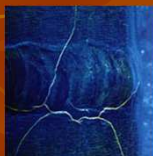


## Predmet: Nerazorna ispitivanja

### 2. Predavanje

## ISPITIVANJE PENETRANTIMA



1

## ISPITIVANJE TEKUCIM PENETRANTIMA

- Nedestruktivna metoda
- kojom se otkrivaju diskontinuiteti i defekti koji su:
  - **otvoreni** na površini **čvrstog tijela**,
  - a koje je napravljeno od **neporoznog** materijala.

2

## ISPITIVANJE TEKUCIM PENETRANTIMA

- Indikacija širokog spektra veličine pukotine
- može biti otkrivena bez obzira na:
  - konfiguraciju ispitivanog komada i
  - bez obzira na orijentaciju pukotine.
- Tekući penetranti ulaze u različite tipove malih površinskih otvora putem kapilarnog djelovanja.

3

## ISPITIVANJE TEKUCIM PENETRANTIMA

- Proces je dobar za otkrivanje svih tipova:
  - površinskih pukotina,
  - grešaka,
  - poroznosti,
  - napregnutih područja,
  - laminacija i
  - malih diskontinuiteta.



4

## PODRUČJE UPOTREBE

- Ispitivanje odlijeva od:
  - čelika i obojenih metala,
  - proizvoda praškaste metalurgije,
  - proizvoda od keramike,
  - plastike i stakla



5

## PODRUČJE UPOTREBE

- Ispitivanje:
  - alata i kalupa
- Ispitivanje:
  - rezervoara,
  - posuda,
  - reaktora,
  - cijevi,
  - pumpi,...



6

## PODRUČJE UPOTREBE

### Ispitivanje dijelova vozila:

- osovina,
- kotača,
- zupčanika,
- propelera,...



7

## PODRUČJE UPOTREBE

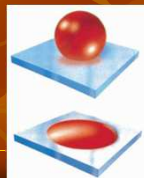
- Ispitivanje zavarenih spojeva
- Ispitivanje opreme u procesnoj industriji
- Ispitivanje lijevanih i kovanih proizvoda



8

## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

- Najvažnija osobina penetranta je sposobnost močenja površine
- Površinu koja se ispituje,
  - penetrant mora prekriti jednoliko i kontinuirano,
  - nakon čega on ulazi u pukotine



9

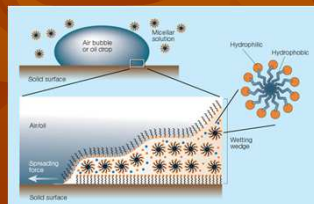
## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

- Na tok fluida po površini utječu:
  - Čistoća površine
  - Konfiguracija pukotine
  - Čistoća pukotine
  - Veličina otvora pukotine
  - Površinska napetost tekućine
  - Sposobnost tekućine da moči površinu
  - Kut močenja tekućine

10

## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

- Sile kohezije između molekula tekućine izazivaju površinsku napetost
- Kapljica zbog te napetosti teži formiranju sfernog oblika



11

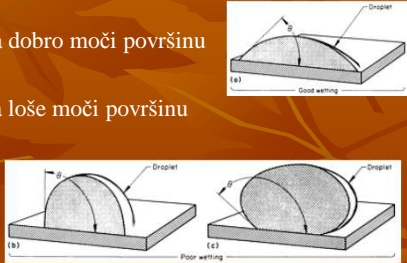
## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

- Površinskoj napetosti se suprotstavlja hidrostatski pritisak tekućine
- Silama kohezije se suprotstavljaju i sile adhezije s površinom u kontaktu
- Te sile određuju kut močenja  $\theta$

12

## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

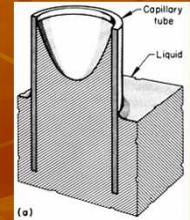
- Kut močenja  $\theta$  između tekućine i površine:
- $\theta < 90^\circ$ : tekućina dobro moči površinu
- $\theta \geq 90^\circ$ : tekućina loše moči površinu



13

## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

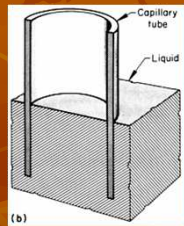
- Kapilarni efekt:
  - Ako je kut močenja  $\theta < 90^\circ$ ,
  - tekućina moči zid kapilara
  - konkavna površina tekućine,
  - tekućina raste



14

## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

- Kapilarni efektat:
  - Ako je kontaktni kut  $\theta = 90^\circ$ ,
  - nema kapilarnog efekta

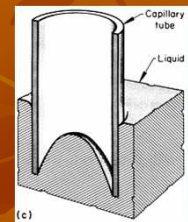


15

## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

Kapilarni efekt:

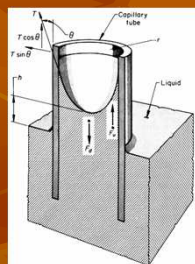
- Ako je kontaktni kut  $\theta > 90^\circ$ ,
- tekućina ne moči zid kapilara
- konveksna površina tekućine,
- tekućina se spušta niz kapilaru



16

## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

- Sila koja djeluje prema dolje jednaka je težini stupca tekućine:
 
$$F_d = 2 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g \cdot \rho$$
- Sila koja djeluje prema gore je proizvod površinske napetosti i volumena
 
$$F_u = (T \cdot \cos \theta) \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$$



17

## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

- Pukotine nisu kapilarne cijevi!
- ali se tekućina prema zidovima pukotine ponaša slično kao prema zidu kapilara

18

## PRINCIP FUNKCIONIRANJA

- Viskozitet tekućine ne utječe na kapilarni efekt
- Jako viskozne tekućine nisu pogodne kao penetranti jer se sporo razlijevaju po površini



19

## VRSTE PENETTRANATA - kerozin

- Prvi materijal koji je korišten kao penetrant je kerozin
- Prednost:
  - Ima malu viskoznost i dobro močenje
- Nedostatak:
  - premale pukotine se teško uočavaju

20

## VRSTE PENETTRANATA - kerozin

- Vapnena voda (whitewash) se koristi da poveća kontrast
- Udarcem čekića tokom testa se izvlači kerozin iz pukotine na vapnenu vodu

21

## VRSTE PENETTRANATA

- Zbog ogromne razlike između primjena ispitivanja penetrantima,
- bilo je neophodno razvrstati i razviti dva tipa penetranta u četiri osnovne metode
- prilagođene širokim varijacijama sa slijedećim glavnim karakteristikama (faktorima):

22

## VRSTE PENETTRANATA

- Fluorescentni (tip I)
  - jako svijetle (najčešće zeleno) pod UV svjetlom (valne dužine 320-400 nm)
  - Različiti nivoi osjetljivosti:
    - ½ (ultraniska), 1, 2, 3, 4 (ultravisoka)
- Vidljivi (tip II)
  - najčešće crveni, radi kontrasta s podlogom
  - osjetljivost je nivoa 1 (niska)



23

## VRSTE PENETTRANATA

- Osnovni utjecajni faktori:
  - Stanje površine objekta
  - Karakteristike grešaka koje se otkrivaju
  - Vrijeme i mjesto ispitivanja
  - Veličina objekta
  - Potrebna osjetljivost

24

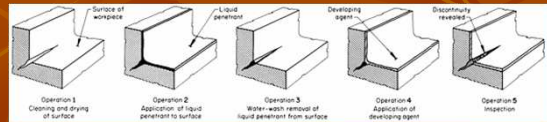
## VRSTE PENETRANATA

- Četiri metode su općenito klasificirane kao:
  - metoda A - koji se mogu ispirati vodom,
  - metoda B - postemulzivni lipofilni,
  - metoda C - koji se uklanjaju otapalom (solventni penetranti),
  - metoda D - postemulzivni hidrofilni,

25

## Vodeni penetranti (metoda A)

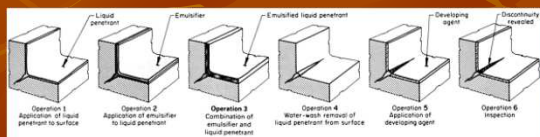
- Ovi penetranti se mogu ispirati vodom
  - Ne zahtijevaju poseban korak emulzifikacije (nanošenja emulzije)
  - Potreban oprez da se ne ispiru previše penetranta



26

## Postemulzivni penetranti

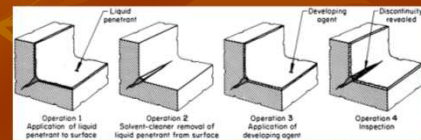
- Prije finalnog ispiranja nanosi se emulzija koja ostatak penetranta čini topivim u vodi (metode B i D)
- Oprez da se samo penetrant izvan pukotine učini topivim u vodi



27

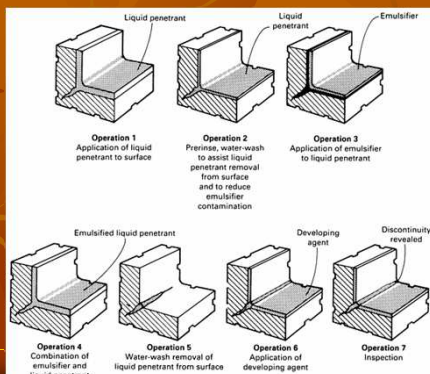
## Solventni penetranti (metoda C)

- Umjesto vode za ispiranje se koristi otapalo (razvijlač, solvent)
- Koriste se kod lokalnog ispitivanja i kod ispitivanja na terenu
- Ima najveću osjetljivost



28

## Hidrofilni penetranti (metoda D)



29

## VRSTA METODE

- Na izbor metode utječu:
  - veličina,
  - oblik i masa objekta koji se ispituje,
  - te broj različitih objekata
- Najvažniji faktor kod izbora je balans između:
  - zahtijevane osjetljivosti i
  - cijene

30

## VRSTA METODE

- Fluorescentni tip se koristi češće,



- Vidljivi penetranti se koriste uglavnom za lokalizirane testove



31

## OPIS PROCESA ISPITIVANJA

- Bez obzira koji tip penetranta se koristi,
- ispitivanje penetrantima zahtjeva slijedećih pet glavni koraka kako slijedi:
  1. Priprema površine
  2. Nanošenje penetranta
  3. Uklanjanje viška penetranta
  4. Razvijanje
  5. Pregled (ispitivanje)



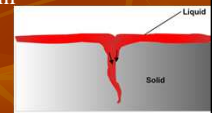
32

## Pripremanje površine

- Sve površine koje se ispituju,
  - bilo da su lokalizirane ili cijeli radni komad,
  - moraju biti direktno očišćene i
  - kompletno osušene
  - prije nego što budu predmet ispitivanja penetrantima.
- Pukotine na površini moraju biti očišćene od:
  - ulja,
  - vode
  - ili drugog sadržaja da bi bile otkrivene.

## Penetracija

- Nakon što je radni komad očišćen,
  - penetrant se primjenjuje u pogodnom obliku tako da formira sloj penetranta preko površine.
- Ovaj film bi trebao ostati na površini dovoljno dugo
  - da dozvoli maksimalnu penetraciju u bilo kojim površinskim otvorima koji su prisutni



34

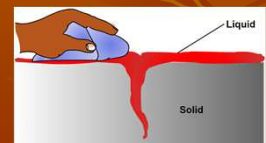
## Uklanjanje viška penetranta

- Višak penetranta mora biti uklonjen s površine.
- Metode uklanjanja su određene s vrstom korištenog penetranta.
  - Pranjem vodom
  - Upotrebom emulzije (lipofilni i hidrofilni)
  - Upotrebom solventa/spreja

35

## Uklanjanje viška penetranta

- Jednoliko uklanjanje viška površinskih penetranta
  - neophodno za učinkovito (efektivno) ispitivanje,
  - ali prekomjerno uklanjanje mora biti izbjegnuto.



36

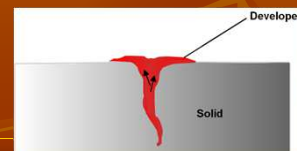
## Razvijač (Developer)

- Zavisno od oblika razvijača koji se koristi,
  - radni komad je osušen prije ili
  - odmah nakon nanošenja razvijača.
- Razvijač formira sloj preko površine.

37

## Razvijač (Developer)

- Razvijač djeluje kao upijajući papir, pomaže
  - prirodnom curenju penetranta iz površinskih otvora i
  - širenju na rubu tako da povećava vrijednost indikacije penetranta



## Ispitivanje

- Nakon što je dovoljno razvijena,
  - površina se vizualno ispituje indikacijama penetranta razvijenog iz površinskih otvora.
- Ovo ispitivanje mora biti izvedeno u prikladnom okruženju za ispitivanje.

39

## Ispitivanje

- Ispitivanje vidljivim penetrantima se izvodi
  - pod jakom bijelom svjetlošću.
- Kada se upotrebljava fluorescentni penetrant
  - ispitivanje se izvodi u prikladnom zamračenom prostoru
  - koristeći crno (ultravioletno)svijetlo, koje čini penetrant fluorescentno sjajnim.



40

## OPREMA

- Prenosiva oprema se koristi za lokalizirane testove na terenu
- Postoje setovi i za vidljive i za fluorescentne penetrante
- Za ispitivanje proizvoda bolji su stacionarni setovi



41

## OPREMA

- Stacionarno postrojenje ima posebne jedinice:
  - Za cijedenje
  - Za nanošenje penetranta i emulzije
  - Za pranje
  - Za razvijanje
  - Za ispitivanje
  - Za čišćenje



42

## LAŽNE INDIKACIJE

- Osim stvarnih grešaka, penetranti mogu dati i lažne indikacije:
  - Zaostale kapi penetranta
  - Indikacije uslijed dizajna ili geometrije objekta koji se ispituje
  - Zaprljanost stola za ispitivanje
  - Zaprljanost ruku ispitivača
  - Zaprljanost površine koja se ispituje
  - (zaostala piljevina od obrade rezanjem)

43

## PREDNOSTI

- relativno jednostavna za korištenje i kontrolu (izvođenje)
- penetrantske metode ne zavise od feromagnetizma
- efektivna
  - za otkrivanje površinskih pukotina u nemagnetičnim metalima
  - za otkrivanje površinskih pukotina u drugim vrstama nemagnetičnih materijala.

44

## PREDNOSTI

- Način nastanka diskontinuiteta nije utjecajni faktor
- Jeftina i brza
- Moguće ispitati i površine komplicirane geometrije

45

## NEDOSTACI

- Osnovni nedostatak je to da penetrantska metoda može otkriti samo:
  - nepravilnosti koje su otvorene na površini,
  - potrebno je koristiti druge metode za otkrivanje unutrašnjih pukotina.

46

## NEDOSTACI

- Drugi faktor koji ograničava primjenu tekućih penetranta je:
  - površinska hrapavost i poroznost.
  - takve površine proizvode prekomjernu **pozadina** i ometaju ispitivanje
- Čista površina je neophodna za uspješno ispitivanje

47

## NEDOSTACI

- Mogu se ispitati samo materijali s relativno neporoznom površinom
- Inspektor mora imati direktan pristup površini koju ispituje
- Potrebno je čišćenje površine nakon ispitivanja
- Upotrebljavaju se i otrovne kemikalije

48