

## REZUMAT

### **Modelarea matematică a comportării materialelor de construcție: de la structură la macroproprietăți**

Director de proiect: dr. Marina V.

La descrierea proceselor de deformare a materialelor cu microstructură ne întâlnim cu tensori de ordin superior. Pornind de la faptul, că tensorii de ordin superior în spațiul cu trei dimensiuni se exprimă prin mii de componente, de exemplu, tensori de ordinul patru, șase și opt se exprimă prin  $N = 3^4 + 3^6 + 3^8 = 7371$  componente, se impun abordării mai eficiente în privința descrierii fenomenilor de deformare și fisurare a materialelor. Este propusă o metodă eficientă de calcul a numărului de constante independente de elasticitate pentru procesele de deformare neliniare. S-a demonstrat, că reprezentarea matriceală a tensorilor de ordin superior care dispun de anumite proprietăți de simetrie, simplifică în mod radical descrierea comportării materialelor sub acțiunea forțelor exterioare. În aceasta metodologie se trece de la examinarea proceselor de sollicitare în spațiu cu trei dimensiuni la spațiul cu șase dimensiuni. Se arată că trecerea de la studiul comportării materialelor în spațiul cu trei dimensiuni, la studiul în spațiul cu șase dimensiuni, simplifică în mod radical analiza.

S-a demonstrat, de exemplu, că tensorul de ordinul opt a constantelor de elasticitate poate fi prezentat sub forma de matrice compusa de dimensiuni 6x6, fiecare element a căreia reprezintă tot o matrice de dimensiuni 6x6. S-a aratat, că în cazul lipsei simetriei materiale și a interacțiunilor centrale numărul constantelor independente este de 125 de elemente. Pentru materiale ortotrope numărul de constantele independente se reduce până la 33. Dacă materialul mai posedă și o axa de simetrie de ordinul patru, atunci numărul constantelor independente se reduce la 30.

În baza principiilor termodinamicii, obiectivității materialelor, extremului discordanței macroscopice cu analogul microscopic potrivit, legăturilor medii, fluctuațiilor tensiunilor și deformațiilor, relațiilor lui Hill se obțin un sistem complet de ecuații cu ajutorul cărora se pot construi ecuațiile constitutive la scară macroscopică, dacă sunt cunoscute relațiile fizice la scară microscopică. Din cauza că în procese ireversibile, comportarea particulelor materiale în conglomerat diferă de comportarea lor în stare „liberă” a fost analizată problema inversă, adică descifrarea proprietăților la scară microscopic din macroexperiență.

Structura neomogenă a materialelor de construcții conduce la apariția unui spectru de stări de tensiune și deformație la scara microscopică. Comportarea extrem de complicată a materialelor în funcție de istoria acțiunii exterioare se datorează în primul rând variațiilor stărilor de tensiune și deformație la scara microscopică. Au fost analizate legitățile de variație a stărilor de tensiune la scară microscopică în funcție de tipul de sollicitare la scară macroscopică și structura materialului. Rezultatele numerice au demonstrat că interacțiunile între particulele

materiale din interiorul conglomeratului provoacă un spectru larg de modificări a stărilor de tensiune la scară microscopică. În baza efectelor stabilite pot fi explicate sub o formă unitară o serie de fenomene termomecanice care din punct de vedere macroscopic au la bază cauze total diferite. Printre ele menționăm dispersarea energiei în procese de deformare elastică, care se datorează variațiilor tensorilor sferici în funcție de factorul de anizotropie și orientare rețelelor cristaline în conglomeratul policristalin.

S-au analizat variațiile stărilor de tensiune și deformare la scară microscopică în cazul unor solicitări unidimensionale la scară macroscopică. Pentru procese ireversibile s-a stabilit că fluctuațiile deformațiilor principale  $(\epsilon_1)_{k,i}$  sunt minimale la întindere și maxime la compresiune. În baza acestui efect din experiența la întindere se pot determina nu numai proprietățile de plasticitate ale subelementelor, dar și caracteristicile care influențează asupra condițiilor de fisurare care se finalizează cu ruperea elementelor de construcție.

Pe lângă procese proporționale au fost examinate și procese compuse de solicitare. În cazul proceselor compuse, comportarea materialelor s-a examinat în spațiul lui A.A. Iliușin  $E_5$  cu 5 dimensiuni. Dacă procesul de solicitare sau deformare se produce pe  $E_5$  pe traiectorii curbilini, atunci în sistemul de ecuații constitutive, pe lângă relații scalare dintre modulul deviatorului tensorului tensiune și modulul deviatorului tensorului deformare mai intervin relațiile tensoriale, în baza cărora se determină orientarea reciprocă a celor doi deviatori. Se arată că asupra reacției materialului influențează nu numai valorile actuale a factorilor de solicitare, dar și istoria acțiunii exterioare, inclusiv factorii care caracterizează forma geometrică a traiectoriei de solicitare.

A fost obținut sistemul de ecuații constitutive pentru procese ciclice și neizoterme. Stabilă corelația dintre diagramele ciclice și diagrama caracteristică a materialului construită în coordonatele modulului deviatorului tensorului tensiune și modulului deviatorului tensorului deformare. S-a demonstrat, că sistemul de ecuații constitutive în procese ciclice se bazează și pe legile de formare a memoriei discrete a materialului. Din ecuațiile obținute rezultă, că durabilitatea materialelor în procese ciclice depinde de modul de modificare a amplitudei modulului deviatorului deformare/tensiune. S-a demonstrat, că la trecerea de la amplitude mici la amplitude mari durabilitatea materialului se micșorează, iar în cazul reducerii amplitudei modulului deviatorului deformare/tensiune, durabilitatea materialului crește.

Stabilite condițiile de solicitare asupra unor tuburi cu pereți subțiri supuși unor acțiuni de întindere și presiune interioară, care asigură deformarea lor cu parametri de stare constanți. În baza condițiilor stabilite, se determină, în mod unitar, constantele și funcțiile materiale care figurează în sistemul de ecuații constitutive.