaya sahip az sayıdaki test enstitüleri tarafından bir dizi laboratuvar testi ve saha testi ile tamamlanır. Bir kalifikasyon testinin başarıyla tamamlandığının kanıtı,

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

Resmi Gazetede ilgili Bakanlık tarafından yayınlanan sonuç sertifikası veya sonuçların halka arzıdır.

testo 350 analizörü, 13. ve 17. Alman Federal Emisyon Kuralları (BlmSchV) ve TI Hava'da tanımlanan ölçüm görevleri gereği O₂, CO, NO, NO₂ ve SO₂ açısından kalifikasyon testini geçmiştir.

2.3.3 ABD'deki emisyon takibi

1. ABD'deki emisyon takibi 1991 yılında yayınlanan Temiz Hava Yasası ve değişikliklerini (Temiz Hava Yasası Değişiklikleri, CAAA) temel almaktadır. CAAA, federal bir yasadır. Bu yasayı referans alan EPA (Çevre Koruma Ajansı) emisyonları azaltmak ve takip etmek amacıyla yapı düzenlemelerini yürürlüğe sokmuştur. Geçmişte, özellikle daha büyük emitörlerden daha küçük kaynaklara bir kayma söz konusuydu (başlıklar 5 ve 7, aşağıya bakınız).

2. CAAA bu emitörleri boyutlarına göre 7 bölüme (başlık) ayırmıştır; bunlardan üçü Testo cihazlarının kullanımına uygundur:

Başlık 4: Elektrik santralleri

Başlık 5: Endüstriyel kaynaklar

Başlık 7: Daha küçük kaynaklar

Bir emitör çeşitli kriterlere göre değerlendirilmektedir; örn. termal çıkış veya belirli kirletici maddelerin belirli bir miktarını emme potansiyeli (örn.: 100 t NO_x/yıl). Diğer alt bölümler, izin verilen limit değerlere (parçalar), belirli tesis türlerindeki (yöntemler) ölçüm cihazlarının standartları / rehberlerine odaklanmaktadır.

3. Daha küçük tesislere doğru meydana gelen kayma, ölçüm teknolojisi açısından bir takım sonuçlar doğurmuştur. Sürekli emisyon takibi teknolojisi (CEMler) halen daha büyük emitörlere uygun çalışmaktadır. Bu sistemler yıllık bakım gideri 30.000 doları bulan ve başlangıç yatırımı birkaç yüz bin dolara varan sistemlerdir. Küçük emitörlerin bu tutarları meşru hale getirmeleri mümkün değildir. Bu sebeple EPA daha farklı ve küçük metrolojik çözümlerin yolunu açmıştır (bkz. nokta 7).

4. ABD’de federal merciler ile diğer eyaletler arasında sorumluluk ayrışması söz konusu. Başlık 4, Federal Hükümetin kararlarından etkilenirken, başlık 7 Birleşik Devletler’in kararlarından etkilenir. Başlık 5’e göre, uygun uygulama faaliyetleri sergilendiği sürece Birleşik Devletler kararı verir. Ayrı eyaletlerde EPA tarafından oluşturulan standartları veya daha katı düzenlemeleri yürütmekle yükümlü merciler (Çevre Kalite Departmanı, DEQ) bulunmaktadır. Kaliforniya’daki DEQ (Güney sahilleri hava kalite yönetim bölgesi, SCAQMD)’te 2.400 kişi istihdam edilmektedir ve bu DEQ, mobil cihazların NO_x belirlenmesinde

kullanılması dahil olmak üzere, birçok özel düzenleme ve ölçüm yöntemi getirmiştir.

5. Başlık 7 uyarınca daha küçük emitörler için özel bir prosedür oluşturulmuştur. Bu durumdan etkilenen yaklaşık 34.000 tesis, ayrı eyalet yetkilileri tarafından, görece daha rahat düzenlemelere (uygunluk güvence takibi, CAM) göre değerlendirilmektedir. Alınacak önlemlerle ilgili ihtiyaçların belirlenmesi kendilerine aittir. Burada herhangi bir ölçüm yöntemi açıkça belirtilmemiş veya yasaklanmamıştır.

6. EPA ekipman testi veya sertifikasyon yapmamakta, ancak belli başlı ölçüm görevlerine özel cihaz teknolojilerinin nasıl uygulanacağını anlatan test yöntemlerini tanımlamaktadır. Elektrokimyasal sensörlerle belirli gaz bileşenlerinin ölçülmesi yöntemi, buna bir örnektir. Bu yöntem genellikle O₂ onaylıdır; NO_x onayı SCAQMD tarafından verilmiştir. SO₂’de kullanımı kaldırılmamıştır. Halihazırda CO onayı için çalışmalar sürmektedir.

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

7. testo 350 test yöntemleri 1 (gaz akışı için), 3 (CO₂ ve O₂ için), 6c (SO₂ için) ve 7e ile birlikte koşullu test yöntemi olarak anılan 022 (NO_x için) ile uyumludur.

2.3.4 Baca gazı saflaştırma yöntemleri

Baca gazındaki havayı kirleten maddelerin emisyonları, uygun önlemlerin alınmasıyla veya uygun bileşenlerin tesis içine kurulmasıyla ciddi oranda azaltılabilmektedir:

- Parçacıklı maddenin emisyonu, bir toz seperatörü vasıtasıyla azaltılabilir veya fiilen bertaraf edilebilir.
- Gazlı kirletici maddelerin emisyonu, düşük emisyonlu yakıtların kullanılmasıyla, belli bir miktara kadar azaltılabilir. Ancak ciddi bir azalma olması için yanma işlemi optimize edilmelidir veya absorpsiyon veya adsorpsiyon reaksiyonlarıyla ya da ikincil yanma sonrasında azaltılan baca gazı saflaştırılmalıdır. Bu prosedürlerde alınan önlemlerin takip ve optimize edilmesinde gaz analizi karar verici bir rol oynamaktadır.

Tozsuzlaştırma yöntemleri

Gaz akışlarını tozsuzlaştırma tesisleri (toz separatörleri) bazı ilkeler çevreçevesinde çalışmaktadır:

- **Santrifüj kuvveti veya yerçekimi ile ayırma**

Burada partiküller, yerçekimleri ya da santrifüj kuvvetleri vasıtasıyla, baca gazı akışının dışında bulunan separatör bölgelerine gönderilirler. Bu ayırmanın en çok bilinen örnekleri, siklonlar adıyla bilinen santrifüj kuvvetini temel alan separatörlerdir. Burada partiküller özel olarak tasarlanmış bir gaz giriş açıklığından ivme kazanırlar ve ayrı bir odaya taşınırlar. Buradan da toz toplayıcısına girerler.

- **Elektrostatik tutucularda elektrik kuvvetiyle ayırma**

Elektrostatik tutucular, toz ayırma işlemi için elektrikli alandaki yüklü partiküllerde kuvvet etkisini kullanırlar. Toz partikülleri önce negatif iyonların eklenmesiyle yüklenirler ve bu yükleme sonucunda elektrikli alandaki elektrod toplayıcısına iletilirler. Burada toz, katman görevi görür; elektroda hafifçe vurunca bu katman gevşer (temizlenir) ve tozlar hazneye taşınır. Elektrostatik tutucular öncelikli olarak elektrik santralleri, demir işleri, metalürji işleri veya çimento işlerinde son derece büyük gaz hacimlerini temizlemek amacıyla kullanılır.

İlkesel olarak, elektrostatik tutucular, elektrikli alanda oluşan patlayıcı gaz karışımı nedeniyle patlayabilirler. Etkili koruma için filtrenin CO konsantrasyonlu yukarı akışı takip edilmelidir.

- **Yapıştırıcı kuvvetlerle ayırma, örn. bez filtreler**

Bu durumda partiküller, gazın içinden geçtiği belli bir filtre ortamının (membran, bez, elyaf) yüzeyinin içinde veya üstünde ayrıştırılır. En sık rastlanılanları lifli torba veya cep filtrelerdir. Derinlik filtreleri paketli yatak filtreler içerir; burada ayırma işlemi gazın üzerinden akıp gittiği bir katman olan elyaf yüzeyi üzerinde yapılır.

- **Damlacık oluşturarak ayırma; örn. spreyli gaz yıkayıcılar**

Burada partiküller gaz akışına konan bir gaz yıkama sıvısına bağlanır ve bu sırada ayrıştırılır. Bu prosesin dezavantajı gaz yıkama sıvısında kontaminasyon oluşmasıdır.

2. Endüstriyel baca gazı için gaz analizi kullanmanın sebepleri

Denitrifikasyon yöntemleri

Birincil ve/veya ikincil önlemler baca gazlarını denitrifiye etmek (daha açık olmak gerekirse, nitrojen oksitler NO ve NO₂'nin çıkarılması) için kullanılır.

- Birincil önlemler aşamalı hava tedarik yöntemi, akışkan yataklı yanma ve özel brülörlerin kullanılmasıdır. Tüm bu önlemler, yanma esnasında, nitrojen oksitlerin oluşumunu önemli oranda azatacaktır.
- İkincil bir önlem ise (bunlar yanma odasından ayrıldıktan sonra baca gazı üzerinde etki bırakırlar) geniş çapta kabul gören Seçici Katalitik İndirgeme (SCR) prosesidir. Bu proseste baca gazı amonyak (NH₃) ve hava karışımıyla zenginleştirilir, sonra nitrojen oksitler kimyasal reaksiyon sonucu nitrojene ve suya dönüştürülür. Bu tür tesisler için DENOX kısaltması kullanılmaktadır.

Akışkan yataklı yanma

Akışkan yataklı yanma sistemlerinde toz haline getirilen yakıt yanma odasına aktarılır; üzerinde baz oluşturması açısından ağızlıklar bulunur. Yanma havası hemen ağızlıklar boyunca alttan akar ve yakıt partiküllerinin akışkanlı bir yatak oluşturmasını sağlar. Yanmayan veya tamamen yanmamış olan partiküller, uygun önlemler alınarak, baca gazı akışıyla yanma odasına geri gönderilir. Bu da döner bir akışkanlı

yatak meydana getirir. Akışkanlı yatak prosesi önemli avantajlar sunmaktadır: yakıt partikülleri yanma havasında bulunan oksijen ile çok yakın temasa girer, bu sebeple yanma neredeyse tamamlanır. Yanma sıcaklığı yaklaşık 900 °C'dir. Bu derece neredeyse tüm vakalarda termal nitrojen oksitlerin oluşmasını engeller. Yakıta kireç eklenmesi de yanma sırasında desülfürizasyon sağlar.

Aşamalı hava tedariki

Aşamalı hava tedariki de son derece etkili birincil önlemlerdendir, çünkü hem yakıt NO hem de termal NO oluşumunu baskılar. Bu da brülördeki hava tedarikini (birincil hava) azaltır; bu sayede hava oranı <1 olur, CO oluşumu artar, NO_x içeriği düşük seyreder, hatta stabil N₂ moleküllerinin oluşmasıyla azalır. Daha fazla yanma havası (yanmış hava) bir sonraki aşamada brülörün üzerinden eklenir ve yanmanın devam etmesi sağlanır. Bunun sonucunda CO büyük oranda azaltılır; ancak nitrojen N₂ molekülleri şeklinde bulunduğundan NO pek oluşmaz.

Düşük NO_x brülörleri

Yanma odasındaki aşamalı hava tedarikine benzer şekilde, bu brülörler içlerinde birden fazla noktaya dağıtılan hava tedariki ile çalışırlar ve dahili hava sirkülasyonu içerirler. Bu da tam yanma meydana getirmekle birlikte nitrojen oksitlerin oluşumunu azaltır.

Desülfürizasyon prosesi

Birçok baca gazı desülfürizasyon yöntemi arasında en yaygın olanı kireç / kireç taşı ile ıslak yıkamadır (ikincil önlem). Bir yıkama kulesinde, baca gazına bir yıkama süspansiyonu (suda ince elenmiş kireç taşı) spreyi sıkılır. Bunun sonucunda sülfür dioksit (SO_2) büyük bir kısmı kimyasal reaksiyon ile bağlanır. Gazlı SO_2 kalsiyum sülfat dihidrat (gypsum) şeklinde bağlanmadan önce bir çözeltiliye dönüştürülür. Büyük miktarlar halinde oluşan gypsum, inşaat malzemesi olarak kısmen yeniden kullanılır. Bu tesisler için FGD (baca gazı desülfürizasyon tesisi) kısaltması kullanılmaktadır.

Termal ikincil yanma

Uygulama örneği 4.2.3'e bakınız.

3. Gaz analiz teknolojisi

3.1 Analiz teknolojisinde kullanılan terminoloji (seçki)

3.1.1 Konsantrasyon spesifikasyonları

“Konsantrasyon” terimi, biradaki alkol veya havadaki oksijen gibi, toplam katı, gaz veya sıvı karışımlardaki maddenin bir bölümünü ifade eder. Konsantrasyonu belirtmek için çeşitli ölçümler kullanılır, örneğin:

- Kütle konsantrasyonu (maddenin kütlesi referans alınır), boyut ile [g madde/m³ gaz hacmi]
- Hacim konsantrasyonu (maddenin hacmi referans alınır), boyut ile [cm³ madde/m³ gaz hacmi]
- Partikül konsantrasyonu (maddenin partikül sayısı referans alınır), boyut ile [maddenin partikül sayısı/toplam partikül sayısı]

Emisyon ve imisyon teknolojisinde kütle konsantrasyonu ile partikül konsantrasyonu birimleri yan yana getirilir. Burada kullanılan kütle birimi gram veya alt bölümleridir; ppm (parça / milyon) ise partikül konsantrasyonunu ifade eder. Bu birimlerin alt bölümleri konsantrasyon baz alınarak kullanılır;

bkz Tablolar 15 ve 16.

Bu nedenle kirlenici madde miktarı aşağıdaki şekilde ifade edilir:

- Verilen gaz hacmi referans alınarak g (veya mg, µg vs.) cinsinden ya da genellikle metre küp (m³) cinsinden, örn. 200 mg/m³
- Veya referans vermeden ppm cinsinden, örn. 140 ppm

İfade	Yazım biçimi	
Gram	g	
Miligram	mg	10 ⁻³ g
Mikrogram	µg	10 ⁻⁶ g
Nanogram	ng	10 ⁻⁹ g
Pikogram	pg	10 ⁻¹² g
Femtogram	fg	10 ⁻¹⁵ g

Tablo 15: Kütle g birimi, alt bölümleriyle birlikte

İfade	Yazım biçimi	
Parçta / milyar	0,001 ppm	% 0,0000001
Parça / milyon	1 ppm	% 0,0001
	10 ppm	% 0,001
	100 ppm	% 0,01
	1000 ppm	% 0,1
	10000 ppm	% 1

Tablo 16: Partikül konsantrasyonları, ppm ve % cinsinden, alt bölümleriyle birlikte

Not:

Gaz hacminin sıcaklığa ve basınca olan genel bağımlılığı sebebiyle, kütle konsantratinin aşağıdaki amaçlarla kullanırken, okumanın net olması önem arz eder:

- Ölçüm sırasında mevcut gazın basıncı ve sıcaklığı için gerekli olan mevcut değerleri belirtmek için, veya
- Mevcut okumaları standart koşullara çevirmek için; sonraki bölüme bakınız.

Bu çevirme işleminden sonra hacim standart metre küp cinsinden (Nm³ veya m³N şeklinde tanımlanır) ifade edilir.

Standart koşullar: standart gaz hacmi (VN)

Gazın hacmi sıcaklığa ve basıncın ne kadar yüksek olduğuna bağlıdır.

Karşılaştırma yapmak için standart hacim belirlenmiştir:

Gazın sıcaklığı ve basıncı, 273 K'da (0°C'ye tekabül eder) ve 1013 mbar'da (hPa) standart koşullar olarak tanımlanan değerlere aynıysa, o gaz standart hacme sahiptir.

Konsantrasyonun rakamlara çevrilmesi

Okumanın standart koşullara çevrilmesi

Mevcut okumanın (durum 1) standart koşullara (durum 2) çevrilmesi aşağıdaki formüle göre yapılmaktadır:

$$C_2 = C_1 \times \frac{T_1 \times P_2}{T_2 \times P_1}$$

burada, formüldeki değişkenler

Durum 1: Ölçüm durumu	T ₁ : Ölçümdeki gazın sıcaklığı (273 K + mevcut sıcaklık, °C) P ₁ : Ölçümdeki gazın basıncı, hPa C ₁ : Ölçülen konsantrasyon
Durum 2: Standart durum	T ₂ : Standart sıcaklık (= 273 K) P ₂ : Standart basınç (= 1013 hPa) C ₂ : Standart koşullara dönüştürülen konsantrasyon

yukarıdaki anlamları taşımaktadır:

Örnek:

35 °C ve 920 hPa'da 200 mg/m³ dönüşüm sonrası standart koşullarda 248,4 mg/Nm³ olur.

3. Gaz analiz teknolojisi

ppm'in kütle konsantrasyonuna çevrilmesi [mg/Nm³]

ppm (parça / milyon kısaltması), konsantrasyonun, karışım oranı biçimindeki, sıkça kullanılan birimdir; eşit ölçüde sık kullanılan emsal bir kütle konsantrasyonu birimi bulunmaktadır.

[ppm] cinsinden spesifikasyon, aşağıda gösterilen formülün faktörü olarak gazın standart yoğunluğunun kullanılmasıyla ilgili kütle konsantrasyonu [mg/Nm³] birimine çevrilebilir. Oksijen konsantrasyonu bir ölçü olarak kullanıldığında, baca gazının havayla "seyreltimi" (hava fazlasından ve uygun yerlerde hedeflenen hava eklemelerinden veya tesisteki olası sızıntılarla) de

mutlaka dikkate alınmalıdır. Bu sebeple, yapılan okumalar belirli bir oksijen parçasına ("O₂ referansı" adı verilir) çevrilmelidir. Yalnızca aynı oksijen referans değerine sahip spesifikasyonlar direkt olarak karşılaştırılabilirler. Bu sebeple, ilgili oksijen referans değerleri, her zaman, kirletici maddelerle birlikte resmi gerekliliklerde belirtilirler. Ayrıca, gerçek seyreltim ölçümü olan gerçek oksijen parçası da çevrim için gereklidir (formülün paydasında O₂).

CO, NO_x ve SO₂ gazları için çevrim formülü şöyledir:

$$\text{CO (mg/m}^3\text{)} = \left[\frac{21 - \text{O}_2 - \text{referans}}{(21 - \text{O}_2)} \right] \times \text{CO (ppm)} \times 1,25$$

$$\text{SO}_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = \left[\frac{21 - \text{O}_2 - \text{referans}}{(21 - \text{O}_2)} \right] \times \text{SO}_2 \text{ (ppm)} \times 2,86$$

$$\text{NO}_x \text{ (mg/m}^3\text{)} = \left[\frac{21 - \text{O}_2 - \text{referans}}{(21 - \text{O}_2)} \right] \times (\text{NO (ppm)} + \text{NO}_2 \text{ (ppm)}) \times 2,05$$

Not

Formülde kullanılan sayı faktörü (1,25 vs.), ilgili gazın mg/m³ cinsinden standart yoğunluğuna tekabül eder.

Aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Literatürde 2,86 - 2,93 kg/m³'ün standart yoğunluk değerleri SO₂ için belirtilmiştir (SO₂'in ideal ve gerçek gaz davranışı arasındaki fark).
- 2,05 NO₂'nin standart yoğunluğu NO_x için kullanılır, çünkü tek stabil bileşim NO₂'dir (NO, NO₂ oluşturmak için üretim yaptıktan sonra aşırı hızlı bir şekilde oksijen ile bağlanır).
- Faktör 1,52, H₂S için kullanılmalı, formülün geri kalanı aynı kalmalıdır.

Eğer çevrim, oksijen içeriği referans alınmadan yapılacaksa, CO için parantez içindeki ifadeler çıkartılarak formül sadeleştirilir:

$$\text{CO [mg/m}^3\text{]} = \text{CO [ppm]} \times 1,25$$

Bu, diğer gazlar için de analog olarak geçerlidir.

3. Gaz analiz teknolojisi

ppm'in enerji ile ilgili birimlere çevrilmesi

Kirletici madde konsantrasyonunun enerjiyle ilgili iki birim olan g/GJ ve mg/kWh (1 kWh = 3.6 MJ) ile temsil edilmesi için, yakıtla ilgili faktörler (FBr)

ile çevrim yapılması gereklidir. FBr faktörü için aşağıdaki formüle ve Tablo 17'ye bakınız.

ppm'den g/GJ'ye çevrim aşağıdaki formüle göre yapılır:

$$\text{CO (mg/kWh)} = \frac{21}{21 - \text{O}_2 \text{ ölçülen}} \times \text{CO (ppm)} \times \text{FBr} \times 1,25$$

$$\text{NO}_x \text{ (mg/kWh)} = \frac{21}{21 - \text{O}_2 \text{ ölçülen}} \times \text{NO}_x \text{ (ppm)} \times \text{FBr} \times 2,05$$

$$\text{SO}_2 \text{ (mg/kWh)} = \frac{21}{21 - \text{O}_2 \text{ ölçülen}} \times \text{SO}_2 \text{ (ppm)} \times \text{FBr} \times 2,86$$

Akaryakıt EL	0,2434
Ağır akaryakıt	0,2460
Doğalgaz	0,2525
LPG	0,2332
Kok fırın gazı	0,2220

Hava gazı	0,2238
Briket	0,2685
Linyit	0,2661
Taş kömürü	0,2643
Kok, ahşap	0,2633

Tablo 17: Farklı yakıtlar için FBr faktörü

Geçerli faktör 3,6 ppm'den mg/kWh çevrimine eklenmeli, formülün geri kalanı aynı kalmalıdır:

$$\text{CO (mg/kWh)} = \frac{21}{21-\text{O}_2 \text{ ölçülen}} \times \text{CO (ppm)} \times \text{FBr} \times 3,6 \times 1,25$$

$$\text{NO}_x \text{ (mg/kWh)} = \frac{21}{21-\text{O}_2 \text{ ölçülen}} \times \text{NO}_x \text{ (ppm)} \times \text{FBr} \times 3,6 \times 2,05$$

$$\text{SO}_2 \text{ (mg/kWh)} = \frac{21}{21-\text{O}_2 \text{ ölçülen}} \times \text{SO}_2 \text{ (ppm)} \times \text{FBr} \times 3,6 \times 2,86$$

3. Gaz analiz teknolojisi

3.1.2 Örnekleme, gaz şartlandırma

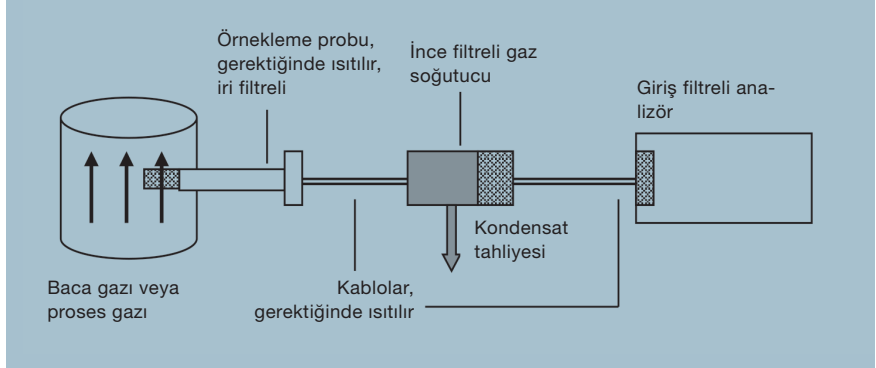
Esktraksiyonlu örnekleme

Gaz analiz yöntemlerinin çoğunda, ölçüm gazı, proses gazının temsili bir kısmı şeklinde özütlenir (ayrıca yerinde yöntemlere kıyasla burada uygulanan ekstraksiyonlu yöntemlerdir), şartlandırılır ve analizöre verilir. Örnek hazırlama olarak da bilinen şartlandırmanın, bir filtre yardımıyla gazın temizlenmesi, ardından gazın sabit bir değere soğutulması, yani kurutulması anlamına geldiği anlaşılmaktadır. Bu ölçüm

şeklinin avantajları aşağıda verilmiştir:

- Hassas analizör teknolojisinin proses akışı sırasında aşırı derecede zorlu koşullardan ayrıştırılması ve korunması
- Şartlandırma prosedürü vasıtasıyla, gaz örneği, uygulanabilir ve sabit (ve dolayısıyla karşılaştırılabilir) bir koşula dönüştürülebilir.
- Tek bir örnekleme ünitesiyle birden çok analizör çalıştırılabilir veya tek bir analizör birçok örnekleme noktasına (aktarmalı anahtar ile) bağlanabilir.

Gaz örnekleme ve şartlandırma



Şekil 9: Gaz örneği ekstraksiyonu ve şartlandırma (şema)

Gazı ekstrakt etmek ve şartlandırmak için kullanılan cihazlar ister tek bir ünite halinde ister bir veya iki kompakt ünite halinde tasarlanabilir. Kısaca fonksiyonları aşağıdaki gibidir:

- Gaz örnekleme işlemi, farklı materyallerden yapılmış ve farklı sıcaklık aralıklarındaki (yaklaşık 1200 °C ve üzeri) ısıtılmış veya ısıtılmamış örnekleme probu ile gerçekleştirilir. İri bir seramik filtre, prob başlığına yerleştirilir; bazı problemlerde (örn. testo çok amaçlı prob) basınç ve sıcaklığı belirleyen ek sensörler bulunmaktadır.
- Prob ve analiz arasında ölçüm amaçlı gaz soğutucu bulunur. Baca ve proses gazları her zaman belli bir miktar su taşırlar; bu su yüksek sıcaklıklarda (çığlaşma noktasının üstünde) su buharı şeklinde, düşük sıcaklıklarda (çığlaşma noktasının altında) ise su damlacıkları şeklinde bulunur.

Her iki durumda da ölçüm sonucu, ölçüm gazı ve suyunun diğer bileşenleri arasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlarla bozulur. Aynı zamanda, oluşan agresif çözelti

ler nedeniyle, mesela SO₂'nin su ile reaksiyona girmesiyle, ölçüm ekipmanı aşındırılabilir ve parçalanabilir.

Ölçüm gazındaki su buharının (nem) büyük bir kısmı, ölçüm gaz soğutucuları ile çıkartılır; bu da ölçüm gazının örneğin 4°C gibi sabit bir sıcaklığa soğutulması, kıyaslama amacıyla sabit sıcaklığı koruyup kalan nem seviyesinin sabit tutulması ile olur. Ortaya çıkan kondensat genellikle peristaltik veya diyafram pompalarıyla dışarı atılır.

- Ölçüm gaz hatları veya hortumları, gazı çığlaşma noktasının üzerinde tutmak için ya ısıtılır ya da ısıtılmaz (kritik olmayan gazlarda veya aşırı yüksek ortam sıcaklıklarında); böylece kondensat oluşumunu önler.
- Üreticisine göre değişmekle birlikte, analizörde bir gaz filtresi bulunabilir; bazı durumlarda bir kondensat separatorü ve dahili bir ısıtıcısı olabilir.

3. Gaz analiz teknolojisi

Gaz analizinde, gazın nem içeriği iki anlamda son derece kritik bir değişkendir:

- Buhar halindeyken baca gazını seyreltilir ve nem oranı dalgalanırsa, seyreltim ve sonrasındaki okumalar da dalgalanır.
- Su halindeyken, gazın belli başlı bileşenleriyle birleşerek bileşimler oluşturur. Bu bileşenlerin konsantrasyonlarını değiştirir; dolayısıyla okumalar da değişir.

İyileştirici önlemler:

- Önemli bir değişken olan nem oranını her zaman ölçün.
- Ölçüm amaçlı bir gaz soğutucu kullanarak nem oranını belirli bir seviyeye getirin ve bu seviye karşılaştırılabilir bir seviye olsun.
- İşlem boyunca bir ısıtma sistemi kullanarak, bileşenler üzerinde veya tüm ölçüm ekipmanlarında kondensat oluşmasını engelleyin.

3.1.3 Çapraz hassasiyet

Tespit sisteminin çapraz hassasiyette olması, spesifik ayrışmasının sınırlı olmasından kaynaklanır. Tespit sistemi çoğunlukla yalnızca ölçüm yapılan bileşene karşı değil, aynı zamanda ölçüm gazında belli bir miktara kadar bulunan diğer (ilgili) bileşenlere karşı da hassastır. Bu bileşenlerin konsantrasyonlarındaki değişiklikler, gerçekte ölçülen bileşenin okunmasını etkiler; dolayısıyla yapılan okumanın cihaz içinde veya geriye dönük olarak düzeltilmesi gerekmektedir. Buraya kadar ilgili tüm bileşenlerin ölçülmüş olması gerekmektedir. Çapraz hassasiyet, ölçüm gazının ilgili bileşeninin, analiz edilen bileşenin okunması üzerindeki etkisi (artan veya düşen oranda) ile ifade edilir. Çapraz hassasiyetin kapsamı tespit sisteminin türüne göre (örn.: cihaza özel ise) ve ilgili bileşenlerin konsantrasyonuna göre değişmektedir. testo 350 cihaz için Tablo 18'e bakınız.

Çapraz hassasiyetler

Bu tablo muhtemelen kullanılmamış olan yeni sensörler için ve ppm aralığındaki (1000 ppm'den az) çapraz gaz konsantrasyonları için geçerlidir. "0" değeri: <%1 çapraz hassasiyet.

Hedef gaz	Çapraz gaz									
	CO	NO	SO ₂	NO ₂	H ₂ S	H ₂	Cl ₂	HCl	HCN	CO ₂
O ₂	0	0	0 ⁸	0	0	0	0	0 ⁸	0	see ⁹
CO(H ₂)	-	0 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	0	0 ¹⁰	0	0	0	0
CO(H ₂) _{low}	-	0 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	0	0 ¹⁰	0	0	0	0
NO	0	-	0 ⁵ (r) ⁶	%6 ⁷	0	0	0	0	0	0
NO _{low}	0	-	0 ⁵	<%5 ⁷	0	0	0	0	0	0
NO ₂	0	0	<-%2	-	-%20 ⁷	0	%100	0	0	0
SO ₂	<%5 ⁷	0	-	-%110 ⁷	0 ⁵	<%3	%-80	0 ⁵	%30	0
SO _{low}	<%5 ⁷	0	-	-%110 ⁷	0 ⁵	<%3	%-80	0 ⁵	%30	0
C _x H _y	%35 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	0 ⁵	0	%130 ¹¹	veri yok	veri yok	veri yok	0
H ₂ S	<%2 ⁷	<%15 ⁷	<%20 ⁷	-%20 ⁷	-	0	<%10	0	0	0

⁵ Doymamış filtre ile.

⁶ w = değiştirilebilir filtre

⁷ Cihazdaki çapraz gaz da ölçülürse dengelenir (örn.; cihazda ilgili sensörler varsa).

⁸ 1000 ppm' kadar etkisiz; çapraz konsantrasyon için in the %-aralığı % 0,3 O₂ / %1 SO₂ / HCl.

⁹ %0,3 O₂ / % 1 CO₂; dengelenir

¹⁰ H₂ dengeleme sonrası

¹¹ CO(H₂) sensörü yardımıyla H₂'nin belirtilmesiyle dengelenir .

Tablo 18: testo 350 analizöründeki çapraz hassasiyetler

- Herhangi bir pozitif etki işareti (okumada artış) yoktur.
- “-” işareti, negatif etki (okumada azalma) anlamına gelir.
- CO₂ ve NH₃ ile doymuş hidrokarbonlar, çapraz hassasiyet oluşturmazlar.

İlgili bileşenlerin etkileri hakkında bilgi:

- Doymamış hidrokarbonların yüksek konsantrasyonları, sıfır sapmayla ve özellikle CO ve NO ölçüm hücreleri için cevap yoğunluğunun artmasıyla sonuçlanabilir.
- HCN, HCl veya florürler gibi agresif gazların yüksek konsantrasyonları örnek hatlarına veya hücre yuvasına saldıracaktır.

3. Gaz analiz teknolojisi

3.1.4 Kalibrasyon, ayarlama

Kalibrasyon

DIN 1319, Kısım 1 uyarınca, ölçüm teknolojisindeki kalibrasyon, cihaz hazır ve çalışır konumdayken, cihazdaki mevcut sapmaları belirleme ve kaydetme prosesi olarak kabul edilmektedir. Ölçüm cihazlarının ekranlarında, ekranda gösterilen ile parametrenin gerçek değeri ya da gerçek kabul edilen değer arasındaki uyumsuzluk, faktörler veya fonksiyonlar kullanılarak belirlenir ve kaydedilir. Ayarlamamanın aksine, kalibrasyon, ölçüm cihazında herhangi bir değişiklik yapılmasını gerektirmez.

Kalibrasyon, emisyon takibinde kalite güvence açısından son derece önemli bir unsurdur. Kalibrasyon için, bileşimlerinin belirli marjlarda olduğu kesin olarak bilinen referans materyaller kullanılır. Gaz analizi için kalibrasyon gazları (test gazları adı da verilir) kullanılır.

Ayarlama

DIN 1319, Kısım 1 uyarınca, ölçüm teknolojisindeki ayarlama, bir ölçüm cihazının, ölçüm hatasını mümkün olan en az seviyeye indirmek amacıyla ayarlanması olarak kabul edilir. Bu

proseste cihazda değişiklikler yapılır.

Resmi Kalibrasyon

Bir ölçüm cihazının Resmi Kalibrasyonu, kalibrasyona oldukça benzerdir; ancak bu işlem yalnızca resmi kurumlarca yürütülebilir. Resmi Kalibrasyon, uygun etiketlere sahip, resmi bir kalite denetimine verilen, yasal çerçevesi belli olan bir terimdir.

Test gazı

Bileşimi yüksek oranda bilinen bir gazdır ve sertifikalıdır. Test gazları, gaz analizörünü kalibre etmek için kullanılır.

Sıfır gaz

Test gazı, bir gaz analizörünün sıfır noktasına ayarlanması için kullanılır. Analiz edilen bileşenleri içermemelidir (analiz edilen bileşeni olmayan proses gazı veya örn. nitrojen).

İlgili gaz

Analiz edilecek bileşeni olmayan ölçüm gazı.

3.2 Gaz analizörleri

3.2.1 Terminoloji ve kullanım

Proses analizi

Proses analizi, laboratuvar analizinden farklı olarak, bir tesiste proses ortamındaki kimyasal bileşenlerin fiziksel veya kimyasal özellikleri ile konsantrasyonlarını belirlemek için kullanılan sürekli ölçüm prosesleridir.

En yaygın proses analizi uygulamaları kimyasal ve petrokimyasal endüstriler, elektrik üretim tesisleri, metal ve madencilik, gıda ve lüks gıdalar, kağıt ve kağıt hamuru, metalik olmayan madenler gibi endüstrilerin yanı sıra motor üretimi ile araştırma ve geliştirme alanlarında görülmektedir. Gazlı proses ortamında (örn. yanma gazları, proses gazları, baca gazları ve hava), bu işleme proses gaz analizi adı verilir.

Sürekli örnekleme ölçüm noktaları ve ölçüm cihazları (gaz analizörleri), bazı durumlarda son derece zorlu çalışma koşullarına sahip tesislere dağıtılmıştır (kazanda, bacada, çimento fırınında,

elektrostatik filtrenin yukarı akışında, distilasyon kulesinde vs.). Bunun, laboratuvar analizlerinden farkı açıktır. Laboratuvar analizlerde, bir proses yardımıyla ayrık örnekler alınır ve kontrollü ve sabit laboratuvar koşullarında merkezi bir laboratuvarda incelenir.

Ölçüm sonuçları aşağıdaki amaçlarla kullanılır:

- Örn. ölçüm eklentileri ve optimizasyon prosesleri için prosesi kontrol etmek
- Tesiste güvenliği sağlamak için patlayıcı gaz karışımlarını kontrol etmek,
- Ürün kalitesini sağlamak için prosesleri ve ürün spesifikasyonlarını takip etmek; ve
- Çevreyi korumak için, kirlenici maddeler için izin verilen emisyon limitlerine uygunluk açısından baca gazlarını takip etmek.

3. Gaz analiz teknolojisi

Analizörler

Her analizörün ana elementi, maddeye özgü sensörler veya sensör sistemin-den yapılmıştır. İşlevleri, absorpsiyon, adsorpsiyon, iletim, iyonizasyon, ısı etkisi veya paramanyetik ya da elektromanyetik etki gibi fiziksel veya kimyasal ilkelere dayanmaktadır. Sensörler, özelliklerindeki değişikliklerle birlikte (örn. ışık absorpsiyonunda artış veya iletkenlikte düşüş) ölçüm parametresindeki değişikliğe reaksiyon verir ve bir ölçüm sinyali alınır.

Tasarım açısından aşağıdaki ayrımlar yapılmıştır:

- Farklı lokasyonlarda kısa süreli ölçümler yapmak için mobil, hafif ve taşınabilir analizörler
- Aylar veya yıllar süren uzun süreli ölçümler için tesise kalıcı olarak kurulan sabit analizörler
- Proses akışında direkt olarak ölçüm yapan analizörler (“saha” cihazları)
- Proses akışı için ekstrakt edilen ve hazırlanan örneğin ölçüm için getirildiği analizörler (“ekstraktif” cihazlar).

Yakın tarihli gelişmeler sayesinde, sabit ve sürekli ölçümlerin mobilitesini ve uygunluğunu birleştiren ekipmanlar da mevcuttur. testo 350 analizörü buna bir örnektir. Bu cihaz hem kolayca taşınabilir hem de birkaç hafta süren uzun süreli ölçümler için uygundur ve onaylıdır.

Uygulama alanları

Proses gaz analizörlerinin başlıca üç uygulama alanı bulunmaktadır:

1. Çalışma maliyetlerini azaltmak, tesisleri korumak ve kirlenici madde emisyonlarını en aza indirmek (yanma optimizasyonu) amacıyla yanma proseslerini optimize etmek
2. Belli oranda ürün kalitesi oluşturmak ve korumak için (proses kontrolü) bir üretim süreci içinde belli bir gaz bileşimini oluşturmak ve takip etmek

3. Yasal olarak izin verilen kirlenici madde konsantrasyonlarıyla uyum açısından (emisyon kontrolü) baca gazı temizleme

tesislerinin işlevlerini takip etmek ve atmosfere salınan baca gazlarını izlemek

Tablo 19 bu üç uygulama alanının örneklerini ve tipik uygulama alanları referans alınarak metrolojik hedeflerini göstermektedir.

Gaz analizinin uygulama alanları ve hedefleri			
	1	2	3
	Yanma sisteminin optimize edilmesi	Tanımlı gaz atmosferi bileşiminin takip edilmesi	Gaz temizleme tesislerinin işlevini kontrol etme ve baca gazlarının gazlı kirlenici madde açısından takibi
	Çalışma maliyetlerini ve kirlenici madde emisyonlarını en aza indirme	Tanımlanmış ürün kalitesi oluşturmak ve sağlamak	Yasal gerekliliklere uyum
	Yanma optimizasyonu	Proses kontrolü	Emisyon kontrolü
Uygulamalar			
Metalik olmayan madenler/cam	X	X	X
Metal üretimi	X		X
Metal işleme	X	X	X
Isı üretimi	X		X
Atık bertarafı	X		X
Araştırma ve geliştirme	X	X	X
Kimyasal/ petrokimyasal endüstri	X		X

Tablo 19: Gaz analizinin uygulama alanları ve hedefleri

3. Gaz analiz teknolojisi

Sensörler

Sensörler terimi genellikle, fiziksel veya kimyasal miktarlar hakkında bilgi sunan her türlü cihaza verilen genel bir addır.

Sensör gerçek bir hissetme ögesi (temel sensör de denir) ve bir vericiden oluşur. Hissetme ögesinde, ölçülecek olan değışkene göre değışen, mesela sıcaklık gibi ve iletkenlik gibi bir özellik olmalıdır. Sensörün bu “reaksiyonu”, verici vasıtasıyla (genellikle amplifikatör) elektrikli bir ölçüm sinyaline dönüştürülür.

Sensörlerin ana grupları aşağıdaki gibidir:

- Sıcaklık belirleme sensörleri
- Basınç belirleme sensörleri
- Akış hızı belirleme sensörleri
- Madde konsantrasyonları ve özelliklerini belirleme sensörleri (analiz teknolojisi)

Gazlardaki bileşenleri belirlemek için sıkça kullanılan sensörlerden bazıları Tablo 20’de gösterilmiştir.

Sensör türü/ölçüm ilkesi	Ölçülen etki
Yarı iletken sensörler	İletkenlikte değışim
Katı halde elektrolit sensörler Sıvı halde elektrolit sensörler	Kimyasal reaksiyon enerjisi ile elektrik enerjisi arasındaki etkileşim
Optik sensörler	Optik özelliklerdeki değışim
Kalorimetrik sensörler	Gazlarla etkileşim sonrası reaksiyon ısısı
Fotometrik sensörler (cihazlar)	Örneğin kızılötesi (NDIR) veya ultraviyole (UV) radyasyonun absorpsiyonu
Paramanyetik sensörler (cihazlar)	Oksijenin paramanyetik özellikleri
Kemilüminesans sensörler (cihazlar)	Lüminesans radyasyon oluşumuyla kimyasa reaksiyon meydana gelmesi

Tablo 20: Sık rastlanan sensör türleri (seçki)

Not: Analiz teknolojisinde sensör terimi çoğunlukla, yalnızca boyut olarak oldukça küçük olan hissetme ögeleri için kullanılırken, büyük sensörlere “analizörler” adı verilir.

Portatif cihazlar

Proses endüstrisinde taşınabilir analizörlerden beklenenler, cihaz üreticisi için büyük bir zorluk oluşturur. Genelde aşırı derecede zorlu olan ölçüm ortamı ve gerekli ölçüm doğruluğu ve güvenilirliği seviyesi, cihazın küçük boyutları ve düşük ağırlığıyla birleşince, birkaç sene önce mümkün olmayan bir gereklilik profili oluşturmaktadır. testo 350'nin ve önceki modellerin tasarımı bu anlamda yeni standartlar oluşturmuştur. Bu standartlar cihazların resmi onay almasıyla etkili biçimde kanıtlanmıştır.

testo 350, kendine has özellikleri sayesinde (ölçüm gazı soğutucusu, otomatik kalibrasyon vs.) belirli bir süre boyunca sabit kurulumlarda da kullanılabilen, taşınabilir bir ekstraktif cihazdır. Bu sayede, yeni bir uygulama alanı açılmıştır ve bu cihazlar kullanıcıya birçok görevi yerine getirmek için son derece etkin maliyetli çözümler sunmaktadır. İdeal olarak, ağırlıkları, alan ihtiyaçları ve güç tüketimleri bakımından taşınabilir cihazlara en çok uyan elektrokimyasal gaz sensörleri kullanılmaktadır. Ancak bu sensörlerin işlevsel prensibi gereğince, uygun sensör ortamını hazırlarken cihazın doğruluğu, güvenilirliği, çalışma ömrü ve çalışabilirliğinin sağlanması için belli bir uzmanlık seviyesine ihtiyaç duyulur.

3. Gaz analiz teknolojisi

3.2.2 Gaz konsantrasyonlarının belirlenmesi için ölçüm ilkeleri (seçki)

Gaz karışımlarındaki farklı gaz konsantrasyonlarını belirlemek için bir dizi ölçüm ilkesi kullanılmaktadır.

Tablo 21, Testo'nun kullandığı ilkeleri referans alan genel bir özet sunmaktadır.

Elektrokimyasal sensörler (potansiyometrik titrasyon)

Oksijen ve CO, SO₂ veya NO_x gibi tehlikeli gaz bileşenlerini belirlemeye uygun elektrokimyasal sensörler, iyon-seçici potansiyometri ilkelerine göre çalışmaktadır. Bu sensörler, ölçüm görevlerini yerine getirmeleri

Ölçüm ilkesi	Analiz edilen bileşenler						
	SO ₂	CO	CO ₂	NO _x	H ₂ S	O ₂	HC
Kondüktometri	•	•					
NDIR	•	•	X	•			•
NDUV	•			•			
Paramanyetik yöntem						•	
Kemilüminesans				•			
Isı etkisi		•					X
Alev iyonizasyonu							•
Potansiyometrik titrasyon	X	X		X	X	X	
Katı halde elektrolit						X	

• uygun ölçüm ilkeleri X Testo tarafından kullanılan HC hidrokarbonları

Tablo 21: Ölçülen bileşenler ve bunları doğrulamak için uygun ölçüm ilkeleri

için, sulu elektrolit çözeltisi ile doludur. Yine aynı şekilde göreve uygun iki veya üç elektrot, çözüme yerleştirilir; üstlerine elektrikli alan uygulanır. Dışarıda ise, sensörler gaz geçirgenli membranlar ile kapatılır. Şekil 10 ve 11'e bakın. Sensörlerin özel tasarımı ve fonksiyonu, aşağıdaki iki örnekte de gösterildiği üzere, ölçülecek olan gaz bileşenine göre değişir.

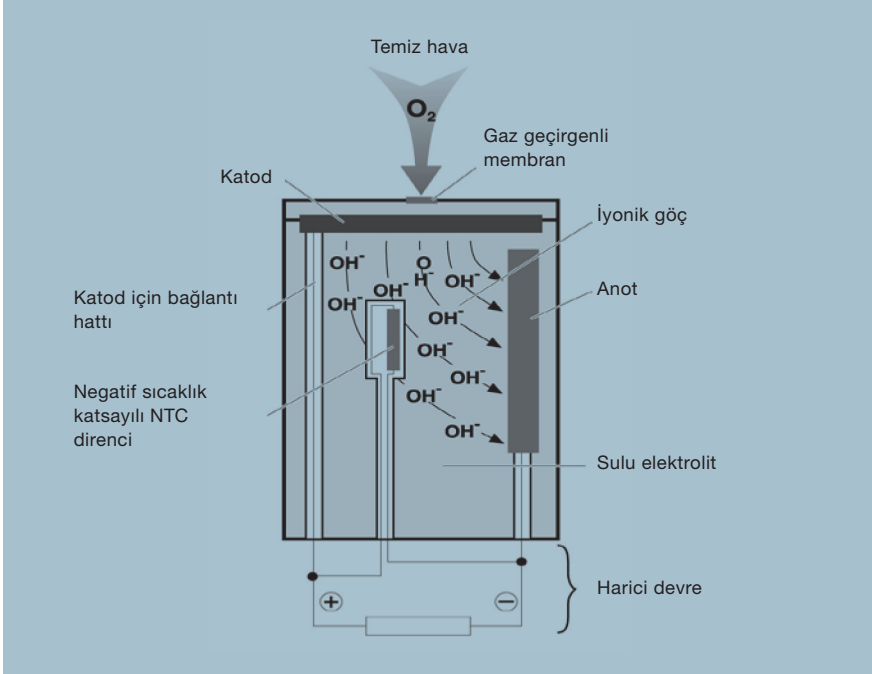
Örnek 1: Oksijen sensörü (iki elektrotlu sensör)

İçinde bulunan baca gazı ve oksijen molekülleri, gaz geçirgenli membrandan katoda geçer. Materyal bileşimi sayesinde, katoda kimyasal reaksiyon meydana gelir ve OH iyonları oluşur (iyonlar yüklü partiküllerdir). Bu iyonlar sıvı elektrot yardımıyla anoda göç ederler ve O₂ konsantrasyonu ile orantılı akım debisi oluştururlar. Devrede bulunan rezistör nedeniyle düşen voltaj, ölçüm sinyali olarak algılanır ve sonraki

elektronik işlemlerde kullanılır.

Sıcaklık etkisini kompanse etmek için negatif sıcaklık katsayılı (NTC) yerleşik rezistör kullanılır ve sensör performansının termal açıdan stabil olması sağlanır.

Bu tür bir oksijen sensörünün çalışma ömrü yaklaşık 3 yıldır.



Şekil 10: Oksijen sensörü (şema)

3. Gaz analiz teknolojisi

Oksijen sensörünün kimyasal denklemleri:

Katotta:



Anotta:



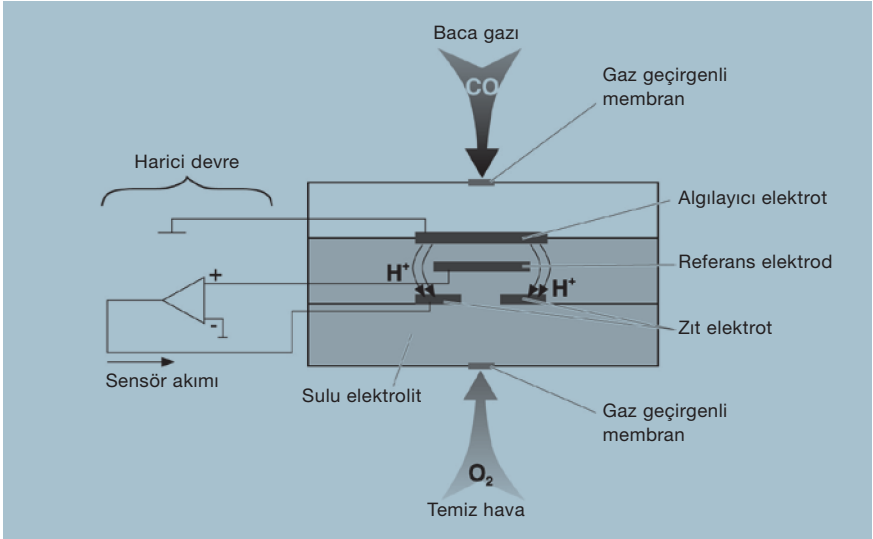
Genel:



Örnek 2: CO, SO₂ ve NO_x sensörleri (üç elektrotlu sensör)

CO, SO₂ veya NO_x gibi gaz bileşenlerini belirlemek için üç elektrotlu sensörler kullanılır. Buradaki işlevi CO sensörü kullanılarak açıklanır. Kimyasal denklemlere bakıldığında diğer bileşenlere aktarım olduğu açıktır.

Karbonmonoksit (CO) molekülleri gaz geçirgenli membrandan algılayıcı elektrota geçerler. Burada kimyasal reaksiyon sonucu H⁺ iyonları oluşur. Elektrikli alanda, bu iyonlar zıt elektrota göç ederler. Harici devrede, tedarik edilen temiz havadaki oksijen (O₂) nedeniyle oluşan ilave kimyasal reaksiyonlar sonucunda bir akım debisi oluşur. Üçüncü elektrot (referans elektrot) sensör sinyalini stabilize etmek için kullanılır. Bu tür bir sensörün çalışma ömrü yaklaşık 2 yıldır.

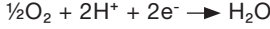


Şekil 11: CO ve diğer gazlar için sensörler (şema)

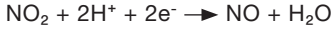
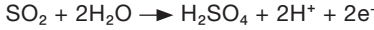
CO Anotu kimyasal denklemleri:



Katod:



Diğer kimyasal denklemler



Kızılötesi absorpsiyon (IR yöntemi)

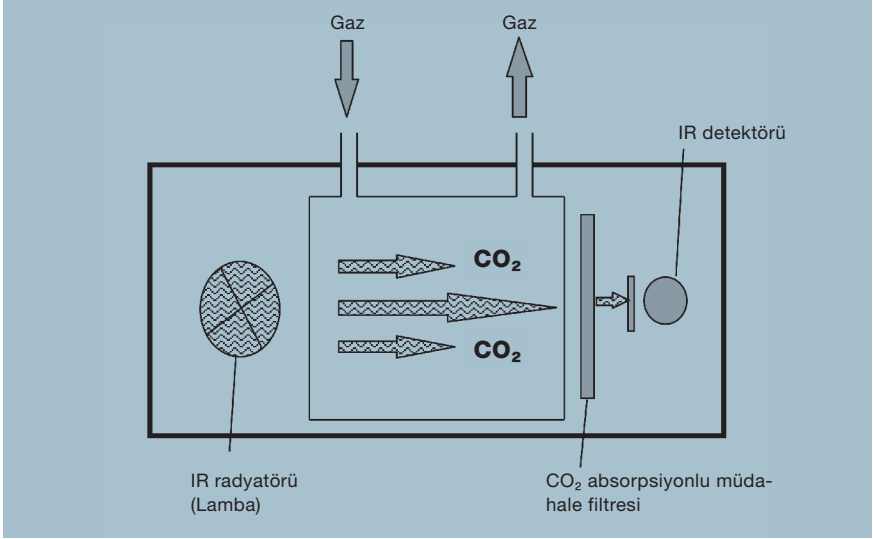
Kızılötesi radyasyon, her bileşene uygun dalgaboyunda (dalgaboyu aralığı birkaç μm) CO, CO₂, SO₂ veya NO gibi gazlarla absorbe edilir. Gaz hacmi geçişini yaparken, belirli bir kızılötesi radyasyon aralığında zayıflama olması, geçiş yapan ölçüm gazındaki gaz bileşenleri konsantrasyonlarının bir ölçümüdür. Bir bileşeni seçmenin iki yöntemi vardır:

Dağıtıcı yöntemde, radyasyon, gaz hacminden geçmeden önce, prizmalara veya ızgaralarla spektral olarak dağıtılır; sonra yalnızca analiz edilecek bileşenle benzer dalgaboyundaki radyasyon gaz hacmi boyunca iletilir (ölçüm odası). Bu ilke çoğunlukla laboratuvar ekipmanlarında kullanılır. Dağıtıcı olmayan yöntemlerde (NDIR yöntemi), önceki spektral dağıtım hazırlanır. Döner diyafram tekerleği gibi bir modülasyon sonrasında, geniş bant radyasyonu ölçüm odasından geçer.

Burada absorpsiyonu belirlemek için iki yöntem oluşur:

- Analiz edilecek bileşenle dolu detektör, ölçüm odasından geçenken ardında bıraktığı artık radyasyonu ölçer; gerektiğinde azaltılmamış radyasyon ile karşılaştırır. Bir membran kapasitörü ya da mikro-akışlı sensör vasıtasıyla, işlem onucu oluşan basınç dalgalanmaları (absorpsiyon nedeniyle gaz hacminin değişken şekillerde ısıtılması sonucu oluşur) saptanır ve elektrik sinyaline dönüştürülür.
- Alternatif olarak, radyasyon, absorpsiyon bölümünden geçer ve son rasında bir arayüz filtresiyle, örneğin CO₂ için gerekli dalgaboyu aralığına kısıtlanır ve IR radyasyon detektörü ile tespit edilir. Gaz konsantrasyonları arttıkça, daha fazla radyasyon absorbe edilir (emilir) ve detektör sinyali buna uygun şekilde azalır.

3. Gaz analiz teknolojisi



Şekil 12: CO₂ ölçümü için NDIR sensörü (kompakt tasarım)

Ultraviyole absorpsiyon (UV yöntemi)

Ultraviyole radyasyon SO₂ veya NO gibi belirli gaz bileşenleriyle absorbe edilir. UV yöntemi, bu nedenle, NDIR yöntemi ile rekabet halindedir ve su buharına çapraz hassasiyet göstermediği için avantajlı konumdadır. Ancak NDIR yöntemine kıyasla ışık kaynakları daha pahalıdır. UV yöntemi ise yalnızca özel uygulamalar için kullanılır.

Kemilüminesans yöntemi (CLD yöntemi)

NO'nun hassas tespiti için özel olarak geliştirilen bu yöntem, karakteristik radyasyonu (kemilüminesans), ozon (O₃) ile reaksiyon sırasında yaymak için NO'in özelliklerini kullanır. Bu radyasyonun yoğunluğu, NO kütle konsantrasyonuna orantılıdır. CLD cihazları, örn. motorlu egzoz gazlarında düşük NO konsantrasyonlarının seçici bir şekilde belirlemek amaçlı özel cihazlardır. Bir ozon jeneratörü, bir zenginleştirici, bir reaksiyon odası ve bir adet foto-çoklayıcı detektörden oluşur.

Paramanyetik yöntem

Oksijen güçlü oranda paramanyetik olan tek gaz çeşididir; yani oksijen molekülleri manyetik alandan yüksek oranda etkilenir. Bu etki oksijen konsantrasyonunu belirlemek için kullanılır. Modern cihazlarda başlıca iki farklı tasarıma sahiptir:

Dambıl tipi analizörlerde, iki adet nitrojen dolgulu cam küreli bir dambıl, ölçüm odasındaki döner süspansiyona yerleştirilir; bu oda homojen olmayan bir manyetik alana konur. Ölçüm gazında oksijen bulunduğunda, O₂ molekülleri manyetik alana çekilir ve dambılda hareket etme kuvveti oluşur. Bu kuvvet karşıt yönde hareket eden bir yay vasıtasıyla dengelenir. Bu da kullanılabilir bir ölçüm parametresi oluşturur.

Farklı manyetik özelliklere sahip iki gaz arasında, bu gazların arayüzlerinin manyetik alana maruz kalmasıyla, bir basınç oluşur. Fark basınç analizörleri bu etkiyi kullanırlar. Bu basınç özelliği, nitrojen gibi oksijensiz bir referans gazla etkileşime geçen ölçüm gazındaki oksijen miktarını belirlemek için kullanılır. Sonuçta ortaya çıkan basınç farkı, akış sensörüyle tespit edilen ve ölçüm sinyaline dönüştürülen bir gaz akışı meydana getirir.

Termal iletkenlik

Termal iletkenlik analizörleri (standart termal iletkenlik detektörleri), ölçüm gazı ile referans gazın farklı termal iletkenlik değerlerini kullanırlar. Lifli ölçüm köprüsü hem ölçüm gazıyla hem de referans gazla, ölçüm görevine uygun termal iletkenlik dahilinde, bölümler halinde yıkanır. Liflerin farklı renkte olması sonucu köprünün akordu bozulur, bu da ölçülen etki şeklinde kullanılır.

Isı etkisi

Bu ölçüm ilkesi, ölçüm gazındaki yanıcı maddelerin yanma ısısını temel alır. Bunlar elektrikli ön ısıtılmalı gövde (tel veya boncuk) üzerinde katalitik olarak dönüştürülür ve yandıkça elektrik direncini değiştirir ve gövdenin sıcaklığını artırır. Bu ölçüm ilkesi, yalnızca ölçüm gazında yanmaya yetecek kadar oksijen olması durumunda işe yarayacaktır.

Dirençteki değişiklik ölçüm gazındaki (tüm!) yanıcı maddelerin içeriğinin bir ölçümüdür. Bunların başlıcaları hidrokarbonlar (kısaltması HC, ayrıca CXHY de denir) ve aynı zamanda CO veya H₂'dir. Bu nedenle bu bileşenler arasında çapraz hassasiyetler oluşur. Ölçüm yaparken veya okumaları değerlendirirken bu hassasiyetlerin

3. Gaz analiz teknolojisi

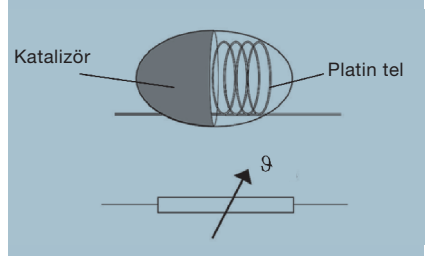
mutlaka dikkate alınması gerekmektedir.

Örnek:

Hidrokarbon metan okuması % 0,27 hacim/% 1 hacim CO oranlarında bulunan CO nedeniyle artar . Hidrojen için takriben %1 hacim H₂ başına %1,5 hacim artış olur.

Ayrıca, su buharına karşı çapraz hassasiyet söz konusudur.

Testo'nun hidrokarbonları tespit etmek için bazı cihazlarında kullandığı modül bu ilkeye dayanır. Şekil 13, bu yapıyı şema halinde göstermektedir. Akım, platin tel boyunca akar, teli ve katalitik maddeyi yakl. 500 °C'ye kadar ısıtır. Ölçüm gazındaki yanıcı maddeler yüzeyde yakılır (yeterli oranda oksijen olduğu müddetçe); bu da katalizör ile patin telin sıcaklığını artırır. Bunun sonucunda telin elektrik direnci değişir ve "wheatstone köprüsü devresi"nde bir ölçüm sinyali oluşturur.



Şekil 13: Isı etkisi ilkesine göre sensör

Testo HC modülünü kullanmak, ölçüm gazında bulunan H₂S, silikonlar veya sülfüröz hidrokarbonlar gibi maddeler nedeniyle, çapraz hassasiyeti ve olası işlev bozukluğu sebebiyle özel ilgi gerektirir. Daha fazla bilgi için cihazın kullanma kılavuzuna bakın.

Alev iyonizasyon detektörü (FID)

Ölçüm gazında bulunan organik karbon bileşimleri aleve (genelde hidrojen/helyum) konur, burada yanar ve iyonize olurlar. Meydana gelen iyonlar iyon akışı şeklinde ölçülür. İlk yakınlaştırmada prosesteki organik karbon atomlarına orantılı olur. Yanıt faktörlerinin uygulanmasıyla, prosesin, farklı organik bileşimlere olan, değişen seviyelerdeki hassasiyeti dikkate alınır.

Katı halde elektrolit sensörü

Zorlu çalışma koşullarında farklı fakat sık rastlanılan oksijen ölçüm ilkesi, katkılı zirkonyum dioksit seramiklerinden yapılmış katı halde bir elektrolitten yararlanmaktadır. Bu seramiklerin zit yüzeylerinde elektron iletkenli katmanlar, elektrotlar şeklinde bekletilirler. Spesifik bir özellik olarak, bu katı elektrot, kristal örgülerinin içinde oksijen boşlukları barındırır; bu boşluklar oksijen iyonlarının yüksek derecelerdeki iletkenliğini kolaylaştırır. Ölçülecek olan proses gazındaki oksijen (O_2) molekülleri, elektrot materyaline temas ettiğinde oksijen iyonlarına dönüşür. Yeterince yüksek elektrolit sıcaklığında ($>500^\circ C$), bunlar elektrot vasıtasıyla bir akım meydana getirirler. Oksijen

konsantrasyonu her iki tarafta da eşitse, etkiler ortadan kaldırılır ve farklı konsantrasyonlarda kullanılabilir bir elektrik sinyali oluşturulur. Bir tarafta O_2 konsantrasyonu bilinen bir referans gaz varsa, ölçüm gazındaki O_2 içeriği bu sinyal vasıtasıyla belirlenebilir.

Bu ilkeye göre çalışan cihazlar “zirkonyum oksit problemleri” veya “oksijen problemleri” olarak bilinmektedir. Genellikle direkt olarak sıcak baca gazı için (saha ilkesi) kurulurlar ve gazı asıl halindeyken (nem oranı dahilken) ölçerler. Ancak nem oranının, diğer gaz bileşenleri üzerinde seyreltici etkisi bulunduğundan, bu problemlerin O_2 okumaları, kullanılan yöntemden bağımsız olarak, aynı baca gazında ama daha düşük gaz sıcaklıklarında (örn. daha kuru baca gazı) ölçülen O_2 okumalarına kıyasla, genellikle daha düşüktür.

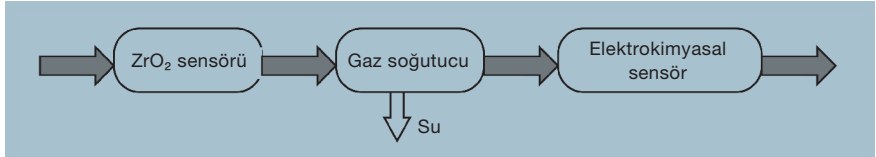
3. Gaz analiz teknolojisi

Zirkonyum problemlerindeki oksijen okumaları, farklı yöntemler kullanılarak aynı gaz ile elde edilen oranlardan çoğunlukla daha düşüktür, ancak her iki değer de doğrudur. Aradaki farkın sebebi, ölçüm sırasında gazda oluşan farklı seyrelme seviyeleridir (sıcaklıklar). Aynı gaz sıcaklıkları (eşit seyreltim) referans alındığında, değerler eşit olacaktır.

Testo, baca gazındaki nem seviyesini belirlemek için bazı analizörlerinde bu etkiyi kullanır:

- ZrO_2 sensörü vasıtasıyla nemli baca gazındaki oksijenin ölçülmesi
- Baca gazının gaz soğutucusunda soğutulması ve kurutulması
- Elektrokimyasal sensör yardımıyla kuru baca gazındaki oksijenin ölçülmesi

Baca gazının asıl nem içeriği, iki okuma arasındaki fark ve soğutucunun sıcaklığından hesaplanabilir.



Şekil 14: Baca gazında nem ölçümünün oluşturulması

4. Uygulama örnekleri

İlk yorum

• Aşağıda anlatılan gaz analiz uygulamaları örnek olarak ele alınmalıdır. Buradaki amaç, en kısa haliyle, birçok farklı prosesi ve yöntemi ve bunlarla ilgili gaz analiz uygulaması opsiyonlarını (nedenler, faydalar) göstermektir. İlgili tesisler ve yöntemler şematik olarak gösterilebilir ve kısaca anlatılabilir. Gerçekte, farklı proses çeşitliliği, tesis müteahhitleri, yerel koşullar ve işleyen firmanın yerel koşulları dikkate alındığında, her durumda buralarda sapmalar meydana gelebilir. Aynı durum gösterilen ölçüm noktası konularında da geçerlidir.

• Ayrıca, tipik konsantrasyon aralıklarına göre analiz edilen bileşenler,

Almanya'da geçerli olan düzenlemelere uygun olarak belirli sınır değerlerle birlikte listelenmiştir. Bu örnekler yalnızca rehber amaçlıdır. Her zaman bileşenlerin tamamı ölçülemese de, bu örnekler Testo gaz analizörleri ile elde edilen pratik deneyimlere dayanır. Sonuç olarak, okuma ve ölçüm aralığı bilgisi, bazı örneklerde eksiktir; birkaç durumda ise tamamen vazgeçilmiştir.

• Pratik uygulamalarda, her zaman gerçek durum referans alınmalıdır.

4. Uygulama örnekleri

4.1 Güç üretimi

4.1.1 Katı yakıtlı ateşleme sistemleri

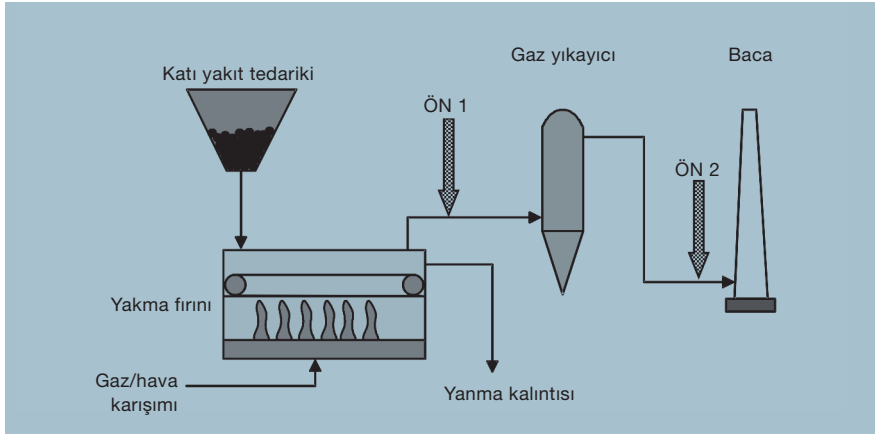
Katı yakıtlı ateşleme sistemleri, taş kömürü, linyit ve ahşap gibi katı yakıtları yakarak ısı üreten tesislerdir. Genellikle yakıtlar büyük oranda parçalanır, hatta kömür toz haline gelene kadar ezilir ve yanma odasına aktarılır. Burada ya sabit yatak ya akışkan yatak ya da sıkıştırılmış toz bulutunda yakılır. Yanma havası, bazen toz kömürle karıştırılarak, güçlü fanlarla

tedarik edilir. Kirlenici madde konsantrasyonu açısından, baca gazlarının TI Hava düzenlemelerine uygun olması gerekmekte; termal çıkışı 50 MW üzerinde olan tesislerin, 13. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BImSchV)'nin düzenlemelerini karşılaması gerekmektedir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Tesisin optimum ayarı
- Enerji dengesinin kurulması
- Baca gazında limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 15: Katı yakıtlı yanma sistemi için ölçüm noktalı proses akış şeması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Optimum brülör ayarı (yakıt tasarrufu, ekonomik verimlilik), CO ceplerinin belirlenmesi ve operasyonel güvenirliliğin sağlanması için kazan çıkışında ÖN 1
- Limit değerlere uyumun takip edilmesi için bacadaki temiz gazda ÖN 2

Ölçüm parametresi	Tipik değerler	Limit değerler
	ÖN 1	ÖN 2
CO	150 ila 170 mg/m ³	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
NO		
NO ₂		
NO _x (NO ₂ olarak)	650 ila 750 mg/m ³	
SO ₂	25 ila 35 mg/m ³	
O ₂	%7	
Gaz sıcaklığı	250 °C	

Tablo 22: Katı yakıtlı yanma sistemi için tipik değerler ve limit değerler

Bu uygulamaya ilişkin bilgi:

1. Baca gazında yüksek konsantrasyonlarda is bulunabilir.
2. Tamamen yanma durumunda, CO konsantrasyonlarında önemli oranda dalgalanmalar oluşur.
3. Yakıta bağlı olarak, SO₂ içeriği önemli oranda değişir: HCl ve HF bulunabilir.

4. Uygulama örnekleri

4.1.2 Gaz ateşlemeli kurulumlar

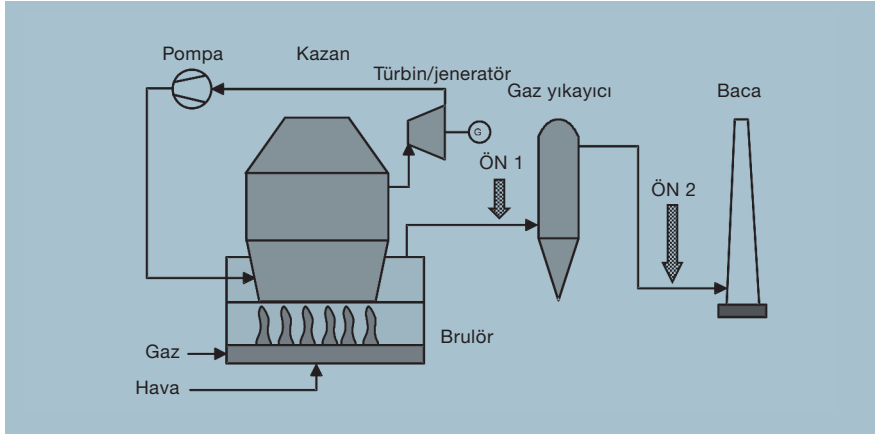
Gaz ateşlemeli kurulumlar doğalgaz, endüstriyel gaz, yüksek fırın gazı gibi gazlı yakıtların yakılmasıyla ısı üreten tesislerdir. Küçük ölçekli tesislerde yakıt ve hava, gaz üfleyicileriyle tedarik edilirken büyük tesislerde yüksek basınçlı brülörlerle tedarik edilir. Kirletici madde konsantrasyonları açısından, baca gazlarının TI Hava

düzenlemelerine uygun olması ve geçerli olan durumlarda 13. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BIm-SchV)'nin düzenlemelerini karşılaması gerekmektedir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Tesisin optimum ayarı
- Enerji dengesinin kurulması
- Baca gazında limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 16: Gazlı yanma sistemi için, ölçüm noktaları proses akış şeması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Optimum fırın ayarı için kazan çıkışında ÖN 1
- Limit değerlere uyumun takip edilmesi için bacada ÖN 2

Ölçüm parametresi	Tipik değerler	Limit değerler
	ÖN 1	ÖN 2
CO	0 ila 5 ppm	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
CO ₂	% 9 ila 11 (rehber parametre)	
NO	30 ila 50 ppm	
NO ₂	0 ila 2 ppm	
NO _x		
SO ₂	5 mg/m ³ (LPG) 1700 mg/m ³ (ilgili gaz)	
O ₂	% 2 ila 3	
Gaz sıcaklığı	180 °C	

Tablo 23: Gaz yanma sistemi için tipik değerler ve limit değerler

4. Uygulama örnekleri

4.1.3 Gaz türbin tesisleri

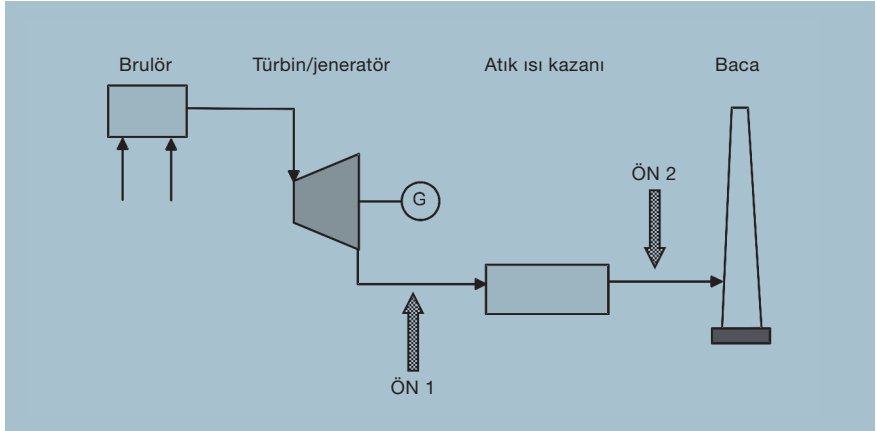
Sabit gaz türbinleri, uçak motorlarının geliştirilmesi sırasında ortaya çıkmıştır ve çoğunlukla jeneratöre veya makinelere güç oluşturmak amacıyla kullanılır. Öncelikle azami güç santrali oluşturmak için kullanılırken, termal ısı üretmek için çoğunlukla aşağı akışlı atık ısı kazanıyla birlikte kullanılırlar. Baca gazları, gazlı veya yağ ateşlemeli kurulumlardakine karşılık gelir ve kirlenici maddelerin limit değerleri açısından TI Hava düzenlemelerini karşılamaları gerekir. NOX emisyonları, gaz türbinleri

için düşük NOX yanması ve yanma odasına su enjeksiyonunu öneren dinamik örnekleme koşuluna tabidir. Doğalgazın yanı sıra, çöp gazı, metan veya biyogaz da yakıt olarak kullanılabilir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Türbin emisyonlarının takibi
- Baca gazında limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akışı, emisyonu ve ölçüm noktaları



Şekil 17: Gaz türbin tesisinin ölçüm noktaları ve proses akış şeması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Türbin emisyonlarını belirlemek için türbinin aşağı akışı ÖN 1
- Limit değerlere uyumun takip edilmesi için atık ısı kazanının aşağı akışı ÖN 2.

Ölçüm parametresi	Tipik değerler	Limit değerler
	ÖN 1	ÖN 2
O ₂	% 15 ila 18	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
NO _x	25 ila 60 ppm	
CO	0 ila 30 ppm	
Gaz sıcaklığı	300... 400 °C	

Tablo 24: Gaz türbin tesisi için tipik değerler ve limit değerler

Bu uygulamaya ilişkin bilgi:

1. ÖN 1 örnekleme noktasında dinamik bir vakum bulunmaktadır. Bu sebeple, örnekleme noktasının kapatılması önem arz eder; aksi takdirde ortam havası içeri girer ve ölçümleri etkiler.

4. Uygulama örnekleri

4.1.4 Yağ ateşlemeli kurulumlar

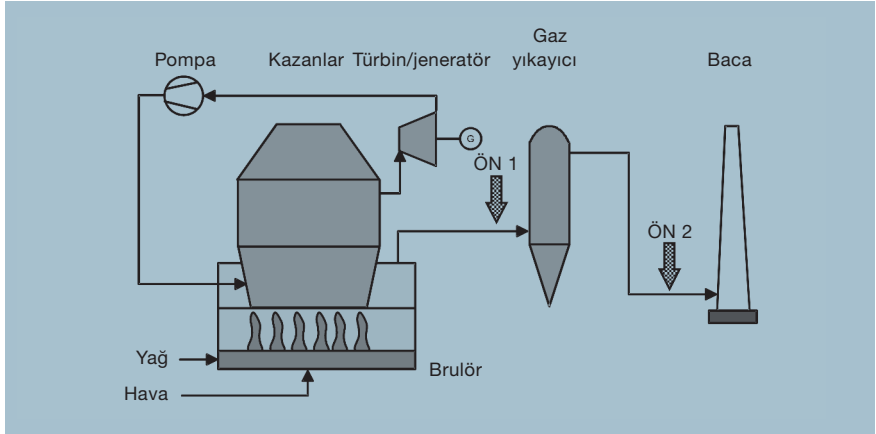
Yağ ateşlemeli kurulumlar, çeşitli kalitelere sahip yağların yakılmasıyla ısı üreten tesislerdir. Burada, yakıt ve yanma havası, brülör vasıtasıyla ince sis halinde yanma odasına getirilir. Yağlar neredeyse hiç kalıntı bırakmadan yanarlar, baca tozu miktarı da azdır. Kirletici madde konsantrasyonu açısından, baca gazlarının TI Hava düzenlemelerine uyması gerekmektedir.

dir. Termal çıkışı 100 MW'tan yüksek olan tesisler 13. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV)'nin düzenlemelerine uymalıdır.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Tesisin optimum ayarı
- Enerji dengesinin kurulması
- Baca gazında limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 18: Yağ ateşlemeli kurulum için ölçüm noktalı proses akış şeması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Optimum brülör ayarı (yakıt tasarrufu, ekonomik verimlilik), tesis dengesi için kazan çıkışında ÖN 1
- Limit değerlere uyumun takip edilmesi için bacadaki temiz gazda ÖN 2

Ölçüm parametresi	Tipik değerler	Limit değerler
	ÖN 1	ÖN 2
O ₂	% 2,5 ila 3,5	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
CO	0 ila 5 ppm	
CO ₂	% 13 ila 15	
NO	50 ila 150 ppm	
NO ₂	0 ila 5 ppm	
NO _x (NO ₂ olarak)		
SO ₂	50 ila 100 ppm	
Gaz sıcaklığı	200 °C	

Tablo 25: Yağ ateşlemeli kurulumlar için tipik değerler ve limit değerler

4. Uygulama örnekleri

4.1.5 Kömür ateşlemeli elektrik santralleri

Kömür ateşlemeli elektrik santralleri, kömürün (birincil enerji) elektrik (ikincil enerji) üretmek için kullanıldığı termal elektrik santralleridir. Yakıt olarak hem linyit hem de taş kömürü kullanılır.

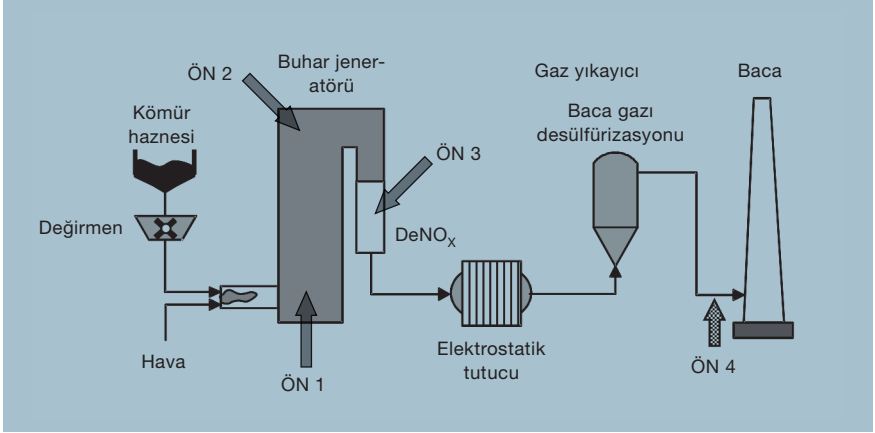
Kömür, kömür değirmeni vasıtasıyla, büyük parçalar halinde parçalanır, kurutulur ve ince toz haline getirilir. Havalı ön ısıtıcıda önceden havayla ısıtıldıktan sonra, toz/hava karışımı halinde kazanın yanma odasına üflenir ve yaklaşık 1000 °C'de yakılır. Buhar jeneratörü yanma odasını çevreler ve içinden su akan bir kazan beslemesiyle bir boru sistemi oluşturur. Su, yakl. 200 mbar basınçla kazan buharı haline gelene kadar ısıtılır, bu haldeyken türbini çalıştırır. Baca gazı yukarı doğru kaçır, çeşitli gaz yıkayıcılarından geçer, bacadan atılır. Türbinden geçtikten sonra genişleyen ve soğutulan gaz, kondensatörde önce soğutma sonra su halinde devreye döndürülmesiyle bir kez daha sıvı hale getirilir.

Almanya'da izin verilen kirlетici madde konsantrasyonları bakımından, kömür ateşlemeli elektrik santrallerindeki baca gazlarının TI Hava düzenlemelerini karşılamaları gerekir. Birçok durumda, termal çıkışı >50 MW olan tesislerin 1. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV)'nin düzenlemelerine uyması gerekmektedir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Yanma sisteminin optimum ayarı (yakıt ve emisyon kısıtlaması)
- Baca gazı temizleme tesislerinin işlevinin takip edilmesi
- Emisyon limit değerlere uygunluğun takibi
- Personel ve tesislerin güvenliği (yangın ve patlama riski)

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 19: Kömür ateşlemeli elektrik santrali için ölçüm noktalı proses akış şeması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Tutarlı yanma ve hava oranının takip edilmesi, CO ceplerinin belirlenmesi ve operasyonel güvenilirliğin kontrol edilmesi için kazanda ÖN 1
- Yanma prosesinin takip edilmesi için (ekonomik verimlilik) kazan çıkışında ÖN 2
- Denitrifikasyon tesisinin işlevini kontrol etmek için denitrifikasyon tesisinde ÖN 3
- Emisyon limit değerlerine uygunluğun kontrol edilmesi için bacada ÖN 4

4. Uygulama örnekleri

Ölçüm parametresi	Tipik değerler			Limit değerler
	ÖN 1	ÖN 2	ÖN 3	ÖN 4
O ₂	% 5 ila 9	% 5 ila 9		Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
CO	10 ila 5000 ppm	10 ila 5000 ppm		
CO ₂		% 15 ila 18		
NO _x		500 ila 600 ppm		
SO ₂		500 ila 2000 ppm		
Toz		2 ila 20 g/m ³		
Baca gazı sıcaklığı	yakl. 1000 °C	yakl. 1000 °C		
Nem		% 10 ila 15		

Tablo 26: Kömür yakıtlı elektrik santralleri için tipik değerler ve limit değerler

Bu uygulamaya ilişkin bilgi:

Elektrostatik tutucunun aşağı akış ölçümünü yapmak için, probun topraklanması gerekmektedir.

4.1.6 Kojenerasyon tesisleri

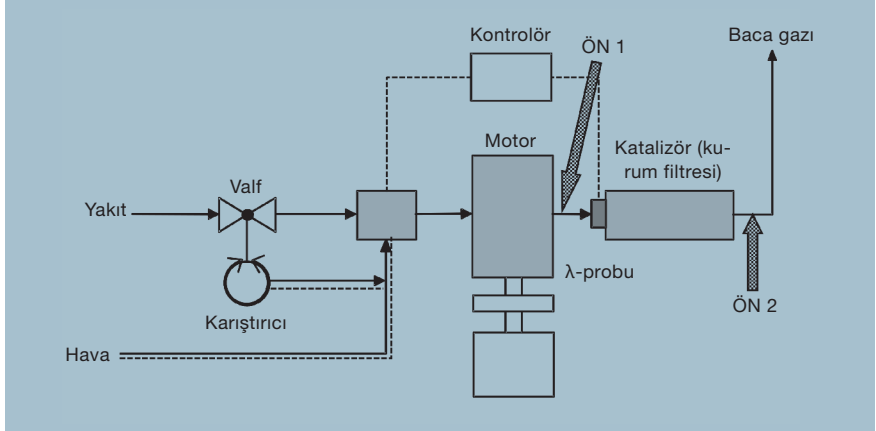
Kojenerasyon tesisleri (CHP), aynı anda elektrik ve ısı üretmek için müşterinin hemen yanında kullanılabilir, görece küçük, modüler enerji tesisleridir. Yanma motorları veya gaz türbinleriyle çalıştırılan jeneratörler, elektrik üretmek için kullanılırken, itici güçlerden (soğutucu ve/veya baca gazı ısı) gelen atık ısı kullanılarak ısı oluşturulur. Birleşik ısı ve güçle elektrik üretimi olarak da bilinir. Dizel yağına ek olarak, gaz (doğalgaz, metan gazı) tercih edilen yakıtlardandır. CHP te-

sislerinin güç çıkışı 15 KW ile yaklaşık 30 MW arasında değişir. İtici güçlerin baca gazları (dizel motorlar, benzinli motorlar, gaz türbinleri), katalizör kullanımını gerektiren TI Hava'nın ilgili koşullarına uygun olmalıdır.

Gaz analizini kullanım amaçları:

- Optimum itici güç ayarı
- Katalizör işlevinin kontrol edilmesi
- Emisyon limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 20: Kojenerasyon tesisinin proses akış şeması

4. Uygulama örnekleri

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Verimlilik kontrolü ve motor ayarı için katalizörün yukarı akışı ÖN 1
- Verimlilik kontrolü, motor ayarı ve yasal gerekliliklere uygunluk için katalizörün yukarı akışı ÖN 2

Ölçüm parametresi	ÖN 1 Farklı yakıtlar için tipik değerler		
	Doğalgaz	Metan gazı	Yağ
O ₂	%8	% 5 ila 6	%8 ila 10
NO	100 ila 300 ppm	100 ila 500 ppm	800 ila 1000 ppm
NO ₂	30 ila 60 ppm	90 ila 110 ppm	10 ila 20 ppm
CO	20 ila 40 ppm	350 ila 450 ppm	450 ila 550 ppm
CO ₂	%10	%13	% 7 ila 8
SO ₂		30 ppm	30 ila 50 ppm

Tablo 27: Kojenerasyon tesisinde tipik okumalar (ölçüm noktası 1)

Ölçüm parametresi	Motor türü	ÖN 2 Limit değerler
CO	Doğalgaz	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
NO+NO ₂	Sıkıştırılmayla ateşleme <3 MW	
NO+NO ₂	Sıkıştırılmayla ateşleme >3 MW	
NO+NO ₂	Diğer 4-zamanlı	
NO+NO ₂	Diğer 2-zamanlı	
O ₂	Referans değer	
SO ₂	DIN 51603 uyarınca	

Tablo 28: Farklı motorlara sahip kojenerasyon tesisi baca gazları için limit değerler (ölçüm nok. 2)

Bu uygulamaya ilişkin bilgi:

1. λ-kontrollü motorların kullanılması aşırı yüksek H₂ değerlerine yol açabilir, CO ölçüm hücresinin hasar görme riski vardır.

4.1.7 Kombine çevrimli elektrik santrali (gazlı ve buharlı elektrik santrali)

Kombine çevrimli elektrik santrallerinde, yüksek verimlilik ve görece düşük emisyonlara sahip optimum bir gaz türbini ve buhar türbini prosesini bir araya getirerek elektrik üretmek için fosil yakıtlar kullanılır. Birkaç kombinasyon olasılığı söz konusudur: genelde gaz türbini öncelikli olarak doğalgaz veya ısıtma gazıyla çalıştırılır. Sıcak baca gazları, buhar türbinini

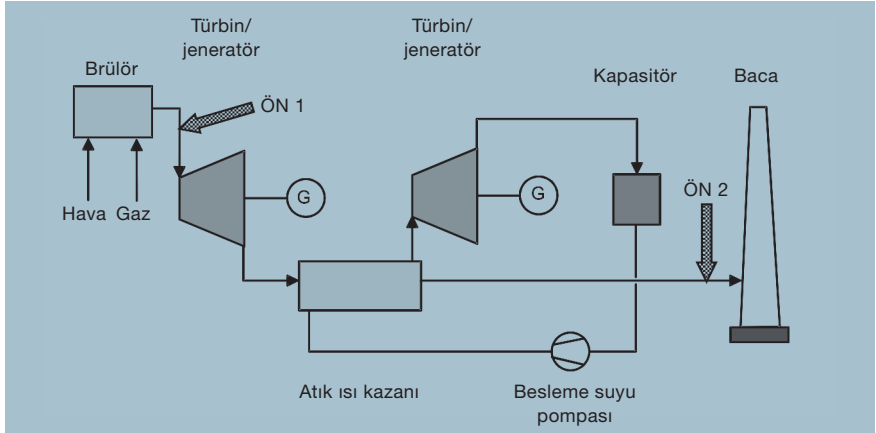
çalıştırmak için yüksek basınçlı su buharı üretir. Veya, basınç yüklü kömür ateşlemeli bir tesisin sıcak baca gazları, aşağı akışlı bir gaz türbinini çalıştırabilir.

Kombine çevrimli elektrik santrallerinin baca gazları T1 Hava'nın ilgili koşullarını karşılamalıdır.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Optimum brülör ayarı
- Emisyon limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 21: Kombine çevrimli elektrik santrali için ölçüm noktalı proses akış şeması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Yanma optimizasyonu için brülör çıkışında ÖN 1

- Yasal gerekliliklere uygunluğun takibi için bacadaki temiz gazda ÖN 2

4. Uygulama örnekleri

4.2 Atık bertarafı

4.2.1 Atık yakımı

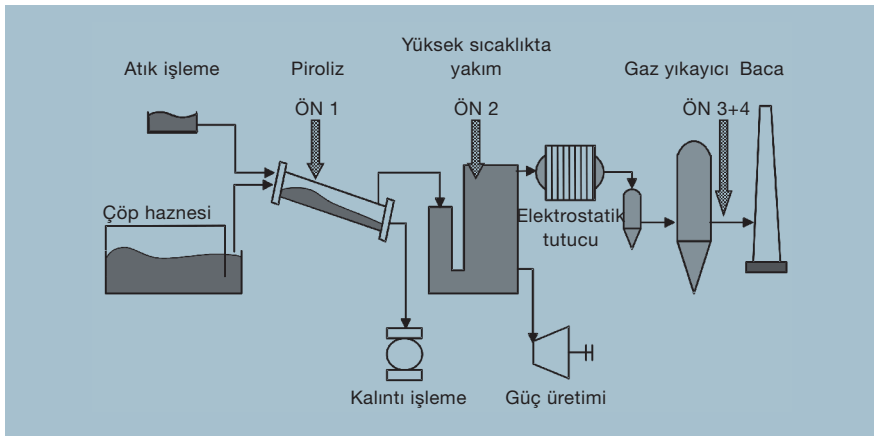
Günümüzde ev atıkları, tehlikeli ve endüstriyel atıklar, tortul atıklar, kullanılmış lastikler gibi katı, sıvı ve macunumsu atık materyalleri, öncelikle, katı atık sahaları yerine salınan enerjinin kullanılmasıyla termal işleme yöntemiyle (piroliz, yakma) bertaraf edilirler. Piroliz tesislerinde (bkz. 4.2.2) atık materyalleri oksijen olmadan büyük oranda ayrışır ve daha sonra kullanılmak üzere piroliz gazını meydana getirirler. Bu konuda en sık karşılaştığımız atık yakım tesisleridir. Bu tesislerde atık döner kireç fırınlarında, mufla fırın-

larında veya akışkan yataklı fırınlarda 1200 °C'ye varan sıcaklıklarda yakılır. Ortaya çıkan baca gazları, atmosfere salınmadan önce çeşitli aşamalarla temizlenir. Almanya'da izin verilen kirletici madde seviyesi, 17. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BIm-SchV)'nce düzenlenmiştir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Kontrollü atık tedariki (azalan filtre yükü ve emisyon seviyeleri)
- Üst ısı değerinin sabit tutulması
- Temizlik aşamalarının işlevini takip etme
- Emisyon limit değerlere uygunluk

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 22: Atık yakım tesisi için ölçüm noktalı proses akış şeması

Ölçüm noktası ve ölçüm görevleri

- Optimize atık tedariki (filtrelerde daha az leke ve düşük emisyon seviyeleri) ve sabit olan üst ısı değeri kontrol etmek için fırında veya kazanda ÖN 1 ve ÖN 2

- Verimliliği kontrol etmek için baca gazı temizleme proseslerinin aşağı akışı ÖN 3
- Limit değeri uyumluluğunu kontrol etmek ve sabit ölçüm teknolojisinin bozulması halinde yedekleme yapmak için bacada ÖN 4

Ölçüm parametresi	Tipik değerler		Limit değerler
	Ham gazda ÖN 1 ve 2	Temiz gazda ÖN 3 ve ÖN 4	
O ₂	% 8 ila 11	% 7 ila 9	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
NO	150 ila 200 ppm		
NO _x	10 ila 40 ppm	50 ila 70 mg/m ³	
CO	15 ila 25 ppm	11 ila 17 mg/m ³	
CO ₂	% 10 ila 12		
SO ₂	40 ila 60 ppm	5 ila 11 mg/m ³	
HCl	... 500 ppm		
HF	... 30 ppm		
Toz	2 ... 3 g/m ³		
Gaz sıcaklığı	300 °C		

Tablo 29: Atık yakma tesisi için tipik değerler ve limit değerler

Bu uygulamaya ilişkin bilgi:

1. Ham gaz (temizleme proseslerinin yukarı akışı) genellikle HCl, HF ve HCN gibi agresiflikle eşleştirilen bileşenler içerir. Bunun için ısıtılmış bir örnekleme sistemi kullanılmalıdır. Ayrıca, SO₂ sensörünün Cl₂ (80%) ve HCl (15%)' çapraz hassasiyeti dikkate alınmalıdır.
2. Yakıt (atık) bileşimi çoğu zaman teslimata bağlı olarak değişir. Bu da okumalarda ciddi dalgalanmalara yol açabilir.

3. Elektrostatik tutucunun aşağı akış ölçümlerinin yapılması için, probun topraklanması gerekir.
4. Atığın, yalnızca tedarik edilen yakıtın bir kısmını oluşturduğu tesislerde, yakıtın geri kalan tümünde, BlmSchV'nin limit değerlerinin ilgili kısımları geçerlidir. Toplam baca gazı miktarında, bu durum önemli ölçüde düşük limit değerleri anlamına gelir. Bu değerlere uyulmalı ve uyulduğu ölçümlerle doğrulanmalıdır.

4. Uygulama örnekleri

4.2.2 Atık pirolizi

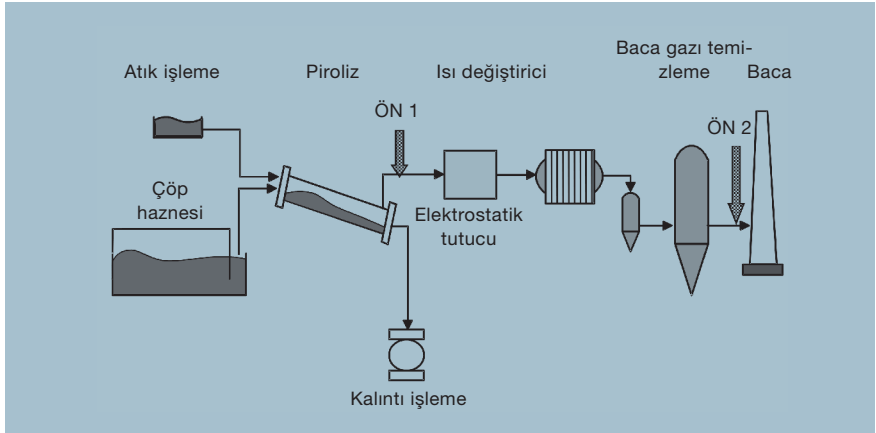
Atık pirolizi, çoğunlukla oksijenin olmadığı durumlarda, organik maddeleri (atıkta bulunan) ayrıştıran bir prosesdir. En uygun girdi maddeleri plastikler, kullanılmış tekerlekler, lastikler ve ev atıklarıdır. Piroliz gazı ve piroliz koku reaksiyon ürünleri olarak üretilirler; her ikisi de enerji olarak yeniden kullanılabilir. Atık yakımına kıyasla bu prosesin avantajları baca gazı hacminin çok daha az miktarda olması (yanma havası olmaz) ve ilgili tesis boyutlarının daha küçük olmasıdır. Ancak bu tür tesislerin çalıştırılması esnasında yakın zamanlarda sorunlar ortaya çıkmıştır.

Atık piroliz tesisleri, 17. BImSchV ile karşılaştırılabilir nitelikteki TI Hava'da belirtilen limit değerlere uymalıdır. Burada oksijen referans değeri %3'e düşürülmüştür.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Temizleme aşamalarının işlevinin takibi
- Emisyon limit değerlere uygunluk

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 23: Atık piroliz kurulumu için ölçüm noktalı proses akış şeması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Optimum atık tedariki ve piroliz prosesi için piroliz fırınındaki baca gazında ÖN 1
- Ulusal düzenlemelere uygun olarak limit değerlere uyumun takip edilmesi için bacada ÖN 2

4. Uygulama örnekleri

4.2.3 Termal ikincil yanma

Termal baca gazı temizlemesi olarak da bilinen termal ikincil yanma esnasında, baca gazında bulunan yanıcı, hava kirlüten maddeler, atmosferik oksijenle 700 ile 900 °C sıcaklıklar arasında yakılır. Bu işlem sonrasında CO ve su meydana gelir; kirlütici maddelerin türüne bağlı olarak SO₂, HCl ve diğer maddeler de oluşabilir. Termal ikincil yanma, 1300 °C'de çalışan alevli yanma ve 250-500 °C'erde çalıştırılan katalitik yanma ile karıştırılmamalıdır.

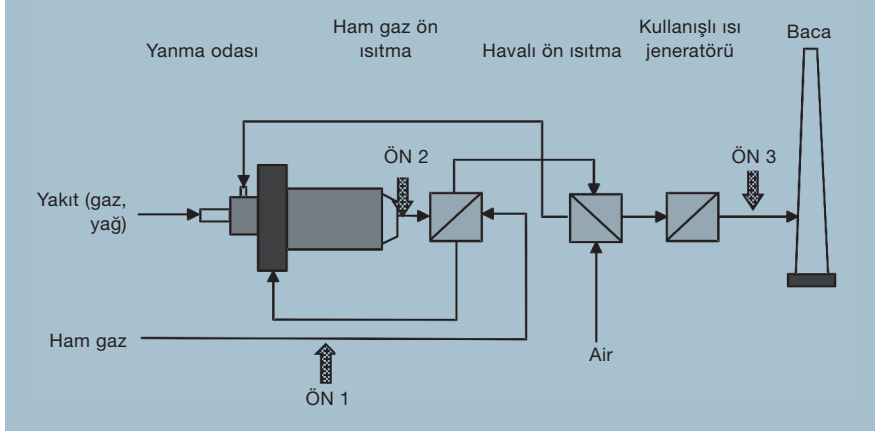
Termal ikincil yanma fırınları genellikle büyük miktarda enerjiye ihtiyaç duyarlar (takviye fırınlar); bu sebeple yalnızca, diğer proseslerin yeterince verimlilik sağlamadığı durumlarda veya belli başlı bileşenlerin tahrip edilmesi gerektiğinde kullanılırlar.

Birçok tesiste emisyonlar TI Hava düzenlemelerine göre kısıtlanmıştır.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Ham gazın takibi
- Yanma optimizasyonu
- Limit değerlere uygunluk

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 24: Termal ikincil yanma tesisi için ölçüm noktaları proses akış şeması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- İçeri akışlı ham gazın takibi için MP1
- Yanma optimizasyonu için ÖN 2
- Limit değerlere uygunluğun takibi için ÖN 3

Ölçüm parametresi	Tipik değerler
O ₂	
NO _x	10 ila 100 mg/m ³
CO	10 ila 100 mg/m ³
CO ₂	
SO ₂	
C _{toplam}	5 ila 20 mg/m ³

Tablo 30: Termal ikincil yanma tesisi için tipik değerler

4. Uygulama örnekleri

4.3 Metalik olmayan madenler endüstrisi

4.3.1 Çimento üretimi

Çimento olarak bilinen madde alçı taşıyla karıştırılan öğütülmüş çimento cürufundan oluşur. Bu madde çimento fırınında meydana gelen ateşleme prosesinin son ürünüdür. Kullanılan hammaddeler kireçtaşı (CaCO_3) ve kil ile kül veya kum gibi katkı maddeleridir. Kullanılan yakıtlar kömür tozu, yağ, atık yağ ve kullanılmış tekerlek gibi atık materyalleridir. Önemli proses adımları ve tesis bileşenleri ise aşağıdaki gibidir:

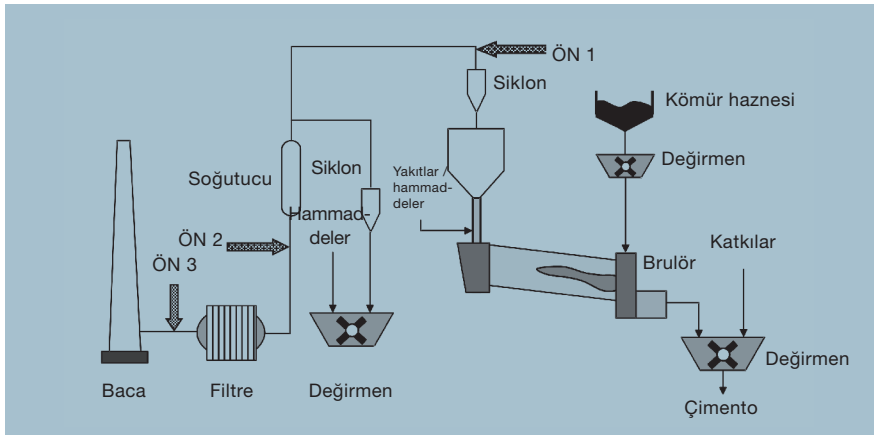
Hammaddelerin öğütülmesi, öğütülen maddenin kurutulması (bu da farin adı

verilen bir madde oluşturur), farinin ısıtılması ve CO_2 'in çıkarılması (kalsinatör), döner fırında ateşleme, soğutma, alçı taşıyla karıştırma ve öğütme. Baca gazları atmosfere salınmadan önce, buharlaştırıcı bir soğutucudan ve elektrostatik tutucu başta olmak üzere, zorunlu temizleme aşamalarından geçerler.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Buharlaştırıcı soğutucu işleminin optimizasyonu
- Elektrostatik tutucunun verimliliğinin belirlenmesi
- Sabit analizörün prob konumunun takibi
- Emisyon limit değerlere uygunluk

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 25: Çimento üretimi için ölçüm noktaları proses akış şeması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Tesiste denge oluşturmak için kalsinatör ile buharlaştırıcı soğutucu arasında ÖN 1
- Tesiste denge oluşturmak ve

verimliliği kaydetmek için elektrostatik tutucunun yukarı akışı ÖN 2

- Emisyon limit değerlere uygunluğun takibi için bacadaki temiz gazda ÖN 3

Ölçüm parametresi	Ham gazda ÖN 1		Temiz gazda ÖN 3 ve 4		Limit değerler
	Tipik değerler	Ölçüm aralığı (MR uzatması)	Tipik değerler	Ölçüm aralığı (MR uzatması)	
O ₂	Maks. %10	% 0 ila 21	Ham gaz gibi		Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
CO	100 ila 10000 ppm	0 ila 10000 ppm (% 0,1 ila 20)	Ham gaz gibi		
CO ₂	Yakl. %20 ila 40	% 0 ila 25 (%0,1 ila 100)	Ham gaz gibi		
SO ₂			düşük	0 ila 5000 ppm	
NO _x			200 ila 700 ppm	0 ila 5000 ppm	
Toz	Maks. 100 g/m ³	Maks. 100 mg/m ³			
Sıcaklık	300 ila 400 °C		100 ila 150 °C		

Tablo 31: Çimento üretimi için tipik değerler ve limit değerler

Bu uygulamaya ilişkin bilgi:

1. Ham gazda, bazen de ortam havasında çok yüksek toz yükü
2. Kısmen ölçüm aralığını aşan, çok yüksek CO₂ konsantrasyonları
3. Yüksek O₂ konsantrasyonlarında O₂ sensörü, yüksek CO₂ konsantrasyonlarına çapraz hassasiyet gösterir!
4. Akış ölçümü, yüksek toz yükleri ve yüksek gaz hızlarının olduğu durum-

larda mümkün değildir.

5. Prob, tuğlalardan yapılmış bir bacaya yerleştirildiğinde mutlaka topraklanmalıdır!
6. Kullanılan yakıtı bağı olarak, kurşun (toz olarak), talyum ve kadmiyumun limit değerlerine uyulması gerekir.

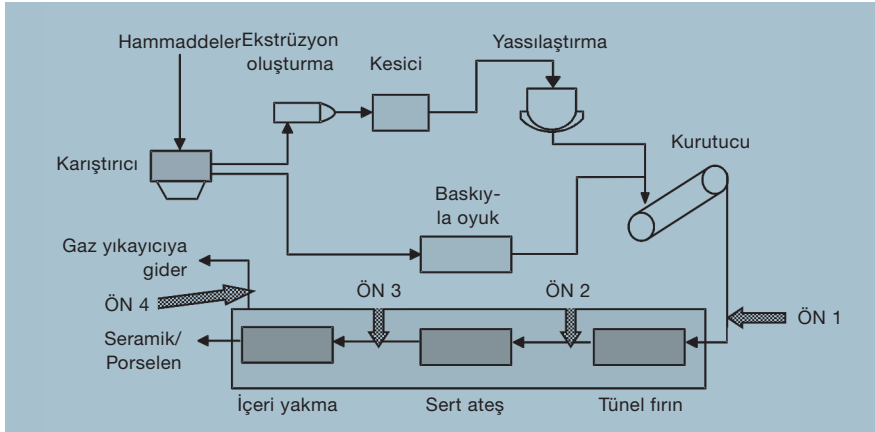
4. Uygulama örnekleri

4.3.2 Seramik/porselen üretimi

Seramik terimi ateşleme (havaya kurutma değil) yoluyla katılaştırılmış kil ve katkı maddelerinden oluşur. Hammaddeleri kaolin (belli bir bileşime sahip kil), kuartz (SiO_2) ve feldspattır (farklı silikatlardan yapılmış taş). Bu materyaller değirmenler, balçık ve filtre tesisleri ile elekler ve karıştırıcılar kullanılarak işlenir, ardından şekil verme prosesinden geçerler ve sonrasında birçok adımda yakılırlar. Katılaştırma işlemi için yakl. $900\text{ }^\circ\text{C}$ 'de yapılan ön ateşleme ile tam sinterleme (sırlama) için yakl. $1400\text{ }^\circ\text{C}$ 'de yapılan ilave ateşleme

arasında fark vardır. Renkler ya sinterleme aşamasında ya da üçüncü ateşleme aşamasında eklenir. Ateşleme sıcaklığı ve ateşleme sırasındaki gaz atmosferinin bileşimi, nihai ürünün kalitesi (katılığı ve görünümü) açısından önem taşır. Fırın baca gazları atmosfere salınmadan önce, birçok temizleme prosesinden geçer. Bazen toz halindeki materyalin geri dönüştürülmesi işlemi de yapılır. Baca gazı bileşimi mutlaka TI Hava düzenlemelerine uygun olmalıdır.

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 26: Seramik/porselen üretimi için ölçüm noktalı proses akış şeması

Seramik üretiminde gaz analizinin kullanım amaçları:

- Optimum brülör ayarı
- Ürün kalitesinin sağlanması (gaz bileşimi)
- Proses sekansının takibi (kurutma derecesi)
- Emisyon limit değerlere uygunluğun takibi

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Optimum brülör ayarı, yüksek ve sabit ürün kalitesi (görünüm) ve kurutma derecesini belirlemek için yanma istasyonlarındaki ham gazda ÖN 1-3
- Temizleme aşamalarının işlevinin takibi ve limit değerlere uygunluğun takibi için temiz gazda ÖN 2

Ölçüm parametresi	Tipik değerler		Limit değerler
	Ham gazda ÖN 1-3	Temiz gazda ÖN 4	
O2	%13 ila 16	% 13 ila 16	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
NOx	30 ila 40 ppm	30 ila 40 ppm	
NO			
NO2			
CO	40 ila 60 ppm	40 ila 60 ppm	
CO2			
SO2	700 ila 1300 ppm	450 ila 900 ppm	
Nem	% 10 ila 14	% 10 ila 14	

Tablo 32: Seramik üretimi için tipik değerler ve limit değerler

Bu uygulamaya ilişkin bilgi:

Baca gazında agresif bileşenler (HF, HCl) bulunabilir! Bu sebeple ısıtılmış bir gaz örnekleme sistemi kullanmanızı öneririz.

4. Uygulama örnekleri

4.3.3 Tuğla üretimi

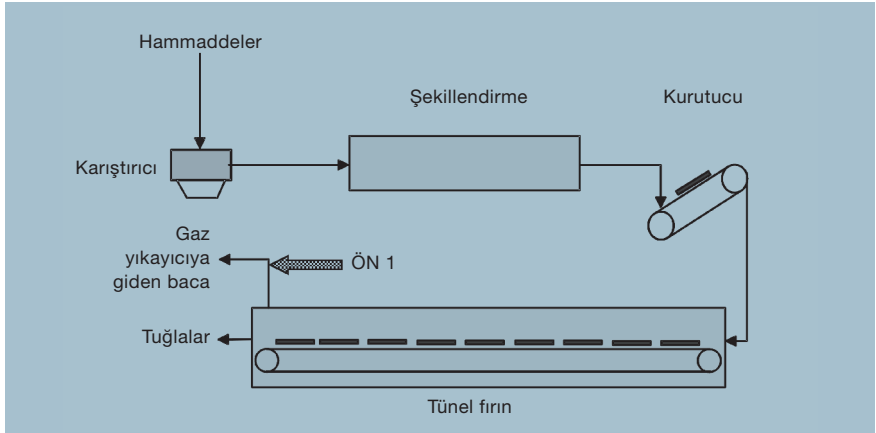
Tuğla, genellikle tuğla tesislerinde, direkt olarak hammadde depolama alanlarında kullanılan, ateşlenen kilden yapılan inşaat malzemelerine verilen genel addir. Hammaddeler nemli içeriğin karıştırılması, parçalanması ve ayarlanmasıyla hazırlanır, sonrasında kalıplama prosesi ve kurutma prosesinden geçerler. En son olarak vagonlara konur ve genellikle 900 °C ila 1300 °C sıcaklıktaki tünel fırınlarında ateşle yakılırlar (sinterleme).

Baca gazlarında yoğunluklu olarak toz, sonrasında sülfür ve nitrojen oksit ile bazen de HF bulunur.

Tuğla üretiminde gaz analizinin kullanım amaçları:

- Optimum brülör ayarı (enerji tasarrufu)
- Ürün kalitesinin sağlanması
- Kurutma derecesine karar verilmesi
- Limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış seması ve ölçüm noktaları



Şekil 27: Tuğla üretimi için ölçüm noktalı proses akış seması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Optimum brulör ayarı, yüksek ve sabit ürün kalitesi (görünüm) ve kurutma derecesini belirlemek için tünel fırınında ÖN 1
- Temizleme aşamalarının işlevinin takibi ve limit değerlere uygunluğun takibi için temiz gazda (resimde gösterilmemektedir) ÖN 2

4. Uygulama örnekleri

4.3.4 Cam üretimi

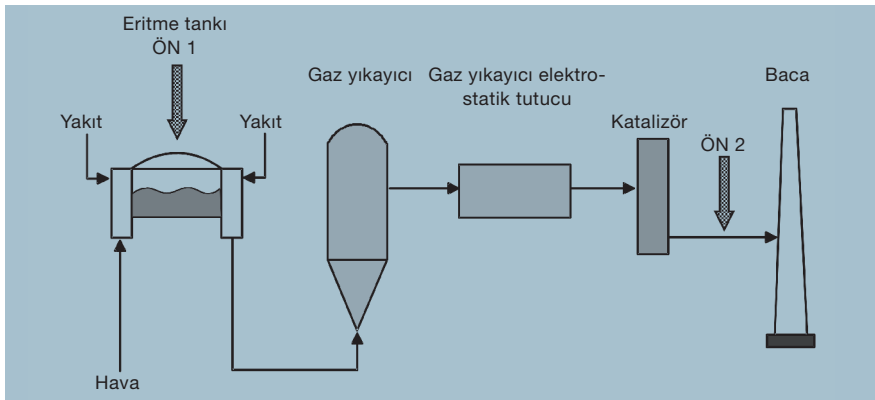
Cam üretimi, bir dizi farklı üründen oluşur; ana odak noktası oyuklu cam ürünleri (kaplar ve her türlü tüketici ürünleri için) ve çoğunlukla daha yüksek kalitede ürünlere dönüştürülen düz camdır.

Hammaddeler ürüne göre farklılık gösterir. Genel olarak, kum, soda ve kireç önemlidir; sonrasında bunlara belirli maddeler (örn. metal oksitler) eklenir. Geri dönüştürülmüş cam da yaygın olarak kullanılmaktadır. Hammaddeler yığın halinde parçalanır, karıştırılır ve eritme fırınına konur. Aralıklı üretim amaçlı pota fırınları ile sürekli üretim amaçlı, ergime sıcaklığı genellikle 1500 °C ve üzerinde olan

tank veya tünel fırınları arasında fark vardır. Fırın ve ateşleme ayrıntıları uygulamaya bağlı olarak değişmektedir. Enerji kaynakları olarak doğalgaz, ısıtma yağı ve elektrik kullanılır. Nitrik asit gibi katkılar ergimeyi homojenize etmek için kullanılırlar.

Baca gazlarında genellikle toz, sülfür oksit, nitrojen oksit (yüksek sıcaklıklar nedeniyle) ve hammaddelerden veya atık camdan gelen florin ile sülfür bileşenleri bulunur. Baca gazlarının, atmosfere salınmadan önce birçok temizleme prosesinden geçmesi gerekir. Bileşimlerinin mutlaka TI Hava düzenlemelerini karşılamaları gerekmektedir.

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 28: Cam üretimi için ölçüm noktalı proses akış şeması

Cam üretiminde gaz analizinin kullanım amaçları:

- Optimum brülör ayarı (enerji tasarrufu)
- Ürün kalitesinin sağlanması
- Tesisin servis ömrünün uzatılması
- Limit değerlere uygunluğun takibi

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Servis ömrünün uzatılması, yüksek ve sabit ürün kalitesinin sağlanması, enerji tüketiminin azatılması ve sülfat katkısının kontrol edilmesi için eritici fırında ÖN 1
- Temizleme aşamalarının işlevinin takibi ve limit değerlere uygunluğun takibi için temiz gaz aşağı akışında ÖN 2

Ölçüm parametresi	Tipik değerler	Limit değerler
	Tünel fırınında ÖN 1	Filtrelerin aşağı akışında ÖN 2
O ₂	% 0 ila 9	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
NO _x	30 ila 40 ppm	
NO	800 ila 3000 ppm	
NO ₂	0 ila 100 ppm	
CO	0 ila 1000 ppm	
CO ₂	% 35 ila 45	
SO ₂	0 ila 5000 ppm	
Klorür bileşimleri		
Florin bileşimleri		
Toz		
Gaz sıcaklığı	1400 ila 1600 °C	

Tablo 33: Cam üretimi için tipik değerler ve limit değerler

4. Uygulama örnekleri

Bu uygulamaya ilişkin pratik bilgi:

1. Baca gazı çok nemli olabilir; bu da örnekleme probunda ani buharlaşmaya neden olur. O nedenle, ısıtılmış bir gaz örnekleme sisteminin kullanılması önem taşır!
2. CO₂ konsantrasyonları çok yüksektir, bu nedenle ölçüm aralığının dışındadır.
3. Tesisin yakınlarındaki oksijen içeriği % 21'in altına düşebilir. O nedenle temiz hava hortumunun dışarıya yönlendirilmesi gereklidir.
4. Tesisin yakınlarındaki sıcaklıklar

70 °C'leri bulabilir. O nedenle ısıtılmış bir örnekleme hortumunun kullanılması önem taşır.

5. Ham gazdaki toz içeriği genellikle çok ince öğütülmüştür ve 400 mg/m³'ü bulabilir.

4.3.5 Kireç üretimi

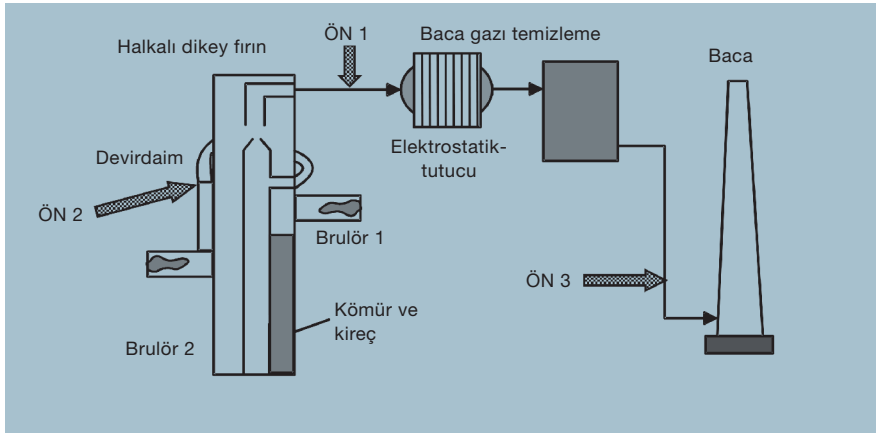
“Kireç” özel bir terim değildir; birçok maddeyi tanımlamak için kullanılır. Burada kalsitin (calcspat, CaCO_3) 700-900°C’de yakılmasıyla üretilen yanmış kireçten (CaO) bahsedilmektedir. Kireç yakmak için sürekli çalışan farklı türdeki fırınlar (dikey fırınlar, halkalı dikey fırınlar, döner fırınlar) kullanılır. Bu da kalsit ve yakıtın (kok ve gaz) beslenme şekli ve yanma odalarının tasarımı açısından farklılık yaratır. Örneğin yanmış kireç demir ve çelik endüstrisinde, kimyasal sanayiinde, kağıt ve bina malzemeleri endüstrisinde katkı maddesi olarak ve çevreyi koruma amacıyla baca gazı temizliğinde (baca gazı desülfürizasyonu) kullanılır.

Fırının baca gazları, atmosfere salınmadan önce, gaz yıkayıcı dahil olmak üzere birçok temizleme prosesinden geçerler. Bileşimlerinin TI Hava düzenlemelerine uyması gerekmektedir.

Kireç üretiminde gaz analizinin kullanım amaçları:

- Baca gazı analiziyle proses optimizasyonu (dikey fırınlarda kok tasarrufu, halkalı fırınlarda doğalgaz tasarrufu)
- Prosesle ilgili yüksek CO değerlerinin takibi
- Emisyon limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 29: Kireç üretimi için ölçüm noktalı proses akış şeması

4. Uygulama örnekleri

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Verimlilik kontrolü (maliyet azaltma, kok maliyetleri) ve çevreyi korumak (yüksek CO konsantrasyonları için ham gazda ÖN 1

- Tesisin dengesini belirlemek için devirdaimdeki ham gazda ÖN 2
- Temizleme aşamalarının takibi ve limit değerlere uygunluğun takibi için temiz gazda ÖN 3

Ölçüm parametresi	Tipik değerler		Limit değerler
	Gaz yıkayıcının yukarı akışında ÖN 1 ve 2		Bacada ÖN 3
Fırın tipi	Dikey fırın	Halkalı dikey fırın	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
Yakıt	Çeşitli koklar	Doğalgaz	
O ₂ kuru	% 5 ila 6	% 5,5 ila 6	
O ₂ nemli	% 2 ila 3	% 5 ila 5,5	
CO	% 6 ila 7	% 1,5 ila 2	
CO ₂	28 ila 32%	24 ila 26%	
SO ₂	300 ppm	100 ppm	
NO _x	200 ppm	200 ppm	
HF			
Nem	% 5 ila 8	% 5 ila 8	
Toz			

Tablo 34: Kireç üretimi için ölçüm aralıkları ve limit değerler

Bu uygulamaya ilişkin pratik bilgi:

1. Ortam havasında yüksek toz yükünü bulun
2. Yüksek radyan sıcaklıklar oluşabilir; bu durumda cihazın zırhlanması gerekir.

4.4 Metal/maden endüstrisi

4.4.1 Madenlerin işlenmesi (sinterleme)

Metaller, indirgeme prosesleriyle ilgili metal madenlerinden özütlenirler. Öncesinde bu madenlerin işlenmesi gerekir ve bunun en sık kullanılan yöntemi sinterleme veya pelet üretimidir (sinterlenen madenin topakları). Hammaddeler (madenler) önce öğütülür, katkı maddeleriyle karıştırılır ve pelet haline getirilir. Daha sonra bu peletler 1000 °C'yi aşan sıcaklıklarda bir ızgara fırından geçirilirler. Burada yüzey ergimesi sayesinde topaklanarak katı parçalar oluştururlar. Bu haldeki maden, demir üretmek için maden

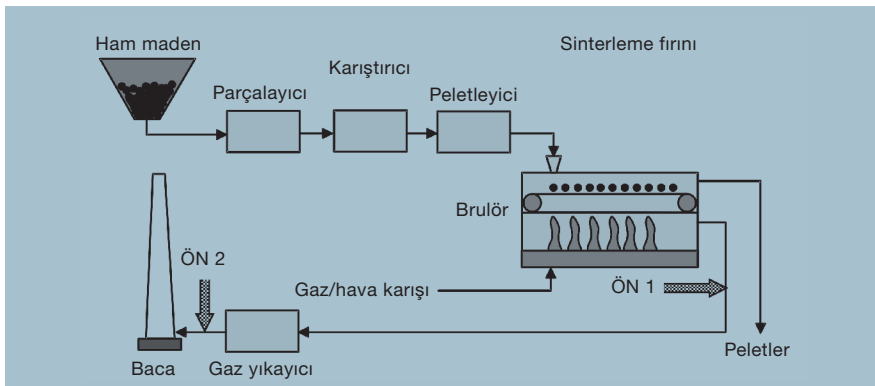
eritme ocağında kullanılmaya uygun haldedir. Sinterleme prosesi sırasında, partikülata ve gaz emisyonları oluşur. Tozun içerisinde çinko, kurşun veya kadmiyum gibi maddeler bulunabilir. Gaz emisyonlarında öncelikle SO₂ ve NO_x olmak üzere florin ve klorin bileşimleri bulunur.

Kirletici maddelerin limit değerleri açısından, sinterleme tesislerinin TI Hava düzenlemelerine uymaları gerekmektedir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Optimum operasyonel yönetim (enerji maliyetleri)
- Limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 30: Pelet üretimi (sinterleme) için ölçüm noktalı proses akış şeması

4. Uygulama örnekleri

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Fırın optimizasyonu için fırının ham faz aşağı akışında ÖN 1
- Baca gazı temizleme işlevinin takibi ve limit değerlerin takibi için bacadaki temiz gazda ÖN 2

Ölçüm parametresi	Tipik değerler	Limit değerler
	ÖN 1	ÖN 2
SO ₂	500 ila 3000 mg/m ³	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
NO _x	150 ila 350 mg/m ³	
Florin bileşimleri	2 ila 10 mg/m ³	
Klorin bileşimleri	20 ila 60 mg/m ³	
Toz	maks. 3000 mg/m ³	
Sıcaklık	1000 ila 1200 °C	

Tablo 35: Sinterleme tesisi için tipik değerler ve limit değerler

4.4.2 Pik demir üretimi (maden eritme ocağı)

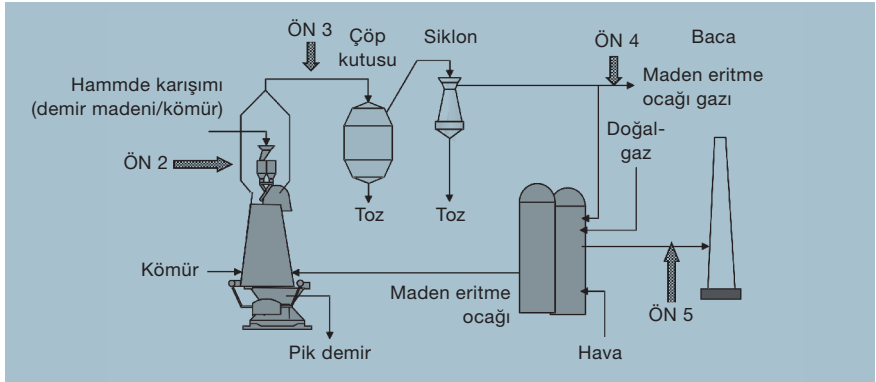
Pik demir, demir madeninin maden eritme ocağında indirgenmesiyle (oksijensizleştirme) veya direkt indirgeme sonucu elde edilir. İndirgeyici maddeler olarak kok, doğagaz veya kömür kullanılır. Maden eritme ocağı prosesinde, işlenen maden (pelet, sinter) ve katkı maddeleri, kokla birlikte maden eritme ocağına tepeden konur (ocağın tepesinden). Ek enerji taşıyıcısı olarak altından sıcak hava üflenir. Sıcak hava ve indirgeyici gazların karışımı yukarı doğru çıkar, batan hammaddelerin aksi yönünde hareket eder ve ocağın tepesinde özütleri çıkartılarak maden eritme ocağı gazı haline gelirler. Cüruf ile birlikte, ergimiş pik demiri, ocağın dibinde birikir ve düzenli aralıklarla bu

birikinti temizlenir. Bu birikinti çoğu zaman daha sonra kullanılmak üzere çelik tesisine gönderilir. Baca gazında (burada maden eritme ocağı gazı olarak geçer) halen yüksek miktarlarda CO bulunmaktadır ve toz yüküldür. Tozlar giderildikten sonra sıcak hava üretmek için ve döner değirmen fırınlarında kullanılır. Örneğin elektrik santrallerinde yakılır. Ancak bu ek kullanımlardan sonra ve TI Hava düzenlemelerini karşıladığında atmosfere salınır.

Pik demiri üretiminde gaz analizinin kullanım amaçları:

- Optimum operasyonel yönetim (enerji ve hammadde kullanımı)
- Maden eritme ocağı bileşiminin sonra kullanılmak üzere takibi
- Tesisin CO sızıntısı açısından takibi
- Limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 31: Pik demir üretimi (maden eritme ocağı) için ölçüm noktalı proses akış şeması

4. Uygulama örnekleri

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- CO takibi için hammadde silosundaki ÖN 1 (örnek bulunmamakta!)
- Fırın operasyonuna rehber parametresi olması açısından maden eritme ocağındaki yükselen boruda ÖN 2
- Tesis dengesinin belirlenmesi ve çöp kutusundaki yangın tehlikelerinin önlenmesi için çöp kutusunun aşağı borusu, yukarı akışında ÖN 3

- Maden eritme ocağının bileşiminin takibi (tesis dengesi, maden eritme ocağı gazının sonradan kullanılması) için çöp kutusundaki maden eritme ocağı gazı boşaltım aşağı akışında ÖN 4
- Limit değerlere uygunluğun takibi için bacada ÖN 5

Ölçüm parametresi	Tipik değerler				Limit değerler
	ÖN 1	ÖN 2	ÖN 3	ÖN 4	ÖN 5
	0 ila 50 ppm	% 0 ila 50	% 0 ila 50	% 0 ila 50	Ulusal
CO ₂		% 0 ila 30	% 0 ila 30	% 0 ila 30	
CH ₄		% 0 ila 4	% 0 ila 1	% 0 ila 1	
H ₂		% 0 ila 15	% 0 ila 10		
Toz			50 ila 100 g/m ³	1 ila 10 g/m ³	
Sıcaklık		Maks. 1300 °C	100 ila 500 °C	100 ila 150 °C	

Tablo 36: Pik demir üretimi (maden eritme ocağı) için tipik değerler ve limit değerler

Not: Ölçüm noktası 2'de, gaz ekstraksiyonu gerektiren zorlu sıcaklık ve tozla ilgili durumlar söz konusudur (uzman üretici).

4.4.3 Ham çelik üretimi

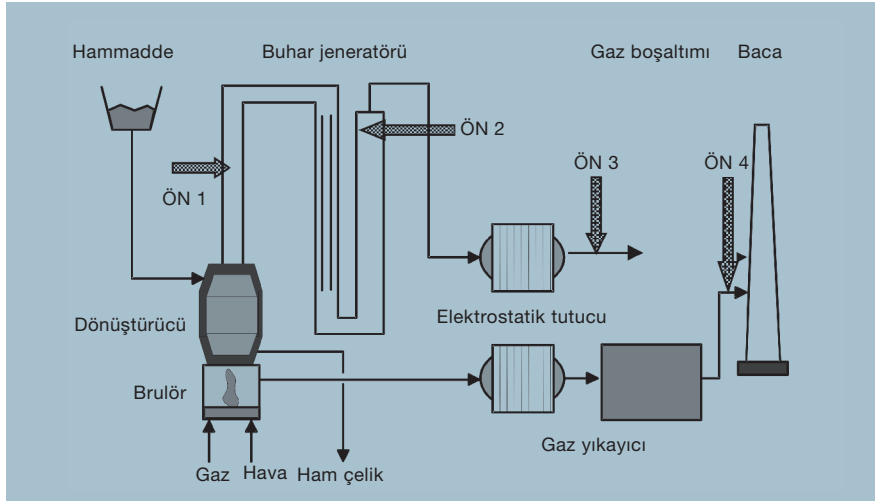
Ham çelik, dönüştürücülerde oksijenle oksidize olarak pik demirinin ilk proses aşamasında üretilir. Pik demirinde halen bulunan yakl. %4 oranındaki karbon, oksijenle reaksiyon sonrası %1'in altına düşürülür. Damıtma prosesi (üfleme fazı) yüksek seviyede CO içeren dönüştürücü gaz, baca gazı üretir. Bu gaz, toz içeriğinin alınmasından sonra, çelik tesisinde kullanılır. Ancak bu ek kullanım sonrasında ve TI Hava

düzenlemelerini karşılandığında atmosfere salınır.

Ham çelik üretiminde gaz analizinin kullanım amaçları:

- Dönüştürücünün optimum operasyonel yönetimi
- Dönüştürücü gaz bileşiminin sonra kullanılmak üzere takibi
- Limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 32: Ham çelik üretimi için ölçüm noktalı proses akış şeması

4. Uygulama örnekleri

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Proses optimizasyonu için dönüştürücünün aşağı akışı ÖN 1
- Proses optimizasyonu için eşanjörün aşağı akışı ÖN 2
- Gaz bileşiminin takibi için gaz boşaltımının yukarı akışı ÖN 3
- Limit değerlere uygunluğun takibi için bacada ÖN 4

Ölçüm parametresi	Tipik değerler			Limit değerler
	ÖN 1	ÖN 2	ÖN 3	ÖN 4
CO	% 0 ila 80	% 0 ila 80	% 0 ila 80	Ulusal düzenlemelere uygun limit değerler
CO ₂	% 0 ila 40	% 0 ila 20	% 0 ila 20	
SO ₂				
H ₂	% 0 ila 10	% 0 ila 10	% 0 ila 10	
O ₂	% 0 ila 1	% 0 ila 1	% 0 ila 1	
Toz	10 ila 50 g/m ³	10 ila 50 mg/m ³	20 ila 50 mg/m ³	
Gaz sıcaklığı	yakl. 1600 °C	yakl. 150 °C		

Tablo 37: Ham çelik üretimi için tipik değerler ve limit değerler

4.4.4 Kok tesisleri

Kok tesisleri, termal taş kömürü arıtma tesisleridir; burada taş kömürü, havanın olmadığı ortamda (piroliz) kuru distilasyon prosesiyle 800 °C ve üzeri sıcaklıklara ısıtılır. Kok prosesinin amacı, başta metalürji olmak üzere endüstriyel kullanım amaçlı kok üretmektir. Kok son derece yüksek karbon içeriğine (> %97) ve çok düşük uçucu madde içeriğine sahiptir. Proseste daha sonra kullanılmak üzere kok fırın gazı üretilir.

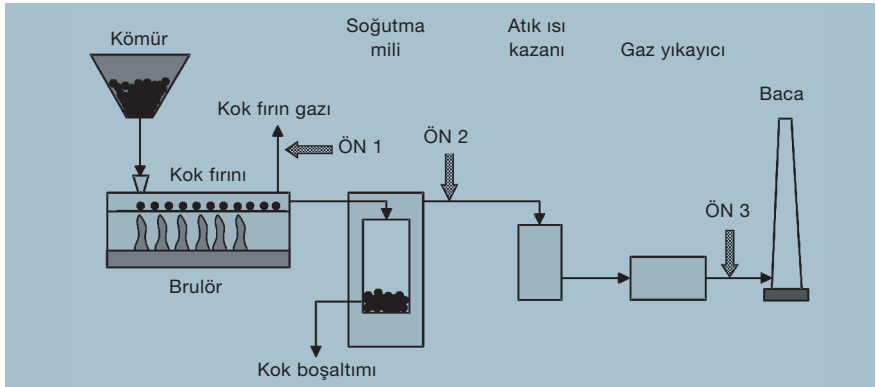
Özel kalite kömür, kuru ortamda yaklaşık 15 saat boyunca kok fırınında distile edilir ("pişirilir"). Eskiden kullanılan ıslak söndürme yöntemi artık

yerini şaft soğutucusunda yapılan kuru soğutma işlemine bırakmıştır. Böylece, kirlenici madde emisyonlarında meydana gelen azalmayla birlikte, ısınan atık ısı kazanıyla geri dönüştürülmesi sağlanır. Toz başta olmak üzere, ilgili kirlenici maddeler öncelikli olarak SO₂, NO_x, CO ve organik bileşenlerdir. İzin verilen limit değerler bakımından, baca gazlarının T1 Hava'nın düzenlemelerine uyması gerekmektedir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Kok prosesinin optimizasyonu
- Kok gazının sonra kullanılmak üzere analizi
- Baca gazı temizleme sistemi işlevinin takibi ve limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 33: Kok tesisi için ölçüm noktalı proses akış şeması

4. Uygulama örnekleri

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

Kok gazını değerlendirmek için gaz boşaltımında ÖN 1

Kok kurutma prosesinin optimizasyonu için soğutma kuyusunun aşağı akışında ÖN 2

Limit değerlere uygunluğun takibi için bacada ÖN 3

4.4.5 Alüminyum üretimi

Alüminyum, alüminyum oksidin elektroliziyle üretilir. Bunun için, alüminyum, yaklaşık 950 °C’lerde, karbon anodlarının batırıldığı eriyik kriyolit içinde çözündürülür. DC voltajı uygulandığında, alüminyum oksit, alüminyum ve oksijene bölünür. Alüminyum tankın dibinde birikir, bu birikinti atılır ve eritme fırınlarında artırılarak parmaklık haline getirilebilir. Farklı elektrolit fırınları mevcuttur; çoğu da tamamen kapsüllü fırınlardır. Elektroliz, karbon elektrotlarının yanması sonucu, öncelikle toz ve florin bileşim-

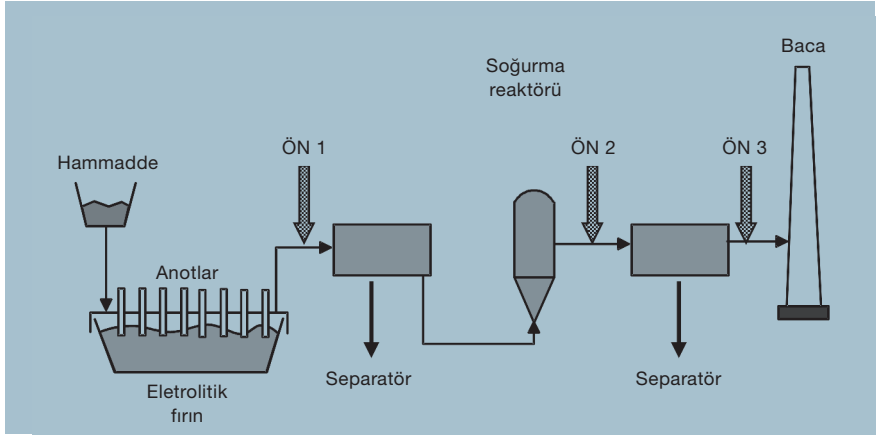
leri ile SO₂ ve CO üretir. Filtre tozları çoğu zaman geri dönüştürülür.

İzin verilen emisyonların, T1 Hava düzenlemelerine uyması gerekmektedir.

Alüminyum üretiminde gaz analizinin kullanım amaçları:

- Fırının optimum yönetimi
- Soğurma reaktörünün takibi
- Limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 34: Alüminyum üretimi için ölçüm noktaları proses akış şeması

4. Uygulama örnekleri

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Tesis optimizasyonu için eritme tankının aşağı akışı ÖN 1
- Soğurma reaktörünün aşağı akışı ÖN 2
- Limit değerlere uygunluğun takibi için bacada ÖN 3

4.4.6 Termal yüzey işleme

Isı işleme; çoğu metalden yapılmış işleme parçalarının sıcaklık değişimlerine maruz bırakılarak bu parçalarda, özellikle yüzeyde olmak üzere (kristal yapıda), belli özelliklerin elde edilmesini kapsayan tüm proseslere ait kapsayıcı bir kavramdır. Çevre atmosferin bileşimi burada hayati öneme sahiptir:

- Bazı proseslerde, O_2 , CO_2 veya H_2O ile yüzey oksidasyonunun, ısı işlemesi (temperleme, sertleştirme) sırasında engellenmesi gerekir. Bu da, herhangi bir oksidize edici ya da indirgeyici etkisi bulunmayan, kontrollü ve nötr gaz atmosferinin sağlanmasıyla elde edilir.
- Diğer proseslerdeki amaç, ısı işlemesine ek olarak, spesifik atmosfer bileşimiyle yüzey özelliklerini etkilemektir. Örneğin karbonlama sırasında karbon yüzeye yerleştirilir; karbonitrülleme sırasında ise nitrojen de yerleştirilir. Belli başlı uygulamalarda, karbonun yüzeyden karbonsuzlaştırma işlemiyle çıkarılması gerekir.

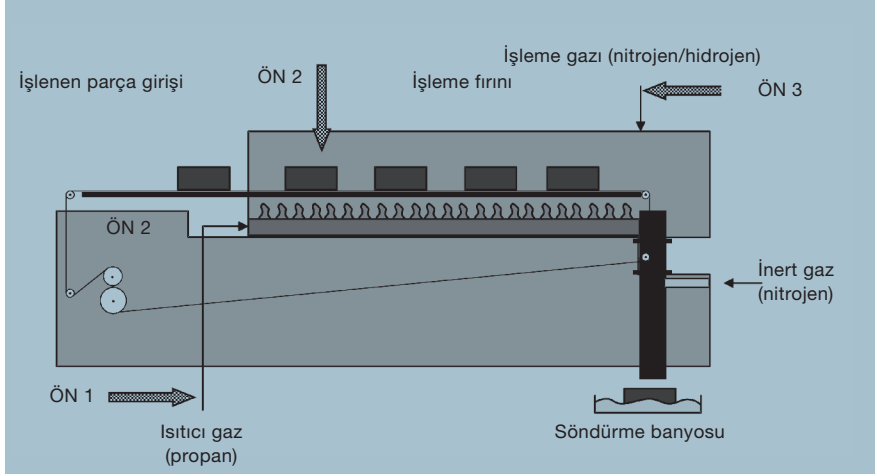
Isı işleme ise 800- 1200 °C'lik sıcaklıklardaki fırınlarda seriler halinde sürekli çalıştırmayla (sürekli kemer) yapılır; işlenen parçalar söndürme banyosuna atılır. Fırının (retort) ve konveyör bandının mühürlenmesi (retort), tanımlı gazın eklenmesi ve tesisin sızıntı bakımından takibi, tesisin doğru şekilde işlemesi için gerekli olan tüm ana prosedürlerdir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Fırın atmosferinin takibi
- İşleme gazı ve ısıtma gazının analizi

4. Uygulama örnekleri

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 35: Yüzey işleme için fırının ölçüm noktaları şeması

Ölçüm noktaları ve ölçüm görevleri

- Isıtma gazının takibi için ısıtma gazı girişinde ÖN 1
- Fırın atmosferinin takini için fırında ÖN 2
- Ayar ve takip için işleme gazı girişinde ÖN 3

En sık rastlanan analiz bileşenleri O_2 , CO , CO_2 ve CH_4 'dir.

4.5 Kimya sanayii

4.5.1 Proses ısıtıcıları

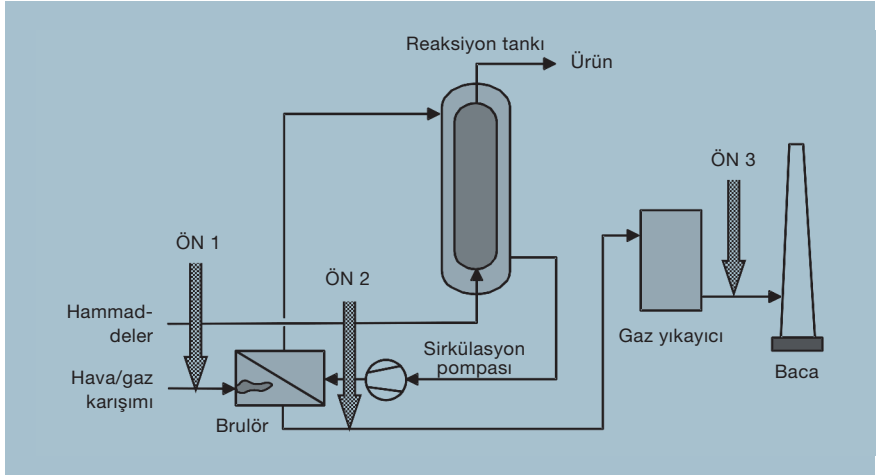
Neredeyse tüm kimyasal ve petrokimyasal tesislerin, nihai veya ara ürünleri üretmeleri için, yüksek sıcaklıklara, hatta bazı durumlarda aşırı ısıtılmış buhara ihtiyaçları bulunmaktadır. Aşağıdaki şekil, aşırı ısıtılmış buharın proses ısıtıcısında üretildiği ve reaksiyon sıcaklığı oluşturmak için çift duvarlı reaktörde kullanıldığı bir tesisten bahsetmektedir.

Bu tür yanma sistemlerinin TI Hava düzenlemelerine ya da 13. Alman Federal Emisyon Kontrol Kuralları (BIm-SchV)'na uyması gerekmektedir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Brülörün optimum ayara getirilmesi (yakıt tasarrufu ve emisyon azaltma)
- Yanma optimizasyonu
- Emisyon limit değerlerine uygunluğun takibi

Proses akış seması ve ölçüm noktaları



Şekil 36: Proses ısıtıcı için ölçüm noktalı proses akış şeması

4. Uygulama örnekleri

4.5.2 Rafineriler

Rafineriler (daha kesin olmak gerekirse, gaz yağı rafinerileri), benzin, dizel yağ, plastikler, elyaflar, deterjanlar, çözücüler gibi piyasaya sürülen petrol ürünlerinin, birçok proses adımı sayesinde ham yağdan üretildiği bir dizi işleme prosesini kapsamaktadır. Bu proses aşamalarının tamamı yüksek sıcaklıklarda çalışır ve bunun için sayısız yanma tesisinin kullanılması gerekir (bkz. 4.5.1).

Ham yağın işlenmesi atmosferik basınç altında ve yakl. 350 °C'de distilasyonla başlar; burada benzin, petrol ve gaz yağı (dizel yakıt) oluşturulabilir. Kalıntılar ağır akaryakıt olarak kullanılabilen bileşenlerden oluşur. Bu bileşenler daha sonra, motor yağı veya zift oluşturmak için yakl. 400 °C'de vakum distilasyonu ile işlenir.

Ancak, piyasada ihtiyaç duyulan bir dizi ürün tek başına distilasyonla elde edilemez. Bunun için özel prosesler uygulanır. Bu prosesler, sonraki işlemlerde ortaya çıkan ağır petrol distilatlarını kırarak daha hafif hidrokarbon (çatlatma üniteleri) elde

ederler ve ardından bu hidrokarbonları rafine ederler (yenilenen üniteler). Her iki proses de yakl. 500 °C veya üzeri sıcaklıklarda katalizör kullanılarak, bazen de akışkan yataklı prosesler kullanılarak yapılır. Aşağıdaki şekil, distilasyon kolonlarını, bitmiş ve ham haldeki maddelerin boşaltımını ve de baca gazlarının (artık gaz) yakma ve temizleme yöntemiyle işlenmesini anlatmaktadır.

Rafineriler SO₂, NOX, H₂S, partikül atma ve diğer hidrokarbonlar gibi kirletici maddeler için emisyon kaynaklarıdır. Emisyonlar hem kaçak kaynaklardan hem de baca kaynağından (birincil yanma prosesleri) gelir. Düşük emisyonlu yakıtların kullanılması, yanma önlemlerinin alınması ve baca gazı temizleme tesisleri sayesinde emisyonlar azaltılır.

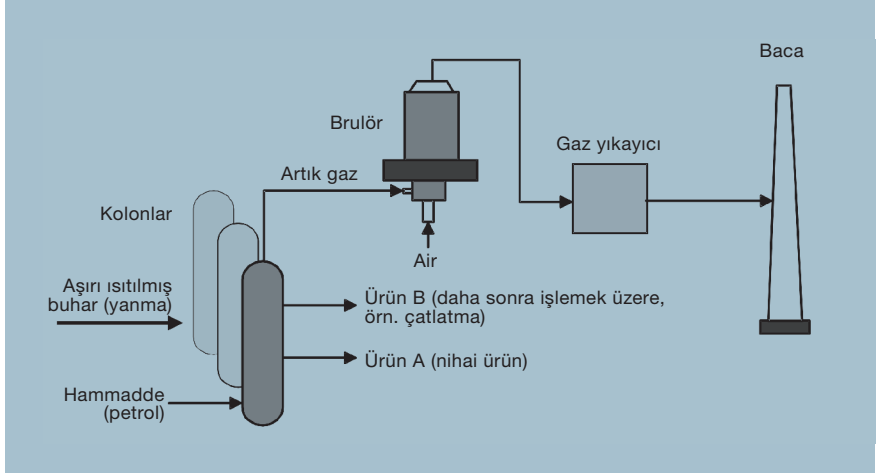
Örneğin Almanya'da, rafinerilerin ve her bir tesisin TI Hava düzenlemelerine uyması gereklidir. Özellikle yanma tesisleri, termal çıkışlarına bağlı olarak, 13. BImSchV kapsamında olabilirler.

Rafinerilerde gaz analizinin kullanım amaçları:

- Yanma sistemlerinin optimum ayara getirilmesi (yakıt tasarrufu ve emisyon azaltma)
- Baca gazı temizleme tesislerinin işlevinin takibi

- Emisyon limit değerlere uygunluğun takibi
- Personel ve tesis güvenliği (yangın ve patlama riski)

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 37: Rafineri için proses akış şeması (ölçüm noktasız)

Ölçüm görevleri

Tek bir rafineride birçok ayrı tesis bulunduğundan, burada belirli bir ölçüm noktası lokasyonu veya görevi belirtilmemiştir.

Ancak buhar üretimi ve kalıntı yakımı için sayısız yanma tesisini bir kez daha referans vermek isteriz. Bu tesisler bir rafineri içerisinde işletilmektedir ve gaz analizi için geniş çapta görevler sunarlar.

4. Uygulama örnekleri

4.5.3 Alev bacaları

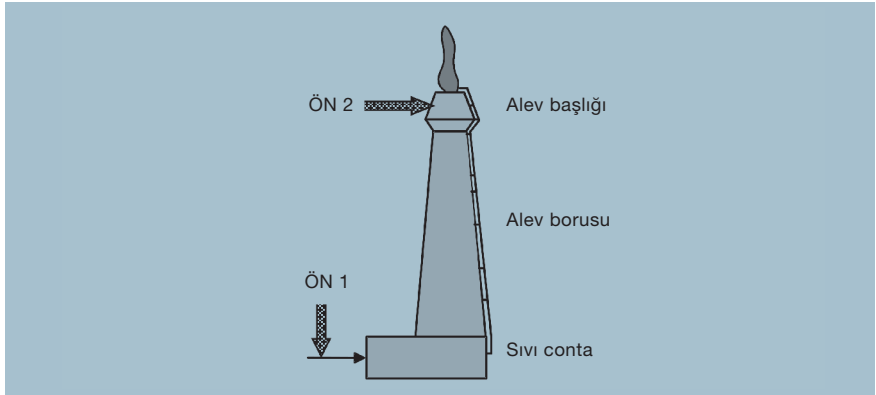
Alev bacaları, yağ kuyuları, rafineriler, diğer petrokimyasal ve kimyasal tesisler ya da çöp sahalarındaki baca gazlarının güvenli bir şekilde yanması için kullanılır. Düzenli olarak çalışan alev bacaları ile acil durumlarda güvenlik kurulumu olarak kullanılan ve proses hataları sırasında (patlamayı önlemek için) yanıcı gazları hızla boşaltan alev bacaları arasında bir fark vardır. Alev bacalarında çoğu zaman dumanı baskılamak için buhar enjektörleri veya

zayıf gazları yakmak için ilave ısıtıcılar gibi aksesuarlar bulunmaktadır. Havanın sızıntılarla veya baca tepesinden filtrelenmesi önem arz eder, çünkü bu durum sistem içinde patlamalara neden olabilir. Yıkama gazı veya hava deflektörü yardımıyla baca tepesinden boşaltım sağlanabilir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Baca gazı bileşiminin takibi
- Sızıntıların tespiti

Proses akış seması ve ölçüm noktaları



Şekil 38: Alev sisteminin tasarımı

4.5.4 Kalıntı yakma

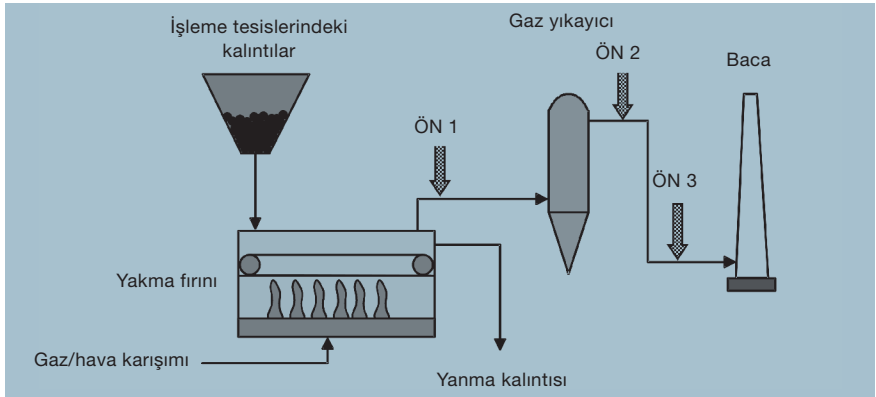
Örneğin kimya sanayiindeki birçok endüstriyel proses sıvı veya gaz halde kalıntılar ve atık materyaller oluşturur. Bunların güvenli bir şekilde atılmasının tek yolu yakmaktır. Kalıntı yakma tesisleri bu amaçla kullanılır. Bu tesisler, kalıntıları, 900 ile 1300 °C arasındaki sıcaklıklarda döner fırınlarda yakar ve çevreye dost küllere veya cürüflara dönüştürür. Uygulama örneği 4.2.1'e bakınız.

Sonuçta ortaya çıkan baca gazlarının uygun temizleme proseslerinden geçirilmesi gerekmektedir. Almanya'da salındıklarında izin verilen baca gazı bileşimleri, 17. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV)'na uymalıdır.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Yanma proseslerinin optimizasyonu
- Baca gazı temizleme tesislerinin performansının takibi
- Limit değerlere uygunluğun takibi

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 39: Kalıntı yakma tesisi için ölçüm noktaları proses akış şeması

4. Uygulama örnekleri

Ölçüm görevleri

- Optimize madde tedariki ve yakma koşulları için kazanda ÖN 1
- Performans takibi için baca gazı temizleme kurulumlarında veya kurulumlar arasında ÖN 2
- Limit değerlere uygunluğun takibi için bacada ÖN 3

Bu uygulamaya ilişkin bilgi:

- Ham gaz (temizleme prosesleri öncesinde) çoğu zaman HCl, HF ve HCN gibi agresif görülen bileşenler içerir. Bunun için ısıtılmış bir örnekleme sistemi kullanılır. Ayrıca, SO₂ sensörünün Cl₂ (80%) ve HCl (15%)'e olan çapraz hassasiyeti mutlaka dikkate alınmalıdır.
- Yakıt (kalıntı) bileşimi, çoğu zaman teslimata göre değişmektedir. Bu durum okumalarda önemli dalgalanmalara sebep olabilir.
- Elektrostatik tutucunun aşağı akış ölçümleri için, probun mutlaka topraklanması gerekmektedir.

4.6 Diğerleri

4.6.1 Krematoryum

Krematoryum için aşağıdaki tabloda gösterilen limit değerler 1997 yılında yayınlanan 27. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV)'nda belirlenmiştir.

Ölçüm parametresi	Limit değerler
CO	50 mg/m ³
C _{toplam}	20 mg/m ³
Toz	10 mg/m ³
Dioksin+furan	0,1 ng/m ³
O ₂ (referans değer)	%11

Tablo 38: Krematoryum için limit değerler

4. Uygulama örnekleri

4.6.2 Motor test yatakları

Motor test yatakları yeni motorların geliştirilmesi ve test edilmesi ile bu motorların performans ve dayanıklılık testlerinin yapılması için kullanılmaktadır. Araç motorları ile sabit motorların test yatakları birbirinden farklıdır.

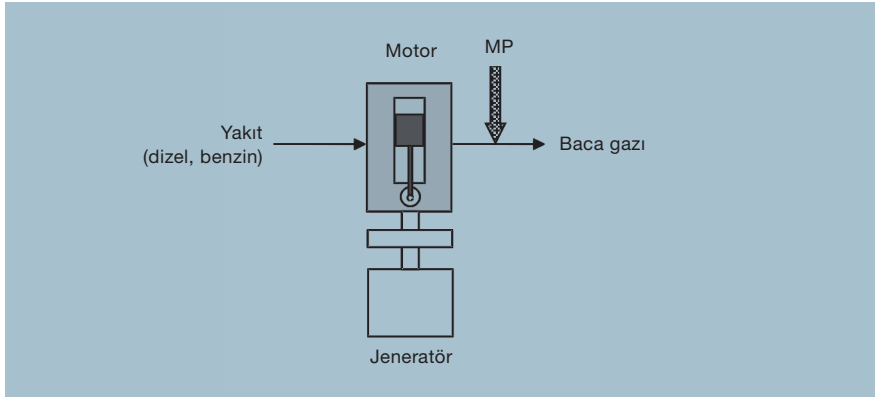
Sabit motorlar genel olarak elektrik üretmek için ve kojenerasyon tesislerinde kullanılmaktadır. Sabit motorlarda araç motorlarınıninkine benzer egzoz gazı emisyon tayfı bulunur. Buradaki bileşenler NO_x , SO_2 CO ve hidrokarbonlardır. Dizel motorlu egzoz gazında kurum partikülleri bulunur. 4. BImSchV

uyarınca, bu tür motorlar 1MW üzeri kapasitelerde ilave onaya tabidir (atık yağ veya çöp gazıyla çalışan motorlarda sınır yoktur). İlgili düzenlemeler TI Hava'da mevcuttur. 1991 yılında, dinamik örnekleme koşulu gereği limitler daha katı hale getirilmiştir.

Gaz analizinin kullanım amaçları:

- Geliştirme işleri kapsamında ölçüm yapılması
- Dayanıklılık testleri kapsamında ölçüm yapılması
- Onay prosedürleri kapsamında ölçüm yapılması

Proses akış şeması ve ölçüm noktaları



Şekil 40: Motor test yatağı için ölçüm noktalı proses akış şeması

5. Testo gaz analiz teknolojisi

5.1 Şirket



Fiziksel ve kimyasal parametrelerin taşınabilir cihazlarla elektronik olarak ölçülmesi

Lenzkirch'in Black Forest bölgesinde konumlanan Testo Şirketler Grubunun 60 yılı aşkın uzmanlık alanı bu ölçümlerdir. 1957 yılında kurulduğundan bu yana orta ölçekli bir şirket olan Testo SE & Co. KGaA, aşağıdaki amaçlar doğrultusunda, problemler ve taşınabilir ölçüm cihazlarının geliştirilmesinde, üretilmesinde ve tüm dünyaya dağıtılmasında önemli bir rol oynamaktadır:

- Sıcaklık ve nem
- Akış ve basınç
- Gazlardaki bileşenler (gaz analizi)
- Sıvılardaki analitikler (sıvı analizi)
- Işık, ses ve hız
- Elektriksel ölçüm parametreleri

Testo, geniş uygulama alanı sayesinde, iş adamları ve yetkili merciler ile birlikte, havalandırma ve soğutma, gıda, ısıtma, güç üretimi, metalik olmayan madenler, kimya ve proses mühendisliği gibi sayısız endüstride varlığını sürdürmektedir.

Testo, tüm dünyada, ürünlerinin performansı, kalitesi ve kullanıcı odaklı olması sayesinde, son derece saygın bir ortak haline gelmiştir.

Portatif ölçüm cihazları, ölçüm alanına kalıcı olarak kurulan sabit cihazlardan farklıdır. Başlıca farklılıkları aşağıda verilmiştir:

- Sabit cihazlarda, cihazın çalıştırıldığı ortam optimal olarak tasarlanabilir (havalandırılmalı evler veya analiz konteyneri, stabilize güç kaynağı vs. dikkate alınarak); ve cihazlar, ağırlık veya boyut açısından önemli kısıtlamalara tabi olmadan, en yüksek doğruluk seviyesi, operasyonel güvenilirlik ve kullanım kolaylığı sağlayacak şekilde geliştirilebilirler.
- Öte yandan mobil cihazlar zorlu ve sürekli değişen çevre koşullarında çalışırlar. Çoğu zaman, güç kaynağı olmadan çalışmaları gerekir; ve ağırlık ve boyut bakımından taşınabilir özelliğine uygun olmak duru-

5. Testo gaz analiz teknolojisi

mundadır. Bu da geliştirme ve üretim aşamalarında önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Cihazın geliştirilmesi ve kurulması konusundaki birbirinden farklı zorluklar ışığında, taşınabilir ve sabit cihazlar için, özellikle gaz analiz alanında birçok uygulama alanı oluşmuştur; dolayısıyla bu cihazlar birbirlerini tamamlamakta ve çok nadiren birbirleriyle karşı karşıya kalmaktadır.

Ancak, Testo'nun son zamanlarda sürekli yaptığı geliştirme çalışmaları sayesinde, taşınabilir cihazlar çok büyük güç kazanmış ve "taşınabilirliklerinden" ödün vermeden, sabit cihazlara ait bazı görev alanlarında ilerleme kaydetmişlerdir. Isıtılmış gaz kanalları, ölçüm gaz soğutucuları, otomatik hava temizleme, gaz örnekleme problemleri, cihaz ısıtma ve soğutma, çalışma esnasında laptop ve veri yolu teknolojilerinin kullanımı, veri işleme ve iletişim bu gelişmelere örnek olarak verilebilir.

Testo, uzun süreli ölçüm için onaylanan ve Almanya'daki 17. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BImSchV)'nin zorlu kalifikasyon testleri ile ABD'deki onay testlerini başarıyla geçen taşınabilir gaz analizörleri sunmak-

tadır. Sonuç olarak önceki versiyonlara kıyasla, cihazlar önemli oranda genişletilmiş uygulama alanlarına sahiptirler. Bunlar en iyi olarak "birçok endüstride kullanılan yanma egzoz gazı ölçümleri" şeklinde tanımlanabilirler. Bu rehberin 4. Bölümünde bu konu hakkında birçok örnek bulabilirsiniz.

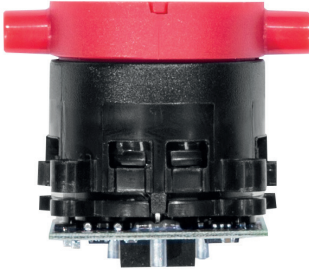
Aşağıdaki sayfalarda Testo gaz analizörlerinin mevcut ürün aralığı hakkında genel bir bilgi edinebilirsiniz. Buradaki amaç, çeşitli cihazları ve bu cihazların özelliklerini anlatmak ve analiz görevine uygun doğru seçimi yapabilmesi için kullanıcıya yardımcı olmaktır.

Daha ayrıntılı bilgi için, ilgili cihaz dokümantasyonuna bakınız.

5.2 Tipik özellikler

Genel bilgi

Testo gaz analizörleri, 30 yılı aşkın bir süredir, hem endüstrideki hem de yetkili mercilerle birlikte ticaretteki değerini tüm dünyaya kanıtlamıştır. Aynı durum, örnek hatların optimizasyonu, çapraz hasssiyete doğru zamanda izin verme, ölçüm gazının güvenilir şekilde



Şekil 41: Elektrokimyasal sensör

işlenmesi ve kullanıcı tarafından kolay değiştirilebilme özelliği gibi ölçüm hücreleri ve bu hücrelerin çevreleri için de geçerlidir.

Testo, ölçüm teknolojisindeki yüksek inovasyon hızının öncülerindedir. Satışların %70'ini 3 yaşından küçük ürünler oluşturmakta.

Bu yenilikçi bakış açısı, kaliteye atfedilen önemle birleşmektedir. Testo, 1992 yılında, ISO 9001 kalite sertifikasını almış ve aynı sertifikayı 1997 yılında yeniden tasdik ettirmiştir.

Testo gaz analizörlerinin nitelikleri aşağıdaki gibidir:

- Cihazlar elde taşımaya uygun olabilir veya küçük bir çanta boyutunda olabilirler. Buna rağmen elde veya taşıma arabasıyla taşınabilirler. Cihazlar sürekli ölçüm yaparlar.
- Ürün kapsamı geniştir ve uygun ekipman ve performans verileriyle birlikte tüm amaçlara uygun cihaz mevcuttur. Gaz bileşenlerini tek tek belirleyen veya çoklu gaz bileşenlerini aynı anda belirleyen cihazlar bulunur.

5. Testo gaz analiz teknolojisi

- Cihazlar, 17. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV)'yla ilgili olarak taleplerinin fazlalığıyla bilinen test dahil olmak üzere, birçok sertifikasyon ve uygunluk testini başarıyla tamamlamıştır.
- Cihazlar, diğer gaz analizörlerine kıyasla, önemli oranda etkin maliyetlidir.
- Cihazların korunması oldukça kolaydır ve çalıştırılması da düşük maliyetlidir. Kullanıcılar bakımların çoğunu kendi kendilerine yapabilirler.
- Cihazlar oldukça ayrıntılı dokümanlarla birlikte teslim edilirler. Testo, aynı zamanda özel bilgiler de sunarak kullanıcılarını desteklemeyi amaçlar (bkz. bu Kılavuz).

Performans

testo 350 gaz analizörü, Testo cihaz teknolojisinin yüksek seviyeli performansını gösteren birçok kalifikasyon testini başarıyla geçmiştir:

- Sürekli emisyon ölçümlerinin kalifikasyon testi, NO, NO₂, SO₂, CO ve O₂ bileşenleri için, bir atık yakma tesisinde gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda, testo 350'nin, 13.ve 17. Alman Federal İmisyon Kontrol Kuralları (BlmSchV) ve

TI Hava (TI Luft)'ya tabi olan kurulumlarda, sürekli kullanıma (bakım aralığı 14 gün) uygun olduğu koşulsuz olarak teyit edilmiştir.

- TI Hava tesislerinde ölçümlerin yapılması amacıyla taşınabilir ölçüm cihazları için DIN EN 50379-1 ve -2 uyarınca kalifikasyon testi. Bu test de buhar kazanları, gazlı ve dizel motorlar, gaz türbinleri ve atık yakma tesislerini kapsayan tesis türlerinde kömür, doğalgaz, dijestör gazı, ahşap ve ev atıklarını kapsayan yakıtlar için koşulsuz şekilde tamamlanmıştır.
- ABD'de testo 350, NO_x, CO ve O₂ ölçümleri için performans spesifikasyonları ile koşullu test yöntemi CTM-030 ve 034 gerekliliklerini karşılamaktadır. Ayrıca sabit ölçüm cihazının hatalı çalışması durumunda yedekleme cihazı olarak onaylanmıştır.

Tüm bileşenler için DIN 33962'de TÜV testi uyarınca, ölçüm doğruluğu, MR nihai değerinde (Tablo 39) %1,5'ten azdır; dolayısıyla DIN 33962'de gerekli olan orandan (5%) üç kat daha iyidir.

5.3 Testo endüstriyel baca gazı analizörlerinin genel özeti

Endüstriyel cihazların halihazırda üç türü bulunmaktadır:

1) testo 340 –

el tipi ölçüm cihazı

testo 340, endüstriyel baca gazı analizine uygun, el tipi ölçüm cihazıdır. Kompakt tasarımı sayesinde maksimum mobilite sağlar. Güvenilir teknoloji sayesinde, uluslararası servis atamaları için, yanma ve güç üretim tesislerinin görevlendirilmeleri

ve kontrol ölçümleri için idealdir. O₂ sensörüne ek olarak, ilave üç adet sensör (CO, CO_{düşük}, NO, NO_{düşük}, NO₂ veya SO₂) ihtiyacınıza uygun olarak kullanılabilir. testo 340 yerleşik akış/diferansiyel basınç ölçümü, tek seyreltim (faktör x5) ve tüm sensörlerin seyreltimine (faktör x2) sahiptir.



Şekil 42: testo 340 – endüstriye uygun baca gazı analizörü, aksesuarlı

5. Testo gaz analiz teknolojisi

2) testo 350 –

Taşınabilir analizör sistemi

testo 350 endüstriyel baca gazı analizine uygun, taşınabilir bir analizör sistemidir. Maksimum 16 analizör ünitesine ve bir adet kontrol ünitesine sahiptir. 350 analizör ünitesi/üniteleri, hem testo 350 ünitesi ile hem de PC veya Android uygulamasıyla (USB, Bluetooth veya CANCase) kontrol edilebilir.

testo 350, endüstriyel emisyon ölçümlerinde pratik ihtiyaçlara özel olarak tasarlanmıştır; örneğin endüstriyel motorlar, brülörler, gaz türbinleri, termal proseslerdeki emisyonları ölçmekte

kullanılır.

O₂ sensörüne ek olarak, ilave beş adet sensör (CO, CO_{düşük}, CO₂, NO, NO_{düşük}, NO₂, SO₂, H₂S veya C_xH_y) pratik ihtiyaçlarınıza uygun olarak kullanılabilir.

testo 350 aynı zamanda yerleşik akış/diferansiyel basınç ölçümü, basınç probu girişi Tip K NiCr-Ni ile Tip S, Pt10Rh-Pt, şarj edilebilir batarya, entegre yanma havası probu (NTC), triger girişi, tek seyretim faktörü (x2, x5, x10, x20, x40) ve tüm sensörlerin seyretimine (faktör x5) sahiptir.



Şekil 43: testo 350 – endüstriyel emisyon ölçümü için baca gazı analizör sistemi

3) testo 350 MARITIME –

Marin dizel motorlar için baca gazı analizörü

testo 350 MARITIME, marin dizel motorlardaki emisyonları ölçme amaçlı, denize uygun, sertifikalı¹⁾ ve taşınabilir bir baca gazı analizörüdür. testo 350 MARITIME, NO_x Teknik Kodu 2008 uyarınca aşağıdaki güverte doğrulama araştırmalarında kullanılabilir:

- Güvertede direkt ölçüm ve takip yapılması (örn.; periyodik ve ara araştırmalar), basitleştirilmiş ölçüm yöntemi uygulaması; örn.: motorda herhangi bir modifikasyon veya ayarlama yapıldıysa.

- MARPOL Ek VI'da şartları belirtilen NO_x limit değerlerinin denetimi. Bu değerler, mesela, düzenleyici NO_x kontrolleri sırasında denetlenebilir. NO_x ölçümü, belli başlı NO_x vergi gerekliliklerinin hakim olduğu özel bölgelerde (örn.: Norveç) NO_x azalma kanıtı olarak da kullanılabilir.

testo 350 MARITIME'da altı adet gaz sensörü (O₂, CO, CO₂-IR), NO, NO₂, SO₂) mevcuttur ve şunları içerir: gaz koşullandırma ünitesi, tek yuvalı O₂ için ölçüm aralığı uzatması, uzun süreli ölçüme uygun temiz hava valfi, diferensiyel basınç sensörü, sıcaklık



Şekil 44: testo 350 MARITIME – marin deniz motorları için baca gazı analizörü



5. Testo gaz analiz teknolojisi

probu girişi Tip K NiCr-Ni ve Type S Pt10Rh-Pt, Testo veri yolu bağlantısı, şarj edilebilir batarya, entegre yanma havası probu (NTC), tetikleyici girişi, ölçüm verisi hafızası ve USB portu.

1) Sertifika: Germanischer Lloyd (DNV GL) sertifika no. 37811 - 12 HH, MARPOL Ek VI ve NOx Teknik Kodu 2008 ile Nippon Kaiji Kyokai (NK Sınıfı) sertifika no. 14DD001B. Bununla birlikte, testo 350 MARITIME, marin ekipmanları direktifini karşılamaktadır ve MED uygunluk işareti 0098/12'ye sahiptir.

Gaz bileşeni	testo 340	testo 350	testo 350 MARITIME
O ₂	% 0 ila +25 hacim	% 0 ila +25 hacim	% 0 ila +25 hacim
CO _{düşük}	0 ila 500 ppm	0 ila 500 ppm	
CO	0 ila 10 000 ppm	0 ila 10 000 ppm	0 ila 3 000 ppm
CO _{yüksek}	700 ppm ila 20 000 ppm	2 500 ... 50 000 ppm	
CO ₂ (IR)		% 0 ila 50 hacim	% 0 ila 40 hacim
SO ₂	0 ila 10 000 ppm	0 ila 25 000 ppm	0 ila 3 000 ppm
H ₂ S		0 ila 1 500 ppm	
NO _{düşük}	0 ila 300 ppm	0 ila 300 ppm	
NO	0 ila 8 000 ppm	0 ila 20 000 ppm	0 ila 3 000 ppm
NO ₂	0 ila 1 000 ppm	0 ila 2 500 ppm	0 ila 500 ppm
C _x H _y			
Metan		100 ila 40 000 ppm	
Propan dk.		100 ila 21 000 ppm	
Butan dk.		100 ila 18 000 ppm	
Sensör sayısı	2 ila 4	2 ila 6	6

Tablo 39: Ölçüm aralığı ve doğruluklar

5.4 Aksesuarların genel özeti

Analizör (el tipi ölçüm cihazı veya analizör ünitesi), gerekli aksesuarlarla birlikte, işevsel bir ölçüm sistemine dönüşür. Aşağıdaki tablo farklı aksesuar kategorilerini göstermektedir; bu aksesuarlar esansiyel örnekleme ekipmanı, ilave veri çıkış opsiyonları, özel koşullarda çalışma iyileştirmeleri ve takviyelerden oluşmaktadır.

Bazı aksesuarlar analizöre özgüdür, ancak diğerleri genel amaçlarla kullanılabilir. Ayrıntılı bilgi için cihaz dokümantasyonuna bakınız.

Örnek gaz ekstraksiyonu ve şartlandırma aksesuarları

Örnek alma ve hazırlama, doğru ve tutarlı ölçüm sonuçlarına ulaşmak için ve ölçüm ekipmanının servis ömrü açısından son derece önemlidir. Bu proses esnasında özellikle aşağıdaki iki hata kaynağının elenmesi gerekir:

- Baca gazı bileşenleri (agresif bileşenler ve kir) nedeniyle ölçüm ekipmanına hasar gelmesi
- Ölçümden önce baca gazındaki nemle reaksiyona giren gaz bileşenlerinin tanımlanmamış şekilde yok edilmesi sonucu ölçüm sonuçlarında hata olması

Bölüm 3.1.2'deki açıklayıcı yorumlara bakınız.

5. Testo gaz analiz teknolojisi

Baca gazı problemleri

Testo SE & CO. KGaA uygulama alanları doğrultusunda bir dizi inovatif baca gazı probu geliştirmiştir; bu problemler, testo 340 ve testo 350 baca gazı analizörleri ile birleştiklerinde, çok yüksek sıcaklıkların, agresif kondensatın, yüksek toz konsantrasyonlarının veya yüksek mekanik baskıların olduğu durumlarda kullanılabilir.

Modüler standart gaz örnekleme probu



Standart gaz örnekleme problemleri farklı sıcaklıklara uygun olarak (500 °C / 1000 °C), farklı boyutlarda (335 mm / 700 mm) mevcuttur; hatta tozlu baca gazları için ön filtre de sunulmaktadır.

Endüstriyel motorlar için baca gazı probu



Endüstriyel motorlara uygun baca gazı problemleri, sabit endüstriyel motorlarda (örn. gaz / dizel motorlar) ölçüm yapmak için idealdir. Işınan ısı nedeniyle tutacakta erime olmaması için tama-

men metalden yapılmıştır.

SO₂ low probu



Isıtılmamış veya ısıtılmış SO₂ düşük kiti, özellikle, indirgeyici SO₂ konsantrasyonlarının etkililiğini belirlemek için, baca gazı ikincil işlemi (örn.: gaz yıkayıcılar) sonrasında ölçüm yapılmasına uygundur. Mesela, hem ham gazdaki hem de temiz gazdaki SO₂ konsantrasyonları bu şekilde ölçülür.

Endüstriyel gaz örnekleme probu

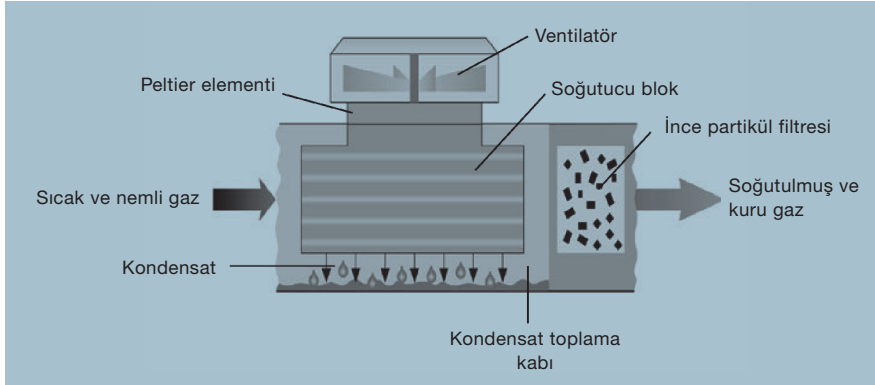


Isıtılmamış veya ısıtılmış endüstriyel gaz örnekleme probu, yüksek sıcaklık, yüksek toz yükü veya ıslak baca gazı durumlarında ölçüm yapmak için uygundur. Problemler, çeşitli aksesuarların eklenmesiyle, ölçüm görevine uygun şekilde özelleştirilebilir.

Gaz şartlandırma

Gerekli önlemler alınmadan, nemli baca gazında yapılacak ölçümler, çok düşük SO_2 ve NO_2 okumalarına yol açar. Bu durum, baca gazındaki nemin soğuduktan sonra yoğuşmasıyla oluşan suyla, buradaki gaz bileşenlerinin reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Kondensatta önemli ve tanımlanmamış (!) oranlarda SO_2 ve NO_2 bulunur; bu da gazda ölçülemez.

Bu etkiyi önlemek veya miktarını belirlemek için, kompakt gaz şartlandırma (Şekil 45) veya Peltier soğutucusu vasıtasıyla gazı soğutan ve proses sırasında kurutan cihazlara yerleştirilen soğutucular kullanılır. Kondensat nedeniyle bir kısım SO_2 ve NO_2 yine de kaybolur, ancak bu durum soğutma sıcaklığı ile tanımlanabilir. Dolayısıyla, (kuru) gazda yapılacak bir sonraki ölçüm, soğutma sıcaklığına bakılarak doğru sonuçlar verecektir.



Şekil 45: Testo gaz şartlandırma, şema

5. Testo gaz analiz teknolojisi

Özel gaz boruları

Kondensat oluşumu ve bu oluşumun SO₂ ile NO₂ konsantrasyonları üzerindeki etkisi, reaksiyon için gereken zamana bağlı olarak değişir. Yüksek akış hızlarının burada pozitif bir etkisi vardır. Testo, bu bakış açısıyla, hortumun ısıtılmadan da kullanılabilmesi, patentli ve yeni bir gelişme kaydetmiştir. Burada gazı ileten hortumun çapı küçüktür, dolayısıyla yüksek hız oluşturur. Kullanılan materyal, çok düşük absorpsiyona sahip olduğu bilinen PTFE'dir.

Sistem çözümleri

Bir adet örnekleme probu, gaz hatları (tüp veya hortum şeklinde), kalın ve ince filtreler ve bir adet soğutma ünitesinden oluşan, örnek gaz ekstraksiyonu ve şartlandırma amaçlı, eksiksiz bir sistem. Testo örnekleme aksesuarlarını çok iyi koordine etmiştir; modüllerin birleştirilmesiyle mükemmel sistem çözümleri elde edilebilir. Cihazların bazılarında, yerleşik ölçüm gaz soğutuculu testo 350'de olduğu gibi, örnek şartlandırma üniteleri mevcuttur.

Testo merkez ofisi

Testo SE & Co. KGaA
Testo-Strasse 1
D-79853 Lenzkirch, Almanya
Tel: +49 7653 681-700
Faks: +49 7653 681-701
info@testo.de
www.testo.com

Dünyanın dört bir yanında bulunan yan kuruluşlarımız ve bayilerimizin iletişim bilgilerine websitemizden erişebilirsiniz:
www.testo.com.tr

Dizin

Hava oranı, hava fazlası	11ff, 14	Elektrokimyasal sensörler	70
Alüminyum üretimi	119ff	Emisyon limit değeri	41
Amonyak	22, 37, 52	Emisyon, emisyon kontrolü	29, 38
Uygulamalar	79ff	Emisyon takibi (ABD)	48
BImSchG, BImSchV	39ff	Enerji dengesi	24
Tuğla üretimi	104ff	Enerji içeriği	6
Kalibrasyon	64	Motor test yatakları	130
Karbon oksitler	19ff	Patlama limiti	37
Çimento üretimi	100ff	Ekstraktif cihazlar	66
Seramik/porselen üretimi	102ff	Alev iyonizasyon yöntemi (FID)	68, 77
Kemilüminesans yöntemi	74	Yanıcı limit	37
Temiz Hava Yasası	38, 48	Baca Alevleri	126
Kömür ateşlemeli elektrik santrali	88ff	Akış hızı	27, 142
Kojenerasyon tesisi	91	Baca gazı	8, 19ff
Kok tesisleri	117ff	Baca gazı temizleme	50
Kombine çevrimli elektrik santrali	93	Baca gazı kaybı	23ff
Yanma	5ff	Akışkan yataklı yanma	52
Yanma havası	8, 11, 16	Enerji formları	5
Yanma şeması	15, 31	Yakıt; ve yanma	10
Yanma optimizasyonu	31ff	Gaz analizörü, genel	65ff
Yanma tesisleri	8ff	Gaz analizörleri (Testo)	135ff
Konsantrasyon spesifikasyonları	54ff	Gaz yanma tesisi	82ff
Kondensat	26	Gaz örnekleme problemleri	140
Sürekli ölçüm	43ff	Gaz türbin tesisi	84ff
Konsantrasyon çevrimleri	55ff	Cam hacmi	16
Kremasyon	47	Cam üretimi	106ff
Çapraz hassasiyet	62ff	Sera etkisi	7
Tozdan arındırma işlemi	51	Üst ısı değer, yoğuşmalı kazan	23ff
Denitrifikasyon yöntemleri	52	Isı etkisi yöntemi	37, 75ff
Desülfürizasyon işlemi	53	Isıtılmış hatlar	27ff
Çiğleşme noktası	26ff	Nem içeriği	17, 26, 62
Seyreltici etki	17	Nem ölçümü	78
Toz	8ff, 22	Hidrokarbonlar	21, 76
Ekonomik verimlilik	12	Hidrojen sülfür	21
Verimlilik	23ff	İdeal yanma	11

İmisyon	38	Sinterleme tesisleri	111
Ayrı ölçüm	43	Küçük yanma tesisleri	41
Endüstriyel yanma tesisi	35	Katı yakıtlı yanma sistemi	80ff
Kızılötesi yöntem	73	Katı halde elektrolit	68, 70, 77
Saha cihazları	77	Aşamalı hava tedariki	20, 52
Yetersiz hava	15, 31ff	Standart koşullar	55
Demir üretimi	113ff	Çelik üretimi	115ff
Büyük yanma tesisleri	45	Stoikiyometrik koşullar	11, 16
Kireç üretimi	109ff	Sülfür dioksit	20
MAC değeri	19ff	Yüzey işleme	36, 121
Ölçüm doğruluğu, Testo	138	Test gazı	64
Ölçüm gaz soğutucu	27, 61, 69, 142	Testo, cihaz verisi	138
Gazlar için ölçüm ilkeleri	70ff	Testo, aksesuarların genel özeti	139
Net ısı değeri	23	Testo, cihazların genel özeti	135ff
Nitrojen, nitrojen oksitler	19ff	Testo, şirket	131
Yağ ateşlemeli kurulum	86ff	Termal yakma sonrası	98
Maden işleme	111	Termal iletkenlik yöntemi	75
Oksidasyon	7	Termal yüzey işleme	36, 121
Paramanyetik yöntem	75	TI hava	41ff
Peltier soğutucu	28, 141	Toplam karbon (Toplam C)	21
Taşınabilir cihazlar	69	ABD, mevzuat	48ff
ppm	54ff	UV yöntemi	74
Proses analizi	65	Atık yakma	21, 44, 94ff
Proses kontrolü	34	Atık pirolizi	97ff
Proses ısıtıcı	34, 123	Sıfır gaz	64
Kalifikasyon testi	47, 132ff	Zirkonyum dioksit probu	77
İndirgeyici atmosfer	13		
Referans değeri	16, 18		
Rafineriler	124ff		
Kalıntı yakma	127		
Güvenlik ölçümleri	37		
Örnekleme	60ff		
SCR prosesi	20, 22, 52		
Sensör, sensör sistemi	65		
Siegert formülü	25		

Testo Türkiye
Fulya Mah. Vefa Deresi Sok.
Gayrettepe İş Mrk. C-Blok No:5/1
D:2-3-4-5 34394 Şişli İstanbul
Tel: 0212 217 01 55
Faks: 0212 217 02 21