

OPTIMIZAREA STRUCTURII DE REZISTENȚĂ A PALEI PENTRU TURBINĂ EOLIANĂ DE 10 KW

Autor: Guțu Marin
Conducător științific: Bostan Viorel

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: În lucrare sunt prezentate niște rezultate ale optimizării structurii de rezistență a palei pentru turbină eoliană de 10 kW. A fost propus un anumit tip de material compozit cu aranjament și orientare optimă a fibrelor și efectuată analiza numerică cu elemente finite a acestuia. Ulterior în baza rezultatelor obținute a fost efectuată analiza numerică cu elemente finite a palei din acest material pentru a determina tensiunile și deformațiile care apar la anumite solicitări.

Cuvinte cheie: structură de rezistență, material compozit, pala, tensiuni, deformații, elemente finite.

Introducere

Posibilități de design inovator în construcția palelor pentru turbine eoliene de putere mică mai există încă. Îmbunătățiri pot fi efectuate începând cu selectarea materialelor și structura componentelor până la performanța funcțională a rotorului turbinei. Pentru realizarea acestor optimizări este necesară analiza numerică cu elemente finite detaliate a componentelor și analiza dinamică a întregului rotor al turbinei.

În continuare este propusă analiza cu elemente finite în programul ANSYS a unei epruvete din material compozit și a palei din același material

1. Analiza cu elemente finite a epruvetei din material compozit în programul ANSYS

Pentru construcția palei a fost selectate materialele următoare: suprafața și lonjeronul palei - poliester armat cu fibre de sticlă, iar miezul palei - spumă poliuretanică.

S-a optat pentru aceste materiale din următoarele considerente [1]:

- costurile reduse ale materialelor și costuri mici de prelucrare;
- masa relativ mai mică;
- rezistența specifică înaltă a fibrelor de sticlă;
- rezistență îndelungată la factorii agresivi ai mediului ambiant.

Tabelul 1. Proprietățile materialelor folosite în analiza cu elemente finite

Material	S-Glass Fiber/Polyester Composite	Poliuretan
Orientarea fibrelor	[0-90 ₇ /±45 ₁₄ /0-90 ₇]	-
Fracțiunea fibrelor din volum	50%	-
Densitatea ρ, kg/m³	1850	37-50
Coeficientul lui Poisson	0,3	0,24
Modulul de elasticitate longitudinal E₁₁, GPa	15	0,95
Modulul de elasticitate transversal E₁₂, GPa	15	0,95
Modulul de forfecare G₁₂, GPa	13	
Limita de rezistență la întindere σ_i, MPa	690-720	0,57

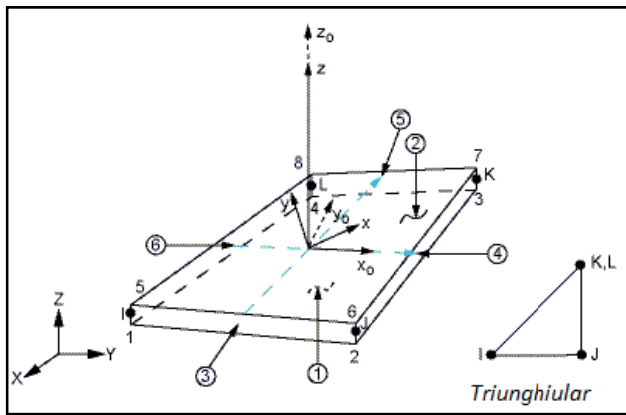


Fig. 1. Geometria elementului finit Shell 99 utilizat la discretizarea epruvetei

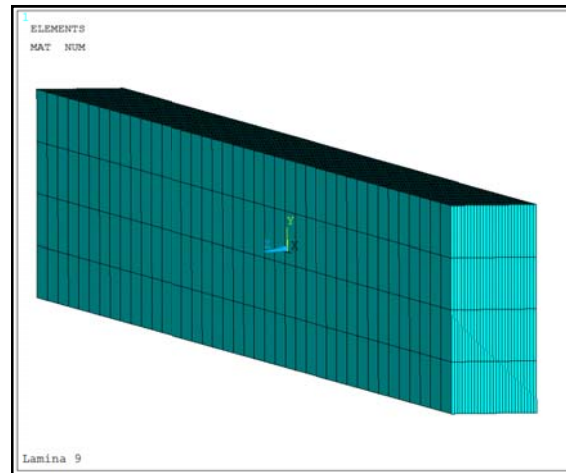


Fig. 2. Discretizarea cu elemente finite a epruvetei dimensionate conform standardului

Pentru epruveta din material compozit a fost elaborat modelul 3D conform standardului [2]. Grosimea epruvetei este de ≈ 8 mm (28 straturi de fibre de sticlă a câte 0,3 mm). Epruveta a fost discretizată cu elemente finite de tipul Shell 99 care pot imita fibrele (Fig. 1, 2) [3].

Apoi epruveta a fost solicitată la întindere mai întâi cu o forță de 5 kN apoi cu o forță de 15 kN. Rezultatele sunt afișate în figurile 4 și 5.

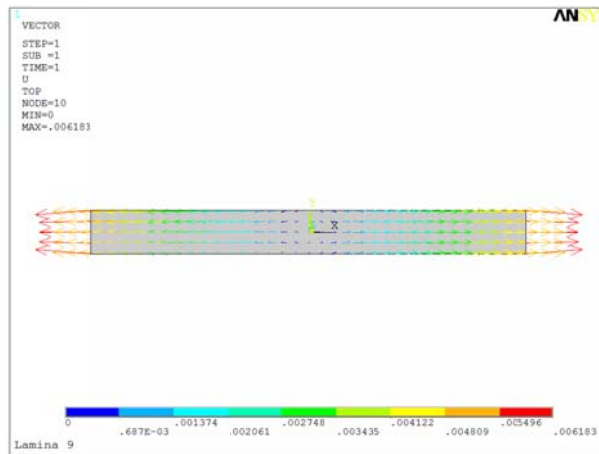


Fig. 3. Vectorii forțelor în epruvetă

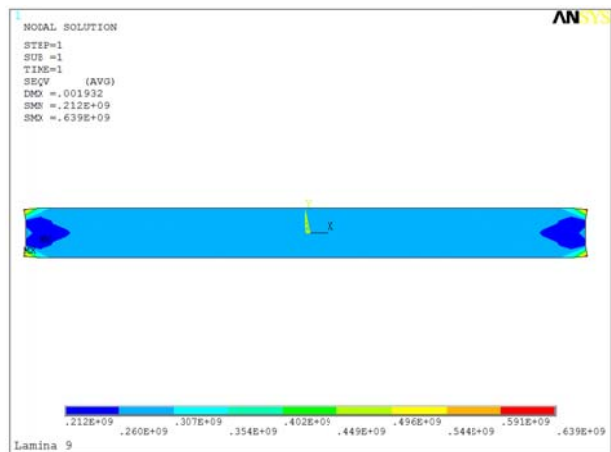
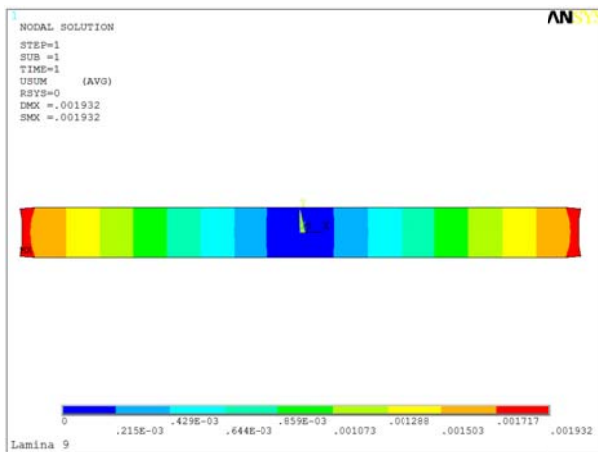


Fig. 4. Deplasările și tensiunile principale la solicitarea de 5 kN

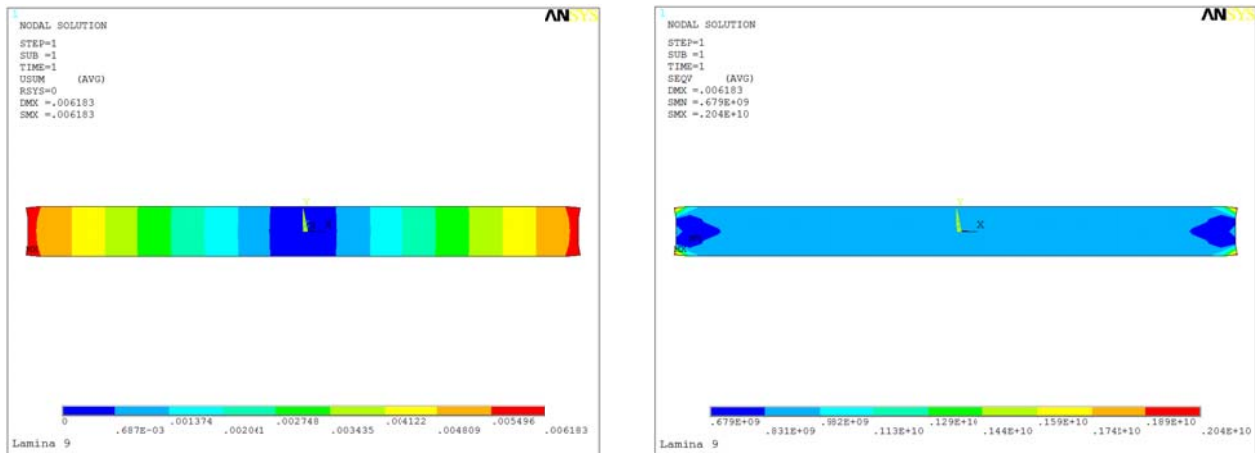


Fig. 5. Deplasările și tensiunile principale la solicitarea de 15 kN

Rezultatele obținute din simulări au fost comparate cu rezultatele testelor experimentale realizate de niște cercetători de la Universitatea Tehnică din Michigan, SUA.

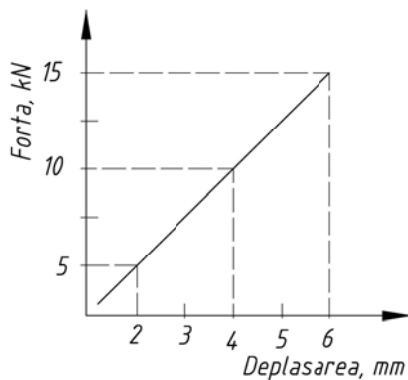


Fig. 6. Rezultatele analizei numerice cu elemente finite

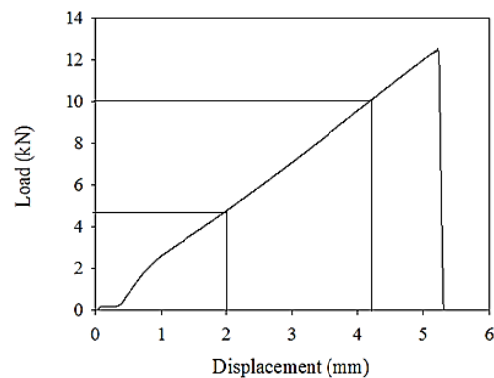


Fig. 7. Rezultatele testelor experimentale realizate la Universitatea Tehnică din Michigan, SUA, <http://www.mse.mtu.edu>

2. Cercetarea stării de tensiune și deformații în pala aerodinamică

În timpul funcționării, palele turbinei eoliene de 10 kW care nu sunt răsucite longitudinal sunt solicitate de forțe axiale care încovoie pala [4]. La viteze anumite ale vântului deplasarea vârfului palei ar putea fi atât de mare încât pala s-ar ciocni cu turnul. Pentru a preveni asemenea scenarii s-a elaborat modelul 3D al palei pentru analiza numerică cu elemente finite în sistemul de programe ANSYS. Pala a fost discretizată cu elemente finite de tipul Shell 99 pentru suprafață și Solid 45 pentru miez (fig. 9, 10, 11). Apoi pala a fost supusă solicitării statice echivalente cu presiunea de 3000 Pa. Rezultatele analizei numerice cu elemente finite a palei sunt prezentate în Fig.

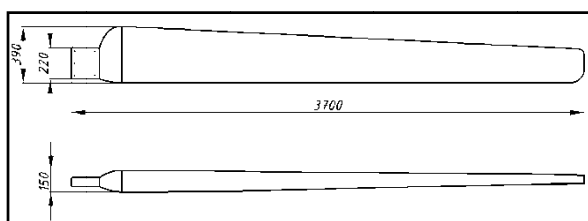


Fig. 8. Dimensiunile palei pentru turbina eoliană

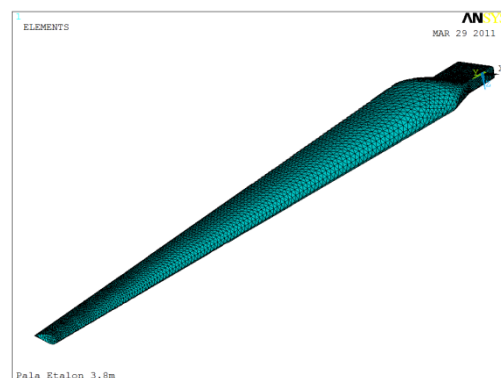


Fig. 9. Pala discretizată cu elemente finite

de 10 kW

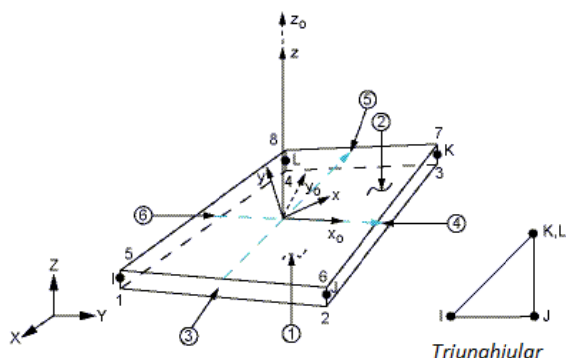


Fig. 10. Geometria elementului finit Shell 99 utilizat la discretizarea suprafeței și longeronului palei

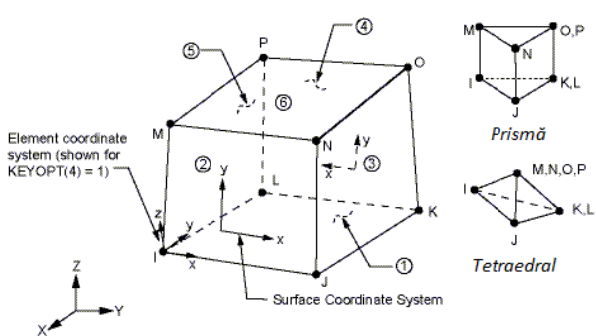


Fig. 11. Geometria elementului finit Solid 45 utilizat la discretizarea miezului din spuma PU

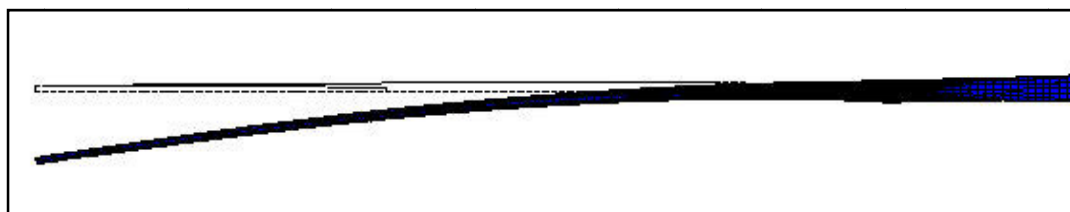


Fig. 12. Deplasarea axială maximă a palei este 285 mm

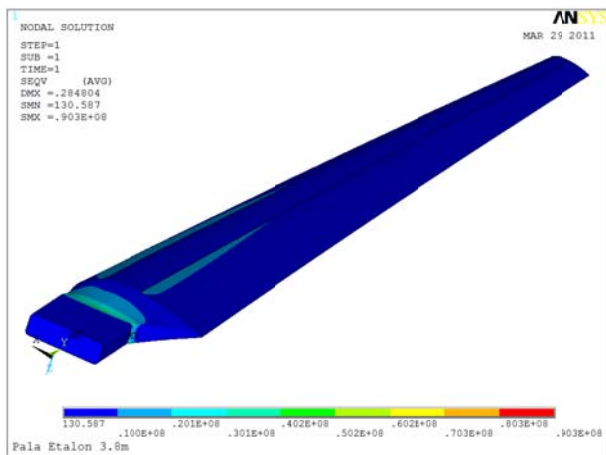


Fig. 13. Tensiunile de întindere maxime 90 MPa

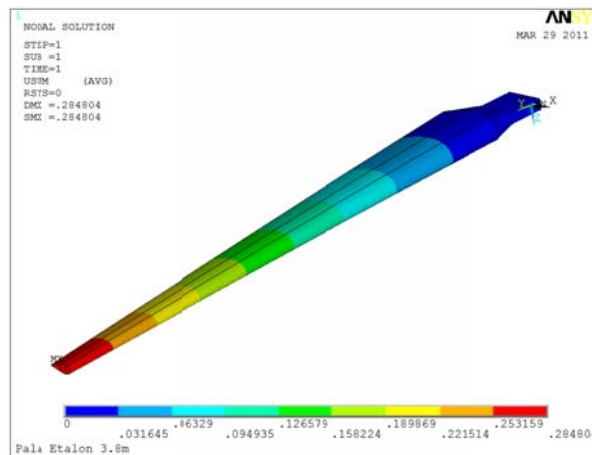


Fig. 14. Deformațiile maxime în pală

CONCLUZII

Rezultatele studiului de față arată că determinarea raportului optim între matrice și elementele de armare, totodată aranjamentul și orientarea corectă fibrelor poate duce la obținerea materialelor cu proprietăți mecanice bune și potrivite pentru cerințele în construcția de rotoare pentru turbine eoliene.

Bibliografie

1. Burton T., Sharpe D., ș.a.. Wind energy handbook, John Wiley&Sons,LTD, England 2001.
2. GOST 11262-80 Plastics. Tensile tests method
3. Erdogan Madenci, Ibrahim Guven *The Finite Element Method and Applications in Engineering Using Ansys*, The University of Arizona, Springer 2006.
4. Wetzel Kyle K., McCleer Patrick J., Hahlbeck Edwin C., (2006), The WEI6K, a 6-kW 7m Wind Turbine, Final Technical Report, On line at: www.osti.gov/bridge/servlets/purl.