



Birçok fabrikada, proses buharı ihtiyacını ve enerji gereksinimlerini karşılamak için çeşitli tiplerde ve kapasitelerde buhar jeneratörleri işletilmektedir. Kazanların düzgün ve ekonomik bir biçimde çalışmasını sağlamak için kazan besleme suyunun mutlaka işlemde geçirilmesi gereklidir. Korozyon veya madde birikimi nedeniyle fabrika parçalarının zarar görmemesi veya tesis verimliliğinin düşmemesi için ham su genellikle şartlandırmaya tabi tutulur, kullanılacak kazan besleme suyu çeşitli kimyasal şartlandırma ürünleri ilave edilerek sisteme verilir.

Bu makalede kazan besleme suyunun hazırlanmasında film yapıcı aminlerin (FYA) kullanıldığı yenilikçi bir teknoloji açıklanmaktadır. Ayrıca, bu teknolojinin özellikleri ve pratik avantajları ana hatlarıyla incelenmekte ve adı geçen teknolojinin buhar kazanlarında kaynak tüketiminin ve emisyonlarının azaltılması için sunabileceği olanaklar değerlendirilmektedir.

Kazan suyu şartlandırma işlemi ile sudaki maddelerle tesis yüzeyleri arasındaki reaksiyonlar nedeniyle doğabilecek sorunlar ve özellikle de korozyon ve birikinti oluşumu problemleri önlenmelidir. Tesis yüzeyleriyle temas eden sudaki maddelerin su fazından ayrılması sonucu buhar jeneratörlerinde madde birikimi oluşabilir. Madde birikimi ayrıca korozyon ürünlerinin dolaşımdaki suyla taşınması ve tesis yüzeylerinde birikmesi şeklinde korozyonun ikincil bir etkisi olarak da karşımıza çıkabilir. Buhar jeneratörlerinde birikme yapan maddelerdeki temel bileşenler kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfat, silikatlar, demir oksit ve demir hidroksittir. Biriken madde katmanı (kabuk) zayıf bir ısı iletkenidir, bu nedenle de ısı iletimini yavaşlatır. Bu durum bölgesel aşırı ısınmalara neden olabilir; bu da termal gerilim altındaki parçaların hasar görmesine ve tesis verimliliğinin düşmesine neden olarak ciddi parasal kayıplara yol açabilir.

Buhar kazanlarında iki temel korozyon mekanizması söz konusudur. **Birincisi besleme suyuyla veya kondensatta olası kaçaklarla sisteme giren oksijenin yol açtığı korozyondur. Diğer ise suda karbondioksit varlığı sonucu oluşan karbonik asidin neden olduğu korozyondur. Karbondioksit esas olarak kazan içindeki karbonatın termal ayrışmasıyla ortaya çıkmaktadır.**

Korozyon kavramı, arzu edilen bir birikim olan pasivasyon katmanıyla (manyetit tabakası oluşumu) karıştırılmamalıdır. Öte yandan, ısı iletimini yavaşlatması nedeniyle aşırı kalın bir manyetit katmanı da istenmeyen bir durumdur. Madde birikimi ve korozyon riski ham suyun çeşitli işlemlerden geçirilmesiyle (demineralizasyon ve gaz giderme) ve bu aşama sonucunda elde edilen besleme suyuna bir takım kimyasalların katılmasıyla en aza indirilir

Suya sertlik veren iyonların girişi önlenemiyorsa suya bir sertlik inhibitörü eklenmesi önerilir. Fosfat, su sertliğine sebep olan iyonları yüzeyde birikmeyen kalsiyum fosfat çamuru formunda bağlar, bu da düzenli aralıklarla kazan blöf sisteminden atılır. Polikarboksilatlar kristal büyümesi sürecine müdahale ederek kalsiyum karbonat oluşumuna engel olurlar. Polikarboksilatların dispersiyon oluşturucu (dağıtıcı) etkisi çözünmez katların sedimentasyonunu engeller ve yüzeylerinin temiz kalmasını sağlar.

Korozyon inhibitörlerinin iki grubu arasında temel bir ayrım söz konusudur: Ortamdaki oksijenle sülfid, dietilhidroksilamin ve hidrazin gibi oksijen tutucu maddeler tepkimeye girerek oksijeni sudan uzaklaştırır, bu sayede metalik yüzeylerde düşük seviyelerde korozyon meydana gelir. **Film oluşturan inhibitörler ise yüzeylerde ince bir geçirimsiz tabaka oluşturarak aşındırıcı maddelerin yüzeyle temasını keser.** Bu sayede korozyona neden olan tepkimeler meydana gelemez. Film oluşturan inhibitörler, kimyasal reaksiyonlara girerek tüketilmezler. **Bu nedenle yalnızca koruyucu filmi muhafaza etmek için gerekli miktarda madde eklemesi yeterlidir.**

Buhar ve kondensat sistemlerinde oksijen korozyonunun yanı sıra karbondioksit kaynaklı korozyon da önemli bir sorundur. Buharla uçucu nötrale edici aminler, kondensatın pH değerini yükselterek korozyona engel olurlar. Kondensat sisteminin yapıldığı malzeme, uzunluğu ve yapısı (karmaşıklığı) kullanılacak aminin seçimini etkileyen faktörlerdir. Nötrale edici aminler, uçuculukları, alkaliniteleri ve termal stabiliteleri açısından farklılıklar gösterirler. Amonyak, siklohegzilamin, morfolin ve aminometilpropanol verilebilecek örnekler arasındadır.



Film Yapıcı Aminler

Klasik kazan suyu şartlandırma programlarında genellikle üç bileşen vardır: oksijen tutucular, fosfat ve nötrle edici aminler. Buna karşılık, FYA esaslı bir şartlandırma programında film oluşturan bir bileşenle nötrleştirici aminler kombine olarak kullanılır. Her iki şartlandırma yaklaşımı da polikarboksilat da kullanılacak şekilde geliştirilebilir.

FYA için genellikle oligoalkilamino yağ amini ailesine mensup kimyasal maddeler olan **poliamin ya da yağ amini** adları kullanılır. Genel kimyasal formülleri

R1-[NH-(R2)-]n-NH₂; olarak gösterilmekte olup formüldeki 'n' 0 ile 7 arasında bir tamsayı, R1 barındırdığı karbon atomu **12 ila 18 arasında değişen düz bir alkil zinciri, R2 ise kısa zincirli bir alkil grubudur**. Oktadesilamin ailenin en basit temsilcisidir (n=0, R1=C18H37) ve birçok çalışmada incelenmiştir [1, 2]. Oktadesilaminin en başta gelen dezavantajları formülasyona uygunluğunun düşüklüğü ve bu nedenle asetik asitle birlikte kullanılması gerekliliği [3] ve aşırı dozajlamaya çok duyarlı olmasıdır.

Kazan suyunun ve kondensatın pH değerini ayarlamak amacıyla FYA daima nötrleştirici aminler ile birlikte kullanılmaktadır. FYA esaslı şartlandırma programları uygulanırken, bu maddelerin spesifik özelliklerinin ve bu özelliklerin pratikteki sonuçlarının bilinmesi önemlidir. **FYA'lar polikarboksilatlar gibi doğrudan kabuklanma önleyici değildirler. FYA'lar kristalizasyon işleminin başlangıcında oluşan mikro-kristal çekirdekler tarafından adsorblanır ve bu çekirdeklerin büyümesine engel olurlar. Sonuç olarak ise amorf ve birikme yapabilme kabiliyeti düşük yapılar meydana gelir .**

FYA'nın metal yüzeylere karşı çok güçlü çekimi söz konusudur. FYA tarafından oluşturulan film, oksijen, karbondioksit ya da karbonik asit gibi aşındırıcı maddelere karşı bir bariyer görevi görür. Oluşan koruyucu film, dozaj ayarlamaları yapılsa bile bozulmadan kalır, dolayısıyla dozaj gereken düzeyin altına düştüğünde ya da kısa bir süreliğine dozajlama yapılmadığında dahi filmde herhangi bir değişim olmaz. **Güçlü yüzey çekimi nedeniyle, FYA'lar kalsiyum kireci ya da tam yapışmamış manyetit gibi tabakaları yavaş yavaş yüzeyden sökebilmektedir.**

Buhar jeneratörlerinde kompakt, ince ve yumuşak manyetit katmanların oluşumu arzu edilen bir durumdur. Özellikle yük değişimleri olduğunda ve bu tür değişimlerle beraber termal gerilimler meydana geldiğinde, düzensiz, kaba ve gözenekli örtücü katmandan parçacıklar ya da iri parçalar koparak sıvı ya da buhar fazına karışabilir.

FYA ile şartlandırma yapılan borularda klasik bir sodyum fosfatlı şartlandırma uygulanan borulardakine kıyasla çok daha yumuşak ve daha homojen yüzey yapısı olduğu tespit edilmiştir. FYA esaslı şartlandırmayı takiben ölçülen mikropürüzlülük 1.45 µm düzeyindeyken, fosfat programının uygulandığı borularda bu değer 2.25 µm'dir. Projenin temel amacı, FYA'nın farklı şartlandırmalara tabi tutulan buhar jeneratörü borularının termal davranışları üzerindeki etkisini belirlemektir. Manyetit katmanı üzerindeki çok ince filmin, ısı iletiminde ciddi bir olumlu etkisi olmuştur. FYA ile şartlandırma yapılan borulardaki kaynama eğrileri, endüstriyel uygulamaları ifade eden ısı akışı aralığının tamamında fosfat şartlandırması yapılan borulardaki eğrilerin üzerinde çıkmıştır. FYA şartlandırması sürecinde istikrarlı bir biçimde yüksek ısı iletim katsayıları ölçülmüştür.

Besleme suyunda FYA ile şartlandırma yapıldığında egzoz gazı sıcaklığının düşük olması beklenebilir. Bu durum, buhar jeneratörünün verimliliğini artırır; dolayısıyla CO₂ emisyonlarını azaltır. FYA'nın buhar jeneratörü kondensatında buhardaki uçuculuğu nitel analizle gösterilebilir. Buhar uçuculuğu sayesinde, film oluşumu buhar jeneratörünün her noktasında gerçekleşir ve böylece FYA tesisi korozyona karşı tam anlamıyla korur. Sülfid, fosfat ve nötrleştirici amin ile yapılan klasik şartlandırma programındaki kazandan alınan korozyon kuponunda oksijen korozyonu açıkça görülürken, FYA ile şartlandırma yapılan kazandan alınan korozyon kuponunda ise sadece hafif, homojen, koruyucu nitelikte pas görülmektedir.



Film Yapıcı Aminlerin Dozajlanması

FYA esaslı ürünlerin besleme suyuna verilmesinin en iyi yöntemi klasik şartlandırma programlarında olduğu gibi sisteme takviye edilen su hacmi bazında kontrol edilen bir dozaj pompasının kullanılmasıdır. FYA esaslı bir ürün kullanıldığında, hata yapılmaya müsait bir yöntem olan tozdan çözelti hazırlama ve şartlandırma sonuçlarına göre farklı bileşenlerin miktarlarını ayarlama işlemlerine gerek kalmamaktadır.

Dozajlama sistemi, film yapıcı bileşenlerle uyumlu olmadığında Viton malzemeli parça içermemelidir. Dozajlama sistemi için EPDM ve Teflon malzemelerin kullanımı önerilmektedir. FYA ölçümüne dayalı ürün dozajlama sistemleri genellikle kondensatta, besleme suyunda ve kazan suyunda çok düşük miktarda FYA tespit edilebilecek kadar ürün basacak şekilde tasarlanmıştır. FYA'nın sadece tespit ediliyor olması yeterlidir. Sürekli aşırı dozajlama, sistemin çeşitli noktalarında (örneğin filtreler) fazla birikmelere neden olabilir. Şartlandırma yapılan dozajlama, takviye edilen su miktarıyla ürün tüketimi arasında denge kurulacak şekilde düzenli olarak tespit edilerek izlenmelidir. Buna ek olarak besleme suyu, kazan suyu ve kondensattaki pH ve FYA konsantrasyonu değerleriyle birlikte kazan suyu ve kondensattaki demir içeriği de analiz edilmelidir.

Analiz

Şartlandırma yaklaşımının temel bileşeni olarak FYA tercih edilmişse anlamlı sonuçlar elde etmek için özel bazı kurallara uyulmalıdır: Yalnızca su fazında ve serbest haldeki FYA'nın analitik tayini yapılabilir. Metal yüzeylere bağlanmış FYA tespit edilemez. FYA adsorpsiyonu metalik yüzeyin alanına, sıcaklık ve su fazındaki serbest FYA miktarına bağlıdır. Bu nedenle dozajlanan miktar ile tespit edilen serbest FYA arasında bir korelasyon söz konusu değildir.

FYA, numune kabı dahil hemen hemen bütün yüzeylere adsorplanır. Sadece iyi temizlenmiş numune kapları kullanılmalı ve numune alımının hemen sonrasında vakit kaybetmeden serbest FFA analizi yapılmalıdır. FYA, katyonik yüzey aktif (deterjan kullanımı söz konusu olduğunda olası interferans durumu) ya da spesifik bir boya (bengal rose) kullanımı ile kompleks şeklinde tespit edilebilir.

Sonuçlar

Klasik şartlandırma ile kıyaslandığında, FYA ile şartlandırmanın birçok avantajı bulunmaktadır: Bütün tesisin korozyona karşı korunması sağlanır. FYA'nın buhar uçuculuğundan dolayı, tesisin bütün bölümlerinin yüzeylerinde koruyucu film oluşumu gerçekleşir. Oksijen tutucunun kullanıldığı programlara kıyasla, film yapıcı komponent kimyasal reaksiyona girerek tükenmez. FYA ile yapılan şartlandırma programı tamamen organik bazlıdır; böylece iletkenlik değerine çok az etki eder. FYA bazlı şartlandırma ile daha düşük su ve enerji kaybına (blöf) neden olacak kazan suyunda yüksek konsantrasyon sayılarına çıkılabilir. Ayrıca önemsenmeyecek insan toksisitesine sahiptirler. Bu nedenle, hidrazin kullanımında olması gereken kapsamlı mesleki sağlık ve güvenlik ölçümlerinin yapılmasına gerek yoktur.

Tesiste, pürüzsüz ve homojen bir manyetit tabaka oluşumu gerçekleşir. Klasik fosfat şartlandırmasına kıyasla daha iyileşmiş ısı transfer katsayıları elde edilir ve böylece buhar jeneratörünün verimliliği ve enerji tüketimi azalır. Ayrıca film yapıcı aminlerin kullanımı ile tesislerde türbin gibi kritik parçaların temizliğinde de iyileşmeler söz konusu olabilir. Film yapıcı aminler, onlarca yıldır endüstriyel kuvvet santralleri ve buhar kazanlarında, kağıt endüstrisi ve hatta klasik şartlandırma ile başarılı sonuçların alınamadığı tesislerde kazan suyu şartlandırma kimyasalı olarak başarılı bir şekilde kullanılmaktadır .