

Capitolul 6. ANALIZA DE AVARII DIN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR SUDATE ȘI NESUDATE

6.1. Obiectivele și etapele analizei

6.2. Descrierea etapelor

6.1. Obiectivele și etapele analizei

Obiectivele analizei avariei sunt acelea de a stabili cauzele ce duc la producerea avariei și luarea de măsuri pentru prevenirea altor avarii.

În orice avarie acționează mai mulți factori din care unul este cel inițiator dar nu neapărat cel mai important.

Analiza avariei trebuie să identifice toți factorii ce au concurat la producerea avariei, să identifice factorul inițiator.

Factorii de bază pentru analiza tehnică a avariilor în structurile sudate au fost prezentați anterior (în număr de 17 – studiați I.I.S.)

6.2. Descrierea etapelor

Culegerea de informații privind proiectarea, execuția și exploatarea, precum și fixarea zonelor de interes de la care s-a amorsat procesul de degradare.

În analiza unei avarii trebuie pornit de la proiectare. Se verifică corectitudinea calculului de rezistență materialelor, dacă desenul s-a întocmit corect, dacă executantul a utilizat un desen corespunzător, dacă în desen au fost trecute materialele corespunzătoare.

Urmează verificarea tehnologiei. Se verifică dacă tehnologia a fost corect întocmită pe operații și faze; dacă a fost prevăzută metoda de sudare corespunzătoare; dacă s-au recomandat regimurile de lucru optime; dacă s-au prevăzut condițiile de lucru (temperatură, umiditate etc.)

Verificarea execuției presupune verificarea materialelor: dacă sunt cele prevăzute în desene; dacă corespund STAS-urilor în vigoare; verificarea tehnologiei: electrozii prevăzuți în tehnologia de execuție, dacă aceștia corespund STAS-urilor în vigoare, dacă ei au fost pregătiți corespunzător înaintea utilizării; dacă s-a utilizat metoda de sudare corespunzătoare, dacă condițiile mediului ambiant au corespuns condițiilor impuse de tehnolog.

Examinări nedistructive

Defectul este o abatere de la prescripțiile de calitate ale documentației de execuție a unui produs, putându-se referi atât la continuitate, cât și la formă, dimensiuni, aspect și chiar structură. Examinarea nedistructivă detectează aceste defecte fără a distruge produsul supus analizei.

Intensificarea preocupărilor pentru realizarea unor produse și construcții sudate de dimensiuni mari cum ar fi: petroliere și mineraliere, platforme de foraj marin, instalații termoelectrice, vase de presiune pentru centrale nucleare, instalații chimice, poduri etc. impun un control riguros al acestora tocmai pentru a mări siguranța în exploatare și evitarea avariilor și în felul acesta asigurându-se o protecție individuală, colectivă precum și a mediului.

Cheltuielile necesare controlului se justifică deoarece se va reduce în mod sigur riscul avariei (ce implică pierderi materiale și uneori umane) și se micșorează cheltuielile de întreținere.

Variația costurilor în funcție de dimensiunile defectului

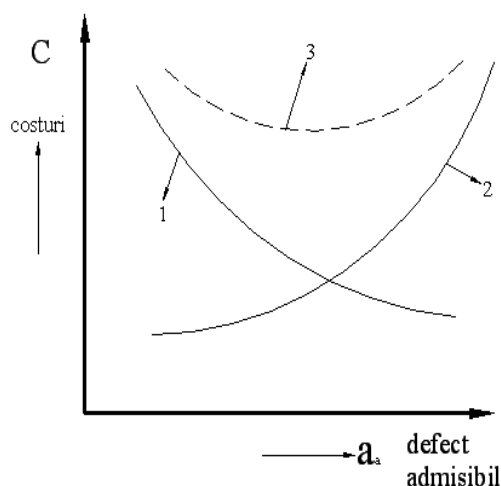
Curba 1 reprezintă dependența costurilor de producție de defectul admisibil.

Curba 2 reprezintă dependența cheltuielilor de întreținere-exploatare, în funcție de mărimea defectului admisibil.

Curba 3 reprezintă cheltuielile totale, al cărei minim determină pentru o anumită situație dimensiunile optime ale defectului maxim acceptat.

Metodele de examinare nedistructive cele mai des utilizate sunt:

controlul cu ultrasunete, controlul cu radiații penetrante, lichide penetrante etc.



Controlul cu ultrasunete

Controlul cu ultrasunete pune în evidență toate tipurile de defecte interne ale îmbinărilor sudate; metoda ultrasonică poate fi folosită și pentru determinări de grosimi de pereți și de straturi depuse. Se poate aplica la toate metalele și materialele nemetalice. Având o penetrație deosebită, ultrasunetele permit controlul secțiunilor foarte mari (până la 5-10m și oțel cu structură ferito-perlitică). Probleme apar la aplicarea acestei metode dacă se controlează structuri grosolane și cu înalt grad de eterogenitate.

Aparatele de control ultrasonic se produc în țară, sunt ușor de manipulat dar necesită un personal cu o bogată experiență.

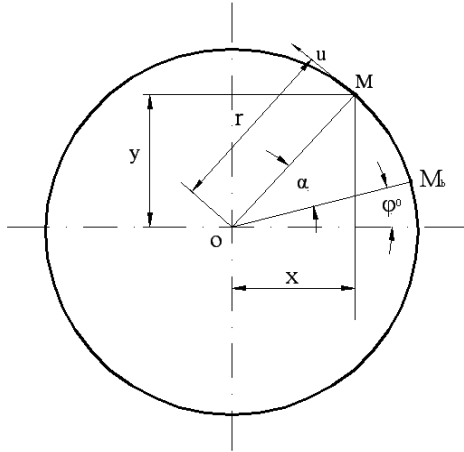
Se pot detecta defecte de dimensiuni mici (sub 1mm), putându-se preciza cu exactitate poziția defectului.

Controlul ultrasonic utilizează unde de înaltă frecvență

$$f = 16 \text{ KHz} \div 10^4 \text{ MHz} (1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclu/s}).$$

Ele nu sunt percepute de urechea umană (16 ÷ 16000 Hz - sunete percepute de om) însă se propagă în solide și lichide.

Ultrasunetele, ca orice alte tipuri de oscilații au ecuația:



$$y = r \sin(\omega t - \varphi_0) \quad r = \text{raza traiectoriei}$$

$$\varphi = \omega t \text{ faza mișcării}$$

$$\varphi_0 = \text{faza inițială}$$

$$\text{unde } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Parametrii mișcării circulare

Analog potențialului electric și elastic, există un potențial de viteză ce determină mișcarea fiecărui punct de coordonate x,y,z.

$$\phi = \phi(x, y, z, t) \quad \phi = \text{potențial de viteză}$$

Derivatele parțiale ale lui ϕ reprezintă componentele vitezei de propagare a particulei:

$$u_x = \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad u_y = \frac{\partial \phi}{\partial y} \quad u_z = \frac{\partial \phi}{\partial z}$$

Mărimi ultraacustice caracteristice:

- viteza de oscilație a particulei u se obține prin derivarea funcției de potențial:

$$u_m = \frac{\partial \phi}{\partial t} = \omega r \cos \omega(t - \frac{x}{v})$$

care admite ca valoare maximă $u_{\max} = \omega r$, iar ca valoare medie:

$$u_m = \omega r \cos \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2} \omega r$$

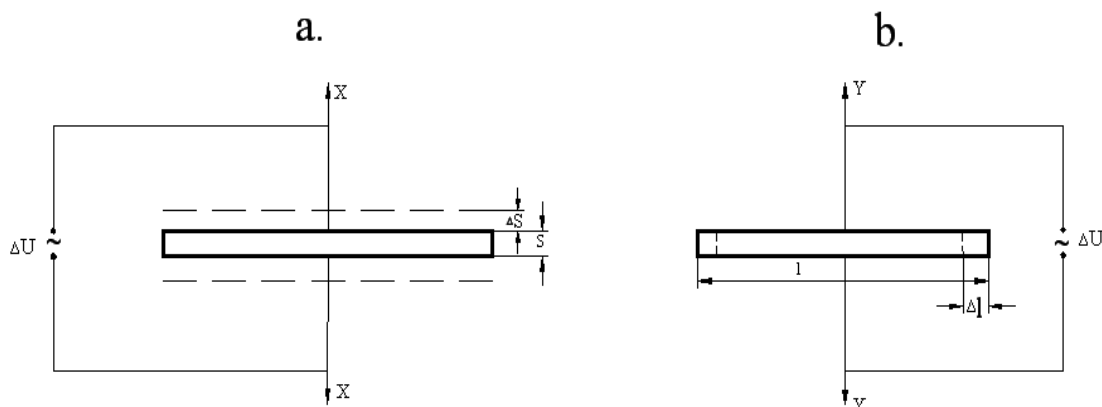
Energia cinetică a unui element de volum din mediul elastic este dată de relația:

$$\Delta W_{cin} = \frac{1}{2} \rho u_m^2 \Delta r$$

iar energia potențială, în ipoteza sistemelor conservative în care pierderile prin frecare sunt nule:

$$W_{pot} = \frac{1}{2} \cdot \frac{p^2}{\rho v^2} \Delta V$$

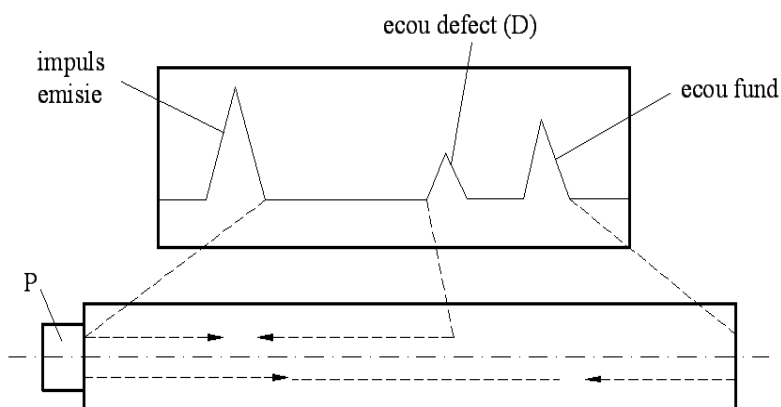
Producerea ultrasunetelor se bazează pe efectul piezoelectric și constă în inducerea sarcinilor electrice de către unele cristale supuse la tensiuni de compresiune sau de întindere. Fenomenul este reversibil. La rezonanță, când frecvența câmpului electric coincide cu frecvența proprie de oscilație a cristalului, amplitudinea vibrațiilor ultrasonice este maximă.



Oscilația unui piezocristal legat electric : a. pe direcția x
b. pe direcția y

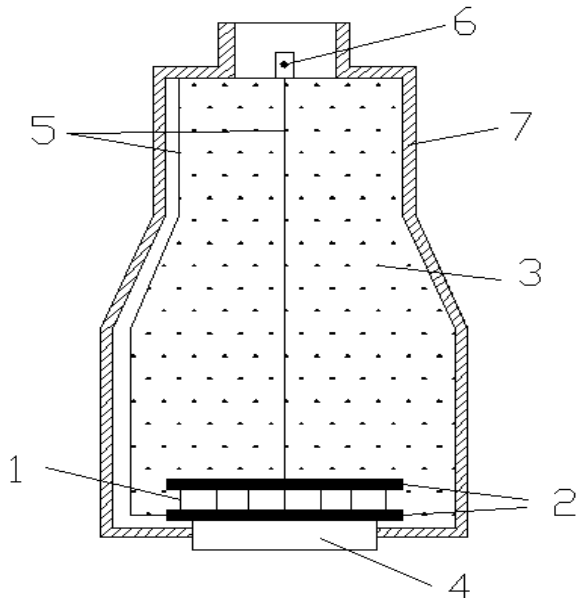
Metodele de control ultrasonic se pot clasifica astfel:

- după regimul de emisie pot fi continue sau intermitente;
- după tehnica de examinare se pot împărți în :
 - metoda prin transmisie – un palpator emite și recepționează;
 - metoda prin reflexie – același palpator emite și recepționează;
- după modul de cuplare pot fi cu strat cuplant sau prin imersie;
- după mărimea măsurată care poate fi timpul de propagare, frecvența de oscilație, intensitatea sau amplitudinea semnalului recepționat;
- după modul de punere în evidență a defectului;



Correspondența dintre parcursul undelor în piesă și imaginea de pe ecranul aparatului (în tehnica de examinare prin reflexie)

Un palpator piezoelectric emițător-receptor se prezintă schematic în figura de mai jos unde :



- 1 este traductorul (plăcuța) piezoelectrică;
- 2 sunt electrozii de contact, care pot fi suprafețe metalizate;
- 3 este masa de amortizare a undelor reflectate constituită din material fonoabsorbant cu impedanță acustică mare, de regulă araldit
- 4 este pana de cuplare a palpatorului pe suprafața de controlat, realizată din plexiglas;
- 5 sunt conductorii, unul legat la fișa palpatorului și unul la masă;
- 6 este fișa palpatorului;
- 7 carcasa metalică;

Secțiune prin palpatorul normal de unde longitudinale.

Analiza prin metodele mecanicii ruperii

Mecanica ruperii reprezintă un concept de analiză a condițiilor în care se produce deformarea și ruperea unui material în care există defecte de forma unor fisuri.

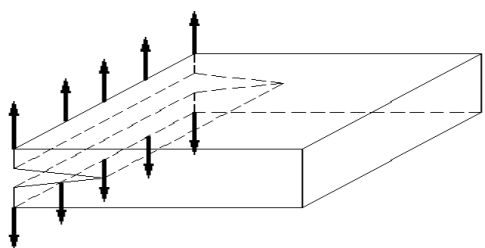
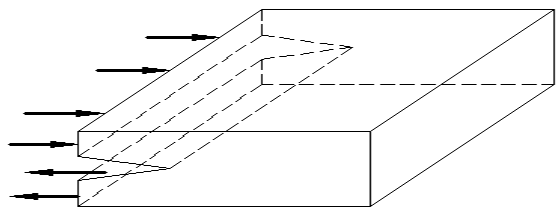
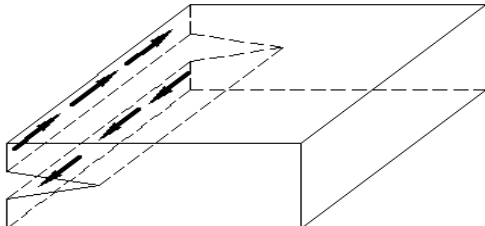
Scopul urmărit este acela de a stabili legătura cantitativă între forțele exterioare, geometria corpului, inclusiv dimensiunile defectelor și caracteristicile de material. Ipotezele de calcul au în vedere comportarea la rupere a diferitelor categorii de materiale. Astfel, în cazul oțelurilor și aliajelor de înaltă rezistență, ca și al altor materiale care se rup cu deformări plastice mici se acceptă, ipoteze comportării elastice liniare în întreaga regiune de la vârful fisurii în care se amorsează și se dezvoltă procesul de rupere. Valorile tensiunilor într-un punct din această zonă raportat la vârful fisurii prin coordonatele polare

r și θ se determină prin relații de tipul:

$$\sigma_{ij} = \frac{K f_{ij}(\theta)}{\sqrt{2\pi r}}$$

în care K este o mărime independentă de r și θ , numită factor de intensitate a tensiunii, iar $f_{ij}(\theta)$ este o funcție dependentă de repartitia tensiunilor în corpul fisurat și de geometria acestuia.

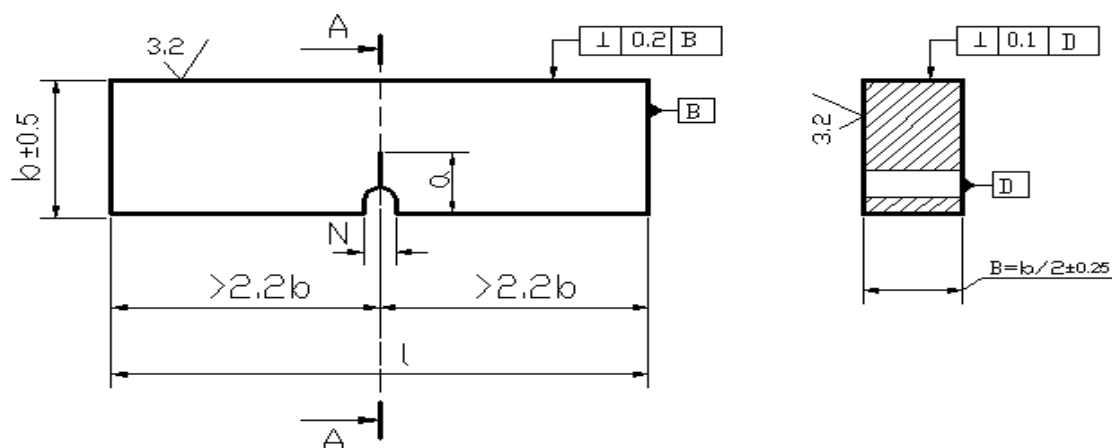
În principiu, se definesc trei tipuri de repartitie a tensiunilor cărora le corespund factorii de intensitate a tensiunilor K_I , K_{II} , respectiv, K_{III} .

Simbolizare convențională	Modul de propagare	Schema de solicitare
I	Deschide	
II	Forfecare frontală	
III	Forfecare laterală	

În toate cazurile, propagarea rupei se face de la stânga la dreapta fisurii.

Încercările pentru determinarea tenacității la rupere K_{IC} se fac pe epruvete cu concentrator de formă plată prelungit cu fisură de oboseală și prin încărcarea acestora cu sarcină continuă la tracțiune sau încovoiere.

Dimensiunile epruvetelor sunt date modulat (tipizat) în tabele. Dimensiunile epruvetelor și ale concentratorului sunt prezentate mai jos.



Analiza chimică.

O metodă modernă de stabilire a procentului fiecărui element chimic al unui metal este aceea în care se utilizează un aparat SPECTROLAB F.

Epruveta utilizată este un cub cu latura $\approx 20\text{mm}$ cu suprafețele șlefuite. Pe aceste suprafețe se produc scântei cu ajutorul unui electrod. Aceste scântei sunt de fapt particule de metal incandescent. Analiza rapidă a acestor scântei cu ajutorul unui calculator afișează rezultatul analizei. Pe ecranul monitorului apar în procente cantitatea fiecărui element chimic ce compune metalul.

În mai puțin de un minut se va obține rezultatul unei analize simultane multi-element care a fost cândva posibilă de realizat doar în laborator cu mai mulți chimiști.

SPECTROLAB F produce rezultate având calitatea de certificate care pot fi transmise la terminale îndepărtate sau la alte sisteme de computere (calculatoare) și astfel el poate fi integrat în sisteme de control calitate uzinale pentru calcule de topire și calcule de șarjă și alte prelucrări ale analizelor.

Sursa scântei:- transformator de tensiune constantă;

- parametrii sursei variabile optimizați prin aplicare;

Capacitatea $2,2 \div 12F$

Rezistența $0 \div 15\Omega$

Condiții de alimentare cu putere:

- 230 V c.a. -15/+10%, 50 sau 60Hz, monofazat

- putere: 1200 VA max

- siguranțe fuzibile: 16A, acționare înceată (electromagnetică)

Dimensiuni: - lățime 650mm

- înălțime 1400mm

- adâncime 800mm

Greutate: - 250 kg

Simularea unor condiții de exploatare.

Încercările de amorsare a ruperii constau în studiul amorsării ruperii fragile în condiții de solicitare apropiate celor întâlnite în construcții metalice realizate din table groase (recipiente sub presiune, nave, etc.). Epruvetele, executate integral din metalul de bază sub forma unor îmbinări sudate, sunt răcite la diferite temperaturi și apoi supuse la încărcarea statică până la rupere. Pentru amorsarea ruperii fragile, în secțiunea centrală a epruvetelor, se realizează în mod intenționat defecte plane de lungime controlată, orientate normal pe direcția de solicitare. Datorită dimensiunilor mari a epruvetelor încercările se execută pe instalații hidraulice speciale, capabile să dezvolte forțe în unele cazuri de până la 60 MN.

Rezultatele încercărilor se exprimă de obicei, prin valoarea temperaturii de amorsare a ruperii fragile, care se determină pe curbe de variație cu temperatura a tensiunii sau deformației de rupere a epruvetelor, folosind diferite criterii convenționale de

departajare a comportării fragile de cea tenace. De exemplu, în cazul încercării la tracțiune pe epruvete cu sudură longitudinală, temperatura de tranziție corespunde unei deformări specifice de 0,5% ($\approx 4 \times$ deformația la limita de curgere) măsurată pe o bază de 125mm. Lățimea respectivă se consideră că înglobează întreaga deformație plastică premergătoare amorsării ruperii.

Amorsarea ruperii poate fi analizată și pe considerente de bilanț energetic, prin trasarea curbei de variație a energiei de rupere cu temperatura. De asemenea se practică sistemul determinării, la fiecare temperatură de încercare, a valorii critice a factorului de intensitate a tensiunii, sau a deplasării de deschidere a fisurii.

Concluzii, redactare, raport de expertiză.

Se determină toți factorii ce au dus la producerea avariei, și se stabilește factorul inițiator.

Se redactează un raport amănunțit despre condițiile ce au dus la producerea avariei, se stabilește gradul de vinovăție al fiecărui participant la execuția construcției sudate. Se dau indicații pentru evitarea pe viitor a altor avarii.