

AEF-T.2.2

MODELAREA COMPORTĂRILOR ȘI CARACTERISTICILE MATERIALELOR PLASTICE

CUPRINS

AFT-T.2.2.1 INTRODUCERE

AFT-T.2.2.2 CARACTERISTICILE ȘI PROPRIETĂȚILE MECANICE

AFT-T.2.2.3 SCHEMATIZAREA CURBEI CARACTERISTICE

AFT-T.2.2.4 CRITERII DE ECHIVALARE LA CURGERE

AFT-T.2.2.1 CARACTERISTICILE ȘI PROPRIETĂȚILE MECANICE

Corpurile din materiale elasto-plastice (neliniare) sub acțiunea forțelor exterioare se deformează elastic - liniar și/sau neliniar - până la atingerea limitei de curgere și apoi sub acțiunea creșterilor mici ale forțelor exterioare au loc creșteri majorate ale deformațiilor plastice. La descărcare, când se înlătură încărcările exterioare, corpul nu revine la starea inițială, ca în cazul solidului elastic, ci revine la o stare cu deformațiile remanente ε_p . Zonele cu deformații plastice (neliniare) sunt caracterizate de deformații neproportionale (fig. 1,a) cu sarcinile care apar datorită alunecărilor interne între plane la 45° (v. subcap.) cu modificarea structurii cristaline din cauza tensiunilor de forfecare (distorsionare).

AFT-T.2.2.2 CARACTERISTICILE ȘI PROPRIETĂȚILE MECANICE

Caracteristica tensiune-deformație uniaxială (fig. 1, b) are la încărcare o porțiune de deformare elastică (linia OB, cu panta dependentă de modulul de elasticitate longitudinal E) urmată de cea plastică după curba AB - cu creșterea tensiunii (durificare, mai ales. la solicitări variabile, v. cap.) - și la descărcare, revenirea elastică (linia BC) cu aceeași pantă (E) la starea finală cu deformația remanentă ε_p . În cazul ideal, deformarea plastică se produce fără durificare (ecruisare) corespunzător limitei de curgere σ_c (σ_y , în literatura în limba engleză). Durificarea (ecruisarea) este procesul de creștere a rezistenței structurii prin deformarea plastică ciclică (v. cap.).

Descrierea *comportării plastice* se face având la bază modulul de plasticitate tangențial, E_p (fig. 1,b), cu valori variabile determinate de modificarea direcției tangentei (unghiului, α_p , fig. 1,b) în punctele curbei de

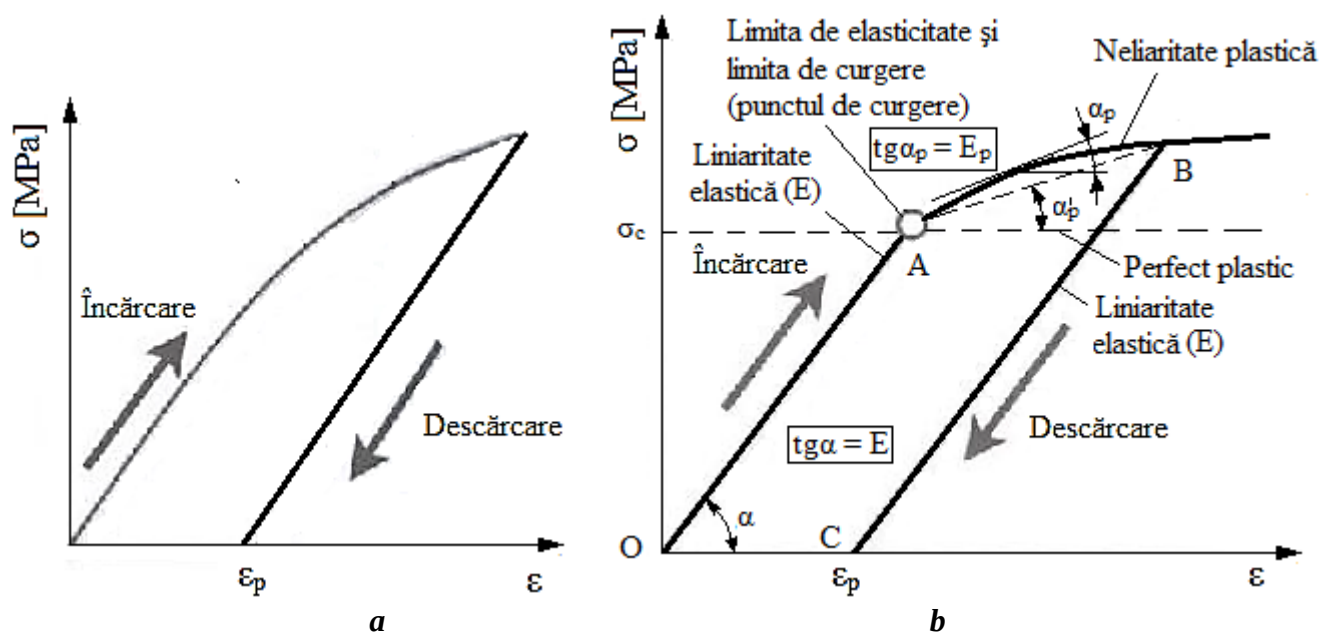


Fig. 1 Caracteristica materialelor plastice: **a** – caz general; **b** – parametri caracteristici

curgere plastică AB. Pentru descrierea comportării corpului în timpul deformațiilor plastice, deci pentru determinarea dependențelor dintre deformații și tensiuni, există un număr mare de teorii (ipoteze) ale curgerii plastice, exprimate printr-o mare diversitate de funcții de curgere

Modelele matematice dezvoltate de teoria plasticității cu luarea în considerare a neliniarității curgere după curba AB, considerând modulul de plasticitate variabil conform legilor de curgere, sunt deosebit de complexe. Pentru simplificare s-au conceput simplificări (schematizări) ale curbei caracteristice $\sigma = \sigma(\epsilon)$ adoptând pe porțiunile neliniare ale acesteia funcții analitice cât mai simple, care, în același timp, să fie cât mai apropiate de caracteristica reală.

AFT-T.2.2.3 SCHEMATIZAREA CURBEI CARACTEISTICE

În practica analizelor structurilor în domenii plastice (inclusiv, a celor cu elemente finite), se pot face schematizări cu linii drepte sau cu linii curbe. Schematizările cu linii drepte, datorită simplității relațiilor, sunt folosite frecvent în practică în special, când materialele au comportare elastică liniară (satisfac legea lui Hooke). Astfel, pentru cazul din fig. , unghiul α_p , se poate aproxima cu unghiul (α_p) și astfel, se poate descrie comportarea plastică ca fiind liniară cu aceleași relații ca în cazul comportării elastice.

În fig. 2 se prezintă două schematizări des utilizate în practică: linear elasto-plastic (fig. 1, a), pentru cazuri când se ia în considerare ecrusarea materialului, și ideal elasto-plastic (Prandtl), pentru cazuri în care se consideră că materialul nu se durifică la curgere (de ex, aluminiu sau oțel moale cu procent scăzut de C).

Relațiile matematice care descriu comportarea plastică, ținând cont că deformația corespunzătoare punctului de curgere este ϵ_c ($\sigma_c = E \epsilon_c$, fig. 2) sunt: $\sigma = E \epsilon$, cu $\epsilon \leq \epsilon_c$, pentru ambele schematizări; $\sigma = \sigma_c + E (\epsilon - \epsilon_c)$ sau $\sigma = \sigma_c$ cu $\epsilon_c < \epsilon \leq \epsilon_c + \epsilon_p$, pentru schematizarea din fig. 2,a, sau respectiv pentru cea din fig. 2, b.

În cazul în care structura este din material neliniar elastic pentru schematizare se pot folosi funcții neliniare (de ex. putere, exponențială) sau chiar multiliniare (v. ANSYS)

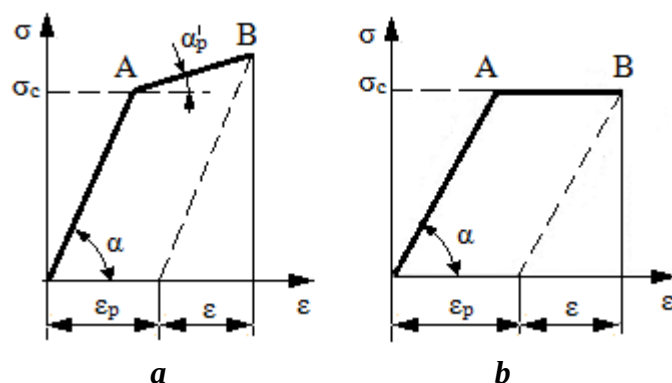


Fig. 2 Schematizări curbă caracteristică: **a** – linia variabil; **b** – liniar constant

AFT-T.2.2.4 CRITERII DE ECHIVALARE LA CURGERE

Pentru caracterizarea comportării plastice multidirecționale raportat la tensiunea limită de curgere unidirecțională s-au definit criterii de curgere similare cu cele de rupere Tresca, Von Mises.

Criteriul de curgere Von Mises, folosit frecvent, evidențiază egalitatea tensiunii echivalente σ_e cu tensiunea de curgere curentă σ'_c cu relația,

$$\sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} = \sigma'_c \quad (1)$$

Tensiunea de curgere limită, inițial, este egală cu limita de curgere $\sigma'_c = \sigma_c$ și se modifică (crește) succesiv în timpul procesului de deformare ciclică pentru durificare (v subcap.).

Relația de mai sus reprezintă în spațiul tensiunilor principale $\sigma_{1,2,3}$ suprafața cilindrică de curgere von Mises cu raza $\sqrt{2}\sigma'_c$ (v. subcap. AEF-A.2.1 fig. 7). În cazul stărilor plane și unidirecționale de tensiuni suprafața de curgere devine curbă de curgere și, respectiv punct de curgere. Dacă tensiunea echivalentă este în interiorul suprafeței de curgere nu există deformare plastică (comportarea este elastică). Suprafața de curgere von Mises determinată tensiunea echivalentă se modifică (corelat cu durificarea) pornind de la cazul inițial corespunzător limitei de curgere σ_c (σ_y în literatura de limbă engleză) prin creșterea razei dar și deplasarea poziției. În literatură aceste modificări sunt descrise prin reguli de durificare

Durificarea (ecruisarea) izotropică, presupune creșterea (expandarea) suprafeței de curgere cu păstrarea poziției. În cazul stării unidirecționale această ipoteză indică că tensiunea de curgere de tracțiune are aceeași

valoare cu tensiunea de curgere de compresiune σ_c (σ_y). Această regulă se folosește pentru deformări mari și nu este aplicabilă pentru încărcări ciclice.

Durificarea (ecruisarea) cinematică (anizotropă), presupune conservarea dimensiunii suprafeței de curgere și modificarea poziției. În cazul stării unidirecționale această ipoteză indică că diferența dintre tensiunea de curgere de tracțiune și tensiunea de curgere de compresiune rămâne constantă $2\sigma_c$ (σ_y). Această regulă se folosește pentru deformări mici la încărcări ciclice.