

ASPECTE PRIVIND RUPEREA MATERIALELOR METALICE

CONSIDERATIONS REGARDING ELASTIC FAILURE OF METAL MATERIALS

Ioan Mihail SAVANIU¹, Monica VLASE²

¹sef lucrari. dr. ing. Facultatea de Utilaj Tehnologic- Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti, Romania

²sef lucrari. dr. ing. Facultatea de Utilaj Tehnologic- Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti, Romania

Rezumat: Studiul prezentat in acest articol face o comparatie dintre rezultatele obtinute folosind metoda elementului finit si cele obtinute prin metoda clasica, privind ruperea materialelor metalice supuse la forte de tractiune. Scopul acestei lucrari este acela de a certifica rezultatele obtinute prin modelarea structurilor metalice folosind metoda elementului finit, a pieselor metalice supuse unor variatii de temperatura si apoi la solicitari de rupere prin tractiune.

Cuvinte cheie: metoda elementului finit, rupere fragila, rupere ductila, rupere la tractiune.

Abstract: The research presented in the article shows a comparison of results obtained in the dimensioning of the finite element method and results for a real metal construction. The aim of the research is to certify the results of modeling of steel structures using finite element method for temperature variations of metal parts tested.

Keywords: finite element method, fragile fracture, ductile fracture, tensile fracture.

1. INTRODUCERE

Analiza caracterului ruperii materilelor metalice este deosebit de importanta in practica ingineriasca. In cazul analize macroscopice a unei piese metalice deteriorate, putem depista foarte usor, dupa forma si caracterul ruperii, tipul de material metalic utilizat sau modul in care a fost solicitata piesa care s-a defectat.

Ruperea este fenomenul de fragmentare a unui piese metalice în două sau mai multe părți sub acțiunea unor incarcari. Ruperile materialelor metalice se pot clasifica folosind urmatoarele criterii:

- modul cristalografic de rupere sau aspectul ruperii;
- mărimea deformațiilor plastice care preced ruperea.

Dupa aspectul suprafetelor de rupere a piselor metalice putem distinge:

- ruperile fragile produse prin clivaj sau smulgere, au propagare intercristalină sau transcristalină și prezintă aspect cristalin – strălucitor;
- ruperile ductile care se produc prin forfecare si care au de obicei o propagare transcristalină și prezintă aspect fibros.

Mărimea deformațiilor plastice care preced ruperea este criteriul care consideră fenomenul de rupere la scară macroscopică după acest criteriu ruperile se încadrează în două categorii:

- ruperi fragile, precedate de deformații plastice nesemnificative și care se propagă cu viteze foarte mari;
- ruperi ductile, caracterizate prin deformații plastice apreciabile produse înaintea și în timpul aparitiei si dezvoltarii fenomenelor de rupere.

Comportarea fragilă sau ductilă la rupere nu este întotdeauna o însușire intrinsecă a fiecărui

material metalic. Comportarea la rupere poate fi influențată esențial de factorii ce descriu condițiile solicitării mecanice care determină ruperea:

- temperatura materialului în timpul solicitării;
- viteza de aplicare a solicitării;
- modul de dezvoltare al stărilor de tensiuni generate în materialul supus solicitării, dependent de complexitatea solicitării și de prezența în material a concentratorilor de tensiuni sau a unor defecte de structura.

Se poate considera ca factor principal de influență temperatura materialului metalic în timpul solicitării, iar pragul caracteristic corespunzător acestui factor este denumit temperatură de tranziție ductil – fragil. Dacă temperatura materialului solicitat mecanic este mai mare decât temperatura de tranziție, comportarea sa la rupere este ductilă, iar dacă temperatura materialului coboară sub temperatura de tranziție materialul metalic prezintă o comportare fragilă la rupere. Influențele celorlalți doi factori se iau în considerare prin modificările pe care le produc valorii temperaturii de tranziție; astfel, mărirea vitezei de solicitare (solicitarea dinamică sau prin șocuri) și/sau creșterea modului de dezvoltare a tensiunilor (ca urmare a complexității solicitării mecanice sau prezenței concentratorilor de tensiuni) determină tendința oricărui material metalic spre o comportare fragilă la rupere și produce creșterea temperaturii de tranziție a materialului respectiv (extinderea domeniului de temperaturi în care materialul manifestă o comportare fragilă la rupere și, ca urmare, restrângerea domeniului de temperaturi în care comportarea la rupere a materialului este ductilă).

Pentru a evidenția particularitățile comportării materialelor metalice policristaline solificate mecanic se folosește, ca încercare de referință, încercarea la tracțiune utilizând mașina de tracțiune. În urma supunerii unor piese metalice la tracțiune, în funcție de natura materialului testat și/sau de factorii de influență enunțați anterior, se pot obține ruperi de tipul celor prezentate în fig.1

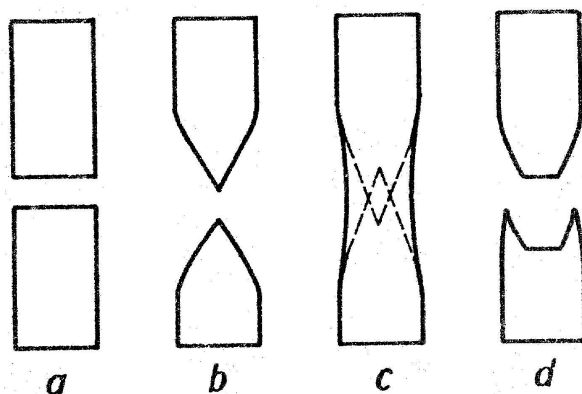


Fig. 1 Tipuri de ruperi în cazul solicitării la tracțiune:

- a) ruperea prin smulgere fragilă; b) rupere prin forfecare (ductilă);
c) rupere prin forfecare a materialelor cu ductibilitate moderată; d) rupere con-cupă.**

În cele ce urmează vom prezenta pe scurt un studiu comparativ între rezultatele obținute în cazul unui experiment real și rezultatele obținute în cazul simulării cu ajutorul SOLIDWORKS 2010 (acest soft de simulare permite modificarea temperaturii piesei care este analizată). Studiul are ca scop punerea în evidență a dependenței dintre caracterul ruperii și temperatura la care se efectuează solicitarea atât în mediul real cât și în mediul virtual. Urmărim prin acest studiu validarea rezultatelor obținute cu ajutorul softurilor de modelare cu element finit pentru piesele metalice, în cazul în care considerăm și temperatura modelului virtual analizat.

2. REZULTATE EXPERIMENTALE.

Am considerat o bara rectangulara, vezi fig.2, confectionata din otel hipoeutectoid marca OL 52 . In fig. 3 este prezentata analiza microscopica a otelului care a fost testat, se observa structura ferito-perlitica.



Fig. 2 Structura metalica analizata

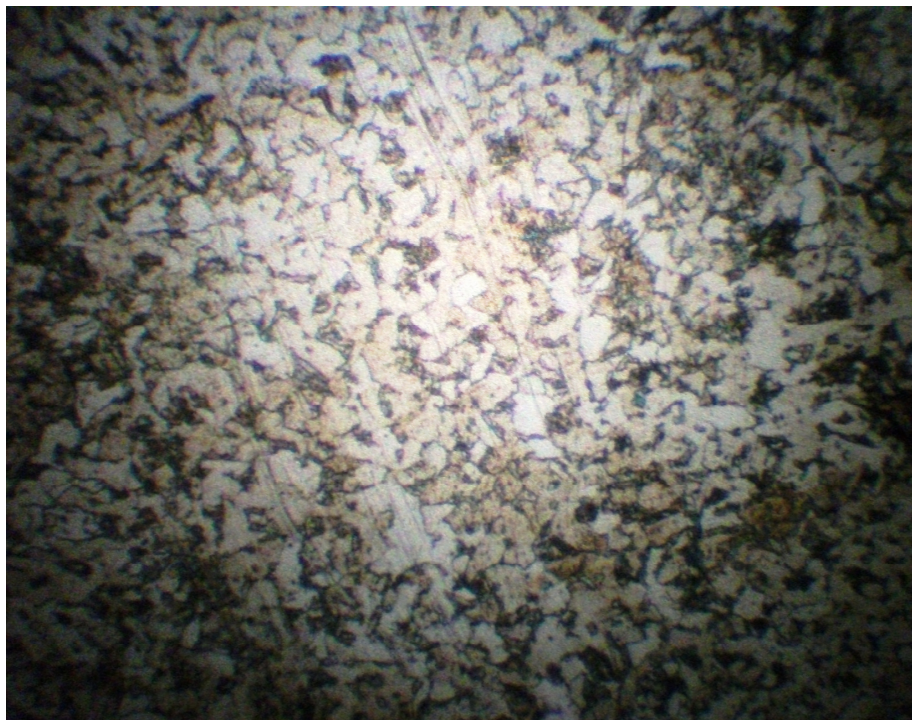


Fig.3 Analiza microscopica a otelului studiat (marire 200 X)

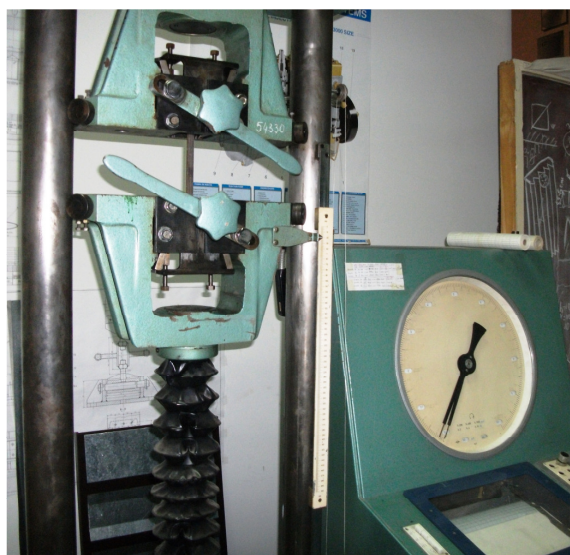


Fig. 4 Incercare la tractiune a barei testate

Bara rectangulara a fost supusa la tractiune in vederea determinarii caracteristicilor de material. Bara studiata este de sectiune dreptunghiulara cu dimensiunea de 10 mm x 10 mm si lungime 250 mm. Structura analizata a fost asezata in bacurile masinii de tractiune asa cum este prezentat in fig.4 iar rezultatele furnizate de traductorii masinii de tractiune au fost inregistrate pe o hartie etalonata si pe cadranul masinii de tractiune. Rezultatul obtinut ne indica forta, in daN, cu care s-a tras de bacurile masinii, iar valoarea aceasta pentru piesa metalica testat a fost de 5700 daN. Aceasta valoare va fi considerata ca incarcare in simularile efectuate cu ajutorul metodei elementului finit..

Incarcarile s-au desfasurat pe mai multe probe care au fost racite s-au incalzite. Pe parcursul experimentarilor s-a constatat, ca in cazul probelor incalzite, acestea s-au rupt la interfata dintre bara rectangulara testata si bacurile masinii de tractiune, dupa cum se poate observa si din fig. 5. O posibila cauza, poate fi ca in zona de prindere se realizeaza o punte termica intre bara incalzita testata si bacurile masinii de tractiune aflate la temperatura camerei.



Fig.5 Zona de rupere in cazul barelor incalzite

3. REZULTATE OBTINUTE ÎN URMA SIMULĂRII CU SOLIDWORKS 2010

În vederea simulării cu ajutorul metodei elementelor finite am modelat, în spațiul virtual piesa metalică experimentată și am considerat că este realizată din oțel OL 52 cu caracteristicile de material furnizate de biblioteca de materiale a SOLIDWORKS 2010. Întrucât în calculele de element finit caracteristica de material cea mai importantă este modulul de elasticitate al materialului și în cazul nostru a fost același cu al materialului testat. În cazul studiului stabilității deformarea sistemului și punctul în care aceasta este maximă și starea de tensiuni care se dezvoltă în piesa metalică și care este zona în care tensiunea este maximă.

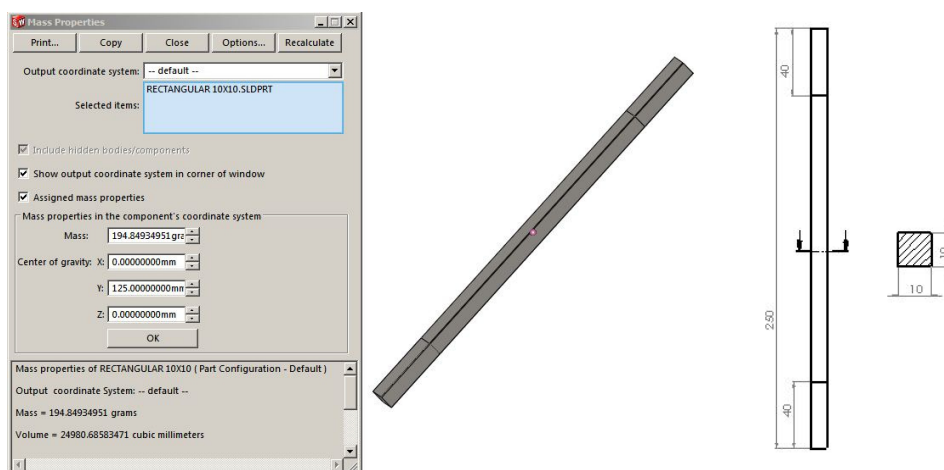


Fig. 6 Model virtual 3D și 2D

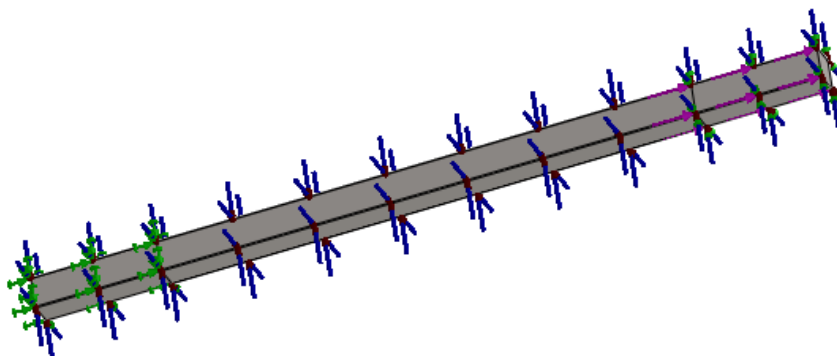


Fig.7 Schema de rezemare și de aplicare a încărcărilor

Studiul prin metoda elementelor finite efectuat a fost un studiu static. Se putea efectua și un studiu dinamic însă experimentul nu a urmărit acest aspect. Schema de rezemare a avut în vedere modul de așezare în bacurile mașinii de tracțiune și modul de aplicare a încărcării. Au fost neglijate deformările care apar în bacurile mașinii de tracțiune.

Având în vedere temperatura la care a fost expusă piesa metalică analizată am considerat următoarele situații de lucru.

Situatia 1 – Ipoteza de calcul corespunzatoare dezvoltarii in elementele constructiei metalice a unei tensiuni echivalente, in baza teoriei V de rezistenta a energiei potentiale de deformatie - Von Mises, egale cu tensiunea de rupere a otelului OL52, considerand temperatura piesei metalice dispusa bacuri virtuale de -200°C .

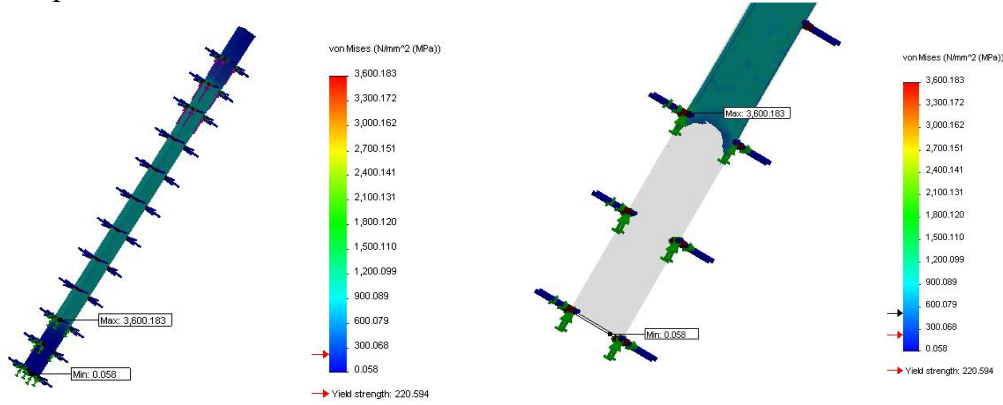


Fig.8 Tensiuni echivalente pentru temperatura de -200°C

In urma simularii efectuate, considerand incarcarea care a determinat in structura tensiunea de rupere a piesei reale, in elementele structurii virtuale se dezvolta o tensiune echivalenta in valoare de 3414 N/mm^2 .

Situatia 2 – Ipoteza de calcul corespunzatoare dezvoltarii in elementele constructiei metalice a unei tensiuni echivalente, in baza teoriei V de rezistenta a energiei potentiale de deformatie - Von Mises, egale cu tensiunea de rupere a otelului OL52, considerand temperatura piesei metalice dispusa bacuri virtuale de -100°C .

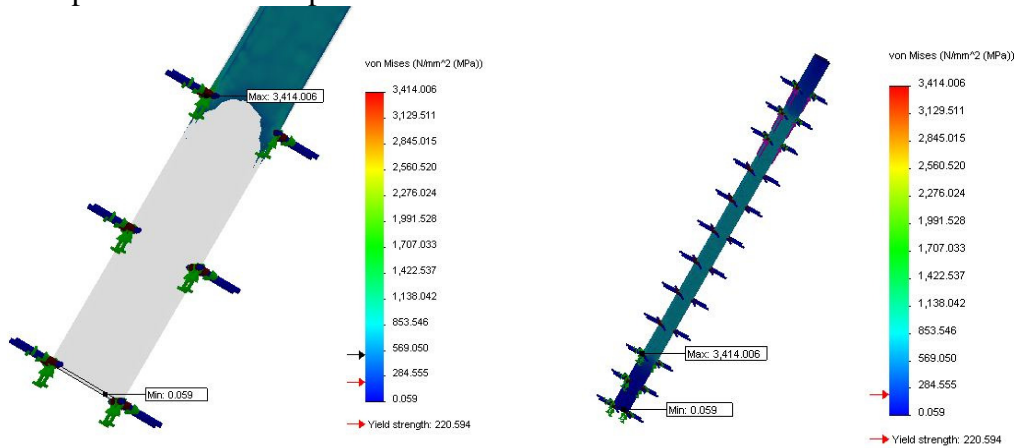


Fig.9 Tensiuni echivalente pentru temperatura de -100°C

In urma simularii efectuate, considerand incarcarea care a determinat in structura tensiunea de rupere a piesei reale, in elementele structurii virtuale se dezvolta o tensiune echivalenta in valoare de 3414.00 N/mm^2 .

Situatia 2 – Ipoteza de calcul corespunzatoare dezvoltarii in elementele constructiei metalice a unei tensiuni echivalente, in baza teoriei V de rezistenta a energiei potentiale de deformatie - Von Mises, egale cu tensiunea de rupere a otelului OL52, considerand temperatura piesei metalice dispusa bacuri virtuale de 0°C .

Aspecte privind ruperea materialelor metalice

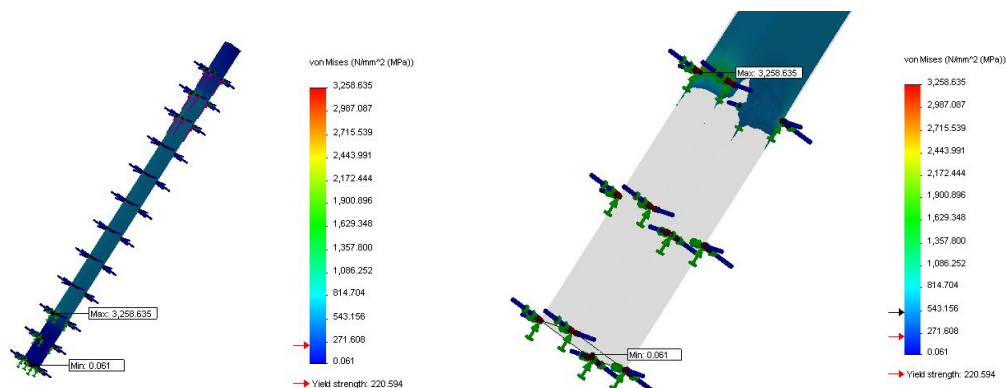


Fig.10 Tensiuni echivalente pentru temperatura de 0⁰ C

In urma simularii efectuate, considerand incarcarea care a determinat in structura tensiunea de rupere a piesei reale, in elementele structurii virtuale se dezvoltă o tensiune echivalenta in valoare de 3258.63 N/mm².

Situatia 3 – Ipoteza de calcul corespunzatoare dezvoltarii in elementele constructiei metalice a unei tensiuni echivalente, in baza teoriei V de rezistenta a energiei potentiale de deformatie - Von Mises, egale cu tensiunea de rupere a otelului OL52, considerand temperatura piesei metalice dispusa bacuri virtuale de 100⁰ C.

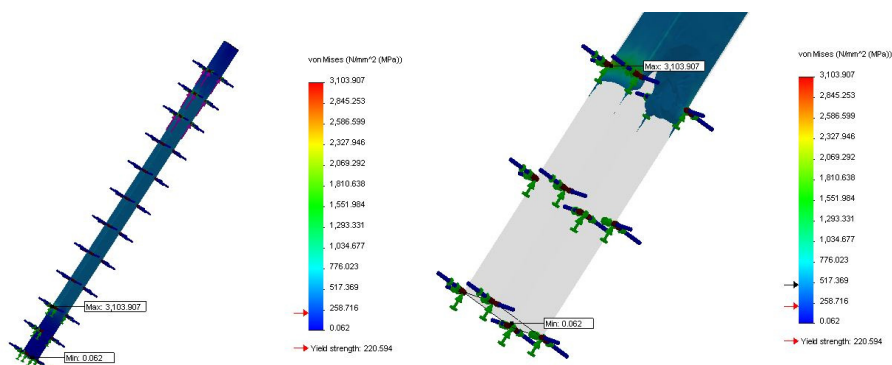


Fig.11 Tensiuni echivalente pentru temperatura de 100⁰ C

In urma simularii efectuate, considerand incarcarea care a determinat in structura tensiunea de rupere a piesei reale, in elementele structurii virtuale se dezvoltă o tensiune echivalenta in valoare de 3103.90 N/mm².

Situatia 3 – Ipoteza de calcul corespunzatoare dezvoltarii in elementele constructiei metalice a unei tensiuni echivalente, in baza teoriei V de rezistenta a energiei potentiale de deformatie - Von Mises, egale cu tensiunea de rupere a otelului OL52, considerand temperatura piesei metalice dispusa bacuri virtuale de 200⁰ C.

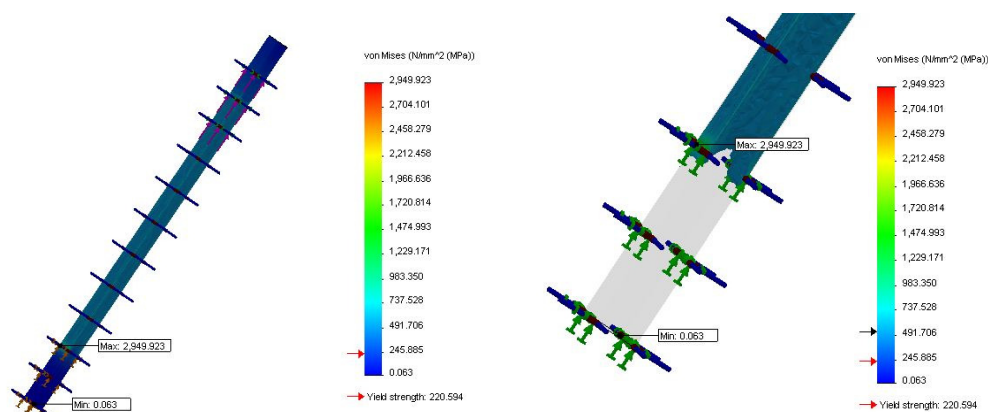


Fig.12 Tensiuni echivalente pentru temperatura de 200⁰ C

In urma simularii efectuate, considerand incarcarea care a determinat in structura tensiunea de rupere a piesei reale, in elementele structurii virtuale se dezvolta o tensiune echivalenta in valoare de 2949.92 N/mm².

Simularii au fost repetate pentru inca cinci situatii corespunzatoare temperaturilor de 400⁰ C; 600⁰ C; 800⁰ C; 1000⁰ C; 1200⁰ C rezultatele obtinute sunt prezentate in subcapitolul urmatoare.

4. INTEPRETAREA REZULTATELOR

In baza rezultatelor obtinute in ceea ce priveste tensiunea care se dezvolta in cazul constructiei metalice reale supusa la o anumita valoare a incarcarii si a temperaturii si in cazul tensiunii echivalente aparute in urma simularii cu metoda elementelor finite asupra modelului virtual al constructiei metalice am obtinut rezultatele prezentate in urmatoarea tabel:

Nr.	Temperatura piesei considerata in cazul simularii SW [⁰ C]	Tensiunea maxima care se dezvolta in structura metalica analizata [MPa]	Deformatia piesei metalice analizate [mm]
1	-200	3600.18	0.476
2	-100	3414.00	0.493
3	0	3258.63	0.510
4	100	3103.90	0.527
5	200	2949.92	0.544
6	400	2764.43	0.578
7	600	2661.3	0.612
8	800	2967.75	0.646
9	1000	3768.84	0.680
10	1200	4573.42	0.714

Prezentarea grafica a rezultatelor obtinute ne arata o variatie a tensiunii si deformatiei cu temperatura in cazul simularii prin metoda elementului finit.

Aspecte privind ruperea materialelor metalice

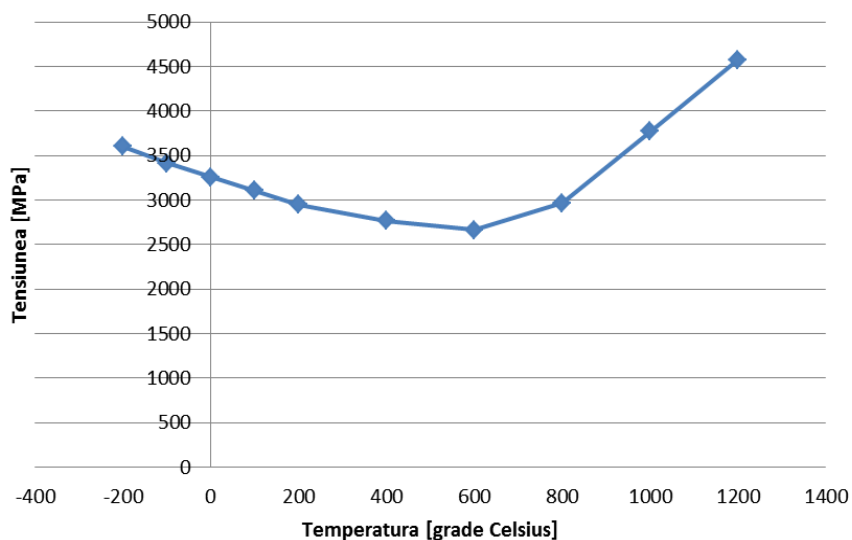


Fig.13 Variatia tensiunii dezvoltate in piesa metalica in raport cu variatia temperaturi

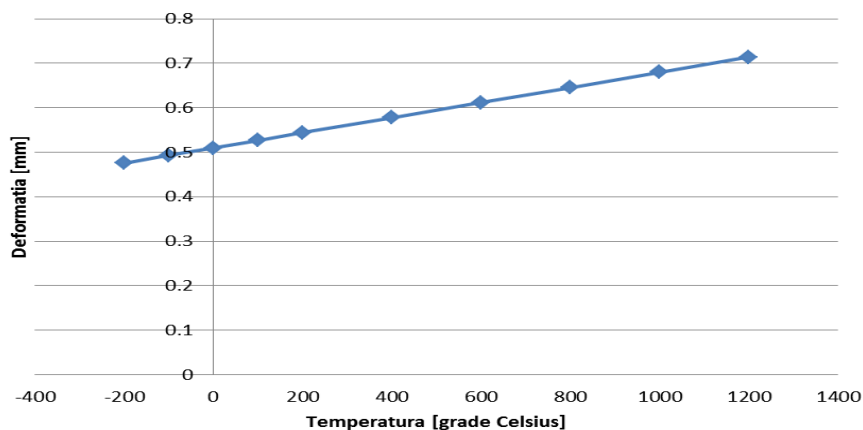


Fig.14 Variatia deformatiei aparute in piesa metalica in raport cu variatia temperaturi

Concluziile experimentului sunt:

- in cazul modelarii folosind metoda elementului finit am constatat ca tensiunea, care se dezvoltă în piesa metalică analizată, are valori ridicate la temperaturi scăzute și temperaturi ridicate. Creșterea tensiunii dezvoltate în piesa metalică, în aceleași condiții de rezemare și încărcare, ne sugerează că rezistența mecanică a piesei metalice crește odată cu scăderea de temperatură. Creșterea tensiunii odată cu scăderea temperaturii este validată de experimentările pe modelul real dar și de literatura de specialitate [4]. Din analiza variației tensiunii, care se dezvoltă în piesa metalică, acest fenomen apare și odată cu creșterea temperaturii, fenomen greu de explicat;
- de asemenea din analiza variației deformației cu temperatura se constată o scădere odată cu scăderea temperaturii piesei metalice analizate, ceea ce ne sugerează o reducere a ductilității și apariția fragilității în cazul piesei analizate. La temperaturi scăzute deformația este mai mică ca în cazul deformației la temperaturi normale lucru confirmat și de încercările la tracțiune efectuate.

BIBLIOGRAFIE:

- [1] Buzdugan Gh – Rezistenta Materialelor , Editura Academiei , 1986;
- [2] Zlateanu Tudor – Tehnologia Materialelor, U.T.C.B.,1982;
- [3] Herman Schuman – Metalurgie Fizica,Editura Tehnica,1957;
- [4] George Dieter – Metalurgie Mecanica, Editura Tehnica.,1970;
- [5].M.Blumenfeld - Introducere in metoda elementelor finite, Editura Tehnică, București, 1995.