

Cuprins:**1. Introducere****2. Inspecția vizuală****3. Metoda lichidului penetrant****4. Inspecția cu particule magnetice****5. Testarea folosind curenții Eddy****6. Testarea ultrasonică****7. Radiografia**

- Una din cele mai utilizate MCN
 - Detectarea discontinuităților de suprafață în materialele neporoase
 - Poate fi aplicată oricărui tip de materiale (magnetice sau ne-magnetice)
 - Portabilă
 - Poate fi folosită în controlul proceselor de fabricație.
-

ISTORIC

- Frecarea cu negru de fum a suprafețelor de ceramică.
 - Industrial-sfârșitul secolului 19
 - Căi ferate
 - Ungere și albire
 - Etapele-similare cu cele de acum
 - Problemele: procedurile, obiectivitatea, grosimea fisurilor
 - Declin în 1930 (metoda particulelor magnetice)
 - Revenire odată cu Al, ceramice, plastice
-

3

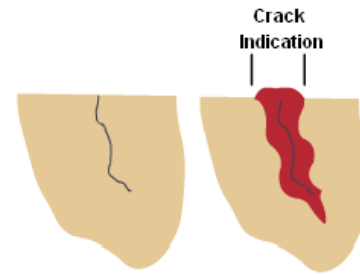
ISTORIC

- 1937 Robert Switzer
 - 1938 aplică pentru un patent
 - Magnaflux-A.V. deForest (MPT)
 - 1941 Obține patentul
 - 1941 Începe al doilea război mondial
-

4

De ce MLP crește vizibilitatea fisurilor?

- Indicația de fisură este mai mare decât fisura
- Contrastul este amplificat prin folosirea penetranților de culoare roșie și a revelatorilor de culoare albă.
- Penetranți fluorescenți



Inspecția vizuală este ultima etapă a MLP.

- Acuitatea vizuală
- Contrastul

Acuitatea vizuală

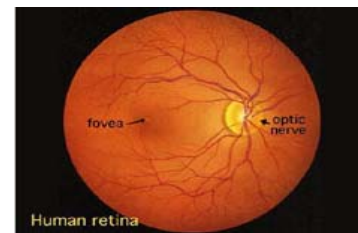
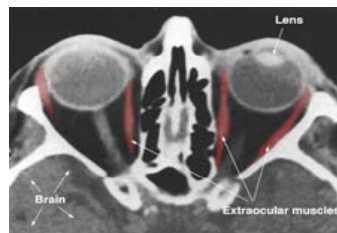
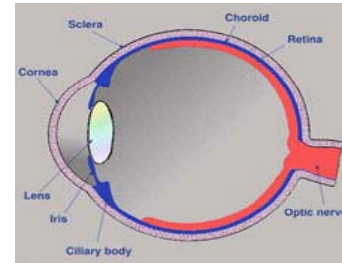
- Limita sub care un obiect rămâne nedetectat
- Variază de la individ la individ + timp

Pupilă

Cristalin

Retină

Focalizare



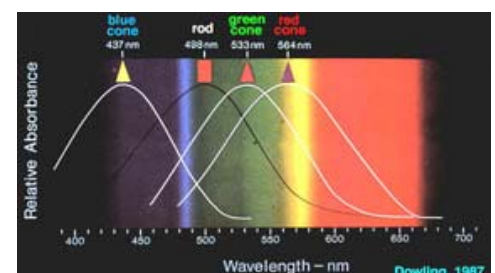
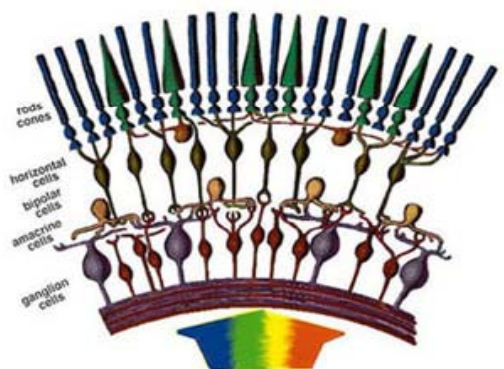
Retina - fotoreceptori: bare și conuri.

Bare: lumina albastră-verde (498 nm), vederea „nocturnă”, în condiții de iluminare slabă.

Conuri (vederea în culori):

- L (roșii) 564 nm,
- M (verzi) 533 nm,
- S (albastre) 437 nm.

Conurile concentrate în **fovea**.
180000/mm² în regiunea foveei și
5000/mm² înafară.



Contrastul:

- Cât de ștearsă trebuie să fie o imagine pentru ca să poată fi confundată cu o suprafață uniformă.
- Scara de griuri, 2%
- Sensibilitatea de contrast depinde de mărimea și frecvența spațială a părților

În imagine,

- iluminarea pixelilor: sinusoidal în direcție orizontală,
- frecvența spațială: crește exponențial
- Contrastul: logaritmic, 100% la bază, 0.5% sus.

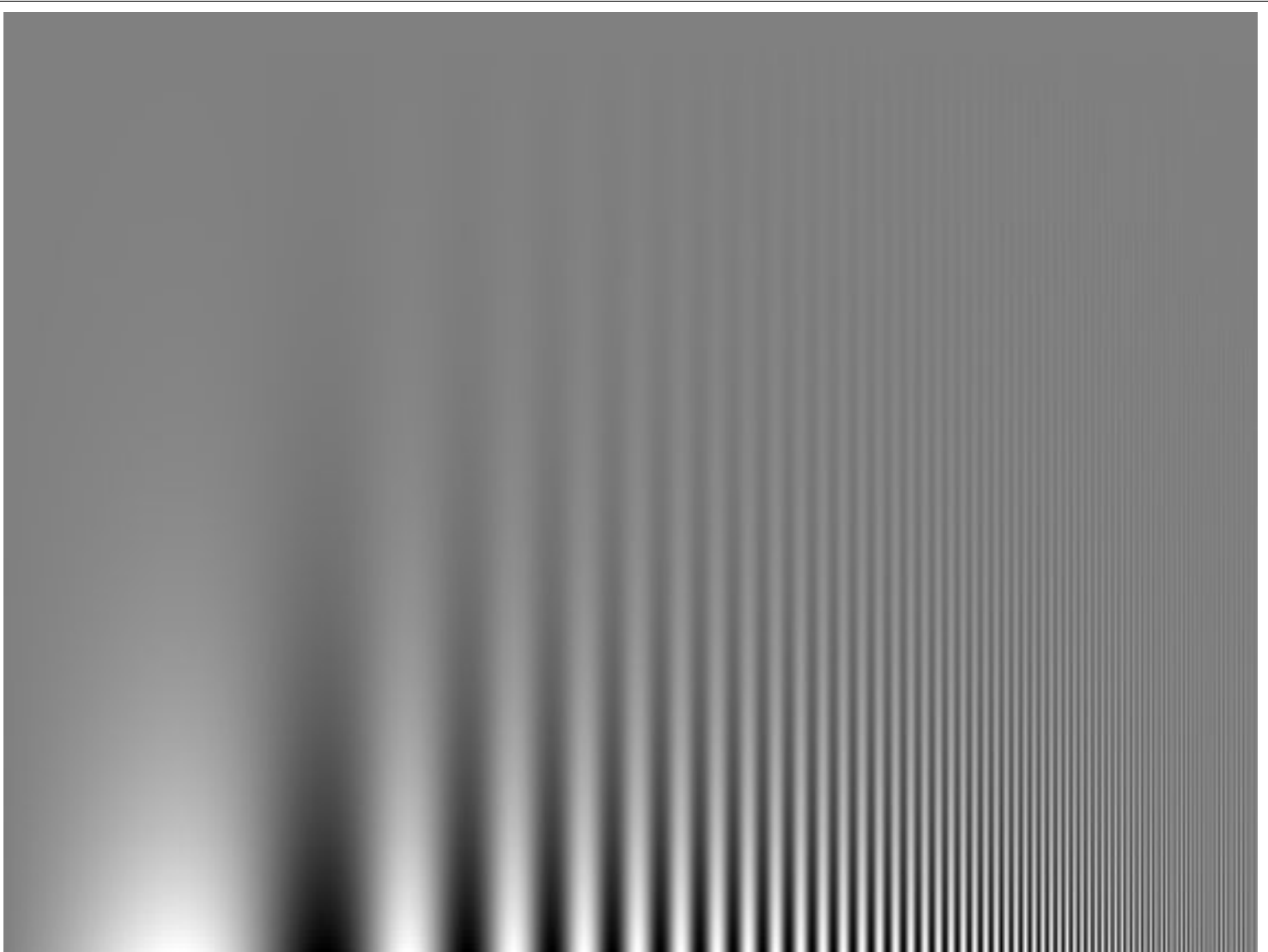
Contrastul:

- Cât de ștearsă trebuie să fie o imagine pentru ca să poată fi confundată cu o suprafață uniformă.
- Scara de griuri, 2%
- Sensibilitatea la contrast depinde și de mărimea și frecvența spațială a părților

În imagine,

- iluminarea pixelilor: sinusoidal în direcție orizontală,
- frecvența spațială: crește exponențial
- Contrastul: logaritmic, 100% la bază, 0.5% sus.

=> Bare verticale. Care vi se par mai înalte?

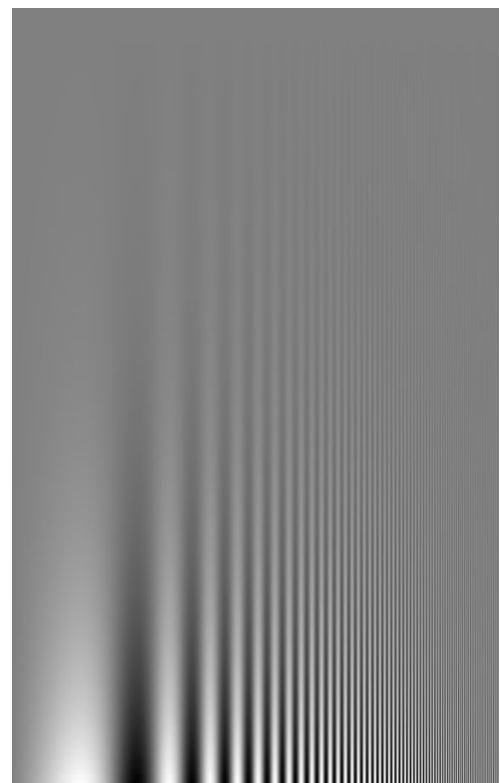


METODE FIZICE DE MĂSURĂ ȘI CONTROL NEDISTRUCTIV

3. METODA LICHIDULUI PENETRANT

Dacă detecția contrastului ar fi fost dictată doar de contrastul imaginii, barele alternante albe și negre ar trebui să aibă aceeași înălțime oriunde în imagine.

Percepția contrastului este determinată și de mărimea/frecvența motivului



Etapele principale ale MLP:**Prepararea suprafeței:**

Unul dintre cei mai importanți pași.

Suprafața trebuie curățată de uleiuri, grăsimi, apă sau orice alți agenți contaminanți ce ar putea împiedica lichidul penetrant de a intra în interiorul fisurilor.

- Solvenți: pentru curățarea suprafețelor de uleiuri, grăsimi, Să nu afecteze suprafața (chimic, reziduuri)
- Aburi: în special pentru îndepărtarea uleiurilor. În general nu prea folosită.

Etapele principale ale MLP:**Prepararea suprafeței:**

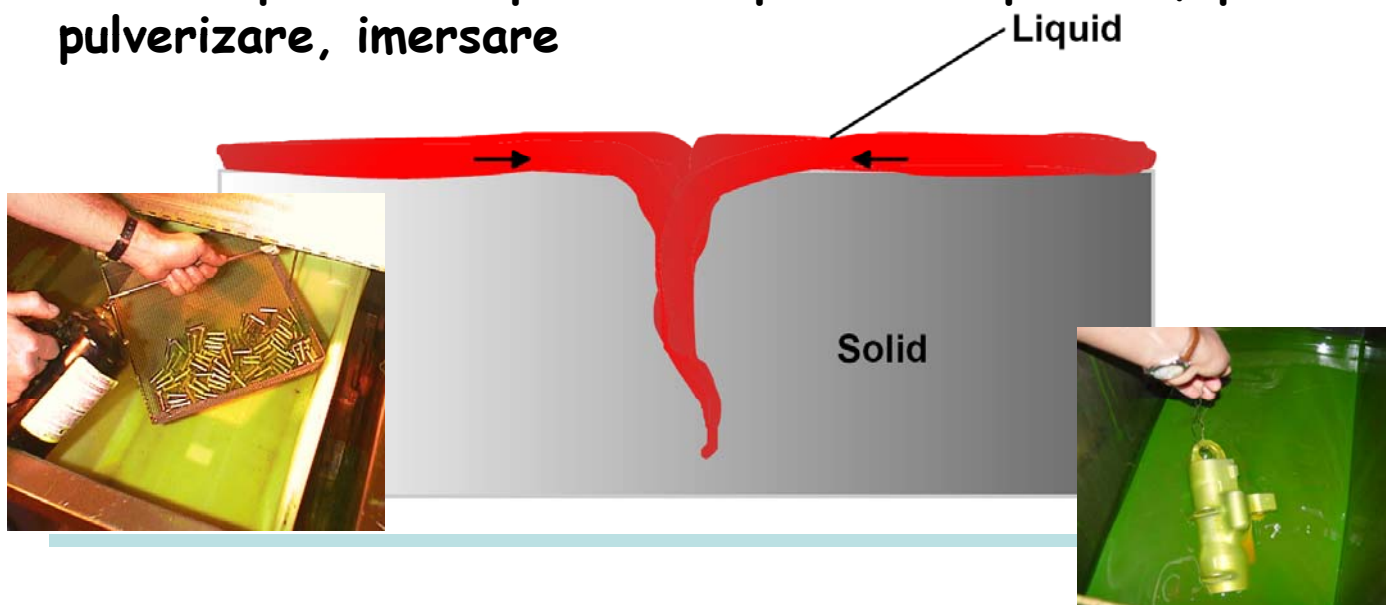
- Curățare cu ultrasunete: elimină contaminanții atât de pe suprafață cât și din crăpături/fisuri.
- Soluții alcaline
- Tratament chimic de curățare (acizi, baze): de ex. în cazul în care proba a suferit tratamente mecanice cum ar fi strunjire, frezare, sablare etc. Aceste operații mecanice pot împrăști particule metalice în interiorul fisurilor provocând acoperirea/blocarea lor. ! Eroziune !

Etapele principale ale MLP:

Aplicarea lichidului penetrant:

După ce suprafața a fost bine curățată și uscată.

Lichidul penetrant poate fi aplicat: cu pensula, prin pulverizare, imersare



Etapele principale ale MLP:

Timpul de așteptare/acțiune:

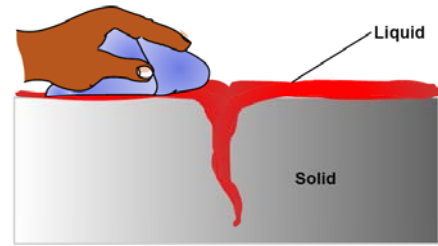


- Timpul total în care lichidul este în contact cu proba.
- Recomandat de producătorii de lichide penetrante sau determinați de secvența de operații pe care o efectuăm. Dependent de aplicație.
- variază în funcție de diverși parametri: materialul penetrant, materialul din care este confecționată proba, forma probei și tipul de defect investigat.
- Timpii de acțiune sunt de ordinul a 60 minute. > OK dacă nu se usucă lichidul. Încercări succesive.

Etapele principale ale MLP:

Eliminarea lichidului în exces:

- Este cea mai delicată operație
- Surplusul de lichid penetrant trebuie eliminat de la suprafața materialului investigat fără a se elimina, sau eliminându-se cât mai puțin din penetrantul care a reușit să pătrundă în fisurile probei sau în posibilele defecte.
- În funcție de tipul de penetrant care a fost folosit, această etapă poate necesita curățare folosind un solvent, spălare cu apă sau un tratament chimic premergător spălării cu apă.



17



18

Etapele principale ale MLP:

Aplicarea revelatorului:



19

Etapele principale ale MLP:

Timp de așteptare:

- Minimum 10 minute
- se prelungește substanțial în cazul fisurilor înguste.

Analiza probei

- Lumină albă sau neagră (ultraviolet)

Curățarea probei

- Doar piesele fără defecte critice

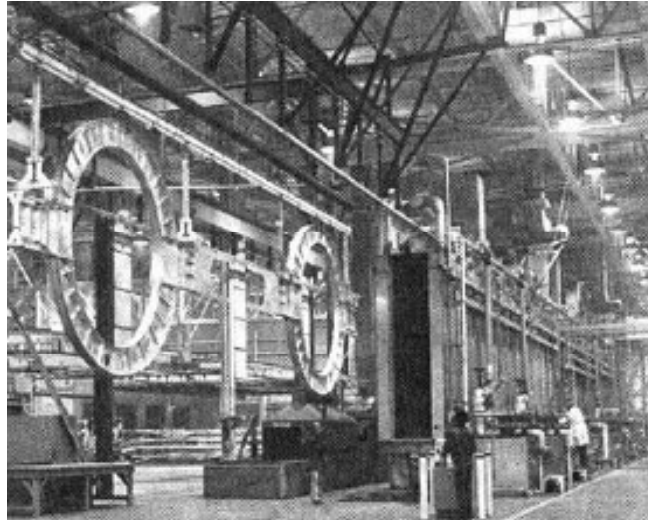


Când folosim MLP și de ce?

- Suprafețe ne-rugoase/poroase
- Metale (aluminiiu, cupru, oțeluri, titan)
- Sticle
- Ceramice
- Cauciucuri
- Plasticuri

Când folosim MLP și de ce?

Este o metodă flexibilă și ușor de folosit:



MLP detectează fisuri datorate:

- Oboselii
- De călire
- Diverselor prelucrări mecanice
- De supraîncărcare și impact
- Porozitate
- Legăturilor
- Sudurilor
- tensionărilor

! Fisurile trebuie să străbată până la suprafață. !

Avantajele și dezavantajele MLP:

- + Foarte sensibilă la mici discontinuități ale suprafeței.
- + Funcționează pentru magnetice/nemagnetice, conductori/izolatori, metalice/nemetalice.
- + Pot fi investigate rapid și cu un cost redus suprafețe sau volume mari ale probelor.
- + Pot fi inspectate probe cu o geometrie complexă.
- + Indicații despre fisuri apar direct la suprafața și constituie o reprezentare vizuală a fisurii respective. Este o măsură directă a defectului.
- + Portabilă
- + Materialele penetrante precum și echipamentele asociate sunt relativ ieftine.

- Doar defecte/fisuri care apar la suprafață.
- Suprafețe la care avem acces.
- Pot fi inspectate doar materiale ne-poroase.
- Operația de curățire prealabilă este delicată deoarece poate masca anumite defecte/fisuri.
- Toate depunerile de pe suprafață, datorate prelucrărilor anterioare, trebuie îndepărtate cu atenție pentru a nu bloca fisurile
- Finisarea/rugozitatea suprafeței.
- Este compusă din multe operații
- Curățirea finală a părților fără defecte este necesară.
- Se utilizează chimicale. Reziduurile trebuie prelucrate.

Penetranți: criterii

- Să poată fi ușor împrăștiat pe suprafața; să asigure o acoperire completă și uniformă
 - Să pătrundă ușor în defecte și fisuri sub acțiunea forțelor capilare
 - Să rămână în defect dar să fie ușor de eliminat de la suprafața materialului.
 - Să rămână fluid pentru a putea fi extras înapoi la suprafață de către revelator.
 - Să fie vizibil sau puternic fluorescent pentru a produce efecte vizuale clare.
 - Să fie inert chimic față de materialul de investigat și să nu dăuneze experimentatorului
-

27

Fiecare tip de penetrant trebuie folosit pentru tipurile de aplicații pentru care a fost conceput.

28

Clasificare după natura pigmentilor:

- Vizibili
- Fluorescenți

Clasificare după metoda de eliminare a penetrantului în exces.

- A. Spălare cu apă
 - B. Post-emulsificare, lipofilă
 - C. Solvent
 - D. Post-emulsificare, hidrofilă
-

29

Clasificare după nivelul de detectabilitate a indicațiilor:

- Nivel $\frac{1}{2}$ - sensibilitate ultra-mică
 - Nivel 1 - sensibilitate mică
 - Nivel 2 - sensibilitate medie
 - Nivel 3 - sensibilitate mare
 - Nivel 4 - sensibilitate foarte mare
-

30

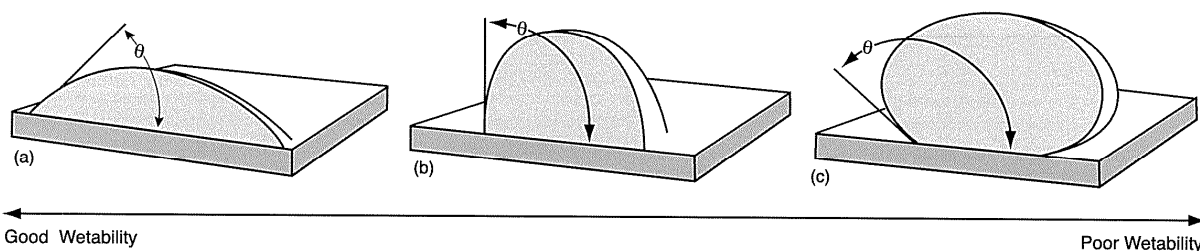
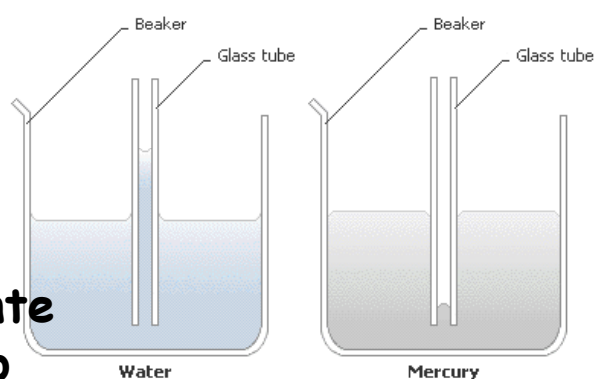
Penetranți, proprietăți:

- Folosirea în condiții de siguranță (toxicitate, corozivitate, temperatură de aprindere)
- Condiții de stocare și măsuri de evitare a contaminării mediului
- Proprietăți fizice: capacitatea de udare a suprafeței, culoarea, strălucirea, stabilitatea la lumină ultravioletă, stabilitatea termică, toleranța la apă, capacitatea de a fi eliminat de pe suprafață, ...

31

Capacitatea de udare:

- adeziune-coeziune
- Unghi de contact
- $F = 2 \pi r \sigma \cos \theta$
- Pentru lichide penetrante unghiul de contact zero



32

Presiunea capilară:

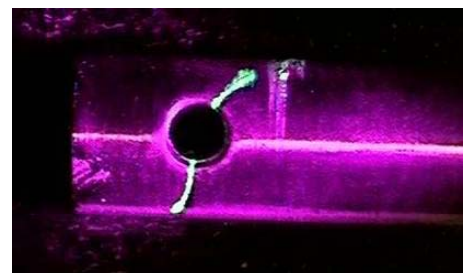
$$p = (2 \sigma \cos\theta)/r$$

Pentru caracterizarea proprietăților de udare se mai folosesc:

- Unghiul de contact (mic)
- Înălțimea în capilare (sticlă)
- Raza, diametrul, aria unei pete (densitatea, vâscozitatea, volatilitatea. Nu apar în ecuația de capilaritate dar pot influența MLP)

Culoarea penetrantului și fluorescența:

- Contrastul cu suprafața sau revelatorul să fie maxime (roșu)
- Fluorescența (simplă, cascadă)
- Majoritatea penetranților sunt aleși să emită lumină cu o lungime de undă apropiată de cea la care ochiul uman are sensibilitate maximă



Stabilitatea termică și la lumină ultravioletă a indicațiilor penetrantului:

Expunerea la lumină ultravioletă foarte intensă precum și la temperaturi mari => efect negativ asupra indicațiilor penetrantului fluorescent.

Materialele fluorescente pot să-și piardă fluorescența după o perioadă de expunere la lumină ultravioletă puternică.

Experiment:

Măsurarea indicațiilor penetrantului expus la mai multe cicluri de lumină ultravioletă.

Fiecare ciclu consta din 15 minute de expunere la lumină UV de 800 microwatt/cm² și 2.5 minute la 1500 microwatt/cm². Două lichide penetrante au fost testate, unul spălabil cu apă (nivel 3) și unui post-emulsifiabil (nivel 4). În amândouă cazuri s-a observat o scădere a strălucirii cu creșterea expunerii la UV. După circa 8 cicluri, strălucirea indicațiilor a ajuns cam la jumătate din valoarea inițială.

Efectele temperaturii asupra penetranților fluorescenți:

1. Se evaporă componentele volatile ceea ce crește vâscozitatea și scade drastic capacitatea de penetrare
2. modifică proprietățile de spălabilitate
3. Evaporă solvenții care previn separarea chimică și gelificarea penetranților solubili în apă
4. distruge fluorescența pigmentilor fluorescenți (procese radiative -> neradiative)

37

- Dar dacă reducem temperatura? La reducerea temperaturii probei și a penetrantului, fluorescența revine.
- Expunerea la temperaturi mari => deshidratarea soluțiilor penetrante => creșterea concentrației de pigmenti din soluție => creșterea probabilității de cionire dintre molecule = relaxare prin ciocnire = scăderea fluorescenței.
- Experimentul arată că la creșterea concentrației de pigment, inițial strălucirea materialului fluorescent crește - maxim - scade.
- Curenții de aer trebuie de asemenea evitați pentru a nu se crește viteza de evaporare a lichidului.

38

Ușurința de îndepărtare.

- Eliminarea penetrantului în exces fără a-l îndepărta și din fisuri este una din cele mai critice operații ale MLP.
- Se evită fluorescența nedorită a acestuia care ar crea un fond mare.
- Forțele de adeziune să fie suficient de mici
- Nu trebuie să se amestece ușor cu lichidul folosit la curățire. Diluarea lichidului penetrant ar duce la modificarea concentrației de pigmenți și deci ar afecta fluorescența acestuia.

39

Emulsificatori.

A. Spălare cu apă

B. Post-emulsificare, lipofilă

C. Solvent

D. Post-emulsificare, hidrofilă



B și D: includ o etapă suplimentară; un agent emulsifiant este aplicat pentru a permite mai apoi îndepărtarea prin spălare a excesului de penetrant. Lipofile-bazate pe ulei (gata de utilizare), hidrofile-bazate pe apă (concentrate, trebuie diluate cu apă)

40

Emulsificatorii lipofili:

- sf. 1950
 - acțiune chimică și mecanică. După ce emulsificatorul a acoperit suprafața obiectului respectiv, o parte din lichidul penetrant în exces este eliminată prin acțiunea mecanică de scurgere a lichidului pe proba respectivă.
 - Pe durata timpului de emulsificare, emulsificatorul **difuzează** în lichidul penetrant rămas iar amestecul astfel format poate fi ușor îndepărtat prin spălare cu apă.
-

41

Emulsificatorii hidrofili:

- 1970
 - Îndepărtează penetrantul în exces de asemenea prin acțiune chimică și mecanică
 - Acțiunea chimică este diferită de lipofile pentru că nu are loc fenomenul de difuziune.
 - Emulsificatorii hidrofili sunt de fapt detergenți care conțin solvenți și surfactanți. Ei rup penetrantul în bucăți mărunte și previn recombinația acestora sau re-atașarea acestora pe suprafața materialului.
-

42

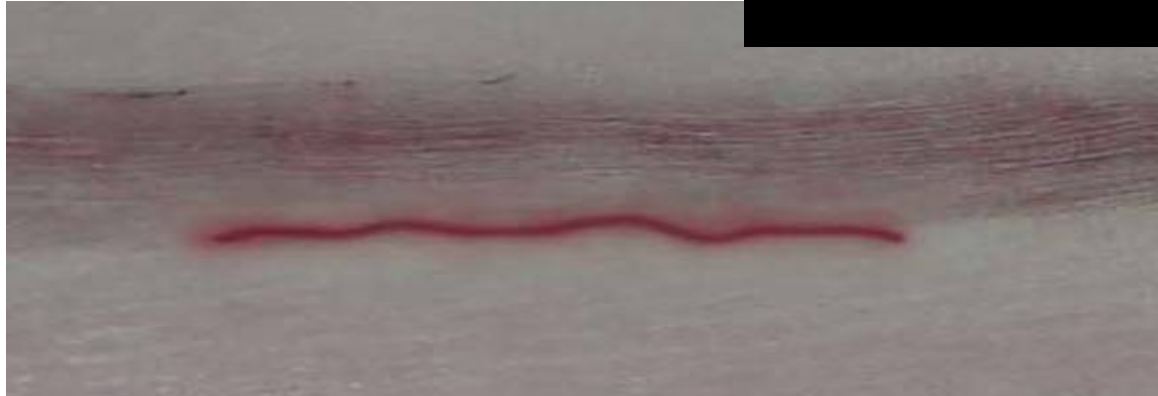
Emulsificatorii hidrofili:

- Acțiunea apei folosită apoi la spălat este una pur mecanică, ea îndepărtează penetrantul dislocat și permite ca noi părți ale penetrantului să fie expuse curentului de apă pentru a fi curățate.
 - Mai sensibilă decât metoda lipofilă
 - Variații mici ale timpilor de acțiune/contact nu au influențe mari asupra rezultatelor.
 - 1 minut sau mai mult la hidrofiele este OK, 15-30 secunde la lipofile sunt critice
-

Revelatori

- Rolul: de a extrage lichidul penetrant capturat în interiorul fisurilor și ale defectelor și de a-l împrăști la suprafața probei pentru a putea fi detectat de către cel care efectuează inspecția.
 - Lumina ultravioletă este reflectată/refractată de către particulele revelatorului, permițând ca o mare parte dintre acestea să interacționeze cu lichidul penetrant și să-i crească fluorescența.
 - O altă acțiune a revelatorilor este de a crea un fundal alb care să crească contrastul între penetrantul care indică fisura și zona înconjurătoare.
-

Revelatori



45

Tipuri de revelatori:

- a. Pulberi uscate
- b. Solubili în apă
- c. Formează suspensii în apă
- d. Ne-apoși de tipul 1 Fluorescenți (bazați pe solvenți)
- e. Ne-apoși de tipul 2 Pigmenți vizibili (bazați pe solvenți)
- f. Aplicații speciale

46

Pulbere uscată

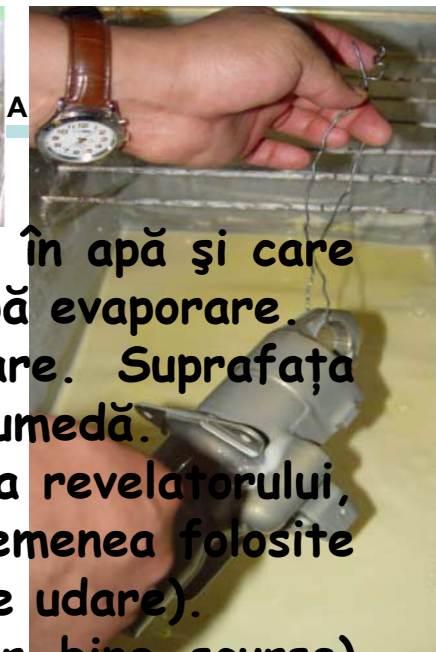


- Cea mai puțin sensibilă metodă însă este ieftină și ușor de aplicat.
- Revelatorii sunt pulberi albe ușoare care pot fi aplicate pe o suprafață uscată în diverse moduri: imersare, prăfuire, cameră de prăfuire, electrostatice.
- Scopul este de a permite ca revelatorul să intre în contact cu toată suprafața investigată.
- Cu excepția cazului în care proba este încărcată electrostatic, pulberea va adera doar în zonele în care penetrantul „captiv” a umezit suprafața probei.

47

- Penetrantul va încerca să umezească suprafața revelatorului uscat, să umple golurile dintre particule, și asta va aduce și mai mult penetrant la suprafața fisurii, și poate deci fi observat.
- Revelatorii pulbere uscată se lipesc doar de zonele unde există penetrant, pulberea nu va crea un fond uniform, ca alte forme de dezvoltare.
- Existența unui fond uniform este importantă pentru eficiența inspecției vizuale => ultraviolet.
- La folosirea unui revelator uscat, indicațiile apar luminoase și bine delimitate deoarece penetrantul are puțin loc de împrăștiere la suprafața probei.

48



Solubili în apă (în soluție apoasă):

- Set de substanțe chimice dizolvate în apă și care formează un strat de revelator după evaporare.
- Metodă pentru aplicare: pulverizare. Suprafața de investigare poate fi uscată sau umedă.
- Imersarea, depunerea prin vărsarea revelatorului, sau cu ajutorul pensulei sunt de asemenea folosite însă nu sunt recomandate (agenți de udare).
- Uscarea: plasarea probei ude (dar bine scurse) într-un uscător cu aer cald.
- Dacă probele nu sunt uscate repede, indicațiile penetrantului vor fi difuze și greu de observat. Revelatorii corect uscați vor avea o acoperire uniformă, albă, pe întreaga suprafață.

49

Suspensii apoase

- Particule de revelator insolubil în apă, aflate în suspensie în apă.
- Necesită agitare/scuturare frecventă pentru a împiedica particulele să sedimenteze.
- Sunt aplicați pe probe la fel ca și revelatorii solubili în apă.
- Uscare forțată,

50

Ne-apoși

- Particulele de revelator în suspensie într-un solvent volatil
- Revelatorul aplicat cu ajutorul unui pulverizator. Solventul va tinde să extragă penetrantul din fisuri, uscarea forțată nu este necesară.
- trebuie aplicat pe o probă care a fost bine uscată în prealabil => acoperire albă

Aplicații speciale

- Revelatori plastici sau lac sunt revelatori speciali care se folosesc în principal atunci când este nevoie de o dovadă a rezultatele inspecției.
-

51

Modul de lucru

52



Pregătirea materialelor pentru inspecția MLP.

- Una din cele mai critice/importante etape în inspecția cu MLP
- Toate acoperirile: resturile de vopsele, uleiuri, cimenturi și oxizi, trebuie eliminate pentru a se asigura „vizibilitatea” defectelor.
- Dacă probele au fost uzinate (strunjite-frezate, ..., sablate) înainte pe inspecția MLP este posibil ca aceste procese să creeze la suprafața probelor un strat subțire de metal care să închidă defectele. Acest strat de metal trebuie îndepărtat înaintea inspecției.

53

Contaminanți:

- Acoperirile, de ex. vopselele, sunt mult mai elastice decât metalul și se poate întâmpla să nu fractureze chiar dacă un defect mare s-ar găsi imediat sub stratul de vopsea.
- Proba trebuie curățată pentru a permite lichidului penetrant să pătrundă în defect.
- Contaminanții suprafețelor au și efectul de a crește „zgomotul de fond” deoarece penetrantul în exces va fi mai dificil de îndepărtat.
- Acoperirile uzuale: vopsele, murdărie, ulei, lichide de răcire de la operațiile de uzinare, grăsimi, oxizi, var, cimenturi și reziduuri de la inspecțiile MLP anterioare.

54

Exemple de efecte negative asupra rezultatelor MLP:

- Îndepărtarea incompletă a reziduurilor de ulei, folosit la tăiere, din defectele probei, poate reduce sensibilitatea metodei.
 - Acidul folosit la curățirea probei în urma unui examen cu lichide penetrante poate rămâne în fisurile probei, având efecte negative asupra strălucirii penetrantului. Idem pentru hidroxidul de sodiu (soda caustică) folosită uzual pentru curățirea pieselor.
-

Exemple de efecte negative asupra rezultatelor MLP:

- Când același tip de penetrant este folosit în două inspecții succesive, nu se remarcă scăderi mari ale vizibilității rezultatului, dacă primul penetrant a fost eliminat corect (o mică cantitate de penetrant va rămâne captivă în interiorul fisurii).
 - Când un penetrant fluorescent este folosit după unul vizibil, problema se schimbă radical, foarte mici cantități de pigmenți vizibili pot reduce puternic strălucirea penetrantului fluorescent (pigmenții colorați acționează ca și niște filtre UV și opresc fluorescența în lumină ultravioletă).
-

Exemple de efecte negative asupra rezultatelor MLP:

- Experimente de curățare, folosind ultrasunete, a unor probe test au indicat timpi de curățare de ordinul a două ore, folosind diverși solvenți organici (acetonă, toluen, ...).
- Agenții de curățire, de asemenea trebuie să fie aleși cu atenție pentru a nu avea componente care prin uscare sau depunere ar putea bloca fisurile și astfel împiedica pătrunderea penetrantului (de exemplu silicații).

Strivirea materialului

- "Strivirea" materialului poate avea efecte negative importante asupra MLP pentru că defecte care altfel ar fi deschise la suprafața materialului sunt parțial sau total acoperite.
- Aproape toate procesele mecanice la care sunt supuse materialele pot produce strivirea unui strat superficial al materialului și cauza închiderea defectelor.
- Unele operații de curățire pot de asemenea să producă același efect dacă sunt folosite presiuni mari.
- Cele mai afectate sunt materialele moi

Strivirea materialului

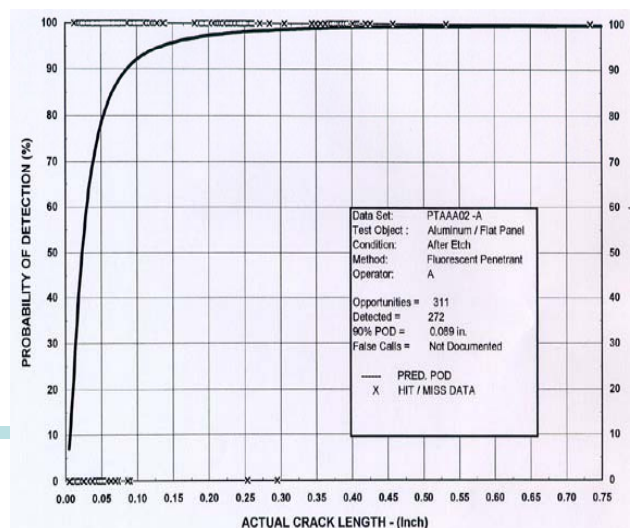
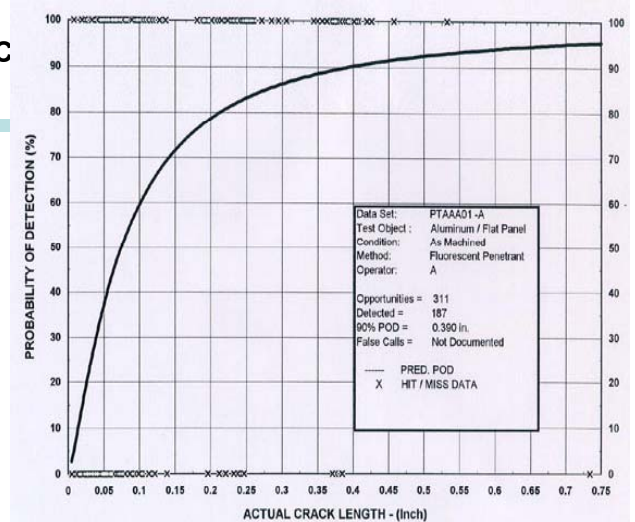
- Pentru a se evidenția efectele unui procedeu de prelucrare sau a unei metode de curățare, probe fisurare sunt de obicei investigate înainte și după aplicarea tratamentului respectiv.
- Dacă suprafața materialului a fost afectată de procesul respectiv, o erodare chimică a suprafeței pentru îndepărtarea stratului superficial trebuie efectuată.

59

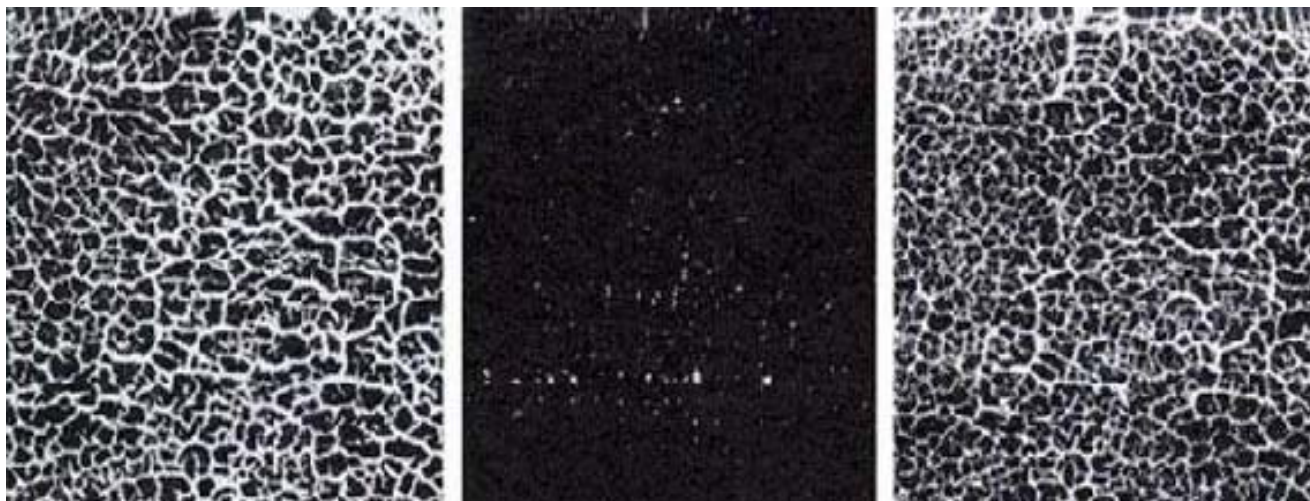
METODE FIZICE DE MĂSURĂ ȘI CONTROL NEDISTRUC

Strivirea materialului

- Figurile din dreapta indică efectul strivirii suprafeței asupra probabilității de detecție și cum poate erodarea chimică a suprafeței să crească detectabilitatea defectelor.
- Compară probabilitatea de detecție de 90%.



Eliminarea efectelor strivirii materialului



Stânga: crăpături de răcire rapidă în Al.
Centru: Prelucrarea suprafeței prin șmirgheluire fină.
Dreapta: eroziune chimică (0.0003")

61

- După folosirea metodelor de eroziune chimică a suprafeței, pentru eliberarea fisurilor, chimicalele folosite trebuie îndepărtate de pe suprafața materialului.
- O procedură de curățire corectă elimină în totalitate contaminările de pe probă și nu lasă reziduuri care să interfereze cu procesul de examinare.
- Resturile de acizi sau componente caustice folosite pot reduce semnificativ indicațiile penetrantului.

62

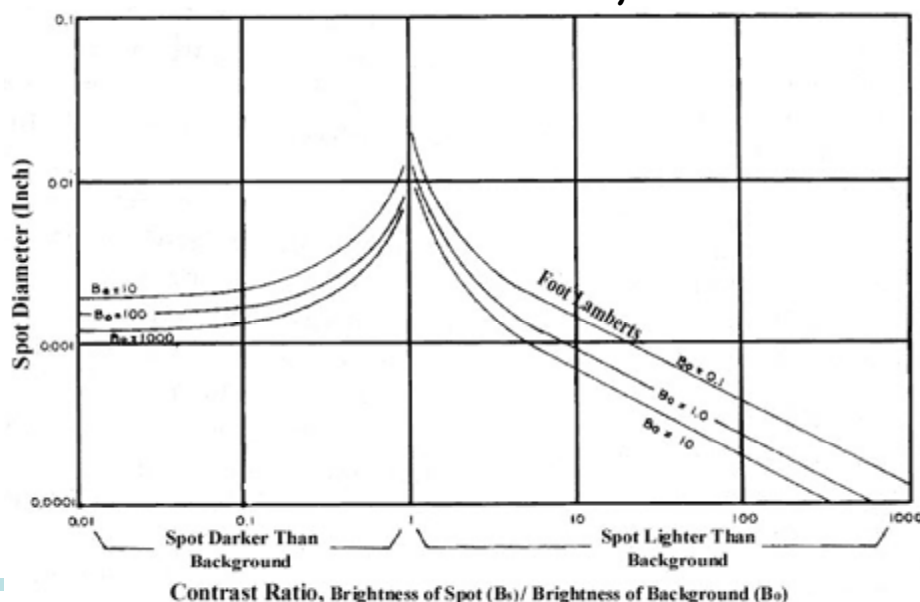
- Alte influențe ale eroziunii: eliminarea unui strat subțire de metal (modificare a dimensiunilor probei și deci ale toleranțelor)
 - procesul de corodare chimică trebuie să afecteze în mod uniform întreaga suprafață a probei și să nu fie mai eficient pe anumite zone ale acesteia, de exemplu în zonele dintre grăunți sau pereții de domenii.
 - Ideal: studiu pentru evaluarea efectelor procedului de eroziune chimică (sau a oricărui proces chimic) asupra proprietăților mecanice și performanței probei sau componentei investigate.
-

Selecția tipului de penetrant

- Nu toate tipurile de penetrant dau aceleași rezultate în toate tipurile de aplicații.
 - Factorii care trebuie luați în considerare sunt: **senzitivitatea necesară, costul, numărul de probe, dimensiunile și aria probelor, portabilitatea.**
 - Dacă **senzitivitatea** este factorul dominant, prima decizie care trebuie luată este dacă se folosește penetrant fluorescent sau cu pigmenți colorați.
 - Penetranții fluorescenți sunt, în general, mai performanți în producerea unei indicații detectabile, provenind de la un defect mic.
-

Selecția tipului de penetrant

- Ochiul uman este mai sensibil la indicațiile luminoase într-un fundal întunecos iar ochiul este atras în mod natural de o indicație fluorescentă.



65

- Graficul prezintă o serie de curbe care arată raportul de contrast necesar pentru ca o pată de un anumit diametru să poată fi decelată.
- La indicații mai mari decât 0.076 mm în diametru, vizibilitatea este identică pentru o pată întunecoasă pe un fond luminos și pentru o pată luminoasă pe un fond întunecat.
- Dacă dimensiunea petei întunecoase este redusă, ea nu mai este detectabilă pe un fond luminos chiar la o creștere a contrastului.
- Indicații luminoase pe un fond întunecat au putut fi observate și pentru pete de ordinul a 0.003 mm.

66



METODE FIZICE DE MĂSURĂ ȘI CONTROL NEDISTRUCTIV

3. METODA LICHIDULUI PENETRANT

- **Penetranții colorați dau rezultate mai bune și atunci când rugozitatea suprafeței este mare.**
- **Având în vedere că penetranții vizibili nu necesită condiții speciale de iluminare, sunt mai ușor de utilizat în aplicații în afara laboratorului de încercări.**

- Un alt considerent în selecția lichidului penetrant este legat de **modul de îndepărtare**: spălabil cu apă, post-emulsificabil sau solubil într-un solvent.
- Sistemele post-emulsifiabile sunt concepute pentru a reduce supra-spălarea (unul din factorii de reducere a sensibilității metodei însă adaugă încă un pas, și deci costuri suplimentare, procedeului de inspecție.

Aplicarea penetrantului și timpul de acțiune

- Există diferite moduri de a aplica un lichid penetrant:
 - pulverizare,
 - pensula
 - imersare.
- Alegerea metodei are un efect minor asupra sensibilității inspecției însă pulverizarea, dacă este pulverizare electrostatică se dovedește a fi mai eficientă din punct de vedere a sensibilității.

Aplicarea penetrantului și timpul de acțiune

- După ce proba este acoperită cu penetrant urmează perioada de așteptare, în care penetrantul are timp să pătrundă în defectele existente.
 - Pe durata timpului de acțiune/așteptare, proba poate să rămână fie complet imersată în baia de penetrant sau lăsată să se scurgă de penetrantul excedentar.
 - Inițial, se considera că timpul de așteptare în imersie era cel mai sensibil (deși mai puțin economic, deoarece mult penetrant era eliminat prin spălare iar emulsificatorii erau contaminați foarte repede).
-

71

Aplicarea penetrantului și timpul de acțiune

- Ideea era că penetrantul rămânând mult mai fluid (din cauză că nu-si pierde componentele volatile prin uscare) el va umple fisurile mult mai ușor.
 - Experimente ulterioare au arătat însă că dacă timpul de așteptare se face cu proba înafara băii cu penetrant (adică penetrantul este lăsat să se scurgă de pe probă) sensibilitatea este mai mare pentru că prin evaporarea componentelor volatile, concentrația de pigment crește.
 - Probele trebuie scoase complet din baia cu penetrant (vapori).
-

72

Aplicarea penetrantului și timpul de acțiune

- **Timpul de acțiune** este timpul în care penetrantul rămâne în contact cu suprafața investigată.
 - Este un parametru important pentru că permite penetrantului să fie absorbit în interiorul defectului.
 - Timpii de așteptare recomandați sunt de obicei indicați pe flacoanele cu penetrant de către producători sau înscriși în listele cu proceduri ale MLP utilizată.
 - Timpul necesar pentru umplerea unei fisuri depinde de mai mulți factori:
-

73

Factori de care depinde timpul de acțiune

- Tensiunea superficială a penetrantului.
 - Unghiul de contact al penetrantului.
 - Vâscozitatea, care poate să depindă de dimensiunile fisurii.
 - Presiunea atmosferică la suprafața fisurii.
 - Presiunea gazului captiv în fisură.
 - Dimensiunile fisurii.
 - Densitatea penetrantului.
 - Proprietățile microstructurale ale penetrantului.
-

74

Timpul de acțiune este dat de specificații + încercări succesive.

Aluminum:

Source:	Form:	Discontinuity:	Dwell-Time-for-Water-Washable (minutes)	Dwell-Time-for-Post-Emulsifiable (minutes)
Military-Technical-Order-33B-1-1	Castings	Porosity	5 to 10	5
	Extrusions/Forgings/Welds	Cold Shuts	5 to 15	5
		Laps	*NR	10
		Lack of Fusion	30	5
		Porosity	30	5

Titanium and High-Temperature Alloys:

Source:	Form:	Discontinuity:	Dwell-Time-for-Water-Washable (minutes)	Dwell-Time-for-Post-Emulsifiable (minutes)
Military-Technical-Order-33B-1-1	All		*NR	20 to 30
ASME-Boiler-and-Pressure-Vessel-Code	All		Refers to ASTM Procedure A-2	
ASTM-E-1209/-E-1210	All	Cracks	5	5

*NR: Not a recommended method of evaluation.

Steel:

Source:	Form:	Discontinuity:	Dwell-Time-for-Water-Washable (minutes)	Dwell-Time-for-Post-Emulsifiable (minutes)
Military-Technical-Order-33B-1-1	Castings	Porosity	5 to 10	10
	Extrusions/Forgings/Welds	Cold Shuts	5 to 15	10
		Laps	*NR	10
		Lack of Fusion	30	20
		Porosity	30	20

Magnesium:

Source:	Form:	Discontinuity:	Dwell-Time-for-Water-Washable (minutes)	Dwell-Time-for-Post-Emulsifiable (minutes)
Military-Technical-Order-33B-1-1	Castings	Porosity	15	5
	Extrusions/Forgings/Welds	Cold Shuts	15	5
		Laps	*NR	10
		Lack of Fusion	30	10
		Porosity	30	10
	All	Cracks	30	10
	All	Fatigue Cracks	*NR	30
ASME-Boiler-and-Pressure-Vessel-Code	Castings	Porosity	15	
	Extrusions/Forgings/Welds	Cold Shuts	15	
		Laps	30	
		Lack of Fusion	30	
		Porosity	30	
	All	Cracks	30	
ASTM-E-1209/-E-1210	Castings	Porosity	5	5
	Extrusions/Forgings/and Plate/Welds	Cold Shuts	5	5
		Laps/Cracks	10	10
		Lack of Fusion	5	5
		Porosity	5	5
	All	Cracks	5	5

*NR: Not a recommended method of evaluation.

Alegerea procedurii de eliminare a penetrantului în exces.

- Să curețe suprafața probei de penetrant în exces fără a îndepărta prea mult din penetrant absorbit de defecte, pentru a nu se diminua sensibilitatea indicațiilor.
- Dacă penetrantul nu este corect îndepărtat de pe suprafața probei, contrastul dintre indicație și fond poate fi diminuat substanțial. Cu cât contrastul este mai mare, vizibilitatea indicației este mai mare.

Alegerea procedului de eliminare a penetrantului în exces.

- Metoda A: Spălabili cu apă
 - Metoda B: Post-Emulsifiabili, Lipofilici
 - Metoda C: Solubili într-un solvent
 - Metoda D: Post-Emulsifiabili, Hydrofilici
-

77

A: Cea mai economică

- Penetranții spălabili cu apă sau cei auto-emulsifiabili conțin un emulsificator în formula lor de producere.
- Penetrantul în exces poate fi apoi eliminat printr-o simplă spălare cu apă.
- Aceste materiale au proprietatea de a forma geluri relativ vâscoase la contactul cu apa. Aceste geluri sunt total solubile în apă (dacă contactul cu apa este îndelungat).
- Ușor de aplicat și un grad înalt de sensibilitate.

C: pentru suprafețe mici (multă muncă manuală)

78

B și D: Dacă există riscul supraspălării

- Necesită un emulsifiant separat (trei etape suplimentare).
 - Imersie sau pulverizare (pentru hidrofilici). Nu pensulare.
 - Timp de acțiune: prea scurt-crește fondul, prea lung: scoate penetrant din fisuri.
 - Metoda post-emulsifiabilă hidrofilă este cel mai des folosită (sensibilitatea la timpi de aplicare)
-

79

Alegerea și folosirea unui revelator

- Folosirea unui revelator este aproape întotdeauna recomandată.
 - Vizibilitatea unui penetrant fluorescent poate fi amplificată până de 7 ori dacă este folosit un revelator corespunzător
 - Probabilitatea de detecție poate fi puternic influențată de alegerea revelatorului.
-

80

Exemplu:

- 90% probabilitate de detecție nu a fost obținută nici chiar pentru crăpături largi (de 19 mm) în absența revelatorului (operatorul a găsit 86 din 284 fisuri și a dat 70 de indicații false).
- Folosind un revelator, probabilitatea de 90% de identificare a fost obținută pentru fisuri de 2 mm, inspectorul identificând 277 din 311 fisuri, fără a da indicații false.
- Situații speciale: se investighează fisuri mari și bine definite, pe o suprafață conținând multe indicații nerelevante care pot să cauzeze o creștere a fondului => fără revelator.

81

Tipuri de revelatori și moduri de aplicare

- Revelatorii ne-apoși: au cea mai mare sensibilitate, dacă sunt aplicați corect.
- Nu există un acord general privitor la performanțele revelatorilor uscați sau apoși.
- Revelatorii apoși formează o matrice de particule mai fină, mai mult în contact cu suprafața probei respective, însă dacă grosimea acoperirii este mare, defectele pot fi mascate.
- Revelatorii umezi pot cauza scurgerea și difuzia penetranților atunci când sunt folosiți în combinație cu penetranți spălabili cu apă.

82

Tipuri de revelatori și moduri de aplicare

<u>Locul</u>	<u>Forma revelatorului</u>	<u>Metoda de aplicare</u>
1	Ne-apoși, solvenți umezi	Pulverizare
2	Film plastic	Pulverizare
3	Solubil în apă	Pulverizare
4	Suspensie în apă	Pulverizare
5	Solubil în apă	Imersie
6	Suspensie în apă	Imersie
7	Uscat	Nor de praf (electrostatic)
8	Uscat	Pe pat fluidizat
9	Uscat	Nor de praf (curent de aer)
10	Uscat	Imersie

Revelator	Avantaje	Dezavantaje
Uscat	Indicațiile tind să rămână mai strălucitoare și mai distincte de-a lungul timpului. Ușor de aplicat.	Nu formează fundal de contrast și deci nu poate fi folosit cu sisteme vizibile Dificil de a asigura că toată suprafața probei a fost acoperită.
Solubili	Ușor de a acoperi întreaga suprafață. Se asigură o acoperire albă cu un bun contrast, ce funcționează bine atât pentru penetranții vizibili cât și pentru cei fluorescenți.	Indicațiile pentru sistemele spălabilă cu apă sunt încețoșate.
În suspensie	Ușor de acoperit probele Indicații luminoase și clare Se poate obține acoperire albă pentru creșterea contrastului (se pot folosi penetranți vizibili și fluorescenți)	Indicațiile scad în intensitate și devin difuze în timp.
Ne-apoși	Foarte portabili Ușor de aplicat pe suprafețele ușor accesibile Acoperiri albe, pentru contrast, pot fi produse (se pot folosi penetranți vizibili și fluorescenți) Indicațiile sunt bine-definite Sensibilitatea este maximă	Dificil de aplicat uniform pe toate suprafețele. Probele se curăță mai greu după inspecție

Controlul de calitate al proceselor MLP

85



Controlul temperaturii:

- Temperatura lichidului penetrant și a probei investigate poate avea un efect important asupra rezultatelor inspecției.
- Temperaturi între 27 și 49 C sunt considerate a produce cele mai bune rezultate.
- Multe specificații permit testarea în intervalul 4-52 C.
- Ce trebuie ținut minte (indicator de temperatură) este că suprafața unei probe poate fi atinsă pe durată mai lungă, dacă temperatura acesteia este de mai mică decât 52 C.

86

Controlul temperaturii:

- Tensiunea superficială scade cu creșterea temperaturii
- La creșterea temperaturii, viteza de evaporare a penetranților crește => efect +/- asupra sensibilității.
- Metoda de a analiza probe încălzite sau scoase fierbinți din procesul de producție a fost des folosită la începuturile MLP. Atunci, încălzirea folosea la scăderea vâscozității penetrantului. Penetranții folosiți în prezenți au cam 1/2 - 1/3 din vâscozitatea celor folosiți în trecut.

87

Controlul de calitate al penetrantului:

- Calitatea MLP depinde de calitatea materialului penetrant folosit.
- Deteriorarea penetranților apare de obicei ca rezultat al îmbătrânirii sau a contaminării.
- Pigmenții organici se deteriorează în timp => pierderi de culoare sau răspuns fluorescent => conservare corectă.
- Păstrare în recipiente închise, feriți de temperaturi extreme. Înghețul: separarea componentelor; expunerea la temperaturi prea mari: poate afecta strălucirea pigmenților.

88

Controlul de calitate al penetrantului:

- **Contaminare:**
 - la păstrare
 - prin folosire.
 - Sistemele de imersie sunt mult mai susceptibile de contaminare decât cele folosind pulverizatoare.
 - Contaminarea cu un alt lichid va modifica tensiunea superficială și unghiul de contact al soluției.
 - Apa este cel mai comun contaminant.
-

89

Controlul de calitate al penetrantului:

- Penetranții spălabili cu apă au o toleranță limită pentru apă iar peste această toleranță, ei nu mai funcționează corespunzător (crește vâscozitatea, etc. ...).
 - La penetranții auto-emulsifiabili, contaminarea cu apă poate produce gelificarea, la concentrații mari de apă. Formarea gelului este o caracteristică importantă în procesul de spălare însă trebuie evitată până la acel stadiu al procesului.
-

90

Controlul de calitate al penetrantului:

- Datele indică faptul că contaminarea cu apă trebuie să fie mai mare decât 10 % pentru ca să se formeze gelurile.
 - Pentru siguranță, majoritatea specificațiilor limitează contaminarea cu apă la un nivel de siguranță de 5%.
 - În soluțiile lipofilice, apa nu se amestecă cu restul soluției și, de obicei, se separă la baza tancului. Cu toate acestea, rezultatele examinării probelor care ajung în acea zonă a tancului pot fi puternic afectate.
-

91

Controlul de calitate al penetrantului:

- **Contaminanții cei mai uzuali:** solvenții de curățare, uleiuri, acizi, substanțe caustice, etc.,
- Contaminanții organici pot dilua pigmentii și să absoarbă radiația ultravioletă înainte ca aceasta să ajungă la pigment, și de asemenea poate să modifice vâscozitatea penetrantului.
- Acizii și substanțele caustice pot diminua fluorescența penetranților solubili în apă.

=> VERIFICĂRI PERIODICE

92

Controlul de calitate al penetrantului:

- În momentul în care penetrantul este primit de la fabricant, o probă proaspătă de soluție trebuie prelevată și păstrată ca și referință (container de metal, sticlă opacă, bine închis).
 - Restul de penetrant, cel care se folosește, trebuie să se compare în mod regulat cu specimenul standard pentru detectarea modificărilor de:
 - Culoare
 - miros
 - consistență.
-

93

Controlul de calitate al penetrantului:

- Când se folosesc penetranți fluorescenți, este necesară și compararea print-un test de strălucire (picătură din penetrantul standard și cel folosit, pe o hârtie de filtru și compararea strălucirii celor două pete în lumină UV).
 - Concentrația de apă a penetranților spălabili cu apă trebuie verificată periodic.
-

94

Controlul de calitate la aplicarea penetrantului:

- Cea mai mică doză de control și exactitate
- În general, metoda de aplicare este dictată de rațiuni economice sau obișnuință.
- Este important ca proba să fie corect curățată și uscată.
- Intervalul de temperatură recomandat este de 4 -52 C.

Controlul calității temperaturii de spălare și a presiunii.

- Temperatura de spălare, presiunea și timpul sunt trei parametri care sunt în mod uzual controlați în specificațiile MLP.
- Metode: pulverizarea; tancul de imersie de spălare cu agitație cu aer.
- Pentru pulverizare, presiunea apei este uzual limitată la 276 kN/m² (40 psi).
- Temperatura apei de spălare este de obicei specificată într-un interval mai larg (de ex. 10 to 38 C in AMS 2647A.)

Controlul calității temperaturii de spălare și a presiunii.

- O presiune mică la pulverizatorul cu apă va forța mai puțină apă în fisuri.
- Temperatura are efect asupra tensiunii superficiale, apa caldă având proprietăți de udare mai puternice decât apa rece.
- Temperatura mai ridicată a apei va face emulsificatorii și detergenții mai eficienți.
- Timpul de spălare trebuie să fie suficient de lung încât să permită scăderea fondului la un nivel acceptabil => verificări vizuale frecvente.

97

Controlul de calitate al proceselor de uscare

- Temperatura la care sunt uscate probele după aplicarea unui revelator apos sau înainte de aplicarea unui revelator uscat (pulbere) sau a unui ne-apos, trebuie controlată pentru a se preveni „coacerea” penetrantului în defect.
- Unii pigmenți pot să pălească la temperaturi înalte din cauza evaporării pigmentilor sau sublimare;
- T înalte pot să producă uscarea penetrantului, prevenind migrarea acestuia înspre suprafață și deci producerea unei indicații (temperatura de uscare: sub 71°C; t uscare: minim).

98

Controlul de calitate al revelatorului

- Funcția revelatorului este foarte importantă în MLP. El trebuie să extragă din fisuri o cantitate suficientă de penetrant pentru a forma o indicație vizibilă.
 - La folosirea penetranților fluorescenți, cantitatea de penetrant adusă la suprafață trebuie să fie mai mare decât pragul de fluorescență a filmului subțire de colorant, altfel nu vom avea fluorescență.
 - Revelatorul face ca indicațiile fluorescente să fie mai strălucitoare decât cele produse de aceeași cantitate de pigmenți însă fără revelator.
-

99

Controlul de calitate al revelatorului

- Pentru îndeplinirea acestor funcții, un revelator trebuie să adere pe suprafața probei și să producă un strat uniform și poros pentru a putea extrage cât mai mult penetrant din fisuri, sub acțiunea capilarității.
 - Revelatorii sunt aplicați fie uzi fie uscați, rezultatul trebuind să fie același: **strat uniform, poros**.
 - Cerințele controlului de calitate sunt diferite pentru fiecare revelator.
-

100

Revelatori "pudră uscată"

- Trebuie verificat zilnic pentru a se asigura că a rămas pulverizabil și nu s-au format cocoloașe.
- Trebuie să nu conțină particule de penetrant fluorescent de la inspecțiile anterioare (pulverizarea unui eșantion de revelator pe o suprafață și inspectarea acestuia în lumină UV). Dacă există mai mult de zece focare fluorescente/ disc de 10 cm diametru, revelatorul folosit la testare trebuie aruncat.

101

Revelatori umezi Solubili/Suspensii

- Revelatorii solubili umezi trebuie complet dizolvați în apă iar cei în suspensii umede trebuie corect amestecați înainte de folosire.
- Concentrația pudrei în soluția purtătoare trebuie controlată cu grijă, cel puțin săptămânal, cu ajutorul unui higrometru, pentru a se asigura respectarea specificațiilor fabricantului.
- Pentru verificarea contaminării soluțiilor, acestea trebuie verificate de asemenea săptămânal în lumină vizibilă sau UV. Dacă se observă aglomerări/spumă sau soluția prezintă fluorescență, atunci trebuie înlocuită.

102

Revelatori umezi Solubili/Suspensii

- Acești revelatori sunt aplicați imediat după spălarea finală. O acoperire uniformă se realizează prin pulverizare sau imersarea probei în baia de revelator.
 - Trebuie evitată acumularea soluției de revelator în părțile concave.
 - Contactul prelungit al probei cu revelatorul trebuie evitat, pentru a minimiza diluarea sau eliminarea completă a penetrantului din interiorul discontinuităților.
-

103

Revelatorii suspensii în solvenți (ne-apoși, uzi)

- sunt de obicei livrați sub forma de spray-uri => verificarea directă a soluției nu este posibilă.
 - Se poate urmări modul în care lucrează acest revelator (să producă o acoperire fină, uniformă, pe toată suprafața probei).
 - Doza trebuie bine agitată înainte de folosire și, eventual, un test de acoperire se poate efectua pe o probă test.
 - Dacă pulverizarea produce jeturi de lichid sau acoperirea nu este uniformă atunci revelatorul trebuie aruncat.
-

104

Revelatorii suspensii în solvenți (ne-apoși, uzi)

- La aplicarea unui revelator de acest tip, cel care efectuează inspecția trebuie să decidă asupra grosimii acoperirii.
 - În cazul unui penetrant vizibil, revelatorul trebuie să fie suficient de gros pentru a asigura un fond alb de contrast, dar nu foarte gros, pentru a nu masca indicațiile.
 - În cazul penetranților fluorescenți, acoperirea trebuie să fie foarte subțire. Revelatorul trebuie aplicat la lumină albă și trebuie să apară uniform transparent pe întreaga probă.
-

105

Timpul de dezvoltare

- Probele trebuie lăsate sub acțiunea revelatorului minimum 10 minute, dar nu mai mult de 2 ore, înaintea inspecției finale.
-

106

Controlul de calitate al iluminării

- După ce o probă a fost corect procesată, este gata pentru inspecție.
 - Ne ocupăm de inspecțiile efectuate vizual de inspectori.
 - O iluminare corespunzătoare este importantă pentru inspecția unei suprafețe în vederea identificării indicațiilor penetrantului.
 - Cerințele sunt diferite în cazul în care avem de-a face cu penetranți vizibili față de cazul în care sunt utilizați penetranți fluorescenți
-

107

Iluminarea pentru inspecțiile folosind penetranți vizibili

- intensitatea luminii albe este de maximă importanță.
 - lumină naturală sau artificială.
 - luminii naturală variază de la o oră la alta și în funcție de condițiile atmosferice.
 - Pentru a se asigura uniformitatea iluminării în inspecțiile MLP, se recomandă folosirea iluminării artificiale.
-

108

Iluminarea pentru inspecțiile folosind penetranți fluorescenți

- Sunt importante atât iluminarea ultravioletă cât și cea vizibilă din interiorul camerei de inspecție.
- Pigmenții penetrantului sunt excitați de lumină UV de 365 nm și emit lumină vizibilă undeva în domeniul verde-galben, între 520 și 580 nm.
- Sursa de lumină ultravioletă este de obicei o lampă de mercur cu arc, protejată de un filtru.
- Lampa emite mai multe lungimi de undă, însă filtrul permite doar trecerea lungimilor de undă dintr-un domeniu de la 310 la 410 nm.

Iluminarea pentru inspecțiile folosind penetranți fluorescenți

- Lungimi de undă mai mari pot micșora contrastul iar cele mai mici pot avea efecte nedorite asupra celui care efectuează inspecția.
- Se verifică stării lentilelor și a filtrelor înainte de fiecare folosire. Lămpile UV nu trebuie folosite niciodată cu filtrele crăpate.
- Starea de curățire a filtrelor trebuie de asemenea verificată periodic, având în vedere că un strat de murdărie - solvent, ulei, ... - poate reduce cu până la 50 %, intensitatea iluminării.

Illuminarea pentru inspecțiile folosind penetranți fluorescenți

- Strălucirea materialului fluorescent este liniar dependentă de excitația ultravioletă => o creștere a intensității iluminării și/sau o modificare a distanței de la sursa de lumină la suprafața de inspectat pot avea un impact mare asupra inspecției.
- Valorile recomandate sunt de $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, măsurată la 15 cm de filtru (valori între 800 și 1200 apar în specificații/recomandări).

111

Illuminarea pentru inspecțiile folosind penetranți fluorescenți



- Verificarea iluminării trebuie repetată la schimbarea becului și de-a lungul timpului de viață al acestuia (poate scădea cu până la 25 %), și de asemenea când o modificare a intensității iluminării este observată, sau după 8 ore de funcționare continuă.
- Modificările de tensiune de alimentare a becului sunt de asemenea susceptibile de a provoca variații ale iluminării. De asemenea, lămpile UV trebuie lăsate să se încălzească minimum 15 minute înainte de folosire.

112

Iluminarea pentru inspecțiile folosind penetranți fluorescenți

- La efectuarea inspecției în lumină UV, lumina albă trebuie redusă la minim pentru a nu reduce probabilitatea de detectare a defectelor. Când se verifică lumina UV la 15 cm de filtru, trebuie măsurată și cantitatea de lumină albă, pentru a se verifica eficiența filtrului.

Măsurarea luminii

- Intensitatea luminoasă se măsoară cu ajutorul unui instrument (radiometru) care traduce energia luminoasă în curent electric.
- Lumina lovește o fotodiodă, produce sarcini electrice, iar sub acțiunea unei tensiuni se produce un curent electric. Intensitatea acestui curent depinde liniar de intensitatea luminii incidente.
- Unele instrumente sunt calibrate pentru măsurarea atât a luminii albe cât și a celei UV, în timp ce altele necesită câte un senzor pentru fiecare tip de măsurătoare.

Măsurarea luminii

- Indiferent ce tip de senzor este folosit, suprafața acestuia trebuie păstrată curată și fără depuneri care ar putea obstrucționa accesul luminii la senzor.
- Radiometrele sunt relativ instabile iar indicațiile acestora se modifică, uneori considerabil, de-a lungul timpului. De aceea, ele trebuie calibrate cel puțin o dată la șase luni. Măsurătorile în lumină ultravioletă trebuie efectuate folosind un suport care să mențină o distanță constantă de la filtru la suprafața senzorului iar senzorul trebuie centrat în conul de lumină.

115

Verificarea performanței sistemului

- Efectuarea de măsurători pe probe test cu distribuție cunoscută a defectelor, pentru a vedea dacă metoda indică discontinuitățile de dimensiunea căutată.
- Probele test trebuie prelucrate în mod identic cu probele folosite în mod uzual.
- O verificare a performanțelor sistemului este necesară în mod obișnuit zilnic, la reactivarea sistemului în urma unor reparații sau întrețineri sau de fiecare dată când este necesar (se observă că rezultatele nu sunt pe măsura așteptărilor).

116

Verificarea performanței sistemului

- Având în vedere că MLP este operator-dependent, adică rezultatele sunt direct dependente de aptitudinile operatorului, fiecare operator trebuie să-si efectueze propriul test.
 - Proba test ideală este una care are defecte naturale de dimensiune cât mai apropiată de dimensiunea minimă acceptată.
 - Unele specificații indică tipul și dimensiunea defectelor care trebuie să fie prezente în proba test și care trebuie să fie detectate.
-

117

Verificarea performanței sistemului

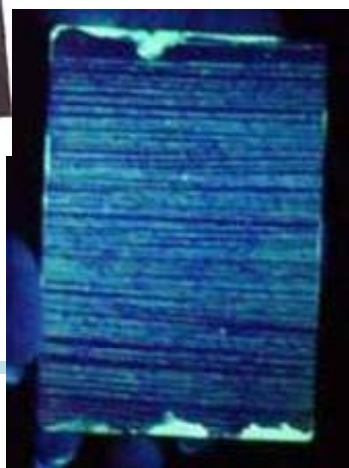
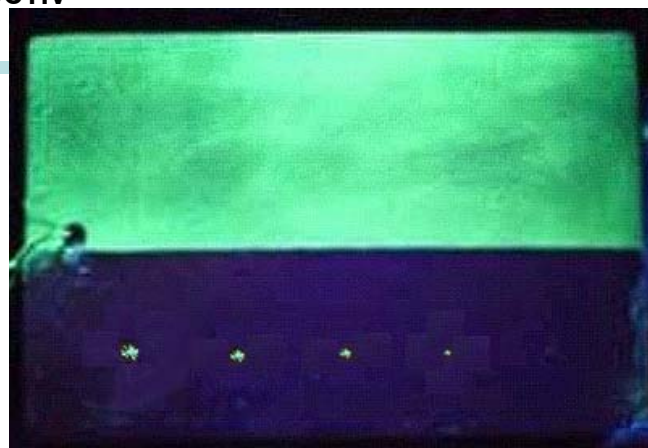
- Finisarea suprafeței va afecta spălabilitatea astfel că proba test trebuie să aibă caracteristici similare cu probele care urmează a fi investigate.
 - Dacă se folosesc penetranți cu nivele diferite de sensibilitate, trebuie să existe probe test pentru fiecare tip de penetrant.
-

118

Verificarea performanței sistemului

- Există câteva probe test, așa numite universale, care pot fi utilizate ca standarde. Acestea sunt de obicei fabricate din oțel, cromat pe o parte și finisat la o anumită rugozitate pe cealaltă jumătate. Partea cromată este ciocănită pentru a se produce o serie de crăpături. Cinci zone de impact produc diverse zone de crăpături. Fiecare probă are semnătura ei proprie iar variații ale acestei semnături indică variații ale procesului de detectare. Formele detectate precum și strălucirea sunt indicatori ai consistenței măsurărilor.

119



120

Verificarea performanței sistemului

- Grijă cu care se efectuează testele de verificare a performanței sistemului este de mare importanță.
- Probele test trebuie să fie manipulate cu grijă pentru a se evita deteriorarea acestora.
- Probele test trebuie curățate cu atenție după folosire iar păstrarea într-un solvent este de obicei recomandată.
- Înainte de prelucrarea unei probe-test ea trebuie inspectat în prealabil în lumină UV pentru a fi siguri că nu produce o indicație.

121

Dependența sensibilității MLP de natura defectului

- Sensibilitatea MLP: cel mai mic defect ce poate fi detectat cu un grad de încredere ridicat.
- În mod uzual, lungimea crăpăturii unui defect pe o anumită suprafață este folosită pentru a defini mărimea defectului (are un efect major asupra sensibilității).
- Lungimea crăpăturilor nu este unicul criteriu pentru a stabili dacă o fisură va fi detectată sau nu în MLP => volumul defectului.

122

Dependența sensibilității MLP de natura defectului

- Fisura trebuie să aibă un volum suficient de mare pentru ca suficient penetrant să poată fi extras, pentru a fi vizibil cu ochiul liber sau pentru a satisface limita dimensională de fluorescență.

În general, MLP este mai eficientă la identificarea:

- defectelor mici și rotunde decât a defectelor mici liniare (pot capta o cantitate însemnată de penetrant; se umplu cu penetrant mai rapid decât cele liniare). O fisură eliptică cu raportul lungime/lățime egal cu 100, se va umple cu penetrant de circa zece ori mai încet decât una cilindrică, de același volum.
- fisurilor adânci decât a celor de suprafață. Fisurile adânci vor capta mai mult penetrant decât cele de suprafață și sunt mai puțin sensibile la supra-spălare.

În general, MLP este mai eficientă la identificarea:

- **Fisuri cu o deschidere mai mică la suprafață decât cele cu o deschidere largă.** Fisurile cu deschidere mică sunt mai puțin afectate de supra-spălare.
 - **fisuri pe suprafețe netede decât pe suprafețe rugoase.** Rugozitatea suprafeței probei este un prim factor care afectează capacitatea de eliminarea a penetrantului în exces. Suprafețele rugoase tind să captureze mai mult penetrant iar eliminarea penetrantului în exces este mai dificilă (supra-spălare poate fi necesară) iar fondul de zgomot va fi mai ridicat.
-

125

În general, MLP este mai eficientă la identificarea:

- **fisuri cu formă neregulată (de rupere) decât cele de formă regulată.** Rugozitate fisurii reprezintă un factor care modifică viteza cu care penetrantul pătrunde în defectul cu pricina. În general, penetrantul se împrăștie mai ușor pe o suprafață dacă rugozitatea acesteia este mai mare.
-

126

În general, MLP este mai eficientă la identificarea:

- **fisuri în probe solicate la întindere (sau nesolicate) decât fisuri în probe solicate prin comprimare.** Toate fisurile au fost detectate dacă nu s-a aplicat nici o solitare sau dacă proba a fost solitată prin întindere. Pe de altă parte, dacă proba a fost solitată prin comprimare, probabilitatea de detecție a scăzut dramatic odată cu creșterea comprimării, și a dispărut la comprimări mari.

Măsuri de protecția muncii în MLP

- Dacă se folosesc măsuri de protecție corespunzătoare, MLP poate fi aplicată fără efecte negative asupra sănătății personalului.
- Fiecare tip de inspecție cu lichid penetrant are o serie de etape/pași caracteristici, care implică măsuri de protecție specifice,
- Amintim aici doar principiile generale de protecție, comune tuturor metodelor, urmând ca pentru fiecare metodă să se urmărească măsurile de protecție specificate în fișa de lucru a metodei respective.

Protecția muncii: Chimicale

- Precauțiile sunt de obicei specificate pe flacoanele conținând produsele utilizate: toxic, inflamabil, masca obligatorie/recomandată,
 - Înainte de a lucra cu orice tip de material chimic, este indicat a se citi recomandările producătorului, pentru a se asigura siguranța și igiena manipulării.
 - Unele din materiale sunt inflamabile și de aceea trebuie folosite doar în mici cantități. Ele trebuie folosite doar în spații bine ventilate, departe de orice sursă de scântei sau foc deschis.
-

129

Protecția muncii: Chimicale

- Ochelari de protecție trebuie purtați întotdeauna pentru a evita contactul produselor chimice cu ochii.
 - Multe din chimicalele folosite conțin detergenți care pot provoca iritații ale pielii.
 - Mănuși și alte haine protectoare pot fi recomandate pentru a se micșora probabilitatea de contact a chimicalelor cu pielea.
-

130

Protecția muncii: Lumina ultravioletă

- Lumina ultravioletă (UV) sau are lungimi de undă de la 180 la 400 nanometri (partea invizibilă a spectrului electromagnetic între lumina vizibilă și razele X).
 - Cea mai familiară sursă de lumină ultravioletă este soarele.
 - Lumina UV este folositoare, în cantități mici, proceselor biologice. Expunerea excesivă la radiație UV, poate însă cauza arsuri și crește riscul de producere a cancerului de piele. De asemenea, poate provoca inflamarea ochilor, cataracte sau deteriorări ale retinei.
-

131

Protecția muncii: Lumina ultravioletă

- Lămpile de laborator produc raze UV de intensitate mult mai mare decât cea a soarelui și deci pot provoca vătămări mult mai ușor.
 - Una din probleme principale ale expunerii la UV este că, într-o primă etapă, individul nu-și dă seama de vătămare. În mod normal, nu există semne ale „iradierii” până după câteva ore de la expunere.
-

132

Protecția muncii: Lumina ultravioletă

- Vătămări ale pielii și ochilor apar la lungimi de undă în jurul valorii de 320 nm și mai scurte, ceva mai scurte decât lungimea de undă de 365 nm, la care sunt făcuți penetranții să producă fluorescență.
- Lămpile UV vândute pentru a fi folosite în MLP sunt adeseori filtrate pentru eliminarea lungimilor de undă dăunătoare.