

 katedra za
automatizaciju i
metrologiju

**Radiografske,
magnetne,
akustične metode**

 UNIVERSITY OF ZENICA
UNIVERSITATEM ZENICENSIS
UNIVERSITÄT ZENICA
UNIVERSITY OF ZENICA

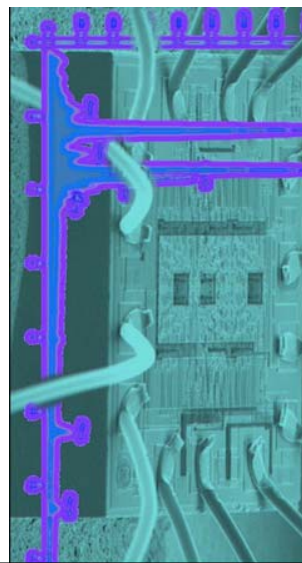
v.as.mr. Samir Lemeš
slemes@mf.unze.ba

 Education and Culture
Tempus

 PoMaCoM
Postgraduate
Master Course
on Metrology

Radiografsko ispitivanje

- Opis metode
- Područja upotrebe
- Ograničenja metode
- Izvori zračenja
- Konverzija slike
- Penetrametri
- Neutronska radiografija
- Digitalna radiografija
- Primjeri primjene



Radiografsko ispitivanje

- **Radiologija:** metode ispitivanja materijala zasnovane na diferencijalnoj apsorpciji penetrirajućeg zračenja
- Usljed razlika u gustoći, debljini ili u karakteristikama upijanja, različiti dijelovi apsorbuju različite količine penetrirajućeg zračenja
- Ispitivanje se vrši posmatranjem tih razlika

Radiografsko ispitivanje

- **Radiografija:** specifične radiološke metode koje ostavljaju trajnu sliku na filmu (konvencionalna radiografija) ili na papiru (xeroradiografija)
- **Radioskopija:** radiografija bez filma ili papira (def. ASTM – American Society of Testing and Materials)
- Radioskopija obuhvaća i digitalnu radiografiju, kod koje se zračenje pretvara u optički ili elektronski signal

Radiografsko ispitivanje

- Osnovna prednost radioskopije je mogućnost manipulacije objektom koji se ispituje (položaj greške)
- CT (*Computed Tomography*) je radiološka tehnika koja koristi niz poprečnih presjeka umjesto ravne projekcije, čime se dobije bolji uvid u 3D položaj grešaka
- Kod radiologije se većina tehnika zasniva na **x-zracima** ili **γ -zracima**

Područja upotrebe

- Radiografija se koristi za otkrivanje karakteristika komponente ili sklopa koji se razlikuju po debljini ili fizičkoj gustoći od okolnog materijala
- Velike razlike se lakše uočavaju
- Mogu se otkriti samo one karakteristike koje imaju dovoljnu debljinu u smjeru paralelnom zraci
- Sposobnost otkrivanja grešaka zavisi od orijentacije ispitivanog objekta

Područja upotrebe

- Diskontinuiteti (uključci, šupljine) koje imaju dovoljnu debljinu u svim pravcima, mogu se otkriti ako su dovoljno veliki u odnosu na ukupnu debljinu
- Generalno, može se otkriti diskontinuitet čija se apsorpcija zraka razlikuje za 1% od apsorpcije okolnog materijala



Područja upotrebe

- Iako nisu ograničene na unutrašnje greške, i ultrazvuk i radiografija se uglavnom koriste za otkrivanje grešaka duboko u materijalu
- Radiografija je posebno djelotvorna kad greške nisu ravninske
- Prednosti radiografije:
 - Otkrivanje unutrašnjih grešaka
 - Otkrivanje razlika u sastavu
 - Trajno snimanje ispitanih podataka

Područja upotrebe

- Odlivci, zavareni spojevi, posebno kad ne smije biti unutrašnjih grešaka
- Debelostjeni odlivci i zavarene konstrukcije za parne mašine (kotlovi, komponente i sklopovi turbina) i druge mašine visokog pritiska
- Otkivci i slični mašinski sklopovi
- Poluprovodnički elektronski uređaji
- Plastificirane komponente

Područja upotrebe

- Ispitivanje pukotina, puknutih žica, prisustvo stranih tijela, elementi koji nisu na pravom mjestu ili položaju
- Radiografija sa velikim fokusiranjem se koristi za ispitivanje mikroelektronike (greške 0,025 mm)
- Ispitivanje kompozitnih materijala, gdje se osjetljivost povećava korištenjem zračenja visokog intenziteta a male energije

Područja upotrebe

- Osjetljivost radiografije sa x-zrakama i γ -zrakama na različite vrste grešaka zavisi od niza faktora:
 - vrsta materijala (lagani metali imaju mali atomski broj, teški metali visok atomski broj)
 - vrsta greške
 - oblik proizvoda
- Radiografija se ne može koristiti kod materijala jako male ili jako velike gustoće (neutronska radiografija)

Ograničenja metode

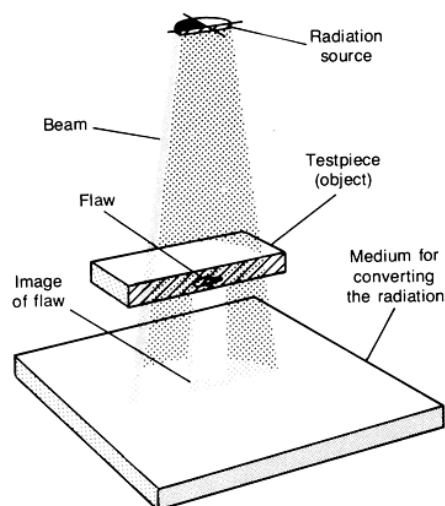
- U poređenju s drugim NDT metodama, radiografija je skupa, posebno ako se radi o stacionarnim uređajima sa filmom
- Terensko ispitivanje može trajati dugo, jer je potrebno duže vrijeme za ekspoziciju filma kod debelih stjenki
- Izvori zračenja moraju biti malog intenziteta radi zaštite osoblja

Ograničenja metode

- Prenosiva radiografska oprema emituje x-zračenje relativno niske energije (300 keV) što omogućuje prodiranje u čelik dubine do 75 mm
- Neke vrste grešaka se ne mogu otkriti radiografijom: mikroporoznost, uključci u vučenom materijalu, uske pukotine koje nisu paralelne zrakama
- Zračenje je opasno za čovjeka jer x i γ zrake ubijaju ćelije

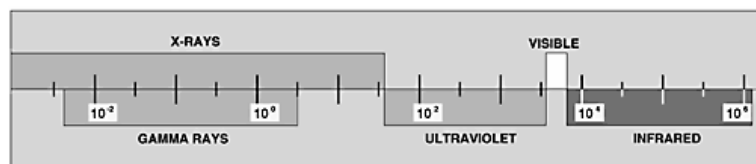
Principi radiografije

- Tri osnovna elementa radiografije:
 - izvor zračenja,
 - objekat koji se ispituje i
 - materijal koji registruje sliku (sjene diskontinuiteta)



Izvori zračenja

- Koriste se 2 vrste zračenja:
x-zrake i γ -zrake
- Samo x-zrake i γ -zrake mogu prodirati kroz neprovidne materijale, zahvaljujući visokoj energiji i kratkim talasnim dužinama



Izvori zračenja

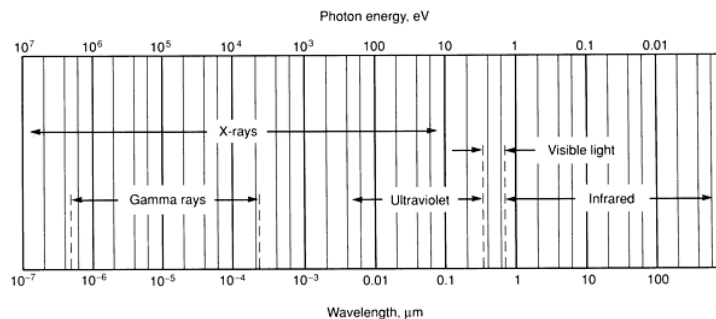
- x-zrake i γ -zrake se ne razlikuju fizički (po talasnim dužinama), nego samo u načinu na koji nastaju
- x-zrake nastaju iz međudejstva snopa elektrona koji se brzo kreće i atoma čvrstog materijala
- γ -zrake se emituju tokom radioaktivnog raspada nestabilnog atomskog jezgra

Izvori zračenja

- Količina izlaganja x i γ -zrakama se mjeri u Rendgenima (R), gdje je 1 R količina izlaganja zračenju koja proizvodi jednu elektrostatičku jedinicu (3.33564×10^{-10} C) naboja iz 1.293 mg zraka
- Intenzitet zračenja se mjeri u R po jedinici vremena
- Spektar zračenja se često izražava energijom fotona (eV)

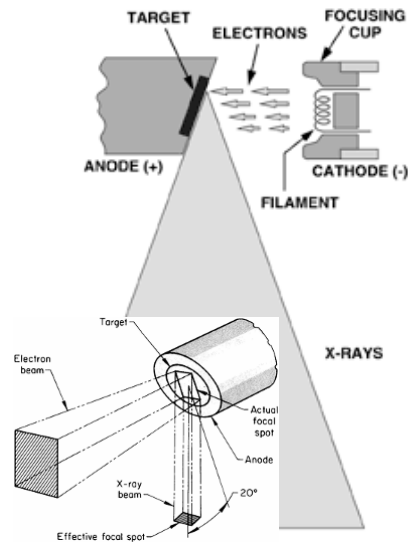
Izvori zračenja

- 1 eV je energija emitovana jednom elektronu potencijalom od 1 V



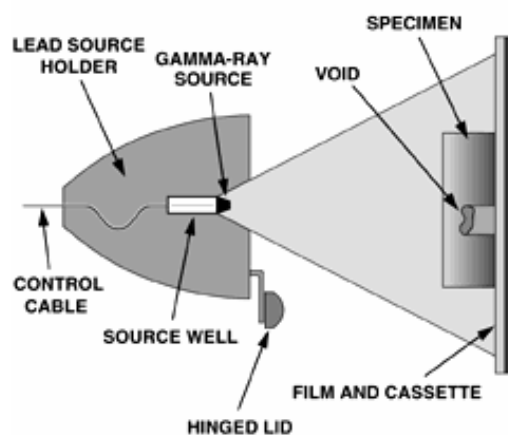
Izvori zračenja

- Izvor x-zraka je prikazan na slici
- Vlakno (filament) se izloži struji od nekoliko ampera
- Lijevak fokusira snop elektrona na fokalnu tačku
- Tungsten ima visoku tačku topljenja



Izvori zračenja

- Izvor γ -zraka je prikazan na slici

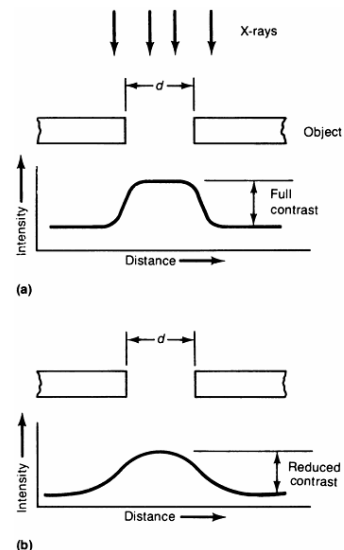
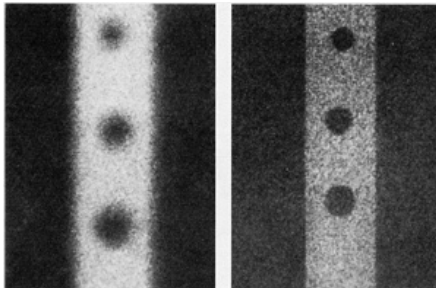


Konverzija slike

- Pretvaranje zračenja u formu pogodnu za dalju obradu
- Pored konverzije, koriste se filtriranje i pojačanje kontrasta (intenzifikacija)
- Medij za snimanje može biti film, fluorescentni ekran ili neki drugi medij koji zračenje pretvara u vidljivu svjetlost
- Kvalitet slike su određeni kontrastom i rezolucijom slike

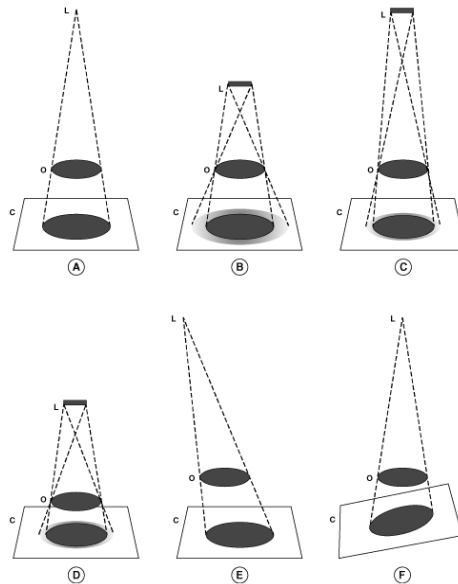
Konverzija slike

- Kontrast slike i nedostatak oštrote su međusobno povezani

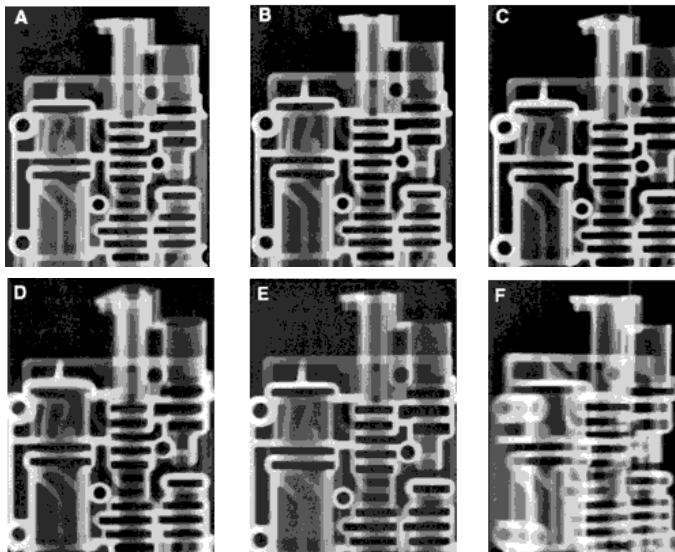


Konverzija slike

- Geometrijski principi formiranja sjene
- Izvor treba biti mali, što dalji
- Film treba biti blizu objekta
- Ravni objekta i filma trebaju biti paralelni

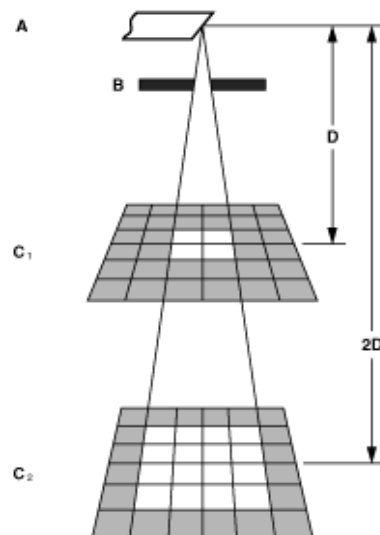


Konverzija slike



Konverzija slike

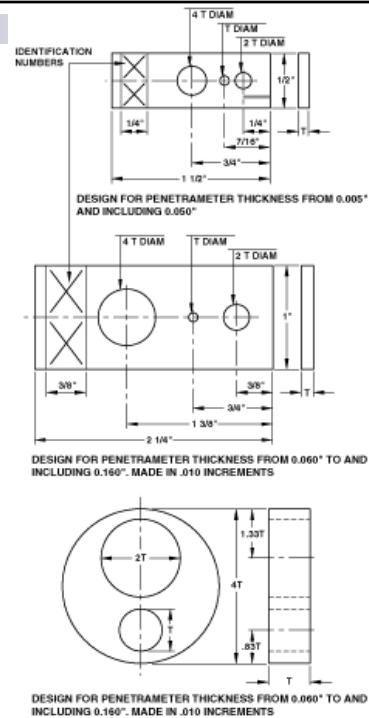
- Intenzitet zračenja opada sa kvadratom udaljenosti od izvora
- Isti zakon važi za svjetlost, x i γ zrake



Penetrametri

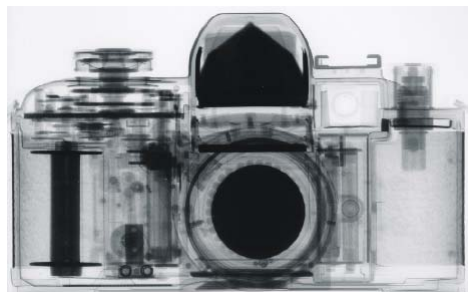
- Za provjeru tačnosti radiografa koristi se standardni komad za testiranje
- Penetrametar (USA) ili Image Quality Indicator (IQI) u Evropi
- IQI se pravi od istog materijala kao i objekat koji se ispituje i ima jednostavan geometrijski oblik
- Slika penetrametra na radiografskom snimku je trajni dokaz da je ispitivanje izvršeno pravilno

Penetrametri



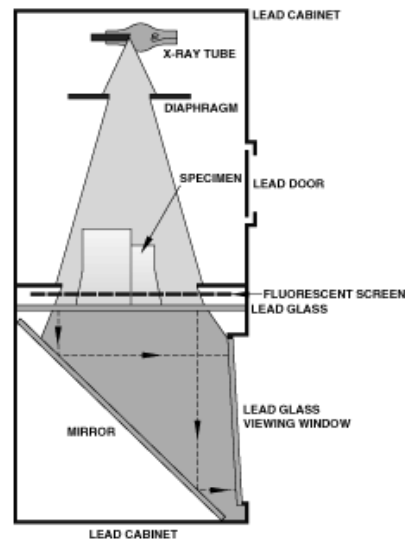
Neutronska radiografija

- Koristi diferencijalnu apsorpciju neutrona umjesto elektromagnetskog zračenja
- Neutroni bolje prodiru kroz metalne materijale
- Plastični dijelovi se bolje vide nego kod x-zraka



Fluoroskopija

- Umjesto snimanja na film, x-zrake se projektuju na fluorescentni ekran
- Manja cijena i osjetljivost
- Nema trajnog traga



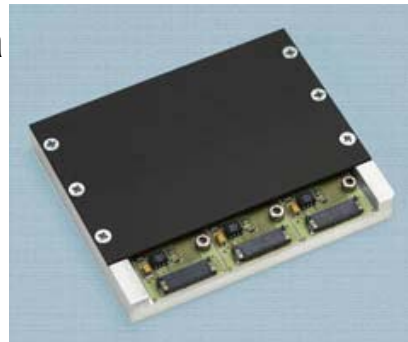
Digitalna radiografija

- Slika se formira skeniranjem linearnim nizom diskretnih detektora duž objekta
- Koriste se CCD senzori, Flat-panel detektori, TFT paneli



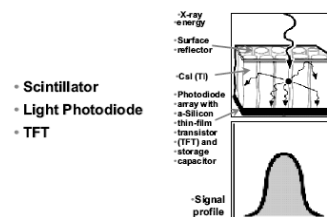
Digitalna radiografija

- CCD (Charge Coupled Device) senzori su jeftini, ali imaju niz nedostataka
- Zahtijevaju optičku konverziju, jer je projektovana slika znatno veća od senzora
- Javlja se termalni šum, usljed zagrijavanja CCD senzora

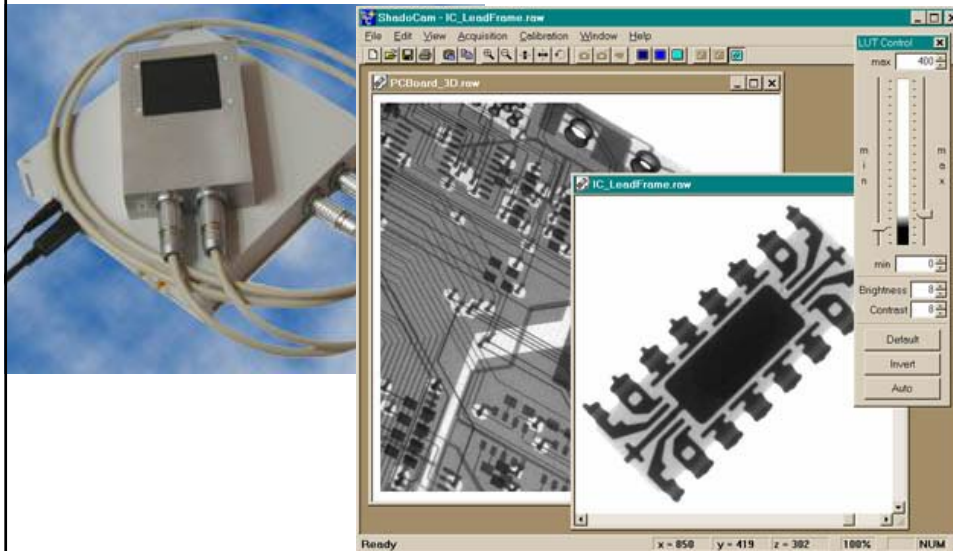


Digitalna radiografija

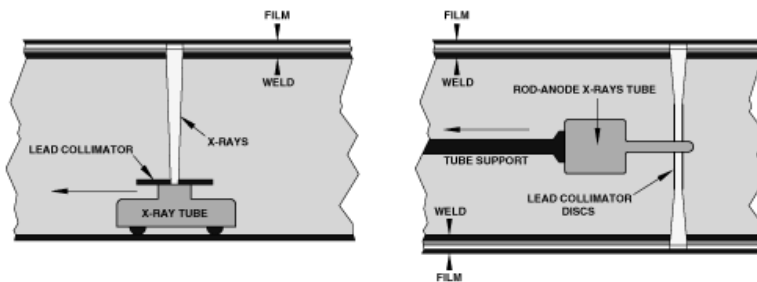
- Flat-panel radiografski detektori x-zraka se mogu podijeliti na:
- direktne, kod kojih se x-zrake direktno pretvaraju u električni napon i
- indirektne, kod kojih se x-zrake prvo pretvore u vidljivu svjetlost (scintilatorom - cezij jodid ili gadolinijum oksisulfid)



Digitalna radiografija



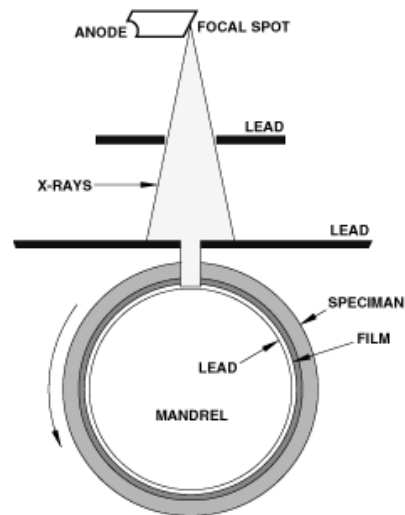
Primjeri primjene



- Radiografija dugih zavara "u pokretu"
- Može se pratiti jedan zavar ili više zavara, upotrebom šipkaste cijevi sa kolimatorima u obliku diska

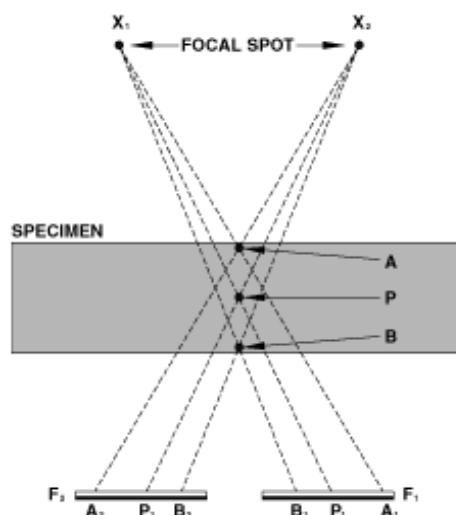
Primjeri primjene

- Rotaciona radiografija za ispitivanje okruglih uzoraka
- Film sa slojem olova se nalijepi oko uzorka
- Rotacija mora biti jednolika



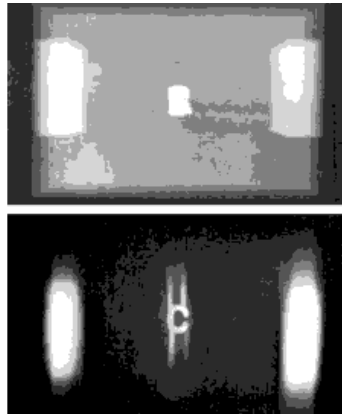
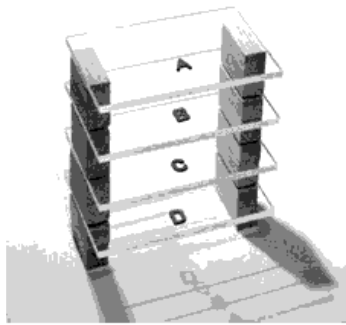
Primjeri primjene

- Tomografija je posebna vrsta radiografije kod koje je slika samo jednog sloja oštra, dok su drugi slojevi zamućeni



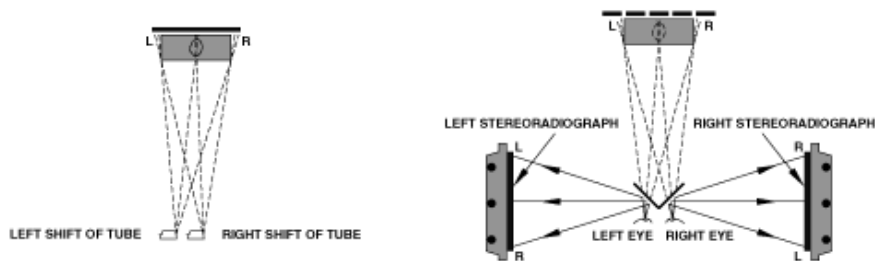
Primjeri primjene

- Demonstracija razlike između tomografije i obične radiografije



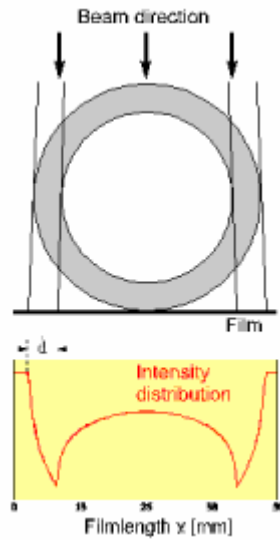
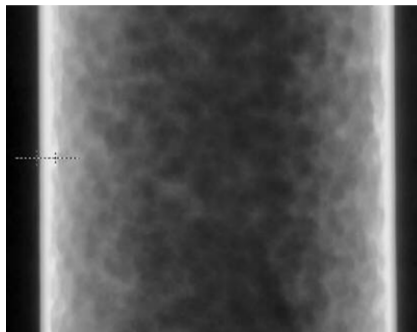
Primjeri primjene

- Stereoradiografija se koristi za određivanje dubine defekta

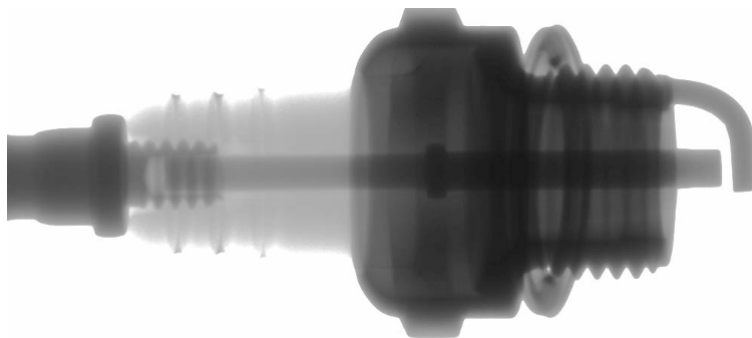


Primjeri primjene

- Mjerenje debljine stjenke radiografijom

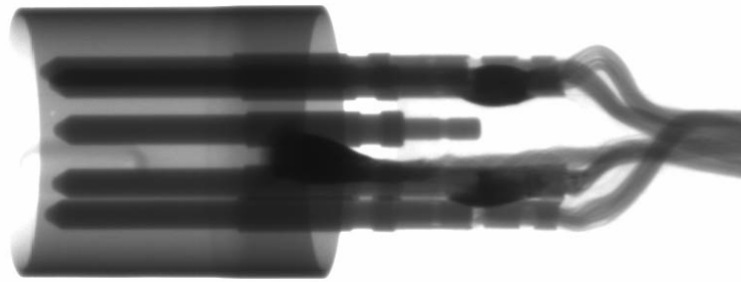


Primjeri primjene



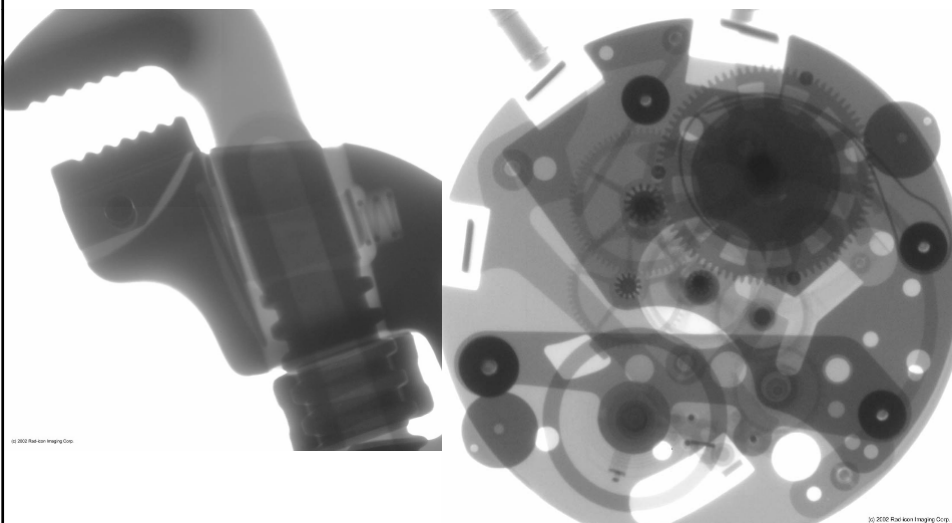
(c) 2002 Radicon Imaging Corp.

Primjeri primjene



(c) 2002 Rad-Ikon Imaging Corp.

Primjeri primjene



(c) 2002 Rad-Ikon Imaging Corp.

(c) 2002 Rad-Ikon Imaging Corp.

Metoda magnetnih čestica

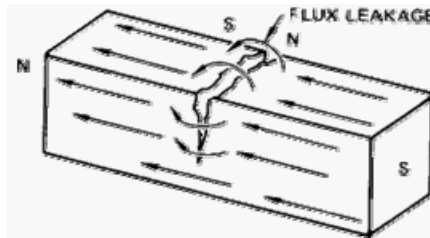
- Prednosti i ograničenja metode
- Magnetno polje
- Metode generisanja magnetnog polja
- Magnetne čestice i tečne suspenzije
- Primjeri upotrebe
- Uticajni faktori

Prednosti i ograničenja metode

- Metoda za lociranje površinskih i unutrašnjih diskontinuiteta u feromagnetnim materijalima
- Kad se objekat ispitivanja izloži dejstvu magnetnog polja, na mjestima magnetnih diskontinuiteta se formiraju defekti polja
- Indikator defekta je nakupljanje feromagnetnih čestica koje su nanosene na ispitivanu površinu

Prednosti i ograničenja metode

- Magnetne čestice se nanose na ispitivanu površinu u suhom stanju, ili u suspenziji (voda ili ulje)
- Materijali koji nisu magnetični se ne mogu ispitivati ovom metodom: legure aluminija, magnezija, bakra, titana, austenitni nerđajući čelici



Prednosti i ograničenja metode

- Glavno područje primjene ove metode je kod ispitivanja poluproizvoda: metalne šipke i gredice, limovi, otkivci i liveni komadi
- Ova metoda se koristi i kod preventivnog održavanja: vratila, okvira, nosača, zamajaca, kuka, lopatica turbina i sl.



Prednosti i ograničenja metode

- Dobro otkriva male i plitke površinske pukotine, ali i greške ispod površine koje nisu na velikoj dubini
- Ako je greška fina, oštra i blizu površine (npr. nemetalni uključak), ova metoda će je otkriti
- Ako je greška na većoj dubini, indikacija će biti manje uočljiva



Prednosti i ograničenja metode

- Indikacije se javljaju direktno na ispitivanoj površini i reflektuju se kao slike stvarnog oblika greške
- Praktično nema ograničenja u veličini ili obliku ispitivanih objekata
- Nije potrebno prethodno čišćenje
- Moguće je otkriti čak i pukotine koje su ispunjene drugim materijalom

Ograničenja metode

- Može se koristiti samo na feromagnetnim materijalima
- Magnetno polje mora biti u smjeru koji siječe glavnu ravan greške
- Često je potrebna naknadna demagnetizacija
- Potrebno je čišćenje radi uklanjanja magnetnih čestica
- Za velike proizvode su potrebne jake struje

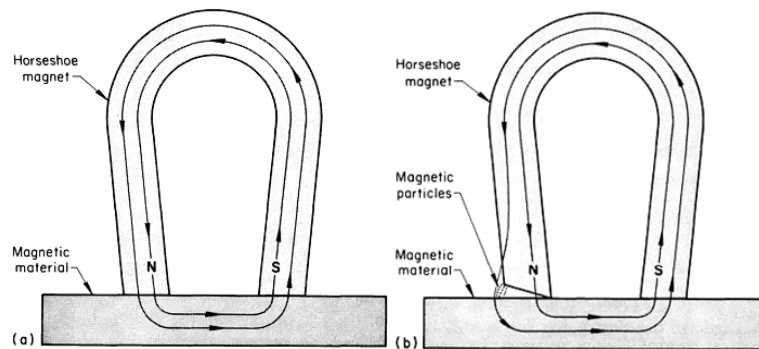
Ograničenja metode

- Treba voditi računa o lokalnom zagrijavanju ili spaljivanju gotovih proizvoda ili površina na tačkama električnog kontakta
- Potrebno je iskustvo za interpretaciju indikacija



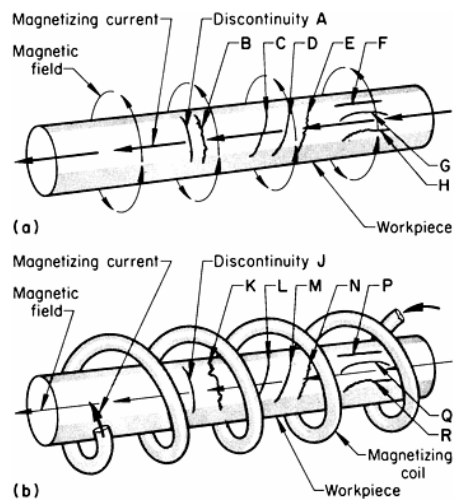
Magnetno polje

- Magnetne čestice se nakupljaju oko vazdušnog džepa (diskontinuitet)



Smjer magnetnog polja

- Da bi pukotine na objektu koji se ispituje dale indikaciju nakupljanjem magnetnih čestica, silnice polja trebaju biti okomite na smjer pukotine



Generisanje magnetnog polja

- Kontinuirana metoda: čestice se nanose kad struja za magnetiziranje već teče
- Rezidualna metoda: čestice se nanose kad se struja isključi
- Rezidualna metoda se može koristiti samo kod materijala dovoljne retencije (materijali veće tvrdoće)

Generisanje magnetnog polja

- Za magnetiziranje se mogu koristiti i istosmjerna (DC) i izmjenična (AC) struja
- DC struja generiše polje koje prodire kroz presjek objekta
- AC struja generiše polje koncentrisano na površini objekta
- Napon se smanjuje transformatorom; struja ima jačinu nekoliko stotina (DC) odnosno hiljada ampera (AC)

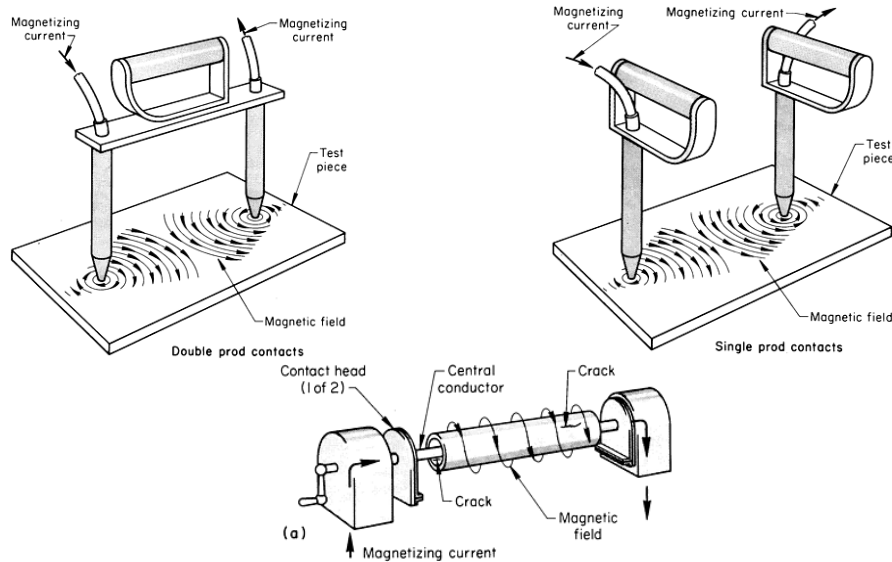
Generisanje magnetnog polja



Generisanje magnetnog polja

- Tamo gdje nije moguće (ili je opasno) obezbijediti izvor napajanja, koristi se permanentni magnet
- Nedostaci:
 - Veća masa se ne može magnetizirati dovoljno za pojavu indikacija
 - Fluks se ne može varirati
 - Teško se odvaja od objekta
 - Čestice se nakupljaju na magnetu

Generisanje magnetnog polja



Magnetne čestice i suspenzije

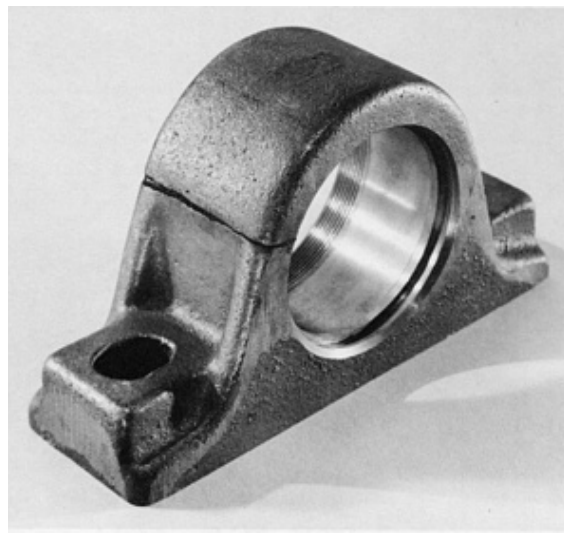
- Magnetne čestice se klasifikuju po mediju u kojem se nalaze
- Medij može biti zrak ili tečnost
- Čestice se izrađuju od bilo kojeg feromagnetnog materijala niske retencije i visoke magnetne permeabilnosti
- Čestice u tečnosti mogu biti puno sitnije, čime se povećava osjetljivost za otkrivanje sitnih grešaka

Magnetne čestice i suspenzije

- Magnetne čestice mogu biti obojene, radi kontrasta i lakšeg uočavanja
- Mogu biti i fluorescentna, tako da se posmatraju pod UV lampom
- Tečnost za nanošenje čestica može biti ulje (laki destilat petroleja) ili voda sa dodacima protiv rđanja, stvaranja pjene, za bolje kvašenje i za bolju disperziju

Primjeri upotrebe

- Suhe čestice crne boje za indicaciju greške na odlivku



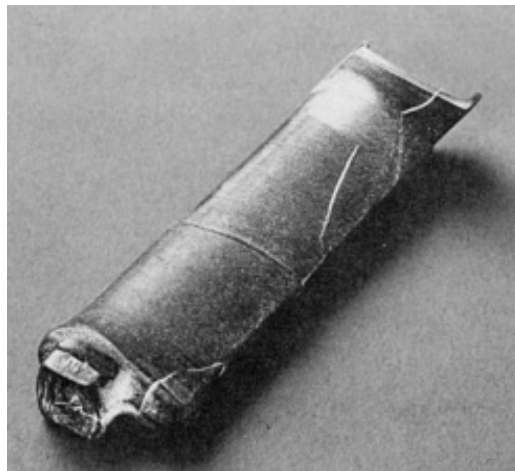
Primjeri upotrebe

- Defekti otkriveni magnetnim česticama u vodenom rastvoru



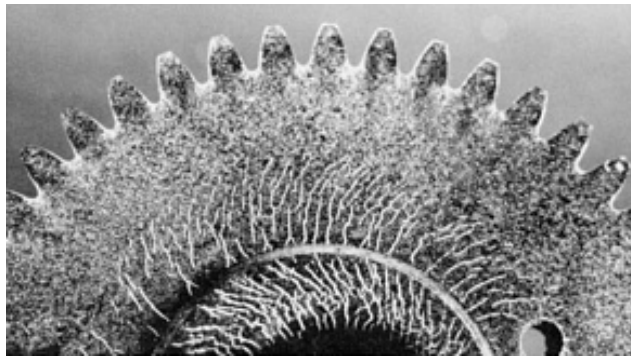
Primjeri upotrebe

- Mikropukotine na lopatici kompresora otkrivene magnetnim česticama u vodenom rastvoru



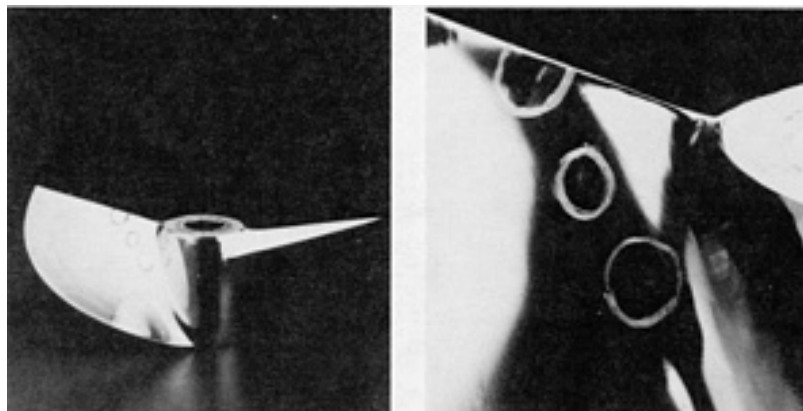
Primjeri upotrebe

- Zupčanik prečnika 50 mm izložen magnetnim česticama u vodenom rastvoru koje pokazuju pukotine 0,25 x 0,1 mm



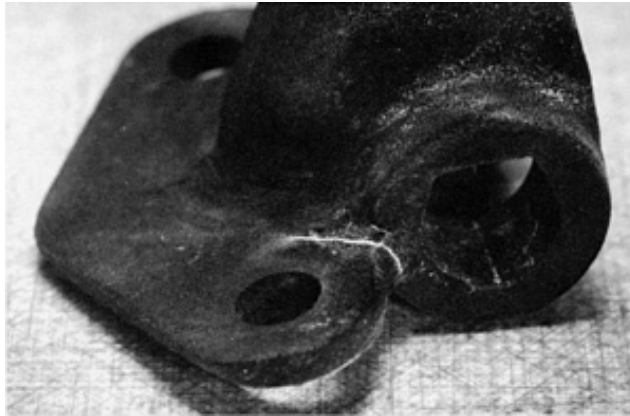
Primjeri upotrebe

- Defekti na propeleru otkriveni magnetnim česticama u vodenom rastvoru



Primjeri upotrebe

- Odlivak pod UV lampom pokazuje jaku magnetnu indikaciju



Primjeri upotrebe

- Spiralne pukotine otkrivene pod UV lampom



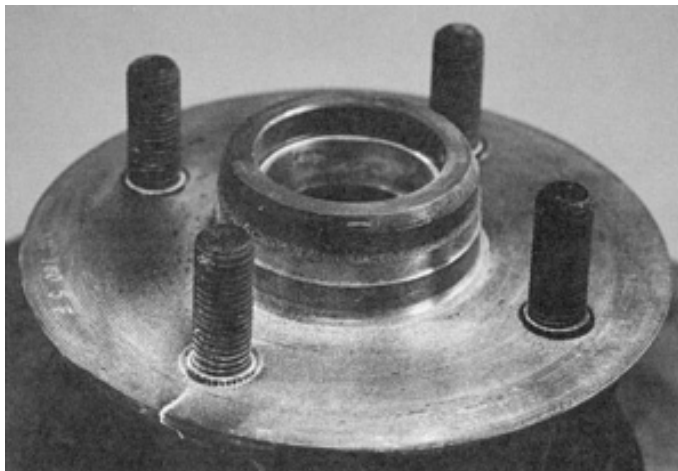
Primjeri upotrebe

- Pukotine otkrivene pod UV lampom

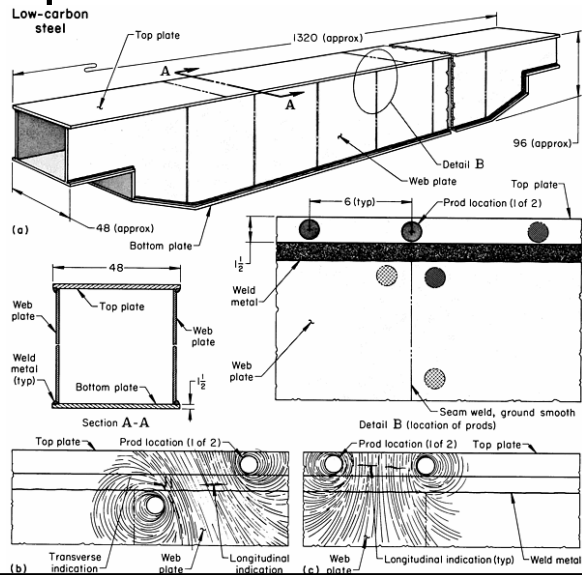


Primjeri upotrebe

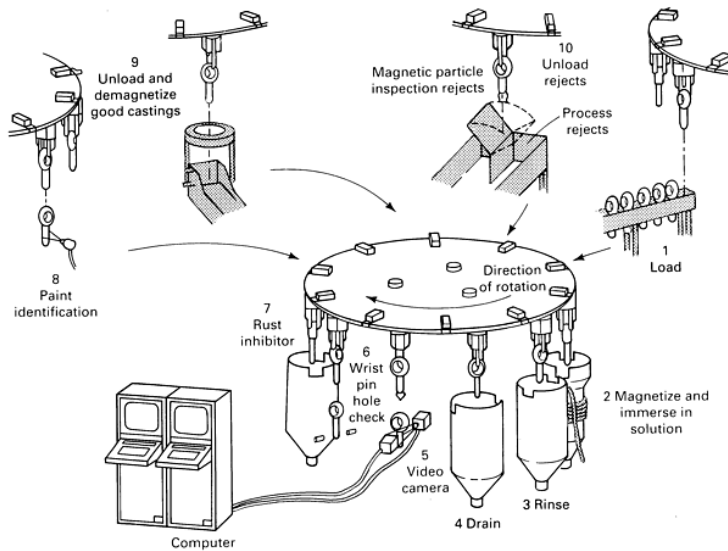
- Pukotina otkrivena pod UV lampom



Primjeri upotrebe



Primjeri upotrebe



Uticajni faktori

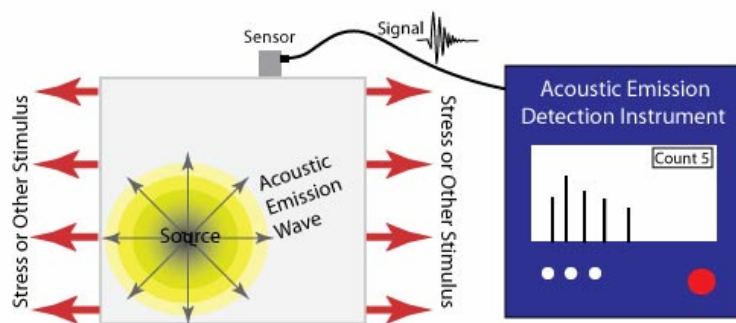
- Kod uspostavljanja procedure za ispitivanje magnetnim česticama treba uzeti u obzir:
 - Vrstu struje (AC ili DC)
 - Vrstu magnetnih čestica
 - Metod magnetiziranja (rezidualni ili kontinuirani)
 - Smjer magnetiziranja
 - Jačinu struje (zavisno od tvrdoće materijala i veličine defekta)
 - Opremu

Ispitivanje akustičnom emisijom

- Opis metode
- Područje primjene
- Propagacija zvučnih talasa
- Senzori i pojačala
- Instrumenti
- Primjeri primjene

Ispitivanje akustičnom emisijom

- Čvrsti materijali, kad su izloženi naprezanju, emituju (ultra)zvučne signale koji upozoravaju na greške



Ispitivanje akustičnom emisijom

- *Acoustic Emission* (AE) method
- Pri plastičnoj deformaciji, dislokacije se kreću kroz kristalnu strukturu proizvodeći pri tom akustične signale male amplitude
- AE test se koristi za otkrivanje, lociranje, identifikaciju i prikaz grešaka u trenutku njihovog nastanka
- Testiranje se ne može ponavljati

Ispitivanje akustičnom emisijom

- Za razliku od AE, ultrazvučna metoda otkriva greške **nakon** njihovog nastanka
- Emitovani signal: 20 kHz – 1 MHz
- Signal zavisi od:
 - iznenadne preraspodjele naprezanja koja izaziva naponske talase
 - diskontinuieta u materijalu koji se ispituje
 - vremena (prati dinamičko ponašanje materijala)

Područje primjene

- Otkrivanje pukotina u strukturama (avionska krila, cijevi, štampane pločice, industrijski rezervoari)
- Deformacije i propagacija pukotina u cijevima, posudama pod pritiskom, zavarenim spojevima
- Isticanje fluida iz ventila, oštećenja ležajeva pumpi, motora i kompresora, ispitivanje tačkastih zavara,...

Područje primjene

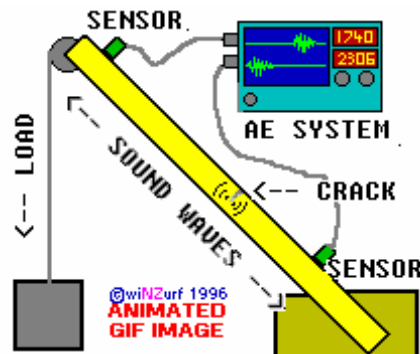
- Akustična emisija:
 - Otkriva pokrete defekata
 - Zahtijeva naprezanje
 - Svako opterećenje je jedinstveno
 - Zavisí više od materijala, manje od geometrije
 - Dovoljan pristup samo za senzor
- Druge NDT metode:
 - Otkrivaju geometrijski oblik defekata
 - Ne zahtijevaju naprezanje
 - Ispitivanje je direktno ponovljivo
 - Zavisí manje od materijala, više od geometrije
 - Potreban pristup cijeloj strukturi

Područje primjene

- Osnovna prednost: ispita se cijela struktura sa jednom operacijom naprezanja
- Dovoljno je spojiti niz senzora (na udaljenosti 1-6 metara)
- Pogodno za velike strukture
- Obično se AE koristi za otkrivanje problematičnih područja, a zatim se druge NDT metode koriste za preciznije ispitivanje defekata

Područje primjene

- Obično se na strukturu stavi više ultrazvučnih mikrofona, a zatim se zvuk analizira računarom
- Zvuk nastaje:
 - trenjem
 - korozijom
 - pukotinama
 - faznim promjenama
 - turbulencijama

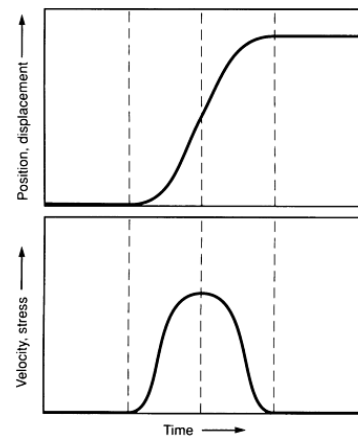


Područje primjene

- Procesni monitoring zavarivanja
- Otkrivanje trošenja alata kod automatski vođenog rezanja
- Otkrivanje habanja i manjka podmazivanja rotirajuće opreme
- Otkrivanje olabavljenih dijelova
- Praćenje curenja, kavitacije, toka
- Praćenje hemijskih reakcija (korozija, fazni prelazi i transformacije)

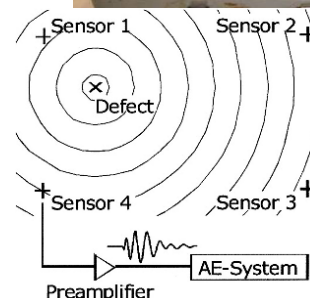
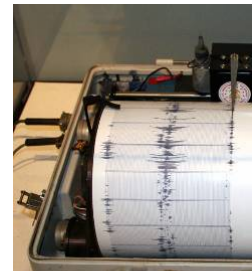
Propagacija zvučnih talasa

- Primitivni talas koji nastaje na izvoru AE je prikazan na sljedećoj slici:
- Talas pomjeranja je step funkcija koja odgovara permanentnoj promjeni na izvoru
- Talas brzine i napona je pulsni



Propagacija zvučnih talasa

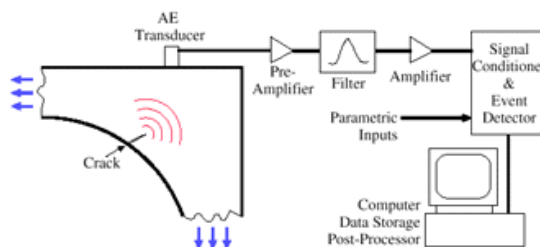
- Princip rada je sličan seizmografu: defekt se ponaša kao mikroskopski epicentar potresa
- Zvučni talasi se na površini kreću u koncentričnim krugovima
- Lokacija defekta se izračunava



Propagacija zvučnih talasa

■ Mjerni lanac za AE se sastoji od:

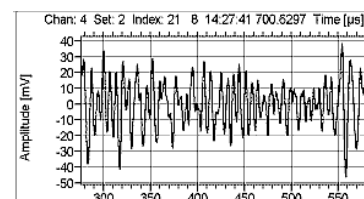
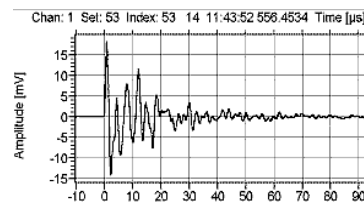
- Objekta ispitivanja i izvora naprezanja
- Propagacije talasa od izvora do senzora
- Senzora koji pretvaraju talas u el. signal
- Opreme za prikupljanje podataka
- Opreme za prikaz rezultata
- Softvera za analizu



Propagacija zvučnih talasa

■ U osnovi, postoje dvije vrste signala:

- Tranzijentni signal (burst)
- Kontinuirani signal

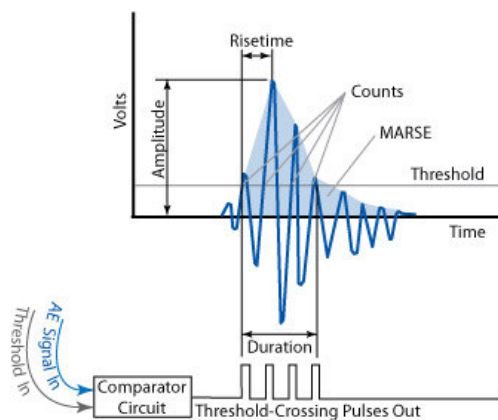


Propagacija zvučnih talasa

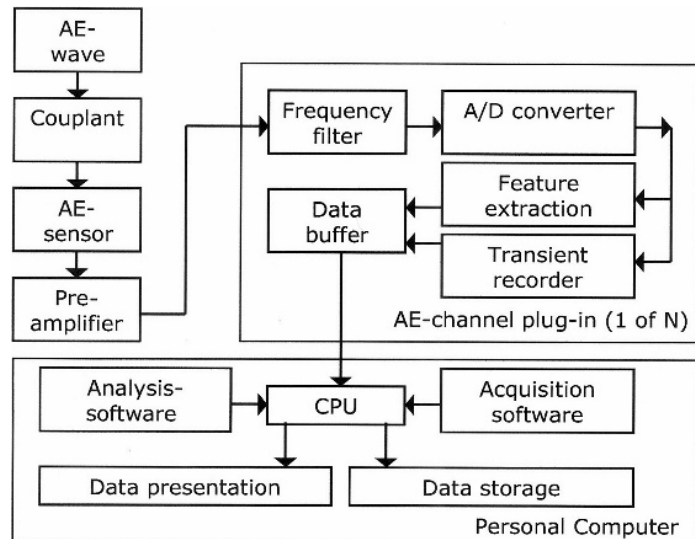
- Stotine ili hiljade burst signala se snime za statističku obradu.
- Potrebno je odrediti najvažnije parametre svakog talasa da bi se razdvojili rezultati normalne i defektne strukture
- Koriste se: vrijeme dolaska signala, amplituda pikova, vrijeme porasta signala, trajanje, broj oscilacija, energija, RMS kontinuiranog šuma

Propagacija zvučnih talasa

- vrijeme dolaska signala (arrival time)
- amplituda pikova (peak amplitude)
- vrijeme porasta signala (rise time)
- trajanje (duration)
- broj oscilacija (threshold crossings)
- energija (MARSE)
- RMS: Root Mean Square

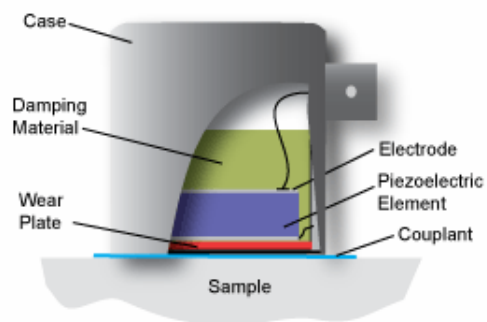


Mjerni lanac



Senzori i pojačala

- Piezoelektrični senzori pretvaraju mehaničke talase u električne AE signale
- Osjetljiviji su od kapacitivnih, elektrodinamičkih i laserskih (optičkih) senzora



Senzori i pojačala

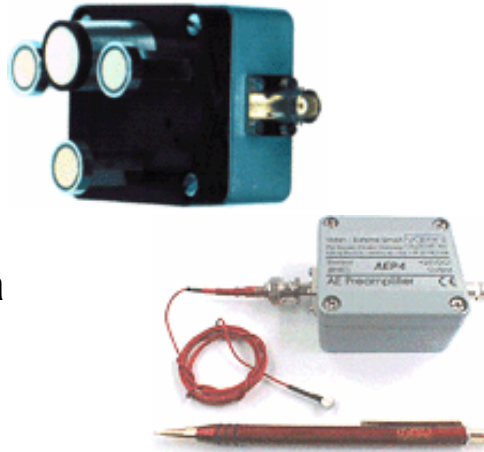
- U većini slučajeva koriste se rezonantni senzori koji su jeftiniji i osjetljiviji od drugih vrsta senzora
- Ti senzori imaju jednu ili više preferiranih frekvencija, zavisno od oblika i veličine kristala
- Za različite testove, koriste se različite frekvencije: npr. 150-300 kHz za metalne posude
- Šum je obično frekvencije < 100 kHz

Senzori i pojačala

- Za ispitivanje dna rezervoara koriste se senzori od 25 kHz jer signal mora da putuje duže
- Senzori često imaju i ugrađena pretpojačala, a spajaju se magnetnim putem
- Osjetljivost piezoelektričnih senzora može biti do 1000 V/mm; pomjeranje od 1 pm generiše signal od 100 mV; šum generiše 10 mV.

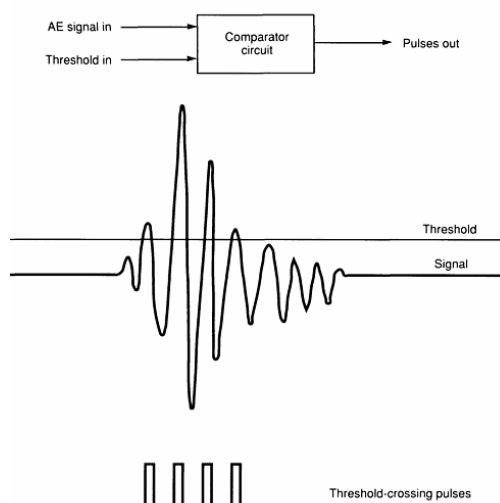
Senzori i pojačala

- Prepojačalo može biti vanjsko ili ugrađeno u senzor
- Pojačava signal i prenosi ga od senzora do AE sistema
- Neka prepojačala imaju frekventne filtere za odvajanje šuma



Instrumenti

- Otkrivanje signala se vrši brojanjem prelaza signala preko unaprijed zadatog nivoa



Instrumenti

- Savremeni instrumenti obično imaju više kanala za istovremeno praćenje i obradu signala sa niza senzora

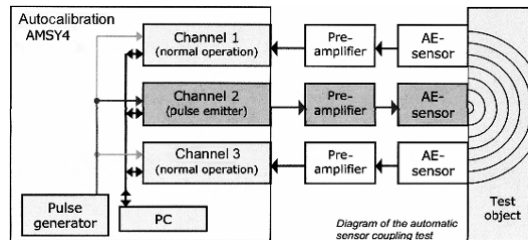


Instrumenti

- Zadaci PC računara u mjernom AE sistemu:
 - Prikupljanje i pohranjivanje podataka
 - Online i offline analiza
 - Filtriranje
 - Proračun lokacija
 - Statistika
 - Prikaz rezultata (numerički i grafički)
 - Test sistemskog hardvera
 - Autokalibracija

Autokalibracija

- Jedan kanal se koristi za emitovanje električnog impulsa na senzor.
- Nakon 3 testa, sljedeći senzor postaje emiter signala, a ostali senzori vrše mjerenje



Calibration Table(s) for 7839n826.pri

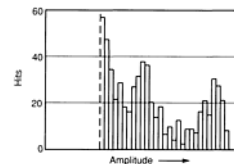
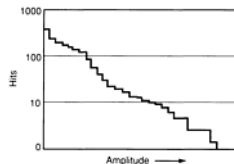
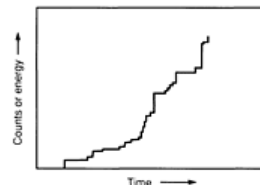
C1: 26 9:24:54 | C2: 26 11:03:01 | C3: 26 14:25:01 | C4: 26 15:26:11

	1	2	3	4	5	6
1	83	84	80	85	69	77
2	86	83	94	94	94	94
3	80	94	88	94	86	94
4	82	94	93	88	92	92
5	69	93	86	91	88	84
6	73	94	94	90	85	88

File: 7839n826.pri Done: Amplitude Average [dB]

Prikaz rezultata

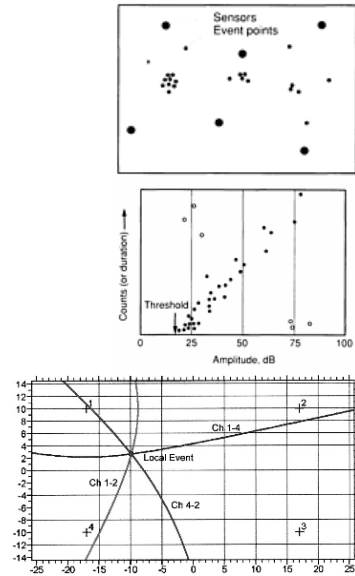
- History plot – prikaz cijelog toka signala od početka do kraja
- Distribution function – statističke osobine signala, kumulativna ili diferencijalna distribucija



- Channel plot – distribucija signala po kanalima

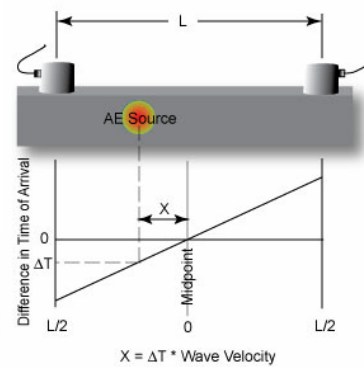
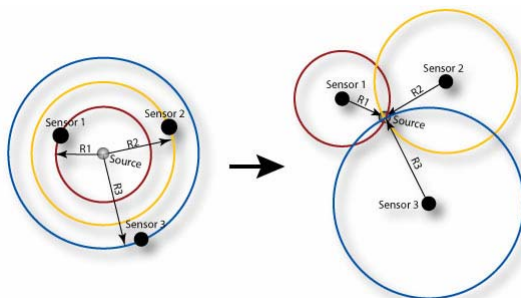
Prikaz rezultata

- Location display – prikaz položaja izvora AE
- Point plot – tačkasti prikaz korelacije između različitih AE parametara
- Diagnostic plot – pokazuje važnost AE indikacija za razne dijelove strukture



Prikaz rezultata

- Različite tehnike se koriste da bi se od rezultata sa više senzora dobila lokacija defekta



Primjeri primjene

- Metalne posude pod pritiskom, cjevovodi, reaktori i sl.
- NDT komponenti i struktura izloženih jakom mehaničkom narezanju, napravljenih od vlaknima armirane plastike ili od kompozita
- Ispitivanje osobina materijala i ponašanja prilikom loma
- Kontrola kvaliteta procesa zavarivanja metala, sušenja drveta, pečenja keramike

Primjeri primjene

- Testovi na curenje u realnom vremenu, od malih ventila do rezervoara prečnika 100 m
- Geološka i mikrosezmička istraživanja
- Otkrivanje i lociranje parcijalnih proboja visoke voltaže kod velikih transformatora
- Mostovi i autoceste



Primjeri primjene

