

Proiectul: *Ridicarea performanțelor panourilor usoare cu o noua proiectare optimizata pentru structuri aeronautice avansate / High performace lightweight panels with a new optimized design for advanced aircraft (HIPEAS)*

Ctr. 206/2012 Finanțat de Bugetul de Stat - Autoritatea contractantă fiind Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior a Cercetării, Dezvoltării și Inovării (UEFISCDI), Program Parteneriate în domeniile prioritare - Spațiu și securitate, PNCD II, 2012-2016

Coordonator: UPB-CCMA, **Parteneri:** STRAERO SA, Universitatea Politehnica Timșoara, INAS SA, Smart Mechanics SRL

Prezentarea proiectului

Proiectul **HIPEAS** are scopul de a proiecta panouri sandwich pentru aeronave, fabricate din metale si materiale compozite, cu forme plate si curbe cu performante inalte. Acest proiect este inovator si are la baza urmatoarele idei:

- identificarea noilor solutii de interconexiune mecanica pentru invelisul sandwich-ului folosind elemente care trec prin miezul panoului sandwich, care sunt mai simple, mai eficiente si mai ieftine decat cele in uz; interconexiunea dintre fetele panoului sandwich este mai eficienta in cazul miezului de spuma rigida polimerica ceea ce duce la o reducere a riscului de delaminare si prin acesta procedura se creste rigiditatea si rezistenta panourilor proiectate
- evaluarea proprietatilor unor panouri sandwich cu miezuri ultrasoare pliate spatial; se doreste cresterea performanțelor cu mentinerea fagurelui miezului panoului
- propunerea si evaluarea de solutii simple pentru a realiza panouri ortotropice cu capacitati portante mari cu doua sau trei miezuri, cu proprietati si geometrii diferite
- propunerea de ansambluri hibride (adezivi structurali si fixare mecanica) de panouri sandwich avand fete si miezuri din materiale diferite
- folosirea prefabricatelor si materialelor uzuale din comert astfel incat costurile de proiectare, fabricatie si omologare vor fi minime
- dezvoltarea unei proceduri pentru simularea raspunsului mecanic al panourilor folosind metoda omogenizarii pentru ca proiectarea procesului sa fie simplu si eficient

Principalele obiective în ceea ce privește procesul de fabricație a panourilor noi, cu caracteristici mai bune sunt prezentate după cum urmează:

- studiu privind abordările de proiectare, materiale și tehnologii de fabricație pentru panouri ușoare, utilizate în structurile de aeronave. Noi soluții constructive sunt propuse
- testare statică și ciclică a unor imbinari pentru caracterizarea comportamentului de adezivi structurale la temperatura ambiantă, temperatură scăzută și ridicată, în intervalul -50° C la 150° C
- modelarea parametrica 3D pentru analiză liniară și neliniară, în scopul de a caracteriza panouri sandwich plane propus pentru evaluare; optimizări

- modelarea parametrica 3D si analiza pentru evaluarea variantelor de panouri sandwich curbate propuse pentru studiu; optimizări

- fabricarea modelelor experimentale atât plate cat si curbe de panouri tip sandwich și testarea lor.

Etapa 1 a constat în studii privind variantele constructive; materialele, tehnologiile de fabricare și metodele de testare a panourilor ușoare pentru structuri de aviație; elaborarea metodologiei de calcul și propunerea de noi soluții constructive. Mai jos sunt prezentate câteva modele de structuri miez fagure folosite în aviație cât și un model cu elemente finite pentru calculul unui panou sandwich.

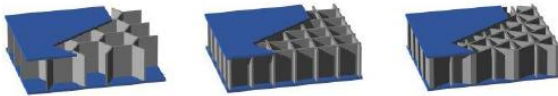


Fig. 1 Tipuri de miez fagure (hexagonal, pătrat, triunghiular)

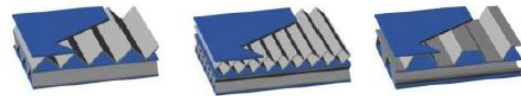


Fig. 2 Tipuri de miez prismatic

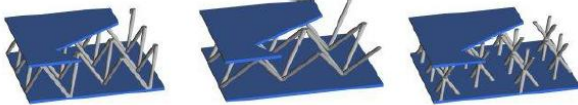


Fig. 3 Structuri lattice truss tetraedrale, piramidale, 3D Kagome

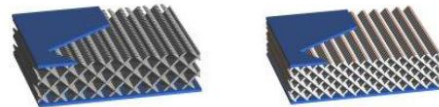


Fig. 4 Miez din structuri textile

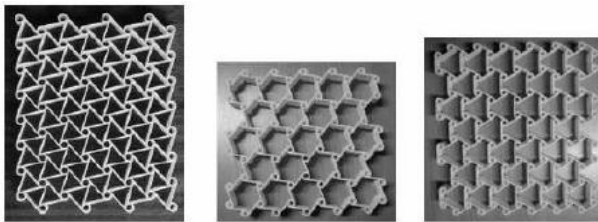


Fig. 5 Faguri auxetici

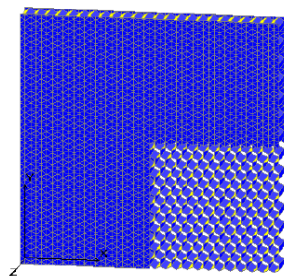
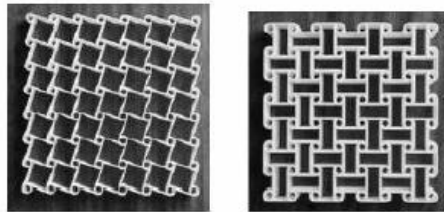


Fig. 6 Modelul cu elemente finite Shell al panoului de tip fagure

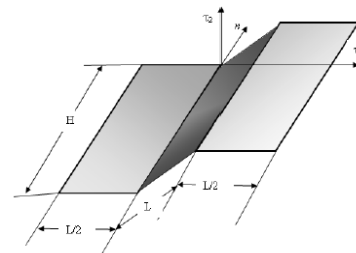


Fig. 7 Celula reprezentativă

Etapa 2 a constat în testarea comportamentului adezivilor selectați la temperaturi scăzute; determinarea caracteristicilor statice ale materialelor compozite din care vor fi realizate panourile sandwich; simulări numerice ale testelor de întindere pe îmbinări dublu eclisate; modelarea parametrică și analiza cu

elemente finite a unui panou sandwich plac cu miez celular din spumă poliuretanică rigidă.

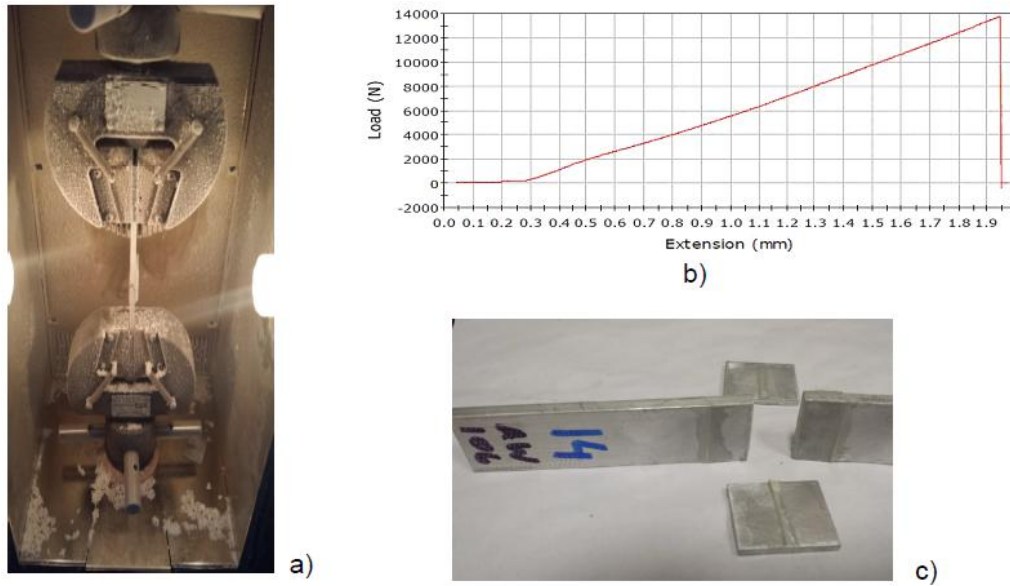


Fig. 8 Asamblare dublu eclisată cu AW106, testată la -40°C

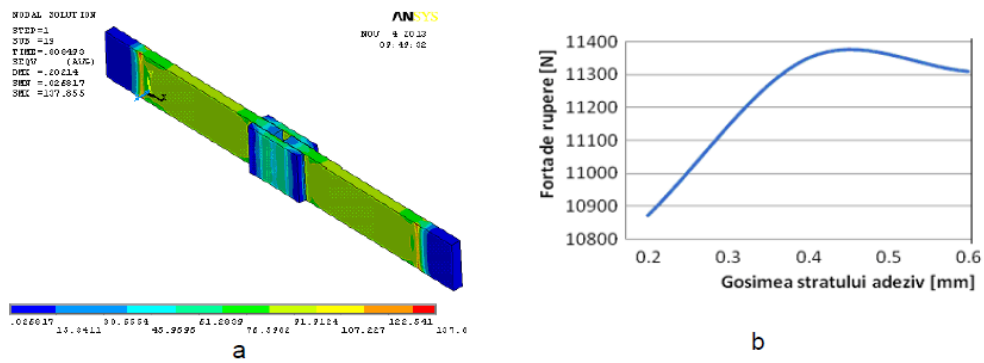


Fig. 9 Simularea numerică a testului de forfecare pe asamblare dublu eclisată, a- tensiuni echivalente în asamblare, b -influența grosimii stratului de adeziv

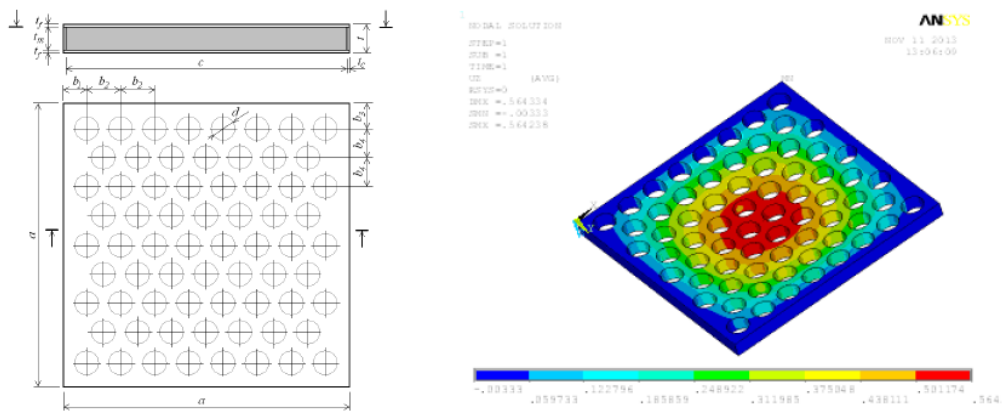


Fig. 10 Geometria panoului și harta deplasărilor normale la încărcare cu presiune de $0,07\text{MPa}$

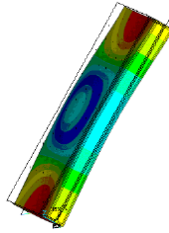


Fig. 11 Modul I de flambaj global

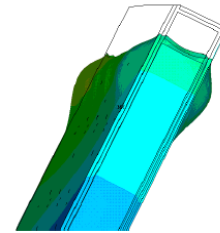


Fig. 12 Microflambajul feței de Al

Etapa 3 a avut următoarele obiective: evaluarea limitei de oboseală la solicitările pulsante pe îmbinări simplu eclisate; analiza statică și evaluarea riscului de flambaj în cazul unui panou plan (PSP1); analiza duratei de viață al panoului plan (PSP3); analiza duratei de viață al panoului cilindric PSC1 supus la cicluri de presurizare-depresurizare. În fig. 13 și 14 sunt reprezentate evaluarea limitei la oboseală la solicitări pulsante pe îmbinări simplu eclisate.

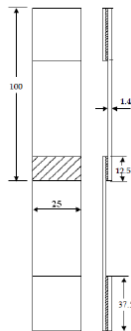


Fig. 13 Asamblare simplu eclisată

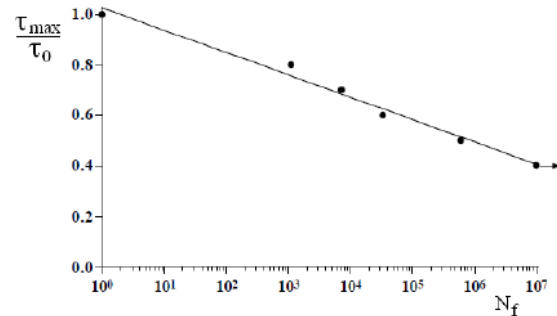


Fig. 14 Curba de durabilitate a adezivului la forfecare ciclică oscilantă

Urmează analizele statice, de stabilitate și durata de viață la oboseală pentru panouri plane și cilindrice.

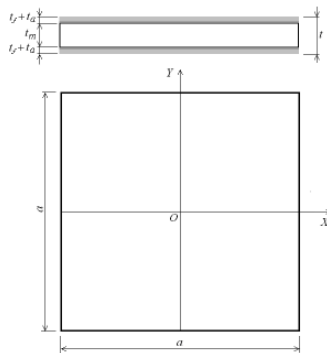


Fig. 15 Vedere generală a panoului plan

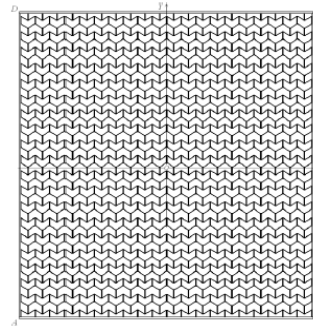


Fig. 16 Geometria miezului

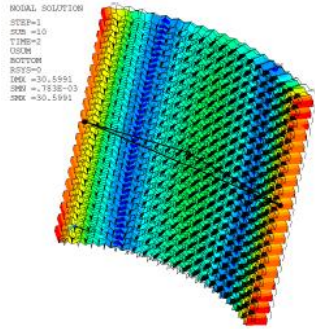


Fig. 17 Calculul deformatiei pe directia x

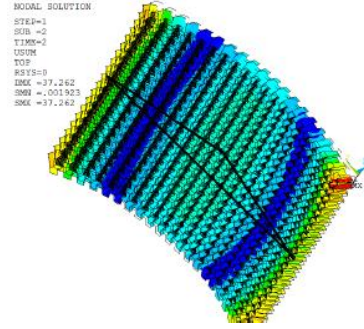


Fig. 18 Calculul deformatiei pe directia y

Alte analize cu elemente finite s-au realizat pentru alte două panouri sandwich prezentate în fig. 19 și 22 pentru analiza duratei de viață și o analiză comparativă între aceste două tipuri de panouri.

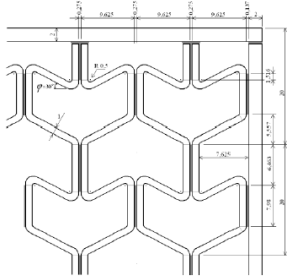


Fig. 19 Detaliu miez panou SRE

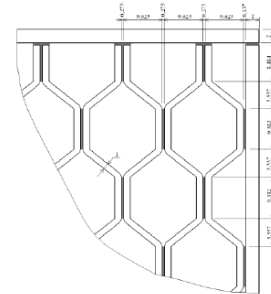


Fig. 20 Detaliu pentru miez tip fagure

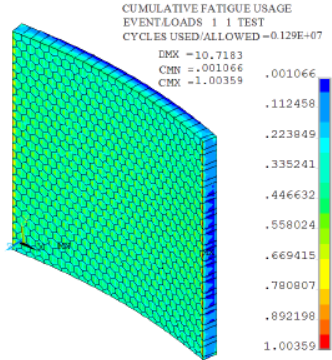


Fig. 21 Deteriorarea cumulată în fețe după 1,290,000 cicluri presurizare-depresurizare

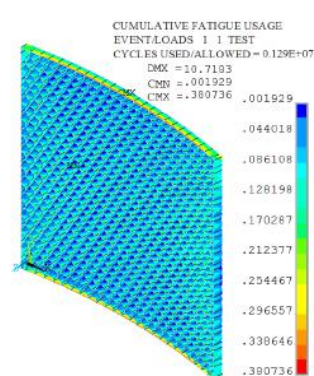


Fig. 22 Deteriorarea cumulată în miez după 1,290,000 cicluri presurizare-depresurizare

Etapa 4 a presupus: analiza cu elemente finite a panoului PSC 2a; proiectarea modelului experimental (MEP2) și evaluarea prin analiza cu elemente finite a performanțelor mecanice ale acestuia.

Panoul PSC 2a este modelat cu elemente finite parametrizat pentru a putea varia grosimile diferitelor componente pentru un studiu de sensibilitate a grosimilor pereților țevii semifabricat din PVC rigid, cât și determinarea duratei de viață la oboseală pentru un set convenabil de parametri dimensionali la cicluri pulsante.

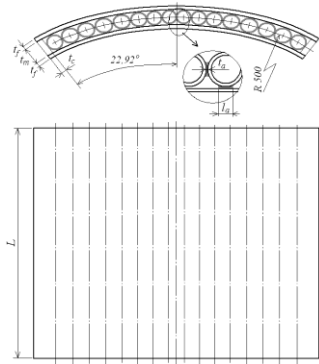


Fig.23 Geometria panoului cilindric, $L=400$ mm, $t_a=0.2$ mm, $l_a=5$ mm

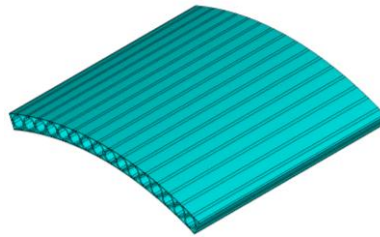


Fig.24 Modelul 3D al panoului

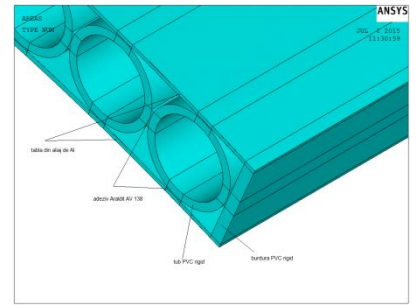


Fig.25 Detaliu panou cilindric

Pentru modelul cu elemente finite s-a ales elementul izoparametric SOLID45 cu 8 noduri pentru modelarea solidelor structurale cu trei grade de libertate pe fiecare nod: 3 translații nodale după direcțiile x, y și z.

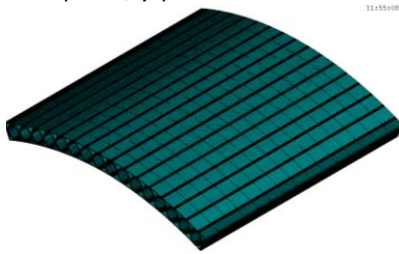


Fig.26 Modelul cu elemente finite al panoului cilindric

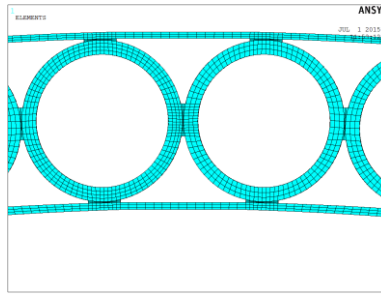


Fig.27 Modelul cu elemente finite detaliu

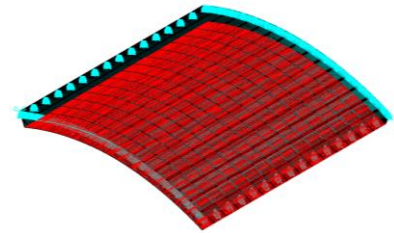


Fig.28 Condițiile la limită (reazemul+presiune)

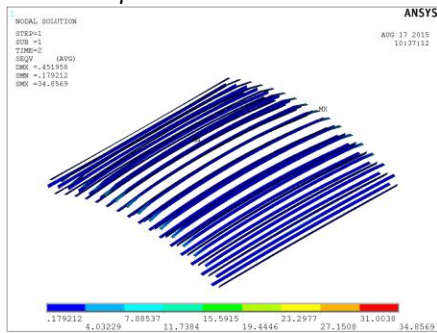


Fig.29 Harta tensiunilor echivalente pentru adeziv

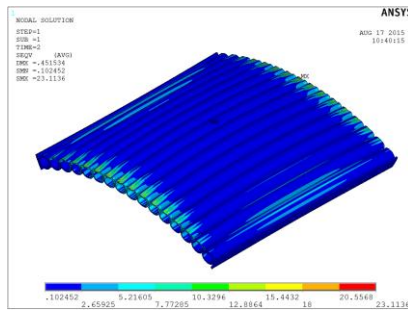


Fig.30 Harta tensiunilor echivalente pentru miezul panoului (tuburile de PVC rigid)

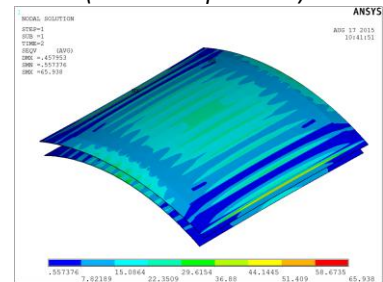


Fig.31 Harta tensiunilor echivalente pentru fețele panoului (aliaj de Al)

Rezultatele obținute la oboseală a panoului PSC 2a pe componente sunt prezentate în fig. 32 - 38.

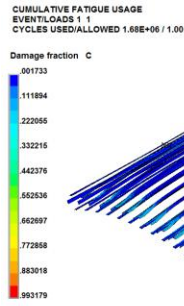


Fig.32 Frația de deteriorare pentru 1.680.000 de cicluri - stratul de adeziv

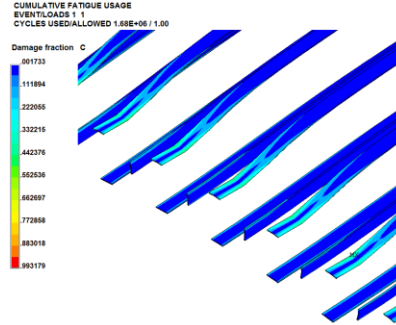


Fig.33 Frația de deteriorare pentru 1.680.000 de cicluri - stratul de adeziv-detaliu

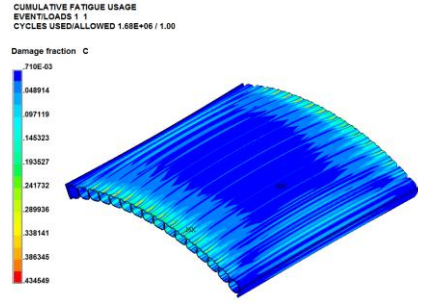


Fig.34 Frația de deteriorare pentru 1.680.000 de cicluri - tuburi PVC

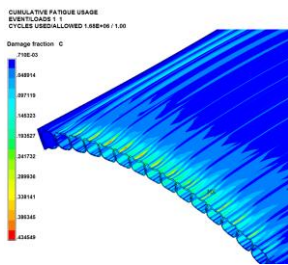


Fig.35 Frația de deteriorare pentru 1.680.000 de cicluri - tuburi PVC-detaliu

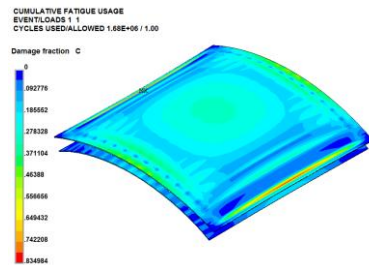


Fig.36 Frația de deteriorare pentru 1.680.000 de cicluri - inveliș de duraluminiiu

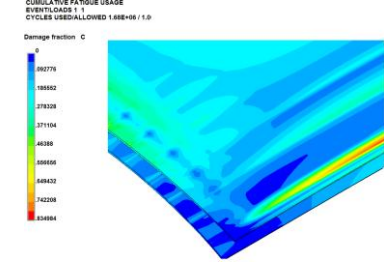


Fig.37 Frația de deteriorare pentru 1.680.000 de cicluri - inveliș de duraluminiiu-detaliu

Proiectarea modelului experimental MEP 2 și evaluarea prin analiza cu elemente finite a performanțelor acestuia este prezentat în continuare alături de rezultatele obținute:

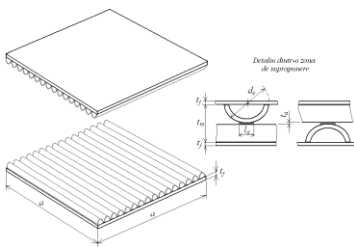


Fig.38 Schița preliminară a modelului experimental MEP 2

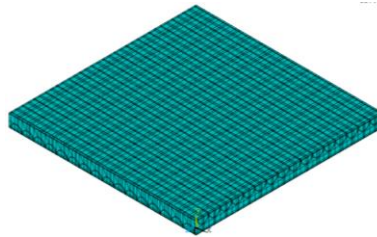


Fig.39 Modelul 3D al panoului

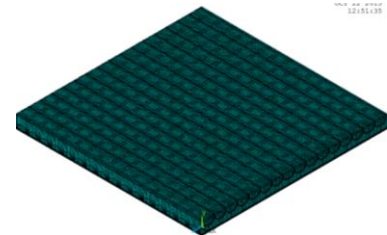


Fig.40 Modelul cu elemente finite al panoului

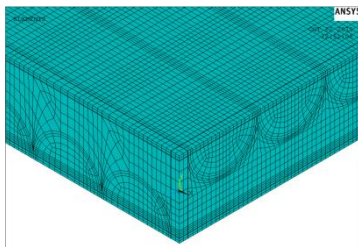


Fig.41 Modelul cu elemente finite al panoului -detaliu

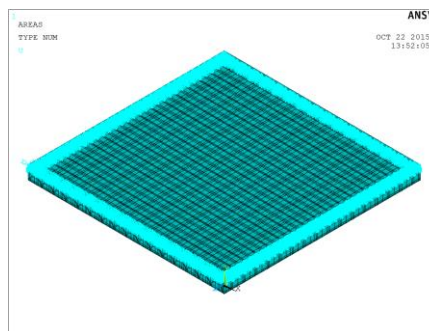


Fig.42 Condițiile la limită (reazemul)

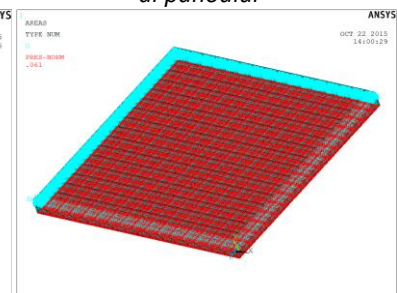


Fig.43 Condițiile la limită (reazemul+presiune)

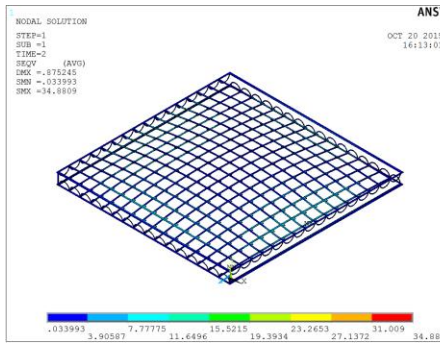


Fig.44 Harta tensiunilor echivalente pentru adeziv

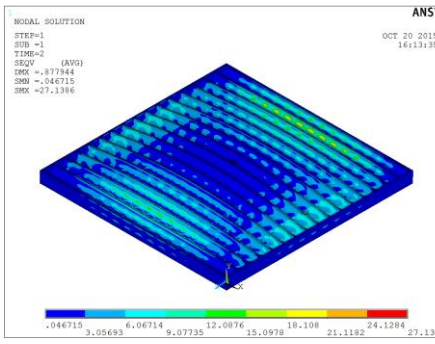


Fig.45 Harta tensiunilor echivalente pentru miezul panoului (tuburile de PVC rigid)

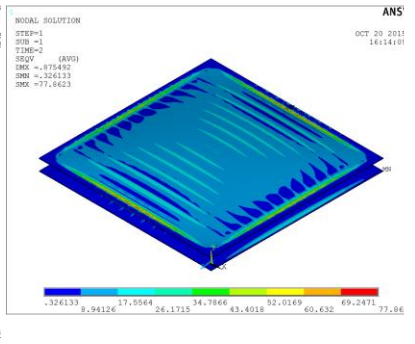


Fig.46 Harta tensiunilor echivalente pentru fețele panoului (aliaj de DurAl)