DİJİTAL RADYOGRAFİ

Şinasi EKİNCİ, Murat BİNGÖLDAĞ ve Mehmet AKSU

Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
Endüstriyel Uygulama Bölümü
P.K. 1, Atatürk Havalimanı, 34149 İstanbul-TÜRKİYE

ÖZET

Bilgisayar destekli sistemlerdeki gelişmeler tahribatsız test tekniklerinden biri olan radyografi tekniğinde de önemli gelişmelere neden olmuş ve dijital radyografiye geçilmiştir. Özellikle son 20 yılda radyoskopi ve bilgisayarlı tomografi yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamış, son yıllarda ise düzlemsel dedektörler yardımıyla gerçekleştirilen anında görüntüleme (real-time) tekniği ön plana çıkmıştır. Dijital radyogarfi bir malzemenin radyografik görüntüsünün doğrudan bilgisayar ortamına aktarılıp değerlendirildiği veya film veya görüntüleme plakalarından bilgisayar ortamına aktarılarak görüntü işleme tekniklerinin uygulandığı bir radyografik test yöntemidir. Dijital radyografi anında görüntüleme ve sonradan görüntüleme olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Anında görüntüleme tekniğine genelde radyoskopi denmektedir. Sonradan görüntülemede ise, görüntü önce bir film veya görüntüleme plakası gibi bir görüntü taşıyıcı ortamına kaydedilmekte ve sonra tarama yoluyla bilgisayar ortamına aktarılarak değerlendirme yapılmaktadır. Bu makalede çeşitli dijital radyografi yöntemleri tanıtılmış ve pratik uygulamalardan örnekler sunulmuştur.

ABSTRACT

Developments in the computer aided systems have covered also the radiography as a nondestructive test method and been passed to digital radiography. Especially in last 20 years radioscopy and computer tomography have been widely used, whereas the real-time radiography applied by flat panel detectors came to the market in last years. Digital radiography is a radiographic test method, which is applied by getting the image of a test material directly into a computer, or by transmitting the image from a film or an imaging plate to the computer and evaluating it by a proper software. Digital radiography technique can be applied by two different ways; by real-time imaging and by post imaging. Real-time imaging systems are generally called radioscopy. In the post imaging method, the image of the material is initially taken onto a film or imaging plate and then transferred it to the computer for processing and evaluation. This paper describes different digital radiographic methods with examples of practical applications

Keywords: digital radiography, radioscopy, image processing

1. GİRİŞ

Günümüzde, ileri tahribatsız test tekniklerinin kullanımı yaygınlaştıkça, ileri bir teknik olan dijital endüstriyel radyografinin kullanımı da tahribatsız kalite kontrol aracı olarak yerini almıştır. Konvansiyonel endüstriyel radyografide dijital radyografide olmayan bazı zorluklar vardır. Saçılan radyasyonun radyografik film üzerinde yarattığı gürültü denilen görüntü bulanıklığı, kontastı azaltmakta ve hem hata belirtilerinin yorumlanmasına engel olmakta hem de küçük hataların algılanmasını zorlaştırmaktadır. Dijital görüntü işleme tekniklerinin uygulanabildiği dijital endüstriyel radyografide bu sorunlar çözülmüştür. Dijital hale getirme, görünür görüntünün bilgisayar ortamında işlenmesini ve değerlendirilmesini sağlamıştır. Gürültü filtreleme, kenar dedeksiyonu, büyütme, ters görüntü oluşturma, üç boyutlu hata değerlendirmesi ve elektronik ortamda saklama gibi, yazılımlar aracılığı ile yapılan işlemler dijital radyografiyi ön plana çıkarmıştır.

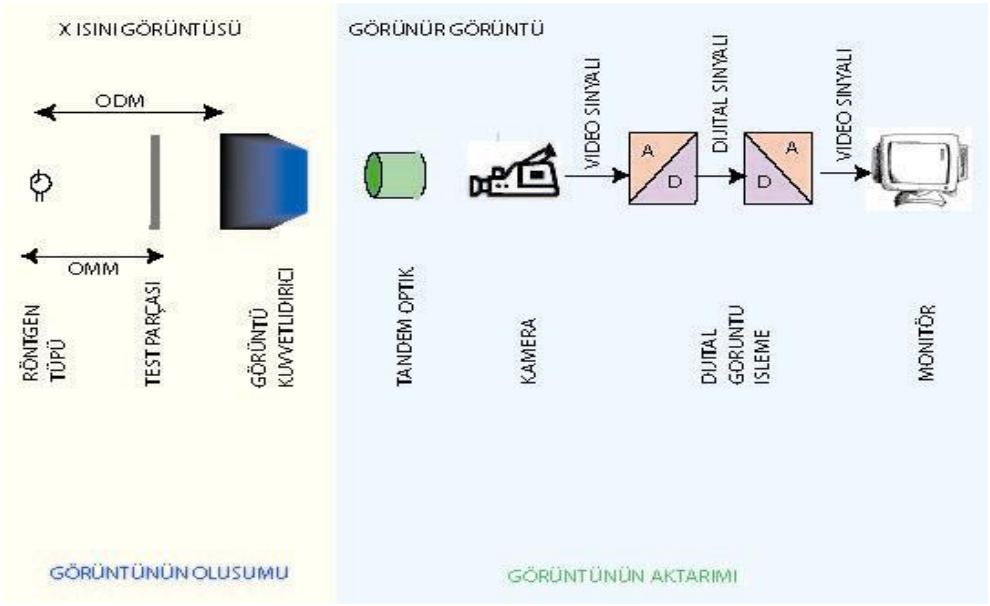
Dijital radyografiyi, anında (real-time) görüntüleme ve görüntü taşıyıcı bir ortam aracılığı ile sonradan görüntüleme olmak üzere iki grup halinde incelemek mümkündür.

Anında görüntüleme sistemlerinde doğrudan dijital hale getirme işlemi uygulanır ve hızlı test etme olanağı sağlanır. Film dijitalize etme işlemi, film radyografisinden dijital radyografiye geçiş şekli olup, bu yöntemde 10 μm'ye kadar ayırma gücü ve 5 yoğunluğa kadar film tarama imkanı elde edilebilmektedir [1]. Dijital radyografi teknikleri ayrıntılı olarak aşağıdaki Bölümlerde açıklanmıştır.

2. ANINDA GÖRÜNTÜLEMELİ (REAL-TIME) DİJİTAL RADYOGRAFİ

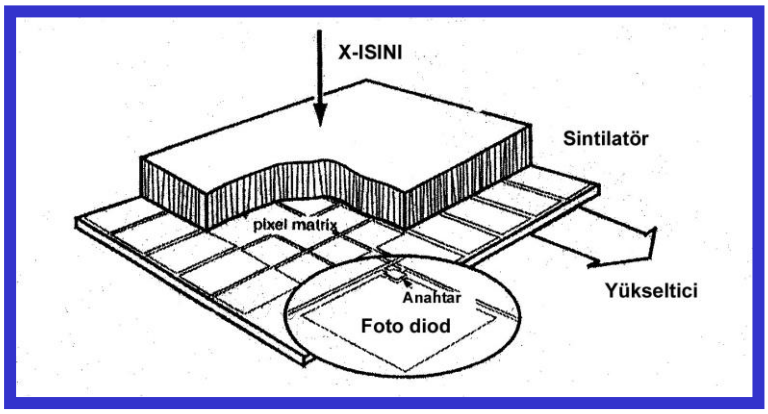
Anında görüntüleme sistemlerine genelde radyoskopi denir. Bir radyoskopi sistemi genelde görüntü oluşturucu ve görüntü aktarıcı olmak üzere iki ana bölümden oluşmakta olup, prensip şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Görüntü oluşturucu, bir radyasyon kaynağı, test malzemesi ve görüntü kuvvetlendiriciden

oluşur. Görüntü aktarıcı ise, optik, kamera, analog/dijital dönüştürücü ve monitör veya bilgisayardan meydana gelir. En basit radyoskopi sistemi floroskopi düzeneğidir. Bu düzenekte, bir x-ışını tüpü, floresan ekran ve CCD-kamera veya video kamera kombinasyonundan oluşan bir kutu ve buna bağlı bir monitör veya bilgisayar vardır. Test malzemesinden geçen x-ışınlarının floresan ekran üzerinde oluşturduğu görüntü CCD kamera aracılığı ile bilgisayara aktarılır ve burada istenilen değerlendirme işlemi uygulanarak, gerekirse görüntü elektronik ortamda arşivlenir [2,3].



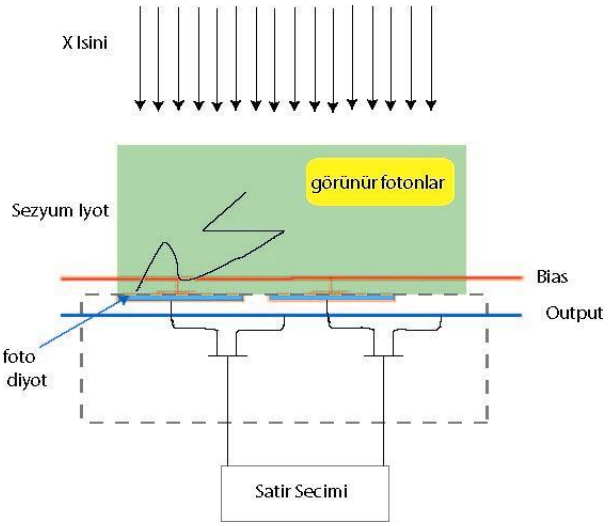
Şekil 1. Anında görüntüleme dijital radyografi (radyoskopi) sistemi

En son geliştirilmiş olan anında görüntüleme sistemlerinde x-ışınları ile ışınlanan malzemenin görüntüsü tek sıralı doğrusal dedektörler veya düz panel dedektörlerle algılanarak doğrudan bilgisayar ortamına aktarılır [4,5]. Tek sıralı dedektör düzeneği kullanıldığında malzeme satır satır taranarak görüntüsü alınır. Şekil 2'de dizaynı gösterilen düz panel dedektörlerle ise malzemenin görüntüsü tek ışınlama ile alınır. Tek sıra veya düz panel dedektörler çok sayıda foto diyod ile donatılmıştır.



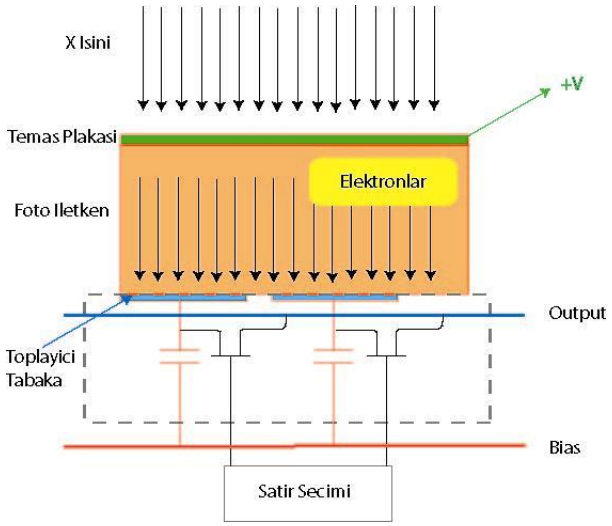
Şekil 2. Düz panel dedektör

Düz panel dedektörler iki tipte olabilmektedir [1]: Birinci tip dizaynda foto diyot matrisi ince film transistörüne bağlıdır. Bu bileşenler amorf silisyumdan üretilmiş olup yüksek enerjili radyasyona karşı dayanıklıdırlar. Şekil 3'de gösterildiği gibi foto diyotları sintilatörün (genellikle sintilatör olarak sezyum iyodür kullanılır) x-veya gama ışınlarından dönüştürdüğü ışık ile yüklenir. Bu ışık fotonları diyotta elektron-boşluk çifti oluşturur. Uygulanan bias ile elektronların yeniden birleşmesi (rekombinasyon) önlenir. Foto elektronlarının oluşturduğu elektrik akımı voltajının yüksekliğine göre gri değerlere dönüştürülür. Sistemin ayırma gücü foto diyot sayısına bağlıdır.



Şekil 3. Sintilatörlü foto diyot

İkinci tip ve gelecek nesil düz panel dedektör diyotları, amorf selenyum veya CdTe gibi foto iletken kullanımına dayanmakta olup, x-ışınları doğrudan elektronlara dönüştürülmekte ve bu da ince film transistörleri tarafından algılanmaktadır. Şekil 4'de verilen bu tip diyotlar yüksek derecede kontrast sağlamakta ve genellikle tıp alanında kullanılmaktadır. Halen piyasada mevcut düz panel dedektör sistemlerinde 120-140 μm arasında bir ayırma gücüne ulaşılabilmektedir [1].



Şekil 4. Foto iletkenli diyot düzeeneği

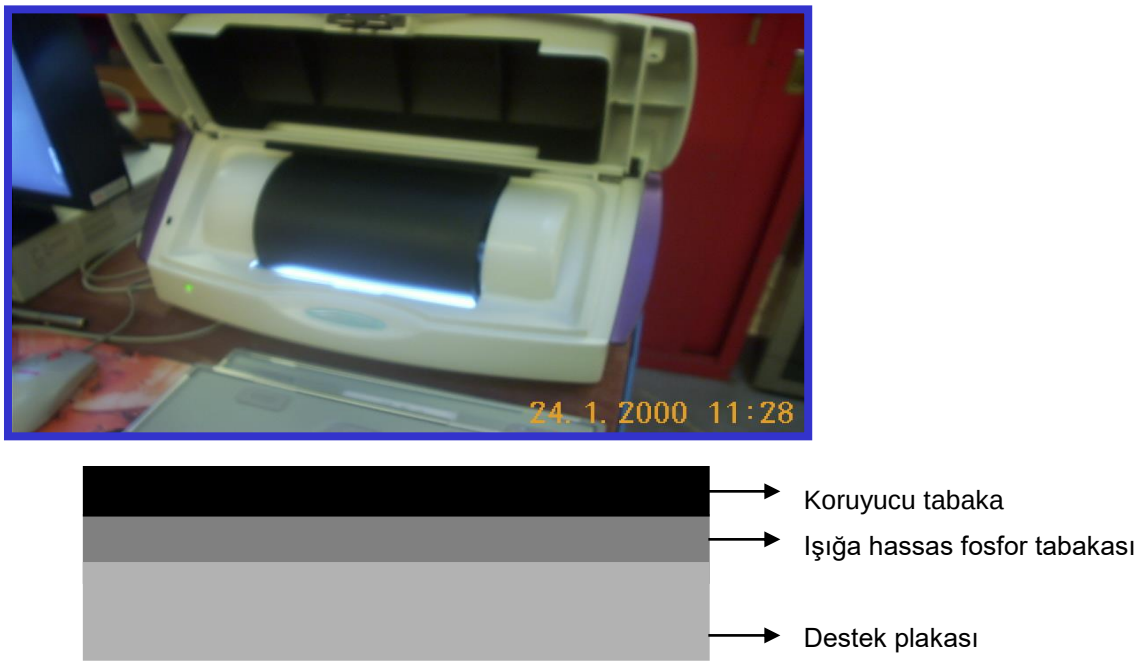
3. SONRADAN GÖRÜNTÜLEMELİ DİJİTAL RADYOGARFİ

Dijital radyografinin sonradan görüntüleme tekniğine göre yapılan uygulamasında, test malzemesinin görüntüsü önce görüntü taşıyıcı olarak kullanılan bir radyografi filmi üzerine veya görüntüleme plakasına alınır. Radyografi filmi kullanıldığında, film üzerindeki görüntü bir lazer tarayıcı ile taranarak bilgisayar ortamına aktarılır ve gerekli görüntü işleme yöntemleri uygulanır. Lazerli tarama işleminde film üzerindeki yoğunluk sayısal olarak gri değerlere dönüştürülür. Şekil 5'te ÇNAEM Endüstriyel Uygulama Bölümü NDT laboratuvarlarında bulunan, 2048 x 9908 piksel ve 12 bit (4096) gri değer skalasına göre tarama yapabilen bir lazer film tarayıcısı görülmektedir.



Şekil 5. Lazer film tarayıcısı

Görüntüleme plakası tekniği sonradan görüntülemeye dayanan yeni bir filmsiz radyografi tekniğidir. Onbeş yıldan fazla bir süreden beri tıpta ve biyomedikal alanda kullanılan görüntüleme plakaları, yüksek hassasiyet, kısa ışınlama süresi ve dijital işlem özelliklerinden dolayı NDT alanında da kullanılmaya başlanmıştır [1,6]. Görüntüleme plakaları radyografik filme benzer şekilde ışınlanır. Daha sonra lazer tarayıcı ile taranarak plaka üzerindeki görüntü dijital görüntüye dönüştürülür. Plakadaki görüntü optik olarak silinerek, plaka yaklaşık 1000 defa kullanılabilir. Şekil 6'da gösterildiği gibi görüntüleme plakası esnek bir taşıyıcı polimer tabaka üzerine kaplanmış hassas fosfor tabakası ve onun üzerine yerleştirilmiş şeffaf koruyucu tabakadan oluşmaktadır. Hassas fosfor tabakası $BaBrF:Eu^{+2}$ bileşimidir. Plaka x veya gama ışınları ile ışınlandığında kristal örgüde elektron geçişleri başlar. Elektronlar değerlik bandından iletkenlik bandına uyarılır. Bu, $Eu^{+2'}$den $Eu^{+3'}$e geçiş esasına dayanır. İletkenlik bandı elektronları Br^{-} kafesi tarafından yakalanır. Görüntüleme plakası kızıl lazer ışıkla tarandığında yakalanan elektronlar iletkenlik bandından değerlik bandına mavi ışık yayarak geri dönerler. Oluşan mavi ışık foto çoğaltıcı tarafından toplanarak sayısal değerlere dönüştürülür. Işık şiddeti uyarılan konumdaki radyasyon dozu eşdeğeri olarak kaydedilir.



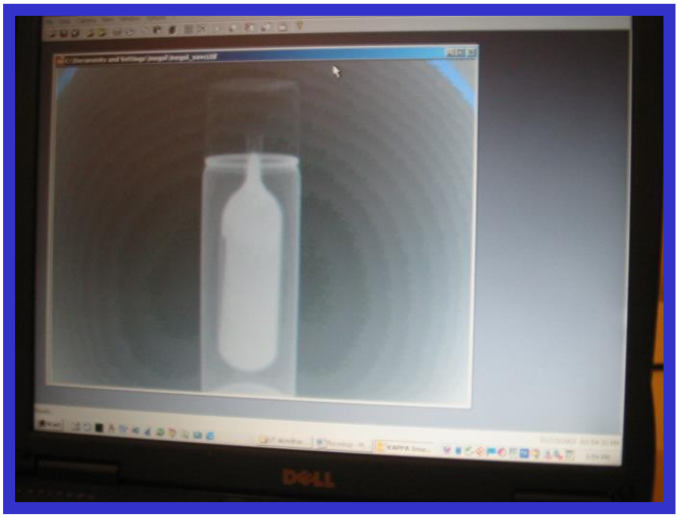
Şekil 6. Görüntüleme plakası; kesit görüntüsü ve tarama işlemi

4. PRATİK UYGULAMALAR

Dijital radyografide bilgisayar ortamında üç boyutlu hata değerlendirmesi mümkündür. Gerek anında görüntüleme gerekse sonradan görüntüleme tekniği ile rayografik görüntünün bilgisayar ortamına aktarılmasından sonra görüntü işleme tekniklerinin uygulanabilmesi ve hata değerlendirmesi yapılabilmesi için uygun bir yazılım gerekmektedir. Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi Endüstriyel Uygulama Bölümü Radyografi Laboratuvarlarında anında görüntüleme yapan floroskopi sistemi ve lazer film tarayıcısı olmak üzere iki tane dijital radyografi sistemi mevcuttur. Floroskopi sistemi darbeli olarak çalışan 150 kV'luk bir x-ışını tüpü, floresan ekran-CCD kamera kombinasyonu ve bilgisayardan oluşmakta ve genellikle kaçakçılık maddelerinin kontrolünde lojistik amaçlı olarak kulanılmaktadır. Dijital radyografide kullanılan diğer bir ekipman olan Kodak LS85 model lazer film tarama cihazı radyografi filmlerini dijital hale getirip bilgisayar ortamına aktarmakta kullanılmaktadır. Dijital olarak bilgisayar ortamına aktarılan görüntüler üzerinde, Alman Malzeme Test

Enstitüsü BAM'dan temin edilen BASF adlı bir yazılım yardımıyla üç boyutlu hata değerlendirmesi ve korozyon ölçme işlemleri uygulanabilmektedir.

Şekil 7'de Emniyet Güçleri tarafından yakalanan ve bir kutu içine gizlenmiş bir kaçak maddenin floroskopik görüntüsü görülmektedir.



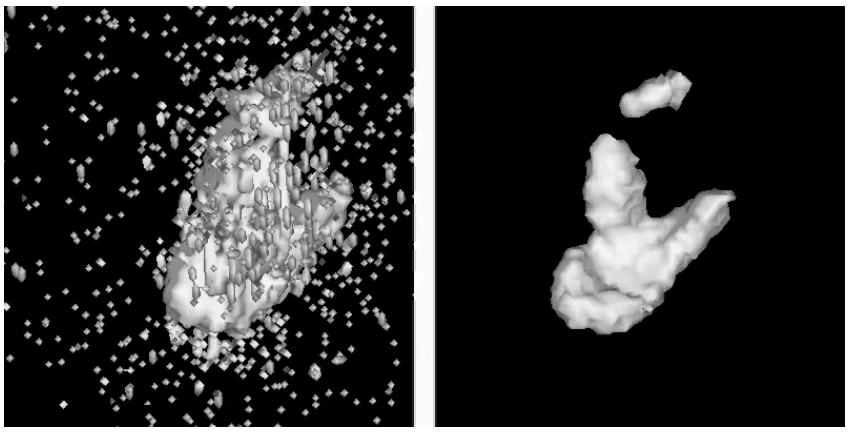
Şekil 7. Bir kaçak maddenin floroskopik görüntüsü

Şekil 8'de lazer film tarayıcısı ile bilgisayar ortamına aktarılmış bir kaynak dikişinin radyografik görüntüsü üzerinde hata derinliği ölçüm işlemi gösterilmiştir. BASF programı yardımıyla herhangi bir hatanın film düzlemi üzerindeki görüntüsünden uzunluğu ve genişliği, yoğunluğundan da radyasyon demeti yönündeki boyutu tespit edilebilmektedir.



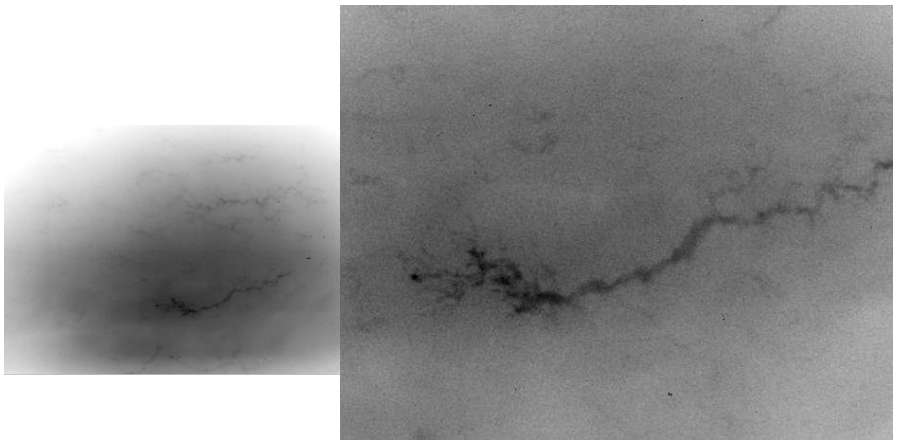
Şekil 8. Kaynak dikişindeki hata derinliğinin ölçülmesi

BASF programı özel filtrelemeler uygulayarak hem saçılan radyasyonun neden olduğu gürültüleri elimine edip kontrastı artırma hem de hatayı ana malzemeden ayrı bağımsız bir görüntü olarak verme imkanı sağlamaktadır. Şekil 9'da bir cürufun radyografik görüntüsünün gürültü giderme işleminden önceki ve sonraki hali görülmektedir. Şekil 10'da ise bir döküm çatlağının gürültü giderme işleminden önceki ve sonraki durumu görülmektedir.



a b

Şekil 9. Bir cüruf görüntüsünün filtrelemeden önceki (a) ve sonraki (b) hali



a b

Şekil 10. Çatlak görüntüsünün filtrelemeden önceki (a) ve sonraki büyütülmüş (b) hali

SONUÇ

Önceleri tıpta radyodiagnostik alanında yaygın olarak kullanılan dijital radyografi teknikleri endüstriyel alanda da yaygınlaşmaya başlamıştır. Dijital radyografi aşağıda sıralanan önemli avantajlarıyla ileri tahribatsız test teknikleri içindeki yerini almıştır:

- Anında görüntü alma,
- Sonradan görüntüleme sistemlerinde kısa ışınlama süresi,
- Saçılan radyasyonun neden olduğu gürültünün filtreleme yoluyla giderilerek kontrastın artırılması,
- Kenar dedeksiyonu yöntemi ile hata belirtilerinin malzeme görüntüsünden ayrı olarak gösterilebilmesi,
- Düzlemsel dedektörlerde yüksek lineerlik,
- Üç boyutlu hata değerlendirmesi,
- Bilgisayar ortamında arşivleme ve elektronik ortamda iletim
- Görüntü büyütme,
- Sistemlerin dinamik olarak kullanılabilmesi
- Zamandan, filmden ve karanlık oda donanımlarından tasarruf.

Dijital radyografi tekniğinin aşağıda verilen dezavantajları vardır:

- Görüntü alma sistemleri saçılan radyasyona karşı duyarlıdır,
- Ayırma gücü klasik film radyografisine göre biraz daha düşüktür,
- Düşük enerji bölgesinde yüksek hassasiyet gösterirler,
- Özel personel eğitimi gerektirir,
- Donanımlar daha pahalıdır,
- Test standartları henüz tamamlanmamıştır.

Gelişmiş ülkelerde kullanılan dijital endüstriyel radyografi, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Endüstriyel Uygulama Bölümü Tahribatsız Test Laboratuvarlarında da floroskopi ve dijital film tarama teknikleri ile kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde genelde boru kaynak dikişlerinin on-line kontrolünde real-time floroskopi olarak kullanılan dijital radyografi tekniklerinin radyografik

kontrolün kullanıldığı diğer sektörlerde de yaygınlaştırılmasında, güvenilir ve çağdaş bir teknoloji kullanma açısından yarar vardır.

KAYNAKÇA

1. U. Ewert, “Upheaval in Industrial Radiology”, NDT.net, Dec. 2002, Vol.7, No.12.
2. Radioskopie, RS1, DGZfP Unterlagen, Ausgabe 1997.
3. Radioskopie, RS2, DGZfP Unterlagen, Ausgabe 1996.
4. U.Ewert, U.Zscherpel, “A New Computer Based Concept for Digital Radiographic Reference Image”, NDT Net, Dec. 2002, Vol.7, No.12.
5. B.Munier, J.M. Casagrande and A. Koch, “High Resolution Digital Flat Panel Detector for NDT”, NDT Net, Dec.2002, Vol.7, No.12.
6. “Digital Radioscopy in Industrial Applications”, Report of the IAEA Consultant’s Meeting, Vienna, 6-9 July 1998 .