



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

SIMULAREA CU AJUTORUL METODEI ELEMENTELOR FINITE A ÎNCERCĂRII LA COMPRESIUNE A ARCULUI ELICOIDAL EXTERIOR AL BOGHIULUI Y 32 R

Maria LĂUTARU, Tiberiu Dimitrie BABEU

SIMULATION USING FINITE ELEMENT METHOD IN COMPRESSION TEST EXTERIOR BOGIE SCREW ARC R 32 Y

This study aimed to simulate the finite element method of compression test CAD model of the outer helical spring is part of the bogie frame Y32R. The simulation sought to obtain verification of reception of the main features of the arc, such as height L0 pregnancy due dates arc empty wagon (P0) and tensile strength of steel at the load P given by overloaded wagon.

Making simulation using Finite Element Method implies a CAD model of the helical spring outer model was developed using Solid Works 2005 software package. Subsequently, this model has undergone in the simulation software package COSMOS Works 2005.

Keywords: finite element, stress, arrow nodal, elongation

Cuvinte cheie: elemente finite, tensiuni, săgeată nodală, alungire

1. Modelul CAD al arcului

Modelul CAD al arcului elicoidal exterior a fost realizat în conformitate cu desenele de execuție furnizate de producător. Principalele dimensiuni constructive ale arcului sunt:

- diametrul sârmei: $d = 37 \text{ mm}$;
- raza medie de înfășurare: $R = 112 \text{ mm}$;

- înălțimea liberă (aproximativă): $H_0 = 334$ mm;
- înălțimea sub sarcina P_0 (3430 daN): $L_0 = 256$ mm;
- numărul total de spire (aproximativ): $n = 5,3$;
- numărul de spire active (cu secțiuni întregă): $n_a = 3,8$.

Figura 1 redă într-o vedere axonometrică izometrică modelul CAD al arcului elicoidal exterior realizat în programul Solid Works 2005.

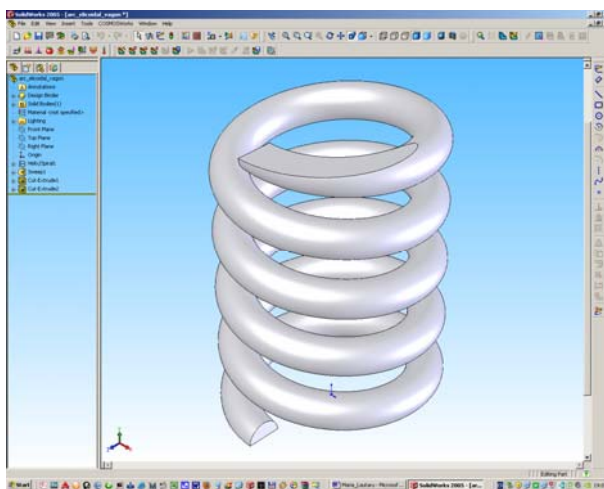


Fig. 1 Modelul CAD al arcului elicoidal exterior (SolidWorks 2005)

2. Efectuarea simulării cu ajutorul MEF

Simularea a fost realizată cu programul COSMOS Works 2005 care este integrat în Solid Works 2005.

Ca date inițiale ale scenariului simulării, se constituie caracteristicile mecanice ale materialului arcului (45SCD6 - specificație franceză). Principalele caracteristici mecanice ale materialului (minim necesare simulării) sunt:

- modulul de elasticitate longitudinal: $E = 208000$ MPa;
- coeficientul lui Poisson (de contracție transversală): $\nu = 0,3$.

Figura 2 ilustrează fereastra de dialog a programului prin intermediul căreia se introduc valorile principalelor caracteristici mecanice ale materialului arcului.

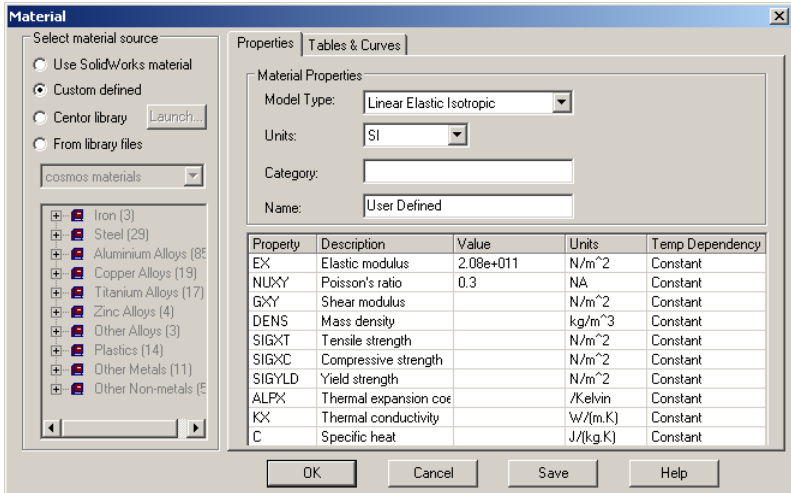


Fig. 2 Fereastra de dialog a programului prin intermediul căreia se introduc valorile principalelor caracteristici mecanice ale materialului arcului

Conform certificatului de calitate al materialului 45SCD6 se mai cunosc și următoarele caracteristici mecanice importante:

- limita de curgere: $R_{p0,2} = 1220$ MPa;
- rezistența la rupere: $R_m = 1639$ MPa.

Datorită faptului că modelul CAD al arcului elicoidal este considerat un corp solid, pentru simularea cu MEF s-au adoptat elemente finite de ordinul I tetraedrice cu 4 noduri pe element (TETRA4). S-a optat pentru o dimensiune medie de 5 mm a laturilor elementelor finite tetraedrice în vederea obținerii unei precizii ridicate a rezultatelor ulterioare. Discretizarea (împărțirea) modelului CAD al arcului în elemente finite a totalizat 176183 elemente cu 36534 noduri. Figura 3 redă discretizarea în elemente finite a modelului CAD al arcului elicoidal.

În concordanță cu modul real de funcționare (din exploatare) al arcului elicoidal exterior, scenariul simulării a fost adaptat corespunzător. Astfel, suprafața plană inferioară de așezare a arcului elicoidal este considerată fixă (translațiile după cele 3 axe X, Y și Z ale nodurilor elementelor finite conținute în această suprafață sunt nule - $UX = 0$, $UY = 0$, $UZ = 0$). Această condiție impusă suprafeței plane inferioare este ilustrată în figura 4. Totodată, suprafața plană superioară de așezare a arcului poate translața doar pe direcție verticală (axa Y), celelalte translații (UX, UZ) fiind nule.

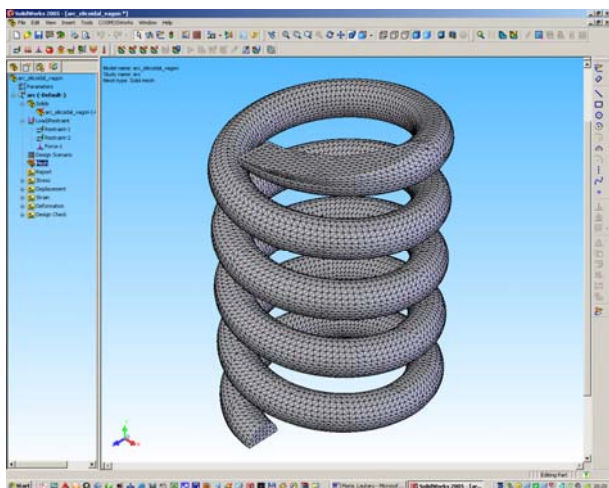


Fig. 3 Discretizarea în elemente finite a modelului CAD al arcului elicoidal

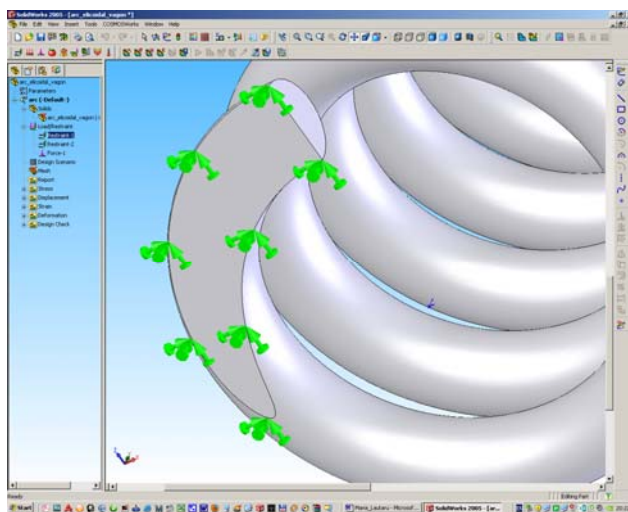


Fig. 4 Scenariul simulării adaptat corespunzător: suprafața plană inferioară de așezare a arcului elicoidal este considerată fixă

Condiția impusă suprafeței plane de așezare superioare este ilustrată în figura 5.

Sarcina P_0 corespunzătoare vagonului gol este transmisă arcului elicoidal exterior prin intermediul suprafeței plane superioare de așezare.

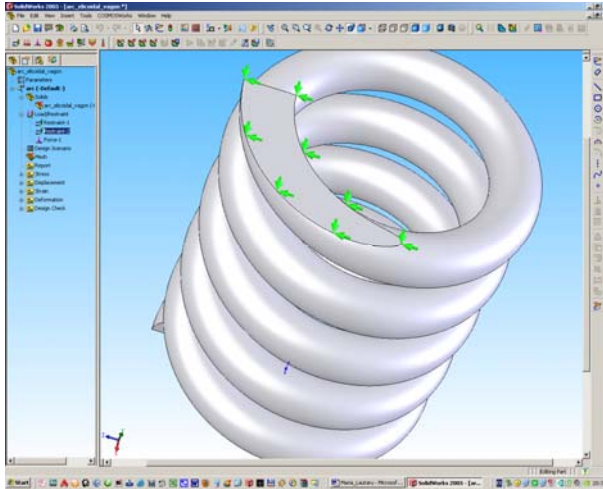


Fig. 5 Condiția impusă suprafeței plane de așezare superioare

Astfel, conform figurii 6, această sarcină este aplicată perpendicular pe suprafața amintită.

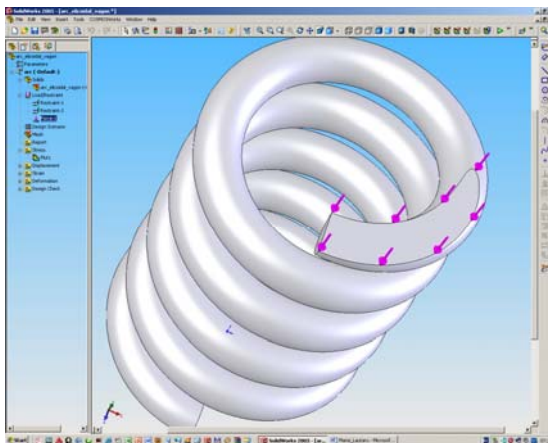


Fig. 6 Sarcina corespunzătoare vagonului gol este transmisă arcului elicoidal exterior prin intermediul suprafeței plane superioare de așezare, sarcina fiind aplicată perpendicular pe aceasta

Odată cu aplicarea sarcinii P_0 , scenariul simulării cu MEF s-a finalizat și s-a rulat analiza în cadrul programului COSMOSWorks 2005.

3. Rezultate

Aplicarea sarcinii P_0 produce o săgeată maximă a arcului $U_{Y_{\max}}$ cu valoarea de aproximativ 65 mm. Realizând diferența dintre lungimea liberă a arcului H_0 și săgeata obținută în urma simulării, rezultă lungimea sub sarcină a arcului teoretică (simulată) L_{0s} cu valoarea de 269 mm.

Caracteristicile de recepție ale arcului elicoidal exterior specifică înălțimea $L_0 = 256$ mm la aplicarea sarcinii P_0 . Abaterea lungimii teoretice (simulate) a arcului sub sarcina P_0 față de cea reală este dată de relația:

$$A = \frac{L_{0s} - L_0}{L_0} \cdot 100 \text{ [%]}, \quad (1)$$

rezultând o valoare de +5,07 % considerată ca fiind acceptabilă. Astfel, din acest punct de vedere, scenariul simulării reproduce fidel modul de funcționare real al arcului elicoidal exterior. Figura 7 ilustrează distribuția deplasărilor nodale orientate după axa Y (săgețile nodale).

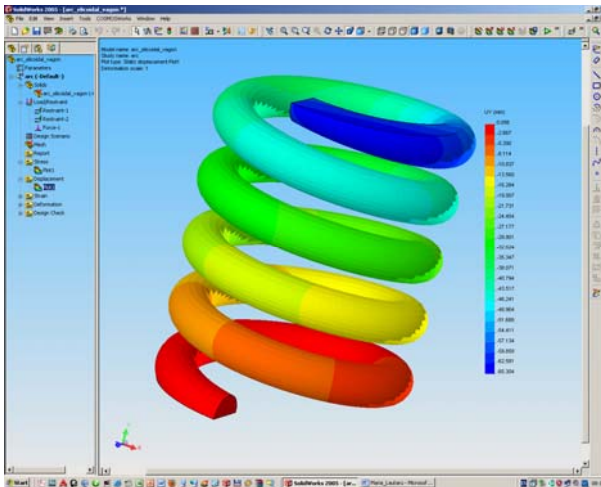


Fig. 7 Distribuția deplasărilor nodale orientate după axa Y (săgețile nodale)

Datorită faptului că arcul este solicitat la compresiune, săgețile nodale sunt orientate în sensul negativ al axei Y, valorile maxime fiind înregistrate în zona marcată în culoarea albastru intens.

Conform criteriului de rezistență von Mises (tensiunea echivalentă), redat de următoarea relație:

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} \quad [\text{MPa}], \quad (2)$$

unde σ_1 , σ_2 , σ_3 reprezintă cele trei tensiuni principale, arcul elicoidal rezistă la solicitarea maximă dacă valoarea maximă a tensiunii echivalente σ_{vonMises} nu depășește rezistența la rupere R_m a oțelului din care este realizat arcul.

Ca rezultat al simulării, pentru sarcina P_0 aplicată arcului, s-a obținut o valoare maximă a tensiunii echivalente σ_{vonMises} de aproximativ 1097 MPa.

Ulterior, s-a efectuat simularea într-o a doua variantă, corespunzătoare unei sarcini P de 4660 daN (caracteristică de recepție) ce reprezintă o solicitare de supraîncărcare a vagonului. În această variantă, s-a obținut o valoare maximă a tensiunii echivalente σ_{vonMises} de aproximativ 1491 MPa.

Figura 8 redă distribuția tensiunii echivalente σ_{vonMises} în arcul elicoidal, în varianta aplicării sarcinii P_0 . Tensiunile maxime se regăsesc la nivelul primei spire superioare (zona marcată în culoare roșie).

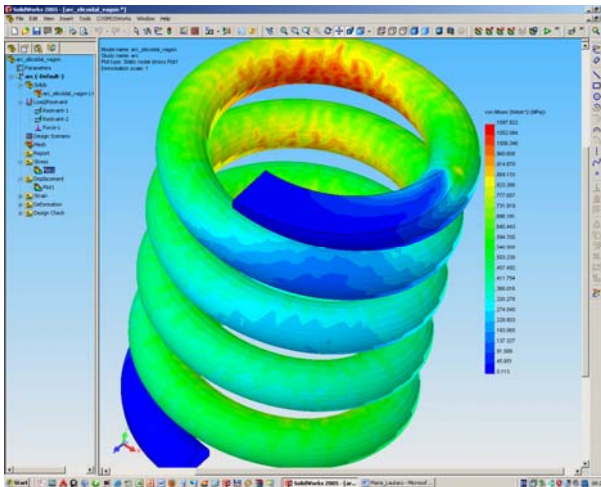


Fig. 8 Distribuția tensiunii echivalente σ_{vonMises} în arcul elicoidal

4. Concluzii

■ În ambele variante ale simulării, tensiunile echivalente maxime nu depășesc rezistența la rupere a oțelului arcului, deci se poate concluziona faptul că aplicarea unei suprasarcini asupra vagonului nu produce avarii prin cedarea arcurilor boghiurilor.

■ Analiza tensiunilor și deformațiilor prin metoda elementelor finite furnizează o alternativă ușoară și simplă de analiză a problemei de geometrie complexă. Prin aplicarea practică a a acestei metode s-a observat că eroarea rezultată în urma comparațiilor deformațiilor (teoretică și reală) scade cu creșterea numărului de elemente, deci se pot obține rezultate foarte apropiate de rezultatele teoretice dacă se utilizează un număr cât mai mare de elemente (discretizare cât mai fină) și o aplicare corespunzătoare a condițiilor de granită și respectiv al încărcărilor.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Pascu, A., *Metoda elementului finit /Curs*. Facultatea de Inginerie Mecanică, Universitatea "Politehnica" București.
- [2] Chandrupatla, T.R., Belegundu, A.D., *Introduction to Finite Elements in Engineering*, Prentice Hall International, Inc., New Jersey, 1991.
- [3] Hârdău, M., *Metoda elementelor finite*, Curs - Transilvania Press, Cluj, 1995.
- [4] Sabourin, F., Salle, E., *Calculs des structures par éléments finis*, INSA Lyon, France, cours.

Dr.Ing. Maria LĂUTARU,
șef divizie tehnică S.N.T.F.C „CFR Călători” S.A.- Regionala de Transport
Feroviar de Călători Timișoara , membru AGIR
Str. Gheorghe Barițiu, nr. 38, ap. 8, Timișoara 300167
E-mail: mlautaru@yahoo.com
Prof.Dr.Ing.Eur Ing. Tiberiu Dimitrie BABEU,
membru al Academiei Tehnice din România
Universitatea "Politehnica" din Timișoara
Președintele Sucursalei AGIR Timiș