

SU SOĞUTMALI SANTRALLERDE KOROZYON VE BİRİKİNTİ OLUŞUMUNUN ENGELLENMESİ İÇİN UYGULANAN KİMYASAL KOŞULLANDIRMA PROGRAMLARI

Ferruh KILIÇCIOĞLU

ÖZET

Enerji santrallerinde bulunan soğutma sistemlerinin temel amacı, kondenser yüzeylerinden ısı alışverişi ile kondensere gelen buharın sıcaklığını düşürerek türbinde vakum oluşmasını sağlayaktır. Soğutma sisteminin işletilmesi esnasında karmaşık birçok problemlerle karşılaşılır. Sistem içerisindeki çözünmüş katı madde miktarının çevrim sayısı ile artan konsantrasyonu, sistemdeki kalma zamanının uzunluğu, katı madde içeriği ile birleştiğinde metal yüzeylerde ve ısı transfer yüzeylerinde birikinti oluşmasına neden olmaktadır. Bu problemlerin hepsinin üst üste gelmesi birbirlerinin etkisini artırmakta ve dezavantajlar yaratmaktadır. Soğutma sistemlerindeki belli başlı problemler, korozyon, kireç ve depozit oluşumu, kirlenme ve mikrobiyolojik oluşumlardır. Sonuç olarak ısı transferi düşmekte, metal yüzeyler korozyona maruz kalmakta, sistem suyu kirlenmekte ve işletme maliyetleri artmaktadır. Kapsamlı kimyasal koşullandırma programları soğutma sistemlerini tüm bu problemlerden korumak üzere tasarlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Soğutma kulesi, su koşullandırma, enerji santrali.

ABSTRACT

The main purpose of cooling systems in Power Plants is to absorb heat from the surface of the condenser to cool down the steam and create vacuum in the turbine.

A number of largely complex problems are associated with recooling operations, The increasing concentration of dissolved solids as a result of cooling cycle, the associated long retention times, contents of solids may cause precipitation on metallic surfaces and heat transfer surfaces. These problems may superimpose and influence each other and can lead to disadvantages. The main problems include corrosion, scale, deposits and microbiological growth.

As a result heat transfer is impaired, material is corroded, blowdown water is polluted and operating costs increase. Comprehensive chemical treatment programs are designed keep cooling systems from all these problems.

Key Words: Cooling tower, water treatment, power plant.

1. GİRİŞ

Soğutma sistemlerinde suyun kullanılması, onun yaygın olarak bulunması ve nispeten ucuz olmasının yanı sıra etkili bir ısı soğurma aracı olmasından ileri gelir. Deniz, göl ve akarsu gibi yüzey kaynaklarının yanı sıra kuyulardan elde edilen sular da soğutma sistemlerinde kullanılabilir. Ancak soğutma sistemlerinde kullanılan su, içeriğinde bulunan gazlar, çözünmüş mineraller veya

çözünmemiş ancak su içerisinde askıda kalan parçacıklar nedeniyle sistemlerde korozyon, kirlenme, mikrobiyolojik oluşumların tetiklenmesi gibi sonuçlara yol açmaktadır. Soğutma sistemlerinde uygulanan kimyasal şartlandırma programları, endüstriyel su şartlandırma sistemleri yönetimi için oldukça önemli faktörlerdir.

Su soğutmalı santrallerde uygulanan kimyasal şartlandırma programları, korozyon, birikinti önleme, mikrobiyolojik oluşumları engelleme ve kirlenmeyi önlemenin yanı sıra programı uygulayan firmaların ön yeterlilik ve tecrübeleri ile çevresel uyumluluk, teknik destek ve uygulama ile ilgili ekipman desteği gibi faktörleri de bir bütünlük içerisinde barındırmalıdır.

2. SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN TİPLERİ

Enerji Üretim Santrallerinde üç farklı tipte soğutma sistemi bulunmaktadır.

- 1) Tek geçişli sistemler
- 2) Açık devre soğutma sistemleri
- 3) Kapalı devre soğutma sistemleri

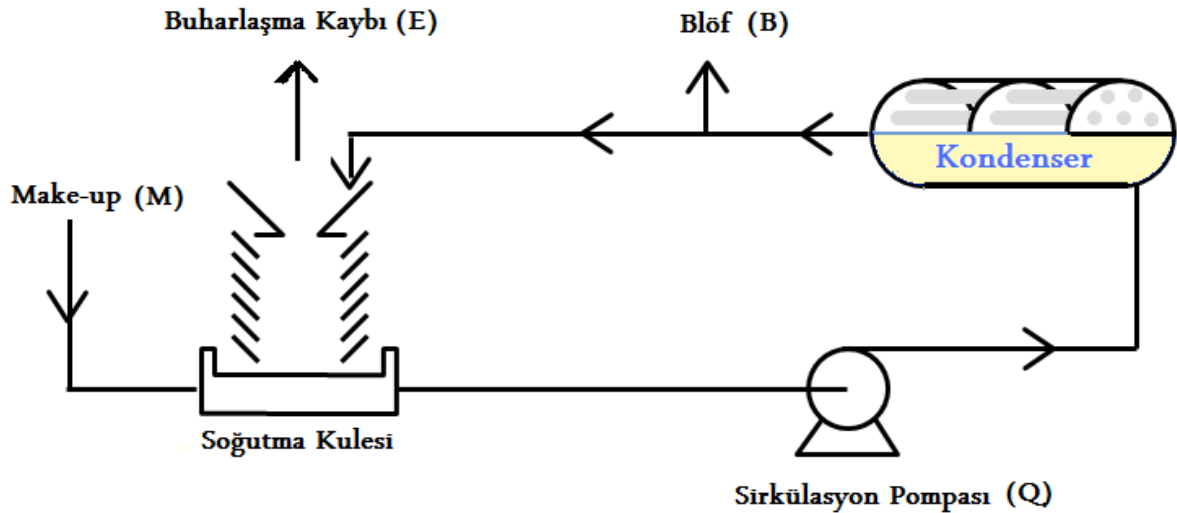
Tek geçişli sistemler yüksek debili bir akarsu kenarında veya deniz kenarında kurulmuş olan tesislerde uygulanabilir. Çevresel faktörler göz önünde tutularak tasarlanması gereken bu sistemlerde giriş ve çıkış su sıcaklıklarının çevre yönetmeliklerinde belirlenen değerleri geçmemesi gerekmektedir. Deniz kıyısında kurulan ve soğutma suyunu denizden alan sistemlerde yüksek kalite çelik, hatta titanyum alaşımlı çelik kondenserler kullanılır.

Açık devreli soğutma sistemleri ise katma suyu olarak alınan suyu birkaç defa sistem içerisinde çevirerek ve her defasında soğutma kulelerinde soğutup tekrar kondensere ve diğer soğutulması gereken sistemlere gönderen kulede atmosfere açık çok çevrimli sistemlerdir. Açık soğutma sistemleri genellikle kimyasal parametreleri en yakından takip edilmesi gereken sistemlerdir.

Kapalı devre soğutma sistemleri ise çok az miktarda su eksiltten kapalı çevrim yapan sistemlerdir.

3. SU SOĞUTMALI SİSTEMLERDE SU SİRKÜLASYONU HESAPLAMALARI

Enerji santrallerinde açık soğutma Sistemlerinin temel akım şeması Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Açık Soğutma Sistemleri.

Açık soğutma sistemleri santrallerde su soğutmasının yapıldığı en yaygın kullanılan sistemler olup, bu sistemlerde sirküle edilen su, kondenserde buharın ısını aldıkdan sonra soğutma kulelerinde buharlaşma ve küçük parçacıklara ayrılma yolu ile yüzey alanının artırılması ile soğutulur. Bir açık devre soğutma sisteminde sistemden eksilen su aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir [1].

$$M = E + B + DL \quad (1)$$

Burada:

- M : Make-up (katma suyu) miktarı
- E : Evaporation (Buharlaşma kaybı)
- B : Blöf edilen miktar
- DL : Drift Loss (serpinti)

olup, birimleri m^3/h 'dir.

Sisteme ilave edilecek taze su miktarı, sistemden buharlaşma, blöf ve serpinti kaybı ile eksilen toplam su miktarı kadar olacaktır.

Bir açık çevrim sisteminde buharlaşma kaybı (E), Eşitlik 2 ile hesaplanabilir:

$$E = Q \times \Delta T \times k \quad (2)$$

- E : Evaporasyon (Buharlaşma debisi) (m^3/h)
- Q : Sirkülasyon debisi (m^3/h)
- ΔT : Soğutma sistemine giriş ve çıkış sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)
- K : Sıcaklık değişim katsayı sabiti (1/560) ($1/^{\circ}C$)

Soğutma kulesinde her $5,6^{\circ}C$ sıcaklık düşmesi sirkülasyon debisinin %1'i oranında buharlaşmaya neden olmaktadır. ΔT değeri yaklaşık $11,2^{\circ}C$ olan bir sistemde %2 buharlaşma kaybı olacağı hesaplanmıştır. Buna göre $11,2^{\circ}C$ sıcaklık düşmesi olan bir sistemde k değeri 1/560 olarak alınmalıdır [1].

Bir açık soğutma sisteminde konsantrasyon faktörü (C) değeri basitçe blöf (B) suyundaki iletkenlik değerinin besi suyunun (M) iletkenlik değerine olan oranıdır. Ancak birçok soğutma sisteminde sistemin artan alkalite değerini düşürmek için sülfürik asit (H_2SO_4) veya hidroklorik asit (HCl) kullanılmaktadır. Bu nedenle konsantrasyon sayısı hesaplamasında sülfat, klorür değerlerinin de hesaplanarak ortalamasının alınması daha doğru bir yöntemdir. Konsantrasyon sayısı hesaplama formülü ;

$$C = \text{İletkenlik (B)} / \text{İletkenlik (M)} \quad (3)$$

Açık soğutma sistemi içerisinde blöf yolu ile atılması gereken su miktarı ise eşitlik 4 ile hesaplanabilir.

$$B = E / (C - 1) - DL \quad (4)$$

Burada:

- B : Blöf, (m^3/h)
- E : Buharlaşma debisi, (m^3/h)
- C : Soğutma sisteminde konsantrasyon katsayısı
- DL : Serpinti, (m^3/h)

Kapalı soğutma sistemlerinde su kaybının çok düşük olması nedeniyle buharlaşma yolu ile soğutmadan söz edilemez. Bu sistemlerde kondenserde ısınan su hava ile soğutma sistemlerinde kapalı çevrim şeklinde soğutulur. Bu nedenle yukarıdaki hesaplama yöntemleri kapalı sistemler için uygulanamaz.

Tek geçişli sistemlerde ise su konsantre olmayıp konsenderden geçtikten sonra doğrudan nehir, göl veya denize geri verilmektedir. Bu nedenle konsantrasyon faktörü 1,0'dir.

4. SU SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KOROZYON, BİRİKİNTİ VE BAKTERİ OLUŞUMUNA YOL AÇAN BAŞLICA FAKTÖRLER

Soğutma sistemi sirkülasyon suyunda bazı faktörlerin sistemde yol açacağı problemler Tablo 1'de yer almaktadır. Sirkülasyon suyunun pH değerinin düşük olması, sistemde korozyona yol açabileceği gibi belli bir değer üzerinde olması da birikinti oluşumunu ve mikrobiyolojik oluşumları tetiklemektedir. Aynı şekilde sistem içerisinde soğutma suyunun düşük çizgisel hızda olduğu bölgelerde askıda katı maddelerin birikintiyeye yol açması olasılığı yüksek çizgisel hızda olan bölgelere göre daha fazladır. Buna karşın yüksek çizgisel hız tek başına soğutma sisteminde korozyona yol açan bir faktördür.

Tablo 1. Soğutma Suyunda Yer Alan Maddelerin Yarattığı Sorunlar [2].

Faktörler	Korozyon	Birikinti	Mikrobiyolojik
pH	X	X	X
Çözünmüş Tuzlar	X	X	
Çözünmüş Gazlar	X		
Askıda Katı Maddeler	X	X	X
Mikroorganizmalar	X		X
Sıcaklık	X	X	X
Sistem Metalurjisi	X		
Çizgisel Hız	X	X	X
Sistemde Kalma Zamanı		X	X
Su Kalitesi		X	X
Bakteri Sayısı			X
Bulanıklık			X
Besi Maddeleri			X
Güneş Işığı			X
Çözünmüş Oksijen			X

4.1 Soğutma Suyunun Neden Olduğu Problemler ve Suyun Kimyasal Parametreleri

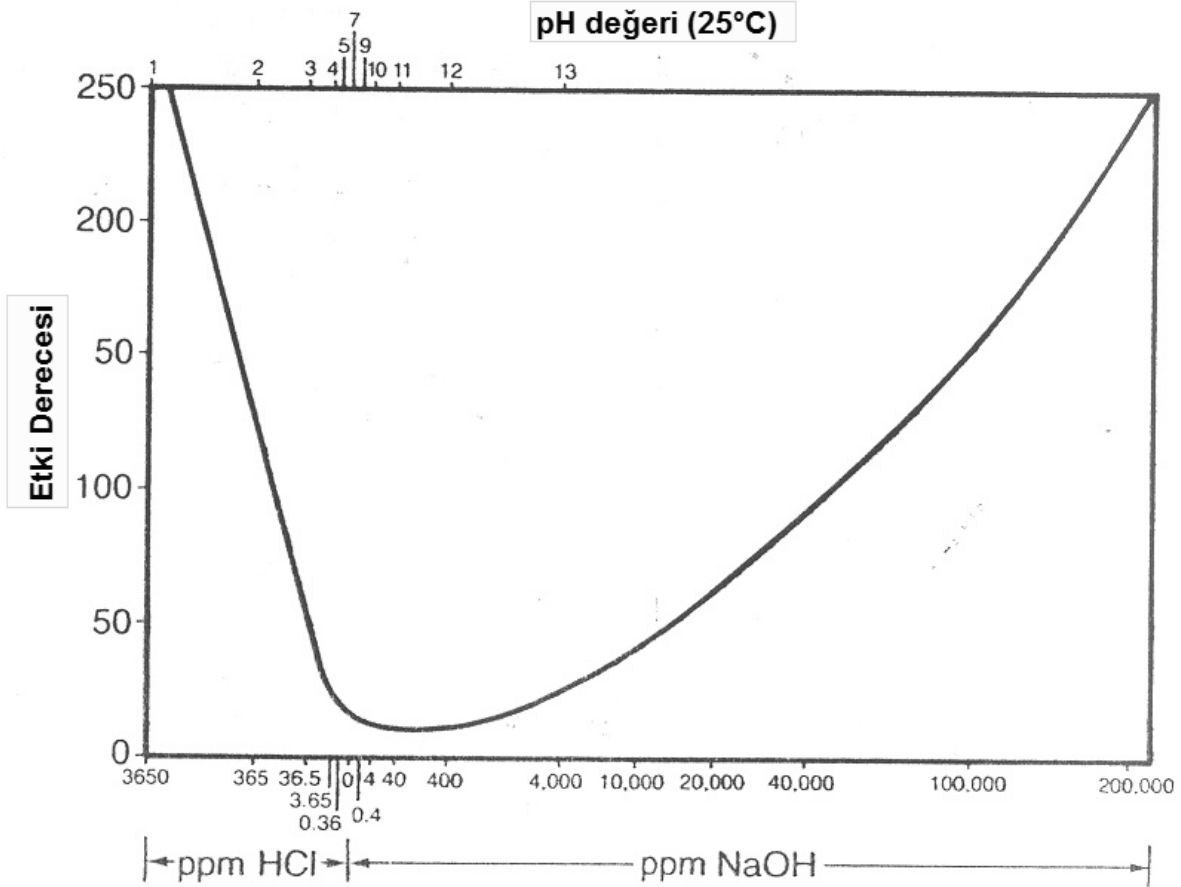
Soğutma sistemlerinde yaşanabilecek başlıca problemler şunlardır;

1. Isıl alışverişin zayıflaması ve kaybı
2. Ekipmanların kullanım ömrünün kısılması
3. Ekipmanların sürekli arızalanması
4. Üretim kaybı
5. Maliyet artışı
6. Artan onarım maliyetleri
7. Sistemin tamamen durması

Soğutma sistemlerinde kullanılacak suyun özelliklerini belirleyen en önemli parametreler ise;

4.1.1. Suyun pH Değeri

Suyun taşıdığı en önemli kriterlerden birisi olması nedeniyle çok dikkatle takip edilmelidir. pH kısaca suyun içerisinde bulunan H^+ iyonlarının (-) logaritmasının alınması ile tanımlanabilir. Suyun pH değeri düştükçe asitlik değeri arttığı için korozyon yapıcı özellik kazanmaktadır. Ayrıca 12-13 gibi pH seviyelerinde de bu defa OH^- iyonlarının artması ile bazik korozyon yapıcı özellik kazanmaktadır. pH 8.0-10.0 aralığında ise artan alkalinite değeri ile birlikte kalsiyum kristallerinin oluşmasına ve ısı yüzeylere yapışmasına zemin hazırlamaktadır. pH'ın sistemde korozyon hızına olan etkisi Şekil 2'deki grafikte açıkça görülmektedir.



Şekil 2. pH'ın Korozyon Hızına Etkisi[3].

4.1.2. İletkenlik Değeri

İletkenlik değeri, suyun içerisinde çözülmüş olan katı maddelerin miktarı ile doğru orantılıdır. Su içerisinde çözünen katı maddeler, soğutma kulesindeki buharlaşmanın etkisi ile konsantre olur ve suyun supersaturation (aşırı doymuşluk) seviyesinin üzerine çıkınca da kristalleşerek çökelmelere neden olur. Suyun iletkenlik değeri aynı zamanda korozyonu artıran en önemli faktördür.

4.1.3. Askıdaki Katı Maddeler

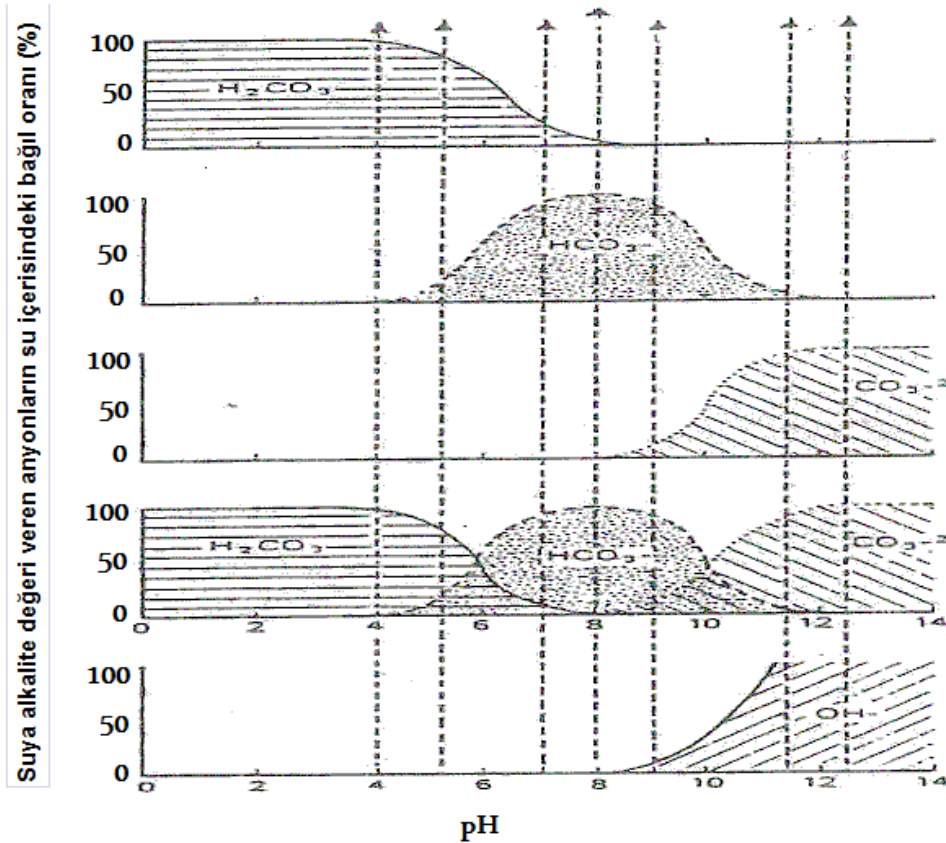
Genel olarak soğutma sistemlerinde kirlenmeye yol açan en önemli etken su içerisinde çözünmemiş halde bulunan organik veya inorganik katı partiküllerdir. Özellikle dere, göl, deniz gibi yüzey sularında askıdaki madde miktarı yüksek olduğu için arıtmadan sisteme verilmemelidir. Ayrıca soğutma kulelerine dışarıdan toz ve organik parçacıklar girebilmekte, bunlar da sistemde kirlenmeye yol açmaktadır. Sistem içerisinde oluşan korozyon ürünleri de soğutma sistemlerinde kirliliğin başlıca

faktörlerinden birisi olmakla beraber bu korozyon ürünleri, sistem içerisinde akış hızının nispeten düşük olduğu bölgelerde çökmekte ve depozit altı korozyona neden olabilmektedir.

4.1.4. Suyun Sertlik Değeri

Soğutma Suyundaki Kalsiyum ve Magnezyum iyonlarının toplam değeri pratikte Toplam Sertlik değerini vermektedir. Su içerisinde bulunan Kalsiyum Bikarbonat $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, ısı alışverişinin yapıldığı kondenser yüzeylerinde CaCO_3 formuna dönüşerek birikinti yapmaktadır. Isıl katsayısı $48 \text{ kcal/h.m.}^\circ\text{C}$ olan ST37 karbon çelik yüzeylerde ısıl katsayısı $2,3 \text{ kcal/h.m.}^\circ\text{C}$ olan kalsit kristalleri oluştuğunda bu kristaller yalıtkan vazifesi görmekte ve ısıl alışveriş verimini %15'lere kadar varan oranlarda düşürmektedir.

4.1.5. Alkalinite Değeri



Şekil 3. Alkaliniteyi Oluşturan HCO_3^- , CO_3^{2-} ve OH^- Anyonlarının pH İle Değişen Yüzde Oranları [3].

Bir suyun alkalinitesi, o suyun kuvvetli bir asidi, belirtilen bir pH değerine kadar nötralize edebilme kapasitesidir. Alkalinite suyun özelliğinin bir göstergesidir ve sadece numunenin kimyasal bileşimi bilindiğinde belirli maddeler için yorumlanabilmektedir. Suyun içeriğinde bulunan hidroksit (OH^-), karbonat (CO_3^{2-}) ve bikarbonatlar (HCO_3^-) suyun alkalitesini oluşturur. Alkalinite, P (Fenol Alkalinite ve M (Metil Alkalinite) değerleri ile belirlenir. Bu değerler analitik olarak ölçüldükten sonra OH^- (hidroksit alkalinitesi) hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} \text{p-Alkalinite} &= \text{OH}^- + \frac{1}{2} (\text{CO}_3^{2-}) \\ \text{m-Alkalinite} &= \text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \end{aligned}$$

Soğutma sularında sertlik ve alkalinite değerleri birbirleri ile doğrudan ilgili iki parametre oldukları için bu iki parametreden birinin toplam değerinin yüksek olması ortamda kalsit depoziti oluşması için yeterlidir. Bu nedenle su ön şartlandırması sırasında bu iki parametreden birisinin değeri reçine sistemleri ile veya dealkalizasyon yapılarak düşürülmektedir.

5. SOĞUTMA SİSTEMLERİNDEKİ PROBLEMLER VE KİMYASAL OLARAK BU PROBLEMLERİN GİDERİLMESİ

5.1. Mineral Depozit Oluşumu

Soğutma sistemlerinde oluşan problemlerin başında sudaki çözünmüş katı maddelerden kaynaklı depozit oluşumu gelmektedir. Normal şartlar altında su içerisinde çözünmüş halde bulunan tuzlar, bazı dış etkenler olan ısı, konsantrasyonun artması ve bazı kimyasal tepkimeler sonucunda kristalleşerek sert, temizlenmesi zor olan birikintiler haline gelmektedir. Soğutma sistemlerinde;

Kalsiyum karbonat (CaCO_3)	
Magnezyum Silikat	(MgSiO_3)
Kalsiyum Fosfat	($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)
Kalsiyum Sülfat	(CaSO_4)
Demir Oksitler	($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Fe}_3\text{O}_4$)
Demir Fosfat	($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$) birikintileri oluşma ihtimali en yüksek olanlarıdır.

Bu birikintiler soğutma sistemlerinde genel olarak ısı yüzeylerde ve sıcaklığın yükseldiği bölgelerde oluşur ve ısı transferi azalttığı gibi depozit altı korozyonun oluşmasına da neden olurlar. Bu nedenle birçok soğutma sistemindeki kondenser yüzeyleri ve boru hatlarında depozitlerin olduğu bölgelerin altlarında kalan metal yüzeylerde zamanla korozyon probleminin de birlikte geliştiği görülmüştür. Depozit oluşumundan kaçınmak için;

- Soğutma sisteminde blöfe önem verilmeli, uygun aralıklarla veya otomasyon kurularak düzenli blöf yapılmalı, böylece suyun içerisinde konsantrasyonu artan tuzların konsantrasyonu kontrol altında tutulmalıdır.
- Asit dozajı yapılarak sistemde pH ve Alkalite düşürülmeli ve CaCO_3 kristali oluşması bu şekilde kontrol edilmelidir. Hem alkalite hem sertliğin yüksek olduğu sularda CaCO_3 çökmesi kaçınılmazdır.
- Soğutma sistemlerinde depozit önleyici kimyasallar kullanılmalıdır. Depozit kontrolü için aşağıdaki mekanizmalardan bir veya birkaçı kullanılarak soğutma sistemlerinde birikinti oluşması önlenir.

5.1.1. Flokülantlar (Çöktürücüler)

Flokülasyon, suda çözünebilir çok yüksek molekül ağırlıklı (1,000,000 – 10,000,000 aralığında) organik polimerler kullanılarak taneciklerin bir araya getirilmesi işlemidir. Kullanılan bu özel polimerler flokülant olarak adlandırılmaktadır. Flokülantlar, soğutma sistemlerine dışarıdan gelebilecek partikülleri üç ayrı mekanizma ile bir araya getirmektedir.

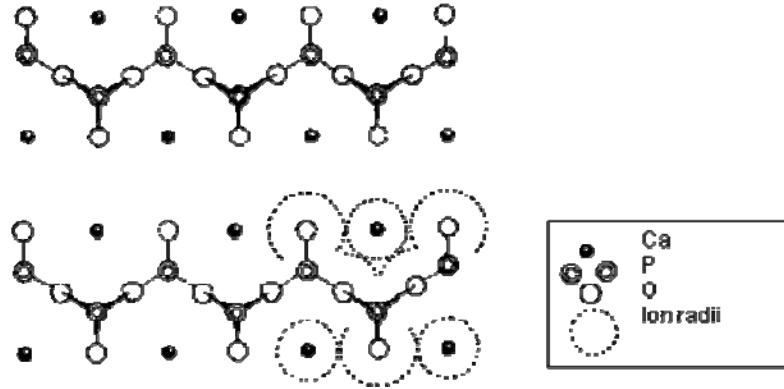
- Polimerlerin organik zincirlerinin suda iyonlaşması ile polielektrolitler elde edilir. Polielektrolit zinciri üzerinde bulunan aşırı derecedeki pozitif veya negatif yükler zıt yüklü taneciklerin Zeta potansiyellerini düşürür ve Wan Der Waals çekim kuvvetleri ile taneciklerin bir araya gelmesini sağlar.
- Tanecik yüzeyinde yüzeyle zıt yüklü kısımlar oluşturulması ile diğer tanecik üzerindeki zıt yüklü kısımların birbirini çekmesi sağlanır. Polimer zinciri önce yüzeyle absorblanır ve yüzeyin negatif yükünü nötralize eder ancak halen yüksek oranda katyonik yük taşıyacağı için taneciği pozitif yüklerle yükler. Pozitif yüklü kısımlar ise diğer taneciğin negatif yüklü kısımlarını çeker ve floklar oluşur. Bu şekilde çalışan kimyasallar poliaminlerdir.
- Taneciklerin polimer köprüleri ile bağlanması yönteminde polimer zincirinin bir ucu süspansiyondaki bir taneciğin yüzeyine tutunurken diğer uç süspansiyonda kalır. Daha sonra bu kalan uç başka bir taneciğe tutunarak tanecikler arasında köprüler oluşturur. Bu mekanizmada taneciklerin polimer köprüleriyle bağlanması için polimerin taneciklerle zıt yük taşıması gerekmez ancak polimerin çok yüksek molekül ağırlığında olması gerekir.

5.1.2. Eşik Etkisi (Threshold Inhibition)

Parçacıkları bir araya getirecek uzunluk ve ağırlıkta olmayan daha düşük molekül ağırlıklı kimyasallar, sertlik kristallerinin yapılarının içlerine girerek kristal yapılarını bozar ve kristal yapıyı kolaylıkla parçalanabilecek hale getirirler. Eşik etkisi ile birikinti oluşumunun önlenmesi iki ayrı mekanizma ile incelenebilir. Bu mekanizmalar, dağılma (dispersion) ve kristal yapısının bozulması (distortion) mekanizmalarıdır.

5.1.2.1 Kristal Yapısının Bozulması

Kalsiyum karbonat kristal yapısının içerisine giren PO_4 moleküllerinin (Şekil 4) kalsiyum karbonat kristal yapısını bozması örnek olarak gösterilebilir. Molekül ağırlıkları 500-2000 arasında olan karboksilik polimerler, poliakrilatlar, maleik anhidrit türevleri kristal yapıyı bozucu etki gösteren kimyasal bileşenlerdir.



Şekil 4. Kalsiyum karbonat kristalleri içerisine PO_4^{3-} iyonlarının nüfuz etmesi [4]

5.1.2.2. Dispersantlar

Su içerisindeki kristal taneciklerini aynı elektriksel yükü yüklenmesini sağlayan polimerlerdir. Aynı elektriksel yükü yüklenen tanecikler birbirlerini iterek su içerisinde büyük parçacıklar oluşturup birbirleri ile birleşemez ve çökelti oluşturamaz. Molekül ağırlıkları 1000-20.000 arasında olan anyonik şarjlı polimerler soğutma sistemleri için uygun dispersantlardır. Polikarboksilatlar ve polikarboksilik asitler en yaygın olarak kullanılan inorganik partikül dispersantlarıdır. Organik maddeler ve biyolojik birikintiler için EO/PO Kopolimerleri ile glikol türevleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

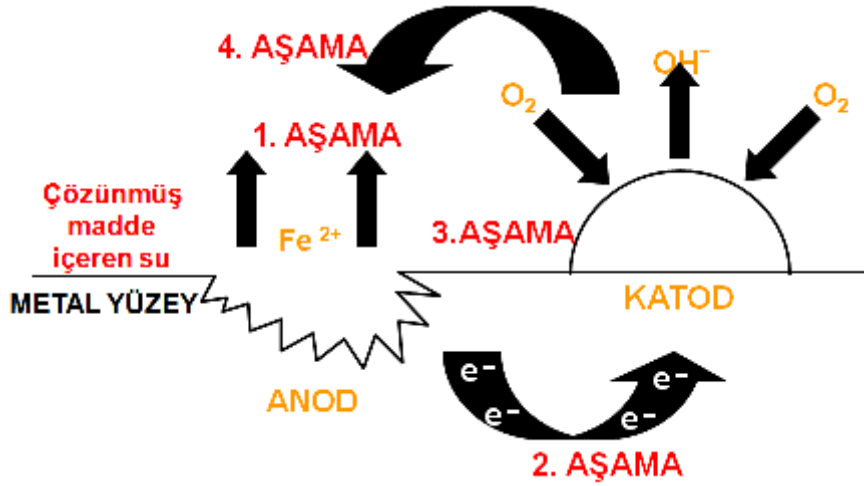
5.1.3. Sequestrantlar

Su içerisindeki metal iyonları ile bileşikler oluşturarak metal iyonlarının olması gereken çözünürlük limitlerinden çok daha yüksek çözünürlük özelliği sağlayan ve su içerisinde metal iyonlarının birikinti oluşmasını engelleyen kimyasallardır.

5.2 Korozyon

Yerkabuğunda bulunan tüm metaller metal oksitleri, hidroksitleri veya sülfat, karbonat tuzları şeklinde bileşikler halinde bulunurlar. Maden cevherinden ısı işlemler sonucunda elde edilen metaller zaman içerisinde doğadaki asıl formlarına dönmek için okside olur. Bu oksidasyon mekanizmasına korozyon adı verilmektedir.

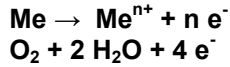
Korozyon, bir korozyon hücresinin oluşması ile başlar ve devam eder. Bu korozyon hücresinde bir anod ve bir katod elektrolit sıvısının içerisinde elektron transferine uğrar. Elektron transferi "anod"dan "katod"a doğru olacağı için zaman içerisinde anoddan metal eksilmesi olacak ve bu metal eksilmesi katod bölgesinde okside olmuş şekilde birikecektir. Şekil 5 'de bir korozyon hücresinin temsili resmi yer almaktadır.



Şekil 5 - Korozyon Hücresi

Aşama 1'de soğutma suyu ile temasta olan demir, bozunmaya başlar ve ardında elektron bırakarak su içerisine geçer. **Aşama 2'**de elektronlar metal içerisinde Katod bölgesine transfer olur. **Aşama 3'**de Katod bölgesinde biriken elektronlar su içerisindeki oksijenle reaksiyona girerek OH⁻ (hidroksit) iyonlarını oluşturur. **Aşama 4'**de ise su içerisinde çözülmüş olarak bulunan mineraller suyun elektrolit özelliğini artırdığından korozyon döngüsünü tamamlayarak açığa çıkan demir iyonlarının OH⁻ ile birleşmesini sağlar. Böylece korozyon mekanizması tamamlanmış olur.

Korozyon, ancak aşağıdaki iki reaksiyonun birlikte gerçekleşmesi ile mümkün olmaktadır. Bu reaksiyonlardan birisi gerçekleşmediği takdirde korozyon olmaz.



Anodik reaksiyon
Katodik reaksiyon

Soğutma sistemlerinde korozyondan koruma programları ise bu iki reaksiyondan birini engellemeye yönelik bileşenlerin oluşturduğu kimyasallarla yapılmaktadır. Şimdi bu kimyasalları birlikte inceleyelim.

6.2.1. Anodik İnhibitörler

Temelde anodik reaksiyonu engelleyerek metal yüzeylerde koruma yaparlar. Metalin elektron kaybetmesini engellemek için su ile metal yüzey arasındaki yüzeyde koruyucu bir film tabakası oluştururlar. Bu film tabakası kimyasalların içeriğinde bulunan ve metal yüzeylerle bileşik yapıcı kimyasal bileşenlerle sağlanır. Kromatlar, Molibdatlar, Silikatlar, Nitritler, fosfatlar, fosfonatlar ve triazol türevleri anodik inhibitörler olarak kimyasal formülasyonlar içerisinde kullanılmaktadır.

6.2.2. Katodik İnhibitörler

Katodik inhibitörler, katod reaksiyonundan açığa çıkan OH⁻ iyonları ile bileşik yaparak korozyon döngüsünün tamamlanmasını engellemeye yönelik bileşenler içermektedir. Genellikle çinko içerikli kimyasal bileşenler kullanılarak soğutma suyu içerisine çinko klorür (ZnCl) olarak verilen bileşenler metal yüzeyde açığa çıkan OH⁻ ile yer değiştirme reaksiyonu ile Zn(OH)₂ formuna dönüşerek yüzeylerde zor çözünen bir film tabakası oluşturur ve metal yüzeyle su arasındaki teması ortadan kaldırır. Tolytriazol, benzotriazol türevi inhibitörler ise bakır ve renkli metal yüzeylerde korozyondan korunma için kullanılmakta ve metalle bileşik oluşturularak yüzeyde ince bir film tabakası şeklinde koruma sağlamaktadır.

Yukarıda örneğini verilen pitting korozyonu en çok görülen korozyon çeşitlerinden biridir ancak başka korozyon mekanizmaları da mevcut olup bu mekanizmadan farklı işlemektedir.

Galvanik Korozyon

İki farklı metalin aynı sistem içerisinde yer alması ile oluşur ve daha aktif olan metalin sistemde daha az aktif olan bir metal bulunması ile korozyona uğramasıdır. Örneğin aynı sistem içerisinde alüminyum ve paslanmaz çelik metalleri bulunuyorsa alüminyum metali daha aktif olduğu için korozyona uğrayacaktır.

Erozyon Korozyonu

Sistemde soğutma suyunun akış hızının yüksek olması ve içeriğinde bulunan çözünmeyen katı maddelerin miktarına bağlı olarak yüzey aşınması şeklinde gerçekleşir.

Bakteri ve Depozit Altı Korozyonu

Yüzeylerde bakterilerin ve kirlilik yaratan depozitlerin tutunması ile birlikte altlarında kalan bölgede oluşan korozyondur. Bakteriler depozit oluştuğundan yanı sıra salgıladıkları asidik salgılarla metal yüzeyde asidik korozyona neden olurlar.

6.3.Kirlenme (Fouling)

Kirlenme, soğutma suyu içerisinde bulunan kalsit dışındaki parçacıkların birikintiler oluşturmasıdır. Sistemi genel olarak tıkanmaya ve duruşlara kadar götürecektir bir durum olduğu için kontrol edilmelidir.

Kirlenmeye yol açan başlıca etkenler;

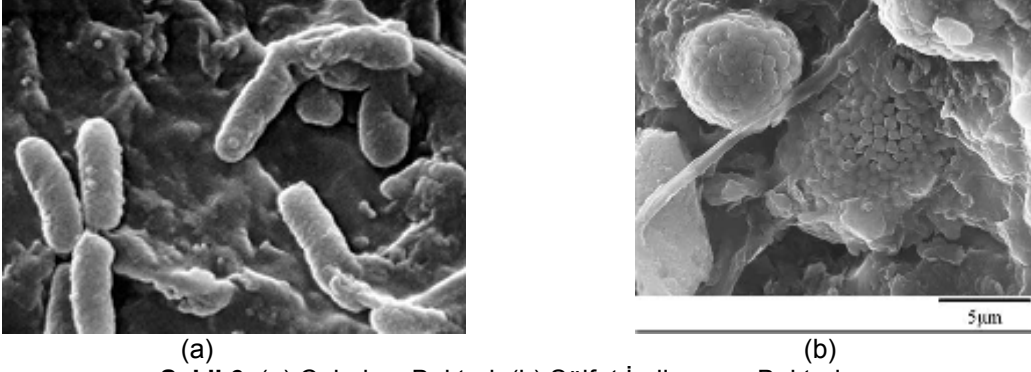
1. Kum, toz, çamur ve demir oksit tanecikleri
2. Yağ
3. Korozyon ürünleri
4. Mikrobiyolojik gelişimler (bakteri, yosun, v.b.)
5. Yumuşatma ünitesinden gelebilecek kireç

Kirlenme, sistemde tıkanmalara yol açabileceği gibi korozyonu da artıran önemli etkenlerden birisi olduğu için mutlaka kontrol edilmelidir. Öncelikle iyi kalitede besi suyu sağlanmalı ve korozyon, kireç önleme ve mikrobiyolojik mücadelenin iyi yapılması gerekmektedir. Temizliği için de side-stream filtreleme, soğutma kulesinin temizlenmesi ve blöfün artırılması birer yöntemdir. Kimyasallar kullanılarak kirlenmeyi kontrol altına almak da birçok sistemde gerekli olmaktadır. Soğutma sistemlerinde genellikle anyonik veya non-iyonik şarjda dispersantlar kullanılarak kirlenme kontrol altında tutulur. Polimerler, sülfone veya sülfone olmayan kopolimerler ile EO/PO kopolimerleri en yaygın olarak kullanılan dispersantlardır.

6.4.Mikrobiyolojik Gelişimler

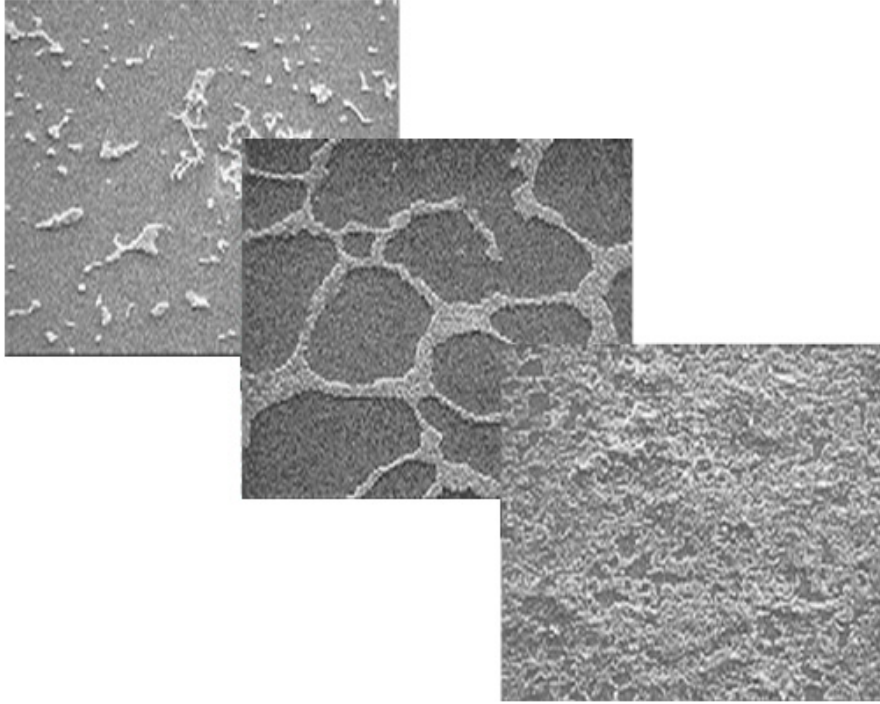
Soğutma Sistemlerinde mikrobiyolojik oluşumlar genelde sistemlerde en zor kontrol edilebilen unsurlardan biridir. Bakteriler, yosun oluşumu, mantar, maya, küf soğutma sistemlerinde görülen mikrobiyolojik oluşumlardır. Bakteriler gözle görülmeyen çok küçük canlılar olduğu için ve uygun ortamda çok yüksek üreme kapasitesine sahip oldukları için soğutma sistemlerinde en çok karşılaşılan mikrobiyolojik problemdir. Soğutma sistemlerinde görülen bakteri tipleri;

1. Slime oluşturan bakteriler
2. Anaerobik tipte korozif (SRB)
3. Demir indirgeyen bakteriler
4. Nitrifying bakteriler
5. Denitrifying bakteriler



Şekil 6. (a) Çubuksu Bakteri, (b) Sülfat İndirgeyen Bakteri.

Soğutma sistemi içerisinde bakteriler iki değişik formda bulunurlar. Birincisi su içerisinde serbest halde bulunan bakteriler, ikincisi ise yüzeylere yapışmış halde bulunan bakterilerdir. Yüzeylere yapışmış halde bulunan bakteriler ise biyofilmler oluşturarak koloniler halinde yaşamlarını sürdürür. Bu şekildeki biyofilmler soğutma sistemlerindeki bakteri formasyonunun %98'ini oluşturur ve sistemin herhangi bir yerinde bulunabilir. Şekil 7'de bakterilerin biyofilm oluşturma evreleri görülmektedir. Biyofilmler soğutma sistemlerinde ölçülemediği için en büyük problemleri yaratan mikrobiyolojik oluşumlar olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 7. Biyofilm Oluşum Evreleri [5].

Yosun, mantar, küf gibi mikrobiyolojik oluşumlar ise soğutma sisteminde sistemde kirlenmelere yol açan başlıca mikrobiyolojik oluşumlardır.

Soğutma sistemlerindeki mikrobiyolojik oluşumlar biyosit kullanımı ile engellenebilir. Soğutma sistemlerinde kullanılan biyositler ;

1. Oksitleyici biyositler (Klor, hidrojen peroksit, brom, ozon)
2. Oksitlemeyen biyositler (Brom, isothiazolin türevleri, Aldehitler, Quarternary amonyum bileşikleri v.b.)
3. Biyodispersantlar (EO/PO Kopolimerleri, glikol türevleri) den formüle edilerek kullanılmaktadır.

SONUÇLAR

Su Soğutmalı Enerji Santrallerinde Su Soğutma sistemlerinde karşılaşılan başlıca problemler korozyon, mineral depozit oluşumu, kirlenme ve mikrobiyolojik gelişimlerdir. Soğutma sisteminin besi suyu ve sirkülasyon suyunun artırılmasının yanında kimyasal parametrelerinin kontrolü ile sistem bu problemlerden uzak tutulmalıdır. Soğutma sistemlerindeki kimyasal şartlandırma programları ise ancak bu dört unsurun birbiri ile olan etkileşimleri de göz önünde tutularak birlikte çözümlenmesi ile optimum düzeyde sağlanabilir.



Şekil 8. Optimum Kimyasal Şartlandırma Bileşenleri

Soğutma suyunun şartlandırılmaması veya yeterli derecede şartlandırma yapılmaması neticesinde ise ısı alışverişin zayıflaması ve kaybı ekipmanların kullanım ömrünün kısalması, ekipmanların sürekli arızalanması, üretim kaybı, maliyet artışı ve sistemlerin tamamen durması problemleri ile karşılaşmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] "Nalco Water Handbook", 1988.
- [2] Biocides as a Chemical Cleaning , 23rd Annual Water Treatment Conference Alexandria Egypt.
- [3] UBLIGH, H., H.(ed.), "The Corrosion Handbook", John Wiley and Sons, New York 1948
- [4] Henkel Cooling Water Treatment Technical Bulletin", 2001.
- [5] DONOHUE,J.M. Cooling Water Treatment- Where Do We Stand, Natioanal Association of Corrosion Engineers, 1972.

ÖZGEÇMİŞ

Ferruh KILIÇCIOĞLU

1968 yılı Ankara doğumludur. 1993 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Malzeme ve Metalurji Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Çeşitli özel şirketlerde çalıştıktan sonra 1998 - 2008 yılları arasında Türk Henkel A.Ş. Yüzey Teknolojileri Su Şartlandırma Bölümü'nde çeşitli kademelerde yöneticilik görevinde bulunmuştur. Türkiye'de EÜAŞ Kömür Enerji Santralleri ile, birçok kojenerasyon santrallerinin soğutma suyu ve kazan sistemleri kimyasal şartlandırma programlarının teknik takibini yapmıştır. 2008 yılı sonunda kurmuş olduğu Genda Kimya, Makine Jeotermal San. Ve Tic. Ltd. Şti. ile çeşitli firmaların kimya danışmanlığı hizmetini yürütmektedir.