


Demiryolu Akslarının Ultrasonik Muayene Yöntemi ve Phased Array Yöntemi ile Tahribatsız Muayenesi

¹ Yıldız Yaralı Özbek, ²Serhan Emre

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya, yyarali@sakarya.edu.tr, 

²Türkiye Vagon Fabrikaları Müdürlüğü, Sakarya (TÜVASAŞ), 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 06.06.2018

Kabul Tarihi: 15.03.2019

Öz

Demiryolu taşımacılığının güvenlik felsefesi açısından, dinamik yük altında çalışan aksların düzenli muayenesinde hasara yol açacak korozyon çukurları ve yorulma çatlaklarının tespiti çok önemlidir. Alınması gereken kalite kontrol önlemleri, düzenli tahribatsız test kontrol yöntemleri ile güvenlik seviyesi geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada demiryolu akslarının ultrasonik testi için gelişmiş ultrasonik muayene yöntemi olan Phased array yönteminin konvensiyonel ultrasonik muayene yöntemine karşı avantajları nicel olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: demiryolu, aks, ultrasonik, phased, tahribatsız

Using Conventional Ultrasonic Testing and Phased Array Method for Nondestructive Testing of Railway Axles

¹ Yıldız Yaralı Özbek, ²Serhan Emre

¹Sakarya University, Metallurgy and Materials Engineering Faculty, Sakarya, yyarali@sakarya.edu.tr

² Turkey Wagon Factory, Sakarya (TÜVASAŞ)

Abstract

For the safety assessment of railway transportation with regular inspection of the axles working underdynamic loads, detection of corrosion pits and fatigue cracks which lead to damage is important. Quality control measures should be taken, with regular non-destructive testing methods are being developed safety level. In this study, the advantages of phased array method which is for advanced ultrasonic test of railway axles over conventional ultrasonic test method quantitatively.

Keywords: railway, axle, ultrasonic, phased, nondestructive

1.GİRİŞ

Ülkemizde hat iyileştirme ve yeni hat inşaatı ile hızlı tren işletmeciliğine geçilmektedir. Güvenilir kullanım şüphesiz her işletmenin hedeflerinin başında gelir. Güvenilir işletimin şartları ise uygun mamulün (ray, araç) tedarik edilmesi, montaj kalitesinin temini ve işletim sırasında vasıflı personel ve uygun teçhizatla bakım ve bu kapsamda tedarik ve işletimde ray ve araçlarda gerekli tahribatsız muayene faaliyetlerinin gerçekleştirilmesidir.

Yeni ve iyileştirilmiş tahribatsız muayene denetim methodları aksların güvenli hizmet şartlarını garantilemek için kullanılmaktadır. Aks üzerindeki kesit değişim yerleri, özellikle aks ve tekerlek arasındaki geçiş bölgesi çatlama

karşı çok daha zayıftır. Tüm bunlara ek olarak, dolu aksın toplam hacmi de güvenli kullanım şartları gereğince test edilmelidir.

Tahribatsız muayene yöntemlerinin önemli metodlarından olan Ultrasonik muayene yöntemi malzemenin hacimsel olarak incelenebildiği, hataların türünün, boyutunun ve konumunun tespit edilebildiği bir yöntemdir.

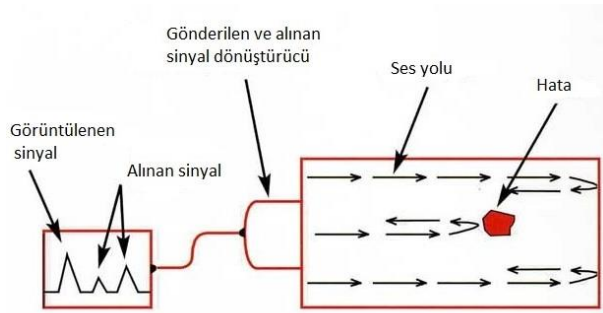
Günümüzde ultrasonik muayene çoğunlukla darbe yankı tekniği ile gerçekleştirilir. Ses darbesi muayene parçasına gönderilir ve yansıyan darbe algılanır. Darbe, oluşum yerine geri dönerse bu cihaz üzerinde sinyal olarak tespit edilir. Operatör açısından önemli olan aldığı sinyalin gerçekten bir

hatadan mı geldiği yoksa parça geometrisinden yada farklı yönlerden yansıyan ses dalgalarının oluşturduğu hayalet yankılar denilen ses dalgalarından alınan sinyaller mi olduğunun ayırt edilebilmesidir.

Phased array yöntemi de aynı prensipde çalışıyor olsa da, bu yöntemde gönderilen ses dalgalarının şeklini ve yönünü kontrol eden bilgisayar yazılımları kullanılarak hataların daha hassas belirlenmesini sağlayan dinamik odaklama ve gerçek zamanlı görüntüleme mümkün olmaktadır. Phased array propları birbirinden bağımsız olarak görev yapan çok sayıda elementten oluşur. Phased array yönteminin en önemli özelliği bu bağımsız elementlerin yazılım kontrolü ile uyarılmasıdır. Bu çalışmanın amacında aks üzerindeki tekerlek ve fren sistemi sökülmeden aksın tamamının muayene edilmesi esas alınmıştır. Bu amaçta aynı noktalan yapılan muayeneler ile konvensiyonel ultrasonik muayene ve phased array muayenesi sonuçları karşılaştırılmış ve incelenmiştir.

1.1. Ultrasonik Muayenin Temel Prensibi

Tahribatsız muayene konusunun dallarından biri olan ultrasonik muayene; malzemelerin analiz uygulamalarında geniş bir kullanım alanına sahip çok yönlü bir muayene yöntemidir. Ultrasonik muayene malzeme içerisindeki hataların ve hata bölgesinin yerinin tespit edilmesinde, ayrıca bunların akustik olarak ekrana aktarılmasıyla bu hataların değerlendirilmesinde, parçaların kalınlık ölçümünde kullanıldığı gibi, yüksek frekanslı ses dalgalarıyla katı ve sıvıların temel mekanik, yapısal ve bileşim özelliklerinin ölçümlerinde de kullanılabilir. Ultrasonik muayene cihazında kısa darbe süreli yüksek bir gerilim oluşturulur, bu gerilim probun kristalinde insan kulağının işitm sınırı dışında >16.000 Hz'lik bir mekanik salınımına neden olur. Bu salınım muayene parçasında ses dalgaları şeklinde yayılır. Ses dalgası sınır yüzeyden yansır ve aynı yolda kristle geri döner. Alınan ses dalgası cihaz ekranında görünür hale getirilir. Bu şekilde gönderilen darbe ve belirli bir ses mesafesindeki yansıtıcıdan alınan yankı ile cihazın doğru olarak ayarlanması mümkün olur. Konumlandırma için formül veya diğer yardımcıları kullanılarak muayene parçasındaki yansıtıcının yeri tespit edilebilir.



Şekil 1. Ultrasonik muayenede hata tespiti.

1.1.1 Dalga Tipleri

Ses malzemede boyuna ve enine dalgalar halinde yayılır. Boyuna dalga vakum hariç her ortamda, enine dalga ise katı ortamda yayılır. Sesin yayılma hızı (c) malzeme cinsine ve dalga tipine bağlıdır. Ses hızı ve frekans arasında aşağıdaki bağıntı mevcuttur;

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad (2)$$

$$c = \lambda \times f \quad (3)$$

Bu bağıntıda c; ses hızı (m/sn), f; frekans (1/sn), λ ; dalga boyu (mm)'dur.

Ses dalgaları malzemeden geçerken tane sınırları ve safsızlıklar nedeniyle az veya çok zayıflarlar. Ses malzeme içerisinde bir ses demeti halinde ilerler, ses demetinde artan mesafe veya derinlik ile sesin basıncında ya da şiddetinde hangi azalmanın olacağı mesafenin karesi kuralı ile açıklanır.

Kazanç değeri ve aynı zamanda ses zayıflaması bir oranla desibel olarak aşağıdaki bağıntılar ile verilir.

$$\alpha = \frac{20 \cdot \log(A_2/A_1)}{s_2 - s_1} \quad (4)$$

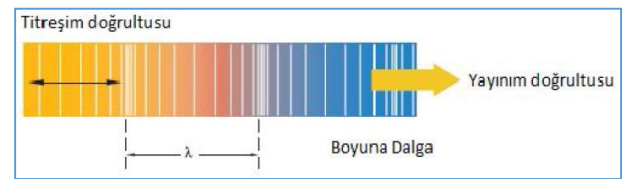
Burada A2 ve A1 sesin genliğini göstermektedir.

Ses mesafesi s_1 'den s_2 'ye doğru değişirse ses genliğindeki zayıflama (α) aşağıdaki gibi belirlenir.

Örnek olarak genlik (yankı yüksekliği) yarıya düşerse s_1 mesafesinden s_2 mesafesine doğru ses zayıflaması 6 dB olur.

Ultrasonik muayenede temel olarak enine ve boyuna olmak üzere iki çeşit dalga tipi vardır.

Boyuna dalgalarda yayılım doğrultusu ile titreşim doğrultusu Şekil 2' de görüldüğü gibi aynıdır.



Şekil 2. Boyuna dalga.

Enine dalgalarda yayılım doğrultusu ile titreşim doğrultusu Şekil 3'de de görüldüğü gibi birbirine diktir.



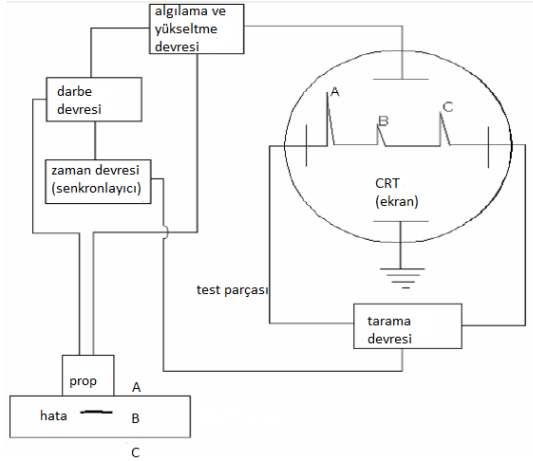
Şekil 3. Enine dalga.

Sınırlı yayılma ortamlarında enine ve boyuna dalgaların kombinasyonu olan Rayleigh Dalgası (Yüzey Dalgası),

Lamp Dalgası (Platten Dalgası) gibi birçok dalga tipi de meydana gelir.

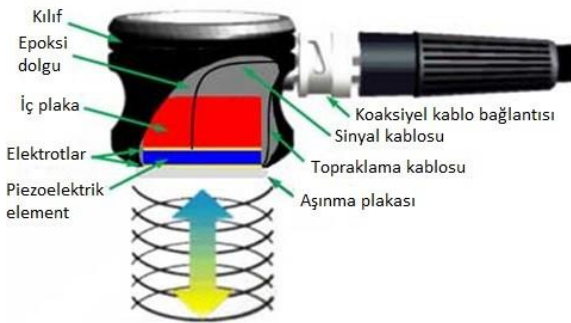
1.1.2 Ultrasonik Muayene Yöntemi Bileşenleri

Ultrasonik muayene cihazı, esas itibarıyla duyarlı olarak zaman ölçen bir osiloskoptur. Darbe - yankı tipi bir ultrasonik cihazın blok diyagramı Şekil 4'de verilmiştir. Katot ışını tüpü (CRT veya ekran), tarama devresi, darbe devresi, algılama-yükseltme devresi, zaman devresi ve prob bir ultrasonik cihazın temel elemanlarını oluşturmaktadırlar.



Şekil 4. Ultrasonik muayene cihazının şematik gösterimi.

Dalga üretiminde piezoelektrik olayından faydalanılır. Piezoelektrik malzemesine dış etki ile basınç uygulanarak deforme edilirse yüzeylerinde elektriksel yük oluşur. Eğer basınç kuvvetinin yönü değiştirilerek çekme kuvveti uygulanırsa yüzeylerdeki elektrik yüklerinin işareti değişir. Bu olay tersinirdir ve piezoelektrik elemanın iki yüzeyine elektrod yerleştirilerek elektrik yükü uygulanırsa kristalin şekli değişir. Kristale uygulanan elektrik yükü sürekli değiştirilirse piezoelektrik malzemede titreşim oluşturulur. Elektrik yükü ile mekanik basınç birbirleri ile orantılıdır. Piezoelektrik özelliğe sahip birçok malzeme bulunmaktadır. En çok kuvars ve lityum sülfat gibi doğal malzemeler ve baryum titanat ve polisitalin keramik gibi yapay malzemeler kullanılır.



Şekil 5. Tek kristalli normal bir probun yapısı.

1.1.3 Ultrasonik Muayenenin Uygulanması

Ultrasonik muayenede uygulanan teknikler üç parametre dikkate alınarak sınıflandırılabilir. Bunlar; ölçülmek istenen fiziksel büyüklük (genlik, faz, zaman), ses üretim şekli (sürekli, darbe) ve süreksizliklerin etki şekli (yansıtıcı, gölgeleyici, ses üretici) olarak yapılabilir. Muayene tekniği bu parametreler göz önüne alınarak seçilir [2].

Darbe yankı yöntemi, Malzemelerin ultrasonik muayenesinde en çok kullanılan yöntemdir. Bu yöntem, prob tarafından yayılan ses dalgalarının malzeme içindeki süreksizliğe çarpıp geri yansıtılarak tekrar proba ulaşması esasına dayanır. Bu yöntemde ölçülen büyüklükler ses basıncı genliği ve darbenin girdap dönüş süresi olup süreksizlik bir yansıtıcı olarak etki eder.

Bu çalışmada da demiryolu aksı ultrasonik muayenesinde darbe yankı yöntemi uygulanmıştır.

1.2. Phased Array Yöntemi Uygulama Prensipleri

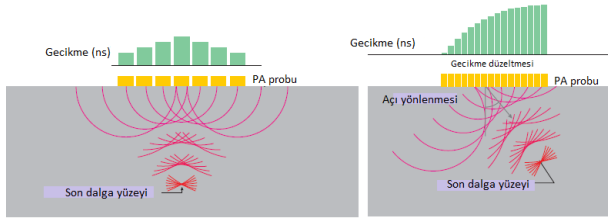
Phased array tekniğinde gönderilen ses dalgalarının şeklini ve yönünü kontrol eden bilgisayar yazılımları kullanılarak hataların başlangıç ve bitiş noktalarının daha hassas belirlenmesini sağlayan dinamik odaklanma ve gerçek zamanlı görüntüleme mümkün olmaktadır [3].

Hataların tespit edilmesi ve analiz edilmesi için kural olarak farklı ancak belirli ses alanı özelliklerine (normal, açılı, odaklayıcı) sahip bir çok probun kullanılması gerekir. Gerekli prob sayısı test edilecek parçanın geometrisine, olası malzeme hatalarının konum ve yönelmelerine ve muayene parçasına yaklaşılabirlik durumuna bağlıdır. Phased Array tekniği phased array problemlerindeki her bir elementin elektronik olarak uygun bir şekilde yönlendirilmesiyle ses alanına etki edilerek bir çok klasik probun yerine getirilebilecek fonksiyonların sağlanmasını mümkün hale getirir.

1.2.1 Elektronik Ses Alanı Yönetim Prensipleri

Phased array problemleri birçok elementten oluşan ultrasonik kristale sahiptir, bu şekilde her element ayrı ayrı ultrasonik dalga gönderebilir ve alabilir. Bunun için her element bir elektronik yapı grubuna bağlanmıştır, bu bağlantı gönderici durumunda elementin programlanabilir gecikme süresiyle uyarılmasını sağlar.

Phased array tekniği probundaki elementin yönetimiyle uygun gecikme süresinin ayarlanmasıyla ses alanı salınır veya odaklanır. Bu salınım lineer gecikme süresiyle odaklama ise simetrik kare şeklinde quadratic gecikmeyle gerçekleştirilir. Lineer ve kare şeklinde gecikmelerin üst üste binmesiyle ses alanı aynı anda salınır ve odaklanır (Şekil 6).



Şekil 6. Elektronik ses alanı yönetim prensibi.

Alıcı durumunda malzemeden geri gelen ultrasonik sinyalleri kristal elementlerine farklı zamanlarda ulaşır. Her element için alma sinyali dijitalleştirilir ve sonunda her elementin gecike süresi verici durumunda denkleştirilir. Sinyal işlenmesinin son aşamasında zaman düzeltmesi yapılmış sinyaller ilave edilir.

1.2.2 Phased Array Yönteminde Tarama Teknikleri

Malzeme içindeki hata ve süreksizliklerin güvenilir şekilde belirlenmesi uygulanan tarama modeli ve uygun bir prob seçimine bağlıdır. Muayene otomatik, yarı- otomatik veya manuel olarak uygulanabilir. Otomatik uygulamada prob motorla kontrol edilen bir taşıyıcı üzerindedir, yarı-otomatik uygulamada prob elle kontrol edilen bir taşıyıcıya bağlanmıştır, manuel uygulamada ise probun elle hareket ettirilmesiyle muayene gerçekleştirilir. Probun hareket ettirilme şekline göre farklı tarama yöntemleri bulunmaktadır. Otomatik ve yarı-otomatik uygulamalarda kullanılan başlıca tarama yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [4].

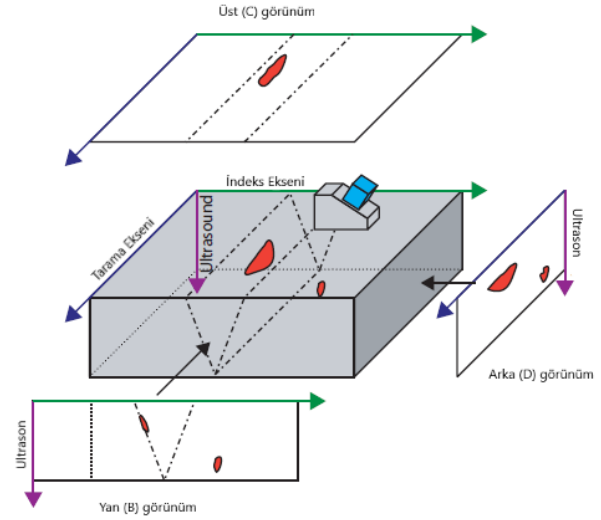
Lineer tarama tek eksen üzerinde probun hareket ettirilmesiyle gerçekleştirilir. Genelde kaynak bölgelerinin incelenmesi ve korozyon haritalandırılmasında kullanılır. Satır satır taramada probun adım adım hareket ettirilmesi gerekirken lineer taramada ise aynı bölge çok fazla sayıda piezoelektrik elemana sahip olan prob ile taranması sayesinde tek eksen üzerinden hareketle ve adım adım taramaya göre çok daha hızlı olarak gerçekleştirilmektedir.

Sektörel tarama ses dalgasının belirlenen açı aralığında ve belirlenen açı adımlarında farklı darbe zamanlarıyla salınım yaparak bir alanı tarama yöntemidir. Genellikle dolu malzemelerde hacim taramalarında kullanılır.

1.2.3 Phased Array Yönteminde Görüntüleme Teknikleri

Ultrasonik dalgalarla elde edilen görüntüler tarama parametrelerine göre dalganın aldığı yol tarafından belirlenir. En çok kullanılan görüntüleme teknikleri dalgaların malzeme üzerindeki davranışlarının iki boyutlu olarak ekrana aktarılmasıyla elde edilen B, C ve D ekran teknikleridir. Şekil 7'de görüldüğü gibi bu ekranlar muayene

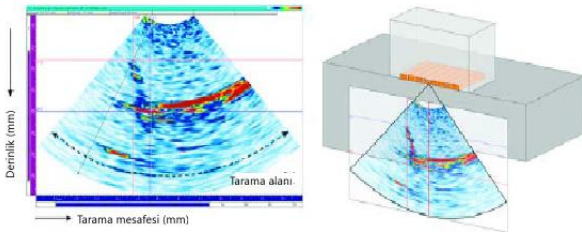
parçasının önden (D-ekran), yandan (B-ekran) ve üstten (C-ekran) görüntüsünün cihaz ekranı üzerinde iki boyutlu olarak görüntüsüdür. B ve D ekranlarda parça içindeki hatanın konumuna göre derinliği belirlenebilir [5].



Şekil 7. Phased array görüntülerinin parça üzerindeki karşılıkları.

Phased array yönteminde konvansiyonel ultrasonik muayenenin temelini oluşturan A-ekran da kullanılır. A-ekran gönderilen ultrasonik dalganın büyüklüğünü ve aldığı yolu gösteren bir frekans grafiği şeklinde görülen ekrandır. Burada dönen yankının büyüklüğüne göre ekran üzerinde gelen yankı dalgaları görülür ve buradan malzeme içindeki hata büyüklüğü ve konumu hakkında yorum yapılabilir. Yankı genliği dikey ekseninde, dalga geçiş zamanı da yatay ekseninde yer almaktadır.

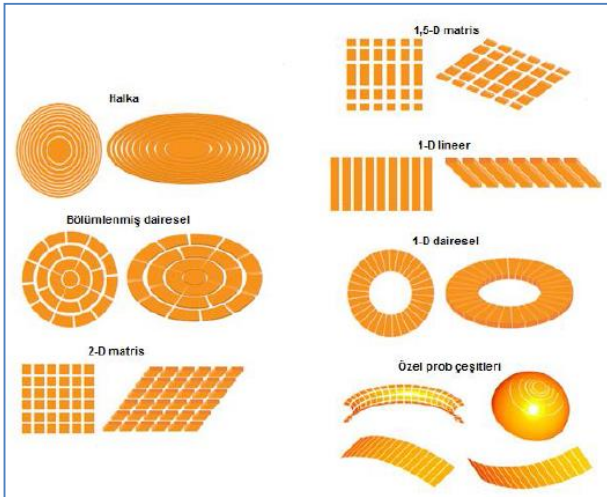
Bunların dışında phased array yönteminde S-ekran ve polar görüntü teknikleri de kullanılmaktadır. S-ekran tekniği, Şekil 8'de görüldüğü gibi sektörel veya belli istikamet açısındaki tüm A-ekran görüntülerinin iki boyutlu olarak görüntülenmesidir. Probun hareket ettirilmeden kristal dizisi boyunca elektronik tarama ile malzemenin kesitsel görüntüsü çıkarılabilir. Ardı ardına kristaller önceden belirlenmiş gruplar halinde etkin hale getirilir ve probdaki tüm kristallerin kapladığı alan boyunca doğrusal tarama yapılır. Prob hareket ettirilmiş gibi gerçek zamanlı olarak taranan bölgenin kesitsel görüntüsü alınabilir. Bu yöntem özellikle otomatik olarak yapılan kaynak muayenesinde oldukça kullanışlıdır. Taban bloğu veya takozu takılan prob belirlenen açılarda enine dalgalar oluşturabilir ve tarama esnasında probun kaynak dikişinden uzaklaştırılmasına gerek kalmadan aynı eksen üzerinde hareketiyle kaynak bölgesinin verileri alınabilir. Polar görüntü ise boru gibi silindirik parçaların iki boyutlu olarak görüntülerinin alınmasıdır.



Şekil 8. S-ekran görüntüsü.

1.2.4 Phased Array Yönteminde Kullanılan Prop Çeşitleri

Piezokompozit malzemelerin geliştirilmesi ve mikro işleme teknolojisindeki gelişmelerle beraber çok farklı yapıda problemlerin üretimi imkânli hale gelmiştir. Prob seçiminde, muayene yapılacak bölgeye gönderilecek dalgaların özellikleri, kontrol edilecek bölgenin derinliği ile probun kullanılacağı bölgeyle olan açısal konumu, muayene yapılacak parçanın yüzey durumu gibi faktörler dikkate alınır. Genelde lineer problemler muayene yapılacak bölgeye prob takozu denilen özel parçalarla tespit edilir. Bu takozlarla gönderilen dalgaların istenilen açıda ve erteleme süresinde gönderilmesi sağlandığı gibi farklı bölgelerde aynı probun kullanılmasını, örneğin farklı boru çaplarında farklı içbükey yarıçapına sahip takozların yardımıyla, imkânli hale getirir. Phased array yönteminde kullanılan temel prob çeşitleri Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. Phased array prob çeşitleri

Bölümlenmiş dairesel ve halka yapısındaki problemler iç içe konumlandırılmış kristallerden oluşmaktadır. Bu problemlerle ses demeti eksenine göre simetrik bir ses basıncı oluşturulabilir ve parça içerisinde istenen noktaya odaklanma sağlanabilir. Lineer veya başka bir deyişle doğrusal sıralı problemler ise en yaygın olarak kullanılan prob tipidir. Bunun en büyük nedeni bu problemlerin programlanmaları ve malzeme içerisine gönderilen ses demetinin kontrol edilmesinin diğer prob tiplerine göre daha kolay olmasıdır. Bu problemlerde kristaller doğrusal olarak yerleştirilmişlerdir. Boyuna, enine ve yüzey dalgası üretimi mümkündür.

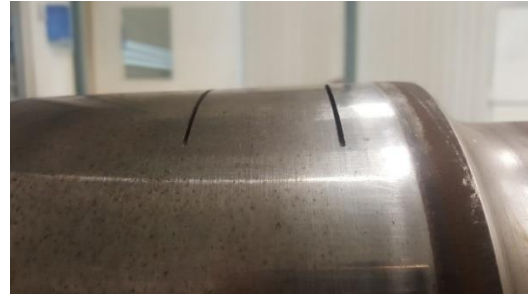
Matris şeklinde dizilmiş düzlemsel dizilimli problemler lineer problemlere göre daha hassas bir odaklanma imkânına sahiptir. Ancak bu problemlerin imalat zorluğundan kaynaklanan yüksek maliyeti ve programlamasının daha zor olmasından dolayı kullanımı lineer problemlere göre daha azdır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

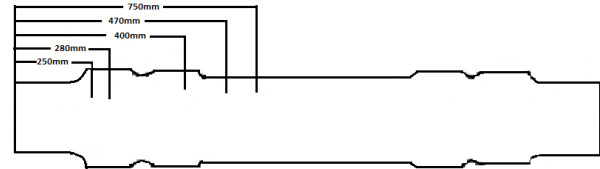
DeneySEL çalışmalar; tren aksları üzerinde veya içerisinde gözle görülemeyen hata veya süreksizlikleri tespit edebilmek için ultrasonik yöntem ve Phased array yönteminin uygulanmasını kapsamaktadır.

Konvensiyonel ultrasonik muayene ve phasedarray yönteminin hataların tespit edilmesi ve ayırt edilebilirliği yönünden karşılaştırılması amacıyla aks üzerinde farklı çap ve mesafe bölgelerinde 3 mm derinliğinde çentikler açılarak suni hatalar oluşturulmuştur.

Şekil 10, 11, ve 12'de deney düzenekleri görülmektedir.



Şekil 10. Aks üzerinde oluşturulan 3 mm derinliğindeki hatalar.



Şekil 11. Aks üzerinde hataların konumları.

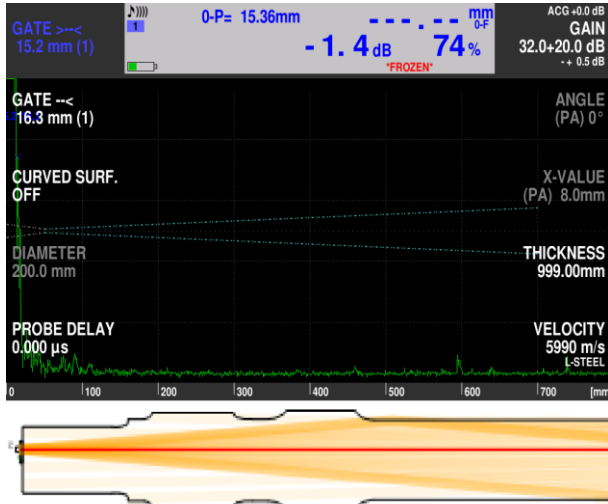
Muayene aksın her iki yan yüzeyinde prob 360° çevresel olarak döndürülerek gerçekleştirilmiştir.



Şekil 12. Aksın muayene edilmesi.

3. BULGULAR

3.1 Ultrasonik Muayene Yöntemi İle Aks Muayenesi



Şekil 13. 0° prop ile ultrasonik muayene görüntüsü ve şematik gösterimi.

0° prop ile ultrasonik muayenede muayene parçasında ultrasonik ses dalgası çıkış noktasından itibaren herhangi bir hata veya geometrik yansıtıcıya çarpmadığından dolayı arka cidara doğru ilerleyerek parça içerisinde sönümlenmektedir (Şekil 13). Şematik görünüm üzerinde incelendiğinde 450 mm uzaklıkta ufak bir geometrik sinyal görünmektedir. Bundan sonra 600 mm uzaklıkta alınan sinyal hayalet yankı denilen parça içerisindeki ultrasonik ses dalgalarının yansiyarak oluşturduğu sinyaldir.



Şekil 24. 30° prop ile ultrasonik muayene görüntüsü ve şematik gösterimi.

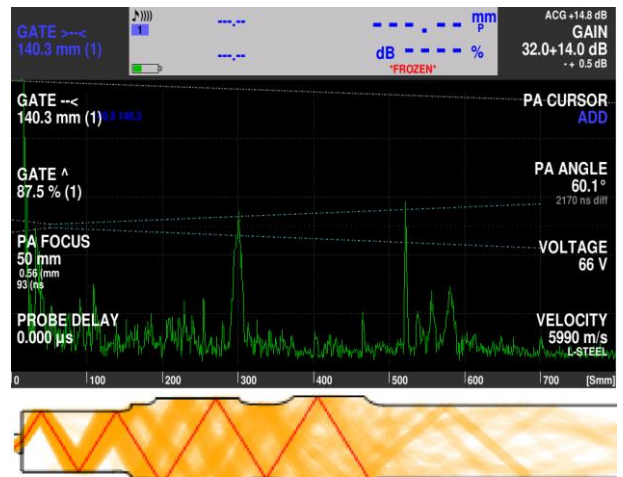
Şekil 14'de 30° ultrasonik prop ile aks muayenesinde ultrasonik ses dalgası şematik olarak görülebileceği gibi yaklaşık 100 mm mesafeden yansiyarak 280 mm hatanın

olduğu bölüme geldiği için bu hata net olarak görülebilmekte ancak yanında olan 250 mm de ki hatadan ultrasonik ses demeti çapının dışında kalmasından dolayı sinyal alınamamıştır. Bunun dışında kalan sinyaller parça geometrisi ve ses dalgasının açılı gönderilerek farklı bölgelerden yansması nedeniyle parazit olarak görülmektedir.



Şekil 35. 45° prop ile ultrasonik muayene görüntüsü ve şematik gösterimi.

Şekil 15'de verilmekte olan 45° prop ile ultrasonik muayenede ses dalgası yaklaşık 50 mm ve 130 mm çift sekmede yansiyarak 250 mm ve 280 mm uzaklıktaki iki hatanın olduğu bölgede 280 mm deki hatadan daha yüksek sinyal almak kaydıyla iki hata da tespit edilebilmiştir. Bununla beraber 300 mm uzaklıkta aks geometrisinden kaynaklanan sinyalde görülebilmektedir. Sonraki hataların ultrasonik dalganın aks içerisinde birçok yerden yansması sebebiyle hayalet yankılar ve parazitler arasında ayırtılması mümkün olmamaktadır.



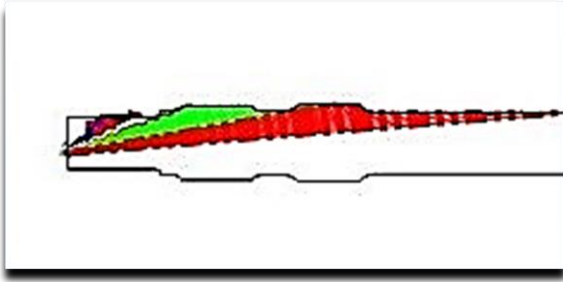
Şekil 46. 60° prop ile ultrasonik muayene görüntüsü ve şematik gösterimi.

Şekil 16'da 60° prop ile ultrasonik muayenede ultrasonik ses dalgası parça geometrisine göre birçok bölgeden

yansıdığından dolayı çok fazla hayalet yankı ve parazit oluşmaktadır. 300 mm uzaklıktaki parça geometrisinden gelen sinyal baskın olarak görülmekte ancak hata sinyallerinin bu parazitler arasından ayırt edilmesi mümkün olmamaktadır. Muayene parçasının doğal sınırları (arka cidar, kenar) ses dalgasını parça içerisindeki hata gibi yansıtır ve darbe süreleri veya ses yolları ile hata bulgusundan ayırt edilebilir. Bu ayırım çoğu kez ilave prop pozisyonu ile yapılabilir. Düzlem veya dik açılı yüzeylerden ses çok iyi yansımaz. Bazı geliş açılarında örneğin yaklaşık 60° enine dalga geliş açısında, köşe etkisi meydana gelmez, neredeyse tamamı çıkış noktasına geri dönmeyen ve gelen ses dalgasına dik boyuna dalgaya dönüşür

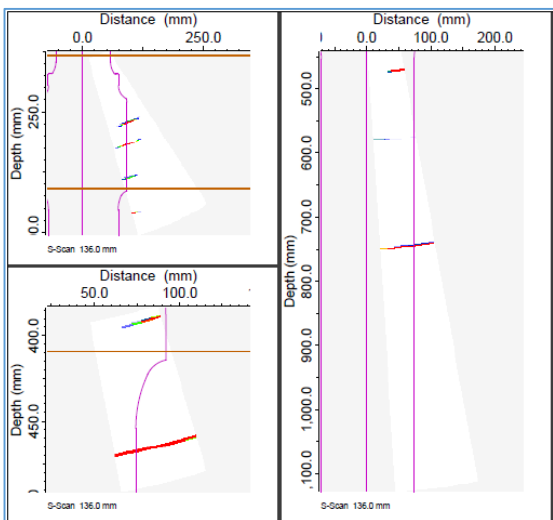
3.2 Phased Array Yöntemi Ile Aks Muayenesi

Muayene TD Handy Scan RX Phased Array muayene cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Tarama probu olarak 16 elementli Olympus 5L16A-1 probu kullanılmıştır. Şekil 17'de görüldüğü üzere her farklı çap bölgesinde sektörel tarama ile ses demeti odaklanarak aksın toplam hacminin muayene edilmesi amaçlanmıştır. Tarama bölgelerini belirleme çalışmasında S-Beam Tools yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 57. Phased array tarama bölgeleri.

Muayene sonrası test raporu Şekil 18'de gösterilmiştir. Aks üzerinde 250 mm, 280 mm, 400 mm, 470 mm ve 750 mm mesafelerinde oluşturulmuş olan hatalar test raporunda görülebilmektedir.



Şekil 186. Phased Array muayenesi test raporu.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada üstün özelliklere sahip ve yaygın olarak kullanılan geleneksel ultrasonik metod ile yeni ve daha gelişmiş bir metdo olan phase array yöntemi karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemde hacimsel hataların tespitinde kullanılmaktadır.

Konvansiyonel ultrasonik muayenede monokristal bir prob kullanılarak dalgalar gönderilir. Bazı durumlarda ise hem alıcı hem verici görevini ayrı elemanlarla yapan çift elemanlı problemler kullanılır. Ancak phased array yönteminde kullanılan problemler birbirinden bağımsız olarak görev yapan çok sayıda elemandan oluşur. Bu eleman sayısı 16'dan 256'ya kadar ulaşabilmektedir. Endüstride genellikle çalışmamızda da kullandığımız 16 elementli problemler kullanılır. Muayene duyarlılığını arttırmak için element sayısı yüksek olan problemler kullanılabilir ancak yüksek maliyetler sebebiyle çok tercih edilmez.

Phased array yönteminde elementlerin farklı zamanlarda ateşlenmesiyle sağlanan lineer tarama ve sektörel taramada dinamik odaklama kabiliyeti sayesinde özellikle büyük parçalarda meydana gelen konvansiyonel ultrasonik muayenedeki ses demetinin açınım açısından kaynaklanan sesin dağılmasının önüne geçilmiştir.

Phased array yönteminin tek prop ile çok açılı ses dalgası uygulanabilmesi, ses demeti yönünde ve tarama yönünde mesafe kaydı işlenmiş veri ile üç boyutlu değerlendirme olanağı, kolay hata bulma ve geniş raporlama özelliği ile operatöre bağımlılık azalmaktadır. Farklı ses demetleri oluşturularak odaklama yeteneği ile konvansiyonel ultrasonik muayenede oluşan özellikle büyük parçaların muayenesinde ses demetinin dağılması sebebiyle hatanın tespit edilememesi gibi problemlerin önüne geçilmiştir. Prop sistemlerinin boyutlarının küçük olması kısıtlı muayene yüzeylerinde yüksek hassasiyet sağlamaktadır.

Phased array yönteminin konvansiyonel ultrasonik muayeneye nazaran dezavantajları ise ekipmanlar ve yedek parçaların yüksek maliyette olması, kalibrasyonun karmaşık ve zaman alıcı olmasıdır. Bu sebeplerden ötürü iyi ve donanımlı operatörlere gereksinim vardır.

5.KAYNAKÇA

- [1]VECTOR Technische Unternehmensberatung GmbH, Hattingen 2001
- [2]Uçaklarda Tahribatsız Muayene, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2012
- [3] GUR, C., Tahribatsız muayene personelinin ASNT sistemine göre eğitimi ve belgelendirilmesi, ASNT Türkiye Birimi, Ankara, 2008
- [4]SECTOR Cert Gesellschaft für Zertifizierung mbH, Automatische Ultraschallprüfung, 2009
- [5] OLYMPUS, Advances in Phased Array Ultrasonic Technology Applications, Olympus NDT Inc., MA, 2007