

KAYNAKLI İMALATLARDA KULLANILAN TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİNİN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ

NDT Günleri-XII Kaynak Kongresine Giderken
MMO Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezi



1

Tahribatsız Muayeneler ve
Önemli Uygulama Alanları

2

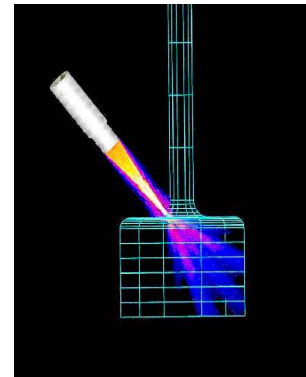
Kaynak Dikişlerinin Muayenesi

3

NDT Faaliyetlerinin Kalitesi

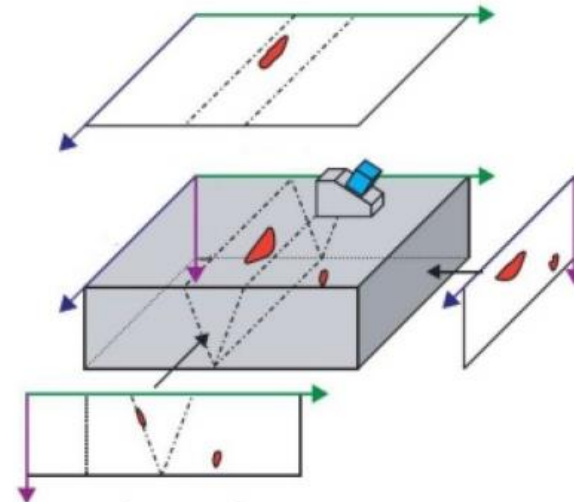
Tahribatsız Muayene Nedir ?

- Tahribatsız muayeneler, bir ürünün bazı tanımlanmış özellikleri taşıyıp taşımadığını kontrol etmek için uygulanan ölçüm yöntemlerinin bir bölümünü teşkil etmektedir.
- Kullanılan tekniğe **“Tahribatsız”** sıfatını kazandıran husus, incelenen nesnenin hiçbir şekilde tahribat görmemesi, daha sonraki kullanımını engelleyecek bir değişikliğe, bozulmaya, fonksiyon kaybına uğramamasıdır.



Tahribatsız Muayene Nedir ?

- Tahribatsız muayene, bir malzeme ile ilgili bir **özelliğın ölçülmesi** ya da **süreksizliğın bulunması, yerinin ve boyutlarının** tespiti yoluyla bu faaliyeti yapan kişiye, o malzemenin ya da süreksizliğın kabul edilebilir olup olmadığına karar verebilmesi imkanını sağlamaktadır.



Tahribatsız Muayene Nedir ?

- Tahribatsız muayene, ürün bütünlüğünü ve güvenilirliğini sağlamak, imalat süreçlerini kontrol etmek, üretim maliyetlerini düşürmek ve kaliteyi korumak için **üretim, imalat, montaj, hizmet içi muayenelerde ve durum izleme faaliyetlerinde** kalite kontrol ve kalite temin süreçlerinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.



Tahribatsız Muayene Yöntemleri

Gözle Muayene

Infrared Radyometri

Sızdırmazlık

Termografi

Radyografik Muayene
CR / DR / CT

Manyetik Parçacık

Akustik Emisyon

Vibrasyon Analizi

Ultrasonik
PAUT / ToFD

PMI, XRF, X-ışını kırınımı

Penetrant Muayenesi

Magnetik Akı

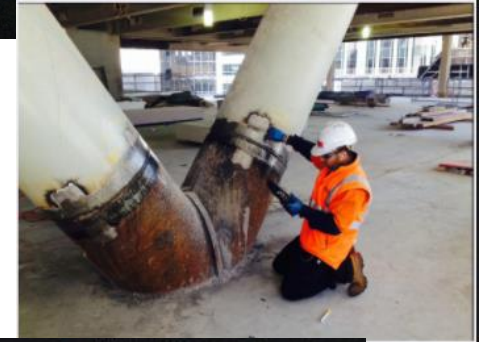
Replik

Lazer Test Yöntemleri
Holografik / Profilometri / Shearografi

Girdap Akımları

Tahribatsız Muayene Yöntemlerinin Önemli Uygulama Alanları Nelerdir ?

- Hata tespiti ve değerlendirmesi
- Sızdırmazlık testi
- Konum belirleme
- Boyut ölçümleri
- Yapı ve mikroyapı özelliklerinin belirlenmesi
- Mekanik ve fiziksel özelliklerin belirlenmesi
- Stress (Strain) ve dinamik davranış analizleri
- Malzeme ayrımı ve kimyasal kompozisyonun belirlenmesi
- Durum izleme



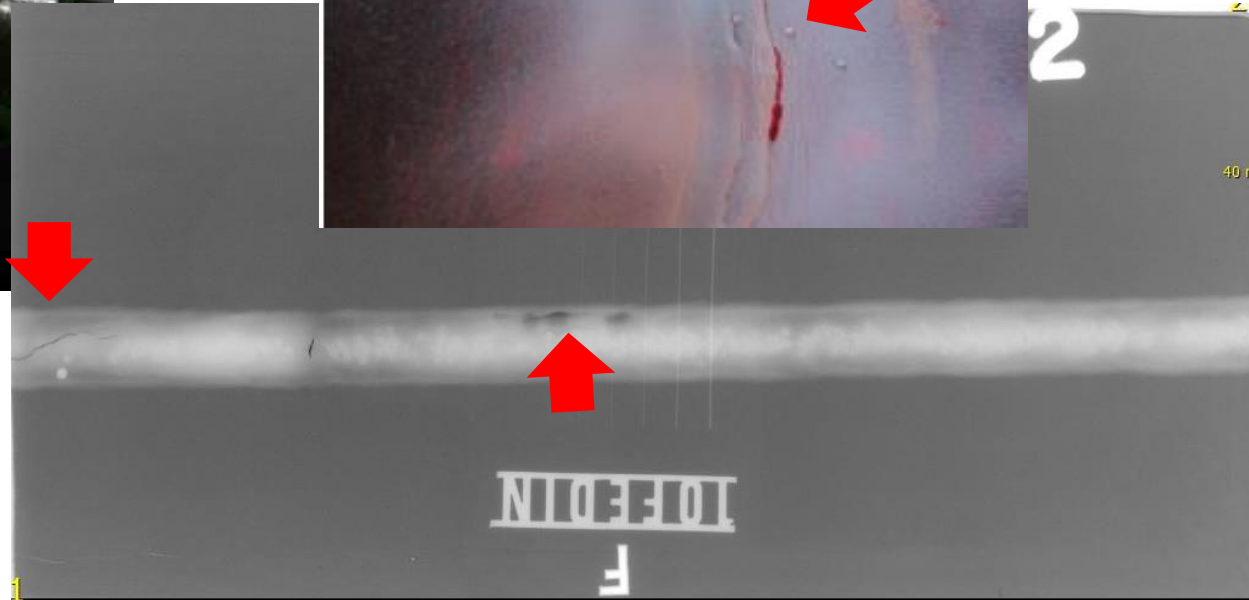
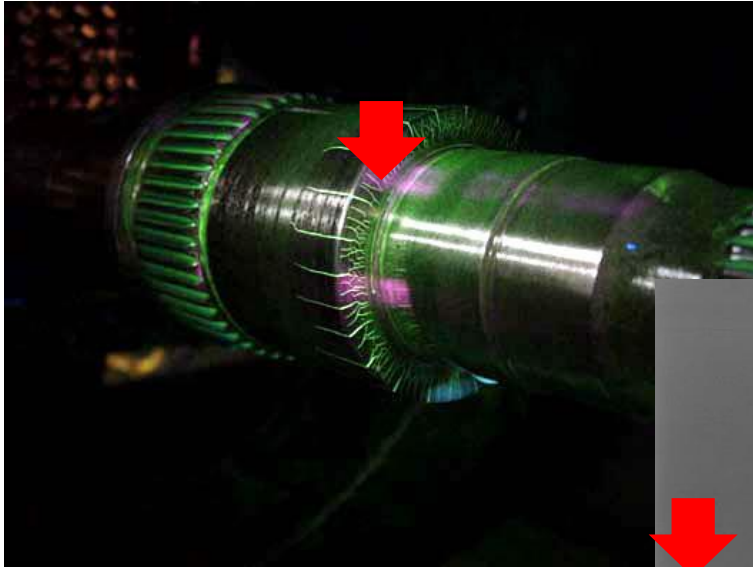
Genel Olarak Tahribatsız Muayene Yöntemleri Nerede ve Ne Zaman Kullanılır?

Komponentlerin imalat ya da işletme süreçlerinin hemen her aşamasında uygulanacak tahribatsız muayene uygulamaları mevcuttur;

- Ürün geliştirmesine yardımcı olarak
- Giriş kalite kontrolü
- Üretim süreçlerinin gözlenmesi, geliştirilmesi ve kontrolü
- Uygun işlemin/işlemlerin yapılıp yapılmadığının doğrulanması
- Montajın uygunluğunun doğrulanması
- İşletme koşullarında oluşan hasarın tespiti

Tahribatsız Muayene ile Süreksizliklerin Tespiti

- Süreksizliklerin tespiti ve değerlendirilmesi, endüstriyel anlamda tahribatsız muayene yöntemlerinin en önemli uygulama alanını oluşturur.



Genel Olarak Tahribatsız Muayene Yöntemleri Nerede ve Ne Zaman Kullanılır?

- Tahribatsız muayenenin üretim aşamasında kalite kontroldeki geleneksel rolü – ağırlıklı olarak kusur tespiti – son yıllarda tesis ve ekipmanların kullanım ömrü boyunca değişen aşamalarda giderek daha önemli hale gelen **hizmet içi** muayenelerle güçlenmiştir.
- **Durum izleme**, gelişen bir arızanın göstergesi olan önemli bir değişikliği belirlemek için bir yapı, ekipman, makinedeki bir durum parametresini (kalınlık değişimi, titreşim, sıcaklık, vb.) izleme sürecidir ve bu anlamda da öngörücü bakımın önemli bir bileşenidir.

Genel Olarak Tahribatsız Muayene Yöntemleri Nerede ve Ne Zaman Kullanılır?

- Durum izlemenin kullanımı ayrıca, bakımın programlanmasına veya oluşması muhtemel bir hasarı önlemek dolayısı ile yıkıcı sonuçlarından kaçınmak için diğer önlemlerin alınmasına olanak sağlamaktadır.
- Normal kullanım ömrünü kısaltacak koşulların büyük bir arızaya dönüşmeden önce ele alınabilmesi açısından durum izlemenin benzersiz bir faydası vardır. Durum izleme teknikleri normalde döner ekipman ve diğer makinelerde kullanılırken, buhar kazanları, borular ve ısı eşanjörleri gibi statik tesis ekipmanları için tahribatsız muayene yöntemleri ve hizmete uygunluk değerlendirmesi periyodik muayenelerde kullanılır.

Tahribatsız Muayene Yöntemleri

NDT yöntemleri genel olarak iki kategoriye ayrılabilir ;

- geleneksel ve
- gelişmiş

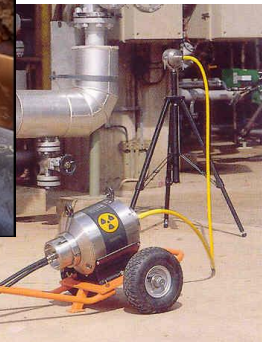


Tahribatsız Muayene Yöntemleri

Geleneksel yöntemler, on yıllar boyunca olgunlaşan ve bu süre içinde kodlar, standartlar ve en iyi uygulamalarda ayrıntılı belgelenmiş yöntemlerdir.

Geleneksel bir tekniğin kurulumu ve prosedürü, gelişmiş yöntemlere kıyasla tipik olarak daha basittir.

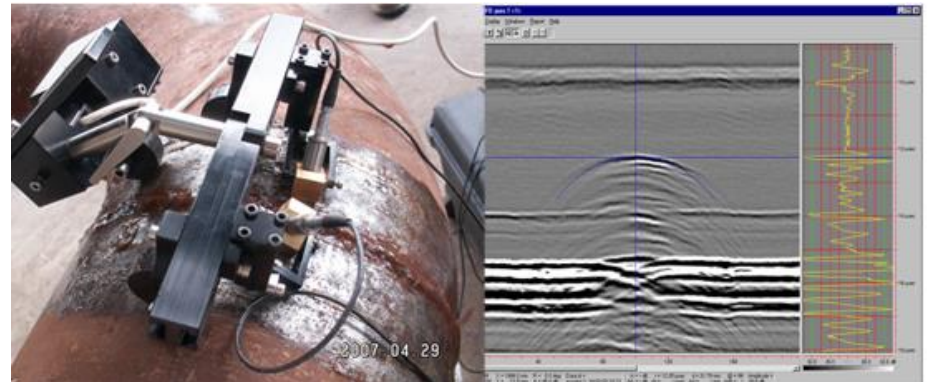
- **Penetrant Testi (PT)**
- **Manyetik Parçacık Testi (MT)**
- **Radyografik Test (RT) Film Radyografisi (RT-F)**
- **Ultrasonik Test (UT)**
- **Gözle Muayene(VT)**
- **Akustik Emisyon Testi (AT)**
- **Elektromanyetik Test (ET)**
- **Sızdırmazlık Testi (LT)**
- **Infrared Testi (TT)**
- **Titreşim Analizi (VA)**



Tahribatsız Muayene Yöntemleri

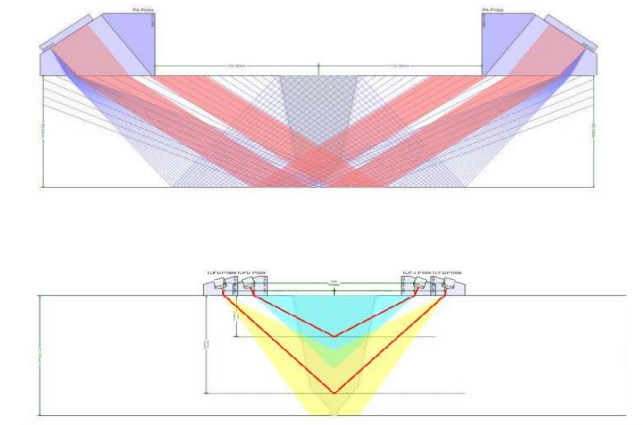
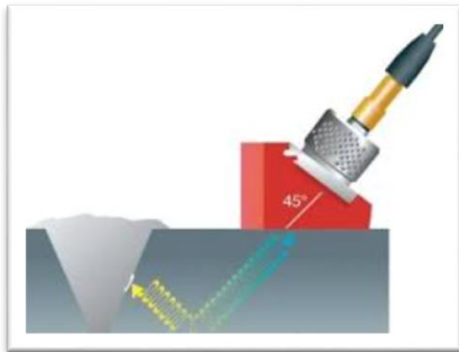
Gelişmiş yöntemler, gelişen teknolojiler olarak ilerleyen ve henüz tam netleşmemiş avantajları veya sınırlamaları, teknisyen yeterlilik kriterlerinin olmaması veya endüstri standartlarının çok az olması veya hiç olmaması gibi nedenlerle daha az anlaşılma eğilimindedir. .

Genel olarak, gelişmiş yöntemlerin kurulumu, prosedürü ve veri yorumlaması daha karmaşıktır ve uygun şekilde eğitilmiş bir teknisyenden özel yorumlama ve deneyim gerektirebilir.



Tahribatsız Muayene Yöntemleri

- Ayrıca, bazı yöntemler geleneksel ve ileri teknikler olarak ikiye ayrılabilir. Örneğin, iki tür ultrasonik test ele alalım, normal prob ultrasonik testi (UT) basit uygulamalarda kullanılan geleneksel bir teknikken faz kontrollü ultrasonik testi (PAUT) gelişmiş bir UT tekniğidir.
- Gelişmiş teknikler olgunlaştıkça, yeni bir teknik anlayış ve teknisyen eğitimi döngüsü başlatmak için her birinin yeni ve daha gelişmiş sürümleri ortaya çıkar.



Tahribatsız Muayene Yöntemleri

- **Electromanyetik Test (ET)**

- Manyetik Flux Leakage(MFL)

- **Laser Test Yöntemleri (LM)**

- Holographik Test
- Laser Profilometry
- Laser Shearography

- **Radyografik Muayene (RT)**

- Computed Radiography (RT-CR)
- Computed Tomography (RT-CT)
- Digital Radiography (RT-DR)

- **Ultrasonik Test (UT)**

- Elektromanyetik Akustik Vericiler (EMAT)
- Internal Rotary Inspection System (IRIS)
- Long Range Ultrasonic Testing (LRUT)
- Faz Kontrollu Ultrasonik Test (PAUT)
 - Total Focusing Method-TFM / Full Matrix Capture-FMC
- Kırınım Dalgaları Tekniği (ToFD)



Tahribatsız Muayene Yöntemleri

- Her tahribatsız muayene yöntemi kendine özgü yeteneklere ve sınırlamalara sahiptir.
- Bazıları yalnızca süreksizlikleri tespit edip belirtinin örneğin uzunluğunu ölçebilirken, diğerleri de belirtinin yüksekliğini değerlendirme yeteneğine sahiptir.
- NDT teknikleri aynı zamanda bir süreksizliği karakterize etme kapasitelerine göre de farklılık gösterebilir, yani süreksizliğin hacimsel, düzlemsel, vb. olup olmadığını belirleme.
- Farklı fiziksel prensipler ve uygulama koşulları performans farklılıklarına neden olabilir.

NDT yöntemlerinin genel test kapsamı ve ana sınırlamalarına göre karşılaştırılması

Yöntem	Yüzeysel	Hacimsel	Parçanın bütününde	Notlar
VT	1	0	0	Yalnızca yüzeydeki süreksizlik ve kusurlar için, ancak potansiyel kusura yol açan süreç sapmaları da tespit edilebilir
PT	1	0	0	Yalnızca aşırı gözenekli olmayan malzemelerde yüzeye açık kusurlar için
MT	1	0	0	Yalnızca ferromanyetik malzeme için—yüzeyaltı kusurları tespit edilebilir
ET	1	2	0	Yalnızca iletken malzeme için—penetrasyon derinliği 0,1 ila 10 mm arasında olabilir
RT	2	1	1	Yüksek X veya γ ışını zayıflamasına sahip malzemede imkansız olabilir, parça boyutuna bağlı olarak tüm parça test edilebilir.
UT	2	1	1	İri taneli mikroyapılar veya yüksek ses zayıflamasına sahip malzemeler üzerinde imkansız olabilir
AT	(1)	(1)	(1)	İlerleyen süreksizlikleri tespit etmekle sınırlı
TT	(1)	(1)	(1)	Genellikle metalik olmayan malzemelerde kullanılır

0: uygulanmaz;

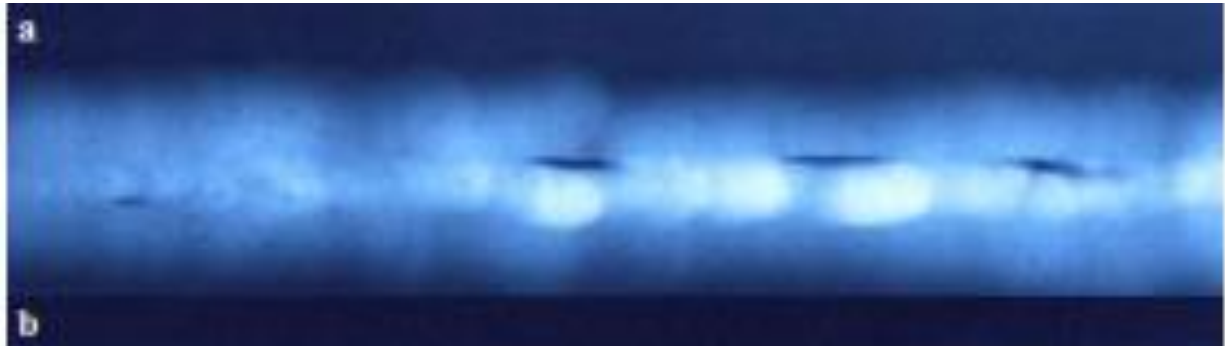
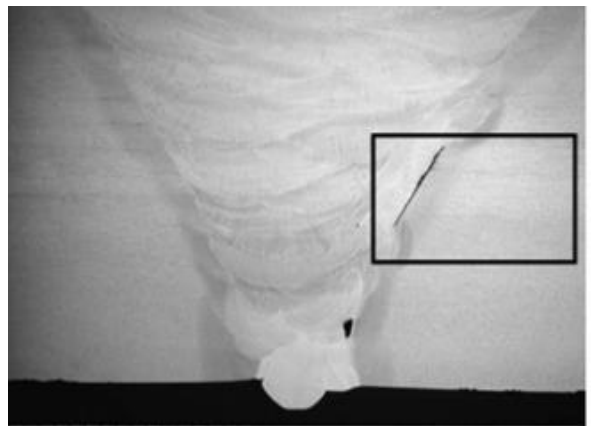
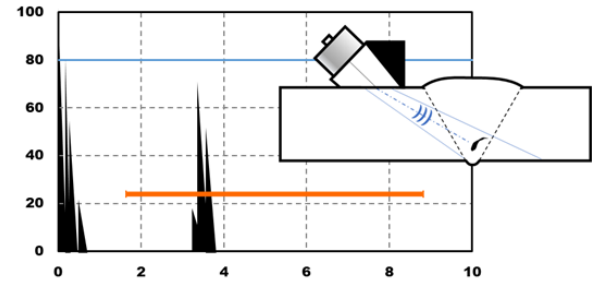
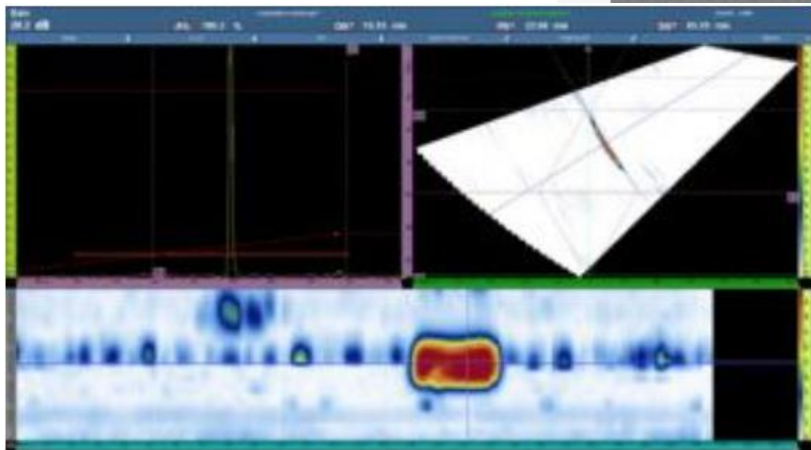
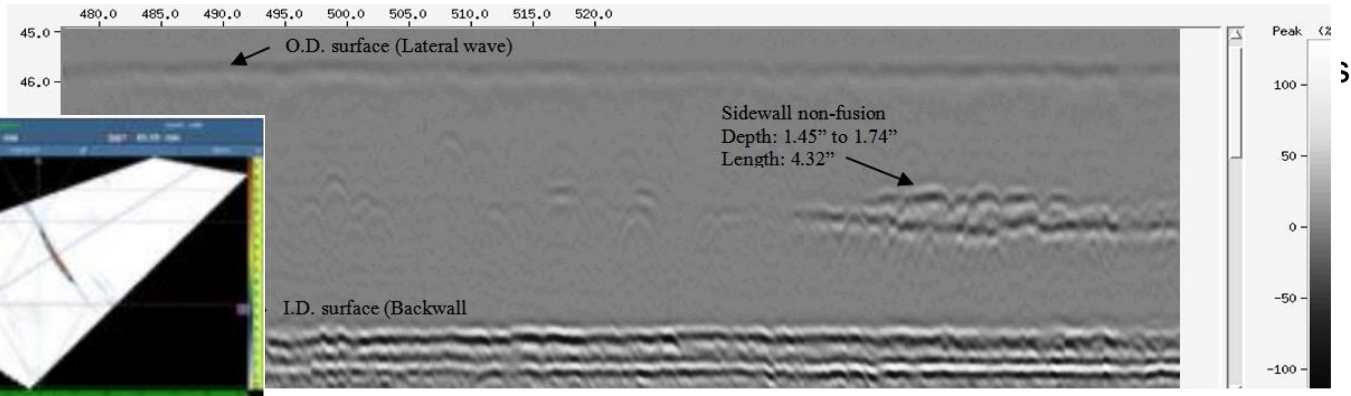
1: genel standartlarda önerilir;

(1): ürün standartlarında önerilir;

2: genel standartların kapsamında değerlendirilir ancak genellikle tek başına bir yöntem olarak uygulanmaz

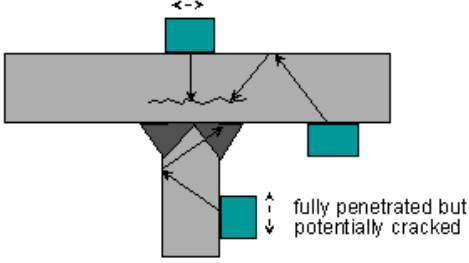
Tahribatsız Muayene Yöntemleri

- Uygulanan NDT tekniği ne olursa olsun, amaç, süreksizlik ile etkileşime giren fiziksel bir fenomen aracılığıyla bir parçada bulunan süreksizliği tespit etmek ve değerlendirmektir.
- Bu etkileşimin sonucu **belirti** olarak adlandırılan genellikle bir sinyal veya görüntü aracılığıyla gözlemlenir.
- Belirti genellikle süreksizliğin kendisiyle karıştırılır. Belirtinin, kusurun kendisinden çok farklı olabilen bir temsili olduğunu akılda tutmak çok önemlidir.

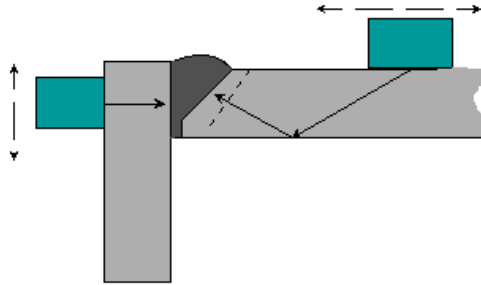


Kaynaklı imalatlarda kullanılan Tahribatsız Muayene Yöntemlerinin Gözden Geçirilmesi

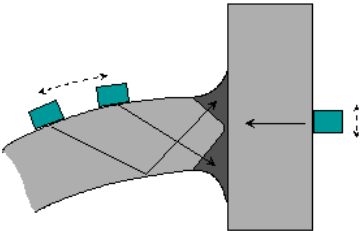
Tee joint - double bevel



Single Vee corner



Set through - large nozzle



1

Tahribatsız Muayeneler ve
Önemli Uygulama Alanları

2

Kaynak Dikişlerinin Muayenesi

3

NDT Faaliyetlerinin Kalitesi



Kaynak Dikişlerinin Muayenesi

- Tahribatsız muayenenin (NDT) en yaygın kullanımlarından biri kaynak bütünlüğünün incelenmesidir. Bunun nedeni, kaynaklı birleştirmelerin dünya çapında kritik endüstriyel uygulamalarda olağanüstü derecede yaygın olmasıdır.
- Bu nedenle, kaynak için tahribatsız muayene yöntemlerinin geniş alanında önemli teknolojik gelişmeler ortaya çıkmıştır.

- Kaynak dikiş muayeneleri, en yaygın olanı kaynağın amaçlanan uygulama için uygun kalitede olup olmadığını belirlemek olan çeşitli nedenlerle yapılır. Bir kaynağın kalitesini değerlendirmek için önce kaynağın özelliklerini karşılaştırabileceğiniz kriterlere sahip olmamız gerekir.
- Çeşitli kaynaklı imalat uygulamaları için özel olarak geliştirilmiş kodlar ve standartlar, kaynak denetimleri sırasında hangi seviyelerde kaynak süreksizliklerinin kabul edilebilir olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır.
- Sektörünüzde veya uygulamanızda kullanılması amaçlanan bir kaynak standardı seçmek önemlidir.

- Kaynak kalitesinin sağlanması, ekipman ve yapıların gerekli standartlarda performans göstermeye devam etmesini sağlamak açısından çok önemlidir.
- Tahribatsız muayene yöntemleri, kaynak dikişinin kalite seviyesinin belirleniminin, tesis ve süreçlerin sürekli işlevselliğini, güvenliğini ve performansını sağlamanın en önemli yoludur.
- Bir kaynak dikişinin birçok özelliği kaynak muayenesi sırasında değerlendirilebilir – bu özelliklerin bazıları kaynak boyutuyla, diğerleri kaynak süreksizliklerinin varlığıyla ilgilidir.
- Kaynak dikişi boyutu, genellikle doğrudan kaynağın mukavemeti ve performansı ile ilgili olduğu için son derece önemli olabilir.

- Tipine, boyutlarına ve/veya konumlarına bağlı olarak, kaynak süreksizlikleri (kaynağın içindeki veya ısıdan etkilenen bölgede), kaynağın amaçlanan performansını karşılamasını engelleyebilir. Bu süreksizlikler bazen kaynaklı bileşende mukavemet azalması veya ek stres konsantrasyonları nedeniyle beklenmeyen kaynak hasarlarına neden olabilir.

Doğru bir şekilde gerçekleştirilirse, çoğu uygulama için gözle muayene genellikle en kolay ve en ucuz yöntemdir.

Kaynak işlemi öncesinde, sırasında ve sonrasında **gözle muayene**, kaynak dikişinin yüzeyindeki kusurları tespit etmek için esastır.

Bununla birlikte, görüntüsü iyi olan bir kaynak dikişinin kesitinin de her zaman istenen kaliteyi sağladığı söylenemez ve ilaveten yüzeyde de olsa süreksizlikler her zaman çıplak gözle görülemez.

Bu nedenle, aşağıda listelenenler de dahil olmak üzere diğer tahribatsız muayene yöntemleri, dahili süreksizlikleri tespit etmek ve tanımlamak açısından farklı endüstriyel sektörlerde vazgeçilmezdir.

- Penetrant muayenesi,
- Radyografik muayene,
- Manyetik parçacık muayenesi,
- Girdap akımı muayenesi
- Ultrasonik muayene

PAUT, TOFD ve çok elemanlı eddy akımı teknikleri giderek daha kapsamlı bir şekilde uygulanmaktadır. Tomografi, akustik emisyon, GWUT, lazer ve optik teknikler güçlü bir ilgi konusu olmaya devam etmektedir.

- Kaynak dikişlerinin yüzeyindeki süreksizlikleri, kök pası, sıcak ve dolgu pasları arası ve ayrıca sonraki paslar atılmadan önce arkadan yarılmış kaynak dikişlerini incelerken manyetik parçacık veya penetrant muayenesi kullanılabilir.
- Radyografik veya ultrasonik muayene veya her ikisi, kaynak kesitinin genel sağlamlığı değerlendirileceği zaman kullanılmaktadır.



- Muayene yönteminin avantajları ve sınırlamaları, belirli bir boyut, şekil ve yönelimdeki süreksizlikleri tespit etmek için hangi yöntemin/yöntemlerin en iyi olduğunu belirlemeye yardımcı olur.
- Örneğin, radyografi, kaynak dikişi yüzeylerine dik yönlendirilmiş çatlaklar gibi elektromanyetik ışınım ile paralel hizalanmış düzlemsel süreksizlikleri tespit edebilir. Bununla birlikte, radyografi ana metaldeki laminasyon veya plaka yüzeyine paralel yönlenmiş çatlakları veya pasolar arası yetersiz ergime hatalarını tespit edemez.
- Buna karşılık, ses demetinin esas olarak çatlağın ana eksenine dik ya da dike yakın olarak yönlendirilmiş olması koşuluyla, ultrasonik muayene herhangi bir yönde yönlendirilmiş çatlakları tespit edebilir.

Tahribatsız Muayenenin Planlanması

- Bu tekniklerin her biri, parçanın yüzeyindeki veya tüm hacmindeki kusurları tespit etmek için farklı fiziksel ilkelere dayanmaktadır. Bununla birlikte, test edilen parçanın geometrisi, fiziksel ve malzeme özellikleri, belirli bir NDT tekniğinin uygulanabilirliği ve performansında kilit faktörlerdir.
- Tahribatsız muayeneler bir **muayene planı** çerçevesinde uygulanmalıdır.
- İyi bir NDT planı, farklı yöntemlerin sınırlarını tanıyacak ve belirli bir uygulama için hangi yöntemin en uygun olduğunu belirleyecek ve en kapsamlı ve doğru kalite değerlendirmesini ve kaynak dikişi kontrolünü sağlamak için birbirleriyle nasıl birlikte kullanılmaları gerektiğini belirlemelidir.

Tahribatsız Muayenenin Planlanması

Tahribatsız muayene yöntemi ne için kullanılacaktır?

- a) Üretim süreci içerisinde belli bir aşamada bir parçanın ya da bileşenin kabul edilir olup olmadığına tespiti (**süreç-içi NDT**)
- b) Üretim sürecinin sonunda nihai ürünün kabul edilir olup olmadığına tespiti (**final NDT**)
- c) Kullanılmakta olan bir ürünün kullanımına devam edilip edilmeyeceğinin tespiti (**hizmet içi NDT**)

Yöntem seçiminde ikinci aşama

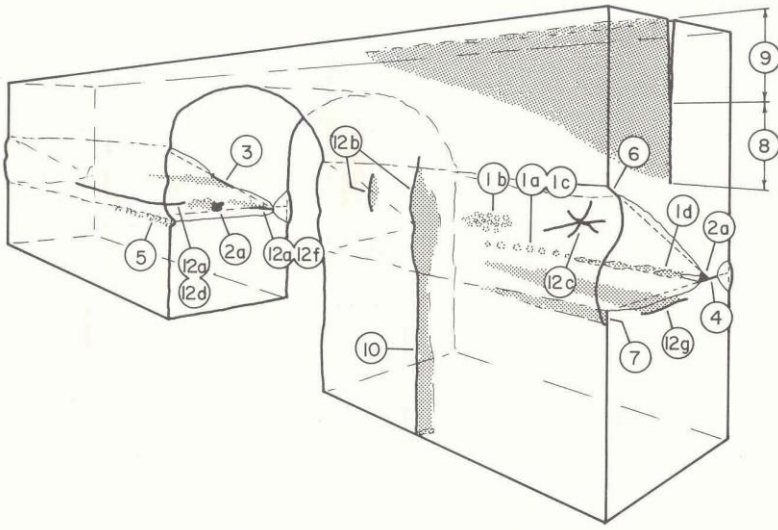
- a) Hangi tür süreksizliklerin tespit edileceği
- b) Reddedilecek süreksizliklerin boyut ve oryantasyonu hususları, yani kabul/red kriterlerinin tespiti olacaktır.

Maliyet

Çeşitli muayene yöntemlerinin maliyetleri, muayene problemine bağlıdır.

Görsel inceleme genellikle en ucuz olanıdır, ancak yüzey süreksizliklerinin tespiti ile sınırlıdır. Genel olarak, radyografik, ultrasonik veya girdap akımı muayenesinin maliyeti görsel, manyetik parçacık veya penetrant muayenesinden daha yüksektir.

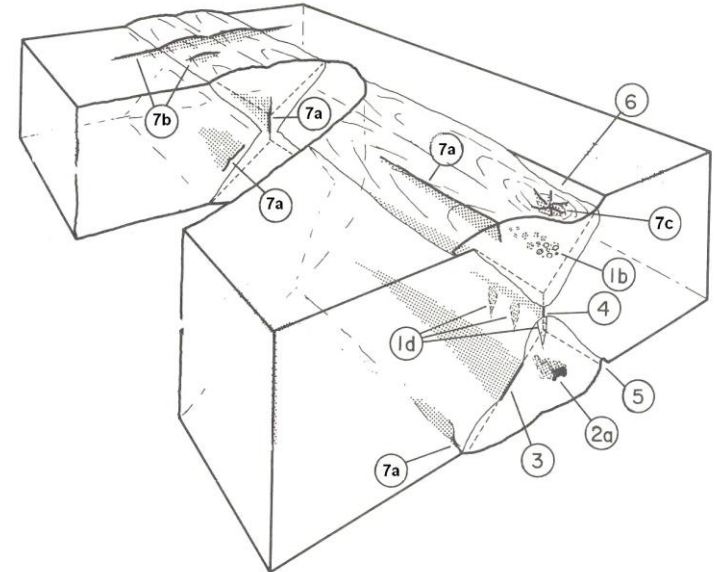
Amaçlanana karşılama ve maliyeti en aza indirmek için uygun yetkinlikte bir tahribatsız muayene uzmanına danışılması gerekir.



Kaynak kusurlarının gözden geçirilmesi

ISO 6520-1 kaynak dikişlerindeki süreksizlik ve kusurları altı ana gruba ayırır:

- 1) Çatlaklar (100)
- 2) Boşluklar (200)
- 3) Katı kalıntılar (300)
- 4) Ergime ve Nüfuziyet eksikliği (400)
- 5) Kusurlu şekil ve boyut (500)
- 6) Çeşitli kusurlar (600)



Kaynak yöntemlerinde sıkça karşılaşılan süreksizlikler

Kaynak Yöntemi	Gözenek	Curuf	Yetersiz ergime	Yetersiz nüfuziyet	Yanma oluşu	Soğuk bindirme	Çatlak
Tozaltı ark (SAW)	X	X	X	X	X	X	X
Örtülü elektrodla ark (SMAW)	X	X	X	X	X	X	X
Tungsten Inert Gaz (GTAW)	X		X	X	X		X
Metal Aktif Gaz (GMAW)	X		X	X	X	X	X
Özlü telle kaynağı (FCAW)	X	X	X	X	X	X	X
Plazma (PAW)	X		X	X	X		X
Elektro gaz kaynağı (EGW)	X		X	X	X	X	X
Elektron ışın kaynağı (EBW)	X		X	X			X
Elektro cüruf kaynağı (ESW)	X	X	X	X	X	X	X

Süreksizlik (6520-1 sınıflandırması)	Kaynak dikişinin yüzeyindeki süreksizlikler için		Kaynak dikişinin yüzeyindeki ve yüzeyin hemen altındaki süreksizlikler için		Kaynak dikişinin bütününde		
	VT	PT	MT	ET	RT	UT	AT
Çatlak (100)	③	①	①	②	②	①	①
Yetersiz ergime (401)	②	X	②	②	②	①	②
Yetersiz Nüfuziyet (402)	②	①	①	②	①	①	②
Gözenek (200)	①	①	②	X	①	②	②
Kalıntılar (300)	X	X	②	②	①	②	③
Soğuk bindirme (506)	②	①	①	②	X	②	X
Yanma oluğu (501)	①	②	②	③	①	②	X
Konkav kök (515)	①	X	X	X	①	②	X
Kök patlaması (510)	①	X	X	X	①	②	X
Aşırı yüksek (502) /düşük kaynak kepi (511)	①	X	X	X	①	②	X
Eksenel kaçıklık (507)	①	X	X	X	①	②	X
Laminasyon (Kaynak ağzı ve ana metal)	②	①	①	X	X	①	X

① Tüm ya da birçok teknik her ya da birçok durumda uygulanabilir

② Bir ya da daha çok teknik ile bazı durumlarda uygulanabilir

③ Özel teknik ve şartlar ve/veya özel yeterlilikte personel ile tespit edilebilir

X Uygulanmaz

- Daha önce açıklandığı gibi, belirti boyutları gerçek kaynak kusurlarından çok farklı olabilirler
- Bir yapı ya da ekipmandaki kaynaklı birleşimlerin kalite seviyeleri ile NDT kabul seviyeleri arasında temel bir fark olduğu unutulmamalıdır.
- İlki, gerçek fiziksel boyutları dahil olmak üzere belirli bir kaynak dikişindeki kusurların boyutunu ve sayısını sınırlarken, ikincisi NDT belirtilerinin tipini, boyutunu ve/veya sayısını sınırlar.

Köşe kaynakları da dahil kaynaklı birleőimlerdeki yüzey hatalarının tespiti için genel olarak kabul edilen yöntemler ;

Malzeme	Muayene Yöntemi
Ferritik çelik	VT VT ve MT VT ve PT VT ve (ET)
Östenitik çelik Aluminyum, Nikel, Bakır, Titanyum	VT VT ve PT VT ve (ET)

() Parantez içindeki yöntemlerin uygulamaları sınırlıdır

Tam nüfuziyetli alın ve T-birleşimler için dahili süreksizliklerin belirlenmesinde genel olarak kabul edilen yöntemler :

Malzeme birleşim tipi	Nominal kalınlık t (mm)		
	$t \leq 8$	$8 < t \leq 40$	$t > 40$
Ferritik alın birleşimleri	RT veya (UT)	RT veya UT	UT veya (RT)
Ferritik T- birleşimleri	(UT) veya (RT)	UT veya (RT)	UT veya (RT)
Östenitik alın birleşimleri	RT	RT veya (UT)	RT veya (UT)
Östenitik T- birleşimleri	(UT) veya (RT)	(UT) ve/veya (RT)	(UT) veya (RT)
Aluminyum alın birleşimleri	RT	RT veya UT	RT veya UT
Aluminyum T- birleşimleri	(UT) veya (RT)	UT veya (RT)	UT veya (RT)

() Parantez içindeki yöntemlerin uygulamaları sınırlıdır

Süreksizliklerin değerlendirilmesini etkileyen ana faktörler	
Süreksizlik	<ul style="list-style-type: none"> • Tip • Boyut • Konum • Sayı • Dağılım
Malzeme	<ul style="list-style-type: none"> • Malzeme cinsi • Karakteristik dayanım değerleri • Yüksek/düşük sıcaklıktaki davranımı • Dış etkenlere karşı direnç (oksitlenme, korozyon, vb.)
Parça Tasarımı	<ul style="list-style-type: none"> • Emniyet faktörü • Tasarım • Gerilim konsantrasyonu • Deformasyon özelliği • Kalınlık • Dayanım hesapları
Yükler	<ul style="list-style-type: none"> • Yüklenme şekli (statik, dinamik, periyodik, ani) • Gerilim türü (çekme, basma, kesme, vb.) • Gerilim yüzeyi • Sıcaklık • Diğer etmenler (korozyon, vb.)
Olası Tehlikeler	<ul style="list-style-type: none"> • İnsan yaşamına yönelik tehlikeler • Yüksek basınç altında çalışan parçalar • Değerli malzeme ve ekipmana yönelik tehlikeler • Sonuçta meydana gelebilecek hasarlar

- Kaynak muayenesi için kabul edilebilir ve kabul edilemez seviyeler veya miktarlarda kaynak süreksizlikleri genellikle kaynak kodlarından ve standartlarından elde edilir. Kaynaklı imalat uygulamalarının pek çok türü için kaynak kodları ve standartları geliştirilmiştir.
- İçinde bulunduğunuz belirli endüstri veya uygulamada kullanılması amaçlanan bir kaynak standardı seçmek önemlidir.

- "***Kaynak dikişleri radyografik olarak incelenecektir***" ifadesi, kabul standartları belirtilmedikçe eksiktir.
- Kabul standartları, süreksizliklerin özelliklerini tanımlar ve belirli türdeki süreksizliklere izin verilip verilmediğini belirtir.
- **AWS D1.1**-Yapısal Kaynak Kodu-Çelik, **ASME** Kazan ve Basınçlı Kodları, **API 1104**-Boru Hattı ve İlgili Tesislerin Kaynağı, **EN 1090-1** Çelik yapı uygulamaları - Yapısal bileşenlerin uygunluk değerlendirme gerekleri, **EN 13445** Basınçlı kaplar - Ateşle temas etmeyen, gibi çoğu kod ve spesifikasyon, kabul standartlarını içerir.

EN ISO standartı, kaynak kalite seviyeleri ;

Kaynak Kalite Seviyesi	Malzeme	Kaynak Yöntemi
EN ISO 5817	Çelik, Nikel Titanyum ve alaşımları	EBW hariç ergitme kaynakları
EN ISO 10042	Alüminyum alaşımları	EBW hariç ergitme kaynakları
ISO 13919-1	Çelik, Nikel Titanyum ve alaşımları	EBW kaynakları
ISO 13919-2	Alüminyum alaşımları	EBW kaynakları

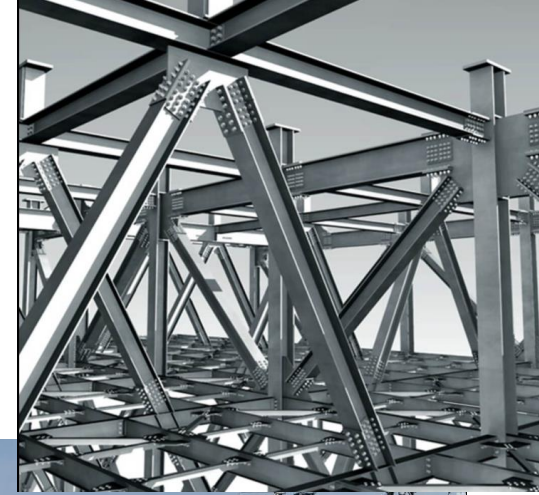
Bu standartlar, NDT amaçlı “**ana**” standartlardır.

Bu kalite seviyeleri, kaynak dikişindeki süreksizlik kusurlarının gerçek boyutu ve tipi ile ilgilidir.

Reddedilen kusurlar ve kabul değerleri, **Mühendislik Kritik Değerlendirmesine(ECA)** değil, geçmişteki iyi uygulamalara dayanmaktadır.

EN ISO 5817

Kaynak dikişlerinin değerlendirilmesi için referans standart.



- Çelik yapılar
- Basıncılı kaplar, Kazanlar
- Kara – ve demiryolu köprüleri
- Boru hatları
- Kaynakçı testleri
- Yöntem testleri



Kaynak Kusurlarının Değerlendirmesi İçin Kullanılan Standartlar– ISO 5817

Geçerlilik Alanı

Çelik, nikel, titanyum malzemelerde ve alaşımlarında

Ergitme kaynak dikişleri

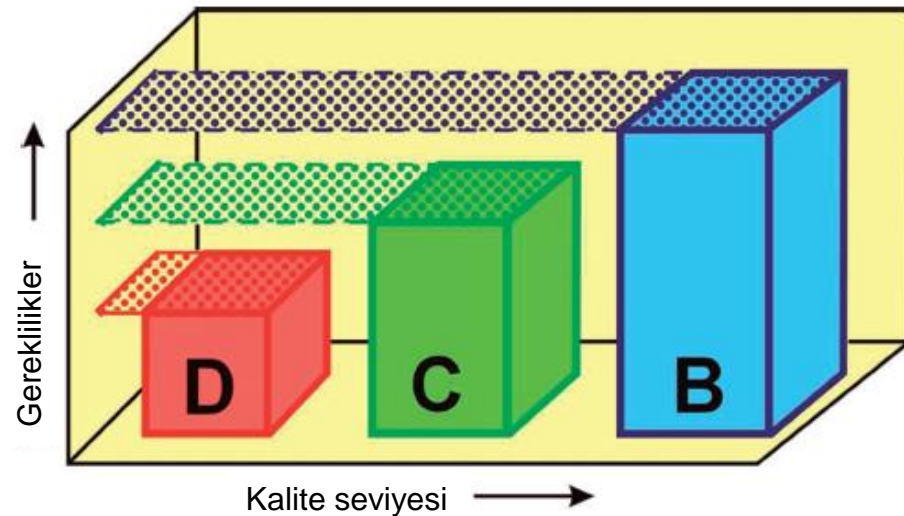
$t \geq 0.5$ mm et kalınlıkları ve tüm kaynak pozisyonları için

Alın, köşe ve branşman bağlantılarını

Hata Değerlendirmesi İçin Kullanılan Standartlar– ISO 5817

Kaynak dikişleri için üç kalite seviyesi tanımlanmıştır:

Seviye sembolü	Kalite seviyesi
D	düşük
C	orta
B	yüksek





1

Tahribatsız Muayeneler ve
Önemli Uygulama Alanları

2

Kaynak Dikişlerinin Muayenesi

3

Tahribatsız Muayene
Faaliyetlerinin Kalitesi

NDT Faaliyetlerinin Kalitesi

NDT faaliyetlerinin yürütülmesinde kalite ve güvenilirlik ;

- araştırma ve geliştirme,
- kodlar ve standartlar,
- ekipman,
- personel eğitimi ve belgelendirme
- insan faktörü
- denetim ve gözetimin etkisi

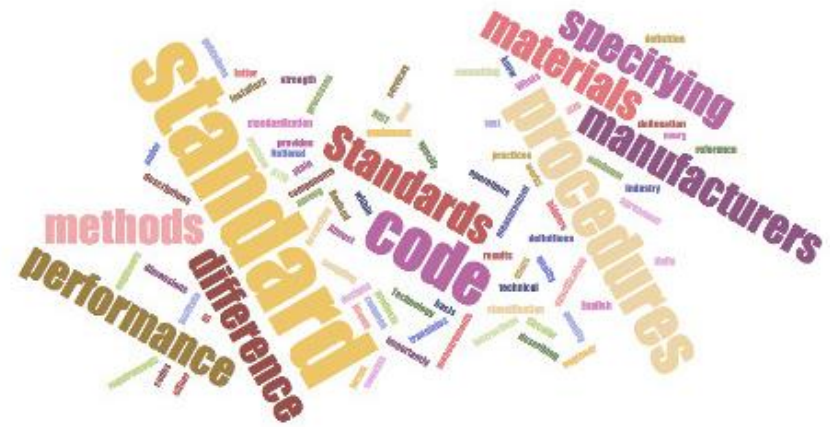
gibi birbiriyle bağlantılı bir dizi hususun bir araya gelmesi ile gerçekleşebilir.

- ISO 9001 gibi kalite sistemlerine yönelik ulusal ve uluslararası standartlar, yönetimin NDT’de dahil kaliteyi etkileyen tüm faaliyetleri kontrol edecek sistemler oluşturmasını gerektirir.
- Kalite sistemi, NDT kalite zincirindeki tüm bileşenlerin mevcut ve düzgün bir şekilde birleştirildiğinden emin olmak durumundadır.

Standartlar ve Teknik Kurallar

Standardizasyon

- International Organization for Standardization (ISO)
- Committee for European Standardisation (CEN)
- American Society for Testing Material (ASTM)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- American Welding Society (AWS)
- American Petroleum Institute (API)
-
- ISO/TC135 “Tahribatsız muayene teknik komitesi”
yapı malzemelerine, bileşenlere ve montajda genel olarak uygulanan NDT standardizasyonunu kapsar
- ISO/TC44 "Kaynak ve ilgili işlemler teknik komitesi «
- ASME Committee on NDT(BPV V)....



Standartlar ve Teknik Kurallar

Tahribatsız muayenesi uygulamalarının temeli standartlar, spesifikasyonlar ve teknik kurallardır. Esas olarak tüm standart, spesifikasyon ve kurallar 4 gruba ayrılabilir :

- Terminoloji, Tanımlar, Sembolik gösterimler, vb. Standartları
- Cihaz ve Donanım Standartları
- Muayeneye Yöntemine İlişkin Standartlar
- Ürüne ve Endüstriyel Sektöre Yönelik Standart ve Kurallar



Standartlar ve Teknik Kurallar

■ Tanım Standartları

Uygulanan muayene yöntemine bağlı olarak, yöntemle ilgili tüm terminoloji, tanımlar, sembolik gösterimler, vb. Yer alır

Örnek:

Standart/Kod No	Standart Adı
EN 1330-1	Tahribatsız Muayene-Terimler- Genel terimler
EN 1330-3	Non-destructive testing – Terminology – Part 3: Terms used in industrial radiographic testing
EN ISO 6520-1	Welding and allied processes – Classification of geometric imperfections in metallic materials – Part 1: Fusion welding
AWS A3.0	Standard Welding Terms and Definitions

Standartlar ve Teknik Kurallar

- **Cihaz ve Donanım Standartları**

NDT sistemleri ve cihazla ilgili özellikleri ve bunların ne şekilde belirleneceğini tanımlar

Örnek:

Standart/Kod No	Standart Adı
EN 12668-1	Non-destructive testing – Characterization and verification of ultrasonic examination equipment – Part 1: Instruments
EN 25580	Non-destructive testing – Industrial radiographic illuminators – Minimum requirements
EN ISO 3452-4	Non-destructive testing – Penetrant testing – Part 4: Equipment

Standartlar ve Teknik Kurallar

▪ Muayeneye Yöntemine İlişkin Standart ve Kurallar

Genellikle bir yöntemin pratik uygulaması açıklanır. Söz konusu kural ve düzenlemeler tahribatsız muayene metotları için standart yöntemleri belirler. Bu standart yöntemler çeşitli uygulama tekniklerini tanımlar

Örnek:

Standart/Kod No	Standart Adı
EN ISO 9934-1	Non-destructive testing – Magnetic particle testing – Part 1: General principles
EN ISO 3452-1	Non-destructive testing – Penetrant testing – Part 1: General principles
EN ISO 5579	Non-destructive testing – General principles for the radiographic examination of metallic materials using X-rays and gamma rays
EN ISO 16810	Non-destructive testing – Ultrasonic examination – Part 1: General principle
EN 13018	Non-destructive testing – Visual testing – General principles

Standartlar ve Teknik Kurallar

▪ Ürüne veya Belirli bir Endüstriyel Sektöre Yönelik Standart ve Kurallar

Bu standart ve teknik kurallar, belirli bir ürün ya da ürün grubunun kalite kontrolunda istenen minimum gereksinimleri tanımlar (örneğin; döküm parçalar, kaynak dikişleri, basınçlı kaplar, nükleer tesisler, çelik konstrüksiyon, askeri malzemeler, vs.)

Örnek:

Standart/Kod No	Standart Adı
EN ISO 23278	Non-destructive testing of welds – Magnetic particle testing of welds – Acceptance levels
EN ISO 10675-1	Non-destructive testing of welds – Part 1: Evaluation of welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys by radiography – Acceptance levels
EN ISO 11666	Non-destructive testing of welds – Ultrasonic testing of welded joints – Acceptance levels
EN ISO 17637	Non-destructive testing of welds – Visual testing of fusion-welded joints
EN ISO 15626	Non-destructive testing of welds – Time-of-flight diffraction technique (TOFD) – Acceptance levels

Standart/Kod No	Standart Adı
EN 13445	Basınçlı kaplar-Ateşle temas etmeyen
EN 13480	Endüstriyel metalik borular
EN 12952	Su Borulu Kazanlar ve yardımcı tesisatları
ASME Sec. I	Rules for Construction of Power Boilers
ASME B31.3	Process Piping
AWS D1.1	Structural Welding Code— Steel
AWS D1.5	Bridge Welding Code
.....

Radyografik Muayene (RT)

ISO 5817 veya ISO 10042 'ye göre kalite seviyeleri	ISO 17636'ya göre muayene tekniği	ISO 10675-1 veya ISO 10675-2 'ye göre kabul seviyeleri
B	B	1
C	B ^(a)	2
D	En az A	3

^(a) Minimum çekim sayısı muayene sınıfı-A'ya göre belirlenebilir

Ultrasonik Muayene (UT)- Darbe Yankı Tekniği

ISO 5817 veya ISO 10042 'ye göre kalite seviyeleri	ISO 17640'a göre muayene tekniği ^(a)	ISO 11666'ya göre kabul seviyeleri
B	En az B	2
C	En az A	3
D	Tanımlı değil	Gerekli değil ^(b)

^(a) hata karakterizasyonu istendiğinde ISO 23279 geçerlidir

^(b) UT önerilmez, ancak talimatta tanımlanabilir (en az muayene seviyesi C gerekleri)

Muayene Prosedürü/Talimatı

- NDT belirli bir ürün ya da ürün grubuna uygulanabilir yazılı bir muayene talimatına göre yapılmalıdır
- Muayene talimatı şartname, standart ve teknik kurallarda belirtilen gereksinimleri ve koşulları sağlamak durumundadır
- Hazırlanan muayene talimatı kabul/red kriterlerinde belirtilen ve parçanın red edilmesine neden olacak en küçük süreksizlikleri tespit edebilecek muayene koşullarını sağlamak durumundadır.
- Bu prosedürler, dayandıkları standartlarla tutarlı olmalı, ancak bileşen geometrisi, muayene tekniği, raporlama kriterleri vb. hakkında daha tanımlayıcı olmalıdır.



Muayene Prosedürü/Talimatı



Tahribatsız Muayene Personeli – Eğitim ve Belgelendirme

- Halihazırda, NDT personelin yeterliliğinin belgelendirilmesini kapsayan bir dizi yayınlanmış uluslararası ve bölgesel standart ve dünya çapında kullanılan bazı önemli ulusal standartlar bulunmaktadır.
- Bu standartlar **genel** olarak veya belirli **endüstri sektörleri** için muayene ve testle uğraşan personelin belgelendirmesini amaçlar.

- Dünyada, her biri kendine özgü güçlü ve zayıf yönlere sahip iki ana belgelendirme metodolojisi bulunmaktadır
- Tahribatsız muayene (NDT) yeterlilik ve sertifikasyon programlarının altı temel unsuru :
 - Öğrenim
 - Eğitim
 - Deneyim
 - Yazılı sınavlar
 - Uygulamalı sınavlar
 - Fiziksel muayeneler

- İkinci taraf belgelendirme süreçleri, NDT personelini istihdam eden şirket tarafından geliştirilir ve uygulanır. Şirketin, NDE personelinin bir **“Yazılı Uygulama”** çerçevesinde üretilen/imal edilen bileşenler üzerinde test yapması için gereken eğitimi tanımlamasını şart koşar. Yazılı Uygulamanın kapsamı, Amerikan Tahribatsız Muayene Cemiyeti (ASNT) tarafından yayınlanan SNT-TC1A gibi önerilen uygulamalar veya CP-106 gibi ilgili standartlar tarafından tanımlanır.
- Bu tür sertifikasyon süreçleri Kuzey Amerika'da çok popülerdir ve belirli/özel bir teknoloji ile çok özel/özel bir iş yapmak için insanları istihdam eden endüstri için uyarlanmıştır.
- Eğitim ve prosedürler, belirli bir işe göre uyarlanabilir ve potansiyel olarak belirli bir görevi yerine getirmek için personelin daha spesifik ve ayrıntılı eğitimine olanak tanır.

- Potansiyel olarak prensip sahibi olmayan/ilkesiz şirketler, sertifikasyon sürecini suistimal ettiklerinden bazı dur. potansiyel sorun fark edilmiştir ve artık bağımsız üçüncü taraf seviye III personelinin işverene dayalı belgelendirme Yazılı Uygulamasını denetlemesi gerekmektedir.
- Bu sertifikasyon süreci şirkete özeldir ve bu nedenle bir şirketten diğerine devredilemez; bu nedenle uluslararası transfer edilebilir bir sertifikasyon planı için bir temel olarak uygun değildir.

- Üçüncü taraf temelli sertifikalar, ulusal olarak tanınan bağımsız bir üçüncü taraf kuruluş tarafından verilir. ISO 9712, uluslararası olarak kullanılan başlıca üçüncü taraf belgelendirme standartıdır.
- Üçüncü taraf sertifikaları genellikle (sadece bunlarla sınırlı olmamakla birlikte)EN ISO 9712- tipi sertifikayı temel alır. Bu sertifikalar, bir şirketten diğerine aktarılabilen standart bir sertifika ile, esas olarak taşeron NDT işgücüne dayalı olarak endüstriye uyarlanmıştır.
- Üçüncü taraf belgelendirme, uluslararası belgelendirme gereksinimlerindeki farklılıkların azaltılması için ideal olan devredilebilir bir belgelendirme metodolojisi sağlar.

- Sertifikasyonun genel eğitim sağladığı, NDT personeli için iyi bir temel sağladığı, ancak belirli tekniklerin etkili bir şekilde uygulanması için ilgili ayrıntılı eğitimden yoksun olduğu düşünülebilir. Bu nedenle personel, şirkete özel yöntem ve ekipmanları kullanabilmek için ek kurum içi eğitime ihtiyaç duyabilir.
- Ne yazık ki, ISO 9712'deki ulusal değişiklikler ve belirli RTPO kuruluşları tarafından yayınlanan düzenleyici belgelendirme gereklilikleri nedeniyle üçüncü taraf sertifikaları otomatik olarak uluslararası olarak aktarılamaz.
- NDE sertifikasının devredilebilirliğinin önündeki mevcut engeller, her bir tanınmış ulusal kuruluş arasında bir dizi karşılıklı mutabakat (MOU) kullanılarak aşılabılır

- **İşverenin sorumlulukları**

İşveren, şirket bazlı veya üçüncü taraf yeterlilik ve belgelendirme sistemlerini kullanırken önemli sorumluluklara sahiptir. Bunlar, NDT çalışanlarının yeterliliği ve yetkilendirilmesi (yazılı uygulama) için işverenin kalite prosedürüne yansıtılmalıdır.

- **Belgelendirme Kuruluşları**

NDT personelinin belgelendirilmesi normalde akredite belgelendirme kuruluşları tarafından gerçekleştirilir. Bu belgelendirme kuruluşları, ISO/IEC 17024 'Uygunluk değerlendirmesi – Kişilerin belgelendirilmesini yürüten kuruluşlar için genel şartlar'a göre akreditasyon yoluyla yeterliliklerini kanıtlayabilirler.

NDT personelinin yeterlilik gereksinimleri EN ISO 9712'de belirtilmiştir.

NDT Eğitimleri

- **CEN ISO/TR 25108** : Tahribatsız muayene – NDT personel eğitim kuruluşları için yönergeler

Bu Teknik Rapor, eğitim organizasyonları için Yönetim, KYS, aday yerleştirme ve değerlendirme, tesisler, NDT ekipmanı, teknik kütüphane, eğitim personeli ve tutulacak kayıtlar açısından rehberlik sağlar. ISO 9712 yeterlilik sınavlarına aday hazırlayan eğitim merkezlerini değerlendiren ve onaylayan belgelendirme kuruluşları tarafından kullanılması önerilmektedir.

- **CEN ISO/TR 25107** : Tahribatsız muayene – NDT eğitim müfredatları için yönergeler.

Bu Teknik Rapor, RT, UT, ET, MT, PT, LT, AT ve VT'yi kapsayan üç seviyede ayrıntılı eğitim müfredatı için öneriler sunar

Sektörel Farklılıklar

- **2014/68/AB Basınçlı Ekipmanlar Yönetmeliği**

Kategori III ve IV ekipmanlarda EN ISO 9712 + Tanınan Üçüncü Taraf Kuruluş (RTPO) onayı

Muayene Yeterliliği

- Tahribatsız muayene (NDE) prosedürlerinin ve personelinin yeterliliğinin gösterimi birçok ülkede bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.
- Amaç, söz konusu ekipman, yapı, bileşenin emniyet açısından önemine ve NDT sisteminin gerçek koşullarda muayene gereksinimlerini karşılayabildiğine dair sistematik ve bağımsız bir değerlendirme ile emniyetin sağlanmasında muayenenin oynadığı role uygun bir güven seviyesi sağlamaktır.
- Süreç, prosedür, ekipman ve personel dahil olmak üzere tüm denetim faaliyetini kapsar.
- Bu nedenle, personel belgelendirme sürecinden oldukça farklıdır.

NDT Hizmetlerinin Kalitesi

- NDT'de kalite garantisi olarak standartların ve personel belgelendirmesinin kullanımına genellikle aşırı derecede güvenildiği, pratikte sıkça görülmektedir.
- Çoğu zaman, NDT hizmetlerinin alıcıları ve tedarikçileri, standart denetim, eğitim ve sertifikasyonun normal kapsamının dışına çıktıklarında bunu fark edemeyebilmektedirler.
- NDT hizmetlerinin alıcıları, operatörleri «insan gücü» olarak kiralamaktan ziyade, teknik sorumlulukları kabul edebilen ve destek sağlayabilen akredite bir hizmet şirketi kullanmayı düşünmelidir.

- Muayenenin amacını ve ilgili kuruluşlar için çeşitli sorumlulukların net bir şekilde tanımlanması
- İlgili standart, kod ve spesifikasyonların kullanılması
- Malzemeye, NDT yöntemine ve kaynak geometrisine göre özel prosedürlerin hazırlanması
- Gerektiğinde performans testlerinin yapılması
- Uygun sertifikalı operatörlerin kullanımı
- Muayenenin standart belgelendirme sınavları kapsamında olmadığı durumlarda işe özel eğitim
- Riskler yüksekse muayene yeterliliğinin kontrolü
- Operatör performansını kontrol için saha operasyonlarının denetimi ve gözetimi

Teşekkür Ederiz