

COMENTARII PRIVIND UTILIZAREA ELEMENTULUI FINIT LA DETERMINAREA TENSIUNII ÎN PUNC CRITIC

Daniela FILIP VACARESCU, Florin FILIP VACARESCU

Universitatea de Nord din Baia Mare, Catedra de Discipline Mecanice, Email: filda@ubm.ro

Cuvinte cheie: element finit, îmbinari sudate la aluminiu, oboseala, tensiuni în puncte critice,

Abstract: The hot spot stress fatigue design for aluminium joints is only applicable to situations where the potential mode of failure is by fatigue crack grows from the toe of a weld. Determination of the hot spot stresses necessitates generally carrying out 2D or 3D fine mesh stress analyses, further to the 3D mesh analysis. In that case, boundary nodal displacements or forces obtained from the 3D coarse mesh model are applied to the fine mesh models as boundary conditions. In highly stressed area, in particular in the vicinity of structural discontinuities, the level of stresses depends on the size of elements due to the high stress gradient. The hot spot stresses are generally highly dependent on the finite element model considered for representation of the structure. The paper presents a short description of different methods of various classification societies and other code writing societies how to calculate the structural stress.

1. Introducere

Cedarea la oboseala este un fenomen local care depinde în mare masura de proprietatile locale ale structurii, cum ar fi geometria si calitatea îmbinarilor sudate. Cresterea tensiunii lângă cordonul de sudura se poate determina experimental cu ajutorul timbrelor tensometrice sau numeric, printr-o analiza cu elemente finite. Abordarea fenomenului de oboseala prin tensiunea în punctul critic al sudurii se aplica în conditiile în care crapaturile ce conduc în final la cedarea îmbinarii se produc la marginea cordonului. Determinarea tensiunii în punctul critic necesita o analiza cu elemente finite 3D, urmata de o discretizare mai fina în zona de interes efectuata cu elemente finite 2D sau 3D. Astfel, deplasările nodurilor care rezulta din analiza 3D cu discretizare normala, se aplica modelului cu discretizare fina ca si conditii de margine. Valoarea tensiunii calculate depinde în mare masura de tipul si dimensiunile elementelor finite utilizate. Recomandarile diferitelor societati, coduri scrise si standarde privind analiza cu elemente finite a tensiunii structurale sunt indicate în cele ce urmeaza. Tensiunile pe element rezulta dintr-o integrare gaussiană între puncte. În functie de tipul de element finit poate fi necesar a se executa câteva extrapolari în scopul de a determina tensiunea efectiva la marginea cordonului de sudura.

2. Reguli de modelare cu elemente finite conform diferite societati, coduri scrise si standarde

- **DNV [2]** recomanda utilizarea elementelor finite tip solid cu 20 de noduri de dimensiuni ($t/2 \times t/2$) sau element finit pânza cu 8 noduri de dimensiuni ($t \times t$). Se admite o extrapolare liniara a tensiunii între punctele $t/2$ si $3t/2$ (fig.1), iar tensiunile principale calculate în punctul critic se vor folosi pentru determinarea factorului de concentrare al tensiunilor k_g .
- **Germanischer Lloyd [5]** recomanda utilizarea de elemente finite tip solid cu 20 de noduri cu lungimea laturii egala cu grosimea placii în dreptul punctului critic. Se recomanda sa existe cel puțin 3 elemente de lungime egala în zona de interes în

calculul tensiunilor. Tensiunea deriva dintr-o extrapolare quadratică (din tensiunile a patru puncte de element finit) a tensiunilor componente normale pe sudura. Sudura se include în modelul cu element finit.

- **ABS** [1] indica elemente finite liniar elastice tip placă sau tip pânză cu 8 noduri, de dimensiuni $(t \times t)$, respectiv raport dimensional 1:1 în vecinătatea punctului critic. Discretizarea se efectuează la mijlocul grosimii plăcii, iar profilul sudurii nu se ia în considerare. La o anumită distanță de acesta raportul dimensional se limitează la 1:3, iar în zonele bine departate de punctul critic se pot folosi elemente finite cu dimensiuni în raport 1:5.

În situații speciale cum ar fi cazul când se dorește să se studieze influența formei sudurii în sine asupra tensiunilor, se acceptă o discretizare cu elemente finite solide cu 20 de noduri. Se vor evita elementele finite triunghiulare.

Din punctual de vedere al gradării rețelei, în zona adiacentă punctului critic este indicat ca macar câteva elemente să aibă aceleași dimensiuni, iar trecerea la dimensiuni mai mari să se efectueze gradat.

Tensiunea în punct critic rezultă dintr-o extrapolare liniară a tensiunilor de referință între cele două puncte, la $t/2$ și $3t/2$ de la marginea cordonului de sudură (fig.1).

- **Niemi** [10] propune discretizare cu elemente solide cu 20 de noduri, sau elemente pânză cu 8 noduri, îndesarea rețelei în zona de margina a cordonului de sudură, și extrapolarea liniară a tensiunilor principale între punctele la $0,4t$ și t .

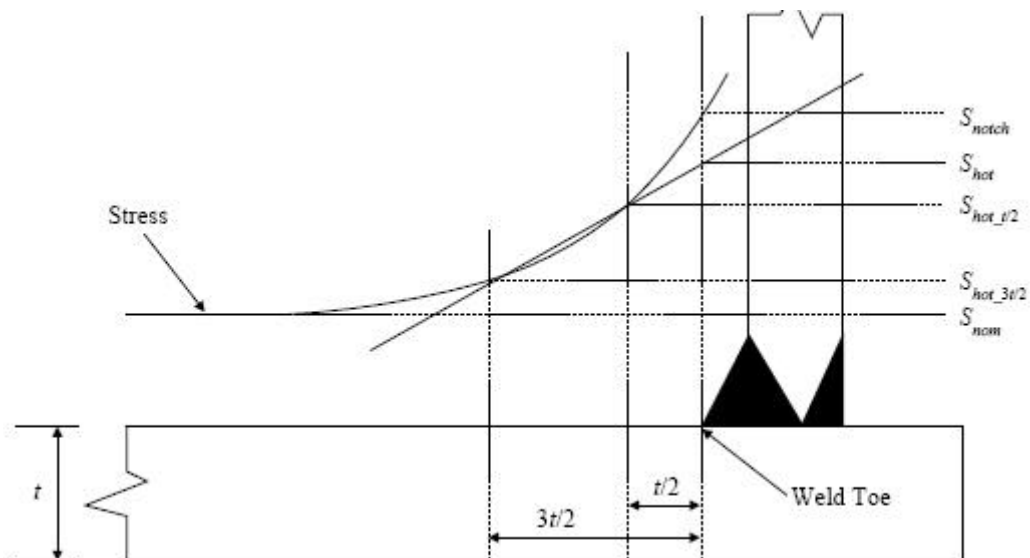


Figura 1. Definirea tensiunii în punct critic la marginea cordonului de sudură [7]

- **Eurocode 9** [3] Modelarea se va efectua cu elemente solide cu 20 de noduri sau pânză cu 8 noduri, iar tensiunea structurală se definește ca cea mai mare valoare a componentei tensiune extrapolată pe direcție perpendiculară pe sudură
- **IIW** [7] propune o modelare cu elemente pânză cu 4 noduri sau elemente solide cu 8 noduri, precum și o gradare a rețelei. În cazul unei variații bruste de tensiune, analiza se va baza pe elemente pânză cu 8 noduri, sau elemente solide cu 20 de noduri. Dimensiunile elementelor finite sunt $(t \times t)$ în zona de interes și nu vor depăși raportul dimensional 3 în zona departată de punctul critic. Când se lucrează cu elemente finite tip pânză structura se modelează la mijlocul grosimii plăcii. Centrul

de greutate al primului element finit adiacent marginii cordonului de sudura se va gasi între marginea cordonului si distanta $0,4t$ unde t este grosimea placii (figura 2 [6])

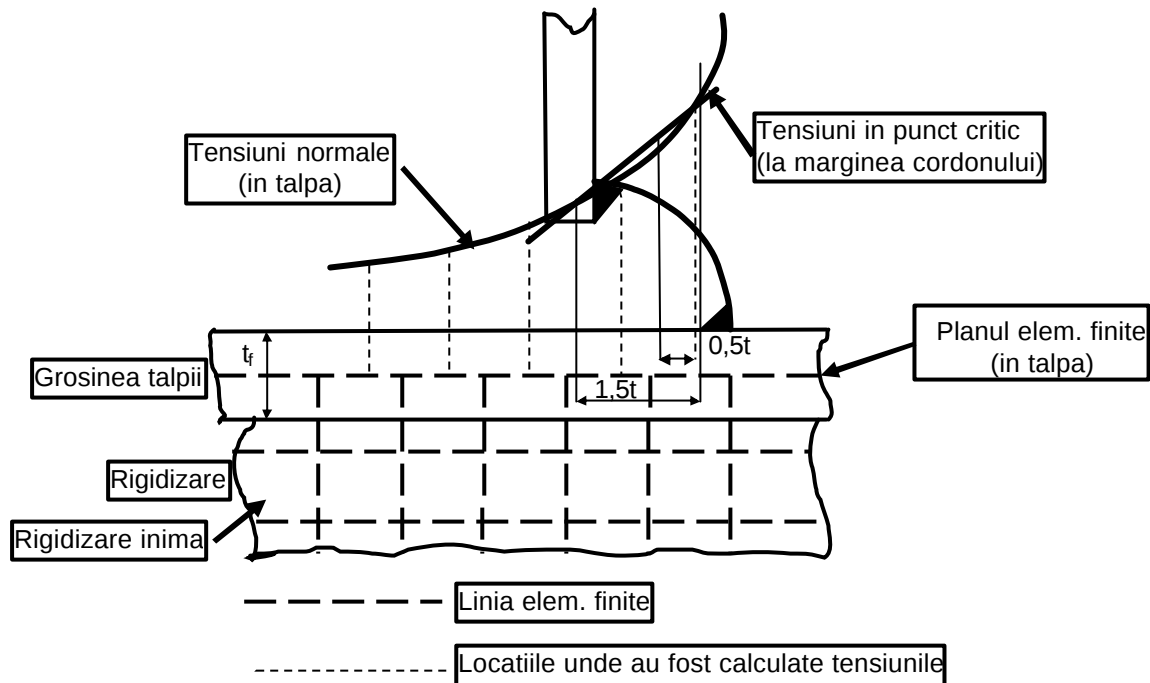


Figura 2. Modelare cu elemente finite, tensiune în punct critic conform IIW [6] și IACS [7]

- **IACS** [6] preia recomandările Institutului Internațional de Sudură (IIW), privind modelarea pentru analiza tensiunii în punct critic, indică o extrapolare a valorilor tensiunilor între punctele situate la $0,5t$ respectiv $1,5t$ (fig.2). Pentru determinarea tensiunii în punctul critic se ia în considerare tensiunea principală maximă la 45° față de normala pe cordonul de sudură. Se apreciază că o analiză numerică este indicat să fie verificată de teste experimentale mai ales pentru detalii sudate complexe.

3. Concluzii

Conform celor prezentate în lucrarea [11], se pare că cea mai bună recomandare este cea conținută de Det Norske Veritas, Classification Notes No.30.7. Fatigue assessment of ship structures, September, 1998 [2], iar pentru analiza cu element finit, modelarea cu elemente finite tip pânză este cea indicată.

Dintr-un studiu experimental și cu element finit (tip pânză pentru 8 noduri, solid pentru 1 nod) efectuat în lucrarea [12] pentru 9 tipuri de noduri sudate la o structură de navă se extrag următoarele aprecieri:

- între tensiunile experimentale și cele rezultate din modelarea cu elemente finite tip pânză există o bună concordanță
- tensiunile experimentale și cele rezultate din modelarea cu elemente finite tip solid sunt identice
- tensiunile extrapolate calculate dintr-o modelare cu elemente finite tip pânză pe linia de intersecție a elementelor (linia a) sunt egale cu cele experimentale care au fost măsurate la marginea cordonului de sudură (linia b) (fig.3).

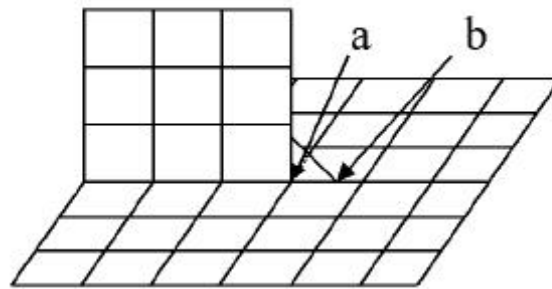


Figura 3.Linia de intersectie a elementelor finite (a)si marginea cordonului de sudura (b)[11]

Tensiunea pe element deriva dintr-o integrare Gausiana, iar tensiunea principala maxima va avea directia $\pm 45^\circ$ fata de perpendiculara pe cordonul de sudura.

În mod normal, cele mai multe programe de calcul cu elemente finite efectueaza toate extrapolarile. După DNV tensiunile se extrapoleaza la distanta $t/2$ si $3/2t$ dimensiunile elementului finit fiind $t \times t$. O discretizare de acest fel nu este simplu de executat întrucât punctele de integrare trebuie nimerite în pozitia $t/2$ si $3/2t$ si de aceea se recomanda îndesarea modelului de calcul în zona punctului critic.

Tensiunile rezultate din analiza numerica se vor verifica prin încercari experimentale.

Bibliografie

1. American Bureau of Shipping, Guide for the Fatigue assessment of offshore structures, April, 2003.
2. Det Norske Veritas, Classification Notes No.30.7. Fatigue assessment of ship structures, September, 1998.
3. Eurocode 9: Design of aluminium structures-Part 2: Structures susceptible to fatigue. ENV 1992-2:1998E, May 1998.
4. Filip Vacarescu, F., Contributii la studiul comportarii structurilor din aluminiu sudate solicitate la încarcari repetate, referat doctorat 2, Baia Mare, 2006.
5. Germanischer Lloyd. Information from Germanischer Lloyd group. Fatigue Strength of ship structures – Part II: Examples. Number 1/98.
6. IACS- Fatigue assessment of ship structure, Recommendation No.56, July 1999.
7. International Institute of Welding, Document XIII- 1539-96/XV-845-96
8. Maddox, S., J., Review of fatigue assessment procedures for welded aluminium structures, International Journal of Fatigue, Vol 25, no.12, December 2003.
9. Maddox, S., J., Recommended Hot –Spot Design S-N Curves for Fatigue Assessment of FPSOs, International Journal of Offshore and Polar Engineering, Stavanger, Norway, June, 2001.
10. Niemi, E., Stress determination for fatigue analysis of welded components. The International Institute of Welding. Abington Publishing, Cambridge, 1995.
11. SASAK-RAP-DE-AKS-DTU-0001-03, Procedure for calculating hot spot stresses in aluminium constructions, Department of Naval Architecture and Offshore Engineering, Technical University of Denmark, August, 2001.
12. Ivahashi, Y., et al. Finite element comparative study of ship structural detail, Marine Structures No.11, 1998, pg.127-139.