

MECANICA RUPERII

LABORATOR 8

MODELAREA PROPAGARII FISURII IN CONDITIILE MODULUI MIXT DE SOLICITARE

1. INTRODUCERE

În cele ce urmează se va face o analiză a distribuției tensiunilor în apropierea vârfului fisurii. Această analiză are ca scop studiul variației tensiunilor în raport cu înclinarea direcției fisurii și cu direcția de solicitare. Se urmărește a se stabili modul în care variază atât tensiunea de la vârful fisurii cât și tensiunea maximă pe direcția fisurii cu înclinarea acesteia în raport cu direcția de solicitare.

O încărcare perpendiculară pe direcția de fisurare (90°) produce solicitarea acesteia în modul I. O încărcare paralelă cu direcția de fisurare (0°) produce solicitarea acesteia în modul II *figura 1*. Pentru o înclinare intermediară între încărcare și direcția de fisurare solicitarea este în **modul mixt**. În vederea stabilirii stării de tensiune din imediata vecinătate a fisurii pentru modul mixt de solicitare, se recurge la analiza cu elemente finite pe baza programului ALGOR, partea de analiză elastică.

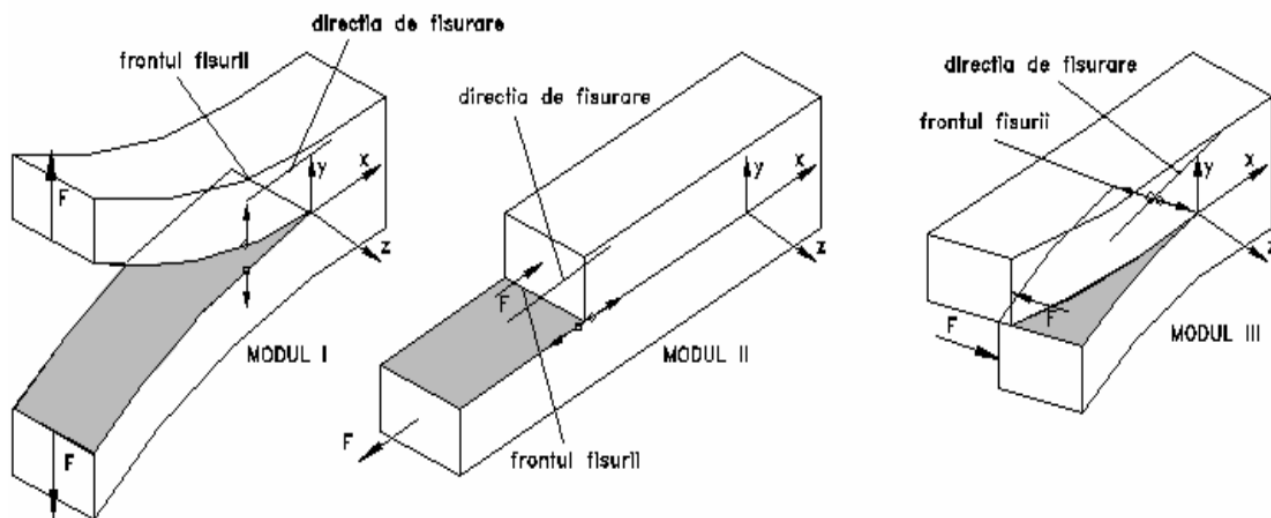


Fig. 1. Moduri de solicitare

Crearea modelului de bază se face semiautomat: se pornește de la elementele de bază ale rețelei utilizându-se în final partea automată a programului în vederea construirii rețelei de elemente. O caracteristică specifică a acestei analize constă în faptul că trebuie să se asigure o aceeași distribuție a elementelor rețelei, cel puțin în imediata vecinătate a

fisurii, pentru orice înclinare a acesteia. Această distribuție simetrică va permite obținerea de rezultate comparabile, fără introducerea unor erori mari.

2. REALIZAREA DISCRETIZARII INITIALE

În aceste condiții, s-a adoptat configurația rețelei care este prezentată în cadru general în *figura 2*. În *figura 3*, se prezintă partea centrală a rețelei care asigură simetria geometrică, cel puțin în imediata vecinătate a fisurii, în condițiile în care va avea loc o rotire a acesteia din 15^0 în 15^0 .

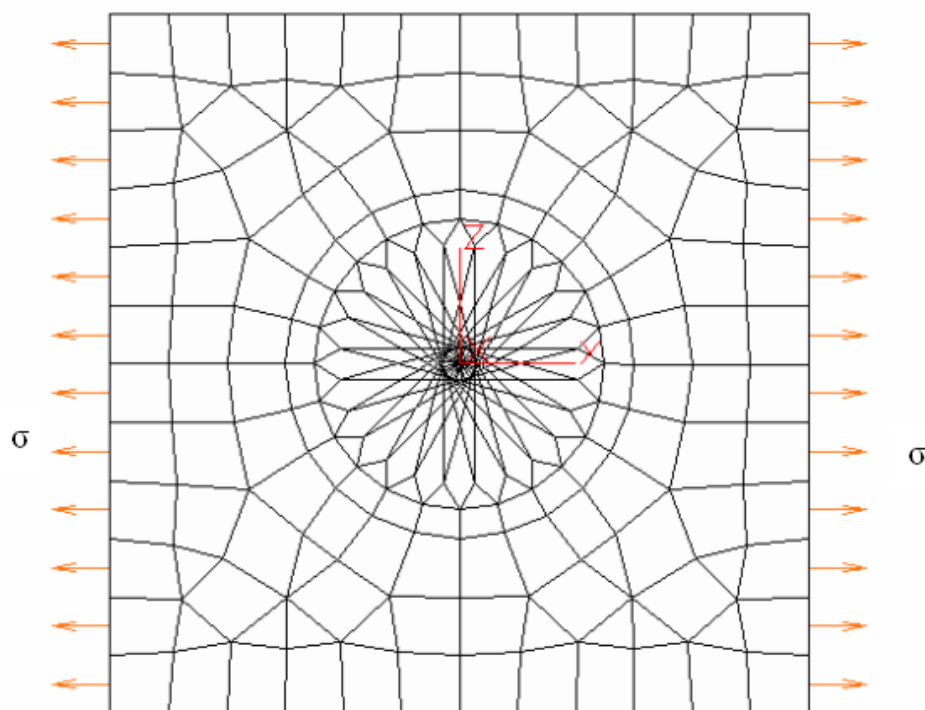


Fig. 2. Geometria modelului – plan general

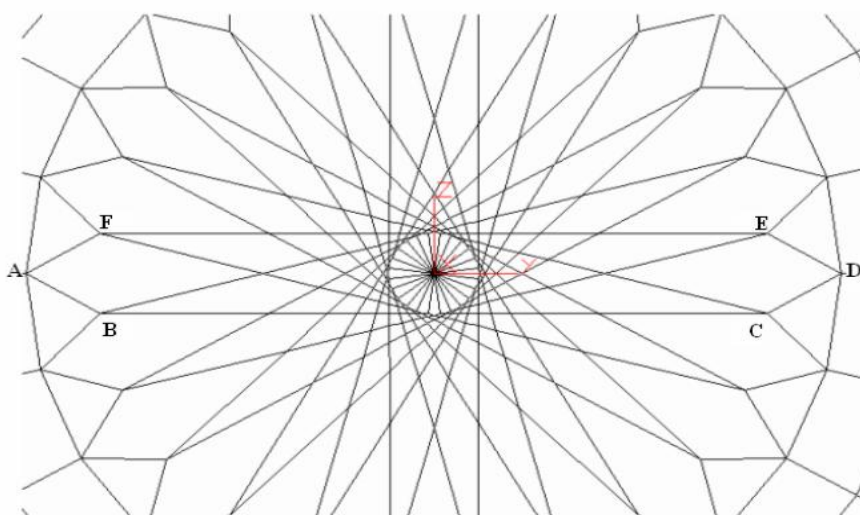


Fig. 3. Geometria modelului – vedere centrală

3. MODELAREA FISURII CENTRALE STRAPUNSE

Fisura cu înclinarea de 0^0 se formează prin îndepărtarea elementelor din zona ABCDEFA. În acest fel se obține configurația din *figura 4*. Pentru formarea următoarelor fisuri având înclinări de 15^0 , 30^0 , 45^0 , 60^0 , 75^0 și 90^0 se îndepărtează elementele corespunzătoare din partea centrală. Fisura se practică central, într-o placă de 10 mm grosime supusă solicitării monoaxiale cu tensiunea $\sigma=100$ MPa, *figura 2*.

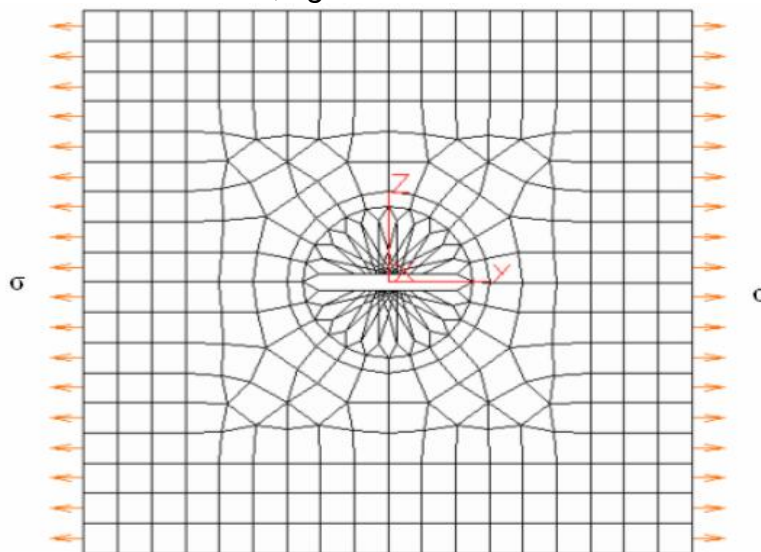


Fig. 4. Modelul pentru cazul $\theta=0^0$

4. REZULTATE OBTINUTE

Harta tensiunilor von Mises obținută după procesare pentru cazul $\theta=0^0$ este prezentată în *figura 5*. Având în vedere faptul că, atât geometria modelului cât și încărcarea sunt simetrice în raport cu cele două axe din plan și harta tensiunilor trebuie să fie simetrică, observându-se acest lucru în *figura 5*. În acest prim caz în care $\theta=0^0$ se constată faptul că tensiunea maximă nu se obține la vârful fisurii. În acest caz solicitarea este în *modul I*.

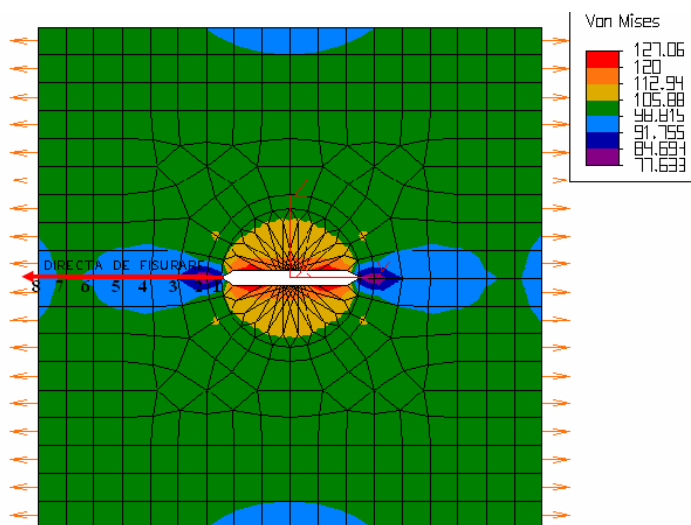


Fig. 5. Harta tensiunilor von Mises pentru cazul $\theta=0^0$

Modul mixt de solicitare se obține prin rotirea fisurii în raport cu direcția de solicitare. În figura 6 este prezentat cazul $\theta=45^\circ$.

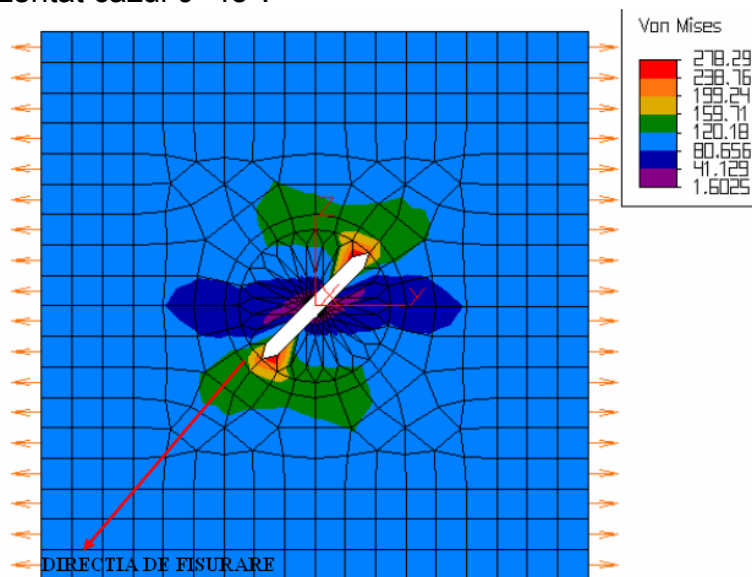


Fig. 6. Harta tensiunilor von Mises pentru cazul $\theta=45^\circ$

Se constată faptul că harta tensiunilor nu mai este simetrică. De asemenea se observă că tensiunea von Mises maximă nu se obține la vârful fisurii dar se apropie de acesta. În raport cu cazul $\theta=0^\circ$ se constată că tensiunea von Mises maximă este mult mai mare pentru cazul $\theta=45^\circ$. În aceste condiții, se poate concluziona că o poziționare a fisurii paralelă cu direcția de solicitare este mai avantajoasă. Acest lucru se constată și din analiza hărții tensiunilor pentru cazul $\theta=90^\circ$, figura 7. Tensiunea maximă în acest caz este mai mare decât în cazurile $\theta=0^\circ$ și $\theta=45^\circ$. Pentru cazul $\theta=90^\circ$, în care avem simetrie pentru solicitare și model, se obține simetrie și pentru harta tensiunilor.

Aceste tensiuni sunt date în nodurile de pe direcția fisurii (1÷8), începând de la vârful fisurii, și pentru unghiurile de înclinare ale acesteia în raport cu solicitarea: $\theta=0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ și 90° . Nodul 0 este cel în care se înregistrează cea mai mare valoare a tensiunii, și nu corespunde cu vârful fisurii decât pentru cazurile $\theta=75^\circ$ și 90° .

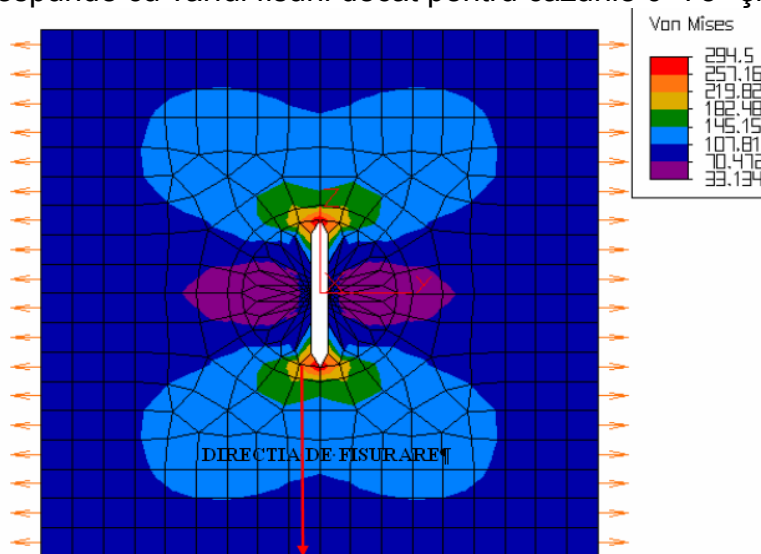


Fig. 7. Harta tensiunilor von Mises pentru cazul $\theta=90^\circ$

În *tabelul 1* sunt prezentate următoarele tensiuni:

- σ_{\max} – tensiunea maximă – criteriul tensiunilor normale maxime;
- σ_{vM} – tensiunea von Mises;
- σ_{11} – tensiunea principală;
- σ_y și σ_z – tensiunile pe direcțiile menționate.

Tabelul 1

θ grade	Nr. nod	σ_{\max} [N/mm ²]	σ_{vM} [N/mm ²]	σ_{11} [N/mm ²]	σ_y [N/mm ²]	σ_z [N/mm ²]
0°	0	128	127	126	128	3.6
	1	79	85	54	77	-7.5
	2	74	77	69	72	-3.6
	3	90	91	89	90	-1.15
	4	96	96	96	96	-0.37
	5	98	97	98	98	0.26
	6	99.1	98	99	99.1	0.79
	7	99.6	99	50	99.6	1.54
	8	100	98	2	100	2.76
15°	0	205	201	198	204	15.4
	1	101	110	35	95	-5.6
	2	91	97	70	88	-6.3
	3	99	101	90	98	-3.2
	4	99.6	100	99.4	99.3	-0.7
	5	99.4	99.4	99.4	99.3	0.2
	6	99.6	99.2	99.6	99.6	1
	7	99.8	98.9	50	99.8	1.8
	8	99.9	98.4	3	99.9	3
30°	0	267	259	259	264	31
	1	158	175	30	141	2.8
	2	129	133	81	127	-6.3
	3	117	121	91	116	-6.6
	4	108	109	107	107	-2.1
	5	102	103	102	102	0.19
	6	101	100	100	101	1.47
	7	100	99	51	100	2.7
	8	100	98	3	100	3.5
45°	0	288	278	272	275	37
	1	218	231	81	194	23
	2	164	160	98	164	11

θ grade	Nr. nod	σ_{\max} [N/mm ²]	σ_{VM} [N/mm ²]	σ_{11} [N/mm ²]	σ_y [N/mm ²]	σ_z [N/mm ²]
	3	132	131	82	132	1.6
	4	115	119	79	114	-7.22
	5	111	112	89	110	-3.34
	6	105	105	105	105	-1.38
	7	102	101	102	102	-0.62
	8	100	100	50	100	-0.5
60°	0	270	267	235	247	53
	1	267	267	200	238	53
	2	161	167	130	179	42
	3	141	137	89	140	9
	4	118	114	107	118	7
	5	108	105	108	108	5
	6	103	102	103	103	2.7
	7	98	97	98	98	1
	8	92	91	91	91	0.4
75°	0	298	288	265	266	81
	1	298	288	265	266	81
	2	187	167	155	181	76
	3	138	130	113	137	20
	4	120	115	119	120	12
	5	111	107	110	111	7
	6	105	103	105	105	3
	7	99	98	99	99	1.3
	8	92	91	92	92	0.55
90°	0	309	294	285	275	93
	1	309	294	285	275	91
	2	192	169	176	182	93
	3	136	123	133	134	35
	4	120	113	120	120	17
	5	112	108	112	112	8
	6	106	104	106	106	4
	7	100	99	100	100	1.4
	8	92	92	92	92	0.56

5. INTERPRETAREA REZULTATELOR

Cu ajutorul datelor din *tabelul 1* s-au trasat câteva dependențe semnificative.

În *figura 8* sunt prezentate variația tensiunii von Mises (■) și a tensiunii maxime (◆) la 0 grade în nodurile de pe direcția fisurii. *Nodul zero* este cel în care s-a consemnat cea mai mare valoare a tensiunii respective. Acest nod *nu coincide*, pentru $\theta=0^\circ$, cu vârful fisurii. Nodurile de la 1 la 8 sunt pe direcția lungimii fisurii, direcție pe care, de obicei, se propagă fisura. Față de tensiunea nominală de 100 MPa, pentru cazul $\theta=0^\circ$ se constată o micșorare a tensiunilor de la vârful fisurii și din imediata vecinătate a acestuia. Pe măsură ce ne depărtăm de vârful fisurii tensiunea se apropie de valoarea nominală. În *figura 9* s-au trasat curbele de variație a tensiunii von Mises (■) și a tensiunii maxime (◆) (*valori maxime*) funcție de înclinarea fisurii în raport cu direcția de solicitare. Se constată o creștere a valorilor tensiunii maxime odată cu înclinarea fisurii de la $\theta=0^\circ$ la $\theta=90^\circ$. Totuși, la unghiul $\theta=60^\circ$ se observă o valoare mai mică a tensiunilor maxime în raport cu unghiurile vecine, respectiv $\theta=45^\circ$ și $\theta=75^\circ$. Ca urmare, înclinarea de 60° a fisurii în raport cu direcția de solicitare pare mai favorabilă decât înclinările de 45° și 60° . În acest context, se face observația că vom folosi unghiul de 60° pentru determinarea direcției de propagare a fisurii în modul mixt de solicitare.

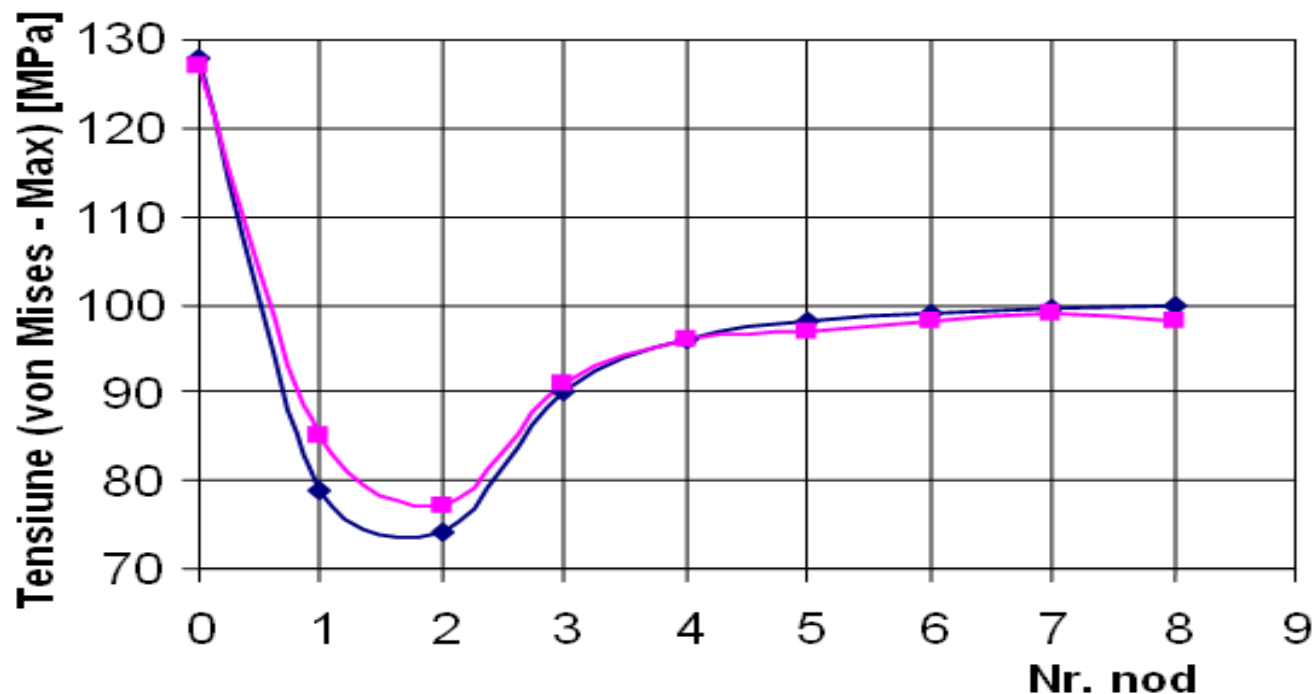


Fig. 8. Variația tensiunii von Mises (■) și a tensiunii maxime (◆) la 0 grade pe direcția fisurii

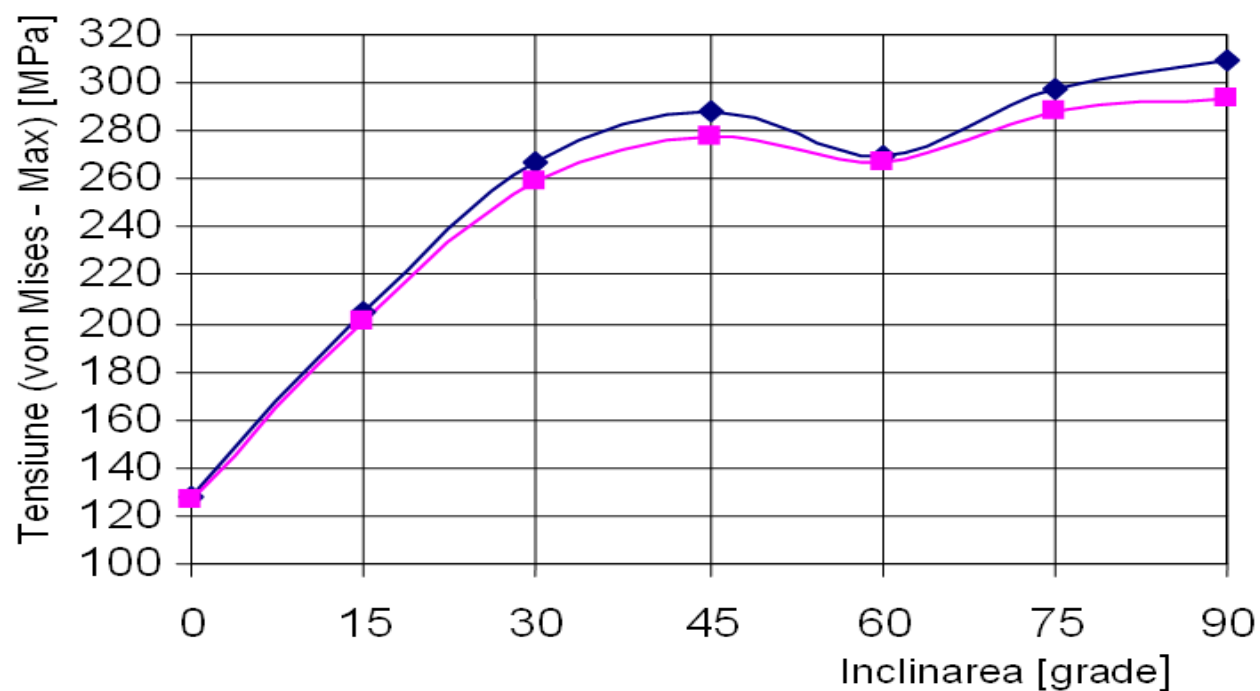


Fig. 9. Variația tensiunii von Mises în raport cu înclinarea fisurii

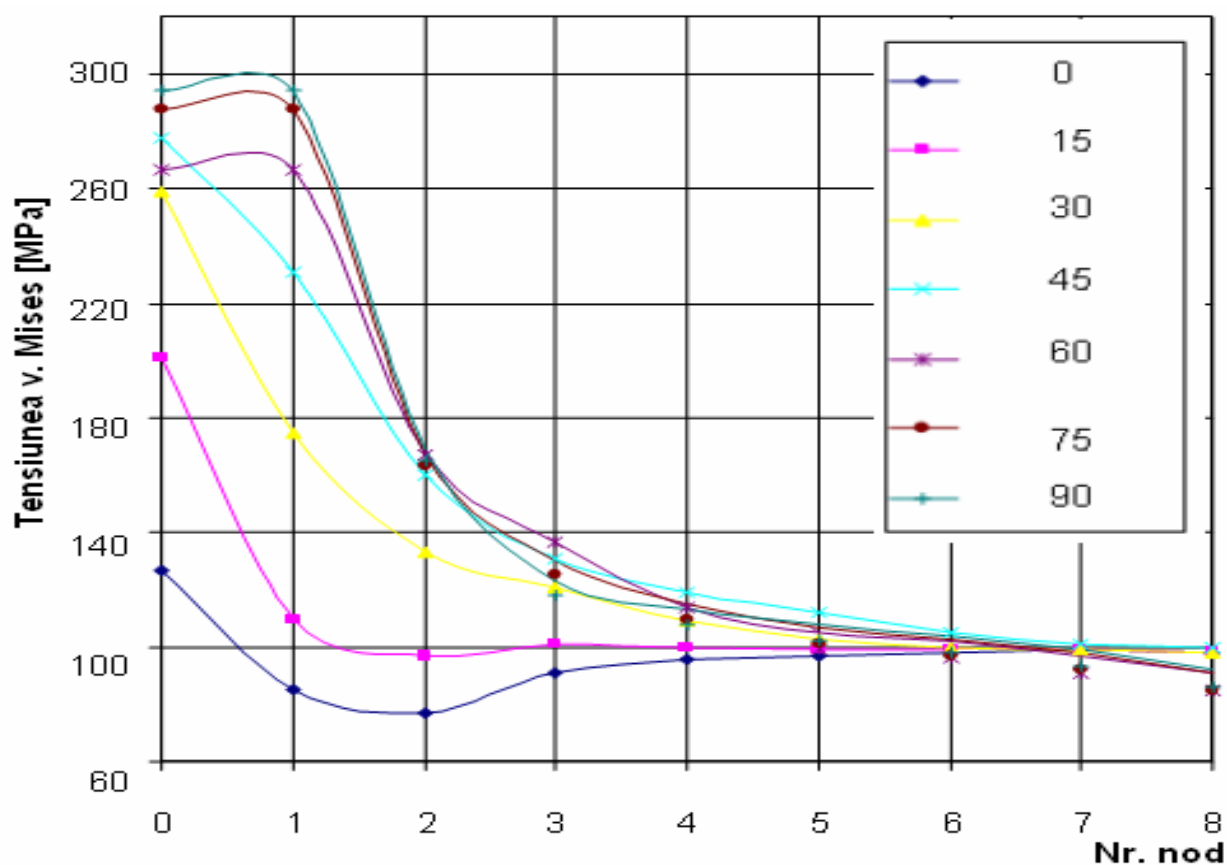


Fig. 10. Variația tensiunii von Mises pe direcția fisurii și în funcție de înclinarea θ a acesteia

În figura 10 s-au trasat curbele de variație a tensiunii von Mises pe direcția de fisurare (nodurile 1÷8) și pentru unghiurile: $\theta=0^{\circ}$, 15° , 30° , 45° , 60° , 75° și 90° . Se constată faptul că, pentru cazurile $\theta=0^{\circ}$ și 15° , tensiunile sunt mai mici sau se păstrează în jurul tensiunii nominale de 100 MPa (în afara valorilor maxime). Pentru următoarele înclinări ale fisurii, respectiv pentru $\theta=30^{\circ}$, 45° , 60° , 75° și 90° , în raport cu direcția de solicitare, tensiunea din imediata vecinătate a vârfului fisurii –nodul 1- crește semnificativ. Pentru cazurile $\theta=0^{\circ}$, 15° , 30° și 45° , valorile maxime ale tensiunii von Mises nu se înregistrează la vârful fisurii (nodul 1). Pentru aceste cazuri, nodul zero în care se înregistrează valoarea maximă a tensiunii este diferit de nodul 1 (vârful fisurii). Pentru cazurile $\theta=60^{\circ}$, 75° și 90° valoarea maximă a tensiunii von Mises se înregistrează chiar la vârful fisurii.

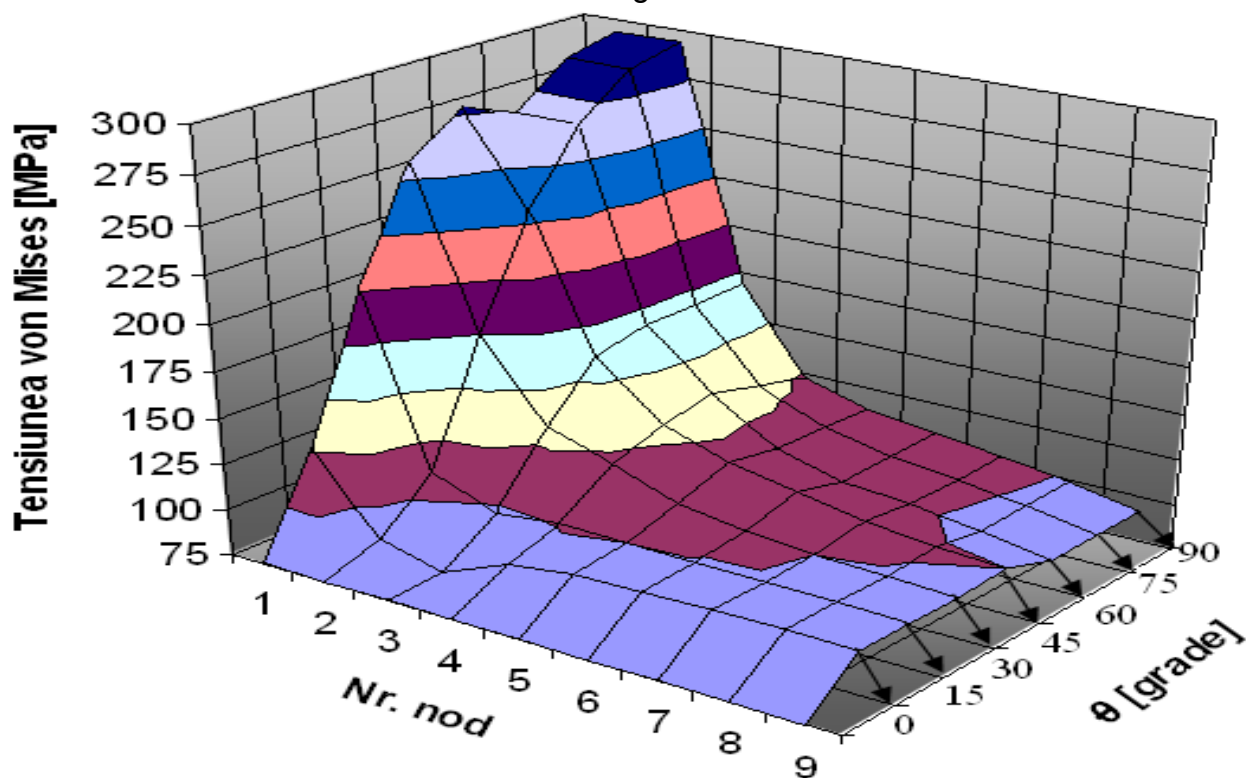


Fig. 11. Variația tensiunii von Mises pe direcția fisurii și în funcție de înclinarea θ a acesteia - vedere tridimensională -

Dacă se analizează curbele de variație pentru cazurile $\theta=45^{\circ}$ și 60° se constată următoarele:

- pentru $\theta=45^{\circ}$, valoarea maximă a tensiunii von Mises nu se înregistrează la vârful fisurii (nodul 1);
- pentru $\theta=60^{\circ}$, valoarea maximă a tensiunii von Mises se înregistrează la vârful fisurii: nodul 0 coincide cu nodul 1;
- pentru ambele cazuri se produce o scădere bruscă a tensiunii din nodul 2, imediat apropiat vârfului fisurii;
- pentru $\theta=60^{\circ}$, valoarea maximă a tensiunii von Mises este mai mică decât valoarea maximă a tensiunii von Mises pentru $\theta=45^{\circ}$.

BIBLIOGRAFIE

1. Bluhm J., "Slice Synthesis of a Three Dimensional Work of Fracture Specimen for Brittle Materials Testing", In: Engineering Fracture Mechanics, vol. 7, pg. 593, 1985
2. Broek D., "Elementary Engineering Fracture Mechanics", Columbus, Ohio, USA, 1978
3. Buresch F.E., Meyer W., "Relation between microstructure and Weibull distribution function of coarse grained Ceramics", In: High Tech Ceramics, part B, pg. 1197-1208, Amsterdam, 1987
4. Cioclov D., "Mecanica ruperii materialelor", Editura Academiei, București, 1977
5. Dodds R.H., "Finite Element and Experimental Evaluation of the J-Integral for Short Crack", In: Fracture Mechanics, 4-th Symposium, vol. I, Theory and Analysis, 1983
6. Dubourg M.C., Villechaise B., "Analysis of Multiple Fatigue Cracks - part I". Theory Journal of Tribology, pg. 455-461, July 1992
7. Dumitru I., Marșavina L., "Elemente de mecanica ruperii" -curs- Univ. "Politehnica" Timișoara, 2000
8. Fantozzi G., "Rupture de Materiaux", INSA, Lyon, 1992
9. Gölner S., "Textbook of Fracture and Assessment Criteria in The Science of the Strength of Materials", Fachbuchverlag, Leipzig-Köln, 1992