

## İŞLETMEDE KULLANILAN METAL KONSTRÜKSİYONLARIN VE MAKİNA PARÇALARININ YORULMA DURUMLARININ TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ İLE TESPİTİ

Dr. Ersan GÖNÜL<sup>1</sup>, Makine Yük. Müh. ve Kaynak Müh.,  
UT, RT, MT, PT, VT Seviye III  
Burak BAYRAKTAROĞLU<sup>2</sup>, Makina Müh. ve Kaynak Müh.  
UT, RT, MT, PT, VT Seviye II

<sup>1</sup>TMMOB Makina Mühendisleri Odası Uygulamalı Eğitim Merkezi/Bursa  
e-posta: ersan.gonul@mno.org.tr

<sup>2</sup>TMMOB Makina Mühendisleri Odası Uygulamalı Eğitim Merkezi/Bursa  
e-posta: burak.bayraktaroglu@mno.org.tr

### ÖZET

*İşletme aşamasındaki endüstride kullanılan konstrüksiyonların, dövme ve döküm malzemelerin ve çelik konstrüksiyonların kullanılması, zamanla yorulmanın etkisiyle risk oluşturmaktadır. Özellikle meydana gelen plastik deformasyon ve çatlak gibi hataların büyük bir çoğunluğu gözle fark edilemez veya incelemeler yapılmadan ortaya çıkarılamaz. Konstrüksiyonda meydana gelen bu bulguları, alışlagelmiş yöntemlerle yapılan testler sonucu belirlemek zordur ve bu durum iş güvenliği açısından büyük risk oluşturur. Bu çalışmada, işletme aşamasında olan metal konstrüksiyonların çeşitli sınır şartlarından dolayı meydana gelen yorulma bulgularının ortaya çıkarılması için uygulanabilecek adımlarından ve tahribatsız muayene yöntemlerinin kullanılmasından bahsedilecektir.*

**Anahtar Kelimeler:** Yorulma, çatlak, tahribatsız muayene, iş güvenliği, dövme, döküm, kaynaklı imalat

### ABSTRACT

*The use of industrial constructions, forgings and casting materials and steel constructions in the operational phase pose a risk by the effect of fatigue over time. Especially, a large majority of defects such as plastic deformation and cracks not be visually perceived or can not be revealed without inspection. It is difficult to determine the results of the tests made with the conventional methods, which constitute a serious risk in terms of work safety. In this work, we will talk about the steps that can be applied to uncovering the fatigue symptoms due to various limitations of the metal constructions in operation phase and the use of non-destructive inspection methods.*

**Key Words:** Fatigue, crack, non-destructive test, occupational safety, forging, casting, welding manufacturing

## 1. GİRİŞ

Günümüzde metalik malzemeler, devasa konstrüksiyonlardan basit makina parçalarına kadar kullanılmaktadır. Basıncılı kaplar, vinçler, gemiler metal konstrüksiyonlara birer örnektir. Çok sayıda kaynak bağlantısı bulunan metal konstrüksiyonların farklı bölgelerine etki eden kuvvetler; farklı türde gerilmeler, eğimler ve sehimler oluşturur. Vinç gibi konstrüksiyonlarda, her yüklemeye girişte sehim meydana gelecek, kaynak bölgelerinde basma ve çekme gerilmeleri oluşacak; yük kaldırıldığında giriş eski konumuna gelecek, yükün meydana getirdiği gerilmeler ortadan kalkacaktır. Statik analizlerde ve hesaplamalarda konstrüksiyonun yapısı açısından tehlike yaratmayan bu sehim ve gerilmeler; yıllar boyunca tekrarlandığında, malzemede yorulmaya neden olmaktadır. Yorulma kendini malzemede veya kaynak dikişinde çatlak olarak gösterir. Sınılanın aksine; belirli bir tekrarlı gerilmenin üzerinde çalışan her metal konstrüksiyonun bir ömrü vardır. Ömrünü tamamlayan konstrüksiyonlarda yorulmaya bağlı çatlaklar gözlenir. Yorulma çatlakları ani kırılmalara neden olabileceğinden işçi sağlığı ve iş güvenliği bakımından son derece büyük risk oluşturmaktadır.



*Şekil 1. İşletmede Kullanılan Vinç Konstrüksiyonu*

Endüstride metal konstrüksiyona sahip ekipmanların uzun yıllardır kullanıldığı düşünülürse, konstrüksiyon için en büyük tehlikenin malzeme yorulması olduğu görülmektedir. Genel olarak yorulma; **"malzemenin tekrarlı yüklere maruz kalması, belli bir tekrar sayısından sonra yüzeyde çatlak oluşması, bunu takip eden kopma olayı ile malzemenin son bulması"** olayıdır. Dolayısıyla meydana gelen hasar, statik zorlanmada taşıyabilecek gerilme değerlerinden, çok daha düşük seviyelerde gerçekleşir.



*Şekil 2. Konstrüksiyonda Bulunan Yorulma Çatlağı*

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 sına, 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 dayanımını düşürmektedir. Üretim öncesi yapılan mukavemet hesaplamalarda dikkate alınmayan bu hatalı bölgeler, kullanım ömrünü etkilemekte ve sistemin yorulma dayanımını düşürmektedir.

## 2. YORULMA DURUMLARININ İNCELENMESİ

Kullanım şartları açısından konstrüksiyonların önündeki en büyük tehlikenin "*yorulma*" olduğu açıkça gözükmektedir. İşletmelerde kullanılan konstrüksiyonlarda aşağıdaki sebepler yorulmaya etki etmektedir;

- Sürekli olarak yük kaldırıp indirilmesi
- Kaldırılan yükler, kapasitelerine yakın olması
- Konstrüksiyonların çalışma şartlarından dolayı titreşime maruz kalması
- Büyük yükler kaldırıldığı için atalet kuvvetine maruz kalması
- İşletmedeki yüksek sıcaklıklar,
- İşletmelerdeki korozyon ortamları,
- Diğer sebepler(Rüzgâr Etkisi, sıcaklık vs. vs.).

Bir de bunlara üretim şartlarındaki olumsuzluklar eklendiğinde riskin büyüklüğü açıktır. Bu nedenle kontrole konu olan konstrüksiyonlar üzerinde aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır;

- Konstrüksiyonlarla ilgili keşif çalışmasının yapılması
- Konstrüksiyonlarla ilgili konstrüksiyon hatalarının incelenmesi
- Konstrüksiyonlar için belirlenen kısımların tahribatsız muayenesinin yapılması
- Elde edilen bilgilerle yapıncin durumunun değerlendirilmesi

### 2.1 Konstrüksiyon İle İlgili Keşif Çalışmasının Yapılması

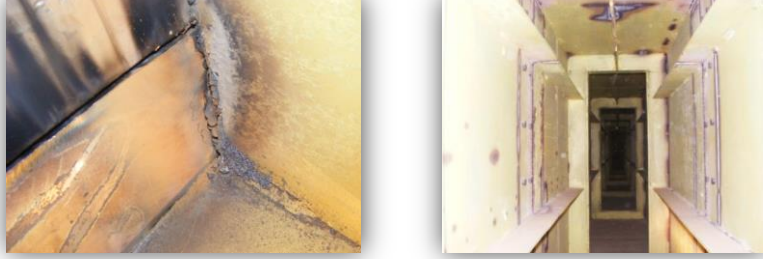
Konstrüksiyon ile ilgili keşif çalışmaları, konstrüksiyonun kritik ve genel olarak olumsuz durumlara maruz kalan bölgelerinin irdelenmesi için gerçekleştirilir. Çalışmanın bu bölümü, konstrüksiyonun analizi gerçekleştirilerek kritik bölgelerinin haritası çıkarmak için yapılabileceği gibi daha önce yapılan çalışmalar neticesinde tecrübî olarak bilinen bölgelerin irdelenmesi için gerçekleştirilir.

Yapılan çalışmalarda ilk önce işletmenin ve konstrüksiyonun bulunduğu bölgedeki yapı incelenir. Hem yükleme koşulları hem de konstrüksiyonun maruz kaldığı durumlar (korozyon, sıcaklık vs.) irdelenir.

İşletmenin ve konstrüksiyonun genel yapısı incelendikten sonra, konstrüksiyon üzerinde genel gözle muayene uygulanır. Genel gözle muayenenin amacı konstrüksiyonun işletme koşullarından dolayı, yükleme dışında, zarar görmüş bölgelerinin belirlenmesidir.

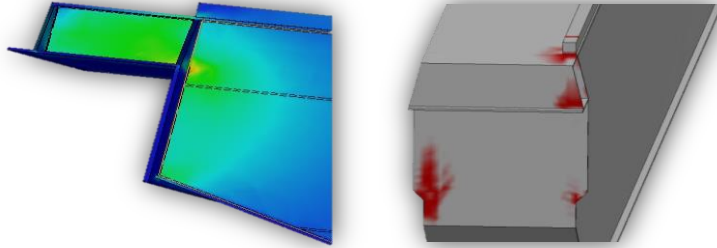
Üzerinde çalışılan konstrüksiyonların teknik bilgilerine ve resimlerine ulaşamadığı durumlarda üç boyutlu model için, ölçülerinin tamamının konstrüksiyon üzerinden alınması gerekmektedir. Tersine mühendislik uygulamasına örnek olabilecek bu çalışma için, konstrüksiyon tüm detayları fotoğraflanarak ölçsüz bir tasarım oluşturulmaktadır. Ölçsüz

tasarımdan hareketle, konstrüksiyon üzerinden hangi ölçülerin alınacağı belirlenmekte, belirlenen ölçüler konstrüksiyon üzerinden alınmaktadır.



*Şekil 3. Bir Vinç Konstrüksiyonunun İçinin İncelenmesi*

Tasarım işleminin tamamlanmasının ardından işletme koşulları göz önüne alınarak ve sınır şartları belirlenerek, bu sınır şartlarında birçok kez analiz gerçekleştirilmektedir. Böylece kontrole konu olan konstrüksiyonun gerilme haritası çıkarılmakta, yüklemeye koşullarına göre kritik bölgeler belirlenmektedir. Yapılan çalışmaların tamamında uluslararası normlar ön planda tutulmakta ve irdelemeler standartların yol gösterdiği şekilde yapılmaktadır.



*Şekil 4. Gerilme Bölgelerinin Belirlenmesi*

## **2.2 Konstrüksiyonlarla İlgili Konstrüksiyon Hatalarının İncelenmesi**

Konstrüksiyonlarda bulunan kaynak dikişi çakışması, hatalı birleşim yeri, kaynak ağzı açılmadan işlem yapılması gibi konstrüksiyon hataları bu bölümde incelenmektedir. Amaç; imalatta ve işletme aşamasında yapılan bakım onarım çalışmalarında yapılan hatalı işlemlerin belirlenmesidir.



*Resim 5. Uygun Yapılmayan Tadilat Sonrasında Tekrar Oluşan Çatlak*

Kontrol neticesinde bilinçsizce ve normlara uygun olmayan bakım-onarım çalışmalarının ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

### 2.3 Ön İncelemeler İle Belirlenen Kısımların Tahribatsız Muayenesinin Yapılması

Tahribatsız malzeme muayenesi, kalite kontrolün en önemli bölümü olup, üretimin tamamlayıcı 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.

Tahribatsız muayene, üretim esnasında yeni parçalara olduğu kadar, periyodik bakımlarda ve hatta işletme esnasında servisteki parçalara da uygulanır. Bu hallerde parçayı, montajlı olduğu sisteme takılı olduğu yerden sökmeden ve bazen de işletmeyi hiç durdurmadan muayene yapmak mümkündür. Bu durum tahribatsız muayenenin büyük bir üstünlüğüdür. Rafinerilerde ve kimya endüstrisinde metalik kaplar, içeriden korozyona maruz kalırlar. Radyografik ve ultrasonik metotlarla, işletmeyi durdurmadan, istenilen noktalardan kalınlık ölçümleri yapılır.

Tahribatsız muayene yöntemleri çeşitli fiziksel prensiplerle, farklı şekillerde uygulanır. Seçilecek yöntem, incelenen malzemenin cinsine ve aranan hata türüne göre belirlenir. Her bir yöntemin diğerine göre üstün taraflar olup, genellikle birbirlerinin tamamlayıcısı durumundadırlar. Oluşturulan gerilme haritalarına ve yapılan incelemelerde elde edilen bulgulara göre, gerilmelere bağlı yorulmaya maruz kalacağını öngörülen ve incelemelerde hasarların tespit edildiği bölgelerde aşağıdaki tahribatsız muayene yöntemleri uygulanmaktadır.



*Şekil 6. Konstrüksiyona Uygulanan Tahribatsız Muayene Sonucunda Bulunan Çatlak*



### 2.3.1 Gözle Muayene

Çıplak gözle yapılan muayenedir. Bir ürünün yüzeyindeki süreksizlikler, yapısal bozukluklar, yüzey durumu gibi kaliteyi etkileyen parametrelerin, optik bir yardımcı kullanarak veya kullanmaksızın muayene edilmesidir.

Gözle muayene çok basit bir metot olarak görünse de kendine özgü incelikleri vardır. Diğer tahribatsız muayene yöntemlerinden önce uygulanmaktadır. Zaten diğer tahribatsız muayene yöntemleri için hazırlanmış uygulama standartlarının çoğunda da öncelikle gözle muayene yapılması bulguların kaydedilmesi istenir. Metalik veya metalik olmayan bütün malzemelere uygulanabilir.



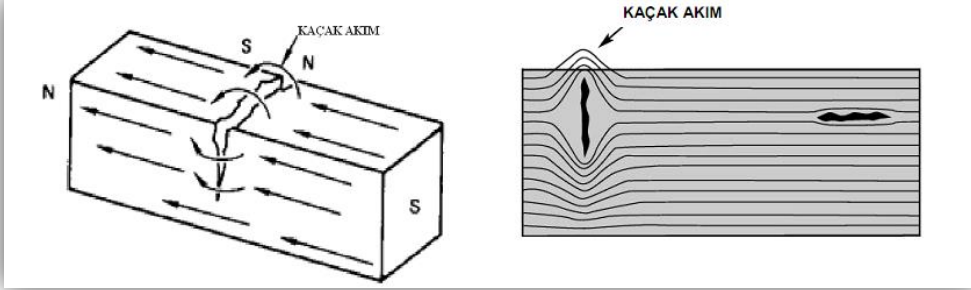
*Şekil 7. Gözle Muayene Sonucunda Tespit Edilen Plastik Deformasyon ve Çatlak*

Çoğu durumda muayene yüzeyi hazırlığı olarak yüzey temizliği yapılması istenmez. Daha doğrusu yüzeyin, beklenen hataların en iyi görüneceği şekilde olması gerekir. Yeterli ışık şartları altında ve uygun bakma açılarında inceleme yapılmalıdır.

### 2.3.2 Manyetik Parçacık Muayenesi

Manyetik parçacık yöntemi, yüzey ve yüzeye yakın hataların tespitinde ve yerlerinin belirlenmesi işleminde kullanılmaktadır. Oldukça basit, hızlı ve düşük maliyetle uygulanabilirliği nedeniyle ferromanyetik malzemelere uygulanır ve oldukça geniş bir kullanıma sahiptir. Bu yöntemde yüzey hatalarının belirlenebilmesi, hatanın boyutuna ve yüzeye yakınlığına bağlı olup sadece ferromanyetik yani mıknatıslanabilen malzemelere uygulanır. Yöntemin temeli incelenen malzemenin manyetikleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Manyetikleştirme işlemi, parçadan elektrik akımı veya doğrudan manyetik akı geçilerek gerçekleştirilir. Ferromanyetik malzemeler, bu manyetik akıya hiç bir direnç göstermezler, aksine bu manyetik akının geçmesine katkıda bulunurlar. Eğer manyetik alan içerisinde hata varsa, hatadaki boşluk alan çizgilerini engelleyecek ve saptıracaktır. Bu durum hata üzerinde yoğun bir kaçak akım oluşturur ve kaçak akımın büyüklüğü, hatanın boyutu ile doğru orantılıdır.

Bünyesinde hata bulunan bir malzeme yüzeyine, manyetik alan uygulanması halinde, yüzeye ferromanyetik tozlar serpilirse, bu tozlar hataların bulunduğu bölgelerde toplanırlar. Böylece, mevcut süreksizliklerin yerleri tespit edilmiş olur.



*Şekil 8. Manyetik Parçacıkla Muayene İle Hata Tespiti*

Ferromanyetik bütün malzemelere uygulanabilirken; ferromanyetik olmayan malzemelere bu yöntem kullanılamaz. Hata uygulanan manyetik alan yönüne uygun açıda konumlanmamış durumda ise belirlenemeyebilir. Büyük parçalar için çok yüksek mıknatıslama akımları gerekebilir. Muayene yüzeyinin çok pürüzlü olması, sonucu olumsuz etkiler. Yüzeysel hataların tespit edilebilmesi için malzeme yüzeyinin temiz olması gerekir, muayene yüzeyinde boya veya kaplama varsa bunun kalınlığı muayene sonucunu doğrudan etkiler.



*Şekil 9. Rafın Yorulma Kontrolü Esnasında Manyetik Parçacık Testi İle Tespit Edilen Çatlak*

### 2.3.3 Penetrant Muayenesi

Yüzey hatalarının tespiti için kullanılan bir muayene metodu olup, Tespit edilmek istenilen hataların muayene işlemi uygulanan yüzeyine açık olması gerekir, bu nedenle yüzey altında kalan veya herhangi bir nedenle yüzeye bağlantısı kesilmiş bulunan hatalar bu metotla tespit edilemez. Metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde aşırı gözenekli olmamaları koşulu ile beklenen yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir.





*Şekil 10. Darbe Alan ve Bakımı Yapılan Paslanmaz Fikse Kazanında Penetrant Testi ile Tespit Edilen Çatlak*

Muayene yüzeyine açık süreksizlikler içine kapiler etki ile nüfuz etmiş olan penetrant sıvısı geliştirici tarafından tekrar yüzeye çekilerek süreksizlik belirtileri elde edilir. Süreksizlikler çatlak türü ise çizgisel belirtiler, gözenek türü ise yuvarlak belirtiler elde edilir.

Metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde beklenen yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir. Muayene parçasının çok gözenekli bir yapıya sahip olması durumunda bu metodun sağlıklı uygulanması pek mümkün olmaz. Sadece yüzeye açık hatalar tespit edilebilir. Yüzey temizliğinin uygun yapılmamış olması sonucu doğrudan olumsuz etkiler. Muayene sonrasında ilave olarak bir son temizlik işlemi gerekebilir. Kimyasal maddelerin kullanımı özel bir özen gerektirmektedir (ör. atıklar)

Kontrollerde manyetik parçacık muayenesi veya penetrant muayenesi ile çatlak taraması yapılmakta olup, çatlaklı bölgeleri görülür hale getirilmektedir. Bu darbeler ve/veya yorulmalar sonucunda meydana gelen çatlakların dolayısı ile çatlaklar ile meydana gelen risklerin açığa çıkarılması için oldukça önemlidir.

#### **2.3.4 Genel Olarak Tahribatsız Muayene Yöntemlerinin Değerlendirilmesi ve Elde Edilen Bulgular**

Yapılan kontrollerde gözle muayene, manyetik parçacık muayenesi ve penetrant muayene efektif olarak kullanılmaktadır.

Gözle muayene esnasında, konstrüksiyonun yapısı gözle görülebilecek hatalar açısından incelenmektedir. Bu hatalar genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

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



*Şekil 11. Manyetik Parçacık Testi Sonucunda Elde Edilen Bulgu-Çatlak*

İncelemelerde manyetik parçacık muayenesi çok daha hızlı ve etkin sonuçlar verirken, penetrant muayenesi hem inceleme koşulları olarak hem de hatanın tespitindeki zaman kaybı açısından manyetik parçacık testine göre daha az tercih edilmektedir. Fakat kontrole konu olan konstrüksiyonda kullanılan malzemeler ferromanyetik özellikte olmaması durumunda (paslanmaz vs.) penetrantın kullanılması kaçınılmazdır. Manyetik Parçacık ve Pentrant muayenesi ile aşağıdaki bulgular elde edilmektedir;

- Gözle görülemeyen çatlaklar
- Genel olarak gözle görülmeyen imalat ve işletme hataları
- Çentikler

### **2.3.5 Elde Edilen Bilgilerle Vincin Durumunun Değerlendirilmesi**

Elde edilen tüm bu bilgiler yardımıyla konstrüksiyonların daha fazla kullanılıp kullanılmayacağına ilişkin karar verilmiştir.

Yapılan tüm işlemler sonucunda genel olarak şu sonuçlar karşımıza çıkmaktadır;

- Çatlaklar, gözle muayene ve analiz işlemleri ile belirlenen bölgelerde tespit edilmektedir.
- Konstrüksiyonlarda yanlış kullanıma bağlı plastik deformasyon, çatlaklar ve kırılmalar tespit edilmektedir.
- Konstrüksiyonlarda korozyonlar görülmektedir.
- Kaynaklı üretimler için kaynaklarda korozyon, plastik deformasyonlar ve kırılmalar gözlemlenmektedir.
- Konstrüksiyonların birçok yerlerinde, tadilat işlemlerine bağlı deformasyonlar ve çatlaklar vardır.
- Kontrol edilen tadilatların çoğunda gözle muayene ile tespit edilen birçok hata görülmektedir.
- Tadilat yapılan bölgelerin birçok kez tadilat işlemine tutulduğu görülmüştür.

### 3. SONUÇ

Yapılan çalışma; tahribatsız muayenenin, işletme aşamasında olan metal konstrüksiyonların yorulma kontrollerinde kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, çok sayıda kaynaklı birleşim içeren konstrüksiyonlarda, tüm kaynakların ve malzemelerin tahribatsız muayene ile kontrolünü gerçekleştirmek, hem maliyetli hem de uzun zaman gerektiren bir süreçtir. Bilgisayar destekli analiz yardımıyla, farklı durumlar için gerilmelerin olduğu bölgeler belirlenerek kaynak dikişlerinin ve malzemelerin bölgeleri, kritik olanlar ve olmayanlar olarak sınıflandırılabilir. Bununla beraber tecrübi bilgileri kullanmak ve kontrol bölgelerini bu bilgilerin tamamını kullanarak oluşturmak önemlidir. İlk yorulmaya uğrayacak olan, gerilmelerin olduğu bölgelerde bulunan kritik kaynak dikişlerinin ve malzemelerin kontrolü maliyeti azaltır, zamandan tasarruf sağlar.

Ayrıca işletme koşulları değiştiğinde, değişimlerin etkisinin de (deniz kenarı veya kimyasal buharların olduğu korozyif ortamlar, açık hava koşullarındaki çalışma nedeniyle güneş, yağmur, kar vb. etkiler) yorulma analizi değerlerini değiştirdiği unutulmamalı ve ön incelemede bu durumlardan etkilenen bölgelerin tespiti yapılmalıdır.

Ülkemizde tüm işletmelerin, 20 yılı geçen kaldırma makinalarının yanı sıra, basınçlı kaplarının da yorulma test ve analizlerinin yapılması büyük önem taşımaktadır. Böylelikle iş kazalarının azaltılmasının yanı sıra, gereksiz yatırım kararlarının alınmasının da önüne geçilebilecektir.

### 4. KAYNAKÇA

- [1] Kaldırma Makinalarında Yorulma Test ve Analizleri, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/572.
- [2] Metal konstrüksiyonların ve makine parçalarının yorulma dayanımı ve örnek bir analiz çalışması, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Bursa Şubesi Bülteni, Mart 2010.
- [3] TMMOB MMO Uygulamalı Eğitim Merkezi çalışmaları gelişerek sürüyor, mapa kontrolleri devam ediyor, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Bursa Şubesi Bülteni, Aralık 2012.
- [4] TMMOB Makina Mühendisleri Odası Uygulamalı Eğitim Merkezi / Bursa Şube Teknik Çalışmaları ve Kontrolleri

## ÖZGEÇMİŞ

**Ersan Gönül** 23 Eylül 1985 Bursa doğumludur. 2009 yılında Uludağ Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden bölüm birinciliği ile mezun olmuştur. 2009 yılında TMMOB Makina Mühendisleri Odası Bursa Şubesinde teknik görevli olarak işe başlamıştır. 2011 yılında Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi İşletme Bölümünden lisansını, 2012 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalından yüksek lisansını, 2017 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalından Doktorasını tamamlamıştır. 2016 yılında Kaynak Mühendisliği eğitimine giderek Kaynak Mühendisliği programını başarı ile bitirmiştir. 2011-2016 yılları aralığında VT, MT, PT, UT, RT tahribatsız muayene metotlarından Seviye III belgelerini tamamlamıştır. 2011 yılından itibaren TMMOB Makina Mühendisleri Odası Uygulamalı Eğitim Merkezi /Bursa Şube'de çalışmaktadır.

**Burak Bayraktaroğlu** 26 Haziran 1985 İstanbul doğumludur. Uludağ Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezundur. 2009 yılında TMMOB Makina Mühendisleri Odası Bursa Şubesinde teknik görevli olarak işe başlamıştır. 2010 yılında Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi İşletme Bölümünden lisansını tamamlamıştır. 2011 yılında VT, MT, PT, UT, RT tahribatsız muayene metotlarından Seviye II belgelerini tamamlamıştır. 2016 yılında Kaynak Mühendisliği eğitimine giderek Kaynak Mühendisliği programını başarı ile tamamlamıştır. 2011 yılından itibaren TMMOB Makina Mühendisleri Odası Uygulamalı Eğitim Merkezi /Bursa Şube'de çalışmaktadır.