

Sadržaj kolegija MATERIJALI II

- **Ispitivanje mehaničkih svojstava materijala.**
- Osnovna nerazorna ispitivanja.
- Osnovna ispitivanja materijala s razaranjem.
- Posebna mehanička svojstva polimernih i keramičkih materijala.
- **Metalografska analiza strukture.**
- **Toplinska obrada čelika.**
- Fe-Fe₃C dijagram, ravnotežne i neravnotežne pretvorbe čelika.
- TTT-dijagrami i njihova primjena.
- Osnovni postupci toplinske obrade čelika.
- Toplinska obrada lijevanih željeza.
- Toplinska obrada ostalih legura.
- Mogućnost primjene pojedinih materijala u tehnici.
- **Električna svojstva materijala.**

ISPITIVANJE MEHANIČKIH SVOJSTAVA MATERIJALA

- Kupci očekuju da su kupljeni proizvodi pouzdani te da će zaista obaviti ono za što su namijenjeni i to bez problema tijekom korištenja i u duljem vremenskom periodu nego li traje garancija.
- Pouzdanost stroja, nekog sklopa ili aparata, koji je sastavljen iz mnogo pojedinačnih dijelova, ovisi o kvaliteti svakog pojedinog dijela i njegovog pouzdanog rada.
- Strojevi ili sustavi sastavljeni su iz stotina dijelova (željeznice, automobili, avioni, brodovi, energane, kemijske i druge tvornice, itd.) o kojim ovisi njihov nesmetan rad.
- Za osiguranje pouzdanosti rada, npr. strojeva, potrebno je osigurati pouzdanost svake pojedine komponente te da ona odrađuje svoju funkciju na zadovoljavajući način, tj. bez problema.

.

- Pouzdanost se može postići poboljšanjem kvalitete komponenata ili produkta.
- Kvalitetan proizvod može se definirati kao onaj koji izvodi zadane funkcije za određeni vremenski period.
- Proizvod koji otkaže rad iznenada, prije određenog vremena, znači da je loš proizvod.
- Kvaliteta proizvoda, komponenti ovisi o mnogo čimbenika kao što su konstrukcija, karakteristika materijala, načini oblikovanja i proizvodnje.
- Kvaliteta se može definirati s nesavršenostima prisutnim u materijalu i završnoj obradi proizvoda. Mnoge nesvršenosti, defekti mogu nastati tijekom eksploatacije proizvoda.
- Poznavanje tih nedostataka, njihovo određivanje i njihovo uklanjanje ili minimiziranje je izuzetno bitno za postizanje boljeg i prihvatljivijeg nivoa kvalitete proizvoda i njegove pouzdanosti.

Za poboljšanje kvalitete proizvoda, kontrolu gotovih proizvoda i kontrolu proizvoda tijekom eksploatacije postoji veliki broj postupaka i metoda od kojih su neke nerazorne a neke s razaranjem, tj. razorne metode.

Nerazorne metode i postupci nemaju jasno određene granice.

ISPITIVANJE MEHANIČKIH SVOJSTAVA MATERIJALA

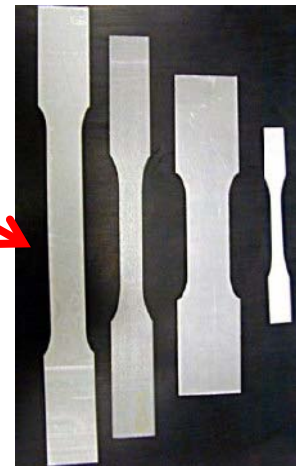
Nerazorna ispitivanja

Ispitivanja se izvode *in situ*, tj. na licu mjesta. Mjesto ispitivanja je u stvarnim eksploatacijskim uvjetima – bez razaranja proizvoda i prekidanja rada stroja, pogona...



Razorna ispitivanja

Uzima se reprezentativan uzorak iz kojeg se pripreme ispitne epruvete za određivanje mehaničkih svojstava u simuliranim eksploatacijskim uvjetima (prije odabira - selekcije materijala) ili nakon havarije-loma ili oštećenja. Zaustavlja se proizvodnja, razmontira konstrukcijski dio i izreže reprezentativan uzorak za analizu uzroka loma)



Nerazorna ispitivanja

- Nerazorna ispitivanja (non-destructive testing (NDT)) – tijekom ispitivanja se izradak ili dio opreme koju se ispituje ne razara.
- NDT se odnosi na razvoj i uporabu tehničkih metoda za ispitivanje materijala komponenti u cilju zaustavljanja njihove daljnje uporabe bilo kod kontrole proizvoda ili u eksploataciji.
- NDT metodama se detektiraju, lociraju, izmjere i vrednuju diskontinuiteti, ili druge nesavršenosti, koje služe za procjenu cjelovitosti, svojstava i sastava te za mjerenja geometrijskih i fizičkih karakteristika proizvoda.

USPOREDBA RAZORNIH I NERAZORNIH ISPITIVANJA

RAZORNO ISPITIVANJE	<u>NERAZORNO</u> ISPITIVANJE
<ul style="list-style-type: none"> • Simuliraju se jedan ili više eksploatacijskih uvjeta i nastoji se izravno i pouzdano odrediti ponašanje uzorka materijala u zadanim uvjetima 	<ul style="list-style-type: none"> • Uključuju neizravna određivanja svojstava koja nisu izravno vezana za funkcioniranje. Ispitivanje se izvodi <i>in situ</i>, tj. na licu mjesta, na proizvodu ili tijekom eksploatacije
<ul style="list-style-type: none"> • Ona su kvantitativna jer mjere opterećenje do loma, znatna razaranja ili oštećenja ili vijek trajanja pod zadanim opterećenjima i uvjetima u okolini. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obično su kvalitativna ili vrlo rijetko kvantitativna. Ne mjere opterećenje, ali mogu otkriti oštećenja, locirati i izmjeriti ih
<ul style="list-style-type: none"> • Ispitivanje se ne može izvesti na cijelom proizvodu nego samo na uzorku ili više njih 	<ul style="list-style-type: none"> • Ispitivanje se može izvesti na cijelom proizvodu, na kritičnim točkama. Vrednovanje se odnosi na cijeli proizvod.
<ul style="list-style-type: none"> • Pojedino razorno ispitivanje može odrediti samo jedno ili nekoliko svojstava koja mogu biti kritična u eksploatacijskim uvjetima 	<ul style="list-style-type: none"> • Mnoga NDT ispitivanja, svako s posebnim zadatkom detekcije, mogu se primijeniti svako posebno ili simultano. Na taj je način moguće odrediti mnoga različita željena svojstva u odnosu na eksploatacijske uvjete
<ul style="list-style-type: none"> • Akumulirane promjene, koje nastaju tijekom eksploatacije, teško je odrediti na pojedinom uzorku. Ako su pojedini uzorci uzeti nakon određenog vremenskog perioda mora se potvrditi da su to isti uzorci i da su bili izloženi jednakim uvjetima tijekom eksploatacije 	<ul style="list-style-type: none"> • NDT omogućava ponovljena ispitivanja nakon određenog vremenskog perioda. Na taj se način može odrediti brzina širenja detektiranog oštećenja te jasno odrediti kada bi moglo doći do loma, tj. do havarije

Nastavak tablice....

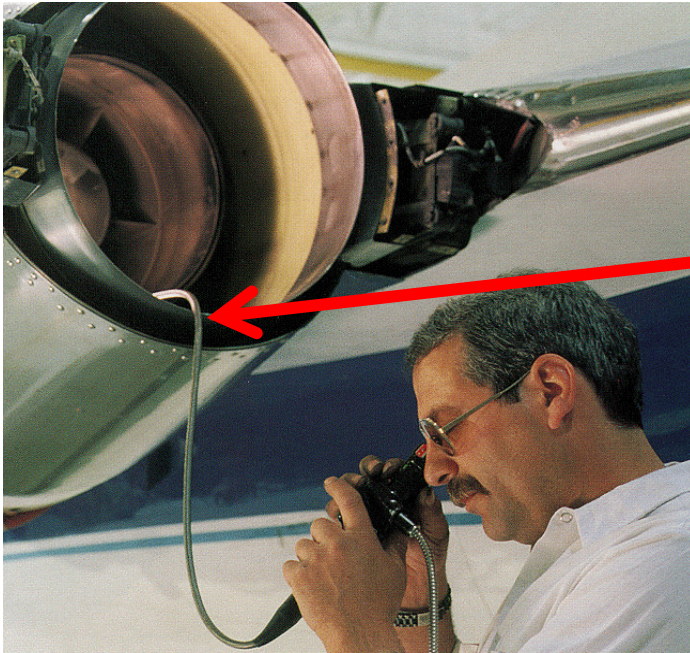
<ul style="list-style-type: none">• Za vrlo skupe dijelove demontiranje i razaranje dijela je vrlo skupo i nije preporučljivo	<ul style="list-style-type: none">• Vrlo skupi dijelovi se primjenom NDT ne gube i moguće je ispitivanje tijekom eksploatacije
<ul style="list-style-type: none">• Mnoga ispitivanja s razaranjem zahtijevaju skupu, preciznu opremu i skupu pripremu uzoraka za ispitivanje pa su ta ispitivanja vrlo skupa i zahtijevaju visoko obrazovane radnike. Osim toga zahtijevaju puno vremena.	<ul style="list-style-type: none">• Potrebna je mala priprema ili nema pripreme uzoraka za veliki broj NDT metoda. Određene metode imaju prenosivu opremu. Mnoga ispitivanja se mogu izvesti vrlo brzo ili automatski. Najčešće su puno jeftinija ispitivanja nego ispitivanja s razaranjem

PODJELA NAJČEŠĆIH METODA NERAZORNIH ISPITIVANJA

METODA	MOGUĆNOSTI	OGRANIČENJA
Vizualna inspekcija	Makroskopske greške	Male i ispod površinske greške teško je otkriti
Tekući penetranti	Površinske greške	Ne detektira ispod površinske greške. Nije za porozne materijale
Radiografija	Ispod površinske greške	Zaštita od zračenja !
Ultrazvučna ispitivanja	Ispod površinske greške	Materijal treba dobro provoditi zvuk, ograničena mogućnost za pod površinske greške
Magnetske čestice	Površinske i greške blizu površinskog sloja	Samo za feromagnetne materijale
Vrtložne struje	Površinske i greške blizu površinskog sloja	Samo za metale; teška primjena za neka ispitivanja

Vizualno ispitivanje

- najčešća metoda
- mogu se otkriti makroskopska oštećenja i nepravilnosti: loš zavareni spoj, pukotine, loši spojevi, pogrešne dimenzije, loša završna obrada, raslojavanje premaza, itd.



Alati za vizualnu inspekciju koriste se lećama koje povećavaju sliku, zrcalima te prijenosnim endoskopskim uređajima (Bore-scope – endoscopes or endoprobes, Flexible Fiber Optic Borescope ili Video Image-scope)

Prijenosni uređaj za video inspekciju uz povećanje slike- za inspekciju tankova, tračnica, cisterni, itd..



Robot koji omogućava praćenje i kontrolu opasnih mjesta kao što su reaktori, cjevovodi pod vodom, itd.

Kada se upotrebljavaju NDT metode ?

- Za pomoć u razvoju proizvoda**
- Za provjeru ulaznog materijala (sirovine ili poluproizvoda)**
- Za praćenje, poboljšanje i kontrolu proizvodnog procesa**
- Za provjeru ispravnosti procesa ko što je na primjer toplinska obrada**
- Za provjeru ispravnost sklopa**
- Za kontrolu eventualnih oštećenja tijekom eksploatacije**

Uobičajena primjena NDT

- Kontrola sirovina
- Kontrola sekundarnog procesa
- Kontrola tijekom rada – u eksploataciji

Slijede primjeri

Kontrola sirovina

Kovanje

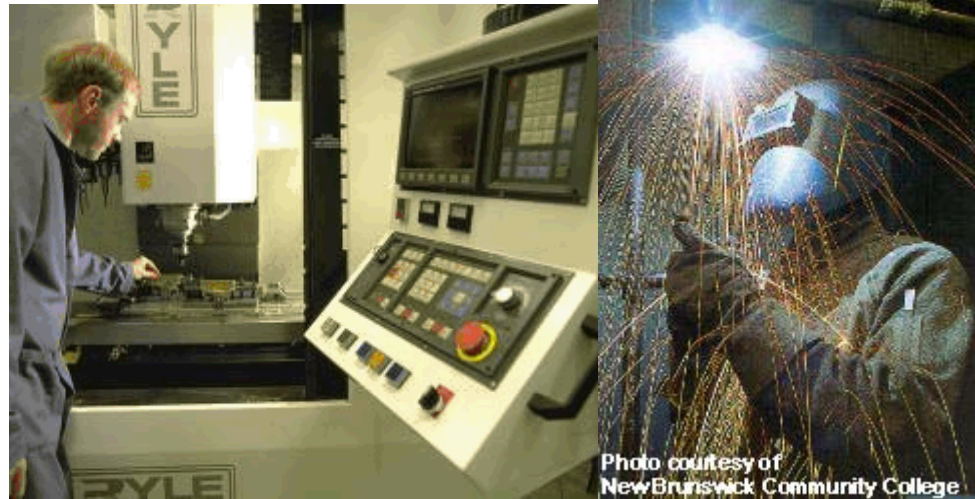
Lijevanje

Ekstrudiranje



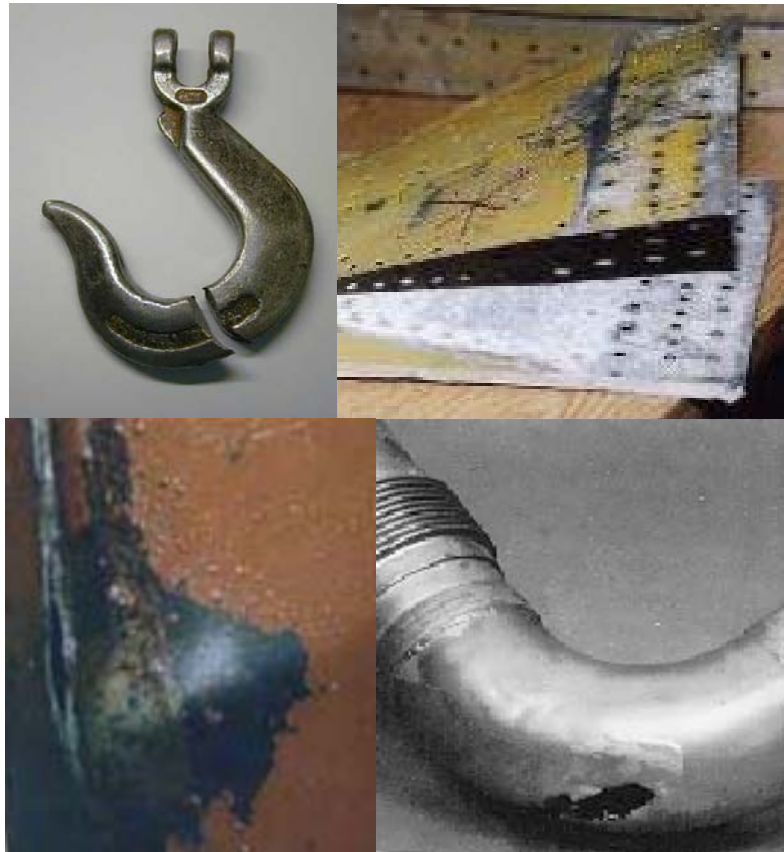
Kontrola proizvodnih procesa

- Strojna obrada
- Zavarivanje
- Brušenje
- Toplinska obrada
- Platinanje, itd.



Kontrola komponenti i oštećenja nastalih tijekom njihova rada

- Pukotine
- Korozija
- Erozija
- Trošenje
- Oštećenja nastala toplinom, itd.

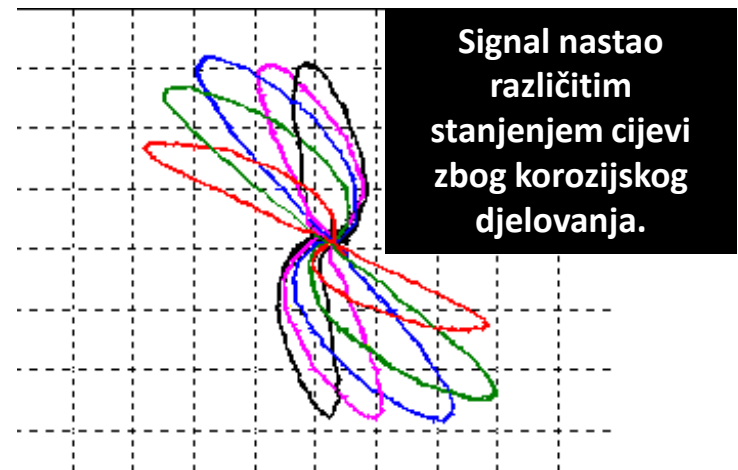
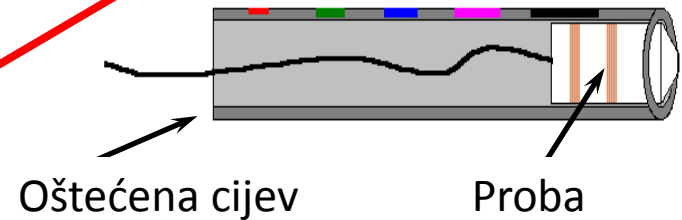
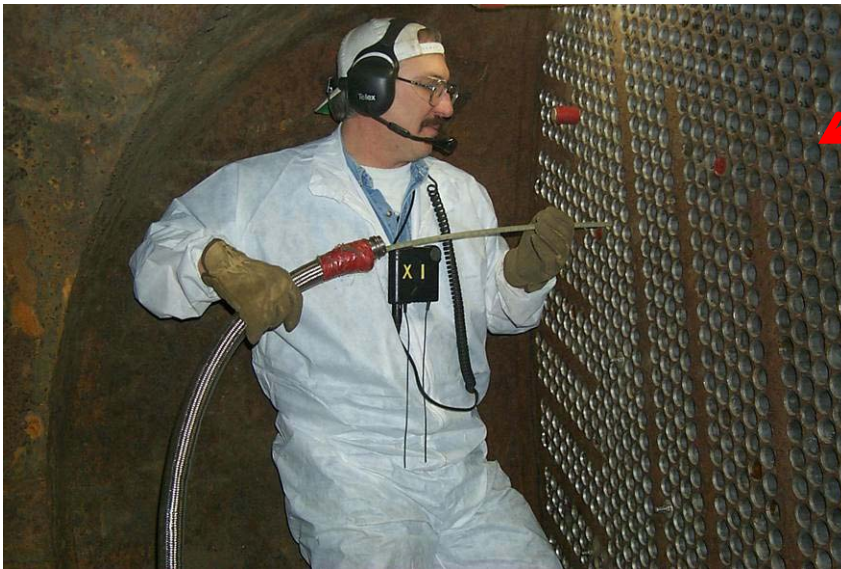


Inspekcija termoelektrane



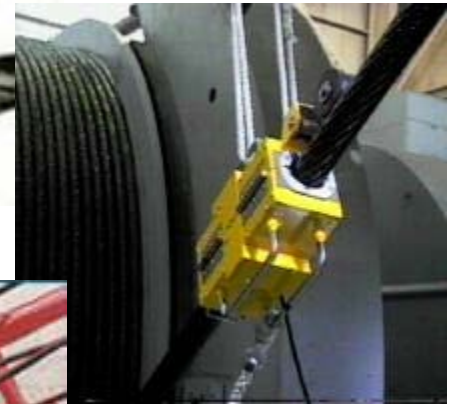
Termoelektrane periodički obustavljaju rad upravo zbog kontrole sustava i svakog pojedinog dijela.

Inspektori koriste NDT metodu vrtložnih struja (eddy current probes) unutar cijevi izmjenjivača topline i tako kontroliraju debljinu stijenka cijevi u odnosu na korozijska oštećenja na njima.



Inspekcija oštećenja metalne užadi

Elektromagnetski uređaji i vizualna kontrola koriste se za pronalaženje eventualnih pokidanih žica ili oštećenja metalne užadi koje se koriste kod vučnica, žičara, dizalica,...

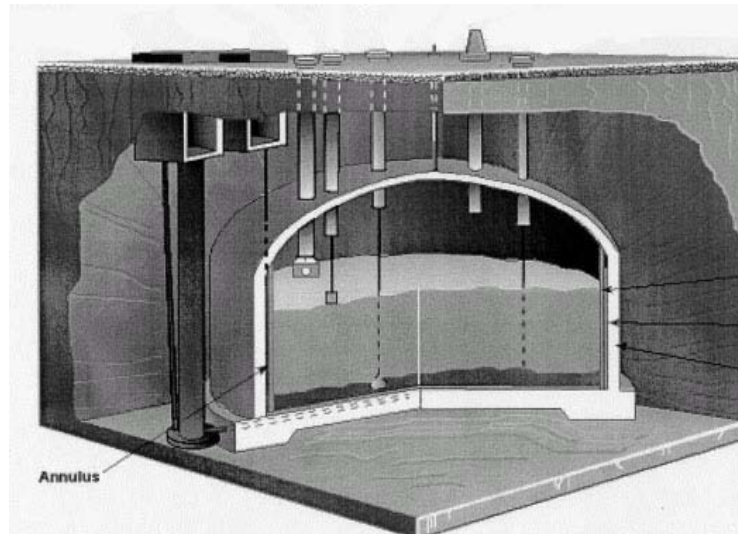


Kontrola spremnika

Roboti pretraživači se koriste NDT ultrazvučnom metodom za kontrolu stijenka spremnika koje se mogu stanjiti zbog korozijskog djelovanja.

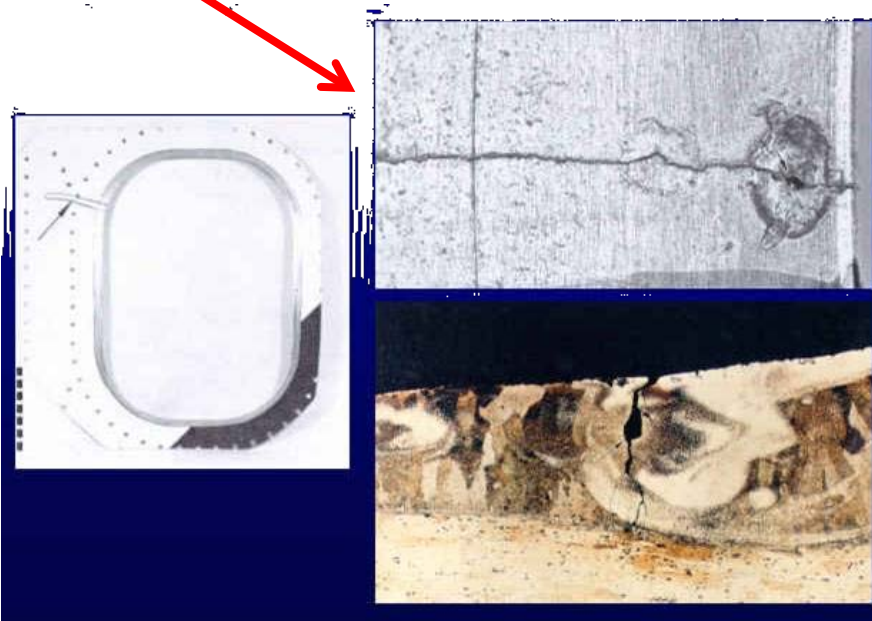


Kamere se koriste za inspekciju podzemnog dijela spremnika i eventualno otkrivanje oštećenja



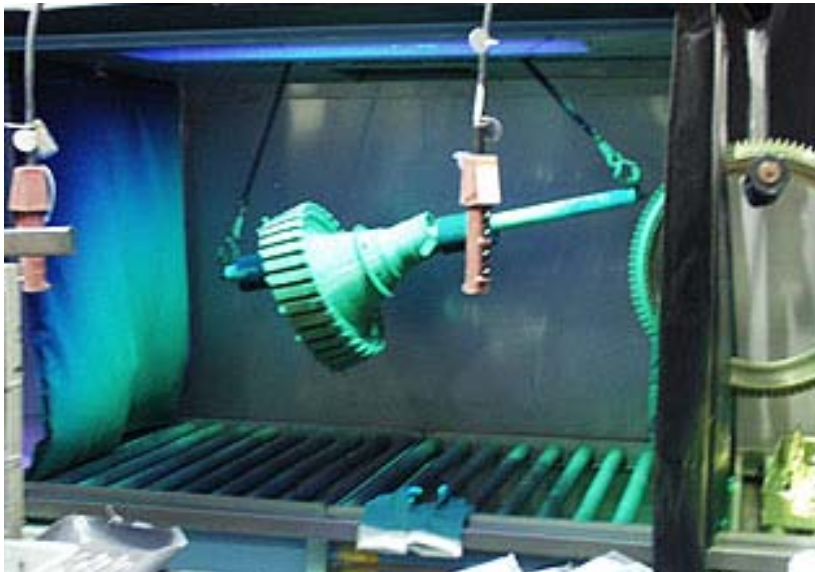
NDT metode u avio-industriji

- NDT metode se intenzivno koriste tijekom proizvodnje aviona
- Traže se pukotine ili korozijska oštećenja nastala eksploatacijom aviona
- Pukotina nastala zamorom (umorom, umorljivošću) materijala nastala na mjestu udara munje.



Kontrola motora aviona

- Izvodi se periodički nakon određenih sati leta aviona
- Motori se kompletno demontiraju, očiste kontroliraju i ponovno montiraju
- Fluorescentni penetrant koristi se za otkrivanje pukotina na pojedinim konstrukcijskim dijelovima avionskog motora



Kontrola posuda pod tlakom

Oštećenja posuda pod tlakom mogu imati za posljedicu brzo oslobađanje velike količine energije i lom spremnika. U svrhu sprječavanja takvog opasnog i neželjenog događaja spremnici se kontroliraju korištenjem radiografskih i ultrazvučnih NDT metoda.

Film being placed inside pressure vessel I.D. for circumferential weld inspection using radiophy



Isotope radiography of weld on pressure vessel

Željeznički transport

Posebna vozila opremljena s NDT tehnikama koriste se za pregled stotina kilometara željezničke pruge kako bi pronašli pukotine u tračnicama koje bi mogle dovesti do iskliznuća vlaka.



Kontrola cjevovoda

NDT – vizualna kontrola, radiografska i elektromagnetska, te roboti neke su od najčešćih metoda za kontrolu cjevovoda i za otkrivanje eventualnih oštećenja koja bi dovela do propuštanja cijevi i ekoloških posljedica



Photo Courtesy of Inuktun



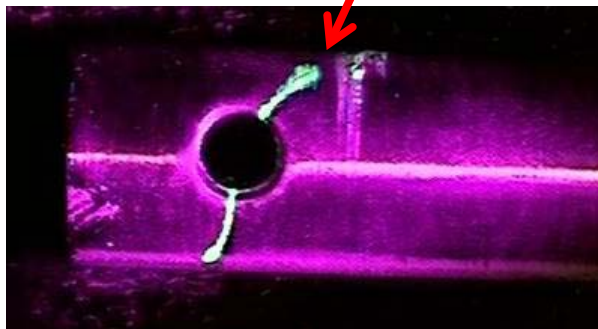
Photo Courtesy of Yxlon International

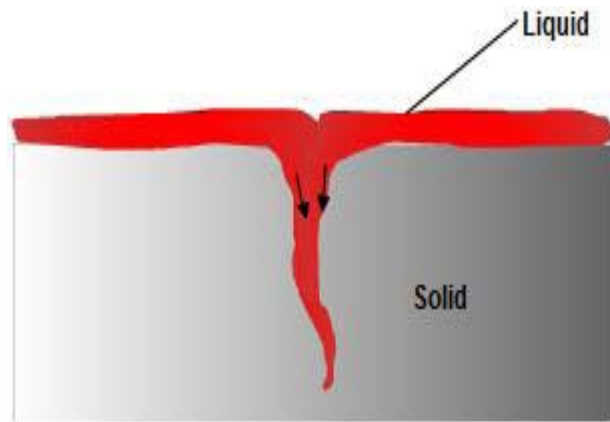
Ispitivanje tekućim penetrantom

- Očisti se površina koju se želi ispitati
- Tekućina koja se brzo suši nanese se na površinu i prička se da tekućina penetrira u pukotinu.
- S površine se obriše višak tekućine
- Nanese se praškasti razvijač
- Vizualna kontrola olakšana je upotrebom fluorescentnog sredstva koje povećava osjetljivost postupka a inspekcija se izvodi pod UV svjetlom
- Očisti se ispitivana površina

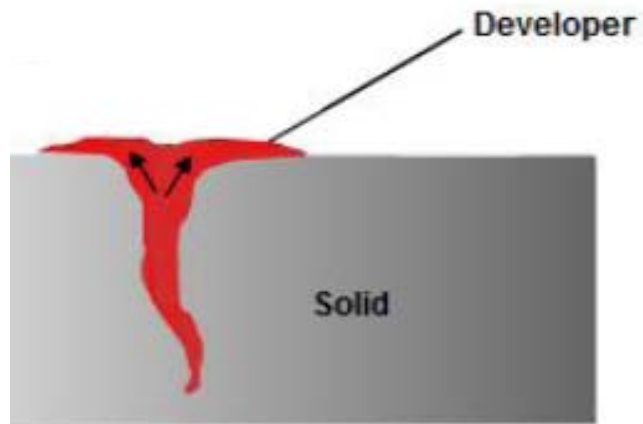


Pukotina





Naneseni penetrant



Naneseni razvijač

Najčešća primjena tekućeg penetranta

- **Najčešće korištena (NDE – non-destructive evaluation)) metoda.**
- **Popularna je jer je jednostavna i nije skupa.**
- **Koristi se u traženju površinskih nepravilnosti.**
- **Nije pogodna za porozne materijale.**
- **Tekući penetrant se koristi kod nemagnetičnih materijala.**
- **Materijali koji se tako ispituju su : metali -Al, Cu, čelici, Ti, itd., staklo, keramika, gume , plastika.**
- **Neke od nepravilnosti i pogreške u materijalu su: pukotine nastale zamorom, pukotine nastale toplinskom obradom, brušenjem, preopterećenjem, zavarivanjem, itd.**

Prednosti i nedostaci primjene penetranata

Prednosti:

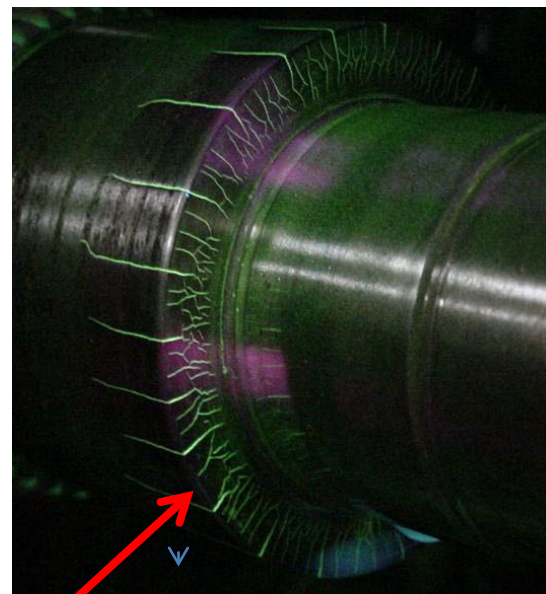
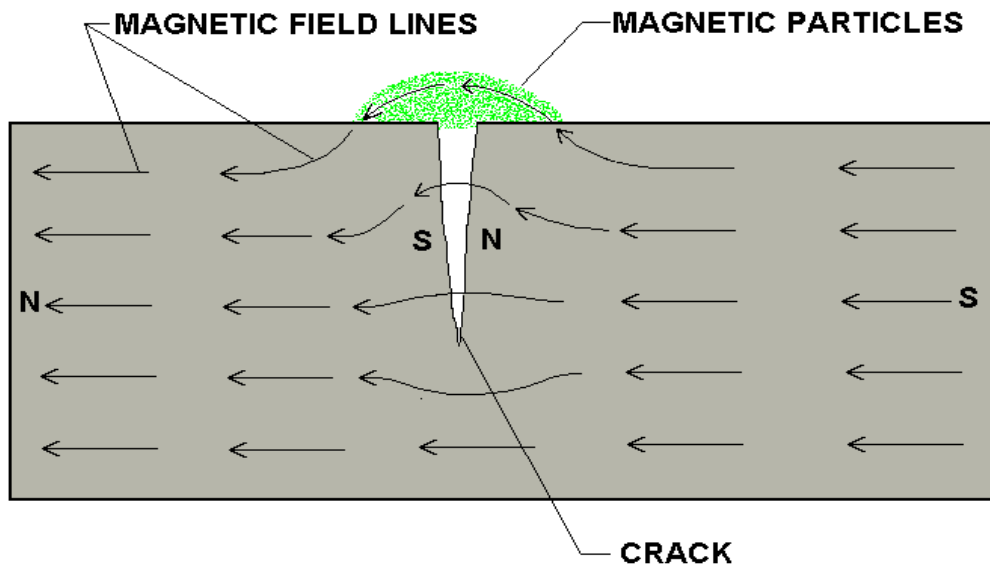
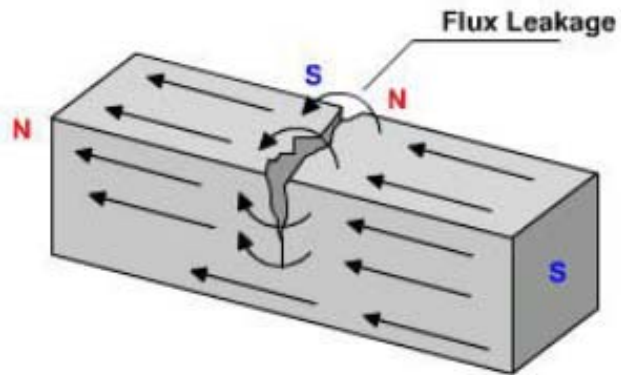
- **Velika osjetljivost (može detektirati male pogreške na površini)**
- **Može se koristiti za metalne i nemetalne materijale, magnetske i ne magnetske, elektro vodljive i nevodljive)**
- **Brzo ispitivanje velikih površina i volumena**
- **Pogodan je za složene strukture i oblike**
- **Prijenosna oprema (postoji i kao aerosol)**
- **Metoda je jeftina**

Nedostaci:

- **Mogu se odrediti samo nedostaci na površini (diskontinuiteti kao što su pukotine)**
- **Samo neporozni materijali**
- **Priprema površine (čišćenje) je veoma važno jer nečistoće mogu kamuflirati rezultat ispitivanja**
- **Moraju se ukloniti nečistoće koje zaostaju nakon završne obrade komponente**
- **Inspektor mora imati izravan pristup površini koju treba provjeriti**
- **Stanje površine nakon završne obrade (hrapavost) može utjecati na rezultat**
- **Mora se napraviti nekoliko provjera**
- **Zahtijeva se čišćenje površine nakon ispitivanja**
- **Inspektor treba poznavati rad s kemikalijama i interpretirati rezultate**

Ispitivanje magnetnim česticama

- Feromagnetni materijal se magnetizira u jakom magnetskom polju ili specijalnom opremom.
- Ako se na površini ispitivanog uzorka (komponente) nalazi pukotina, tada će ona prekinuti magnetsko polje, a na granicama pukotine nastati će novi magnetski polovi.
- Čestice nanesenog željeznog praha biti će privučene uz granice detektirane pukotine.
- Magnetske čestice s dodanim pigmentom je lakše vidjeti nego samu pukotinu na čemu se temelji ova NDT metoda.



Detektirane pukotine

Prednosti i nedostaci primjene ispitivanja magnetnim česticama

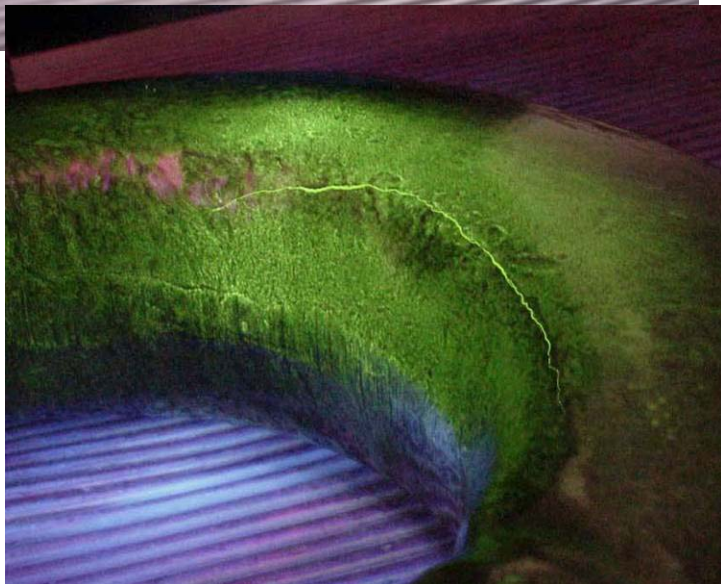
Prednosti:

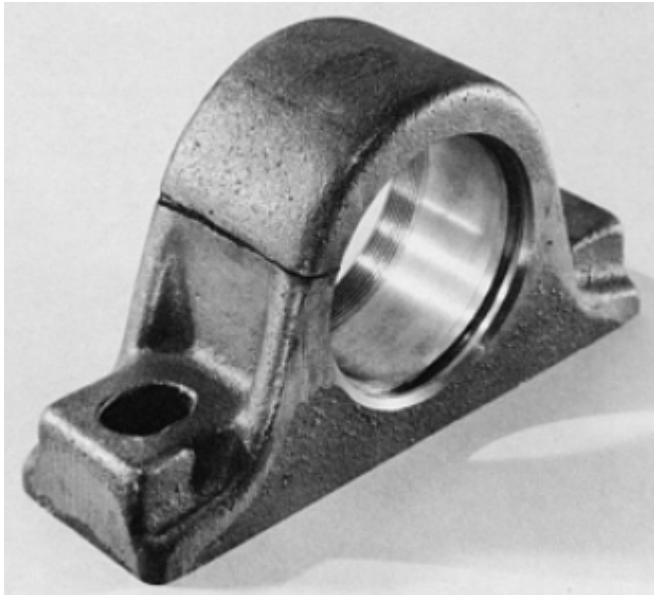
- Mogu otkriti površinski nedostaci i oni blizu površine
- lako je ispitati komponente kompliciranih oblika
- Priprema površine za ispitivanje nije posebno potrebna
- Relativno je jeftina u odnosu na druge NDT metode
- Pristupačna je uz prijenosu opremu i bateriju

Nedostaci:

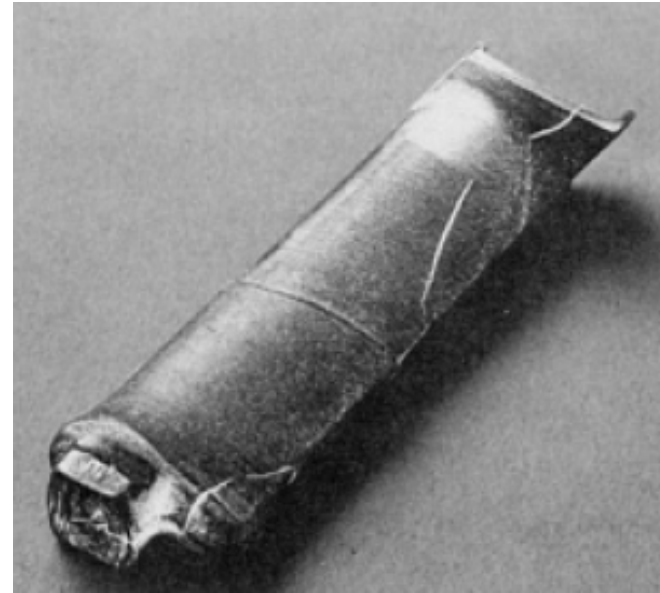
- Ne može se koristiti na ne feromagnetnim materijalima
- Za ispitivanje velikih površina potrebna je dodatna oprema s posebnim napajanjem električnom energijom
- S nekih dijelova površine potrebno je ukloniti premaze i prevlake radi točnije detekcije nedostataka
- Potrebno je nakon ispitivanja demagnetizirati ispitivani dio

Pukotine određene metodom magnetnih čestica





Čestice crne boje za otkrivanje
nepravilnosti u odljevku



Mikropukotine kompresora otkrivene
magnetnim česticama

Radiografsko ispitivanje

- Radiografija se koristi za otkrivanje karakteristika komponente ili sklopa koji se razlikuju po debljini ili fizičkoj gustoći od okolnog materijala
- Metode ispitivanja materijala temelje se na različitoj apsorpciji penetrirajućeg zračenja
- Zbog razlika u gustoći, debljini ili u karakteristikama upijanja, različiti dijelovi apsorbiraju različite količine penetrirajućeg zračenja
- Ispitivanje se izvodi motrenjem tih razlika

- **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

Područja uporabe radiografske metode

- Velike se razlike lakše uočavaju
- Mogu se otkriti samo one karakteristike koje imaju dovoljnu debljinu u smjeru paralelnom zruci
- Sposobnost otkrivanja grešaka ovisi o orijentaciji ispitivanog objekta
- Diskontinuiteti (uključci, šupljine) koje imaju dovoljnu debljinu u svim pravcima, mogu se otkriti ako su dovoljno veliki u odnosu na ukupnu debljinu
- Općenito, može se otkriti diskontinuitet čija se apsorpcija zraka razlikuje za 1% od apsorpcije okolnog materijala
- Iako nisu ograničene na unutarnje greške, uglavnom se koristi za otkrivanje grešaka duboko u materijalu (odljevci, otkivci, zavareni spojevi, komponente i sklopovi turbina itd.), plastificirane komponente
- Ispitivanje pukotina, puknutih žica, prisutnost stranih tijela, elemenata koji nisu na pravom mjestu ili položaju
- Koristi se za ispitivanje mikroelektronike (greške 0,025 mm)
- Za ispitivanje kompozitnih materijala, gdje se osjetljivost povećava korištenjem zračenja visokog intenziteta a male energije

Prednosti i nedostaci radiografije

Prednosti:

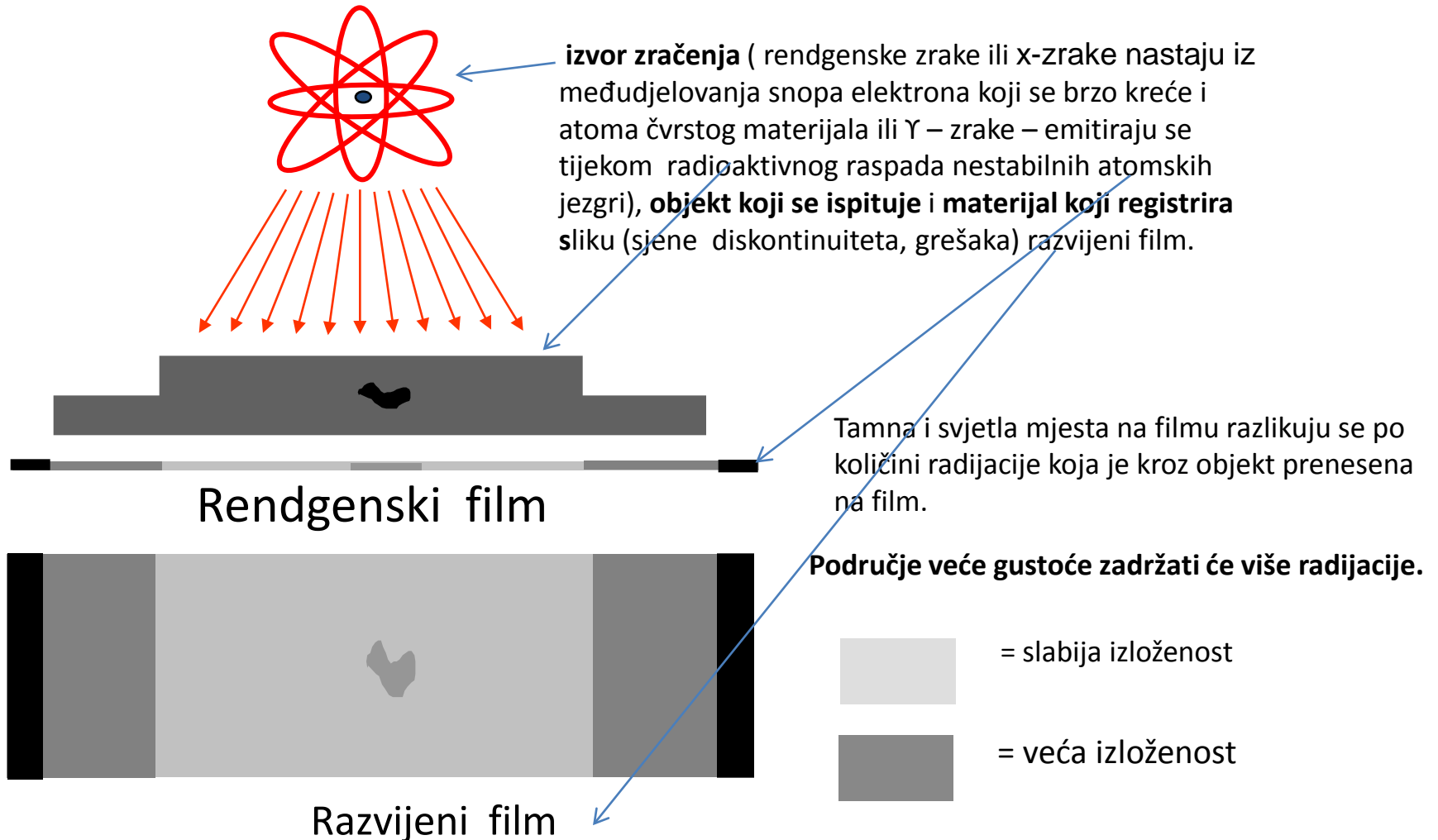
- Otkrivanje unutarnjih nedostataka
- Otkrivanje razlika u sastavu
- Trajno snimanje dobivenih podataka

Nedostaci :

- Radiografija je skupa, posebno ako se radi o stacionarnim uređajima s filmom
- Terensko ispitivanje može trajati dugo, jer je potrebno duže vrijeme za ekspoziciju filma kod debelih stijenki
- Izvori zračenja moraju biti malog intenziteta radi zaštite osoblja
- Zračenje je opasno za čovjeka jer rendgenske zrake ubijaju stanice

Radiografija na filmu

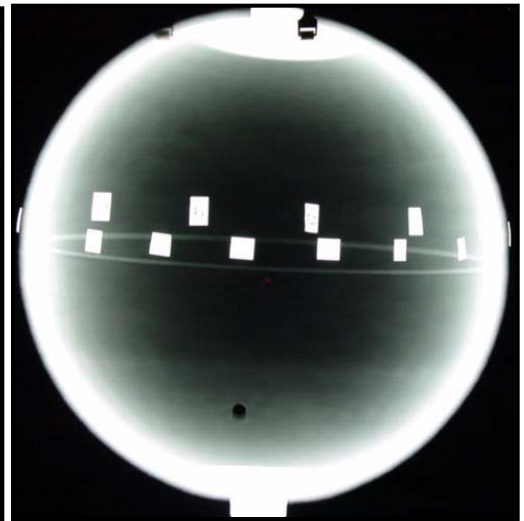
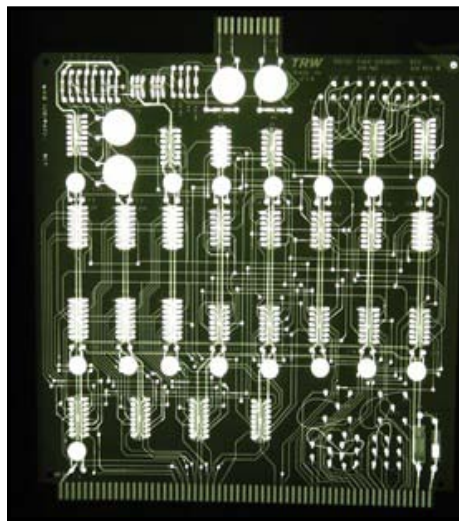
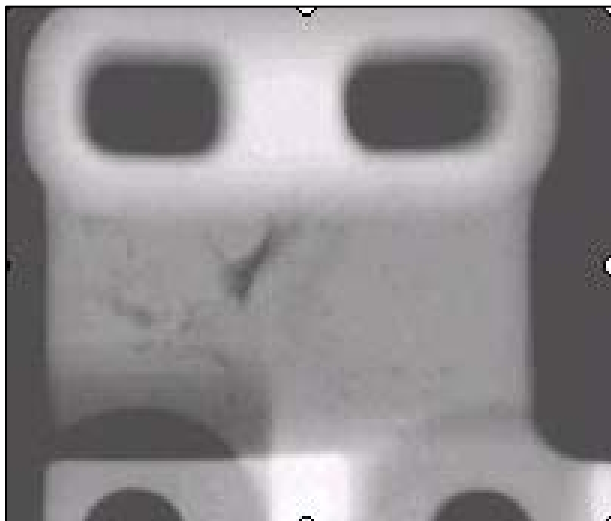
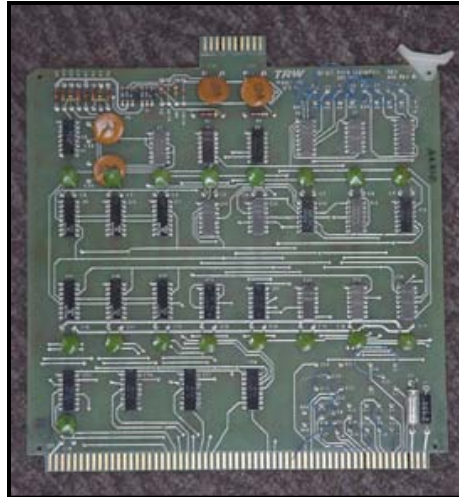
Tri su osnovna elementa radiografije:



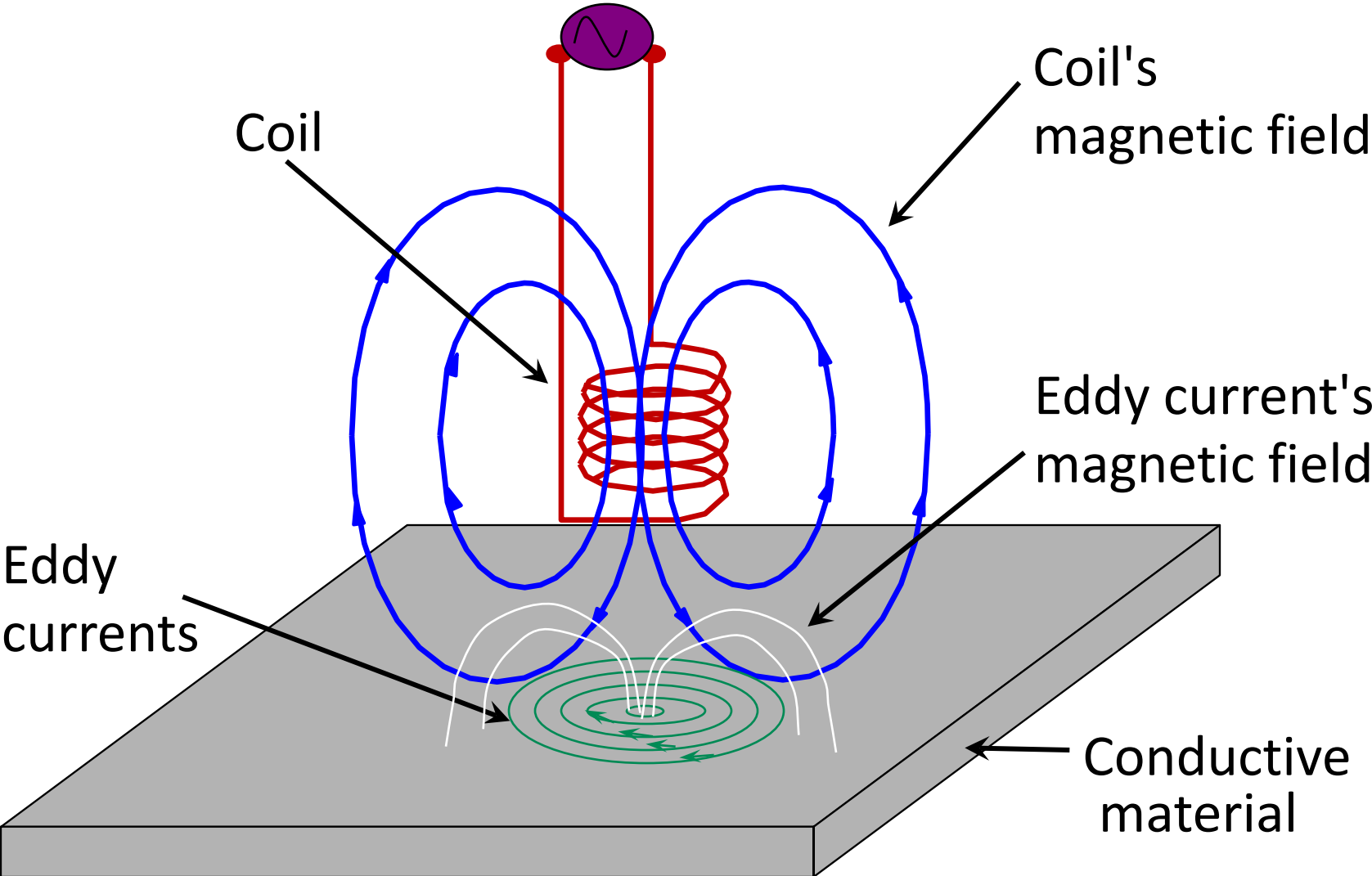
Konverzija slike

- Pretvaranje zračenja u formu pogodnu za dalju obradu
- Medij za snimanje može biti film, fluorescentni ekran ili neki drugi medij koji zračenje pretvara u vidljivu svjetlost

Radiografske fotografije



Ispitivanje vrtložnim strujama



- **Vrtložne struje nastaju procesom koji se zove elektromagnetska indukcija. Te inducirane struje u vodljivom materijalu struje zatvorenim, kružnim putanjama i zbog svoga izgleda, kojim podsjećaju na vrtloge koji nastaju u fluidu, nazivaju se vrtložne struje.**
- Kada struja prolazi kroz žicu nastaje magnetsko polje oko žice. Intenzitet magnetskog polja raste s porastom struje koja prolazi kroz žicu. Ako se žica savije u zavojnicu, magnetsko polje će se formirati oko zavojnice. Mijenjanjem smjera struje, mijenja se i polaritet magnetskog polja.
- Spoji li se zavojnica na mjerni instrument, stanje koje se očitava kada se zavojnicu stavi na ispitivani materijal je standardno očitavanje za taj uzorak.
- U slučaju da zavojnica naiđe na dio materijala drugačijih svojstava ili na kojemu se nalazi nepravilnost ili oštećenje, doći će do poremećaja vrtložnih struja i promjene njihovog magnetskog polja, a time i do promjene magnetskog polja zavojnice
- Ove se promjene mogu pratiti na mjernom instrumentu i na osnovu njih se prati stanje i karakteristike ispitivanog materijala

Diskontinuiteti (oštećenja)

Ako u materijalu postoje pukotine, vrtložne struje moraju teći oko njih i njihov intenzitet opada zbog povećanja otpora.

Korozijska oštećenja, također, povećavaju otpor odnosno smanjuje se intenzitet vrtložnih struja.

Duljina površinskih pukotina može se odrediti vrlo lako, ali dubina pukotina se može odrediti samo općenito (npr. veća ili manja od...).

Prije ispitivanja, oprema se podešava na referentnom uzorku koji bi trebao biti od istog materijala i što sličnijih karakteristika (toplinska obrada, legiranost, električna i magnetska svojstva) kao materijal koji se ispituje.

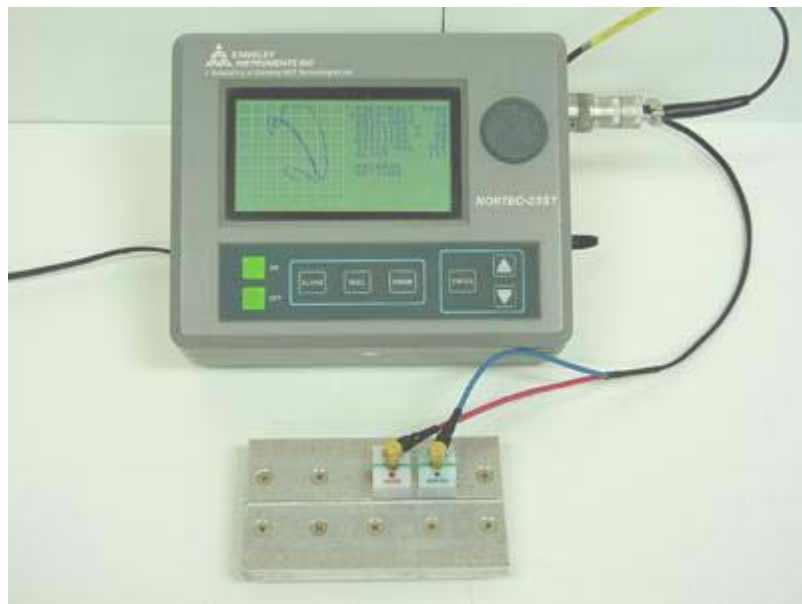
Prednosti i nedostaci ispitivanja vrtložnim strujama

Prednosti:

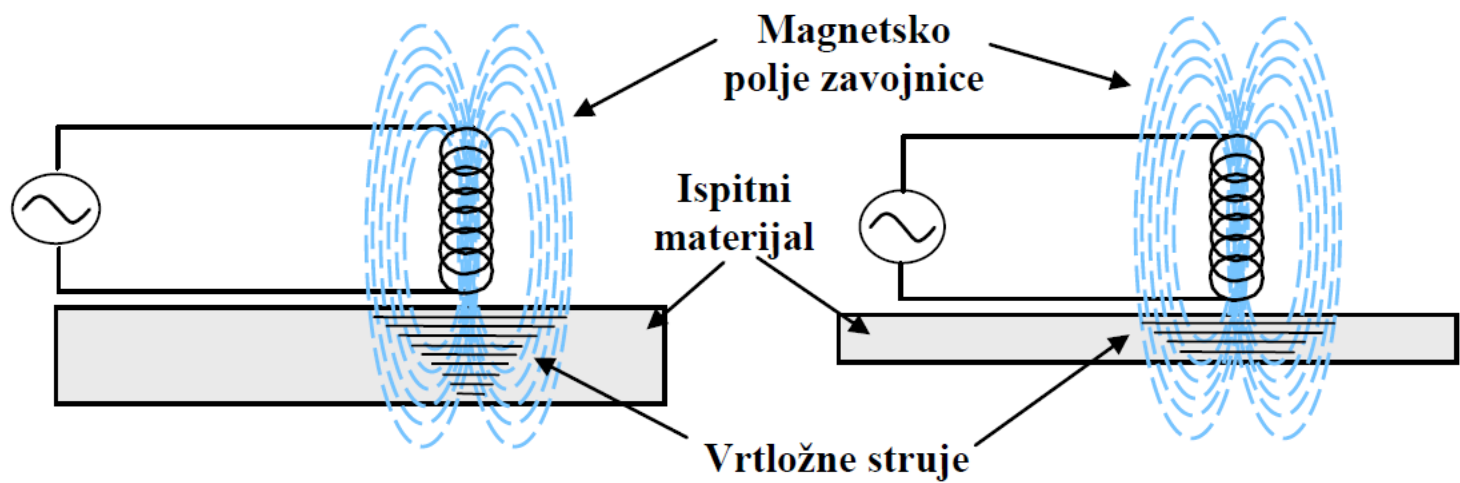
- prenosivost opreme,
- osjetljivost na male nepravilnosti,
- detekcija površinskih i pod površinskih pukotina,
- široka primjena (ne samo za detekciju pukotina),
- sonda ne mora biti u kontaktu s ispitnim predmetom,
- trenutni prikaz rezultata,
- minimalna priprema ispitnog uzorka,
- moguća inspekcija složenih oblika i raznih veličina vodljivih materijala.

Nedostaci:

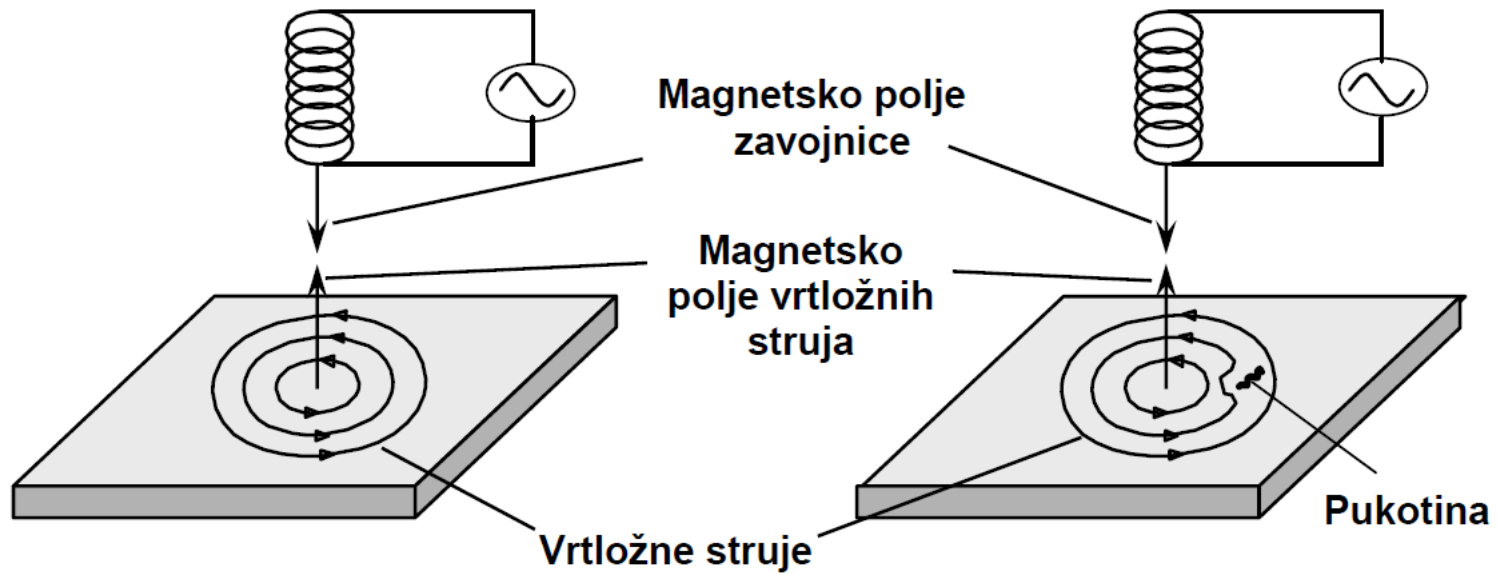
- ispitna površina mora biti dostupna sondi,
- ispitivanje je ograničeno samo na vodljive materijale,
- površinska obrada i hrapavost površine može otežati ispitivanje,
- ograničena dubina ispitivanja (približno 5mm),
- potreban je referentni uzorak za podešavanje opreme,
- potrebna je visoka stručnost za korištenje ispitne opreme.



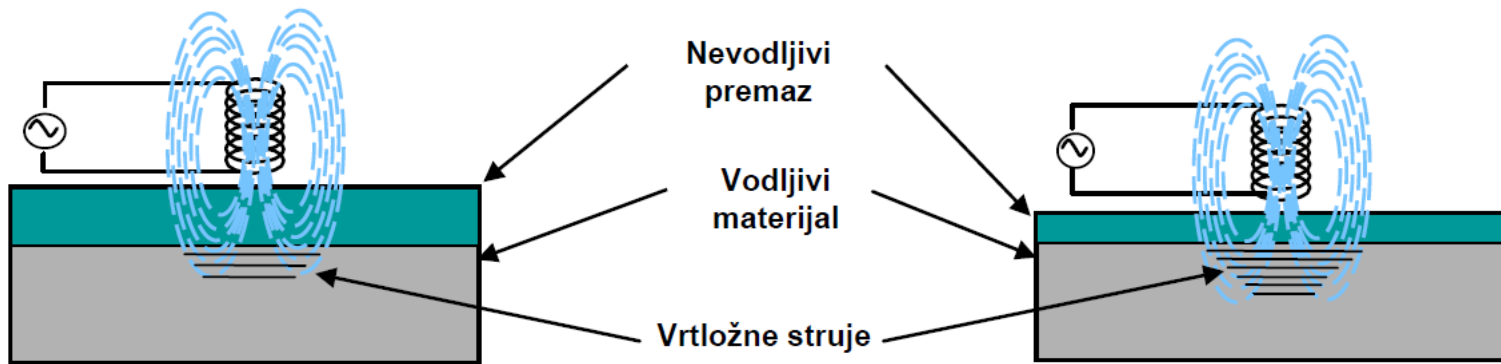
Mjerni instrument za ispitivanjem vrtložnim strujama



Mjerenje debljine materijala vrtložim strujama



Detekcija pukotina vrtložnim strujama



Mjerenje debljine nevodljivih premaza vrtložnim strujama

Neke primjene vrtložnih struja



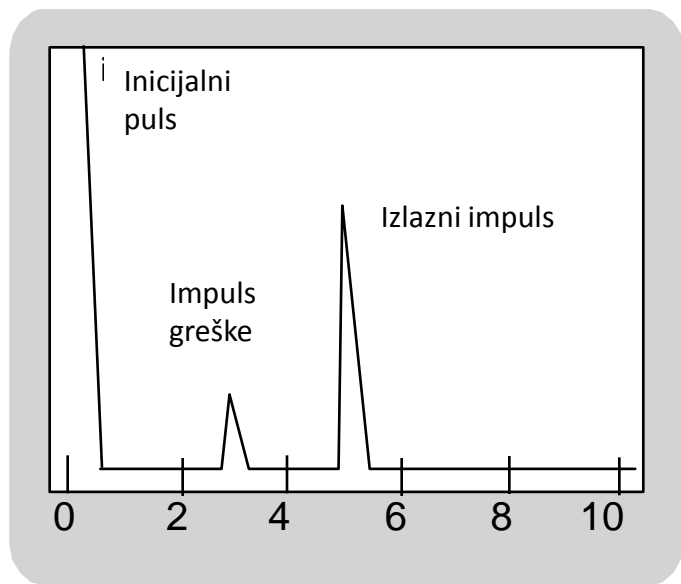


Ultrazvučno ispitivanje Puls-eho

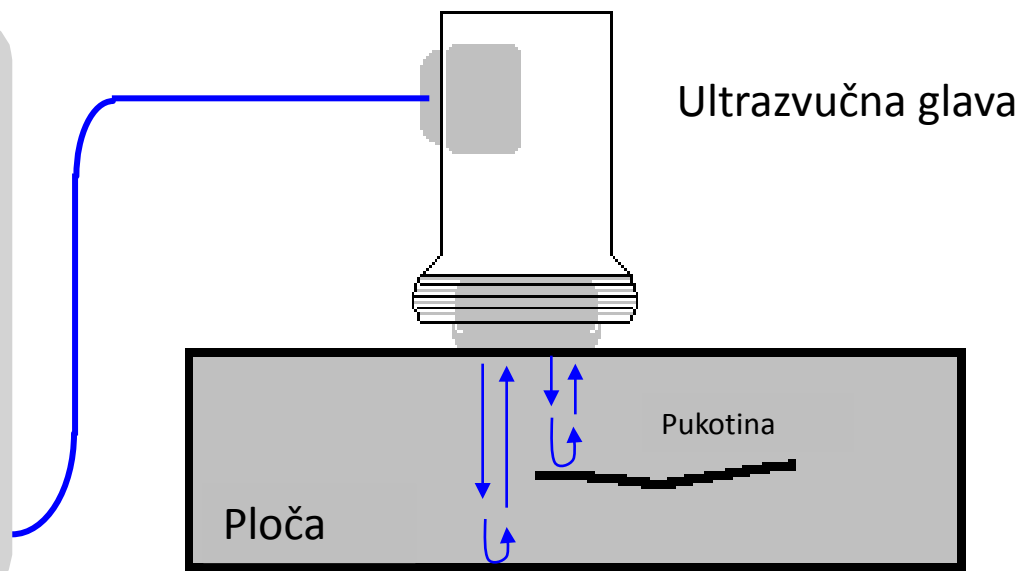
- **Temelji se na principu odbijanja ultrazvuka od različitih nehomogenosti u materijalu.**
- Kod ove metode kao generator i prijamnik služi jedna ultrazvučna glava.
- Umjesto propuštenog dijela ultrazvučnog vala, mjeri se reflektirani.
- Puls-eho metoda se koristi za lociranja grešaka i za mjerenje debljine.
- Dubina greške se određuje vremenom od početnog impulsa i eha od greške.
- Prijamnik prima reflektirane UZ valove i pokazuje ih kao proporcionalni signal na ekranu UZ aparata.

Princip ultrazvučnog ispitivanja

- Prije ispitivanja ultrazvukom treba pripremiti površinu na prikladan način, posebno ako se traži ne samo greška, već i njena analiza.
- Za osiguranje akustičnog kontakta, na površinu ispitnog dijela nanosi se tekući premaz koji uklanja i najmanji zračni sloj između objekta i ultrazvučne glave.
- Princip rada ultrazvučne metode može se objasniti na jednostavnom primjeru ultrazvučne inspekcije na principu impulsa i odjeka (eng. pulse/echo). Za tu metodu potreban je uređaj koji generira impulse (ultrazvučne valove) i prima reflektirane impulse (eng. pulser/receiver), pretvornik (eng. transducer) i uređaj za prikaz odziva.
- Pogonjen pulserom (davač impulsa), pretvornik generira ultrazvučnu energiju visoke frekvencije.
- Energija zvuka se unosi i širi kroz materijal u obliku valova.
- Kada signal dođe do neke vrste diskontinuiteta (npr. pukotine, ili granice materijala) dio energije signala će se reflektirati natrag sa površine (npr. pukotine ili drugog materijala).
- Reflektirani ultrazvučni signal se zatim pretvara u električni

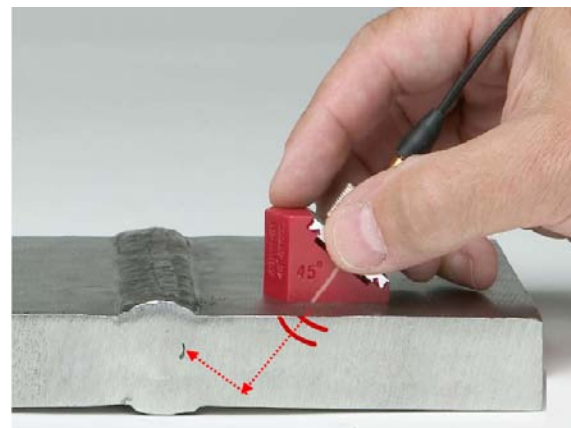


Osciloskop, zaslon za detekciju greške





Uređaj za ultrazvučno ispitivanje



Ultrazvučno ispitivanje zavarenog spoja

Prednosti i nedostaci ultrazvučne metode ispitivanja

Prednosti ultrazvučne metode:

- velika preciznost u određivanju lokacije objekta refleksije i procjeni veličine objekta,
- velika preciznost otkrivanja orijentacije i oblika diskontinuiteta,
- detaljnost prikaza,
- relativno laka obrada signala dobivenih od prijemnika (eng. receiver),
- elektronička oprema pruža trenutno dobivanje rezultata testiranja,
- prenosivost opreme za testiranje.

Nedostaci ultrazvučne metode:

- osjetljivost na nečistoće (npr. u cijevi),
- poteškoće pri ispitivanju materijala koji imaju grubu i nepristupačnu površinu,
- poteškoće pri ispitivanju materijala koji su vrlo tanki, maleni i nepravilnog oblika,
- poteškoće pri ispitivanju nehomogenih materijala,
- potreban je fluid (eng. couplant) za prijenos energije zvuka u testni uzorak,
- potreba za etalonima i referentnim uzorcima pri kalibraciji ultrazvučne opreme i provjere karakteristika opreme

Literatura

1. The American Society for Nondestructive Testing
2. NDT Notes
3. Intro to Eddy Current, Damage testing and prevention and detection in aeronautics
4. Samir Lemeš: Radiografsko ispitivanje
5. <http://www.cnde.iastate.edu/faacasr/engineers/Supporting%20Info/Supporting%20Info%20Pages/Ultrasonic%20Pages/Ultra-equipment.html>
6. Damir Markučić: Metode nerazornih ispitivanja