

KİREÇ BAZLI ISLAK BACA GAZI DESÜLFÜRİZASYON SİSTEMLERİ (WET SCRUBBER)

Çağdaş YEŞİL

Makine Yüksek Mühendisi

ENEVA ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİK SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.

cagdas@enevaenerji.com.tr

ÖZET

Atmosfer için kirletici nitelikte olan ve yer kürenin doğal dengesini bozan zararlı emisyonlar oldukça fazla sayıdadır. Bunlara örnek olarak kimyasal prosesler sonucu açığa çıkan hidrokarbonlar, fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan kükürt bileşikleri (SO_x), azot oksitler (NO_x), karbonun eksik yanması sonucu açığa çıkan karbon monoksit (CO) ve özellikle kömür – linyit gibi katı yakıtlar yakan termik santrallerde açığa çıkan cıva bileşikleri gibi daha bir çok kirletici sayılabilir. Bu kirletici emisyonların üretilmesinde yapay kaynakların haricinde, volkanik olaylar gibi doğal kaynakların da rolü mevcuttur. Bu sayılan kirleticilerin hemen hepsinin atmosfere atılmadan önce belirli bir oranda duman gazı bünyesinden alınması mümkündür. Böylelikle, bu kirleticilerin atmosfere olumsuz etkileri azaltılmış hatta ortadan kaldırılmış olabilmektedir. Her bir kirleticinin temizlenmesi işlemi ayrı bir teknoloji ve ayrı bir araştırma konusudur. Bu çalışmada kükürt oksitlerin temizlenmesi (FGD veya Desülfürizasyon) hakkında kısaca bilgi verilecek ve kule tipi ıslak filtrelerde kireç bazlı desülfürizasyon prosesi daha detaylı olarak incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Kükürt Oksitler, Desülfürizasyon, Islak Filtre

KÜKÜRT OKSİTLER (SO_x) VE ETKİLERİ

Kükürt (Sülfür) oksitler oksijen ve kükürt elementlerinden oluşan, atmosferik şartlarda özellikle kükürt di oksit (SO_2) formunda yaygın olan kirletici nitelikteki bileşiklerdir. Normalde renksiz olan, $100 - 3.000 \mu g/m^3$ aralığındaki konsantrasyonlarda tat ve koku ile fark edilebilen, $10.000 \mu g/m^3$ seviyelerinde ise keskin bir koku ile hissedilebilen gazlardır. SO_2 atmosferik şartlarda su ile çok kolay reaksiyona girerek hidrojen sülfür (H_2SO_3) oluşturabilir. Diğer bir form olan SO_3 ise SO_2 kadar yaygın olmamakla birlikte, direkt kaynaktan atmosfere verilebileceği gibi SO_2 'nin dönüşüm reaksiyonlarıyla da oluşabilir. SO_3 gazının su ile reaksiyonu sonucu korozif sülfürik asit (H_2SO_4) oluşumu gözlenir.

Kükürt oksitler fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkabildiği gibi özellikle önemli bir miktarı da (%35-65) doğal olaylar sonucu açığa çıkar (Volkanlar). Termik santraller, endüstriyel kazanlar, ergitme fırınları ve çimento tesisleri kükürlü yakıtlar yakarak SO_x üreten başlıca yapay kaynaklardır. Bunun yanında evsel fosil yakıt kullanımı ve motorlu araçlardan salınan egzoz gazları da diğer SO_x kaynaklarındandır.

Kükürt di oksidin (SO_2) periyodik olarak atmosfere salınımının insan ve bitki toplulukları üzerinde ciddi etkileri olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık rüzgar, nemlilik ve bölgeye bağlı olarak SO_2 gazları yer seviyesine yakın bulunabilir. 1952 yılında Londra'da, şehir merkezinde yapılan ölçüm sonunda konsantrasyonun $3.500 \mu g/m^3$ seviyesine ulaştığı ve 5 gün boyunca kaldığı gözlemlenmiştir. SO_2 gazına karşı korunmasızlık sonucu erken ölüm oranları, solunum problemleri, göz, burun ve boğaz tahrişleri gibi sağlık problemleri tespit edilmiştir. $1.000 \mu g/m^3$ konsantrasyonunda en az 10 dakika maruz kalma durumunda bu belirtiler hissedilmektedir. SO_2 emisyonları orman ve tarımsal bitki örtüsüne de ciddi zararlar vermektedir. Yapılan araştırmalarla SO_2 kaynaklarına yakın bitki örtüsünün erken yok olma ve üremesinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Emisyon kaynağından uzaklarda bulunan bitki örtüsünün de asit yağmurları ile kükürt oksitlerden etkilendiği bilinmektedir. Orman ekosistemi üzerindeki etkileri toprak tipine, böcek popülasyonuna, atmosferik şartlara ve daha bilinmeyen bir çok parametreye göre değişebilmektedir. SO_3 ile suyun reaksiyonu sonucu oluşan asit çözümleri ekosistemdeki göllerin pH değerini düşürerek göl içindeki bir çok balık türünü yok edebilmektedir. Sülfürik asit beton ve çeliği etkileyerek bina yapılarına da zarar verebilir, bu maddelerin korozyonunu hızlandırarak kısa zamanda zayıflamalarına neden olabilir. Ayrıca sülfürik asitler deri ve kağıt maddelerine de zarar verebilecek niteliktedirler. [1,2]

SO_x EMİSYONLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

Kükürt oksitlerin kontrolü için uygulana gelen çeşitli yaklaşımlar; doğalgaz benzeri düşük kükürtlü yakıtlar kullanılması, uygun yakma tekniklerinin uygulanması ve baca gazının desülfürizasyonu şeklinde özetlenebilir.

Baca gazının SO_x bileşimi yakıttaki kükürt ile orantılı olduğu için doğal gaz veya benzeri düşük kükürtlü yakıtların kullanılması doğrudan baca gazı emisyonlarını düşürür. Fakat günümüzde doğalgaz gibi temiz fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olduğunu düşünürsek kükürtlü katı veya sıvı yakıt kullanımının tercih değil zorunluluk olduğunu görebiliriz.

Zenginleştirme prosesleri ile kömürdeki kükürdün azaltılarak düşük kükürtlü yakıt eldesi uygulanan yöntemlerden biridir. Genellikle kömür içinde bulunan kükürdün %70 kadarı ölü halde veya mineral sülfat halindedir, yani kimyasal bir bağ yoktur. Kömür zenginleştirme prosesleri ile kömür içindeki kükürdün %20-30 kadarı çıkartılabilir. Kömür zenginleştirme prosesleri organik kökenli kükürdü çıkaramazlar ama kül oluşturan maddeleri de kömür bünyesinden alabilirler. Zenginleştirme işlemleri çoğu kez uygun maliyetli olabilese de proses sonucu açığa çıkan katı atıkları ve asidik sıvıları nedeniyle kısıtlamalara sahiptir.

Sıvı yakıtlarda ise kükürt kimyasal desülfürizasyon işlemleriyle çıkartılabilir fakat petrol endüstrisi dışında pek yaygın bir yöntem değildir.

Akışkan yataklı yakma sistemleri de SO_x emisyonlarını azaltmaya yönelik uygulanan başarılı ve yaygın yöntemlerden biridir. Yanma odasına enjekte edilen kireç veya dolomit yanma sonucu oluşan kükürt oksit emisyonlarını azaltabilir.

Günümüzün en yaygın kontrol yöntemleri sorbent kullanımı ve desülfürizasyon yöntemleridir. Sorbent kullanımında yanma ürünlerine kireç ürünleri veya sodyum bazlı sorbentler eklenerek %30-60 gibi SO_x tutma verimi sağlanabilir. [1] Kostik soda ve soda külü gibi kimyasallar kireç ürünlerine göre 3-4 kat daha pahalı olduklarından dolayı daha az tercih edilirler. [3]

Desülfürizasyon işlemlerinde ise baca gazı ıslak filtre gibi ünitelerde absorbe edici sıvılarıyla yıkanır. Geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz yöntemleri mevcuttur. Geri dönüşümlü sistemlerde pazar değeri taşıyan son ürün elde edilir, dönüşümsüz sistemlerde ise bertaraf edilmesi gereken atıklar çıkar. Günümüzde kullanılan duman gazı desülfürizasyon yöntemlerinin %90'ı geri dönüşümsüz olarak uygulanmaktadır. Dönüşümlü sistemler pahalı sorbentler kullanımı açısından maliyetli olurken, atık miktarının daha az olması ve oluşan ürünün (Sülfürik asit, alçı taşı) pazar değeri taşıması gibi nedenlerle de üstün taraflara sahiptir. Genel hatlarıyla her iki sistem biri birine benzerdir, bu çalışmada her iki sistemin de ortak olan kısımları incelenecektir.

ISLAK FİLTRE İLE DESÜLFÜRİZASYON

Literatürde Wet Scrubbing veya De-SO_x olarak da isimlendirilebilen bu yöntem, özellikle kömür yakan sistemlerin duman gazlarının desülfürize edilmesi işlemi için yaklaşık 40 yıldır uygulanmaktadır. Bu yöntemde genel prensip, yüksek oranda SO_x içerikli duman gazları ile gaz içine püskürtülen absorpsiyon sıvısının biri birine temas ettirilerek kimyasal bir etkileşim sağlamak ve böylece kükürt oksitleri tutarak zararsız hale getirmektir. Sistemde kullanılan absorpsiyon maddeleri, kireç (CaO), kireç taşı (CaCO₃), amonyak (NH₃), sodyum alkali çözeltileri (Na₂CO₃, NaOH, Na₂SO₃) ve bunlara katkı olarak kullanılan çeşitli kimyasallar olabilir. Bunlar içinde en çok tercih edileni ise özellikle büyük sistemlerde ekonomik olmaları nedeniyle kireç ürünleridir. Kirecin tercih edildiği bu sistemlerde SO_x tutma verimi %95 dolaylarında olmakla birlikte, magnezyum gibi daha reaktif katkı maddeleri eklenerek verim %99 değerine çıkartılabilmektedir.

Genel olarak her desülfürizasyon tesisinde ıslak filtreden önce partikül yükünü azaltmak amacıyla elektrostatik filtre, torba filtre, siklon filtre veya bunlardan birkaçı bulunmaktadır. Böylece, hem SO_x tutma verimi artmakta, hem de sistemdeki sirkülasyon pompaları veya bağlantı hatlarının çabuk dolması önlenmektedir.

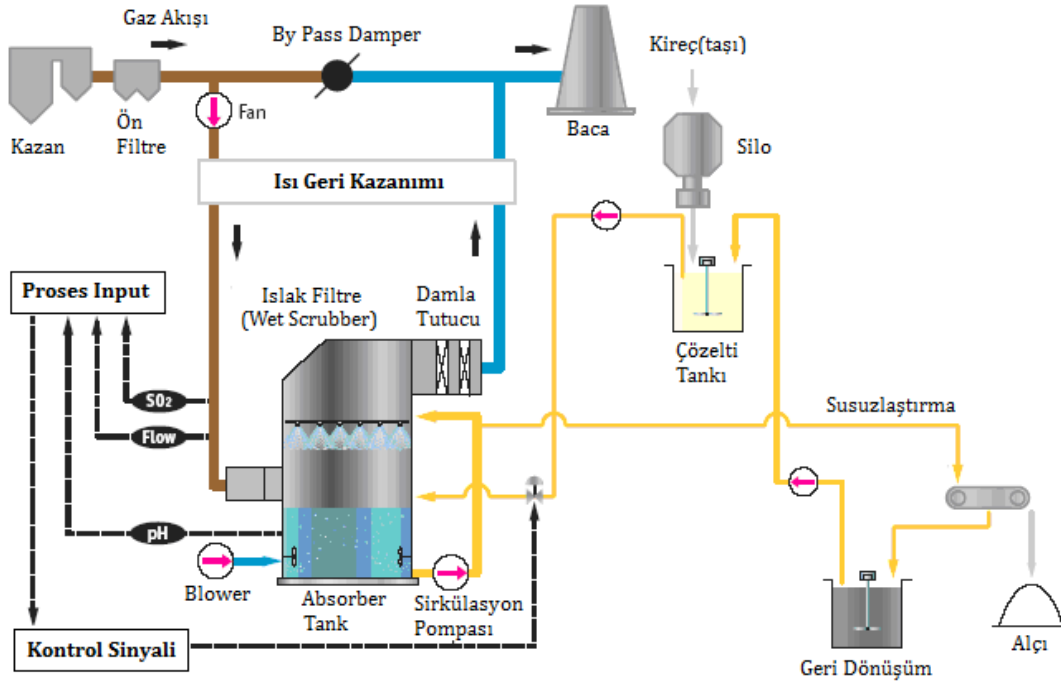
Geri dönüşümlü bir ıslak desülfürizasyon sistem şeması Şekil 1'de görülmektedir. Emisyon kaynağından gelen kirliliği ilk olarak sistemdeki diğer ön temizleme elemanlarından (Siklon filtre, Torba filtre..vs) geçirilmektedir. Partikül yükü azalmış olan kirliliği gaz daha sonra bir fan vasıtasıyla ıslak filtre ünitesine aktarılmaktadır. Islak filtre ünitesi çalışmadığında veya bakıma alındığında ise by-pass klapesi açılarak filtreye giden klape kapanmakta, böylece duman gazı direkt olarak bacaya by-pass edilmektedir. Baca çekişinin yüksek sıcaklıkla iyileştirilmesi istenen durumlarda gazın bir kısmının yıkanmadan bacaya by-pass edilmesi de uygulanan yöntemlerdendir.

Isı geri kazanımı olan sistemlerde ıslak filtre ünitesine gelen kirliliği gaz ilk olarak primer ısı değiştiricide soğutulmakta, daha sonra ıslak filtreye verilmektedir. 130-150 °C sıcaklıklarda ısı değiştiriciye giren duman gazları yaklaşık olarak 50 °C soğuduktan sonra ıslak filtreye girmektedir. Burada da aldığı suyla doyma noktasına gelen duman gazı 50-60 °C'ye soğumakta ve sekonder ısı değiştiricide tekrar yaklaşık 50 °C ısınarak, 100-110 °C civarında bacaya verilerek atmosfere bırakılmaktadır. Böylece absorpsiyon sıvısı ve özellikle de su sarfiyatı önemli ölçüde azaltılmış olmaktadır. Belirtilen sıcaklıklar tipik değerlerdir ve şartlara göre değişebilir.

Bu çalışmada absorpsiyon sıvısı olarak kireç sütü kullanılan sistemler incelenecektir. Kireç bulamacı da denen bu sıvılar tipik olarak %90 su + %10 kireç konsantrasyonu ile kullanılırlar.

Desülfürizasyon uygulamalarında kireç(taşı) kullanımı sistem bileşenleri 4 başlıkta toplanabilir. (Şekil 1)

1. Yıkama ve absorpsiyon: Kule, absorber tank, spray nozulları ve sirkülasyon pompaları,
2. Kireç taşıma ve hazırlama: Kireç taşıma, depolama ve kireç sütü hazırlama ekipmanları,
3. Çamur ayırma: Çamurun ayrıştırılması, pompalanması ve susuzlaştırması ekipmanları,
4. Duman gazı taşıma: Kanallar, fanlar, damperler, ısıtıcılar ve baca.

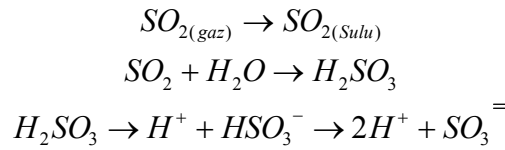


Şekil 1. Endüstriyel sistemler için kireç bazlı ıslak filtre (Wet Scrubber) uygulaması akış şeması [5]

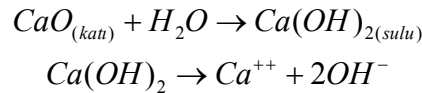
KİREÇ REKASİYONU (CaO)

Kireç bazlı proseslerde yaklaşık %90 saflıktaki kirece (CaO) su eklenerek oluşturulan kireç sütü kullanılır. Absorber tankından alınan sirkülasyon sıvısı duman gazı içine püskürtülerek SO_x moleküllerinin yakalanması (Absorbe edilmesi) sağlanır. Tanka kontrollü olarak beslenen kireç ile birlikte aşağıda belirtilen reaksiyonlar gerçekleşir. Kimyasal reaksiyon sonucu kalsiyum sülfat (CaSO₃) ve sülfat (CaSO₄) tuzları oluşarak çökelmek suretiyle çamur olarak ayrıştırılırlar. Kimyasal reaksiyonda ilk olarak kalsiyum ve SO₂'nin kendi iyonlarına ayrışması gerekir. Bu ise kalsiyumun suda çözünmesi ve SO₂ üzerine püskürtülen sıvı ile SO₂'nin de iyonlarına ayrılmasıdır.

Kükürt dioksitin ayrışması:



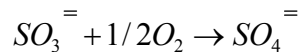
Kalsiyumun çözünmesi:

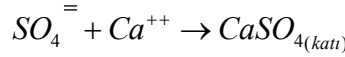


Kalsiyum ve SO₂ iyonlarına ayrıldıktan sonra aşağıdaki reaksiyon oluşur.



Böylece kalsiyum sülfite elde edilmiş olur, eğer ortamda fazla oksijen varsa aşağıdaki reaksiyonla kalsiyum sülfat (Alçı taşı) oluşur.

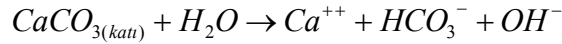




Bu ise reaksiyon tankına bir blower (Fan) ile oksijen (Hava) verilerek gerçekleştirilebilir. Bu reaksiyonlara göre kirecin %90 saf olduğu düşünülürse 1 mol SO₂ için 1,1 mol kireç gerektiği söylenebilir. [4] Toplam duman gazı miktarı ve SO₂ içeriği belliyse sisteme beslenmesi gereken takribi kireç miktarı buradan hesaplanabilir.

KİREÇTAŞI REAKSİYONU (CaCO₃)

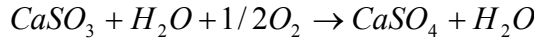
Kireç taşı reaksiyonu kireç reaksiyonuna benzerdir. Sadece hazırlık aşamaları ve yıkama için gereken sıvı/ gaz oranları farklılık göstermektedir. Kireç taşı kirece göre daha az aktif olduğundan dolayı kireç taşı reaksiyonlarında yıkama için daha fazla sıvı/gaz oranı gerekir. Buna rağmen örneğin her hangi biriyle çalışan sistem bir diğeriyle de çalışabilir. Kimyasal reaksiyonların çoğu aynı olmakla birlikte tek fark iyonlarına ayrılma reaksiyonudur.



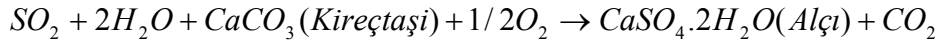
Bunun dışında diğer reaksiyonlar ve işlemler hemen hemen aynıdır. Değirmende öğütülen kireç taşı, çözelti tankına verilip suyla karıştırılır. Elekten geçemeyen büyük parçalar ise tekrar öğütülmeye yollanır. Kireç taşı daha yaygın kılan en önemli nokta maliyetinin kirecinkinin 1/4'üne kadar daha düşük olmasıdır.

Genel olarak absorberdeki reaksiyonun verimi sıvının pH değeriyle alakalıdır. Yüksek pH değerinde daha fazla alkali sıvı reaksiyona gireceğinden dolayı verim artar. Kireçtaşı ve su besleme ayarı kontrollü yapılarak pH optimum seviyede tutulmalıdır.

Kireç ve kireç taşı reaksiyonlarında karşılaşılan bir diğer durum ise kalsiyum sülfidin kolay filtrelenememesidir. Buna bir çözüm olarak EPA laboratuvarlarında geliştirilen aşağıdaki reaksiyonla kalsiyum sülfid, kalsiyum sülfata dönüştürülerek tutulması kolaylaştırılır. Burada sisteme yukarıda da bahsedilen oksidasyon havası verilmektedir.



Kireç taşı ile gerçekleştirilen reaksiyonun özeti ise aşağıdaki gibi olmaktadır.



Sonuç olarak elde edilen kalsiyum sülfat hem iri kristal yapısından dolayı daha kolay ayrılır ve hem de alçıtaşı, çimento gibi maddelerin üretiminde kullanılabilir. Kalsiyum sülfat kolay filtrelendiği için ıslak filtre iç yüzeyleri ve tesisat içinde birikme daha az olur.

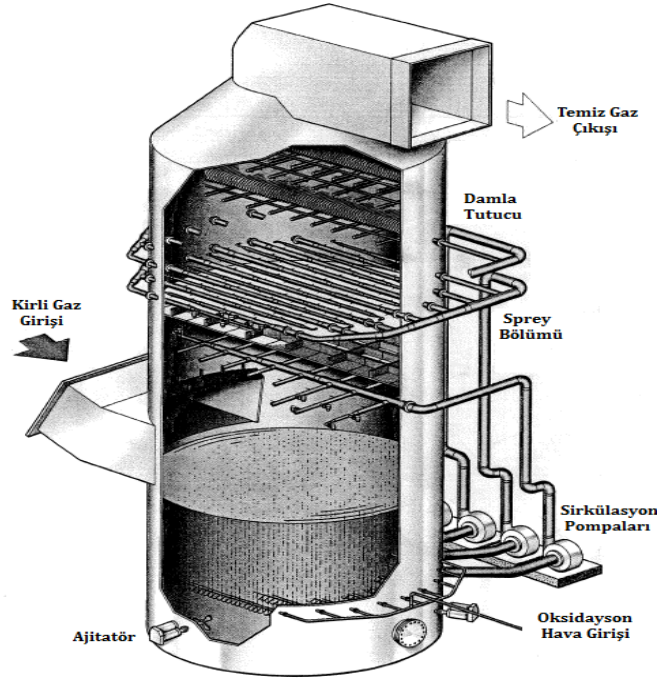
Şekil 1 incelenecek olursa, absorpsiyon tankından alınan absorpsiyon sıvısının bir kısmı gaz yıkama için kuleye gönderilirken, bir kısmı da temizlenmek üzere geri kazanım ünitesine gönderilmektedir. Böylece kule tankındaki katı madde konsantrasyonu belirli bir değerde tutulmaya çalışılmaktadır. Bu sistemlerde baca gazının doyma noktasına kadar soğutulması için çok ciddi miktarlarda su atmosfere atılmak zorundadır. Buna istinaden geri dönüşümden (Arıtma) gelen temiz sıvı ile de su ve çözelti tasarrufu sağlanmış olmaktadır. Geri kazanım ünitesine gelen son ürün (Alçı taşı) de sınıflandırıcı, koyulaştırıcı gibi ünitelerden geçirilerek susuzlaştırılır.

ISLAK FİLTRELERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Islak filtreler (Wet scrubber) desülfürizasyon amaçlı kullanılabilecekleri gibi hem desülfürizasyon ve hem de toz tutma amaçlarına yönelik olarak kullanılabilirler. Islak filtrelerde genel olarak, tutucu sıvının ufak damlacıklar halinde kirli gaz ile temas ettirilmesi (Nozullarla spreyleme) sonucu gerçekleşen difüzyon veya çarpma etkisiyle gerçekleşen tutma gibi mekanizmalar kullanılmaktadır. Gaz girişinden kuleye alınan gaz öncelikle dağıtım plakalarından geçirilerek homojen bir akış sağlanır. Plakalar ayrıca yüzeyi artırarak absorpsiyon verimine de katkıda bulunurlar. Homojen halde kule üst tarafına doğru ilerleyen kirli gaz, yukarıdan nozullarla püskürtülen absorpsiyon sıvısı ile yıkanır. (Spreyleme) Absorpsiyon sıvısı kulenin alt tarafındaki sürekli havalandırılan ve karıştırılan absorber tanktan alınır. Yıkanan gaz, sıcaklığı düşüp neme doyduktan ve temizlendikten sonra varsa içindeki fazla su damlacıklarını bırakmak üzere damla tutucu kısmına girer. (Mist eliminator veya seperatör de denir) Burada bünyesindeki fazla suyu bıraktıktan sonra kuleden çıkar. (Şekil 2)

Tutma verimini etkileyen parametreler partikül boyutu, damlacık boyutu ve bağıl hızlar şeklinde sıralanabilir. Genel olarak iri partiküllerin tutulması daha kolaydır. Ayrıca damlacık boyutunun azalması da tutma verimini artırır. Bu durum aynı zamanda işletme masraflarını da artırır, çünkü küçük damlacık boyutu demek yüksek pompalama gücü demektir. Gaz kirleticilerin tutulması durumunda kirleticinin seçilen tutma sıvısı içinde çözünebilir olması gerekir. Ayrıca bu durumlarda gazın sıvıda iyi çözünebilmesi için iyi bir karışma ve yeterli süre sağlanmalıdır. Tutma verimindeki bir diğer önemli nokta ise birim hacimdeki kirli gaz için gereken sıvı

miktarının iyi ayarlanmasıdır. (L/G oranı) Gaz ile birlikte sürüklenen fazla sıvının ıslak filtre bünyesinden atmosfere atılmaması için damla tutucuda tutularak tekrar geri beslenmesi gerekir. Aksi halde aşırı su sarfiyatının yanında asidik suyun çevreye saçılarak olumsuz etkilerde bulunması kaçınılmazdır. Islak filtrelerin temelde gerçekleştirdiği iki fonksiyon olan kirletici partikül tutma ve kirletici gaz tutma (Absorbe etme) işlemleri aşağıda detaylandırılacaktır.



Şekil 2. Kule tipi ıslak filtre şematik görünüşü [6]

Partikül Tutma:

Islak filtreler görece büyük sıvı damlacıklarıyla oldukça küçük partikülleri tutabilirler. Çoğu uygulamalarda damlacık çapı 50 μm 'nin üzerindedir. (150-500 μm) Örneğin insan saçının kalınlığı 50 ila 100 μm arasında değişim gösterir. Tutulacak partiküllerin çapı üretildiği kaynağa bağlıdır. Örneğin kırma, öğütme gibi mekanik işlemler sonucu oluşan partiküller 10 μm üzerinde dağılım gösterirken, yanma veya kimyasal prosesler sonucu ortaya çıkan partiküller ise 5 μm altında dağılım gösterirler. Scrubber uygulamaları için tutması en zor olan partikül boyutu ise 0,1-0,5 μm arasında olanlardır.

Tutma için gereken damlacıklar birkaç metotla oluşturulabilir, bunlar;

- Sıvının özel nozullardan basınçla püskürtülmesi ile, (En çok kullanılan yöntem)
- Partiküllü gazın sıvı içinden geçirilmesi ile,
- Sıvı içinde döner bir rotor kullanılması ile.

Bu gibi yöntemlerle üretilen damlacıklar partikülleri bir veya birkaç farklı tutma mekanizmasıyla tutarlar. Bu mekanizmalar ise çarpışma etkisi, difüzyon, durdurma, elektrostatik etki, yoğunlaşma, santrifüj etki ve yerçekimi etkisi şeklinde sıralanabilir. Bunlar içinde en önemli mekanizmalar ise difüzyon ve çarpışmadır.

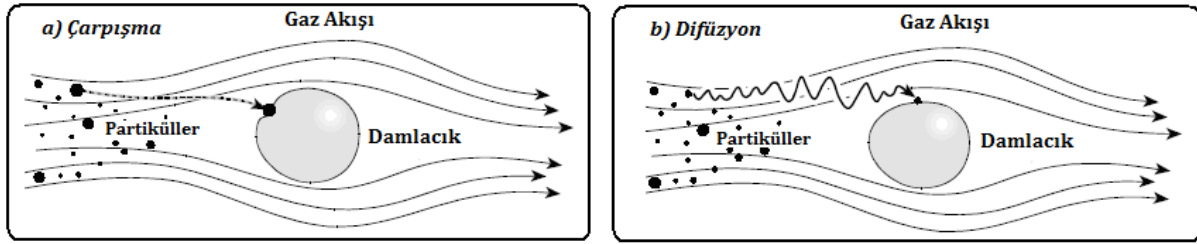
Çarpışma:

Bir gaz yıkama sisteminde toz partikülleri gaz akım çizgileri boyunca ilerlemek isteyeceklerdir. (Şekil 3) Bu anda akımın içine gönderilen damlacıklar nedeniyle partiküller damlacıklara çarpacak ve bu etkiyle sıvı bünyesine karışacaklardır. Çarpmanın etkisi partikül çapı ve bağıl hız arttıkça artar. Partiküller her zaman damlacıklara göre daha hızlı hareket ettikleri için çarpışma olasılığı her zaman yüksektir. Bu nedenle hızın 0,3 m/s değerinden büyük olduğu gaz yıkayıcılarda çarpma mekanizması her zaman baskın olmuştur. (Perry 1973) Bu nedenle 0,3 m/s üstündeki hızlarda 1 μm üstündeki partiküllerin tutulması çarpma etkisiyle gerçekleşmektedir. [4]

Difüzyon :

Gaz içindeki 0,1 μm altındaki çok küçük partiküller çok hızlı ve ani hareketler yaparlar. Bu moleküller gaz içinde hareket ederken diğer büyük gaz moleküllerine ve damlacıklara doğru ani ve hızlı yön değiştiren hareketlerde bulunurlar. Hızla yön değiştiren bu hareketler sonucunda bu partiküllerin bir kısmı damlacık

bünyesine difüze olurlar. 0,1 µm altındaki partiküller bu mekanizma ile oldukça başarılı bir şekilde tutulabilmektedirler. [4] Difüzyon oranı bağıl hız, partikül çapı ve damlacık çapı gibi parametrelere bağlıdır.



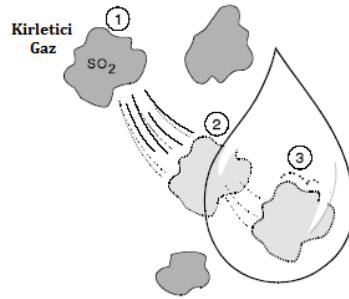
Şekil 3. Damlacık ve partikül etkileşimi; çarpışma ve difüzyon. [4]

Bağıl hızın artması hem difüzyon ve hem de çarpımda verimi artırır. 0,1-1 µm arasındaki boyutlarda ne difüzyon ne de çarpma baskındır, yani eş etki söz konusudur.

Partikül tutma mekanizmalarına ek olarak son yıllarda daha az enerji sarfiyatı gerektiren kondensasyonlu ve elektrostatik etkili yöntemler geliştirilmiştir. Elektrostatik etkili yöntemde partiküllere elektron şarj edilerek daha sonra bu etkiyle biri birilerine yapışmaları sağlanır. Böylece daha büyük partiküller elde edilir ve tutulması kolaylaştırılmış olur. Partiküllerin üzerinde su buharının yoğunlaştırılması ile de partiküllere fazladan kütle eklenerek tutulma kolaylaştırılabilmektedir.

Gaz Toplama:

Bir gazın bir sıvı içerisinde çözünmesi olayına *absorbsiyon* denir. Absorbsiyon temel olarak bir kütle transferi olayıdır. Yani bir fazdan veya akımdan başka bir faza veya akıma partiküllerin transfer olması olayıdır. Kütle transferi mekanizması prensip itibarıyla ısı transferine benzetilebilir. Isı transferinde sıcaklık gradyanından dolayı denge durumuna kadar ısı akışı olurken, kütle transferinde ise konsantrasyon farkı ortadan kalkıncaya kadar partikül transferi gerçekleşir. Kirli bir gazdan kirletici özellikteki partiküllerin toplanması için gaz akımının absorpsiyon sıvısıyla maksimum yüzey alanında temasa geçirilmesi gerekir.



Şekil 4. Gaz absorpsiyonu safhaları [4]

Şekilde 4'te de görüldüğü üzere, SO₂'nin absorpsiyonu olayında birinci adımda gaz akımı sıvı-gaz ara yüzeyine hücum eder. İkinci adımda gaz akımı içindeki kirletici partiküller sıvı içine doğru difüze olur. Bu olay oldukça hızlı bir şekilde gerçekleşir. Son adımda ise gaz molekülleri sıvı içinde toplanarak birikir. Bu olaydaki absorpsiyon verimi temel olarak gaz fazındaki (1) ve sıvı fazındaki (2) difüzyon oranlarına bağlıdır. Absorpsiyon verimini arttırmak için göz önünde bulundurulması gereken noktalar şöyle sıralanabilir.

1. Geniş bir temas yüzeyi (Çok sayıda sıvı damlacığı) sağlamak,
2. İyi bir karışım sağlamak,
3. Sıvı ve gaz fazları arasında yeterli temas zamanı sağlamak.

Bunlardan ilk ikisi aynı zamanda partikül tutma mekanizmaları için de gerekli parametrelerdir. Üçüncü faktör ise partikül tutmada tam tersi etkiye sahiptir. Yani uzun bir temas süresi sağlamak demek sıvı damlacığı ve partikül arasındaki bağıl hızın azaltılması demektir ki bu da partikül tutma verimini azaltır. Bu nedenle absorbe edilecek gaz, sıvı içinde çok iyi derecede çözünmüyorsa absorpsiyon ve partikül tutma işlemini aynı işlemde gerçekleştirilmek oldukça zordur.

Çözünürlük absorpsiyon verimini doğrudan belirlemesi açısından oldukça önemli bir parametredir. Direkt olarak sıvı/gaz oranını belirlerken temas süresi de gazın sıvı içinde çözünme durumuna bağlıdır. İyi çözünbilir gazlar daha az sıvı sarfiyatı gerektirirken, absorpsiyonun daha hızlı gerçekleşmesine katkıda bulunurlar. Çözünürlük ayrıca sıcaklık ve az miktarda basınca da bağlıdır. Sıcaklık arttıkça çözünürlük

azalırken, basıncın artması çözünübilirliği az miktarda da olsa artırır. Ayrıca sıcaklığın artması gazın hacmini arttıracak için daha fazla sıvı sarfiyatına neden olur. Bu nedenden dolayı çoğu sistemlerde daha önce de bahsi geçen duman gazının ön soğutulması (Quenching) uygulanmaktadır.

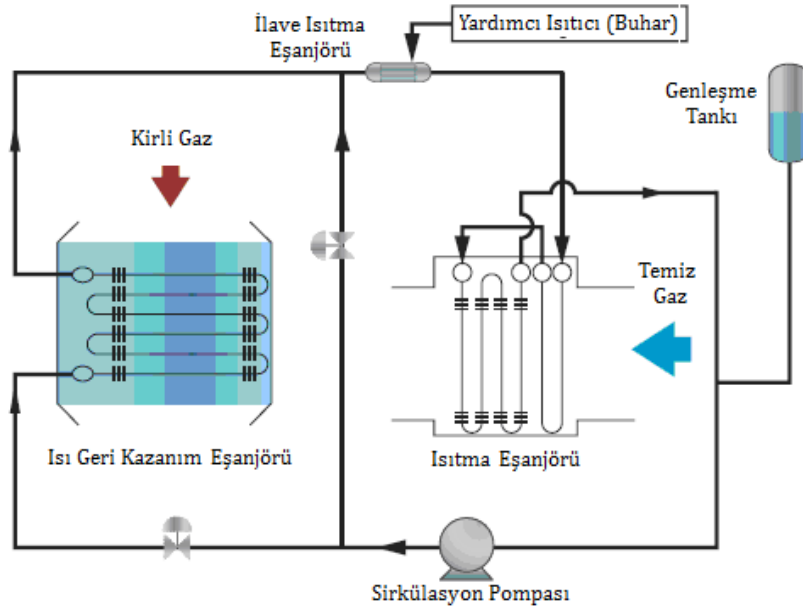
ISLAK DESÜLFÜRİZASYON SİSTEMİ BİLEŞENLERİ

Fan

Desülfürizasyon ünitelerinde kullanılan fanın asıl görevi duman gazının ıslak filtre ünitesinde kaybedeceği basıncı kompanze etmektir. Bu noktada, ıslak filtre ünitelerinin basınç kaybının olabildiğince düşük olması sağlanmalıdır. Böylece enerji sarfiyatı, dolayısıyla proses işletme maliyeti azalacaktır. Sisteme yerleştirilecek olan fanlar filtreden önce veya sonra olabilir. Filtreden önce yerleştirilecek fanlar genel olarak yüksek partikül yoğunluğuna maruz kalırlar, bu nedenle aşınmaya karşı dirençli malzemelerden imal edilmelidirler veya büyük fanlar kullanılarak gaz hızı düşük tutulmak suretiyle aşınma etkisi azaltılabilir. Filtreden sonra yerleştirilecek olan fanlar ise sülfürik asit korozyonu etkisi göz önüne alınarak, korozyona karşı dirençli malzemelerden imal edilmelidirler.

Isı Değiştirici Ünitesi

Genel bir prensip olarak duman gazının filtreye giriş sıcaklığının fazla olması, yıkama esnasında doyma için gereken suyun-dolayısıyla çözeltinin fazla olması anlamına gelmektedir. Çünkü duman gazının belirli bir basınçta suya doyması için giriş sıcaklığıyla orantılı olarak büyük bir miktarda suyu buharlaştırması gerekir. Bu noktada ısı değiştiricinin sistemdeki varlığı duman gazının olabildiğince düşük bir sıcaklıkta filtreleme ünitesine girme zorunluluğuyla alakalıdır. Bu amaçla filtreye giren gazdan alınan ısı ile filtreden çıkan gaz ısıtılmaktadır. Böylece yıkama esnasında fazladan su ve çözelti sarfiyatı azalmakta, işletme maliyeti düşmektedir. Bununla birlikte filtreden sabit sıcaklıkta (50 – 60 °C) çıkan duman gazı atmosfere yüksek sıcaklıkta (100-110 °C) atılmakta, dolayısıyla tekrar yoğunlaşma ihtimali düşmektedir. Böylece, gazın yoğunlaşma sonucu ekipmanlara ve çevreye etkisi azalmakta ve baca çekişi iyileşebilmektedir. Sistemin proses akış şeması Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Isı geri kazanım sistemi akış şeması [5]

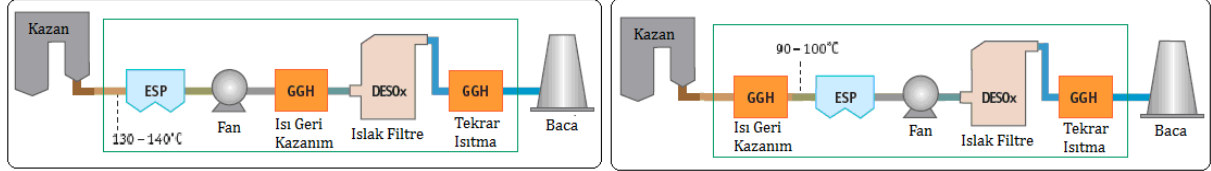
Isı taşıyıcı akışkan olarak genelde su kullanılmakta olup, termal yağlar da kullanılabilir. Şekil 5'teki şemada sistem kompakt olarak tasarlanmıştır. Sistemde aradaki bay-pass vanası kapalı olduğu durumda, filtreleme ünitesine giren kirli gazın ısı kullanılarak temiz gaz ısıtılmaktadır. Fakat herhangi bir nedenle giren gazın sıcaklığı fazla miktarda düşük olur ve ısı taşıyıcı akışkanı ısıtamazsa, by-pass vanası açılıp primer ısı değiştiriciye giden vana kapatılarak yardımcı buhar ile takviye ısıtma yapılabilir. Isı taşıyıcı akışkanın herhangi bir nedenle azalması durumunda takviye yapmak amacıyla sistemde bir rezerv tankı ve sistem özellikle basınç altında çalışıyor ise akışkanın genleşmesini kompanze etmek amacıyla bir de genleşme tankı bulunabilir.

Isı geri kazanım ünitelerinin atık gaz sistemindeki yerleşimi için çeşitli alternatifler mevcut olup, en çok kullanılan ikisi aşağıda görülmektedir.

Klasik yöntem olarak bilinen Şekil 6'daki birinci sistemde primer ısı değiştirici elektrostatik filtreden ve fandan sonra yerleştirilmiştir. Alternatif olarak tasarlanmış ikinci sistemde ise ısı değiştirici elektrostatik filtreden önce yerleştirilmiştir. Bu sistem daha yeni ve bir çok yönden avantajlıdır. Sistemin avantajları ise şöyle sıralanabilir.

- Azalan duman gazı hacmiyle, düşük ön filtre (Elektrostatik Filtre-ESP, Torba filtre, vs) kapasitesi
- Azalan duman gazı hacmine bağlı olarak düşük fan enerji sarfiyatı
- Düşük baca gazı emisyonları
- Son ürün olan alçıtaşı kalitesinde artış (Varsa)

Isı geri kazanım üniteleri desülfürizasyon tesisleri için tasarrufu artırıcı pahalı ekipmanlar olup kullanımları henüz çok yaygın değildir.



Şekil 6. Isı geri kazanım ünitesi yerleşim alternatifleri [5]

Duman Kanalları ve Baca

Duman kanalları duman gazının taşınması ve yönlendirilmesi açısından sistemin en önemli bileşenlerindedir. Özellikle basınç kayıplarının, dolayısıyla da işletme masraflarının azaltılması açısından dikkatlice dizayn edilmeleri gerekir. Örneğin boyutlandırma yapılırken basınç düşümü açısından belirli gaz hızları aşılmamalı, toz birikiminin azaltılması açısından ise belirli hızların altına inilmemeli ve mümkün olduğunca yerel kayıp yaratacak dirsek, daralma-genişleme elemanı gibi konstrüksiyonlardan kaçınılmalıdır.

Fanlarda da olduğu gibi özellikle filtreden önceki kanallarda aşınma büyük bir problem olup, aşınmaya karşı dirençli malzeme veya kaplamalar kullanılarak aşınmanın önüne geçilebilir. Bir seçenek olarak, sadece en fazla aşınmaya maruz kalacak olan dirsek gibi kısımlar kaplanarak kısmi koruma da uygulanabilir. Filtreden sonraki kanallar ise sülfürik aside maruz kalacakları için korozyona dayanıklı malzemelerden yapılmalı veya kaplanmalıdır.

Temizlenen gazın atmosfere yeterli yükseklikte verilebilmesi açısından bacaların doğru dizayn edilmesi gerekir. Temizleme işlemi sonrası çıkan emisyonla göre baca yüksekliği ve çapı değişmektedir. Bacadan çıkan emisyon arttıkça baca yüksekliği de artmaktadır. İlgili hesaplamalar ve tablolar standart ve yönetmeliklerde mevcuttur.

Islak filtre sonrası kullanılacak olan bacaların yüksek sülfürik asit korozyonuna karşı korunmaları gerekir. Ülkemizde genelde bu tür bacaların iç cidarları östenitik paslanmaz malzemelerle kaplanır. Daha büyük sistemlerde cam, plastik gibi malzemeler de kullanılabilir. Özellikle çıkış tarafındaki kanal ve bacalarda soğuma ve yoğuşmanın önüne geçmek için dıştan ısı izolasyonu da (Cold casing) yapılmalıdır.

Pompalar

Islak filtre proseslerinde açığa çıkan çözelti ve çamur gibi akışkanların taşınabilmesi için sirkülasyon ve çamur atma pompaları bulunmaktadır. Sirkülasyon pompaları absorpsiyon tankından aldıkları çözeltiyi basınçlandırarak püskürtme nozullarına verirler. Burada nozullardan yüksek basınçta çıkan sıvı pülverize olarak küçük damlacıklar halinde duman gazıyla buluşur. Sirkülasyon pompalarının basma yükseklikleri genelde dizayna bağlı olarak 30 ila 70 mSS arasında seçilebilir. Çamur atma pompaları ise absorpsiyon tankında çökmek üzere olan sülfid ve sülfattan oluşan çamuru sistemden uzaklaştırmak için kullanılır. Çamur atma pompalarında genel problemlerden biri yüksek katı yoğunluğundan dolayı tıkanma olayıdır. Bunun önüne geçmek için deşarj edilen çamurun katı konsantrasyonunun % 15'den fazla olmaması önerilir. Ayrıca her iki durumda da korozyon potansiyeli yüksek olduğu için pompaların yüksek korozyona dayanıklı olmaları gerekir.

Borulama

Sistemdeki sıvı ve çözeltilerin aktarımı ve dağıtılması korozyona dayanıklı olarak imal edilen borulama hatlarıyla gerçekleşir. Borulama tesisatlarında hem basınç düşümleri ve hem de tıkanma, aşınma gibi parametreler göz önüne alınarak optimum su hızlarının 1,2 ila 2,1 m/s arasında olması gerektiği önerilmektedir. Islak filtrelerde kullanılacak borulama tesisatlarında önerilen boru malzemeleri paslanmaz çelik, PVC, FRP, kauçuk ve cam şeklinde sıralanabilir. Malzeme seçimi yapılırken korozyon şiddeti ve sıcaklık gibi parametreler birlikte değerlendirilmelidir.

Doyurucular

Doyurucular yüksek sıcaklıktaki duman gazının kuleye girmeden önce suya doyurulması amacıyla kullanılırlar. Yüksek sıcaklıkta doyurucuya giren duman gazı burada pülverize halde su verilerek neme doyurulur ve sıcaklığı

doyma sıcaklığı mertebesine getirilir. Eğer bu ön doyurma işlemi uygulanmazsa yüksek sıcaklıktaki duman gazı scrubber içerisinde doyurulacaktır. Bu durumda ise desülfürizasyon işlemi için gerekenden fazla çözelti tüketilecek, böylece işletme maliyeti artacaktır. Bu nedenle, duman gazını su ile doyurduktan sonra kuleye vermek daha akılcı bir yaklaşımdır. Ayrıca, ön doyurma işleminin absorber sıvısıyla yapılması toplam filtreleme verimini de azaltır. Çünkü bu sıvı içinde partiküller ve çözünmemiş maddeler mevcuttur. Bu maddeler ise duman gazıyla birlikte tekrar scrubber ünitesine girecekleri için filtrasyon verimini azaltabilirler. (EPA 1982) Doyurucular gazın kuleye giriş sıcaklığını azalttıkları için filtre boyutlarının ufalmasını da sağlarlar. Buna ilaveten, yüksek sıcaklıkta kuleye giren gazlar püskürtülen sıvıyı tamamen buharlaştırdıkları için püskürtme sıvısı içindeki damlacıkların kükürt oksitlere temas etmesini de önlenmiş olurlar ki bu da tutma ve reaksiyon verimini önemli ölçüde azaltır.

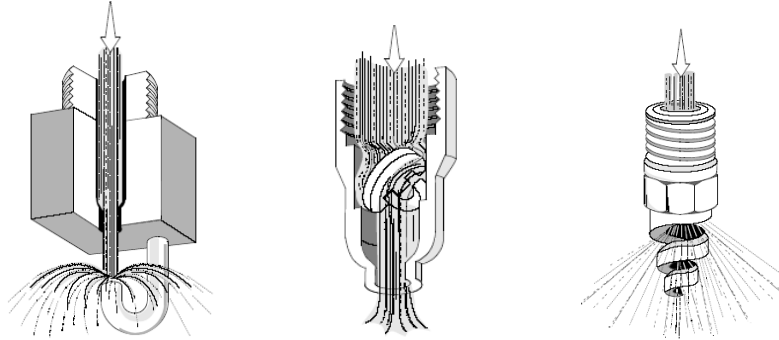
Doyurucu sistemi kule dışında ayrı bir ünite olabileceği gibi kule bünyesinde de olabilir. Doyurucudaki buharlaşmanın tam olarak gerçekleşmesi için belirli bir sürenin geçmesi gerekir. 540 °C altındaki duman gazları için bu sürenin 0,2-0,3 saniye arası olması önerilir. (Shiffner 1979) Dolayısıyla boyutlandırmanın da buna göre yapılması gerekir.

Sprey Nozulları

Temel olarak 3 tipte üretilen sprej nozulları, sıvının basınçla püskürtülerek ufak damlacıklar halinde duman gazı ile temasa geçmesini sağlarlar. (Şekil 7) Damlacıklar ne kadar küçük olursa temas alanı o kadar fazla olur, bu da filtrasyon verimini artırır. Şekil 7 incelenecek olursa, birinci tip olan *çarpırtmalı* nozulda yüksek basınçlı sıvı bir plakaya çarpıtılarak üniform boyutta damlacıklar elde edilir. Bu nozulda elde edilebilecek damlacık çapları 25 ila 400 µm arasındadır. Herhangi bir iç mekanizması olmadığı için tıkanma gibi olumsuzluklar minimum düzeydedir. Bu tip nozullar genelde paslanmaz çelik ve pirinçten imal edilirler.

Konik nozulda sıvı konik yapı içinden geçirilerek küçük damlacıklara ayrılır. Bu nozullar paslanmaz çelik, pirinç, teflon ve plastikten yapılabilirler. 15-140 ° arası spreyleme açıları elde edilebilir.

Helisel nozulda ise basınçlandırılan sıvı helisel yapı içinden geçirilir. Bu tür nozullarda da iç yapı olmadığı için tıkanma riski oldukça düşüktür. Helisel nozullar da paslanmaz çelik, pirinç, teflon ve plastik malzemelerden yapılabilirler. 50-180 ° arası spreyleme açıları elde edilebilir.



Şekil 7. Sprey nozulu tipleri; çarpırtmalı, konik, helisel [4]

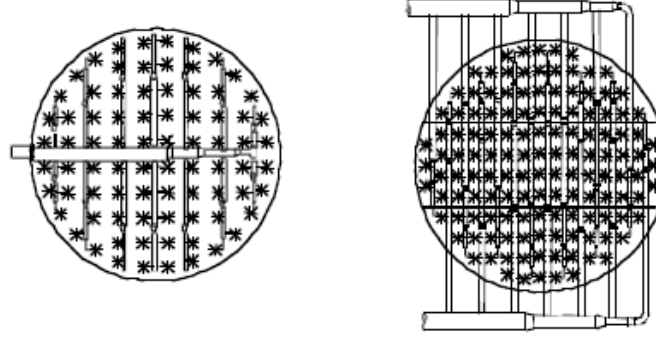
Nozul seçimi ve düzenlemesinde göz önünde bulundurulacak bazı parametreler şunlardır;

- * Oluşturulan Damlacık Çapı : Damlacık çapının azalması verimi artırırken enerji sarfiyatını arttırmaktadır,
- * Spreyleme Geometrisi : Nozullar kare, konik gibi çeşitli geometrilerde spreyleme yapabilmektedirler. Özellikle full konik spreylemede oldukça etkili bir yıkama yapılabilmektedir,
- * Tıkanma Riski : En az tıkanma riski teşkil edecek ve temizliği kolay olan nozullar tercih edilmelidir,
- * Enerji Sarfiyatı: Nozul seçimi, tertiplendirilmesi ve borulamalar, pompalama gücü olabildiğince düşük tutulacak şekilde yapılmalıdır,
- * Nozul Dizilimi : Şekil 8'de de görüldüğü gibi taranmamış alan kalmayacak ve her tarafa eşit püskürtme yapılabilecek şekilde nozul dizilimi yapmak filtrasyon verimi açısından önemlidir.

Nozullar için üretici firmalar tarafından işletme basınçlarına göre kapasite tabloları verilmektedir. Dolayısıyla filtrasyon için gereken sıvı miktarı belirlendikten sonra hangi basınçta, hangi tip ve kaç adet nozul kullanılması gerektiği belirlenebilir.

Nozulların işletilmesi sırasında karşılaşılabilecek en yaygın sorun tıkanmadır. Tıkanmanın anlaşılabilmesi için, ya gözetleme camlarından püskürtme geometrisi izlenir veya sıvı sarfiyatı ve baca çıkış sıcaklığına bakılarak tıkanma olup olmadığı kontrol edilebilir.

Tıkanmanın önüne geçmek için nozulların sık aralıklarla temizlenmesi, yıkama sıvısının yeterince filtrelenmesi veya çözeltilerin seyrekleştirilmesi çözüm olabilir.



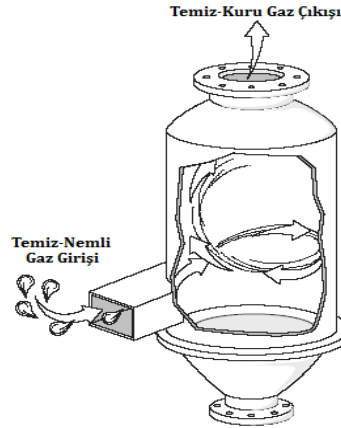
Şekil 8. Etkili spreyleme için nozul dizilim alternatifleri [7]

Damla Tutucular (Seperatörler)

Sülfürik asit taşıyan damlacıkların baca kanallarına ve atmosfere gitmeden önce tutulmasını sağlayan damla tutucular ıslak filtrenin en önemli kısımlarından biridir. Damla tutucunun diğer bir faydası ise yıkama sıvısının tutularak tekrar kullanılmasının sağlanmasıdır.

Tutulması gereken damlaların çapları oluşum şekline göre değişim göstermektedir. Örneğin bir sıvı külesinden elde edilen damlacıkların çapları 10-100 μm arasında iken, kimyasal reaksiyon ve yoğuşma ile oluşan damlacıkların çapları ise 5 μm 'nin altındadır. Çeşitlilik gösteren bu damlacıkları tutmak için çeşitli tutucu konstrüksiyonları mevcuttur. Kirlilik kontrolü uygulamalarında kullanılanlar ise siklonik, kanatlı ve mesh-ped tipinde tutuculardır.

Özellikle venturi tipi filtrelerde kullanılan *siklonik* seperatör, damlacıkların merkez kaç kuvvetinden yararlanarak çalışır ve iç yapısı oldukça sadedir. (Şekil 9) 10-25 μm arasındaki çaplarda iyi bir tutma işlemi gerçekleştirebilir. Bu tipte 20-25 μm irilikteki damlacık ve %98 tutma verimi için 100-150 mmSS basınç düşümü gerçekleşir.

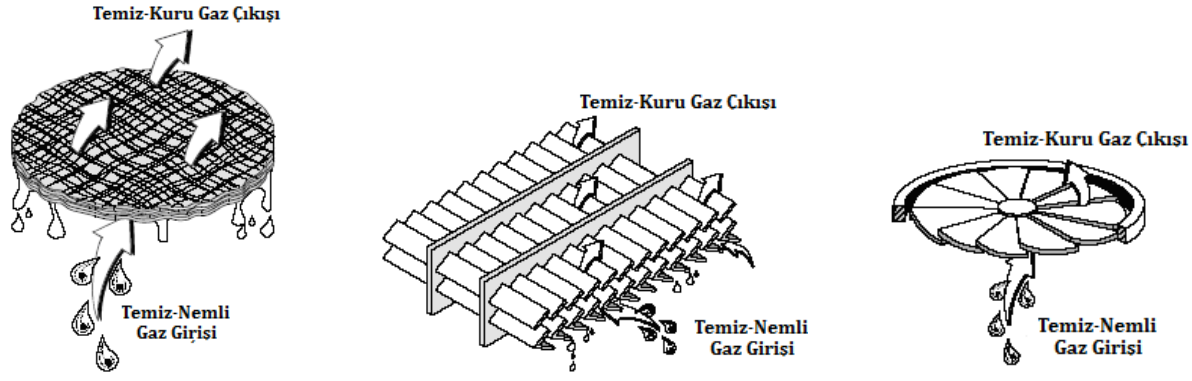


Şekil 9. Siklonik damla tutucu [4]

Mesh-ped tipi seperatörlerde ise 10-15 cm kalınlığında plastikten yapılmış lifli bir yapı kullanılır. Scrubber iç bünyesinde iç çapa uydurulan bu seperatörlerde 10-150 mmSS basınç kaybı oluşabilmektedir. Bu seperatörlerin en büyük dezavantajı ise ufak olan geçiş deliklerinin çabuk tıkanmasıdır. Bunun önlenmesi için seperatörün alttan ve üstten yıkama suyu ile spreylenerek sık sık yıkanması gerekir. (Şekil 10)

Kanatlı seperatörler 2 guruba ayrılabilir. Bunlardan biri *Chevron* tipidir. Bu tipte gaz akımı kanatlar arsından zig zag yaparak geçmeye zorlanmaktadır. Bu sırada eylemsizlik kanunu gereği ağır olan damlacıklar kanatlara çarpmakta ve toplanarak geri düşmektedirler. Burada yönlendirilmiş kanat sayısı artırılarak performans artırılabilir. 5 μm çapa kadar tutma performansı gösteren bu seperatörlerde tipik basınç kaybı 60 mmSS değerine kadar çıkabilmektedir. Kule tipi filtrelerde en çok tercih edilen damla tutucu tipidir.

İkinci tip olan çarpırtmalı seperatörlerde fan kanatlarına benzeyen plakalar arasından geçen duman gazı içindeki damlacıklar çeperele savrulma etkisi ile tutulmaktadır. Tipik basınç kaybı 50-150 mmSS aralığındadır.



Şekil 10. Mesh Ped, Chevron ve Çarpırtmalı tip damla tutucu uygulamaları [4]

Seperatör performansında gözlemlenebilecek en önemli parametre basınç düşümüdür. Örneğin sabit yükte basınç düşümündeki azalma muhtemelen kanatların zarar gördüğünün veya kısmen kırıldığının belirtisidir. Basınç düşümünde 5 mmSS kadar da olsa ani bir artma ise çamur birikmesinin veya tıkanmanın bir belirtisidir. Scrubber ünitelerinde damla tutucuları periyodik olarak temizlemek üzere yıkama nozulları bulunmaktadır. Damla tutucularda gaz hızı fazla seçilirse damlacık taşınması gerçekleşebilir. Bu açıdan Chevron tipinde 3 m/s altında, mesh-ped tipinde 5 m/s altında, çarpırtmalı tipte ise 8 m/s altında hızlar tercih edilmelidir.

ISLAK FİLTRE UYGULAMALARINDA MALZEME SEÇİMLERİ

Islak filtre uygulamalarında yüksek sülfürik asit korozyonu potansiyelinden dolayı malzeme seçimi dikkatle yapılmalıdır. Kule veya iç aksamların imalatında karbon çeliği veya benzer malzemeler çok kısa sürede korozyona uğrayarak kullanılmaz hale gelir. Bunların yerine östenitik paslanmaz çelik malzeme kullanımı ilk yatırım maliyetini ciddi oranda arttırsa da ekipman ömrünü uzatacaktır. Martenzitik ve ferritik paslanmazlar da uygulama alanı bulmasına rağmen en iyi korozyon direncini yüksek Ni alaşımlı östenitik paslanmazlar oluşturur. Malzeme seçiminde bir diğer önemli nokta da sıcaklıktır. Örneğin kule içinde çok yüksek sıcaklığın beklenmediği bölgelerde cam veya kauçuk esaslı malzemeler ile korozyona maruz kalan yüzeylerin kaplanması yaygın bir uygulamadır. Cam esaslı kaplamaların özellikle sülfürik asit ve hidroklorik asit korozyonuna direnci iyidir, buna rağmen yüksek sıcaklıklarda ısıl şok ile çatlamalar olabilir. Kaplama yapılmıyacaksa östenitik paslanmaz çelik sınıfından 316 serisi oldukça iyi sonuçlar vermektedir.

Tuğla ile kule içinin kaplanması da karşılaşılan bir uygulama olup 540 °C sıcaklığa kadar aşınma ve korozyona karşı iyi sonuç verir. Ayrıca ısıl izolasyon özelliği de olduğundan kaplandığı yüzeyi dış ortama karşı izole eder. Sistemde kullanılan nozullar ve iç borulamalar yüksek Ni alaşımlı paslanmaz malzemeden olmalıdır.

Çözelti veya atık çamur taşıma gibi harici hatlarda ise sıcaklık problem olmadığından PVC, FPR gibi lastik-kauçuk esaslı malzemeler kullanılabilir. Bunların kullanım sıcaklık limitinin de 105 °C olduğu unutulmamalıdır. İmalat ve montaj gerçekleştirilirken tüm kaynak veya montaj sarf malzemeleri de benzer şekilde seçilmelidir.

DESÜLFÜRİZASYON PROSES KONTROL PARAMETRELERİ

Basınç Ölçümü

En önemli parametrelerden biri filtrede meydana gelen gaz basınç kaybıdır. Kule içinde veya örneğin damla tutucularda ölçülen basınç kayıpları o bölgedeki tıkanma benzeri olaylar hakkında bilgi verebilir. Basıncı ölçmenin en kolay yolu akım içine pitot tüpü benzeri ekipmanlar yerleştirmektir. Bu durumda statik basınç gerçekçi bir şekilde ölçülebilir. Bu kollardan alınan hatlar direkt olarak bir manometreye bağlanarak basınç ölçülebileceği gibi, bir basınç transmitteri vasıtasıyla dijital bir cihaza aktarma da yapılabilir. Bu tür basınç ölçme yöntemlerinde en büyük sorun ölçüm kollarındaki tıkanma ve yoğunlaşma ile ölçüm hassasiyetinin azalabilmesidir. Sistemin bütün haldeki basınç düşümü de fan elektrik sarfıyatı açısından önemlidir. Kule tipi ıslak filtrelerde gaz tarafında tipik olarak 150 – 250 mmSS aralığında basınç düşümü gerçekleşir. [8] Genel olarak ıslak filtrelerde verim arttıkça gaz tarafı basınç kaybı da artar

Sıcaklık Ölçümü

Sıcaklık da gerek giriş ve gerekse de çıkışta ölçülmesi gereken önemli bir parametredir. Çok yüksek giriş sıcaklığı sıvı kaybını artırırken, aynı zamanda ünite içinde yüksek sıcaklığa dayanıksız malzemeleri de tahrip edebilir. Örneğin eğer kulede cam esaslı iç kaplama varsa bunların işletme sıcaklık sınırları 200 °C mertebesindedir. Bu açıdan sıcaklık kontrolü emniyet açısından da önemlidir. Çıkıştaki sıcaklığın yüksek olması ise çıkıştaki bileşenlere zarar verebileceği gibi, aynı zamanda prosesin eksik yürüdüğü de bir göstergesidir.

Çünkü çıkış şartlarında doymuş haldeki gazın olması gereken sıcaklığı 50-60 °C değerlerini geçmemelidir. Eğer bu değerlerden yüksek sıcaklıklar elde ediliyorsa, eksik sıvı beslemesi, pompa arızası-tıkanması, nozullarda veya besleme hatlarında tıkanmalar öngörülebilir.

Sıvı Akış Ölçümü

Özellikle çözelti sıvısı akış ölçümü dizayn şartlarına göre karşılaştırma yapılarak prosesin gidişatı hakkında bilgi verebilir. Akış ölçümü için kullanılan orifis veya venturimetreler sıvıyla direkt temasta oldukları için tıkanma aşınma gibi tehlikelere açıktırlar. Ultrasonik ve manyetik akış ölçerler ise her hangi bir temasta bulunmadıkları için daha sağlıklı çalışırlar fakat pahalıdırlar.

pH Ölçümü

Kullanılan sıvıların pH seviyeleri çoğu kez manüel olarak gözlemlenir. Düşük pH seviyesi (pH<5) metallerde yüksek korozyon tehlikesini beraberinde getirir, ayrıca kalsiyum, magnezyum gibi bileşenlerin çökmesine neden olur. pH ölçümünün yapılması gereken en önemli noktalar püskürtme sıvısının beslendiği hatlar ve geri dönüşüm hatlarıdır. Absorber tankındaki pH kontrolü genelde dozlama miktarının ayarlanmasına yönelik olarak gerçekleştirilir. pH kontrol üniteleri sık bakım gerektiren ekipmanlar olup sürekli kalibre edilmelidirler.

ISLAK FİLTRE PERFORMANSINI ETKİLEYEN FİZİKSEL VE KİYASAL PARAMETRELER

Sıvı-Gaz Oranı (L/G) : Desülfürizasyon esnasında birim gaz hacmi için kullanılan sıvı miktarıdır. Literatürde birimi genellikle, gpm/acfm veya lt/m³ olarak verilir. Tesizat, pompa boyutlarının büyümesi ve enerji sarfiyatının artması gibi nedenlerden dolayı belirli tutma koşullarını sağlamak için gereken minimum L/G oranı dikkatlice belirlenmelidir. Hesaplanan teorik değere %25 ila %100 arası toleranslar eklenebilir. [9] Kükürt bileşimi ve sıcaklık gibi parametrelere bağlı olarak 4 ila 18 lt/m³ arasında değerler kullanılır. [8]

pH Seviyesi : Sıvıyı nötralize etme amacına ilaveten, SO_x bileşenlerinin yüksek çözünürlüğünü garantiye almak ve tortu oluşumunun önüne geçmek amacıyla pH değerinin belirli limitler arasında tutulması gerekmektedir. Genel bir yaklaşım olarak absorberdeki sıvı pH değeri 5 değerinin altına düşürülmemelidir.

Gaz Hızı : İlk yatırım masraflarının minimize edilmesi açısından genellikle gaz hızının yüksek seçilmesi gerekir. Fakat gerek işletme maliyetlerinin artması ve gerekse nem tutucuda tutma veriminin azalabilmesi gibi nedenlerle hızın belirli limitleri de aşmaması gerekir. Scrubber tipine göre değişmekle birlikte, kule tipi için seçilebilecek tipik gaz hızları 2-3 m/s civarındadır.

Kalma Zamanı : Özellikle absorpsiyonda alkali sıvısının maximum miktarda kullanılabilmesi açısından sıvı gaz temas süresinin belirli değerlerde olması gerekmektedir.

Gaz Dağıtım : Scrubber kulesi içinde yıkama bölgesinden önce dağıtım plakaları (Trays) tertiplendirilerek gaz dağıtımının homojenleştirilmesi gerekir. Bu sayede aynı zamanda sıvı gaz temas yüzeyi de artırılmakta ve daha verimli bir filtrasyon gerçekleştirilmektedir.

Yakıt Isıl Değeri: Duman gazı miktarını etkiler, genel olarak belirli bir ısıl kapasite için yakıt ısıl değeri azaldıkça duman miktarı ve gereken çözelti miktarı artar.

Yakıttaki Nem Oranı : Nem miktarı arttıkça yakıtın ısıl değeri azalır ve oluşan duman gazı miktarı artar.

Sülfür Miktarı : Yakıttaki sülfür miktarı kapasiteye ve sistemin kompleksliğine direkt etkide bulunur. Sülfür miktarı arttıkça kireç sarfiyatı artarken sistemde tıkanma gibi problemler daha sık görülür.

Kül Miktarı : SO_x tutma verimine ters yönde etkisi vardır, külün ıslak filtreden önce tutulması verimi artırır,

Klorin Bileşimi : Yüksek alaşımli metaller veya korozyona dayanıklı kaplamalar kullanılmasını gerektirir.

Ayrıca proses kimyasını etkileyerek ön yıkamayı gerektirebilir.

ISLAK FİLTRELERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Islak filtrelerin gerçekleştirdiği özellikle kirletici partikül tutma işini elektrostatik, siklon veya torba filtre gibi ekipmanlar da gerçekleştirebilmektedir. Bunun yanında sistemin temel avantaj ve dezavantajları şöyledir;

Avantajlar;

Hem partikül hem de kirletici gazları tutabilir.

Düşük gaz sıcaklıklarında çalışıldığından ebatlar daha ufaktır, kule kısmı aynı zamanda olması gereken baca yüksekliğinin bir kısmını oluşturabilir.

Tutulan partiküllerin taşıma esnasında tekrar toz olarak çevreye verilmesi söz konusu değildir.

Su bazlı olduğundan dolayı örneğin torba filtrede olduğu gibi yanmamış karbonun tutuşma ihtimali yoktur.

Dezavantajları;

Yüksek korozyon riski taşıyan ve bertaraf edilmesi gereken atıklar üretirler, pahalı malzemelere ihtiyaç duyulur.

Yüksek basınç düşümleri gerçekleştirdiğinden elektrik sarfiyatı fazladır.

Proses sonucu elde edilebilecek alçı taşı gibi yan ürünlerin elde edilmesi maliyetlidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde sıvı ve gaz yakıtlarda %90 mertebelerindeki dışa bağımlılıkla paralel olarak, katı yakıt kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır. Örneğin doğalgazın elektrik üretiminde bugün kurulu güç olarak %45 civarında olan payı, 2023 senaryosuna göre %30 altına planlanmaktadır [10]. Aradaki farkın önemli bir kısmı nükleerin yanı sıra kömür santralleri ile kapatılacaktır. Aynı senaryoya göre elektrik üretiminin yanında, sanayi tesisleri için de kömür kullanımı teşvik edilecek ve doğalgaz bağımlılığı azaltılacaktır. Bu senaryolardan da görüleceği üzere önümüzdeki yıllarda çevreye daha fazla emisyon salmak durumunda kalacağız.

Gerek elektrik üretiminde, gerekse de proses ve ısınma ihtiyaçları için kullanılması zorunlu olan kömür ve biomass gibi katı yakıtların temizlenerek atmosfere bırakılması çevresel sürdürülebilirlik açısından hayati önem taşımaktadır. Makalede bahsedilen kükürt arıtma sistemleri, katı yakıt yakma sistemlerinde gerekli olan çok sayıda arıtma sisteminden yalnızca biri olmasına rağmen, günümüzde en fazla uygulama alanı bulan proseslerdendir. Bunun ana nedenlerinden birisi ise özellikle asit yağmurları ile insana, doğaya ve çevremizdeki yapılara verilen ciddi tahribat gerçeğidir. Fakat her ne kadar desülfürizasyon tesisleri diğer emisyon azaltma tesislerine göre daha yaygın olsa da yeterli değildir. Örneğin eski santrallerde kurulmuş olan çoğu desülfürizasyon sistemleri düzgün çalışmamakta veya verimsiz çalışmaktadır. Bu sistemlerin verimli hale getirilmesi ve özellikle de makalede bahsedilen ısı geri kazanım ünitelerinin eski ve yeni tesislere eklenmesi ekonominin yanı sıra özellikle de çevreye ciddi fayda sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Cheremisinoff, N. P., Handbook of Air Pollution Prevention and Control, 2002, USA
2. Boubel, R. W., Fox D. L., Fundamentals os Air Pollution, 1994, California
3. Schnelle K. B., Air Pollution Control Technology Handbook, 2002, USA
4. Joseph, Gerald T., Beachler, David S., Scrubber Systems Operation Review APTI Course SI:412C, North Carolina
5. Babcock-Hitachi Documents, Japan
6. Stultz, S. C., Kito J. B., STEAM, Its Generation and Use, 40th. Edition, 1992, Ohio
7. G. B. Watson, L. J. Chaney, W. F. Gohara, Advanced, Low-Pressure-Drop, Tower Inlet Design, 1999, Atlanta
8. Sargent&Lundy, Wet Flue Gas Desulfurization Technology Evaluation, 2003, Chicago
9. Perry, H. R., Perry's Chemical Engineers' Handbook, 1997
10. ETKB, Nükleer Santraller Ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler