

1.2.4. Standarde și norme

Comitetul European pentru Standardizare (European Committee for Standardization – CEN) în colaborare cu Organizația Internațională de Standardizare (International Organization for Standardization – ISO) lucrează în prezent la armonizarea standardelor existente în domeniul examinărilor nedistructive. Membrii CEN sunt: Austria (ON), Belgia (IBN/BIN), Republica Cehă (COSMT), Danemarca (DS), Finlanda (SFS), Franța (AFNOR), Germania (DIN), Grecia (ELOT), Islanda (STR), Irlanda (NSAI), Italia (UNI), Luxemburg (SEE), Olanda (NNI), Norvegia (NSF), Portugalia (IPQ), Spania (AENOR), Suedia (SIS), Elveția (SNV) și Marea Britanie (BSI).

Organizații afiliate sunt: Albania (DSC); Bulgaria (CSM); Croatia (DZNM); Cipru (CYS); Estonia (EVS); Ungaria (MSZH); Letonia (DQMSD); Lituania (LST); Malta (MSA); Polonia (PKN); România (ASRO); Slovacia (UNMS); Slovenia (SMIS); și Turcia (TSE). În plus, CEN are următoarele organizații corespondente: EOS (Egyptian Organization for Standardization and Quality Control); SABS (South African Bureau of Standards); DSTU (State Committee of Ukraine for Standardization, Metrology and Certification) și SZS (Yugoslavian Federal Institution for Standardization).

În domeniul certificării personalului Societatea Americană pentru Încercări Nedistructive a elaborat o normă cu recomandări practice privind calificarea personalului operator pentru domeniul NDT. Norma are indicativul SNT-TC-1A și este cunoscută în întreaga lume. În Europa, organizațiile care efectuează încercări nedistructive se acreditează după norma EN 45004, EN 45001 și EN 17025.

Calificarea și certificarea personalului din domeniul NDT se face, la nivel european, după norma EN 473.

În România calificarea și certificarea personalului se efectuează conform normei europene EN 473, pentru toate domeniile, cu excepția celor care cad sub incidența unor organisme românești de reglementare cum ar fi ISCIR (Inspekția de Stat pentru Controlul Cazanelor și Recipientelor sub Presiune și Instalațiilor de Ridicat), AFER (Autoritatea Feroviară Română), CNCAN (Comisia Națională pentru Controlul Activităților Nucleare) ș.a.

1.2.5. Terminologie generală

Defectoscopie – știință care se ocupă cu definirea, caracterizarea, măsurarea și detectarea defectelor (discontinuităților) materialelor .

Produs, cerință, caracteristică

Produs – rezultatul unui proces (ex.: materiale procesate, hardware, software, servicii).

Caracteristică – trăsătură distinctivă (a unui produs, piesă, material etc.).

Cerință – nevoie sau așteptare care este declarată, implicită sau obligatorie.

Conformitate – îndeplinirea unei cerințe.

Examinare, inspecție, control

Examinare – acțiunea de a observa, a cerceta, a judeca, a privi atent ceva (un obiect, un produs, o persoană etc.).

Dovadă obiectivă – date care susțin că ceva există sau este adevărat.

Inspecție – evaluare a conformității prin observare și judecare, însoțite - după caz - de măsurare, încercare sau comparare cu un calibru.

Încercare – determinarea uneia sau mai multor caracteristici în conformitate cu o procedură.

Verificare – confirmare, prin furnizare de dovezi obiective că au fost îndeplinite cerințele specificate.

Validare – confirmare, prin furnizarea de dovezi obiective, că au fost îndeplinite cerințele pentru o anumită utilizare sau o aplicare intenționată.

Observații

- Termenii „tradiționali” folosiți în domeniu și cei noi, introduși prin alinierea standardelor românești la cele internaționale (EN, ISO), sunt adeseori contradictorii și pot genera confuzie. De aceea, sunt necesare precizările care urmează.
- *Inspeția calității* trebuie înțeleasă ca fiind, „activitatea de măsurare, examinare, încercare a uneia sau mai multor caracteristici ale unui produs și **compararea** acestora cu cerințele specificate, în vederea determinării conformității lor”.
- *Controlul* nu este definit în standardele noi și este folosit în mod obișnuit ca sinonim al termenului *examinare* și include tehnicile și activitățile cu **caracter operațional**, utilizate pentru stabilirea caracteristicilor produsului.
- Putem spune deci „control cu radiații penetrante”, dar, mai corect, și „examinare cu radiații penetrante” pentru a denumi metoda de lucru și „inspecție cu radiații penetrante” când ne referim la decizia privind obiectul controlat luată pe baza aplicării metodei respective.

Notă: În multe standarde, ce derivă din normele ISO sau EN, termenul „control” are sensul de „stăpânire” sau ținere sub control (a unui proces, produs, situație. De exemplu: „controlul produsului neconform”).

Control nedistructiv, control distructiv

Metodă de examinare nedistructivă – metodă de examinare și/sau încercare, care permite obținerea unor informații cifrice sau de altă natură asupra defectelor, anomaliilor, deformațiilor geometrice sau a stării fizice ale obiectului controlat (materiale, componente, ansambluri) prin mijloace care nu alterează aptitudinea de întrebuințare a acestuia (STAS 12 509-86). Pe scurt: controlul nedistructiv nu afectează integritatea obiectului controlat. Prescurtare: END.

Metodă de examinare distructivă – metodă de examinare și/sau încercare, însoțită de distrugerea parțială sau totală a obiectului examinat.

Defectoscopie nedistructivă – știință care se ocupă cu descrierea, caracterizarea, detectarea și măsurarea defectelor (imperfecțiunilor, discontinuităților) materialelor, prin folosirea unor metode de examinare nedistructivă.

Neconformitate, defect, imperfecțiune

Neconformitate – neîndeplinirea unei cerințe.

Defect – neîndeplinirea unei cerințe referitoare la o utilizare intenționată sau specificată (SR EN ISO 9000).

Discontinuitate – perturbare a ordinii, continuității, omogenității sau valorii presupuse sau impuse unei caracteristici a materialului obiectului controlat (STAS 10042-90). Exemple: fisuri, goluri, neomogenități ale structurii, diferențe de grosimi neimpuse prin proiect etc.

Observații

- Deși noțiunile „neconformitate” și „defect” par a fi sinonime, standardele în vigoare introduc o oarecare confuzie, deoarece: SR EN ISO 9000 recomandă folosirea cu extremă prudență a termenului „defect” din cauza implicațiilor juridice ale acestuia (de exemplu, „produs defect”).

METODE MODERNE DE DETECTARE A DEFECTELOR

- Standardele vechi, folosite în examinările nedistructive folosesc termenul „defect” desemnând o discontinuitate, fie o discontinuitate neacceptată de specificația tehnică, standard, caiet de sarcini, prevederi contractuale etc.) a obiectului examinat (de ex. STAS 10042-90).
- În consecință, recomandăm folosirea cu precădere a termenului „discontinuitate” în special pentru neconformitățile legate de continuitatea macrostructurală a materialelor și a termenului „defect” pentru o discontinuitate (în general, neconformitate) neacceptată. Standardele recente recomandă în același scop, termenul „imperfecțiune”

Criteriu de acceptare/respingere

Criteriu de Acceptare/Respingere (A/R) – normă sau standard la care se fac referiri pentru luarea deciziei de acceptare sau respingere a produselor cu neconformități.

Trasabilitate – abilitatea de a reconstitui istoricul, aplicarea sau localizarea a ceea ce este luat în considerare (de exemplu, originea materialelor și componentelor, procesarea și distribuirea lor, examinarea sau inspecția produselor etc.).

Produs neconform

Produs neconform – produsul care nu îndeplinește cel puțin una din cerințele specificate.

Produs neconform recuperabil – produsul neconform asupra căruia se poate acționa pentru a elimina o neconformitate constatată, în vederea utilizării lui în scopul inițial (ex.: reprelucrare, redresare, reparare).

Produs neconform nerecuperabil – produs neconform care nu mai poate fi utilizat în scopul inițial (sinonim: rebut).

Rebutare – acțiune întreprinsă asupra unui produs neconform pentru a împiedica utilizarea acestuia în scopul inițial. (reciclare sau distrugere).

Indicație

Indicație – informație oferită de o metodă de examinare nedistructivă într-o formă accesibilă simțurilor și înțelegerii operatorului (cifre afișate, bucle într-o oscilogramă, o pată de culoare sau o deviație a unui ac indicator).

În funcție de cât de concludentă este informația, indicațiile pot fi:

- *relevante* – care pot fi asociate cu existența unei discontinuități;
- *nerelevante* – provocate de alte cauze decât existența unei discontinuități, de obicei, din cauza aplicării necorespunzătoare a metodei de examinare (sinonim: indicație falsă);
- *neconcludente* – indicații pe baza cărora nu se poate stabili existența unei discontinuități sau nu se poate determina natura acesteia.

Înregistrare

Înregistrare – document prin care se declară rezultatele obținute sau furnizează dovezi ale activităților realizate.

Raport de examinare – înregistrare întocmită în urma aplicării unei metode de control, inspecție, încercare, prin care se declară condițiile tehnice folosite, rezultatele obținute cu dovezile necesare și responsabilitățile personalului operator.

Sensibilitate, rezoluție

Sensibilitatea metodei – valoarea minimă a parametrului sau caracteristicii obiectului controlat, care mai poate fi evidențiată în condiții de control date.

Putere separatoare – distanța minimă dintre două indicații de discontinuități, care mai pot fi evidențiate distinct în condiții de examinare date.

Sistem de examinare, tehnică de examinare

Sistem de examinare – totalitatea elementelor (factorilor) care contribuie la reușita aplicării unei metode de examinare.

Un sistem de examinare cuprinde:

- materiale folosite (ex.: lichide penetrante, pulberi magnetice, cuplanți acustici, filme radiografice etc.);
- agentul de investigare (ex.: lumină albă, radiații ultraviolete, ultrasunete, radiații ionizante, câmp magnetic etc.);
- aparatura utilizată (ex.: defectoscop, monitor, etaloane, palpatoare etc.);
- operatorul (ex.: însușiri fiziologice, calificare, procedura de lucru etc.).

Tehnică de examinare - mijloacele și procedeele și folosite pentru aplicarea practică a unei metode de examinare.

De exemplu, *examinarea cu ultrasunete* – **metodă**; *examinarea cu unde longitudinale* – **tehnică**.

1.2.6. Clasificarea metodelor END

Încercările nedistructive sunt un domeniu al științei materialelor care se ocupă cu toate aspectele care vizează calitatea, continuitatea și îndeplinirea rolului funcțional al materialelor, pieselor și structurilor. Acest domeniu include toate tehnologiile de detectare și măsurare a proprietăților importante ale materialelor și produselor, începând cu eșantioane dedicate cercetării și terminând cu produse finite sau structuri aflate deja în exploatare. Informațiile cu caracter general privind obiectivele metodelor de examinare de bază sunt destul de dificil de sintetizat, având în vedere multitudinea de criterii care ar putea sta la baza unei astfel de prezentări. În tabelul 1.2 sunt prezentate principalele metode de examinare nedistructivă, împreună cu posibilitățile de investigare asigurate de fiecare.

Tabelul 1.2.

Nr. crt.	Categoria de metode NDT	Caracteristici sau defecte semnalate sau analizate
1	Mecanice și optice	Culoare, dimensiuni, forme, calitatea suprafeței, defecte de suprafață, defecte străpunse, distribuția și mărimea tensiunilor, fisuri
2	Radiații penetrante	Fisuri, densitate și variații ale caracteristicilor chimice, distribuții ale unor componente elementare, incluziuni, segregatii, porozitate și microporozitate, lipsă de aliniere, părți lipsă, degradări în funcționare, contracție, grosimi, goluri
3	Electromagnetice și electronice	Elemente de aliere, anizotropie, cavități, fisuri la rece, tensiuni locale, duritate, compoziție chimică, contaminare, coroziune, fisuri, structură cristalină, conductivitatea electrică sau termică, fulgi, tratament termic, rupturi la cald, incluziuni, concentrări de ioni, suprapuneri (încrêțire la laminare), deformări ale structurii reticulare, grosimea straturilor, gradul de umiditate, polarizația, bavuri, segregatie, contracție, nivel de ecrusare, rezistența la rupere, grosimi, dezlipiri
4	Sonice și ultrasonice	Inițierea și propagarea fisurilor, fisuri, goluri, grad de ecrusare, factor de amortizare, gradul de sinterizare, delaminări, densitate, dimensiuni, modul de elasticitate, dimensiuni de grăunți cristalini, incluziuni, de-gradare mecanică, nealiniere, porozitate, degradare din cauza radiației, structura materialelor compozite, tensiuni, rezistența la tracțiune, forfecare și compresiune, dezlipiri, uzură

METODE MODERNE DE DETECTARE A DEFECTELOR

5	Termice și radiații infraroșii	Calitatea lipirii, compoziție chimică, emisivitate, zone calde, grosimi de plăci, porozitate, reflectivitate, tensiuni, conductivitate termică, grosimi, goluri
6	Chimice și analitice	Identificarea aliajelor, compoziție chimică, fisuri, analiza elementelor structurale și distribuția acestora, dimensiuni de grăunți cristalini, incluziuni, macrostructură, porozitate, segregatie, anomalii de suprafață
Categorii auxiliare		
7	Generarea imaginilor	Variații dimensionale, performanțe dinamice, anomalii de caracterizare și definire, configurații ale câmpului magnetic
8	Analiza semnalului de imagine	Selectarea datelor, procesare și afișare, anomalii de prezentare, corelații și identificări, îmbunătățirea imaginii, separarea variabilelor multiple

Termenul de *metodă* este folosit aici pentru a indica un ansamblu de proceduri specifice, tehnici și instrumente asociate cu fiecare categorie de încercări nedistructive. Uzual, există mai multe tehnici și proceduri asociate fiecărei metode. Societatea Americană pentru Încercări Nedistructive (The American Society for Nondestructive Testing – ASNT) clasifică metodele de examinare nedistructivă în șase categorii de bază: metode mecanice și optice, metode bazate pe proprietățile radiațiilor penetrante, metode electromagnetice și electronice, sonice și ultrasonice, termice și bazate pe radiații infraroșii, chimice și analitice. Fiecare metodă poate fi complet caracterizată prin definirea următorilor factori principali:

- sursa de energie sau mediul utilizat pentru investigarea obiectului încercat (cum ar fi: radiația X, unde ultrasonore sau radiația termică);
- natura semnalului, imaginea sau *signatura* rezultată ca urmare interacțiunii cu obiectul testat (atenuarea radiației X sau reflexia ultrasunetelor);
- mijloacele prin care se detectează semnalele rezultate (emulsie fotografică, cristal piezoelectric sau bobină de inducție);
- metode de prezentare sau înregistrare a semnalelor (imagine pe osciloscop sau radiografie);
- modul de interpretare a rezultatelor (pe baza indicațiilor directe sau indirecte, calitative sau cantitative și a dependențelor pertinente).

De aici rezultă că schema de principiu a oricărei metode de END se poate încadra în schema generală din figura 1.10.

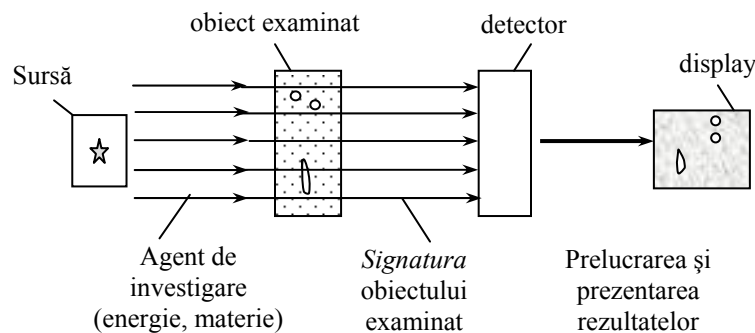


Fig. 1.10. Schema de principiu a unei metode de examinare nedistructiv.

O sursă emite un agent de investigare care interacționează cu obiectul supus controlului. În urma acestei interacțiuni, agentul de investigare poartă cu el informații privind obiectul controlat

METODE MODERNE DE DETECTARE A DEFECTELOR

(*signatura* obiectului). Aceasta este descifrată de către un detector, rezultatul investigației fiind prezentat operatorului, într-un mod convenabil, accesibil simțurilor acestuia. Agenții de investigare sunt numeroși. Dintre aceștia, se pot enumera: radiațiile ionizante, ultrasunetele, radiațiile infraroșii, undele radio, lumina vizibilă, aerul comprimat, gazele trasoare, câmpul magnetic etc. Scopul sau obiectivele fiecărei metode este de a furniza informații privind următoarele caracteristici ale materialului:

- discontinuități (cum ar fi: fisuri, goluri, incluziuni, delaminări);
- structuri sau defecte de structură (incluzând structura cristalină, dimensiuni de grăunți, segregării, nealinieri);
- dimensiuni și alte caracteristici metrologice (grosime, diametru, dimensiuni ale golurilor, dimensiuni ale discontinuităților);
- caracteristici fizice și mecanice (reflectivitate, conductivitate, modul de elasticitate, viteze de propagare a sunetelor);
- compoziții și analize chimice (identificarea aliajelor, impurități, distribuția constituenților);
- starea de tensiuni sau răspunsul dinamic (tensiuni reziduale, creșterea fisurilor, uzură, vibrații);
- analiza semnăturii (conținutul imaginii, spectrul de frecvențe, configurația câmpului).

Termenii utilizați pentru definirea diverselor caracteristici evidențiate cu ajutorul încercărilor nedistructive sunt explicați în tabelul 1.3.

Tabelul 1.3

Caracteristici măsurate sau detectate

Obiectivele NDT	Caracteristici măsurate sau detectate
Discontinuități	
Defecte de suprafață	rugozitate, zgârieturi, scobituri, coroziune, microfisurare, incluziuni și materiale străine întrepătrunse sau aderențe
Defecte în apropierea suprafeței	fisuri, pori, carii, încrețituri, bavuri, ondulații, incluziuni, cute
Defecte interne	fisuri, separații, rupturi la cald, crăpături la rece, goluri de contracție, sufluri, lipsă de topire, pori, cavități, delaminări, dezlipiri, lipsă de aderență, incluziuni, segregării
Structură	
Microstructură	structură moleculară, structură cristalină și/sau deformare, structura, structură reticulară, dislocații, tensiuni, cvacanțe, deformări
Structură	structura grăunți cristalini, dimensiuni, orientare și poziție, aglomerare și porozitate, impregnare, umplutură și/sau distribuția unui material de ranforsare, anizotropie, eterogenitate, segregării
Mici anomalii de structură	lipsă de etanșeitate sau defecte străpunse, contact slab, legături slabe, părți lipsă, particule lipsă, impurități.
Anomalii mari de structură	erori de asamblare, lipsă de aliniere, erori de distanțare și de ordonare, deformării, malformații, părți lipsă.
Dimensiuni și caracteristici metrologice	
Deplasări, poziții	dimensiuni liniare, separări, dimensiuni ale cavităților, dimensiuni ale discontinuităților, adâncimi, localizare, poziție și orientare
Dimensiuni variabile	neuniformitate, denivelare, excentricitate, variații de formă și contur, variații de mărime și masă
Grosime, densitate	grosimi de film, înveliș, strat, placă, tablă, perete, variații de densitate sau grosime
Proprietăți fizice și mecanice	
Proprietăți electrice	rezistivitate, conductivitate, constantă dielectrică, factor de pierderi
Proprietăți magnetice	polarizație, permeabilitate, feromagnetism, forță coezivă
Proprietăți termice	conductivitate, constantă termică de timp, potențialul termodinamic
Proprietăți mecanice	rezistență la tracțiune, compresiune și forfecare (și modulele de

METODE MODERNE DE DETECTARE A DEFECTELOR

	elasticitate) coeficientul lui Poisson, viteză sonică, duritate, tenacitate și fragilitate, presiune
Proprietăți ale suprafeței	culoare, reflectivitatea, indicele de refracție, emisivitatea
Compoziție chimică și analiza acesteia	
Analiza elementelor componente	deteție, identificare și distribuție sau profilul elementelor componente, mărimea și compoziția scurgerilor
Concentrația de impurități	contaminare, sărăcire, dopare și elemente difuzate
Conținut metalurgic	variație, identificarea aliajelor, verificare sortare
Starea fizico-chimică	Conținutul de umiditate, gradul de întărire, solidificare, concentrația de ioni și de produse rezultate în urma reacțiilor de coroziune
Tensiuni și răspuns dinamic	
Tensiuni, eforturi, oboseală	Tratament termic, maleabilizare și efecte rezultate în urma deformării la rece, tensiuni reziduale, deteriorări determinate de oboseală și îmbătrânire
Deteriorări mecanice	uzură, eroziune, exfoliere, efecte rezultate în urma fricțiunii
Degradări chimice	coroziune, tensiuni de coroziune, transformări de fază.
Alte degradări	deteriorări din cauza radiațiilor și scurtcircuitelor de înaltă tensiune
Performanțe dinamice	inițiere și propagare de fisuri, deformare plastică, fluaj, alunecare excesivă, vibrație, atenuare, durata evenimentelor și intervalul de timp la care se succed, orice comportare anormală
Analiza <i>signaturii</i>	
Câmp electromagnetic	potențial electric, tensiune, distribuția și paternul câmpului electromagnetic
Câmp termic	izoterme, zone calde, temperaturi, flux de căldură, distribuție de temperaturi, pierderi de căldură, spoturi calde
<i>Signatură</i> acustică	zgomot, caracteristici ale vibrației, frecvențe, amplitudini, analiza spectrului armonic, emisia sonică și/sau ultrasonică
<i>Signatură</i> radioactivă	distribuție și difuzia izotopilor și trasorilor, variația intensității
Analiză de semnal sau de imagine	Îmbunătățirea imaginii și cuantificarea, recunoașterea paternului, densitometrie, clasificarea semnalelor, separarea și corelația, identificarea discontinuităților, definirea (mărime și formă) și analiza distribuției, afișarea (prezentarea)