



### 1.3.7.

1. **Denumirea metodei:** EXAMINAREA ETANȘEITĂȚII  
(LT – Leak testing)

2. **Tipul de examinare:** diferit, în funcție de metodă.

3. **Agentul de investigare:** apă, gaz (aer, heliu etc.), diverse substanțe chimice, lichide penetrante ș.a.

4. **Fenomenul fizic de bază:** diferit, funcție de metodă

5. **Modul de aplicare:** agentul de investigare străbate neetanșeitățile pereților, îmbinărilor, asamblărilor și este detectat pe partea opusă

6. **Domeniul de utilizare:** discontinuități străpunse în piese turnate, sudate, matrițate, țevi, cazane, sisteme de conducte, fittinguri, îmbinări, asamblări

7. **Indicația de defect:** diferită, în funcție de metoda aplicată: variație de presiune, formarea de bule, gaze trasoare detectate cu spectrometre etc.

8. **Materialul obiectului controlat:** metale și aliaje, materiale plastice, sticlă, cauciuc, materiale compozite; nu materiale poroase sau lemn.

9. **Particularități** – verificarea etanșeității se realizează practic prin mai multe metode, care se grupează, uzual, în următoarele categorii: metode *prin variație de presiune*, cu suprapresiune sau cu vid: proba hidraulică, pneumatică, retenția vidului, metoda vasului compensator, cu bule de gaz în lichid, cu film lichid și bule de gaz, cu gaze trasoare, cu heliu, cu halogeni, cu freon și flacără de gaz, cu hidrogen; *metode locale*, prin care se pune în evidență locul prin care se produce scurgerea; *metode globale*, prin care se pune în evidență doar existența scurgerilor și, eventual, mărimea acestora.

10. **Scheme de principiu** – având în vedere faptul că există un număr foarte mare de metode de verificare a etanșeității, este evident faptul că pentru fiecare metodă se poate prezenta o schemă de principiu. În figura 1.42 este prezentată schema cea mai generală.

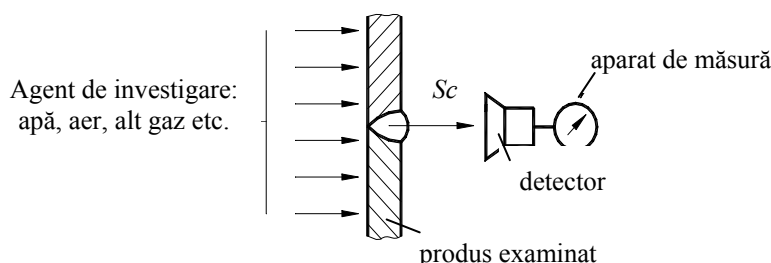


Fig. 1.42. Schema de principiu a verificării etanșeității ( $S_c$  – scări).

Detectorul poate evidenția prezența scăpărilor prin: simțurile omului (miros, auz, pipăit); variația presiunii; formarea bulelor; o reacție chimică; detectarea ionilor; detectarea radiațiilor; detectarea ultrasunetelor etc. Dintre metodele de verificare a etanșeității, cea mai răspândită este proba hidraulică, urmată de proba pneumatică, probă care oferă o detectabilitate mai ridicată decât cea hidraulică (fig. 1.43).

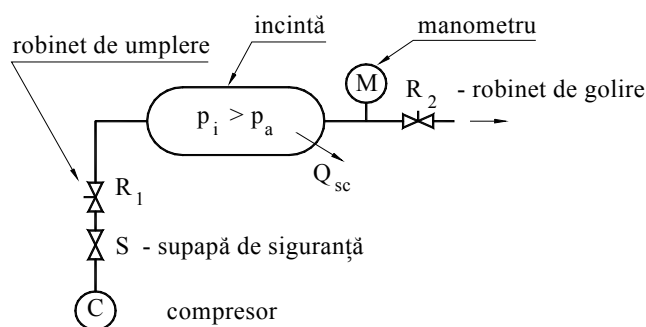


Fig. 1.43. Schema de principiu a probei pneumatice.

Incinta verificată se umple cu gaz sub presiune, urmărindu-se variația presiunii în timp (este o metodă din categoria celor cu suprapresiune, globală). Neetanșeitățile sunt puse în evidență prin: scăderea presiunii în timp; deformarea pereților; uneori este necesară combinarea cu alte metode (cu bule de gaz, cu gaze trasoare).

*Metoda bulelor de gaz în lichid* face parte din categoria metodelor de verificare a etanșeității prin variația presiunii. Metoda prezintă două variante de bază (fig. 1.44): verificarea cu film lichid (fig. 1.44, a) și verificarea prin imersie (fig. 1.44, b).

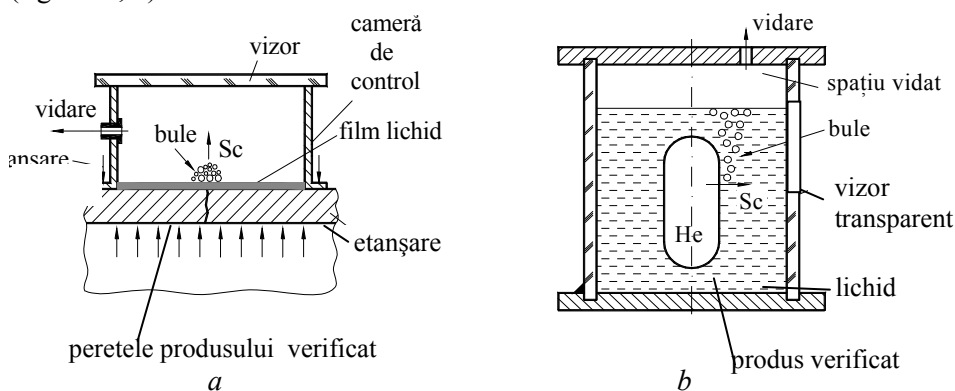


Fig. 1.44. Schema verificării etanșeității prin metoda bulelor de gaz în lichid.

Diferența de presiune dintre interiorul și exteriorul produsului examinat determină apariția scăpărilor prin neetanșeități, care, prin stratul de apă mai subțire sau mai gros, formează niște bule de gaz, sesizabile, cel mai adesea, cu ochiul

liber. În cazul în care gazul utilizat ca agent de investigare este un gaz special, și detecția se bazează pe evaluarea cantității de gaz scăpate prin neetanșeități, metoda de verificare se numește *cu gaze trasoare*. Gazul trasor este detectat cu un detector de gaz special după ce a străbătut neetanșeitățile (un exemplu în acest sens este detecția cu spectrometru de masă).

11. **Echipament de bază** – este adecvat metodei și este extrem de variat în funcție de aceasta. În figura 45 este prezentată imaginea unui compresor ca sursă de presiune la utilizarea probei pneumatice. Compresorul de aer se asociază cu o unitate de comandă cu pupitr și computer, aparate de măsurare a presiunii (manometre), conducte flexibile și elemente de legătură (fitinguri), pompă de vid.



Fig. 1.45. Compresor de aer.



Fig. 1.46. Detector de Heliu.

Detectorul de heliu (fig. 1.46 - heliul este cel mai utilizat gaz trasor) este, de regulă, un spectrometru de masă cu mare sensibilitate (5 ppm în aer). Spectrometrele moderne oferă un semnal optic și sonor, reglabil în funcție de cantitatea de heliu detectat (debit minim de scăpări detectabil  $5 \times 10^{-6}$  mbar l/s), posibilitatea de comandă de la distanță și înregistrarea rezultatelor. În figura 1.47 este prezentat schematic spectrometrul de masă.

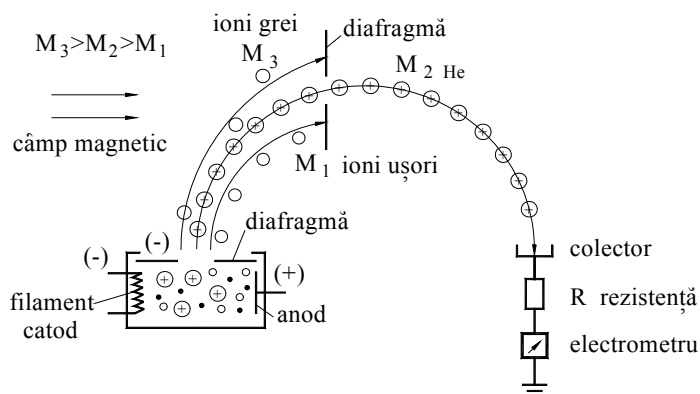


Fig. 1.47. Spectrometrul de masă.

Gazul scăpat prin neetanșeități ajunge în camera de ionizare, între un anod și un catod, de unde iese printr-o diafragmă legată la borna negativă a unei surse de curent. Câmpul magnetic deviază traseul ionilor amestecați (heliu cu gaze din atmosfera înconjurătoare) în funcție de masa acestora. Astfel, ionii cu mase  $M_1$  și

$M_3$  nu trec de diafragma verticală. Ionii de heliu cu mase  $M_2$  ajung într-un colector de ioni, unde generează un curent electric măsurabil.

12. **Observații și recomandări:**

- Etanșeitatea este o noțiune relativă! NU EXISTA produse perfect etanșe, ci produse cu un anumit grad de etanșeitate
- Prin *sensibilitatea unei metode de verificare a etanșeității* se înțelege cel mai mic debit al scăpărilor, sesizabil prin metoda respectivă. Ea se exprimă în unități de debit al scăpărilor ( $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ).
- La estimarea sensibilității de detectare, în cazul metodelor bazate pe evidențierea variațiilor de presiune, este necesar să se țină cont și de sensibilitatea aparatului cu ajutorul căruia de măsoară presiunea (manometrul cu element elastic, cel mai folosit, este caracterizat din acest punct de vedere prin *clasa de exactitate*, inscripționată pe cadranul acestuia prin cifre, reprezintă erorile de măsurare  $\pm$ , în procente din limita superioară de măsurare. Cu cât cifrele sunt mai mici, cu atât precizia de măsurare este mai mare).
- La metodele de verificare bazate pe măsurarea variației de presiune, presiunea de lucru ar trebui să fie cât mai mare pentru ca să se pună în evidență neetanșeitățile foarte mici. Din motive de securitate, presiunea se limitează însă la anumite valori.
- În cazul în care presiunea scade repede, după începerea testului, acest fenomen arată existența unor scăpări mari, deci a unor defecte grosolane. Testul se întrerupe și se procedează la găsirea neetanșeităților, folosind o metodă locală adecvată, se remediază defectele și se reia testul.
- Pentru stabilirea condițiilor tehnice de efectuare a testului, se folosesc, de regulă norme tehnice specifice produsului verificat. În aceste norme există uneori precizarea că “în timpul verificării nu se admit pierderi de presiune” ca o condiție de acceptare. Considerăm discutabilă această precizare, atâta timp cât aparatul de măsură introduce o eroare de măsurare. Corect este să se considere că există o pierdere egală cu eroarea de măsurare, dată de clasa manometrului folosit, ceea ce este acoperitor.
- Un gaz, pentru a putea fi folosit ca gaz trasor trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să nu existe în cantități mari în atmosferă; să nu fie toxic, inflamabil sau exploziv; să aibă proprietăți fizice (viscozitate, masă moleculară mică) care să-i permită trecerea prin orificii foarte mici; să existe o metodă care să permită detectarea prezenței gazului în cantități foarte mici. Gazul care îndeplinește toate aceste condiții este heliul (He). El are cea mai mică moleculă (aproximativ 1,9 Å), iar concentrația în atmosferă este foarte mică ( $7 \cdot 10^{-5}\%$  în greutate,  $5,2 \cdot 10^{-4}\%$  în volum). Se mai pot folosi și alte gaze: argonul (0,93%); hidrogenul ( $5 \cdot 10^{-5}\%$ ) și freonul.

### 1.3.8.



#### 1. **Denumirea metodei:** EXAMINAREA PRIN EMISIE ACUSTICE

(AET – *Acoustic Emission Testing*)

#### 2. **Tipul de examinare:** acustic

3. **Agentul de investigare:** obiectul examinat este supus unei solicitări din exterior care provoacă o emisie acustică specifică obiectului

4. **Fenomenul fizic de bază:** solicitarea obiectului testat (compresiune, dilatare termică, tracțiune etc.) determină mici deplasări în zona defectelor, care generează vibrații, ce se propagă prin piesă sub formă de unde sferice.

5. **Modul de aplicare:** obiectul examinat este supus unei solicitări mecanice sau de altă natură după care se captează emisia acustică produsă de defectele existente sau de alte fenomene care se manifestă sub solicitare. Metoda se aplică și produselor supuse unor solicitări ciclice în timpul funcționării sau se monitorizează pe termen lung funcționarea.

6. **Domeniul de utilizare:** discontinuități străpunse în piese turnate, sudate, matrițate, țevi, cazane, sisteme de conducte, fittinguri, îmbinări, asamblări

7. **Indicația de defect:** diferită, în funcție de metodă.

8. **Materialul obiectului controlat:** metale și aliaje, materiale plastice, sticlă, cauciuc, materiale compozite; nu materiale poroase sau lemn.

9. **Particularități:** examinarea prin analiza emisiei acustice este o metodă nedistructivă, care constă în înregistrarea emisiei acustice produse într-un material, ca urmare a stimulării acestuia într-un anumit mod (presare, îndoire, lovire, încălzire, răcire, rupere etc.). *Emisia acustică* este un fenomen care constă în eliberarea rapidă a energiei, sub formă de unde elastice, care se propagă într-un material și pot fi detectate la suprafața acestuia. Zona materialului în care se generează evenimente care se manifestă sub formă de vibrații se numește sursă de EA. Exemple de fenomene care generează surse de EA: mișcări structurale de dislocare, în domeniul deformațiilor elastice; transformări de fază; apariția și propagarea fisurilor; scurgerea fluidelor prin interstiii; spargerea peliculelor de oxizi, zgură, acoperiri de protecție; desprinderea așchiilor și ruperea muchiilor sculelor așchietoare; fenomenul de cavitație etc.

10. **Scheme de principiu** – sistemul care captează, amplifică și analizează emisia unui produs aflat sub o solicitare cu scopul identificării unor defecte sau disfuncționalități cuprinde un ansamblu de componente prezentate sintetic în figura 1.48. Produsul examinat este supus unei solicitări (în figură - o solicitare la tracțiune). Fisura existentă în interiorul produsului este o sursă de emisie acustică, fie datorită microfrecărilor care se produc între suprafețele acesteia, fie din cauza

creșterii sau propagării fisurii. Semnalul acustic produs ca urmare a eliberării rapide de energie se propagă prin materialul controlat sub formă de unde elastice ce pot fi detectate la suprafața produsului cu ajutorul unor senzori denumiți **captori**. Un captor conține, în principal, un traductor care transformă oscilația mecanică în oscilație electrică. Semnalul electric este transmis defectoscopului, unde este amplificat și prelucrat în diverse moduri, astfel încât informațiile să poată fi analizate și interpretate.

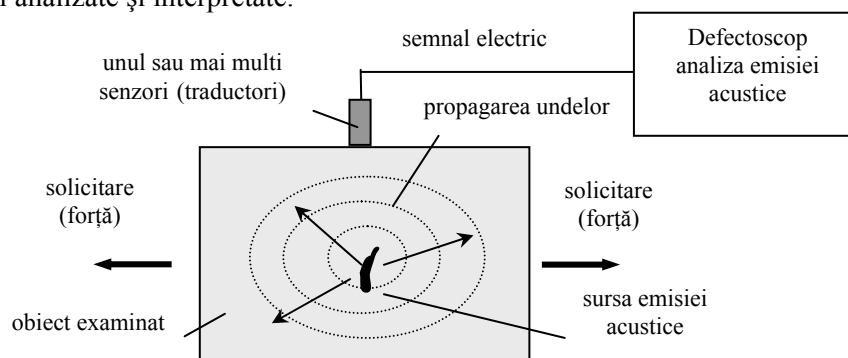


Fig. 1.48. Schema de principiu a examinării prin analiza emisiei acustice.

Examinarea prin această metodă presupune eliminarea emisiei surselor parazite (*surse parazite* – surse de emisie acustică cauzate de acțiunea altor fenomene decât cel studiat. Exemple: zgomotul produs de instalațiile mecanice, angrenaje, motoare electrice, surse de curent pentru sudare, curgere de fluide, valuri etc.).

Emisia acustică, asociată diverselor fenomene, care se analizează pentru identificarea defectelor sau a unor posibile disfuncții este diferită în funcție de evenimentul care o generează (prin *eveniment* de EA se înțelege apariția unei microdeplasări, angajând unde elastice tranzitorii). Astfel, *emisie acustică discretă* este emisia pentru care intervalul de timp între impulsuri este mai mare sau egal cu durata de creștere sau descreștere a lor. Este specifică apariției și creșterii fisurilor, *emisie acustică continuă* este emisia pentru care intervalul de timp între impulsuri este mai mic decât durata de creștere sau de atenuare a lor. Este specifică producerii deformațiilor.

11. **Echipament de bază** – un sistem folosit în examinarea nedistructivă prin analiza emisiei acustice conține un ansamblu de componente care asigură recepția (captarea), separarea, înregistrarea și analiza semnalelor de emisie acustică. În principal, sistemul cuprinde un aparat denumit defectoscop (fig. 1.49), unul sau mai mulți captori (traductori) și cabluri de legătură.

*Traductorii* (fig. 1.50) sunt dispozitive folosite pentru captarea semnalelor de emisie acustică și poartă denumirea de *captori* sau *senzori*. Ei convertesc undele elastice receptate, în semnale electrice, care se pot prelucra și înregistra. Cei mai folosiți captori sunt cei piezoelectrice care, constructiv, sunt foarte asemănători palpatoarelor normale, folosite în examinarea cu ultrasunete. Dintre caracteristicile

lor, două sunt mai importante în practică: frecvența (între 30 kHz și 1 MHz, uzual, între 100 și 300 kHz) și temperatura de lucru (- 40...600 °C).



Fig. 1.49. Defectoscoape pentru examinarea în sistem unicanal.

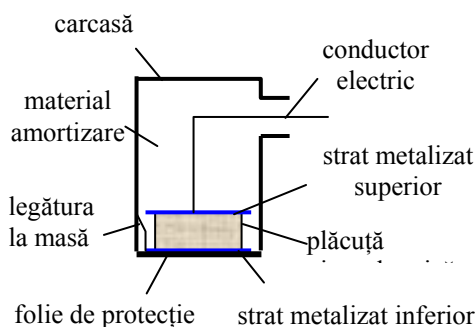


Fig. 1.50. Captori piezoeletrici.

*Sistemul unicanal* presupune utilizarea unui singur captor și un singur lanț (canal) de prelucrare și înregistrare a datelor. Un sistem unicanal permite o serie de aplicații din domeniul defectoscopiei nedistructive, ca de exemplu: înregistrarea momentului apariției fisurilor și a evoluției lor, detectarea scurgerilor la verificarea etanșeității produselor; monitorizarea proceselor de prelucrare, cu sesizarea apariției defectelor și modificarea accidentală a regimului de lucru (la sudare, prelucrarea prin așchiere, prelucrarea cu scânteii electrice etc.).

Pentru localizarea surselor de emisie acustică sunt necesari mai mulți captori. Un astfel de sistem se numește multicanal (fig. 1.51). Aceste sisteme se utilizează în următoarele situații: pentru localizarea surselor de emisie acustică, pe baza diferenței dintre timpul de sosire a undelor la fiecare traductor în parte, deoarece sursele nu sunt poziționate la distanțe egale față de traductori și pentru tratarea în mod diferit a aceluiasi semnal, în scopul de a obține noi informații despre sursa care l-a produs. Un soft adecvat permite interconectarea cu un PC prin care toate comenzile pot fi transferate calculatorului, iar datele înregistrate pot fi, de asemenea, transferate acestuia, în vederea prelucrării lor.

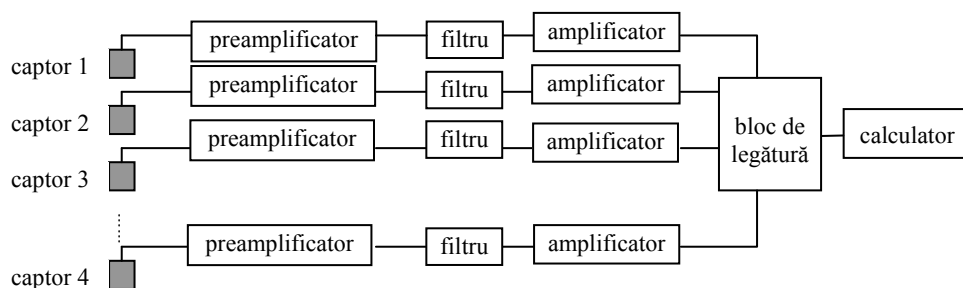


Fig. 1.51. Sistemul multicanal.

Uneori traductorii nu pot fi montați direct pe piesa sau materialul de controlat (piesa prelucrată se poate afla într-un mediu neizolat electric, activ din punct de vedere chimic sau la temperaturi foarte mari), între piesă și traductor se interpune o piesă sau un ansamblu care poartă numele de *ghid de undă* și care are rolul de a conduce undele de emisie acustică de la piesă la traductor, izolând în același timp traductorul.

#### 12. Observații și recomandări:

În ultimii ani, examinarea prin analiza emisiei acustice a căpătat o dezvoltare uimitoare ca urmare a progreselor spectaculoase înregistrate în electronică și în tehnica de calcul. În momentul de față, controlul prin emisie acustică se aplică în următoarele situații:

- ca metodă nedistructivă, la stabilirea nivelului calității unor produse, și anume: caracterizarea comportamentului materialelor metalice și nemetalice în cazul unor solicitări mecanice, termice, chimice; caracterizarea materialelor compozite; caracterizarea îmbinărilor lipite; stabilirea nivelului de calitate al cusăturilor sudate;
- la supravegherea proceselor de fabricare sau prelucrare a materialelor;
- la supravegherea proceselor de exploatare, ca de exemplu: controlul construcțiilor sudate; controlul recipientelor sub presiune; controlul aeronavelor spațiale.

Principalul dezavantaj al examinării prin emisie acustică este acela că semnalul este alcătuit dintr-un număr foarte mare de componente de frecvențe diferite, fiecare având amplitudini și faze inițiale diferite. Din aceste motive, decodificarea, în scopul identificării surselor care au produs emisia este extrem de dificilă. Din punct de vedere teoretic, există posibilitatea descrierii matematice a propagării undelor sonore și a stabilirii unor modele prin care să se decodifice semnalele recepționate. Pentru evitarea situațiilor confuze este necesară studierea atentă a unor produse cu defecte cunoscute și alcătuirea unei bănci de date cu tipurile de semnale provenite de la sursele cele mai frecvente posibile într-un anumit context (de exemplu, semnalul provenit de la amorsarea corectă a unui arc electric, sau semnalul provenit de la apariția unei fisuri longitudinale într-o cusătură sudată).