

## OTOMOTİV PARÇALARININ RADYOGRAFİK İNCELENMESİ

\*A. Beril Tuğrul, \*Nilgün Baydoğan, \*Nesrin Altınsoy, \*\*Deniz Dizar, \*\*Erdoğan Yağcı

\*İ.T.Ü. Enerji Enstitüsü, Ayazağa Kampüsü, Maslak, İstanbul  
[beril@itu.edu.tr](mailto:beril@itu.edu.tr), [doganni@itu.edu.tr](mailto:doganni@itu.edu.tr), [altinsoy@itu.edu.tr](mailto:altinsoy@itu.edu.tr),  
\*\*Epsilon-NDT San. ve Tic. A.Ş., Şişli, İstanbul  
[ddizar@epsilon-ndt.com](mailto:ddizar@epsilon-ndt.com), [eyagci@epsilon-ndt.com](mailto:eyagci@epsilon-ndt.com),

### ÖZET

Dijital X ışını sistemleri, gelişkin teknolojisiyle endüstriyel farklı çalışmaların yapılabilmesine hızlı ve çabuk olarak olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda, farklı amaçlarla kullanılacak polimer esaslı malzemelerin de radyografik incelemesi mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada, söz konusu dijital radyografi sistemi ile polimer esaslı otomobil yakıt tanklarının milisaniyeler mertebesindeki zaman aralığında radyografik çekimi yapılmış ve elde edilen görüntü, kalite kontrolü bağlamında hassas bir şekilde incelenebilmiştir. Bir başka deyişle, otomobillere monte edilmek üzere son hale getirilen, her bir yakıt tankının, radyografik çekimleri yapılarak kusurlu bulunanlar tespit edilmiştir. Bu çalışmayla, dijital X-ışını radyografi cihazı ile çalışmanın detayları ve dikkat edilmesi gereken hususlar ile, çalışma parametreleri üzerinde elde edilen deneyimler değerlendirilmektedir.

*Anahtar kelimeler:*, Otomobil Yakıt Tankı, Radyografi, X-ışını

## RADIOGRAPHIC INVESTIGATIONS ON AUTOMOTIVE PARTS

### ABSTRACT

Digital X-ray systems supply the possibilities of several fast and quick industrial studies by the advance technology. It is possible to investigate on polymer objects which are used for the different purposes. In this study, radiographic investigations can be done for polymer fuel tanks of automobiles in milliseconds period with the digital radiography system and the radiographic images can be evaluated sensitively in the view of quality control. Therefore, radiography applied on every fuel tank which is prepared for assembling for the automobile and fault ones were detected. Hence, in the study, detail parameters for the digital X-ray radiography instrument and care points are determined and also working procedures are evaluated experimentally.

*Keywords:* Automobile Fuel Tank, Radiography, X-ray

### 1. GİRİŞ

Tahribatsız test yöntemleri çeşitli fiziksel prensiplere dayanmaktadır. Malzemelerin kullanıldığı parçaların, üretimi veya işletilmesinin herhangi bir aşamasında, tahribatsız test teknikleri ile bu ürünlerin sağlamlığını, güvenilir bir şekilde kullanımını ve kalitesini

değerlendirmek mümkündür. Test edilen malzemeye ve aranan hatanın türüne göre kullanılan yöntemi seçmek mümkündür. Tahribatsız test yöntemlerin her birinin diğerine göre üstün yönleri mevcuttur. Bazı durumlarda ise birbirlerinin tamamlayıcısı olup, kombine olarak kullanılmaktadır [1].

Tahribatsız test yöntemlerinde kullanımı tercih edilen farklı metodlar mevcuttur. Metal, seramik, polimer, vb. malzemelerdeki yüzey ve yüzey altı süreksizliklerini tespitinde ultrasonik muayene tercih edilmektedir. Buna karşın, metallerde ve diğer bir çok malzemelerde yüzey ve yüzey altı süreksizliklerini tespitinde radyografik metotlar öne çıkmaktadır. Çeşitli üretim sistemlerinin bulunduğu işletme yerinde, ürünü bozmadan ve tahrip etmeden, üzerindeki süreksizliklerin ve bu süreksizliklerin boyutlarını, radyografi yöntemi ile tespit etmek mümkün ve kolay olabilmektedir [2-3]. Bu çalışmada, otomobil yakıt deposu olarak kullanılmak üzere üretilen malzemelerdeki hasar tespitini ayrıntıları ile incelemek ve bu hasarların gerçekleşme potansiyelini önceden belirleyerek bulmak amaçlanmıştır.

Serviste kullanılan otomobil yakıt deposunun güvenilirliğinden emin olmak için, söz konusu parçanın kaliteli olduğunu belirlemek ve bundan emin olmak, sürüş güvenliği açısından gerekli ve önem taşıyan bir konudur. Bu nedenle, radyografik muayene yöntemleri doğrultusunda malzemeleri mümkün olduğu kadar az tamire göndermek, malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerini korumak açısından önem taşımaktadır. Otomobil yakıt deposunda kullanılan polimer esaslı malzemeye ilişkin emniyet faktörlerinin tespiti, radyografi tekniği ile mümkün olabilmektedir. Bu çalışma ile zaman ve ekonomik açıdan tasarruf için, radyografi tekniği ile incelenen polimer esaslı malzemenin değerlendirilmesi yapılarak, ilgili endüstri kuruluşlarının dikkatlerini çekmek amaçlanmıştır. Böylece, malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri değerlendirilerek, araçlarda yakıt tankı olarak kullanılan malzemelerin üretim aşamasındaki güvenilir ve çabuk hata tespitine, pratik katkıda bulunulması hedeflenmiş olmaktadır.

## **2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

Radyografik muayene yöntemleri yardımıyla, çalışma sahasında, parçanın fiziksel yapısına zarar vermeden, içindeki mevcut süreksizliklerin tip ve boyutları, uygulanan kod ve

standartlara göre değerlendirilebilmektedir. Böylece, standartın müsade ettiği sınırı aŐan süreksizlikler hata olarak kabul edilmekte ve malzemenin iyileŐtirme iŐlemlerine, tamir veya reddine güvenilir ve hızlı bir Şekilde karar verilebilmektedir.

Çalışmada kullanılan taşınabilir dijital X iŐını sistemi, gelişkin teknolojisıyla endüstriyel farklı çalışmaların yapılabilmesine olanak sağlayabilmektedir. Şekil 1 ve Şekil 2’de sırasıyla kullanılan X-iŐını cihazı kumanda nitesi ve X-iŐını tüpü ile flat panel ile ICU bağlantısı görülmektedir. Dijital ve taşınabilir X-IŞın Sistemindeki, X-iŐın kaynağı, küçük ve hafif olup, taşınabilir pille çalıŐabilmektedir. Kullanılan X-iŐın kaynağı, çok kısa zaman aralığında (bir puls 60 nanosaniye), pulse tipi X-iŐını üreten bir cihazdır ve 270 kVp (kilovolt peak) enerjili X-iŐınları üretme kabiliyetindedir. X-iŐın sistemi, anında görüntü, organik/inorganik tespit yeteneğine, pille çalıŐabilme özelliğine ve güçlü software sahip olup, laptop sürücülü bir sistemdir.

Dijital radyografi sistem ile polimer esaslı otomobil yakıt tanklarının, çok kısa bir zaman aralığında radyografik çekimini yapmak ve elde edilen görüntüyü hassas bir Şekilde incelemek mümkün olmuştur. X-iŐını sistemindeki flat panelde elde edilen radyografik görüntünün ICU (image control unit) bağlantısı ile bilgisayara anında aktarılması sayesinde, incelenen yakıt tankındaki kusurları hassas ve hızlı bir Şekilde tespit etmek mümkün olmuştur.



**Şekil 1** Taşınabilir X iŐını sisteminin kumanda nitesi.



**Şekil 2** X iŐını tüpü Flat Panel ve ICU bağlantısı

Seri olarak otomobil yakıt tankı üreten bir fabrikada hergün yaklaşık 350 adet otomobil yakıt tankının üretimi mümkün olabilmektedir. Şekil 3 ve Şekil 4'te incelenen otomobil yakıt tankları görülmektedir.

Otomobillere monte edilmeye hazır hale getirilen yakıt tanklarının üretimi sırasında bir takım kusurların oluşması mümkün olabilmektedir. Dijital X ışını sistemi kullanılarak, seri üretim bağlamında, düşük pulslarda yapılan radyografik çekimlerde, doz seviyesi dozimetrelerle ölçülemeyecek kadar düşük olmasına rağmen, kullanılan X-ışını sistemi ile istenen kalitede radyografik çekimler yapılabilmüş ve elde edilen görüntüler değerlendirilebilmiştir.



**Şekil 3** Otomobil Yakıt Tankı.



**Şekil 4** Otomobillere monte edilmek üzere otomobil montaj fabrikasına sevk edilen yakıt tankları.

Böylece, polietilen malzemeden üretilen ve mekanik aksamı yine temelde polimer esalı malzemeden oluşan otomobil yakıt tanklarında yakıt sızıntısını veya yakıt fişkırmasını tamamen önleyerek, otomobilde yakıt güvenliğini sağlamak amacıyla, taşınabilir X-ray sistemi tercih edilerek kullanılmıştır.

Günümüzde çeşitli gelişmiş radyografi sistemleri yardımıyla, tahribatsız test yöntemlerinde incelenen parçalara ilişkin sonuçları, hızlı bir şekilde almak ve parçanın kalitesini belirlemek mümkün olabilmektedir. Etkin bir radyografik kontrol sağlamak açısından, çekimlerde penetremetre kullanımı tavsiye edilmektedir, ancak hızlı bir şekilde seri üretimin söz konusu olduğu, zamanla yarışılan modern endüstride, pratiklik açısından bu şart kimi durumlarda sağlanamayabilmektedir [4].

Dijital radyografik yöntemler, klasik yöntemdeki kumanda edilen sistemlere göre daha hassas, hızlı ve güvenilir görüntü değerlendirme imkanları sağlamaktadır. Kontrastı, dolayısıyla

görüntü kalitesini etkileyen en önemli faktör, saçılan radyasyonun film üzerinde neden olduğu gürültüdür. Dijital görüntü işleme tekniği ile gürültünün ortadan kaldırılması mümkün olabilmektedir [5]. Böylece, dijital radyografi sistemleri sayesinde, seri üretim sırasında, gerektiğinde ve anında müdahale edilebilmesi mümkün olabilmektedir.

Bu amaçla otomobillere monte edilmek üzere son hale getirilen, her bir yakıt tankının, radyografik çekimleri yapılarak kusurlu bulunanlar tespiti yapılmıştır. Yakıt tanklarının çekilen radyografik görüntülerinde başlıca tespit edilmek istenen kusurlardan birincisi, “O-ring” contaların yakıt tankının ağzına düzgün bir şekilde yerleştirilip yerleştirilmediğinin tespiti olmaktadır (Şekil 5)



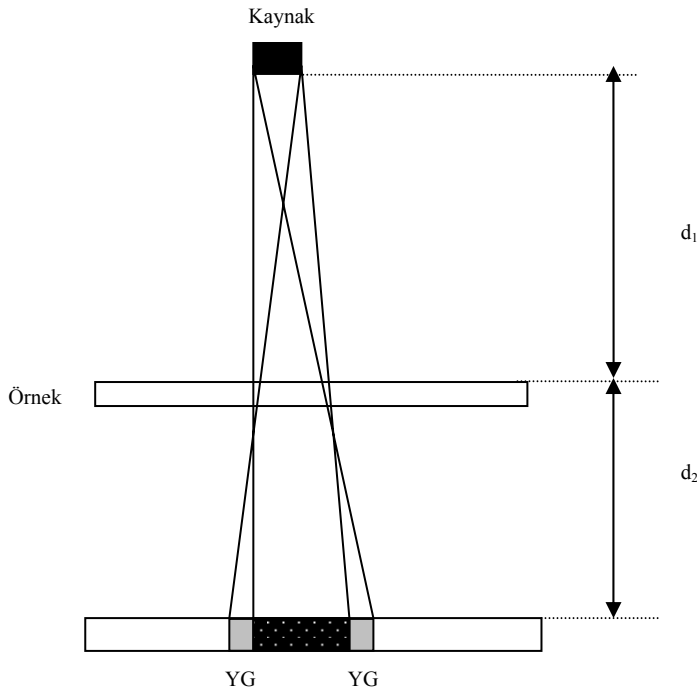
**Şekil 5** O-ring contanın yakıt tankının ağzına düzgün olmayan yerleşimi.

Otomobillerde yakıt güvenliği açısından, yakıt tankı kapağının torklanarak (yerine oturmuş bir şekilde) kapatılmasının sağlanması gerekmektedir (Şekil 6). Radyografik çekimlerde, görüntülenmesi gerekli önemli bir konu da; yakıt tankının kapağı torklanarak kapatıldıktan sonra, yakıt tankı ile kapağı arasındaki mevcut dişlilerin karşılıklı olarak düzgün bir şekilde yerine oturtulduğunun tespiti. Yüksek yoğunluğa sahip polietilen malzemeden üretilen otomobil yakıt tanklarının içinde kullanılan modüllerin genel bir görüntüsü Şekil 7’de görülmektedir.



**Şekil 6** Otomobilin torklanarak kapatılmış yakıt tankı kapağı. **Şekil 7** Yakıt tankı içine yerleştirilen modül.

Radyografi çekiminde kaynak-örnek, örnek-film, örnek kalınlığı ve biçimi, kaliteli radyografik film elde edilmesinde önemli parametre olarak karşımıza çıkmaktadır [3-4]. Burada,  $d_1$  kaynak örnek uzaklığı,  $d_2$  de örnek film uzaklığı olarak düşünülürse, en kısa örnek film uzaklığı, örnek kalınlığına bağlı olarak, örneğin film üzerine yerleştirilmesi ile bulunabilir (Şekil 8).



**Şekil 8** Geometri faktörlerinin Şematik görünümü

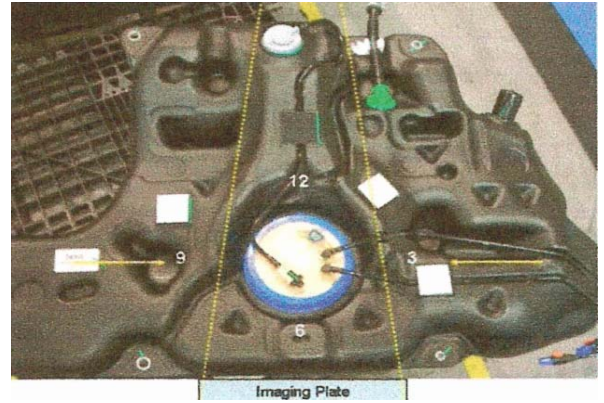
En kısa örnek film uzaklığı, örnek kalınlığına bağılı olarak, örneğin film üzerine yerleştirilmesi ile elde edilmektedir. Kaynak örnek uzaklığının bulunması Denklem (1) ile ifade edilebilir [6-7]. Otomobil yakıt tanklarının imalatında yüksek yoğunluklu polietilen malzeme kullanılmaktadır. Kullanılan polietilen malzemenin et kalınlığı, duvarlarda 2.5 mm tabanda ise 4.5 mm'yi bulabilmektedir.

$$d_1 \geq 8d_2 \quad (1)$$

Dijital radyografi çekimlerinde, X-ışın çıkış ağız 3 mm olan, X-ışını kaynağı kullanılmıştır. X-ışın tüpünde üretilen maksimum foton enerjisi, 270 kVp'dir. Radyografi çekimleri, 270 kVp'de 10 pulse'lık X-ışını üretilerek yapılmıştır. Her X-ışın puls süresi, 60 nanosaniye olup, bu radyografi çalışması için yeterli olmuştur. Bu çalışmadaki radyografi çekimlerinde, görüntü netliğini sağlamak amacıyla, flat panel gösterge ile yakıt tankı arasındaki mesafe, yaklaşık 7.5 cm olarak seçilmiştir. Yakıt tankı ile X-ışın tüpü arasındaki mesafe ise 60 cm olacak şekilde yerleşim yapılmıştır (Şekil 9). Yakıt tankının radyografik çekiminde, oluşturulan görüntü düzlemi Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 9 Radyografik çekim düzeni.

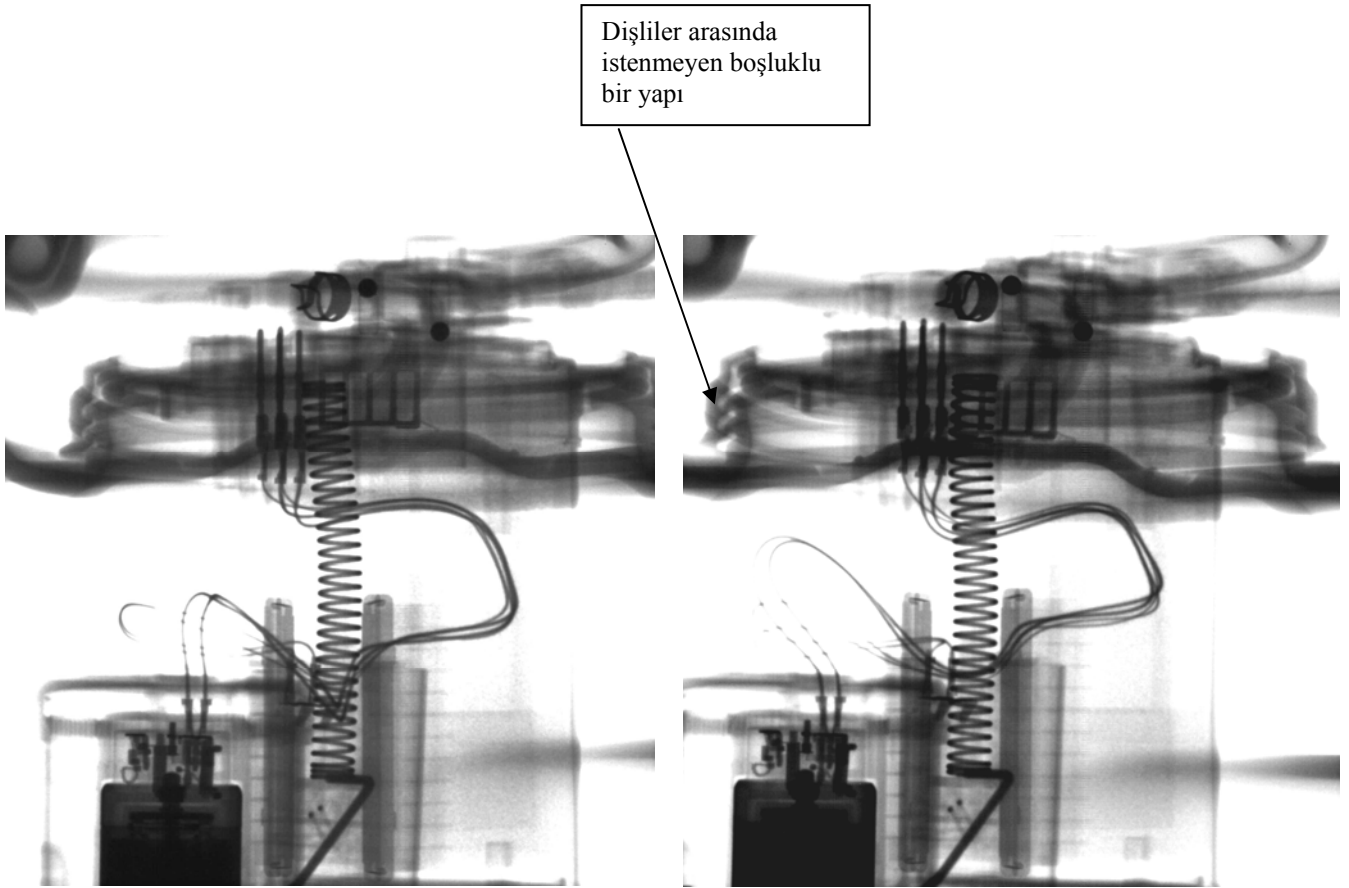


Şekil 10 Radyografik çekimdeki görüntü düzlemi.

### 3. DEĞERLENDİRMELER

Taşınabilir dijital X-ışını sistemi kullanılarak hergün yaklaşık 340 adet otomobil yakıt tankının, radyografik çekiminin yapılabilmesi mümkün olmuştur. Hazırlanan radyografik çekim düzeninde, dijital radyografi sisteminde klasik sistemde kullanılan radyograf filmi yerine, flat panel gösterge kullanılmıştır.

Otomobil yakıt tankı kapağının torklanarak kapatıldıktan sonra, “O-ring” contanın yakıt tankı ağzına düzgün bir şekilde yerleştirildiğini ve yakıt tankı ile kapağı arasındaki mevcut dişlilerin karşılıklı olarak düzgün bir şekilde yerine oturduğunu gösteren örnek bir radyografik görüntü Şekil 11’de görülmektedir. Yakıt tankı ile kapağı arasındaki dişlilerin düzgün bir şekilde yerine oturmadığını gösteren örnek bir radyografik görüntü de Şekil 12’de görülmektedir. Bu radyografik görüntüde diş kalınlıklarından birinde farklılaşma olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılaşma, dişliler arasında istenmeyen boşluk, yakıt emniyetini tehlikeye sokabilecek bir hata olarak değerlendirilebilir.



**Şekil 11:** Dişlilerin karşılıklı olarak düzgün şekilde yerine oturduğunu gösteren radyografik görüntü.

**Şekil 12** Dişliler arasında oluşmuş hata.

#### 4. SONUÇLAR

Radyografik çekimlerde, X-Işın kaynağının çalışma şartlarını değerlendirmek, çalışılan ortamın radyasyon güvenliği açısından ve cihazın kullanım ömrünü değerlendirmek açısından, önemli bir konuyu arz etmektedir.



X-ışın tüpündeki katot ile anot arasında, pik şeklinde hızlandırılmış voltajın uygulandığı X-ışın tüpünün kullanımı, seri üretimin söz konusu olduğu alanlarda, önerilebilir. Bu sistemde hızla üretilen pik, X-ışın tüpünde hızlandırılan potansiyel bir sabit olmayıp, zaman içinde değişerek pik şeklinde 270 kV'ye kadar ulaştığından maksimum foton enerjisi 270 kV olarak ifade edilebilir. Bu durum, çalışılan ortamın radyasyondan korunmasında önem arz etmektedir. X-ışın kaynağı önünden 30 cm mesafede, puls başına X-ışın dozu; 0.026-0.04 mSv'dir. Bu çalışmada kullanılan dijital radyografi sisteminde, oluşturulan bir X-ışın puls süresi, 60 nanosaniyedir. Yakıt tankında O'ring ve dişlilerin kontrolü için, 10 puls'de yapılan radyografi çekimlerinde, 5 farklı dedektörlerle yapılan ölçümde, kaynaktan yaklaşık 30 cm mesafede, tehlike arz edecek doz tespit edilmemiştir. Bir başka deyişle, 270 kV gibi yüksek bir X-ışını enerjisinde dahi çok kısa süre ile bu değer çıkmış olması nedeniyle radyasyon güvenliği sağlanabilmiştir. Bu da seri üretimde, çalışma sahasında güvenilir çalışma şartlarının oluşmasına imkan vermiştir.

X-ışını üreten hassas dijital radyografi sistemlerinde, uzun ömürlü, maksimum performans sağlamak için, X-ışın kaynağını dinlendirmeksizin kullanımdan sakınılmalıdır. Cihazın kullanım ömrünün uzun olması açısından, X-ışın tüpünün maximum çalışma parametresi, her dört dakikada maximum 200 puls olduğu tespit edilmiştir. X-ışın kaynağının çalışma süresi uzatıldığında, X-ışın tüpü zarar görmeye başlayabilmektedir. Böyle bir durumda, yeterince fotonların enerjisi artırılamadığından, radyografik görüntü kalitesinin bozularak görüntünün koyulaşması söz konusudur. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer konu, dijital radyografi sistemindeki radyografik görüntülerdeki koyulaşmanın, klasik sistemdeki radyografik görüntünün ağarmasına karşılık geldiğidir. Bu şartlar altında X-ışın tüpünün dinlendirilmesi, X-ışın tüpünün ömrünün uzun olması açısından, bir gereklilik arz etmektedir. Böyle bir durumda, X-ışın kaynağının çalıştırılmasına devam edilir ise, X-ışın kaynağı üstünde monte edilen dedektör sesinden başka, çekim sırasında tüpün aşırı ısınmasından kaynaklanan seslerin oluşması mümkündür. Bu şartlar altında çalışmayı devam ettirme durumunda, tüpün ömrü hızla kısalmakta ve hatta tüpün yanması ile olay sonuçlanabilmektedir. X-ışın tüpünün mesai saatleri içinde dinlendirilmeden sürekli günler mertebesinde kullanımı, kısa bir zamanda X-ışın tüpünün çatlamasına ve X-ışın ünitesinden yağ sızması neden olabilecektir. Bir başka deyişle, çalışma sırasında tüpün dinlendirilmesi önemlidir. Aksi takdirde, tüpün kaybedilmesine kadar gidebilecek vahim sonuçlar ortaya çıkabilmektedir.

Öz olarak, ifade etmek istersek, taşınabilir, dijital X-ışını cihazlarıyla polimer yakıt tanklarının radyografik çekimleri;

- Kolay
- Çabuk
- İstenen hassasiyette
- Radyasyon güvenliği, çalışma sahasında sağlanarak

gerçekleştirilebilmiştir. Ancak, çalışma pulsları arasında en az çalışma süresinin 2 katı kadar süre verilmesi esas olmalıdır. Bu çalışma şartı ile taşınabilir X-ışını tütünün çalışma güvenliği de sağlanmış olmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Mix, P.E., (1987), *Introduction to Non-destructive Testing*, John Willey & Sons, Chichester.
2. Halmshaw, W.R. 1991, *Nondestructive Testing*, Edward Arnold, London.
3. Halmshaw, R., 1971, *Industrial Radiology Techniques*, The Wykeham, Technological Series, London.
4. J. J. Callinan, *Radiography in Modern Industry*, (1980), Fourth Edition, Eastman Kodak Company, Rochester, New York 14650
5. Ş. Ekinci, M. M. Bingöldağ, M. Aksu, M. Doğruöz, (2003), Kaynak Dikiş Hatalarının Dijital Radyografik Yöntemle Değerlendirilmesi, VIII. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri
6. A.N. Bilge, A.B. Tuğrul, (1990), Endüstriyel Radyografinin Esasları, İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlük Ofset Atölyesi,.
7. A.N. Bilge, (1991), Endüstride Nükleer Teknikler, İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlük Ofset Atölyesi,.