

Analiza cu element finit a ramificațiilor tehnologice

Analiza tensiunilor din teurile conductelor tehnologice

Petre Cristian-Mihai

Școala Doctorală

Universitatea Petrol – Gaze din Ploiești

Ploiești, România

cristianmihai_petre@yahoo.com

Abstract — Cu ajutorul modelării cu element finit s-au calculat valorile tensiunilor globale și locale pentru o ramificație neconsolidată de conductă tehnologică industrială afectată de prezența unui defect local de tip subțiere a peretelui în scopul identificării posibilelor situații defavorabile din punct de vedere structural.

Keywords — conducte de proces tehnologic, subțiere locală a grosimii de perete, analiză cu element finit, tensiuni locale, tensiuni globale

I. INTRODUCERE

Pentru o joncțiune de tip ramificație neconsolidată [1] afectată de prezența unui defect de tip subțiere locală a grosimii de perete [2] dintr-un sistem de conducte tehnologice industriale s-au realizat modelări cu elemente finite de tip SHELL93 (placă curbă, caracterizat de șase grade de libertate pentru fiecare nod: trei translații și trei rotații față de axele x , y și z și definit de patru grosimi (constante reale) în nodurile amplasate pe suprafața mediană a sa [2, 3]. Cu ajutorul acestui model s-au calculat valorile tensiunilor globale din elementul de conductă considerat cât și valorile tensiunilor locale din defectul care afectează joncțiunea de tip ramificație în scopul identificării posibilelor situații defavorabile din punct de vedere structural.

II. DESCRIEREA MODELULUI ȘI A ANALIZELOR CU ELEMENT FINIT

Modelul cu element finit pentru o ramificație de conductă tehnologică industrială cu dimensiunea nominală DN 100×50 (4"×2") a fost realizat folosind primitive geometrice și discretizat cu elementele de tip SHELL93, urmărind profilul suprafeței mediane și folosind simetria geometrică. Dimensiunile utilizate în modelare [4] sunt: raza mediană pentru conductă principală (RT) și ramificație (RS), grosimile de perete (GT și GS), lungimile țevilor principală și ramificație (LT și LS), adâncimea defectului HD și $\frac{1}{2}$ din lungimea defectului prezentate în Tabelul I. și Fig. 1. Caracteristicile de material utilizate în modelare sunt modulul de elasticitate longitudinal 2,1 GPa și coeficientul lui Poisson $\mu = 0,3$. Modelul a fost solicitat la presiune interioară 1 MPa.

Pentru modelul amintit au fost efectuate următoarele analize în domeniul elastic liniar [3]:

TABELUL I. DIMENSIUNILE SUPRAFEȚEI MEDIANE DIN MODELUL CU ELEMENT FINIT PENTRU O RAMIFICAȚIE DE CONDUCTĂ CU DN 100 × 50 (4 × 2") DUPĂ UNGHIEL DE POZIȚIONARE A DEFECTULUI

Dimensiuni colector (mm)	Dimensiuni ștuț (mm)	Dimensiuni defect (mm)
RT = 54,14	RS = 28,195	-
GT = 6,02	GS = 3,91	HD = 2,40
LT = 105	LS = 89	LD = 5

- unghiul de poziționare al defectului b variabil progresiv în trepte de 15° ($\pi/12$) și adâncimea defectului, $\frac{1}{2}$ din lungimea și $\frac{1}{2}$ din unghiul la centru α de 6° al defectului constante;
- pentru valoarea unghiului de poziționare a defectului β pentru care tensiunile sunt maxime și adâncimea defectului variabilă iar caracteristicile ale defectului: $\frac{1}{2}$ din unghiul la centru al defectului a de 6° și lungimea defectului constante;
- pentru valoarea unghiului de poziționare a defectului de 135° ($3\pi/4$) și pentru valori ale adâncimii defectului (0,6; 1,2; 1,8 și 2,4 mm) și următoarele caracteristici variabile ale defectului: $\frac{1}{2}$ din lungimea defectului și $\frac{1}{2}$ din unghiul α descris de defect.

Poziționarea defectului este realizată conform figurii 1, în care sunt prezentate următoarele cazuri:

- defectul poziționat în partea de jos a modelului respectiv unghiul $b = 0^\circ$ (model identificat prin STD_S);
- defectul poziționat pentru unghiul b cuprins între 0 și $\pi/2$ respectiv $0 < b < \pi/2$ (modelul STD_S_E);
- defectul poziționat pentru unghiul $b = \pi/2$ (modelul STD_E);
- defectul poziționat pentru un unghi $b > \pi/2$ (model identificat prin STD_N_E).

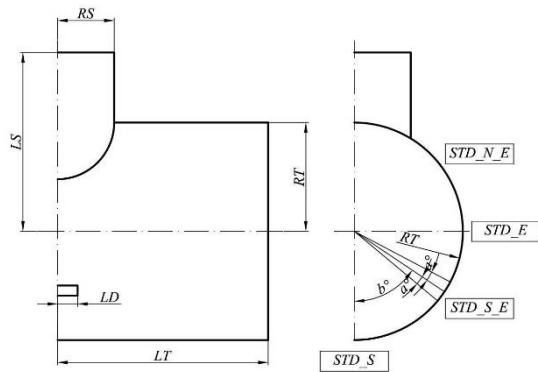


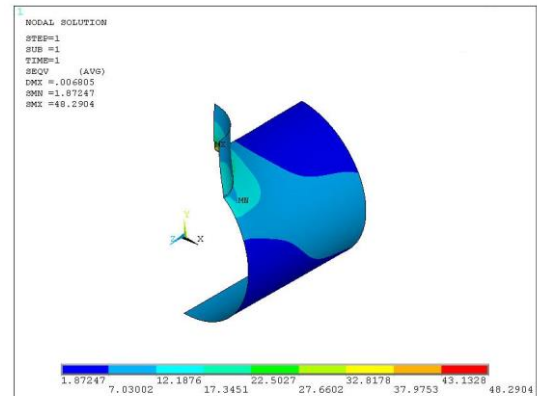
Fig. 1. Schița modelului cu simetrie geometrică a ramificației DN 100×50 și amplasarea defectului

A. Analiza A

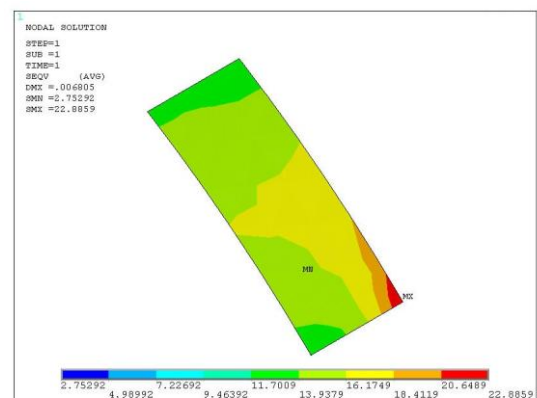
Pentru identificarea unghiului de poziționare al defectului la care valorile tensiunilor sunt maxime s-a realizat o modelare în care unghiul de poziționare al defectului este modificat progresiv în trepte de 15° ($\pi/12$), celelalte caracteristici ale defectului sunt menținute constante. Valorilor tensiunilor sunt în Tabelul II. – tensiunile locale din defect sunt maxime pentru unghiul de poziționare de 142° cu o valoare de 22,8 MPa. Hărțile de tensiuni sunt prezentate în Fig. 2 unde pentru valoarea tensiunilor globale din model cu valoarea maximă de 48,29 MPa în zona ramificației și valoarea tensiunilor locale cu maxim la 142° .

TABELUL II. TENSIUNILE DIN DN 100 × 50 DUPĂ UNghiUL DE POZIȚIONARE A DEFECTULUI

Unghiul de poziționare al defectului	Tensiuni locale (MPa)	%	Tensiuni globale (MPa)
0° (0)	11,93	-	48,17
15° ($\pi/12$)	12,02	0,75	
30° ($\pi/6$)	12,14	1,76	
45° ($\pi/4$)	15,18	27,24	
60° ($\pi/3$)	13,00	8,96	
75° ($5\pi/12$)	13,72	15,00	
90° ($\pi/2$)	14,16	18,69	48,18
105° ($7\pi/12$)	14,60	22,38	48,20
120° ($2\pi/3$)	14,27	11,93	48,21
135° ($3\pi/4$)	19,15	60,51	48,24
140° ($7\pi/9$)	21,84	83,06	48,27
142°	22,88	91,78	48,29



a) Tensiunile globale din model



b) Tensiunile locale din zona defectului considerat

Fig. 2. Analiza A – Hărțile de tensiuni pentru modelul cu simetrie geometrică al unei ramificații cu DN 100×50, cu defect amplasat la un unghi de 142°

Pentru tensiunile locale din defect, prin comparare cu valorile minime ale acestora – unghiul de poziționare al defectului de 0° , se observă o diferență absolută de 10,95 MPa respectiv diferență relativă de 91,78 %.

B. Analiza B

În această analiză pentru a evalua influența adâncimii defectului asupra tensiunilor locale din zona defectului se consideră valoarea adâncimii defectului variabilă și se mențin constante: valoarea unghiului de poziționare de 142° , $\frac{1}{2}$ din valoarea unghiului descris de defect de 6° și $\frac{1}{2}$ din lungimea defectului de 5 mm.

Rezultatele acestei analize sunt date în Tabelul III. – se observă o creștere a tensiunilor locale din defect cu creșterea adâncimii defectului. Valoarea maximă a tensiunilor locale din defect este de 36,69 MPa care se atinge la o adâncime de 4,8 mm, astfel că față de valoarea minimă a acestor tensiuni se observă o diferență absolută de 23,04 MPa respectiv o diferență relativă de 168,79 %.

TABELUL III. TENSIUNILE DIN DN 100 × 50 PENTRU UNGHIULUI DE POZIȚIONARE DE 142° ȘI DIFERITE ADÂNCIMII DE DEFECT

Adâncime defect (mm)	Tensiuni din defect (MPa)	%	Tensiuni globale (MPa)
0,6	13,65	-	48,20
1,2	16,02	17,36	48,22
1,8	19,24	40,95	48,25
2,4	22,88	67,61	48,29
3,0	26,49	94,06	48,32
3,6	29,67	117,36	48,37
4,2	32,65	139,19	48,42
4,8	36,69	168,79	48,47

C. Analiza C

S-au efectuat analizele pentru cazurile în care valoarea unghiului de poziționare a defectului de este de 135° și pentru diferite valori ale adâncimii defectului (0,6; 1,2; 1,8 și 2,4 mm) considerând și următoarele caracteristici ale defectului: ½ din lungimea defectului de 5; 10 și 20 mm și aceeași analiză pentru ½ din unghiul descris de defect de 6°; 9° și 12°. Rezultatele acestor analize sunt prezentate în Tabelul IV. pentru modificarea lungimii defectului și în Tabelul V. pentru modificarea unghiului de deschidere a defectului.

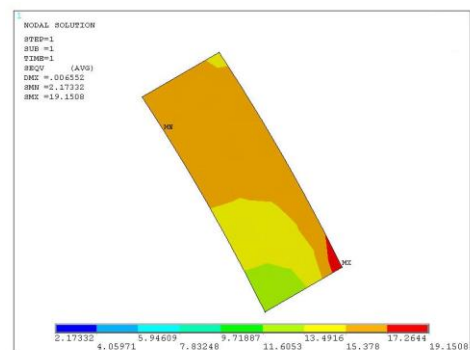
În figura 3 sunt prezentate hărțile de tensiuni locale pentru defectul amplasat la un unghi de 135° și adâncimea de defect de 2,4 mm corespunzătoare unor valori de ½ din unghiului de deschidere al defectului de 6° și a ½ din lungimea defectului de 5 mm (a) și 20 mm (b) cât și pentru unghiului de deschidere al defectului de 12° și a ½ din lungimea defectului de 5 mm (c).

TABELUL IV. TENSIUNILE LOCALE PENTRU UNGHIUL DE POZIȚIONARE DE 135° ȘI UNGHIUL DESCRIS DE DEFECT DE 6° ȘI DIFERITE VALORI ALE LUNGIMII DEFECTULUI

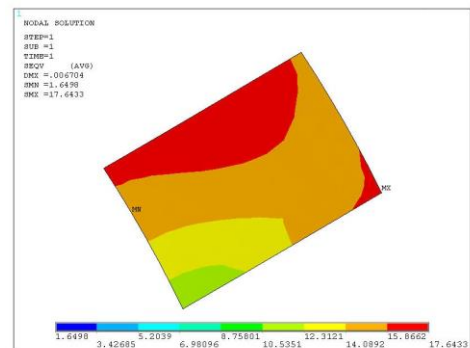
½ din lungime defect, (mm)	Tensiuni locale din defect (MPa) pentru valori ale adâncimii defectului:			
	0,6 (mm)	1,2 (mm)	1,8 (mm)	2,4 (mm)
5	13,19	14,23	16,07	19,15
10	13,56	14,77	17,83	17,83
20	14,89	16,05	17,64	17,64

TABELUL V. TENSIUNILE LOCALE PENTRU UNGHIUL DE POZIȚIONARE DE 135° ȘI LUNGIMEA DEFECTULUI DE 5 MM ȘI DIFERITE VALORI ALE UNGHIULUI DESCRIS DE DEFECT

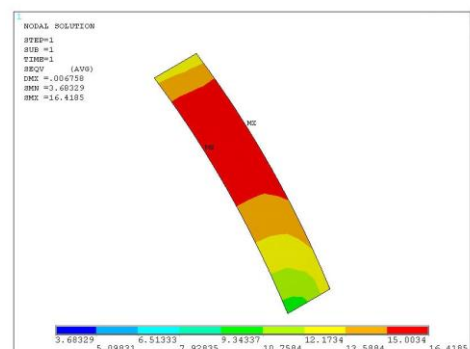
½ din unghiul central defect	Tensiuni locale din defect (MPa) pentru valori ale adâncimii defectului:			
	0,6 (mm)	1,2 (mm)	1,8 (mm)	2,4 (mm)
6°	13,19	14,23	16,07	19,15
9°	13,46	14,68	15,94	15,94
12°	13,63	14,98	16,41	16,41



a) ½ din unghiul la centru al defectului de 6° și LD de 5 mm



b) ½ din unghiul la centru al defectului de 6° și LD de 20 mm



c) ½ din unghiul la centru al defectului de 12° și LD de 5 mm

Fig. 3. Analiza C – Hărțile de tensiuni locale pentru defectul amplasat la un unghi de 135° și adâncimea de defect de 2,4 mm

În urma efectuării acestor analize, s-au trasat grafice pentru a evidenția dependența dintre valoarea tensiunilor și poziționarea defectului pentru DN 100×50 din Fig. 4 și dependența dintre valoarea tensiunilor și adâncimea defectului din Fig. 5.

Din aceste analize s-a observat o valoare maximă a tensiunilor în zona ramificației pentru solicitarea dată ca urmare a faptului că ramificația nu este consolidată și al efectului concentrator de tensiuni al orificiilor din peretele componente de conductă tehnologică [1, 5].

III. CONCLUZII

Utilizarea metodei elementului finit, și etapele de aplicare a metodei constând în construirea modelului geometric, specificarea caracteristicilor de material, alegerea tipului de elemente finite, definirea constantelor reale specifice, discretizarea modelului geometric, aplicarea încărcărilor și a legăturilor în nodurile elementelor finite și construirea matricei de rigiditate pentru fiecare element finit și matricea globală de rigiditate a structurii a permis analiza tensiunilor pentru diferite cazuri pentru a evidenția influența diferiților factori asupra valorii acestor tensiuni considerând cazurile:

- diferite unghiuri de amplasare a defectului pentru aceeași adâncime a defectului;
- diferite valori ale adâncimii de defect pentru unghiul de amplasare a defectului la care tensiunile ating valori maxime;
- diferite lungimii de defect pentru unghiul de amplasare la care tensiunile ating valori maxime;
- diferite valori ale unghiului de deschidere a defectului pentru unghiul de amplasare la care tensiunile ating valori maxime.

Din aceste analize s-a observat o valoare maximă a tensiunilor în zona ramificației pentru solicitarea dată ca urmare a faptului că ramificația nu este consolidată.

Valorile locale ale tensiunilor din defect nu au depășit valorile tensiunilor date de prezența ramificației neconsolidate.

Creșterea valorii unghiului de amplasare a defectului, în proximitatea ramificației, determină creșterea valorile tensiunilor locale din defect.

Valorile tensiunilor din defect cresc ca urmare a creșterii adâncimii de defect – consecință directă a subțierii locale a peretelui.

La aceeași adâncime de defect și unghi de deschidere a defectului o lungime a defectului mai mare determină o ușoară diminuare a tensiunilor locale.

Situația cea mai defavorabilă este dată de suprapunerea dintre unghiul de amplasare a defectului mai mare de 90° a unghiului de deschidere a defectului mic și a unei adâncimi mari a defectului.

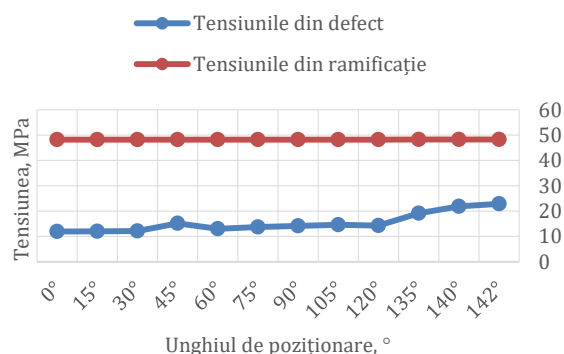


Fig. 4. *Dependența dintre valoarea tensiunilor și unghiul de poziționare al defectului*

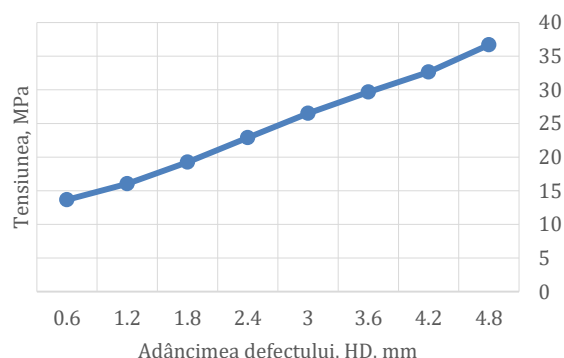


Fig. 5. *Dependența dintre tensiuni și adâncimea defectului*

IV. REFERINȚE

- [1] Alecsandru Pavel, "Joncțiuni tubulare – racorduri și teuri," București, 1998.
- [2] Pupăzescu Alexandru, Zaharia Maria, Petre Cristian Mihai, "The Necessity to Correlate the Measured Values of Stresses with the Values Calculated with Numerical Methods," Buletinul Universității Petrol – Gaze din Ploiești, Vol. LXX, No. 3/2018, Seria Tehnică, Ploiești, 2018, pp. 10 – 15.
- [3] SAS IP, Inc., "ANSYS Mechanical APDL Basic Analysis Guide, Release 15.0," Canonsburg, PA November 2013.
- [4] ***, "EN 10253-3:2008 Butt-welding pipe fittings Part 3: Wrought austenitic and austenitic-ferritic (duplex) stainless steels without specific inspection requirements.," 2008.
- [5] ***, "EN 13480-3:2012 Conducte industriale metalice Partea 3: Proiectare și calcul," 2012.
- [6] ***, "ASME B31.3-2012, Process Piping, ASME Code for Pressure Piping, B31", 2012.