

XXVII — KAYNAKLARIN MUAYENESİ

I — TAHRİBATSIZ MUAYENE

Tahribatsız muayene, ayrı fiziksel temellere dayanan değişik yöntemlerden: oluşmuş bir mühendislik disiplindir. Yöntemler arasında farklılık büyük olmakla birlikte hepsinde müşterek yanlar bulunmaktadır. Bunlar:

1. Tarayıcı ortam. Bu, muayene olunan parçaya nüfuz edebilen, onu hatta kat edebilen bir enerji, bir nükleer radyasyon veya akışkan ortamıdır.
2. Tarayıcı ortamın modifikasyonu. Muayene edilen parça içinde fiziksel süreksizliklerden, homojenlik noksanlıklarından ve geometrik sınırlar dan hangisi tarayıcı ortamda bir değişiklik meydana getirebiliyorsa, yöntem prensip itibariyle, onun belirlenmesine (meydana çıkarılmasına) duyarlıdır.
3. Tarayıcı ortamda vaki değişikliklere hassas bir detektör (prob).
4. Detektörün verdiği sinyalleri kullanışlı biçimde gösteren veya kaydeden cihaz.
5. Cihazın verdiği işaretleri muayene edilen parçanın özellikleri ve süreksizlikleri cinsinden değerlendiren bir gözlemci. Bu, çoğu kez insan olmakla birlikte otomatik devrelerde bir cihaz da olabilir.

Aşağıdaki tabloda tarayıcı ortamların başlıcaları ve bunlara dayanan tahribatsız muayene metodları görülmektedir. Bunlardan optik, penetrant ve magnetik parçacıklarla muayene metodları sadece yüzeysel hataların, diğerleri ise yüzeysel hatalarla beraber derindeki hataların da belirlenmesine elverişlidirler. Akışkanlarla, basınç veya vakum altında, yapılan sızma muayenelerinde ise ancak malzemeyi bir yüzden öbürüne kat eden hatalar belirlenebilir.

TARAYICI ORTAMLAR VE BUNLARA DAYANAN TAHRİBATSIZ MUAYENE METODLARI

Tarayıcı ortam	Tahribatsız muayene metodu
A.ENERJİ VE NÜKLEER RADYASYON ORTAMLARI 1. Işık 2. Girici radyasyonlar (X, Gamma, nötron, elektron ve alfa demetleri) 3. Elastik dalgalar 4. Magnetik alan 5. Elektriksel alan 6. Elektromagnetik alan 7. Termal radyasyon	Optik metodlar Radyografi ve Fluoroskopi Ultrasonik muayene Magnetik parçacıklarla muayene Elektriksel metodlar Girdap akımları metodu Enfrared muayene metodu
B.MADDESEL ORTAMLAR 1. Penetrant sıvılar 2. Akışkanlar ve özellikle su	Penetrant muayene Basınç veya vakum altında sızma deneyleri

1960'lar termografi (enfired), nötron radyografisi ve fluoresan X - ışınlarıyla ölçme ve analiz yöntemlerinin endüstri hizmetine katıldığı yıllardır. Tahribatsız muayene alanında gelişme günümüzde de hızlanarak devam etmektedir. Mevcut yöntemlere yeni teknikler veya tamamıyla farklı fiziksel temellere dayanan yeni metodlar araştırma laboratuvarlarının masaları üzerinde yakın günlerin endüstrisi için hazırlanmaktadır. Örneğin, ultrasonik holografi ve akustik emisyon bunlardan yalnızca ikisidir. Ultrasonik holografi, ultrasonik muayeneye kalıcı ve faksimil (aslının aynı) görüntü kazandırmaya çalışmaktadır. Bu sayede ultrasonik muayenenin halen ve büyük hendikapı olan "aslına benzer ve kalıcı görüntü vermeme" engeli aşılmış olacaktır. Akustik emisyon metodu heyecan verici bir gelecek vaat etmektedir. Bir tahtanın, zorlandığında önce çıtırtılar çıkararak çatladığını, sonra çatırdayarak kırıldığını biliriz. Gerçekte işittiklerimiz tahtanın çatlarken ve nihayet kırılırken saldırdığı enerjidir. Metallerin çatlaması esnasında da enerji açığa çıkar. Yalnız bu enerji kulağımızın duyarlık sınırının üstündeki frekanslarda olduğu için işitilmez. Fakat özel cihazlarla pekâlâ kaydolunabilir.

Laboratuvar koşulları altında bu yapılabilir. Ancak endüstride makinaların işletme koşullarının ortaya koyduğu gürültü arasında bir küçük çatlama serbest kalan sesi zapt edebilmek ve diğerlerinden ayırıştırıp değerlendirebilmek akustik emisyon metodunun yenmeye çalıştığı temel güçlüklerdir. Metod uygulama alanına intikal ettirilebilirse makinanın falanca parçasında, örneğin uçağın kanadında, bir çatlama başlangıcı veya mevcut çatlağın gelişmesi anı anına zapt olunabilecektir. Bunun ne büyük yararlar sağlayabileceği aşikârdır.

Bu itibarla yukarıdaki tabloda adı geçen yöntemler bilinen ve uygulanmakta olan tahribatsız muayene usullerinin tamamı demek değildir. Ancak bunlar en sık kullanılanlardır.

Bu konuda akla şu soru gelebilir: Neden bu kadar çok sayıda yöntem ihtiyacı var? Hepsi aynı fiziksel temellere dayanmadığı için birinin yapısı öbüründen çok farklıdır. Kullanılan cihazlar temelden farklıdır. Tahribatsız muayeneye zaman zaman "Aletler Ormanı" denildiği de işitilir. Bunların tamamını kapsamak önemli bir yatırım meselesi olduğu kadar çetin bir ihtisas işidir. Gerçekte her metod, diğerlerinin aciz kaldığı haller için geliştirilmiştir. Her birinin kapsamı ve sınırları vardır. Her metodun diğer hepsine üstün olduğu haller vardır. Bu sebepten tahribatsız muayene metodları birbirinin rakibi veya alternatifi olmaktan ziyade tamamlayıcıdır. Belirli bir endüstrinin muayene problemleri için bunlar arasında bir veya birkaç metod yeterli olabilir. Fakat özellikle tahribatsız muayene dalında ihtisaslaşan profesyonel laboratuvarlar bu alanda geliştirilmiş bulunan bütün metodlar arasında dengeyi korumak durumundadırlar.

Üstünlükleri

Tahribatsız muayeneye bugünkü sağlam mevkiini sağlayan bir seri üstünlükleri vardır. Aşağıda bunlara kısaca değinilmiştir:

1. Tahribatsız muayene ile parçanın bir benzeri değil bizzat kendisi muayene olunur. Dolayısıyla daha güvenilir sonuçlara varılır. Tahribatlı muayenelerdeki numune alma problemi ve alınan numunenin bütün kütleyi ne derece temsil etmekte olduğu tereddüdü ortadan kalkar.

2. Parçanın farklı özelliklerine ve farklı bölgelerine hassas birçok tahribatsız muayene aynı anda veya peş peşe uygulanabilir. Böylece servis performansı ile bağlantı kurulabilir ve istenen sayıda özellik kontrol edilebilir.

3. Parça sayısı ne kadar çok olursa olsun, istenirse tamamı muayene olunabilir. Buna karar vermek artık bir ekonomi meselesidir. Muayene giderleri ile kalite kararlılığının sağlayacağı faydaların veya muhtemel arıza ve kazaların tevlit edeceği malî külfetlerin dengesi düşünülür.

4. Tahribatsız muayene aynı bir parçada belirli zaman fasılları ile tekrar olunabilir. Böylece yorulma ve işletme hasarının gelişimi takip olunabilir.

5. Çok pahalı ve büyük tek parçalara, esasen, tahribatsız muayeneden başka uygulanabilecek bir muayene metodu düşünülemez.

6. Tahribatsız muayene, muayene sanatını laboratuardan atölyeye taşımıştır. Artık muayene işin ayağına gitmektedir. Muayene için iş yerinde parça taşınması külfetinden kurtulunmuştur. Tahribatsız muayene iş akışını bozamaz.

7. Tahribatsız otomatik muayene mümkündür ve pek çok uygulaması vardır. Çok yüksek hızlı muayene otomatları, imalât bantlarının hızını kesmeden önceden plânlanan muayeneleri yapabilirler ve reddi gereken parçaları ayırabilirler. Bu sayede imal olunan parçalar arasındaki farklılıklar istenildiği kadar azaltılabilir. İmalâttaki aksaklıklar başladıkları anda en az kayıpla farkına varılıp giderilebilir.

Örneğin, girdap akımları yöntemine dayanan otomatik cihazlarda muayene süresi saniyenin binde birine kadar indirilebilmiştir. Üstelik bu metoda muayene kafasının deney parçasına teması gerekmediğinden kızıl sıcaklıktaki parçalar dahi muayene olunabilir. Bu sayede meselâ çubuk, saç veya boru şeklindeki malzemeler imalâtın baş döndürücü hızını aksatmadan, çeşitli yapı kusurları veya geometrik boyutlar bakımından ve 1000°C kadar olan sıcaklıklarda muayene olunmaktadır.

8. Tahribatsız muayene imalât esnasında yeni parçalara olduğu kadar, periyodik bakımlarda ve hatta işletme esnasında servisteki parçalara da uygulanır. Bazı hallerde parçayı, montajlı olduğu sisteme takılı olduğu yerden sökmeden ve bazen de işletmeyi hiç durdurmadan muayene yapmak mümkündür. Gerçekte bu husus tahribatsız muayene hesabına pek büyük bir üstünlüktür.

Rafinerilerde ve kimya endüstrisinde tesis içeriden korozyona maruzdur. Radyografik ve ultrasonik metodlarla, işletmeyi durdurmadan, istenilen noktalarda korozyon ölçmeleri yapılır. Bir diğer örnek, çok yüksek voltajlı elektrik enerji nakil hatlarında, trafo ve salt istasyonlarında ısınan ve dolayısıyla arıza yapmaya doğru giden parçaları, enfrared muayene metodu ile, birkaç yüz metre uzaktan tespit etmek ve sıcaklıklarını ölçmektir. Bunun için işletmeyi

durdurmaya gerek yoktur. Ölçülen sıcaklığın derecesinden tamir için hemen müdahale edilmesinin gerekip gerekmediği de tahmin olunabilir.

Sınırları

Burada her özel muayene yönteminin kapsamını ve sınırlarını ayrı ayrı belirtmeye imkân yoktur. Ancak genel olarak tahribatsız muayene teknolojisinin sınırlarından bahsetmekle yetinilecektir.

Tahribatsız muayene şunları direkt olarak ölçemez:

- I. Malzemenin mukavemeti,
- II. Hasarlama yükü,
- III. Geri kalan işletme ömrü.

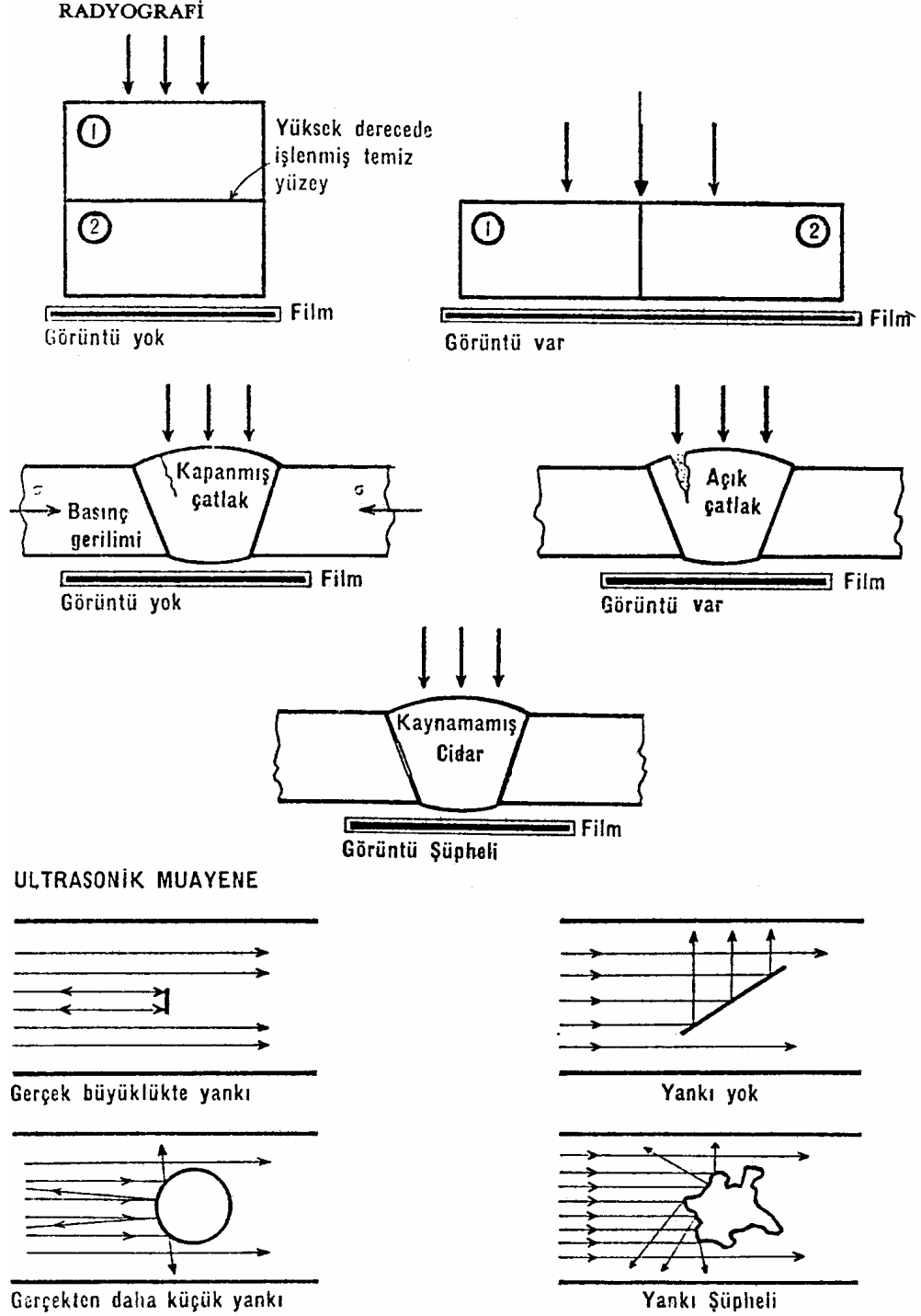
Halbuki bunlar bir parçanın muayyen bir işe uygunluğunu belirleyen en önemli faktörlerdir. Uygun seçilmiş tahribatlı deneylerde bunları tayin etmek mümkündür. Bugün için tahribatsız muayeneler malzemenin, mühendislik yönünden en ilgi çekici olan, yukarıdaki özellikleri hakkında ancak dolaylı yollardan göreceli bilgi verir.

Aşağıdaki karşılaştırma konunun daha iyi anlaşılması için belki faydalı olur: Doktor hastasını "tahribatsız" metodlarla muayene eder. Bir şeyler bulmuşsa tedavisine girişir, veya hiçbir arıza bulmamıştır. Her iki halde de muayene olan kişinin daha ne kadar ömrünün kaldığını söylemek, bazı özel durumlar dışında, doktor için imkânsızdır.

Uygulamanın temel sorunları

Tatbikatta bir tahribatsız muayene girişiminde ilk karşılaşılan sorun, hangi metodun kullanılmasının lâzım geldiğidir. Karşılaşılabilecek *her türlü muayene sorununa çare olabilecek tek bir metod yoktur. Bir başka deyimle her hal için geçerli "mükemmel" metod yoktur.* Aksi takdirde, bu kadar çeşitli muayene metodu geliştirmeye gerek kalmazdı. Her yöntemin üstün olduğu ve eksik kaldığı haller vardır. Muayeneci kullandığı yöntemin hangi ölçüde gerçekleri aksettirebildiğini iyi bilmesi gerekir. Şüpheli kalan hususları hatırdan çıkarmamalıdır. Muayeneci daima kendi kendisine şu soruyu sormalıdır: Hangi ölçüde gerçekleri bulup çıkarabiliyorum?

Birkaç somut örnek şekil 343'den görülmektedir. Radyografide üst üste konmuş iki bloğun ara yüzeyi, yüksek derecede işlenmiş ve temiz olmak kaydıyla görüntü vermez. Halbuki bloklar yan yana bulunduğu ara yüzey film üzerinde bir doğru çizgi halinde görüntü ile belirir. Çatlak ağzı açıkken görüntü verme şansı vardır, iç gerilmelerle kapandığı zaman hiç görüntü vermeyebilir. Kaynak için affedilmeyen hatalardan olan yan cidara kaynamama hatasının film üzerinde görüntü vermesi şansa bağlıdır. Ultrasonik muayene için de benzer şeyler söylenebilir. Işınlara dik düzlemsel hata gerçek büyüklüğü ile yankı verir. Eğik duran düzlemsel hata hiç yankı vermeyebilir. Kocaman bir küresel hata ancak küçük bir yankı verebilme şansına sahiptir. Tamamen pürüzlü yüzeyleriyle kocaman bir hatanın nasıl yankı vereceği belirsizdir. Hiç yankı vermeyip tamamen gözden kaçabilir.



Şek. 343 — Radyografik ve Ultrasonik muayenelerde görüntü veren ve vermeyen haller.

Bu örnekleri daha çok artırmak mümkündür. Binaenaleyh var olan kusurların hangi ölçüde ortaya konabildiği muayenenin temel sorunudur. Bu sebepten *tahribatsız muayene raporunda hatasız bulunan bir malzeme için "Kusursuzdur" yanıtı, metodun temelinde yatan belirsizlikle çeliştiği için hiçbir zaman kullanılmaz.* Bunun yerine "kayda değer bir kusura tesadüf edilmemiştir" deyiimi kullanılır. Yine aynı nedenledir ki, kritik işler birden fazla metotla muayene olunur. Örneğin, kritik üstü değerlerle çalışan bir buhar devresinde ana boru

hattının kaynakları ultrasonik, radyografi ve magnetik parçacıklarla muayene metodlarının her üçü ile ve yüzde yüz oranında muayene olunur. Bu açıklamadan sonra artık metod seçiminde göz önünde bulundurulması gereken etkenleri sıralayabiliriz:

- I. Muayene ekonomisi, ulaşılmak istenen kalite standardı
- II. Parçanın geometrisi
- III. Parçanın malzemesi
- IV. Parça sayısı ve muayene oranı
- V. Aranılan hatanın yeri (yüzeysel hata, iç hata).
- VI. Hatanın cinsi
- VII. Hatanın hâkim doğrultusu
- VIII. Hatanın büyüklüğü

Bu faktörlerin münakaşası uygulanacak muayene metodunu veya metodlarını belirler.

Muayene oranının saptanması

Tahribatsız muayene uygulamalarında hemen ilk karşılaşılan sorunlardan birisi muayene oranının ne olacağıdır, başka deyimle yüzde kaç muayene?

Ticari kalitede işler için muayene oranına ekonomik ve teknik faktörler arasında bir optimizasyon ile varılır. Gereğinde fazla kalite hevesi muayene masraflarını artırır. Gereğinden az muayene ıskarta suretiyle malzeme, işçilik ve zaman kaybına sebep olur. Muayene oranının makûl seviyede tutulmasında yarar vardır.

Muayene oranı için önceden bir reçete yazmak imkânsızdır. Tasarım, malzeme, işçilik ve işletme şartlarına bağlı olarak çok değişebilir. Bu bakımdan muayene oranı daha önce tasarımcı tarafından tespit edilip proje üzerine kaydolunmalıdır. Ayrıca, bir kısım Standard, spesifikasyon, kod ve şartnameler bazı imalâtın muayene oranları için değerler vermiştir. Örneğin, petrol endüstrisinin çeşitli imalâtında muayene oranları standartlarca tespit edilmiş bulunmaktadır. Ancak bunlar asgarî değerlerdir. İmalâtın kaidesindeki dalgalanmaya göre artırırlar. Uzun süreli büyük imalâtın muayenesinde uygulanan yöntem budur.

Üniversal muayene

Tahribatsız muayenenin bir başka temel sorunu üniversal sonuçlara varabilmektir. Bundan kast olunan nerede, kimin tarafından, hangi cihazları kullanarak muayene yapılırsa yapılırsın aynı sonuca varabilmektir. Aksi takdirde, muayenenin önemini toptan yitireceği tabiidir.

Gerçekte üniversalliği sağlamak pek kolay değildir. En basit örnek olarak bakmakla - görmek arasındaki farklılığa dikkati çekelim. Herkes aynı şeye bakar fakat genellikle farklı görür. İnsan göz yoluyla algıladığı izlenimlere farkında olmadan kendinden bazı şeyler katmak eğilimindedir. Görüntünün bazı taraflarını zihninden siler, bazı taraflarını kuvvetlendirir. Görüntüyü çarpıklaştırır. Görüntü kontrastlığı insana göre değişir. Aynı gerçeğe bakan kişiler farklı izlenimler alırlar. Hatta aynı kişinin aynı gerçekten farklı zamanda algıladığı izlenim farklı olabilir.

Tahribatsız muayenede gerçeğe ait bilgiler gözlemciye birtakım cihazlardan geçerek

gelmektedir. Biz gerçeği değil, onun kullandığımız tarayıcı ortam ile ara etkisini algılıyoruz. Bu ara etki kullandığımız tarayıcı ortama göre temelden değişen bir fiziksel olaydır. Binaenaleyh, tahribatsız muayene sonuçları hem gözlemciye ve hem de kullanılan cihazlara bağlıdır. Bütün bu etkilerden sonra muayene sonucu ne derece gerçeği yansıtmaktadır? Bir muayeneye başlamadan önce bu sorunun cevaplandırılması gerekir, aksi takdirde farklı gözlemciler, farklı cihazlarla farklı sonuçlara ulaşırlar. Farklılık pekâlâ büyük değerlere ulaşabilir.

Tahribatsız muayenede üniversalliği sağlamanın şartlarını iki ana grupta toplamak mümkündür. Bunlar:

- I. Tekrarlanabilir deney
- II. Objektif değerlendirme

şeklinde özetlenebilir. Her şeyden önce zaman, yer, şahıs ve cihazdan bağımsız olarak bir gerçeğe ait tek bir görüntü almak esastır. Deneyin tekrarlanabilirliğinden anlaşılan budur. Gerçi bir gerçeğe tek bir görüntü uygulama da varılması imkânsız bir idealdir. Mühendislikte gerçekleştirilebilen, bir gerçeğe ait farklı şartlar altında elde olunan görüntüler arasındaki farklılıkların önceden saptanan sınırlar arasında kalmasını sağlamaktır. İyi uygulama ile bu sınırlar daraltılabilir. Bu amaca varmak için çeşitli tahribatsız muayene metodlarında kullanılan

- a. cihazlar, aksesuarlar ve
- b. yöntemler

standardlaştırılmıştır. Cihaz ve aksesuarlara ait standartlar daha ziyade Ellet imalâtçıları ilgilendiren hususlardır. Birer uygulayıcı olarak bizleri daha ziyade yöntem (procedure) standartları ilgilendirir. Mühendislik literatüründe "Standard procedures" veya "recommended practice" isimleri ile anılan çeşitli dokümana başvurmak gerekir. Belli başlı mühendislik kuruluşları (API, ASME, Lloyd, IIW v.b.) muhtelif sanayi sektörleri için Standard uygulama yöntemleri önermişlerdir. Muayeneci bunlar arasında hangi yöntemi uyguladığını raporunda belirtmek zorundadır. Esasen şartnameler de bunu zorunlu kılar.

Tekrarlanabilir deney, tahribatsız muayenede üniversal sonuçlara varmak için gerekli şart olmakla beraber, yeter şart değildir. Muayenenin ikinci aşaması olan değerlendirmenin de objektif esaslara bağlanması şarttır. Kişisel değerlendirmeden kaçınılmalıdır. Sadece kişisel bilgi ve görgüye dayanan kabul/ret kararları daima tartışılabilir. Halbuki belli başlı sanayi sektörlerinde kabul/ret kriterleri, muhtelif disiplinlere bağlı kalabalık sayıda uzmanın oluşturduğu heyetler tarafından hazırlanmış bulunmaktadır. Bu kriterler uzun yılların kazandırdığı deneyim ile birçok kez gözden geçirilmiştir. Bunlara müracaat etmek farklı değerlendirmenin batağına saplanmamak bakımından yararlıdır.

Şimdi başlıca muayene yöntemleri hakkında kısaca bilgi verelim.

Penetrantlar:

Bu basit muayene yöntemi, önceden yağdan temizlenmiş dikişler üzerine piyasada bu amaçla satılan renkli bir sıvı sürmekten ibarettir. Bu sıvı kapilarite ile yüzeye çıkmış en ince

çatlaklara (kıl çatlaklarına) kadar nüfuz eder. İyice kuruduktan sonra büyüteçle bakılarak sıvının boyadığı çatlaklar görülebilir. Tentürdiyot çoğu kez bu amaç için kullanılır.

Sızdırmazlık kontrolü:

Bu kontrol su ya da havayla olur. Basınç devresinde bulunan manometrelerin gösterdikleri deneme basıncı sabit kalacaktır. Aksi halde kaynakta kaçak var demektir.

Radyografi X

1895'de Roentgen Almanya'da katod ışınlarıyla deney yapıyordu. Bu arada bu ışınları elde etmek için kullandığı vakum tüpünün bir yeni ışın türünü de yayımladığını buluyor. X ışını adını verdiği bu görünmez radyasyonun kağıda, oduna, kitaplara, insan vücuduna ve hatta metal parçalara nüfuz edebildiğini ve ışık gibi fotografik levhaları etkileyip fotoğraf kâğıdı üzerinde bir imaj hasıl ettiğini görüyor. Kısa süre sonra radyografi terimi, eşyaların X ışınlarıyla resmini alma işlemine bağlanıyor.

1898'de Curie'ler, radyum'un radyoaktif olduğunu keşfediyorlar. Radium'un yayımladığı görünmez radyasyona "gamma ışınları" adı veriliyor.

Endüstriyel radyografi X ya da gamma ışınları gibi nüfuz edici radyasyonu kullanarak malzemelerin bir muayene yöntemidir. Bu, ışığı geçirgen olmayan malzemenin içinin tetkikine olanak sağlamaktadır.

Malzemenin içinden geçerken radyasyonun bir bölümü absorbe olur (emilir) veya değişir. Emilme miktarı malzemenin kalınlığına ve yoğunluğuna ve emicinin atomik sayısına bağlıdır. Film, flüoresan perde veya Geiger sayacı gibi bazı detektör türleri, görüntü ya da işaretler şeklinde ortaya çıkan malzemenin şiddet değişmelerini kaydetmekte kullanılabilir. Sınai radyografi başlıca, görüntüleri film üzerinde kaydetmekle ilgilidir.

Bir radyograf meydana getirmede üç temel esas

1. Bir radyasyon menbaı, genellikle X ışınları veya gamma ışınları,
2. muayene edilecek parça,
3. filmi içeren bir kasetten ibarettir.

Radyasyon menbaı bir X ışını tüpü veya kobalt - 60 gibi bir uygun radyoisotop içeren bir kapsüldür. Işınlardan bir bölümü parçayı kat edip geçer, bir bölümü parça tarafından emilir, bir bölümü de yine parça tarafından her yöne dağıtılır. Kaset içindeki filme varan radyasyon miktarı belli sayıda etmene bağlıdır. Bunlar arasında muayene edilecek malzemenin tabiatı ve kalınlığı vardır.

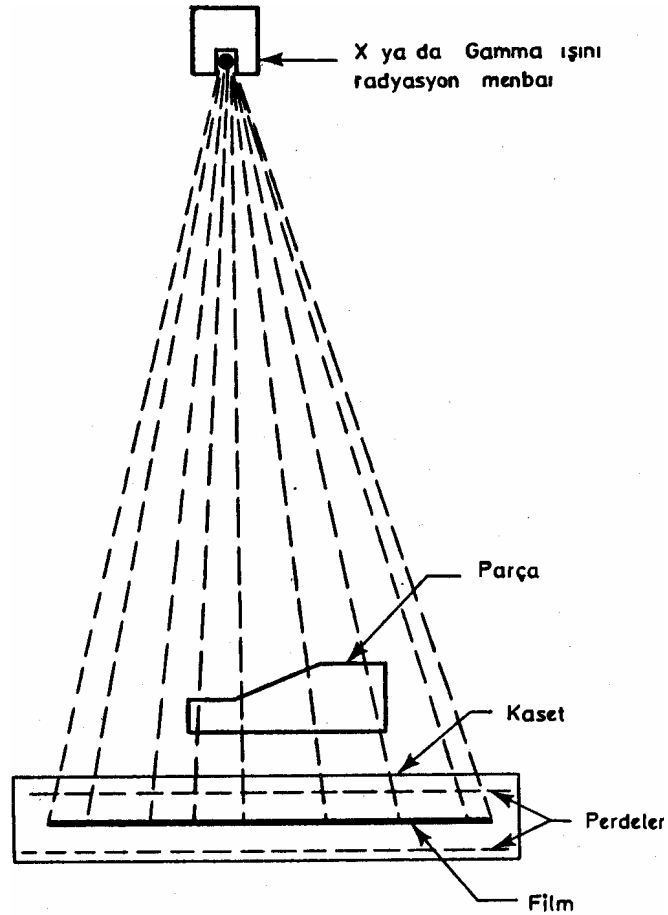
Muayene edilecek parçanın bir çelik parça olup içinde bir gaz kabarcığı bulunduğunu farz edelim. Kabarcığın alanı arasından çeliğin kalınlığında bir azalma olur. Bu nedenle kabarcığı içeren kesitten, çevredeki metale göre daha çok radyasyon geçecektir. Film üzerinde, banyo edildikten sonra, kabarcığın izdüşüm pozisyonuna tekabül eden bir koyu leke hasıl olacaktır. Bir radyograf, bir fotoğrafın negatifinin benzeridir. Radyograf üzerinde daha koyu bölgeler, parçanın daha kolaylıkla nüfuz edilmiş bölümlerini, daha açık bölgeler ise parçanın daha kalın veya daha yoğun bölümlerini temsil eder.

Radyasyona maruz kalmasından hasil olan görüntüyü haiz banyo edilmiş filme bir radyograf denir. Radyografin kararması, *yoğunluk* olarak ifade edilir; buna, onu radyografiye edilmiş parçanın kitle yoğunluğundan ayırt etmek için bazen fotografik yoğunluk denir.

Radyograf üzerinde bir alandan öbürüne yoğunluktaki farka *radyografik kontrast* adı verilir. Bir alanın yoğunluğu, bu alanda film emülsiyonunun emdiği radyasyon miktarına bağlıdır. Ne kadar çok radyasyon emilmişse radyograf o kadar karanlık olur. Sınırlar içinde, bir radyografda kontrast ya da yoğunluk farkları ne kadar fazla olursa, ayrıntılar o denli kolay seçilir. Çok fazla tam kontrast hattâ, çok yüksek ve çok alçak yoğunluk düzeylerinde, bazı ayrıntıların görünürlüğünde bir kaybolma hasil edebilir.

Bir radyograf üzerindeki görüntünün dış çizgilerinin keskinliğine *tanımlama* denir. İki alan arasında yoğunluklar değişmesi keskin olarak beliren bir çizgi olmadan tedricî gölgelenme şeklinde ise ayrıntının tanımlaması düşük demektir. Bu durumda kontrastlar daha zor saptanır. Bir radyografda keskin olarak tanımlanmış görüntüler yüksek bir tanımlamayı ifade eder.

Radyasyon filme çarptığında enerjinin sadece düşük bir bölümü emilir. Filmin kararması, emilmiş radyasyondan ileri geldiğinden, radyasyon enerjisinin bir büyük bölümü kaybolur. Bu kaybolan enerjiyi kullanmanın bir yolu *radyografik perdeler* (şek. 343 a) kullanmaktır.



Şek. 343 a — Radyograf poz tertibi.

Bunlara şiddet artırıcı perdeler adı da verilir. Filmin iki yanında ince kurşun yaprakların şiddetlendirici etkisi vardır. Kurşun, radyasyon tarafından uyarıldığında, elektronlar neşreder. Elektronlar filmi, tıpkı X ya da gamma radyasyonu gibi, etkiler; gerçekte elektronlar radyasyona göre daha kolayca emilirler. Keza flüoresan şiddetlendirici perdeler de bazen X ışını radyografisinde kullanılırsa da kaide olarak gamma ışınlarıyla kullanılmazlar. Bu perdeler bir mukavva veya plastik parça üzerine kaplanmış toz flüoresan kimyasal maddeler tabakasından ibarettir. Bu gibi perdeler istenilen radyograflar elde etmek için gerekli poz süresini yüz katından fazla indirirler.

Radyografların kontrastı *dağılma* tarafından azaltılabilir. Malzemeler sadece radyasyonu emmekle kalmayıp onu her yöne dağıtırlar. Bu itibarla filme sadece ana radyasyon menbaından gelen radyasyonlar değil, aynı zamanda, radyografisi çekilmiş parça, film kaseti ve odanın duvarları ve döşemesinden dağılmış radyasyon da çarpar. Dağılmış radyasyon, bir radyograf üzerindeki bütün görüntüyü bulanıklaştırmaya meyyleder. Perdeler, maskeler, diyaframlar ve filtreler dağılmayı azaltabilir.

Sınaî radyografide geçen konular aşağıda sayılmış olup radyografici bunları yakından bilecektir.

1. Radyasyon menbaın
 - a. KeV veya MeV (Kiloelektron - volt veya Megaelektron - volt) cinsinden menbaın maksimum enerjisi ve enerjinin spektral dağılımı.
 - b. Saatte bir ayak uzunlukta curie başına röntgen cinsinden, menbaın yayım oranı (gamma ışınları için 1 ayak boyunda r/c/sa ve x ışınları için 1 metre boyunda r/sa)
2. Muayene edilecek parça
 - a. Malzemenin kitle yoğunluğu (atomik sayısı veya kimyasal bileşimi)
 - b. Emme (absorpsiyon) yolunun kalınlığı ya da uzunluğu
3. Kullanılacak film
 - a. Gren veya filmin görüntüleri çözme kabiliyeti
 - b. İstenilen radyografik yoğunluğa varmak için gerekli hız ve göreceli poz
 - c. Filmin banyosu (developmanı) ve yorumlanması
4. Geometrik prensipler
 - a. Radyasyon menbaının boyutu
 - b. Menbaın filme mesafesi
 - c. Parçanın ölçüleri ve şekli
 - d. Parçanın filme mesafesi
 - e. İzdüşürülen görüntüler (geometrik agrandisman ve distorsiyon)
 - f. Hesaplamalar

Bu belirtilen prensiplere ek olarak her başarılı radyografici şu konuları bilip uygulamalıdır:

1. Radyografi teknikleri

- a. Poz hesapları
- b. Poz tertipleri

2. Radyografların yorumlanması.

Radyografiyle muayene edilecek malzeme ve imal yöntemlerinin (döküm, kaynak, hadde vb) çok değişik olması nedeniyle radyografların yorumlanması hergün uygulanan alışlagelmiş bir süreç değildir. Radyografların çekildikleri değişik koşullar bunların yorumlanmasını güç bir konu haline getirmiştir. Dolayısıyla bunların yorumu için bir formül ya da alışlagelmiş bir usul ortaya konamaz.

Radyografik muayene (öteki muayene yöntemleri gibi), parçanın kabul veya reddine karar vermek üzere uygulanır. *Bazı hata veya kusurların varlığı, parçanın tasarlanmış amacına hizmet edemeyeceği anlamına gelmediği kaydedilecektir.* Bu itibarla radyografları yorumlayan kişi, mevcut olan kusur veya süreksizlik derecesi hususunda değerlendirme yapacak ve bu süreksizlik veya kusurun parçanın kullanılmasına veya amacına hizmet etmesine engel olup olmadığına dair karar verecektir.

Tüm malzeme ve birleşmeler için kalite düzeyi salt mükemmellik olsaydı, radyografların yorumu göreceli olarak kolaylaşır. Yorumcu, herhangi bir süreksizlik, hata veya kusura rastladığında parça veya birleşmenin kabulüne olanak bulunmadığını basitçe ifade ederdi. Oysa ki endüstride çoğu mamul için mükemmellikten daha az bir nitelik yeterli olmaktadır. Mühendislik tasarım spesifikasyonları radyografi için kalite rehberi olmaktadır.

Bu itibarla radyografi yorumlayan kişi, muayene edilen mamulde mevcut süreksizliklerin kabul edilebilirlik derecesinin saptanması hususunda hüküm verme durumunda olduğunun bilincinde olacaktır. Bu itibarla radyografik muayeneye tabi tutulacak büyük malzeme ve mamul çeşidinin tümüne uygulanabilecek tek bir kalite düzeyi yoktur. Her kalite düzeyi, parçanın hizmet verebilme kabiliyeti ve tüm mamulün etkinliğine iştiraki bakımından değerlendirilip yorumlanacaktır.

Kalite düzeylerinin saptanması sorumluluğu, mamulü tasarlayan mühendislik grubunun ilk zorunludur. Statik ve dinamik gerilmeler, çalışma sıcaklıkları, korozyon, sürünme ve yorulma, yüzey görünümü ve daha birçok faktör açısından süreksizliklerin kabul edilebilirlikleri için spesifikasyonlar ortaya konacaktır. Az çok bütün durumlarda bitmiş mamul ve malzemelerde mükemmelliğin aranması, kabul edilemeyecek maliyetlere götürecektir. Bu itibarla kalite düzey ya da normu, ürünün *hizmet gereksinimine* uygun olacaktır.

Gamma ışınları (gammagrafi)

Gammagrafi çelik sanayii ve yarı - mamullerde uygulama alanı bulmaktadır. Kontrol, ingotların, bloomların imali sırasında, ve bitmiş ürünler, döğme ve haddelenmiş parçalar üzerinde yapılır,

İngot ve bloomlarda, kat edilmesi gereken kalınlıklar fazla olup parçalar uzun süre

hareketten alıkonamazlar. Bu itibarla yan - mamuller gammagrafinin esas alanı olmaktadır.

Burada, ölçüleri çok değişken olabilen döğme parçalarla hadde mamullerini ayırt etmek gerekir. Kalınlıkları 30 ilâ 150 mm olan parçalara gammagrafik teknikler uygulanabilir. Daha kalın parçalar için çoğu kez başka yöntemlere, örneğin büyük güçlü x (röntgen) ışınları, ultrasona başvurmak gerekir.

20 curie'lik bir kobalt 60 menba ile dakikada 100 ila 120 m hızla geçen 200 mm kalınlıkta sıcak hadde bloomları muayene edilebilmektedir.

Gammagrafik muayenede kullanılan radioelementler, menbalar şekline sokulmuşlardır. Bu menbalar belli sayıda koşulu yerine getirmek zorundadırlar:

1. Gerçekleştirilecek muayeneye uygun bir penetrasyon (nüfuziyet) gücü ve yeterli bir akışı sağlayacak bir gamma ışını yayımlamak.
2. Makul bir ömre sahip bulunmak.
3. Muayene mesafelerine göre nokta olarak kabul edilebilmesi için mümkün olduğu kadar küçük hacimde olmak.

Metallerin endüstriyel kontrolü, enerjileri 0,1 ile 2 MeV arasında olan gamma ışınlarını gerektirir. Ancak, penetrasyon gücü bunda yeterli olmayıp menbaın yeterince yüksek bir akışa sahip bulunması gerekir, aksi halde poz süresi aşırı derecede fazla olur.

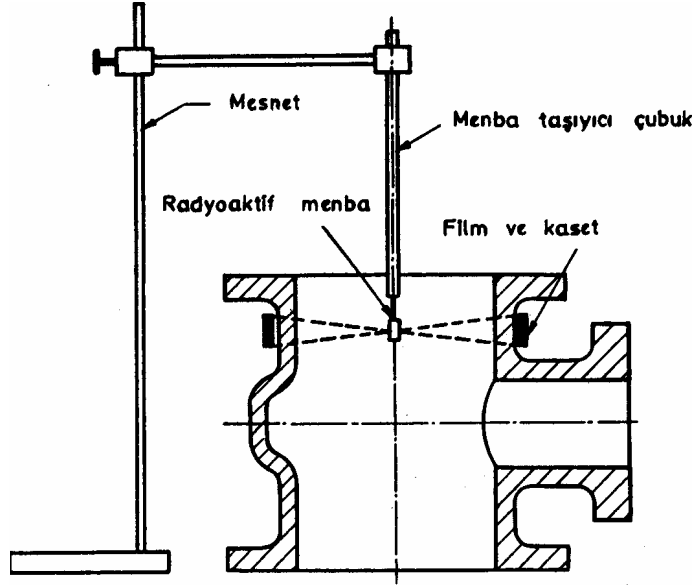
Peryod adı verilen ve her radioelemente özgü olan belli bir sürenin sonunda faaliyet yarıya düşer. Bu itibarla kısa ömürlü radioelement menbaının çok sık yenilenmesi sakıncası vardır. Bir üretici merkez yakınında bu durum fazla önemli olmayabilirse de kullanıcının uzak ve ulaşımı zor bir bölgede çalışması büyük sakıncalar doğurur.

Sınaî kontrolün çeşitli isteklerini karşılayabilmek için radioelementlerin sınıflandırılması gerekir. *Hiçbir menba gerçekten evrensel kullanıma uygun değildir.* Örneğin kobalt 60, 30 mm'den yukarı kalınlıkta demirli metallerle bakır alaşımlarının muayenesinde çok etkinken hafif alaşımdan parçalar için, kalınlığa göre iridium 192 veya thulium 170 kullanılır.

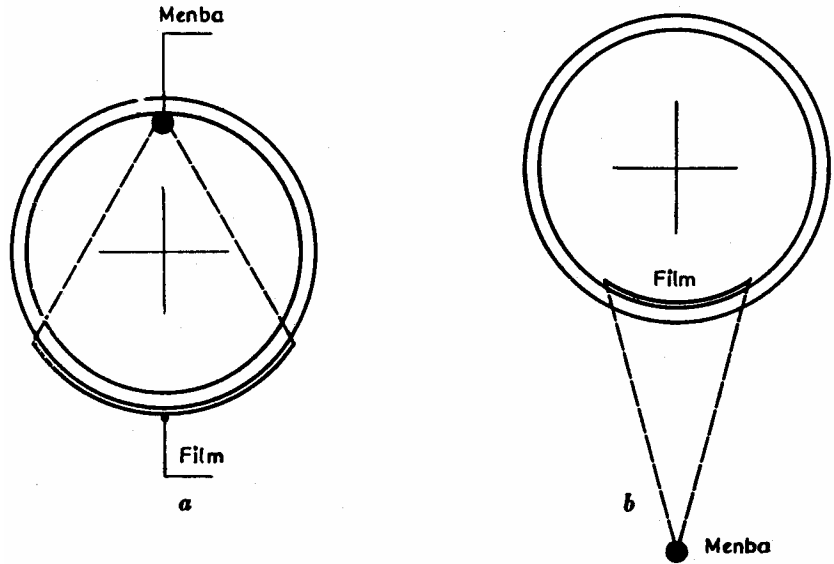
Gammagrafi, çok geniş uygulama alanına sahip olan radyografi x ile tam rekabet halinde değilse bile karşısında silinmeyip aksine gelişmekte olan bir teknik halindedir. Bu gelişmenin nedenleri:

- küçük, göreceli olarak ucuz, bakımı kolay ve çalışması sırasında bir enerji menbaına bağlı olmayan bir malzeme kullanan yöntemin basitliği;
- x ışınları jeneratörünün ulaşamayacağı yerlere (içi boş parçaların, kanalların vb. muayenesi) konabilen ışın menbaının küçüklüğüdür.

Maliyet bedeli bakımından her şey gammagrafinin lehinedir. Ayrıca x ışını jeneratörünün elektrik hattına bağlanması gerekir ki özellikle açık arazi çalışmalarında (örneğin petrol boru hattı) bu husus da gammagrafinin bir tercih nedeni olmaktadır. Zira sınırlı hacimler içinde çalışmada çok yer tutan yüksek gerilim kablosuna gerek yoktur.

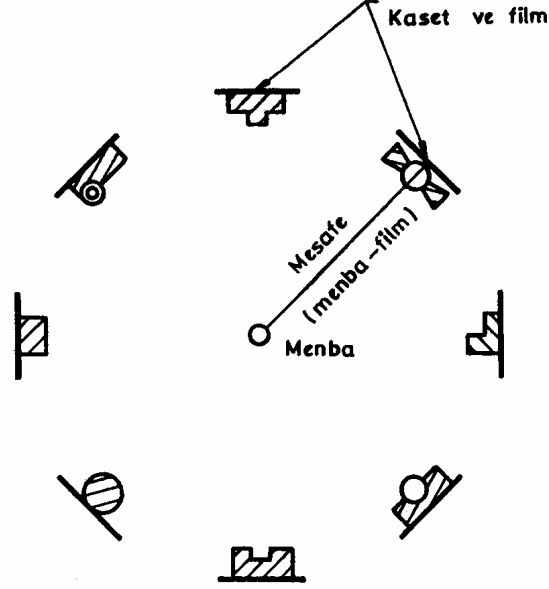


Şek.344 — Bir büyük vananın muayenesi.



Şek. 345 — Bir borunun muayenesinde mümkün olan şekiller.

Gammagrafinin poz süresi röntgen ışınına göre çok uzunsa da bir gammagrafik menbaı, x ışını jeneratörünün aksine, her yöne yayım yapar, dolayısıyla de aynı anda birçok parçanın muayenesi (panoramik poz - şek. 346) mümkün olmaktadır. Ayrıca, en uzun pozlar geceleri ve çalışılmayan günler boyunca verdirilebilir.



Şek. 346 — Panoramik muayene.

Ultrasonik muayene

Duyulabilen ses dalgalarının frekans alanlarının (20 ilâ 20.000 titreşim/sn) üstündeki frekanslarda titreşen ses dalgalarına *ultrasonik* dalgalar denir. Ultrasonik muayene tekniğinin kullandığı frekanslar 0,5 ilâ 15 MHz'lik ses dalga alanlarıdır. Bu alan içinde kalan boyuna ses dalgaları sıvı ve katı cisimler içinde değişik hızlarla yayılırlar. Hava ve gaz ortamlarında ise yayılamazlar. Bu olgu, ultrasonik muayenenin esasını teşkil eder şöyle ki:

Ses dalgalarının yayıldığı ortamda bir değişme olduğu takdirde ve bu yeni ortam bir sınırlı gaz ortamı ise, ses dalgaları fizikteki optik yansıma kanunlarında olduğu gibi yansır.

Bahis konusu "değişme"

- ortam içinde bir hata (çatlak, boşluk...);
- ortamın bittiği yerde (alt yüzey) havanın başlaması olabilir. Ultrasonik tekniğinde "değişme" ve "hata" yerine "süresizlik" terimi yeğlenir.

Bu iki ortam arasındaki sınıra "ultrasonik sınır yüzeyi" denir. Bir katı cisim içinde yayılan ultrasonik ses dalgaları sınır yüzeye gelince (örneğin arka cidar), öbür ortama girmez ve yansır. Ses dalgalarının gidiş ve dönüş zamanı elektronik olarak ölçülerek malzeme değerlendirilir (örneğin kalınlığı saptanır).

Katı ve sıvılar içinde iki değişik dalga cinsine rastlanır.

— Doğrusal dalgalar

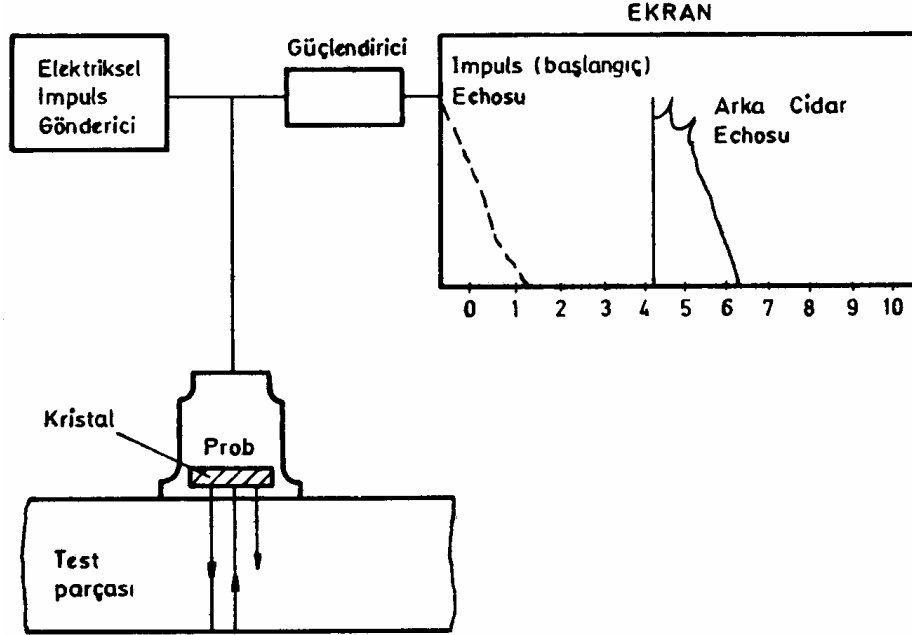
— Enine dalgalar

Her iki dalga çeşidi de, içinden geçtikleri ortamın (malzemenin) özelliklerine bağlı olarak değişik hızlarla yayılırlar. Kısaca ses hızına malzeme sabitesi denir ve "C" harfiyle simgelenir. Hangi dalgaya ait olup hangi malzeme içinde yayıldığı şöyle gösterilir (örnek):

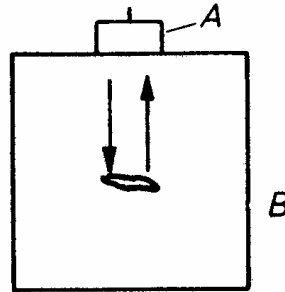
$$C_{B\ St} = 5920 \text{ m/sn (çelik içinde boyuna dalga hızı)}$$

$$C_{E\ St} = 3250 \text{ m/sn (çelik içinde enine dalga hızı)}$$

Ultrasonik cihaz, prensip şeması şek. 347'de gösterilen bir düzen olup burada muayenenin esas aleti Prob olmaktadır. O, muayene edilecek parçayı "gözden geçirir". Ama süreksizlikleri meydana çıkaran probun parça içine gönderip tekrar yakaladığı ultrasonik titreşimlerdir (şek. 348).



Şek. 347 — Ultrasonik cihazın prensip şeması.



Şek. 348 — A = Prob
B = muayene edilen parça

Ancak bunun için bu titreşimlerin, parçanın içinden yansıyor proba geri gelmesi gerekir. Probun belli bir yönel karakteristiği vardır, yani ultrasonik titreşimler probun altındaki muayene edilen parçanın sadece belli kesitine nüfuz eder.

Proba geri dönen ve dönmeyen titreşimler hakkında yeterince bilgi verilmişti (şek. 343).

Prob kristali ses dalgasını sürekli olarak değil, belli aralıklarla, impulslar halinde gönderir. Böylece malzemeden geri dönen impulsları algılama zamanı yaratılmış olur. Ses dalgalarının prob kristalinden gönderildiği andan itibaren malzeme içerisindeki gidiş ve geliş zamanı elektronik olarak ölçülüp yine elektronik olarak değerlendirilir.

Gönderici tarafından belli aralıklarla gönderilen elektriksel impulslar probun kristali

tarafından ses impulslarına dönüştürülür (Piezo - elektrik olayı). Prob ayrıca, algıladığı geri dönüş ses impulslarını tekrar elektriksel impulslara dönüştürür.

Normal doğrultusunda ses demeti gönderen probalar, boyuna dalga üretirler ve bunlarla çalışırlar.

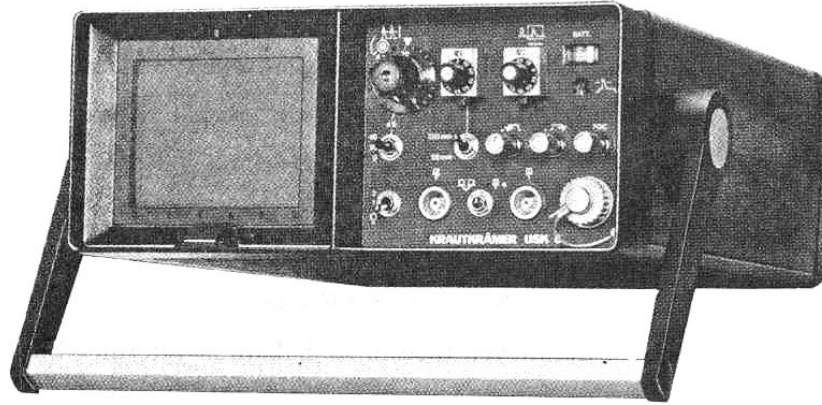
Açılı prob'larda ise prob haznesi içindeki kristal, normale göre belli bir açı altında yerleştirilmiş olup bunlar muayene edilecek parçanın yüzeyine eğik bir geliş açısı altında ses demeti gönderirler. Genelde ürettikleri boyuna dalgalar, kırılmadan dolayı malzeme içinde enine ve boyuna dalgalara ayrışırlar. Kırılma kanunlarından yararlanılarak boyuna dalgalar yüzeyel dalgalar haline getirilir. Yani malzeme içinde yayılmaları önlenir. Malzeme içinde sadece enine dalgalar kalır.

SE - Prob'ları, gönderici ve algılayıcı kristalleri ayrı olan problardır. Yüzeye yakın hataların aranmasında ve ince cidarlı malzemelerde kalınlık ölçümünde kullanılırlar. Bu ölçüm 0,1 mm hassasiyetle yapılabilir.

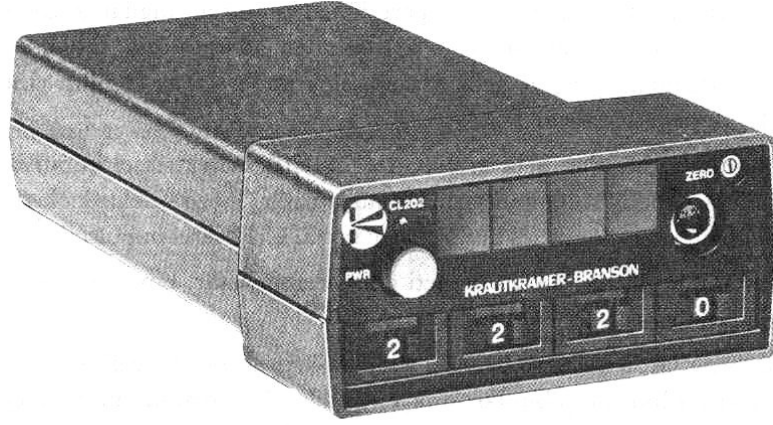
Kristal yapısı itibariyle yakın zamana kadar ultrasonik muayeneye imkân vermeyen östenitik kaynaklı birleşmelerin de, prob ve cihaz teknolojisindeki büyük gelişmeler sayesinde, bugün bu yöntemle muayeneleri olağan hale gelmiştir.

Gerçekten, ergimiş bölge dokusunun homojen olmaması nedeniyle, bir enine dalga kullanıldığında, olumlu sonuç elde etmeyi engelleyen çok sayıda parazit yankı meydana gelmektedir. Yeni prob türleri bu olanaksızlığın da üstesinden gelmiştir.

Magnetik zerreler'le yüzeyde ve sığ yüzey altı çatlakları, gözenekler saptanabilir.



Şek. 349 — Bir küçük ultrasonik cihaz.

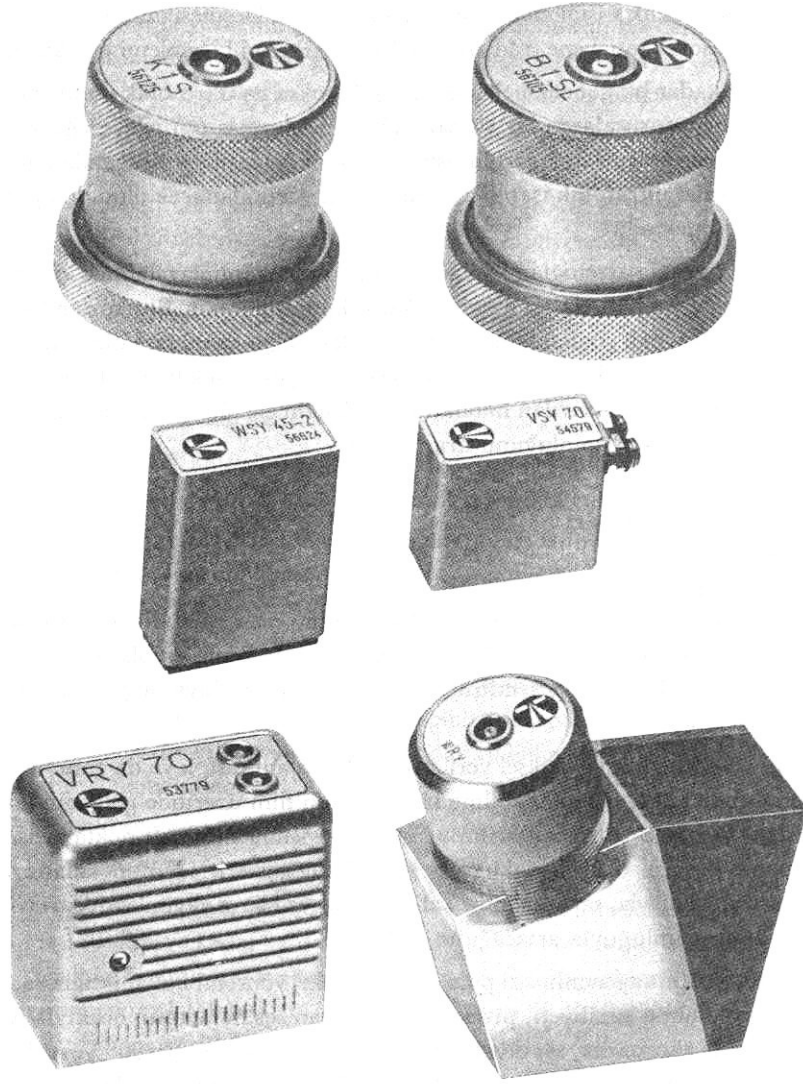


Şek. 350 — Ultrasonik cidar kalınlığı ölçme cihazı.

Genel değerlendirme

X yada gamma ışınlarıyla radiografi ile ultrasonik yöntem, bazı hataların saptanması bakımından birbirlerinden farklıdır. Bu farklar hangi müşterek paydaya indirgenebilir.

1. Genel olarak az cidar kalınlıklarında küçük girmeler (cüruf, oksit...) x ışını yöntemiyle, ultrasonik kullanılmasına göre, daha kolay saptanabilir.
2. Kaide olarak, parçalar kalınlaştıkça, hata saptanması, x ışını kullanımına göre ultrasonikle daha iyi olmaktadır.
3. Çatlaklar ve laminer kusurlar gibi malzeme ayrılmalarının saptanması çoğu kez x ışınlarıyla, imkânsız değilse bile, çok daha zordur.
4. Ultrasonikle, özellikle malzeme ayrılmaları, çatlaklar ve ergime noksanı, büyük kolaylıkla saptanabilir.
5. Birçok durumda ultrasonik muayene, x ışını yöntemine göre, çok daha ekonomik olmaktadır.
6. Ultrasonik muayenenin aksine x ışını muayenesi derhal bire bir ölçekte belge sağlar.
7. Ultrasonik muayenenin otomatikleştirilmesi herhangi bir ciddi zorluk arz etmez.
8. Buna karşılık x ışını muayenesinin hızlı otomatikleşmesi mümkün değildir.
9. Ultrasonik muayene, radyasyona karşı herhangi bir önlemi gerektirmez.



Şek. 351 — Çeşitli problar.

Her ne kadar bu genellemelerde yanlışlık yoksa da ultrasonik muayene çoğu kez, şüpheli durumlarda bir radyografik film alınmasının izleyeceği bir çabuk ön muayene aracı olarak görülmüştür. Film bir belge oluşturduğundan nesnel olmakta, oysa ki ultrasonik işaretler, uzmanınca yorumlanacak olup dolayısıyla öznel addedilmektedir.

Her iki tekniğin arz ettiği imkânları daha yakından tanımlayabilmek için önce, saptanması istenen hata tipleri üzerinde karar kılmak gerekir. Bunlardan başlıca ilginç olanlar, kaynak yöntemi, ana metalin ve kaynağın kalınlığı, kullanılan elektrodur tipi, ısıl işlem vb. birçok etmene bağlıdır. Çeşitli şekillerde daima karşımıza çıkan ve "klasik" sayılan hatalardan birkaçını ele alıp deney metodlarının bu esaslar üzerinde uygunluğunu araştıralım:

- a. Cüruf girişi
- b. Ergime noksanı
- c. Çatlaklar
- d. Boşluklar.

Deney sonucunun, mümkünse hataların kesin yerini, yönünü ve cinsini açıklayan bir belgesel kayıt şeklini alması istenmektedir. Buna ek olarak sonucun, deney sürecinde derhal değerlendirilebilmesine olanak sağlayacak şekilde takdim edilmesi arzu edilir.

Her iki yöntemin ve fiziksel verilerin bir kıyaslanması, x yada gamma ışını muayenesinde hatanın saptanabilme kabiliyetinin film üzerinde gölgenin koyuluğundaki farklarla ve ışıklandırılmış noktaların ışınların hatalı noktalarda absorpsiyonuyla hasil olan parlaklığıyla iyileştiğini gösterir. Bunun anlamı, bir uniform kesitli hatayla, saptanabilme kabiliyetinin, ışınların yayımlandıkları yönde süreksizliğin uzunluğuyla artacağıdır.

Ultrasonik muayenenin adı puls - echo (yankı) yöntemi kullanıldığında, hatanın saptanabilme kabiliyeti, proba geri yansıyan ses demetinin oranıyla iyileşir. Bu itibarla süreksizlik, ses demetinin hata yüzeyiyle olan açısı 90° 'ye ne kadar yaklaşır ve yüzey de ne kadar düz olursa, o kadar iyi saptanacaktır.

Bir kaynak dikişinde dikey olarak yönlendirilmiş bir düz çatlak, çok dar bile olsa, x ışını muayenesiyle derhal saptanabilir. Ama ışınların yayımlandıkları yöne yakın değilse ve özellikle kapalı bir kıl çatlaklığı ise, uygun saptama sağlanamaz.

Bu itibarla yan cidara kaynama noksanı sadece bir başka radyografin bu kenara uygun açıda alınması halinde film üzerinde iyice tefrik edilebilir. Kaide olarak, pratikte bütün yapılan, kaynak dikişinin belli bir kesitinin radyografisini almaktan ibaret olup bunda çatlaklarla ergime noksanının gözden kaçması tehlikesi vardır.

Dikey olarak yönlendirilmiş çatlaklar, bir açı probunun ses demeti için iyi yansıtıcılar olmaktadır; yan ergime noksanı hattâ daha da iyi bir yansıtıcıdır; ancak bunun için ses demetinin doğru tarafa yöneltilmiş olması gerekir. Kaynak dikişinin iki taraftan denetlenmesi halinde bu tür süreksizliklerin saptanmama ihtimali az olur.

Çatlakların her zaman laminer olmayıp çoğu kez kaynak dikişi içinde düzensiz şekilde yönelmiş olmaları, radyografik muayenenin etkin olmama tehlikesini artırır.

Gözenekler ve küçük girmeler (cüruf, oksit...), tüpün voltajının, poz süresi ve filmin hassasiyetinin uygun olması halinde x ışını filmi üzerinde açıkça görülür. Örneğin, bir 200 kV sistemde poz süresi, 35 mm cidar kalınlığına kadar, yaklaşık 15 dakika olacaktır.

Bu tür küçük kusurların, özellikle ufak boşlukların, kötü yansıtıcılar olmaları itibarıyla, ultrasonikle saptanmaları daha güçtür.

Büyük girmeler her iki yöntemle hemen yakalanırlar. Radyografik muayenenin, hatanın çevresini açıkça göstermesi avantajı vardır. Böylece de, yorumlama gücüne dalmadan bunları doğruca sınıflandırma imkânı olur. Bu hata tipi her zaman ultrasonik ekranına tam olarak yansımaz.

Girme ve gözeneklerin x ışını filminde aynen görülüşü bu kusurların tek bir düzlemde, radyografinin düzleminde yaygınlığını saptama olanağını sağlar. Ama radyografinin sadece dikey yönde alınmış olması halinde bunların derinlikleri hakkında bir fikir edinilemez.

Oysa ki ultrasonik yöntemle bu başlıca kusur tiplerinin her üç boyutu büyük hassasiyetle saptanabilir.

Uygun donanımın elde bulunması ve uzun poz sürelerinin göze alınması halinde 120 mm'ye kadar ve daha kalın bütün kaynak dikişlerinin filmi çekilebilir. Ancak bu konuda uzmanların birleştikleri husus kaynakların radyografik muayenesinin etkin olabilmesi için çelikte kalınlıkların 35 ilâ 40 mm'yi aşmamalarıdır. Bu konuda ileri sürülen gerekçeler şöyle özetlenir:

Belli bir azami kalınlığın üstünde ya poz süresi çok uzun olacaktır ve/veya tüpün voltajı çok artırılacaktır. Ancak, çoğu kez 15 dakikadan fazla bir poz süresi, ekonomik bir yaklaşım olmamaktadır. Voltajın yükseltilmesi demek, donanımın boyutlarının büyümesi, dolayısıyla taşıma güçlüğüünün artması ve hatta bunun imkânsız hale gelmesi demektir. Kaldı ki daha yüksek voltaj daha sert ışınlar ve dolayısıyla daha zayıf kontrastlar verir ki böylece hatanın teşhisi zorlaşır.

Gamma ışını donanımının taşınması ve kullanımını daha kolay olmakla birlikte çok daha kısa dalga boyları kullanır ve filmlerinin keskinliği, 40 mm'den az kalınlıklar için, kesinlikle x ışını ünitesininkinden aşağıdır. Boyut itibariyle gamma ışını menbaları ideal olmakla birlikte uzun poz süreleri bunların imalât şantiyeleri ve benzer yerlerde kullanımını sınırlar.

Örneğin kazan imalinde aynı anda birkaç radyograf çekmek mümkün olabilmektedir. Radyografik muayenenin zorunlu olduğu hallerde, 40 mm'den kalın malzemelerin muayenesinde gamma radyasyonu tekniği pratik olarak kullanılabilir tek teknik gibidir.

Ultrasonik tekniklerinin uygulanmasında cidar kalınlığı mutlaka sınırlayıcı bir etmen değildir. Genel olarak 500 mm'ye kadar, hatta bundan daha kalın malzemenin muayenesinde herhangi bir güçlük karşılaşılmaz.

II — TAHRİBATLI (MEKANİK) MUAYENE

Bunların ayrıntılarına girmek bu kitabın çerçevesini aşacağından burada bu konuyla ilgili başlıca standartları saymakla yetineceğiz. Bunlarda çeşitli kaynak tiplerinden çıkarılan deney parçalarının şekil ve ölçüleri, tabii tutulacakları deneylerin mahiyet ve koşulları gösterilmiştir.

A. Türk standartları

- TS 280: Çekme deneyi (köşe kaynaklı çeliklerde)
- TS 281: Serbest eğme ve katlama deneyleri (alın kaynaklı çeliklerde)
- TS 282: Çentik - eğme deneyi (alın kaynaklı çeliklerde)
- TS 283: Çeliklerde kaynak ilâve malzemesinin sıcak çatlama özelliğinin tayini
- TS 285: Çeliklerde eritme kaynak metodu ile yapılan alın birleştirme kaynaklarının sürekli uzama özelliklerini ve kopma süresini tayin muayenesi
- TS 287: Çeliklerde eritme kaynak yöntemi ile yapılan alın bağlama kaynağında çekme deneyi
- TS 3362: Basınçlı kaplar hesaplama kuralları

0,5 atü ve daha yüksek üst basınçlı sıvı ve gazların üretiminde, taşınmasında ya da depolanmasında kullanılan küre, silindir biçimli veya küre, silindir ya da koni biçimli

hacimlerin birleştirilmesinden oluşan atmosfere kapalı bu basınçlı kaplar, kaynakla imal edilmeleri itibariyle, konumuz bakımından büyük önem taşımaktadır. Bu sonuncu standartta çeşitli gerilme ve dayanım tiplerine (TS 138, TS 377, TS 3101) ve basınçlı kapların hesaplanmasında malzemenin seçilmesi kurallarına da ait ayrıntılar verilmiştir.

B. Amerikan standartları

Konumuzla doğruca ilgili olarak başlıca:

- ANSI/AWS B4.0-77 Standard Methods for Mechanical Testing of Welds
- ASTM E 208 Conducting Drop Weight Test to determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels
- ASTM E 190 Guided Bend Test for Ductility of Welds
- ASTM A 370 Mechanical Testing of Steel Products
- ASTM A 23 Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials
- ASTM E8 Tension Testing of Metallic Materials

sayılabilir. Basınçlı kaplar ve kazanlar için de "Cases of ASME Boiler and Pressure Vessel Code - Case 1592-7, 1592-8", çok ayrıntılı belgeler oluşturmaktadırlar.

Genel mahiyette olan ANSI/AWS B4.0-77 standardı kaynaklı birleşmelerin, kaynak kabiliyetinin ve sıcak çatlak eğiliminin takdiri için kullanılan temel mekanik deneyleri kapsar. Bu standartta bulunan alın kaynaklan deneyleri çekme, Charpy çentik-darbe, düşen ağırlık, dinamik yırtılma ve eğilme deneyleriyle sınırlıdır; köşe kaynakları deneyleri makaslama, eğme ve kırma deneylerine inhisar ediyor. Kaynak kabiliyeti deneyleri T-eğme ve "varestraint" deneyleriyle sınırlı olup bu sonuncusu başlıca sıcak çatlamaya eğilim deneyi olarak kullanılmaktadır.

Kaynak malzemeleri ve yöntem nitelendirilmesi için mutlak olarak en çok kullanılan deneyler yuvarlak çekme deneyleri; küçültülmüş - kesit çekme deneyleri; yüz, kök, yan - eğme deneyleri ve Charpy darbe deneyidir. Köşe kaynağı deneyleri, tasarım ve imalât kaynağının köşe kaynaklarıyla sınırlı olması halinde kullanılır. Kırılma tokluğu deneylerine, örneğin düşen ağırlık ve dinamik yırtılma deneyleriyle kaynak kabiliyeti deneylerine bu tür bilgilerin gerektiği durumlarda başvurulur.

Bunlardan başka "Çatlak açıklığı yer değiştirmesi" (COD) deneyi bugün kaynak metalürjisinde yerini almış olup özellikle basınçlı kaplar ve benzeri donanım için tasarım kriterlerine destek olmak üzere veri elde etmek amacını güder.

Çatlak açıklığı yer değiştirmesi (COD) deneyi normal olarak daha büyük süneklik koşulları içinde, lineer elastik kırılma mekaniğinin yetersiz kaldığı yerde kullanılmaktadır.

Bunun için bkz.: *İngiliz BS DD 19/1972 Methods for Crack Opening Displacement (COD) Testing*

C. Alman Technischen Überwachungs-Verein (TÜV) spesifikasyonları

Ülkemize de yerleşmiş bulunan ve uluslararası düzeyde bir gözetim kurumu olan TÜV, önemli büyük konstrüksiyonların (örneğin 2. Boğaz Köprüsü, nükleer reaktör - santral vb)

denetimini üstlenmekte olup kaynak malzemelerini, imalâtçının fabrikasından itibaren izlemekte, burada yaptığı deneyler sonucunda onayladığı kaynak malzemelerinin dışında hiçbir malzeme, denetimi altında bulunan konstrüksiyonun şantiyesine giremez. Keza TÜV sertifikasını haiz olmayan hiçbir kaynakçı buralarda çalışamaz.

—VdTÜV-Merkblatt 1153 Richtlinien für die Eignungsprüfung von Schweisszusätzen

—VdTÜV-Merkblatt 1753 Gütesicherung von Schweisszusätzen und Schweißhilfsstoffen bei der Herstellung von Komponenten im Primaerkreis von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren.