



Demiryollarında Raylara Uygulanan Tahribatsız Muayene Yöntemleri

Mehmet Ali SEVİM^{*1}, Ali Can ÇELT¹, Semih KABAR¹, Önder AKGÜNLÜ¹

¹ TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü, DATEM İşletme Müdürlüğü, Malzeme ve Kaynak Mühendislik Hizmetleri Müdürlüğü 06105, Ankara/Türkiye
*mehmetalisevim@tcdd.gov.tr

(Alınış/Received: 13.12.2019, Kabul/Accepted: 16.01.2020, Yayınlama/Published: 31.01.2020)

Özet: Demiryolu ray kusurlarının tespiti yolcu taşımacılığının güvenliği açısından dünya genelinde büyük önem taşımaktadır. Özellikle ray kırılmalarından kaynaklanan ciddi kazalardan sonra tahribatsız muayene yöntemlerinin kullanımı önem kazanmış ve yeni araştırmalar için ciddi yatırımlar yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmanın amacı raylarda meydana gelen ana kusurların ve en önemli tahribatsız muayene yöntemlerinin incelenmesi ve gelecek çalışmalara temel sağlanmasıdır.

Anahtar kelimeler: Tahribatsız Muayene, Ray, Ray Hataları, Demiryolları.

Applications of Non-Destructive Testing Methods on Rails in Railways

Abstract: Detection of rail defects is of crucial importance for the safety of passenger traffic in railways all around the world. Especially after serious accidents with disastrous consequences caused by rail breaks, the use of non-destructive testing methods has gained importance and has begun to make significant investments to new research. The aim of this study is to review the main rail defects and the most prominent non-destructive testing methods for railway inspection and to provide a basis for follow-up research.

Keywords: Non-Destructive Testing, Rail, Rail Defects, Railways.

1. Giriş

Son yıllarda demiryolu taşımacılığında artan hız ve yüklerle beraber raylarda oluşabilecek hataların önceden tespit edilmesi ve belirtilerin periyodik kontrolleri daha büyük bir önem kazanmıştır. Bu kapsamda tahribatsız muayene yöntemleri büyük önem arz etmektedir.

Hataların tespit edilebilmesi ve düzenli takibi hem demiryolu taşımacılığının güvenliğini arttırırken hem de bakım maliyetlerinde düşüş sağlamaktadır. Raylarda en büyük problemlerden biri ray-teker temasından kaynaklı yorulma çatlaklarıdır. Bunların erken aşamada tespit edilmesi ve ray kırılmadan önce önlem faaliyetlerinin (taşlama) alınması büyük önem arz etmektedir.

Ayrıca kaynak bölgeleri rayların en problemleri bölgeleridir. Buralarda da meydana gelen aşınmalar ve çatlakların erken tespiti çok önemlidir. Demiryolu raylarının kontrolünde birçok tahribatsız muayene metodu kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı işletme altında bulunan demiryolu raylarında en çok uygulama alanı bulan hasarsız muayene yöntemleri hakkında genel bir bilgi vermektir.

2. Ray Hataları

Atif için/Cite as: M.A. Sevim, A.C. Çelt, S. Kabar, and Ö. Akgünlü "Demiryollarında raylara uygulanan tahribatsız muayene yöntemleri," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 11, pp. 60-74, Jan. 2020.

2.1. Mantarda sıralı kılcal çatlaklar (Head checks)

Bu tip çatlaklarla çoğunlukla gidiş yönünde, kurpların dış raylarının yuvarlanma yüzeyinde karşılaşılır. Modern demiryolu taşımacılığında bakım masraflarının yükselmesinde önemli bir faktördür. Ray malzemesinin periyodik plastik deformasyonu sonucu meydana gelirler. Ray/Teker temas yüzeyinde meydana gelen basma ve kayma gerilmelerinin bir ürünüdür. Kayma gerilmelerinin, malzemenin akma dayanımını aşmasından dolayı deformasyon gerçekleşir. Bunlar bölgesel koşullara ve ray kalitesine göre 0,5 ila 10 mm arasında boyutlara sahip olan birbirine paralel uzanan çatlaklardır. Gelişimleri üç aşamada incelenir. İlk aşama çatlak oluşum mekanizmasıdır. Bunu, çatlakların neredeyse aynı hızla ilerlediği ve ray mantarının iç yüzeyine doğru 15° ve 30° arasında açıyla yayıldığı ikinci aşama takip eder. Son aşamada ise çatlaklar yatay ve dikey dallanmalar verir ve böylelikle çatlakların yayılma hızı ciddi manada artış gösterir. Çatlak derinliği başlarda milimetrenin onda biri büyüklüğündedir, fakat hata bölgelerinin taşlanmaması durumunda çatlak boyutları ciddi derecede artış göstermektedir. Bu da kılcal çatlakların birleşmesine, devamında ise rayın kırılmasına kadar gidebilmektedir [6, 7, 10, 11, 25].

2.2. Ezilme (Squats)

Squat ray yüzeyinin altında veya yuvarlanma temas bölgesinde yatay bir düzlemde uzanan bir yuvarlanma temas yorulma çatlağıdır (RCF) ve yuvarlanma yüzeyinde çökmeye yol açar. Squat başlarda kara bir leke gibi görünürken, ilerlediğinde kavisli veya v şeklinde görünür. Malzemenin plastik deformasyona uğramasından dolayı meydana gelir. Genel olarak bu tip çatlaklar yuvarlanma yüzeyine sabit bir açıyla ray mantarının içine doğru yayılırlar. Çatlak derinliği 3 mm'den 5 mm'ye kadar ulaşabilmektedir ve zamanında tespit edilmezse rayın kırılmasına neden olmaktadır [16, 25].

2.3. Kabuk atma (Shelling)

Ağırlıklı olarak kurplarda dış rayda görünen karakteristik bir yuvarlanma temas yorulma kusurudur. Bu hatanın oluşumu esnasında ray yüzeyi yönünde mantarın içine doğru çatlaklar ilerler ve bunlar yuvarlanmanın aktif olduğu yüzeylerde uzunlamasına, üretime bağlı kopmalara ve yuvarlanma yüzeyinde bölgesel çökmelere sebep olmaktadır. Çatlak büyümesi aktif yüzeyde yatay yönde olmaktadır ve bu hata düzensiz aralıklara sahip, siyah ve uzunlamasına lekeler olarak görünürler. Karbit, oksit ve nitrit gibi metalik olmayan kalıntılar kabuklanmada çatlakların oluşumunu tetiklemektedir. Genel olarak kabuklanma hatası blok döküm yöntemi ile üretilmiş raylarda görülmektedir [6, 9, 11].

2.4. Ondülasyon (Corrugation)

Ray yüzeyinin dalgalı bir biçimde aşınmasıdır. Ray yüzeyinin neredeyse periyodik bir düzgün olmama durumu olarak görünmesidir ve dalga boyları 20 ila 80 mm arasındadır. Derinliği ise 0,01 ila 0,4 mm arasında değişmektedir. Bu değer dalga boyu ile orantılıdır. Ondülasyon trenin sinüsoidal seyir ettiği durumlarda sık gözlemlenir. Ray teker temas alanında oluşan dinamik yüklerin bir sonucudur ve malzeme dönüşümü ve aşınma sonucu malzemenin yontulması ile karşılıklı bir ilişki içindedir. Ray ve tekerin temas bölgesinde kayma sonucu bölgeye ısınma ile rayın yuvarlanma yüzeyinde malzeme dönüşümü gerçekleşir ve bunun sonucu olarak rayın o bölgesinde ana metale göre 3 kat fazla bir sertlik elde edilmiş olur. Bu bölgeler beyaz tabaka (white etching layer) olarak isimlendirilirler. Bu beyaz tabakalar ile taşlama sonucu da karşılaşılabilir. Bu bölgelerin yapısı temperlenmemiş martensittir veya neredeyse martensite yakındır. Demiryollarında fazla gürültünün sebeplerinden biri de ondülasyon hatasıdır [1, 6, 7, 9, 13, 15, 16].

2.5. Periyodik yuvarlanma yüzeyi hasarları (Belgrospi's)

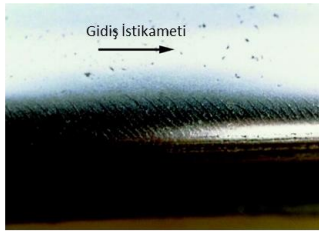
Bu tip yuvarlanma temas yorulma kusurları yüksek hızlı tren hatlarında büyük dinamik kuvvetlerin ray yüzeyinde malzeme dönüşümüne yol açmasından dolayı görülmektedir. Genellikle tren işletme hızının 200 km/h'i aştığı bölgelerde gözlemlenir. Bu hata tipi her zaman ondülasyon olan bölgede görülür ve ondülasyon tepelerinin (20-100 mm) arasında bulunan periyodik çatlak yuvalarıdır [7, 8, 9, 12].

2.6. Zedelenme, patinaj izi ve kayma dalgaları

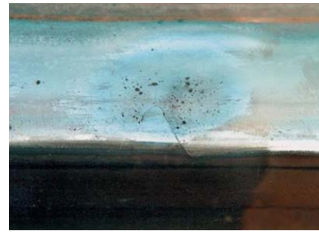
Burada bahsedilecek 3 hata tipi de aşınma kaynaklı hatalardır. Zedelenme hataları teker ve ray arasına balast gibi yabancı partiküllerin girmesi ile oluşmaktadır. Sıklıkla yuvarlanma yüzeyine yatay konumda ve gelişigüzel dağılmış halde bulunurlar. Böyle bir hata meydana geldiğinde acilen giderilmeli veya ray değiştirilmelidir [7, 9].

Trenin ani hızlanmaları veya ani frenlemeleri sonucu ray yüzeyinde çökme meydana gelebilir. Bu çöküntülere patinaj izi denir ve içerisinde çatlaklar barındırılabilir. Bu tip hatalar da acilen giderilmeli veya ray değiştirilmelidir [9, 25].

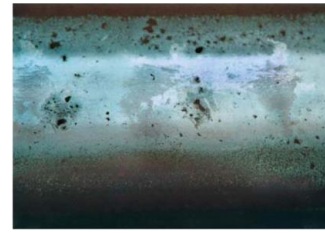
Kayma dalgaları ise çapı 800 mm'den daha az olan kurplarda, iç rayda meydana gelmektedir ve hatanın boyutu karp çapı ile doğru orantılıdır. Buradaki dalga tepeleri düz, çukurlar ise aksine pürüzlüdür ve parlaktır. Ondülasyondan farkı bu hata tipinde beyaz tabaka (WEL) oluşmamaktadır [7, 9].



Head Checks (Mantarda Sıralı Kılcal Çatlaklar)



Squat (Ezilme)



Periyodik Yuvarlanma Yüzeyi Hasarları



Kabuk Atma



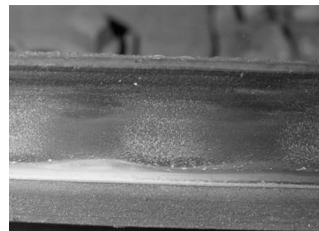
Böbreksi Kırık



Periyodik Dağılıma Sahip Zedelenmeler



Patinaj izi



Kayma Dalgaları



Ondülasyon

Şekil 1. Raylarda gözlenen ray-teker temas yorulması ve aşınma kaynaklı kusurlar [20]

3. Muayene Yöntemleri

Demiryolu Mühendisliği

Genel olarak tahribatsız muayene yöntemleri kusurların yerini saptamak, boyutlandırmak ve malzeme koşullarına nitelendirmek için kullanılmaktadır. Temel kusur muayene prosedüründe öncelikli hatalar bulunur, boyutları saptanır ve son olarak kabul kriterlerine göre kusurların değerlendirilmesi yapılır. Tahribatsız muayene yöntemi ayrıca malzeme özelliklerini geliştirmek amacıyla da kullanılabilir. Aşağıdaki tabloda demiryolu raylarında uygulanan bazı önemli tahribatsız muayene yöntemleri verilmiştir.

Tablo 1. Raylara uygulanan önemli tahribatsız muayene yöntemlerinin uygulama biçimi ve tespit edilebilir hatalar [6]

Yöntem	Uygulama	Araç	Tanımlanabilir Hatalar
Görsel Muayene	Hat üzerinde yürüyerek	Mastar Ray mantarı ölçer	Yüzeysel hatalar
	Muayene treni ile	Muayene treni	
Ultrasonik Muayene	Bir muayene aracı ile hat üzerinde yürüyerek	Taşınabilir UT-Cihazı Muayene aracı	İç hatalar
	Muayene treni ile	Muayene treni	
Girdap Akımları ile Muayene	Bir muayene aracı ile hat üzerinde yürüyerek	Taşınabilir veya manuel kullanılan ET cihazı veya aracı	Yüzeğe yakın hatalar
	Muayene treni ile	Muayene trenine entegre	

3.1. Görsel muayene

Gözle kontrol yüzey hatalarının tespiti ve sınıflandırılması adına önemli bir muayene yöntemidir. Görsel muayeneyi yapan personelin ray hatalarında bilgi ve tecrübeye sahip olması çok önemlidir.

T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğünde (TCDD) gözle muayene belli bir emirle tanımlanmıştır. 106 Numaralı Genel Emir'e istinaden rayların gözle muayenesi gerçekleştirilir. Ayrıca standart olarak TS EN 13018 Tahribatsız Muayene - Gözle Muayene - Genel Kurallar başlığı ile yer almaktadır. TCDD'nin genel emrine göre gözle muayeneyi yapan personel yol bakım konusunda tecrübeye sahip ve en az TS EN ISO 9712'ye göre görsel muayeneden en az 1 seviyede belgelendirilmiş olmalıdır. Görsel muayene zaman aralığı hızlı tren hatlarında 2 ayda bir defa, konvansiyonel hatlarda ise 6 ayda bir defa yapılmak zorundadır. Muayene kapsamı ray mantarı ve gövdede %100, ray tabanında ise % 50'dir. Muayene esnasında tespit edilen kusurlar önem derecesine göre 3 sınıfa ayrılmaktadır. Küçük hatalar (F3) işletme esnasında problem yaratmayacak tipte hatalardır ve bir müdahale gerektirmez. Büyük hatalar (F2) işletme esnasında rayların kullanımına uygunluk açısından bir garanti sağlayamayan veya işletmeyi tehlikeye sokabilecek hatalardır. Bu hatalar en kısa sürede taşlanarak giderilmeli veya ray değiştirilmelidir. Kritik hatalar (F1) ise işletme emniyetini ciddi derecede etkileyen ve rayın değiştirilmesiyle giderilmesi gereken hatalardır [22].

Muayene genel olarak çıplak gözle gerçekleştirilmektedir. Muayene ortamının kontrolü, yeterli aydınlatma şiddetinin sağlanması, hataların boyutlarının belirlenmesi ve kayıt altına alınması gibi durumlarda şu donanımlar kullanılmalıdır: Fotometre, sentil, çelik cetvel, kumpas, ray mastarları, kontrol aynası, fotoğraf makinesi, aydınlatma tertibatı, 10X büyüteç [22, 24].

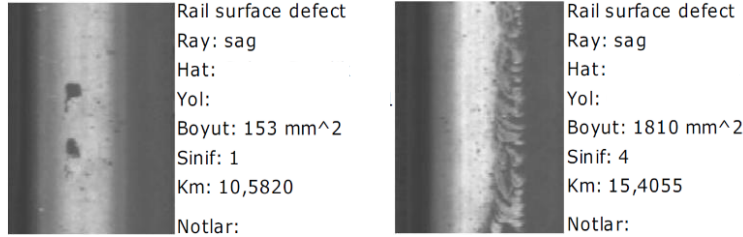
Demiryolu Mühendisliği

Tespit edilen süreksizlikler kayıt altına alınır ve şiddet derecesine göre takip edilir veya müdahale edilir.

Görsel muayene ayrıca muayene treni ile de yapılabilmektedir. TCDD Taşımacılık A.Ş. bünyesinde bulunan Piri Reis muayene treni YHT hattının durumunun ve hat ile tren arasındaki etkileşimin takip edilmesi adına seferde bulunan YHT trenine monte edilmektedir. Muayene esnasında hız 250 km/h hıza kadar ulaşabilmektedir ve 3 ayda bir gerçekleştirilmektedir. Görüntüler, aracın hızına uyumlu bir aydınlatma sistemi ve doğrusal tarayıcı kamera tarafından toplanır, Şekil 2. Bu cihaz yüzey hatalarının yanı sıra ayrıca ray mantarının profilini, aşınma miktarını, ekartman açıklığını, traverslerin konumunu, balastların yeterliliğini, bağlantı elemanlarının durumunu da takip etmektedir [23]



Şekil 2. V-Cube yol muayene sistemi (Fotoğraf: MERMEC)



Şekil 3. Hatta meydana gelen kusurların V-Cube sistemi ile elde edilen fotoğrafları (Fotoğraf: TCDD)

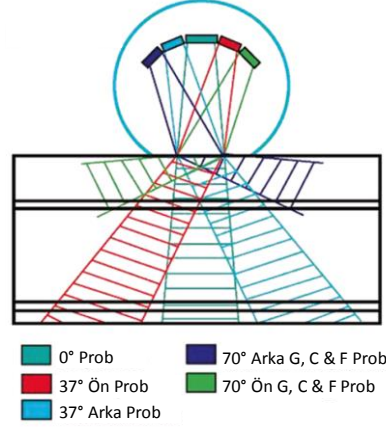
3.2. Ultrasonik muayene

1960'lı yıllardan bu yana ultrasonik muayene yöntemi yüzey kırılmalarının ve iç hataların bulunmasında geniş bir kullanıma sahiptir. Ultrasonik muayenenin genel prensipleri TS EN ISO 16810 standardın ele alınmıştır. Bunun dışında tahribatsız muayeneler ilgili mamul standartlarına ve/veya teknik şartnamelere göre gerçekleştirilebilir. Ancak ilgili standartlar sadece minimum sağlanması gereken koşulları belirtmektedir. Kurumlara ait ilgili prosedür ve deney talimatları değişiklik gösterebilir. Bu yüzden gerçekleştirilen ultrasonik muayene mevcut prosedürlere göz atmak gerekmektedir.

Rayların ultrasonik muayenesi el ile direk olarak uygulanabildiği gibi yine elle yönlendirilebilen ve üzerine probler monte edilmiş araçlarla ve ayrıca üzerinde probler taşıyan yüksek hızlı trenler ile yapılabilmektedir. Geleneksel probler kullanılarak gerçekleştirilen rayların muayenesi esnasında piezoelektrik bir element tarafından üretilen ses ötesi enerji huzmesi rayın içine iletilir. İletilen ses enerji huzmesinden yansıyan veya saçılan enerji bir dönüştürücü vasıtasıyla toplanır. Elde edilen yansımalar cihazın ekranında pikler verir. Bu pikler ise bize rayın hata barındırıp barındırmadığını tespit etmemizde, barındırıyorsa konumu ve büyüklüğü hakkında yorum yapmamızda yardımcı olmaktadır. Bazı durumlarda hatayı karakterize etmemize de imkân sunmaktadır. Ayrıca raylardaki çatlakların ilerlemesini ölçmekte de kullanılabilir. Kullanılan bu dönüştürücü genellikle hem piezoelektrik hem de ters piezoelektrik etkiye sahiptir [2, 17].

Demiryolu Mühendisliği

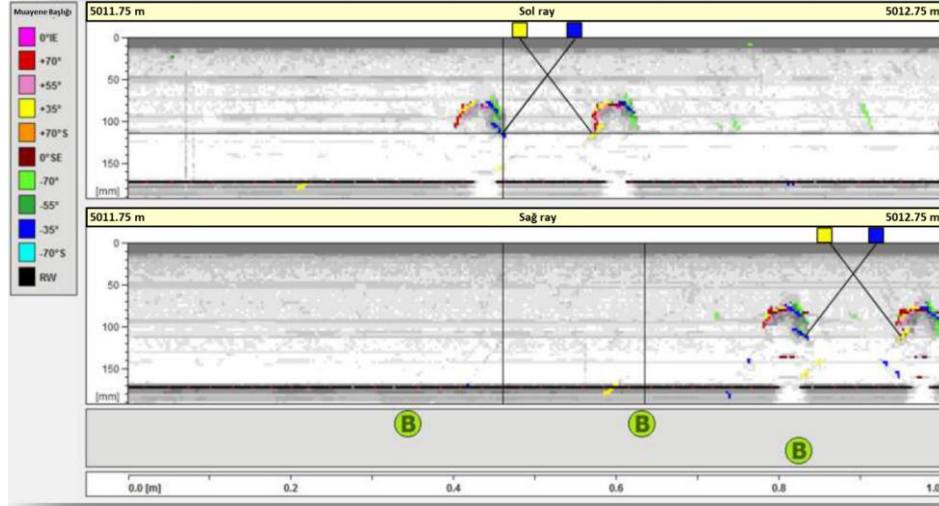
Raylarda veya kaynak bölgelerinde bulunan kusurlar farklı yönelimlere sahip olabilmektedir. Bu kusurların doğru bir şekilde tespit edilebilmesi adına farklı kırılma açılarına sahip problemler (0° , 35° , 37° , 45° , 70°) kullanılır ve kesme kusurları gibi uzunlamasına hatalar için bu problemler ray mantarının karşısına yerleştirilir. Şekil 4 yukarıdaki açılara sahip problemlerden oluşan bir kombinasyonunu ulaşılabildiği kesit alanını göstermektedir [6].



Şekil 4. Ultrasonik muayene treninde problemlerin dizilim sırası [6].

Trenlere monte edilmiş test düzenekleri genellikle 40-70 km/sa arasında hıza sahiptir. Günümüzde 100 km/sa hızın üzerinde tarama yapabilen sistemler de mevcuttur. Gerçekte muayene hızı 15 km/sa'yi geçmemelidir. Bu nedenle eğer trenler ile bir hata tespit edildiyse, bu manuel olarak doğrulanmalıdır. Son zamanlarda tamamen dijital sistemlerden oluşan ve hataları karakterize edebilen muayene sistemleri sayesinde operatörden kaynaklanan yorumlama hataları elemine edilmiştir. Muayene sonuçları özel bir yazılım ile değerlendirilebilir. Şekil 5'te muayene sonuçları görülmektedir. Üstte sol ray, altta ise sağ ray bulunmaktadır. Şeklin sol tarafında farklı renklerle kullanılan prob açıları gösterilmiştir. Verilerin Y-eskeni toplam ray yüksekliğini verirken, X-ekseni ise 1 metrelik muayene alını gösterir. Arka duvar olan ray tabanı siyah bir şerit halindedir. Eğer rayda bir hata bulunmuyorsa arka duvar düz probun bir sonucu olarak gösterilmektedir. Eğer bir veya daha fazla prob sahte bir yansıtıcıdan veya bir hatadan sinyal alıyorsa bu da sinyali alan problemlerin renkleri ile yazılımda görünür. Şekil 5'te bulunan hata cıvata deliğinde suni olarak testere ile oluşturulan bir kesğin görüntüsüdür. Genel olarak ultrasonik test trenleri ray mantarında ve gövdesinde meydana gelen iç derin hataların tespitinde oldukça iyi bir performans sergilemektedir ama 4 mm'den daha az derinliği sahip yuvarlanma temas yorulmaları çoğunlukla tespit edilemez. Bazı yüzey hataları da iç hataları gölgelediğinden bunların tespitini ve değerlendirmesini olanaksız kılabilir. Bunun yanı sıra muayene trenleri ray tabanında bulunan hataları da (özellikle korozyon) kaçırabilmektedir. Ayrıca alüminotermik kaynakların muayenesinde de nispeten zayıf performans sergilerler [3, 17].

Demiryolu Mühendisliği



Şekil 5. Muayene treninin ultrasonik test sonucunun bir örneği [3].

Trenler ile bulunan hataların boyutlarının tespiti ve bakım gerektirip gerektirmediğinin kontrolü operatör tarafından kontrol edilmelidir. Bu amaçla raporda verilen hatalar yerinde manuel olarak kontrol edilmelidir. Elle kontrol edilen ultrasonik cihazlarda en az 1 adet düz prob ve 4 adet açılı prob (önde ve arkadan 35° ve 70°) bulunur [3].

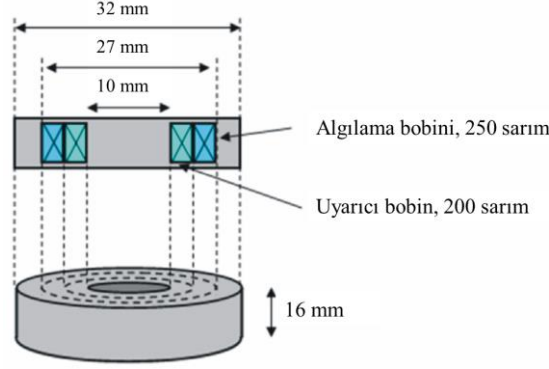
3.3. Girdap akımları ile muayene

Demiryollarında rayların muayenesinde en geniş kullanım alanına sahip yöntem ultrasonik muayene yöntemi olup bu yöntem, yüzeydeki yuvarlanma temas yorulma kusurları gibi yüzey kusurlarının tespiti için uygun değildir. Uzun yıllarca demiryolu endüstrisinde girdap akımı muayenesi, ray kaynaklarının yüzey muayenesiyle sınırlı olsa da daha sonra girdap akım sistemleri, yuvarlanma temas yorulması hataları (Rolling Contact Fatigue (RCF)) ve ray yüzeyinde oluşan tekerlek yanıklarının varlığını tespit etmek üzere geliştirilmiştir [17].

Günümüzde girdap akımı muayenesinin genel kurallarını TS EN ISO 15549 standardı tanımlanmıştır. Buradan yola çıkarak ilgili mamul standartları, teknik şartnameler ve bakım onarım prosedürlerine göre hazırlanmış muayene prosedürlere ve talimatlarına göre rayların muayenesi gerçekleştirilir.

Tipik girdap akım sensörleri uyarıcı ve bir algılama bobininden oluşmaktadır, Şekil 6. Ray mantarının yüzeyine yakın bir bölgede manyetik alan oluşturmak için uyarıcı bobin alternatif bir akım (AC) ile beslenir. Manyetik alandaki değişiklikler, girdap akımlarının ray mantarı yüzeyinin hemen altında indüklenmesine neden olur. Girdap akımları tarafından oluşturulan ikincil manyetik alandaki değişiklikler indüklenen gerilim formunda arama bobini tarafından tespit edilmektedir. Bu yöntemde probun ray ile doğrudan teması gerekmemektedir. Muayene edilen alanın hatasız olması durumunda, girdap akım sensörünün empedansı sabit kalır. Ray mantarında yüzeye yakın bir hata veya yüzey hatası mevcut ise girdap akımları ikincil manyetik alanda dengesizleşerek empedansta değişikliklere yol açan dalgalanmalara neden olmaktadır. Ray mantarının yakın yüzey veya yüzey hasarı için manuel girdap akım ile incelemesinde, operatör süreksizliklerin varlığını tespit etmek için kaydedilen empedans sinyalinde herhangi bir değişiklik arar [5, 17].

Demiryolu Mühendisliği

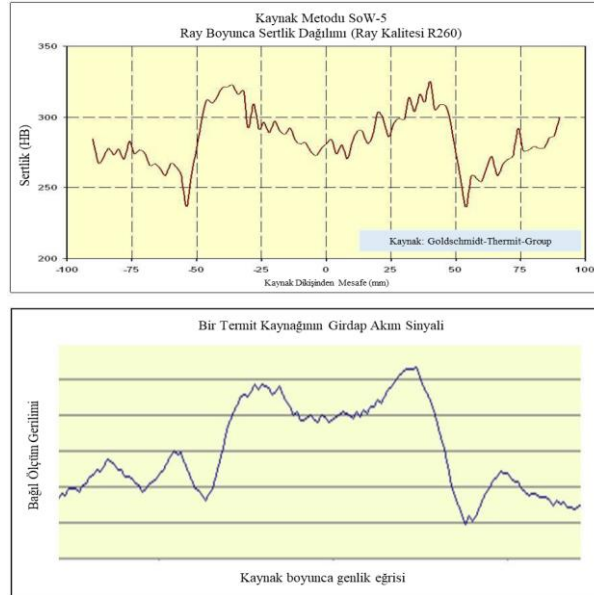


Şekil 6. Girdap akımı ile muayene probu [21]

Ray yüzeyindeki süreksizliklerin neden olduğu girdap akımı alanı değişimleri çatlakların boyutlandırılmasında kullanılır. Çatlak uzunluğu, ray yüzeyindeki çatlak uzunluğunu gösterir ve genellikle görsel muayene tanımlanabilir. Ray gövdesine doğru büyüyen çatlakın uzunluğu ise çatlak derinliği olarak adlandırılır. Girdap akımı prosedürü ile sadece çatlak derinliği belirlenebilir. Çatlakların açılma konumları ise ölçülemez. Bu nedenle, uzun vadeli araştırmalara dayanarak hasar derinliğinin hesaplanması için $\alpha \approx 25^\circ - 30^\circ$ 'lik bir açı öngörülmüştür [5].

Girdap akımları ile muayenenin duyarlılığı, ray yüzeyindeki küçük çatlakları tespit etmek için oldukça umut vericidir. Derinliği 5 mm'den az olan çatlaklar özellikle bu metot için önem ihtiva ederler. Çünkü ultrasonik muayene ile yüzeye bu kadar yakın çatlakları değerlendirmek mümkün değildir. Buna karşılık girdap akımları ile muayene tekniği, aydınlatma gibi dış etkenlerden etkilenmeyerek 0,2 mm derinlikte çatlakların tespitinde kullanılabilir [18].

Girdap akımının oluşumu, malzemenin mikroyapısal değişimlerinden oldukça etkilenmektedir. Bu yüzden de girdap akımları ile muayene yöntemi ray kaynaklarındaki mikroyapısal değişikliğin tespitini mümkün kılabilir. Örneğin Şekil 7'de; bir girdap akım sinyalinin genlik profilinin, bir alüminotermite kaynağı incelendiği zaman çarpıcı biçimde değiştiği görülebilmektedir. Şekil 7'de kaynağın açıkça sağında ve solunda, ısıdan etkilenmiş bölgedeki sertlik farklarından kaynaklanan dalga formunda düşüşler açıkça görülmektedir [4].



Şekil 7. Bir alüminotermite kaynağının sertlik grafiği (üst) ve girdap akımı sinyali (alt) [4]

Demiryolu Mühendisliği

Girdap akım ile muayene sensörü, ultrasonik muayene yöntemine göre yuvarlanma temas yorulma hataları (RCF), tekerlek yanıkları, taşlama izleri ve kısa dalga dalgalanmaların algılanmasında çok daha iyi bir kabiliyete sahiptir. Dezavantaj olarak sensörlerin oldukça hassas olması nedeni ile probun, ray mantarı yüzeyine sabit bir mesafede (en fazla 2 mm uzağa) yerleştirilmesi gerekmektedir. Genellikle test sensörü raya yaklaşık 0,5 ila 1 mm arası bir mesafede yönlendirilir [5, 17].

Muayenenin prensibi daha önce de bahsedildiği gibi prob hasarlı bir nokta üzerinde hareket ettirildiği zaman empedansta meydana gelen değişikliği tespit etmeye dayanmaktadır. Yöntemin bu faktörden kaynaklı bir diğer dezavantajı da eğer gerçek bir sıfır seviyesi kurulamazsa bu karşılaştırılmalı analiz doğru yapılamayacağıdır.

Girdap akım teknolojisindeki ilerlemeler, ultrasonik transdüserlerin yüzey ve yüzeye yakın kusurları tespit etmedeki performansını tamamlamak için yüksek hızlı demiryolu hatlarının muayene ve bakımlarında girdap akım sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır, Şekil 8.



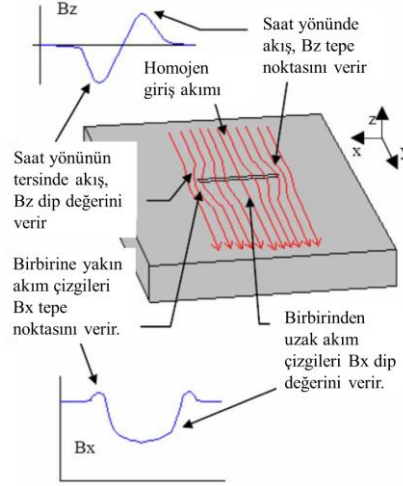
Şekil 8. Girdap akımı prob tutucu ve yüksek hızlı hatların muayenesi için kılavuz (Fotoğraf: R. Krull-Deutsche Bahn AG)

Kombine ultrasonik / girdap akım sistemleri tarafından elde edilen kontrol hızı tipik olarak 75 km/sa'tir. Ancak 100 km/sa'e kadar daha yüksek hızlar rapor edilmiştir. Girdap akımı sinyali 100 km/sa'in üzerindeki hızlarda büyük oranda etkilenmeden kalmasına rağmen ultrasonik transdüserlerin performansının mevcut olabilecek herhangi bir iç kusurun tespit edilme şansını sınırlayan bu hızlarda olumsuz şekilde etkilenmesi muhtemeldir [17].

3.4. Alternatif akım alan ölçümü (ACFM)

ACFM tekniği manyetik parçacık muayenesine alternatif olabilecek temassız bir elektromanyetik muayene yöntemidir. Şekil 9'da ACFM işleminin ardında yatan teori görülmektedir. Teknik, prensip olarak temelde alternatif akımın herhangi bir iletken yüzeyinin yakınında ince bir tabakadan akması için gerilim indüklenmesine dayanır. Test edilen bileşene alternatif akım gönderilir. Eğer parçada hata mevcut değilse, elektrik akımı bozulmayacaktır. Hata varsa gönderilen akım hatanın başlangıç ve bitiş noktalarında yoğunlaşarak akar. Burada oluşan akım farklılıkları bize hatanın konumunu ve boyutunu vermektedir [14].

Demiryolu Mühendisliği



Şekil 9. ACFM'de kullanılan alan yönleri ve koordinat sisteminin tanımı [17].

Raylarda ultrasonik muayene ile RCF çatlaklarının yoğun olarak bulunduğu yer bölgesel olarak tespit edilebilmektedir. Ancak ufak boyuta sahip RCF çatlaklarının erken aşamada karakterize edilmesinde ve boyutlandırılması çok zordur. Bu nedenle, yüksek hızlı ACFM metodu Birmingham Üniversitesin tarafından geliştirilmiş ve iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. ACFM metodunun avantajlarından biri kullanılan problar ile muayene parçasının arasında 5 mm mesafeye bırakılabilmesidir [14, 17].

3.5. Barkhausen gürültü metodu

Bu yöntem sadece ferromanyetik malzemelere uygulanabilir. Muayene kapsamı malzemelerin yüzey tabakası ile sınırlıdır. Manyetizasyon değişikliğinden kaynaklanan gerilim sinyali olarak bilinen Barkhausen gürültüsü ferromanyetik malzemelerden ölçülebilir. Test parçasına zamanla değişen bir manyetik alan verilir. Gerilim sinyali ferromanyetik malzemelerde manyetik alanların geri döndürülemez bir manyetizasyon değişiminden ortaya çıkar. Malzemenin farklı tipte mikroyapısal detayları (dislokasyon, çökelti) ve stres durumu muayeneyi etkiler.

Barkhausen gürültü ölçüm metodu raylarda özellikle gerilim ölçümünde kullanılır. Raylarda servis yükleri altında eğme gerilimleri, eksenli gerilimler ve özellikle kurplarda yanıl gerilimler gözlenir. Trafiğe bağlı yükler, önceki üretim aşamalarından (ısııl işlem, hadde, kaynak) kaynaklanan termal ve kalıntı gerilimler gibi ikincil yüklerle çakışır. Ayrıca hatlarda mevsimsel sıcaklık farklılıkları da raylarda toplam uzunlamasına termal gerilime etki eden termal stresler üretmektedir. Bu nedenle kaynak yapılan hatlarda gerilimin olmadığı sıcaklığı belirlemek çok önemlidir. Özellikle tamir kaynaklarının gerektiği durumlarda daha büyük önem arz etmektedir. Bu sıcaklık birçok farklı metot ile uygulanabildiği gibi Barkhausen gürültü metodu ile de hızlı ve kolay bir şekilde tespit edilebilmektedir. Ayrıca raylarda oluşan ondülasyonlarda zamanla meydana gelen beyaz tabakanın (white-etching layer) ve dekarbürizasyon katmanının gelişiminin incelenmesinde de uygulama alanları vardır [19].

3.6. Manyetik muayene metodu

Manyetik muayene yöntemi, petrokimya, demiryolu, enerji ve metal endüstrilerindeki ferromanyetik yapısal bileşenlerin tahribatsız muayenelerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. TS EN ISO 9934-1 standardı bu tahribatsız muayene yönteminin genel ilkelerini ele almaktadır.

Test edilen malzeme veya parça manyetize edildiğinde, genellikle manyetik alanın enine bir yönde uzanan manyetik süreksizlikler parçanın yüzeyinde ve üstünde bir sızıntı alanının oluşmasına neden olmaktadır [26].

Demiryolu Mühendisliği

Manyetik parçacık ile muayene metodunda bu sızıntı alanının varlığı ve dolayısıyla süreksizliğin varlığı, yüzey üzerine ince ferromanyetik parçacıkların uygulanması ve bazı parçacıkların sızıntı alanı tarafından toplanarak tutulması ile tespit edilmektedir. Manyetik olarak toplanılan bu parçacıklar, süreksizliğin ana hattını oluşturur ve genellikle yerini, boyutunu, şeklini ve ölçüsünü gösterirler. Manyetik parçacıklar yüzeye kuru parçacıklar olarak veya su/yağ gibi bir sıvı taşıyıcı içinde ıslak parçacıklar olarak uygulanmaktadırlar [26].

Manyetik parçacık ile muayene metodu, yakma alın kaynaklı rayların onay deneylerinde kullanılmaktadır. Sabit bir tesiste veya sabit bir tesis dışında sahada seyyar kaynak makinası ile kaynaklanan rayların prosedür/işlem onay testlerinde görsel muayeneden sonra ilgili standartlara göre bu metod uygulanmaktadır [27,28,29].

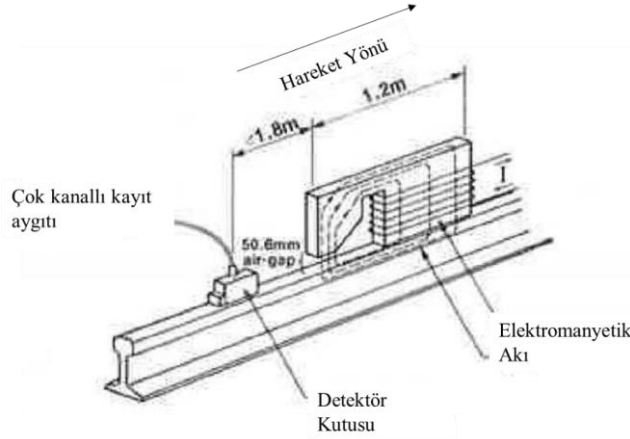
Manyetik indüksiyon veya manyetik kaçak akı yönteminde ise MFL sensörleri (Magnetic Flux Leakage), numuneyi manyetik olarak doygunluğa ulaştırmak için güçlü bir manyetik alan oluşturmada kullanılan sabit mıknatıslar veya DC elektromıknatıslar içermektedirler. Manyetik kaçak akı ile ray muayenesinde, ray mantarının yakınındaki bir DC elektromıknatıs tarafından üretilen manyetik alandaki değişiklikleri tespit etmek için raydan sabit bir mesafede konumlandırılmış arama bobinleri kullanılır. Rayda yüzeye yakın veya yüzey kusurun bulunduğu bölgeler, çelikteki manyetik alan akısını değişime uğratar. Algılama bobini manyetik alanda bir değişiklik tespit eder ve hata belirtisi kaydedilir [17].

MFL sensörleri özellikle ray temas yorulması gibi yüzey veya yüzeye yakın kusurların tespitinde iyidir. Fakat derin iç kusurların, manyetik akıya paralel süreksizliklerin tespitinde kullanılamamaktadır. MFL, ayrıca artan muayene hızından da olumsuz etkilenmektedir. Hız arttıkça ray mantarındaki manyetik akı yoğunluğu azalmaktadır. Sonuç olarak, sinyal 35 km/sa'i aşan hızlarda hataların tespiti için çok zayıf hale gelmektedir. Bununla birlikte, Hall problemlerinin MFL sistemlerine dâhil edilmesi ile daha yüksek hızlarda performansları artırabilmektedir. MFL genellikle ultrasonik muayeneyi tamamlayıcı bir teknik olarak kullanılmakta olup bu kombine sistem ile elde edilen maksimum kontrol hızı tipik olarak 35 km/sa'tir. Şekil 10'da ultrasonik / MFL sistemli raylı bir aracı gösterilmektedir [17].



Şekil 10. Hi-rail ultrasonik-MFL kontrol aracı [17]

Araç sistemleri dışında ise rayda da manyetik bir alan oluşturulabilir. Bu sistemde manyetik alandaki değişiklikler birkaç metre uzaklıktaki bir dedektör tarafından algılanmaktadır (aktif manyetik alanın algılanmasını önlemek için) (Şekil 11). Bu ünite uzunlamasına bir manyetik alan sağlamakta olup manyetik akı çizgilerini kesen enine kusurların tespitini mümkün kılmaktadır. Manyetik alanlar genellikle ray mantarının her iki tarafında olan kalıcı mıknatıslar ile oluşturulur [30].



Şekil 11. Tipik bir manyetik ünite diyagramı [30]

3.7. Sıvı penetrant ile muayene metodu

Sıvı penetrant yöntemi yüzeye açık olan hataları açığa çıkaran bir tahribatsız muayene yöntemidir. Bu yöntem ile yüzeye açık kusurlar, yönelimine ve biçimine bakılmaksızın her türlü bulunabilir. Çoğunlukla demir-demirdışı dövme ve döküm parçaların, toz metalürjisi ile üretilen parçaların, seramiklerin, plastiklerin ve cam malzemelerin muayenesinde kullanılır [26,31].

Uygulamada sıvı penetrant yönteminin kullanımı ve kontrolü nispeten basittir. İşlem sıralaması uygulanan yöntemle göre ufak farklılık göstermekle beraber ana hatlarıyla, öncelikli olarak malzeme yüzeyi temizlenir. Sonrasında yüzeye sıvı penetrant uygulanır. Sıvı penetrant kapiler etki ile her türlü yüzey açıklığına hızlı bir şekilde nüfuz eder. Bekleme süresinin sonunda ara temizlik yapılır ve geliştirici uygulanır. Geliştirici uygulandıktan hemen sonra hata tespit süreci başlar. Yüzeye açık olan süreksizliklere nüfuz eden sıvı penetrant geliştirici uygulandıktan sonra geliştiricinin etkisi ile yüzeye çıkar. Bu bölgelerde bulunan belirtiler tespit değerlendirilir ve not edilir. Son olarak muayene yüzeyi temizlenir. Yöntem TS EN ISO 3452-1'e göre uygulanır [26,31].

Raylara çoğunlukla uygulanan yöntem renkli kontrast penetrant yöntemidir. Yöntem basamakları genel hatları ile yukarıda anlatıldığı gibidir [32].

4. Sonuç ve Yorum

Tahribatsız muayene yöntemleri demiryolu raylarında bakım giderlerini düşürmek ve hat işletim güvenliğini artırmak açısından büyük önem arz etmektedir. Uygulanan veya geliştirilen teknikler incelendiği zaman birçok yöntemin verimli çalışabilmesi ve iyi sonuçlar elde edilmesi açısından aslında tek başına kullanımı yeterli değildir. Daha iyi sonuçlar elde etmek ve iyileştirme yapabilmek adına farklı metotların kombinasyonu daha büyük bir avantaj teşkil etmektedir. Örneğin ultrasonik muayene yöntemi yüzey kusurlarının tespitinde iyi bir performans sergilememektedir. Özellikle yorulma kaynaklı çatlakların tespitinde yetersiz olduğu için girdap akımları ile muayeneye beraber kullanıldığında yapılan tahribatsız muayene daha iyi olacaktır. Bunun gibi aranan hataların karakterine, oluşabileceği yerlere göre birkaç farklı muayene yöntemini birlikte kullanmak verimi artırabilir.

Ayrıca uygulanan hasarsız muayene yöntemlerinin birçoğu oluşan hataları bulmaya yöneliktir. Hataların sıklıkla olduğu kritik bölgelerde (kurplar, makas uçları, tamir kaynağının bulunduğu bölgeler vs.) akustik emisyon yöntemi gibi hata oluşmadan önce tespit etmemizi sağlayan

Demiryolu Mühendisliği

muayene yöntemlerinin kullanımı hem hatanın karakterini çözmemize hem de buna yönelik ileride alacağımız önlemlerin iyileştirilmesine yardımcı olacaktır.

Raylarda ultrasonik muayene yöntemi yüzeyde, mantarda ve gövdede bulunan hataları tespit ettiğinden önemli bir uygulama alanına sahiptir. Kritik boyuta ulaşmış hataların tespit edilmesi sayesinde ray kırılmaları sonucu meydana gelebilecek kazaların önüne geçilebilmektedir.

Dezavantajı ray tabanında meydana gelen hatalar ve yüksek hızla yapılan muayenelerde 4mm'den küçük boyuta sahip hatalar gözden kaçırılabilir.

Yüksek hızda yapılan görsel muayene sayesinde yüzey hataları, ray mantar profili ve hat durumu ile alakalı hızlı bir muayene gerçekleştirilebilmektedir. Dezavantajı, çok yüksek hızlarda yüzey kırılma kusurlarının tespiti zordur. Bu sebeple hatların görsel kontrolü yaya olarak da gerçekleştirilmektedir.

Görsel muayene bazen hafife alınan bir muayene yöntemi olsa da ray yüzeyindeki kusurların muayeneyi gerçekleştiren personel tarafından tespit edilebilmesi ve tanımlanabilmesi için manuel test sistemleri ile birlikte kullanımı her zaman önem teşkil etmektedir.

Girdap akımları ile muayene yöntemi sayesinde ultrasonik muayenede iyi sonuç elde edilemeyen yüzey yorulma kusurlarının tespiti hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Girdap akımı testi ile özellikle Head Check tipi hataların tespiti ve değerlendirilmesi için önemli bir muayene yöntemidir. Squat (Ezilme), Ondülasyon, Zedelenme, Patinaj İzi ve kayma dalgaları gibi hataların tespitinde oldukça iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen değerlendirme konusunda daha orta ve zayıf davranış göstermektedir. Shelling (Kabuk Atma) hatasının tespiti konusunda ise iyi sonuçlar verememektedir.

ACFM metodu yüzey kusurlarının tespitinde genel olarak manuel olarak uygulanan bir yöntemdir. Hataların tespit edilmesi ve nitelendirmesinde çok iyi sonuçlar sağlanmaktadır. Barkhausen gürültü metodu ise özellikle raylarda stres ölçümünde kullanılan bir yöntemdir. Ülkemizde bu iki yöntemin kullanım alanı çok kısıtlıdır.

Bu yöntemlerin yanı sıra dünyada rayların tahribatsız muayenelerinde akustik emisyon, phased array, nadiren radyografi, ve laser ultrasonik muayenesi gibi çeşitli yöntemler de uygulama alanına sahiptir.

Kaynakça

- [1] G. Baumann, "Untersuchungen zu Gefügestrukturen und Eigenschaften der "weißen Schichten" auf verriffelten Schienenlaufflächen," Ph.D. dissertation, Technische Universität Berlin, Berlin, 1998
- [2] R. Clark, "Rail flaw detection: overview and needs for future developments," *NDT & E International*, vol. 37, no. 2, pp. 111-118, March. 2004.
- [3] Dey, A., Kurz, J., Tenczynski, L., "Detection and evaluation of rail defects with non-destructive testing methods," *19th World Conference on Non-Destructive Testing (WCNDT 2016)* Munich, Germany, 2016, vol. 5, pp.3349-3357.
- [4] Dey, A., Casperson, R., Pohl, R. and Thomas, H. M., "Die Wirbelstromprüfung als Hilfsmittel für die Schieneninstandhaltung," *DGZfP-Jahrestagung 2010 Zerstörungsfreie Materialprüfung, ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung*, Erfurt, Germany, 2010, poster 68, pp.1-7.
- [5] Dey, A., Thomas, H. M. and Pohl, R., "The important role of eddy current testing in railway track maintenance," *17th World Conference on Nondestructive Testing, (WCNDT 2008)*, Shanghai, China, 2008, vol. 1, section 5, pp. 804-807.
- [6] L. Fendrich and W. Fengler, *Handbuch Eisenbahninfrastruktur*. Springer-Verlag, 2014.

- [7] H. D. Grohmann, "Beschädigungsarten an der Schiene verursacht durch den Betrieb," *Internationales Symposium Schienenfehler*, Brandenburg an der Havel, Germany, 2000, pp. 2-1 – 2-12.
- [8] H. D. Grohmann, K. Hempelmann and A. Groß-Thebing, "A new type of RCF, experimental investigations and theoretical modelling," *Wear*, vol. 253 no.1-2, pp.67-74, July 2002.
- [9] R. Heyder, "Die wichtigsten Schienenfehler–Beschreibung von Merkmalen, Ursachen und Abhilfemaßnahmen," *Eisenbahn Ingenieur Kalender*, pp.177-205, January 2002.
- [10] R. Heyder and M. Brehmer, "Empirical studies of head check propagation on the DB network," *Wear*, vol. 314, no.1-2, pp.36-43, June 2014.
- [11] K. Kondo, Y. Katsunori and Y. Sato. "Cause, increase, diagnosis, countermeasures and elimination of Shinkansen shelling," *Wear*, vol.191, no.1-2, pp.199-203, January 1996.
- [12] H. Köstermann, K. Meißner and H. Sladek, *Handbuch der Schientechnik: Werkstoffe, Herstellung und Bearbeitung, Qualitätssicherung*, Düsseldorf, DVS-Verlag, 2008.
- [13] B. Lichtberger, *Handbuch Gleis: Unterbau, Oberbau, Instandhaltung, Wirtschaftlichkeit*, Hamburg, Eurailpress, DVV Media Group, 2010
- [14] G. L. Nicholson and C. L. Davis. "Modelling of the response of an ACFM sensor to rail and rail wheel RCF cracks," *Ndt & E International*, vol.46, pp. 107-114, March 2012.
- [15] K. H. Oostermeijer, "Review on short pitch rail corrugation studies," *Wear*, vol.265, no.9-10, pp.1231-1237, Oct. 2008.
- [16] S. Pal, W. J. T. Daniel and M. Farjoo, "Early stages of rail squat formation and the role of a white etching layer," *International Journal of Fatigue*, vol.52, pp. 144-156, July 2013.
- [17] M. Ph. Papaelias, C. Roberts and C. L. Davis, "A review on non-destructive evaluation of rails: state-of-the-art and future development," *Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers, Part F: Journal Of Rail And Rapid Transit*, vol.222, no.4, pp.367-384, July 2008.
- [18] J. Rajamaki, M. Vippola, A. Nurmikolu and T. Viitala, "Limitations of eddy current inspection in railway rail evaluation." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, vol.232 no.1, pp.121-129, January 2016.
- [19] S. Santa-aho, A. Sorsa, A. Nurmikolu and M. Vippola, "Review of railway track applications of Barkhausen noise and other magnetic testing methods," *Insight-Non-Destructive Testing and Condition Monitoring*, vol.56, no.12, pp.657-663, Dec. 2014.
- [20] M. A. Sevim, "Experimentelle Analyse des Einsatzverhaltens von konventionellen Schleifwerkzeugspezifikationen bei dem Schienenschleifen," MSc, Masterarbeit, Technische Universität Berlin, Berlin, 2016.
- [21] Z. Song, D. Yamada, H. Shitara and Y. Takemura, "Detection of damage and crack in railhead by using eddy current testing," *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, vol.3, no.12, pp.546-550, January 2011.
- [22] *Rayların Gözle Muayenesine Ait 106 No'lu Genel Emir*, TCDD 106 Nolu Genel Emir, 2012.
- [23] Piri Reis Yüksek Hızlı Test Treni Raporu, TCDD, Ankara, 2017.
- [24] *Non-destructive testing-Visual testing-Equipment*, TS EN 13927, December 2012.
- [25] *Rail defects*, UIC 712, January 2002.
- [26] *Nondestructive Evaluation and Quality Control*, *ASM Handbook Volume 17*. ASM International, 5th printing, December 1997.
- [27] *Railway applications - Infrastructure - Flash butt welding of new rails - Part 1: R220, R260, R260Mn, R320Cr, R350HT, R350LHT, R370CrHT and R400HT grade rails in a fixed plant*, TS EN 14587-1, 2019
- [28] *Demiryolu uygulamaları- Yol - Rayların alın yakma kaynağı - Bölüm 2: Yeni R220, R260, R260Mn ve R350HT sınıf rayların sabit bir tesis dışında sahada seyyar kaynak makinası ile kaynaklanması*, TS EN 14587-2, 2010
- [29] *Kaynakların tahribatsız muayenesi- Manyetik parçacık muayenesi*, TS EN ISO 17638, Turkey, 2010
- [30] H. Berger, " Nondestructive Testing of Railroad Rail", *Wear, Transportation Research Record* 744, 1980.
- [31] K. Schiebold, *Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung - Eindringprüfung*. Springer Vieweg, 2014.

[32] B. Eklund and B. Crocker, “Inspecting Welds in Rail,” *Sperry Rail Service*, pp.19-21, Summer 2004.

Özgeçmiş



Mehmet Ali SEVİM

1986 tarihinde doğmuştur. Lisans eğitimini İstanbul Üniversitesinde Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Yüksek Lisans eğitimini Berlin Teknik Üniversitesinde Malzeme Bilimi alanında tamamlamıştır. Doktora eğitimine Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde Metalurji ve Malzeme Mühendisliği alanında devam etmektedir. TCDD DATEM İşletme Müdürlüğü Malzeme ve Kaynak Mühendislik Hizmetleri Müdürlüğünde çalışmaktadır.



Ali Can ÇELT

1987 tarihinde doğmuştur. Lisans eğitimini Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Yüksek Lisans eğitimini Berlin Teknik Üniversitesinde Malzeme Bilimi alanında tamamlamıştır. Doktora eğitimine Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde Metalurji ve Malzeme Mühendisliği alanında devam etmektedir. TCDD DATEM İşletme Müdürlüğü Malzeme ve Kaynak Mühendislik Hizmetleri Müdürlüğünde çalışmaktadır.



Semih KABAR

1986 tarihinde doğmuştur. Lisans eğitimini Yıldız Teknik Üniversitesinde Metalurji ve Malzeme Mühendisliği alanında, Yüksek Lisans eğitimini Clausthal Teknik Üniversitesinde Malzeme Mühendisliği alanında tamamlamıştır. Doktora eğitimine Gazi Üniversitesinde Metalurji ve Malzeme Mühendisliği alanında devam etmektedir. TCDD DATEM İşletme Müdürlüğü Malzeme ve Kaynak Mühendislik Hizmetleri Müdürlüğünde çalışmaktadır.



Önder AKGÜNLÜ

1983 tarihinde doğmuştur. Lisans eğitimini Erciyes Üniversitesinde Makina Mühendisliği alanında tamamlamıştır. Yüksek Lisans eğitimine Gazi Üniversitesinde Makina Mühendisliği alanında devam etmektedir. TCDD DATEM İşletme Müdürlüğü Malzeme ve Kaynak Mühendislik Hizmetleri Müdürlüğünde çalışmaktadır.