

Visual
Tap Testing
Acoustic Emission
Ultrasonic
Flux Leakage
Microwave
X-ray
Magnetic Measurements
Laser Interferometry
Thermography
Magnetic Particle
Acoustic Microscopy
Liquid Penetrant
Replication
Eddy Current

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

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**

Ce sunt MCN?

Care sunt și care nu sunt MCN?

Scopul MCN?

Care sunt informațiile obținute cu ajutorul MCN?

Metodele de control nedistructiv

Aplicațiile uzuale

Cine sunt beneficiarii MCN?

Ce sunt MCN?

Care sunt și care nu sunt MCN?

Scopul MCN?

Care sunt informațiile obținute cu ajutorul MCN?

Metodele de control nedistructiv

Aplicațiile uzuale

Cine sunt beneficiarii MCN?

În engleză:

- **NDT** (Nondestructive Testing)
- **NDE** (Nondestructive Evaluation/Examination)

În engleză:

- **NDT** (Nondestructive Testing)
- **NDE** (Nondestructive Evaluation/Examination)

În română:

- **TND** (testare nedistructivă)
- **IND** (inspecție nedistructivă)
- **END** (evaluare nedistructivă)
- **MCN** (Metode de control nedistructiv)

Controlul nedistructiv cuprinde setul de metode folosite pentru examinarea proprietăților specifice ale unor obiecte, materiale sau dispozitive, care **NU** afectează funcționalitatea/utilitatea acestora.

Exemple:

Metode folosind Raze X, ultrasunete, endoscoape:
de cele mai multe ori în relație cu aplicații medicale.

Aceste metode sunt folosite atât în medicină
cât și în aplicații industriale. Termenul de
control nedistructiv este folosit aproape în
exclusivitate pentru a descrie aplicațiile ne-
medicale.

Ce sunt MCN?

Care sunt și care nu sunt MCN?

Scopul MCN?

Care sunt informațiile obținute cu ajutorul
MCN?

Metodele de control nedistructiv

Aplicațiile uzuale

Cine sunt beneficiarii MCN?

Care sunt și care nu sunt metode de control nedistructiv?

Controlul nedistructiv răspunde în special la întrebări de felul:

- cât timp poate fi folosită piesa respectivă?
- când trebuie verificată din nou?
- ce este în neregulă cu materialul/dispozitivul?

Nu ne interesează dacă funcționează sau nu componenta respectivă.

Radarul și sonarul?

11

Care sunt și care nu sunt metode de control nedistructiv?

Dacă pentru efectuarea măsurătorilor asupra obiectului de interes a fost necesară desprinderea unei bucăți din acel obiect ,

Metoda folosită este nedistructivă sau nu?

12

Care sunt și care nu sunt metode de control nedistructiv?

Având în vedere că partea supusă investigației a fost scoasă din uz permanent, metoda respectivă, în acea situație, **NU** este una nedistructivă. Adică este o metoda distructivă.

Care sunt și care nu sunt metode de control nedistructiv?

Exemplu:

Verificăm, prin microscopie electronică, materialul din care este construit un vas de presiune. Răzuim puțin material dintr-o zonă necritică a vasului și o investigăm. Funcționalitatea vasului nu a fost modificată însă bucata răzuită nu-și va recâștiga locul ei pe vasul respectiv (și-a pierdut funcționalitatea). În această situație particulară, metoda este una distructivă. Utilitatea materialului nu trebuie afectată.

Care sunt și care nu sunt metode de control nedistructiv?

Testarea durității prin metoda indentării, este distructivă sau nu?

Metoda constă în aplicarea unei forțe asupra unui vârf Aplicarea forței este controlată iar vârful cu pricina lasă o urmă minusculă . Diametrul acelei urme este corelată cu forța aplicată pentru a da o măsură a durității.

Care sunt și care nu sunt metode de control nedistructiv?

Testarea durității prin metoda indentării, este distructivă sau nu?

Utilitatea ulterioară a piesei nu este afectată, cu excepția unor cazuri rare în care calitatea suprafeței este importantă. Cu toate acestea, deoarece conturul piesei a fost modificat, testul este doar arareori considerat nedistructiv.

De cele mai multe ori, controlul nedistructiv se referă la **identificarea discontinuităților** pe suprafața și în interiorul materialelor: **detectia fisurilor/crăpăturilor, porozitate, incluziuni, modificarea dimensiunilor** datorită coroziunii, eroziunii, etc. .

După anii 1920, metodele de control nedistructiv au evoluat de la nivelul unei curiozități de laborator la cel al unei necesități în procesul de producție.

Inspekția vizuală nu mai este singurul mijloc pentru determinarea calității unui produs.

Controlul nedistructiv, cu metodele sale, permite detectia defectelor de suprafață a fisurilor și a altor discontinuități de pe suprafețe, permite măsurarea grosimii materialelor sau a acoperirilor precum și a altor caracteristici ale echipamentelor/probelor industriale.

Ce sunt MCN?

Care sunt și care nu sunt MCN?

Scopul MCN?

Care sunt informațiile obținute cu ajutorul MCN?

Metodele de control nedistructiv

Cine sunt beneficiarii MCN?

Scopul:

1. Asigurarea fiabilității produselor
2. Evitarea defecțiunilor, a accidentelor și protejarea vieții oamenilor
3. Crearea de profit pentru utilizator
4. Asigurarea satisfacției clientului și păstrarea reputației producătorului
5. Îmbunătățirea designului produselor
6. Controlul procesului de producție
7. Micșorarea prețurilor de producție
8. Menținerea unui nivel de calitate uniform

1. Asigurarea fiabilității produselor

Așteptările cumpărătorilor unui anumit produs:

Produsul să poată fi folosit o perioadă suficient de îndelungată, fără a se defecta și să aibă un service de întreținere ușor de implementat.

- puține produse sunt garantate a funcționa zeci de ani.
- în fiecare an, publicul așteaptă produse mai fiabile, cu viață mai lungă, în ciuda creșterii complexității electrice și mecanice a produselor.

1. Asigurarea fiabilității produselor

Oamenii și mărfurile se deplasează.

- Dorim ca oamenii sau bunurile să ajungă dintr-un loc în altul fără întârzieri cauzate de defecte.
- Autostrăzi, autovehicule, trenuri, căi ferate, vapoare, avioane, conducte, tancuri de transport/depozitare, centrale electrice, ...

1. Asigurarea fiabilității produselor

Întreprinderile produc tot mai multe mașini, mai rapid, mai bine și folosind echipamente automatizate.

- Managerii se așteaptă ca mașinile lor să producă în flux continuu, deoarece profitul depinde de aceasta.
- Complexitatea mașinilor actuale (fie a celor folosite pentru producție, fie a acelor folosite pentru transport) necesită o fiabilitate ridicată a fiecărei componente.

1. Asigurarea fiabilității produselor

Dacă un produs are o parte care are o probabilitate de defectare înainte de termen de 1 la 1000, ne putem declara satisfăcuți.

Dacă produsul conține 100 de părți critice de felul celei de mai sus, avem o problemă.

Care este probabilitatea de defectare a produsului?

Utilizatorii acestui produs vor fi dezamăgiți dacă unul din zece produse se defectează prematur.

1. Asigurarea fiabilității produselor

Imaginați-vă, de exemplu, numărul de părți critice și de componente ale unui autovehicul.

Teoretic, la defectarea a aproape oricărei din aceste componente critice, autovehiculul este inutilizabil.

1. Asigurarea fiabilității produselor

Incidența mică a defecțiunilor unor autovehicule spune multe despre abilitatea designerilor de a concepe, a metalurgiștilor de a alege materialele corespunzătoare, a personalului de producție de a forja, freza, ... , și asambla corespunzător părțile componente, precum și a inspectorilor de calitate de a stabili standarde de calitate și a verifica dacă produsele respectă aceste standarde de calitate.

2. Evitarea defecțiunilor, a accidentelor și protejarea vieții oamenilor

Scăderea numărului de defecțiuni=

Protejarea investițiilor

Protejarea vieții oamenilor

27

3. Crearea de profit pentru utilizator

4. Asigurarea satisfacției clientului și păstrarea reputației producătorului

- Deși cel mai lăudabil motiv pentru folosirea controlului nedistructiv este siguranța, motivul principal este de a se obține un profit.
- Profit ne-tangibil=satisfacția clientului și creșterea/menținerea prestigiului producătorului.

Calitatea produselor

28

3. Crearea de profit pentru utilizator

4. Asigurarea satisfacției clientului și păstrarea reputației producătorului

- Cine definește nivelul de calitate necesar, unde?
- Ce alți factori influențează decizia clienților?
 - Funcționalitatea, designul, împachetarea, calitatea service-ului, prețul.
 - Calitatea și prestigiul producătorului.

5. Îmbunătățirea designului produselor

- Testarea produselor pilot, folosind metode nedistructive
- Modificarea designului în funcție de rezultatele testărilor
- Exemplu: analiza distribuției stresului/tensiunilor pe suprafețe

6. Controlul procesului de producție

- **Controlul: concept de bază în industrie.**
- **Asigurat de personal specializat**
- **MCN asistă controlul calității.**

31

6. Controlul procesului de producție

Exemplu: tratament termic

- **Metalurgistul propune o metodă de preparare**
- **O MCN verifică dacă produsul este omogen**
- **O altă MCN verifică dacă produsul prezintă fisuri-defecte**
- **Alte teste verifică dacă s-a obținut duritatea necesară.**
- **Procesul de producție poate fi corectat, în funcție de rezultatele testelor => economii de timp și bani.**

32

7. Micșorarea prețurilor de producție

Principiu: o MCN poate să reducă costurile de producție atunci când poate identifica defectele materialului în stagiul inițial al procesului de producție.

Exemplu: Testarea materialelor înaintea forjării (a unor operații energofage sau costisitoare)

Alegerea MCN optime pentru controlul materialului poate de asemenea să producă economii.

8. Menținerea unui nivel de calitate uniform

Scopul MCO: creșterea calității produselor?

- menținerea calității la nivelul dorit de producător.
- o calitate mai mică poate distruge încrederea consumatorilor în acel producător
- o calitate mai mare, se obține de obicei cu costuri mai ridicate => reduce marja de profit
- managerii decid asupra nivelului de calitate dorit.

8. Menținerea unui nivel de calitate uniform

!! Nu MCO influențează calitate produselor ci deciziile managerilor !!

- Dacă managerii doresc să producă produse de calitate, MCO îi ajută să nu coboare sub limitele impuse.
- Dacă managerii doresc să producă ... (gunoi) MCO îi ajută să nu depășească această limită.
- Asa cum pentru designul produselor se acceptă toleranțe, la fel și în MCN se admit criterii de calitate, după care se judecă dacă un produs este acceptat sau eliminat din etapele următoare de producție.

35

- Mașinile moderne sunt mult mai complexe
- Automobile - frâne, geamuri, climă, încălzire, echipament de navigație, ...

-Calculatoare

-Aviație

Limitele sunt dictate în special de confortul utilizatorilor

- Materiale noi, reducerea dimensiunilor și a greutății
- Solicitarea este aceeași sau mai mare => factorii de siguranță scad => MCN pentru verificarea echipamentelor-materialelor pentru că

36

- **Costurile legate de defecțiuni sunt ridicate**
 - Materiale și mână de lucru
 - Componente complexe
 - Ansambluri complexe
 - Defectarea unei componente poate duce la defectarea altora
 - Defectarea unor componente dintr-o mașină de producție automată poate întrerupe un întreg ciclu de producție
 - Cei ce produc piesele componente au din ce în ce mai puțin contact cu ele.

Ce sunt MCN?

Care sunt și care nu sunt MCN?

Scopul MCN?

Care sunt informațiile obținute cu ajutorul MCN?

Metodele de control nedistructiv

Aplicațiile uzuale

Cine sunt beneficiarii MCN?

Informații obținute cu ajutorul MCN:

- Dimensiune:
- Compoziție:
- Structură:
- Proprietăți fizice:
- Discontinuități și separări:

Informații obținute cu ajutorul MCN:

- Dimensiune: grosime, diametru, formă, contur..
- Compoziție: analiza și identificarea elementelor și distribuția acestora, identificarea aliajelor, impurităților, a produșilor de reacție, ...
- Structură: structura moleculară, structura cristalină, dimensiune de grăunți, faze, anizotropie
- Proprietăți fizice: electrice, magnetice, termice, duritate, culoare, reflexie
- Discontinuități și separări: fisuri, zgârieturi, rugozitate, goluri, incluziuni, segregări, etc.

Informații obținute cu ajutorul MCN

- Tensiuni mecanice și dinamica răspunsului materialului la acestea: **tensiuni reziduale, inițierea și creșterea fisurilor, deformări plastice, uzură, îmbătrânire, etc.**
- Identificări: **spectrul de frecvență, configurație de câmp magnetic, etc.**
- etc.

Ce sunt MCN?

Care sunt și care nu sunt MCN?

Scopul MCN?

Care sunt informațiile obținute cu ajutorul MCN?

Metodele de control nedistructiv

Aplicațiile uzuale

Cine sunt beneficiarii MCN?

Inspecția vizuală



Cea mai simplă metodă de investigație.

Diverse tipuri de microscopice și alte "scoape", oglinzi și dispozitive de apropiere/mărire a imaginii.

43

Inspecția vizuală

Unitate de inspecție portabilă cu lungime variabilă a brațului, pentru investigarea recipientelor mari (de depozitare sau transport)



44

Inspecția vizuală



Dispozitive teleghidate permit inspecția în zonele de risc sau cu acces dificil (reactori, conducte, etc.).

45

Metoda lichidului penetrant



- Un lichid cu proprietăți de udare ridicate este aplicat pe o **suprafață** și lăsat să pătrundă în fisurile acesteia
- lichidul în exces este îndepărtat și un revelator este aplicat peste întreaga suprafață

46

Metoda lichidului penetrant

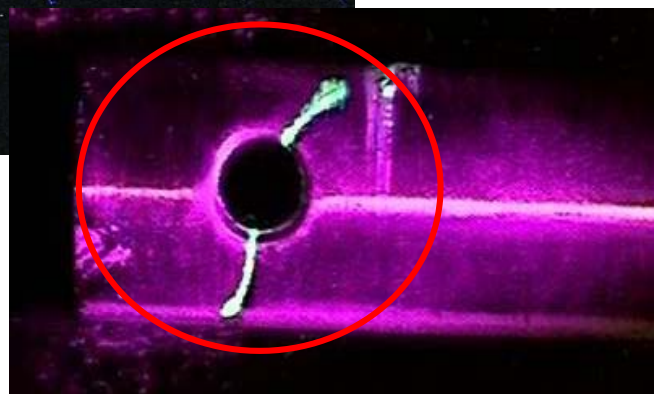
Inspecția vizuală este ultima etapă

- În lumină albă
- În lumină ultravioletă



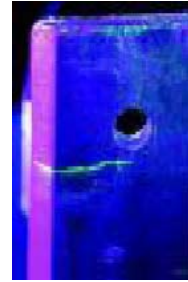
47

Metoda lichidului penetrant



48

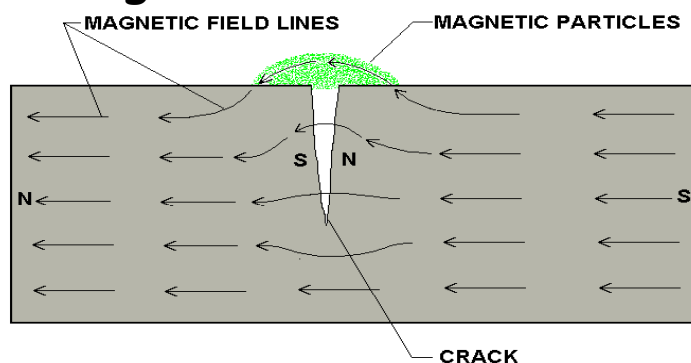
Metoda lichidului penetrant



49

Inspecția cu particule magnetice

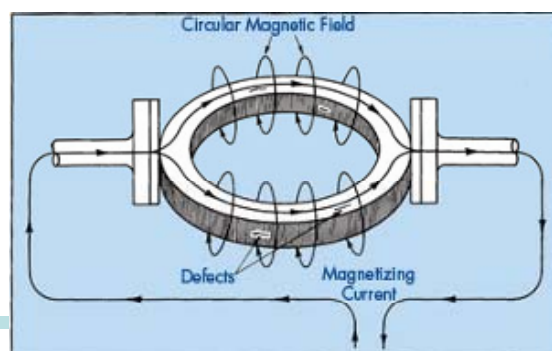
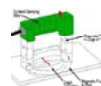
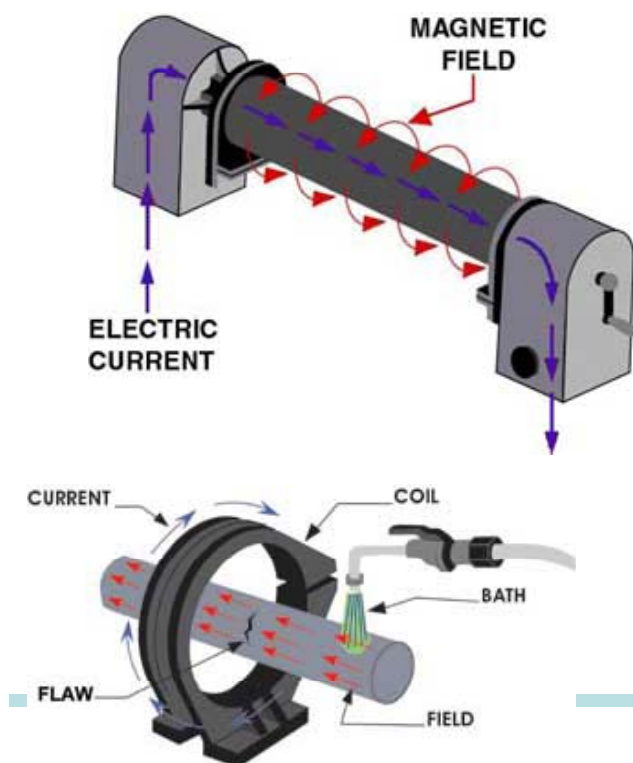
- Proba este magnetizată
- Particule de fier, colorate, sunt pulverizate pe suprafața probei
- Acestea sunt atrase de scăpările de flux magnetic și formează aglomerări în acele regiuni.
- Inspecție vizuală.
- Demagnetizare.



50

Inspecția cu particule magnetice

Producerea câmpului magnetic



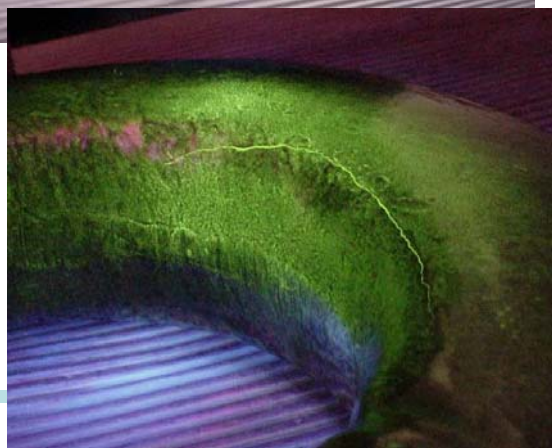
51



52

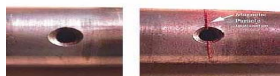
Inspecția cu particule magnetice

Exemple



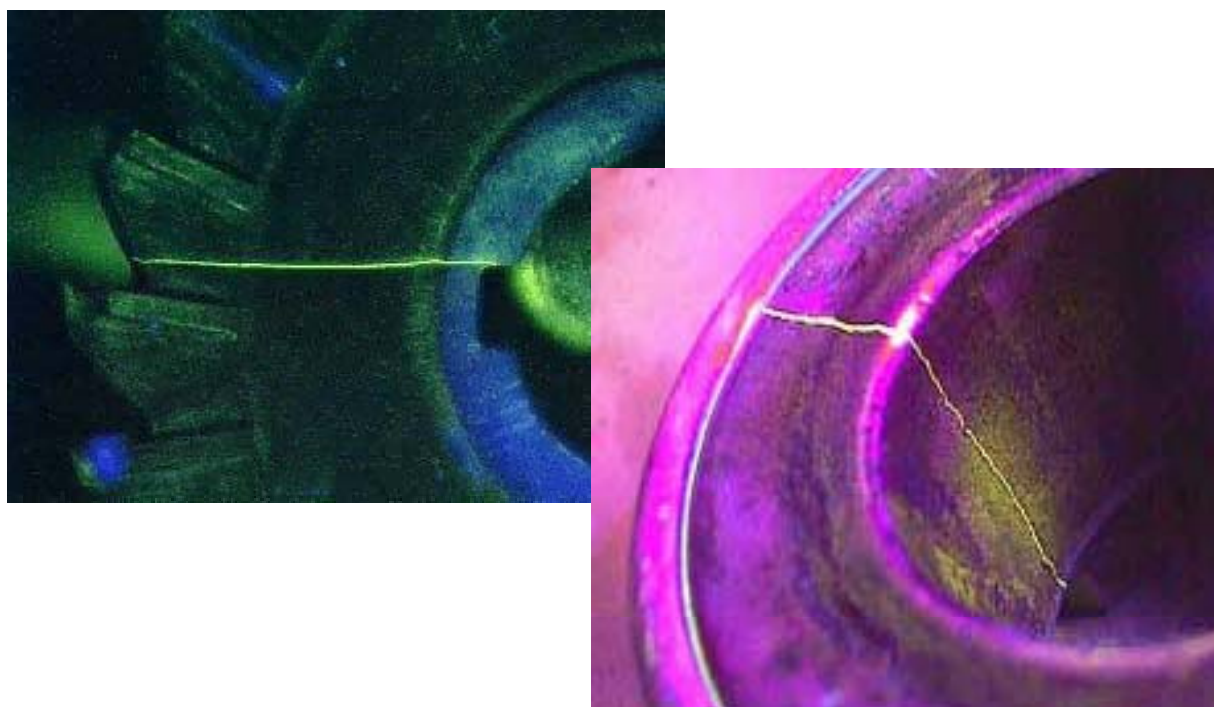
53

Inspecția cu particule magnetice



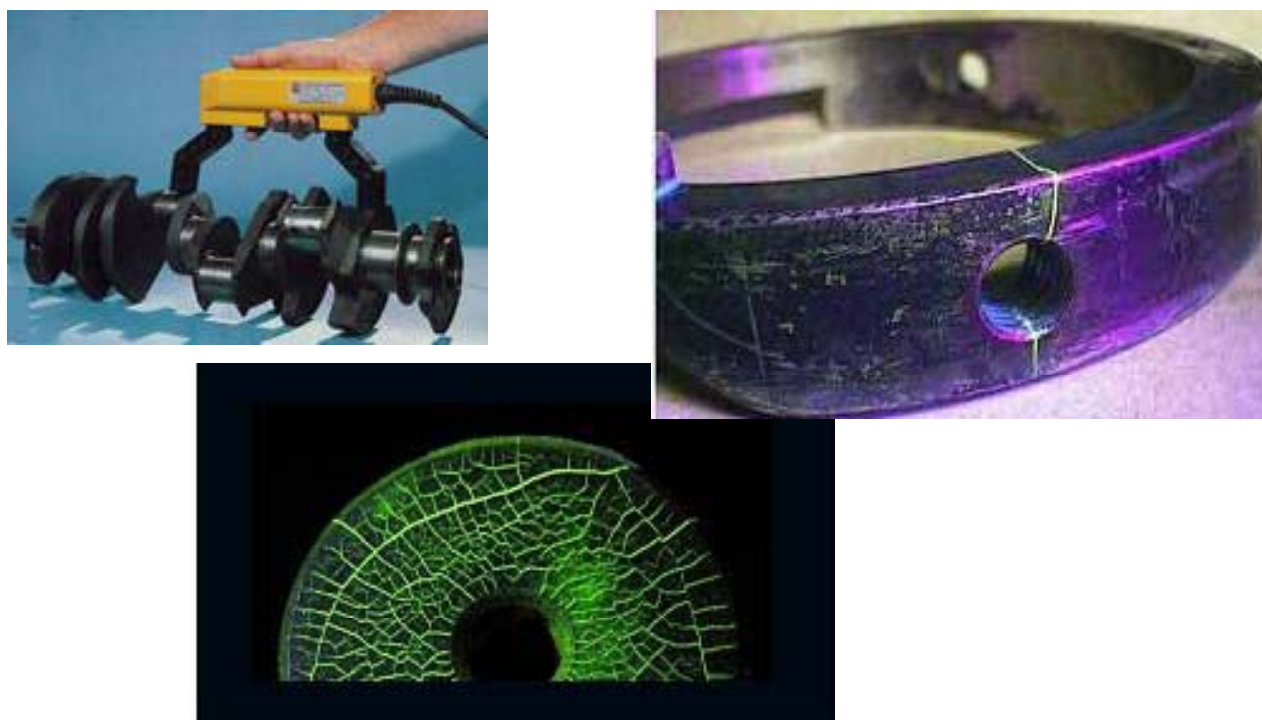
54

Inspecția cu particule magnetice



55

Inspecția cu particule magnetice



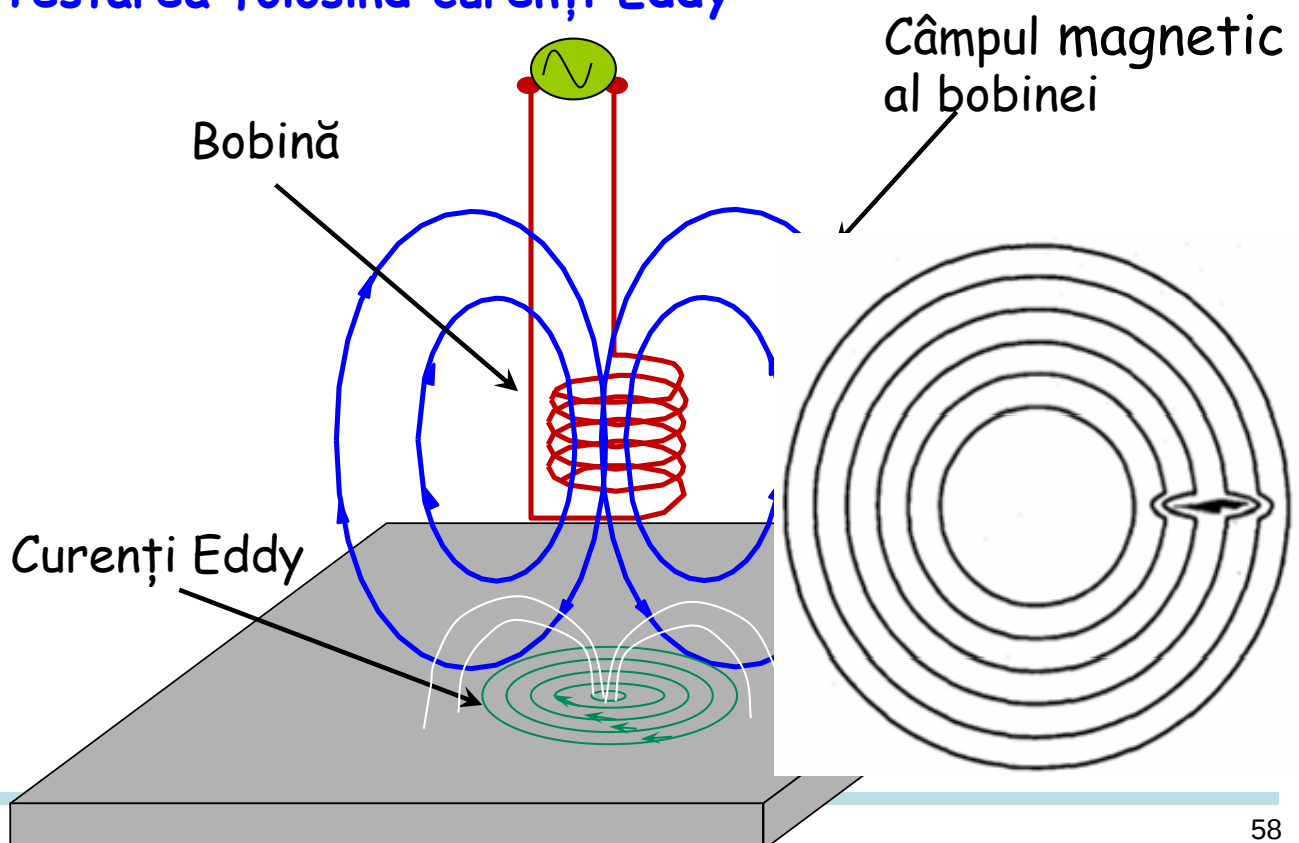
56

Testarea folosind curenți Eddy

- Curenți electrici sunt generați în material (conductor) cu ajutorul unui câmp magnetic extern (alternativ)
- Curenții electrici sunt circulari și apar la suprafața materialului.
- Întreruperile în scurgerea curenților electrici, cauzate de imperfecțiuni de suprafață, modificări dimensionale sau modificări ale conductivității-permeabilității materialului pot fi detectate folosind instrumente adecvate.

57

Testarea folosind curenți Eddy



58

Testarea folosind curenți Eddy

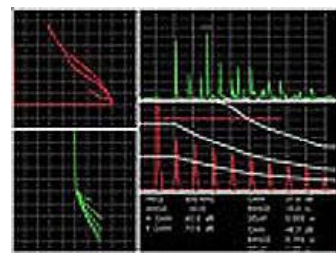
- Se pot detecta doar fisuri de suprafață sau din imediata apropiere a suprafeței
- Instrumentele trebuie calibrate înaintea inspecției, folosind probe din materiale similare, având fisuri cunoscute

Aplicabilitate

- inspecția/service-ul tubulaturilor la centrale nucleare, platforme chimice/petrochimice, submarine, sisteme de aer condiționat
- inspecția motoarelor de avioane
- testarea producțiilor de bare-țevi ...

59

Testarea folosind curenți Eddy: Instrumentar



60

Testarea folosind curenți Eddy: Exemplu



61

Testarea folosind curenți Eddy: Exe



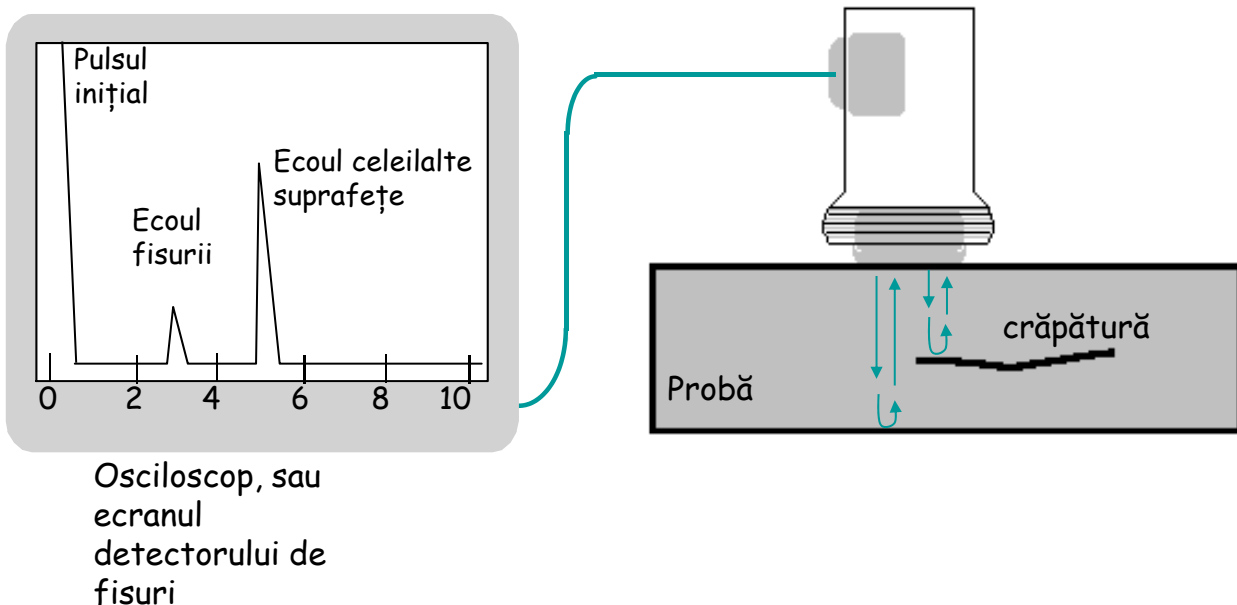
62

Testarea ultrasonică

- Folosește transmisia în materialul de investigat a undelor acustice de înaltă frecvență
- Scopul este de a detecta imperfecțiunile și de a detecta modificări locale ale proprietăților materialelor
- Cea mai folosită metodă este metoda puls-ecou, în care un puls de ultrasunete este introdus în materialul de investigat iar reflexiile (ecoul) pe imperfecțiunile materialului este înregistrat de un receptor.

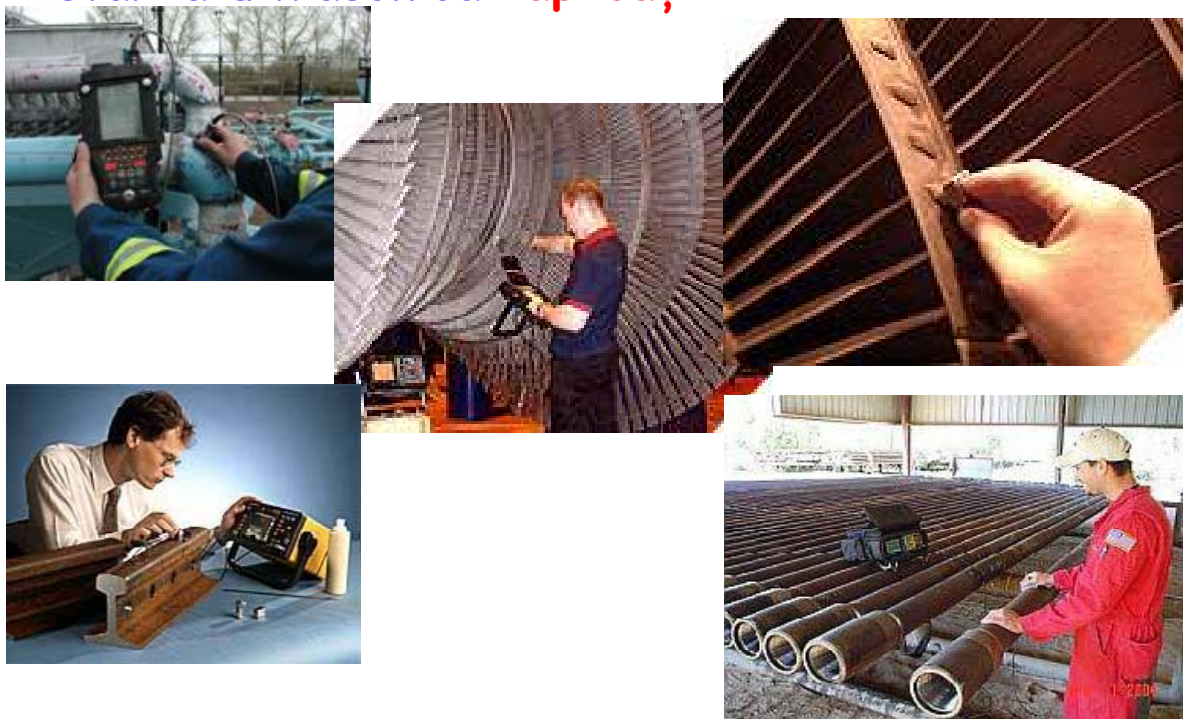
63

Testarea ultrasonică



64

Testarea ultrasonică: aplicații



65

Testarea ultrasonică: aplicații



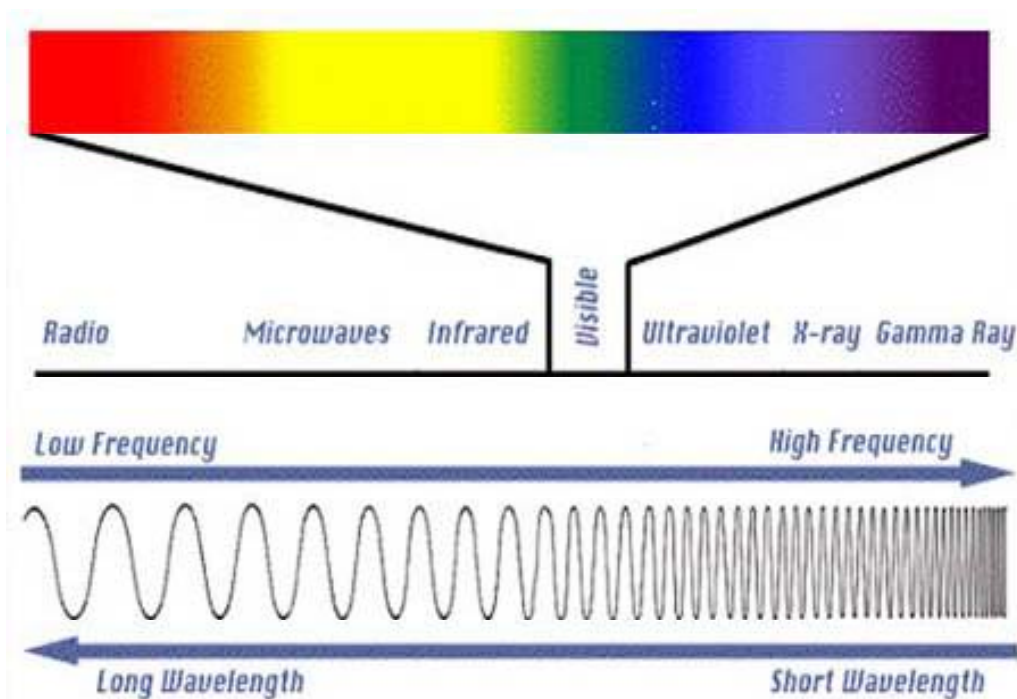
66

Radiografia

- Folosește radiații gamma sau X penetrante (energie mare) pentru a detecta imperfecțiunile din probe.
- Sursa de radiații este un generator de raze X sau un radioizotop.
- Radiația este dirijată prin probă spre un film sau alt mijloc de înregistrare.
- Imaginea rezultată reprezintă o hartă a caracteristicilor probei. Imperfecțiunile apar pe imagine ca și modificări ale densității de culoare.
- Se folosește în special pentru identificarea defectelor de interior sau a modificărilor de grosime (coroziune).

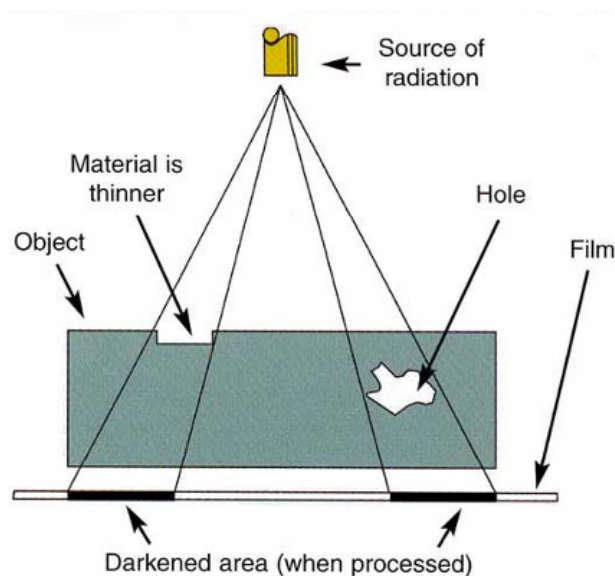
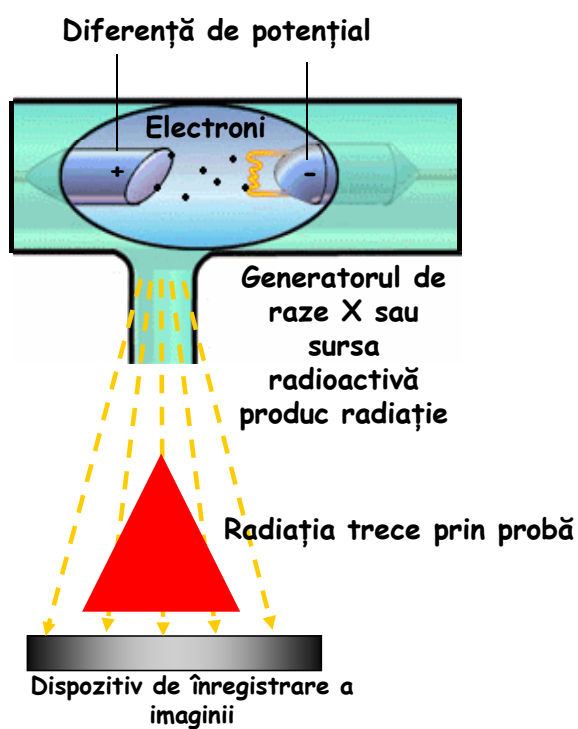
67

Radiografia



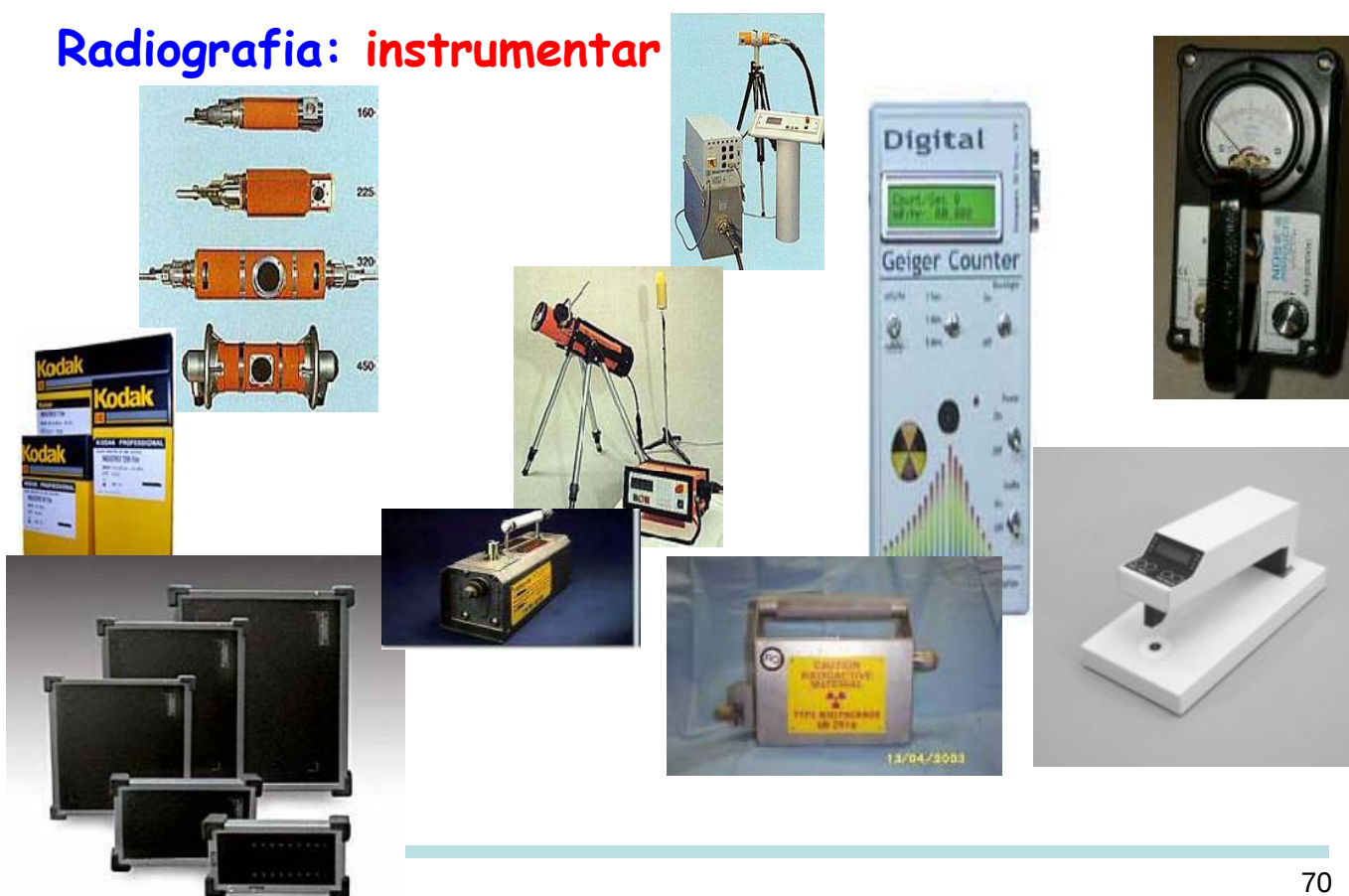
68

Radiografia



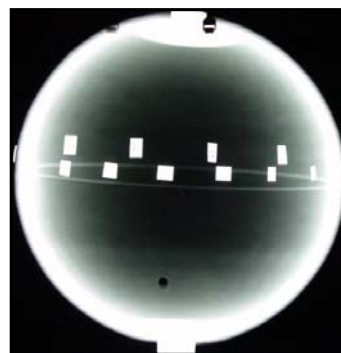
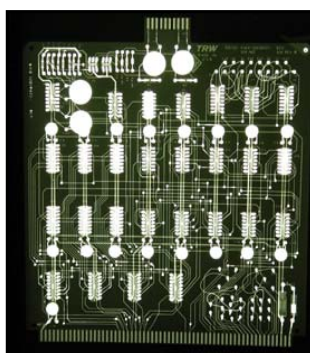
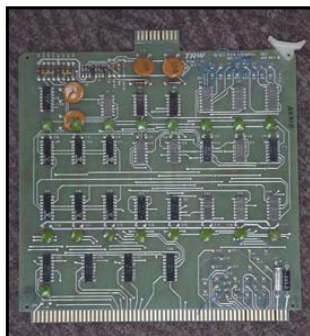
69

Radiografia: instrumentar



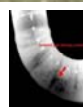
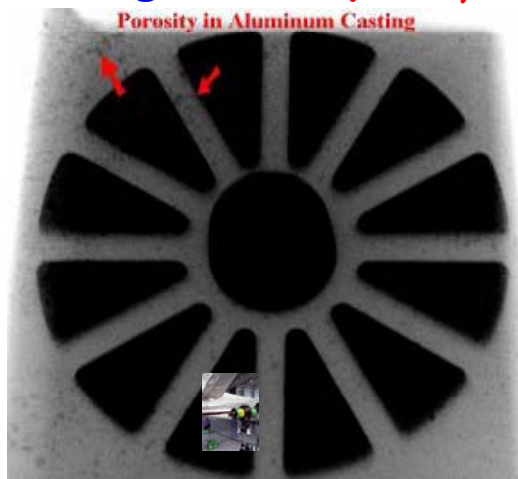
70

Radiografia: exemple de imagini



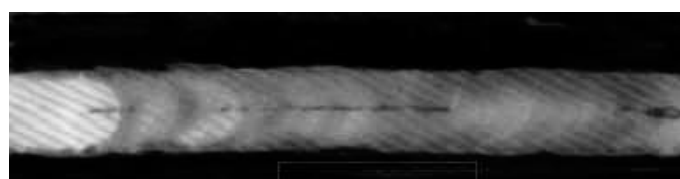
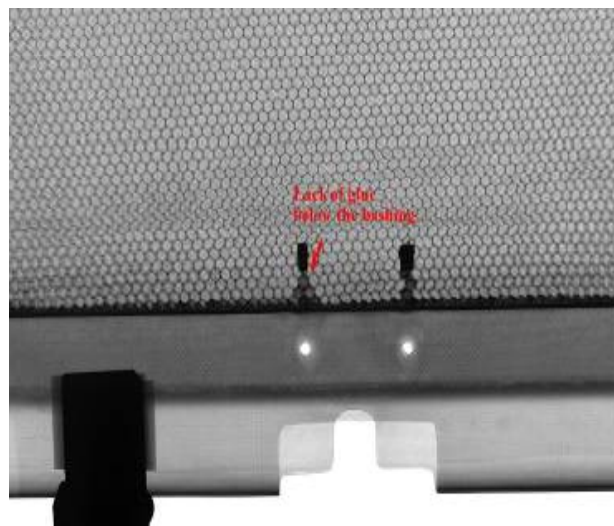
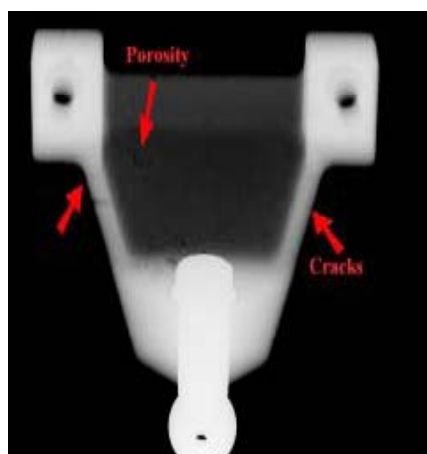
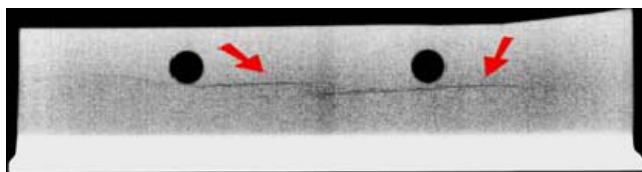
71

Radiografia: aplicații



72

Radiografia: aplicații



73

Radiografia: aplicații



74

Ce sunt MCN?

Care sunt și care nu sunt MCN?

Scopul MCN?

**Care sunt informațiile obținute cu ajutorul
MCN?**

Metodele de control nedistructiv

Aplicațiile uzuale

Cine sunt beneficiarii MCN?

75

Aplicații uzuale:

- **Inspecția produselor primare**
- **Inspecția după procesarea secundară**
- **Inspecția defectelor datorate funcționării utilajelor**

76

Inspecția produselor după prelucrarea primară

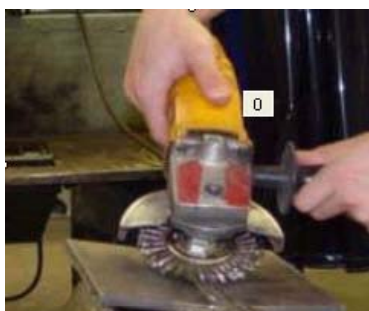
- Forjare
- Turnare,
- Extrudare,
- etc.



77

Inspecția după prelucrarea secundară

- Prelucrare prin
așchiere
- Sudare
- Polizare
- Tratament termic
- Diverse acoperiri
- etc.



78

• Inspecția defectelor datorate funcționării utilajelor

- Crăpături
- Coroziune
- Eroziune
- Deteriorări produse de căldură
- etc.



Ce sunt MCN?

Care sunt și care nu sunt MCN?

Scopul MCN?

Care sunt informațiile obținute cu ajutorul MCN?

Metodele de control nedistructiv

Aplicațiile uzuale

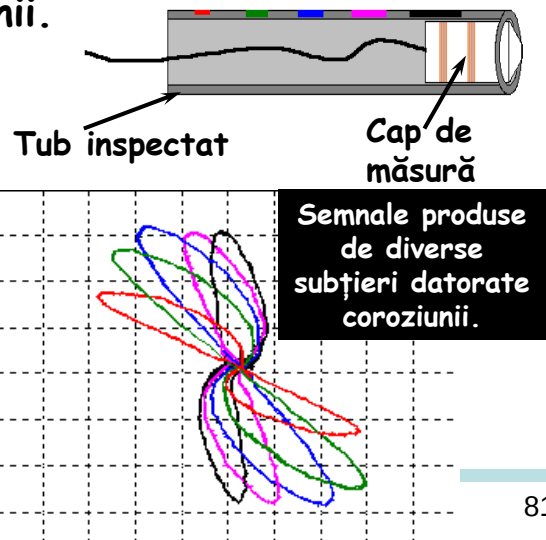
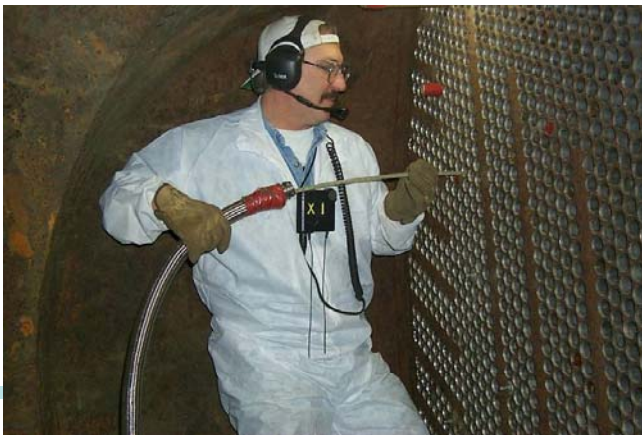
Cine sunt beneficiarii MCN?

Beneficiari

Periodic, **centralele nucleare** sunt oprite pentru verificări.



De ex. Verificarea tubulaturii schimbătorului de căldură folosind metoda curenților Eddy. Se verifică efectele coroziunii.



81

Beneficiari

Dispozitivele electromagnetice și inspecția vizuală sunt folosite pentru identificarea firelor rupte și a altor deteriorări ale **cablurilor** folosite în lifturi, telecabine, macarale și alte dispozitive de ridicare.



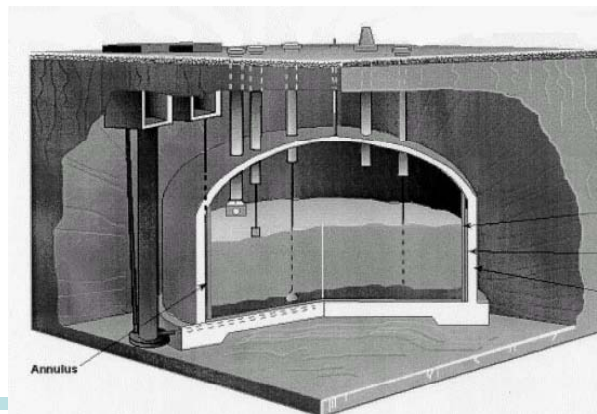
82

Beneficiari

Inspecția ultrasonică robotizată a pereților unui **tanc de depozitare** pentru identificarea urmelor de coroziune.



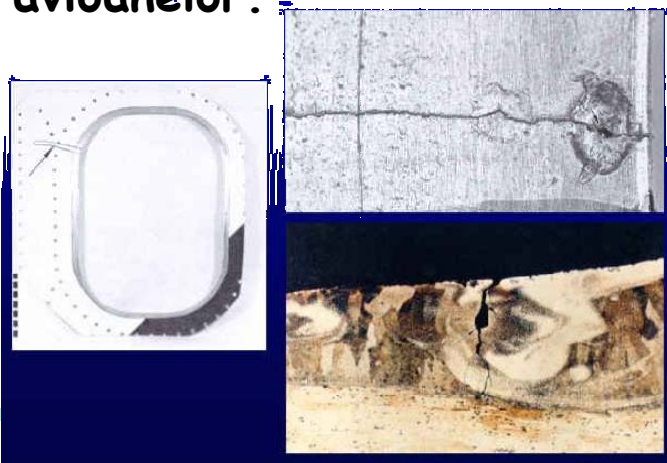
Camere video montate pe brațe articulate sunt folosite pentru inspecția tancurilor de depozitare.



83

Beneficiari

- Testarea nedistructivă este folosită extensiv în **industria aeronautică**.
- MCN este de asemenea folosită pentru identificarea fisurilor datorate coroziunii sau folosirii avioanelor.



84

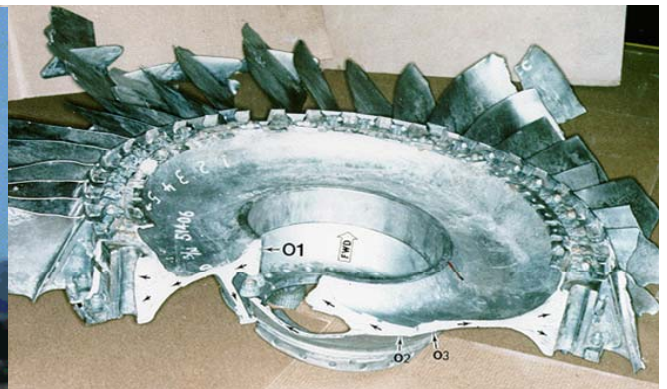
Beneficiari

- Motoarele de avion intră în revizie totală după un anumit interval de utilizare.
- Ele sunt complet dezasamblate, curățate, inspectate și apoi reasamblate.
- Inspecția cu lichid penetrant este des folosită pentru verificarea părților componente.



85

Un defect rămas nedetectat, la unul din motoarele avionului United Flight 232 ...



86

Beneficiari

Deteriorarea unui recipient sub de presiune poate elibera o mare cantitate de energie. Pentru evitarea evenimentelor catastrofale, **recipientele sub** sunt inspectate folosind radiografia sau testarea ultrasonică.



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



Beneficiari

Vagoane speciale sunt folosite pentru inspectarea a mii de km de **cale ferată** pentru identificarea fisurilor care ar putea duce la deraierea trenurilor.



Beneficiari

- Coroziunea, fisurile și alte deteriorări pot afecta performanțele **podurilor**.
- Podurile sunt inspectate vizual în mod periodic.
- Unele poduri sunt dotate cu senzori acustici care "ascultă" pentru detectarea zgomotelor cauzate de apariția/creșterea fisurilor.



Photo Courtesy of Physical Acoustics Corporations

89

Beneficiari

NDT este folosită pentru inspecția **conductelor** pentru a evita scăpări ce ar putea duce la catastrofe ecologice: inspecție vizuală, radiografie, testare electromagnetică.



Măsurători de scăpări de flux magnetic. Dispozitivul se plasează în interiorul conductei și colectează date despre starea acesteia.



Photo Courtesy of Inuktun

Tele-Inspecție vizuală folosind un robot.



Photo Courtesy of Yxlon International

Radiografia sudurilor.

90

Beneficiari

Măsurători speciale, arheologie, muzeistică



91

Beneficiari

Măsurători speciale, arheologie, muzeistică



92