KAPALI DEVRE MEKANİK TESİSATLARDA KOROZYON ve BİR YAPIDA İNCELENMESİ – 2

Prof. Dr. Olcay KINCAY, Kimya Y. Müh. Haluk AĞUSTOS
Arş. Gör. Uğur AKBULUT, Arş. Gör. Dr. Alpay Kürekçi

Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü
Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı
34349 Beşiktaş / İstanbul

okincay@yildiz.edu.tr, hagustos@mynet.com
akbulutugur@yahoo.com, kurekci@yildiz.edu.tr

ÖZET

Bu makalenin yayınlanan ilk bölümünde korozyonun tanımı, genel olarak oluşum biçimleri, mekanik tesisat yapılarını oluşturan demir-çelik esaslı malzemelerde yoğun oluşan korozyon süreci, korozyon hızı ve korozyon türlerinin yanı sıra kapalı devre mekanik tesisatlardaki sonuçları konu edilmiştir.

Bu ikinci bölümde ise korozyon etkisi ile zarara uğramış İstanbul'daki bir plazanın mekanik tesisat sistemi ele alınarak vakanın neden ve sonuçları ortaya konulacak, ayrıca sistem için çözüm getirilerek takip edilecek korozyon koruma programı sunulacaktır. Önerilecek olan korozyon koruma programının, tesisat işletmeye alınmadan önce başlatılması daha az maliyetli olduğu ve korozyon etkinin meydana gelmeden engellenebileceği vurgulanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Mekanik tesisat, korozyon, korozyon oluşumu, korozyon türleri, korozyon zararı

9. KAPALI DEVRE, SORUNLAR ve KORUNMA YÖNTEMLERİ

9.1. Kapalı Devre

Hidronik ısıtma sistemleri olarak da bilinen kapalı devre ısıtma sistemleri, ısı dağıtımını sıcak suyu tesisat devresinde dolaştırarak sağlamaktadır. Yüksek sıcaklık (180 ^{0}C'den yüksek), orta sıcaklık (121-180^{0}C) ve düşük sıcaklık su sistemleri (121 ^{0}C'den düşük) olmak üzere çalıştırılmaktadır. Her üç sistemde de buhar fazı yoktur. Sıcak su kazanı - boyler, sıcak su kazanı - plakalı eşanjör, soğutma devresi eşanjörü - fan coiller arasında kapalı devre çalışma mevcuttur.

Kapalı devre soğutma sistemleri, soğutma cihazı tarafından soğutulan suyu çevirmektedir. Su sıcaklık aralığı genellikle 4-13^{0}C arasında değişmektedir. Sahip oldukları su hacmi, kapalı devre ısıtma sistemlerindeki su hacmine oranla daha fazladır. Kapalı devrelere ilave su ihtiyacı az olduğundan sisteme çok az miktarda oksijen girmektedir. Devre blöf gerektirmez. Fakat hava tüp hatları gibi akışın olmadığı kısımlarda biriken safsızlıkları belirli aralıklarda boşaltmak gerekmektedir.

9.2. Kapalı Devre Sorunları

Kapalı devrelerdeki sorunlar, Korozyon, Kireçlenme, Kirlilik, Mikrobiyolojik oluşumlar olarak bilinmektedir. Çözünmüş gazların yol açtığı oksijen korozyonu, farklı metallerin etkileşmesi ile oluşan galvanik korozyon, çamurlaşma/birikinti nedeni ile oluşan depozit altı korozyon, erozyon korozyonu ve oluşan korozyon ürünlerinin sistemden uzaklaştırılmaması kapalı devrelerde korozyon probleminin temel unsurlarıdır. Resim 1'de bir kapalı devre borusunda oluşan korozyon gösterilmiştir [1].



Resim 1. Korozyon ve çamurlaşma/birikinti

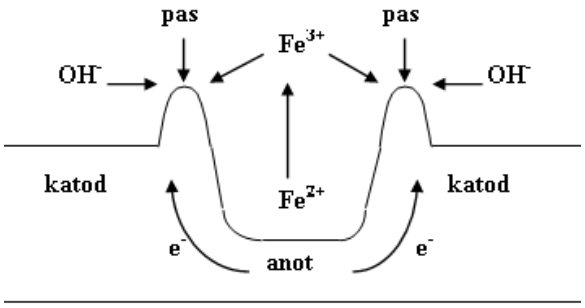
9.2.1. Oksijen Korozyonu

Sistemde O_2' in varlığı, çok önemli oranda korozyona neden olan bir etkidir. Metal üzerinde derinlemesine oyuklar ve karıncalanma şeklinde çukurlaşmaya neden olmaktadır. Sıcaklığın yükselmesi korozyon reaksiyonunu hızlandırır. O_2'nin çözünürlüğü, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak azalmaktadır. Suda aşırı doymuş halde bulunan O_2 sıcaklığın artmasıyla, sıvı fazı terk ederek malzeme yüzeyine doğru gitme eğilimi gösterir. Aşırı oksijen temas ettiği yerlerdeki metalin elektronlarını cezbederek metalin yükseltgendiği anodik reaksiyonu tetikler, açığa çıkan elektronlar ve ortamda bulunan suyla birlikte katodik bir reaksiyonunu tamamlayarak ortamı bazikleştiren OH^- iyonlarını türetir. O_2 ayrıca yükseltgenmiş olan metal iyonları ile reaksiyona girerek pas olarak adlandırılan kararlı bileşiğe dönüşür. O_2 metal iyonları ile hızla tüketilir. Taze O_2 ise valf ve pompalardan veya ilave su alımı ile hızla sistemde yayılır (Şekil 15).

$M \rightarrow M^{n+} + n\ e^-$ Anodik Reaksiyon

$O_2 + 2\ H_2O + 4\ e^- \rightarrow 4\ OH^-$ Katodik Reaksiyon





Şekil 15. Oksijen korozyonuna uğramış bir kazanın ekonomizer kesiti ve korozyon oluşumu

9.2.2. Galvanik Korozyon

Kapalı devrelerde kullanılan farklı metallerin potansiyel enerjilerindeki farklılık (örneğin bakır ve alaşımlarının demir içeren metallere karşı vb.) galvanik korozyona neden olmaktadır. Resim 2'de bir bağlantı elemanındaki galvanik korozyon gösterilmiştir.

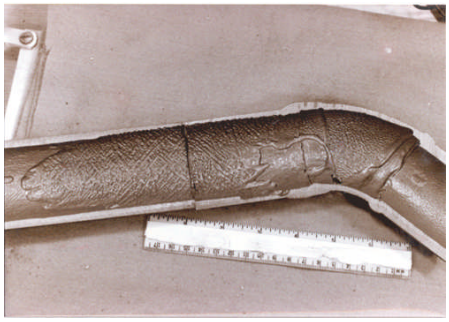


Resim 2. Galvanik korozyon

9.2.3. Erozyon Korozyonu

Metal malzeme ile ortamdaki akışkan arasındaki bağıl hızın yüksek olduğu durumlarda oluşan korozyon türüdür. Özellikte akmakta olan sıvının yön değiştirdiği noktalarda (örneğin boru hatlarındaki dirsek ve pompalarda) sıklıkla görülen korozyon türüdür [2].

Erozyon korozyonu aşındırıcı etkilerden ötürü metal kaybının artması anlamına gelmektedir. Resim 3 ve 4'de erozyon korozyonu örnekleri verilmiştir.



Resim 3. Boru ve fitting bağlantı kesitinde erozyon korozyonu



Resim 4. Pompa kanatlarındaki erozyon korozyonu

9.2.4. Birikinti/Çamur Oluşumu

Çalışma sıcaklığına bağlı olmak üzere, Ca ve Mg' un ortamda çözünebileceği miktardan fazla bulunması depozit oluşmasına neden olmaktadır. Diğer yandan, su içerisinde askıda bulunan katı maddeler (korozyon ürünleri, yağ, çapaklar, proses kaçakları vb.) boru yüzeyleri üzerinde farklı noktalarda farklı potansiyeller oluşturmak suretiyle, korozyon hücreleri meydana getirmektedir (Resim 5) [3].



Resim 5. Kondenser borularının bağlandığı flanşda birikinti ve çamurlaşma

9.2.5. Mikrobiyolojik Oluşumlar

Kapalı devreler; güneş ışığına, O_2 ve diğer bakteri besiyerlerine oldukça kapalıdır. Bunun sonucunda anaerobik bakteriler üreyebilir (desulfuvibrio, desulfuricans, clostridia, vb.) (Resim 6).

$$8\ H^{+} + S0_4^{2-} + 8e^{-} \rightarrow S^{2-} + 4\ H_20$$

Mikrobiyolojik etki kapalı devre ısıtma-soğutma sistemlerinde sorun oluşturur. Eğer nitrit temelli korozyon inhibitörü kullanılıyorsa, nitrit bazı bakteriler için besleyici gıda görevi yapabilir [4].



Resim 6. Borudaki mikrobiyolojik oluşum

9.3. Korunma Yöntemleri

Korozyon kayıplarını mümkün olduğunca azaltmak için teknolojik olarak uygulanabilen yöntemler; boya ve kaplama uygulamaları, paslanmaz çelik kullanılması, anodik ve katodik koruma yöntemleri ve inhibitör kullanımıdır. Kolay uygulama, izlenebilirlik, düşük maliyet, gibi üstün yönleri ile inhibitör kullanımı, kapalı devrelerde korozyon kontrolü için yaygın ve

en geçerli koruma yöntemidir. Düşük derişimli sulu çözeltilerinde korozyon hızını azaltan maddeler korozyon inhibitörü olarak tanımlanmaktadır [5].

Çözelti içine ne miktarda inhibitör ilave edileceği birçok etkene bağlıdır. İnhibitör kullanımı hesaplanan miktar kadar olmalıdır. Yetersiz dozlar, metal yüzeyinde bazı bölgeleri aktif halde bırakarak, küçük bir anot yüzeyine karşı çok büyük bir katot yüzeyi oluşturmakta ve bu sonuç çukurlaşma korozyonu oluşturmaktadır. Bu nedenle inhibitör cinsi seçimi ve derişim hesabı uygulamada büyük önemi taşımaktadır. Sülfit-soda, nitrit-azol, molibdat-azol, nitrit-molibdat-azol karışımı ve polisilikat-azol esaslı inhibitör içeren korozyon kontrol (kimyasal koruma) programları sistem özelliklerine bağlı olarak uygulanmaktadır. Hangi kimyasal koruma programının uygulanacağına, su sıcaklığı, devredeki metal cinsleri ve işletme maliyetleri karşılaştırılmasına bağlı olarak karar verilmektedir. Tablo 3'de koruma programının seçimi hakkında bir seçim yönergesi sunulmuştur [6].

Tablo 3. Kapalı devrelerde sistem tipi ve koruma programı

Yüksek sıcaklıklı sıcak su	Sülfit-kostik
Orta sıcaklıklı sıcak su	Sülfit-kostik
Düşük sıcaklıklı sıcak su	1.Sülfit-kostik 2.Nitrit-azol 3.Molibdat azol 4.Nitrit-molibdat azol
Soğutulmuş, tuzlu su, glikol	1.Nitrit-azol 2.Molibdat-azol 3. Nitrit-molibdat azol

9.3.1. Mikrobiyolojik Etki Kontrolü

Seçilen biosid, sistem suyundaki korozyon koruma programı ve pH ölçüsü ile uyumlu olmalıdır. Glutaraldehid ve isotiazolon kapalı soğutma devrelerinde genellikle kullanılmaktadır. Okside biyosidler, nitrit ve molibdat esaslı korozyon koruma programlarında kullanılmamaktadır. Tablo 4'de ise mikrobiyolojik kontrol yönergesi verilmiştir [6].

Tablo 4. Kapalı devrelerde mikrobiyolojik kontrol yönergesi

Bakteri Türü	Koloni üretme birim/ml
Toplam aerobik bakteri	$< 10^3$
Azot bağlayıcı bakteri	bulunamaz
Yüzey mikrobiyolojik	$< 10^6$ - bulunamaz

9.3.2. Su Kayıplarını Saptamak

Kapalı devrelerde su kayıplarını kontrol etmenin en iyi yolu, su sayacı ile tüketimi kaydetmektir. Eğer sistemde su ölçer yoksa sızıntının olup olmadığı çevrim suyundaki inhibitör madde derişimi ölçülerek anlaşılabilir. Fakat devrede nitrit esaslı ürün varsa güvenilmemesi gerekir, çünkü nitrit bakteri hareketleriyle kaybolabilir. İletkenlik sabit kaldığı halde nitrit derişimi azalmışsa, biyolojik kirlenme vardır. Eğer her iki ölçüt azalmış ise, devrede su kaybı olduğu anlaşılması gerekmektedir [6].

10. KİMYASAL YIKAMA (*flushing*) ve KORUMA PROGRAMINA ETKİSİ

'Flushing', kelime anlamıyla bol miktarda suyla yıkamak olup, bu ifade inşaat ve mekanik tesisat literatüründe özellikle kapalı devrelere yapılan 'ilk yıkama' uygulama yöntemini tanımlamaktadır.

10.1. Kimyasal Yıkama Yapmanın Amacı

Mekanik tesisat imalat sürecinde kaynak çapakları, demir depozitleri ile inşaat ortamından kaynaklanan inorganik toz ve parçacıklar devrede kalmaktadır. Stoklamada ise borular havada bulunan nem ve O_2'in oksitleyici (korozyon) etkilerinden korumak amacıyla çeşitli yağlı koruyucu maddelerle kaplanmaktadır. Kapalı devre sistemini oluşturan boru iç yüzeyindeki yağlı tabaka sudaki mevcut kimyasal kompozisyonu tutmakta ve kısa zaman içerisinde çamurlaşma gerçekleşmektedir.

Katı parçacıklar, devre içerisinde basınçlı suyun etkisi ile sürüklenmekte, pompa, eşanjör, serpantin kazan, vana ve benzeri cihazların bağlantı noktaları ile içerisinde ve ekleme parçalarında birikmektedir. Bu katı faz tabalaşması ve birikmeler, çeşitli korozyon tiplerinin oluşumunu hızlandırmakta, ısı aktarım hızını azaltmakta ve sıvı akış rejimini laminer olmaktan çıkarıp türbülans ve vorteks oluşumları ile birlikte basınç ve hız kayıpları, basınç dalgalanmaları vb. olumsuz etkileri tetiklemektedir [7]. Böylece cihaz ve donanımların çalışma verimliliği, önemli ölçüde azalarak kullanım ömürleri kısalmakta ve kısa sürede sistemler devre dışı kalmaktadır.

10.2. Kimyasal Yıkama Uygulaması

Fiziksel, kimyasal ve fiziko-kimyasal bağlarla, cihaz, donanım ve boruların cidarlarına tutunan safsızlıkların yalnızca su ile yıkanarak alınması, sökülmesi, temizlenmesi mümkün değildir. Bu işlemlerin cihaz, donanım ve borulara zarar vermeyen fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip, kimyasal ürünlerin desteği ile yapılması yani kimyasal yıkama en uygun çözümdür. Bu yöntemi uygulamadan, 'Koruma Kimyasalı Programı'na başlanılması, beklenen koruma etkisini göstermeyeceği gibi suyun özelliği ve safsızlıklara bağlı olarak çamurlaşmayı da hızlandıracaktır [3].

10.2.1. Yıkama Kimyasalının Özellikleri

Cihaz, donanım ve borulara zarar vermeyen fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip ürünlerin kapalı devre temizliği için kullanılması uygun olup kimyasalın özellikle yağ, çamur, kaynak çapakları, demir depozitleri, pas, inorganik toz ve parçacıklarının alınması, sökülmesi, temizlenmesini sağlayan nitelikte olması gerekmektedir. Bu kimyasallar yüzey aktif maddeler ve çeşitli çözücülerden oluşan polimer esaslı kimyasallar ile organik maddeleri dispers etmekte kullanılan kimyasal ürünlerdir [3].

10.2.2. Temizleme Mekanizması ve Ölçüm

Kimyasal ürün devreye verilmeden önce: Ölçülen demir oranı, su içerisinde serbest halde dolaşan demir miktarıdır. Bu oran cihaz, donanım ve borularda birikintilerle birlikte cidarlara tutunmuş olan demir pas parçacıkları ile kaynak ve imalat çapaklarından oluşan demir miktarlarını içermez.

Kimyasal ürün devreye verildikten sonra: Devreye verilen yeterli derişimde temizlik kimyasalı suyun içerisinde çözünür. Yıkama sonrası, pH değeri ilave su pH değeri olana kadar durulama işlemine devam edilir. Bu süreçte devredeki su içerisinde yapılan ardışık ölçümlerden son ikisi, ΣFe_{son} - $\Sigma Fe_{önceki} \approx 0$ sonucunu sağlayana kadar durulama işlemi yinelenmelidir. Durulama sonrası, kimyasal koruma programına başlanması için devredeki su ΣFe oranının 1 ppm olması istenen değerdir. Fakat bu koşul çoğu zaman sistem özelliklerine bağlı olarak gerçekleşmez. Yapılan uygulamalar bu oranın 2-3 ppm değerine kadar çıkılacağını göstermektedir. ΣFe=2-3 ppm ve ΣFe_{son} - $\Sigma Fe_{önceki} \approx 0$ koşulları sağlanmadan **kimyasal koruma programına** başlamak uygun değildir [3].

11. İSTANBUL'DA, BİR YAPININ KAPALI DEVRE TESİSATINDA KOROZYONUN İNCELENMESİ

İncelenen yapı üç bloktan oluşmaktadır. Plaza'nın mekanik ısıtma tesisatı projesi Mart 2007'de çalışır hale getirilmiştir. Bu tesisata Mayıs - Haziran 2007 ayları arasında kimyasal yıkama işlemi yapılmıştır. Uygulama sonucunda ısıtma sistemine korozyon önleyici kimyasal madde konularak tesisat devresi sirkülâsyonu Ekim 2007 tarihine kadar (beş ay) durdurulmuştur. Ekim 2007 sonu itibariyle devreye giren ısıtma tesisatında, yaklaşık bir ay sonra, kırkaltı katlı olan bir bloktaki alüminyum havlupan radyatörler su kaçırmaya başlamıştır. Mart 2008'de ise mekanik tesisatı işleten firmanın söktüğü 5 adet havlupan radyatör su kaçırma nedenlerinin araştırılması amacı ile Anabilim Dalı'mıza teslim edilmiştir.

11.1. Plaza İçin Yapılan Tetkikler

11.1.1. Plazanın Mekanik Isıtma Tesisatı

Mekanik tesisat projesi Autocad programı şeklinde verilen Plaza'nın incelenmesi sonucunda üç bloğu besleyen kazan dairesinin kırkaltı katlı olan blokta, 4. bodrum katta olduğu görülmüştür. Bu bloğun iki ısıtma zonuna ayrıldığı, alt zonun toplam 25 katı, üst zonun ise toplam 21 katı beslediği tespit edilmiştir. Sistemde 90–70°C gidiş ve dönüş sıcaklıklarında çalışan üç adet 2600 kW ısıl gücünde kazan bulunmaktadır. Bütün kazanlar tek bir gidiş kolektörüne bağlanmıştır.

Mekanik ısıtma tesisatının incelenmesi ile kırkaltı katlı bloğun alt zonunda oluşan hidrostatik basıncın yaklaşık 9 bar, üst zonunda ise 7,5 bar civarında olduğu tespit edilmiştir. Kat sayısının fazla olması oluşan hidrostatik basıncının da yüksek olmasına neden olmaktadır. Sistem Haziran-Ekim 2007 ayları arasında içine konulmuş korozyon önleyici kimyasal madde ile tam beş ay boyunca durmuş ve radyatörlerin tümü hidrostatik basıncının etkisi altında kalmıştır.

Mekanik ısıtma tesisatı basıncı normal sirkülâsyonda çalışma sınırları içindedir. Standartlarda 10 bar basınç havlupan radyatör çalışma basıncı olup test basıncı ise 13 bar'dır. Yerinde yapılan incelemede eşanjör ile bina ısıtması devresi arasındaki gidiş kolektöründe 11,7 bar basınç değeri olarak tespit edilmiştir. Bu değerle havlupan radyatörlerin, sınır değerler içersinde çalıştığı kanısına varılmıştır.

11.1.2. Tesisatın Kimyasal Temizliği (*flushing*)

Mekanik ısıtma tesisatına Mayıs - Haziran 2007 ayları arasında sonuçlanan kimyasal temizlik yapıldığı yetkililer tarafından belirtilmesine rağmen sistemden alınan tesisat suyunda çıplak gözle de görülebilen kirlilikler mevcuttur. Sistem içindeki tüm partiküller ve çapaklar çamur halinde, tesisatın durduğu sürede, özellikle kırkaltı katlı olan bloğun alt zonunda, yerçekiminin etkisi ile toplanmış ve çökelti oluşturmuştur. Nitekim sökülen havlupan radyatörlerin içinde yoğunluklu olarak çamur şeklinde çökelti tespit edilmiştir. Bu durum kimyasal temizliğin yeterli yapılmadığı ve mekanik tesisatın malzeme yapısına (çelik, bakır ve alüminyum malzemelere) uygun olmadığı fikrini vermiştir.

11.1.3. Tesisattaki Şartlandırılmış Suyun Analizi

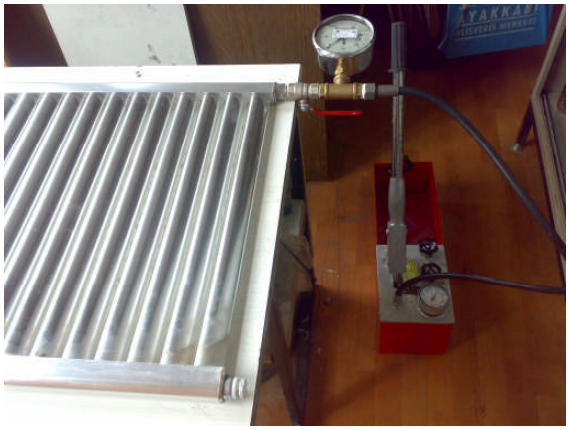
Kimyasal temizlik sonrası sisteme korozyon önleyici kimyasal madde konularak sirkülasyonu beş ay boyunca durdurulan ve sonra devreye alınan sistemdeki şartlandırılmış suyun analizinden ise aşağıdaki sonuca varılmıştır:

a. Şartlandırılmış suyun pH değeri 9,3'dür. Bu değer sınır değer olan 8,6'nın çok üzerinde olup alüminyum üzerindeki Al_2O_3 tabakasını zayıflatarak alüminyum korozyonunun hızlanmasına neden olmaktadır.

b. Şartlandırılmış suyun içinde Fe ve Al iyonlarının var olduğu ve Al iyonlarının miktarının fazla bulunduğu saptanmıştır. Bu nedenle akışkan hareketi, basıncı ve pH > 8,6 değeri etkisi ile Al yüzeyinde oluşan pasif Al_2O_3 tabakasının koruyucu özelliği azalmış ve Al korozyonu hızlanmıştır. Ayrıca havlupan radyatörlerin kesilerek yapılan makroyapı incelemeleri sonucunda eloksal tabakasının, profillerin her yerinde aynı kalınlıkta bulunmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle şartlandırılmış suyun neden olduğu Al korozyonunun bazı profil yüzeylerinde daha yoğun ve derin çukurcuklar oluşturduğu görülmüştür.

11.1.4. Alüminyum Havlupan Radyatörler

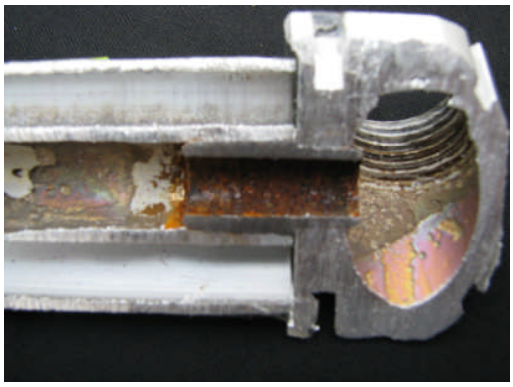
Teslim alınan havlupanlardan 4 adedi kırkaltı katlı bloğa ve 1 adedi ise ondört katlı diğer bloğa aittir. 5 adet havlupan radyatör önce Hidrolik Basınç Testi'ne tabii tutulmuştur (Resim 7).



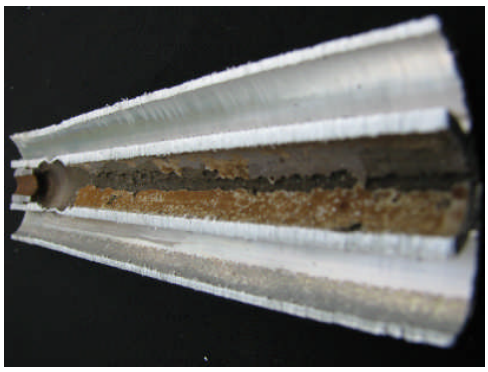
Resim 7. Havlupan radyatör basınç testi

Sağlam olduğu yetkililerce belirtilen 3 radyatörden 2 adedi kırkaltı katlı bloğa, diğeri ise ondört katlı olan diğer bloğa aittir. 3 adet havlupan radyatör 24 saat boyunca önce 13 bar basıncında, sonra da 15 bar basıncında, 25^0C sıcaklıktaki su ile test edilmişlerdir. Hiç birinde su kaçakları tespit edilmemiştir. Yetkililerce su kaçırdığı belirtilen kırkaltı katlı bloğun alt zonuna ait 4. ve 16. katındaki 2 adet havlupan radyatör ise 13 bar basıncında, 25^0C sıcaklıktaki su ile test edilmiştir. Test başlar başlamaz ana hat ve radyatör dilimlerinin (düşey ve yatay borularının) birleştiği yerden su kaçaklarının olduğu görülmüştür.

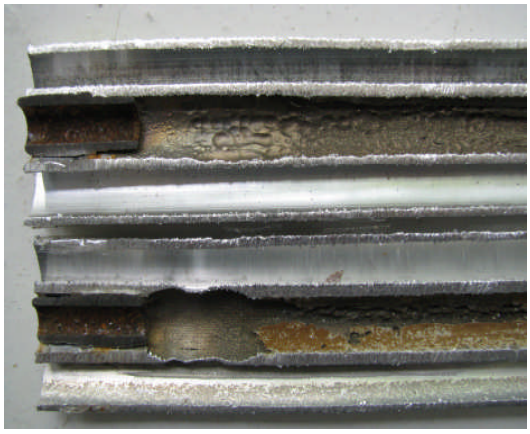
Laboratuarımızda, 5 adet havlupan radyatörün, su kaçağının olduğu birleşme yerleri kesilmiştir. Alüminyumdan yapılmış olan havlupan radyatörlerde, ana hat ve radyatör dilimlerinin arasında bağlantının, otomat çeliğinden yapılmış burç ile sıkı geçme tekniği ile sağlandığı tespit edilmiştir. Kesilmiş olan havlupan radyatörün makroyapı incelemeleri için Canon S5-IS8 cihazı ile fotoğrafları çekilmiştir (Resim 8-11). İnceleme sonuçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:



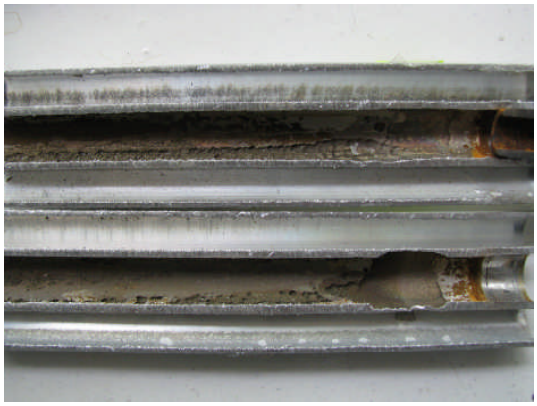
Resim 8. Otomat çeliğinden yapılmış burç, ana profil ve radyatör dilimine ait profil kesitlerinin makroyapısı



Resim 9. Havlupan radyatörün bir dilimine ait profilin makroyapı görüntüsü



Resim 10. Havlupan radyatörün diliminin (3. no.lu resimdeki) karşı ucuna ait makroyapı görüntüsü



Resim 11. Havlupan radyatörün başka bir dilimine ait makroyapı görüntüsü

11.1.4.1. Havlupan imalatı: Alüminyum havlupan radyatörlerde görülen kaçağın; havlupanın imalatından meydana gelebileceği görüşüne varılmıştır. Ekstrüzyon yöntemi ile imalatta (otomat çeliği burcun girdiği ana alüminyum boru arasındaki) delik tolerans değerlerinin yeterli olmaması halinde, otomat çeliğinden yapılmış bağlantı burç elemanı, çakma işlemi sırasında alüminyumun elastik sınırını aşmasına neden olur ve alüminyum malzemede akma (plastik şekil değiştirme) meydana gelir. Sistemin çalışması esnasında sıcaklığın yükselmesi sonucu plastik şekil değiştiren alüminyum malzemede esneme meydana gelmez. Ayrıca burçlar çakılırken eksenleme iyi yapılmazsa burç, alüminyum deliğe dik olarak değil de simetri ekseninden kaçık olarak girdiğinde, simetrik olması istenen boyut değişimi yerine asimetrik boyut değişimi olacak veya her iki durumun birlikte olması çakma işleminin yapıldığı bağlantı yerlerinden su kaçağına neden olacaktır. Otomat çeliği ile alüminyum malzeme arasındaki genleşme farkı olduğu da bir gerçektir.

11.1.3. kısmında da anlatıldığı gibi radyatör profillerin bazılarında, burcun takıldığı yerden hemen sonraki alüminyum profil üzerinde malzeme kaybı, oyuklanma ve geniş bir çukur oluştuğu ve o bölgede profil et kalınlığının azalması yönünde bir değişme olduğu görülmüştür. Bu olayın, malzeme yapısının homojen olmaması, profillerin her yerinde ayni kalınlıkta eloksal tabakasının bulunmaması gibi nedenlerden meydana gelmiştir.

11.1.4.2. Renklenme: Kesilen beş adet havlupana ait otomat çeliğinden imal edilmiş burcun yüzey topolojisi ve renklerinin alüminyum malzemeden farklı olduğu, elektro-kimyasal korozyon mekanizması sonucu burç malzemesinde meydana gelen demir paslanmasını andıran bir renklenmenin olduğu çekilen makroyapı fotoğraflarından tespit edilmiştir.

Ayrıca, burç ile alüminyum radyatör profillerinin kesit yapılarında görülen renklenme sonucu oluşan renk farklılıklarının, havlupan içinde bulunan tozların ve partiküllerin kullanılan kimyasal koruma çözeltisi ile temas etmesi sonucu oluşan tabaka olduğu görülmüştür.

11.1.4.3. Erozyon ve Kavitasyon Korozyonu: Kesilerek incelenen havlupanların dikey ana boru ve radyatör dilimi profillerinin iç yüzeylerinde farklı kalınlıkta korozyon ürünlerinin toplanmış olduğu saptanmıştır. Bazı havlupanlar da otomat çeliği burcun yüzeyinde ve alüminyum ile temas bölgelerinde de korozyon gerçekleştiği gözlenmiştir.

Resim 8-11 görülen havlupan radyatör dilimlerinin kesitleri incelendiğinde içinde çok büyük çukurcukların, oyukların ve deliklerin meydana geldiği görülmüştür. Havlupanlarda görülen bu çukurcuk, oyuk ve deliklere, mekanik tesisat içindeki çözeltide bulunan katı taneciklerin aşındırıcı etkisi ile oluşan erozyon ve kavitasyon korozyonu sebep olmuştur.

11.2. Plaza Mekanik Tesisatının Değerlendirilmesi

Yapılan tetkikler sonucundaki Plaza'nın mekanik tesisatı hakkındaki değerlendirme aşağıdaki gibi sıralanabilir:

11.2.1. Kimyasal Temizlik:

Plazada kimyasal yıkama etkin ve yeterli yapılmamıştır. İncelenen mekanik tesisat suyunun kirli olduğu tespit edilmiş olup bu kirlilik havlupanlarda çökmüştür.

11.2.2. Kimyasal Koruma Programı:

Mekanik tesisatta üretici firmanın garanti belgesinde önerdiği koruma kimyasalı kullanılmamıştır. Şartlandırılmış suyun pH değeri 9,3 olup bu değer sınır değer olan 8,6'nın çok üzerindedir. Yüksek pH değerli su alüminyum korozyonunu hızlandırarak tesisat içinde çökeltilere neden olmuştur.

11.2.3. Mekanik Tesisat:

a. Kırkaltı katlı bloğun alt zonu 5 ay boyunca mekanik tesisat korozyon koruyucu kimyasalla 9 bar basınçtaki hidrostatik basınç altında sirkülasyonsuz kalmıştır.

b. Mekanik ısıtma tesisatı basıncı normal sirkülâsyonda çalışma sınırları içindedir. Ancak söz konusu bloğa ait alt zonun çalışma basıncı 11,7 bar olduğundan bu değerle havlupan radyatörlerin, sınır değerde çalıştığı sonucuna varılmıştır.

11.2.4. Alüminyum Havlupan Radyatör İmalatı:

İmalat esnasında otomat çeliğinden yapılmış burcun alüminyum profile çakılması sırasında alüminyum malzemenin elastik sınırı aşıldığı için burcun çakıldığı yerlerde su kaçağı olmaktadır. Profil içindeki şartlandırılmış suyun pH değeri 8,6'dan fazla olduğu için alüminyum yüzeyindeki pasif Al_2O_3 tabakasının koruyuculuk özelliği azalarak alüminyum korozyonu hızlanmıştır.

11.2.5. Su Kaçağı, Erozyon ve Kavitasyon Korozyonu:

Yukarıda ifade edilen 1., 2., 3. ve 4. maddelerin etkileri sonucu alüminyum havlupan radyatörlerinde su kaçağı, erozyon ve kavitasyon korozyonu oluşmuştur.

SONUÇ – ÖNERİ

Kapalı devre mekanik tesisatlarda, korozyon koruma programına başlamadan önce, hassas denetim ile kimyasal temizlik (flushing) programı uygulanmalıdır. Bu uygulama sırasında, cihaz ve donanımlar flushing dışında tutulacak ise bypass hatları ile akışa yol verilmeli, sirkülasyonun her bağımsız devrede tam olarak sağlandığı analiz ve ölçümlerle tespit edilmelidir. İnceleme yapılan plazada, yüksek basınç ve sirkülasyonsuz bekletme gibi etkiler altındaki tesisat üzerinde, flushing uygulama yetersizlikleri ile uygulanan koruma program türü, korozyon hızını daha da arttırmıştır.

pH>8,6 koşullarda alüminyum ve alaşımların korozyonu çok yüksek hızda olmaktadır [8]. Bu nedenle alüminyum veya alaşımlarını içeren kapalı devrelerde suyun pH değerini 8,6'dan daha fazla yükseltmeyen molibdat esaslı kimyasallarla korozyon koruma sağlanmalıdır. Kapalı devrenin su kimyasal kompozisyonu ile mekanik ve termodinamik koşullara bağlı olarak molibdat konsantrasyonu 30-150 mg/l [ppm] arasında kullanılmalıdır [3].

KAYNAKLAR

[1] Çakır, A., Metalik Korozyon İlkeleri ve Kontrolü, MMO, Ankara, 1990.

[2] Ay, İ., Balıkesir Üniversitesi, Hasar Analizi Ders Notları, 1992.

[3] Hydrosafe-AKSEM KİMYA, Eğitim ve Seminer Notları, İstanbul, 2007.

[4] Keleş, H., Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.

[5] Üneri, S., Korozyon ve Önlenmesi, Korozyon Derneği Yayınları, Ankara, 413, 1998.

[6] Industrial Water Treatment Operation and Maintenance, US Army Corps of Engineers, UFC 3-240-13FN, 2005.

[7] Kıncay, O., Ağustos, H., Akbulut, U., Kürekci, A., Kapalı Devre Mekanik Tesisatlarda Korozyon-1, Tesisat Dergisi, Sayı: 152, 48-56, 2008.

[8] MSCI 301 - Materials Science - Spring 2006, Mon. Apr.17.