

ANALIZA STĂRILOR DE TENSIUNI-DEFORMAȚII ÎN COMPONENTE DE MOBILIER REALIZATE DIN MATERIALE COMPOZITE

Conf. dr. ing. Camelia CERBU,

Universitatea „Transilvania” din Brașov

REZUMAT. Lucrarea analizează stările de tensiuni și deformații care se dezvoltă în componenta de șezut-spătar a unui scaun. Această componentă este montată pe o structură metalică și este fabricată dintr-un material compozit hibrid pe bază de rășină polimerică ranforsată atât cu fibre de sticlă cât și cu făină de lemn. Pentru a modela materialul s-a utilizat caracteristicile mecanice (modul de elasticitate E la tracțiune, coeficientul lui Poisson ν , curba tensiune-deformație $\sigma - \varepsilon$) determinate prin încercări mecanice. Se propune un model numeric al structurii de scaun pentru a analiza atât starea de tensiuni cât și starea de deformație care se dezvoltă în timpul solicitării mecanice. Se consideră cazul de încărcare în care 75% din greutatea corpului este uniform distribuită pe șezut în timp ce 25% din greutate acționează asupra spătarului.

Cuvinte cheie: materiale compozite, tensiuni, deformații.

ABSTRACT. The work analyses the states of stresses and strains that develop in seat-backrest component of a chair. This component is mounted on a metallic structure and it is made of a hybrid composite material based on polymeric resin reinforced both with glass fibers and with wood flour. To model the material it used the mechanical characteristics (modulus of elasticity E in tensile test, Poisson's ratio ν , stress-strain curve $\sigma - \varepsilon$) determined by mechanical tests. It proposes a numerical model of the chair structure to analyse both the state of stresses and the state of strains that develop during the mechanical loading. It considers the loading case when 75% of the weight of the body is uniformly distributed on the seat while 25% of weight acts on the seat-back.

Keywords: composite materials, stresses, strains.

1. INTRODUCERE

Materialele compozite polimerice sunt utilizate la scară mare într-o varietate de aplicații, de la produse pentru domeniul sportiv până la aplicații în domeniul construcțiilor și în domeniul aerospațial. Rezervoarele și vasele din industria chimică, țevi, plăci din structura acoperișurilor pentru terase, elemente din structurile de mobilier de grădină sunt adesea fabricate din rășini polimerice ranforsate cu fibre de sticlă.

Pentru a utiliza în siguranță, acest tip de materiale compozite, ar trebui să se cunoască comportarea mecanică a acestora și mai mult, variația caracteristicilor mecanice după menținere îndelungată în mediu agresiv (umiditate ridicată, temperatură, cicluri termice). În câteva articole (Pomies s.a. 1995; Corum s.a. 2001; Cerbu 2007) și cărți (Springer, 1984; Cerbu 2006) s-a arătat că, proprietățile mecanice (tensiunea la rupere la tracțiune, modulul de elasticitate longitudinal E , tensiunea normală σ la limita de elasticitate la încovoiere) se reduc după imersiune în apă.

Câteva publicații recente au arătat noile tendințe din domeniul fabricării materialelor compozite prin reciclarea

deșeurilor de lemn (Adhikary s.a. 2008). În consecință, aceste materiale compozite au fost studiate inclusiv din punctul de vedere al absorbției de umiditate. De exemplu, Adhikary ș.a. (2007) a analizat atât absorbția de umiditate pe termen lung cât și umflarea în grosime în cazul unor epruvete fabricate din termoplastice reciclate ranforsate cu făină de lemn de pin.

Articolul de față propune utilizarea deșeurilor de lemn sub formă de făină de lemn ca material de umplutură, pentru fabricarea materialelor compozite ranforsate cu țesătură de sticlă. Acest material compozit hibrid se poate utiliza pentru fabricarea unor componente de mobilier.

Avantajul unui astfel de material constă în aspectul asemănător lemnului în condițiile unei comportări mecanice bune după acțiunea îndelungată a umidității în cazul în care materialul este utilizat pentru fabricarea unor structuri de exterior (de exemplu, mobilier de grădină).

Obiectivul principal al acestei lucrări constă în modelarea numerică a scaunului prezentat în figura 1, compus din: a) o structură metalică; b) componenta șezut-spătar fabricată dintr-un material compozit hibrid

de tipul țesătură de sticlă / făină de lemn / rășină. În acest sens, mai întâi, s-au determinat experimental caracteristicile mecanice corespunzătoare materialului compozit.

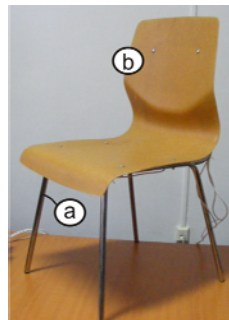


Fig. 1. Scaunul analizat:
a – structura metalică;
b – componenta șezut-spătar.

2. METODA DE LUCRU

Aspecte privind modelarea materialelor compozite stratificate. Există mai multe soft-uri pentru analiza cu metoda elementelor finite a stărilor de tensiuni și deformații din piese solicate mecanic și/sau termic. În ceea ce privește modelarea structurilor din materiale compozite, aceste soft-uri dispun de diferite tehnici de modelare: modelare microscopică când atât matricea cât și materialul de ranforsare sunt modelate separat ca materiale continue deformabile; modelarea macroscopică în care materialul compozit este modelat ca un singur material ortotrop sau un singur material anizotrop; modelare mixtă când materialul compozit este modelat printr-un număr de straturi ranforsate modelate la nivel macroscopic; modelare cu ranforsare discretă caracterizată prin faptul că ranforsarea este modelată cu elemente discrete sau cu alte instrumente de modelare.

În cazul problemei de față, pentru modelarea componentei de șezut-spătar fabricată din material compozit, s-a utilizat modelarea macroscopică care presupune că materialul compozit este modelat ca material ortotrop.

Ținând cont de faptul că, grosimea stratificatului din material compozit din care este fabricată componenta de șezut-spătar este mică în comparație cu celelalte dimensiuni, această componentă intră în categoria învelișurilor stratificate subțiri care pot fi modelate ca material de tip lamina sau material ortotrop de grosime mică, pentru care este necesar să se specifice următoarele caracteristici elastice: modulele de elasticitate longitudinale E_1 și E_2 pe direcțiile 1 și 2; coeficientul lui Poisson ν_{12} în planul stratificatului; modulul de elasticitate transversal G_{12} în planul stratificatului; modulele de elasticitate transversale interlaminare G_{13}, G_{23} .

Materialul compozit hibrid propus pentru componenta de șezut-spătar a scaunului, este de tipul țesătură de sticlă / făină de lemn / rășină.

În modelarea materialului, s-au considerat rezultatele obținute prin încercarea mecanică la tracțiune a epruvetelor fabricate din această structură de material compozit. S-a ținut cont de faptul că, țesătura de sticlă utilizată pentru armare este bidirecțională, având același tip de fir format din fibre de sticlă continue pe ambele direcții (urzeală și bătătură). Deci, materialul compozit utilizat este ortotrop

Epruvetele de tracțiune au fost debitate din plăci prin frezare, astfel încât forma și dimensiunile să fie conform cu norma europeană SR EN ISO 527. Mașina de încercare la tracțiune de tip LR5K Plus, fabricată de LLOYD Instruments, a fost utilizată pentru a solicita la tracțiune fiecare epruvetă testată. Capacitatea mașinii în ceea ce privește forța maximă, este ± 5 kN. Viteza de încărcare a fost de 1 mm/min.

În vederea determinării coeficientului lui Poisson ν_{12} în planul de ranforsare, mașina de încercare la tracțiune de tip LR5K Plus a fost combinată cu un sistem de măsurare prin metoda corelării digitale a imaginii (DIC - Digital Image Correlation). Pentru a înregistra deformațiile specifice pe direcțiile longitudinală și transversală ale epruvetei de tracțiune, imaginile epruvetei au fost achiziționate utilizând două camere foto controlate cu sistemul Aramis în cadrul Departamentului de Rezistența Materialelor de la Universitatea Politehnică București. Metoda corelării digitale a imaginii (DIC) oferă o soluție optică pentru măsurarea deformațiilor. Aramis este un sistem de măsurare optic pentru deformații, produs de GOM (Gesellschaft für Optische Meßtechnik).

În continuare, se prezintă caracteristicile mecanice determinate prin încercarea de tracțiune combinată cu sistemul de măsurare prin metoda DIC: modulele de elasticitate la tracțiune $E_1 = E_2 = 7793$ MPa corespunzătoare celor două direcții de ranforsare 1, 2 cu țesătură; coeficientul lui Poisson $\nu_{12} = 0,215$; tensiunea normală maximă la tracțiune $\sigma_{12} = 80$ MPa corespunzătoare celor două direcții de ranforsare 1, 2 cu țesătură.

Se remarcă faptul că, acestea reprezintă caracteristicile materialului ortotrop echivalent cu structura din material compozit hibrid care s-a testat experimental. Aceste caracteristici au fost utilizate în modelarea materialului pe domeniul elastic. Pentru domeniul plastic, s-au introdus în program coordonatele punctelor din diagrama $\sigma - \varepsilon$ corespunzătoare domeniului plastic.

Modelarea numerică a scaunului. Pentru modelarea numerică a scaunului propus pentru analiză, s-a considerat ca solitare mecanică, forța de presiune dată de greutatea unei persoane cu masa de 100 kg. S-a considerat că, 75 % din greutatea persoanei acționează

pe șezut și 25 % din greutate este aplicată pe spătar (fig. 2). S-au considerat deasemenea, forțele de pre-strângere din șuruburi, de tip bold load.

Componenta de șezut-spătar fabricată din materialul compozit hibrid, a fost discretizată cu elemente finite de tip shell cu patru noduri (fig. 3).



Fig. 2. Schema I de încărcare.

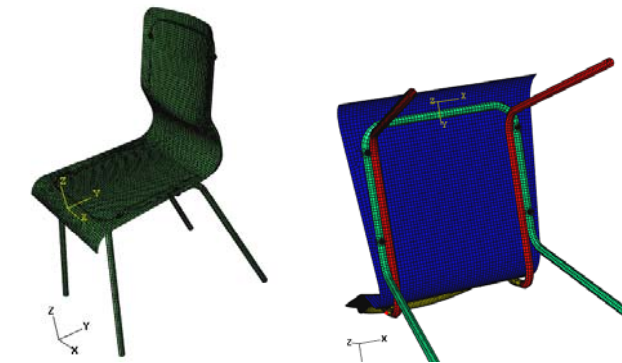


Fig. 3. Discretizarea cu elemente finite a modelului de scaun.

3. REZULTATE

Figura 4 prezintă distribuția tensiunii normale σ_1 pe direcția axei Ox care arată că tensiunea maximă se dezvoltă în structura metalică a scaunului.

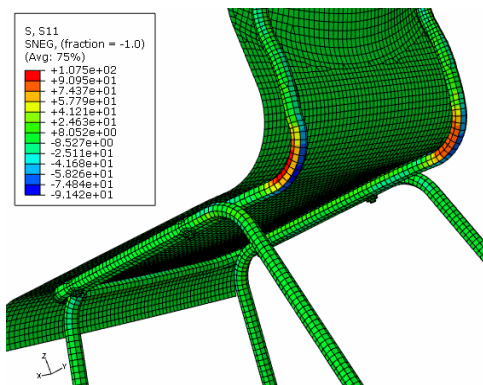


Fig. 4. Distribuția de tensiuni normale σ_1 .

În continuare, se prezintă doar rezultatele analizei cu elemente finite pentru componenta de șezut-spătar realizată din material compozit hibrid, pentru ambele scheme de încărcare, după cum urmează:

- distribuția de tensiuni normale σ_1 și σ_2 pe direcțiile axelor Ox și Oy (fig. 5, 6);
- distribuția de deformații specifice normale ϵ_1 și ϵ_2 pe direcțiile axelor Ox și Oy (fig. 7, 8);
- deplasări u_3 și u_1 pe direcțiile axelor Oz și Ox (fig. 9, 10).

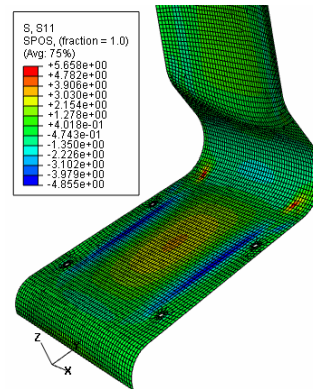


Fig. 5. Distribuția de tensiuni normale σ_1 în componenta din material compozit

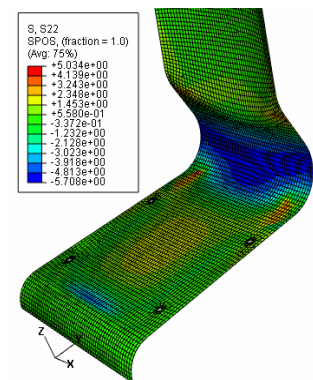


Fig. 6. Distribuția de tensiuni normale σ_2 în componenta din material compozit

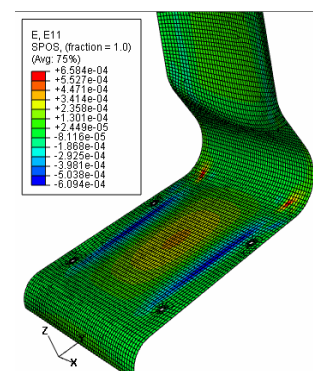


Fig. 7. Distribuția de deformații specifice normale ϵ_1 în componenta din material compozit.

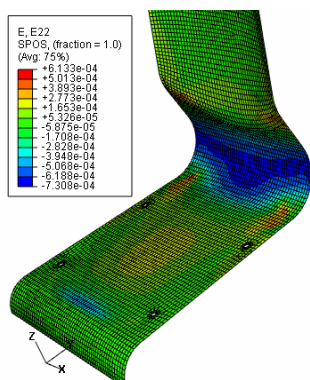


Fig. 8. Distribuția de deformării specifice normale ϵ_2 în componenta din material compozit.

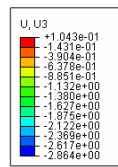


Fig. 9. Deplasări u_3 pe direcția axei Oz perpendiculară pe șezut, în componenta din material compozit.

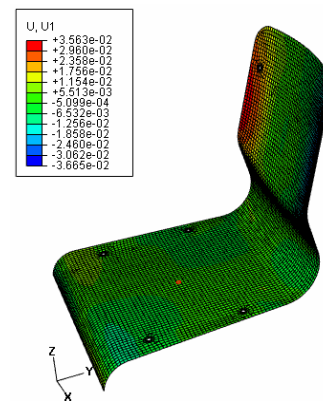


Fig. 10. Deplasări u_1 pe direcția axei Ox , în componenta din material compozit.

Analizând figurile 4 și 5, se observă că valorile maxime ale tensiunii normale de tracțiune sunt $\sigma_{1max} = 5,65 \text{ MPa}$ și $\sigma_{2max} = 5,034 \text{ MPa}$ pe direcțiile 1 Ox și respectiv, 2 Oy care coincid cu direcțiile țesăturii de sticlă utilizată la ranforsarea materialului compozit. Aceste valori nu depășesc valoarea medie a tensiunii normale maxime la tracțiune $\sigma_1 = \sigma_2 = 89 \text{ MPa}$ care a fost determinată experimental.

4. CONCLUZII

Analiza stărilor de tensiuni care se dezvoltă în componenta de șezut-spătar a scaunului, arată că sunt îndeplinite condițiile de rezistență pentru cazul în care această componentă este fabricată din materialul compozit hibrid ale cărui caracteristici mecanice au fost prezentate în lucrare.

În comparație cu stratificatele din furnir laminat din care se fabrică de obicei astfel de componente de mobilier, utilizarea unui astfel de tip de material are avantajul că își păstrează proprietățile sub acțiunea umidității și ca urmare pot fi utilizate pentru mobilier de grădină sau terase. Utilizarea făinii de lemn în compoziția materialului compozit conduce la un aspect plăcut al acestuia prin culoarea naturală care este în funcție de tipul de lemn. Ca urmare, astfel de componente de mobilier se integrează armonios în mediul natural al grădinilor.

Mulțumiri

Această lucrare este suportată de CNCIS – UEFISCSU, număr proiect PNII – IDEI 733 / 2008.

Autoarea dorește să mulțumească colegilor din Departamentul de Rezistența Materialelor de la Universitatea Politehnică București, în special prof.dr.ing. Dan Mihai Constantinescu, pentru sprijinul acordat în efectuarea măsurătorilor cu sistemul Aramis 2M prin metoda DIC.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Adhikary, K. B., Pang, S., Staiger, M. P. (2007). Long-term moisture absorption and thickness swelling behaviour of recycled thermoplastics reinforced with *Pinus radiata* sawdust. In: Chemical Engineering Journal, doi: 10.1016/j.cej.2007.11.024.
- [2] Cerbu, C. (2006). Materialele compozite și mediul agresiv. Aplicații speciale. Editura Universității Transilvania, Brașov.
- [3] Cerbu, C. (2007). Aspects concerning the degradation of the elastic and mechanical characteristics of glass / polymer composite materials due to the humidity absorption, In: Revista Materiale Plastice, 44 (2): 97-102.
- [4] Cerbu, C., Ciofoaia, V., Curtu, I., Vișan, A. (2009). The effects of the immersion time on the mechanical behaviour in case of the composite materials reinforced with E-glass woven fabrics. In: Revista Materiale Plastice 46 (2): 201-205.
- [5] Corum, J.M., Battiste, R.L., Ruggles, M.B., Ren, W. (2001). Durability – based design criteria for a chopped-glass-fiber automotive structural composite, In: Composite Science and Technology, 61: 1083.
- [6] Pomies, F., Carlson, L.A., Gillespie, J.W. (1995). Marine environmental effects on polymer matrix composites, In: Composite Materials - Fatigue and Fracture, 5: 283.
- [7] Springer G. S. (1984). Environmental Effects on Composite Materials, Vol. 2, Technomic Publishing Inc., Lancaster, PA.
- [8] ***Tutoriale soft Abaqus
- [9] ***SR EN ISO 527-2: 2000, Determination of the tensile properties of the plastics - Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics, European Committee for Standardization, Bruxelles, 2000