

# Modele constitutive pentru viscoplasticitatea și degradarea polimerilor termoplastici

Dr. Ing. Dan-Andrei Șerban

Teză de abilitare

## Rezumat

Această teză prezintă pe scurt principalele contribuții științifice ale autorului între anii 2012 (data susținerii tezei de doctorat) și 2020, în domeniul analizei experimentale și numerice a comportamentului mecanic pentru materiale avansate. Tema principală a acestei teme este prezentarea diverselor abordări în modelarea comportamentului polimerilor termoplastici. Rezultatele din alte domenii de cercetare abordate de autor vor fi de asemenea prezentate.

Această lucrare este împărțită în trei secțiuni, prima fiind reprezentată de o scurtă introducere, unde autorul prezintă succint evoluția carierei științifice și academice, alături de o prezentare generală a conținutului tezei.

A doua secțiune a tezei, care cuprinde tema principală a Disertației, cuprinde două capitole: *Viscoplasticitatea polimerilor termoplastici și Degradarea și cedarea polimerilor.*

Primul din aceste capitole începe cu o scurtă prezentare a rezultatelor experimentale obținute pentru diferiți compuși polimerici. Scopul principal este evidențierea comportamentului viscoplastic al acestei clase de materiale prin intermediul testelor monotone și ciclice. Doi parametri au fost identificați ca având o influență semnificativă asupra comportamentului neliniar: temperatura și timpul (prin efectele vitezei de deformație și încărcări de lungă durată). Pe lângă efectele considerabile asupra rigidității și rezistenței (care cresc proporțional cu viteza de deformație și scad cu creșterea temperaturii), o particularitate a acestor polimeri este că, la diferite temperaturi, același compus poate avea comportament fragil sau ductil.

În a doua parte a acestui capitol a fost evaluată acuratețea în modelarea caracteristicilor tensiune-deformație la diferite viteze de deformație și temperaturi pentru trei formulări diferite: formularea viscoelastică, formularea elastic-plastică și formularea viscoplastică. În cazul formulării viscoelastice, dintre modelele reologice evaluate, cele mai bune rezultate au fost determinate de modelul Wiechert. Pentru formularea elastic-plastică au fost prezentate trei modele: Zerilli-Armstrong, Johnson-Cook și modelul ecruisării multi-liniare (MLH), cel din urmă

determinând cele mai bune rezultate. Două modele viscoplastice au fost investigate: Bingham-Maxwell și modelul viscoplastic în două niveluri (TLV). Deși modelul TLV a determinat cele mai exacte rezultate, calibrarea acestuia este destul de dificilă. În consecință, pentru aplicații mai simple, se recomandă utilizarea modelului MLH pentru solicitări monotone și modelul Wiechert pentru solicitări ciclice la deformații mici.

În capitolul intitulat *Degradarea și cedarea polimerilor* sunt prezentate rezultatele încercărilor experimentale și ale analizelor numerice efectuate în scopul aproximării cedării polimerilor termoplastici pentru diferite stări de solicitare. Modelul de degradare studiat a fost dezvoltat pentru metale și are ca principiu nucleația și creșterea progresivă a vidurilor în timpul deformației (fenomen observat și în cazul polimerilor). Din punct de vedere matematic, această formulare presupune existența unor deformații critice (responsabile de nucleația vidurilor), care variază cu trei parametri: primul invariant al tensorului tensiunilor totale (presiunea hidrostatică), al doilea invariant al componentei distorsionare a tensorului tensiunilor (prin tensiunea echivalentă von Mises) și al treilea invariant al componentei distorsionare a tensorului tensiunilor (prin așa-numitul parametru al unghiului Lode).

Pentru calibrarea acestui model au fost efectuate trei tipuri de teste: teste de tracțiune pe epruvete plate cu concentrator, teste de compresiune pe epruvete cilindrice cu concentrator și teste Arcan. O serie de analize numerice au fost efectuate în condiții identice cu cele experimentale în scopul determinării deformației plastice critice și valorile corespunzătoare pentru starea de triaxialitate a tensiunii și parametru unghiului Lode. Rezultatele au fost compuse într-un model care exprimă variația deformației plastice critice pentru un interval larg al stării de triaxialitate a tensiunii. Acest model a fost evaluat pe analize numerice care au replicat încercări de compresiune pe structuri de metamateriale cu celule deschise de tip Kelvin.

A treia secțiune a tezei prezintă realizările științifice (lista completă a publicațiilor și Granturile de cercetare), planul de dezvoltare al activității științifice și rezultatele obținute în alte domenii de cercetare: spume polimerice, structuri de metamateriale și compozite geopolimerice.

Cercetările privind spumele polimerice au fost axate în principale pe caracterizarea statică și dinamică, analiza morfologică și microstructurală și cedarea/ruperea spumelor poliuretanică rigide neranforsate și ranforsate cu fibre de sticlă. În domeniul structurilor de metamateriale au fost proiectate, simulate, fabricate și testate diferite tipuri de structuri periodice în scopul determinării configurațiilor optime. În studiul compozitelor geopolimerice, cercetările au fost concentrate asupra materialelor alcătuite din matrice din cenușă zburătoare armate cu fibre

lemnnoase, ale căror proprietăți au fost determinate experimental și modelate utilizând formularea plasticității și degradării betoanelor.

Planul de dezvoltare al activității științifice prezintă viitoarele direcții de cercetare ale autorului. Prima temă este reprezentată de o continuare a studiilor referitoare la vâscozitatea, plasticitatea și oboseala polimerilor. Accentul va fi pus pe dezvoltarea unor suprafețe și potențiale de curgere specifice polimerilor precum și investigații referitoare la aplicarea modelului cedării ductile pentru alte clase de polimeri. A doua temă este reprezentată de studiul structurilor de metamateriale în scopul optimizării geometriilor și facilitării fabricației. A treia temă de interes este modelarea *multi-scale* a polimerilor armați cu țesături de fibre, având ca scop dezvoltarea de ecuații constitutive la scară macro pentru elasticitate, plasticitate și cedare, bazate doar pe informații provenite de la fabricanții pre-impregnatelor