

ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE SOĞUTMA SUYU ŞARTLANDIRMASI

Alper Tunga DOST

ÖZET

Bu çalışmada; endüstriyel tesislerde gerek üretim tarafında, gerekse üretim prosesini destekleyici ekipmanlarda soğutma suyunun şartlandırılması hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Soğutma suyunun içerdiği safsızlıkların yarattığı korozyon, birikinti, depozitlenme ve bakteriyel kirlilik konuları detaylandırılmıştır. Konu mümkün olduğunca kimya ve termodinamik öğelerden sadeleştirilerek her mühendisin anlayacağı sade bir dille ifade edilmiştir. Detaylı bilgi için referans kaynaklara başvurulabilir.

Anahtar Kelimeler: Soğutma Suyu, Şartlandırma, Korozyon, Birikinti, Bakteriyel Kirlilik.

ABSTRACT

Cooling water treatment is the most important process in the industrial plants. Because all the equipment which produce heat - while working - needs cooling and mainly water is used for this application. Because water has a good heat transfer capacity and cheaper than the other fluids. These advantages make the water crucial for the cooling process. As we know that in the nature it is not possible to find pure and standard quality water. So it needs to be treated. Scaling, corrosion and bacterial fouling is the most important issues that the water creates. in the industrial plants. Chemical treatment is effective and successful and the way to solve these problems. Effective water treatment program supports the production rate because of less maintenance and frequent equipment failure. Nowadays water sources are limited and we have to use this valuable source both economically and effectively. Water treatment technologies make this available.

Key Words: Cooling, Water Treatment, Scale, Corrosion, Fouling.

1. GİRİŞ

İyi bir ısı transferi için gereken akışkan; hem termodinamik açıdan hem de maliyet açısından uygun olmalıdır. Buradan yola çıkılırsa su, soğutma işlemi için en uygun akışkandır. Çünkü; termal kapasitesi yüksektir, düşük maliyetlidir, kolayca sağlanabilir ve genelde proses akışkanından yeterli derecede düşük sıcaklığa sahiptir. Suyun en iyi ısı transfer akışkanı olması termodinamik olarak; konveksiyon, radyasyon ve iletim (conduction) yasaları ile açıklanabilir. Suyun özelliklerine hem yakın hem de aynı ekonomide başka bir akışkan yoktur. Bu nedenle soğutma işleminde su en önemli unsurdur.

Temelde sanayi uygulamalarında soğutma suyu;

- Tek geçişli soğutma sistemlerde
- Kapalı devre soğutma sistemlerde
- Açık tip soğutma devrelerinde kullanılmaktadır.

Tek geçişli sistemlerde soğutma suyu ısı transferi sonrasında sistemi terk eder. Örnek olarak deniz suyu ile soğutma yapan enerji santralleridir. Su alma yapısı ile denizden alınan suyun ısı soğutulması gereken akışkana transfer edildikten sonra ısınan su tekrar denize deşarj edilir.

Kapalı devre sistemlerinde amaç sabit hacimde akışkan ile sürekli olarak sistem soğutmasının sağlanmasıdır. Burada buharlaşma olmadığından su kaybı olmaz. Örnek olarak çiller sistemlerini veya motor soğutma suyu devreleri gibi kapalı sistemler gösterilebilir.

Açık tip soğutma sistemlerinde su atmosferik koşullarda dış ortama açıktır. Soğutma amacıyla prosesten aldığı ısıyı buharlaşarak atmosfere transfer eder. Böylece soğuyan su tekrar sisteme pompalanır.

Yukarıda görüldüğü gibi her üç tipte de farklı miktarlarda su ihtiyacı oluşur. Bu ihtiyaçlar gerek yüzeysel kaynaklardan (deniz, göl, nehir vb) gerekse yeraltı kaynaklarından (kuyular) sağlanmaktadır. Soğutma işlemi esnasında kullanılacak suyun kalitesi çok önemlidir. Özellikleri, sağlandığı yere, çevresel ve coğrafi şartlara göre değişir. Su çözücü özelliği nedeni ile kaynağından kullanım noktasına gelene kadar birçok safsızlıkla karşılaşır ve bunları bünyesine transfer eder. Bu nedenle her yörede temelde aynı gibi görünse de oldukça farklı yapıda (toplam çözünmüş katı içeriğine) su kalitesi izlenmektedir.

Suların özelliklerine göre kullanılacağı işlemde uygun hale getirme prosesine şartlandırma denmektedir. Bu noktada şartlandırma işlemini mekanik ve kimyasal olarak iki ana bölüme incelemek uygun olur. Suları bazı ekipmanlar vasıtasıyla içerdiği safsızlıklardan arıtmak ve hedeflenen amaca yönelik olarak hazırlamak mümkündür. Günümüzde ham su filtrasyon, yumuşatma, dealkalinizasyon, demineralizasyon, elektrodiyaliz ve membran teknolojileri gibi yöntemlerle endüstriyel kullanıma hazırlanmaktadır. Fakat sistemlerde stres altında suyun bileşenleri bazı sorunlara yol açmakta, işte bu noktalarda da kimyasal şartlandırma sorunlara çözüm olarak kullanılmaktadır.

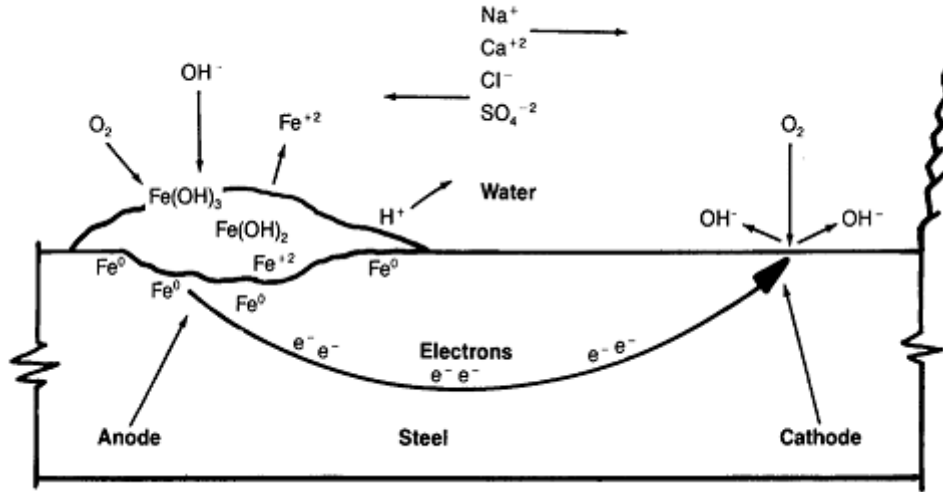
2. SOĞUTMA SUYUNDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR

Soğutma suyu olarak kullanılan sular sistemlerde temel olarak 4 ana soruna yol açmaktadır:

1. Korozyon,
2. Birikinti (scaling),
3. Bakteriyel kirlenme (fouling),
4. Depozitlenme (askıda katıların çökmesi)

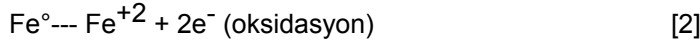
2.1 KOROZYON

Korozyon, sistemde bulunan metallerin elemental formdan doğadaki hallerine elektrokimyasal yolla dönme işlemidir. [1] Korozyon oluşumu; korozyon hücresi (corrosion cell) açıklaması ile daha net anlaşılır.

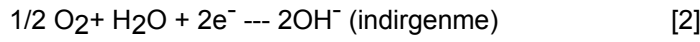


Şekil 1. Korozyon devresi [2]

Anotta aşağıdaki reaksiyon gerçekleşir;



Katotta ise;



Görüldüğü gibi önüne geçilmediği takdirde metalde sürekli olarak kaybın oluşacağı açıktır. Bu kayıplar noktasal olarak (pitting) veya yüzeyin genelinde oluşabilir. Genel korozyon ve pitting korozyonu yanında, farklı metal yapısı nedeni ile iki metal arasındaki elektriksel alışveriş sonucu bir de galvanik korozyon sistemlerin en sık karşılaştığı korozyon tipleridir. Kimyasal uygulamaları ile bu korozyon hücrelerinin oluşumu engellenmeye çalışılır. Gerek anot gerekse katot tarafında kaplama yapan kimyasallar ile bu elektriksel alışveriş yavaşlatılır.

2.2 BİRİKİNTİ (SCALE)

Su içinde çözülmüş halde bulunan katı maddeler belli koşullar altında su fazından ayrılarak bulunduğu yerlere çökme eğilimine girerler. Normalde tuz, şeker gibi bildiğimiz katılar su içinde ısındıkça daha fazla çözünürler. Bunun aksine soğudukça da kristallenirler. Sularda en çok sorun yaratan kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfat, silisli birikintiler ise tam tersine hareket eder. Normalde bir çökme eğilimi olmadığı halde su ısındığında çözünürlüklerini kaybederek birikinti oluşturma eğilimine girerler. Her bileşiğin "çözünürlük çarpımı" olarak adlandırılan suda çözünürlük sınırını ifade eden bir limiti vardır. Bu sınır aşıldığı takdirde çökme başlar. Bu durumda temizlenmesi güç, sert birikintiler oluştururlar. Kimyasallar bu noktada kristallenmeyi geciktirici veya mevcut kristal yapıyı bozan içerikleri ile devreye girerler.

Tablo 1. Birikinti Tipine Göre Termal İletkenlik. [1]

Birikinti tipi	Termal İletkenlik (W/m°C)
Kalsiyum Karbonat	2.25-2.94
Kalsiyum Sülfat	2.25
Kalsiyum Fosfat	2.6
Magnezyum Fosfat	2.25
Demir oksit	2.94

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü gibi birikintiler ısının bir proses tarafından soğutma suyuna transferini ciddi biçimde engeller. Veya diğer bir ifade ile soğutma suyunun proses ısısını almasını güçleştirirler. Termal iletkenliğin temiz bir karbon çelik yüzeyde $60 \text{ W/m}^2\text{C}$ ' nin üzerinde olduğu düşünülürse birikintilerin ne derece ısıyı yalıtıtları daha net anlaşılabilir.

Çözünmüş katıların su fazından ayrılmasını önlemek veya ayrıldıktan sonra çökmesini engellemek amacıyla da kimyasal şartlandırma yapılmaktadır.

2.3 BAKTERİYEL KİRLENME (FOULING)

Doğada sulu ortamda yaşam faaliyetlerini sürdüren canlılar endüstriyel tesislerde de eğer önlemleri alınmazsa problemleri üreyerek sıkıntı yaşatacak seviyeye getirebilir. Bakteriyel kirlilik korozyonu, ciddi ısı yalıtımı nedeni ile birikinti oluşumunu hızlandırır. Sistemlerde bakteri, yosun ve mantar formunda bulunabilirler. Bu canlıların bazıları oksijene ihtiyaç duyarken (aerobik canlılar) bazıları oksijensiz (anaerobik) ortamda da varlıklarını sürdürebilirler. Güneş ışığı da canlılar için en önemli kaynaklardandır. Sistemlerde bu tip canlıların üreyebilmesi için uygun şartlar ve yeterli miktarda besinin bulunması yeterlidir. Su şartlandırma bu tip canlılar ile mücadelede farklı mekanizmalar ile çalışan kimyasallar (biyositler) kullanılmaktadır.

2.4 DEPOZİTLENME

Suda askıda bulunan katı maddelerin sistem iç dinamiklerine bağlı olarak belirli bir yerde çökmeleri, toplanmalarına depozitlenme denilmektedir. Depozitlenmenin scalingden farkı çözünmüş maddelerden dolayı değil aksine askıda bulunan katılardan dolayı oluşmasıdır. Sistemlerde gerek su hızının az olması, gerek ani değişen su sıcaklıkları, gerekse su karakteristiği bu probleme neden olmaktadır. Bu sorunların giderimi için disperse edici kimyasallar kullanılmaktadır. Disperse etme yönteminde birikintinin elektriksel yükü ile ters yüke sahip ürünler tercih edilmektedir.

Yukarıda anılan dört farklı sorunun bir tanesinin sistemde sorun yaratacak boyuta ulaşması diğerlerinin de sorun yaratmasına neden olabilir. Yani korozyon ürünleri ortamda bulunan scale yapıcı mineraller ile birleşerek ani ısı değişimi olan noktalara çökebilir. Böyle pürüzlü, tutunması kolay ve ısı olarak yaşama elverişli ortam bakteriyel gelişme için de uygunluk sağlar. Böylece zamanla oluşan korozyon diğer sorunların da oluşmasına zemin hazırlayabilir.

3. KİMYASAL ŞARTLANDIRMA

Tek geçişli sistemler ve kapalı devre sistemlere göre açık tip soğutma kulelerinde rastlanan sorunlar daha komplike ve çözümleri daha detaylıdır. Zira tek geçişli sistemlerde ve kapalı devre sistemlerinde stres çok daha düşüktür. Açık tip sistemlerde ise soğutma işlemi suyun buharlaşarak sistemden aldığı ısıya dayandığı için hem suyun saf olan kısmı kaybedilir ve içeriği sistemde zaman içinde konsantre olur hem de sürekli olarak bu kayıp aynı karakterde su kaynağından tazelenir. Bu da sürekli olarak sisteme yeni birikinti ve/veya korozyon yapacak içeriğin eklenmesi demektir.

Tek geçişli ve kapalı devre sistemlerinde su şartlandırma gayet kolaydır. Zira problemler sınırlıdır ve çözümleri efektiftir. Örneğin günümüzde - ekonomik nedenlerden dolayı - tek geçişli sistemler sadece suyun aşırı miktarda kullanıldığı deniz suyu ile soğutmalı enerji santrallerinde kullanılmaktadır. Bu sistemlerde metalürji titanyum ve/veya paslanmaz çelik olarak seçildiğinden ana sorun korozyon değil bakteriyel kirlilik ve birikintidir. Giriş yapısında biosit (genelde klorlama) uygulaması ve ton başına belli miktarda scale inhibütörü genelde soruna çözüm olmaktadır. Kapalı devrelerde ise su kaybı olmadığından dolayı ton su başına eklenen inhibütörler sistemin uzun süre sağlıklı olarak çalışmasını ve korunmasını sağlar. Sistemde oluşabilecek su kayıpları nedeni ile taze su girişi halinde kimyasal ilavesi yapılmaktadır. Kapalı devre sistemlerinde çok sık olmasa da bakteriyel kirlilik de görülmektedir. Bu da ton başına eklenen non-oksit biositler ile rahatlıkla çözülebilmektedir.

Açık tip soğutma sistemlerinde ise yukarıda anılan 4 ana problem (birikinti, korozyon, yığılma ve bakteriyel kirlenme) problemler yaratır. Bu nedenle kimyasal şartlandırma programları bu problemlerin çözümlerini esas alır.

Kimyasal şartlandırmanın seçimi öncesinde yapılması gereken bazı inceleme (survey) ve işlemler (test ve kontroller) vardır. Bunlar:

- Sistem inceleme raporu (assessment, survey raporu)
- Sistemin eğiliminin tespiti (korozyon veya birikinti)
- Bakteriyel kirlilik riski ve geçmişi
- Önceki inceleme (inspection) raporları ve mevcut problemler

Yukarıdaki ana unsurlar ışığında soğutma suyu şartlandırma programı seçilerek hedeflenen değerler belirlenir. Ve bu hedefler doğrultusunda program uygulaması başlatılır. Yeni bir programa geçmeden önce mevcut durumda oluşan olumsuzlukları incelemek, gerekirse bu olumsuzların (birikinti, korozyon ürünleri, bakteriyel kirlilik, biofilm vs) temizlenmesi gerekebilir. Zira suda istenmeyen oluşumların bulunması uygulanacak kimyasalların aktivitesini ve dozaj miktarlarını da olumsuz olarak etkilemektedir.

Kimyasallar çok genel olarak;

- İnhibütörler (korozyon ve scale inhibütörleri)
- Dispersantlar-polimerler
- Biositler [3]

olarak gruplandırılabilir. Bu ürünler de kendi aralarında kimyasalın çalışma şekline veya içeriğine bağlı olarak gruplandırılabilir. Örneğin korozyon inhibütörleri; anodik korozyon inhibütörleri ve katodik korozyon inhibütörleri olarak veya organik ve inorganik inhibütörler gibi sınıflandırılabilirler. Biositler okside edici (klor, peroksit vb gibi) ve okside edici olmayan (Fuat, izotiazolin, vb gibi) gruplandırılabilir.

Kimyasal şartlandırmada en önemli unsur soğutma kulesinin konsantrasyon sayısıdır. Bu sayı mevcut kimyasal program ve takviye edilen su karakteri ile sistem suyunun sorunsuz olarak çalışabileceği en üst noktayı belirler. Konsantrasyon sayısı; kuledeki soğutma suyunda bulunan parametrelerin sisteme giren takviye suyundaki (make up) parametrelere oranıdır. Yani kuledeki sertliğin giren suyun sertliğine, kuledeki silisin giren sudaki silis miktarına oranıdır. Fakat bu sayı genelde birikinti oluşturabilecek riskleri ifade eden sertlik, silis, alkalinite gibi değerler ile ifade edilmez. Zira sisteme giren kalsiyum ortamdaki yüksek alkalinite nedeni ile kalsiyum karbonata dönüşerek sudan ayrılabilir. Bu durumda da kulede ölçülen kalsiyum miktarı düşük çıkacaktır. En gerçekçi konsantrasyon sayısı klorür gibi sisteme girişi ve sistemdeki konsantrasyonu kolayca değişmeyen parametrelerden seçilmelidir. Zira klorür reaksiyona girmez, çökelti oluşturmaz ve buhara karışmaz, bu nedenle en uygun izleme parametresi konumundadır. İletkenlik de bunun için uygun bir parametredir ama dış etkenlerden (AKM, toz, toprak vs) kolayca etkilenir. Bu nedenle konsantrasyon sayısının hesabı bir kaç parametrenin takibi desteklenmelidir. Konsantrasyon sayısı direk olarak sisteme verilen bir parametrenin ne denli konsantre edilebileceği konusunda fikir verir. Bu nedenle eğer program izin veriyorsa en yüksek konsantrasyon ile çalışmak en ekonomik yöntemdir. Burada önemli olan; çıkılacak yüksek konsantrasyon sayısına mevcut programın izin verip veremeyeceğidir. Diğer taraftan konsantrasyon sayısının yüksek olması, sistemden daha az blöf yapılacağı anlamına geldiğinden su tasarrufunu da beraberinde getirmektedir.

Tüm bu nedenlerden dolayı yüksek stres şartlarında çalışan, sistemi bu şartlarda dahi başarı ile koruyan, bunun yanında ciddi su tasarrufu da hedefleyen programlar seçilmelidir.

Günümüzde teknolojik ilerlemeler sonucunda araştırma ve geliştirmeye önem veren firmalar tarafından, yüksek stres şartlarında çalışan yeni moleküler yapılara sahip inhibütörler, dispersantlar ve polimerler geliştirilmektedir. Konvansiyonel uygulamalar yani kromat, çinko gibi ağır metaller içeren programlar yerlerini bu teknolojilere bırakmaktadır. Zira yüksek konsantrasyon sayılarında bu tip inhibütörler içeren kimyasallar alıcı ortama deşarj edilememektedir. Kromatlar hem çevresel hem de

insan sağlığına olumsuz etkileri ile 80'li yılların sonunda terk edilmiştir. Çinko ise konsantre olarak deşarj edilmesi sınırlandırıldığından yavaş yavaş terk edilmeye başlanmıştır.

Açık tip soğutma sistemlerinde inhibütörler dışında disperse edici kimyasallar (dispersantlar), polimerler ve biositler de sıklıkla kullanılır. Uygulanacak olan programın bir gerekliliği olarak değişik özelliklere sahip polimerler tercih edilir ve polimerler ile gerek su içinde çökme eğiliminde bulunan minerallerin çökmesi gerekse bizzat inhibütörlerin neden olabileceği çökelmeler engellenir.

Biositler ise sistemde oluşabilecek bakteriyel kirlenme için kullanılan kimyasallardır. Okside edici olanlar ve okside edici olmayanlar olarak iki ana sınıfa ayrılabilir. Doğada her su kaynağında bulunduğu gibi soğutma sistemlerinde de gerekli besi maddelerinin ve yeterli güneş ışığının bulunması halinde sorun yaratacak boyuta ulaşabilirler. Bu nedenle rutin kontroller ile (su analizleri, gözlemler ve testler) sudaki miktarları sürekli takip edilmelidir. Pratik olarak kolayca dip slide vb test kitleri ile test edilebilir ve su kimyasalı programı bu doğrultuda yönlendirilebilir. Çoğu zaman make up suyunun bakteriyel olarak kontrol altında tutulması, sistemde bakteri vs canlılara besi maddesi teşkil edebilecek parametrelerin sınırlandırılması veya giderilmesi güneş ışığının kontrolü de ciddi fayda sağlamaktadır.

Su kimyasalları, su şartlandırma işleminde mevcut mekanik ve operasyonel işlemlerin yetersiz kaldığı ve mevcut uygulamaların sorunları çözmediği noktada destekleyici bir çözüm olarak uygulanmalıdır. Sistemlerde gereken iyileştirmeler veya operasyonel ayarlamalar yapılmadan tüm performansı su şartlandırma kimyasallarından beklemek doğru olmaz. Zira çözümü kimyasal ile mümkün olsa dahi ekonomik ve çevre açısından uygun olmayabilir. Bu nedenle koruyucu bakımlar, ekipmanların sağlıklı çalışması (kule su dağılımı, su kalitesi, pompa performansları vs), doğru mühendislik yaklaşımları hem daha ekonomik bir şartlandırma programına temel oluşturacak hem de daha çevreci bir uygulama sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] KARASU, R., "Aquazur Seminer Notları", Derleyen: A.T.DOST, 1999.
- [2] BETZ DEARBORN, "Handbook of Industrial Water Conditioning", BETZ Laboratories, 1991.
- [3] KEMMER, F.N., "The Nalco Water Handbook", Mc Graw Hill, 1988.

ÖZGEÇMİŞ

Alper Tunga DOST

1968 yılı Diyarbakır doğumludur. 1993 yılında İTÜ İnşaat Fak. Çevre Müh. Bölümünü bitirmiştir. Daha sonra DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri dalında 1997 yılında Yüksek Mühendis unvanını almıştır. 1995-1998 Yılları arasında Denizli-Gümüşsü Atıksu Arıtma Tesisi (10.000m³/gün) projesinin koordinatörlüğünü yapmıştır. 1998-2008 Yılları arasında Nalco firmasında su şartlandırma konusunda uzman olarak çalışmıştır. 2008 yılı ikinci yarısından beri GE Water&Process Technologies firmasında Ege Bölge Müdürü olarak görev yapmaktadır. Ağır sanayi (Demir-çelik endüstrisi, enerji santralleri ve rafinerilerde) ve orta ölçekli sanayi tesislerinde soğutma suyu ve kazan suyu şartlandırma konularında danışmanlık yapmaktadır.