

PARTICULARITĂȚI ALE CALCULULUI JONȚIUNILOR T DIN ȚEAVĂ SUDATĂ CU GUSEE AMPLASATE TANGENȚIAL

KEY FEATURES OF CALCULATION OF CIRCULAR SECTION WELDED TUBES T JOINTS WITH TANGENT PLACED GUSSETS

Gabriel DIMA¹, Prof. univ. dr. ing. Ion BALCU²

¹Universitatea Transilvania
B-dul Eroilor nr.29, 500036 Brașov, Romania
e-mail: dima_gabriel@yahoo.com

²Universitatea Transilvania
B-dul Eroilor nr.29, 500036 Brașov, Romania
e-mail: balcu@unitbv.ro

Rezumat: *Articolul prezintă metode alternative de calcul analitic sau prin metoda elementelor finite pentru factorul concentratorilor de tensiune (SCF) pentru joncțiunile din țeavă sudată cu gusee amplasate tangențial. Pentru verificarea metodologiei de lucru, s-au comparat valorile SCF cu cele obținute din ecuațiile parametrice ale joncțiunilor fără guseu. S-au comparat rezultatele obținute pentru joncțiunile cu sau fără guseu, discretizate prin diferite metode, sub mai multe cazuri de încărcare. Se prezintă particularitățile diferitelor metode de calcul, concluzii și recomandări pentru obținerea unui echilibru între rezultate de precizie și metode de lucru productive.*

Cuvinte cheie: *structuri sudate, metoda elementelor finite, factorul concentratorilor de tensiune, gusee*

Abstract: *The article presents alternate methods for analytical or finite elements analysis for Stress Concentration Factor (SCF) of circular section tubes T joints with tangent placed gusset. For working methodology verification, there were compared SCF values with analytical values obtained from parametrical equations of joints without gussets. There were compared results obtained for joints with or without gusset, using different meshing methods, under three load cases. Paper presents key features of methods used, conclusions and design recommendations for a balance between accurate results and work productivity.*

Keywords: *welded structures, finite elements methods, stress concentrator factor, gussets*

Notății:

D, L_C, T_C	Diametrul, lungimea și grosimea peretelui corzii, <i>mm</i>
D, L_b, T_b	Diametrul, lungimea și grosimea peretelui brațului, <i>mm</i>
E	Modulul de elasticitate, <i>MPa</i>
L, l, t	Lungimea, lățimea și grosimea peretelui guseului, <i>mm</i>
α	Coefficientul de zveltețe al corzii, $\alpha = 2L_C / D$
β	Raportul diametrelor țevilor joncționate, $\beta = d / D$
γ	Diametrul corzii normalizat cu grosimea peretelui, $\gamma = D / 2T_C$
τ	Raportul grosimilor peretelui țevilor corzii și brațului, $\tau = T_b / T_C$

1. INTRODUCERE

Structurile din țevă sudată de secțiune circulară sau rectangulară sunt prezente într-o multitudine de aplicații din ingineria civilă, minerit, platforme marine, industria auto sau aviație [1], [2], [3], [4] și [5]. Structurile sudate sunt larg întâlnite datorită utilizării judicioase a semifabricatului și a investițiilor mici legate de producția acestora. Față de celelalte metode de asamblare (nituire, asamblare cu șuruburi sau lipire), asamblările sudate prezintă dezavantajul propagării fisurii prin toată masa structurii – trecând de la un membru la altul prin cordonul de sudură. Acest lucru presupune o atenție sporită la structurile supuse la solicitări pulsatorii (solicitări de oboseală).

Una din metodele cele mai întâlnite în calculul ingineresc al structurilor este aceea a identificării zonei unde valoarea tensiunilor este maximă (Hot Spot Stress), aceasta fiind zona cu cea mai mare probabilitate de apariție a fisurii. În acest sens, proiectanții se concentrează pe obținerea unor configurații geometrice ale joncțiunilor care să ducă la apariția de concentratori de tensiune de intensități minime. Factorul concentratorilor de tensiune (SCF – Stress Concentrators Factor) este mărimea care caracterizează forma unei joncțiuni, fără să depindă de material sau de valoarea încărcărilor.

În industria civilă, sunt prezente variate metode de reducere a SCF: placă de bază amplasată exterior (chord doubler) [3], [6], [7] sau cu colier exterior [8]. În industria civilă guseele sunt utilizate în special pentru atașarea contravântuirilor [9], [1]. Guseele mai sunt utilizate pentru a facilita montajul grinzilor pe coloane sau al coloanelor pe plăcile de fundație [8], [10], [11].

În literatura de specialitate, există numeroase studii (în special din zona ingineriei civile) despre determinarea tensiunilor maxime din joncțiunile din țevă rotundă sudată fără gusee [2], [4]. În ceea ce privește joncțiunile cu gusee, până în prezent sunt publicate doar studii de caz, focusate doar pe anumite aplicații restrânse [7], [12]. Calculul general al guseelor pentru îmbinări din profile deschise este tratat în [8], [13] și [14] din punctul de vedere al rezistenței cordonului de sudură, suplimentar în [15] oferindu-se modele analitice pentru calculul încărcărilor statice și al stabilității. Pentru structurile folosite în aviație sunt publicate recomandări de design (best practices) conform cu [16], [17] și [18].

Guseele sunt recomandate pentru reducerea SCF la nivelul membrilor joncțiunilor T. În [18] și [19] se recomandă plasarea tangențială a guseelor, doar după o analiză preliminară a tipului de încărcare la care este solicitată joncțiunea. Astfel, dacă pentru solicitările de încovoiere un guseu duce la scăderea SCF, pentru încărcările axiale, efectul este contrar, guseele ducând la cedarea membrilor joncțiunii în zonele limitrofe guseului. Amplasarea tangențială a guseului impune utilizarea de țevi de diametre identice, ceea ce duce la o geometrie imprecisă a țevii cu capătul frezat (coarda) și la dificultăți atât în calculul analitic dar și de modelare în vederea analizei cu metoda elementelor finite.

Pentru calculul unei joncțiuni sudate, prezintă interes acuratețea determinării valorilor SCF. După cum se va prezenta în cadrul acestui articol, datorită formei geometrice a porțiunii comune membrilor joncțiunii, valorile SCF diferă mult funcție de metoda de calcul aleasă.

Articolul de față prezintă o serie de metode pentru calculul SCF în joncțiunile sudate cu sau fără gusee, rezultatele obținute și particularități ale acestora. Obiectivul este acela de a identifica o metodă care să prezinte rezultate cu o acuratețe ridicată, în condițiile unui timp redus alocat discretizării.

2. ASPECTE PRIVIND CALCULUL FACTORULUI CONCENTRATORILOR DE TENSIUNE

Determinarea SCF în joncțiunile tubulare simple reprezintă o preocupare după 1970. În 1967 Oprac și Beale au dat primele ecuații parametrice [20], urmași de Reber (1972), Visser (1974) și Kuang (1975) care au utilizat metoda elementelor finite. Acest ciclu a culminat cu ecuațiile parametrice publicate de Efthymiou și Durkin (1988) deduse cu ajutorul analizei cu elemente finite bidimensionale (2D shells) care au oferit o bună acuratețe dar și o plaja extinsă de tipodimensiuni [20]. În prezent, ecuațiile parametrice recunoscute de cele mai multe organisme de certificare internaționale sunt cele deduse pe bază experimentală de CIDECT (Comite International pour Developement de Structures Tubulaires) [2].

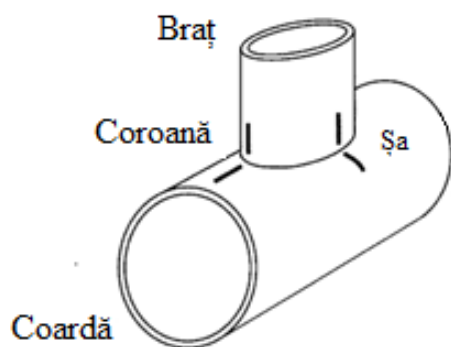


Fig. 1. Terminologia joncțiunii T [2];

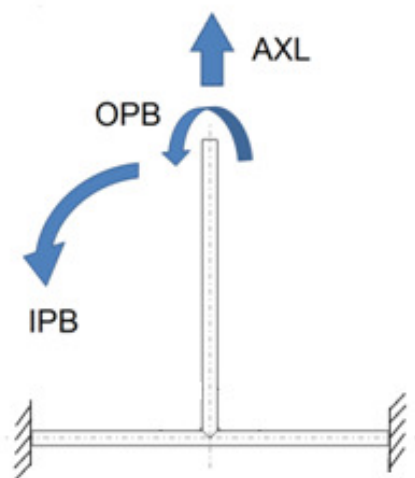


Fig. 2. Încărcările caracteristice ale joncțiunii T

În vederea verificării rezultatelor furnizate de metoda elementelor finite, s-au calculat pe cale analitică valorile SCF după ecuațiile parametrice ale CIDECT pentru joncțiunile fără gusee. Terminologia specifică joncțiunilor T din țevă rotundă este prezentată în figura 1. Conform CIDECT, valorile extreme ale SCF în cazurile de încărcare caracteristice se înregistrează în zonele de șa (sa) respectiv de coroană (cr) ale brațului (brace) și corzii (chord).

Deoarece ecuațiile parametrice ale CIDECT sunt recomandate pentru valori ale raportului diametrelor $\beta < 0.95$, pentru verificarea rezultatelor FEM s-a modelat o joncțiune cu diametre diferite ale corzii, respectiv brațului. În figura 2 se prezintă joncțiunea T cu cazurile de încărcare caracteristice: solicitare axială (AXL), încovoiere în planul joncțiunii (IPB) și încovoiere în afara planului joncțiunii (OPB).

Relația de calcul pentru factorul concentratorilor de tensiune (SCF) este:

$$SCF = \sigma_{HSS} / \sigma_{nominal} \quad (1)$$

unde σ_{HSS} reprezintă valoarea maximă a tensiunii (Hot Spot Stress).

Conform [2], tensiunile nominale pentru cazurile de solicitare studiate sunt furnizate de calculul pentru o grindă de secțiune constantă, pentru solicitările aplicate:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{n, axl} &= P_{ax} / A \\ \sigma_{n, ipb} &= M_{ipb} / W_{ipb} \\ \sigma_{n, opb} &= M_{opb} / W_{opb} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

unde:

P_{ax} – solicitarea axială, N

M_{ipb} , M_{opb} – momente de încovoiere plan, respectiv în afara planului joncțiunii, Nmm

A – aria secțiunii brațului, mm^2

W – modulul de rezistență al brațului, mm^3

După CIDECT [2], ecuațiile parametrice ale SCF pentru coardă (ch) și braț (b) pentru zonele de interes – coroană (crown), respectiv șa (saddle) pentru joncțiunea în T sunt următoarele:

$$\left. \begin{aligned} SCF_{ax, ch_saddle} &= \gamma \cdot \tau^{1.1} [1.11 - 3 \cdot (\beta - 0.52)^2] \\ SCF_{ax, ch_crown} &= \gamma^{0.2} \cdot \tau \cdot [2.65 + 5 \cdot (\beta - 0.65)^2] + \tau \cdot \beta \cdot (0.25 \cdot \alpha - 3) \\ SCF_{ax, b_saddle} &= 1.3 + \gamma \cdot \tau^{0.52} \cdot \alpha^{0.1} [0.187 - 1.25 \cdot \beta^{1.1} (\beta - 0.96)] \\ SCF_{ax, b_crown} &= 1.3 + \gamma^{1.2} [0.12 \cdot e^{-4\beta} + 0.011 \cdot \beta^2 - 0.045] + \beta \cdot \tau (0.1 \cdot \alpha - 1.2) \\ \\ SCF_{ipb, ch_crown} &= 1.45 \cdot \beta \cdot \tau^{0.85} \cdot \gamma^{(1-0.68\beta)} \\ SCF_{ipb, b_crown} &= 1 + 0.65 \cdot \beta \cdot \tau^{0.4} \cdot \gamma^{(1.09-0.77\beta)} \\ \\ SCF_{opb, ch_saddle} &= \gamma \cdot \tau \cdot \beta \cdot (1.7 - 1.05 \cdot \beta^3) \\ SCF_{opb, b_saddle} &= \gamma^{0.95} \cdot \tau^{0.46} \cdot \beta \cdot (1.7 - 1.05 \cdot \beta^3) \cdot (0.99 - 0.47 \cdot \beta + 0.08 \cdot \beta^4) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Relațiile de calcul pentru factorul concentratorilor de tensiune (SCF) pentru șa în cazul încovoierii în planul joncțiunii (IPB), respectiv pentru coroană pentru încovoierea în afara planului joncțiunii (OPB), atât pentru coardă cât și pentru braț, nu s-au luat în considerare, având valori nesemnificative. S-au analizat 54 variante de joncțiuni cu valori diferite pentru parametrii γ , β și τ , astfel:

- Nouă combinații ale grosimilor de perete pentru coardă și braț (T_C , T_b)
- Două combinații de diametre pentru coardă și braț (D , d)
- Două lungimi pentru coardă (L_C)

Ca și program software pentru analiza cu elemente finite a fost utilizat programul Hypermesh / Radioss. Conform [21] mărimea elementului de discretizare influențează valorile tensiunilor peste valori identice cu grosimea materialului (de la 1xT la 2xT creșterea poate fi de 15%). Pentru mărimi sub 1T, variațiile tensiunilor sunt nesemnificative. Pentru joncțiunile studiate, s-a ales mărimea elementului de discretizare (mesh size) egală cu grosimea medie a peretelui - 1,0 mm (figura 3).

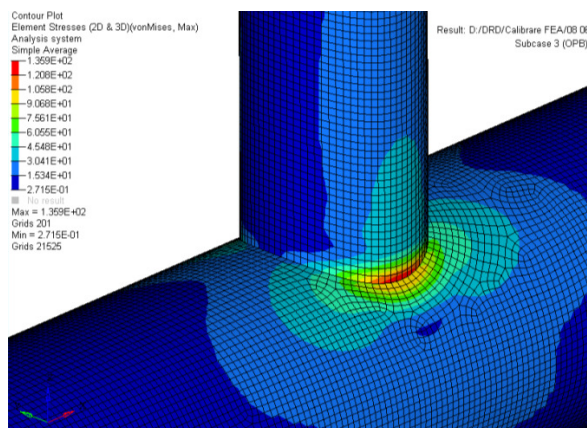


Fig. 3. Vedere de detaliu pentru o joncțiune T utilizată pentru verificarea calculelor analizei cu elemente finite pentru factorul concentratorilor de tensiune (SCF)

Condițiile la limită au constat în limitarea tuturor gradelor de libertate pentru capetele corzii, în conformitate cu recomandările din [22] și metodologiile de lucru din industria aeronautică. Pentru introducerea încărcărilor s-a utilizat un conector de tip RBE (Rigid Body Element) pentru transmiterea simultană a eforturilor. Caracteristicile de material corespund unui oțel slab aliat, cu coeficientul lui Poisson de 0,33 și modulul de elasticitate $E = 2,1 \times 10^5$ MPa.

Pentru toate cele 54 de cazuri s-au comparat valorile SCF obținute prin calculul agreeat de CIDECT cu cele obținute din FEM. Valorile din zona de coroană (atât pentru coardă cât și pentru braț) sunt cele mai precise, în timp ce în zona de șa a corzii erorile au fost cele mai mari (Tabelul 1).

Eroarea medie determinată a fost de 25.9% pentru $\alpha = 8$ (27 combinații), respectiv de 25.1% pentru $\alpha = 12$ (27 combinații). Se poate concluziona că estimarea directă dată de analiza cu elemente finite oferă rezultate acceptabile.

Tabelul 1

Erorile analitice față de FEM pentru SCF ($\alpha = 8$) [%]

	γ	10						13,33						20						
		0,5		0,75		1		0,5		0,75		1		0,5		0,75		1		
		β		Sa	Cr	Sa	Cr	Sa	Cr	Sa	Cr	Sa	Cr	Sa	Cr	Sa	Cr	Sa	Cr	
AXL	0,4	Ch	29	27	37	36	43	40	30	32	35	41	41	45	31	38	37	47	41	31
		Br	4	1	9	2	4	12	0	14	8	17	6	1	8	18	0	15	1	2
	0,6	Ch	37	24	41	36	45	41	34	29	37	39	40	38	34	25	38	40	42	39
		Br	1	22	8	16	7	23	3	18	9	16	31	24	8	24	3	28	5	35
	0,8	Ch	48	25	51	35	50	40	41	27	42	34	46	41	36	21	38	30	42	36
		Br	2	25	10	25	12	24	2	28	16	22	20	30	2	23	18	18	21	19

IPB	0,4	Ch	-	19	-	28	-	35	-	57	-	31	-	37	-	34	-	39	-	42
		Br	-	5	-	8	-	18	-	9	-	10	-	20	-	19	-	20	-	28
	0,6	Ch	-	25	-	32	-	37	-	31	-	36	-	34	-	37	-	41	-	44
		Br	-	8	-	11	-	20	-	15	-	16	-	7	-	27	-	27	-	33
	0,8	Ch	-	22	-	29	-	33	-	26	-	31	-	36	-	28	-	33	-	37
		Br	-	10	-	14	-	20	-	16	-	18	-	26	-	24	-	25	-	31
OPB	0,4	Ch	46	-	159	-	48	-	71	-	37	-	45	-	28	-	37	-	43	-
		Br	7	-	12	-	21	-	9	-	10	-	19	-	13	-	11	-	18	-
	0,6	Ch	34	-	41	-	48	-	34	-	40	-	42	-	35	-	40	-	45	-
		Br	1	-	0	-	7	-	2	-	0	-	17	-	10	-	5	-	8	-
	0,8	Ch	40	-	45	-	50	-	40	-	43	-	48	-	41	-	43	-	47	-
		Br	11	-	13	-	11	-	5	-	12	-	10	-	3	-	5	-	5	-

3. JONCȚIUNI ÎN T FĂRĂ GUSEU ALE ȚEVILOR DE DIAMETRE IDENTICE

Joncțiunile cu țevi de diametre identice prezintă o particularitate legată de zona de intersecție a membrilor. Din figura 4 a) se observă că membrul vertical se termină într-o muchie ascuțită. În practică, aceasta se frezează ca în figura 4 b) sau c). În practica industrială, sunt ateliere de producție în care muchiile vii nu se frezează considerându-se ca se topesc în cadrul procesului de sudură.

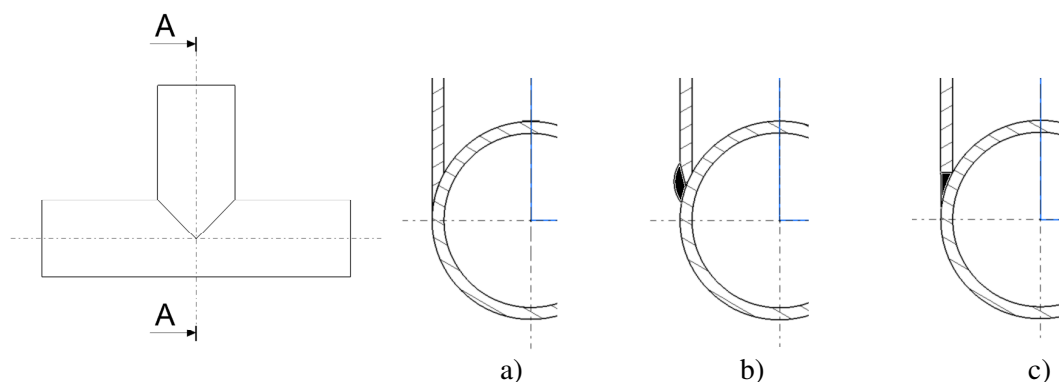


Fig. 4. Detaliu zonă de îmbinare: a) teoretică; b) cu frezare înclinată [20]; c) cu frezare orizontală [4]

În vederea realizării de calcule comparative, pentru analiza cu elemente finite s-a considerat o joncțiune având brațul de 600 mm, coarda de 500 mm, ambele având diametrul de 25 mm și grosimea peretelui de 1.0 mm. Joncțiunea s-a discretizat în trei variante: cu elemente 2D în conformitate cu figura 4 a), respectiv 4 b) și într-o variantă cu elemente 3D (figura 4 c).

În figura 5 se prezintă modelele discretizate după cum urmează: a) elemente 2D cu margine teoretică, fără cordon de sudură - 2DT; b) elemente 2D cu margine frezată - 2D; c) elemente 3D cu margine frezată - 3D. Pentru discretizările 2D s-au folosit elemente 2D tip quad shell. Pentru discretizarea 3D s-au folosit elemente tip hexa pentru țevi și tetra 10 (cu nod median) pentru cordonul de sudură. Mărimea elementului de discretizare a fost aleasă identică cu grosimea de material (1.0 mm).

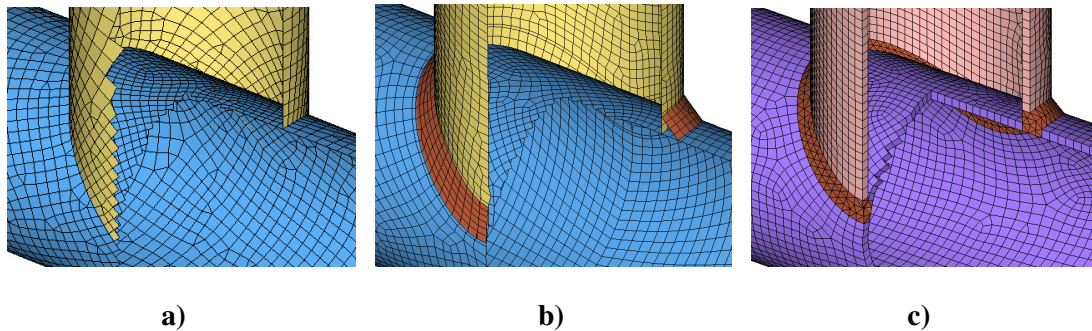


Fig. 5. Variante discretizare joncțiune: a) 2DT; b) 2D; c) 3D

Tensiunile pentru variantele cu cordon de sudură au fost citite prin extrapolarea tensiunilor din zona de proximitate a cordonului de sudură, conform cu recomandările din [23]. Tensiunile variantei 2D au fost citite la limita teoretică a cordonului de sudură (2mm față de zona de intrecție a țevelor). Distribuțiile câmpului de tensiune pentru cele trei cazuri de încărcare sunt prezentate în figurile 6 ÷ 8. Se observă distribuții asemănătoare pentru toate variantele de discretizare.

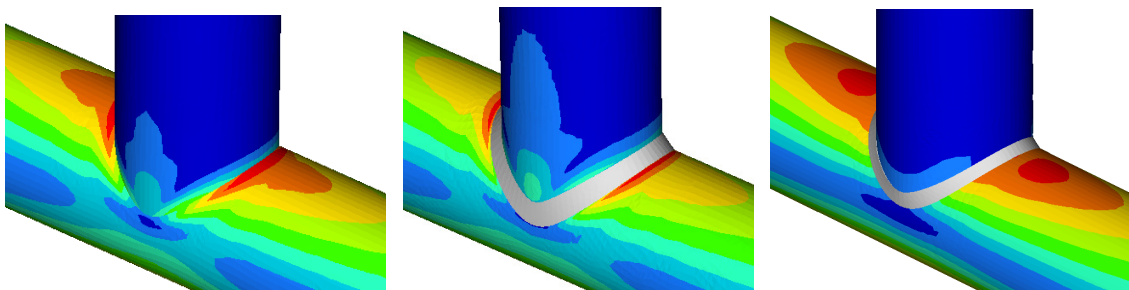


Fig. 6. Distribuția de tensiune pentru încărcarea AXL pentru discretizările 2DT, 2D și 3D

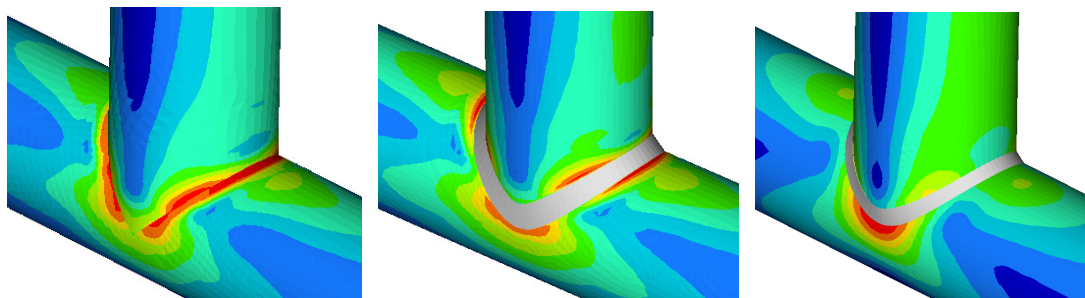


Fig. 7. Distribuția de tensiune pentru încărcarea IPB pentru discretizările 2DT, 2D și 3D

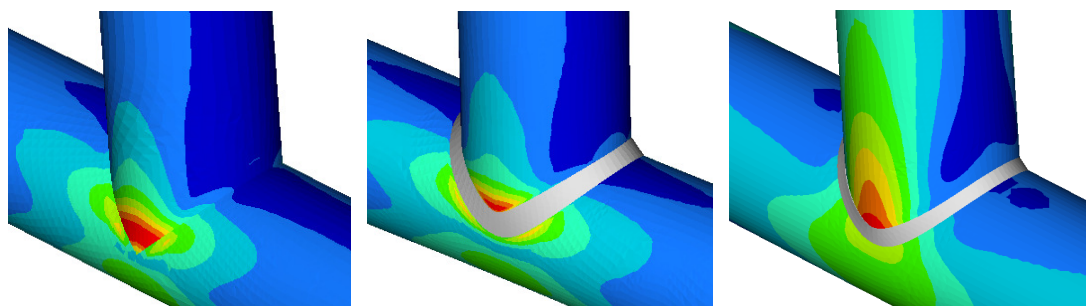


Fig. 8. Distribuția de tensiune pentru încărcarea OPB pentru discretizările 2DT, 2D și 3D

Valorile SCF pentru zonele de interes ale joncțiunii pentru cele trei variante de discretizare, în cele trei cazuri de încărcare, sunt prezentate în figurile 9 ÷ 11. Deoarece valorile SCF recomandate de CIDECT nu acoperă valori ale raportului diametrelor (β) mai mari de 0.95, acestea au fost reprezentate grafic doar informativ. Din figurile 9 ÷ 11 se observă că valorile SCF înregistrează variații asemănătoare pentru toate discretizarile, funcție de locație (zona de șa sau coroană) pentru toate cazurile de încărcare.

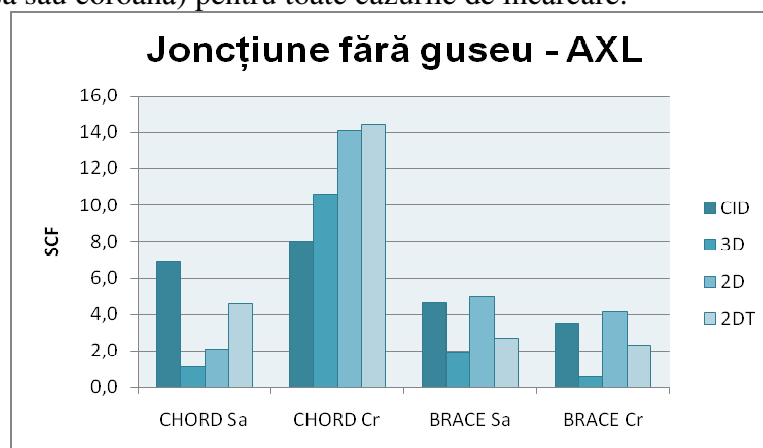


Fig. 9. SCF în joncțiunea fără guseu pentru 2DT, 2D, 3D și CIDECT (CID) pentru cazul AXL

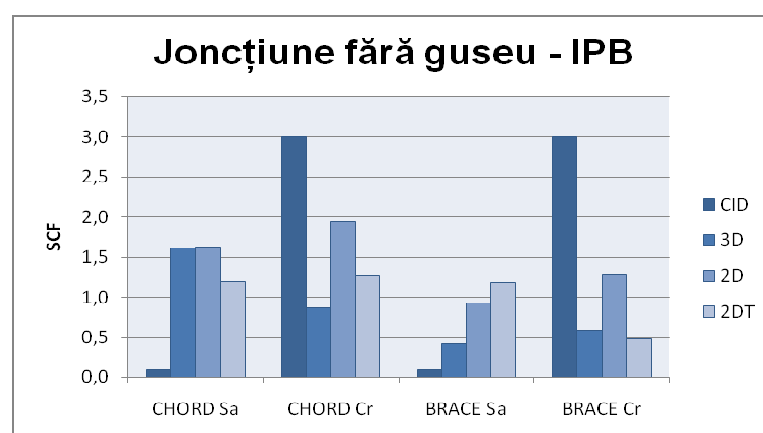


Fig. 10. SCF în joncțiunea fără guseu pentru 2DT, 2D, 3D și CIDECT (CID) pentru cazul IPB

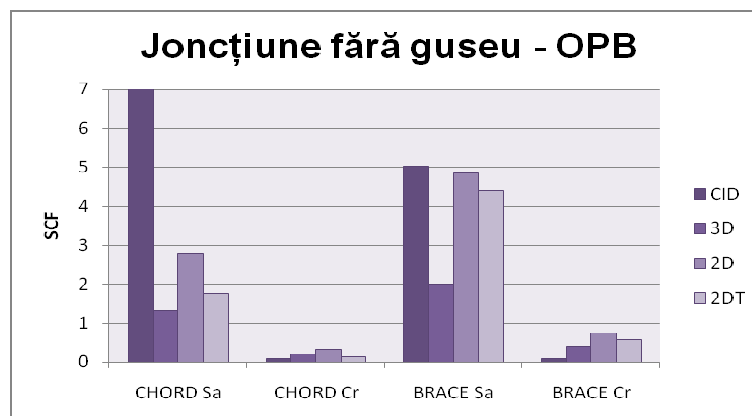


Fig. 11. SCF în joncțiunea fără guseu pentru 2DT, 2D, 3D și CIDECT (CID) pentru cazul OPB

Acuratețea rezultatelor depinde de gradul de precizie al discretizării. Astfel, discretizarea 3D modelează cel mai fidel geometria joncțiunii, fiind urmată de discretizările 2D și 2DT. Din figurile 9 ÷ 11 se observă că discretizările 2D dau valori mai mari pentru SCF maxim față de cea 3D, putând fi considerate acoperitoare. Discretizarea 2DT (cea care se poate realiza în cel mai scurt timp), oferă rezultate mai mari cu 40% față de discretizarea 3D pentru AXL și IPB; pentru OPB, valorile SCF sunt duble față de discretizarea 3D. Se poate concluziona că discretizarea 2DT oferă rezultate acoperitoare, apropiate de cele ale discretizării 3D.

Valorile SCF pentru calculul de rezistență realizat pentru grinda de secțiune constantă este implicit 1.0 pentru toate cazurile de încărcare. Din figurile 9 – 11, se observă că valorile maxime ale SCF sunt de 11 - 14 pentru AXL (coardă, coroană), 1 - 2 pentru IPB (coardă, coroană), respectiv 2 - 5 pentru OPB (braț, șa). Din acest motiv, în calculul clasic de rezistență al grinzilor cu zăbrele este necesar să se ia în considerare coeficienți de siguranță stabiliți în conformitate cu cele ale SCF.

4. JONCȚIUNI ÎN T CU GUSEU AMPLASAT TANGENȚIAL

Pentru calculul joncțiunii cu guseu, s-a considerat o joncțiune în T similară cu cea din capitolul anterior, la care s-a adăugat un guseu triunghiular tangențial cu dimensiunile de 82 x 82 mm.

Discretizarea s-a făcut în trei moduri, similar cu cel din capitolul anterior. Distribuția câmpului de tensiune este ilustrată în figura 12 (locația tensiunilor maxime este indicată de săgeată). Se observă o similitudine a distribuției de tensiune, maximele valorilor tensiunii apărând în aceleași zone: în zona de coroană a corzii pentru AXL, în partea superioară a guseului pentru IPB și în zona de șa a brațului pentru OPB.

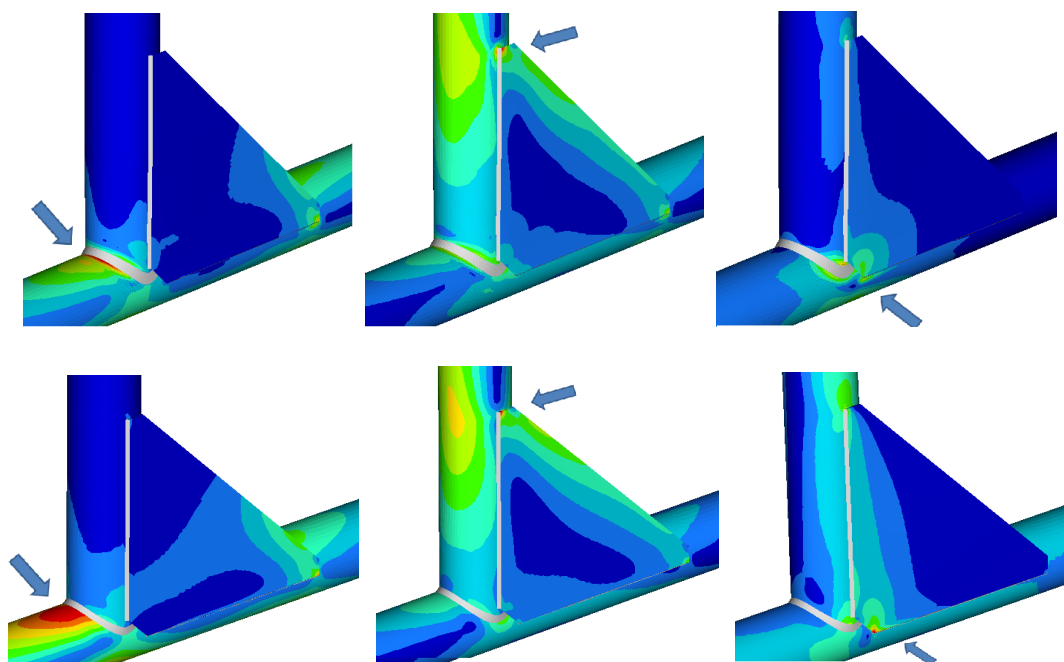


Fig. 12. Distribuția de tensiune pentru discretizarea 2D (sus) și 3D (jos) pentru AXL, IPB și OPB

În vederea comparării valorilor SCF obținute prin diferite metode, s-au realizat și calculele de rezistență (analitice) pentru grinzile de secțiune constantă (guseul a fost considerat inclus în grindă). Ordinea acurateții rezultatelor este dată de precizia discretizării: 3D, 2D, 2DT.

Valorile maxime ale SCF pentru cazul AXL sunt prezentate în figura 13. Se observă că valorile maxime ale SCF diferă mult funcție de tipul de discretizare.

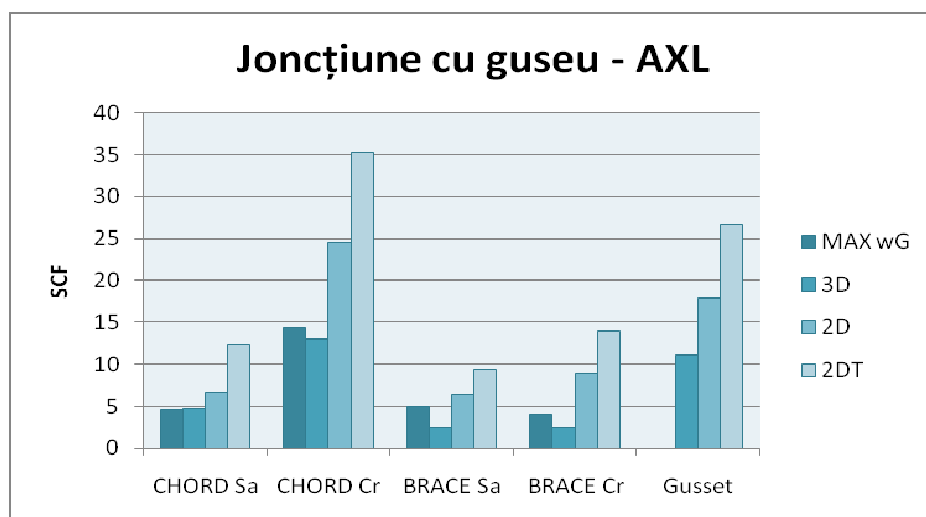


Fig. 13. SCF pentru încărcarea axială pentru diferite discretizări cu guseu, față de maximele SCF fără guseu (wG)

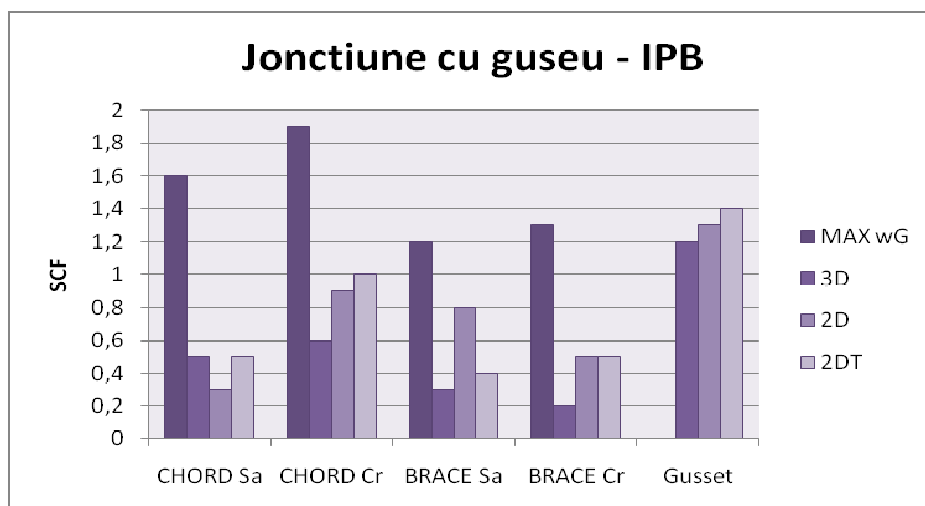


Fig. 14. SCF pentru încovoierea în planul jonctiunii pentru diferite discretizări cu guseu, față de maximele SCF fără guseu (wG)

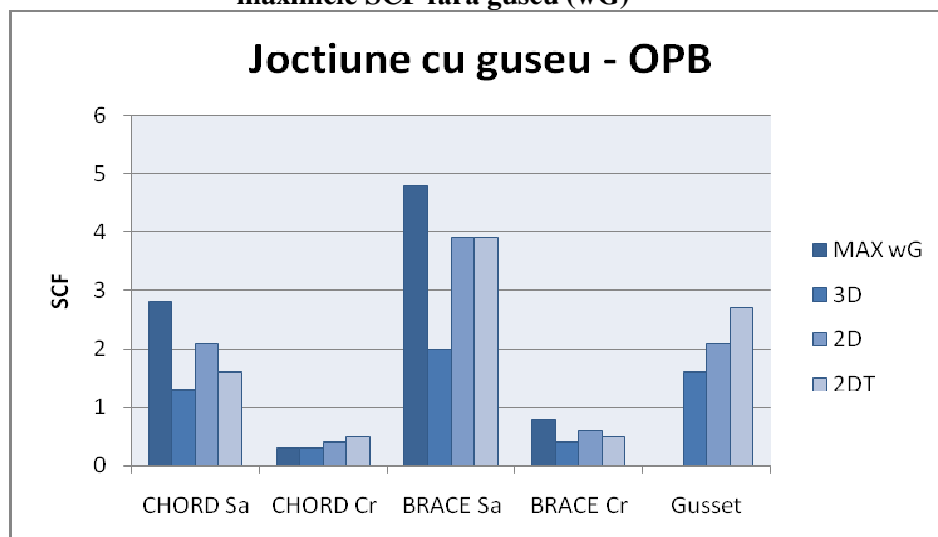


Fig. 15. SCF pentru încovoierea în afara planului jonctiunii pentru diferite discretizări cu guseu, față de maximele SCF fără guseu (wG)

Se observă că introducerea guseului pentru încărcarea axială duce la creșteri ale SCF în toate zonele de interes, în zona de maxim (coroana corzii) SCF înregistrând valori duble față de jonctiunea fără guseu. De asemenea, valorile maxime ale SCF depășesc cu mult valoarea calculată analitic de 1,7.

În figura 14 se prezintă valorile comparate ale SCF pentru cazul IPB. Se observă că valorile SCF pentru diferite discretizări înregistrează valori foarte apropiate pentru guseu. Față de maximele înregistrate fără guseu, jonctiunea cu guseu prezintă reduceri ale SCF în toate punctele de interes. Valorile maxime ale SCF se înregistrează în guseu, însă acestea sunt la nivelul de 60% din maximele fără guseu. Valoarea calculată analitic pentru SCF este de 0,2.

Figura 15 prezintă valorile SCF pentru cazul OPB. Se observă o reducere a SCF în toate zonele de interes față de jonctiunea fără guseu. Maximele se înregistrează în zona de șa a brațului, prezentând totuși o reducere de aprox 15% față de jonctiunea fără guseu. Pentru SCF

din guseu se observă diferențe de 15% funcție de discretizare. Valorarea analitic calculată pentru SCF este de 0,7.

Pentru toate cazurile de încărcare, SCF pentru discretizările 2D are valori similare, care sunt duble ca valori față de cele ale discretizării 3D. Valorile SCF calculate analitic au valori foarte mici (aproximativ 10%) față de cele obținute din FEA.

Se poate concluziona că o alternativă la discretizarea cu elemente 3D poate fi considerată cea 2D, care dă rezultate mult acoperitoare. Discretizarea 2DT poate fi utilizată doar pentru cazuri de încovoiere (IPB și OPB), pentru AXL, rezultatele fiind mult prea mari față de discretizarea 3D.

7. CONCLUZII

Obiectivul principal a fost acela al identificării unei metode cât mai precise și cât mai economice pentru calculul SCF al joncțiunilor cu țevi cu diametre identice, cu sau fără guseu. Chiar dacă discretizarea 3D oferă rezultatele cele mai precise, aceasta implică resurse costisitoare (timp, tehnician calificat, echipament software performant), motiv pentru care s-au testat discretizarea 2D (care include cordonul de sudură) și discretizarea cea mai simplă 2DT.

Verificările paralele ale metodei analizei cu elemente finite 2D au dat valori cu erori medii de 25% față de cele calculate cu ecuațiile parametrice recomandate de Comitetul Internațional pentru Dezvoltarea Construcțiilor Tubulare pentru țevile de diametre diferite.

Folosind aceeași metodologie de calcul cu elemente finite, s-au calculat valorile SCF pentru o joncțiune fără guseu cu țevi de diametre identice, observând abateri mari față de valorile calculate după CIDECT. Rezultatele obținute cu metodele de discretizare 2D indică valori apropiate, acoperitoare față de cele obținute cu discretizarea 3D. Discretizarea 2DT poate înlocui cu rezultate apropiate discretizarea 3D, doar în cazul OPB valorile SCF fiind duble.

Pentru joncțiunea cu guseu, diferențele obținute prin cele trei metode de discretizare sunt mari. Ca alternativă la discretizarea 3D, se poate utiliza discretizarea 2D sau 2DT (doar pentru solicitările de încovoiere).

Calculul de rezistență în ipoteza grinzilor de secțiune constantă prezintă probleme, în sensul în care nu oferă informații asupra valorii SCF. Acesta poate fi utilizat doar dacă se folosesc factori de siguranță de 3 - 5 pentru încărcările de încovoiere și de 14 pentru cele axiale.

Metoda indicată se poate aplica în domeniul construcțiilor sudate ușoare, confecționate din țevi identice, cu secțiune circulară, care prezintă noduri structurale cu sau fără guseu.

Ca direcții viitoare de cercetare, se vor realiza încercări experimentale ale joncțiunilor tubulare cilindrice cu guseu pentru a putea corecta datele obținute prin metodele teoretice de calcul.

ACKNOWLEDGEMENT

Author: Gabriel Dima. This paper is supported by the Sectoral Operational Programme Human Resources Development (SOP HRD), ID134378 financed from the European Social Fund and by the Romanian Government.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Kurobane Y., et al.** - *"Design guide for structural hollow section column connections"*, CIDECT/TUV Verlag, 2004
- [2] **Zhao X. J., s.a.** - *"Design Guide for circular and rectangular hollow section welded joints under fatigue loading"*, CIDECT/ TUV Verlag GmbH, 2001
- [3] **Packer J. A., Henderson J. E.** - *"Hollow Structural Section Connections and Trusses"*, Canadian Institute of Steel Corporation, 1997
- [4] **Wardenier J., et al.** - *"Design guide for CHS joints under predominantly static loading"*, CIDECT, 2008
- [5] **Wardenier J., et al.** - *Hollow Sections in Structural Applications*, CIDECT, 2010
- [6] **Nazari A., et al.** - *"Analytical Methods for Better Design and Repair of Mechanical Welded Structures"*, CRC Mining Technology Conference, Fremantle, 2003
- [7] **Nazari A., et al.** - *"HSS Design with parameters equations for fatigue assesment of tubular welded structure"*, Australian Mining Technology Conference, 2006
- [8] **Blodgett O. W.** - *"Design of Steel Structures"*, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, 1976
- [9] **Cao J. J., et al.** - *"Design Guidelines for Longitudinal Plate to HSS Connections"*, Journal of Structural Engineering, 1998
- [10] **Martin L. H., Purkiss J. A.**, *"Structural Design of Steelwork"*, Butterworth-Heinemann, 2008
- [11] * * * - *"Eurocode 3, Part 1.8. Design of Joints"*, CEN, 2002
- [12] **Nazari. A, Durack J.** - *"Application of the Hot Spot Stress Method to the Fatigue Assesment of Hollow Section Shiploader"*, Boom Connections, 5th Australasian Congress on Applied Mechanics, ACAM 2007
- [13] **Mateescu D., Caraba I.** - *"Construcții metalice. Calculul și proiectarea elementelor din oțel"*, Editura tehnică, București, 1980
- [14] **Siminea P., Negru L.** - *"Construcții metalice"*, Editura didactică și pedagogică, București, 1982
- [15] **Huston R., Josephs H.** - *"Practical Stress Analisis in Engineering Design"*, CRC Press, 2009
- [16] **Bruhn E. F.** - *"Analysis and design of flight vehicle structures"*, Tri-State Offset Company, 1973
- [17] **Niu M. C. Y.** - *"Aircraft Stress Analysis and Sizing"*, Hong Kong Conlimited Press, 1997
- [18] **Dima G., Roșca C. I., Balcu I.** - *"A Lightweight Approach Assessment for Aerospace CHS Double Gusset "T" Connections using HSS"*, Machine Elements and Non-metallic Constructions Proceedings, Sofia, 2013
- [19] **Blodgett O. W.** - *"Using gussets and other stiffeners correctly"*, weldingdesign.com, 2005
- [20] * * * - *"Stress Concentration Factors in Simple Tubular Joints"*, Lloyd's Register of Shipping, HSE Books, London, 1997
- [21] **Dong P., Draper J.** - *"The structural Stress Method for the Fatigue Analysis of Welded Structures"*, Center for Welded Structures Research, 2010
- [22] * * * - *"Hypermesh 8.0 User's Manual"*, Altair Engineering Inc, 2007
- [23] * * * - *"Recommended fatigue design procedure for welded hollow section joints"*, IIW Docs, XV-1035-99/ XIII-1804-99. France: International Institute of Welding, 1999