

RECEȚIONAT

Agenția Națională pentru

Cercetare și Dezvoltare \_\_\_\_\_

” ”

\_\_\_\_\_ 2025

AVIZAT

Secția AȘM \_\_\_\_\_

” ”

\_\_\_\_\_ 2025

## RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL

(pentru etapa 2025)

privind implementarea proiectului din cadrul concursului

„Stimularea excelenței cercetărilor științifice 2025-2026”

Proiectul \_\_\_\_\_

„Modelarea matematică a comportării termoreologice

a materialelor cu microstructură”

(titlul proiectului)

Cifra proiectului \_\_\_\_\_

25.80012.5007.82SE

Prioritatea Strategică \_\_\_\_\_

V „Tehnologii inovative, energie sustenabilă, digitalizare”

Rector U.T.M.

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Președintele

Consiliului științific UTM

dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

Conducătorul proiectului

Dr. Viorica MARINA

(numele, prenumele)



(semnătura)

(semnătura)

(semnătura)

L.Ș.

Chișinău, 2025

## CUPRINS:

1. Scopul etapei 2025 conform proiectului depus la concurs.....	3
2. Obiectivele etapei 2025.....	3
3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2025.....	3
4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2025.....	4
5. Rezultatele obținute .....	4
6. Diseminarea rezultatelor la foruri științifice.....	6
7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului 2025.....	6
8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului 2025.....	6
9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului 2025.....	6
10. Dificultăți în realizarea proiectului: financiare, organizatorice, legate de resursele umane..	6
11. Recomandări, propuneri.....	6
12. Lista lucrărilor științifice, publicate în anul 2025 (Anexa 1).....	11
13. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect 2025 în limba română și în limba engleză (Anexa 2).....	12
14. Executarea devizului de cheltuieli din contractul de finanțare pentru anul 2025 (Anexa 3).	14
15. Componența echipei conform contractului de finanțare pentru anul 2025 (Anexa 4).....	14

## 1. Scopul etapei 2025 conform proiectului depus la concurs

Studiul influenței caracteristicilor elastice ale fazelor și a conținutului lor volumic asupra distribuției energiilor de modificare a formei și volumului într-un element reprezentativ al unui material cu microstructură.

Investigarea legităților de variație a energiei de modificare a formei și volumului în subelemente, în funcție de factorul de orientare al axelor cristalografice și caracteristicilor de elasticitate a fazelor.

Analiza numerică a influenței caracteristicilor elastice ale fazelor și a conținutului lor volumic asupra discordanțelor dintre măsurile macroscopice ale energiei de schimbare a formei, volumului și valorilor medii ale măsurătorilor microscopice.

## 2. Obiectivele etapei 2025.

Descrierea comportării reversibile a materialelor compozite și inteligente în procese de solicitare monotone și ciclice. Analiza influenței elementelor de simetrie a rețelei cristaline asupra constantelor macroscopice de elasticitate și proprietăților termoplastice a materialului.

În domeniul de solicitare reversibilă, volumul reprezentativ al materialului este prezentat sub forma unui număr infinit de cristale orientate statistic omogen. În cadrul acestei schematizări, conceptele fundamentale de tensiune și deformație se definesc la nivel de cristal și volum reprezentativ. Ecuatiile de compoziție între fluctuațiile tensinilor și deformațiilor construite în baza principiilor conexiuni medii, ortogonalitatea fluctuațiilor tensorilor tensiune și deformație și extremul discordanței dintre măsura macroscopică și valoarea medie a analogului microscopic potrivit. Va fi analizată influența caracteristicilor elastice ale fazelor și a conținutului lor volumic asupra distribuției energiilor de modificare a formei și volumului într-un element reprezentativ al unui material cu microstructură. Determinate constantele de elasticitate la scară macroscopică în baza relațiilor fizice la scară microscopică.

## 3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2025

Studierea publicațiilor recente în domeniul ecuațiilor constitutive. Vor fi analizate principiile de trecere de la tensorii tensiune și deformație la scară microscopică la tensorii tensiune și deformație la scară macroscopică. Studiul modalităților de schematizare a mediului dezordonat al materialului cu microstructură. Formularea ecuațiilor de compoziție a mediului deformabil în care se ține seama concomitent de neomogenitățile distribuțiilor tensorilor tensiune și deformație. Construirea relațiilor constitutive la scară macroscopică în baza ecuațiilor constitutive la scară microscopică. Analize numerice a variațiilor invarianților tensorilor tensiune/deformație și energiilor de modificare a formei și volumului particulelor materiale.

#### 4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2025

Au fost studiate publicațiile recente în domeniul modelării matematice a comportării materialelor cu microstructură. Au fost analizate principiile de trecere de la starea termomecanică la scară microscopică la starea macroscopică. Au fost studiate modalitățile de schematizare a mediului dezordonat al materialului cu microstructură. Formulate ecuațiile de compoziție a mediului deformabil care reflectă concomitent neomogenitățile distribuțiilor tensorilor tensiune și deformație. Au fost construite relațiile dintre tensiuni și deformații la scară macroscopică în baza ecuațiilor fizice la scară microscopică. Au fost analizate variațiile invarianților tensorilor tensiune/deformație și energiilor de modificare a formei și volumului particolelor materiale.

1. Participarea cu raport în plen la Conferința Internațională organizată de Academia Română SISOM 2025, Institutul de Mecanica Solidelor, București 10-12 septembrie.
2. Participarea cu raport la Conferința Internațională COMEC organizată Universitatea Transilvania Brașov, octombrie 2025.
3. Publicarea articolului în revista cu impact factor IF 1,2 Metalofizica i noveishie tehnologii. indexată în SCOPUS (acceptat spre publicare).
4. Publicarea articolului în revista cu impact factor IF 0,7 International Journal of Applied Mechanics, indexată în SCOPUS (acceptat spre publicare).

#### 5. Rezultatele obținute (obligatoriu)

Comportamentul policristalelor multifazice în domeniul proceselor de deformare reversibilă, se utilizează model pe două niveluri ale structurii. Se presupune că tensiunile  $\tilde{t}_{ij}$  și deformațiile  $\tilde{d}_{ij}$ , într-un punct dat din volumul reprezentativ depind doar de orientarea axelor cristalografice ale granulei și sunt independente de poziția acestui punct în cadrul acesteia. Aceasta înseamnă că deformațiile din interiorul granulei sunt considerate uniforme, ceea ce exclude necesitatea de a lua în considerare îndoirea și distorsiunile granulelor. În plus, indiferent de poziția unei anumite granule, tensiunile și deformațiile dintr-un subset de granule cu o anumită orientare a axelor cristalografice sunt, de asemenea, considerate aceleași. Cu o astfel de formalizare a unui mediu continuu, mediul real al cristalitului este înlocuit cu un mediu omogen cu proprietăți efective. În aceste condiții tensorii tensiunilor  $t_{ij}$  și deformațiilor macroscopice  $d_{ij}$  satisfac relațiile lui R. Hill

$$t_{ij} = \langle \tilde{t}_{ij} \rangle = \frac{1}{\Delta V_0} \int_{\Delta V_0} \tilde{t}_{ij} dV, \quad d_{ij} = \langle \tilde{d}_{ij} \rangle, \quad \langle \tilde{t}_{ij} \tilde{d}_{ij} \rangle = t_{pq} d_{pq},$$

unde  $\langle \cdot \rangle$  - semnul de mediere pe volumul reprezentativ  $\Delta V_0$ .

Se presupune că interacțiunea dintre subelemente în interiorul volumului reprezentativ  $\Delta V_0$  se formează sub influența doar a legăturilor medii. Conform acestui principiu, fluctuațiile tensorilor tensiune sunt funcții de fluctuațiile tensorilor deformație. Problema egalității sumei energiilor de

deformare a subelementelor și a energiei macroscopice de deformare este rezolvată în baza principiului ortogonalității fluctuațiilor tensorilor tensiune și deformație

$$(\tilde{t}_{ij} - t_{ij})(\tilde{d}_{ij} - d_{ij}) = 0.$$

Pentru fluctuațiile deviatorilor tensiune și deformație, se adopta cea mai simplă expresie

$$\tilde{\sigma}_{ij} - \sigma_{ij} = B(\varepsilon_{ij} - \tilde{\varepsilon}_{ij}),$$

unde  $B$  – parametru intern care reflectă eterogenitatea distribuției tensiunilor și deformațiilor în volumul reprezentativ.

Se admite că variabilele microscopice care au o semnificație fizică specifică sunt împărțite în două categorii: variabile ale căror valori medii depind doar de datele de pe suprafața volumului reprezentativ și variabile ale căror valori medii depind nu numai de datele de pe suprafață, ci și de caracteristicile structurii materialului. Se arată că măsurile macroscopice naturale ale energiei de modificare a volumului și a formei nu coincid cu micromăsurile medii corespunzătoare. Este firesc să presupunem că variabilele care conțin informații despre caracteristicile microstructurii unui material se bucură de anumite proprietăți fundamentale. Modelul constitutiv considerat se bazează pe principiul conform căruia, în interacțiunile reale, discordanța dintre o măsură macroscopică și o valoare medie adecvată a unui analog microscopic capătă o valoare extremă. În special

$$\Delta = \langle \tilde{\sigma}_{ij} \tilde{\varepsilon}_{ij} \rangle - \langle \tilde{\sigma}_{ij} \rangle \langle \tilde{\varepsilon}_{ij} \rangle = \text{Extr}, \quad \Delta' = \langle \tilde{\sigma}_0 \tilde{\varepsilon}_0 \rangle - \langle \tilde{\sigma}_0 \rangle \langle \tilde{\varepsilon}_0 \rangle = \text{Extr},$$

unde prin  $\tilde{\sigma}_{ij}$  și  $\tilde{\varepsilon}_{ij}$  sunt notați deviatorii tensorilor tensiune și deformație, iar prin  $\tilde{\sigma}_0 \delta_{ij}$ ,  $\tilde{\varepsilon}_0 \delta_{ij}$  – tensorii sferici.

Expresiile date reprezintă un sistem complet de ecuații în baza căria se pot construi ecuațiile constitutive la scară macroscopică dacă sunt cunoscute relațiile fizice la scară microscopică. Aceste relații nu conțin referiri la proprietățile materialelor și, prin urmare, sunt valabile pentru descrierea atât a proceselor de deformare reversibile, cât și a celor ireversibile. Menționăm că în modele cu mai multe elemente, medierea nu se efectuează pe volum, ci pe un set de realizări; adică, utilizarea ipotezei ergodice este considerată validă. În domeniul elastic, operațiile de integrare se efectuează după factorul de orientare a rețelei cristaline.

Relația dintre deviatorii tensorilor tensiune și deformație în cristale cu simetrie cubică se prezintă sub forma

$$\tilde{\sigma}_{ij} = 2C \left[ \tilde{\varepsilon}_{ij} + \left( \frac{1}{A} - 1 \right) \sum_{q=1}^3 r_{qi} r_{qj} \tilde{\varepsilon}_{qq} \right], \quad \tilde{\sigma}_0 = 3\tilde{K}\varepsilon_0, \quad r_{ij} = \cos(x'_i, x_j),$$

unde  $C = C_{44}$  este constanta de forfecare a cristalului (relaționează tensiunea de forfecare cu deformarea de forfecare),  $A$  – este factorul de anizotropie,  $K$  – modulul de compresiune al cristalului,  $x'_i$  – este sistemul de coordonate cristalografice,  $x_i$  – sistemul global de coordonate.

Este de menționat că utilizarea constantelor cu o semnificație fizică clară simplifică scrierea ecuațiilor utilizate.

În baza modelului constitutiv elaborat a fost obținut sistemul de ecuații

$$\frac{5}{2G+B} = \sum_{k=1}^n \left( \frac{3}{2C_k+B} + \frac{2A_k}{2C_k+A_kB} \right) c_k,$$

$$-\sigma_{nm}\varepsilon_{nm} \frac{B}{10G} \sum_{k=1}^n \left[ 2 \left( \frac{(B+2G)A_k}{2C_k+A_kB} \right)^2 + 3 \left( \frac{B+2G}{2C_k+B} \right)^2 - 5 \right] c_k = \text{Extr}, \sigma_{nm}\varepsilon_{nm} = \text{const.}$$

Din sistemul de ecuații obținut se determină modulul de forfecare la scară macroscopică în baza constantelor de elasticitate la scară microscopică. Sistemul dat are soluție analitică numai în cazul materialului cu o singură fază. În restul cazurilor modulul de forfecare și parametrul de neomogenitate se determină prin metode numerice.

Pentru modulul macroscopic de compresiune a fost obținută relația

$$K = \sqrt{\frac{\sum_k (K_k c_k)}{\sum_k (c_k / K_k)}},$$

unde mărimea  $K\varepsilon = \sum_k (K_k c_k)$  reprezintă modulul de compresiune în ipoteza câmpului omogen al deformațiilor  $\bar{\varepsilon}_{0k} = \varepsilon_0$ , iar mărimea  $1/K\sigma = \sum_k (c_k / K_k)$  - modulul de compresiune obținut în ipoteza de omogenitate a tensiunilor  $\bar{\sigma}_{0k} = \sigma_0$ . Pentru materiale policristaline cu două faze relația de calcul se simplifică și obține forma

$$K(f) = \sqrt{K_1 K_2 \frac{K_2 f + K_1 (1-f)}{K_1 f + K_2 (1-f)}}, \quad K_k = \frac{1}{3} (C_{11,k} + 2C_{12,k}).$$

Pentru energia medie de modificare a formei  $U_{sf}(c)$  a fost obținută relația

$$\frac{U_{sf}(c)}{U_f} = \sum_k \left\{ \frac{2}{5} \left[ \frac{2G(c)+B(c)}{2C_k+B(c)A_k} \right]^2 \frac{A_k C_k}{G(c)} + \frac{3}{5} \left[ \frac{2G(c)+B(c)}{2C_k+B(c)} \right]^2 \frac{C_k}{G(c)} \right\} c_k,$$

unde prin  $U_f$  notată măsura macroscopică a energiei de modificare a formei,  $c$  - ponderea fazei. Calculele numerice sau efectuat pentru trei tipuri de aliaje: *Al-Cr*, *Al-Ni*, *Al-Cu*. Caracteristicile cristalelor: *Al* ( $A_1 = 1.215$ ,  $C_1 = 2.85 \cdot h$ ,  $K_1 = 3.69 \cdot h$ ), *Cr* ( $A_1 = 0.71$ ,  $C_1 = 10.1 \cdot h$ ,  $K_1 = 16.13 \cdot h$ ), *Ni* ( $A_1 = 2.54$ ,  $C_1 = 12.5 \cdot h$ ,  $K_1 = 18 \cdot h$ ), *Cu* ( $A_1 = 3.21$ ,  $C_1 = 7.54 \cdot h$ ,  $K_1 = 13.7 \cdot h$ ),  $h = 10^4 \text{ MPa}$ . Diagramele de culoare roșie se referă la - *Al-Fe*, lilac- *Al-W*, maro- *Al-Cu*. În fig. 1 sunt prezentate diagramele variației parametrului de neomogenitate în funcție de ponderea fazei pentru cele trei aliaje. Din rezultatele obținute se constată caracterul monoton însă neliniar al modului de forfecare  $G = G(c)$  față de ponderea fazei  $c$ . În fig. 2 sunt prezentate diagramele variației parametrului de neomogenitate  $B = B(c)$  a câmpurilor tensorilor tensiune și deformație. Spre

deosebire de modulul de forfecare, parametru de neomogenitate variază nu numai după legi neliniare dar și nemonotone.

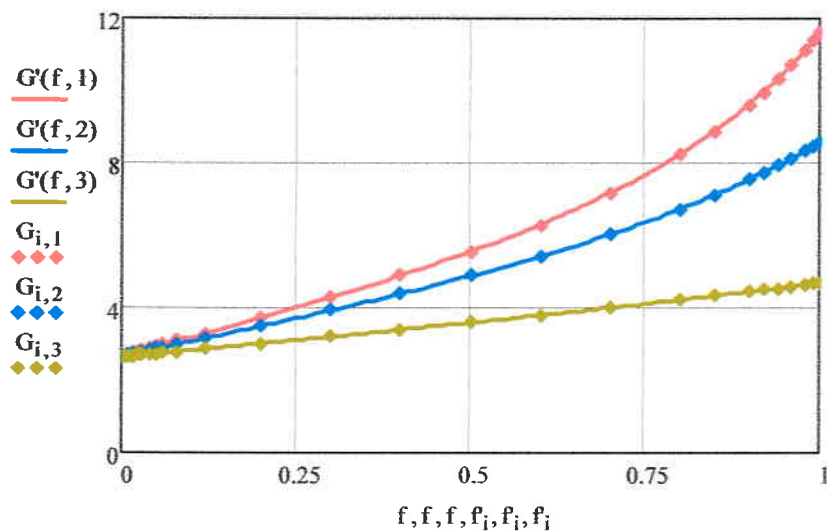


Fig. 1. Variația modulului de forfecare în funcție de ponderea fazei pentru aliajele: Al-Cr, Al-Ni, Al-Cu.

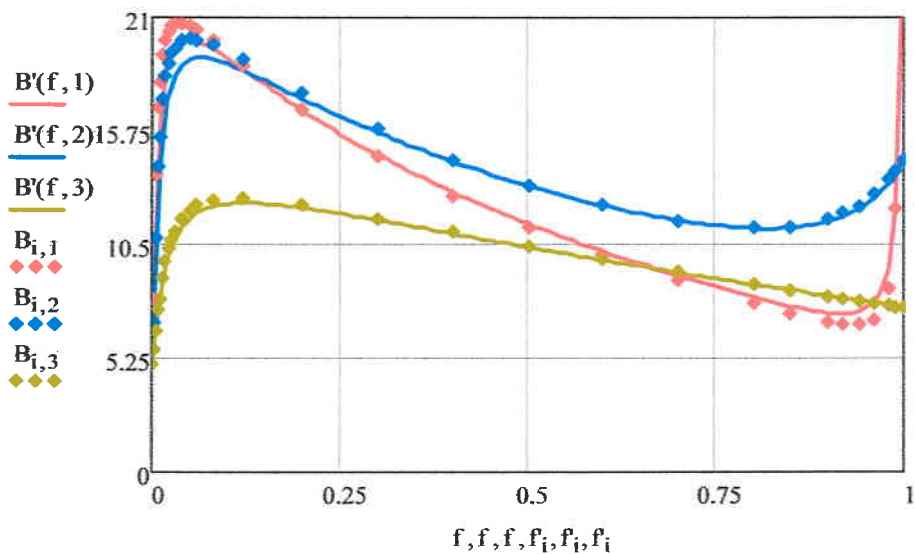


Fig.2. Dependența parametrului de neomogenitate în funcție de ponderea fazei pentru aliajele: Al-Cr, Al-Ni, Al-Cu.

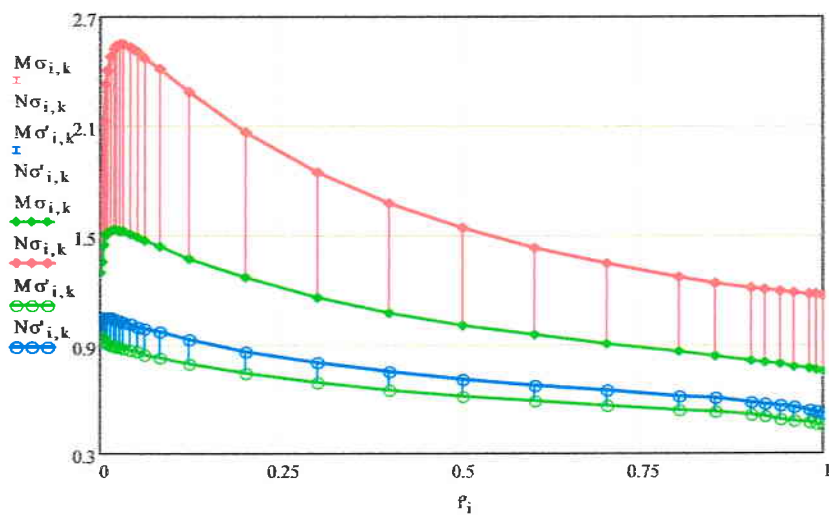
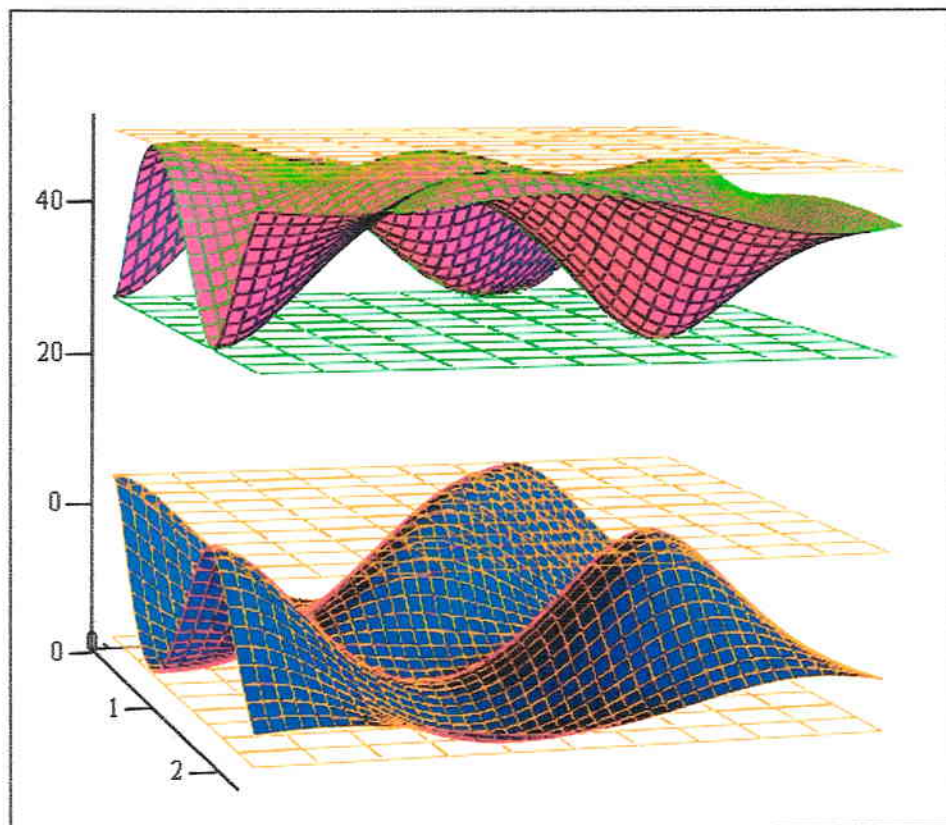


Fig. 3. Dependența modulului deviatorului tensorului tensiune în fazele aliajului *Al-Fe* de *c*.



$\sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5, \sigma_6, \sigma_7$

Fig. 4. Variația tensiunii hidrostatice în funcție de orientarea axelor cristalografice.

A fost dedus un sistem de ecuații pentru analiza influenței concentrațiilor de fază cu proprietăți mecanice proprii asupra modului de forfecare macroscopic și a parametrilor de heterogenitate ai aliajelor. Sunt stabilite expresii generale pentru valori extreme ale invarianților deviatorilor tensiune/deformației în fazele policristaline, încorporând atât caracteristici individuale ale fazelor (factorul de anizotropie și constanta de forfecare a cristalului), cât și caracteristici globale. Se arată că pentru factori de anizotropie mai mari decât unitatea, invarianții deviatorului tensiunii obțin valori maxime în granule ale căror axe cristalografice sunt coaxiale cu macrosistemul, în care componentele diagonale sunt zero, în timp ce invarianții deviatorilor cu valori minime apar în granule ale căror axe cristalografice sunt coaxiale cu sistemul principal de coordonate. Pentru factori de anizotropie mai mici decât unitatea, se observă contrariul.

Se constată o modificare nonmonotonă a invarianților deviatorilor tensorului tensiune odată cu creșterea conținutului volumetric al componentei mai dure în materialele policristaline bifazice. Cele mai mari abateri ale valorilor limită ale invarianților deviatorului tensorului tensiune în subelemente se observă la concentrații foarte scăzute ale fazei solide. Lățimea zonei de variație a valorilor limită ale invarianților crește odată cu creșterea factorului de anizotropie de fază. Invarianții deviatorului deformație ating valorile mari în cristalele cu cele mai mici valori ale invarianților deviatorului tensiune.

Pe baza principiului ortogonalității fluctuațiilor tensorului de tensiune și deformație, se derivă o ecuație pătratică pentru tensiunile volumetrice, ale cărei rădăcini sunt luate ca soluție a problemei. Pentru forfecare macroscopică pură, rădăcinile diferă doar prin semn. În plus, presiunea externă exercită un efect nelinier asupra modelelor de variație a valorilor limită ale tensiunilor volumetrice în fazele policristaline. Valorile extreme ale tensiunilor volumetrice apar în granule cu valori extreme ale invarianților deviatori de tensiune. Ca și în cazul invarianților deviatorului tensorului tensiune, valorile extreme ale tensiunilor volumetrice variază nemonoton cu creșterea concentrației fazei mai dure.

Sunt investigate regularitățile modificărilor energiei de schimbare a formei și volumului în subelemente, în funcție de factorul de orientare al axelor cristalografice și de caracteristicile elastice ale fazelor. Studiile numerice arată o natură semnificativ mai complexă a modificărilor componentelor energiei de deformare în subelemente în comparație cu variațiile invarianților tensiunilor și deformațiilor. Se analizează influența caracteristicilor elastice ale fazelor și a conținutului lor volumic asupra discordanței dintre măsurile macroscopice ale energiei de schimbare a formei și volumului față de valorile medii microscopice. Pentru aliajul *Al-Cr* cea mai mare discordanță relativă a energiei de schimbare a formei este egală cu 0,872 la un conținut volumic de  $Cr \sim 0.5$ , iar în aliajul *Al-Ni* - 0.895 la un conținut volumic de  $Ni \sim 0.58$ . În aliajul *Al-Cu* se observă o creștere monotonă a discrepanței măsurilor, atingând cea mai mare valoare.

6. **Diseminarea rezultatelor** obținute în proiect în formă de publicații (obligatoriu) și în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor)

1. Participarea cu raport în Plen la Conferința Internațională organizată de Academia Română SISOM 2025, Institutul de Mecanica Solidelor, București 10-12 septembrie.
2. Participarea cu raport la Conferința Internațională COMEC organizată Universitatea Transilvania Brașov, 16-17 octombrie 2025.
3. Publicarea articolului în revista cu impact factor, IF 1,2 Metalofizica i Noveishie Tehnologii, indexată în SCOPUS.
4. Publicarea articolului în revista cu impact factor, IF 0,7 International Journal of Applied Mechanics, indexată în SCOPUS.

Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice  
publicate în anul 2025 în cadrul proiectului

MODELAREA MATEMATICĂ A COMPORTĂRII MATERIALELOR CU  
MICROSTRUCTURA (Anexa 2)

7. **Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute** în cadrul proiectului (obligatoriu)

Au fost adunate materiale pentru publicarea monografiei în anul 2026 pentru sistemul de învățământ tehnic superior. O parte din informația inclusă în monografia se conține în articole acceptate spre publicare.

8. **Colaborare la nivel național** în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)

Institutul de Matematica Tudor Vladimirescu, Universitatea de Stat din Moldova

Universitatea de Stat Facultatea Matematica și Informatica

9. **Colaborare la nivel internațional** în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)

Schimb de experiență cu Institutul de Mecanica Solidelor, Academia Română

Institutul de Mecanica Solidelor Academmia de Știința al Ucrainei

Universitatea Transilvania Brașov

10. **Dificultățile în realizarea proiectului** de natură financiară, organizatorică, legate de resursele umane etc. (obligatoriu).

Nu sunt suficienți bani pentru a publica un articol în revista prestigioasă cu impact factor.

11. **Recomandări, propuneri**

Coorducătorul de proiect

Data:

LȘ

dr. Marina Viorica



**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice  
publicate în anul 2025 în cadrul proiectului**

**MODELAREA MATEMATICĂ A COMPORTĂRII MATERIALELOR CU  
MICROSTRUCTURA**

**3. Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**

Membru de redacție al revistei Transylvanian Journal of Mathematics and Mechanics.

<http://tjmm.edyopress.ro/editorial/> ISSN: 2067-239X ISSN(on-line): 2067-239X.

**4. Articole în reviste științifice**

**4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF)**

1. Marina V.Iu., Marina V.I., Constituent equations for complex monotonic loading not related to the yield surface, International Journal of Applied Mechanics, 2025 (acceptat spre publicare) ~~IF 7~~

2. Marina V.Iu., Marina V.I., A unified approach to the description of deformation and failure of brittle and ductile materials, Metalofizica i Noveishie Tehnologii, 2025, IF 1.2, Scopus. SJR 0,24 (acceptat spre publicare).

3. Marina Viorica. Analysis of changes of elastic constants in multiphase polycrystalline materials. Advanced Structured Materials. Springer, IF 0,66. 2025 (acceptat spre publicare).

**4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute**

1. Marina Viorica, Elasticity constants in the case of polycrystalline materials with multiple phases. The Romanian Journal of Technical Science. Applied Mechanics, Romania Academy, Bucuresti 2025 (acceptat spre publicare).

**6. Articole în materiale ale conferințelor științifice**

**6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)**

1. Marina Viorica, Analysis of changes in elastic constants in multiphase polycrystalline materials, The 11<sup>th</sup> International Conference on Computational Mechanics and Virtual Engineering COMEC 2025 and the 48<sup>th</sup> International Conference on Mechanics of Solids P.P.Teodorescu, Brașov, România, 16-17 octomber 2025.

**7. Teze ale conferințelor științifice**

**7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)**

1. Marina Viorica, Constants of Elasticity in the Case of Polycrystalline Materials with Multiple Phases, 36<sup>th</sup> International Symposium of the Institute of Solid Mechanics and Session of the Commission of Acoustics, SISOM 2025, Romanian Academy, Book of Abstracts, 10-11 september (se anexează).

**Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2025**

*Cifra proiectului* 25.80012.5007.82SE

*Denumirea Proiectului* **Modelarea matematică a comportării materialelor cu microstructura**

**Rezumat**

A fost studiată influența caracteristicilor elastice ale fazelor și a conținutului lor volumic asupra distribuției energiilor de modificare a formei și volumului într-un element reprezentativ al unui material cu microstructură. Analiza a fost efectuată în cadrul unui model constitutiv pe două niveluri. Relația dintre tensorii tensiune și deformație la scară macroscopică și microscopică a fost construită în baza principiilor termodinamicii, legăturilor medii, ortogonalității fluctuațiilor tensorilor tensiune și deformație și extremului discordanței dintre măsurile macroscopice și valorile medii ale analogilor microscopici potriviți. A fost stabilit sistemul general de ecuații pentru determinarea constantelor elastice ale unui policristal multifazic. S-a demonstrat că, în cazul materialelor policristaline multifazice cu rețele cubice, doar două caracteristici elastice independente ale fazelor influențează asupra modulului de forfecare macroscopic: factorii de anizotropie și constantele de forfecare. Se arată că modulul volumic de elasticitate este egal cu media geometrică a modulilor de elasticitate volumetrici obținuți în două variante limită ale modelului: stare de tensiune omogenă și o stare de deformare uniformă. Studiile numerice se referă și la variațiile invarianților tensorilor tensiune, deformație în funcție de concentrațiile și proprietățile elastice ale fazelor. Calculele arată că invarianții energiei de deformare și a tensiunilor/deformațiilor, variază după legi nemonotone, în funcție de concentrația fazelor.

Au fost investigate legitățile de variație a energiei de modificare a formei și volumului în subelemente, în funcție de factorul de orientare al axelor cristalografice și caracteristicilor de elasticitate a fazelor. Analiza numerică arată o natură semnificativ mai complexă a modificărilor componentelor energiei de deformare în subelemente în comparație cu variațiile invarianților tensorilor tensiune și deformație. Se analizează influența caracteristicilor elastice ale fazelor și a conținutului lor volumic asupra discordanțelor dintre măsurile macroscopice ale energiei de schimbare a formei, volumului și valorilor medii ale măsurătorilor microscopice.

## Abstract

The influence of the elastic characteristics of the phases and their volume content on the distribution of the energies of shape and volume modification in a representative element of a material with a microstructure was studied. The analysis was carried out within a two-level constitutive model. The relationship between the stress and strain tensors at the macroscopic and microscopic scales was built on the basis of the principles of thermodynamics, average connections, orthogonality of fluctuations of the stress and strain tensors and the extreme of the discordance between the macroscopic measures and the average values of the corresponding microscopic analogues. The general system of equations for determining the elastic constants of a multiphase polycrystal was established. It was shown that, in the case of multiphase polycrystalline materials with cubic lattices, only two independent elastic characteristics of the phases influence the macroscopic shear modulus: anisotropy factors and shear constants. It is shown that the bulk modulus of elasticity is equal to the geometric mean of the bulk modulus of elasticity obtained in two limit versions of the model: a homogeneous stress state and a uniform deformation state. Numerical studies also refer to the variations of the invariants of the stress and strain tensors depending on the concentrations and elastic properties of the phases. Calculations show that the invariants of the strain energy and stresses/strains vary according to non-monotonic laws, depending on the concentration of the phases.

The regularities of variation of the energy of shape and volume modification in subelements, depending on the orientation factor of the crystallographic axes and the elastic characteristics of the phases, were investigated. Numerical analysis shows a significantly more complex nature of the changes in the components of the strain energy in subelements compared to the variations of the invariants of the stress and strain tensors. The influence of the elastic characteristics of the phases and their volume content on the discrepancies between macroscopic measures of shape and volume change energy and the average values of microscopic measurements is analyzed.

Conducătorul de proiect dr. Marina Viorica/

Data

LȘ



*Marina Viorica*

**Executarea devizului de cheltuieli,  
conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2025**

**Cifrul proiectului 25.80012.5007.82SE**

<b>Cheltuieli, lei</b>				
Denumirea	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Deplasări de serviciu în interiorul țării	222710			
Deplasări de serviciu peste hotare	222720	<b>47 040,0</b>	-16 545,95	<b>30494,05</b>
Servicii medicale	222810			
Servicii de editare	222910		+14 575,03	<b>14 575,03</b>
Servicii de protocol	222920			
Servicii de cercetări științifice contractate <i>(salarizarea membrilor echipei - 80%)</i>	222930	<b>142 848,0</b>		
Servicii neatribuite altor aliniate <i>(publicarea articolelor științifice / servicii laborator)</i>	222999			
Servicii neatribuite altor aliniate <i>(salarizarea personalului din afara instituției)</i>	222999	<b>95 232,0</b>		
Servicii neatribuite altor aliniate <i>(salarizarea personalului administrativ - 5%)</i>	222999	<b>14 880,0</b>		
Alte cheltuieli în bază de contracte cu persoane fizice	281600			
Cheltuieli curente neatribuite la alte categorii <i>(taxe de participare la forumuri și evenimente științifice)</i>	281900		+1 970,92	<b>1 970,92</b>
Procurarea mașinilor și utilajelor	314110			
Procurarea activelor nemateriale	317110			
Procurarea combustibilului, carburanților și lubrifianților	331110			
Procurarea produselor alimentare	333110			
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110			
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizite de birou	336110			
Procurarea altor materiale	339110			
<b>TOTAL</b>		<b>300 000,0</b>		<b>300 000,0</b>

*Notă: În tabel se prezintă doar categoriile de cheltuieli din contract ce sunt în execuție și modificările aprobate (după caz)*

**Rector U.T.M.**

*(semnătura)*

**dr. hab. Viorel BOSTAN**

*(numele, prenumele)*

**Contabil (economist)**

*(semnătura)*

**Victoria IOVU**

*(numele, prenumele)*

**Conducătorul de proiect**

*(semnătura)*

**Dr. Viorica MARINA**

*(numele, prenumele)*

Data:

LȘ



## Componența echipei conform contractului de finanțare 2025

Cifrul proiectului 25.80012.5007.82SE

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru 2025						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă sau nr. de ore conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Marina Viorica	1978	dr.	38.4	01.08.2025	31.12.2025
2.	Marina Vasile	1947	dr. hab.	38.4	01.08.2025	31.12.2025

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2025					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă sau nr. de ore conform contractului	Data angajării
1.					
2.					
3.					

Rector U.T.M.

  
(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)

  
(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect

  
(semnătura)

Dr. Viorica MARINA

(numele, prenumele)

Data:



# The XXXVI<sup>th</sup> SISOM 2025



## 36th International Symposium of the Institute of Solid Mechanics and Session of the Commission of Acoustics

**Editors** Ionel-Alexandru GAL  
Cătălin-Andrei NEAGOE  
Danjel-Octavian MELINTE  
Ana-Maria MITU  
Victor VLĂDĂREANU  
Marcel MIGDALOVICI

**Honorary Editors** Tudor SIRETEANU  
Luige VLĂDĂREANU

## NATURAL LANGUAGE PROCESSING TECHNIQUES AND APPLICATIONS

Andrea GRIPARIS<sup>1</sup>, Svetlana SEGĂRCEANU<sup>2,\*</sup>, Inge GAVĂȚI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest, Romania

<sup>2</sup> R&D Department, Beta Consult International, Bucharest, Romania

\*corresponding author: svet\_segarceanu@yahoo.com

Natural Language Processing (NLP) is a field of Artificial Intelligence, appeared around 1950, and rapidly developed during the last years. Due to the importance recently gained, we will dedicate our paper to this subject, presenting some fundamentals, followed by real life applications.

NLP is concerned with empowering computers to understand, interpret and generate human language, in both his forms: oral, as speech and written, as text. It works based on Signal Processing, Text Analysis, Statistical Methods, Machine Learning, Deep Learning, applied in order to solve tasks like Speech Recognition, Text Classification and Summarization, Sentiment Analysis and many others.

As applications we will detail: Chatbots and Virtual Assistants, Search Engines, Translation, Text Summarization, Customer Service Automation, Healthcare and of course, ChatGPT.

## CONSTANTS OF ELASTICITY IN THE CASE OF POLYCRYSTALLINE MATERIALS WITH MULTIPLE PHASES

Marina VIORICA

Technical University of Moldova

\*corresponding author: viorica.marina@bpm.utm.md

The patterns of change in elastic constants in multiphase polycrystalline materials with cubic lattices are investigated. The relationship between local and macroscopic parameters is established based on the principles of averaged bonds, orthogonality of stress and strain tensor fluctuations, and the extremum of the discrepancy between macroscopic measures and the appropriate average values of microscopic analogues. A closed system of equations has been established for determining macroscopic elastic constants and the parameter of deformation and stress heterogeneity. Numerical studies of the influence of phase elastic characteristics and volume content on the values of macroscopic elastic constants are presented

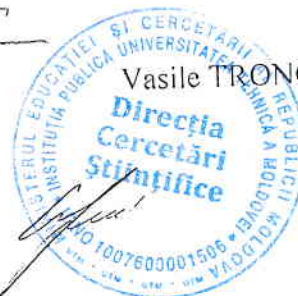
**EXTRAS**  
**din Procesul Verbal**  
**al ședinței Consiliului Științific UTM**  
**din 02 decembrie 2025**

Prezenți: 14 membri ai Consiliului științific al UTM – Vasile Tronciu, *Prorector pentru cercetare, prof. univ., dr. hab.*; Bostan Ion, *Academician AȘM, prof. univ., dr. hab.*; Bostan Viorel, *Rector UTM, prof. univ., dr. hab.*; Siminiuc Rodica, *Directoare a ȘD UTM, conf. univ. dr.*; Sturza Rodica, *Membru cor. AȘM, prof. univ., dr. hab.*; Ghendov-Moșanu Aliona, *conf. univ., dr. hab.*; Caisin Larisa, *prof. univ., dr. hab.*; Cepoi Liliana, *Director, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al UTM, conf.univ., dr.*; Gheorghită Maria, *prof. univ., dr.*; Monaico Eduard; *dr., conf. cercet.*; Turcanu Dinu, *dr., conf. univ.*; Țirșu Mihai; *Director Institutul de Energetică UTM, conf. univ., dr.*; Popovici Mihail, *conf. univ., dr.*; Muntean Viorel, *Doctorand UTM*

**S-A DISCUTAT:** audierea rezultatelor științifice obținute pe parcursul anului 2025 al proiectului din cadrul Concursului de proiecte „Stimularea excelenței cercetărilor științifice” pentru anii 2025-2026: 25.80012.5007.82SE „Modelarea matematică a comportării termoreologice a materialelor cu microstructură”, Conducător de proiect: *dr. Viorica MARINA*.

**S-A DECIS:** aprobarea rezultatelor științifice obținute pe parcursul anului 2025 al proiectului din cadrul Concursului de proiecte „Stimularea excelenței cercetărilor științifice” pentru anii 2025-2026: 25.80012.5007.82SE „Modelarea matematică a comportării termoreologice a materialelor cu microstructură”, Conducător de proiect: *dr. Viorica MARINA*.

V. J.



Președinte al CȘ UTM,  
Vasile TRONCIU, dr. hab., prof. univ.

Secretar al CȘ UTM,  
Liliana CEPOI, dr. hab.