

Okan Üniversitesi MYO

MUTK216

TAHRİBATSIZ MALZEME MUAYENESİ

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 5

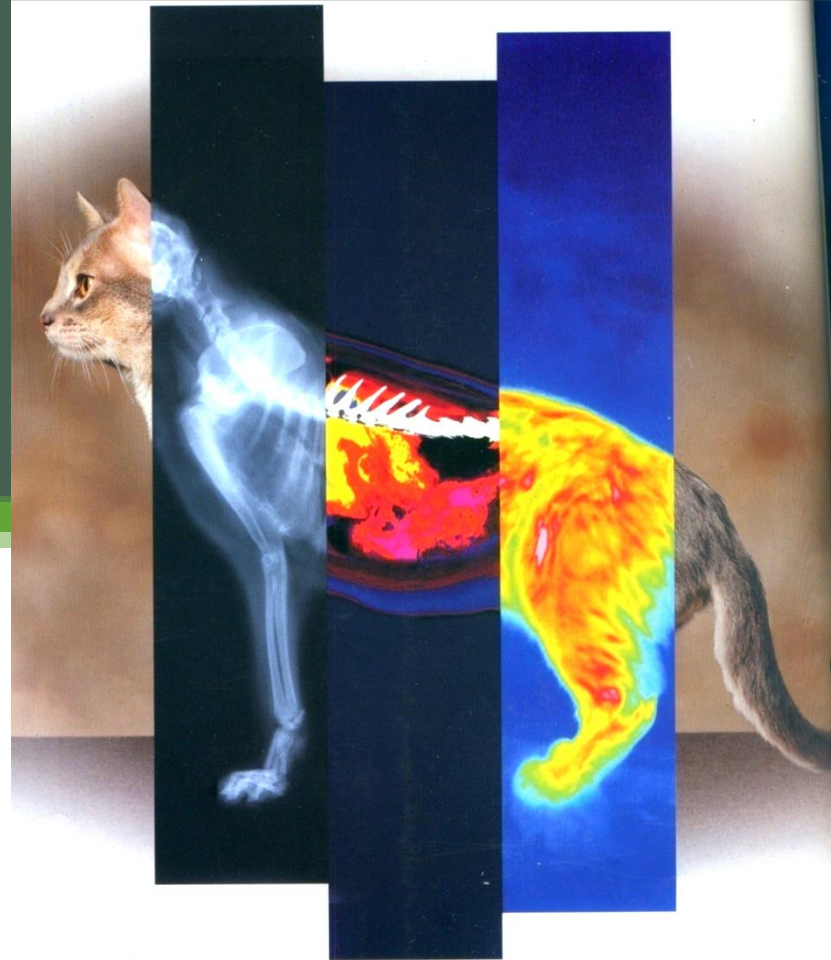
MUTK216 – Tahribatsız Malzeme Muayenesi

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://okanuni.eren.xyz>

Web adresinden indirebilirsiniz.

MUTK216 – Tahribatsız Malzeme Muayenesi



Zarar vermeden incele veya ölç!

MUTK216 – Tahribatsız Malzeme Muayenesi

TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ

Görsel Muayene

Penetrant Sıvı Muayenesi

Ultrason

Termografi

Radyografi

Girdap Akımları

Manyetik Parçacık

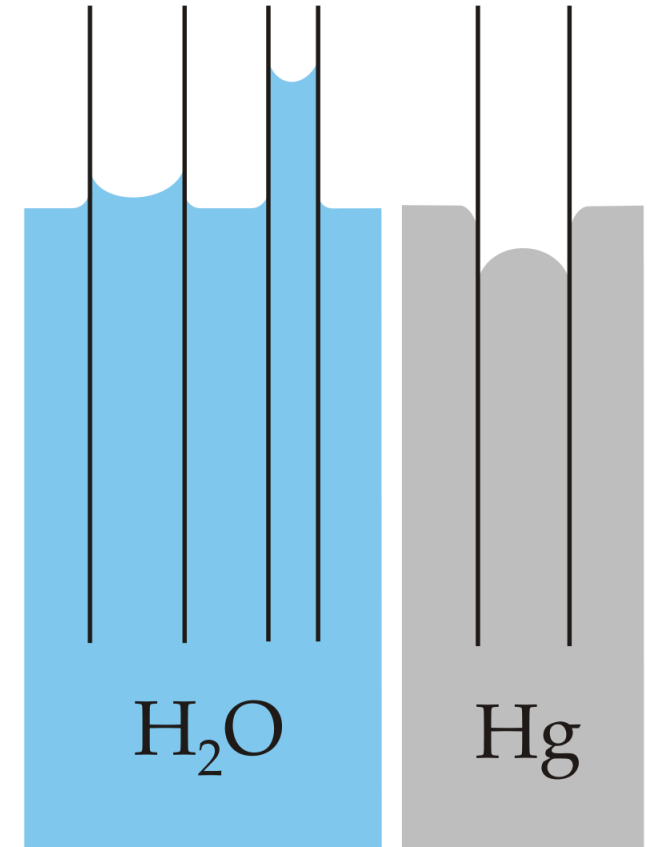
Akustik Emisyon

TEMEL KAVRAMLAR: **Kapiler Etki**

- **Kılcalık** ya da **Kapiler Olay (*Capillary Action*)** (kılcal hareket, *capillarity*), bir sıvının yerçekimi gibi dış kuvvetlerin yardımı olmadan ve hatta onlara karşı gelerek **dar alanlarda akma kabiliyeti**dir. (Yerçekimine ters yönlü hareket etme durumu.)
- Bir sıvı ile başka bir maddenin moleküler seviyedeki çekiminin, sıvının kendi molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden daha kuvvetli olması sonucunda meydana gelir. Bu etki sıvının dik bir yüzeye dokunduğu kısımda **sıvı yüzeyinin menisküs denilen içbükey (C şekli) bir hal almasına** sebep olur. Aynı etki sünger gibi maddelerin suyu emmesinde de görülür.

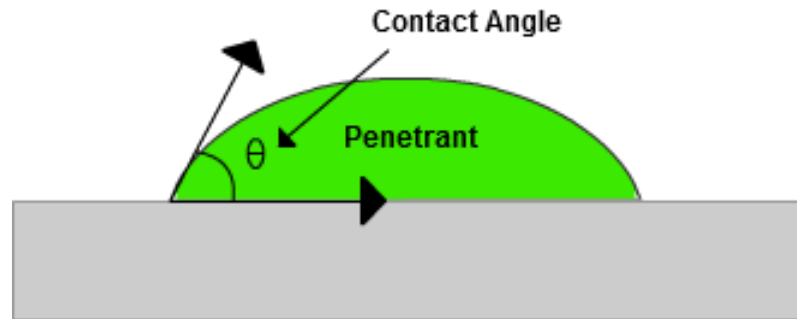
TEMEL KAVRAMLAR: **Kapiler Etki**

- Kılcallığı gözlemlemek için en çok kullanılan deney düzeneği *kılcal borulardır*. Cam bir borunun, dikey vaziyette, **su** (H_2O) gibi bir sıvının içine batırılması sonucunda **konkav** bir menisküs oluşur. Yüzey gerilimi, sıvı kolonunu, yer çekimi ile moleküller arası kuvvetler dengeye gelene kadar yukarı çeker. Sıvı kolonunun ağırlığı borunun yarıçapının karesiyle, sıvı ve boru arasındaki temas uzaklığı borunun yarıçapıyla orantılı olduğundan **dar bir boru sıvıyı geniş bir borudan daha yukarı taşır**.



Kapiler Etki

- Bazı madde çiftlerinde, mesela cam ve **cıva** (Hg) ikilisinde, atomlar arasındaki kuvvetler, sıvı ile katı arasındaki çekim kuvvetinden güçlüdür. Bu yüzden **konveks bir menisküs oluşur ve kılcalık tersine işler.**
- Sıvının **yüzey gerilimi** (enerjisi) ve viskozitesi kapiler etki ile doğrudan ilgilidir.



Kapiler Etki

- Tahribatsız muayene yöntemlerinden, 'Penetrant Sıvı Testi' kapsamında göz önüne alınması gereken öncelikli fiziksel etki kullanılan sıvının **kapilerite**sidir.
- İdeal bir penetrant sıvıda:
 - İyi ıslatma yeteneği,
 - Çok küçük temas açısı,
 - Yüksek yüzey gerilimi olmalıdır.

TEMEL KAVRAMLAR: **Yüzey Gerilimi**



- **Yüzey Gerilimi** ve Viskozite:

Viskozite, bir akışkanın, **yüzey gerilimi altında deforme olmaya karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür**. Akışkanın akmaya karşı gösterdiği iç direnç olarak da tanımlanabilir. Viskozitesi yüksek olan sıvılar ağıdalı olarak tanımlanırlar. Süper akışkanlar hariç tüm gerçek akışkanlar yüzey gerilimine karşı direnç gösterirler.

- Yüzey Gerilimi Neye Göre Değişir?

Sıvının yoğunluğu arttıkça yüzey gerilimi artar. Örneğin suya tuz eklendiğinde tuz moleküllerinin suyun içinde yayılması yani yoğunluğunun artması su molekülleri arasındaki kuvveti arttıracığından suyun yüzey gerilimi artar. (Sabun ve deterjanlar yüzey gerilimini azaltır.)

TEMEL KAVRAMLAR: **Yüzey Gerilimi**



- Yüzey Geriliminin Sebebi Nedir?

Minimum enerji prensibine göre sıvı yüzeyi en küçük konuma (küresel) gelmeye çalışır. Bu özelliğe yüzey gerilimi (γ) denir. Öyleyse yüzey gerilimi için **atom veya moleküller arasındaki çekme kuvvetinin yüzeydeki geometrik dengesizliğinin ve asimetrisinin sonucudur** denebilir.

- Yüzey Gerilimi Artarsa Ne Olur?

Bu çekim sıvı yüzeyinin daralmasına sebep olur. Sıvı içerisine doğru daha fazla çekilen yüzeydeki sıvı molekülleri birbirine doğru daha çok yaklaşır ve **SIVI yüzeyinin küçülmesine** neden olur. Bu durumda sıvı **yüzeyi** gergin bir membranmış gibi davranır.

Penetrant Sivi Muayenesi

Penetrant Testing
PT

PENETRANT SIVI MUAYENESİ (Penetrant Testing – PT)

- Bu Tahribatsız Muayene (NDT) yöntemi; **gözeneksiz malzemelerdeki yüzey süreksizliklerini** tespit etmek için kullanılmaktadır.
- Süreksizlikler **çatlak türü** ise **çizgisel belirtiler**, **gözenek türü** ise **yuvarlak belirtiler** elde edilir.

PENETRANT SIVI MUAYENESİ (Penetrant Testing – PT)

- Penetrant Sıvı Testi, Girici/Girişken Sıvı ile Test, Sıvı Girinim Kontrolü, Sıvı Emdirme ile Muayene, **Liquid/Dye Penetrant Testing/Inspection (LPI)**, **Fluorescent Penetrant Testing (FPI)** gibi isimler de alır.
- **Kullanılan EN ve ISO Standartları**
 - Genel:**
 - EN ISO 3452-1 - Tahribatsız muayene - Penetrant muayenesi - Bölüm 1: Genel kurallar
 - EN ISO 3452-2 - Tahribatsız muayene - Penetrant muayenesi - Bölüm 2: Penetrant malzemelerinin muayenesi
 - EN ISO 3452-3 - Tahribatsız muayene - Penetrant muayenesi - Bölüm 3: Referans muayene blokları
 - EN ISO 3452-4 - Tahribatsız muayene - Penetrant muayenesi - Bölüm 4: Cihazlar
 - EN ISO 3059 - Tahribatsız muayene - Penetrantla muayene ve manyetik parçacıkla muayene - İnceleme şartları

PENETRANT SIVI MUAYENESİ (Penetrant Testing – PT)

Endüstrideki ve literatürdeki diğer adlandırmalar:

- Sıvı Penetrant Testi
- Girici/Girişken Sıvı ile Test
- Sıvı Girinim Kontrolü
- Sıvı Emdirme ile Muayene
- Liquid Penetrant Testing
- Dye Penetrant Testing/Inspection (LPI)
- Fluorescent Penetrant Dye Testing/Inspection (FPI)

PENETRANT SIVI MUAYENESİ (Penetrant Testing – PT)

Tarihçesi

- Penetrant testi 19. Yüzyılın ikinci yarısında başladı. İlk olarak “Oil and Whiting” (Malzemeler yağın içine batırılır ve temizlendikten sonra tebeşir & alkol karışımı olan sıvının içine daldırılır, böylece süreksizlikler ortaya çıkar) olarak bilinen bu yöntem, gözle görülemeyen hataların tespitini yapabilmek için ilk olarak demir yolu endüstrisinde kullanılmıştır.
- İkinci dünya savaşından önce ve sırasında, hızla büyüyen uçak endüstrisi daha çok **manyetik olmayan hafif metaller** kullanmaya başladı, bunlar Manyetik Parçacık testiyle kontrol edilemiyordu. Magnaflux, Switzer, Brent Chemicals gibi şirketler flüorışıl (**floresan**) ve **boya penetrantların** üretimine başladı.

PENETRANT SIVI MUAYENESİ (Penetrant Testing – PT)

- Girici boya (penetrant) temiz bir yüzeye uygulandığında, yüzey süreksizliğinin içine **kılcal (kapiler) etki** ile nüfuz eder.
- Yeterli bir nüfuziyet süresinden sonra boyanın fazlası yüzeyden temizlenir.
- Yüzey süreksizliğine girmiş olan boya, bir emici geliştirici (developer) yardımı ile yüzeye geri çekilir ve parça yüzeyinde görünür bir belirti oluşturur.

Penetrant Sıvı Muayenesi Uygulama Aşamaları

1. Muayene yüzeyinde Ön-temizlik
2. Penetrantın uygulanması
3. Penetrasyon için bekleme
4. Ara-temizlik
5. Geliştirme
6. İnceleme
7. Değerlendirme ve rapor hazırlama
8. Son-temizlik



1 Crack filled with dirt



2 Ideally cleaned



3 Application of penetrant



4 Intermediate cleaning



5 Application of developer



6 Crack indication

PENETRANT SIVI MUAYENESİ (Penetrant Testing – PT)

- Tespit edilmesi istenen hataların yüzeye açık olması gerekir, yüzey altındaki hatalar tespit edilemez. Bu yüzden uygulanacağı malzemenin test yüzeyi düzgün ve temiz olmalıdır.
- Ön temizliğin yeterli ve uygun olarak yapılmaması, hataların üzerinin kapanmasına ve penetrant sıvısının bu hataların içine nüfuz edemediği için test sırasında herhangi bir hata belirtisi görülememesine neden olacaktır.
- Bu yöntemin en büyük avantajı malzeme tipi ile sınırlanmamasıdır. Yani çelik, alüminyum, seramik, cam, plastik vb. birçok malzeme üzerinde kullanılabilir.

PENETRANT SIVI MUAYENESİ (Penetrant Testing – PT)

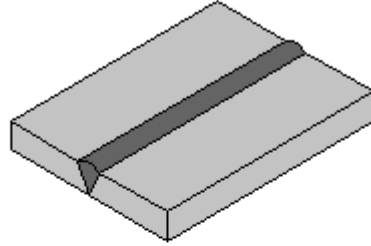
Bu yöntemin uygulaması şöyledir;

- **1. YÜZEY TEMİZLİĞİ (Cleaner):** Muayene edilecek yüzey basınçlı su, çözücü solvent vb. temizleyiciler ile yüzeydeki, yağ, kir, pas gibi yüzeyi kapatan kalıntılardan temizlenir. Dikkat edilmesi gereken nokta temizlik işi bittikten sonra, penetrant sıvısı uygulamadan önce yüzeyin tamamen kurutulmasıdır.
- **2. PENETRANT SIVISININ UYGULANMASI (Penetrant):** Muayene edilecek yüzeye penetrant sıvısı uygulanır. Penetrant sıvısının olası çatlak, gözenek vb. hataların içine nüfuz etmesi için uygulama standartlarında belirtilen sürede beklenir. Uygulama süresi malzeme tipi, sıcaklık vb. parametrelere göre değişiklik gösterebilir.
- **3. FAZLA PENETRANT SIVISININ TEMİZLENMESİ (Ara Temizlik):** Uygulama standartları veya müşteri şartnamesinde belirtilen sürenin beklenmesinden sonra yüzeydeki penetrant sıvısının temizlenmesi gerekir. Temizleme su, çözücü solvent vb. yöntemler kullanılarak yapılır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta muayene yüzeyine direkt olarak basınçlı solvent ya da suyun uygulanmamasıdır. Çünkü basınç hatanın içine dolmuş olan penetrant sıvısının çıkmasına neden olabilir.
- **4. GELİŞTİRİCİ UYGULANMASI (Developer):** Ara temizliğin tamamlanması ve yüzeyin kurutulmasının ardından, olası hataların içindeki penetrantın yüzeye çıkmasının hızlandırmasının arttırmak ve kontrastı arttırmak için developer uygulanır. Uygulama standardı veya müşteri şartnamesindeki sürenin beklenmesi gerekmektedir. Bekleme süresi malzeme tipi, sıcaklık vb. parametrelere göre değişiklik gösterebilir.
- **5. DEĞERLENDİRME (Evaluation):** Yüzeye çıkan penetrant sıvısı görsel olarak tespit edilir ve ölçülür. Penetrant sıvısı ne kadar büyükse hata o kadar derindir.

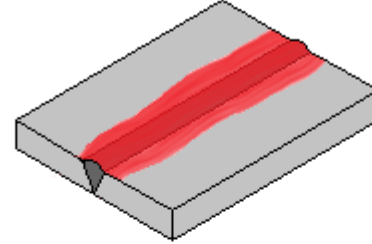
PENETRANT SIVI MUAYENESİ (Penetrant Testing – PT)

- Uygulaması

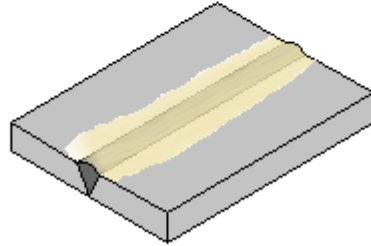
1. Yüzey hazırlığı



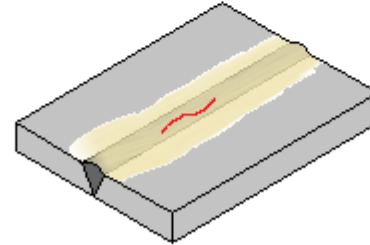
2. Penetrantın uygulanması



3. Ara temizlik ve Developerın uygulanması



4. Belirtilerin yorumlanması



PENETRANT SIVI MUAYENESİ (Penetrant Testing – PT)

- EN 3452-1 Standardında penetrant, temizleyici ve geliştirici tipleri tablodaki gibi tanımlanmıştır:

Penetrant Sıvı		Ara Yıkama Maddesi		Geliştirici	
Tip		Metot		Form	
I	Flüoresan Penetrant Sıvı	A	Su	a	Kuru Geliştirici
II	Renkli Penetrant Sıvı	B	Lipofilik Emülsiyon Yapıcı	b	Su Bazlı Yaş Geliştirici (çözelti)
III	Renkli-Flüoresan Penetrant Sıvı	C	Çözücü	c	Su Bazlı Yaş Geliştirici (katı askıda)
		D	Hidrofilik Emülsiyon Yapıcı	d	Çözücü Bazlı Yaş Geliştirici
		E	Su ve Çözücü	e	Özel kullanım amaçlı su ya da çözücü bazlı yaş geliştirici

PENETRANT SIVI TESTİ

Avantajları

- Nispeten ucuz, ekonomik bir yöntem;
- Portatif bir Tahribatsız Muayene (NDT) yöntemi, ekipmanların taşınması kolay;
- İnce ve bitişik (0,1 mikrona kadar) süreksizliklere karşı çok duyarlı;
- Basit bir yöntem;
- Hemen hemen bütün malzemelere uygulanabilir;
- Yönüne bakmaksızın bütün yüzey süreksizlikleri bir işlemle tespit edilebilir.

PENETRANT SIVI TESTİ

Dezavantajları

- Test yüzeyi bütün kirliliklerden (kir, yağ, gres, boya, pas vs.) arındırılmış olmalıdır;
- Sadece yüzey süreksizlikleri (yüzeye açık kusurlar) tespit edilebilir;
- Gözenekli malzemelerde kullanılamaz ve çok pürüzlü yüzeylere uygulanması zordur, net sonuç alınamaz;
- Test işleminden sonra malzeme yüzeyinin genellikle temizlenmesi gereklidir;
- Kimyasal maddelerin kullanımı özel bir özen gerektirmektedir (ör. atıklar);
- Örneğin, manyetik parçacık testine göre daha yavaştır.

Penetrant Sıvı Muayenesi / Kullanılan Malzemeler

- **Penetrant:**
 - a) Renklenmesine göre: Floresan ve floresan olmayan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.
 - b) Yıkanma şekline göre: Su ile yıkanabilen, sonradan su ile yıkanabilen ve solventle yıkanabilen olmak üzere üçe ayrılmaktadır.
- **Emülsiyon Yapıcı:** Penetrant uygulanmasından sonra su ile yıkanamayan penetrantların özellikle pürüzlü yüzeyden temizlenebilir hale getirilmesi için kullanılan çözücülerdir. Yağlı ve sulu emülsifiye edici olmak üzere iki tipe ayrılırlar.
- **Temizleyiciler:** Yüzeylerin muayeneye hazırlanmasında ve muayeneden sonra yüzeylerden uzaklaştırılmaları için kullanılan çözücülerdir. Su ve solventler (alevlenebilen ve alevlenmeyen) olarak iki tiptedirler.
- **Geliştiriciler (developer):** Hatalara emdirilmiş penetrantı görünebilir hale getirmek için kullanılan yüksek emiciliğe sahip çeşitli tozlardır. Geliştiriciler, kuru ve sıvı taşıyıcılı olarak iki tipe ayrılırlar.

PENETRANT SIVI MUAYENESİ

Kullanılan Malzemeler

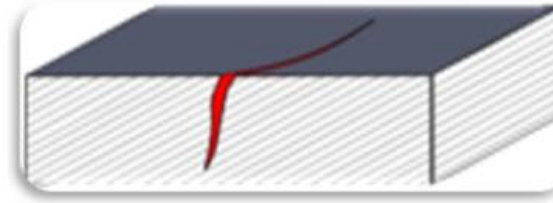
- Bir penetrant sıvı, *vizkositesi*, *yüzey gerilimi* ve *yoğunluğu* ile nitelendirilip, *görünürlüğü* ise *boya* veya *fluoresant* ile temin edilir.
- Penetrant testte kullanılan diğer elemanlar ise temizleyici ve geliştiricidir (developer).



Surface breaking discontinuity



Application of the penetrant (Red)



Removal of the penetrant and cleaning



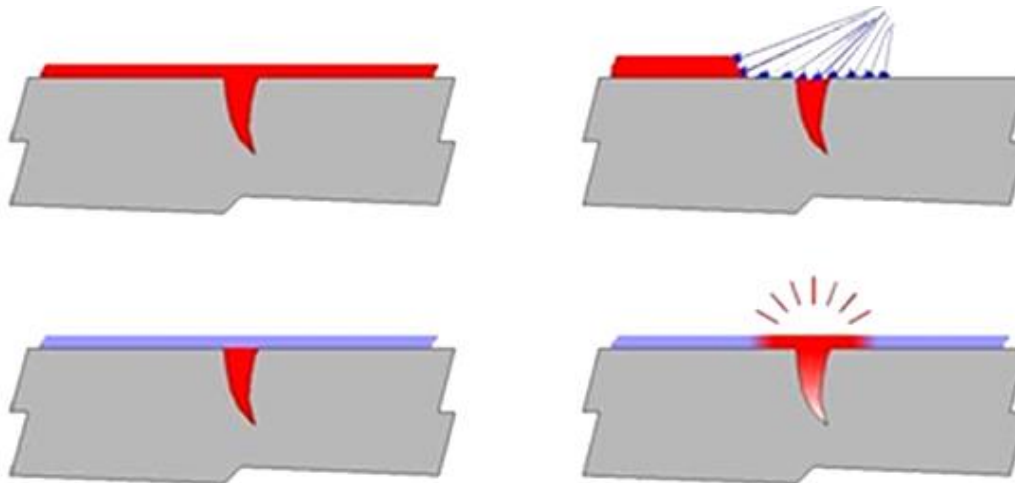
Residual penetrant within the discontinuity

PENETRANT SIVI MUAYENESİ

Kullanılan Malzemeler

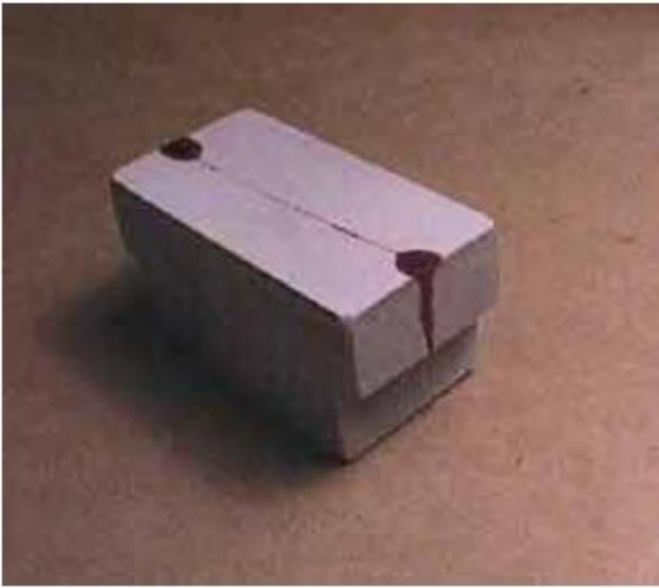
- Dye Penetrant Testing

Cleaner, Penetrant, Developer



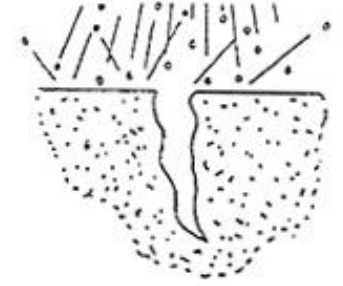
PENETRANT SIVI MUAYENESİ

- Örnek Uygulamalar (1)

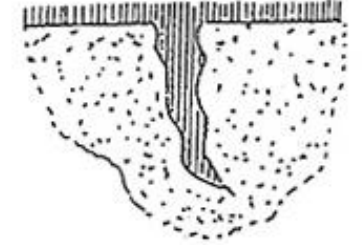


Penetrant sıvı muayene yöntemi uygulanmış iki parça

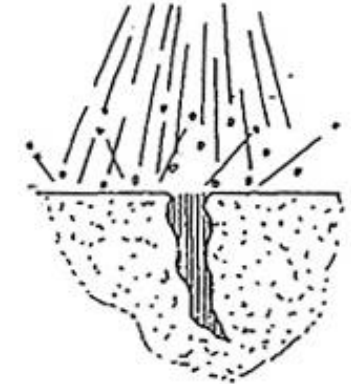
Yüzey Temizleme



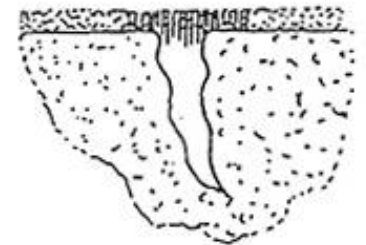
Penetrant Uygulanması



Fazla Penetrantın Temizlenmesi



Developer Uygulanması



PENETRANT SIVI MUAYENESİ

- Örnek Uygulamalar (2)



a



b

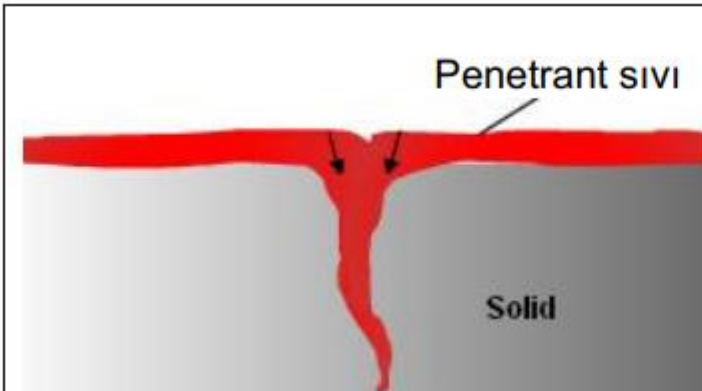


c

Geliştiricinin uygulanması (a) ve floresan ışık altında inceleme (b ve c)

PENETRANT SIVI MUAYENESİ

- Örnek Uygulamalar (3.1)
Penetrant boya ile kazan muayenesi

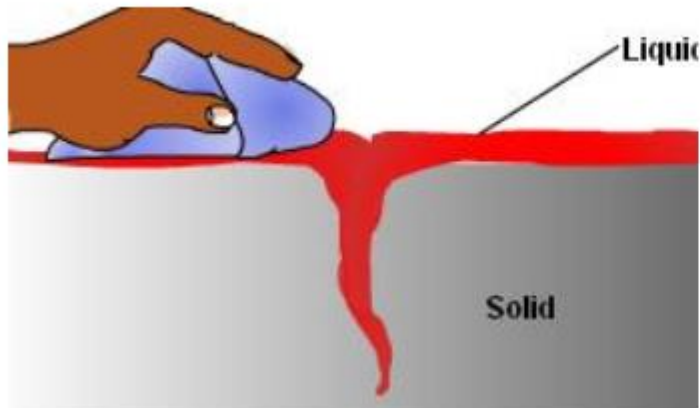


Her türlü yağ, kir ve pasdan mekanik yada kimyasal yolla arındırılarak ön temizleme işlemine tabi tutulan numune yüzeyine penetrant sıvı bir film halinde tatbik edilerek, penetrantın kapiler etki ile hatalara yeterince nüfuz edebilmesi için 5-30 dakika arasında beklenilir.

PENETRANT SIVI MUAYENESİ

- Örnek Uygulamalar (3.2)

Penetrant boya ile kazan muayenesi

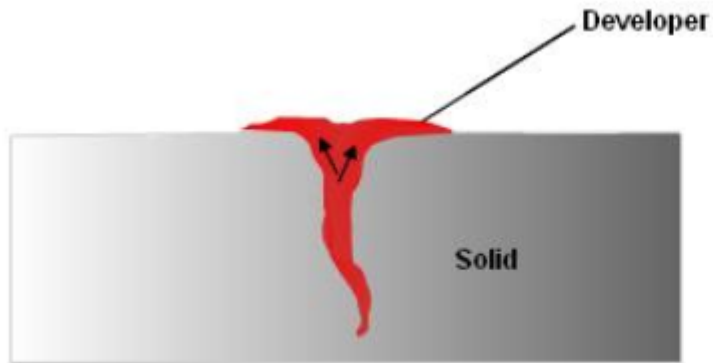
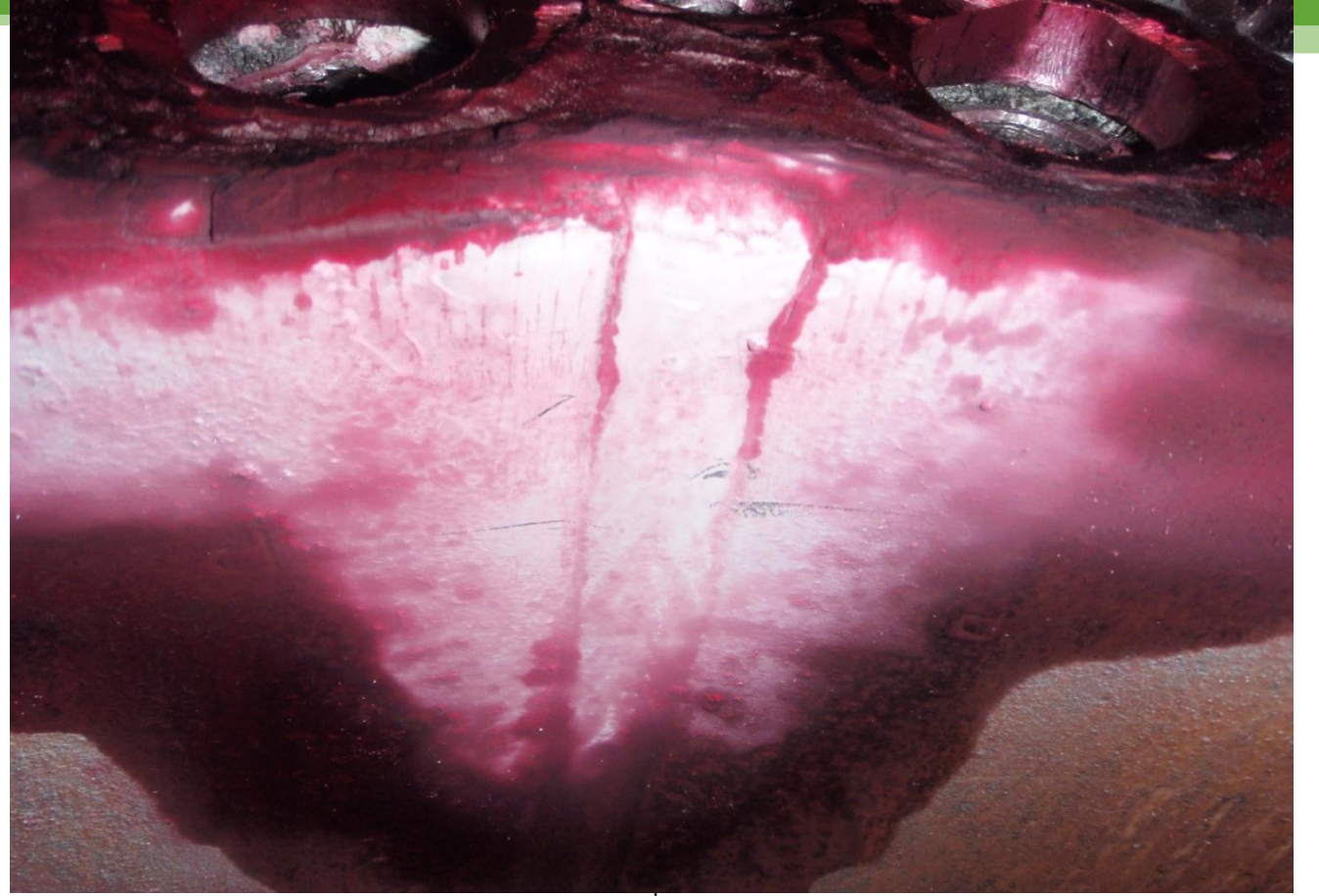


Yeterince beklenilerek hatalara nüfuz etmiş penetrantın yüzeyde kalan fazla kısmı su, gaz tipi çözücüler veya emulgatör ile temizlenerek incelenen yüzey bez veya sıcak hava üflenilerek kurutulur.

PENETRANT SIVI MUAYENESİ

- Örnek Uygulamalar (3.3)

Penetrant boya ile kazan muayenesi



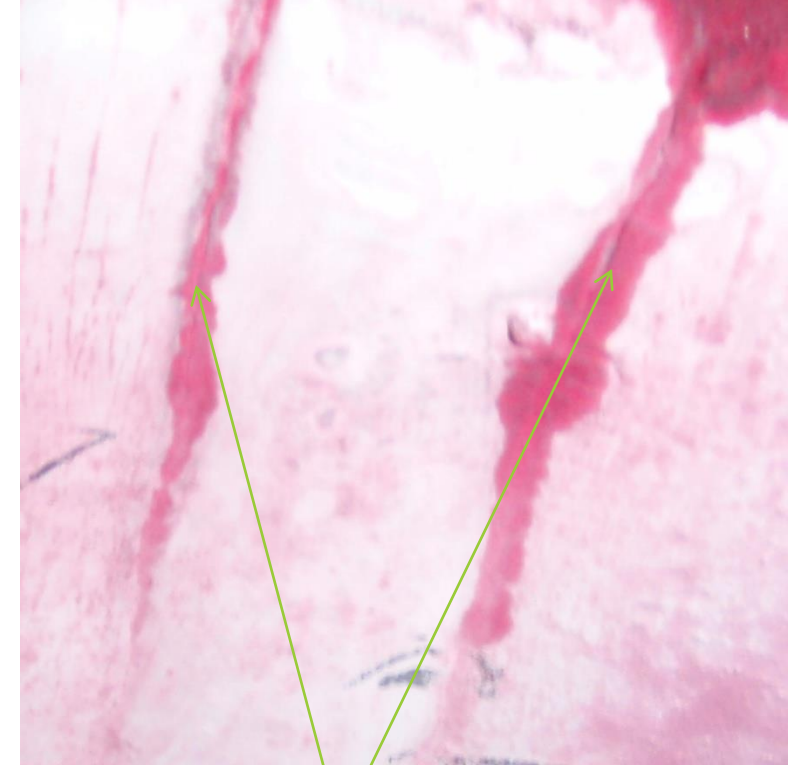
Hatalara penetrant nüfuz ettirilmiş ve kalıntıları temizlenmiş yüzeye, güçlü emiciliğe sahip ve penetrant ile yeterli kontrasta sahip geliştirici ince bir tabaka halinde incelenecek uygulanır. Yüzeye yayılan geliştirici hatalar içerisindeki penetrantı emerek yüzeye çıkmasını ve geliştirici sayesinde büyütülmüş olarak görülmesini sağlar.

PENETRANT SIVI MUAYENESİ

- Örnek Uygulamalar (3.4)

Penetrant boya ile kazan muayenesi:

Test sonucunda iki yüzey çatlığı tespit edilir.



iki yüzey çatlığı

Floresan Penetrant Boya ile Muayene

FPI

FLORESAN PENETRANT SIVI MUAYENESİ

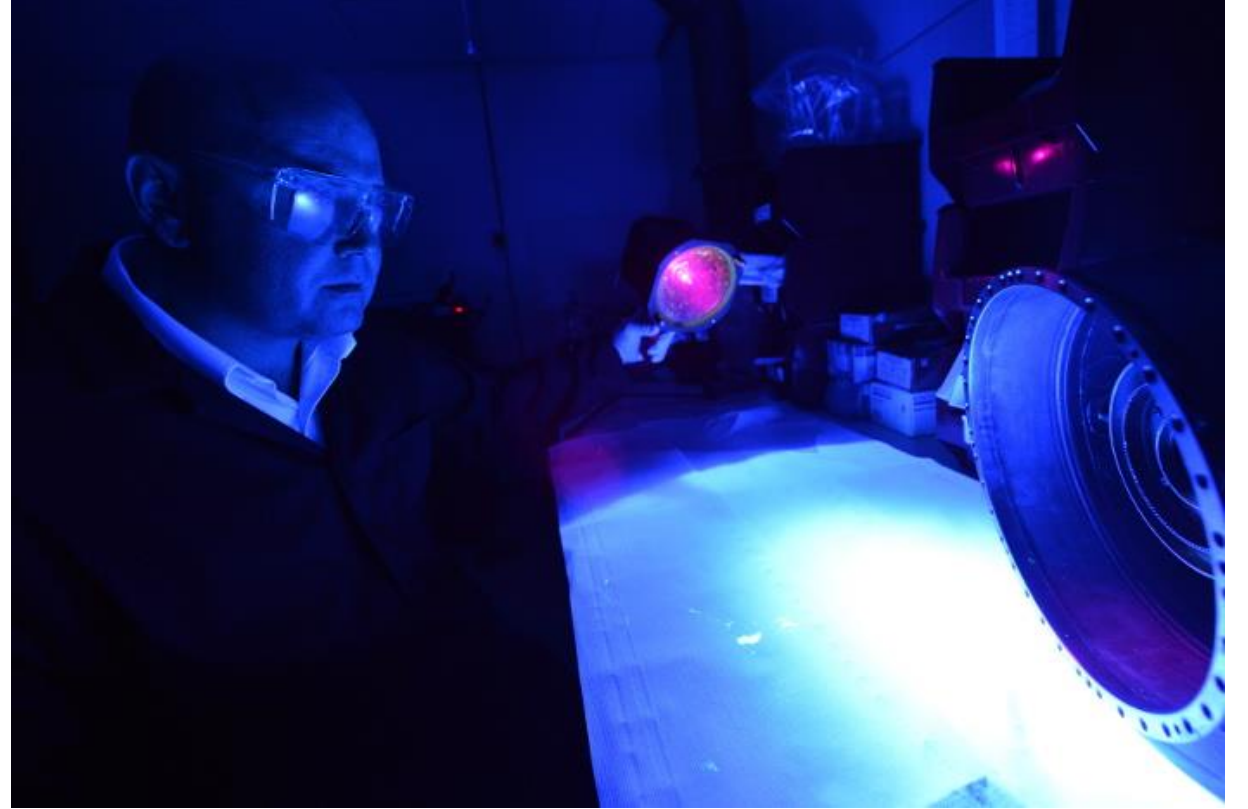
Penetrant sıvı olarak UV ışık altında parlayan floresan boya kullanılır.

Örnek Görsel: Floresan penetrant boya uygulama seti ve UV ışık kaynağı >>>



FLORESAN PENETRANT SIVI MUAYENESİ

- Örnek Uygulamalar (4)

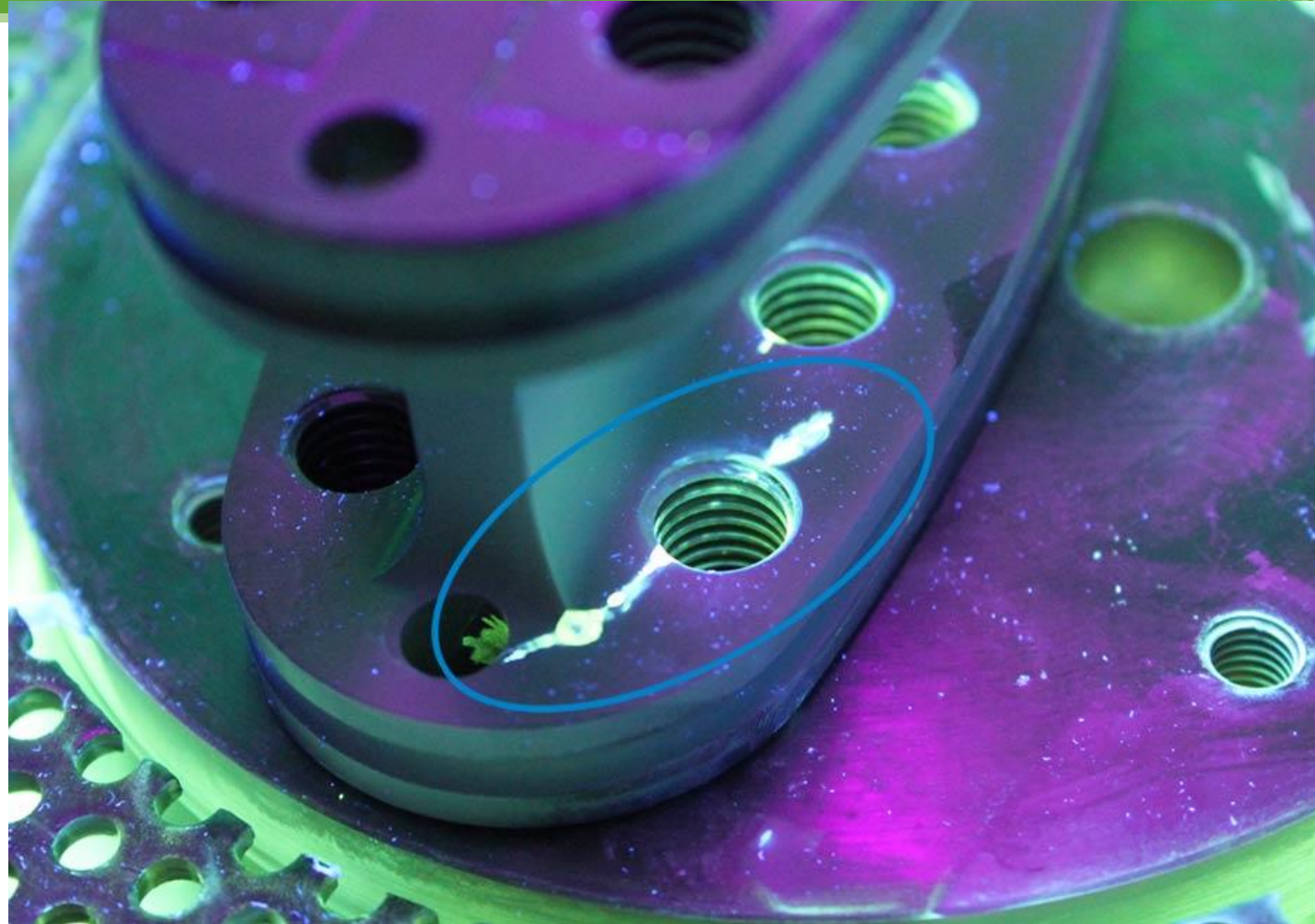


Örnek Görsele: Havacılıkta kullanılan Alüminyum döküm parçaya NADCAP onaylı PT/FPI uygulanması

PENETRANT SIVI MUAYENESİ

- Örnek Uygulamalar (5)

Fluorescent Dye Penetrant Testing



Floresan Boya ile UV ışık altında inceleme

PENETRANT SIVI MUAYENESİ

- Örnek Uygulamalar (6)

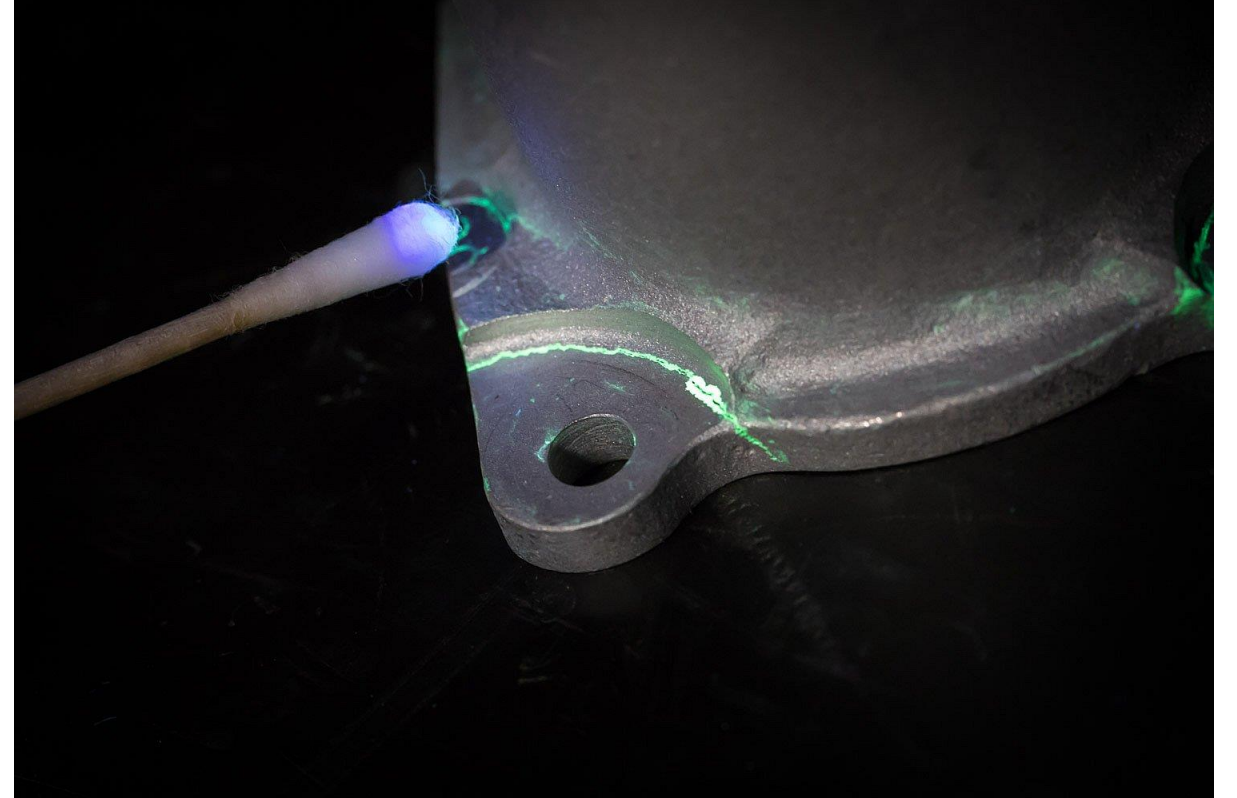
Fluorescent Penetrant Dye Inspection



Floresan Boya ile UV ışık altında inceleme

FLORESAN PENETRANT SIVI MUAYENESİ

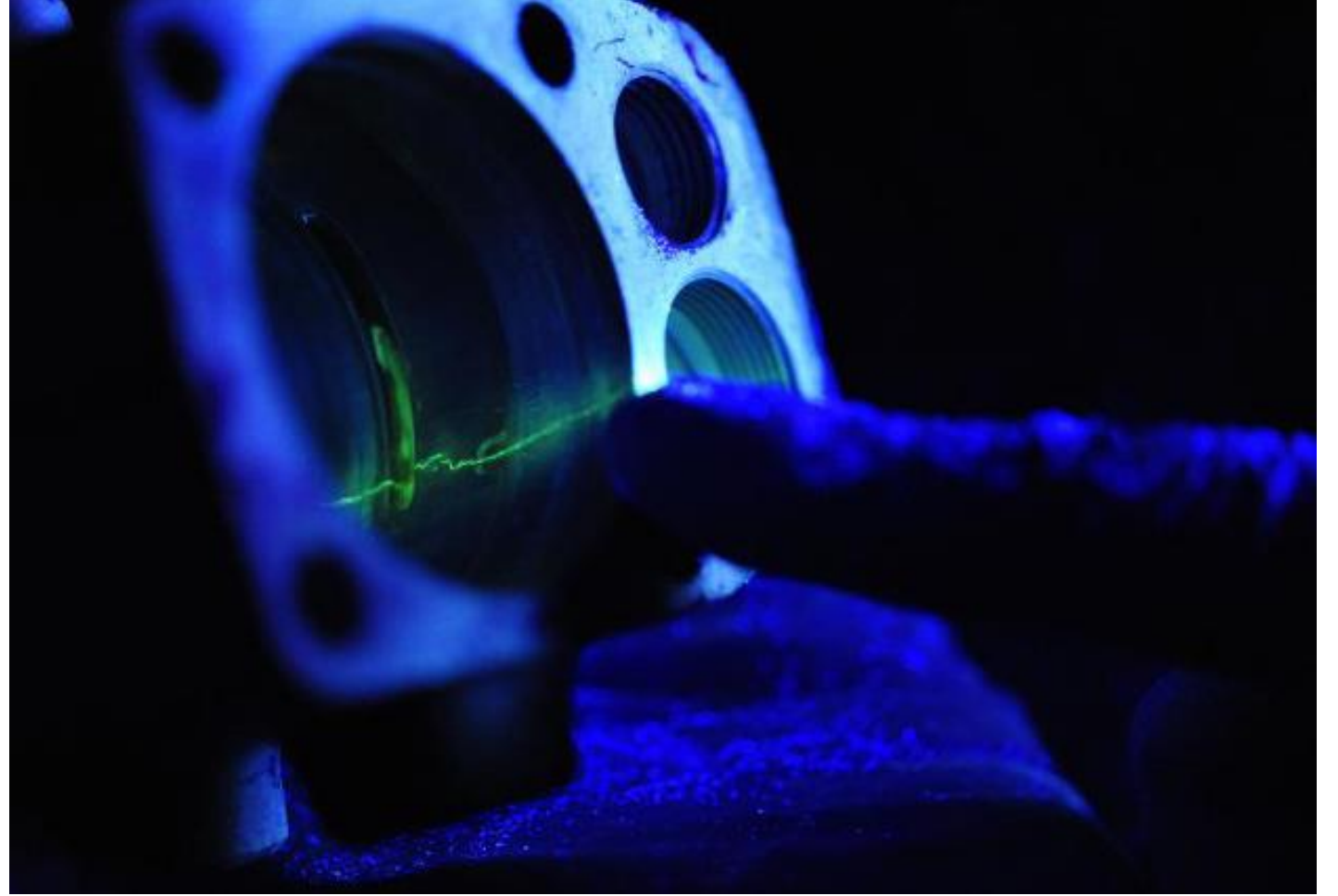
- Örnek Uygulamalar (7)



Örnek Görşel: Havacılıkta kullanılan Alüminyum döküm parçaya NADCAP onaylı PT/FPI uygulanması

FLORESAN PENETRANT SIVI MUAYENESİ

- Örnek Uygulamalar (8)



Örnek Görsel: Silindir iç yüzeyinde, floresan penetrant boya ile yüzeysel çatlak tespiti

MUTK216 – Tahribatsız Malzeme Muayenesi

Örnek Videolar

PENETRANT SIVI MUAYENESİ UYGULAMASI

Örnek Video: Kırmızı Penetrant Testi Uygulaması

<https://www.youtube.com/watch?v=djtOc708x3s>

00:00 – 05:10

(MR Chemie - Kırmızı Penetrant Testi Uygulaması)

PENETRANT SIVI MUAYENESİ UYGULAMASI

Kırmızı
Penetrant
Boya ile
Muayene



PENETRANT SIVI MUAYENESİ UYGULAMASI

Örnek Video: Penetrant Muayenesi Genel Prosedür

<https://www.youtube.com/watch?v=xEK-c1pkTUI>

01:35 – 03:28

(Dye Penetrant Inspection)

PENETRANT SIVI MUAYENESİ GENEL PROSEDÜR

Penetrant
Boya ile
Muayene
Genel
Prosedür ve
Prensip

Nondestructive
Testing

Dye Penetrant Inspection



Kaynaklar: (web)

- MCE 476 - Nondestructive Testing Methods / Doç.Dr. Mostafa RANJBAR / AYBÜ
- https://aybu.edu.tr/mranjbar/dosya_listesi-297-531-mce-476---nondestructive-testing-methods.html
- Nondestructive Evaluation Techniques / Iowa State University
- <https://www.nde-ed.org/NDETechniques/index.xhtml>
- NDT Encyclopedia / Open Access Portal of Nondestructive Testing (NDT)
- <https://www.ndt.net/ndtaz/ndtaz.php>

Kaynakça:

- <http://www.ndtteknik.com/ndt-kutuphane.html>
- <https://www.szutest.com.tr/tahribatsiz-muayeneler>
- https://www.ktuweb.com/page_showdoc?course=ME367&dopage=study
- <https://www.ktunotes.in/ktu-non-destructive-testing-me367-notes/>
- <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx>
- <http://ndt.wtndt.metu.edu.tr/tahribatsiz-muayene-yontemleri>
- https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/14_03_00_aca05.pdf
- https://en.wikipedia.org/wiki/Capillary_action
- <https://www.kistler.com/fr/services/certified-testing-of-materials/fluorescent-dye-penetrant-testing/>
- <https://magnaflux.eu/en>
- <https://www.superiorjt.com/services/ndt-inspection/nadcap-non-destructive-testing/nadcap-penetrant-testing>
- https://chem.libretexts.org/Courses/Oregon_Institute_of_Technology/OIT%3A_CHE_202_-_General_Chemistry_II/Unit_7%3A_Intermolecular_and_Intramolecular_Forces_in_Action/7.1%3A_Surface_Tension%2C_Viscosity%2C_and_Capillary_Action
- <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/capillary-action-and-water>
- <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/surface-tension-and-water>