

## **PETROL BORULARININ KAYNAKLARINDA RADYOGRAFİK MUAYENE YÖNTEMİNİN HATA TESPİT KABİLİYETİ**

Ali GÜRSEL\*

Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, 81620, Düzce, TÜRKİYE

**Özet-**Petrol borularının kaynaklı bölgesi, bütün kaynaklı birleştirmelerde olduğu gibi mukavemet açısından en kritik bölgedir. Boru hatlarının oluşturulmasında, kaynak işlemi; birincisi boru imalatında, ikincisi de imal edilmiş boruların montajı sırasında olmak üzere, iki aşamada gerçekleşmektedir. Boru imalatında toz altı ark kaynak yöntemi kullanılırken, montaj kaynaklarının tamamına yakını manuel ark kaynak teknikleri ile yapılmaktadır. Bu çalışmada boruların üretiminde uygulanan toz altı ark kaynağı ile dikişler çekilmiş ve kasıtlı dikiş hataları oluşturularak, bu hataların radyografik muayeneleri yapılmıştır. Radyografik muayenenin bir tekniği olan floroskopi yöntemiyle de incelemeler yapılmış, tespit edilen hatalar değerlendirilmiştir. Boruların imalat ve montajı esnasında radyografik muayene yönteminin uygun olduğuna, ancak şüpheli durumlarda farklı bir tahribatsız muayene yöntemiyle sonucun doğrulanmasına ihtiyaç duyulacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler-**Petrol boru hatları, kaynak hataları, tahribatsız muayene, radyografik muayene

## **DEFECT DETECTION CAPABILITY OF RADIOGRAPHIC TESTING ON PETROLEUM PIPE WELDS**

**Abstract-**Welded zone of the petroleum pipes, is the most critical part in terms of resistance like other weld joining. While construction of pipe lines, welding process is done in two steps, one of them is carried out during the manufacturing and the other is installation of the pipes in the land. In manufacture submerged arc welding is used and assembling is done by using manual welding techniques. In this study, weld seams were performed by using submerged arc welding and welding defects were formed intentionally, and these defects were tested by radiographic method. By using fluoroscopy which is one of the tecnic of radiographic methods, the defects were tested and the results were evaluated. It is concluded that these techniques are suitable for manufacturing and assembling of the pipes, but in case of doubt, it's needed to accurate by another non-destructive testing method.

**Keywords-**Petroleum pipe lines, welding defects, non-destructive testing, radiographic testing.

---

\* [aligursel@duzce.edu.tr](mailto:aligursel@duzce.edu.tr)

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Petrol taşıyan borular, yerine getirdikleri görev bakımından hassasiyet arz etmektedirler. Petrolün, ekonomik ve stratejik değeri, yanma ve patlama özelliği, petrol taşımacılığında kullanılan boruların da önem derecesini belirler. Boru hatları kendilerinden beklenen görevleri eksiksiz olarak yerine getirebilecek şekilde standartlara uygun olarak imal edilirler. Rulo halindeki saçların işlenerek petrol borusu haline getirilmesinde ve bu boruların birbirlerine eklenerek hat oluşturulmasında en önemli görevi, şüphesiz kaynaklı birleştirmeler görmektedir. Kaynak işlemleri esnasında bütün şartlar tam anlamıyla kontrol altına alınmadığından dolayı hatasız kaynak beklemek doğru olmaz. Çeşitli sebeplerle oluşan kaynak hatalarının önceden belirlenip gerekli önlemlerin alınması, hat borularının kendilerinden beklenen işlevleri yerine getirme açısından oldukça önemlidir [1].

Petrol boru hatlarında uygulanan kaynaklı birleştirmelerin radyografik muayenesi en yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir. Bu yöntemin kaynaklı birleştirmelerde hata tespit kabiliyetinin bilinmesi sağlıklı sonuçlar elde edilmesi açısından önemlidir.

### 1.1. Petrol Boruları (Petroleum Pipes)

Boru hattı tesislerinde kullanılan boruların kimyasal ve mekanik özellikleri standartlarla belirlenmiştir. Dünyada bu alanda en geçerli standart olan ve en önemli boru hattı tesisleri şartnamelerinin temelini teşkil eden standart API (American Petroleum Institute) tarafından hazırlanmıştır. API 5L'le göre, boru tesislerinde en çok kullanılan boruların kimyasal ve mekanik özellikleri Çizelge 1. ve Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Boru tiplerine göre kimyasal özellikler [2]  
(Chemical properties for pipe types)

Boru Tipi	%C		%M		%P	%s
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Max.
A25, CII	0.21	0.30	0.60	-	0.030	0.030
A25, CI II	0.21	0.30	0.60	0.045	0.080	0.030
A	0.21	-	0.90	-	0.030	0.030
B	0.26	-	1.15	-	0.030	0.030
X42	0.28	-	1.25	-	0.030	0.030
X46, X52	0.30	-	1.35	-	0.030	0.030
X46, X52 (Soğuk Çekme)	0.28	-	1.25	-	0.030	0.030
X56, X60	0.26	-	1.35	-	0.030	0.030
X65	0.26	-	1.40	-	0.030	0.030
X70	0.23	-	1.60	-	0.030	0.030
X80	0.18	-	1.80	-	0.030	0.018

**Çizelge 2.** Boru tiplerine göre mekanik özellikler [2]  
(Mechanical properties for pipe types)

Boru Tipi	Kabul Edilebilir Direnç Min.		Dayanabileceği En Son Gerilme Direnci Min.	
	PSI	Mpa	PSI	MPa
A25	25,000	(172)	45,000	(310)
A	30,000	(207)	48,000	(331)
B	35,000	(241)	60,000	(413)
X42	42,000	(289)	60,000	(413)
X46	46,000	(317)	63,000	(434)
X52	52,000	(358)	66,000	(455)
X56	56,000	(386)	71,000	(489)
X60	60,000	(413)	75,000	(517)
X65	65,000	(448)	77,000	(530)
X70	70,000	(482)	82,000	(565)
X80	80,000	(551)	90,000	(620)

API Spec.5L çizelgelerinde; min. 2.375 in. dış çap, 1.503in. iç çap, 0.083in. et kalınlığından, max. 80.000 in. dış çap, 78.876in. iç çap, 1.250in. et kalınlığına kadar, boru tipleri mevcuttur (Boru tipleri dış çaplarına göre sınıflandırılır. Buna göre çizelgelerde de; dış çaplar sabit, iç çap ve et kalınlıkları değişkendir) [2].

Petrol ve doğalgaz taşımacılığında kullanılan boruların ana malzemesi % 97 oranında sıcak haddelenmiş rulolardır [3]. Boru malzemesinin kimyasal özellikleri, et kalınlığı ve boru çapının genişliği üretimi zorlaştırmaktadır. Boru hatlarında mukavemet açısından beklentilerin yerine getirebilmeleri için büyük çaplı borular kaynaklı olarak üretilir. Büyük çaplı petrol boruları genellikle, tozaltı ark kaynağı ile spiral dikişli olarak üretilirler. [1,4,5]. Tozaltı kaynağı yüksek mukavemet sağlayan bir kaynak usulüdür. Bir paso ile 85mm, iki paso ile 180mm ve çok paso ile 300mm kalınlığına kadar kaynak yapma imkanı vardır [6]. Daha büyük çaplarda da bunlara ilaveten çift dikişe de yer verilmektedir. Hat borularının montajında borular hareket ettirilemeyeceğinden dolayı, hareketli olan kaynak arkıdır. 12 ila 18 metre uzunluğundaki boruların sahada her pozisyonda kaynak yapılabilmesine olanak veren manuel ark kaynak teknikleri tercih edilmektedir. Spiral dikiş; 114.3 mm (4½") ve daha büyük dış çaplara sahip olan borularda, çift dikiş ise; 914.4 mm (36") ve daha büyük dış çaplara sahip olan borularda kullanılır [2,7].

## 1.2. Kaynak Hataları (Welding Defects)

Kaynak kompleks bir teknolojidir ve kaynak kalitesi çok sayıda parametreye bağlıdır. Özellikle şantiye şartlarında tüm değişkenlerin kontrolü mümkün olmamakta veya zorlukla gerçekleştirilmekte ve çeşitli hata türlerinin oluşumuna meydan vermektedir. Milletlerarası Kaynak Enstitüsü (International Institute of Welding "IIW"), kaynak hatalarını aşağıdaki sınıflandırmaktadır [8,9]. Hatalar; Çatlaklar, Boşluklar, Kalıntılar, Yetersiz erime ve nüfuziyet azlığı, Dış yüzey hataları, Diğer hatalar (Yüzeydeki sıçramalar, yüzeydeki bölgesel yırtılmalar vb.) olmak üzere altı ana başlık altında toplanmıştır [6]. Hatalar, kaynak veya ısı tesiri altında kalan bölgede gerilmelerin bölgesel olarak yoğunlaşmasına ve hasarın düşük gerilmelerde bile gerçekleşmesine neden olur. Isı tesiri altında kalan bölgede meydana gelen hata türü sadece çatlaklardır. Kaynak hataları arasında oluşturdukları risk bakımından en önemli olanı çatlaklardır. Hata grupları içerisinde çatlaklar, laminasyonlar, yetersiz birleşme ve yetersiz doldurma gibi düzlemsel hatalar, üç boyutlu olanlara oranla daha büyük gerilim yoğunlaşmalarına neden olurlar [10]. Çatlak oluşumları sıcak ve soğuk çatlaklar şeklinde iki

grupta sınıflandırılmaktadır. Sıcak çatlaklar, katılaşıma sırasında sıcaklığın ergime sıcaklığı seviyesine geldiği durumlarda, soğuk çatlaklar ise katılaşıma tamamlandıktan sonra söz konusu olan iç gerilmeler sonucu oluşur [1]. En tehlikeli hata türü olarak kabul edilen çatlaklar bu çalışmada özel olarak ele alınmıştır.

### 1.3. Radyografik Muayene (Radiographic Testing)

Radyografik muayene, endüstride en yaygın olarak kullanılan tahribatsız içyapı muayenelerinden biridir. İyi uygulandığı takdirde çok verimli neticeler alabilmek mümkündür [10].

Bu çalışmada, hat borularının radyografik muayenesinde yaygın olarak kullanılan X ışınları radyografisi incelenmiş olup radyografik bir teknik olan ve üretim esnasında hızlı, uygulaması kolay, ekonomik ve %100 kontrol imkanı sunan floroskopi yöntemi de kullanılmıştır.

Radyografik duyarlılık olarak tarif edilen radyografik kaliteyi etkileyen faktörler, bu yöntemin kaynak muayenelerinde hata tespit kabiliyetlerinin belirlenmesine ışık tutacaktır. Film üzerindeki görüntüde malzeme içerisindeki en küçük yoğunluk farkını ayırt edebilme imkanını sağlayacak kalitede radyograflar alınabilmelidir. Işın enerjisinin yüksek seçilmesi, ışınlama süresi, ışın kaynağının objeye uzaklığı ve açısı, görüntünün yansıtılacağı filmin mesafesi, objenin kalınlığı gibi etkenler radyografik kaliteyi etkileyen faktörlerdir. Standartlar radyografi alınacak malzeme kalınlıkları ve kullanılan ekran cinslerine göre ışın enerjisini sınırlarlar. Bu da elde edilecek görüntü kalitesini ve süreyi etkilemektedir. DİN 54111'e göre ışın enerjisi standardına göre enerjiyi üstten sınırlayan, düşük X ışını enerjisinin ve uzun süre verilmek suretiyle daha duyarlı radyografilerin alınması öngörülmektedir. Enerjinin düşük olması max. dakika değerinin yüksek seçilmesini gerektirecektir. ASME standartlarına göre ışın enerjisi sınırlamalarında izin verilen enerji değeri daha yüksektir [10].

ISO R 1106 uluslararası standardına göre ışın enerjisi sınırlamaları, radyografi tekniğinin kalitesine göre ışınlama değerinin alt sınırını vermiştir. Kontrastın yükseltilmesi için kV'nin pratik olarak en küçük değerinde seçilmesi önerilmektedir.

Değerlendirmelerde dikkatli gözlenmesi gereken hatalar, çatlaklar ve yan cidar kaynamaması gibi lineer hatalardır. Bu hatalar, radyografide kolay gözden kaçabilen düşük kontrastlı belli belirsiz şekilde görüntüler verirler. Bu nedenle elde edilecek radyografi kalitesi çok önemlidir. Ve eğer şartlar kaliteli radyograf alınmasına müsaade etmiyorsa petrol borularının kaynağında bu yöntemin tercih edilmemesi mantıklı olmalıdır. Radyografi üzerinde hemen göze çarpan hacimsel malzeme hataları, gözenek (porozite) cüruf ve benzeri hatalar, daha az tehlikeli sayılan, bir dereceye kadar kabul edilebilen hatalardır.

Kaynaklı birleştirmelerde en tehlikeli hata türü olan çatlaklar; kaynak içerisinde olduğu gibi ısı etkisi altında kalan bölgelerde de meydana gelebildiğinden, kaynak filmin ortasında kalacak şekilde radyografi alınmalıdır. Çatlaklar, kaynak dikişi boyunca veya enine olabildiği gibi, kaynak arkının başlama ve bitme yerindeki krater içerisinde de meydana gelebilir. Birleşme hatası (yetersiz nüfuziyet) de radyografi ile tespiti oldukça güç olan bir hata türüdür. Kaynak yan kenarında belirgin olmayan bir görüntü verir. Kesin teşhis konulamamış ise ultrasonik yöntemle başvurularak kesinlik sağlanmalıdır [1,4].

API-1104'e göre radyografilerin değerlendirilmesi: API-1104'e (American Petroleum Institute) göre hataların değerlendirilmesi aşağıda belirtilen şekillerdedir [10];

- a- Bir gözenegin sapı 1.5mm'yi geçmemelidir.
- b- Rastgele dağılmış bulunan bir cüruf kalıntısının genişliği en fazla 3mm olabilir. Komşu kalıntının da en az 50mm uzakta olması gerekir.

- c- Kök paso taşkınlığının (şişkinliğinin) 2mm'ye kadar olanı kabul edilir.
- d- Kök pasonun içbükey olması halinde (çevre dikişinin yarısına kadar olması şartıyla) en çok cidar kalınlığının % 10'una kadar mevcut bir içbükeylik kabul edilir.
- g- Kaynak dikişindeki herhangi bir çatlak hiçbir şekilde kabul edilemez ve bu dikişlerin hemen sökülüp tamir edilmesi gerekir.
- h- Yan cidarı kaynamama ve yetersiz nüfuziyet de petrol borularının kaynağında müsaade edilmeyen hatalardır.

Bu çalışmada, petrolün ekonomik değeri bakımından transferinin sorunsuz gerçekleşebilmesi için önem arz eden boru hatlarının en önemli imalat tekniği olan kaynaklı birleştirmelerinde karşılaşılan problemleri tespit etmek üzere yaygın olarak uygulanan radyografik muayene yönteminin, hata tespitinde beklentileri karşılayabilme özellikleri araştırılmıştır.

## 2. YÖNTEM (METHOD)

Bu çalışmada petrol boruları imalatında kullanılan ve API'da X60 olarak tanımlanan, kimyasal bileşimi Çizelge 2.1'de verilen malzeme kullanılmıştır. Petrol boruları Tekfen ve Noksel firmalarında yapılan deneylerde tozaltı ark kaynağı uygulanmış; üretim ortamlarında gerçekleştirilen bu kayraklarda, birçok faktörü kontrol altında tutabilmek mümkün olmuştur. Tozaltı kaynağı ile üretilen boruların kaynağında AWS A5.17, ASME SFA-5.17 ve tane ebadı 1-16um arasında değişen toz kullanılmıştır. Tozaltı kaynağı elektrodu olarak da; TS 5387 S2, DIN 8557 S2, AWS/ASME 5.17 EM-12 standartlarında, 2.40mm çapında, kimyasal bileşimi; C: max%0,14 Mn: % 1 Si: max%0,15 olan kaynak teli kullanılmıştır. Belirtilen toz ve elektrod ile ortalama 28Volt, 200 Amper elektrik akımıyla, 60cm/dak. hızda tozaltı ark kaynağı işlemi yapılmıştır.

Petrol borularında genellikle uygulanan radyografi üretim ortamlarında daha çok "X Ray" cihazları ile yapılmaktadır. Bu nedenle güç kaynağı ve radyografi kalitesi avantajlarından dolayı tercih edilen "X Ray" cihazı ile test parçalarının muayenesi bu çalışmada da uygulanmıştır. Deneylerde X ışınları ile alınan radyografiler, hem normal film, hem de floroskopi tekniği ile incelenmiştir. Deney parçalarından alınan radyografi filmleri, DIN 62 FE ile 10 ISO 16 standartlarına uygun olarak; "IRIS 10 X-Ray" cihazı ile ortalama 150-200 kV enerji ile 3-5 dk süreyle pozlanarak alınmıştır. Alınan radyografilerde bilinçli olarak oluşturulan ve "Milletler Arası Kaynak Enstitüsü" ile "API 1104" de belirlenen kaynak hataları özel olarak filmlemiştir. Elde edilen radyografi filmleriyle birlikte floroskopik görüntüler de hata türlerine göre gruplandırılarak birlikte incelenmiştir.

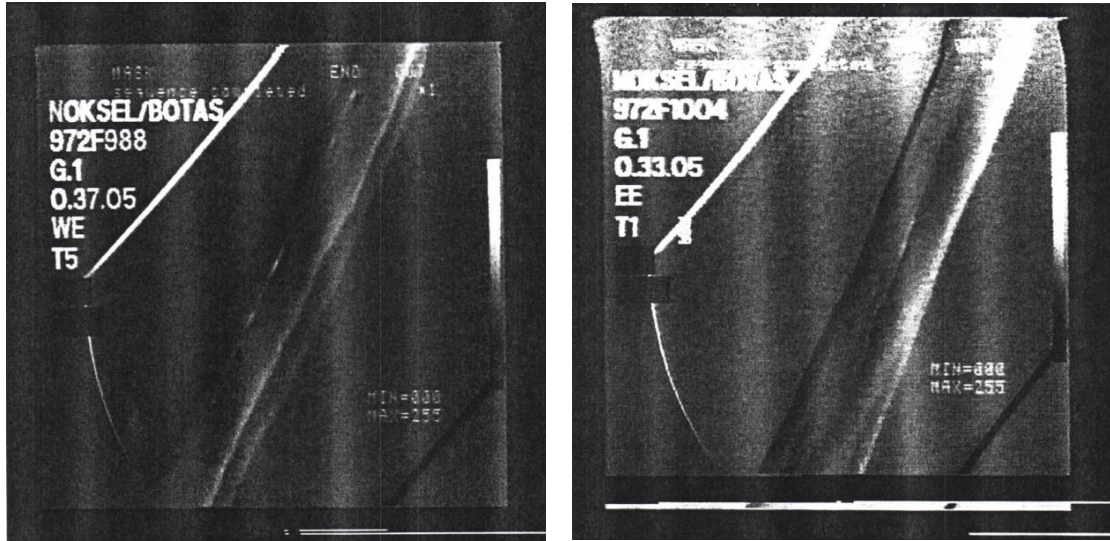
## 3. BULGULAR (FINDINGS)

Bu çalışmada, kaynak hatalarının tespiti için uygulanan radyografik muayenelerde yetersiz ergime ve birleşme yetersizliği, kalıntılar, boşluklar, çatlaklar ve diğer hataların radyografik yöntemle tespit edilebilme kabiliyetine yönelik bulgular elde edilmiştir.

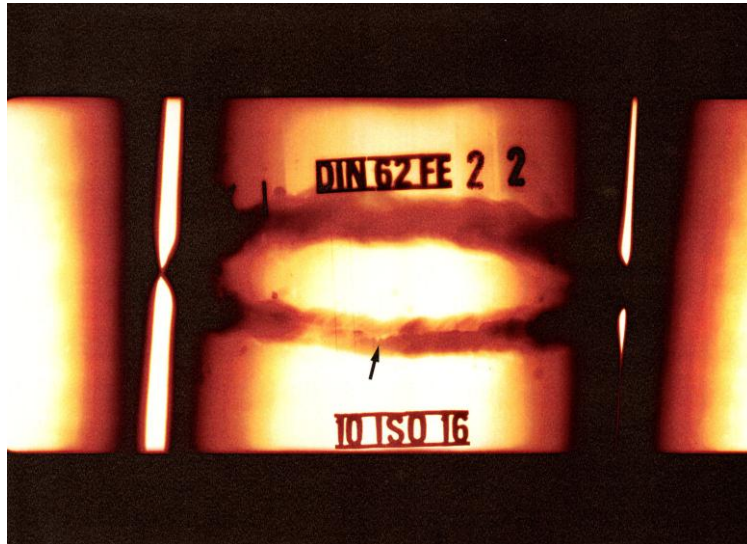
Kalın kesitli ve farklı pozisyonlarda yapılan kaynak işlemi neticesinde dikiş içerisinde oluşan cüruf kalıntıları nüfuziyet eksikliğinin oluşmasında birinci derecede etken olmuştur. Cüruflar yer yer kaynak metali ile esas metalin birleşmesine engel olmuştur. Bunun yanında nüfuziyet azlığını, düşük akım şiddeti ve yanlış elektrod hareketleri ile bunların neticesinde oluşan cüruf kalıntıları da teşvik etmiştir.

Toz altı ark kaynağında şartların daha kontrollü olması ve bu kaynak tekniğinin nüfuziyet açısından etkili olması, yetersiz ergime ve nüfuziyet problemlerinin oluşumuna daha az müsaade etekte iken, deney esnasında tozaltı ark kaynağı işlemi yapılırken bilinçli olarak

yapılan dikiş kayması, bu hata türünün oluşmasını sağlamıştır. Yetersiz ergime; cüruf kalıntıları, düşük akım şiddeti, parçalar arasındaki yetersiz boşluk ve yanlış elektrod hareketi, ergimenin parça tabanına kadar gerçekleşmesine engel olmuştur. Kaynak dikişlerinde rastlanan, yetersiz ergime ve nüfuziyet azlığı hatalarını gösteren floroskopik görüntüler Şekil 1.'de radyografik veriler Şekil 2'de sunulmuştur.

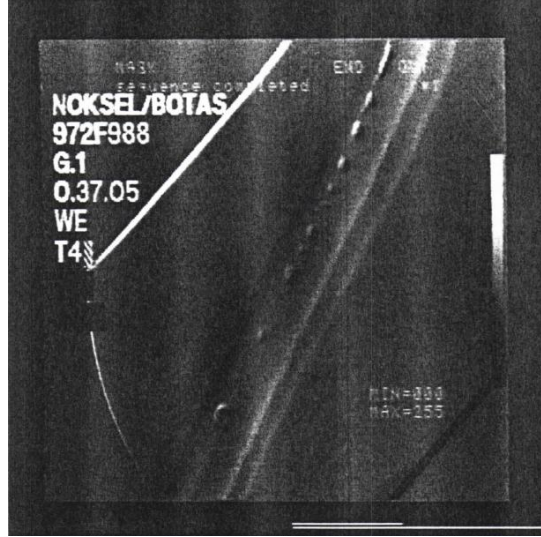


Şekil 1. Floroskopi tekniği ile belirlenen birleşme yetersizliği

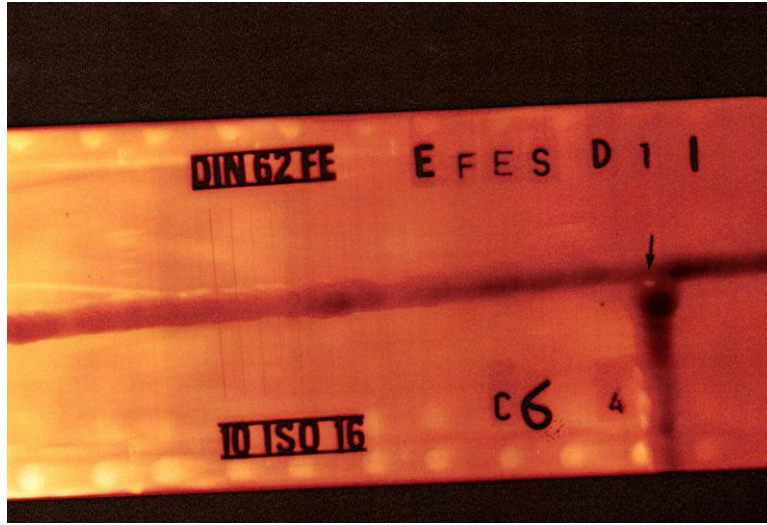


Şekil 2. Boru dışından belirli bir açıyla çekilen filmde görülen birleşme yetersizliği

Tespit edilen kalıntılar cüruf kalıntıları şeklinde olmuştur. Özellikle dikey pozisyonlarda yapılan kaynaklarda kalıntı oranı daha fazladır. Yanlış elektrod hareketi, düşük akım şiddeti, çok pasolu kaynak dikişi ve farklı pozisyonlarda kaynak, cüruf kalıntılarının oluşmasına sebep olmuştur. Cüruf kalıntılarını gösteren floroskopik ve radyografik görüntüler ile bu hataları gösteren mikro yapılar aşağıda sunulmuştur (Şekil 3., Şekil 4).



Şekil 3. Floroskopi tekniği ile belirlenen kalıntılar



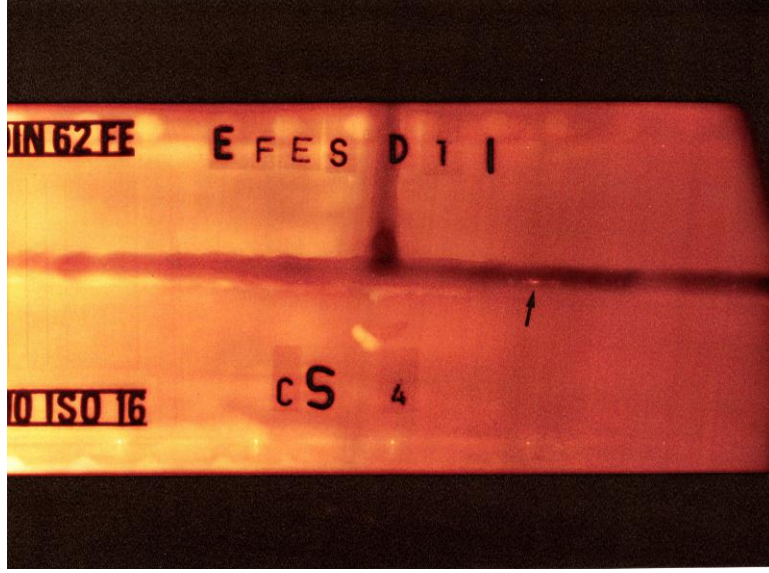
Şekil 4. T dikiş bölgesinde Radyografi ile belirlenen yığılma ve cüruf kalıntısı

Yanlış kaynak prosedürü, düşük akım şiddeti, rutubetli elektrod vb. nedenler boşlukların oluşumunu teşvik etmektedir. Daha çok gaz boşluğu şeklinde oluşan bu hatalar dağınık olarak bulduklarında mukavemete pek etki etmezler. Tespit edilen boşluklara ilişkin alınan floroskopik ve radyografik ile filmler Şekil 5, ve Şekil 6. ve Şekil 7’de sunulmuştur.



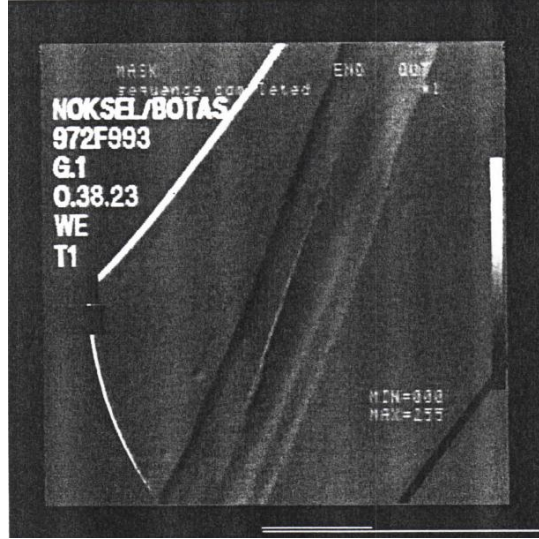






Şekil 7. Boşluk ve boşluk kanalı

En tehlikeli hata türü olarak belirtilen çatlakların radyografi yöntemiyle tespitinde güçlük yaşanmaktadır. İki boyutlu bu hata türüne ait hatanın floroskopik görüntüsü Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 8. Floroskopi tekniği ile tespit edilen çatlak ve yırtılma

Floroskopik yöntemle elde edilen görüntüden de anlaşılacağı üzere, tespit edilen hata türü çatlak oluşumuna mukabil bir yırtılma başlangıcı şeklinde olduğu anlaşılmaktadır. Görüntü incelendiğinde kaynak dikişindeki düzensizlik, akım şiddetine bağlı olarak yer yer içbükey yanma olukları gözlemlenmektedir. Malzeme yüzeyindeki ya da örtü tozunda bulunan nem, düzensiz dikişin oluşturduğu çentik faktörü, birleşme yetersizliği gibi etkenler bu hatanın oluşumuna sebebiyet verdiğini düşündürmektedir. Uygulanan kaynak tekniğinin toz altı ark kaynağı olması, kaynak bölgesinde ani bir soğumanın olamayacağı ve anin soğumadan kaynaklanan çatlak oluşumu ve yırtılmaya sebep olmadığı sonucuna varılmasında etkindir. Yapılan çalışmalar özellikle ultrasonik test yöntemiyle çatlak oluşumun daha sağlıklı yapılabildiğini ortaya koymaktadır [1].

Bunların dışında dış yüzey hataları, dikiş kayması, yanma olukları ve yığılma şeklinde karşımıza çıkan hata türlerinin oluşumunda da yanlış seçilmiş akım şiddeti ve hatalı elektrod hareketleri etken olmuştur. Kasıtlı olarak toz altı kaynak yönteminde oluşturulan bu hata türlerinin radyografik görüntüsü Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Dikiş kayması

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu çalışmada petrol borularının üretiminde uygulanan tozaltı ark kaynak tekniği ile elde edilen numunelerin radyografik tetkiki yapılarak radyografi ve floroskopi görüntüleri incelenmiş, bu metodun petrol borularında, hata belirleme kabiliyetleri ve kullanıma elverişliliği belirlenmeye çalışılmıştır.

Üç boyutlu hataların belirlenmesinde radyografik muayene metodunda herhangi bir problem yaşanmamakla birlikte çizgisel hatalarda, radyografik muayene metoduyla hata tespitinde güçlük yaşanabileceği bu çalışmada da ortaya çıkmıştır ve bulgular literatürle paralellik göstermektedir [5,8]. Hızlı ve seri olması bakımından radyografi yöntemi ve özellikle floroskopi tekniği petrol borularının kaynaklarının muayenesinde tercih edilen bir yöntemdir [1]. Ancak gerek duyulduğunda diğer tahribatsız muayene yöntemleriyle sonuçlar doğrulanmalıdır.

Sahada boruların kaynaklı montajından sonra radyografik kaliteyi etkileyen parametrelerin kontrolünün güçlüğü, istenen düzeyde görüntülerin alınamamasına ve dolayısıyla en önemli hata türleri olan çatlak ve nüfuziyet yetersizliği gibi hataların tespitine engel teşkil edecektir [1,5].

Radyografik muayene metodunda; ışınlar muayene bölgesine tek bir noktadan gönderilerek filmler çekilmektedir. Işın gönderme açısı uygun olmaması halinde, iki boyutlu hata türü olan çatakların ve özellikle mikro çatlakların belirlenme ihtimali düşük olacaktır. Kaynak hatalarından en tehlikeli olanı çatlaklardır [1,8,10]. Standartlarda ve firmalara verilen şartnamelerde, petrol borularında çatlak oluşumuna hiçbir şekilde müsaade edilmemektedir [10].

Mikro çatlakların tespitinde ultrasonik muayene yöntemleri daha sağlıklı sonuçlar verdiği literatürde bahsedilmektedir. Ultrasonik muayene yöntemiyle şüpheli radyografilerin yeniden değerlendirilmesinde fayda vardır [1].

Literatürde de yer aldığı gibi bu çalışmada da sadece ısı tesiri altında kalan bölgede meydana gelen çatlaklara bu çalışmada rastlanmış, tespit edilen çatlaklar kaynak dikişinin hemen bitiminde ortaya çıkmıştır. Muayene esnasında tespit edilmemiş veya henüz oluşmamış çatlakların daha sonra ortaya çıkabilme ihtimali de bulunmaktadır. Bu durum diğer değişkenler göz önüne alınarak çatlak oluşum risklerini önceden kontrol imkânları araştırılmalı ve uygulanmalıdır [1].

Çalışma sonucunda; petrol boru hatlarının kaynaklarının muayenesinde kullanılan radyografik muayene metodunun tek başına yeterli bir yöntem olmadığı şüpheli durumlarda ultrasonik muayene yöntemi gibi diğer muayene yöntemleriyle şüphenin giderilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Petrol boru hatlarında farklı bir muayene yöntemi "bir muayene metodu diğerinin sağlanması" şeklinde düşünülüp, uygulanmalıdır.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Gürsel, A., (1999). *Petrol Borularının Kaynaklarında Kullanılan Radyografik ve Ultrasonik Muayene Metodlarının Karşılaştırılması*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [2]. Erdemir, F A., (1997). Petrol borusu çelikleri kaynak teknolojisi, *Metalurji Dergisi*, s 56-58, s 69-70.
- [3]. API (American Petroleum Institute), *API Standard 1104*, (1980). Fifteenth Edition.
- [4]. GEV (Gedik Eğitim Vakfı)., (1997). *Tahribatsız muayene seminer notları*, GEV Yayınları, s.17-99.
- [5]. Canoğulları, S., (1991). *Kaynaklı konstrüksiyonlarda kalite güvenilirliği ve radyografik muayenenin kullanımına yönelik öneriler*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [6]. Anık, S., (1982), *Tozaltı kaynağı ve koruyucu gazla kaynak*, İTÜ Yayınları,1217.
- [7]. The Lincoln Electric Company., (1989). *Pipeline welding (M642)*.
- [8]. Olgun, S., (1988). *Doğalgaz ve petrol taşıyan boruların kaynağında kaynak hatalarının tesbiti ve alınması gereken önlemler*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- [9]. API, Standard 1104., (1980). *Standard for welding pipe lines and related facilities*, s 8, s 13.
- [10]. API (American Petroleum Institute), *API Specification 5L.*, (1995). *Specification for linepipe*, s.3-7.