

# **Metode moderne de detectare a defectelor**

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

**Metode moderne de detectare a defectelor** / Gheorghe Amza,  
Alexandrina Mihai, Victor Popovici, ... - București : Editura  
Academiei Oamenilor de Știință din România, 2011  
ISBN 978-606-8371-47-4

I. Amza, Gheorghe  
II. Mihai, Alexandrina  
III. Popovici, Victor

004

**Editura Academiei Oamenilor de Știință din România**

**Adresa:** Splaiul Independenței, nr. 54, sectorul 5, cod 050094 București, România

**Redactor:** ing. Mihail CĂRUȚAȘU

**Tehnoredactor:** prof. Andrei PETRESCU

**Documentarist:** ing. Ioan BALINT

**Coperta:** ing. sist. Adrian Nicolae STAN

**Copyright © Editura Academiei Oamenilor de Știință din România,  
București, 2011**

**Gheorghe Amza**

**Alexandrina Mihai**

**Victor Popovici**

**Gabriel Jiga**

**Aurel Raduta**

**Viorel Goanta**

# **Metode moderne de detectare a defectelor**



**Editura Academiei Oamenilor de Știință din România**

**București**

**2011**



# Cuprins

<b>CAPITOLUL 1</b>	
<b>METODE MODERNE DE DETECTARE A DEFECTELOR</b>	
1.1. Defecte, neconformități, imperfecțiuni.....	7
1.2. Incercări nedistructive.....	24
1.2.1. Aspecte generale.....	24
1.2.2. Scurt istoric.....	25
1.2.3. Organizații în domeniul END.....	29
1.2.4. Standarde și norme.....	31
1.2.5. Terminologie generală.....	31
1.2.6. Clasificarea metodelor END.....	36
1.3. Metode de examinare nedistructivă.....	41
1.3.1. Examinarea vizuală.....	42
1.3.2. Pulberi magnetice.....	46
1.3.3. Lichide penetrante.....	50
1.3.4. Curenti turbionari.....	55
1.3.5. Radiații penetrante.....	59
1.3.6. Ultrasunete.....	63
1.3.7. Etanșeitate.....	68
1.3.8. Emisie acustică.....	72
1.3.9. Termografie.....	76
1.3.10. Metode speciale.....	80
<b>CAPITOLUL 2</b>	
<b>METODE DE EVALUARE A STĂRII DE TENSIUNE ȘI DEFORMAȚIE</b>	
2.1 Noțiuni introductive	85
2.2 Principiile tensometriei electrice	86
2.2.1 Traductoarele electrorezistive	86
2.2.2 Caracteristicile traductoarelor rezistive	88
2.3 Principiul fotoelasticității	89
2.3.1 Polariscopul plan	90
2.3.2. Constanta fotoelastică	92
2.3.3 Etalonarea fotoelastică	93
Bibliografie	94



# CAPITOLUL 1. METODE MODERNE DE DETECTARE A DEFECTELOR

## 1.1. Defecte, neconformități, imperfecțiuni

Produsele reale nu sunt perfecte. Pentru imperfecțiunile produselor sau materialelor se folosesc diverse denumiri cum ar fi: defect, neconformitate, discontinuitate și, mai recent, chiar imperfecțiune. Standardul SR EN ISO 9000 - 2006 recomandă utilizarea noțiunii de *neconformitate*, standardul nou pentru defecte în piese sudate, recomandă folosirea noțiunii de *imperfecțiune*.

*Conformitate* - îndeplinirea unei cerințe.

*Neconformitate* - neîndeplinirea unei cerințe.

*Defect* - neîndeplinirea unei cerințe referitoare la o utilizare specificată.

*Imperfecțiune* - abateri ale caracteristicilor față de valori prescrise.

*Discontinuitate* - lipsă de continuitate, gol sau incluziune.

O altă variantă folosită de specialiști pentru definirea noțiunii de defect este: "nesatisfacerea unei cerințe sau a unei așteptări rezonabile privind utilizarea prevăzută, inclusiv ale celor referitoare la securitate". Această definiție, cu un caracter foarte general, permite repartizarea răspunderilor din punct de vedere juridic în raport cu disfuncțiile sau neajunsurile generate de un produs cu defecte. Același standard definește și o noțiune ceva mai cuprinzătoare, folosită uneori ca sinonim pentru cea de defect, și anume "neconformitatea".

Noțiunea de *neconformitate* este definită ca fiind *abaterea sau absența uneia sau mai multor caracteristici de calitate sau a elementelor sistemului calității, în raport cu cerințele specificate, fiind vizate caracteristicile de calitate ale produselor*.

Întrucât defectele unui produs, material sau ale unei piese determină în mare măsură nivelul de calitate al acestora, cunoașterea, identificarea și/sau măsurarea și descrierea cât mai exactă a defectelor constituie o premisă esențială pentru estimarea cât mai corectă a nivelului de calitate. Cunoașterea defectelor poate de asemenea conduce și la îmbunătățirea nivelului de calitate, deoarece permite

analiza cauzelor care le-au determinat apariția ceea ce asigură informațiile necesare privind aplicarea unor măsuri corective în procesul de fabricație.

În limbajul curent noțiunea de defect are un caracter profund subiectiv, o aceeași caracteristică a unui produs poate fi considerată, în funcție de educația și cultura celui care o apreciază, o calitate sau un defect. În tehnică este imperios necesar ca limbajul folosit, să aibă aproximativ aceeași semnificație pentru toți cei implicați în proces.

La fel ca și alte noțiuni utilizate în domeniul tehnic sau în alte domenii neartistice, noțiunea de defect a fost standardizată. Defectele existente în materiale, produse sau piese au diverse proveniențe, iar cauzele care le determină pot fi adeseori diminuate dar nu eliminate complet.

Calitatea unui produs este determinată de un număr atât de mare de caracteristici, iar acestea, la rândul lor, sunt afectate de un număr atât de mare de factori încât estimarea calității unui produs în faza de proiectare a acestuia are un anumit grad de aproximare.

*Produsul real conține diverse imperfecțiuni care sunt mai mult sau mai puțin grave. Din motive obiective, defectele au fost împărțite în două mari categorii: defecte acceptabile și defecte inacceptabile.*

*Deci, doar o parte dintre ele sunt inacceptabile.*

Încadrarea în una sau alta din categoriile de mai sus se face în funcție de destinația produsului, de rolul funcțional, de importanța acestuia într-un ansamblu, de cost, de exigențele impuse de norme sau convenții între beneficiar și furnizor etc. În oricare dintre situațiile de mai sus însă, este evident faptul că defectele trebuie cunoscute, identificate, descrise și măsurate. Pentru a facilita procesul de identificare a acestora, având în vedere faptul că în realitate există o infinitate de posibilități de materializare a defectelor, standardele au fost concepute în așa fel încât orice defect real să poată fi încadrat într-o categorie, să "poată fi judecat și condamnat sau nu". Cunoașterea defectelor presupune parcurgerea următoarelor etape:

- **cunoașterea tipurilor de defecte** care pot apărea într-un produs în funcție de natura materialului, de modul de proiectare și de procesul tehnologic de prelucrare (nu căutăm delaminări într-o piesă turnată!);

- **detectarea defectelor**, semnalarea prezenței acestora (existența unor goluri poate fi semnalată, de exemplu, prin cântărire);

- **localizarea** în raport cu un sistem de referință convenabil ales (stabilirea poziției unde este amplasat defectul în raport cu suprafețele exterioare ale piesei);



- **măsurarea și estimarea formei și volumului** (adeseori se aproximează mărimea defectului prin mărimea unei figuri geometrice în care poate fi înscris: sferă, paralelipiped sau prin proiecția acestuia pe o suprafață sau prin luarea în considerare a dimensiunii celei mai mari, denumită dimensiune caracteristică);

- **estimarea tendinței de a evolua** în timp, de propagare (defectele bidimensionale, cum ar fi fisurile, au tendința de propagare mai mare decât cele tridimensionale);

- **compararea caracteristicilor** reale ale produsului afectat de prezența defectelor detectate cu valorile stabilite la proiectare sau prescrise pentru acele caracteristici;

- **luarea unei decizii** privind acceptabilitatea defectelor detectate în conformitate cu o normă sau, în absența normelor, pe baza negocierilor dintre beneficiar și furnizor;

- **analiza produsului declarat neconform** – în vederea stabilirii “traseului” lui specific: declasare, derogare, reprelucrare și reciclare.

În literatura de specialitate și în standarde există numeroase clasificări bazate pe diverse criterii de selecție, cele mai importante fiind prezentate în cele ce urmează. Clasificarea generală a defectelor produselor, pieselor sau materialelor

Principalele criterii de clasificare, selectate pe criterii practice, sunt:

- clasificarea defectelor după importanța acestora și după gradul de pericolozitate în raport cu funcționarea produsului;
- după gradul de grupare;
- după caracteristica pe care o afectează;
- după frecvența de apariție;
- după gradul de accesibilitate la detectare;
- după evoluția în timp.

*Clasificarea defectelor după importanța acestora și după gradul de pericolozitate în raport cu funcționarea produsului*

După acest criteriu defectele pot fi: critice, majore sau minore.

- *Defectul critic* este considerat acea neconformitate a unui produs care determină lipsa de securitate sau poate conduce la accidentarea utilizatorilor sau a acelor ce depind de utilizarea produsul respectiv.
- *Defectul major* este considerat cel care, fără să fie critic, reduce în mod substanțial posibilitățile de utilizare a produsului respectiv sau poate provoca o defectare care să împiedice funcționarea acestuia.
- *Defectul minor* este o neconformitate care reduce confortul, afectează caracteristicile estetice sau diminuează nesemnificativ funcționalitatea produsului.

Dacă luăm ca exemplu un autoturism, disfuncțiile sistemului de frânare sau ale sistemului de direcție se încadrează în categoria defectelor critice, întrucât afectează grav funcționalitatea produsului, poate pune în pericol viața utilizatorului sau a celor din jurul lui, inclusiv viața produsului. În cadrul aceluiași exemplu, disfuncția carburatorului sau a blocului de contact este considerată majoră deoarece împiedică funcționarea produsului fără însă (de regulă) a pune în pericol viața cuiva. Deteriorarea sistemului de iluminare din habitacul sau a brichetei de bord pot fi încadrate în categoria defectelor minore întrucât produc doar un anumit disconfort sau incomodități lipsite de importanță în raport cu funcționalitatea generală a produsului.

*Este interesant faptul că un același defect, în funcție de destinația produsului, poate fi încadrat în una sau alta din categoriile de mai sus.*

De exemplu o fisură într-o conductă de gaze este un defect critic în timp ce aceeași fisură într-o greutate de cântar este un defect minor atât timp cât greutatea are valoare înscrisă și cântărirea se poate face corect.

#### *Clasificarea defectelor după caracteristica pe care o afectează*

Principalele caracteristici ale unei piese sau ale unui material sunt:

- compoziția chimică și puritatea;
- rezistența la solicitări mecanice statice sau dinamice;
- rezistența la solicitări termice sau la alți factori externi;
- structura internă;
- omogenitatea;
- dimensiunile și forma;

- poziția reciprocă a suprafețelor;
- calitatea suprafețelor;
- continuitatea;
- etanșeitatea;
- capacitatea de a se magnetiza și de a păstra magnetizarea etc.

Clasificarea defectelor după acest criteriu conduce la următoarea grupare:

1. defecte sau abateri dimensionale;
2. defecte de formă și poziție reciprocă a suprafețelor;
3. abateri de la calitatea suprafețelor;
4. defecte de structură;
5. abateri de la compoziția chimică și gradul de puritate;
6. abateri de la caracteristicile mecanice;
7. discontinuități;
8. defecte de etanșeitate;
9. alte abateri.

De regulă, în special în România, primele trei grupe sunt detectabile în cadrul compartimentului de control dimensional, grupele 4 și 5 în compartimentul de încercări metalurgice și analiză chimică, grupa a 6-a prin încercări distructive, grupele a 7-a și a 8-a în principal prin control nedistructiv și ultima prin metode speciale sau combinate.

*Clasificarea defectelor după gradul de accesibilitate la detectare*

Acest criteriu de clasificare are o importanță practică deosebită, întrucât determină atât tehnologia de examinare cât și echipamentul necesar în vederea detectării. În funcție de poziția în raport cu suprafețele pieselor și cu gradul de accesibilitate se poate face următoarea grupare:

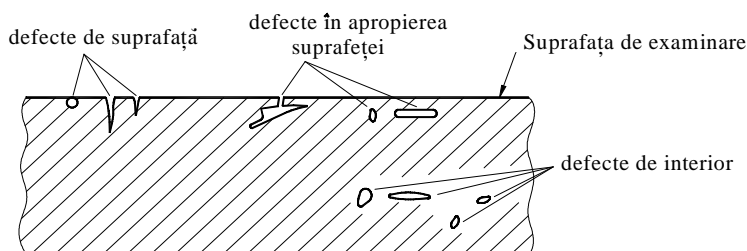
1. **Defecte exterioare** - în general, ușor accesibile, sunt defecte de suprafață, situate pe suprafețe exterioare;
2. **Defecte interioare** - în general, mai greu accesibile:
  - situate pe suprafețe interioare (ex.: peretele interior al unei țevi, carcase);
  - situate în interiorul pereților pieselor:
    - *în apropierea suprafeței:*
      - care comunică cu exteriorul;
      - care nu comunică cu exteriorul.
    - *în interiorul pereților piesei* la o adâncime, depărtare mai mare de suprafața accesibilă (sufluri, incluziuni solide, fisuri etc.).

Alte defecte sunt **greu detectabile** din diverse motive:

- din cauza pericolului pe care-l prezintă în raport cu sănătatea unui operator uman;
  - în medii toxice (incintă cu gaze: clor, oxid de carbon);
  - în medii radioactive (surse de radiații gamma);
  - la temperaturi ridicate (lingouri, cuptoare, reactoare în industria chimică) etc.
- din cauza distanței:
  - la înălțime mare (poduri rulante, cabluri de teleferic);
  - la distanțe mari (furnale, conductori de transport al curentului electric);
  - adâncimi mari (baraje, turbine).
- din cauza amplasării produsului vizat în interiorul unui ansamblu:
  - incintă vidată (tub Röntgen, diode fotomultiplicatoare);
  - sub presiune mare (rezervoare de gaz, butelii);

- produs capsulat (tub cinescopic, componente electronice).

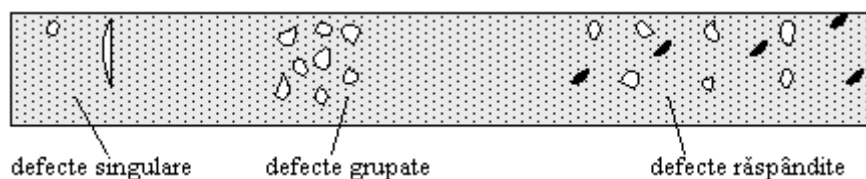
O clasificare utilă în defectoscopia nedistructivă este prezentată în *Figura 1.1*



**Figura 1.1: Clasificarea defectelor după poziția lor în raport cu suprafața accesibilă examinării.**

*Clasificarea defectelor după frecvența de apariție raportată la un lot de piese sau la o singură piesă*

Într-un lot de piese sau de-a lungul unei piese, un anumit tip de defect poate să apară **sistematic**, având la bază o eroare sistematică, sau apariția lui poate fi **accidentală**, determinată de cauze accidentale. După gradul de grupare, defectele pot fi: singulare, grupate sau răspândite, împrăștiate (*Figura 1.2*).



**Figura 1.2: Clasificarea defectelor după frecvența de apariție.**

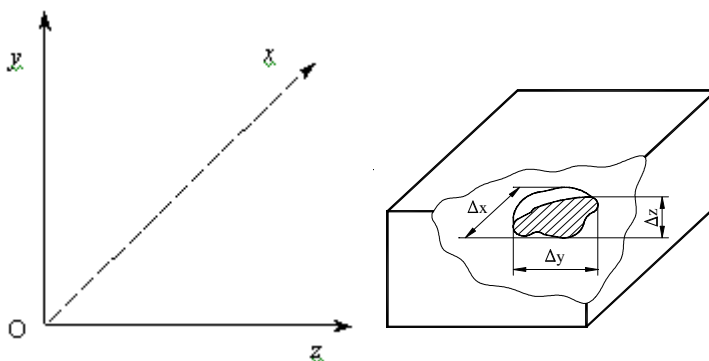
*Clasificarea defectelor după evoluția în timp sau după tendința de propagare sub acțiunea solicitărilor exterioare sau a tensiunilor interne remanente*

După acest criteriu gruparea defectelor poate fi făcută în două categorii:

- defecte fără tendință de propagare, "cuminți", care stau pe loc și nu se dezvoltă în timpul exploatării produsului; acestea sunt de regulă tridimensionale și au contururi rotunjite (sufluri, goluri);

- cu tendință de propagare până la ruperea produsului; de regulă, bidimensionale sau tridimensionale cu contururi ascuțite (fisuri, crăpături, reprize, delaminări).

Este evident că mai periculoase sunt cele din a doua categorie, pentru că prezintă efect de crestare, astfel că tehnicile de detectare le vizează în primul rând pe acestea. Localizarea și măsurarea defectelor se face în raport cu un sistem de referință convenabil ales (*Figura 1.3*).



**Figura 1.3: Dimensiunile defectului raportate la un sistem de axe.**

Alegerea sistemului de referință depinde de forma produsului examinat și de modul în care acesta ar putea fi reprodus în cazul detectării unor defecte inacceptabile ce pot fi remediate.

### **Standardizarea defectelor**

Întrucât apariția unor defecte generează relații de comunicare specifice, între diferitele compartimente ale fabricației și, în special, între furnizor și beneficiar, a apărut necesitatea standardizării acestora. Astfel, au apărut *standarde referitoare la defectele pieselor* turnate, laminate sau obținute prin alte procedee de deformare plastică, referitoare la imperfecțiunile îmbinărilor sudate, lipite ș.a. În țara noastră sunt în vigoare standarde de defecte grupate pe categorii de produse, în funcție de modul de obținere al acestora, după cum urmează:

**STAS 782-79** Defectele pieselor turnate. Clasificare și terminologie

**STAS 6656-80** Defectele pieselor laminate, extrudate și trase din oțel. Clasificare și terminologie

**STAS 6092/1-83** Piese forjate din oțel. Clasificarea și terminologia defectelor

**STAS 6092/2-84** Piese forjate din materiale metalice neferoase. Clasificarea și terminologia defectelor

**SR EN ISO 6520-1** Clasificarea imperfecțiunilor geometrice din îmbinările sudate ale materialelor metalice. Partea 1: sudare prin topire

**SR EN ISO 6520-2** Clasificarea imperfecțiunilor geometrice ale îmbinărilor sudate ale materialelor metalice. Partea a 2-a: Sudarea prin presiune

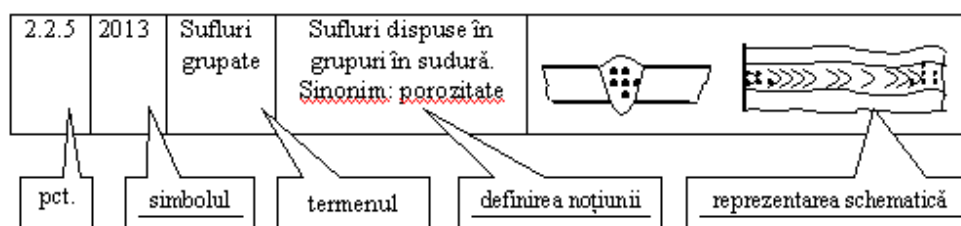
**STAS 8299-78** Clasificarea și simbolizarea defectelor îmbinărilor sudate prin topire pe baza radiografiilor

**STAS 12077-82** Defectele îmbinărilor lipite. Clasificare și terminologie

**STAS 10354-81** Defectele suprafețelor tăiate termic. Clasificare și terminologie

În general, un standard referitor la defecte oferă toate datele generale necesare identificării defectului, denumirii și simbolizării lui.

Pentru exemplificare, în Figura 1.4 este redată o rubrică din ISO 6520 care se referă la imperfecțiunile îmbinărilor sudate.



**Figura 1.4:** Exemplu de reprezentare în standard a imperfecțiunilor îmbinărilor sudate.

Utilizarea simbolurilor este utilă pentru redactarea rapoartului de examinare, care conține o rubrică în care se precizează defectele identificate în timpul examinării nedistructive, într-o manieră cât mai succintă și sintetică.