

SPIRAL KAYNAKLI ÇELİK HAT BORULARININ KAYNAK DİKİŞLERİNİN RADYOSKOPIK TEST YÖNTEMİ İLE MUAYENESİ

Ülkü AKIN* ve Murat NURLU*

* Borusan Mannesmann Boru Sanayi ve Tic. AŞ-İzmit
uakin@borusan.com, mnurlu@borusan.com

ÖZET

Gelişen boru imalat teknolojisi ve artan müşteri beklentileri boru üreticilerini hızlı, hassas ve borunun güvenilirliğini garanti edecek tahribatsız muayene yöntemlerini kullanmaya itmektedir. Bu makale de Borusan Mannesmann Boru Fabrikasında üretilen spiral çelik hat borularının kontrolünde kullanılan Radyoskopik Muayene Tekniğinin temel özellikleri, kullanımı ve sistemin performansı anlatılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Radyoskopik test, Çelik hat borusu, Görüntü kalitesi,

THE INSPECTION OF WELD SEAM OF SPIRAL STEEL LINEPIPE BY RADIOSCOPIC TEST METHOD.

Ülkü AKIN* and Murat NURLU*

* Borusan Mannesmann Pipe Industry -İzmit
uakin@borusan.com, mnurlu@borusan.com

ABSTRACT

Improving pipe manufacturing technology and growing customer demands, are pushing the Pipe Manufacturers to the non- destructive methods which are fast, sensitive and able to guarantee reliability of the pipes. In this article basic principles, usage and system performance of the radiosopic technique, which had been used for controlling of the spiral steel pipes manufactured in Borusan Mannesmann Pipe, had been described.

Keywords: Radioscopic test, Steel linepipe, Image quality,

1. GİRİŞ :

Radyoskopik muayene; kontrol edilecek parçadan geçen X-ışınlarının bir alıcı vasıtasıyla görüntünün anında bir monitör veya ekran üzerinde oluşturulması yöntemi ile yapılan bir test metodudur. Görüntü, radyografik test metodunda olduğu gibi film üzerinde oluşturulmayıp anında oluşturulduğu için radyoskopi genel olarak gerçek zamanlı görüntülü test metodu olarak adlandırılır.

2. RADYOSKOPIK TEST METODUNUN TEMEL ÖZELLİKLERİ:

Genel olarak bakıldığında radyografi ile radyoskopik test arasında üç temel farklılık bulunmaktadır:

- Pozlama, X-ışınına maruz kalma süresi
- Görüntü oluşturma ve kayıt tekniği
- Test mekaniği

2.1. Pozlama, X-ışınına maruz kalma süresi:

Film tekniğinde, görüntünün film üzerinde oluşturulabilmesi için filmin belli bir süre X-ışınlarına maruz kalması gerekmektedir. Bu süre test koşullarına göre değişmekle beraber dakika ile belirlenmektedir. Radyoskopide ise bu süre mili saniyeler seviyesindedir.

2.2. Görüntü oluşturma ve kayıt tekniği:

Radyografik ve radyoskopik test yönteminin her ikisinde de değerlendirme, film veya monitör üzerinde elde edilen görüntüde görsel olarak yapılmaktadır. Dolayısıyla doğru bir değerlendirme için görüntü kalitesi oldukça önem taşımaktadır. Radyoskopik test de görüntü kalitesi şu faktörlere bağlıdır;

- X-Ray tüpünün odak boyutu
- Görüntünün büyültme miktarı
- Alıcı sisteminin performansı.

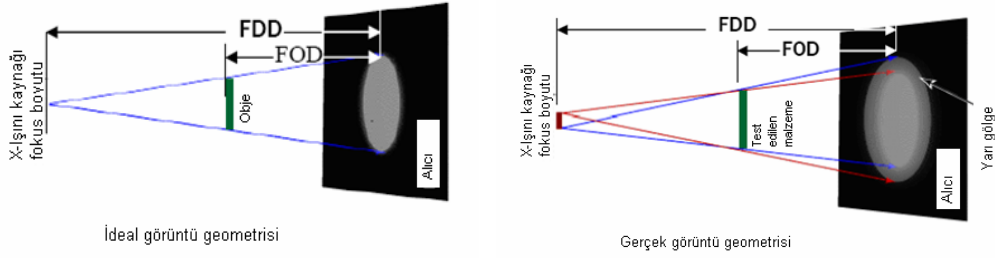
Alıcı sistemin performansı ise,

- Görüntü güçlendiricinin kalitesi
- Kamera
- Monitör
- Sistemdeki diğer bileşenler ile doğrudan ilgilidir.

Bu faktörlere ilave olarak, test tekniğinde sayısal görüntü oluşturma ve bilgi işleme teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak; çeşitli görüntü işleme programlarının kullanımı, görüntünün kolayca büyütülmesi ve küçük odak boyutlu X-Ray tüplerinin kullanımı ile görüntü kalitesinde önemli gelişmeler sağlanmaktadır.

Görüntü oluşturmada geometrik ilişkiler:

Radyoskopik test sisteminde görüntü oluşturmada geometrik düzenek film radyografiye göre farklılık göstermektedir. Radyoskopik test sisteminde, film radyografisinin tam tersi olarak alıcı ile test edilen malzeme arasında belli bir mesafe olmak zorundadır. Bu mesafenin olması görüntünün geometrik olarak büyütülmesini sağlamakla ve X-ışını tüpünün odak boyutuna bağlı olarak ta görüntünün kenarlarındaki yarı gölgelerin daha fazla artışına neden olmaktadır. Aşağıdaki resimlerde radyoskopik testteki geometrik ilişkiler gösterilmiştir.



Görüldüğü gibi ideal görüntü geometrisi için temel koşul, X-ışını kaynağının nokta şeklinde olmasıdır. X-ışını cihazlarının tümünde belli miktarlarda odak boyutu olduğu için, gerçek görüntü geometrisi aşağıdaki çizimde olduğu gibidir. Buradan da görüleceği gibi odak boyutu görüntüdeki yarı gölge miktarını değiştirerek görüntünün keskinliğini son derece etkilemektedir.

Geometrik büyültme:

Görüntünün fiziksel özellikleri; görüntünün çözünürlüğü ve büyüklüğü ile ilgilidir. Radyoskopik test de görüntünün çözünürlüğü filme göre daha düşüktür. Çözünürlükteki bu dezavantaj, görüntünün geometrik olarak büyütülmesi ile bir miktar önlenmektedir.

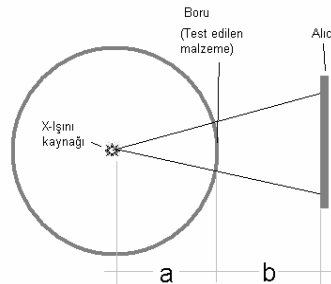
Büyültme miktarı genellikle küçük detayların tespit edilmesinde oldukça yararlıdır. Ancak büyültme miktarının artışı görüntü çözünürlüğünün azalmasına etki ettiği de unutulmamalıdır. Yapılan çalışmalarda ideal büyültme oranının 2,0 olduğu tespit edilmiştir. Büyültme miktarı şu bağıntı ile hesaplanır:

$$M = (a + b) / a \quad (1)$$

M=Büyültme

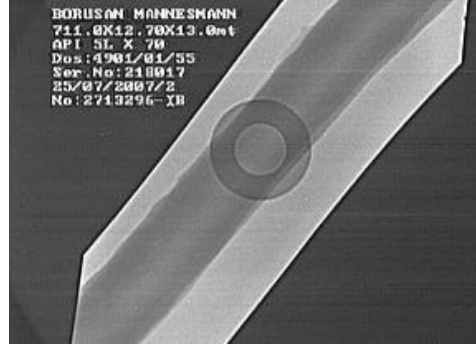
a= X-ışını kaynağı ile test edilecek malzeme arasındaki mesafe

b = Test edilen malzeme ile alıcı arasındaki mesafe.



Şekil 1- Test sisteminde geometrik ilişkilerin şematik görüntüsü

Borusan Mannesmann uygulamasında büyültme oranı boru dış çapına bağlı olarak 1,7 – 2,3 arasında değişmektedir. Büyültmenin kontrolü çapı 20 mm olan bir mıknatıs yardımıyla yapılmaktadır.

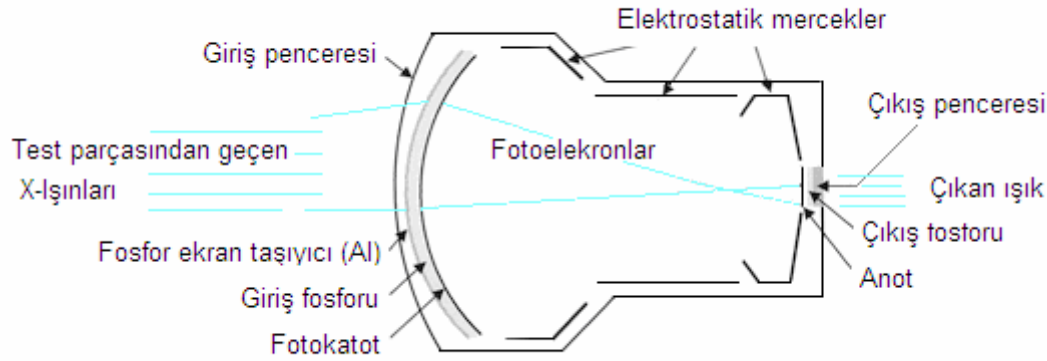


Şekil 2- Büyültme miktarı 1.7X.

Görüntü güçlendirici:

RTR de görüntü elde etmek için görüntü güçlendirici elektronik dedektörler kullanılır. Görüntü güçlendirici, bir yüzü Ces (Sezyum iyodit) gibi flouresan malzeme ile kaplı vakumlanmış bir cam tüpten oluşur.

Görüntü güçlendirici tüplerin genel çalışma prensibi, test edilen malzemeden geçen X-ışınlarındaki fotonu elektrona çevirmesi, hızlandırması ve elektronların görünür ışığa dönüştürülmesinden ibarettir. Daha sonra bu görünür ışık bir kamera vasıtasıyla algılanarak elektronik sinyale (video sinyali) dönüştürülür.



Şekil 3- Gerçek zamanlı görüntü güçlendiricinin çalışma prensibi.

Kamera:

Kontrol edilen parçadan geçen X-ışınlarının görüntü güçlendirici elektronik detektör vasıtasıyla görünür ışığa çevrilmesinin ardından; görünür ışık, video sinyallerine çevrilerek görüntünün monitör üzerinde izlenmesi sağlanır. Görünür ışığın video sinyallerine dönüştürülmesi kamera vasıtasıyla yapılır. Bu amaçla son yıllarda daha yaygın olarak CCD kameralar kullanılmaktadır.

CCD kameraların çalışma prensibi, kamerada bulunan yarı iletken çipler gelen ışığı ışığın miktarına göre akım ve voltaja çevirmesinden ve bu farklı akım ve voltajı monitöre göndermesinden ibarettir.

Monitör :

Kamera vasıtasıyla farklı akım ve voltaja çevrilen ışınlar monitör de analog görüntüyü oluşturur. Elde edilen görüntünün çözünürlüğü ve kontrast çok önemli olduğu için, oluşan bu analog görüntü yeterli olmamaktadır. Dolayısıyla elde edilen bu analog görüntü, daha detaylı ve hassas incelenmek üzere bir bilgisayar yardımıyla sayısal görüntüye dönüştürülür ve bilgisayar ortamında muhafaza edilecek duruma getirilir.

2.3. Görüntü kalitesi ve görüntü işleme teknikleri:

Radyoskopik test sisteminde elde edilen görüntünün kalitesi, kullanılan görüntü güçlendirici sistemin çözünürlüğü ile doğrudan ilgilidir. Genel olarak bu test tekniğinde kullanılan görüntü güçlendirici sistemlerinde elde edilen çözünürlük değerleri 2-4 LP/ mm arasındadır.

Radyoskopik test sisteminin hassasiyeti etkileyen faktörler şunlardır:

- Giriş ekranındaki gereksiz sezyum iyoditler
- Giriş ekranın fosfor tabakasının kalınlığı ve fosforların tane boyutu
- Görüntü güçlendiricide gelişmiş güzel bulunan piksel yarı gölgeleri

Küçük tane boyutu ve daha ince fosfor tabaka kalınlığı daha yüksek çözünürlük sağlamasına karşın, daha az ışık üretir. Gelen radyasyonun ışığa dönüşme verimliliği, gelen radyasyonun enerjisine bağlıdır. Genel olarak yüksek seviyelerdeki radyasyonda ışığa dönüşme verimi daha azdır.

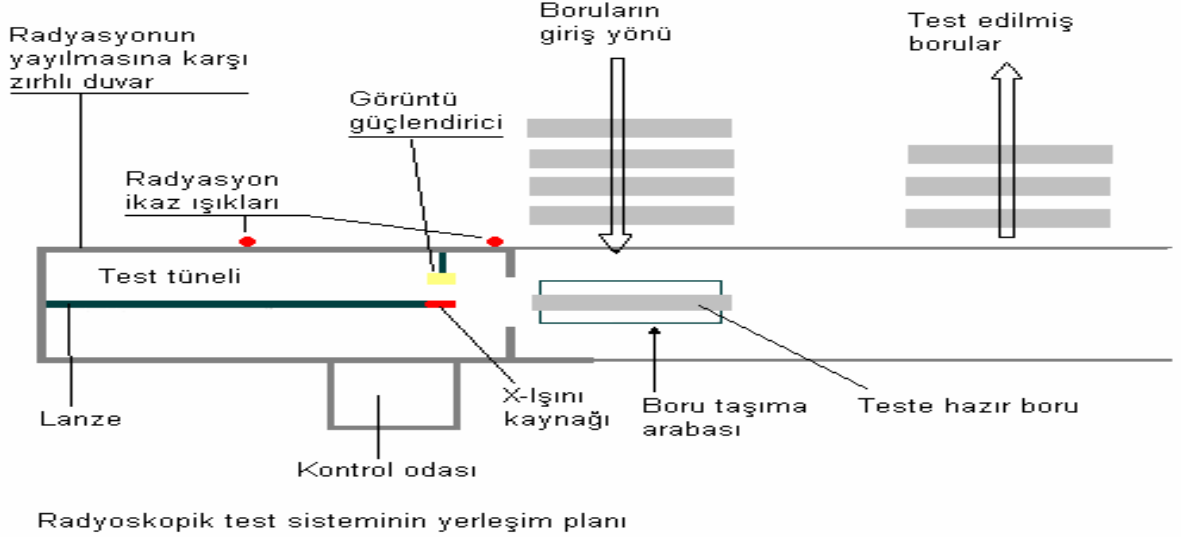
Radyoskopik test tekniğinde görüntü kalitesini arttıran bilgisayar programlarının kullanılmasıyla, daha kullanışlı görüntülerin alınmasına olanak sağlanmıştır. Bu durum özellikle, daha önce monitör üzerinde orijinal görüntüde tespit edilemeyen hataların tespit edilebilir hale gelmesi açısından önemlidir. Görüntü işleme tekniklerinin kullanılması ve bu tekniklerdeki sürekli gelişmeler sonucu radyoskopi ile film radyografisi arasındaki hassasiyet farkı da azalmaktadır. Aşağıdaki tabloda film radyografisi ve farklı radyoskopik test uygulamalarının özellikleri karşılaştırılmalı olarak verilmektedir.

	Film Radyografi	Geleneksel Radyoskopi	Görüntü işleme uygulanarak yapıla Radyoskopi
Çözünürlük	0.1 - 0.06 mm	0.5 - 0.25 mm	0.5- 0.25 mm
Kontrast	1 - 2%	3 - 4%	0.5 - 1%
Hız	5-15 dak / film	Anında görüntü	1-30 sn/görüntü
Test düzeneği	sabit	esnek	
Görüntü geometrisi	Büyültme : 1:1 Odak boyutunun etkisi az	Büyültme : 1:1.5 veya daha fazla. Odak boyutunun etkisi çok fazla	

Tablo 1- Radyoskopi ile film Radyografinin görüntü özelliklerinin karşılaştırılması

2.4. Test mekaniği

Test mekaniği açısından bakıldığında ise; film radyografisi statik test metodu iken radyoskopik test mekanize hale getirilerek sürekli ve dinamik test olanağı sağlamaktadır. Boru kontrolü için tasarlanan bir Radyoskopik test sisteminin genel çerçevesi aşağıdaki resimde gösterilmektedir:



Şekil 4- Radyoskopik test sisteminin şematik görüntüsü.

3. Muayene sisteminin performansı:

Radyoskopik muayene sisteminin performansını etkileyen faktörler ASTM E 1255 normunda tanımlanmıştır. Sistemin performansı, sistemde bulunan tüm bileşenlerinin performansının tespit edilmesi ile yapılır. Bu bileşenler şunlardır:

- X-ışını tüpü
- Dinamik test için mekanik hareket sistemi
- Alıcı sistem
- Bilgi işleme sistemi
- Monitor
- Muayene kayıtlarının arşivleme sistemi

Bu bileşenlerden; X-ışını tüpü, alıcı sistem ve monitörün kullanım ömürleri mevcuttur. X-ışını tüpü kullanım süresine bağlı olarak görüntü kalitesine olumsuz etki yapmamaktadır. Çalıştığı sürece aynı kalitede X-ışını üretmektedir. Bu karşın alıcı sistem ve monitörün özelliklerinde, kullanım süresine bağlı olarak, azalma meydana gelerek görüntü kalitesini olumsuz etkilemektedir.

3.1. Performansın tespiti :

Muayene sisteminin performans ölçümü ile ilgili kriterler ASTM E 1411 standardında öngörülen kurallar esas alınarak yapılmaktadır. Sistemin performansının belirlenmesinin temelinde çözünürlük ve kontrast ölçümünün yapılması esas alınmaktadır.

Kontrast ölçümü için, muayene edilen malzeme ile aynı özelliği taşıyan en ince ve en kalın et kalın et kalınlıklarını temsil edecek şekilde hazırlanan merdiven bloğu kullanılır. Merdiven bloklarındaki basamaklar; et kalınlığının %97, %98, % 99 ve % 100 üne eşdeğerdir. Dolayısıyla kontrast seviyesi %1 hassasiyetle belirlenmektedir.

Çözünürlük, EN 462-5 normuna göre üretilen çift telli penetrametreler kullanılarak LP/mm (line pair/mm) olarak belirlenir. Bu tür penetrametrelerin yapısı, çapları aynı ve aralarında bir çap kadar mesafe olan tel çiftleri şeklinde üretilmektedir. İki telin ayrı olarak görüldüğü tel numarası çözünürlüğü ifade eder. Penetrametre, alıcının önüne yatay ve dikey pozisyonda yerleştirilerek her iki doğrultudaki çözünürlük ayrı ayrı canlı ve işlenmiş görüntü için tespit edilmektedir.

Örneğin, kontrol sonucu 2,8 LP/mm olarak tespit edilmiş ise, bu bize 1 mm lik mesafede en fazla 2,8 tel çiftinin ayır edildiğini vermektedir. Bu değer eş değer hata olarak boyutu ise, yaklaşık 0,18mm'dir. Dolayısıyla, bu bize en fazla 0,18 mm boyutundaki bir hatanın ayırt edilebileceğini ifade eder.

Performans ölçümlerinde kullanılan çift telli penetrametre şekil 5'de gösterilmektedir.



Penetrametrenin özelliği :

Ölçüm sahası : 0,6 LP/mm – 5,0 LP/mm

En ince tel çapı : 0.05 mm

Malzeme : Kurşun

Şekil 5- Çift telli penetrametre

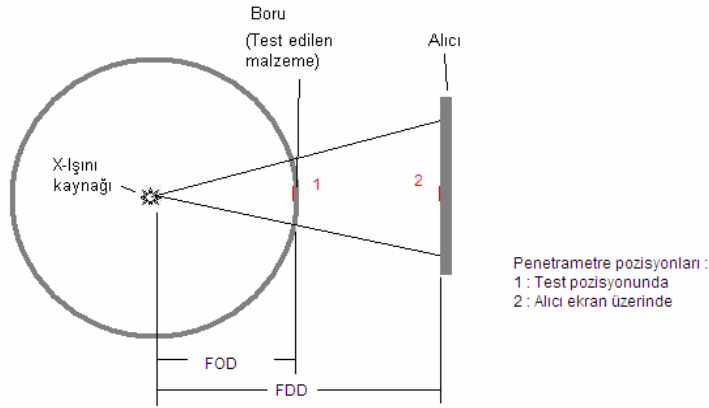
3.2. Performans ölçümleri:

İlgili standarda göre; çözünürlük, kontrast ve görüntü performans değerleri tespit edilir. Çözünürlük için penetrametre alıcı ekran üzerinde ve test pozisyonunda olmak üzere yatay ve düşey doğrultudaki değerler tespit edilir. Kontrast ölçümleri; 4,5 mm ve 17,5 mm kalınlığında ve %1 hassasiyetinde olan merdiven blokları kullanılarak yapılır.

Görüntü performansı için ise, gerçek test koşulunda, sistemde kontrol edilen ince ve kalın et kalınlığına sahip borular üzerinde telli penetrametreler kullanılarak yapılır. Tüm ölçümler, canlı görüntü ve işlenmiş görüntüdeki değerler tespit edilecek şekilde, her hangi bir gereksinim olmadığı sürece yılda bir kez yapılması yeterlidir.

Borusan Mannesmann Boru-İzmit fabrikasında mevcut sistemlerin performans kontrollerinde elde edilen değerler aşağıdaki tablolarda verilmektedir. Genel durum şöyle özetlenebilir:

- Çözünürlük değerleri : 2,5 – 2,8 LP/mm (Eş değer hata boyutu 0,18 – 0,20 mm)
- Kontrast hassasiyeti : % 1
- Görüntü hassasiyeti : Test edilen malzemenin et kalınlığına bağlı olarak % 1.1 – 1.3 arasındadır.



Şekil-6 : Performans kontrolü-Geometrik parametreler

Çözünürlük Ölçümleri :

Penetrant alıcı ekran üzerinde

Cihaz no	FOD	FFD	Görüntü modu	Yatay		Dikey		Görüntü modu	Yatay		Dikey	
				LP/mm	Eş değer hata boyutu (mm)	LP/mm	Eş değer hata boyutu (mm)		LP/mm	Eş değer hata boyutu (mm)	LP/mm	Eş değer hata boyutu (mm)
2		425	normal	2,2	0,23	3,1	0,16	Mode 1	2,0	0,25	2,2	0,23
3		425	normal	2,2	0,23	2,8	0,18	mode 1	2,0	0,25	2,2	0,23
4		425	normal	2,0	0,25	2,2	0,23	Mode 1	2,0	0,25	2,5	0,20

Penetrant boru kontrol pozisyonunda

Cihaz no	FOD	FFD	Görüntü modu	Yatay		Dikey		Görüntü modu	Yatay		Dikey	
				LP/mm	Eş değer hata boyutu (mm)	LP/mm	Eş değer hata boyutu (mm)		LP/mm	Eş değer hata boyutu (mm)	LP/mm	Eş değer hata boyutu (mm)
2	385	425	normal	2,2	0,23	2,8	0,18	Mode 1	2,2	0,23	2,5	0,20
3	280	425	normal	2,8	0,18	2,5	0,20	mode1	2,5	0,20	2,5	0,20
4	385	425	normal	2,2	0,23	2,8	0,18	Mode 1	2,2	0,23	2,5	0,20

Tablo 1- Çözünürlük tespiti

Kontrast Ölçümleri :

(% 1 hassasiyetli merdiven bloğu ile)

Cihaz no	Görüntü Modu	Nominal Et kalınlığı mm	Kv	mA	Kontrast Hassasiyeti (%)	Görüntü Modu	Kontrast Hassasiyeti (%)
2	Normal	4,5	90	4	1	Mod 1	1
3	Normal	4,5	87	3	1	Mod 1	1
4	Normal	4,5	75	3	1	Mod 1	1
2	Normal	17,5	159	4	1	Mod 1	1
3	Normal	17,5	175	3	2	Mod 1	1
4	Normal	17,5	127	3	1	Mod 1	1

Tablo 2- Kontrast ölçümü

Görüntü performansı :

(Test pozisyonunda)

Cihaz no	Görüntü modu	FOD	FDD	Ort. Büyütlme FDD/FOD	Et kalınlığı mm	Kv	mA	Penet. tipi	Görülen en ince		Hassasiyet %	Görüntü modu	Görülen en ince		Hassasiyet %
									Tel çapı mm	Tel çapı mm			Tel çapı mm	Tel çapı mm	
2	Normal	385	425	1,1	4,5	90	4	10 / 16	5	0,16	2,1	Mode 1	7	0,1	1,3
3	Normal	280	425	1,5	4,5	87	3	10 / 16	5	0,16	2,1	Mode 1	7	0,1	1,3
4	Normal	385	425	1,1	4,5	75	3	10 / 16	6	0,125	1,7	Mode 1	7	0,1	1,3
2	Normal	385	425	1,1	17,5	159	4	6 / 12	6	0,32	1,4	Mode 1	7	0,25	1,1
3	Normal	280	425	1,5	17,5	175	3	6 / 12	6	0,32	1,4	Mode 1	7	0,25	1,1
4	Normal	385	425	1,1	17,5	127	3	6 / 12	6	0,32	1,4	Mode 1	7	0,25	1,1

Tablo 3- Görüntü performansı

4. Çelik hat borusu üretim standartlarının NDT talepleri ve BMB uygulaması:

Doğal gaz ve petrol boru hatları için üretilen çelik hat borularının üretim standartları ve NDT ile ilgili talepleri tablo 4'de özetlenmiştir. Standartların taleplerinde kaynak dikişinin muayenesi için genel talep Ultrasonik muayene olarak karşımıza çıkmaktadır. Muayenenin yeri konusunda API 5L üreticiye bırakırken EN 10208-2 normu, hidrostatik basınç testinden sonra olmasını öngörülmektedir.

Otomatik Ultrasonik test metodu ile kontrolde boru uçlarında doğal olarak kontrolsüz bir mesafe oluşmaktadır. Bu bölgelerin de kontrolü için ise, uygunluk durumuna göre, radyografik muayene veya manuel ultrasonik test öngörülmektedir.

Ultrasonik test ve boru uçlarındaki kontrolsüz mesafe için öngörülen radyografik muayene yerine müşteri ile karşılıklı mutabakata varılması durumunda radyoskopik muayene kabul görmektedir. Buradaki koşul ise yapılacak muayenenin radyografik muayenede öngörülen hassasiyetleri sağladığının kanıtlanmasıdır.

		API 5L 43 rd edition	API 5L 44 th Edition & ISO 3183:2007 (modified), pipeline and natural gas industries- steel pipe for pipeline transportation systems		EN 10208-2 :1996 Steel pipes for pipelines for combustible fluids - Technical delivery conditions Part 2. pipes of requirements class B	Borusan Mannesmann Boru Uygulaması		
			ANNEX E - Non-Destructive inspection for other than sour service or offshore service	ANNEX K - Non-Destructive inspection for sour service and/or offshore service	ANNEX D - Non-destructive testing			
Test cihazı yeri		Üreticinin tercihine göre	Üreticinin tercihinine göre	Üreticinin tercihinine göre	hidrostatik testten sonra	Kaynak sonrası	HST sonrası	RT sonrası
Spiral kaynak	enine	UT veya RT ^{*)} veya RTR ^{*)}	UT veya RT ^{*)} veya RTR ^{*)}	UT	UT veya RTR ^{*)}	UT	RTR	UT
	boyuna							
Laminasyon	Gövde	UT	UT	UT	UT	UT		
	Haz	UT	UT	UT	UT	UT		
Boru ucu	laminasyon	UT	UT	UT	UT			UT
	kontrolsüz kaynak	UT veya RT ^{*)} veya RTR ^{*)}	Manuel UT veya RT ^{*)} veya RTR ^{*)}	UT veya RT	UT veya RT veya RTR ^{*)}		RTR	
	iç ve dış kaynak ve/veya K.Ağzı alın yüzeyi			MT ^{*)}	MT ^{*)}			MT ^{*)}
Uç kaynak		UT veya RT ^{*)} veya RTR ^{*)}	UT veya RT ^{*)} veya RTR ^{*)}	UT T-bölgeleri : RT	UT veya RT T-bölgeleri : RT veya RTR ^{*)}	Uç kaynaklı boru verilmiyor		
Tamir kaynakları		UT veya RT ^{*)} veya RTR ^{*)}	UT veya RT ^{*)} veya RTR ^{*)}	UT veya RT	UT veya RT veya RTR ^{*)}		RTR	UT ve MT

UT - Ultrasonik test

RT - Radiografik test

RTR - Radioskopik test

MT - Manyetik parçacık testi

^{*)} Karşılıklı anlaşma ile

Tablo 4- Yaygın olarak kullanılan çelik hat boru üretimi standartlarının NDT talepleri .

BMB daki NDT faaliyetleri; standart olarak kaynaktan hemen sonra gerçekleştirilen UT ile hidrostatik basınç testten sonra gerçekleştirilen radyoskopik test ile kombine edilerek yapılmaktadır. Dolayısıyla tüm kaynak dikişi hem UT hem de radyoskopik yöntemi ile %100 kontrol edilerek kalite güvenilirliği üst seviyelere çıkartılmaktadır.

Ultrasonik test sırasında gösterge alınan yerler otomatik olarak boya ile işaretlenerek radyoskopik muayenede, bu bölgeler statik durumda ve çeşitli görüntü iyileştirme filtreleri kullanılarak daha hassas incelenerek karar verilmektedir. Görüntünün iyileştirmesi ile % 1,1 gibi yüksek hassasiyet seviyelerine ulaşılmaktadır.

Sisteme ilave edilen kameralar vasıtasıyla, radyoskopik sistemden elde edilen kaynağın görüntüsüne ilave olarak aynı bölgede kaynağın dış ve iç görüntüleri de elde edilerek gerektiğinde operatörün görsel olarak incelenmesine de olanak sağlamaktadır. Diğer tüm üretim, test ve muayene kayıtlarında olduğu gibi bu kayıtlar da merkezi veri toplama sistemi ile on-line bağlantılıdır. Gerektiğinde internet ortamından sisteme ulaşılarak anında izleme olanağı bulunmaktadır.

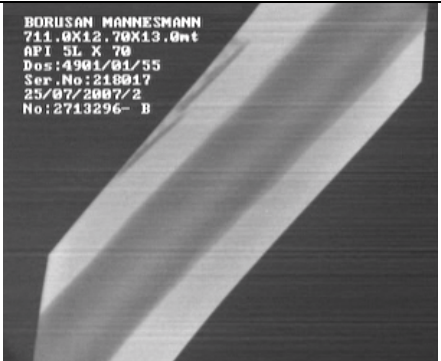
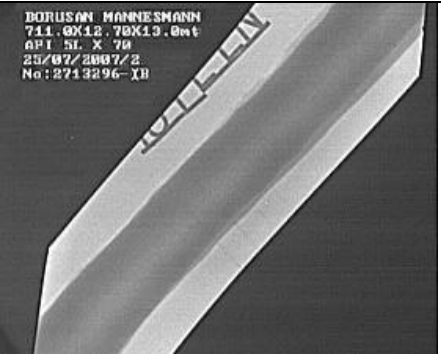
Hidrostatik basınç testi sonrası özellikle Ultrasonik test talep edilmesi durumunda, radyoskopik muayeneden hemen sonra yapılan otomatik ultrasonik test ile bu talep karşılanmaktadır.

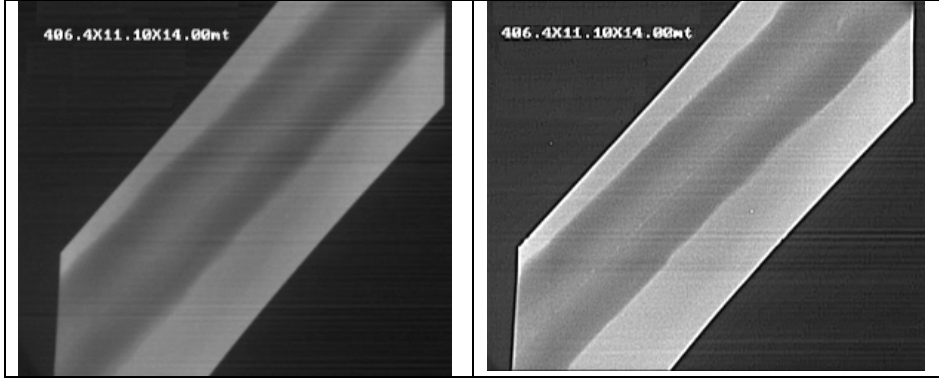
Bu durumda, test akışı aşağıdaki sırada olmaktadır;

Kaynak → Otomatik UT (gövde + HAZ laminasyon ve kaynak dikişi) →
Hidrostatik basınç testi → Radyoskopik muayene → Otomatik UT (kaynak dikişi) →
Manuel NDT (UT Boru ucu laminasyon ve/veya UT boru ucu kaynak ve MT boru ucu)

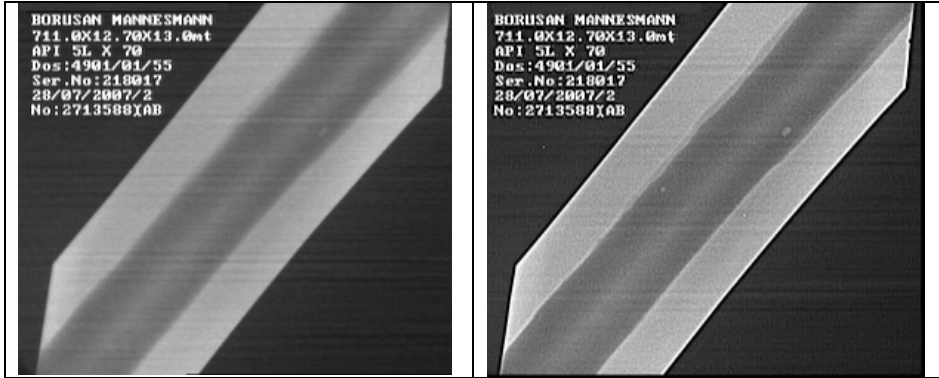
5. Canlı görüntü ile işlenmiş görüntü karşılaştırması

Radyoskopik muayenede canlı ve işlenmiş görüntüler karşılaştırmalı olarak aşağıda verilmektedir. Görüleceği gibi, görüntünün işlenmesi ile görüntü performansı önemli ölçüde iyileşmektedir.

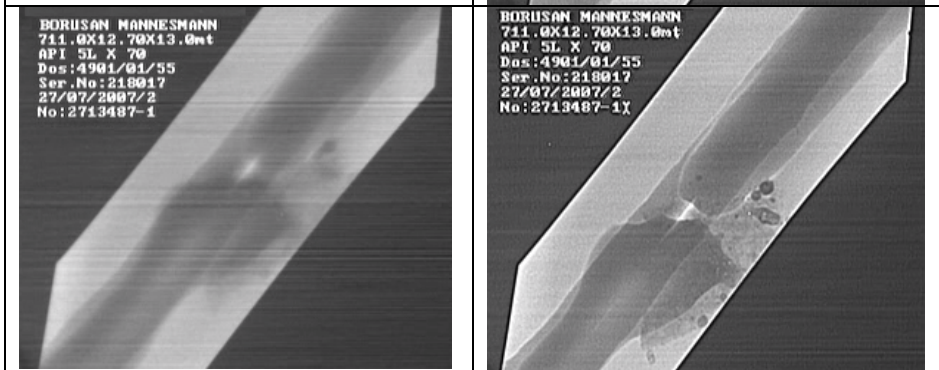
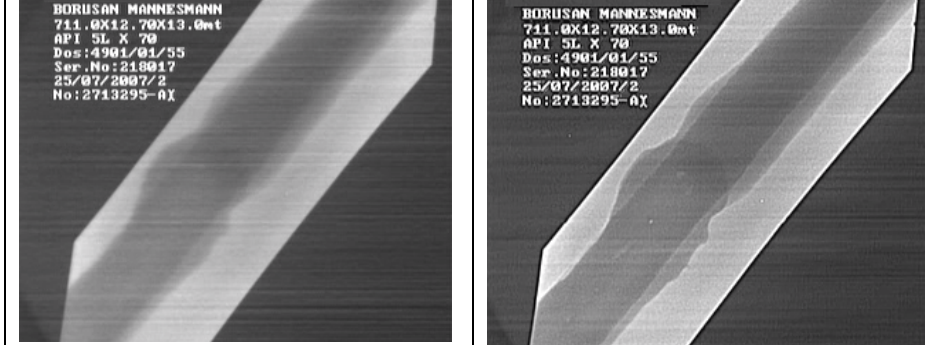
Canlı görüntü	İşlenmiş görüntü
	
İşlenmiş görüntüde 13. tel gözükmemektedir. Dolayısıyla hassasiyet = % 1,1 dir.	



Canlı ve işlenmiş görüntüde nüfuziyet noksanlığının görüntüsü.



Gözenek- Canlı ve işlenmiş görüntüsü.



Duruş noktasında oluşan hatanın canlı ve işlenmiş görüntüsü.

6. Sonuç:

Gelişen boru imalat teknolojisi ve artan müşteri beklentileri, boru üreticilerini hızlı, hassas ve borunun güvenilirliğini garanti edecek tahribatsız muayene yöntemlerini kullanmaya itmektedir. Görüntü oluşturma ve görüntü işleme tekniklerindeki gelişmelere paralel olarak radyoskopik muayene tekniğide hızlı bir gelişim içine girmiştir. Bu teknolojik gelişmeler sayesinde, radyoskopik muayene tekniği görüntü hassasiyetinde büyük aşama kaydederek, ilgili tüm standartların radyografik muayene ile ilgili taleplerini fazlası ile karşılar duruma gelmiştir.

Radyoskopik Muayenede görüntü kalitesi ve hassasiyetin yanı sıra anında görüntü oluşturma özelliği ile üretim hızlarına uygun şekilde muayene olanağı da sağlamaktadır. Bu durum olası bir sistematik hata durumunda, üretime hızlı bir geri bildirim de sağlayarak önlemlerin zamanında alınmasına yardım etmektedir.

Boru uçları ve tamirlerin, DVD veya CD üzerinden kayıt altına alınıp kolaylıkla saklanabilmesi, sonradan çıkabilecek sorunlarda kolaylıkla geri dönülüp araştırma yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. DVD veya CD'lerin kolaylıkla kopyalanabilme özelliği, hem ultasonik kayıtların hem de radyoskopik muayene kayıtlarının kolaylıkla müşteriye verilebilmesine de olanak sağlamaktadır.

Bilindiği gibi, imalat prosesinde karşılaşılan hata türlerine göre, kontrol için hangi tahribatsız muayene yönteminin kullanılacağı belirlenmesi çok büyük önem taşımaktadır. Tek bir test tekniği kullanılarak yapılan muayene ile imal edilen borunun % 100 güvence altına alınamayacağı açıktır. Otomatik toz altı kaynağı ve manuel yapılan tamir kaynaklarında, karşılaşılan hata türleri dikkate alındığında, tüm kaynak dikişlerinin ultrasonik muayenenin yanı sıra radyoskopik muayene tekniği ile de muayene edilmesi ortaya çok daha güvenli bir ürün çıkmasını sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

1. Kiesl, Denis "Radiography-Radioscopy a technology comparison" Asia Pacific Conference on NDT, 5th-10th Nov.2006-Auclan, Newzealand.
2. M.Purschke "Radioscopy-The prevent Inspection Technique of the Future"
3. A. Prosch and B.Larson, "Real Time Radioscopy Course Notes for NDT students"
4. Richard S.Peugeot, "Real Time Radioscopic Examination" Peugeot Technologies Inc.
5. Th.Kersting, L. Oesterlein, Europipe Deutschland, Mülheim an der Ruhr (Germany);N. Schönartz, Mannesmann Forschungsinstitut, Duisburg (Germany) "Application of Filmless radiography during the production of large diameter pipes"
6. ASTM E 1000 – Standard Guide for Radioscopy
7. ASTM E 1255- Standard Practice for Radioscopy
8. ASTM E 1411- Standard Practice for Qualification of Radioscopic Systems
9. ASTM E 1647- Standard Practice for Determining Contrast Sensivity in Radioscopy.
- 10.API 5L – 43rd edition Specification for line pipe
- 11.EN 10208-2, steel pipes for pipelines for combustible fluids- Technical delivery conditions. Part 2-pipe of requirements class B.
- 12.API 5L, 44th edition Specification for line pipe+ISO 3183:2007 (Modified), Petroleum and natural gas industries-Steel pipe for linepipe transportation