



MAŠINSKI  
FAKULTET  
UNIVERZITET  
U BEOGRADU

MAŠINSKI MATERIJALI 2

**ISPITIVANJA BEZ RAZARANJA -  
IBR**

**NON DESTRUCTIVE TESTING -  
NDT**

## **TEME O KOJIMA ĆE BITI REĀI**

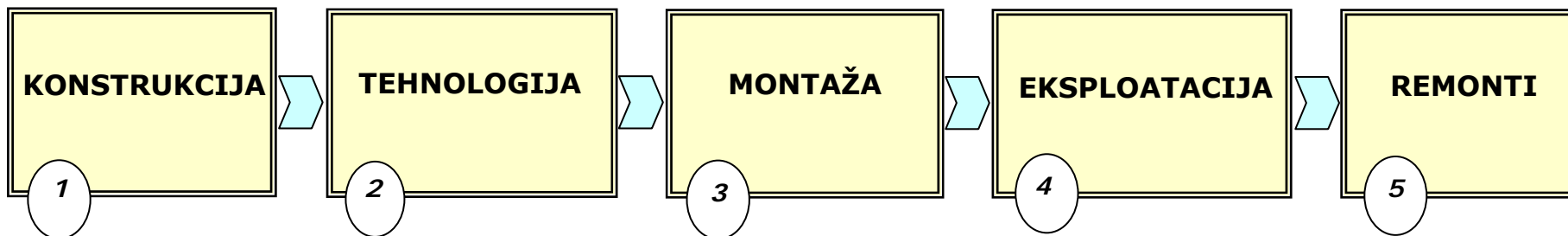
---

- Greške u materijalu i konstrukciji
- Ulazna i eksploataciona kontrola – kontrola tokom rada
- Metode ispitivanja bez razaranja

# HRONOLOŠKA KLASIFIKACIJA GREŠAKA

---

Hronološka klasifikacija grešaka uključuje sve tipove grešaka koji mogu da se jave na opremi postrojenja od faze projektovanja, preko konstruisanja do eksploatacije.



## Hronološka klasifikacija grešaka

<i>Grupe grešaka</i>	<i>primer</i>
<b>Konstruktivne</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Neodgovarajuća konstrukcija</li><li>- Nepravilan izbor dimenzija elemenata konstrukcije</li><li>- Neodgovarajuća procena radnih uslova</li><li>- Odstupanje dimenzija elemenata konstrukcija u odnosu na projektne dimenzije</li></ul>
<b>Tehnološke</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Odstupanje od, zahtevanog po standardu, hemijskog sastava materijala, strukture, mehaničkih osobina, količine uključaka, diskontinuiteta ...</li><li>- Greške zavarivanja</li><li>- Odstupanje u parametrima režima zavarivanja, prethodne i naknadne termičke obrade od projektom predviđenih</li><li>- Odstupanje u kvalitetu i stanju površine od zahteva prema standardu ili projektnoj dokumentaciji</li></ul>
<b>Montažne</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nepravilna montaža elemenata konstrukcije</li><li>- Greške zavarivanja na montažnim šavovima</li><li>- Odstupanje u parametrima režima zavarivanja, prethodne i naknadne termičke obrade od projektom predviđenih</li></ul>
<b>Eksploatacione</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zamorne prsline, prsline puzanja</li><li>- Prsline usled koroziono agresivnog dejstva radnog fluida</li><li>- Promena dimenzija i oblika komponenata usled delovanja povišene temperature i pritiska</li></ul>
<b>Remontne</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Prsline provocirane visokim nivoom zaostalih napona od zavarivanja</li><li>- Greške zavarivanja pri remontu</li><li>- Montažne greške tokom remonta</li></ul>

## **ULAZNA KONTROLA**

---

- Skup metoda, mera i postupaka koji imaju za cilj utvrđivanje hemijskih, fizičkih, mehaničkih (na sobnoj i radnoj temperaturi), strukturnih i geometrijskih karakteristika materijala gotovih elemenata (cevi, lopatice, vratila, fazonski komadi,...) pripada ulaznoj kontroli materijala
- Ulazna kontrola je neophodna ne samo pri prijemu opreme koja će se ugraditi, već obavezno i pre izvođenja popravki ili zamene dela opreme kod postrojenja u eksploataciji.

## **EKSPLOATACIONA KONTROLA**

---

- Eksploatacionu kontrolu opreme čini skup metoda, mera i postupaka pomoću kojih se utvrđuju aktuelno stanje metala i uzroci koji su tokom eksploatacije doveli do pada njegove radne sposobnosti.
- Eksploataciona kontrole može da bude: **redovna, periodična, kapitalna, havarijska**

## **METODE KONTROLE**

---

- Metode kontrole koje se koriste kod ulazne i eksploatacione kontrole, su mnogobrojne.
- Metode se dele na metode ispitivanja sa razaranjem i metode ispitivanja bez razaranja
- Sve metode moraju biti bar u izvesnoj meri **standardizovane ili dokazane.**

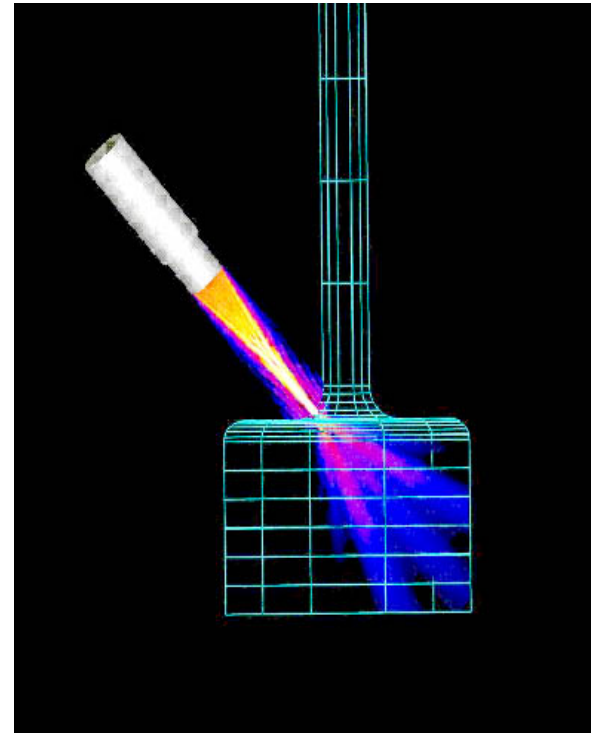
## ISPITIVANJA BEZ RAZARANJA - definicija

---

Upotreba neinvazivnih tehnika sa ciljem da se odredi integritet:

- materijala
- komponente ili
- konstrukcije

ili kvantitativno izmere neke karakteristike objekta naziva se ispitivanjem bez razaranja







# VIZUELNA I MAKROOPTIČKA DIJAGNOSTIKA

---

- **Vizuelna i makrooptička dijagnostika (vizuelni pregled) se izvodi u cilju:**
  - otkrivanja grešaka (do određene veličine) radnih površina i
  - odstupanja u obliku i dimenzijama komponenti,**a dobijeni rezultat služi samo za konstatovanje trenutnog stanja.**
- **Vizuelni pregled predstavlja najvažniju operaciju „preliminarnog” ispitivanja oštećene komponente. Ljudsko oko ima izvanredne mogućnosti sagledavanja neznatnih promena u boji i teksturi materijala na velikoj površini, znatno većoj nego bilo koji optički ili elektronski uređaj.**
- **Ovo je najčešćii vid ispitivanja koji uključuje korišćenja endoskopa, lupa i ogledala.**
- **Vizuelno uočljive karakteristike zone oštećenja komponente, prelomne površi i pravac širenja prsline/makroskopskog oštećenja, pružaju korisne informacije u procesu utvrđivanja redosleda sekvenci odvijanja događaja i mogućeg uzroka nastajanja oštećenja.**

Ispitivanje otvora  
boroskopom



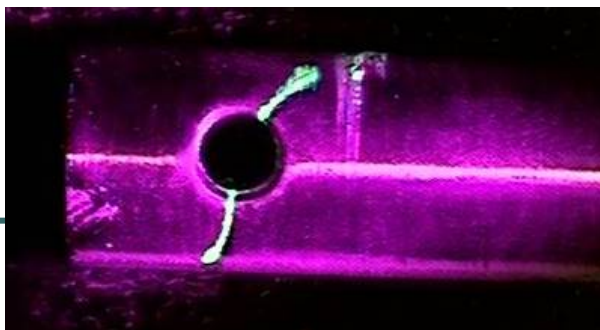
# VIZUELNA I MAKROOPTIČKA DIJAGNOSTIKA

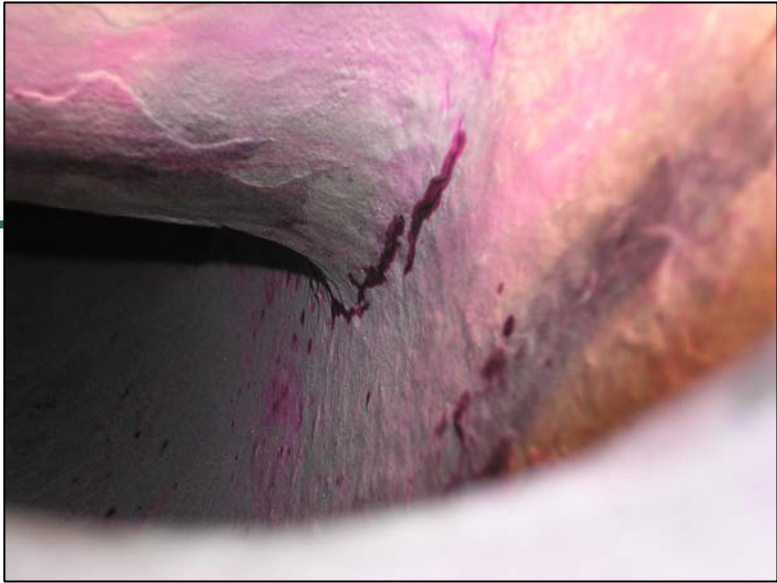
---

- **Ograničenja** vezana za primenu vizuelnog pregleda odnose se na neuniformnost pojava oblika različitih tipova i vrsta oštećenja koja mogu da se jave, uzimajući u obzir i značajne razlike koje se javljaju u pojedinim industrijskim granama.
- **Nepostojanje sistematizacije** pojava oblika i karakterističnih lokacija oštećenja.
- Neophodno je **definisati sve faze u proceduri vizuelne dijagnostike**, izraditi formulare odnosno tablice koje će se pri svakom vizuelnom pregledu popunjavati sa tačnim opisom greške, podacima o njenoj lokaciji i načinu njene reparacije ukoliko se ona izvodi.

## ISPITIVANJE TEČNIM PENETRANTIMA

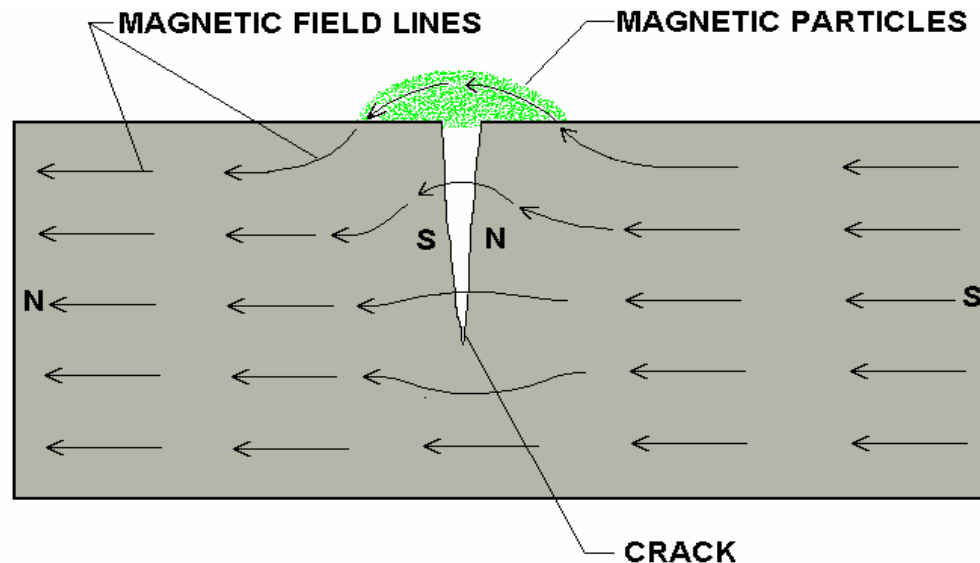
- Na ispitivanu komponentu se nanosi tečnost velike sposobnosti vlaženja i kapilarnosti koja prodire u površinske diskontinuitete
- Višak tečnosti se uklanja sa površine
- Zatim se nanosi razvijlač (prah) da "izvuče" zarobljeni penetrant iz diskontinuiteta na površinu komponente gde postaje vidljiv
- Vizuelni pregled je najvažniji korak u procesu. Penetranti koji su u upotrebi sadrže fluorescentnu komponentu, tako da se pregled vrši pomoću UV lampe čime je povećana osetljivost testa.

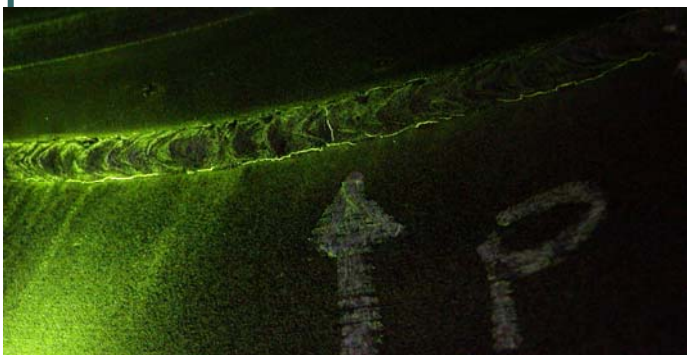
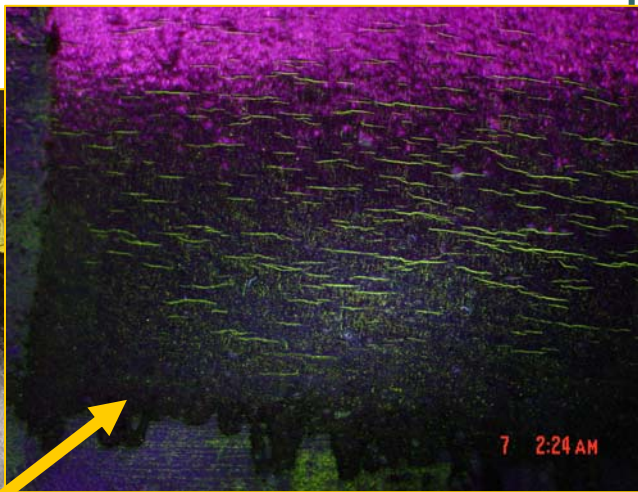
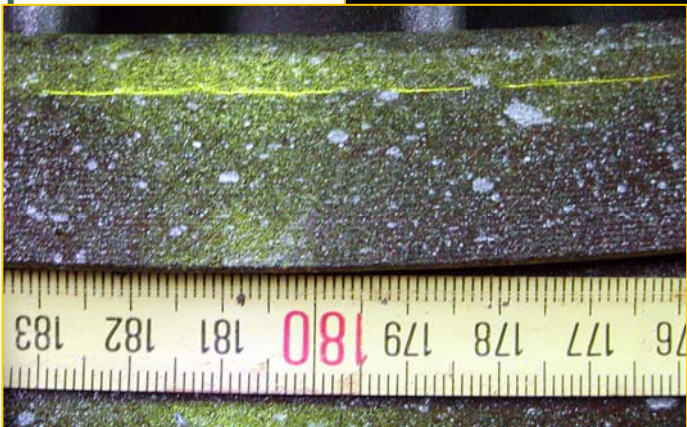
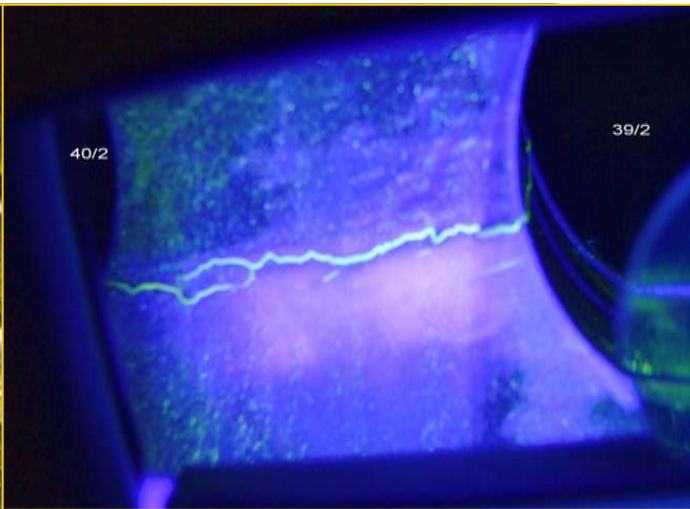
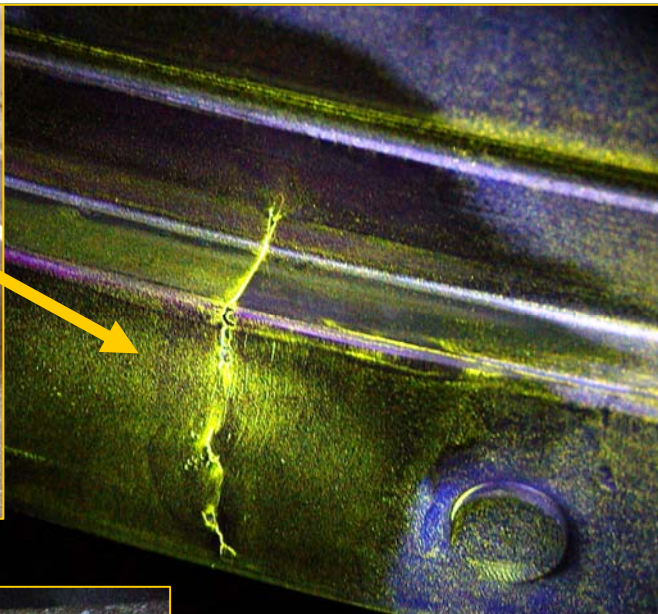
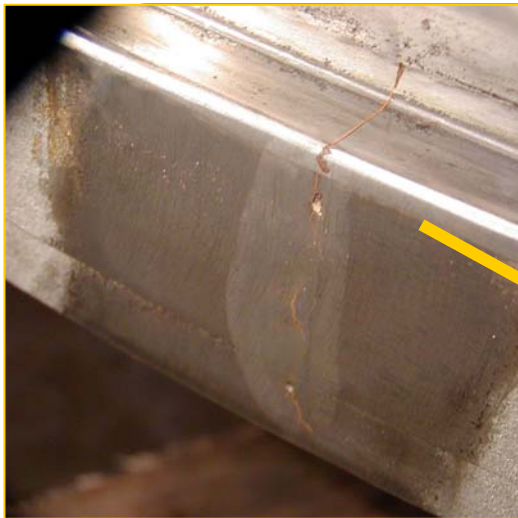




# ISPITIVANJE MAGNETNIM ČESTICAMA

Ispitivani deo se namagnetiše. Fino usitnjene čestice gvožđa prevučene obojenim pigmentom se nanose na ispitivanu površinu. Privučene delovanjem magnetnog fluksa diskontinuiteta, čestice se nagomilavaju i obrazuju indikaciju direktno iznad diskontinuiteta. Ova indikacija je vizuelno uočljiva pod odgovarajućim svetlosnim uslovima.



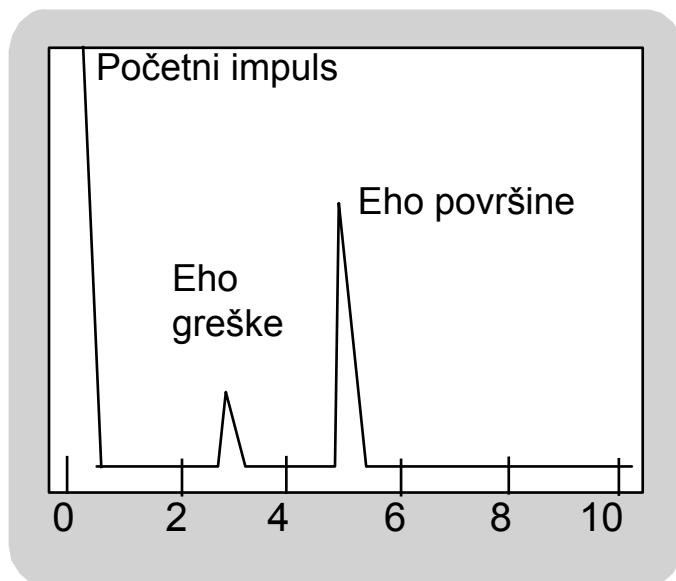


7 1:55 AM

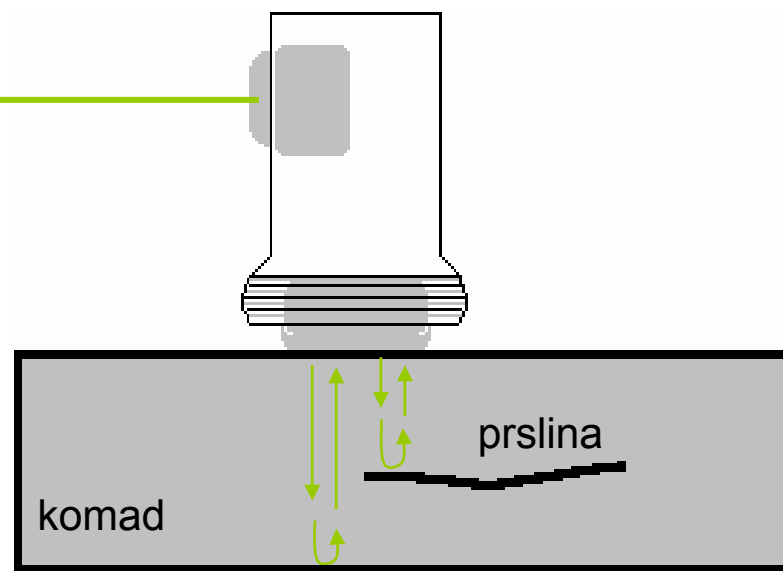
# ISPITIVANJA ULTRAZVUKOM (Pulse-Echo)

Visoko frekventni ultrazvučni talasi se propuštaju kroz materijal, s tim što se reflektuju nazad ili od površine ili od greške.

Reflektovanu zvučnu energiju je moguće očitati u funkciji vremena i ispitivač može da vizualizuje poprečni presek ispitivanog dela i da odredi dubinu greške od koje se zvuk odbija.

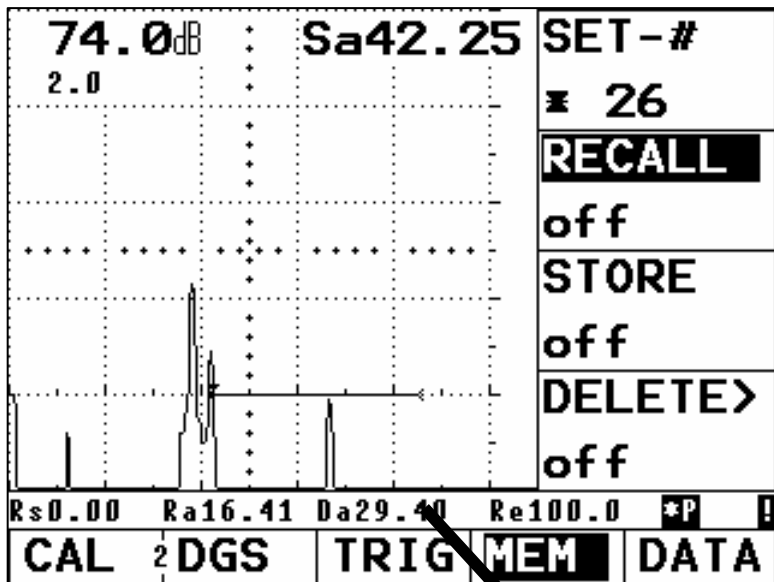


Osciloscop,

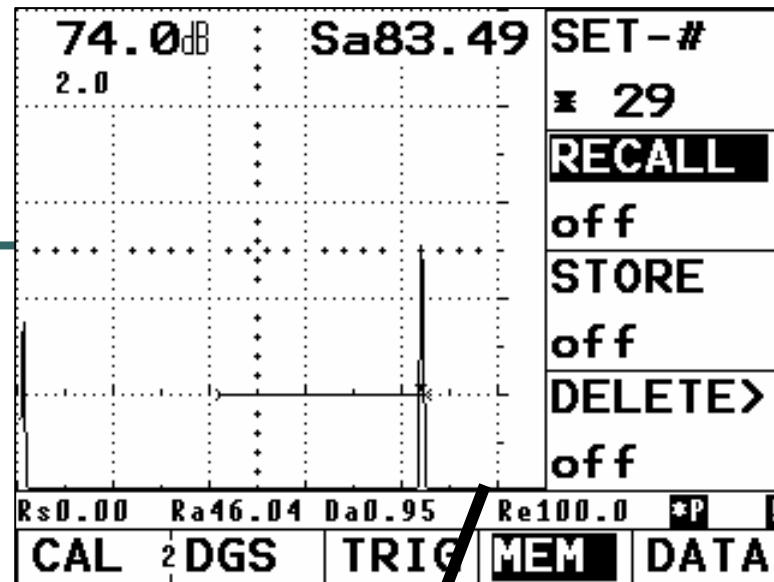




# Ispitivanje ultrazvukom



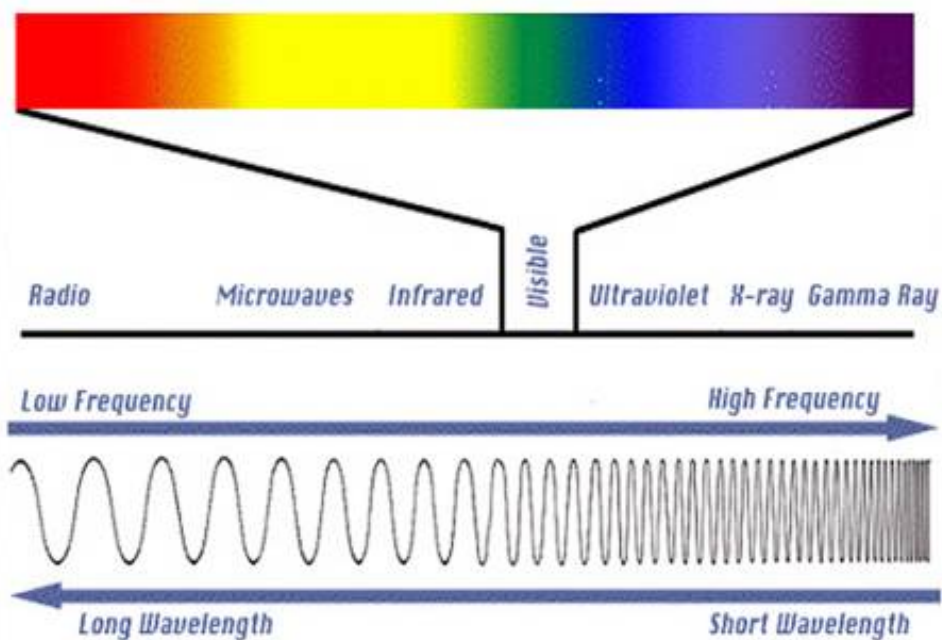
Ehogram sa indikacijom



Ehogram bez indikacije



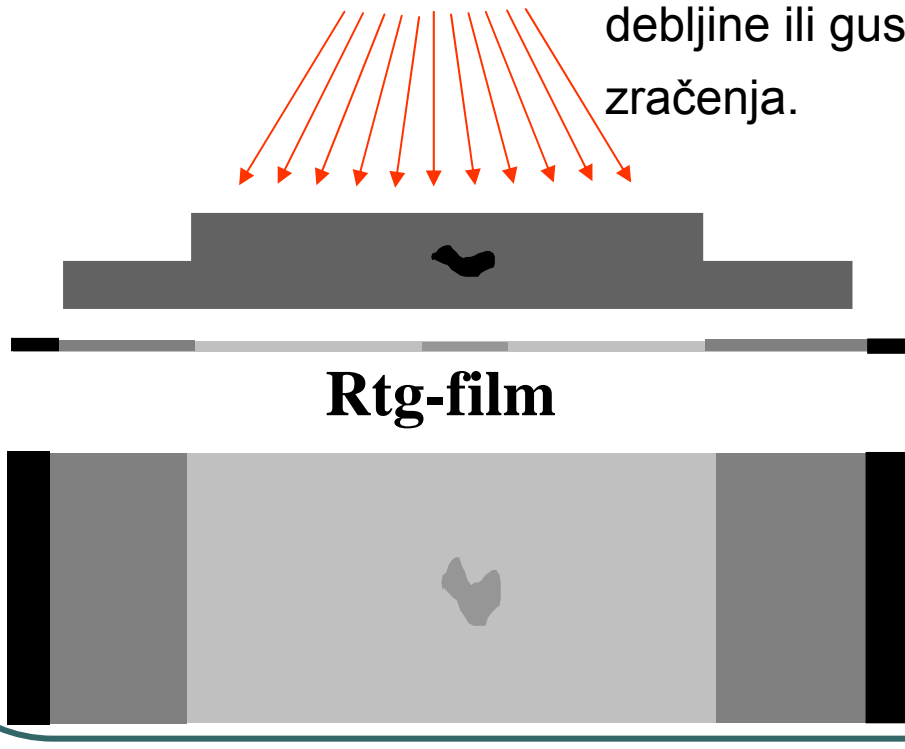
# RADIOGRAFSKA ISPITIVANJA



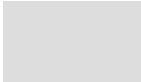

Zračenje koje se koristi pri radiografskim ispitivanjima se odlikuje manjim talasnim dužinama (u poređenju sa drugim elektromagnetnim talasima), pa stoga i velikom sposobnošću penetracije u materijal. Izvor ove vrste zračenja može da bude Rtg-generator ili neki radioaktivni izvor.

# RADIOGRAFSKA ISPITIVANJA

Ispitivana komponenta se smešta između izvora zračenja i filma. Apsorpcija zračenja je različita u oblastima različite gustine i debljine. Oblasti veće debljine ili gustine će apsorbovati veću količinu zračenja.



Veća osvetljenost ili zatamnjenost filma će da zavisi od količine zračenja koja je dospela do filma posle njegovog prolaska kroz materijal.

 = manja količina  
 = veća količina