

Indicele sensibilității la propagarea fisurii – interfața de comunicare între ingineri și economiști

Crack propagation sensitivity index – the communication interface between engineers and economists

L. Tóth, Sz. Szávai, N. Szűcs

Bay Zoltan Foundation for Applied Research, Institute for Logistics and Production Systems,
Department of Structural Integrity, Miskolc-Tapolca, Hungary

Cuvinte cheie

Indicele de sensibilitate la propagarea fisurii (CPSI), manualul CPSI, componente inginerești, fiabilitatea elementului structural (RSE), rezistența la propagarea fisurii (CPR), factor de intensitate a sarcinii, condiții de încărcare

Keywords

Crack Propagation Sensitivity Index (CPSI), CPSI-Handbook, engineering components, Reliability of the Structural Element (RSE), Crack Propagation Resistance (CPR), stress intensity factors, loading conditions.

1. Introducere

Cuvintele de bază ale vieții tehnico-economice sunt următoarele: siguranță, fiabilitate și risc. Este absolut adevărat că acești termeni sunt forțele conducătoare ale activităților ce se realizează în structura economică privatizată. Siguranța însăși exprimă nivelul siguranței reale a unui sistem (structură, echipament, etc.) cu o unitate de procent, adică nu tratează investiția și obiectele de cost. În expresia fiabilității sunt incluse instrumentele utilizate pentru estimarea siguranței: toate cunoștințele, instrumentele, soft-ul, costul experților etc., adică acesta include toate obiectele de cost investite în evaluarea integrității structurale a sistemelor. Pentru o investiție suntem capabili să considerăm nivelul de risc al sistemelor de operare, adică probabilitatea căderii sistemului (care nu are nici o unitate) consecințele care pot fi exprimate în cifre de cost, în bani.

Dacă se vorbește despre obiectele de cost investite (fiabilitate) și risc operațional în ultimă analiză, se vorbește despre suma de bani, care este investită și riscată. Proprietarii au sarcina de bază de a defini un tip de optim. Principiul este definit prin abordarea “minimum de investiție și maximum de profit”.

Referitor la evaluarea integrității structurale a componentelor inginerești este necesar să se ia în considerare:

- procesul de degradare care are loc în materiale în timpul unor condiții de operare date,
- discontinuitățile existente, fisuri în structură și imperfecțiuni geometrice și
- câmpurile (tensiune-deformație, temperatură, difracție neutronică, magnetic, etc.) ce apar în structură în timpul operării și condițiilor simulate de operare.

Aceasta se prezintă în figura 1.

Nivelul siguranței poate fi controlat prin metode de încercare selectate, control în timpul inspecției periodice luând în considerare procesul de degradare ce are loc în diferite componente ale echipamentului selectat. În acest caz trebuie să se răspundă la următoarele întrebări:

1. Introduction

The basic words of the technical-economic life are the following: safety, reliability and risk. It is absolutely true that these terms are the driving forces for the activities being done in privatized economic structure. The safety itself expresses the level of the actual safety of a system (structure, equipment, etc.) with a unit of %, i.e. it does not deal with investment and its cost items. In the expression of reliability the tools are included which are used for the estimation of safety: all knowledge, instruments, software, cost of experts, etc. i.e. this item includes all the cost items invested into the structural integrity assessment of the systems. Against the investment we are able to consider the risk level of the operating systems, i.e. the probability of failure of the system (having no unit), the consequences which can be expressed in cost figures, in money.

If we speak about invested cost items (reliability) and operational risk in the last analysis we speak about the amount of money, which is invested and risked. To define some kind of optimum is the basic task of the owners. By this approach “the invest of minimum and the profit of maximum” principle is defined.

Relating to structural integrity assessment of engineering components it is necessary to consider

- the damage process taking place in materials during given operation conditions,
- the existing discontinuities, flaws in the structures and geometrical imperfections, and
- the fields (stress-strain, temperature, neutron, magnetic, etc.) rising in the structures during operation and simulated operation conditions.

This is shown in Figure 1.

The level of safety can be controlled by selected testing methods, control during periodical inspection considering the damage process that takes place in different parts of the selected equipment. In this case the following questions need to be answered:

- Ce fel de proces de degradare poate avea loc la echipamentul supravegheat?
 - În care parte/componentă a echipamentului are loc degradarea?
 - Ce fel de procedură de încercare poate detecta această degradare?
 - Ce fel de calificare este cerută specialiștilor?
 - Cât de des trebuie efectuat controlul?
- Aceste întrebări sunt prezentate în figura 2.

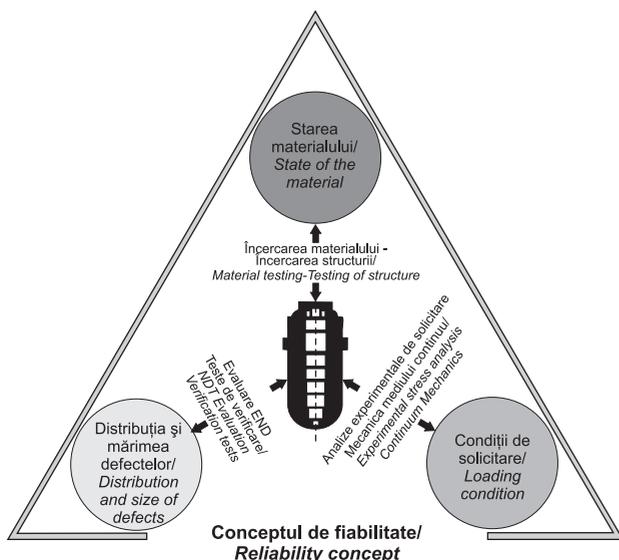


Figura 1. Obiectele conceptului de fiabilitate a structurilor, sistemelor și componentelor/
Figure 1. The items of the reliability concept of structures, systems and components

Întrebările menționate mai sus trebuie să aibă un răspuns cu privire la următoarele două aspecte:

- Ce tip și ce mărimi de defecte (fisuri) trebuie detectate, condiționate fiind de siguranța și analiza riscului elementelor structurale supravezate?
- Procedura selectată, persoana sau echipamentul selectat sunt potrivite pentru detectarea defectelor, definite în mod eficient din punct de vedere al costului?

La această întrebare se poate răspunde numai dacă conceptul de fiabilitate al structurilor se bazează pe principiile mecanicii ruperii, adică dacă sunt luați în considerare toți cei trei factori de influență ilustrați în figura 1. De aceea, problemele privind materialul – END – starea de solicitare trebuie luate de asemenea în considerare. Ultimele două sunt exprimate în termenii indicelui de sensibilitate la propagarea fisurii (CPSI) a elementului structural solicitat quasi-static. Acesta este un număr adimensional, fără unitate de măsură, care caracterizează nivelul de pericol al unui defect detectat. Utilizând acest concept accidentele privind diferite discontinuități pot fi comparate cu numere adimensionale, adică se poate spune că acest defect este, de exemplu, de trei ori mai periculos decât altul. Definiția indicelui de sensibilitate la propagarea fisurii elementului structural este de importanță fundamentală deoarece observațiile END – stările de solicitare – rezultatele încercărilor pentru rezistența la propagare a fisurii sunt legate de aplicarea principiilor mecanicii ruperii la evaluarea fiabilității componentelor.

Utilizând această definiție, fiabilitatea elementului structural (RSE) cu defecte de tip fisură și fiabilitatea rezultatelor

- What kind of damage process can be realised in the supervised equipment?
 - In which part of the equipment does the damage take place?
 - What kind of testing procedure is able to detect it?
 - What kind of qualification is required from the specialists?
 - How often does it need to be controlled? etc.
- These questions are summarized in Fig. 2.

The above-mentioned questions should be answered from two aspects:

- What kind and flaw sizes (crack) need to be detected, being determined by the safety, risk analysis of the supervised structural elements?
- Are the selected procedure, person, equipment is suitable for detecting the defined flaws in a cost effective way?

The questions can be answered only, if the reliability concept of the structures is based on fracture mechanics principles, i.e. if all the three influencing factors, illustrated in Fig. 1, are taken into account. That is why the Material - NDE - Loading

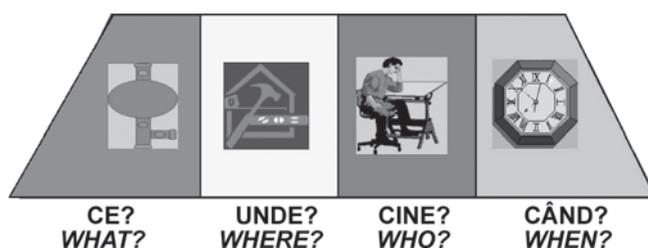


Figura 2. Întrebările de bază la stabilirea controalelor periodice/
Figure 2. The basic questions in design of the periodical supervisions

Condition issues have to be taken into account at the same time. The latter two of them are expressed in terms of Crack Propagation Sensitivity Index (CPSI) of the quasi-static loaded structural element. This is a pure number without any unit, which characterises the level of danger of a detected flaw. Using this concept the hazards of different discontinuities can be compared by pure numbers, i.e. it can be said that this defect is for instance three times more hazardous than that one. The definition of Crack Propagation Sensitivity Index of the structural element is basically important because the NDE observations - loading conditions - crack propagation resistance test results are connected by applying fracture mechanics principles in reliability assessment of components.

Using this definition the Reliability of the Structural Element (RSE) having crack like defects and the reliability of the Non-Destructive Evaluation (NDE) results, and determination of Crack Propagation Resistance (CPR) of a structural material, a „closed-loop system” can be created, i.e. the requirements for the RSE – NDE - CPR are interconnected as illustrated in Fig. 3.

The practical applicability of CPSI concept will be demonstrated by various examples developed for pipelines, pressure vessels, etc.

2. Crack Propagation Sensitivity Index for quasi-static loaded elements

The crack propagation sensitivity index (CPSI) of quasi-static loaded structural elements is the derivative of K vs. a function. This is illustrated in Fig. 4. Instead of the stress

evaluării END și determinarea rezistenței la propagarea fisurii (CPR) a elementului unui material structural, poate fi creat un “sistem în buclă închisă”, adică cerințele pentru RSE – NDE – CPR sunt interconectate așa cum se ilustrează în figura 3.

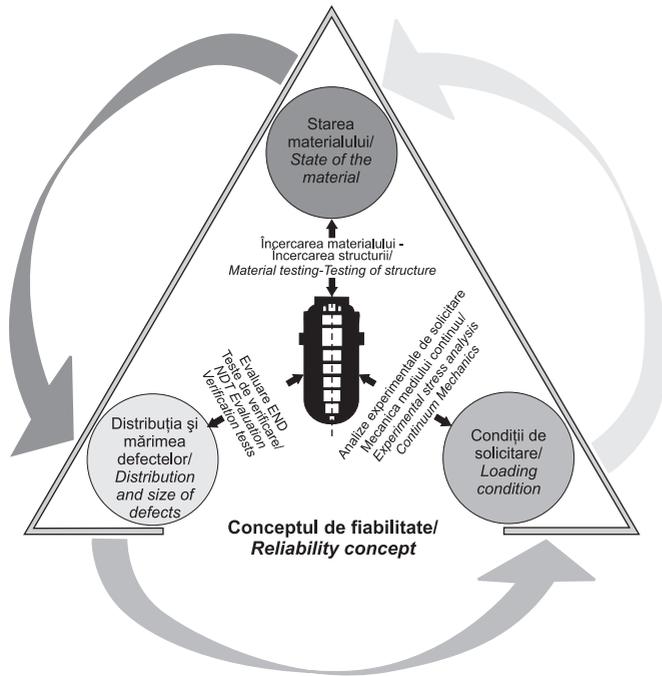


Figura 3. RSE – NDE – CPR ca un sistem în buclă închisă/
Figure 3. The RSE – NDE – CPR as a closed-loop system

Aplicabilitatea practică a conceptului CPSI va fi demonstrată prin diferite exemple realizate pentru conducte, vase sub presiune, etc.

2. Indicele de sensibilitate la propagarea fisurii pentru elemente solicate quasi-static

Indicele de sensibilitate la propagarea fisurii (CPSI) elementelor solicate quasi-static este derivata lui K față de o funcție. Acest lucru este ilustrat în figura 4. În locul factorului de intensitate al tensiunii (K), un alt parametru invariabil al mecanicii ruperii poate fi de asemenea utilizat (de exemplu integrala J sau densitatea energiei de deformare etc.).

Deoarece factorul de intensitate al tensiunii (sau alt parametru al mecanicii ruperii) depinde de tipul elementelor structurale, de tipul condițiilor de solitare, poziția și parametrii geometrice ai defectelor de tip fisură, indicele de sensibilitate la propagarea fisurii (CPSI) pentru un element real selectat depinde numai de geometria fisurii. Cel mai simplu caz este o fisură plană cu o geometrie ce poate fi caracterizată prin mărimea fisurii. Acest lucru este ilustrat în figura 5. Figura 6 prezintă faptul că la exact aceeași fiabilitate a factorilor de siguranță (adică la aceleași valori K_{Ic}/K_I) ale elementului Nr. 1 și Nr. 2 cerințele dimensiunilor fisurii sunt cu totul diferite.

Soluțiile pentru factorii de intensitate a tensiunii sunt adunate din diferite manuale, lucrări [1-13] sau soft-uri [3], dar derivatele lor nu există încă în literatura de specialitate. Pregătim colecții ale funcțiilor derivate ale factorilor de intensitate a tensiunii pentru diferite elemente structurale, geometria fisurii și condițiile de solitare și ne-ar face plăcere

intensity factor (K) another invariant parameter of fracture mechanics can also be used (for instance the J -integral, or the strain energy density, etc.).

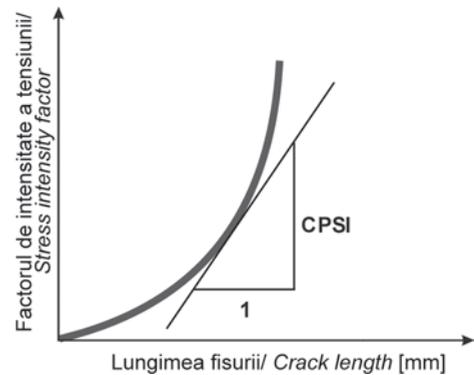


Figura 4. Definiția indicelui de sensibilitate la propagarea fisurii (CPSI) pentru elemente structurale solicate quasi - static/
Figure 4. Definition of the crack propagation sensitivity index (CPSI) for quasi-static loaded structural elements

As the stress intensity factor (or other fracture mechanics parameter) depends on the type of the structural elements, on the loading conditions and the type, position and geometrical parameters of the crack-like defects, the CPSI for a selected real structural element depends only on the crack geometry. The simplest case is a planar crack the geometry of which can be characterized by the crack size. This is illustrated in Fig. 5. Fig. 6 shows exactly that at the

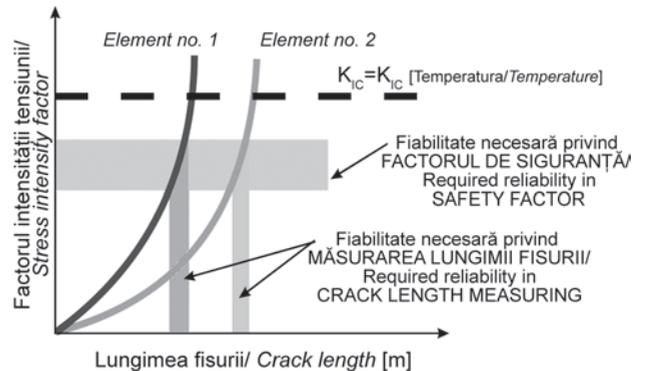


Figura 5. Utilizarea practică a CPSI pentru determinarea fiabilității necesare a dimensiunilor fisurii pentru diferite elemente structurale/
Figure 5. The practical use of CPSI for determination of the required reliability of crack sizing for different structural elements

same reliability of the safety factors (i.e. at the same K_{Ic}/K_I values) of the element N° 1 and N° 2 the requirements of crack sizing are quite different.

The solutions for the stress intensity factors are collected either in different handbooks, papers [1-13] or in software [3] but the collection of their derivate does not exist in the literature yet. We prepare collection of the derivate functions of the stress intensity factors for different structural element, crack geometry and loading conditions and we would like to collect them in a handbook. The derivate functions and the software for calculating the CPSI are ready for 100 different cases. The calculations include plates, pipes, cylinders, spherical shells, spheres, round bars and bolts, components with holes.

să le adunăm într-un manual. Funcțiile derivate și soft-urile pentru calcularea indicelui de sensibilitate la propagarea fisurii sunt deja gata pentru 100 de cazuri diferite. Calculele includ table, țevi, cilindri, carcase sferice, sfere, bare rotunde și bolțuri, componente cu găuri.

3. Exemple

Să ilustrăm conceptul indicelui de sensibilitate la propagarea fisurii, CPSI, prin două exemple foarte simple. Selectând secțiunea cilindru (vezi Fig. 6) cu fisură axială, factorul de intensitate a tensiunii (SIF) poate fi calculat cu ecuațiile (1.a), (1.b) și (1.c).

$$K = F \frac{pR}{t} \sqrt{\pi a} \quad (1.a)$$

unde

$$F = 1 + 0.072449\lambda + 0.64856\lambda^2 - 0.2327\lambda^3 + 0.038154\lambda^4 - 0.0023478\lambda^5 \quad (1.b)$$

$$\lambda = \frac{a}{\sqrt{Rt}} \quad (1.c)$$

Valorile lui F sunt detaliate în funcție de λ . Funcția derivată are următoarea formă (2.a, 2.b, 2.c):

$$\frac{dK}{da} = \frac{dF}{da} \frac{pR}{t} \sqrt{\pi a} + \frac{1}{2} F \frac{pR}{t} \sqrt{\frac{\pi}{a}} \quad (2.a)$$

$$\frac{dF}{da} = (0.072449 + 1.29712\lambda - 0.6981\lambda^2 + 0.152616\lambda^3 - 0.011739\lambda^4) \frac{d\lambda}{da} \quad (2.b)$$

$$\frac{d\lambda}{da} = \frac{1}{\sqrt{Rt}} \quad (2.c)$$

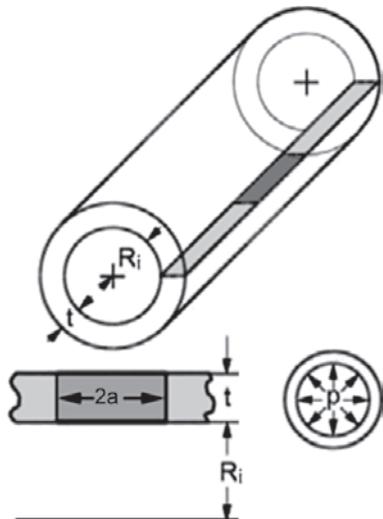


Figura 6. Cilindrul sub presiune internă cu fisură axială străpunsă pe grosime/

Figure 6. Cylinder under internal pressure with axial through-thickness crack

Indicele de sensibilitate la propagarea fisurii, CPSI pentru cilindru cu raza $R = 120$ mm, grosimea $t = 30$ mm, jumătate din lungimea fisurii lui $a = 8$ mm și o presiune internă $p = 135$ MPa pot fi observate în figura 7.

Pe baza rezultatelor, în practică, se pot trage următoarele concluzii:

3. Worked out examples

Let us illustrate the above-mentioned CPSI concept by two very simple examples. Selecting the cylinder-section (see Fig. 6) having axial crack the stress intensity factor (SIF) can be calculated by Equations (1.a), (1.b) and (1.c).

$$K = F \frac{pR}{t} \sqrt{\pi a} \quad (1.a)$$

where

$$F = 1 + 0.072449\lambda + 0.64856\lambda^2 - 0.2327\lambda^3 + 0.038154\lambda^4 - 0.0023478\lambda^5 \quad (1.b)$$

$$\lambda = \frac{a}{\sqrt{Rt}} \quad (1.c)$$

The values of F are detailed function of λ . The derivate function has the following form (2.a, 2.b, 2.c):

$$\frac{dK}{da} = \frac{dF}{da} \frac{pR}{t} \sqrt{\pi a} + \frac{1}{2} F \frac{pR}{t} \sqrt{\frac{\pi}{a}} \quad (2.a)$$

$$\frac{dF}{da} = (0.072449 + 1.29712\lambda - 0.6981\lambda^2 + 0.152616\lambda^3 - 0.011739\lambda^4) \frac{d\lambda}{da} \quad (2.b)$$

$$\frac{d\lambda}{da} = \frac{1}{\sqrt{Rt}} \quad (2.c)$$

The CPSI for the cylinder with a radius $R = 120$ mm, thickness $a = 30$ mm, half of the crack length $a = 8$ mm and an internal pressure $p = 135$ MPa can be seen in Fig. 7.

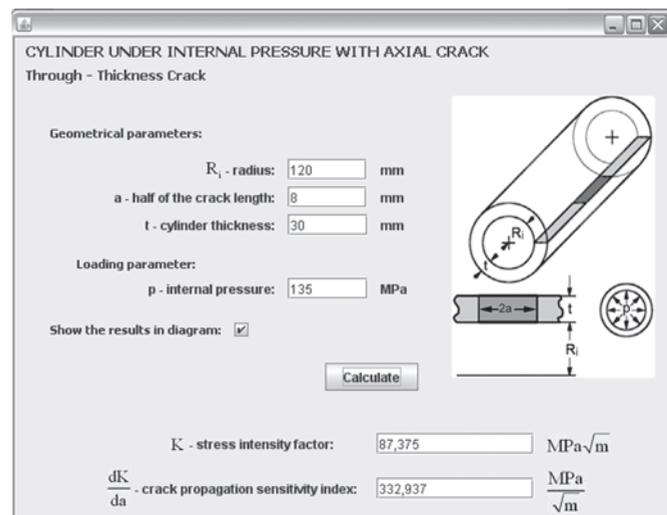


Figura 7. Softul Java al CPSI față de mărimea fisurii pentru un cilindru ($R = 120$ mm, $t = 30$ mm)/

Figure 7. The Java software of the CPSI vs. crack size for a cylinder ($R = 120$ mm, $t = 30$ mm)

On the basis of the results the following conclusions can be drawn for the practice:

- With increasing the crack length (with increasing the ration of SIF and fracture toughness, i.e. with decreasing the safety factor), the CPS decreases, i.e. the role of the NDT uncertainty has less and less important. It means that at the selected loading condition and at the given element there is no important problem regarding to the NDT peoples.

- If the K_{Ic} value decreases, i.e. the element is made of high

- Cu creșterea lungimii fisurii (cu creșterea raportului SIF și a rezilienței la rupere, adică cu scăderea factorului de siguranță), se reduce CPS, adică rolul nesiguranței END are importanță din ce în ce mai mică. Aceasta înseamnă că pentru

strength steels and the working conditions are the same, then the critical length decreases. In this case the structural element becomes more and more sensitive to the NDT results, i.e. more and more important for the NDT specialists.

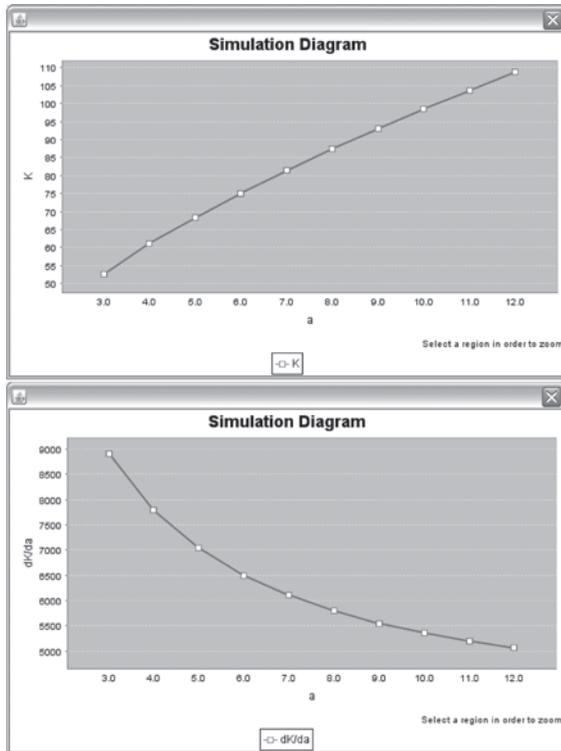


Figura 8. Diagrama de simulare a softului Java al CPSI față de mărimea fisurii pentru un cilindru (R = 120 mm, t = 30 mm)/
Figure 8. The simulation diagram of the Java software of the CPSI vs. crack size for a cylinder (R = 120 mm, t = 30 mm)

toate condițiile de solicitare selectate și pentru elementul dat nu sunt probleme importante privind personalul END.

- Dacă valorile lui K_{Ic} scad, adică elementul este alcătuit din oțel de înaltă rezistență, iar condițiile de lucru sunt aceleași, atunci lungimea critică scade. În acest caz elementul structural devine mai mult sau mai puțin sensibil pentru rezultatele END, adică din ce în ce mai important pentru specialiștii END.

Aceleași calcule pot fi efectuate pentru tablele sub presiune cu fisură de suprafață extinsă, lucru care poate fi observat în figura 10. Ignorând pașii în detaliu, rezultatele se pot vedea în figura 11.

$$K = Y\sigma\sqrt{a} \quad (3.a)$$

unde

$$Y = 1.99 - 0.41\left(\frac{a}{t}\right) + 18.7\left(\frac{a}{t}\right)^2 - 38.48\left(\frac{a}{t}\right)^3 + 53.85\left(\frac{a}{t}\right)^4 \quad \text{for } \frac{a}{t} \leq 0.6 \quad (3.b)$$

$$Y = \frac{d}{da} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{a}{t}\right)^{-\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{a}{t}\right)^{-\frac{3}{2}} \left(1 + 3\left(\frac{a}{t}\right)\right) \right] \quad \text{for } \frac{a}{t} > 0.6 \quad (3.c)$$

Valorile lui K sunt detaliate în funcție de raportul a/t. Funcția derivată are următoarea formă (4.a, 4.b, 4.c):

$$\frac{dK}{da} = \frac{dY}{da} \sigma \sqrt{a} + \frac{1}{2} Y \sigma \frac{1}{\sqrt{a}} \quad (4.a)$$

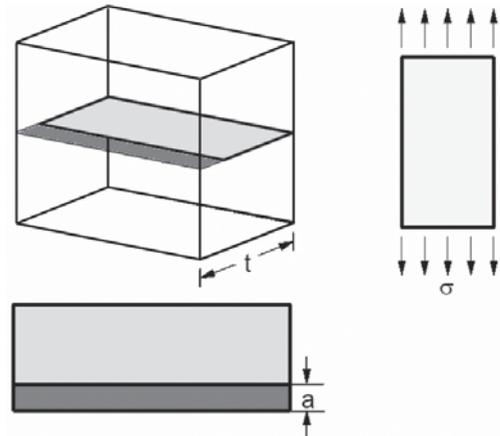


Figura 9. Tablă sub presiune cu fisură de suprafață extinsă/
Figure 9. Plate under pressure with extended surface crack

The same calculations can be performed for the plate under pressure with extended surface crack, which can be seen in Fig. 10. Ignoring the detailed steps the result is shown in Fig. 11.

$$K = Y\sigma\sqrt{a} \quad (3.a)$$

where

$$Y = 1.99 - 0.41\left(\frac{a}{t}\right) + 18.7\left(\frac{a}{t}\right)^2 - 38.48\left(\frac{a}{t}\right)^3 + 53.85\left(\frac{a}{t}\right)^4 \quad \text{for } \frac{a}{t} \leq 0.6 \quad (3.b)$$

$$Y = \frac{d}{da} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{a}{t}\right)^{-\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{a}{t}\right)^{-\frac{3}{2}} \left(1 + 3\left(\frac{a}{t}\right)\right) \right] \quad \text{for } \frac{a}{t} > 0.6 \quad (3.c)$$

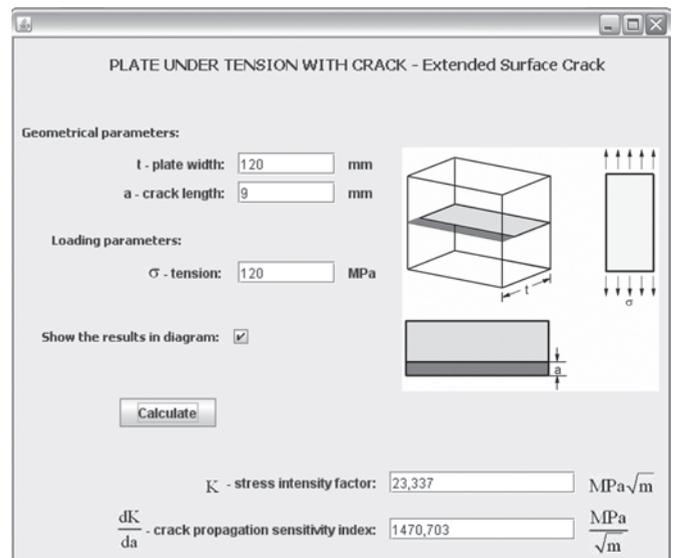


Figura 10. Softul Java software pentru CPSI față de mărimea fisurii unei table (t = 180 mm)/
Figure 10. The Java software of the CPSI vs. crack size for a plate (t = 180 mm)

The values of K are detailed in the function of a/t. The derivate function has the following form (4.a, 4.b, 4.c):

$$\frac{dY}{da} = -0.41 \frac{1}{t} + 37.4 \frac{a}{t^2} - 115.44 \frac{a^2}{t^3} + 215.4 \frac{a^3}{t^4} \quad \text{for } \frac{a}{t} \leq 0.6 \quad (4.b)$$

$$\frac{dY}{da} = \frac{3}{2t\sqrt{\frac{a}{t}\left(1-\frac{a}{t}\right)^{\frac{3}{2}}}} + \frac{3\left(\frac{3a}{t}+1\right)}{4t\sqrt{\frac{a}{t}\left(1-\frac{a}{t}\right)^{\frac{5}{2}}}} - \frac{\frac{3a}{t}+1}{4t\left(\frac{a}{t}\right)^{\frac{3}{2}}\left(1-\frac{a}{t}\right)^{\frac{3}{2}}} \quad \text{for } \frac{a}{t} > 0.6 \quad (4.c)$$

Indicele de sensibilitate la propagarea fisurii, CPSI, pentru tabla cu lăţimea $t = 180$ mm, lungimea fisurii $a = 14$ mm şi tensiunea $\sigma = 120$ MPa se pot vedea în figura 10.

Atât figura 8 cât şi 11 evidenţiază exact următoarea remarcă:

- valoarea CPSI depinde de tipul elementului structural, forma fisurii (prin calculul factorului de intensitate a fisurii),
- valoarea lui CPSI chiar în cazul componentei selectate depinde de dimensiunea caracteristică a fisurii, adică cerinţele pentru condiţiile de fiabilitate END depind de asemenea de dimensiunea fisurii,
- valoarea lui CPSI este proporţională cu măsura valorii sarcinii locale.

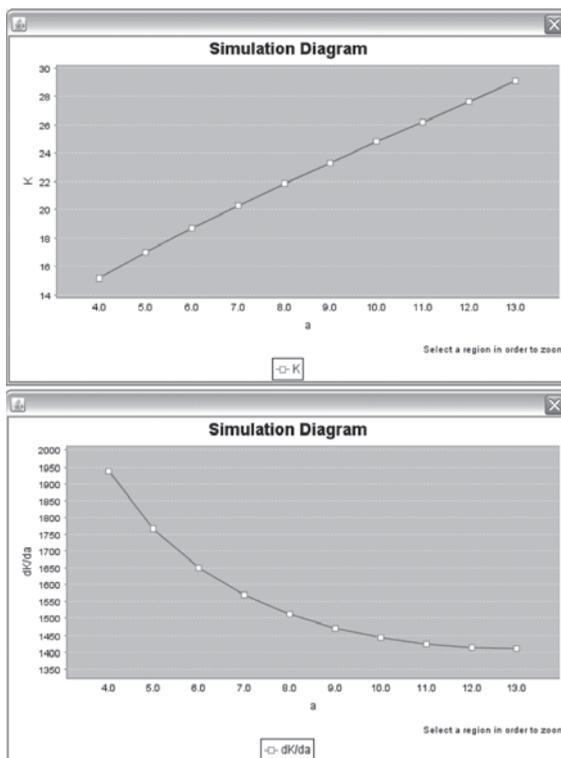


Figura 11. Diagrama de simulare a softului Java al CPSI faţă de mărimea fisurii pentru o tablă ($t = 180$ mm)/

Figure 11. The simulation diagram of the Java software of the CPSI vs. crack size for a plate ($t = 180$ mm)

Pe baza rezultatelor prezentate în figura 11 se pot trage aceleaşi concluzii ca şi cele legate de figura 8.

Aceste două exemple demonstrează exact importanţa armoniei **RSE – NDE – CPR**.

$$\frac{dK}{da} = \frac{dY}{da} \sigma \sqrt{a} + \frac{1}{2} Y \sigma \frac{1}{\sqrt{a}} \quad (4.a)$$

$$\frac{dY}{da} = -0.41 \frac{1}{t} + 37.4 \frac{a}{t^2} - 115.44 \frac{a^2}{t^3} + 215.4 \frac{a^3}{t^4} \quad \text{for } \frac{a}{t} \leq 0.6 \quad (4.b)$$

$$\frac{dY}{da} = \frac{3}{2t\sqrt{\frac{a}{t}\left(1-\frac{a}{t}\right)^{\frac{3}{2}}}} + \frac{3\left(\frac{3a}{t}+1\right)}{4t\sqrt{\frac{a}{t}\left(1-\frac{a}{t}\right)^{\frac{5}{2}}}} - \frac{\frac{3a}{t}+1}{4t\left(\frac{a}{t}\right)^{\frac{3}{2}}\left(1-\frac{a}{t}\right)^{\frac{3}{2}}} \quad \text{for } \frac{a}{t} > 0.6 \quad (4.c)$$

The CPSI for the plate with width of $t = 180$ mm, the crack length of $a = 14$ mm and the tension of $\sigma = 120$ MPa can be seen in Fig. 10.

Both Figures 8 and 11 underline exactly the following remarks:

- the CPSI value depends on the type of structural element, crack configurations (through the calculations of stress intensity factor),
- the value of the CPSI even at the selected component depends on the characteristic crack size, i.e. the requirements for NDE reliability conditions depend on the crack size too,
- the CPSI value is proportional to the measure of the local load value.

On the basis of the results which are summarized in Fig. 11, the same practical conclusion can be drawn as it has been done in connection with Fig. 8.

These two worked out examples demonstrate exactly the importance of the harmony of the **RSE – NDE – CPR**.

The CPSI value determines the requirement to the NDE reliability. If the CPSI value is higher, then the requirements should be strong (better equipment, higher qualified NDE personnel, more precise testing conditions, etc., i.e. more investment into the inspection) [15-17].

4. Conclusions

Considering the aim of this paper and the presented results, the following conclusions can be drawn:

- The reliability assessment of cracked structural components needs to be based on the co-operation of specialists working in the NDE field - Mechanical Loading - Fracture Mechanics.
- A system for characterisation of Crack Propagation Sensitivity Index (CPSI) of the construction elements for quasistatic loading conditions has been proposed.
- The application of the Crack Propagation Sensitivity Index for construction elements provides a possibility to link the reliability assessment calculation and the reproducibility of the NDE or crack growth resistance test results.
- A compendium (and its computer version) for dK/da calculation of different structural components with different crack configurations completed.
- Having the above mentioned compendium, the NDE qualification harmonisation may be improved in the structural components.

Valoarea lui CPSI determină cerințele privind fiabilitatea END. Dacă valoarea lui CPSI este mare atunci cerințele trebuie să devină severe (un echipament mai bun, personal END cu calificare superioară, condiții de examinare mai precise, etc., adică mai multă investiție în inspecție) [15-17].

4. Concluzii

Considerând scopul acestei lucrări și rezultatele prezentate, se pot trage următoarele concluzii:

- Evaluarea fiabilității componentelor structurale fisurate trebuie să se bazeze pe cooperarea dintre specialiștii ce lucrează în domeniul END – Solicităților mecanice – Mecanicii ruperii.
- S-a propus un sistem pentru caracterizarea indicelui de sensibilitate la propagarea fisurii (CPSI) a elementelor de construcție pentru solicitarea quasi statică.
- Aplicarea indicelui de sensibilitate la propagarea fisurii pentru elemente de construcție dă posibilitatea de a lega calculul evaluării fiabilității și reproductibilității END sau rezultatele încercării de rezistență la propagarea fisurii.
- S-a realizat un compendium (și versiunea sa pe calculator) pentru calculul raportului dK/da pentru diferite componente structurale cu diferite forme ale fisurii.
- Având compendiumul menționat mai sus armonizarea calificării END poate fi îmbunătățită la componentele structurale.

Bibliografie/ References

- [1]. Tada H, Paris P.C. and Irwin G.R.: The Stress Analysis of Cracks Handbook. Del Research Corp., Hellertown, Pa., U.S.A., 1973.
- [2]. Rooke, D.P., Cartwright D.J.: Compendium of Stress Intensity Factors. Her Majesty's Stationery Office, London, 1976.
- [3]. Stress Intensity Factors Handbook. Edited by Y. Murakami, Pergamon Press, 1987.
- [4]. Aliabadi M.H.: Database of Stress intensity Factors. Computational Mechanics Publications.
- [5]. Tóth L.: "A computer aided assessment system of reliability cyclic loaded construction elements having flaws". Proc. 1st Int. Conf. on Computer-Aided Assessment and Control of Localized Damage. Portsmouth, UK. 1990 (Edited by M.H.Aliabadi, C.A.Brebbia, D.J.Cartwright), Vol. I. Springer-Verlag, pp.39-53.

[6]. Tóth L.: Reliability Assessment of Cracked Structural Elements under Cyclic Loading. In: Handbook of Fatigue Crack Propagation in Metallic Structures. Edited By A. Carpinteri. Elsevier. 1994. pp. 1643-1683.

[7]. Carpinteri A.: "Surface flaw under cyclic bending loading." Proc. 1st Int. Conf. on Computer-Aided Assessment and Control of Localized Damage. Portsmouth, UK. 1990 (Edited by M.H.Aliabadi, C.A.Brebbia, D.J.Cartwright), Vol. 1., Springer-Verlag, pp.147-158.

[8]. Carpinteri A.: "Fatigue growth of a surface crack in an elastic plate subjected to cyclic tensile loading". Proc. 8th Cong. Mat. Test. 1982. pp. 327-331, Budapest.

[9]. Carpinteri A.: Crack propagation under cyclic loading. Fat. & Fract. of Eng. Mat. & Struct. 15, 1992. N°4. pp. 265-376.

[10]. Carpinteri A.: "Stress-intensity factors for semi-elliptical surface cracks under tension and bending". Eng Fract. Mech. 38, N°4/5. 1991. pp. 324-334.

[11]. Carpinteri A.: Elliptical-arc surface cracks in round bars. Fat. & Fract. of Eng. Mat. & Struct. 15, N°11. 1992. pp. 1141-1153.

[12]. Savruk M.P.: Stress Intensity Factors of Bodies Having Cracks (in Russian). In Fracture Mechanics and Strength of Materials Vol.2. Edited by V.V. Panasyuk, Naukova Dumka, Kiev, 1988.

[13]. Pook L.P.: Keyword scheme for proposed computer-based bibliography of stress intensity factor solution. NEL Report N°704, Department of Trade and Industry. 1986.

[14]. Pook L.P.: (1989) Unacceptable differences in published stress intensity factor solutions. Fat. Fract. Eng. Mat. Struct. N°1, 67-69.

[15]. Dmytrakh I.M., Vainaman A.V., Statschhuk M.H., Tóth L.: Reliability and durability of structural elements for heat-and power equipments. (in Ukrainian). Kyiv. 2005.

[16]. xxx: 1st NDE in Relation to Structural Integrity or Nuclear and Pressurized Components. Ed. by M. Bieth, J. Whittle. Woodhead Publishing Limited. 1999.

[17]. xxx: Proc. 2nd NDE in Relation to Structural Integrity or Nuclear and Pressurized Components. New Orleans, USA, 2000.

[18]. xxx: Proc. 4th NDE in Relation to Structural Integrity or Nuclear and Pressurized Components, London, UK, 2005.

[19]. Gutiérrez-Solana F., Cicero S., Álvarez J. A., Lacalle R.: Fitnet Basic Training Package., GKSS Research Centre Geesthacht, Germany, 2001



Asociația de Sudură din România

organizează împreună cu

Filiala ASR Ploiești și

Universitatea Petrol – Gaze din Ploiești

în perioada 21 - 23 aprilie 2010

CONFERINȚA INTERNAȚIONALĂ ASR

„SUDURA 2010”

*Tehnologii de sudare și
recondiționare prin sudare*

Secțiunile Conferinței

1. Tehnologii moderne de îmbinare a materialelor
2. Diagnoza stării tehnice a echipamentelor industriale
3. Procedee de creștere a durabilității echipamentelor industriale
4. Recondiționarea pieselor uzate, fisurate și rupte

Termene

- Trimiterea rezumatelor: 15 octombrie 2009
- Evaluarea rezumatelor: 30 octombrie 2009
- Trimiterea lucrărilor în extenso: 20 ianuarie 2010
- Acceptarea lucrărilor pentru introducerea în program: 20 februarie 2010

www.asr.ro