

DÖKÜMLERİN RADYOGRAFİK MUAYENESİNDE KULLANILAN STANDARDLAR

E. Evren SONAT, H. İlker YELBAY

ODTÜ Kaynak Teknolojisi ve Tahribatsız Muayene Araş./Uyg.Merkezi, Ankara
<http://www.wtndt.metu.edu.tr>
egunes@metu.edu.tr, ilkeryelbay@yahoo.com

ÖZET

Döküm parçaların tahribatsız muayenesi sırasında kullanılan en yaygın yöntem radyografik muayenedir. Bu yöntemin düzgün bir şekilde uygulanabilmesi için hazırlanmış standartlar mevcuttur. Bu standartların uygulanmasında yapılacak yanlışlıklar muayenin güvenilirliğini doğrudan etkileyecektir. Dolayısıyla bu standartların yorumlanması son derece önemlidir ve mutlaka bu konularda uzman kişiler tarafından yapılmalıdır. Bu bildiride dökümlerin radyografik muayenesinde kullanılan bazı standartlar ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır.

Anahtar Kelimeler: Döküm, Radyografik muayene

STANDARDS USED IN THE RADIOGRAPHIC EXAMINATION OF CASTINGS

E. Evren SONAT, H. İlker YELBAY

Middle East Technical University
Welding Technology & NDT Research/Application Center, Ankara-Turkey

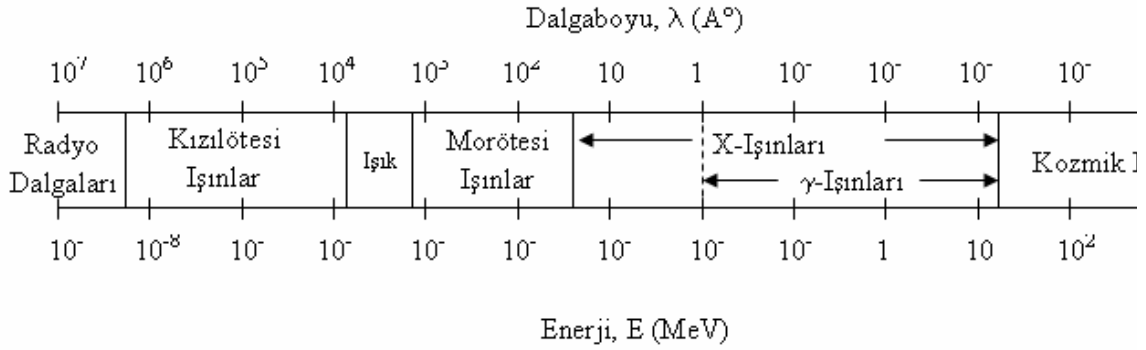
ABSTRACT

Radiographic Examination is one of the most common methods used in the non-destructive testing of castings. There are standards prepared for the correct application of this method. The errors in the application of these standards directly affects the reliability of the tests. So, the interpretation of these standards are very important and must be done by the qualified personnel. In this paper, some of the standards used in the radiographic testing of castings will be mentioned in detail.

Keywords: Casting, Radiographic Testing

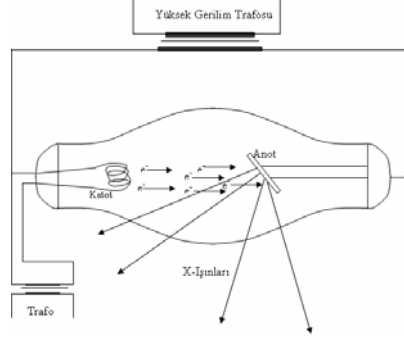
1. RADYOGRAFİK MUAYENE

Dökümlerin tahribatsız muayenesi denilince akla gelen en önemli yöntemlerden bir tanesi radyografik muayenedir. Radyografik muayene, X veya Gama ışınlarının kullanılarak parçalarının görüntüsünün elde edilmesidir. X ve gama ışınları Şekil 1 'de gösterildiği gibi yüksek enerjili elektromanyetik dalgalardır. Bu dalgaların doğrusal ilerleme, zayıflama, iyonlaştırma ve nüfuz edebilme özelliklerinden yararlanılarak radyografik muayenelerde kullanılması sağlanmaktadır.



Şekil 1. Elektromanyetik Dalga Spektrumu

X ışınları yüksek gerilim farkı altında hızlandırılmış elektronların hedef metale çarptırılmasıyla oluşurlar. Bu çarpma esnasında ortaya çıkan enerjinin % 1'lik bir kısmı X ışınına dönüşürken geriye kalan % 99'u ısı şeklinde açığa çıkar. Elektronları üretmek için bir trafodan beslenen düşük gerilimli akımla ısıtılan küçük bir flaman kullanılır (Şekil 2). Flaman, üzerinden geçen akımla ısınır ve elektronlar çıkar. Isınan flamandan belli bir mesafede, metalik malzemeden bir hedef plakası yerleştirilir. Isınan flaman ve hedef arasında çok yüksek gerilim farkı (>10 kV) uygulanarak katotta (flaman) eksi kutup, anotta (hedef plaka) da artı kutup oluşturulur. Eksi yüklü elektronlar katot tarafından itilir ve anot tarafından çekilir. Böylece katottan anoda bir elektron akışı başlar, elektronlar hedef metal yüksek gerilim farkı nedeniyle hızla çarparlar ve çarpışma nedeniyle hızları azalır, X-ışınları ve ısı açığa çıkar. Isı oluşumu nedeniyle hedef metal yüksek ergime derecesine ve yüksek yoğunluğa sahip bir metalden, genellikle Tungstenden imal edilir. Hedef metalin malzemesinin yüksek yoğunluklu olarak seçilmesinin nedeni ise X-ışını üretim verimini arttırmaktır. Ayrıca anot aşırı ısınma nedeniyle hedef metalin ergimesini önlemek için soğutulmalıdır. Üretilen X-ışınlarının anotta henüz oluşma anında iken gereksiz yere zayıflamaya uğramamaları amacıyla hedef metal elektronların gelme yönüne belli bir açıyla yerleştirilir. Elektronların hava molekülleriyle çarpışıp hedefe ulaşamamalarını veya enerjilerini kaybetmelerini önlemek için ise tüm üretim sistemi havası alınmış (vakum) bir cam tüp içine yerleştirilir.



Şekil 2. X ışını tüpü

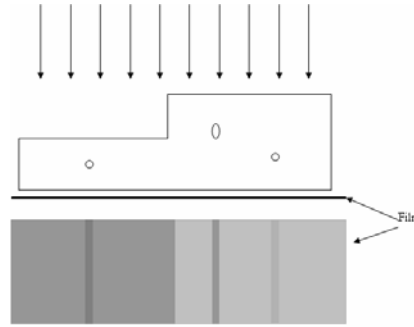
Gama ışınımı yayını "radyoaktivite kavramı" ile açıklanabilir. Radyoaktif bir maddede, atomik kararsızlığa neden olan fazla enerjinin ışınım enerjisi olarak açığa çıktığı sürekli bir bozunma olayı meydana gelir. Bozunum türüne göre, Alfa (α), Beta (β) ya da Gama (γ) ışınları veya bunların karışımları gözlenir. Radyografik muayene için genellikle gama ışınları kullanılır. Alfa ya da beta parçacıkları ile görüntüleme veya nötron radyografisi ise endüstriyel radyografi açısından çok önemli değildir. Gama ışınımı bazen doğal olarak izotop halinde bulunan maddelerden yayınır, uranyumda olduğu gibi. Ama atom çekirdeğinde yapay olarak oluşturulmuş fazla yük de doğal haliyle ışınım yaymayan bir maddeyi ışınım yayar hale getirebilir. Bu işlem, bir nükleer reaktörde (nötron aktivasyonu) olduğu gibi, kararlı haldeki bir atom çekirdeğinin nötron (elektriksel olarak nötr parçacıklar) bombardımanına tutularak kararsız (dengesiz) hale getirilmesiyle yapılabilir. Bu işlem sonunda atomun çekirdeğindeki nötron ve protonların toplamı olan Atom Kütle Numarası değişir. Bu tip aşırı yüklü ve kararsız çekirdek radyoizotop olarak adlandırılır. Ir 192, Co 60, Tm-170, Yb-169 ve Se-75 piyasada en çok kullanılan radyoizotoplar.

Radyografi ile bir cisimdeki kalınlık farklılıkları, iç yapıdaki kalıntı ve boşluklar ve diğer süreksizlikler bir film üzerinde görünür hale getirilir. Bu yöntemde malzeme içinden geçen X- veya gama ışınları malzemedeki kalınlık farkları nedeniyle Şekil 3'te görüldüğü gibi bu ışınlara duyarlı filmler üzerinde farklı kararma miktarları yaratır. Radyografik muayenede görüntü elde etmek için, ışınım kaynağı malzemenin bir tarafına, film ise diğer tarafına yerleştirilir. Malzemeyi kateden ışınlar bir miktar zayıflamış olarak filme ulaşırlar ve onu karartırlar.

Malzeme homojen bir kalınlığa sahipse, malzemeyi geçerek filme ulaşan ışınlar her noktada aynı ölçüde zayıflamış olurlar ve film üzerinde homojen bir kararma meydana getirirler. Malzeme, farklı kalınlıkta bölgelere sahipse, bu kesitlerden geçen ışınlar kalınlığa bağlı olarak değişik ölçülerde zayıflayarak filme ulaşırlar. Malzeme içindeki bir süreksizliğin (boşluk, çatlak v.b.) ışınlar üzerindeki etkisi, kalınlık değişimelerindeki etki gibidir. Malzeme içindeki süreksizlik, ışınların geçtiği malzeme kesitini azalttığından, bu bölgelerdeki birincil ışınım daha az zayıflamaya uğrayacak, böylece parçanın arkasına geçen ışınım şiddeti daha fazla olacaktır.

Işınım şiddetinin daha yüksek olması bu bölgelerde filmin komşu alanlara oranla daha fazla kararmasına yol açacaktır. [1,2]

Dökümlerde radyografik muayenenin düzgün bir şekilde uygulanabilmesi için hazırlanmış standartlar mevcuttur. Bu standartların uygulanmasında yapılacak yanlışlıklar muayenin güvenilirliğini doğrudan etkileyecektir. Dolayısıyla bu standartların yorumlanması son derece önemlidir ve mutlaka bu konularda uzman kişiler tarafından yapılmalıdır. Bu bildiriye, dökümlerin radyografik muayenesinde kullanılan EN 12681, EN 444 standartları ile çekilen filmlerin değerlendirilmesinde kullanılan ASTM E-446 standardı ayrıntılı olarak ele alınacaktır.



Şekil 3. Radyografik görüntünün oluşumu

2. EN 12681 (Döküm – Radyografik Muayene)

Dökümlerin radyografik muayenesi için kullanılan Avrupa standardı EN 12681'dir [3]. Bu standard, film üzerine görüntüleme tekniklerini kullanarak endüstriyel X-ışını ve gama radyografisi ile süreksizliklerin tespit edilmesini amaçlayan özel prosedürleri kapsar. Bu prosedürler, herhangi bir döküm tekniği ile imal edilmiş özellikle çelik, dökme demir, magnezyum, çinko, bakır, alüminyum, titanyum ve bunların her türlü alaşımlarına uygulanabilir. Bu standard, kaynaklı birleştirmelerin muayenesinde, kabul kriteri olarak ve radyoskopide kullanılamaz.

EN 12681 standardı EN 444 (Tahribatsız Muayene – Metalik Malzemelerin X ve Gama Işınlarıyla Radyografik Muayenesi için Genel Kurallar) [4] ve EN 462 (Tahribatsız Muayene- Radyografların Görüntü Kalitesi) standartları ile birlikte kullanılmalıdır. Çekim prosedürünün belirlenmesi için gereken birçok parametre EN 444'ten bulunmaktadır.

EN 444'e göre radyografik teknikler iki sınıfa ayrılır; Sınıf A: Temel teknikler ve Sınıf B: İleri teknikler. B sınıfı teknikler, A sınıfı tekniklerin yetersiz hassasiyette olduğu hallerde kullanılır. Uygun muayene parametrelerinin şartnameleri hazırlanarak ilgili taraflar arasında bir anlaşma yapılmak suretiyle B sınıfı tekniklere göre daha iyi olan tekniklerin kullanılması mümkündür. Radyografik tekniğin seçimi konusunda ilgili taraflar arasında anlaşma yapılmalıdır.

Muayene öncesinde, malzeme içindeki hataların tür ve konumlarının film üzerinde görüntülenebilmesi için muayenenin hangi teknik ile ve nasıl yapılacağına karar verilmelidir. Ancak iyi planlanmış ve doğru uygulanmış test teknikleri ile malzemedeki hataların saptanıp, doğru yorumlanması mümkün olabilir. Test tekniği terimi ışınım kaynağının cinsi, donanım, ışınım enerjisi, film cinsi, şiddetlendirici ekran ile ışınlama düzeneği (geometrisi) konularını ve doğru bir uygulamayı kapsar.

2.1 Çekim Düzenlemesi

EN 12681 'te 12 adet çekim düzenlemesinden bahseder. Şekil 1'den Şekil 6'ya kadar olan düzenlemeler basit geometriler, Şekil 7 çift duvar radyografi ve Şekil 8'den Şekil 12'ye kadar olan düzenlemeler ise karmaşık geometri muayene bölgeleri için tanımlanmıştır. Bu şekillerdeki düzenlemelerin uygulanmasının mümkün olmadığı durumlarda farklı düzenlemeler kullanılabilir.

2.2 Işınım Kaynağı

Işınım kaynağı test parçasının malzemesine, kalınlığına, muayene parçasının geometrisine, muayene sınıfına ve çekim yapılacak ortama göre EN 444'ten belirlenir. EN 444'te istenen muayene sınıfına ve malzeme cinsine göre belli ışınım kaynakları için uygulanabilir minimum ve maksimum kalınlık sınırları verilmiştir. Bu sınırlar dışına standartta belirtilen özel durumlar dışında çıkılamaz. İnce çelik örnekler üzerinde, gama kaynakları, X ışınları gibi iyi bir hata tespit hassasiyetine sahip radyograflar sağlamayacaktır. Ancak, X-ışınları kullanımının pratik olmadığı durumlarda gama kaynakları tercih edilebilir.

Uygun ışınlama enerjisi muayene parçasının kalınlığına ve malzemesine bağlı olarak EN 444'ten bulunur. İyi bir hata hassasiyeti sağlamak için, X-ışını türpünün gerilimi mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Işınlama doğrultusunun dik olmadığı durumlarda w , ışınlama doğrultusunda nüfuz edilen kalınlıktır. Çift duvar radyografisinde w , muayene parçasının nüfuz edilen kalınlıklarının toplamıdır. Tek bir pozlamada farklı kalınlıkların görüntülenmesi gerekiyorsa bunların ortalaması kullanılabilir.

EN 12681'de EN 444'de verilen izotoplara ek olarak Se -75 için de et kalınlık aralıkları verilmiştir. Ayrıca yine EN 444'deki taleplere ek olarak Co-60 için A sınıfı çekimde yeni sınırlandırmalar getirilmiştir.

2.3 Film ve Ekranlar

Kullanılacak film, dikkate değer en küçük detayların görülebilmesini sağlayacak kadar ince taneli (düşük duyarlılıklı) olmalıdır. Endüstriyel radyografide genellikle orta ve düşük duyarlılıklı filmler ve kurşun ekranlar kullanılır. Yüksek duyarlılıklı filmler ve tuz ekranlar ise, örneğin sadece büyük boyutlu hataların var olup olmadığının bilinmesinin yeterli olduğu durumlarda kullanılabilir. Filmin seçimi de yine EN 444'e göre yapılmalıdır. EN 444'te malzemeye, muayene sınıfına,

ışınlama enerjisine ve ışı nım kaynağı cinsine göre kullanılması gerekli minimum film sınıfları verilmiştir. Burada belirtilenlerden daha iyi film sınıfları kullanılabilir ancak daha kötü film sınıfları kullanılamaz. Ayrıca yine bu kriterlere göre kullanılması gerekli ekran cinsleri ve kalınlıkları da belirtilmiştir. EN 12681'de bunlara ek olarak selenyum kaynağı kullanarak yapılan çekimlerde kullanılması gereken film ve ekran sistemleri de verilmiştir.

2.4 Film – Odak Mesafesi

Uygulamada ışı nım kaynağı ile malzeme yüzeyi arasındaki minimum mesafe, f_{min} , ışı nım kaynağı odak (izotop) boyutu (d) ve malzeme yüzeyi ile film arasındaki mesafe (b) değerlerine bağlı olarak bulunur. EN 444 standardına göre farklı test sınıfları için f_{min} değeri EN 444'te verilen formüller ya da verilen nomogram yardımıyla hesaplanır. Malzeme-ışı nım kaynağı uzaklığı (f) belirlenirken filmin pozlanacak alanının da hesaba katılması gerektiğinden, f_{min} değeri bir alt sınır olarak düşünölmeli ve malzeme ile ışı nım kaynağı arasındaki uzaklık f_{min} değerinden büyük olacak şekilde seçilmelidir. Film odak arasında olması gereken mesafe de f değeri ile parça kalınlığının toplamından büyük olmalıdır.

2.5 Yoğunluk

Radyografik film değeri ndirmesi ancak film yeterli yoğunluğa sahipse yapılabilir. Örneğ in EN 444 standardı uyarınca endüstriyel radyografide film yoğunluğu A sınıfı muayenede en az $D=2.0$, B sınıfı muayenede en az $D=2.3$ olmalıdır. Kontrast yoğunlukla doğru orantılı olarak arttığından, bu değerin altındaki film yoğunluklarında kontrast da düşük olmaktadır. EN 12681'e göre taraflar arasında anlaş ma şartıyla radyograf yoğunluğu, A sınıfı muayenede 1,5'a ve B sınıfı muayenede 2,0'a düşürülebilir, ancak istenen görüntü kalite numarasının sağlanması şarttır. Radyografik yoğunluğu n üst sınırı, film inceleme cihazının ekrandaki aydınlatmasına bağlıdır.

2.5 Çekim Sayısı

Seçilen ışı nım düzenlemesine ve parçanın geometrisine göre tek bir pozlamada görüntülenebilecek alan EN 444'e göre hesaplanmalı ve buna göre film üzerindeki değeri ndirme bölgesi ve çekim sayısı belirlenmelidir. Burada dikkat edilecek husus, EN 444 standardında verilen taleplere ek olarak ışı nın geliş açısının 30°'den fazla olmaması gerekmektedir.

2.6 Pozlama Süresi

Herhangi bir malzemed en yapılmış belli bir kalınlıktaki muayene parçasının pozlama süresini hesaplamak için Poz Çizelgeleri kullanılır. Bu çizelgeler farklı film türleri, gama ve X-ışı nı cihazları, film-odak mesafesi (FFD), belli bir yoğunluk (D) ve belli banyo koşulları için hazırlanmışlardır. Poz çizelgelerinden belirli malzeme cinsi (örneğin çelik), banyo koşulları, film cinsi, odak-film uzaklığı ve film yoğunluğu

elde etmek için, farklı malzeme kalınlıklarına göre gerekli ışınlama süreleri saptanabilir. Bu çizelgeler genellikle çelik malzeme için hazırlanırlar ancak çelik dışında bir malzemenin çekimi yapılması gerektiğinde de kullanılabilirler. Kullanılan ışınım kaynağı-enerji seviyesi için tablo halinde verilmiş olan faktörler kullanılarak çelik eşdeğer kalınlık hesaplanabilir ve çelik malzeme için poz süresi nasıl hesaplanıyorsa aynı şekilde işlem tamamlanabilir.

2.7 Görüntü Kalite Numarası

Radyografik film üzerinde hatayı belirleyebilmek, görüntüden alınan bilgiye göre hatayı tanıyabilmek ve değerlendirebilmek için, görüntünün belli bir kaliteye sahip olması gereklidir. Bu görüntü kalitesi olarak adlandırılır. Görüntü Kalitesi terimi, bazı yardımcı donanımlar ve belirli kabullere dayandırılmadan açıklanamaz. Görüntü kalitesinin nicel ayrıntılarının kullanılması ve en azından film çekim koşullarını etkileyen faktörleri kontrol edebilmek için bir dizi referans parça, görüntü kalite belirtecileri-GKB geliştirilmiştir. Genelde bu parçalar, bilinen geometride ve çeşitli boyutlarda özel olarak hazırlanmış yapay hataları içermektedir (Örneğin, paralel teller, delikler, vb.). Bu yapay hataları içeren görüntü kalite belirtecileri çekimi yapılacak parçayla birlikte görüntülenir ve geometrileri bilindiği için görüntü kalitesinin nicel olarak değerlendirilmesini sağlar. Bu tür görüntü kalite belirteçleri (penetrametreler) kullanılarak elde edilen radyografik görüntü kalitesi, görüntü kalite numarası-GKN ile ifade edilir. İstenen görüntü kalite numaraları EN 462-3 kullanılarak bulunur.

2.8 Kalınlık Aralığının Arttırılması

Döküm parçalarda genellikle kalınlık farklılıkları bulunur ve seçilen ışınlama enerjisinin veya kaynağının olabildiğince büyük kalınlık aralığını kapsamaması istenir. EN 12681'de çelik malzeme için farklı ışınlama enerjilerinde kapsamaması muhtemel kalınlık aralıklarının önceden yaklaşık olarak tahmin edilmesi için bir çizelge verilmiştir. EN 12681 standardında kalınlık aralığının arttırılabilmesi için şu yöntemler önerilmiştir; çoklu film tekniği kullanmak, daha yüksek ışınlama enerjisi kullanarak veya ışınımı sertleştirerek kontrastı azaltmak, kalınlık eşitlemek.

Çoklu film tekniğinde iki veya daha fazla film aynı anda pozlanır ve tek tek veya birlikte incelenir. Her iki film arasına en az bir ekran yerleştirilmelidir. Kullanılan kurşun ekranların arkaları kağıt kaplamalı ise bu durumda metal yüzeyler film tarafına gelecek şekilde iki ekran yerleştirilmelidir. Filmler ve şiddetlendirici ekranlar, EN 444'deki Çizelge 2 ve Çizelge 3'e göre belirlenir. İnceleme sırasında gözün kamaşmasını önlemek için radyografların düşük yoğunluklu kısımları maskelenmelidir. İki film bir arada incelenecekse her bir filmin yoğunluğunun 1,3'ten az olmaması gerekir .

Daha yüksek ışınlama enerjisi kullanarak kontrastı azaltmak ta bir yöntem olarak önerilmektedir. Ancak bu yöntem sadece A sınıfı muayenede izin verilebilir. 500 keV'a kadar olan X-ışını kaynakları için, EN 444 Şekil 1'e göre izin verilebilir en yüksek tüp gerilimi en fazla % 30 kadar aşılabilir. Kapsanan kalınlık aralığını

arttırmak için X-ışını kaynakları yerine gama kaynakları veya doğrusal (lineer) hızlandırıcılar kullanılabilir.

İşinimi sertleştirerek kontrastı azaltmak tekniğine sadece A sınıfı muayenede izin verilebilir.

Farklı et kalınlıklarının tek bir pozlama ile tek bir film üzerinde görüntülenebilmesi, film üzerinde yüksek yoğunluk oluşturacak olan ince kalınlıkların üzerinin kalınlık farkını eşitleyecek şekilde bir malzemeyle kapatılması ile sağlanabilir. Buna da yine A sınıfı muayenede izin verilebilir. Bu durumda standardın 11. maddesinde belirtilen yoğunluk şartlarının sağlanması gerekir. Kalınlık eşitleme için kullanılacak malzeme hata içermemeli ve muayene alanında iyi bir inceleme yapılmasını engelleyecek nitelikte olmamalıdır.

Önerilen yöntemlerden hangisi uygulanırsa uygulansın EN 462-3'te istenen görüntü kalitelerinin sağlanması esastır.

3. Çekilen Filmlerin Değerlendirilmesi

Radyografik filmlerin değerlendirilmesi daima uygun kurallara göre yapılır. Bu bildiride ASTM'ye göre değerlendirme yöntemi anlatılmıştır. [5]

3.1 Görüntü Tiplerinin Anlamı

Film değerlendiren kişinin en önemli görevi, filmin kabul edilemez bir hata belirti tipini içerip içermediğinin saptanmasıdır. Bu tür belirtilerin olması durumunda bunlar büyüklüğü, dağılımı ve tekrarlama sıklıklarına bakılmaksızın "kabul edilemez" kararına varılır ve ayrıca sınıflandırma yapılmasına gerek yoktur.

Kabul edilemez hata belirtileri:

G - Yapısal (mottling) hata belirtileri

Bunlar kural olarak onarım gerektirmezler ancak daha yüksek enerjide çekim tekrarlanır ya da tanelerin küçülmelerini sağlayacak bir ısı işleminden sonra muayene yeniden yapılır.

D - Soğuk çatlak

E - Sıcak yırtılma ve

F - Maça veya göbek kaynamaması

Yukarıda bahsedilen bu tip hatalar, döküm parçasında buldukları kısmın onarımını veya bu kısmın kesilmesini gerektirir. Operatör, filmde kabul edilemez hata bulunmadığına karar verdikten sonra, başka hata belirtisi olup olmadığını araştırır. Bu durumda belirtileri aşağıdaki tiplere göre düzenlemelidir.

A - Gaz boşlukları

B - Metalik olmayan kalıntılar

C - Gaz kanalları

Uzunca gözükten gaz boşlukları gaz kanalı gibi, yuvarlak gözükten boru şeklindeki gözenekler gaz boşluğu gibi değerlendirilir. Değerlendirmeyi yapan kişinin, gaz kanalı farzedilen belirtiyi, burada bir sıcak yırtılma söz konusu değildir veya bu kanal sıcak yırtılma ile bağlantılıdır diyebilmek için, iyice incelemesi gerekir. (Bu karara varabilmek için uygun referans filmlere başvurulabilir). Değerlendirme yapanın bu hususta hala şüphesi varsa, döküm parçasının problemlili kısmını taşlar ve manyetik parçacık veya sıvı penetrant muayenesi uygulayarak bir karara varır.

3.2 Karşılaştırma (Referans) Kataloglarının Seçimi

Değerlendirmeyi yapan kişi hata belirtilerini A, B veya C şeklinde belirledikten sonra, gerekli sınıflandırmayı yapabilmek için uygun bir karşılaştırma (referans) kataloğuna ihtiyacı vardır. Karşılaştırma kataloğu aşağıdaki kriterlere göre seçilir.

- Malzeme
- Et kalınlığı
- Işınım enerjisi

Çelik malzemeler için kullanılan karşılaştırma katalogları, Çizelge 1'de gösterilmektedir. Her bir katalogda değişik ışınım enerjileri için değişik ciltler mevcuttur. Bu ciltlerin her biri, değişik karşılaştırma (referans) filmleri gösterilen 7 döküm hata belirtisini içerir. D-G hata belirtileri, kabul edilemez hata tipleridir ve ayrıca değerlendirme yapmaya gerek yoktur. Bundan dolayı bu tip belirtiler için yalnız bir film mevcuttur. A-C hata tipleri sadece belirli büyüklük ve tekrarlama sıklığından itibaren kritik hale gelirler. Bu nedenle bunlar ayrıca değerlendirilir ve bunlar için bir çok referans film mevcuttur (filmlerin tanıtma numarasındaki artış, bulgunun kritikleştiğini göstermektedir.)

Çizelge 1. ASTM normuna göre referans katalogları

Et Kalınlığı (mm)	Kural	Katalog Adı
50.8 e kadar	SE - 446	ASTM E - 446
50.8 < 114	SE - 186	ASTM E - 186
114' den büyük	SE - 280	ASTM E - 280

3.2 Sınıflandırma

Değerlendirmeyi yapan kişi, filmdeki her hatayı katalogdaki referans filme göre sınıflandırır. Her bir hata tipi öncelikle kendi içerisinde değerlendirilir. Duruma göre bu iş tüm diğer mevcut belirti tiplerinin filmde görüntülenmemiş olduğu varsayılarak yapılır.

Her bir belirti tipi için esas olarak 5 referans film mevcuttur, ancak gaz kanalları kendi arasında Ca, Cb, Cc ve Cd olmak üzere tekrar dörde ayrılmıştır. Ca' dan Cd ' ye kadarki belirti tipleri, belirtinin büyüklüğünün, sayısının ve şeklinin birlikte en iyi şekilde gösterildiği referans film düzeninde ayırtdedir. Bunun yanısıra örneğin referans filmindeki bir hatanın çapı, değerlendirilen filmdeki hata için maksimum büyüklük olarak varsayılamaz.

A ve B belirti tipleri için esas olarak, "gözenek ve kum boşlukları radyografik filmin belirli bir yüzey parçasını kaplar" durumu istisna olmak üzere aynı kural geçerlidir. Bu yüzey alanı, değerlendirilecek filmde referans filmde daha büyük olamaz. Değerlendirilecek filmin boyutları referans filmindekinden daha büyükse, o zaman değerlendirilecek film, referans filmin büyüklüğüne uyacak şekilde kısımlara ayrılır. Yani ya değerlendirilecek yüzey uygun olarak küçültülür veya komşu (bitişik) filmlerle birlikte kullanılır.

3.3 Karar Verme

Değerlendiren filmdeki her bir hata tipi bir referans filmine göre tasniflenerek bir notlandırma yapılır. Değerlendirme, bir hata belirtisi için her bir bulgu talimatlardaki esaslarla karşılaştırılarak yapılır. Bu, hiç bir bulgunun belli bir "sınıfı" geçemeyeceği şeklinde bir istek olabilir. Fakat değişik hata tipleri süreksizliği ifade ediyorsa (yapı elemanının mukavemetini değişik tehlike boyutlarında etkilerler) bu durum çoğu kez her bir belirti tipi için değişik notlar verilerek kural haline getirilmiştir. Sınıflandırma yapıldıktan sonra ilgili standartlara göre değerlendirilir.

KAYNAKÇA

1. ODTÜ Tahribatsız Muayene Birimi Ders Notları, 2004
2. Halmshaw, R., "Physics of Industrial Radiology", Elsevier Publishing Company Inc. ,United States,1966.
3. EN 12681 - Döküm – Radyografik Muayene
4. EN 444- Tahribatsız Muayene – Metalik Malzemelerin X ve Gama Işınlarıyla Radyografik Muayenesi için Genel Kurallar
5. ASTM Referans radyograflar