

İŞ EKİPMANLARININ İŞLETME AŞAMASINDAKİ YORULMA DURUMLARININ BELİRLENMESİNDE TAHRİBATSIZ MUAYENENİN ÖNEMİ

Dr. Ersan GÖNÜL ve Burak BAYRAKTAROĞLU***

***Makina Mühendisi (Ph.D., M.Sc.), Kaynak Mühendisi**

UT, RT, MT, PT, VT Seviye III

TMMOB Makina Mühendisleri Odası Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezi

e-posta: ersan.gonul@mmo.org.tr

****Makina Mühendisi (M.Sc.), Kaynak Mühendisi**

UT, MT, PT, VT Seviye III, RT Seviye II

TMMOB Makina Mühendisleri Odası Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezi

e-posta: burak.bayraktaroglu@mmo.org.tr

ÖZET

İşletmelerde kullanılan iş ekipmanlarının birçoğu metal konstrüksiyonlardan meydana gelmektedir. Bu konstrüksiyonlarda, çeşitli sınır şartlarının etkisiyle kullanıma bağlı olarak yorulma durumu ortaya çıkmakta ve kullanımında tehlikeli durumlara yol açmaktadır. Yorulma sonucunda meydana gelen çatlak gibi hataların büyük bir çoğunluğu gözle fark edilemez veya incelemeler yapılmadan ortaya çıkarılamaz. Belirlenememesi durumunda ise konstrüksiyonlarda kırılma gibi olaylara sebebiyet verir. Bununla birlikte konstrüksiyonda zamanla meydana gelen yorulma bulgularını alışlagelmiş testler ile belirlemek zordur. Bu güvensiz durum, kullanılan ekipmanların iş güvenliği açısından büyük risk oluşturmalarına sebebiyet verir. Bu bildiride, iş ekipmanı olarak kullanılan metal konstrüksiyonlarda meydana gelebilecek yorulma bulgularının ortaya çıkarılmasından, iş güvenliği adına riskin azaltılması için uygulanabilecek adımlarından ve bu adımlar içinde kullanılabilecek tahribatsız muayene yöntemlerinin öneminden bahsedilecektir.

Anahtar kelimeler: Yorulma, Çatlak, Tahribatsız Muayene, İş Güvenliği, Metal Konstrüksiyon.

1. GİRİŞ

Günümüz imalat işlemlerinde kullanılan ekipmanların bir çoğu metalik malzemelerden yapılmaktadır. Kaynaklı imalat, dövme ve döküm yöntemleriyle imal edilen parçalar; yük kaldırma ve iletme, depolama ve basınç altında çalışabilme özellikleriyle farklı tür konstrüksiyonların imalatına olanak tanımaktadır. Farklı yüklemeler altında çalışan parçalarda, farklı bölgelere etki eden ve zamanla değişim gösteren yüklemeler; parçada tekrarlanan gerilmelere neden olmaktadır. Örnek olarak vinç konstrüksiyonlarda, her yüklemeye kırıntı sehim meydana gelmekte, kaynak bölgelerinde basma ve çekme gerilmeleri oluşmakta; yük kaldırıldığında kırıntı eski konumuna gelmekte, yükün meydana getirdiği gerilmeler ortadan

kalkmaktadır. Statik analizlerde ve hesaplamalarda konstrüksiyonun yapısı açısından tehlike yaratmayan bu sehim ve gerilmeler; yıllar boyunca tekrarlandığında, malzemede yorulmaya bağlı hatalara neden olmaktadır. Malzemede veya kaynak dikişinde çatlak şeklinde ortaya çıkan bu hatalara “yorulma çatlakları” adı verilmektedir. Yorulma çatlakları ani kırılmalara neden olabileceğinden işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından büyük risk oluşturmaktadır.

İşletme koşullarında tekrarlı yüklemelere maruz kalan ve işletmelerde iş ekipmanı olarak kullanılan konstrüksiyonlarda yorulma olayı kaçınılmazdır. Her metalik konstrüksiyonun, yükleme durumuna bağlı bir ömrü vardır. Metalik konstrüksiyonun ömrü azaldıkça, yorulma çatlakları artmakta; çatlak bulunmayan kısımdaki malzeme et kalınlığı yükü taşıyamaz hale geldiğinde “yorulmaya bağlı ani kırılma” olayı meydana gelmektedir. Konstrüksiyonun yapısal bütünlüğünü kaybederek parçalanması şeklinde tanımlanan “yorulmaya bağlı ani kırılma olayı”, iş ekipmanının kullanım kapasitesinin altında meydana gelebilir. Sistemin kendi kütlesi bile yorulmaya bağlı ani kırılma olayına sebebiyet verebilmektedir.



Şekil 1- Ağaç sökme makinası konstrüksiyonu



Şekil 2- Ağaç sökme makinası yorulma çatlakları

Yorulma malzemelerine bakıldığında ise 2 türde olduğu belirtilebilir;

- Çatlaksız malzemelerde yorulma (Akslar, motorlar ve türbin parçaları)
- Çatlaklı malzemelerde yorulma (Köprüler, gemiler, kaynaklı yapılar. (Çatlak boyu zamanla artar)

Belli bir yapısal eleman, küçük çatlaklar içerebilir ancak hiçbiri (görsel sınama, x-ışını teması, ultrasonik tarama, elektrik akımına maruz bırakma gibi yöntemler) en küçük çatlaktan daha büyük değildir. Dolayısı ile çatlak oluşumu ömür değerini azaltmaktadır. Yorulma çatlakları genellikle yüzeyde başlar ve içeriye doğru yayılır. Yüzeydeki yorulma çatlağının başlangıcı, plastik deformasyonun daha kolay olması ve kayma basamaklarının yüzeyini oluşturduğu gerçeğine dayandırılabilir.

Bir makina elemanında bir çatlağın bulunması, dayanımı önemli ölçüde düşürür. Çatlak büyümesi dinamik yükleme nedeniyle oluşur ve "**buna yorulma çatlağı büyümesi davranışı**" denir.

Makinalarda nominal gerilme değerlerini arttırarak, gerilme yoğunluğuna neden olabilecek bağlantılar da kullanılmaktadır. Bu tür bağlantılardan en önemlisi, yoğunlukla kullanılan köşe ve punto kaynaklarıdır. Uzun süreli ağır yüklemeler altında kullanılan iş makinalarında bu kaynak bölgelerinde çatlak başlangıcı ve ilerlemesi, beklenen bir sonuçtur. Bu nedenle bu makinaların tasarımında, özellikle kaynaklı bağlantı bölgelerinde yorulma ve kırılma problemlerini ele almak gerekir.

Üretilen konstrüksiyonda denetimsizlik sonucu, uygun olmayan malzeme kullanımı, uygun olmayan kaynak işlemleri gibi nedenlerle oluşan kritik bölgeler; sistemlerin yorulma dayanımı üzerinde etkilidir. Üretim öncesi yapılan mukavemet hesaplamalarda dikkate alınmayan bu hatalı bölgeler, kullanım ömrünü azaltmakta ve sistemin yorulma dayanımını düşürmektedir.

2. TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ

Tahribatsız malzeme muayenesi, kalite kontrolün en önemli bölümü olup, üretimin tamamlayıcı ve son kısmıdır. Tahribatsız muayene, incelenen parçanın malzemesine zarar vermeden muayene edilerek, dinamik ve statik yapıları hakkında bilgi edinilen muayene yöntemlerinin tümüne verilen addır. Tahribatsız muayene yöntemi ile malzemeler üretim sırasında veya belli bir süre kullanıldıktan sonra örneğin, korozyon veya aşınma gibi nedenlerden dolayı çatlak, içyapıda meydana gelen boşluk, kesit azalması vb. hataların tespiti gerçekleştirilir. Bu işlemlerde; malzemeden numune almaya gerek yoktur. Testler, doğrudan parça üzerine yapılır.

Yorulma çatlaklarının tespit edilebilmesi için kullanımda olan ekipman veya parçaya işletme aşamasında tahribatsız muayene işlemleri uygulanabilmektedir. Çoğu zaman ekipman yerinden sökülmeden, işletme durdurulmadan kontrol yapılabilmektedir. İş ekipmanının ani kırılmasına neden olabilecek çatlakların tespit edilmesi, oluşabilecek kazaların önüne geçilmesi açısından çok kritiktir. Bu tür hataların tespiti için en etkili yol tahribatsız muayene uygulamalarıdır.

Yorulma çatlaklarının tespit edilmesinde yararlanılan tahribatsız muayene metotları şunlardır;

- Gözle Muayene
- Manyetik Parçacık Muayenesi
- Penetrant Muayenesi

Tahribatsız muayene yöntemleri çeşitli fiziksel prensiplerle, farklı şekillerde uygulanır. Kullanılan yöntem veya yöntemler malzemenin türüne, kontrol bölgesinin yüzey durumu ve kontrol bölgesine erişime göre değişiklik göstermektedir. Yöntemlerin birbirlerine göre üstünlükleri olmakla birlikte, genellikle hata tespitinde birden çok yöntemin kullanılması gerekmektedir. Yapılan incelemelerde elde edilen bulgulara göre, gerilmelere bağlı yorulmaya maruz kalacağını öngörülen ve incelemelerde hasarların tespit edildiği bölgelere tahribatsız muayene yöntemleri uygulanmaktadır.

Yorulma çatlaklarını tespit etmek için kullanılan yöntemlerin tamamı, kontrol yüzeyinde veya yüzeyin hemen altında bulunan belirtileri tespit etmek için kullanılırlar ve yüzey metotları olarak isimlendirilirler. Yorulma çatlaklarının büyük çoğunluğunun yüzeyden rahatlıkla tespit edilmesi bu yöntemleri etkili kılmaktadır.

2.1 Gözle Muayene

Bir ürünün yüzeyindeki süreksizliklerin, yapısal bozuklukların, yüzey durumu gibi kaliteyi etkileyen parametrelerin, optik bir yardımcı (büyüteç gibi) kullanarak veya kullanmaksızın muayene edilmesi gözle muayenenin kapsamını oluşturmaktadır. Gözle muayene tahribatsız muayene yöntemlerinin temelini oluşturmaktadır ve en önemlisidir. Gözle muayenede kullanılan en önemli ekipman insan gözüdür.

Gözle muayene çok basit bir metot olarak görünse de, kendine özgü incelikleri vardır. Genellikle bir başka tahribatsız muayene metodunun uygulanmasından önce, yapılması gereken bir çalışmadır. Metalik veya metalik olmayan bütün malzemelere uygulanabilir. Gözle Muayene için çoğu durumda yüzey temizliğine gerek kalmaz. Bununla birlikte gözle muayene için personel tecrübesi ile birlikte, kontrol şartların uygun ve standartlara göre sağlanmış olması gerekmektedir.



Şekil 3- Kaynak dikişi gözle muayenesi

Gözle muayene tüm malzeme tiplerine uygulanabilir ve çatlak, plastik deformasyon gibi tüm yüzeye açık kusurları tespit edilebilir. İnsan gözünün sınırlarından dolayı, mikro çatlaklar gibi tespit edilmesi pek mümkün olmayan belirtiler için, gözle muayene diğer tahribatsız muayene yöntem veya yöntemleriyle desteklenmelidir.

2.2 Manyetik Parçacık Muayenesi

Manyetik parçacık muayenesi, kuvvetli bir şekilde mıknatıslardan etkilenen özellikteki, ferromanyetik malzeme olarak isimlendirilen malzemelerden oluşan test yüzeyinde veya hemen altındaki çatlakların tespitinde kullanılır. Oldukça basit, hızlı ve düşük maliyetle uygulanabilir bir yöntemdir. Oldukça geniş bir kullanıma sahiptir. Bu yöntemde yüzey hatalarının belirlenebilmesi, hatanın boyutuna ve yüzeye yakınlığına bağlı olup sadece ferromanyetik yani mıknatıslanabilen malzemelere uygulanır.

İçerisinde hata bulunan bir malzeme mıknatıslandırılırsa, kutuplar arasında manyetik alan çizgileri oluşmaktadır. Manyetik alan çizgileri malzeme içinde düzenli bir formda ilerlerken, karşılına çıkan hata nedeniyle kaçak akı oluştururlar. Bu durumda yüzeye ferromanyetik tozlar serpilirse, bu tozlar kaçak akının bulunduğu bölgelerde toplanırlar. Böylece, mevcut süreksizliklerin yerleri tespit edilmiş olur.



Şekil 4- Vinç Konstrüksiyonu yorulma kontrolü esnasında manyetik parçacık testi ile tespit edilen çatlak

2.3 Penetrant Muayene

Penetrant muayene, yüzey hatalarının tespit edilmesinde kullanılan oldukça yaygın bir yöntemdir. Penetrant adı verilen sıvı ile kontrol edilecek yüzey ıslatılır ve penetrant sıvısının yüzeye açık süreksizliklerin içine nüfuz edebilmesi için bir süre beklenir. Bekleme süresine penetrasyon süresi adı verilir ve malzemeye bağlı olarak 5-60 dak arasında değişmektedir.

Penetrasyon süresinin tamamlanmasından sonra, yüzeydeki fazla penetrant temizlenir. Bu aşamada süreksizliklerin içindeki penetrant sıvı malzeme içinde durmaktadır. Geliştirici adı verilen bir kimyasal penetranttan arındırılmış yüzeye sıkılır ve süreksizlik içindeki penetrant sıvısının tekrar yüzeye çıkması sağlanır. Beyaz zemin üzerinde kırmızı lekeler şeklinde görülen belirtiler elde edilir.

Penetrant muayene yöntemi, manyetik parçacık muayene yöntemine göre oldukça yavaştır. Manyetik parçacık muayene yönteminden avantajı ise tüm malzemelere uygulanmasıdır. Tespit edilmek istenilen hatalar, uygulanan yüzeye açık olması gerekir, bu nedenle yüzey altında kalan veya herhangi bir nedenle yüzeye bağlantısı kesilmiş bulunan hatalar bu metotla tespit edilemez. Süreksizlikler çatlak türü ise çizgisel belirtiler, gözenek türü ise yuvarlak belirtiler elde edilir.



Şekil 5- Paslanmaz çelik basınç kap tadilat bölgesinde çatlak

3. YORULMAYA BAĞLI OLUŞAN HATALAR

İşletme aşamasındaki ekipmanların saha kontrollerinde ağırlıklı olarak, gözle muayene, manyetik parçacık muayenesi ve penetrant muayene yöntemleri kullanılmaktadır. Bahsedilen metodlar yüzey motudu olmakla birlikte, yüzeyde bulunan veya yüzeyin hemen altındaki hataların tespiti için kullanılmaktadır.

İşletme aşamasında kontrolü gerçekleştirilen ekipmanların büyük çoğunluğu metalik malzemedir, kaynaklı imalat, döküm ve dövme yöntemiyle üretilmektedir.

Gözle muayene esnasında, kontrol edilen ekipmanın genel yapısı gözle tespit edilebilecek hatalar açısından incelenmektedir. Bu hatalar şu şekilde sınıflandırılabilirler;

- Gözle görülebilen çatlaklar
- Görülebilir imalat ve işletme hataları
- Çentikler
- Plastik deformasyonlar
- Korozyon

- Boya hasarları

Saha kontrollerinde manyetik parçacık muayene yöntemi ile penetrant muayene yöntemi birbirine ikame etmektedir. Her ikisinin de birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Ferromanyetik malzemelerde, manyetik parçacık muayenesi, işlem süresini kısalttığından ve daha etkin sonuç verdiği için kullanılmaktadır. Ferromanyetik olmayan alüminyum, bakır, östenitik paslanmaz çelik gibi malzemelerde manyetik parçacık muayene yöntemi kullanılamayacağından, penetrant muayene kullanılmaktadır. Ayrıca penetrant muayene yöntemi plastikler, cam gibi çelik dışı malzemelerden üretilmiş ürünlerin kontrolünde de kullanılmaktadır.

- Gözle tespit edilemeyen çatlaklar
- Gözle görülmeyen imalat ve işletme hataları
- Çentikler

3.1 Kaynaklı İmalatların Kontrolü

Kaynak günümüzde metalik konstrüksiyonlar için vazgeçilmez bir üretim yöntemidir. Vinçler, hava tankları, buhar kazanları, depolama rafları gibi konstrüksiyonların tamamında kaynaklı imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Kaynağın doğası gereği işlem sırasında ısı etkisiyle ergiyen malzeme ve ısıya maruz kalan ana malzemede farklı yapılar oluşmakta, bu oluşan bölgelerde iç gerilmeler farklı dayanım değerleri söz konusu olmaktadır.

Tekrarlı yüklere maruz kalan kaynak dikişlerinde zaman içinde kaynak dikişleri, ısı etkisi altında kalan bölge ve ana malzemede yorulma çatlakları oluşmaktadır. Oluşan çatlaklar uygun olmayan yöntemlerle tamir edilmeye çalışıldığında, tamirat bölgesi daha da zayıflamakta, çatlaklar hızlı bir şekilde tekrar oluşmaktadır. İmalat ve işletme aşamasında yapılan bakım onarım çalışmalarında yapılan hatalı işlemlere sıklıkla rastlanmaktadır. Tahribatsız muayene işlemleri, bilinçsizce ve normlara uygun olmayan bakım-onarım çalışmalarının ortaya çıkması sağlanmaktadır.

Ayrıca üretimden kaynaklı, kaynak dikişi çakışması, hatalı birleşim yeri, kaynak ağzı açılmadan işlem yapılması gibi hatalar çatlak oluşumunu hızlandırarak konstrüksiyon ömrünü azaltmaktadır.



Şekil 6- Uygun olmayan tadilat sonrası yeniden çatlak oluşumu

3.2 Dövme Döküm Parçaların Kontrolleri

Yük kaldırma işlemlerinde vinç kancası, mapa gibi dövme veya döküm imalat yöntemiyle üretilmiş parçalar kullanılmaktadır. Ağır ve tekrarlı yükler altında çalışan, üretim prosesine göre yüksek ısıya maruz kalabilen, korozyif ortamlarda çalışan bu ekipmanlarda çeşitli deformasyon ve hata mekanizmaları mevcuttur. En çok rastlanan hata türleri, büyük yükler altında çalışan sistemlerde yüzeylerde ezilme ve malzeme çatlak oluşumudur. Çatlak oluşumu dövme / döküm parçalar için en kritik hata türüdür.

4. FARKLI EKİPMANLARDA YORULMA BELİRTİLERİ

4.1 Forklift çatalları:

Genellikle dövme yöntemiyle üretilen forklift çatallarının kaynaklı tipleri de bulunmaktadır. Maksimum yüke maruz kalan çatal bölgeleri (büküm bölgesi, forklift bağlantı parçaları ve kaynakları) çatlak oluşumuna karşı kontrol edilmelidir. TS EN ISO 5057 – Endüstriyel Araçlar – Kullanımda Olan Forklift Çatal ve Kollarının Muayenesi standardında “Çatal kol, çatlaklar için, tamamen gözle muayeneden geçirilmeli ve gerekli görülürse, tahribatsız çatlak tespit işlemine tâbi tutulmalıdır. Ataçmanlarının gövdeye bağlantısı dahil, kolların dirseklerine ve üstlerine ve alt kancalara özel dikkat sarf edilmelidir. Yüzey çatlakları tespit edildiğinde, çatal kol kullanımdan çekilmelidir.” ifadesi yer almaktadır.

Ani çatal kırılmasına bağlı oluşabilecek durumların önüne geçmek adına, forklift çatalları uygun tahribatsız muayene yöntemleriyle düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir.

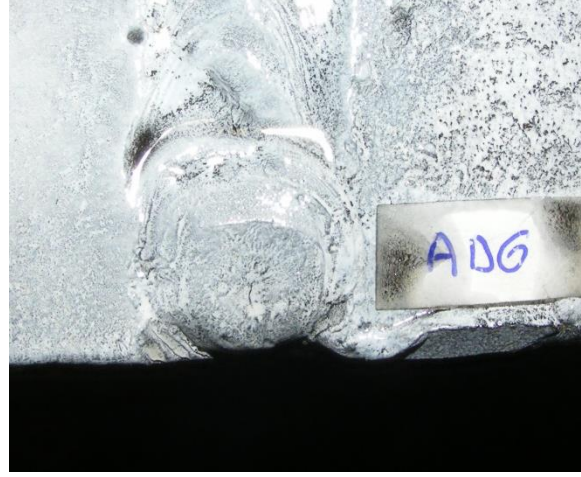


Şekil 7- Forklift çatalı büküm bölgesinde çatlak

4.2 Vinç Konstrüksiyonları

Kaynaklı imalat yöntemiyle üretilen vinç konstrüksiyonlarında kullanıma bağlı çatlak oluşumu ve bunu takip eden malzeme yarılmaları ve ayrılmaları sıklıkla karşılaşılan hatalardır. Bunun yanında yetersiz kaplamaya bağlı oluşan korozyonlar, darbeye bağlı oluşan deformasyonlara da rastlanmaktadır.

İlgili standart ve normlara uygun şekilde üretilmeyen, uzun yıllardır firmalarda kullanımda olan vinç konstrüksiyonların, yapılan kontroller sonucu malzeme ve kaynak dikişlerinde çok sayıda çatlak olduğu tespit edilmektedir. Üretim hataları, yorulmayı ve çatlak oluşumunu hızlandırmaktadır. İlgili uluslararası normlara göre ve belgeli kaynakçılar ile üretilmeyen konstrüksiyonlar, kullanım limitlerinin çok altlarında çatlak oluşumlarına ve kırılmalara sebep olacaktır.



Şekil 7- Vinç konstrüksiyonu krater çatlağı

Vinç konstrüksiyonlarının farklı bölgelerinde, tadilat işlemlerine bağlı deformasyonlar ve çatlaklar tahribatsız muayene metodları ile kolaylıkla bulunabilmektedir. Özellikle bilinçsiz yapılan tadilatlar çatlak oluşum hızlarını arttıracaktır. Yorulma çatlağı gözlemlenmiş bir konstrüksiyonda, çatlağın üstüne kaynak çekmek, yorulmuş malzemeyi daha da zayıflatarak, çatlak büyüme hızını arttıracak ve kırılma süresini kısaltacağından; bilinçsiz yapılan bu tür kaynaklı tadilatlar kesinlikle kontrol edilmelidir. Aksi takdirde, giderildiği sanılan çatlak kısa zamanda daha büyük ve riskli bir şekilde konstrüksiyonun üzerinde belirecektir.



Şekil 8- Vinç konstrüksiyonu yorulma çatlağı ve hatalı tadilat

4.3 Depolama Tankları

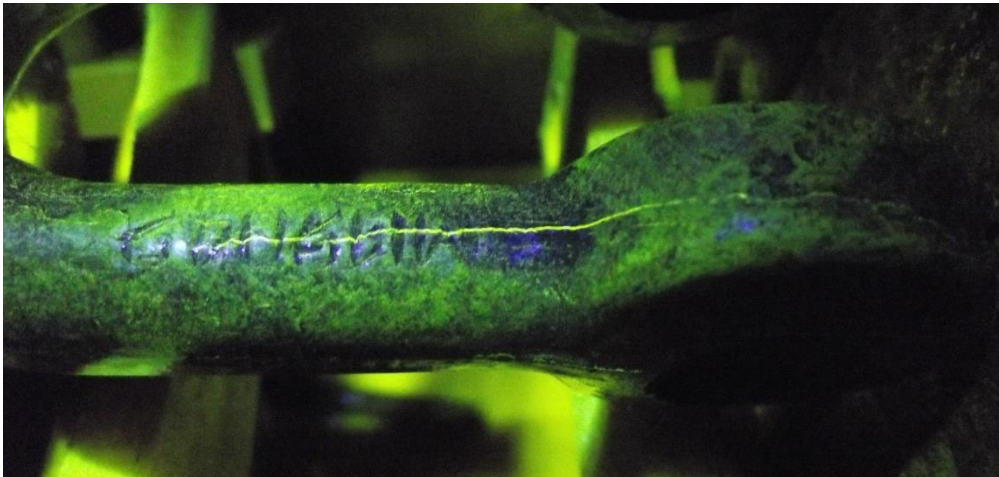
Uzun yıllardır kullanımda olan depolama tankları için hatalı tadilatlar risk oluşturmaktadır. Firma üretim durumu, kapasitesi ve kimyasallar hatlarında zamanla yapılan tadilatlar, depolama tankı giriş ve çıkış bağlantılarının değiştirilmesine neden olmaktadır. Kapatılacak çıkış deliği ek parça ve kaynak işlemi kullanılarak kapatılmakta ve taşlanarak üzeri boyanmaktadır. Dıştan bakıldığında ayırt edilmesi zor olan bu tadilatlara, çok yıllık tanklarda sıklıkla rastlanmaktadır. Uygun yapılmayan kaynak bölgeleri manyetik parçacık muayenesi ile incelendiğinde, çok sayıda çatlak tespit edilebilmektedir. Depolama tankları içinde bulunan kimyasalların yüzeye uyguladığı basıncı taşıdıklarından, bu tür hatalı kaynak çatlaklarının tadilat bölgesinden yarılmaya ve ciddi kimyasal sızıntılarına neden olabileceği göz önüne alınmalıdır.



Şekil 9- Depolama tankı üzeri tadilat

4.4 Mapalar

Yük kaldırma ekipmanlarında, yük bağlamak amacıyla kullanılan mapalarda, kullanım sıklığına göre yorulma çatlakları oluşmaktadır. Ferromanyetik malzemeden üretilen mapalar, UV ışık altında çalışan manyetik partiküller içeren test ekipmanları kullanılarak hassas bir şekilde kontrol edilebilmektedir.



Şekil 10- Mapa çatlağı

4.5 Vinç Kancaları

Yüke direk maruz kalan vinç kancaları, yükün emniyetli bir şekilde taşınması açısından kritik önem taşımaktadır. Yükün etkidiği yüzeylerde ve yüzeylerin altında kalan malzemede yorulma çatlakları tespit edilebilmektedir.



Şekil 11- Vinç kancalarında yorulma atlağı

4.6 Buhar Kazanları

Buhar kazanları yüksek sıcaklık ve basınç altında çalışan ekipmanlardır. Yanma odası tarafındaki yüzeyler açık aleve maruz kalmaktadır. Sistemin su ve buhar ile temas eden yüzeyleri basına maruz kaldığı gibi, aynı zamanda uygun artlandırılmamı su kullanımı durumunda korozyona karşı da dirençsizdir. Buhar kazanları cehennemlik i kaynakları, n ve arka ayna boru bağlantı kaynakları ve ulaşılabilen gövde kaynakları tahribatsız muayene yöntemleriyle kontrol edilebilmektedir.



Şekil 12- Buhar kazanı alev duman borusu köşe kaynaklarında çatlak

4.7 C Kancalar

Rulo caların kaldırılması amacıyla vinç altı ekipmanlar olarak kuallanılan C kancalar, yükleme durumları ve taşıdıkları yükler dikkate alındığında, yorulma çatlağı oluşmasına uygun, kritik ekipmanlardır. C kancaların kritik olabilecek, maksimum gerilmelerin olduğu bölgeleri düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir. Özellikle üzerinde kaynak dikişi bulunan C kancaların kaynak dikişlerinde yorulma çatlaklarına sıklıkla rastlanmaktadır.



Şekil 13- C kanca kaynaklı tadilat bölgesinde çatlak

4.8 Ağaç Sökme Makinası

Araç üstü ekipman olarak kullanılan ve büyük ağaçların sökülüp taşınması ve yeniden ekilmesi için kullanılan ağaç sökme makinaları, yorulma olayına karşı dikkatle incelenmesi gereken ekipmalardandır. Toprağa saplanan kısmın sertleştirilmiş veya yüksek alaşımlı çelikten

yapılmış olması, farklı malzemelerin birbirine kaynağını ve birleştirilmesini gerektirmektedir. Ayrıca çok sayıda hidrolik piston bulundurması ve bunların çalışması sırasında cihaz üzerinde değişen gerilme bölgeleri ve yüksek miktarda titreşim oluşması sistemi yorulma olayına açık bir hale getirmektedir. Yapılan tahribatsız muayene kontrolleri sonucunda, bu tür ekipmanların farklı bölgelerinde yorulma çatlağı hataları tespit edilmektedir.



Şekil 14- Konstrüksiyonda yorulma çatlağı

4.9 Beton pompası

İnşaat sektörünün gelişmesiyle birlikte kullanımları oldukça yaygınlaşan beton pompalarının görevi, katılaşmamış betonu döküm bölgesine ulaştırmaktır. Açılan kollardan oluşan sistem üzerindeki bir boru içinde, beton pompa vasıtasıyla döküm bölgesine ulaştırılmaktadır. Pompanın çalışması sırasında oluşturduğu etki, tüm sistemde titreşim ve sarsıntılara neden olmaktadır. Bu titreşim ve sarsıntılarla birlikte betonun ve sistemin kendi kütlesi, konstrüksiyon üzerinde farklı gerilme bölgeleri oluşturmakta ve yorulma çatlaklarına neden olmaktadır.



Şekil 15- Beton pompasında yorulma çatlağı ve tadilat bölgesi

5. SONUÇ

Bildiri kapsamında, işletme aşamasında yapılan tahribatsız muayene işlemleri ile yorulma etkilerinin tespit edilmesi açıklanmıştır. Kaynaklı birleştirme, dövme ve döküm üretim yöntemleriyle üretilmiş parça ve konstrüksiyonların kontrollerinin tahribatsız muayene yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmesi, olası kazaları önleme konusunda önem arz etmektedir. Tekrarlı yüklemelere bağlı olarak oluşan yorulma çatlaklarının, ani kırılmalara neden olabileceği her zaman göz önünde bulundurulması gereken bir gerçektir.

Ülkemizde birçok işletmede, kullanım süresi 20 yılı geçen kaldırma ekipmanlarının yanı sıra, basınçlı kaplar da bulunmaktadır. Zaman ilerledikçe bu konstrüksiyonlarının da yaşının ilerlediği ve iş sağlığı ve güvenliği açısından risklerinin de arttığı unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

- [1] GÖNÜL,E.,BAYRAKTAROĞLU, B., **Kaldırma Makinalarında Yorulma Test ve Analizleri**, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/572.
- [2] GÖNÜL,E.,BAYRAKTAROĞLU, B., ‘‘Metal konstrüksiyonların ve makine parçalarının yorulma dayanımı ve örnek bir analiz çalışması’’, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Bursa Şubesi Bülteni, Mart 2010.
- [3] GÖNÜL,E.,BAYRAKTAROĞLU, B.,’’TMMOB MMO Uygulamalı Eğitim Merkezi çalışmaları gelişerek sürüyor, mapa kontrolleri devam ediyor’’, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Bursa Şubesi Bülteni, Aralık 2012.
- [4] GÖNÜL,E.,BAYRAKTAROĞLU, B., ‘‘İş Güvenliğinde Tahribatsız Muayenenin Önemi’’, Kaynak Teknolojisi 9. Ulusal Kongre ve Sergisi, Kasım 2015, s.373-384
- [5] GÖNÜL,E.,BAYRAKTAROĞLU, B., ‘‘ İşletmede Kullanılan Metal Konstrüksiyonların Ve Makina Parçalarının Yorulma Durumlarının Tahribatsız Muayene Yöntemleri İle Tespiti ’’, Kaynak Teknolojisi 10. Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Kasım 2017.
- [6] TMMOB Makina Mühendisleri Odası Uygulamalı Eğitim Merkezi / Bursa Şube Teknik Çalışmaları ve Kontrolleri