

Universitatea din Craiova
Facultatea de Mecanică
Școala Doctorală „Acad. Radu Voinea”

REZUMATUL

tezei de doctor în științe inginerești
(domeniul – inginerie mecanică)

cu titlul

**„CONTRIBUȚII LA STUDIUL COMPORTĂRII STATICE ȘI DINAMICE
A BARELOR ȘI PLĂCILOR DIN MATERIALE COMPOZITE”**

doctorand **Stănescu I. Marius-Marinel**

Volumul și structura tezei.

Lucrarea constă din „Actualitatea temei tezei” și zece capitole, fiecare din ele fiind divizate în numeroase paragrafe. Sfârșitul fiecărui capitol este marcat de trimiterile bibliografice corespunzătoare.

Conținutul tezei

ACTUALITATEA TEMEI TEZEI

Cunoașterea caracteristicilor elastice este foarte importantă pentru studiile dinamice ale materialelor compozite.

Trebuie menționat că rezultate teoretice clare pentru compozitele cu ranforsant dispus aleator nu au fost obținute, s-au obținut numai rezultate semi-empirice, în urma unei analize statistice.

În consecință este importantă determinarea unei metode teoretice care să definească caracteristicile de elasticitate într-un caz general pentru anumite tipuri de materiale compozite.

1. COMPORTAMENTUL MECANIC AL MATERIALELOR COMPOZITE

Sunt trecute în revistă modurile în care materialele metalice din componența diverselor structuri mecanice pot fi înlocuite de materialele compozite. Este arătat felul în care trebuie alese acestea astfel încât proprietățile lor să se adapteze necesităților impuse de structura mecanică ce se realizează din materialul compozit.

Apare necesitatea proiectării concomitente atât a produsului cât și a materialului, rezultatul fiind un sistem ce include natura, textura și forma țesăturii

ranforsante, natura rășinilor, întăritoare și procentajul masic al acesteia, geometria pieselor ce urmează a se obține și procedeul utilizat pentru realizarea lor.

2. CARACTERISTICILE SECȚIUNII BAREI COMPOZITE

În proiectarea inginerescă se fac calcule precizionale atât la solicitările statice, care au în vedere în special asigurarea rezistenței structurilor, cât și la solicitările dinamice care au în vedere evitarea suprapunerii pulsațiilor solicitărilor exterioare peste pulsațiile proprii ale structurii și deci, evitarea fenomenului de rezonanță.

3. VALIDAREA EXPERIMENTALĂ A UNUI MODEL ANALITIC UTILIZAT LA STUDIUL COMPORTĂRII DINAMICE A UNUI COMPOZIT MULTISTRAT

În acest capitol este dat un model analitic, care realizează apropierea între teoria DTMM (Di Taranto, Mead și Markus) a barelor compozite multistrat și teoria FSDT (First – order Shear Deformation Theory), utilizată în studiul dinamicii barelor și plăcilor din materiale compozite. Realizăm o aplicație numerică a modelului, pentru două bare realizate din rășină epoxidică armată cu fibră de sticlă. Verificările experimentale ale rezultatelor teoretice obținute, au fost făcute pe o bară compozită, care face parte din structura unui mecanism patruleter la care elementul conducător se rotește cu viteza unghiulară constantă.

4. UNELE CARACTERISTICI DE ELASTICITATE PENTRU BARELE COMPOZITE

Am propus o metodă de determinare a caracteristicilor de elasticitate pentru un compozit format din două materiale. Aceste caracteristici sunt obținute pe baza continuității componentelor tensorului tensiunilor și cele ale tensorului deformațiilor pe suprafețele de separație dintre fazele materialului compozit. În funcție de aceste componente determinăm ecuațiile constitutive pentru materialele ce alcătuiesc compozitul. Ecuațiile sunt exprimate într-un sistem de referință local. Pentru stabilirea proprietăților materialului vom defini tensiunile și deformațiile medii, iar pe baza dependenței dintre ele este obținută ecuația constitutivă a materialului compozit. În plus, obținem relații pentru modulul de elasticitate și coeficientul de contracție transversal, pe direcția fibrelor și pe o direcție perpendiculară pe aceasta. Proprietățile elastice pe direcția fibrelor se apropie de proprietățile ranforsantului, iar proprietățile compozitului pe direcția perpendiculară pe fibre sunt mai apropiate de proprietățile matricei.

De asemenea se face o apreciere globală a caracteristicilor tensorului de elasticitate ținând cont de interdependențele care apar între tensiuni și deformații.

Forma modulului de elasticitate este complet nouă.

5. DETERMINAREA REZISTENȚEI LA RUPERE PENTRU PLĂCI COMPOZITE CU DISTRIBUȚIE ALEATOARE A RANFORSANTULUI

În acest capitol determinăm o formulă de calcul a rezistenței la rupere pentru plăcile compozite cu o distribuție aleatoare a ranforsantului. De asemenea, dăm o formulă pentru calculul limitei superioare a rezistenței la rupere pentru plăcile compozite, prezentată ca funcție de proporția volumică a ranforsantului. Ca aplicații, prezentăm variația rezistenței la rupere în funcție de proporția volumică pentru două tipuri de materiale compozite și în plus, determinăm curbele caracteristice și rezistența la rupere la încercarea de tracțiune pentru cele două materiale compozite considerate.

6. CERCETĂRI EXPERIMENTALE REFERITOARE LA PROPRIETĂȚI ALE MATERIALELOR COMPOZITE CU DISTRIBUȚIE ALEATOARE A RANFORSANTULUI

Am prezentat rezultatul experimentelor pe care le-am efectuat pentru a obține curbele caracteristice a cinci materiale compozite cu distribuție aleatoare a ranforsantului. Din aceste curbe am determinat modulele de elasticitate și rezistențele la rupere. Folosind metoda identificării modale am determinat primele opt moduri proprii pentru două bare din materiale compozite (Bara 1 – rășină fenolică ignifugă armată cu fibră de sticlă; Bara 2 – rășină poliesterică ortoftalică armată cu fibră de sticlă), încastrate la un capăt și libere la celălalt. Am determinat pulsațiile proprii pentru modurile considerate și am folosit primele patru moduri pentru calculul modulului de elasticitate. Compararea rezultatelor obținute în urma încercării de tracțiune cu cele de la metoda identificării modale certifică utilizarea analizei modale în determinarea proprietăților structurilor compozite.

7. UTILIZAREA DESCOMPUNERII SPECTRALE A MATRICEI DE ELASTICITATE, PENTRU CALCULUL PROPRIETĂȚILOR ELASTICE ALE UNEI BARE DIN MATERIALE COMPOZITE

În acest capitol sunt prezentate descompunerile spectrale ale matricilor de elasticitate pentru materiale omogene și izotrope și pentru materiale cu izotropie transversală. O bară din material compozit ranforsată cu fibre lungi, este asimilată unui material cu izotropie transversală, în timp ce materialele constituente sunt considerate omogene și izotrope. Sunt determinate valorile proprii ale matricii de elasticitate pentru bara din material compozit în funcție de proprietățile elastice și proporția volumică a constituenților. Pentru bara compozită ce are matricea din rășină epoxidică ranforsată cu fibre de sticlă, sunt prezentate variațiile valorilor proprii în funcție de proporția volumică a ranforsantului.

8. DETERMINAREA REZISTENȚEI LA RUPERE ȘI A MODULULUI DE ELASTICITATE PENTRU PLĂCI DIN RĂȘINĂ POLIESTERICĂ RANFORSATĂ CU FIBRĂ DE STICLĂ DISPUSĂ ALEATOR

Folosind linearizarea în funcție de termenul $\sqrt{\sigma_l \sigma_t}$ deducem o formulă nouă de calcul a rezistenței la rupere pentru compozite cu ranforsant distribuit aleator, funcție de proporția volumică a ranforsantului. Utilizând medierea valorilor pentru modulul de elasticitate longitudinal și/sau transversal, la rotirea sistemului de referință, obținem o relație originală de calcul a modulului de elasticitate pentru plăci compozite cu ranforsantul dispus aleator. Am preferat scrierea acestei relații sub o formă similară cu cea de la rezistența la rupere, folosind linearizarea în funcție de $\sqrt{E_l E_t}$. Am făcut determinări experimentale pentru trei seturi de probe obținute din plăci cu diverse proporții masice ale ranforsantului, care confirmă rezultatele teoretice pe care le-am obținut.

9. CERCETĂRI EXPERIMENTALE LEGATE DE PROPRIETĂȚILE MECANICE ALE MATERIALELOR COMPOZITE RANFORSATE CU ȚESĂTURĂ DE POLIPROPILENĂ

În acest capitol am obținut curbele caracteristice pentru rășinile epoxidică și poliesterică folosite la realizarea compozitelor și am determinat proprietățile elastice și de rezistență ale acestora. Am determinat curbele caracteristice pe două direcții pentru materiale compozite din rășină epoxidică, respectiv poliesterică, armate cu țesătură din polipropilenă. Am stabilit tensiunile de curgere și doi coeficienți din relația de calcul pentru potențialul plastic. Am determinat ecuația dependenței neliniare între tensiune și deformație în domeniul plastic folosind o relație polinomială de gradul patru care să dea rezistența și alungirea specifică la rupere.

10. NELINIARITĂȚI ÎN COMPORTAREA MECANICĂ A MATERIALELOR COMPOZITE RANFORSATE CU ȚESĂTURĂ DIN FIBRĂ DE CARBON

Am propus un câmp de deplasări pentru o bară compozită din doi constituenți, care verifică condițiile de compatibilitate pentru tensiuni și deformații, precum și condițiile de continuitate pe suprafața de separație dintre cei doi constituenți (suprafața de separație dintre cele două faze). Pornind de la acest câmp am arătat că tangenta la curba caracteristică a materialului compozit depinde de mărimea încărcării exterioare și deformația longitudinală a barei. Am dedus faptul că ecuația constitutivă a materialelor compozite este neliniară, fiind descrisă printr-o curbă de tip concav, deci panta tangentei scade odată cu creșterea deformației. Am realizat trei seturi de epruvete din materiale armate cu două tipuri de țesătură

din fibră de carbon, cu aranjament diferit al ranforsantului de la un set de probe la altul. Am supus la tracțiune cele trei seturi de probe și am determinat curbele caracteristice. Folosind aceste curbe am obținut modulul de elasticitate longitudinal, tensiunea la rupere, alungirea la rupere, precum și panta și ordonata la origine pentru tangenta la curba caracteristică în punctul de rupere al materialului. Curbele caracteristice determinate experimental au forma preconizată de rezultatele obținute teoretic. Am arătat că un parametru care caracterizează comportamentul neliniar al materialului compozit, este dat de raportul dintre modulul de elasticitate longitudinal și panta tangentei la curba caracteristică în punctul de rupere al materialului.