

Mariana POP

Adriana NEAG

Deformări Plastice

- Teste și probleme -



UTPRESS
Cluj-Napoca, 2024
ISBN 978-606-737-713-2

Mariana POP

Adriana NEAG

Deformări Plastice

- Teste și probleme -



UTPRESS
Cluj-Napoca, 2024
ISBN 978-606-737-713-2



Editura UTPRESS
Str. Observatorului nr. 34
400775 Cluj-Napoca
Tel.: 0264-401.999
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
www.utcluj.ro/editura

Recenzia: Prof.dr.ing. Horațiu Vermeșan

Conf.dr.ing. Dan Frunză

Pregătire format electronic on-line: Gabriela Groza

Copyright © 2024 Editura UTPRESS

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii UTPRESS.

ISBN 978-606-737-713-2

PREFAȚĂ

Lucrarea de față se înscrie pe linia sprijinirii eforturilor studenților care urmează specializări din domeniul Ingineria Materialelor, Inginerie Industrială și Inginerie Mecanică, de a asimila mai bine noțiuni teoretice legate de procesarea materialelor prin deformare plastică.

Lucrarea deși nu este o lucrare independentă în lectura ei, necesitând și consultul altor manuale, prezintă în cele două capitole câteva noțiuni de bază referitoare la teoria și tehnologia procesării materialelor, facilitând asimilarea unei terminologii tehnice specifice, utilizate în companii și în literatura de specialitate. Pe baza acestor noțiuni fundamentale, au fost concepute în mod natural diverse teste și probleme.

Această carte poate fi utilă și pentru studenții de la alte specializări inginerești care doresc să-și formeze o cultură tehnică superioară, însă structura, testele și aplicațiile prezentate pe parcursul cărții, au fost selectate în primul rând pentru cei cărora o serie de cunoștințe generale sau mai avansate din domeniul ingineriei materialelor le sunt necesare.

În capitolul întâi, sunt introduse o serie de elemente de teoria plasticității și ruperii materialelor, pe baza cărora au fost concepute testele de autoevaluare. A fost acordată o atenție deosebită unor noțiuni aparent elementare, dar care constituie puncte de încercare a cunoștințelor la diferite examene. Acest capitol conține și un număr important de probleme cu aplicații specifice, care stau la baza înțelegerii comportării materialelor solificate în diverse situații de încărcare și exploatare.

Capitolul al doilea, este consacrat procedeelor de prelucrare prin deformare plastică, respectiv introducerii noțiunilor de bază necesare în proiectarea tehnologică. În acest sens, au fost concepute o serie de teste de autoevaluare și probleme cu aplicații specifice procesării prin deformare plastică a materialelor, care să permită studenților analiza unor situații tehnologice privite într-un context cât mai larg.

Prin testele de autoevaluare și problemele cu aplicații propuse (cu indicații și răspunsuri), cititorul poate să-și verifice singur gradul în care problematica tratată a fost înțeleasă, fapt ce ajută în mare măsură la o înțelegere mai profundă a noțiunilor de procesare a materialelor, la formarea unui stil de lucru și la familiarizarea cu probleme practice reale, întâlnite în procesul de proiectare tehnologică.

CUPRINS

CAPITOLUL 1	1
Elemente de teoria plasticității și ruperii materialelor	1
1.1 Noțiuni teoretice	1
1.2 Teste de autoevaluare.....	9
1.3 Probleme cu aplicații	23
CAPITOLUL 2	50
Procedee de prelucrare prin deformare plastică	50
2.1 Noțiuni teoretice	50
2.2 Teste de autoevaluare.....	64
2.3 Probleme cu aplicații.....	91
Bibliografie.....	110
ANEXE.....	111

CAPITOLUL 1

Elemente de teoria plasticității și ruperii materialelor

1.1. Noțiuni teoretice

Materiale elastice sunt acele materiale la care deformațiile dispar o dată cu sarcinile care le-au produs; permit deformații reversibile mari ($\epsilon \geq 0,6$).

Elasticitatea este proprietatea materialelor de a se deforma sub acțiunea sarcinilor exterioare și de a-și relua forma și dimensiunile inițiale, când sarcinile se anulează.

Materiale plastice sunt acelea care se deformează sub acțiunea unor sarcini exterioare, fără a mai reveni la forma și dimensiunile inițiale după îndepărtarea sarcinii.

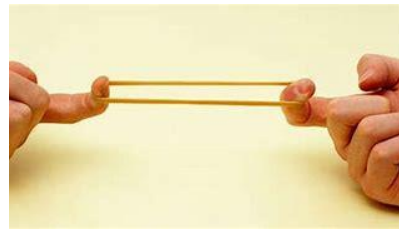
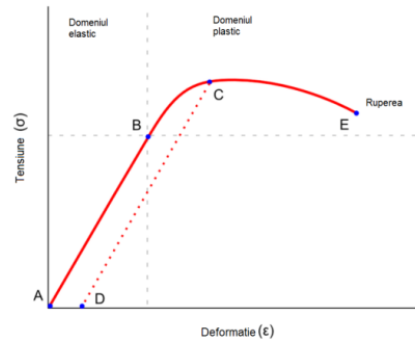
Plasticitatea este proprietatea materialelor de a se deforma sub acțiunea sarcinilor exterioare fără a mai reveni la forma și dimensiunile inițiale după încetarea acțiunii sarcinilor exterioare.

Materiale elasto-plastice sunt materiale care se deformează parțial elastic, parțial plastic. Pe măsura creșterii tensiunii, deformațiile plastice cresc în dauna celor elastice. Majoritatea materialelor folosite în aplicațiile tehnice inginerești sunt materiale elasto-plastice.

Materiale fragile sunt acele materiale care se rup la sollicitări care induc deformații elastice foarte mici ($\epsilon \leq 0,01$).

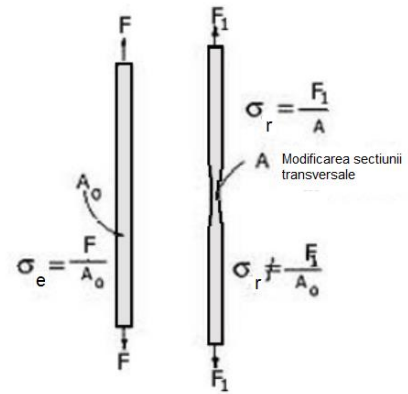
Anizotropia este proprietatea caracteristică anumitor corpuri, constând în dependența unor mărimi mecanice, electrice, optice etc., numite constante de material, de direcția de-a lungul căreia este exercitată acțiunea exterioară.

Tensiune inginereasca se determină ca raportul dintre sarcina aplicată asupra unui corp și secțiunea transversală inițială a acestuia.



$$\text{Tensiunea inginereasca } \sigma_e = \frac{\text{Forța}}{\text{Aria secțiunii transversale inițiale}} = \frac{F}{A_0}$$

Tensiunea reală se determină ca raportul dintre sarcina aplicată unui corp și secțiunea instantanee a acestuia pe parcursul deformării sale.



$$\text{Tensiunea reala } \sigma_r = \frac{\text{Forța}}{\text{Aria secțiunii transversale instantanee}} = \frac{F}{A}$$

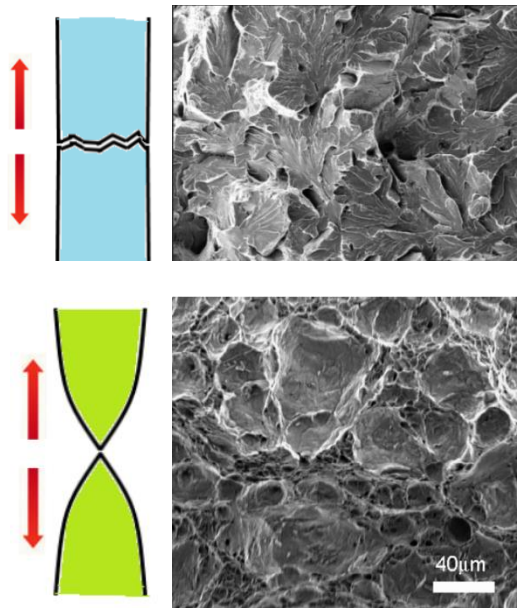
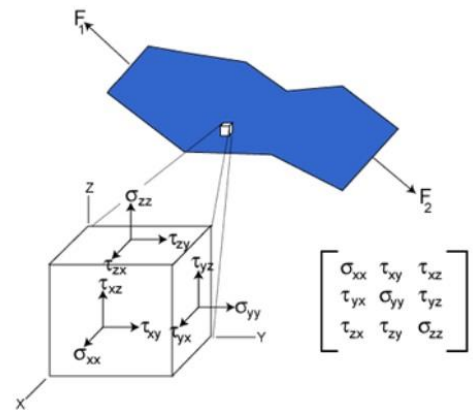
Stare de tensiuni omogenă într-un corp supus deformării este considerată atunci când este identică în toate punctele corpului și este neomogenă în caz contrar.

Tensorul tensiunii este o mărime care caracterizează starea de tensiuni a unui punct situat pe o suprafață oarecare a corpului supus deformării.

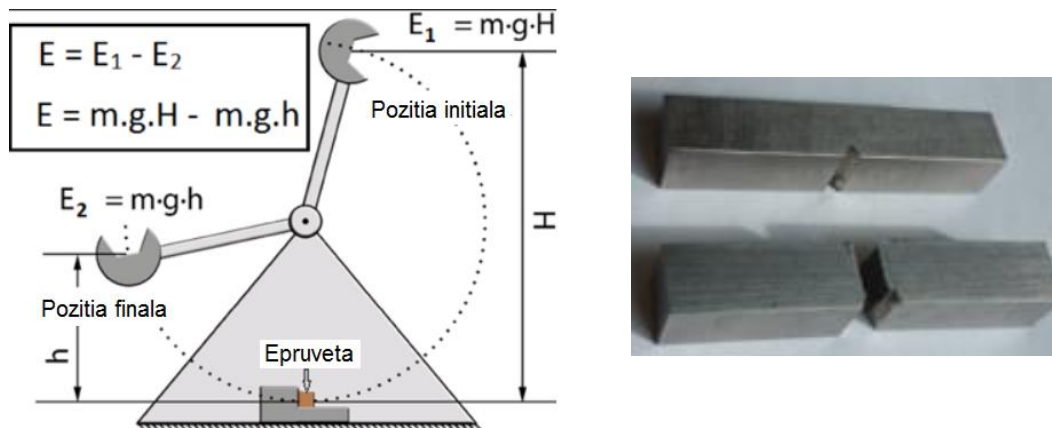
Ruperea este fenomenul de fragmentare a unui corp solid în două sau mai multe părți, sub acțiunea unor tensiuni interne sau externe.

Ruperea fragilă se produce după un plan normal la direcția tensiunii, cu o mare viteză de propagare și fără a fi precedată de deformații plastice macroscopice. Aceste caracteristici fac ca ruperea fragilă să constituie un fenomen deosebit de periculos pentru structurile metalice. La materialele policristaline ruperea fragilă se poate produce fie transcrystalin, fie intercrystalin.

Ruperea ductilă este produsă de tensiunile tangențiale (se mai numește și rupere prin forfecare) și este precedată de deformații plastice mari, aspectul suprafeței de rupere fiind mat-fibros. Ruperea ductilă se produce transcrystalin și are o viteză de propagare relativ lentă.



Testul Charpy permite determinarea cantității de energie absorbită de un material în timpul ruperii .



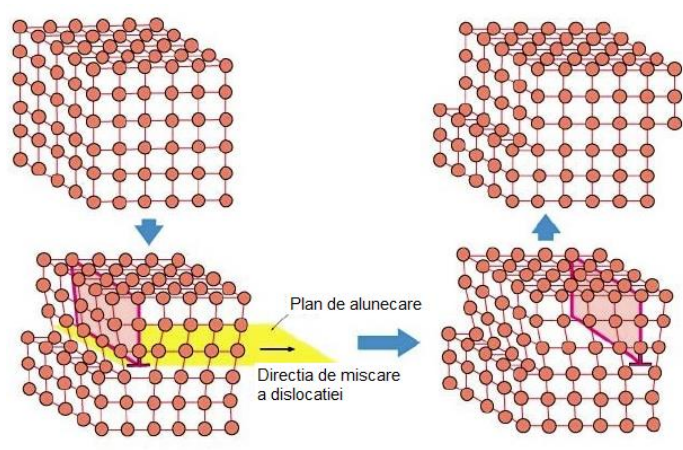
Deformarea plastică constă în schimbarea permanentă a formei și dimensiunilor unui corp metalic asupra căruia se aplică o sarcină exterioară fără a se distruge integritatea lui structurală. In figura de mai jos pot fi observate câteva exemple de piese obținute prin diferite procedee tehnologice de deformare plastică.



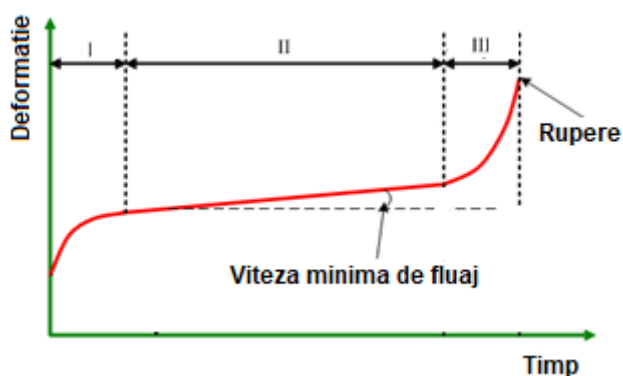
Deformarea plastică la rece are loc la temperaturi inferioare temperaturii de recristalizare (de refacere a structurii metalice deformate) și este însoțită numai de procesul de ecruisare (creștere a durității și proprietăților mecanice prin deformare plastică).

Deformarea plastică la cald se produce la o temperatură superioară celei la care structura corpului deformat se reface printr-un proces de recristalizare. Pentru majoritatea materialelor metalice, temperatura la care are loc procesul de recristalizare este aproximativ de 0,4 din temperatura de topire.

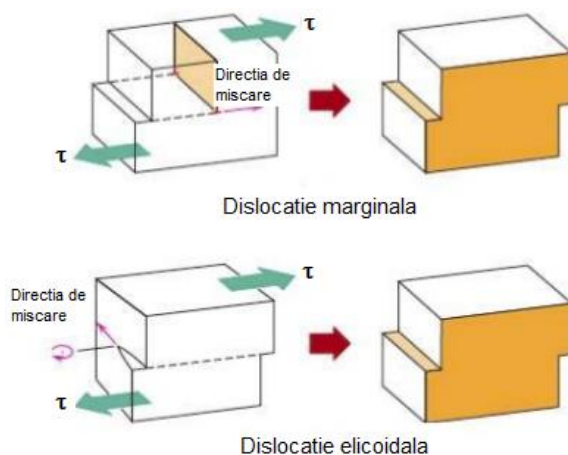
Mecanismul deformării plastice a metalelor și aliajelor, constă în alunecarea unor zone față de altele, de-a lungul unor plane cristalografice cu densitate maximă de atomi, numite plane de alunecare. Deformarea plastică poate avea loc și prin mecanismul de maclare, adică de trecere a unei porțiuni a metalului într-o nouă poziție simetrică față de materialul nedeformat. Planul de simetrie dintre porțiunea deformată și cea nedeformată se numește plan de maclare.



Fluajul constă în variația lentă, pe durate mari, a eforturilor unitare la întindere și a deformațiilor materialelor supuse unor solicitări continue. Fluajul reprezintă o creștere dependentă de timp a deformației rezultate din aplicarea, în mod continuu a forței de întindere. Fenomenul de fluaj se poate identifica la metalele solicitate la o sarcină constantă, la o temperatura înaltă.



Dislocațiile sunt defecte liniare de material și pot fi considerate ca linii de demarcație între o porțiune din cristal, care s-a deplasat pe un plan cristalografic în raport cu celălalt.

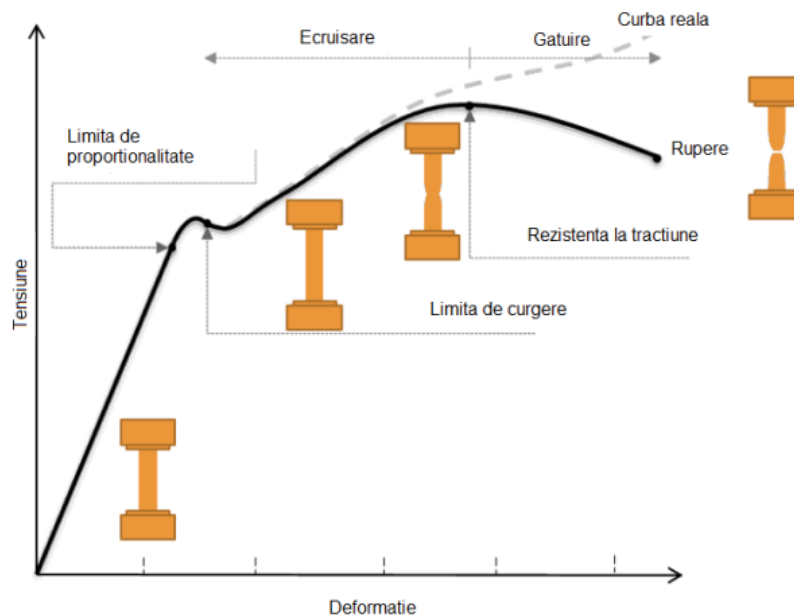


Deformabilitatea reprezintă capacitatea metalelor și aliajelor de a se deforma plastic sub acțiunea unor forțe exterioare, fără a-și distruge integritatea structurală.

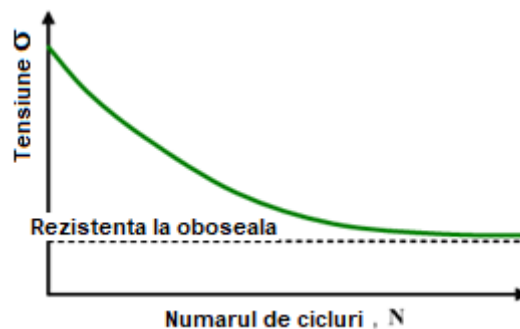
Rezistența la deformare reprezintă tensiunea cu care se opune materialul metalic deformării sale de către forțele exterioare.

Viteza de deformare reprezintă variația gradului de deformare în funcție de timp .

Limita de curgere definește valoarea minimă a tensiunii de la care începe deformarea permanentă sau deformarea plastică.

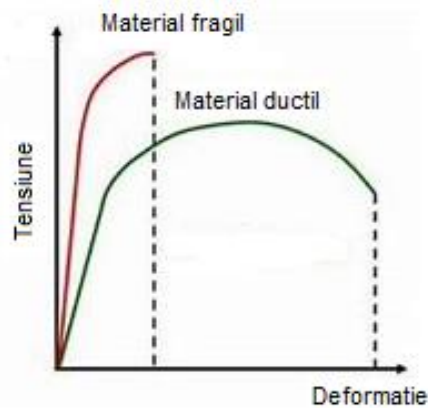


Ruperea la oboseală apare în urma aplicării unor sarcini variabile și repetate în timp și se manifestă prin unele caracteristici care le deosebesc de ruperile determinate prin aplicarea unor sarcini constante. Ruperea la oboseală se produce, în general, la tensiuni mult mai mici decât cele necesare pentru a preceda ruperea în condiții statice .



Tenacitatea este capacitatea unui material de a absorbi energie și a se deforma plastic înainte de a se rupe; cantitatea de energie absorbită atât în timpul deformării cât și al ruperii este o măsură a tenacității materialului. Mărimea deformației care precede ruperea este o măsură a ductilității, iar forța necesară producerii ruperii este o măsură a rezistenței mecanice.

Ductilitatea reprezintă capacitatea materialului de a suferi deformare plastică apreciabilă înainte de rupere; poate fi exprimată ca procent alungire (% EL) sau procent de reducere a secțiunii (% RA) la încercarea la tracțiune.



Tranziția ductil-fragil reprezintă trecerea de la comportamentul ductil la cel fragil al unui material odată cu scăderea temperaturii.

Efectul termic al deformării plastice, reprezintă energia transformată în căldură, ridicând temperatura corpului deformat și căldurii degajate la contactul dintre material și scula de deformare, ca efect al procesului de frecare.

Texturarea se produce în cazul deformării plastice la rece a agregatelor policristaline, odată cu schimbarea formei grăunților cristalini (alungirea lor) având loc și modificarea orientării rețelelor cristalografice a acestora, obținându-se o orientare preferențială în direcția în care are loc deformarea principală maximă a corpului.

Transformările de fază în timpul deformării plastice au loc ca urmare a variației temperaturii corpului deformat, a modificării temperaturii de transformare și a intensificării proceselor de difuzie în corpul tensionat.

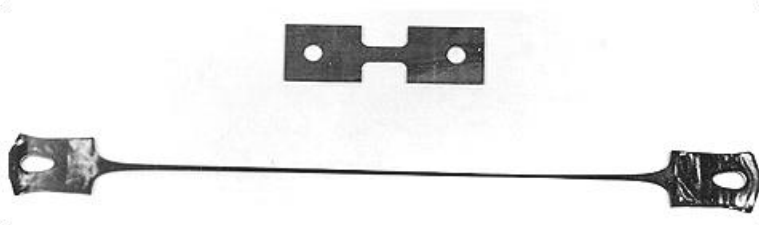
Modulul de elasticitate longitudinal sau modulul lui Young, caracterizează rigiditatea materialului, respectiv proprietatea acestuia de a se opune deformării sale

Reziliența caracterizează capacitatea unui material de a absorbi energia când este deformat elastic .

Ecruisarea este fenomenul de creșterea a durității și rezistenței unui material, deformat plastic sub temperatura sa de recristalizare. Prin ecruisare cresc rezistența mecanică, duritatea, rezistivitatea electrică scad ductilitatea, tenacitatea, rezistența la coroziune.

Superplasticitatea este o stare, creată într-un material în anumite condiții tehnologice, ce se caracterizează printr-o mare capacitate de deformare plastică fără distrugerea integrității acestuia.

Materialele superplastice pot fi deformate cu grade de deformare foarte mari (până la 2000%) fără să apară gătuirea locală și să se rupă. Se consideră că un material are proprietăți superplastice dacă gradul de alungire admis depășește 200%. În cazul materialelor superplastice deformarea are loc în întregul volum și nu doar local cum se întâmplă la materialele obișnuite.



Frecarea exterioară între materialul deformat și sculele de deformare are două roluri importante: primul este că influențează negativ desfășurarea deformării, măbind necesarul de energie pentru realizarea procesului și al doilea influențează pozitiv procesele de deformare. Din această ultimă categorie s-ar putea aminti cazul laminării care nu s-ar putea desfășura dacă nu ar exista frecarea dintre cilindrii de laminare și material.

1.2 Teste de autoevaluare

1. Proprietatea unui material de a se deforma sub acțiunea solicitărilor mecanice și de a reveni la forma inițială când solicitările își încetează acțiunea este denumită:

- a) plasticitate;
- b) elasticitate;
- c) duritate;
- d) tenacitate?

2. Proprietatea unui material de a se deforma sub acțiunea solicitărilor mecanice și de a-și menține configurația obținută prin deformare când solicitările și-au încetat acțiunea este denumită:

- a) plasticitate;
- b) elasticitate;
- c) duritate;
- d) tenacitate?

3. Deformarea plastică a cristalelor reale (cu imperfecțiuni) care alcătuiesc structura pieselor metalice se realizează prin:

- a) alunecarea unor zone ale cristalelor de-a lungul unor plane cristalografice numite plane de alunecare, sub acțiunea tensiunilor tangențiale τ , generate de solicitările mecanice aplicate;
- b) alunecarea unor zone ale cristalelor de-a lungul unor plane cristalografice numite plane de alunecare, sub acțiunea tensiunilor normale σ , generate de solicitările mecanice aplicate;
- c) modificarea distanțelor interatomice și schimbarea parametrilor structurii cristaline;
- d) alunecarea, cu deplasarea relative simultană, cu un număr întreg de distanțe interatomice, a tuturor atomilor din zonele adiacente unuia sau mai multor plane de alunecare?

4. Care din următoarele afirmații privind deformarea materialelor metalice sunt adevărate:

- a) în cazul oricărui material metalic deformat elastic este valabilă legea lui Hooke;
- b) în cazul oricărui material metalic deformat plastic există o dependență liniară între tensiunile generate de solicitările mecanice și deformațiile specifice produse;
- c) deformarea plastică determină ecruisarea materialelor metalice;
- d) materialele metalice deformate plastic la rece capătă o structură fibroasă?

5. Deformarea plastică realizată la o temperatură $T_{dp} > T_{recristalizare}$ este denumită:

- a) deformare plastică la rece;

- b) deformare plastică fără fisurare;
- c) deformare plastică la cald;
- d) deformare plastică fără ecruisare?

6. Care din următoarele caracteristici corespund ruperilor fragile ale materialelor metalice:

- a) se produc prin clivaj (smulgere) ;
- b) au aspect fibros ;
- c) sunt precedate de deformații plastice apreciabile ;
- d) se produc cu viteze foarte mari ?

7. Care din următoarele caracteristici corespund ruperilor ductile (tenace) ale materialelor metalice:

- a) se produc prin forfecare ;
- b) au aspect fibros ;
- c) sunt precedate de deformații plastice apreciabile ;
- d) au, de obicei, propagare transcristalină ?

8. Care din următorii factori influențează comportarea la rupere a materialelor metalice solicitate mecanic :

- a) prezența concentratorilor de tensiuni ;
- b) viteza de solicitare ;
- c) temperatura materialului supus solicitării mecanice;
- d) tipul structurii cristaline a materialului?

9. Care din următoarele afirmații privind comportarea la rupere a materialelor metalice sunt adevărate:

- a) comportarea ductilă sau fragilă la rupere este o caracteristică intrinsecă a oricărui material metallic ;
- b) un material metalic aflat la o temperatură $t < t_{\text{tranzitie}}$ va avea comportare fragilă la rupere ;
- c) ruperea fragilă a materialelor metalice se produce lent (stabil) și este precedată de deformații plastice apreciabile ;
- d) prezența concentratorilor de tensiuni asigură o comportare ductilă la rupere a materialelor metalice ?

10. După caracterul deformării se disting următoarele tipuri de deformații :

- a) deformații elastice, plastice ;
- b) deformații fragile ;
- c) deformații ductile ;
- d) deformații anizotrope ;
- e) fluajul.

11. Tensiunile tangențiale τ au valoarea maximă într-un plan situat, față de direcția de acțiune a forței F, la :

- a) 45° ;
- b) 60° ;
- c) 90° .

12. Deformarea plastică a monocristalelor ideale se realizează prin:

- a) rupere ductile ;
- b) rupere fragilă;
- c) alunecare și maclare;
- d) rupere la oboseală.

13. Deformarea plastică a agregatelor policristaline se datorează:

- a) creșterii rezistenței la limitele dintre grăunți;
- b) deformare intracristalină și intercristalină;
- c) concentrării dislocațiilor în lungul planelor de alunecare;
- d) stării de ecruisare.

14. Ruperea ductilă se produce:

- a) după un plan normal la direcția tensiunii; cu o viteză mare de propagare; fără a fi precedată de deformații plastic macroscopice;
- b) transcrystalin; are o viteză lentă de propagare; este generată de tensiunile tangențiale; este precedată de deformații plastic mari;
- c) prin concentrarea dislocațiilor la obstacole;
- d) prin reacțiile între dislocații la intersecția benzilor de alunecare.

15. Ruperea fragilă se produce :

- a) după un plan normal la direcția tensiunii ; cu o viteză mare de propagare; fără a fi precedată de deformații plastice macroscopice;

- b) transcristalin ; are o viteză lentă de propagare; este generată de tensiunile tangențiale; este precedată de deformații plastice mari;
- c) prin concentrarea dislocațiilor la obstacole;
- d) prin reacțiile între dislocații la intersecția benzilor de alunecare.

16. Ruperile care apar în urma aplicării unor sarcini variabile și repetate în timp se numesc:

- a) ruperi fragile;
- b) ruperi la fluaj;
- c) ruperi ductile;
- d) ruperi la oboseală.

17. Ruperile produse prin deformarea lentă, progresivă în timp și continuă a unui material sub acțiunea unei sarcini constante se numesc:

- a) ruperi fragile;
- b) ruperi la fluaj;
- c) ruperi ductile;
- d) ruperi la oboseală.

18. Cauzele tranziției de la ruperea ductilă la cea fragilă sunt;

- a) Starea triaxială de tensiuni;
- b) Temperatura scăzută;
- c) Viteza mare de deformare;
- d) Defectele de suprafață.

19. Comportarea la rupere a materialelor metalice, poate fi exprimată prin intermediul proprietății numită:

- a) tenacitate;
- b) încovoire prin șoc;
- c) reziliență.

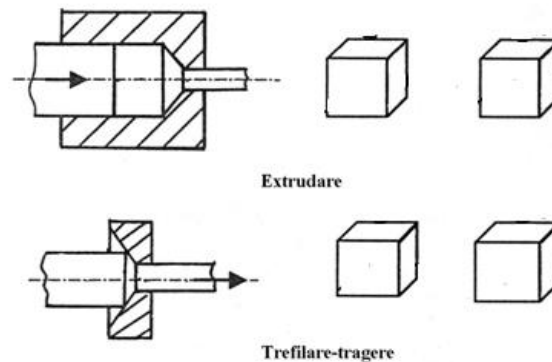
20. În cazul unei epruvete, cu secțiune circulară supusă la tracțiune, gradul de deformare logaritmic este:

a) $\delta = \ln \frac{l_1}{l_0}$

$$b) \delta = 2 \ln \frac{d_0}{d_1}$$

$$c) \delta = \ln \frac{1}{1-r}$$

21. Completați și discutați schemele mecanice pentru procedeele de deformare plastică de mai jos.



22. Defectele structurale ale materialelor ce stau la baza deformării plastice sunt:

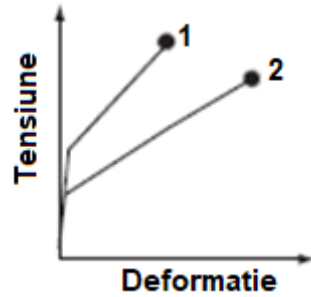
- a) vacanțele;
- b) dislocațiile;
- c) atomii interstițiali.

23. O dată cu reducerea mărimii grăuntelui, proprietățile mecanice de rezistență și duritate:

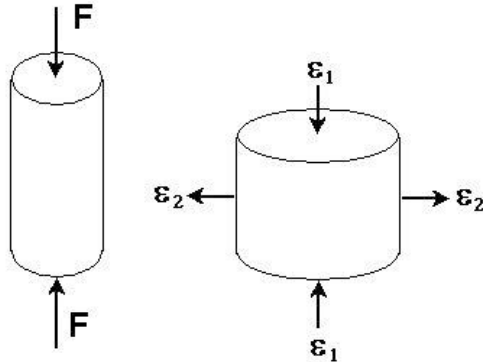
- a) cresc;
- b) se micșorează;
- c) nu sunt influențate.

24. Pe diagrama tensiune-deformație de mai jos este reprezentat comportamentul la deformare a doua epruvete. Răspundeți la următoarele întrebări studiind diagrama:

- a) Epruvetele 1 și 2 sunt identice exceptând doar dimensiunea de grăunte. Care dintre cele 2 epruvete are grăunți de dimensiuni mai mici? Argumentați.
- b) Epruvetele 1 și 2 sunt identice exceptând doar că au fost încercate la temperaturi diferite. Care dintre ele a fost testată la temperatură mai scăzută? Argumentați.
- c) Curbele de mai jos reprezintă variația tensiune reală - deformație reală sau tensiune inginerescă - deformație inginerescă. Argumentați.



25. Exprimați coeficientul lui Poisson pe baza schemei de mai jos:



Indicați valoarea coeficientului lui Poisson pentru oțel.

26. Notați și indicați unitățile de măsură pentru: modulul de elasticitate transversal; modulul de elasticitate longitudinal; coeficientul lui Poisson; limita de curgere; coeficientul de ecrusare; deformația logaritmică; tensiunea normală; tensiunea tangențială; viteza de deformare.

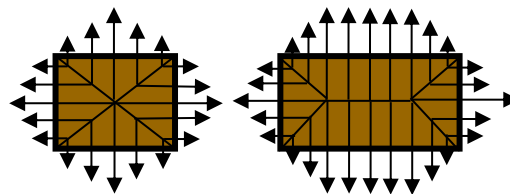
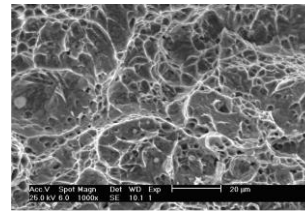
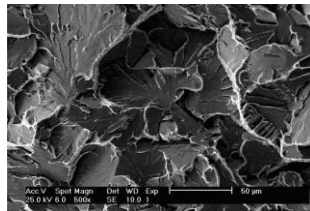
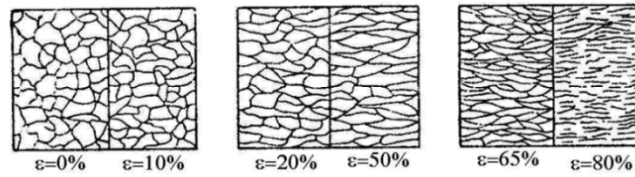
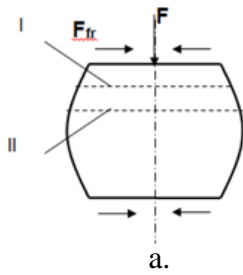
27. Din lucrul mecanic cheltuit pentru deformare plastică, aproximativ 60% se transformă în căldură, 40% se acumulează în rețeaua cristalină a materialului (sub formă de tensiuni):

- a) adevărat;
- b) fals.

28. Cauzele tranziției de la ruperea fragilă la cea ductilă sunt;

- a) Starea triaxială de tensiuni;
- b) Temperatura scăzută;
- c) Viteza mare de deformare;
- d) Defectele de suprafață.

29. Explicați imaginile de mai jos :



30. Prin ce tip de solicitare au fost deformate probele de mai jos? Ce mecanism de rupere au suferit fiecare dintre ele?



a. b. c.

31. Grupați materialele de mai jos în intrinsec fragile și intrinsec ductile: fonta, oțel de arc, oțel călit, Ni, Cu, ceramică, sticlă, polimerii, Pb, Al, Au, Ag, oțel hipoeutectoid, materiale cu CFC.

32. Discutați influența conținutului de mangan și sulf asupra temperaturii de tranziție la oțel.

33. Să se definească următoarele mărimi, indicând și unitățile lor de măsură: ϵ , δ , σ_r , σ_c , σ_i , T , τ , μ

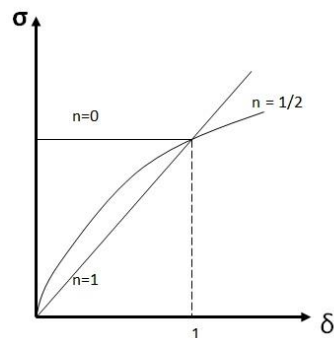
34. Ce exprimă o relație de forma: $\bar{\sigma} = f(\delta, \dot{\epsilon}, T, \sigma^*)$

35. Să se exprime relația lui Hollomon. Ce reprezintă aceasta?

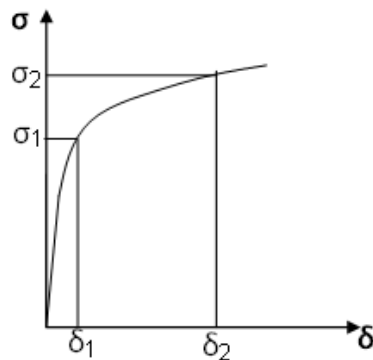
36. Ecuația lui Hollomon este specifică deformării la:

- a. semicald;
- b. rece;
- c. semirece;
- d. cald.

37. Să se discute diagrama de mai jos:



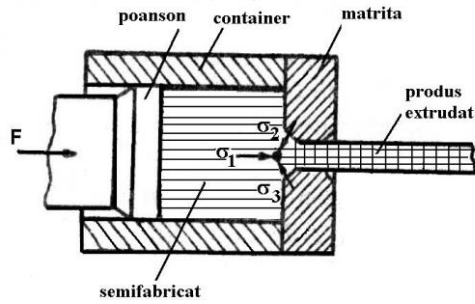
38. Având diagrama de curgere a unui material sub forma de mai jos să se explice principiul de determinare a parametrilor ecuației lui Hollomon.



39. Starile de tensiuni dintr-un corp supus deformării plastice pot fi:

- a) spațiale;
- b) plane;
- c) liniare.

40. Să se discute următoarea stare de tensiuni:



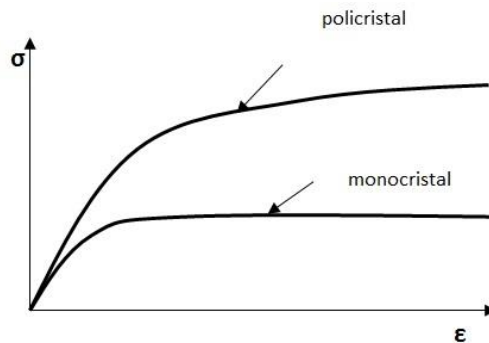
41. Defectele structurale ale materialelor ce stau la baza deformării plastice sunt:

- a) vacanțele;
- b) dislocațiile;
- c) atomii interstițiali.

42. Relația de mai jos poartă numele de relația lui și exprimă.....

$$\sigma_c = \sigma_0 + K_y / \sqrt{D}$$

43. Să se discute diagrama de mai jos:



44. Apariția eforturilor unitare suplimentare este cauzată de :

- a) condițiile de frecare pe suprafața de contact dintre corpul supus deformării și scula de deformare ;
- b) diferența mare între forma secțiunii corpului înainte și după deformare;
- c) neomogenitatea chimică, structurală sau a încălzirii conduce de asemenea la comportarea diferită la deformare în diferite zone ale corpului.

45. Criteriile plasticității exprimă sub formă matematică relațiile între tensiunile ce apar în corpul supus deformării pentru ca acesta să treacă în stare plastică.

- a) adevărat;
- b) fals.

46. Sa se determine viteza de deplasare a nicovalei superioare a unui ciocan pentru deformarea prin refulare a unui semifabricat cu înălțimea de 50 mm, știind că viteza de deformare este de $0,01 \text{ min}^{-1}$.

47. Fenomenul de texturare prin deformare plastică duce la obținerea unei anizotropii cristalografice care are ca efect anizotropia proprietăților mecanice:

- a) adevărat;
- b) fals.

48. Neuniformitatea deformațiilor la prelucrarea prin deformare plastică este cauzată de :

- a) Frecarea pe suprafața de contact dintre sculă și semifabricat ;
- b) Neomogenitatea fizico-chimică și structurală a materialului supus deformării;
- c) Ecrusare și recristalizare.

49. Ruperea ductilă se caracterizează prin:

- a) Deformare plastică mare în vecinătatea unei fisuri;
- b) Deformarea plastică este o indicație de ruptură iminentă, permițând astfel luarea de măsuri preventive;
- c) Fisura este instabilă: odată ce începe, va continua în mod spontan fără să fie nevoie de creșterea tensiunii aplicate;
- d) Este necesară o energie de deformare mică pentru a o provoca.

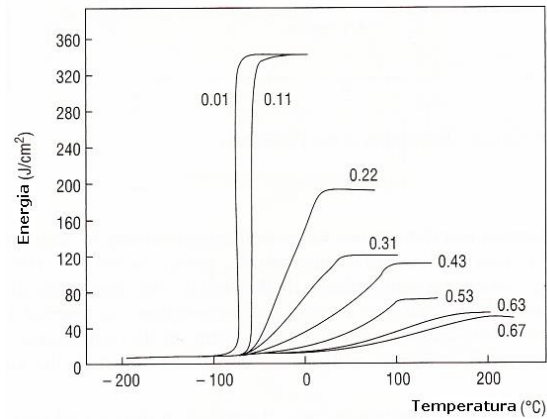
50. Comportarea la rupere a materialelor metalice, poate fi exprimată prin intermediul proprietății numită:

- a) tenacitate;
- b) încovoire prin șoc;
- c) reziliență.

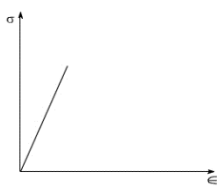
51. Cauzele tranziției de la ruperea ductilă la cea fragilă sunt:

- a) Starea triaxială de tensiuni;
- b) Temperatura scăzută;
- c) Viteza mare de deformare;
- d) Defectele de suprafață.

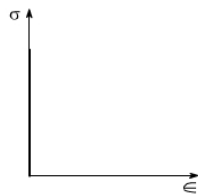
52. Discutați influența conținutului de carbon asupra curbelor de tranziție la oțel, pe baza diagramei de mai jos.



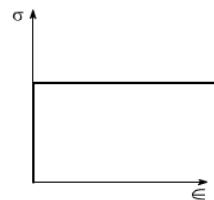
53. Ce tipuri de materiale caracterizează diagramele tensiune-deformație de mai jos:



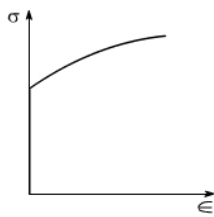
a.



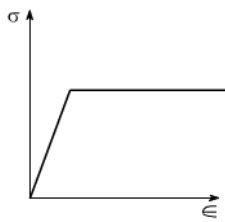
b.



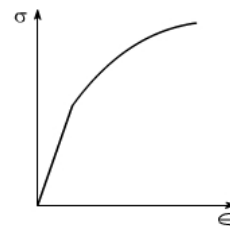
c.



d.



e.



f.

54. Cum contribuie limitele grăunților la fenomenul de ecruisare în metale?

Răspuns. Limitele grăunților blochează mișcarea continuă a dislocațiilor din metal în timpul deformării. Pe măsură ce numărul dislocațiilor blocate crește, metalul devine mai dificil de deformat; rezultatul fiind creșterea proprietăților de rezistență.

55. Care sunt cele trei tipuri de sollicitări statice la care sunt supuse materialele?

Răspuns. tracțiune, compresiune și forfecare.

56. Definiți legea lui Hooke.

Răspuns. Legea lui Hooke definește relația între tensiune și deformație pentru un material elastic $\sigma = E\varepsilon$, unde E este o constantă de proporționalitate numită modulul de elasticitate.

57. Care este diferența dintre tensiunea inginerescă și tensiunea reală într-un test de tracțiune?

Răspuns. Tensiunea inginerescă se determină prin raportarea forței de deformare la aria inițială a epruvetei solicitate; în timp ce tensiunea reală se determină prin raportarea aceleiași forțe de deformare la aria instantanee a epruvetei, care scade pe măsură ce epruveta este întinsă.

58. Definiți rezistența la tracțiune a unui material.

Răspuns. Rezistența la tracțiune este forța maximă din timpul încercării la tracțiune raportată la aria inițială a epruvetei solicitate.

59. Definiți limita de curgere a unui material.

Răspuns. Limita de curgere este tensiunea la care materialul începe să se deformeze plastic. Este de obicei măsurată ca valoare de offset de 0,2%, care este punctul în care curba tensiune-deformație pentru materialul dat intersectează o linie care este paralelă cu porțiunea elastică a curbei, pentru o valoare a deformației de 0,2%.

60. Cum diferă modificarea ariei secțiunii transversale a unei epruvete la o încercare de compresiune față de încercarea de tracțiune ?

Răspuns. Într-o încercare de compresiune, aria secțiunii transversale a epruvetei crește; în timp ce într-o încercare de tracțiune, secțiunea transversală scade.

61. Alegeți cele trei tipuri de solicitări statice de bază la care poate fi supus un material :

- a) compresiune,
- b) duritate,
- c) reducerea de arie,
- d) forfecare,
- e) tracțiune,
- f) tensiune reală,
- g) randament ?

Răspuns. (a), (d) și (e).

62. Alegeți definiția corectă a rezistenței la tracțiune, așa cum derivă din rezultatele unui test de tracțiune pe o epruvetă metalică:

- a) tensiunea la care materialul trece din starea elastică în starea plastică de deformare,
- b) tensiunea maximă împărțită la aria finală a epruvetei,
- c) tensiunea maximă împărțită la aria inițială a epruvetei,
- d) tensiunea în momentul ruperii epruvetei?

Răspuns. (c)

63. Dacă valorile tensiunilor au fost măsurate în timpul unui test de tracțiune, care dintre următoarele ar avea cea mai mare valoare:

- a) tensiunea inginerească,
- b) tensiunea reală ?

Răspuns. (b).

64. Regiunea plastică a curbei tensiune-deformație pentru un metal este caracterizată printr-o relație proporțională între tensiune și deformație:

- a) adevărat;
- b) fals.

Răspuns. b) Regiunea elastică este caracterizată de o relație proporțională între tensiune și deformație. Regiunea plastică este caracterizată de o curbă de curgere.

65. Care dintre următoarele tipuri de relații între tensiuni și deformații descrie cel mai bine comportamentul celor mai multe metale la temperatura camerei:

- a) elastic și perfect plastic,
- b) elastic cu ecrisare,
- c) perfect elastic,
- d) nici una dintre cele de mai sus?

Răspuns. (b).

66. Care dintre următoarele tipuri de relații între tensiuni și deformații descrie cel mai bine comportamentul metalelor la temperaturi peste punctele lor de recristalizare :

- a) elastic și perfect plastic,
- b) elastic cu ecrisare,
- c) perfect elastic,
- d) niciuna dintre cele de mai sus?

Răspuns. a).

67. Care dintre următoarele materiale are cel mai mare modul de elasticitate:

- a) aluminiu,
- b) diamant,
- c) oțel,
- d) titan,
- e) wolfram?

Răspuns. b).

68. Definiți ce se înțelege prin încărcare uniaxială, biaxială și triaxială.

Răspuns. Încărcarea uniaxială are loc de-a lungul unei singure direcții, biaxială de-a lungul a două direcții și triaxială de-a lungul a trei direcții. Rețineți că pot exista deformații multiaxiale chiar și atunci când încărcarea este limitată la una sau două direcții.

69. Indicați un avantaj și un dezavantaj al încercării de compresiune.

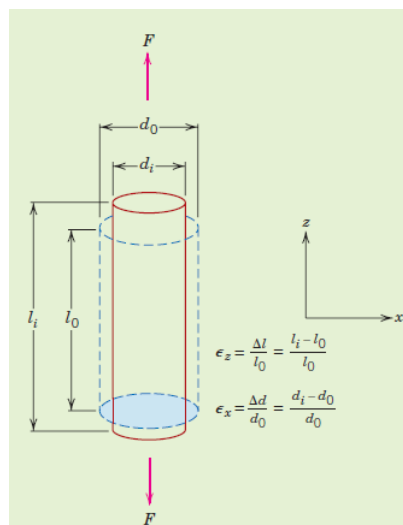
Răspuns. Un avantaj poate fi evitarea apariției fisurilor din cauza solicitărilor la tracțiune la sarcini reduse (ca în cazul ceramicii și sticlei) și deci sunt permise grade de deformare imposibil de aplicat în cazul încercării la tracțiune. Un dezavantaj ar fi dificultatea obținerii condițiilor de deformare fără frecare.

1.3 Probleme cu aplicații

1. O probă din cupru cu lungimea de 305 mm este supusă la tracțiune cu o tensiune de 276 MPa. Dacă deformarea este complet elastică, care va fi alungirea rezultată.
2. O bară de oțel de 100 mm lungime și având o secțiune transversală pătrată cu latura de 20 mm este supusă la tracțiune cu o sarcină de 89.000 N și suferă o alungire de 0,10 mm. Presupunând că deformarea este în întregime elastică, determinați modulul de elasticitate al materialului.
3. Pentru un aliaj de bronz, tensiunea la care începe deformarea plastică este de 275 MPa, iar modulul de elasticitate este de 115 GPa.
 - (a) Care este sarcina maximă care poate fi aplicată unei epruvete cu o secțiune transversală de 325 mm² fără ca deformare plastic să se producă?
 - (b) Dacă lungimea inițială a epruvetei este de 115 mm, care este lungimea maximă până la care poate fi întinsă fără a se produce deformarea plastică a epruvetei?
4. O epruvetă cilindrică de cupru ($E = 110$ GPa) având limită de curgere de 240 MPa trebuie supusă unei sarcini de 6660 N. Dacă lungimea epruvetei este de 380 mm, care trebuie să fie diametrul acesteia pentru a permite o alungire de 0,50 mm ?
5. O tensiune de tracțiune trebuie aplicată de-a lungul unei bare cilindrice din alamă care are un diametru de 10 mm. Determinați forța necesară pentru a produce o schimbare de diametru de $2,5 \times 10^{-3}$ mm dacă deformarea este complet elastică.

Soluție :

Această situație de deformare este reprezentată în imaginea de mai jos.



Când se aplică forța F , specimenul se va alungi în direcția Oz și în același timp, se va produce o reducere a diametrului Δd de $2,5 \times 10^{-3}$ mm în direcția x :

Deformația în direcția Ox va fi :

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta d}{d_0} = \frac{-2,5 \times 10^{-3} \text{ mm}}{10 \text{ mm}} = -2,5 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

Deformația pe direcția Oz va fi :

$$\varepsilon_z = -\frac{\varepsilon_x}{\vartheta} = \frac{(-2,5 \times 10^{-4})}{0,34} = 7,35 \times 10^{-4}$$

Coefficientul lui Poisson pentru alamă fiind 0,34.

Tensiunea aplicată poate fi acum calculată cu relația :

$$\sigma = \varepsilon_z \cdot E = (7,35 \times 10^{-4})(97 \times 10^3 \text{ MPa}) = 71,3 \text{ MPa}$$

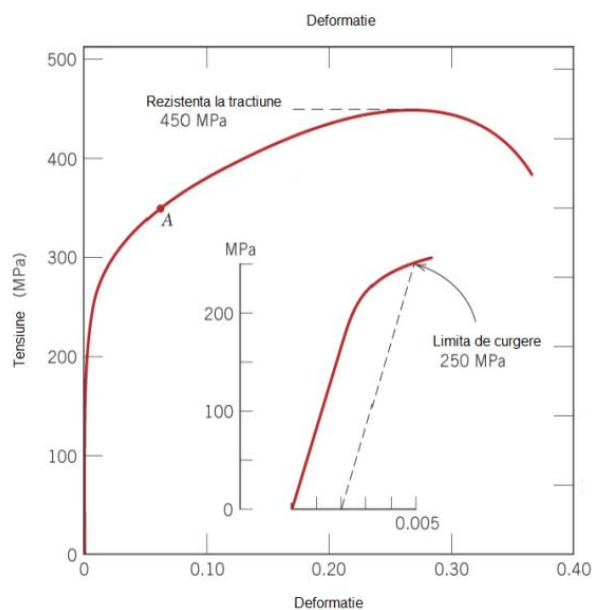
Modulul de elasticitate, pentru alamă fiind 97 GPa.

Forța necesară deformării va fi :

$$F = \sigma \cdot A_0 = \sigma \cdot \frac{\pi d_0^2}{4} = \left(71,3 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) \cdot \frac{\pi 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}{4} = 5600 \text{ N}$$

6. Din curba de curgere de tensiune-deformație pentru epruveta de alamă prezentată în figura de mai jos, determinați următoarele:

- Modulul de elasticitate ;
- Limita de curgere ;
- Forța maximă care poate fi susținută de o probă cilindrică având un diametru de 12,8 mm ;
- Alungirea unei probe cu lungimea inițială de 250 mm, care este supusă unei solicitări de tracțiune de 345 MPa.



Soluție :

a) Modulul de elasticitate este panta porțiunii elastice sau liniare inițiale a curbei tensiune-deformație.

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

$$E = \frac{(150 - 0)MPa}{0,006 - 0} = 93,8 GPa$$

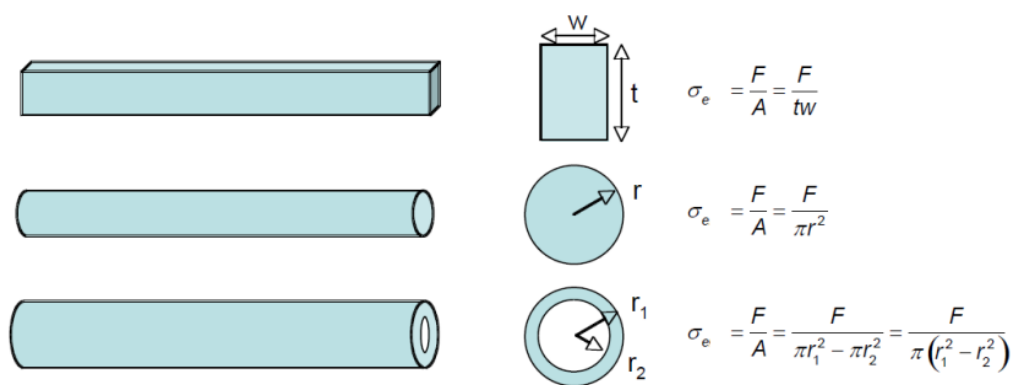
b) Din diagramă limita de curgere este aproximativ 250 MPa.

$$c) F = \sigma A_0 = \sigma \cdot \frac{\pi d_0^2}{4} = \left(450 \times 10^6 \frac{N}{m^2}\right) \left(\frac{\pi \cdot 12,8 \times 10^{-3} m}{4}\right) = 57.900 N$$

$$d) \Delta l = \varepsilon \cdot l_0 = 0,06 \times 250 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$$

7. Realizați schița unui epruvete de tracțiune cu (a) o secțiune transversală dreptunghiulară, (b) o secțiune transversală circulară, și (c) o secțiune transversală inelară și notați dimensiunile (de exemplu, notați raza pentru secțiunea circulară, etc.). Pentru fiecare element, exprimați tensiunea inginerescă . Dacă elementul dreptunghiular are dimensiuni de lățime și grosime egale cu 1 cm x 0,3 cm, care ar fi raza unui elementului circular astfel încât tensiunea să fie aceeași pentru o sarcina de tracțiune egala? Dacă un tub are o rază exterioară egală cu cea a unui cilindru, care este raza interioară maximă a tubului astfel încât tensiunea să nu depășească 50% din tensiunea în cilindru?

Soluție



Pentru bara dreptunghiulară,

$$A = (1 \text{ cm}) \cdot (0,3 \text{ cm}) = 0,3 \text{ cm}^2.$$

Pentru a o tensiune egală sub o sarcină identică, cilindrul trebuie să aibă aceeași secțiune transversală, deci:

$$A_{\text{drept}} = A_{\text{cil}} = \pi r^2$$

care necesită o rază de aproximativ 0,309 cm.

Tubul poate avea o secțiune transversală care este egală cu jumătate din cea a cilindriului deoarece solicitarea maximă este jumătate.

Dacă raza exterioară r_1 este 0,309 cm și aria tubului egală cu 0,5(0,3 cm²), rezultă raza interioară $r_2=0,218$ cm.

8. O sarmă de cupru, cu lungimea inițială de 10,00 m, este trasă până la lungimea finală de 10,10 m. Este recoaptă, apoi trasă din nou la o lungime de 10,20 m. Ce este deformația inginerescă asociată cu fiecare dintre cele două etape ale procesului? Care este deformația reală pentru fiecare etapă? Care sunt deformațiile reale și ingineresti totale? Ce legătură există între deformațiile totale calculate ca sumă a două etape față de o singură etapă?

9. O epruvetă cilindrică din aliaj Ni200 are următoarele proprietăți: $E = 204$ GPa, $\nu = 0,31$. Aceasta este solicitată elastic la compresiune cu forța de 12,5 kN. Dacă lungimea și diametrul epruvetei inițiale sunt de 20 mm și respectiv 15 mm, să se determine lungimea și diametrul epruvetei după solicitare.

Soluție

Deoarece încărcarea este elastică, putem aplica modulul lui Young și legea lui Hooke după cum urmează:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{A_0 E} = \frac{-12,5 \times 10^3 \text{ N}}{\pi \left(\frac{15 \times 10^{-3} \text{ m}}{2} \right)^2 (204 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})} = -3,47 \times 10^{-4}$$

$$\Delta L = L_0 \varepsilon = (20 \text{ mm})(-3,47 \times 10^{-4}) = -6,94 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

$$L_f = L_0 + \Delta L = 19,9931 \text{ mm}$$

Relația de legătură între deformația axială și deformația radială folosind coeficientul lui Poisson este:

$$\varepsilon_d = -\nu \varepsilon_l = -0,31(-3,47 \times 10^{-4}) = 1,0757 \times 10^{-4}$$

$$\Delta d = d_0 \varepsilon = (15 \text{ mm})(1,0757 \times 10^{-4}) = 1,614 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$d_f = d_0 + \Delta d \cong 15,0016 \text{ mm}$$

10. O epruvetă cilindrică din oțel având un diametru inițial de 12,8 mm este solicitată la tracțiune și are o rezistența la tracțiune inginerescă de 460 MPa. Dacă diametrul secțiunii sale transversale la rupere este de 10,7 mm, determinați :

a) Ductilitatea în termeni de reducere procentuală a secțiunii ;

b) Rezistența reală la rupere.

11. O epruvetă din aliaj de magneziu cu dimensiunile inițiale $d_0=12\text{mm}$ și $l_0=30\text{ mm}$ este supusă unei încercări la tracțiune obținându-se următoarele valori pentru forța de tracțiune, respectiv alungire:

Forța [N]	Alungire [mm]
0	0
5.000	0,0296
10.000	0,0592
15.000	0,0888
20.000	0,15
25.000	0,51
26.500	0,9
27.000	1,5
26.500	2,1
25.000	2,79

La finalul încercării dimensiunile epruvetei sunt: $d_1= 11,74\text{ mm}$, $l_1= 32,61\text{ mm}$.

Să se traseze curba inginerescă tensiune-deformație și să se determine:

- limita de curgere;
- rezistența la tracțiune;
- modulul de elasticitate;
- alungirea totală în procente;
- reducerea de arie;
- tensiunea la rupere.

12. O bară cu lungimea inițială de 25 cm este laminată până la lungimea de 50 cm în 3 etape astfel:

- De la 25 cm la 30 cm;
- De la 30 cm la 37 cm;
- De la 37cm la 50 cm;

- Să se determine gradul de deformare simplu ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$) pentru fiecare etapă, suma lor și să se compare cu valoarea gradului de deformare total ε ,
- Să se determine gradele de deformare logaritmice și suma lor să fie comparată cu valoarea gradului de deformare global δ .

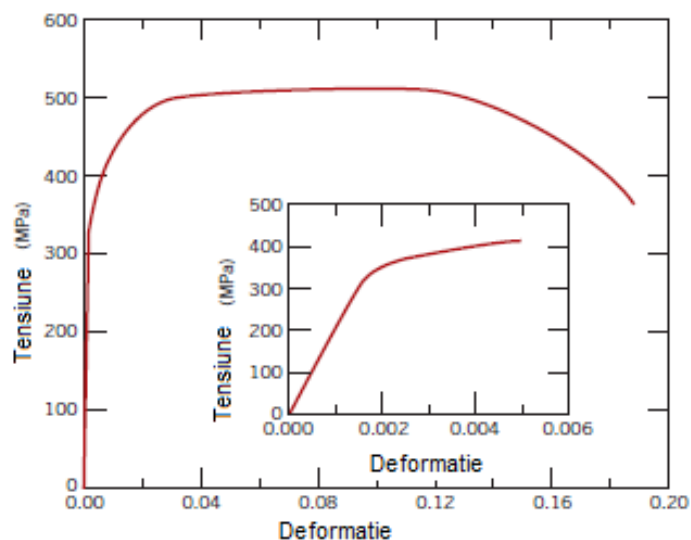
13. O epruvetă având dimensiunile inițiale: $l_0 = 100\text{mm}$ și $A_0 = 25\text{mm}^2$ este supusă unei încercări de tracțiune. În urma acesteia au fost obținute următoarele rezultate:

$F[N]$	0	4000	5180	6200	6500	6200	4600
$l [mm]$	100	105	125	160	180	195	205

Să se determine :

- limita de curgere a materialului,
- modulul de elasticitate,
- rezistența la tracțiune,
- coeficientul de rezistență K și coeficientul de ecruisare n din ecuația de curgere a lui Hollomon.

14. Se consideră o epruvetă cilindrică realizată dintr-un oțel cu diametrul de 10 mm și lungimea de 75 mm, solicitată la tracțiune. Să se determine alungirea când asupra acesteia se aplică o sarcină de 20.000 N .



15. Reprezentați energia de lovire funcție de temperatură pentru un oțel cu 0,2%C. Indicați pe diagrama obținută temperatura de tranziție ductil-fragil. Cum influențează conținutul de carbon dintr-un oțel temperatura de tranziție? Dar conținutul de mangan?

Oțel cu 0,2 %C										
T°C	-50	-40	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
Energia de lovire [J]	10	9	41	85	121	158	156	159	160	158

16. Un semifabricat cu $D_0=10$ mm și $L_0=30$ mm este supus la tracțiune. Forța maximă F_{max} de deformare este de 70KN, forța de rupere F_r este de 45KN, iar diametrul la rupere $D_1=8$ mm. Să se determine:

- tensiunea inginerescă la F_{max} ,
- tensiunea reală la rupere,
- gradul de deformare real la rupere,
- gradul de deformare ingineresc la rupere.

17. Să se calculeze raportul dintre gradele de deformare reale și cele ingineresti, pentru valori ale gradelor de deformare ingineresti: 0,3; 0,6.

18. O probă dintr-un aliaj de aluminiu având diametrul de 10 mm și lungimea inițială între repere $L_0 = 50$ mm este supusă încercării la tracțiune. Valorile măsurate pentru distanța între repere în funcție de forța de încercare, sunt prezentate în tabelul de mai jos. Sa se determine :

- curba de încercare $F = f(\Delta L)$,
- modulul de elasticitate,
- limita de curgere $\sigma_{0,2}$,
- rezistența la rupere,
- alungirea relativă la rupere Δl_r .

Forța [N]	Lungimea [mm]	Forța [N]	Lungimea [mm]
0	1	2	3
0	50,800	46200	53,848
7330	50,851	47300	54,864
15100	50,902	47500	55,880
23100	50,952	46100	56,896
30400	51,003	44800	57,658
34400	51,054	42600	58,420
38400	51,308	34400	59,182
41300	51,816	Rupere	
44800	52,832		

19. Se consideră o probă metalică având dimensiunile $\phi 15 \times 150$ mm supusă la tracțiune cu o tensiune $\sigma_1 = 50$ MPa în domeniul elastic. Folosind datele din tabel să se stabilească materialul probei, dacă alungirea corespunzătoare tensiunii σ_1 trebuie să fie mai mică decât 0,072 mm.

Dacă, în plus, se impune ca reducerea diametrului să fie de $2,3 \cdot 10^{-3}$ mm, să se identifice materialul care satisface aceste condiții.

Materialul	Modulul de elasticitate [GPa]	Coefficientul lui Poisson
0	1	2
Aluminiu	69	0,33
Alamă	97	0,34
Cupru	110	0,34
Magneziu	45	0,29
Nichel	207	0,31
Oțel	207	0,30
Titan	107	0,34
Wolfram	407	0,28

20. În tabelul de mai jos sunt prezentate rezultatele obținute în urma unei încercări de tracțiune asupra unei epruvete dintr-un aliaj de cupru. Diametrul inițial al epruvetei a fost de 12 mm, iar lungimea inițială de 45 mm.

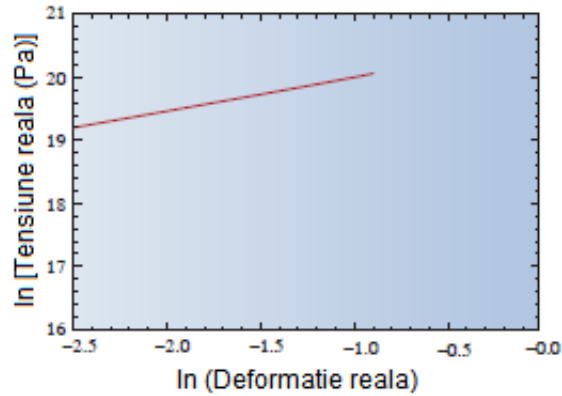
Forța (kN)	Δl (mm)
0	0
13,5	0,04
27,2	0,08
34	0,1
40,9	0,2
47,7	1,016
54,5	6,6
56,3	12,7
51,8	25,9

După rupere lungimea totală a epruvetei a fost de 75 mm, iar diametrul de 9 mm. Să se traseze diagrama tensiune inginerescă-deformație inginerescă și să se determine:

- limita de curgere a materialului,
- rezistența la tracțiune,
- modulul de elasticitate,
- deformația totală,
- reducerea de arie,

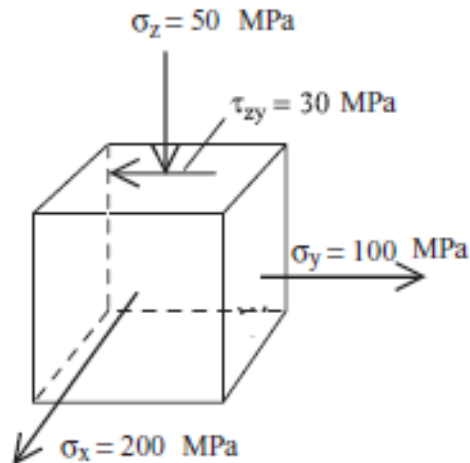
f) tensiunea inginerească la rupere.

21. Să se determine coeficientul de ecruisare și coeficientul de rezistență pentru aliajul Cu-Zn a cărui curbă logaritmică tensiune-deformație este prezentată mai jos.



22. O epruvetă dintr-un aliaj Cu-Zn are coeficientul de ecruisare 0,5. Diametrul inițial al epruvetei este de 10 mm și lungimea inițială 30 mm. În urma unei încercări de tracțiune epruveta se rupe la o tensiune de 120 MPa. În urma încercării nu s-a produs gătuirea epruvetei, lungimea devenind 35 mm, iar diametrul 9,2 mm. Să se determine tensiunea reală la o deformație reală de 0,05.

23. Un corp se găsește în starea de tensiuni prezentată mai jos:



Știind că limita de curgere a materialului din care este realizat corpul este de 500MPa, să se stabilească dacă sub starea de tensiuni prezentată corpul se va deforma plastic.

24. In tabelul de mai jos sunt prezentate datele obținute în urma unei încercări de tracțiune asupra unei epruvete din oțel cu 0,05 % carbon.

Nr. Inreg.	Diametrul epruvetei [mm]	Raza de curbură în zona gatuită [mm]	Forța [KN]	Aria secțiunii transversale [mm ²]	Deformația reală δ	Tensiunea nominală (ingineriasca) σ_n [MPa]	Tensiunea reală σ_r [MPa]
1	10,03		0				
2	9,53		20,70				
3	9,06		22,65				
4	8,21		22,85				
5	7,43		21,40				
6	6,75	14,8	19,70				
7	6,08	7,9	17,85				
8	5,53	5,7	13,70				

- a) să se completeze tabelul cu parametrii indicați,
- b) să se traseze curbele de curgere $\sigma_n - \varepsilon$, $\sigma_r - \delta$,
- c) să se verifice dacă una dintre curbele de mai sus pot fi exprimate de ecuația $\sigma = K\varepsilon^n$.
În caz afirmativ pe baza datelor din tabel să se determine coeficientul de rezistență al materialului și coeficientul de ecrusare.

25. Să se determine reducerea de arie și gradele de deformare ingineresti și reale pe direcție longitudinală în următoarele cazuri:

- a. refularea unui cilindru caracterizat de $h_1 = \frac{1}{2}h_0$;
- b. laminarea unei benzi cu parametrii $B_1=B_0$ și $H_1=0,9*H_0$;
- c. extrudarea unui semifabricat cilindric cu parametrii $D_0=100\text{mm}$ și $D_1=10,2\text{ mm}$;

26. Să se determine tensiunea de curgere și dependența sa de gradul de deformare pentru două materiale A și B, testate prin compresiune la temperatura ambiantă în absența frecării pe suprafața de contact. Epruveta inițială cu dimensiunile $D_0=h_0=30\text{mm}$ a fost deformată până la $h_1=14,42\text{ mm}$, iar apoi prelucrată la dimensiunile de $D_0'=h_0'=14,42\text{mm}$. Deformarea finală s-a realizat până la înălțimea de $h_1'=6,93\text{mm}$.

Nr. inreg.	Înălțimea cilindrului [mm]	Raza cilindrului [mm]	Deformația Reală δ	Material A		Material B	
				Forța [KN]	Tensiunea de curgere [MPa]	Forța [KN]	Tensiunea de curgere σ_r [MPa]
1	24			117,5		132,5	
2	18			185,2		176,6	
3	14,42			248,6		220,7	
4	11			38,6		32,2	
5	9			48,9		39,3	
6	6,93			66,2		51	

Tabelul de mai sus prezintă valorile înregistrate în urma deformării celor doi cilindrii (cel mare și cel mic).

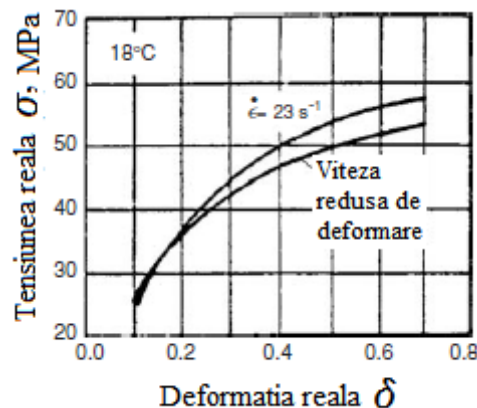
a) să se completeze parametrii din tabel;

b) să se traseze curbele de variație $\sigma_r - \delta$ pentru cele două materiale.

27. O epruvetă din bronz cu diametrul inițial de 12,7 mm este încercată la tracțiune, forța maximă atinsă este de 200 kN la o deformație de 40%. Să se determine forța de tracțiune pentru aceeași epruvetă la o deformație de 20%.

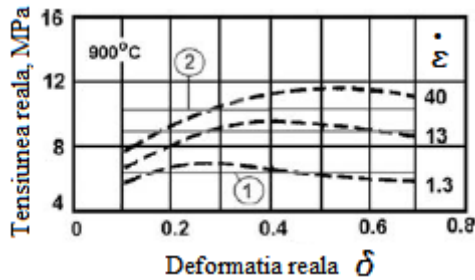
28. O epruvetă din oțel cu lungimea deformabilă $L_0 = 36\text{mm}$ și aria transversală $A_0 = 12,7\text{ mm}^2$ este deformată plastic prin tracțiune. La un moment dat pe parcursul încercării lungimea devine $L_1 = 50\text{ mm}$ și tensiunea inginerescă $\sigma_{e1} = 165\text{MPa}$; la un alt moment înainte de apariția găturii în epruvetă, $L_2 = 65\text{mm}$, iar tensiunea inginerescă $\sigma_{e2} = 193\text{MPa}$. Să se determine coeficientul de rezistență al materialului și coeficientul de ecruisare.

29. Figura de mai jos prezintă curbele de curgere obținute în cazul unui aliaj de cupru pentru două viteze de deformare. Să se determine parametrii din ecuația lui Hollomon pentru materialul dat.



30. În diagrama de mai jos sunt prezentate curbele de curgere obținute pentru un aliaj de cupru în urma deformării la temperatura de 900°C și la diferite viteze de deformare.

Să se determine parametrii din ecuația de curgere: $\sigma = C \dot{\epsilon}^m$



31. Comportarea plastică a unui material metalic poate fi exprimată prin relația:

$\bar{\sigma} = 500 \bar{\delta}^{0.5} \text{ MPa}$. Să se determine limita de curgere pentru materialul dat, în cazul deformării uniforme la rece a unei bare cu o reducere $r=0,3$.

32. O epruvetă este supusă unei încercări de tracțiune în urma căreia rezistența la tracțiune a fost de 340MPa. Această valoare a fost obținută pentru o deformație de 30%. Să se determine parametrii K și n dacă se presupune că materialul încercat respectă legea: $\sigma = K\delta^n$.

33. O epruvetă cu dimensiunile inițiale $d_0=9$ mm și $l_0=50$ mm este supusă unei încercări la tracțiune. În urma acesteia s-au obținut următoarele rezultate: forța de curgere 2000 KN; diametrul la rupere 6,8 mm; diametrul la forța maximă 7,8 mm; modulul de elasticitate longitudinală 172 GPa. Înaintea încercării la tracțiune, materialul a fost deformat la rece cu un anumit grad de deformare, iar legea de curgere a materialului este: $\sigma = K\delta^n$ cu $n=0,5$.

În această situație să se determine:

- limita de curgere a materialului,
- care a fost deformația indusă în material prin deformarea la rece anterioară încercării la tracțiune,
- forța maximă la tracțiune.

34. Un semifabricat de forma inelară cu raportul dintre dimensiunile inițiale $ED_0:ID_0:h_0 = 6:3:1$ și dimensiunile inițiale $ID_0=60$ mm, $h_0= 20$ mm este refulat până la înălțimea $h_1=15$ mm. După refulare diametrul interior al inelului devine $ID_1= 50$ mm.

Să se determine:

- reducerea de înălțime,
- reducerea diametrului interior,
- factorul de frecare prezent în proces adoptand modelul de frecare Tresca.

35. Se consideră un semifabricat inelar cu dimensiunile $ED_0= 75$ mm, $ID_0= 37,5$ mm, $h_0= 12,5$ mm. Să se determine: raportul $ED_0:ID_0:h_0$.

Tabelul de mai jos prezintă trei tipuri de materiale metalice care au fost testate prin compresiune în condițiile prezentate. În toate cazurile dimensiunea inelului după deformare este $h_1=9$ mm.

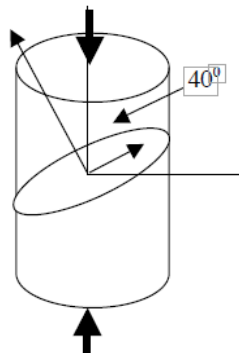
Material	Lubrifiant	ID ₁ , [mm]	ID _{red} , [mm]	μ	m
Aliaj Al	Frecare uscată	30,8			
	Grafit în ulei	38,1			
	Teflon	37,7			
Cu	Frecare uscată	33			
	Grafit în ulei	37,2			
	Teflon	38,5			
Oțel hipoeutectoid	Frecare uscată	33,9			
	Grafit în ulei	38,4			
	Teflon	39,4			

Să se determine gradul de frecare pentru fiecare situație din tabelul de mai sus, atât pe baza modelului Coulomb cât și a modelului Tresca.

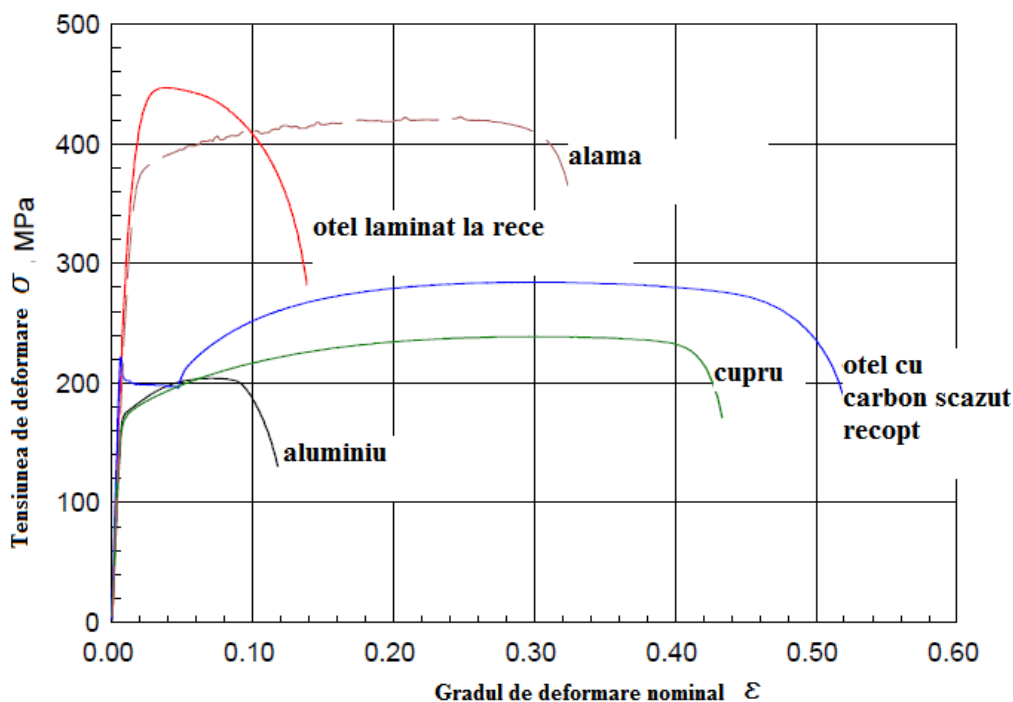
36. O epruvetă cu diametrul de 20 mm este supusă la tracțiune. În urma încercării se obține forța de curgere de 400 MPa și reducerea de secțiune la forța maximă de 20%. Să se determine în acest caz limita de curgere a materialului. După încercare se află că epruveta a fost supusă în prealabil unei alte deformări plastice la rece și acesta respectă legea $\sigma=K\delta^{0,45}$.

Ce deformare s-a indus în material prin deformarea la rece ? Să se determine coeficientul de rezistență al materialului K.

37. Un cilindru din fontă cu diametrul de 30 mm și lungime de 50 mm este supus la compresiune. Ruperea se produce la o forță axială de 500 kN, pe un plan înclinat la 40° față de axa longitudinală a cilindrului. Să se determine tensiunea tangențială maximă pe planul ruperii.



38. Sa se determine limita de curgere pentru materialele ale căror curbe de curgere sunt prezentate mai jos.



39. O epruvetă având dimensiunile inițiale: $l_0=100\text{mm}$ și $A_0=25\text{mm}^2$ este supusă unei încercări la tracțiune. În urma acesteia au fost obținute următoarele rezultate:

F[N]	0	4000	5180	6200	6500	6200	4600
l [mm]	100	105	125	160	180	195	205

Să se determine :

- limita de curgere a materialului,
- modulul de elasticitate,
- rezistența la tracțiune,
- coeficientul de rezistență K și coeficientul de ecruisare n din ecuația de curgere

a lui Hollomon.

40. O epruvetă din cupru cu dimensiunile inițiale $d_0=12\text{mm}$ și $l_0=30\text{mm}$ este supusă la tracțiune, rezultatele încercării fiind prezentate în tabelul de mai jos.

Forța [N]	Alungirea Δl [mm]
0	0
4500	0,019
5000	0,025
5500	0,04
6000	0,088

6500	1,2
7000	1,4
7500	1,95
6500	2,5
6000	2,95
5500	3,25

Dimensiunile epruvetei după deformare sunt $d_1 = 11,39 \text{ mm}$ și $l_1 = 33,25 \text{ mm}$. Să se traseze curba inginerescă tensiune-deformație și să se determine:

- limita de curgere,
- rezistența la tracțiune,
- modulul de elasticitate,
- alungirea totală ,
- reducerea de arie,
- tensiunea la rupere

41. Pentru o lungime de 50 mm și o viteză de deformare de $0,01 \text{ min}^{-1}$ care trebuie sa fie viteza de deplasare a sculei ?

- a. 0,05; b. 0,2; c. 0,5; d. 1; e. 5.

42. Care este mărimea deformației pentru o valoare a limitei de curgere de 400MPa și modulul lui Young de 210GPa?

- a. 1,9; b. 0,0019; c. 535; d. 0,535; e. 84000

43. Să se calculeze forța axială necesară pentru a produce o alungire $\varepsilon = 0,015\%$, în cazul unei epruvete din oțel cu diametrul de 10 mm, supusă la tracțiune, știind că modulul de elasticitate longitudinal este $E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$.

44. O epruvetă avand dimensiunile inițiale: $l_0=100 \text{ mm}$ si $A_0=25 \text{ mm}^2$ este supusă unei încercări de tracțiune. In urma acesteia au fost obținute următoarele rezultate:

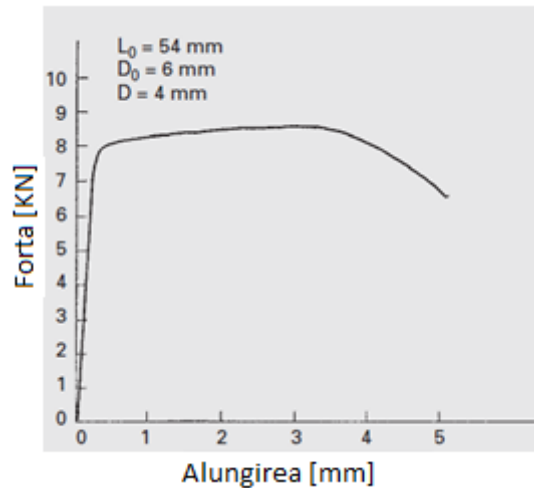
F[N]	0	1000	1500	1800	2200	2500	2200	1900
l [mm]	100	115	140	160	210	250	265	280

Să se determine :

- limita de curgere a materialului,
- modulul de elasticitate,
- rezistența la tractiune,

d) parametrii K , n din ecuația de curgere a lui Hollomon

45. Pentru aliajul de aluminiu a cărei curbă forță-alungire este prezentată mai jos să se determine:



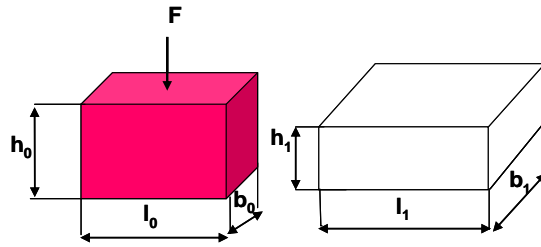
- curba reală tensiune-deformație,
- modulul lui Young,
- rezistența la tracțiune,
- limita de curgere,
- deformația uniformă,
- deformația totală,
- reducerea de arie la rupere.

46. O bară cu lungimea inițială $l_0 = 10 \text{ mm}$ este întinsă uniform până la lungimea $l_1 = 210 \text{ mm}$. Să se determine: gradele de deformare simple și logaritmice pentru acest caz.

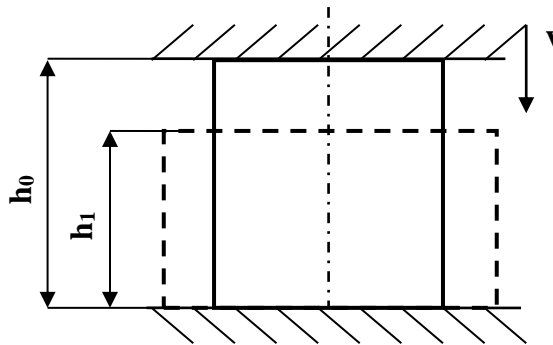
47. Pentru valorile din tabelul de mai jos să se traseze pe același grafic curbele de variație tensiune-deformație reală și inginerească.

Deformație ϵ	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Tensiune σ [N/mm ²]	0	100	200	300	370	375	365

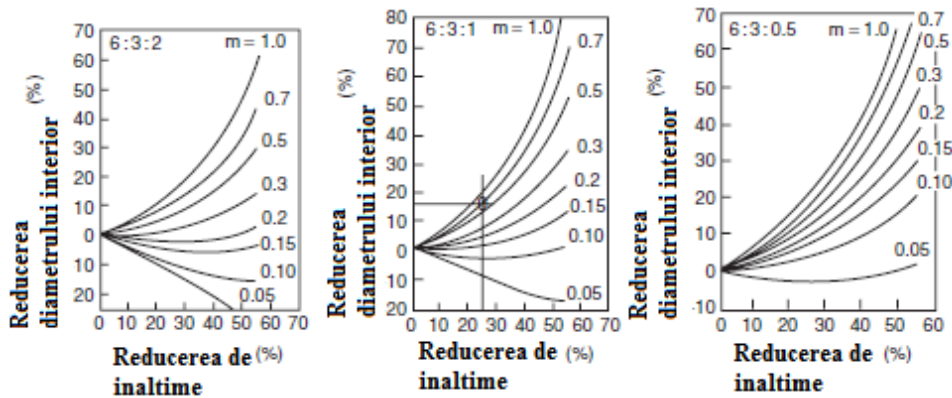
48. Un semifabricat paralelipipedic cu dimensiunile: $h_0 = 60 \text{ mm}$, $b_0 = 30 \text{ mm}$, $l_0 = 60 \text{ mm}$ este supus refulării până la obținerea dimensiunilor $h_1 = 40 \text{ mm}$, $b_1 = 45 \text{ mm}$ și l_1 . Utilizând legea constanței volumului să se determine lungimea l_1 după deformare.



49. În cazul unui semifabricat deformat prin refulare de la înălțimea inițială $h_0=20$ mm la înălțimea finală $h_1=15,5$ mm sub acțiunea unei scule ce se deplasează cu viteza $v =1$ [m/s] conform figurii de mai jos să se determine viteza de deformare .



50. Se consideră un semifabricat de formă inelară cu dimensiunile: $DE_0 = 360$ mm; $DI_0 = 60$ mm, $h_0 = 20$ mm, $h_1 = 15$ mm $DI_1 = 50$ mm. Folosind diagramele de mai jos să se determine gradul de frecare în acest caz. Pentru care model al frecării sunt valabile diagramele de mai jos?



51. Pentru o probă din oțel să se determine deformația pentru cazul în care limita de curgere este de 400MPa și modulul de elasticitate longitudinal este de 210GPa.

52. O bară cu lungimea inițială l_0 este întinsă uniform până la lungimea $l=2l_0$. Să se determine:

- gradele de deformare simple și logaritmice pentru acest caz,
- la ce lungime finală ar trebui să fie comprimată bara de lungime l_0 , dacă gradele de deformare sunt cele de la punctul (a), dar cu semn schimbat.

53. Să se calculeze raportul dintre gradele de deformare reale și cele ingineresti, pentru valori ale gradelor de deformare ingineresti : 0,001; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5.

54. Să se arate că gradul de deformare real:
$$\delta = \ln \frac{l}{l_0}$$

poate fi exprimat și astfel:

$$\delta = \ln \frac{l}{l_0} = \ln \frac{A_0}{A} = 2 \ln \frac{D_0}{D} = \ln \left(\frac{1}{1-r} \right)$$

unde:
$$r = \frac{A_0 - A}{A_0}$$

55. Pentru un material metalic coeficientul de rezistență este 550 MPa și coeficientul de ecrusare 0,22. In urma unui proces de deformare plastică, valoarea finală a gradului de deformare real este 0,85. Să se determine tensiunea de curgere la această solicitare și tensiunea medie de curgere pe care a experimentat-o metalul în timpul procesului.

Soluție:

$$\sigma = K \delta^n$$

$$\sigma = 550 (0,85)^{0,22} = 531 \text{ MPa.}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{K \delta^n}{1+n}$$

$$\bar{\sigma} = 550 (0,85)^{0,22} / 1,22 = 435 \text{ MPa.}$$

56. Un metal are o curbă de curgere cu parametrii: coeficient de rezistență 850 MPa, coeficient de ecrusare 0,30. O epruvetă de tracțiune realizată din acest material cu lungimea 100 mm este întinsă la o lungimea 157 mm. Să se determine tensiunea de curgere la noua lungime și tensiunea medie de curgere pe care o are metalul supus deformării.

Soluție:

$$\varepsilon = \ln (157/100) = \ln 1,57 = 0,451$$

$$\text{Tensiunea de curgere } \sigma = 850 (0,451)^{0,30} = 669,4 \text{ MPa.}$$

$$\text{Tensiunea medie } \bar{\sigma} = 850 (0,451)^{0,30} / 1,30 = 514,9 \text{ MPa.}$$

57. Un metal are o curbă de curgere cu parametrii: coeficientul de rezistență 760 MPa și coeficientul de ecrusare 0,26. O epruvetă de tracțiune din acest metal cu lungimea 70 mm este întinsă până la o lungime de 95 mm. Să se determine tensiunea de curgere la această nouă lungime și tensiunea medie de curgere .

58. Pentru un material metalic, coeficientul de rezistență este 700 MPa și coeficientul de ecruisare 0,27. Să se determine tensiunea medie de curgere a metalului dacă este supus unei solicitări egale cu coeficientul său de rezistență .

Soluție:

$$\sigma = K \varepsilon^n = 700 = K \varepsilon^{0.27}$$

ε trebuie să fie egal cu 1.0.

$$\sigma = 700 (1,0)^{0.27} / 1,27 = 700 / 1,27 = 551,2 \text{ Mpa}$$

59. O probă cu lungimea inițială de 6 cm este supusă unui test de tracțiune cu viteza de 1 cm/s. Să se traseze graficul de variație al vitezei de deformare în funcție de lungime, lungimea finală a probei fiind de 8 cm.

Soluție:

Următoarele valori sunt calculate pentru trasarea graficului:

a) $L = 6 \text{ cm}$, viteza de deformare $\dot{\varepsilon} = 1 / 6,0 = 0,1667 \text{ s}^{-1}$

b) $L = 6,5 \text{ cm}$, viteza de deformare $\dot{\varepsilon} = 1 / 6,5 = 0,1538 \text{ s}^{-1}$

c) $L = 7 \text{ cm}$, viteza de deformare $\dot{\varepsilon} = 1 / 7,0 = 0,1429 \text{ s}^{-1}$

d) $L = 7,5 \text{ cm}$, viteza de deformare $\dot{\varepsilon} = 1 / 7,5 = 0,1333 \text{ s}^{-1}$

e) $L = 8 \text{ cm}$, viteza de deformare $\dot{\varepsilon} = 1 / 8,0 = 0,1250 \text{ s}^{-1}$

60. O probă cu înălțimea inițială $h = 100 \text{ mm}$ este comprimată până la o înălțime finală de 50 mm. În timpul deformării, viteza relativă de compresiune este de 200 mm/s. Să se determine viteza de deformare la: (a) $h = 100 \text{ mm}$, (b) $h = 75 \text{ mm}$ și (c) $h = 51 \text{ mm}$.

Soluție:

a) viteza de deformare $\dot{\varepsilon} = 200/100 = 2,0 \text{ s}^{-1}$

b) viteza de deformare $\dot{\varepsilon} = 200/75 = 2,667 \text{ s}^{-1}$

c) viteza de deformare $\dot{\varepsilon} = 200/51 = 3,922 \text{ s}^{-1}$

61. Un test de tracțiune folosește o epruvetă care are o lungime de 50 mm și o suprafață de 200 mm². Forța de rupere a epruvetei a fost de 98.000 N. Lungimea finală a epruvetei a fost de 50,23 mm. Acestei lungimi îi corespunde o deformație de 0,2%. Forța maximă de 168.000N este atinsă la o lungime a epruvetei de 64,2 mm. Să se determine:

(a) rezistența la curgere,

(b) modulul de elasticitate,

(c) rezistența la tracțiune.

Soluție:

(a) $\sigma_c = 98.000 / 200 = 490 \text{ MPa}$.

(b) $\sigma = E\varepsilon$; $\varepsilon = (50,23 - 50,0) / 50,0 - 0,002 = 0,0026$; $E = \sigma / \varepsilon = 490 / 0,0026 = 188,5 \times 10^3 \text{ MPa}$.

(c) $\sigma_t = 168.000 / 200 = 840 \text{ MPa}$.

62. O epruvetă de tracțiune are o lungime de 50,6 mm și o suprafață de 12,6 mm². Forța de rupere este de 142 KN. Lungimea finală a epruvetei este de 50,8 mm. Această lungime corespunde unei deformații de 0,002. Forța maximă 266 KN este atinsă la o lungime a epruvetei de 50,7 mm. Să se determine:

- a) limita de curgere,
- b) modulul de elasticitate,
- c) rezistența la tracțiune.

63. În timpul unui test de tracțiune în care lungimea epruvetei este 125 mm și aria secțiunii transversale 62,5 mm², sunt colectate următoarele date privind forța și lungimea epruvetei:

- (1) 17.793 N la 125,23 mm,
- (2) 23.042 N la 131,25 mm,
- (3) 27,579 N la 140,05 mm,
- (4) 28, 913 N la 147,01 mm,
- (5) 27,578 N la 153,00 mm, și
- (6) 20.462 N la 160,10 mm. Forța maximă este de 28.913 N . Să se determine:

- a) curba tensiune inginerească-deformație;
- b) limita de curgere;
- c) modulul de elasticitate;
- d) rezistența la tracțiune.

64. Pentru problema 63 să se determine coeficientul de rezistență și coeficientul de ecrusare .

Soluție:

Volumul inițial al probei $V = 125 (62,5) = 7812,5 \text{ mm}^3$.

Se selectează două puncte: (1) $F = 23042 \text{ N}$ și $L = 131,25 \text{ mm}$; (2) $F = 28913 \text{ N}$ și $L = 147,01 \text{ mm}$.

$A = V / L = 7812,5 / 131,25 = 59,524 \text{ mm}^2$.

Tensiunea $\sigma = 23042 / 59.524 = 387,1 \text{ MPa}$. Deformația $\delta = \ln (131,25 / 125) = 0,0488$

$A = 7812,5 / 147,01 = 53,143 \text{ mm}^2$.

Tensiunea $\sigma = 28913 / 53.143 = 544,1 \text{ MPa}$. Deformația $\delta = \ln (147,01 / 125) = 0,1622$

Înlocuind aceste valori în ecuația lui Hollomon, rezultă

$387,1 = K (0,0488)^n$ și (2) $544,1 = K (0,1622)^n$

$$544,1 / 387,1 = (0,1622 / 0,0488)^n$$

$$1.4056 = (3.3238)^n$$

$$\ln(1.4056) = n \ln(3.3238) \quad 0.3405 = 1.2011 n \quad \text{deci } n = 0.283$$

$$K = 387,1 / (0,0488)^{0.283} = 909,9 \text{ MPa}$$

$$K = 544,1 / (0,1622)^{0.283} = 910,4 \text{ MPa}$$

$$K_{\text{med}} = 910,2 \text{ MPa}$$

$$\text{Ecuația de curgere devine : } \sigma = 910,2 \varepsilon^{0.283}$$

65. Într-un test de tracțiune pe o epruvetă metalică, deformația reală este de 0,08 la o tensiune de 265 MPa. Când tensiunea reală este 325 MPa, deformația reală este de 0,27. Să se determine coeficientul de rezistență și coeficientul de ecruisare.

Soluție:

$$(1) 265 = K (0,08)^n \text{ și } (2) 325 = K (0,27)^n$$

$$325/265 = (0,27 / 0,08)^n ; 1,2264 = (3,375)^n$$

$$n \ln(3.375) = \ln(1.2264) ; 1.2164^n = 0.2041 ; n = 0.1678$$

$$K = 265 / (0,08)^{0.1678} = 404,85 \text{ MPa}$$

$$K = 325 / (0,27)^{0.1678} = 404,85 \text{ MPa}$$

$$\text{Ecuația curbei de curgere devine: } \sigma = 404,85 \varepsilon^{0,1678}$$

66. Într-un test de tracțiune, epruveta începe să se gătuiască la o deformație reală de 0,28, cu o tensiune reală de 345 MPa. Fără să se cunoască mai multe despre test, se poate estima coeficientul de rezistență și valoarea coeficientului de ecruisare?

Soluție: Presupunem că $n = \varepsilon$ când începe gătuirea, atunci $n = 0,28$.

Folosind această valoare în ecuația curbei de curgere, avem

$$K = 345 / (0,28)^{0.28} = 492,7 \text{ MPa}$$

$$\text{Ecuația curbei de curgere devine: } \sigma = 492,7 \varepsilon^{0,28}$$

67. Un test de tracțiune pentru un anumit metal oferă parametrii curbei de curgere: coeficientul de ecruisare este de 0,3 și coeficientul de rezistență este de 600 MPa. Să se determine: (a) tensiunea de curgere la o deformație reală de 1,0; (b) deformația reală la o tensiune de curgere de 600 MPa.

Soluție:

$$(a) \sigma_c = 600 (1,0)^{0.3} = 600 \text{ MPa}$$

$$(b) \delta = (600/600)^{1/0.3} = (1,0)^{3.33} = 1,00$$

68. O epruvetă de tracțiune are lungimea inițială de 75 mm. Epruveta este alungită în timpul testului la o lungime de 110 mm înainte de apariția găturii. Să se determine:

a) deformația inginerescă; b) deformația reală; c) deformațiile ingineresti și suma lor pe măsură ce epruveta se alungește de la: 1) 75 până la 80 mm; 2) 80 la 85 mm; 3) 85 la 90 mm; 4) 90 la 95 mm; 5) 95 la 100 mm; 6) 100 la 105 mm; 7) 105 până la 110 mm; d) Rezultatul este mai aproape de răspunsul la partea a) sau partea b)?

Soluție:

$$a) \varepsilon = (110 - 75) / 75 = 35/75 = 0,4667$$

$$b) \delta = \ln(110/75) = \ln(1,4667) = 0,383$$

$$c) L = 75 - 80 \text{ mm: } \varepsilon = (80 - 75) / 75 = 5/75 = 0,0667$$

$$2) L = 80 \text{ până la } 85 \text{ mm: } \varepsilon = (85 - 80) / 80 = 5/80 = 0,0625$$

$$3) L = 85 \text{ până la } 90 \text{ mm: } \varepsilon = (90 - 85) / 85 = 5/85 = 0,0588$$

$$4) L = 90 - 95 \text{ mm: } \varepsilon = (95 - 90) / 90 = 5/90 = 0,0556$$

$$5) L = 95 \text{ până la } 100 \text{ mm: } \varepsilon = (100 - 95) / 95 = 5/95 = 0,0526$$

$$6) L = 100 \text{ până la } 105 \text{ mm: } \varepsilon = (105 - 100) / 100 = 5/100 = 0,0500$$

$$7) L = 105 - 110 \text{ mm: } \varepsilon = (110 - 105) / 105 = 5/105 = 0,0476$$

Suma valorilor deformațiilor ingineresti = 0,3938

d) Suma rezultată la punctul c) este mai aproape de valoarea deformației reale din b).

69. O epruvetă de tracțiune este alungită la dublul lungimii inițiale. Să se determine tensiunea inginerescă și reală. Dacă materialul a fost deformat prin compresiune, să se determine înălțimea epruvetei după compresiune astfel încât a) deformația inginerescă să fie egală cu aceeași valoare ca în cazul tracțiunii (va fi o valoare negativă din cauza compresiunii) și b) deformația reală ar fi egală cu aceeași valoare ca în cazul tracțiunii (din nou, va fi o valoare negativă din cauza compresiunii).

Soluție:

$$\varepsilon = (2,0 - 1,0) / 1,0 = 1,0$$

$$\delta = \ln(2,0 / 1,0) = \ln(2,0) = 0,693$$

a) Să fie comprimat la aceeași deformație inginerescă ($\varepsilon = -1,0$) înălțimea finală a epruvetei comprimate ar trebui să fie zero, ceea ce este imposibil.

b) Să fie comprimat la aceeași valoare a deformației reale ($\delta = -0,693$) înălțimea finală a epruvetei comprimate poate fi determinată astfel:

$$\delta = -0,693 = \ln(L_f / L_o)$$

$$L_f / L_o = \exp.(-0,693) = 0,500$$

Deci $L_f = 0,5 L_o$

70. O sârmă din cupru cu diametrul de 0,80 mm se rupe la o tensiune inginerească de 248,2MPa. Ductilitatea sa este măsurată ca o reducere de 75% a ariei secțiunii transversale. Determinați tensiunea reală și deformația reală la rupere.

Soluție:

Reducerea de arie :

$$R = \frac{A_0 - A_f}{A_0} = 0,75$$

$$A_0 - A_f = 0,75 A_0$$

$$A_0 - 0,75A_0 = 0,25 A_0 = A_f$$

Dacă tensiunea inginerească este de 248,2 MPa, atunci tensiunea reală va fi:

$$\sigma = 248,2 / 0,25 = 992,8 \text{ MPa}$$

$$\text{Deformația reală } \delta = \ln (L_f / L_o) = \ln (A_o / A_f) = \ln (4) = 1,386.$$

71. Un aliaj metalic a fost testat într-un test de tracțiune cu următoarele rezultate pentru parametrii curbei de curgere: coeficientul de rezistență 620,5 MPa și coeficientul de ecruisare al deformării 0,26. Același metal este ulterior testat într-un test de compresiune în care înălțimea inițială a epruvetei este de 62,5 mm și diametrul acesteia este 25 mm. Presupunând că secțiunea transversală crește uniform, determinați sarcina necesară pentru comprimarea epruvetei la o înălțime de a) 50 mm și b) 37,5 mm.

Soluție:

Volumul inițial al epruvetei este:

$$V = \pi h D_o$$

$$2/4 = 62,5\pi (25)^2/4 = 30679,6 \text{ mm}^3.$$

$$\text{a) La } h = 50 \text{ mm, } \delta = \ln (62,5 / 50) = \ln (1,25) = 0,223$$

$$\sigma_c = 620,5 (0,223)^{0,26} = 420,1 \text{ MPa}$$

$$A = V / L = 30679,6 / 50 = 613,6 \text{ mm}^2$$

$$F = 420,1 (613,6) = 257,770 \text{ N}$$

$$\text{b) La } h = 37,5 \text{ mm, } \delta = \ln (62,5 / 37,5) = \ln (1,667) = 0,511$$

$$\sigma_c = 620,5 (0,511)^{0,26} = 521,1 \text{ MPa}$$

$$A = V / L = 30679,6 / 37,5 = 818,1 \text{ mm}^2$$

$$F = 521,1 (818,1) = 426,312 \text{ N}$$

72. Parametrii curbei de curgere pentru un oțel inoxidabil sunt coeficientul de rezistență 1100 MPa și coeficientul de ecrisare 0,35. O epruvetă cilindrică cu secțiunea transversală inițială de 1000 mm^2 și înălțimea de 75 mm este comprimată la o înălțime de 58 mm. Determinați forța necesară pentru a realiza această compresiune, presupunând că secțiunea transversală crește uniform.

Soluție:

Pentru $h = 58 \text{ mm}$, $\delta = \ln(75/58) = \ln(1.293) = 0.257$

$\sigma_c = 1100 (0.257)^{0.35} = 683,7 \text{ MPa}$

Volumul de pornire $V = 75 (1000) = 75.000 \text{ mm}^3$

La $h = 58 \text{ mm}$, $A = V / L = 75.000 / 58 = 1293,1 \text{ mm}^2$

$F = 683,7 (1293,1) = 884,095 \text{ N}$.

73. O epruvetă cu înălțimea inițială de 100 mm este comprimată până la o înălțime finală de 50 mm. În timpul deformării, viteza relativă a sculei care comprimă piesa este de 200 mm/s. Să se determine viteza de deformare la (a) $h = 100 \text{ mm}$, (b) $h = 75 \text{ mm}$ și (c) $h = 51 \text{ mm}$.

Soluție:

(a) viteza de deformare $\dot{\epsilon} = 200/100 = 2,0 \text{ s}^{-1}$ (b) viteza de deformare $\dot{\epsilon} = 200/75 = 2,667 \text{ s}^{-1}$

(c) viteza de deformare $\dot{\epsilon} = 200/51 = 3,922 \text{ s}^{-1}$

74. O operație de deformare la cald se efectuează la diferite viteze. Coeficientul de rezistență al materialului este $C=206 \text{ N/mm}^2$ și exponentul sensibilității la viteza de deformare este $m=0,15$. Să se determine tensiunea de curgere dacă viteza de deformare este (a) 0,01/s (b) 1,0/s, (c) 100/s.

75. O epruvetă de aluminiu având secțiune transversală dreptunghiulară cu dimensiunile 10mm x 12,7mm este solicitată la tracțiune cu o forță de 35.500 N, producând doar deformare elastică. Să se determine deformația rezultată.

76. O epruvetă cilindrică realizată dintr-un aliaj de titan având modulul de elasticitate de 107GPa și un diametru inițial de 3,8 mm, va suferi doar deformare elastică la o forță de tracțiune de 2000 N. Să se determine lungimea epruvetei înainte de deformare, dacă alungirea maximă admisibilă este de 0,42 mm.

77. O epruvetă cilindrică din aliaj de cupru ($E = 110 \text{ GPa}$) având limita de curgere de 240 MPa este supusă unei forțe de tracțiune de 6660 N. Dacă lungimea epruvetei este de 380 mm, care trebuie să fie diametrul acesteia pentru a permite o alungire de 0,50 mm ?

78. Se consideră o epruvetă cilindrică de oțel cu diametrul de 10 mm și lungimea de 75 mm supusă la tensiune. Să se determine alungirea acesteia când se aplică o forță de 20.000 N .

79. O epruvetă cilindrică cu diametrul de 8 mm este solicitată elastic la tracțiune. O forță de 15.700 N produce o reducere a diametrului epruvetei de 5×10^{-3} mm. Calculați coeficientul lui Poisson's pentru acest material dacă modulul său de elasticitate este de 140 GPa .

80. Un aliaj de aluminiu este supus la tracțiune la trei temperaturi diferite, cu o viteză de deformare de $0,1 \text{ s}^{-1}$. Valorile tensiunilor obținute pe parcursul solicitării până în momentul ruperii sunt prezentate mai jos. Să se traseze curbele de variație tensiune-deformație și să se discute influența temperaturii asupra tensiunii de deformare.

Deformație	Tensiune la 300°C (MPa)	Tensiune la 400°C (MPa)	Tensiune la 500°C (MPa)
0,04	56	41	31
0,1	62	46	34
0,16	66	48	35
0,22	68	49	35
0,28	69	49	35
0,34	70	50	35
0,4	71	50	35
0,46	71	50	34
0,52	72	49	34
0,58	72	49	34
0,64	72	49	33
0,7	72	49	33
0,76	72	49	32
0,82	73	48	32
1	73	47	31

81. O epruvetă din oțel cu lungimea deformabilă $L_0 = 36 \text{ mm}$ și aria secțiunii transversale $A_0 = 12,7 \text{ mm}^2$ este deformată plastic prin tracțiune. La un moment dat pe parcursul încercării lungimea devine $L_1 = 50 \text{ mm}$ și tensiunea inginerescă $\sigma_{e1} = 165 \text{ MPa}$; la un alt moment înainte de apariția găturii în epruvetă, $L_2 = 65 \text{ mm}$, iar tensiunea inginerescă $\sigma_{e2} = 193 \text{ MPa}$. Să se determine coeficientul de rezistență al materialului și coeficientul de ecrusare.

82. Într-un test de tracțiune, două perechi de valori ale tensiunii și deformației au fost măsurate pentru epruveta metalică după intrarea în domeniul plastic de deformare: (1) tensiunea reală = 217 MPa și deformația reală = 0,35 și (2) tensiunea reală = 259 MPa și deformația reală = 0,68. Pe baza acestor date, să se determine coeficientul de rezistență și coeficientul de ecrusare pentru materialul încercat.

83. Au fost măsurate următoarele valori ale tensiunii și deformației în domeniul plastic în timpul unui test de tracțiune efectuat pe un material metalic: (1) tensiunea reală 350 MPa și deformația reală 0,45 și (2) tensiunea reală 369 MPa și deformația reală 0.75 .

Pe baza acestor date, să se determine coeficientul de rezistență și coeficientul de ecrusare pentru materialul încercat.

84. In tabelul de mai jos sunt prezentate rezultatele unor teste de impact Charpy pe o fontă ductilă.

Temperatura ($^{\circ}C$)	Energia de impact (J)
- 25	124
- 50	123
- 75	115
- 85	100
-100	73
-110	52
-125	26
-150	9
-175	6

(a) Trasați graficul de variație al energiei de impact în funcție de temperatură.

(b) Determinați temperatura de tranziție ductil - fragil, știind că aceasta este temperatura care corespunde mediei maximului și minimului energiei de impact.

(c) Determinați temperatura de tranziție ductil- fragil, știind că aceasta este temperatura la care energia de impact este de 80 J.

85. In tabelul de mai jos sunt prezentate datele rezultate dintr-o serie de teste de impact Charpy pe un aliaj de oțel 4140 .

Temperatura ($^{\circ}C$)	Energia de impact (J)
- 25	124
- 50	123
- 75	115
- 85	100
-100	73
-110	52
-125	26
-150	9
-175	6

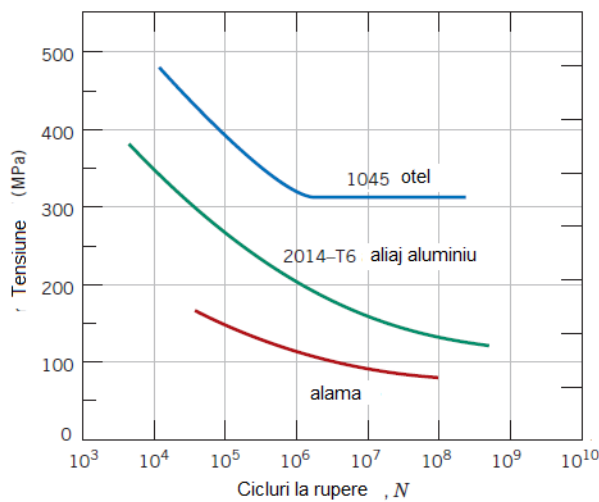
(a) Trasați graficul de variație al energiei de impact în funcție de temperatură.

(b) Determinați temperatura de tranziție ductil - fragil, știind că aceasta este temperatura care corespunde mediei maximului și minimului energiei de impact.

(c) Determinați temperatura de tranziție ductil - fragil, știind că aceasta este temperatura la care energia de impact este de 70 J.

86. S-a efectuat un test de oboseală în care tensiunea medie a fost de 50 MPa și amplitudinea tensiunii a fost de 225 MPa .Calculați maximul și minimul nivelului de solicitare.

87. O epruvetă cilindrică cu diametrul de 12,5 mm executată dintr-un aliaj 2014-T6 este supusă unei solicitări repetate tensiune–compresiune. Calculați valorile maxime și minime care vor fi aplicate pentru a produce o durată de viață la oboseală de 10^7 cicluri. Presupunem că efortul mediu este de 50 MPa.



88. Mai jos sunt prezentate rezultatele unei solicitări la oboseală pentru un aliaj de alamă.

Tensiune (MPa)	Cicluri la rupere
310	2×10^5
223	1×10^6
191	3×10^6
168	1×10^7
153	3×10^7
143	1×10^8
134	3×10^8
127	1×10^9

- (a) Trasați diagrama S–N (tensiune vs cicluri de solicitare)
- (b) Determinați rezistența la oboseală pentru 5×10^5 cicluri de solicitare.
- (c) Determinați durata de viață la oboseală pentru 200 MPa.

89. Mai jos sunt prezentate rezultatele unei solicitări la oboseală pentru fontă.

Tensiune [MPa]	Cicluri la rupere
248 (36.0)	1×10^5
236 (34.2)	3×10^5
224 (32.5)	1×10^6
213 (30.9)	3×10^6
201 (29.1)	1×10^7
193 (28.0)	3×10^7
193 (28.0)	1×10^8
193 (28.0)	3×10^8

- (a) Trasați diagrama S–N (tensiune vs cicluri de solicitare) .
- (b) Care este rezistența la oboseală pentru acest aliaj?
- (c) Determinați durata de viață la oboseală la amplitudinile de solicitare de 230 MPa și 175 MPa.
- (d) Estimați rezistența la oboseală la 2×10^5 și 6×10^6 cicluri.

CAPITOLUL 2

Procedee de prelucrare prin deformare plastică

2.1 Noțiuni teoretice

Tensiunea de curgere reprezintă tensiunea necesară pentru ca un corp supus deformării să treacă în stare plastică.

Ipotezele simplificatoare care se au în vedere la analiza unui proces de deformare plastică sunt: deformația elastică este neglijată; materialul se consideră mediu continuu; anizotropia și efectul Bauschinger sunt neglijate; volumul de material rămâne constant în timpul procesului;

Problemele de proiectare legate de procesele de deformare plastică pot fi clasificate în:

- *probleme legate de produs* (selectarea materialului; geometrie și dimensiuni; proprietăți mecanice, fizice, metalurgice);
- *probleme legate de proces* (alegerea utilajului de deformare; alegerea semifabricatului inițial; temperatura semifabricatului și a sculelor de deformare; numărul fazelor de deformare; alegerea tipului de lubrifiant; microstructura de pornire și controlul acesteia pe parcursul procesului; eventuale tratamente termice inițiale și intermediare.

Avantaje ale proceselor de deformare plastică: îmbunătățirea calității structurii datorită stării de deformații favorabile (compresiune); structura de grăunți uniformă ;eliminarea porozităților din turnare; fibrajul (forma liniilor de curgere a materialului); posibilitatea obținerii de produse “net –shape” sau “near-net-shape”.

Dezavantaje ale proceselor de deformare plastică: probleme legate de apariția fisurilor (interne, externe); probleme legate de calitatea suprafețelor; probleme legate de precizia dimensională, uzura sculelor, costul ridicat al utilajelor.

Deformarea plastică la rece are loc la valori de temperatură inferioare temperaturii de recristalizare (de refacere a structurii metalice deformate) și este însoțită numai de procesul de ecruisare (creștere a durității și proprietăților mecanice prin deformare plastica).

Deformarea plastică la cald se produce la valori de temperatură superioare celei la care structura corpului deformat se reface printr-un proces de recristalizare. Pentru majoritatea materialelor metalice, temperatura la care are loc procesul de recristalizare este aproximativ 0,4 din temperatura de topire.

Parametrii procesului de deformare plastică sunt: echipamentul, materialul, forma piesei, temperatura de deformare, temperatura matriței, condițiile de lubrifiere, seria de fabricație.

Parametrii de lucru ai matriței (sculelor de deformare) sunt: durata contactului material de deformat-matrițe, viteza de impact, temperatura minimă și maximă de lucru a matriței, forța maximă, numărul ciclurilor termice.

Deformabilitatea reprezintă capacitatea unui material de a fi deformat plastic fără apariția unor condiții nedorite (rupere, fisurare, structură grosolană, abateri dimensionale, abateri de formă, calitatea necorespunzătoare a sprafetei, umplerea incompletă a matrițelor).

Instalațiile de încălzire pot fi: instalații care folosesc pentru încălzire combustibili lichizi sau gazoși (cuptoare cu cameră, cuptoare cu propulsie); instalații care folosesc pentru încălzire curentul electric (încălzirea prin inducție, prin contact).

Încălzirea semifabricatelor în cuptoare se face pe baza schimbului de căldură între spațiul de lucru al cuptorului și suprafața semifabricatului încălzit. La încălzirea electrică prin inducție sau prin contact, căldura se degajă direct în semifabricat, ceea ce face ca viteza de încălzire a semifabricatului și randamentul instalațiilor să fie mai ridicate decât la încălzirea în cuptoare cu combustibil.

Intervalul de temperatură admis pentru deformarea plastică la cald este domeniul în care materialul prezintă rezistența la deformare redusă, deformabilitatea mare, recristalizarea completă. Acest interval de temperatură este specific fiecărui material, fiind condiționat de mărimea gradului de deformare ce poate fi realizat fără să apară fisuri în piesă, în timpul deformării ei și de obținerea prin deformare a unei structuri impuse. Un prim element care limitează intervalul de temperatură admis pentru deformare este domeniul în care materialul respectiv are o structură monofazică (pentru a avea o deformabilitate ridicată).

Limita superioară a intervalului de temperatură admis este dată de temperatura la care încep să se manifeste pronunțat diferite fenomene care duc la scăderea deformabilității: oxidarea spațiilor intercrystaline, topirea substanței intercrystaline, creșterea excesivă a graunților.

Limita inferioară a intervalului de temperatură admis pentru deformare se stabilește în funcție de gradul de deformare ce se poate realiza la acea temperatură și de structura ce se dorește a fi obținută (pentru o structură complet recristalizată sunt necesare temperaturi relativ înalte de sfârșit de deformare, în schimb pentru obținerea unei structuri fine cu urme de ecruisare se poate coborî limita minimă până în domeniul de semicald.

Intervalul de temperatură tehnologic pentru deformarea plastică la cald este intervalul în care se realizează efectiv deformarea.

Oxidarea și decarburarea sunt fenomene care apar la temperaturi ridicate în special la încălzirea în cuptoare, unde semifabricatul vine în contact cu flacăra sau gazele arse, care conțin oxigen, bioxid de carbon, vapori de apă, etc. Oxizii formați pe suprafața materialului încălzit nu duc doar la o pierdere de material ci au o influență dăunătoare în procesul deformării. Oxizii rămași pe semifabricat se răcesc mai repede decât restul materialului și ei devin mai duri, astfel că în timpul deformării se imprimă în piesă. După înlăturarea oxizilor imprimați în piesa matrițată, suprafața acesteia rămâne neregulată, de slabă calitate, fapt pentru care, pentru prelucrările ulterioare trebuie lăsat un adaos mare. La încălzirea electrică, fiind prezent pe suprafața semifabricatului numai oxigenul din aer și încălzirea având loc într-un interval mai scurt de timp și pierderile de material sunt mai mici, reducându-se la 0,5...1% din volumul semifabricatului.

Regimul termic de încălzire a unui material în vederea deformării plastice este caracterizat de următorii parametri: temperatura de încălzire, viteza de încălzire, durata de încălzire.

Semifabricatul este un produs cu un anumit grad de prelucrare, care este livrat unui alt sector pentru a fi prelucrat în continuare în vederea obținerii unui produs finit. Semifabricatele destinate deformării plastice se pot prezenta sub formă de lingouri, semifabricate laminate, turnate continuu sau sinterizate.

Semifabricatele laminate utilizate la deformarea plastică sunt : blumurile (semifabricate cu secțiune transversală pătrată), sleburile (semifabricate cu secțiune transversală dreptunghiulară), țagtele (semifabricate cu secțiune transversală pătrată sau rotundă), profilele, etc.

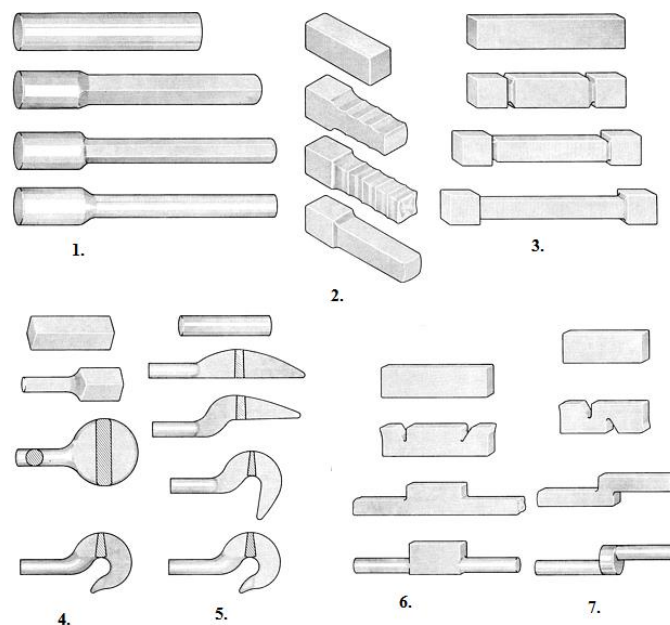
Debitarea este operația de divizare a unui semifabricat de o formă dată, în două sau mai multe bucăți, la dimensiuni stabilite. Alegerea procedurii de debitare se face în funcție de precizia impusă pieselor tăiate, de duritatea materialului, de calitatea acestuia și de consumul energetic al procedurii. Debitarea se poate face cu sau fără pierderi de material.

Operația de debitare trebuie să asigure: rugozitate mică a suprafețelor separate; precizie mare a volumului sau a lungimii piesei; lipsa abaterilor de la forma geometrică a piesei; păstrarea caracteristicilor materialului în zona de separare.

Utilajele principale în secțiile de deformare plastică sunt acelea cu care se execută prelucrarea propriu-zisă a materialului și sunt specifice fiecărui procedeu de deformare plastică (ciocane, prese mecanice, prese hidraulice, prese cu șurub, laminoare, mașini de trefilat).

Utilajele auxiliare execută operații premergătoare celei de deformare propriu-zisă , acestea fiind cele care realizează depozitarea, debitarea, încălzirea, curățirea de oxizi, etc., precum și cele ulterioare, care execută debavurarea, calibrarea, tratamentul termic, controlul, etc. Tot din categoria utilajelor auxiliare fac parte și diferitele mijloace de manevrare și transport a semifabricatelor și pieselor forjate între diferitele faze ale procesului tehnologic, sau în timpul realizării lui (poduri de forjare, manipolatoare, etc.).

Forjarea liberă este procedeul de deformare plastică prin care materialul supus deformării curge liber sau dirijat de forma sculelor în două sau trei direcții. Operațiile de bază care se practică la forjarea liberă sunt: refularea, întinderea, găurirea, îndoirea, răsucirea, crestarea.

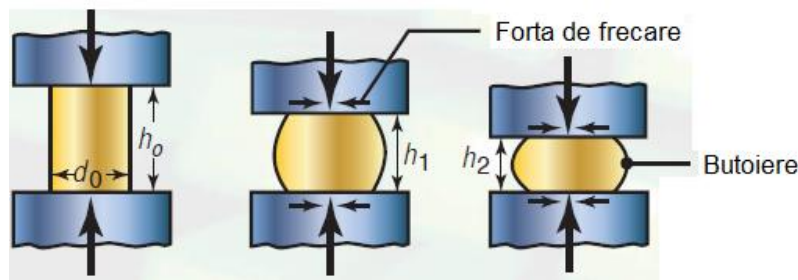


Stabilirea adaosului de prelucrare se face ținând seama de: adâncimea defectelor superficiale provenite de la semifabricatul inițial; adâncimea stratului degradat de imprimarea oxizilor, în timpul încălzirii; adâncimea stratului decarburat în timpul încălzirii; adaosul care se prevede la piesele care după forjare se supun unor tratamente termice.

Adaosurile tehnologice se prevăd pe anumite porțiuni ale piesei forjate când o anumită porțiune a piesei nu se poate prelucra așa cum este prevăzută în desenul de execuție. Ca definiție adaosul tehnologic este un surplus de material care se prevede în scopul simplificării configurației piesei forjate și a ușurării execuției operațiilor de forjare. Pe lângă avantajul ușurării execuției operațiilor de forjare, adaosul tehnologic prezintă și dezavantajul unui consum ridicat de material.

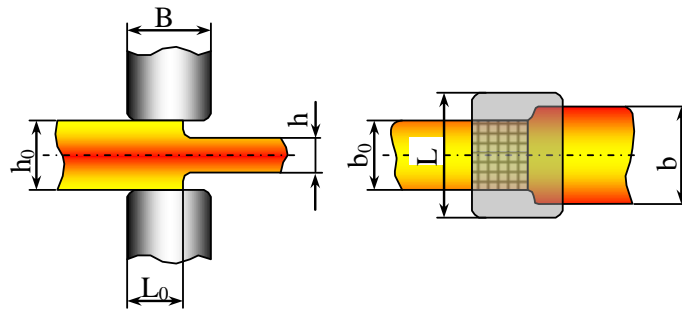
Etapele de realizare a tehnologiei de obținere a unei piese prin forjare, sunt: întocmirea desenului piesei finite; întocmirea desenului piesei forjate; alegerea semifabricatului inițial; calculul regimului de încălzire; alegerea utilajului de forjare; stabilirea fazelor de forjare.

Refularea este operația de comprimare a unui semifabricat în direcția axei lui longitudinale. În urma acestui proces se micșorează înălțimea semifabricatului, pe seama creșterii secțiunii sale transversale.

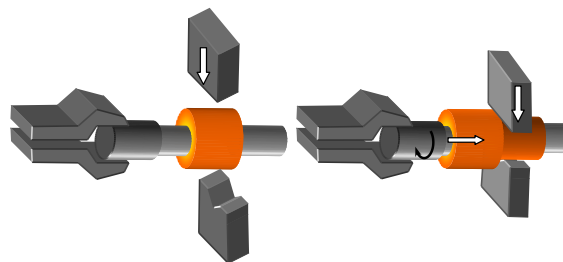


Regulile refulării sunt: înălțimea sau lungimea semifabricatului care se supune refulării nu trebuie să fie mai mare de 2,2...2,5 ori diametrul, în caz contrar producându-se flambarea acestuia $h_s/d_s < 2,2...2,8$. Pentru materialele cu deformabilitate scăzută raportul se poate limita la valoarea 2; în cazul când după refulare urmează să se execute o întindere, înălțimea de refulare trebuie să fie cel puțin egală cu diametrul semifabricatului refulat; se recomandă ca, gradul de refulare $k = A_{ref}/A_{si}$ să fie mai mic decât 3...4 (valoarea mică pentru semifabricate mici, iar cea mare pentru semifabricate mari). Nerespectarea acestei condiții poate duce la apariția fisurilor; înaintea operației de refulare, lingourilor li se teșesc muchiile care altfel ar fi o sursă importantă de concentrare a tensiunilor, mai ales a celor de întindere care produc fisuri în material; temperatura la care se execută refularea trebuie să fie cât mai apropiată de temperatura maximă admisibilă pentru a reduce forța necesară refulării și pentru a favoriza sudarea defectelor de material.

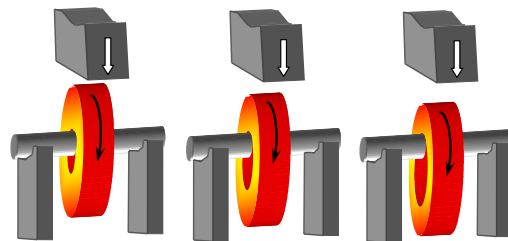
Întinderea este operația de prelucrare prin deformare, care asigură mărirea lungimii semifabricatului și micșorarea secțiunii lui transversale. Fenomenele care apar la deformarea prin întindere sunt asemănătoare celor de la operația de deformare prin refulare. Deosebirile constau numai în următoarele: la întindere nu se deformează deodată toată masa materialului, ci în mod treptat deformarea prin întindere are loc în general pe toate laturile semifabricatului, în mod succesiv și nu numai pe două laturi ca în cazul refulării.



Întinderea pe dorn a tuburilor (cu menținerea diametrului interior constant), se execută cu scopul de a mări lungimea semifabricatului și de a-i reduce diametrul exterior și grosimea peretelui.

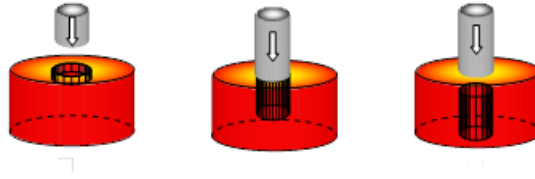


Întinderea pe dorn a inelelor (cu modificarea diametrului interior) urmărește mărirea diametrelor interior și exterior cu subțierea peretelui tubului.

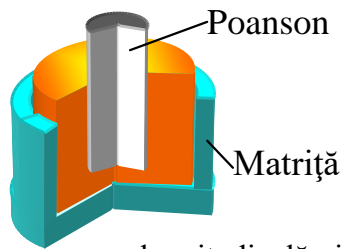


Regulile întinderii sunt: în cazul întinderii lingourilor, la început trebuie aplicate grade mici de deformare pentru a evita apariția fisurilor; în cazul semifabricatelor dreptunghiulare raportul dimensiunilor transversale trebuie să fie < 2 pentru a evita flambarea, a avea o bună stabilitate la deformare și randament mare; avansul la întindere trebuie să fie mai mic decât lățimea nicovalei pentru ca la sfârșitul deformării întreaga cantitate de material supusă întinderii să se găsească între suprafețele sculelor.

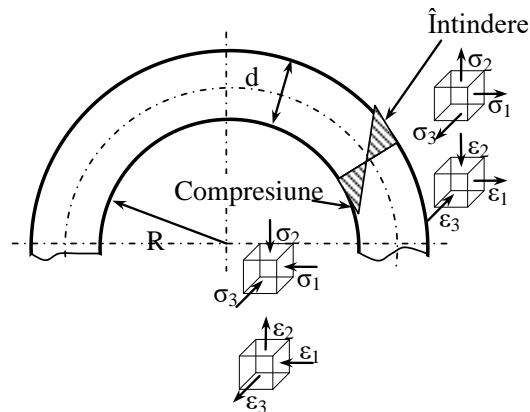
Găurirea deschisă este operația de găurire a unui semifabricat cu ajutorul unui poanson (dorn), partea laterală a semifabricatului fiind liberă, materialul dislocat de poanson deplasându-se mai ales lateral. În urma găuririi, înălțimea semifabricatului de obicei se micșorează.



Găurirea închisă este operația de găurire a unui semifabricat cu ajutorul unui poanson (dorn), curgerea materialului în timpul găuririi fiind limitată de o matriță (inel). Materialul dislocat de către dorn se deplasează pe lângă dorn, măbind înălțimea semifabricatului.

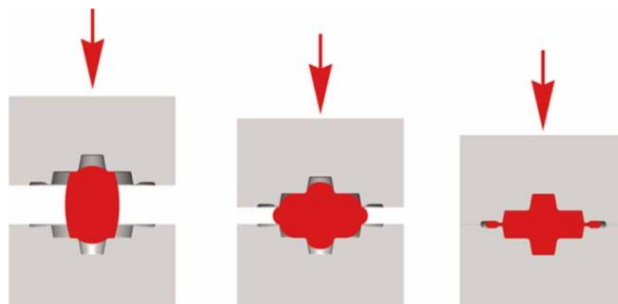


Îndoirea este operația prin care axa longitudinală și rectilinie a unui semifabricat se modifică după o traiectorie prestabilită. Partea exterioară a porțiunii îndoite este supusă tensiunilor de întindere, iar partea interioară tensiunilor de compresiune.



Răsucirea este operația prin care o parte a semifabricatului se rotește față de altă parte în vederea obținerii unei decalări unghiulare.

Matrițarea reprezintă procedeul de deformare plastică a metalelor și aliajelor realizat prin lovirea sau presarea materialului, care deformându-se simultan în întreg volumul, curge, dirijat, fiind de forma și dimensiunile cavităților sculelor (matrițelor).



Matrițele pot fi proiectate cu o singură cavitate sau cu mai multe cavități.

La matrițarea deschisă (cu bavură) surplusul de metal curge în canalul de bavură și se îndepărtează prin debavurare

Matrițarea închisă (fără bavură) constă în deformarea semifabricatului în matrițe cu unul sau mai multe locașuri și obținerea piesei fără bavură.

Avantajele matrițării fără bavură comparativ cu matrițarea cu bavură constau în: creșterea gradului de folosire al materialului, deoarece nu apar pierderile prin bavură (se pot realiza economii de material între 15-30%); energia necesară deformării este mai mică, deoarece la matrițarea cu bavură pentru deformarea bavurii se cere o energie suplimentară; prin eliminarea operației de debavurare se face economie de timp, energie și utilaje. Totuși matrițarea fără bavură nu se poate folosi pentru obținerea oricărui tip de piesă care poate fi matrițată cu bavură.

Adaosurile tehnologice la matrițare reprezintă acea parte din material prevăzut suplimentar pe anumite porțiuni ale piesei, pentru a asigura condiții optime procesului tehnologic de matrițare. Adaosurile tehnologice cuprind: înclinațiile de matrițare, razele de racordare a muchiilor, timpanul pieselor cu gaură și canalul pentru bavură. Mărimea și configurația acestor adaosuri depinde de: configurația piesei, metoda de matrițare aleasă și utilajul folosit. Adaosurile tehnologice duc la modificarea formei piesei matrițate în raport cu piesa finită.

Înclinațiile de matrițare se prevad cu scopul ușurării extragerii piesei matrițate din cavitatea matriței.

Razele de racordare se execută cu două scopuri: pentru a elimina muchiile ascuțite care ar conduce la o uzură prematură a cavităților matriței; pentru a ușura curgerea materialului reducând astfel și valorile forțelor de deformare ale semifabricatului.

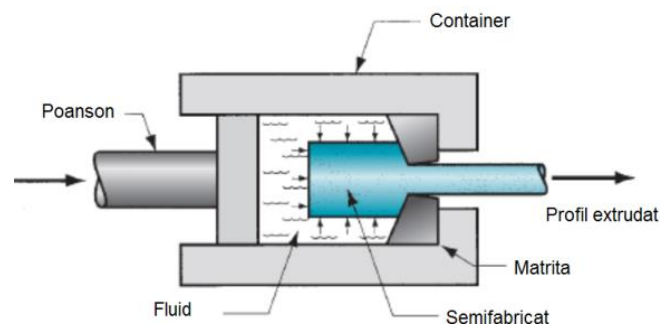
Membrana (puntița) pieselor găurite se prevede în cazul matrițării pieselor găurite, care urmează a fi obținute prin matrițare, acestea nu se perforază complet, ci între cele două proeminențe ale matriței se lasă un adaos tehnologic de material, numit membrană sau puntiță. Membrana constituie un deșeu ce se îndepărtează ulterior, prin operația de perforare.

Canalul de bavură la matrițarea deschisă are rolul de a forța semifabricatul care se deformează să umple cavitățile matriței și de a colecta surplusul de material datorită dimensiunilor inexacte ale semifabricatelor. Canalul de bavură înconjoară cavitatea finală la matrițarea deschisă. Canalul de bavură are două părți distincte: puntița canalului de bavură (de înălțime și lungime mai redusă) și magazia canalului de bavură.

Extrudarea este procedeul de deformare plastică a materialelor metalice prin care semifabricatul este presat de către un poanson într-o matriță, cu reducerea și profilarea secțiunii transversale pe o porțiune sau pe toată lungimea semifabricatului.



Extrudarea hidrostatică constă în deformarea semifabricatelor prin intermediul unui lichid sub presiune înaltă, care apasă asupra semifabricatului din toate direcțiile.



Neuniformitatea deformației la extrudare este influențată de: gradientul de temperatură dintre sculele de deformare și material, gradientul de temperatură din volumul semifabricatului, valoarea forțelor de frecare dintre scule și material, viteza de deformare, gradul de deformare, metoda de extrudare aplicată și gradul de omogenitate a compoziției chimice și structurale a semifabricatului.

Metodele cele mai utilizate pentru punerea în evidență și determinarea neuniformității deformației sunt:

a) *Metoda rețelei rectangulare* - extrudarea unei epruvete sau a unui semifabricat format din doi semicilindrii, pe suprafața de contact a unuia din semicilindrii realizându-se o rețea rectangulară având distanța dintre canale de 5...25 mm, în funcție de mărimea epruvetei, iar adâncimea canalelor de 0,5...2 mm. Celălalt semicilindru se execută fără rețea și pe suprafața de contact se unge pentru a nu permite lipirea sau sudarea semicilindrilor în timpul extrudării.

b) *Metoda știfturilor* - introducerea forțată în materialul de bază a unor știfturi dintr-un material de altă culoare, dar cu proprietăți fizico-chimice apropiate, și extrudarea acestei epruvete.

c) *Metoda discurilor* – epruveta de extrudat este realizată din discuri de aceeași mărime între care se interpun plăcuțe dintr-un alt material.

d) Metoda analizei macrostructurale.

Parametrii tehnologici ai procesului de extrudare sunt: raportul de extrudare, viteza de extrudare, gradul de deformare, forța de extrudare.

Raportul de extrudare reprezintă raportul dintre aria inițială a semifabricatului și aria finală a produsului extrudat.

Defecte în procesul de extrudare: crăpături interne (chevron cracking), piping, crăpături pe suprafață.

Trefilarea/tragerea este un procedeu de deformare plastică realizat prin tragerea forțată a unui semifabricat printr-o sculă fixă numita filieră.

Caracteristicile filierei sunt: materialul și geometria acesteia.

Duritatea materialului filierei de la oțelul carbon, la oțelul aliat de scule, la carburi metalice (în special carburi de wolfram, dar și de Ti, Ni, Mo, Ta) și diamant, are o influență mare asupra forței de tragere, lucrului mecanic de deformare, consumului specific de scule și asupra calității suprafețelor produselor trefilate.

Geometria filierei este determinată de unghiul zonei de deformare (sau unghiul conului de lucru) ($2\cdot\alpha$) și lungimea zonei de calibrare.

Laminarea este procesul continuu de deformare plastică, care se realizează între două scule (cilindri de lucru/ cilindrii laminorului) de formă cilindrică, ce se rotesc în sensuri contrare (laminare longitudinală) sau de formă tronconică și bitronconică, ce se rotesc în același sens (laminare transversală), antrenând prin frecare materialul metalic în spațiul dintre cilindri.

Scopul laminării: schimbarea structurii grosolane obținută la turnare într-o structură fină; transformarea unui semifabricat de secțiune transversală mai mare în laminate cu secțiunea dorită.

Blumurile sunt semifabricate laminate la cald din lingouri, care au secțiunea pătrată sau dreptunghiulară (cu raportul laturilor mai mic de 2), cu muchiile rotunjite, destinate relaminării în țagle, platine sau profile.



Sleburile sunt semifabricate laminate, care au secțiunea dreptunghiulară, destinate relaminării în table groase și benzi la cald.



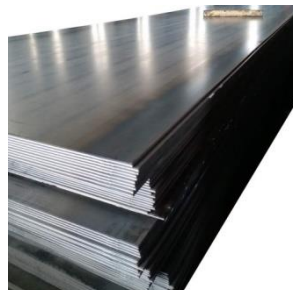
Țagălele pătrate sunt semifabricate laminate, care au latura cuprinsă între $40 \pm 1,5$ mm și 140 ± 4 mm și muchiile rotunjite cu raza $r \leq 0,2 a$ (în care a este latura țagălei).

Platinele sunt semifabricate laminate care au secțiunea dreptunghiulară, cu grosimea mică în raport cu lățimea (grosimea este de 6...30 mm, iar lățimea este de 200...280 mm) și sunt utilizate pentru laminarea tablelor subțiri în pachete.

Benzile laminate la cald se prezintă sub formă de rulouri și sunt destinate relaminării la rece în benzi subțiri, cât și pentru fabricarea țevelor sudate și a profilurilor îndoite.



Tablele laminate la cald se definesc ca table subțiri (cu grosimi de până la 3 mm inclusiv), table mijlocii (cu grosimi de 3...4 mm) și table groase (cu grosimi de peste 4 mm). Prin laminare la rece se obțin de obicei numai table și benzi subțiri cu grosimi între 0,1 și 3,5 mm. În funcție de necesități se pot lamina la rece și table cu grosimi mai mari (de până la 5 mm).



Tipuri de profiluri laminate: table și plăci plate, profile de uz general (pătrat, rotund, lat, cornier, profile U, I, T, Z etc.) și cu utilizări speciale (șină de cale ferată, șenilă de tractor, armătură de mină, etc.);

Țevile laminate se obțin prin perforarea unui semifabricat plin, lingou, țagă sau bară, eboșele cave obținute fiind finisate prin reducerea secțiunii utilizându-se diferite procedee de laminare la cald sau la rece.



Cilindrii de lucru ai laminorului sunt formați din: plăci, care poate fi netedă în cazul laminării bramelor, tablelor și benzilor, sau profilată (calibrată) pentru cazul laminării semifabricatelor și profilelor; fusurile, prin care aceștia se sprijină pe lagăre, elementele de cuplare cu barele de cuplare.

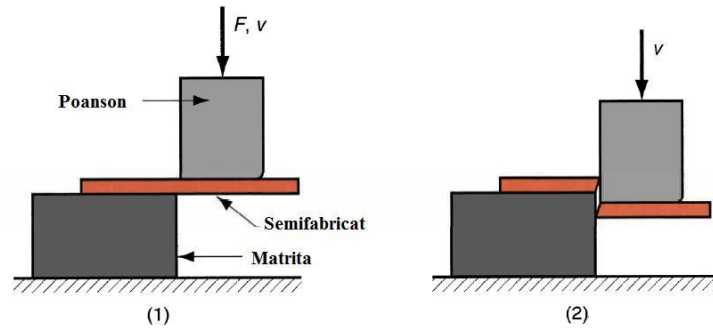


Materialele din care sunt executați cilindrii de lucru ai laminoarelor sunt: fonta cenușie, fontă aliată, oțel carbon, oțel aliat.

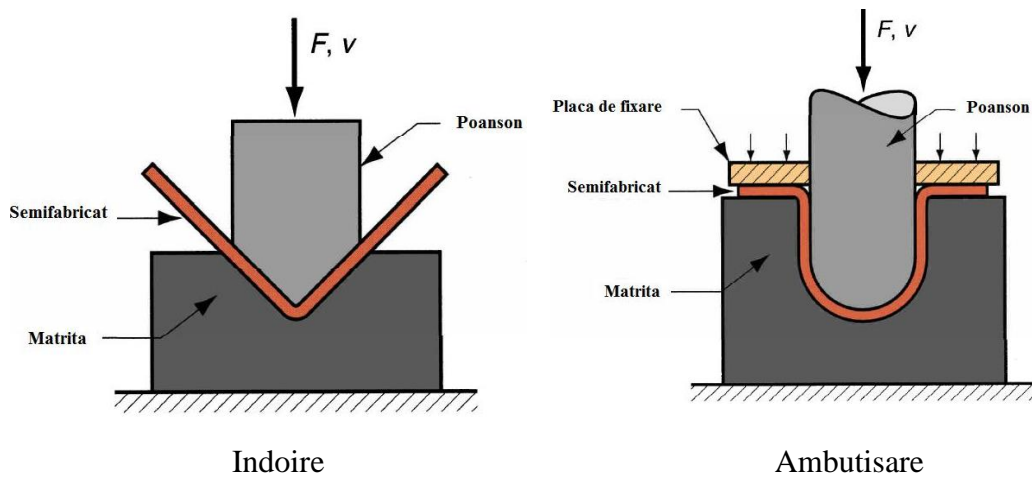
Tablele sunt semifabricate laminate (la cald sau la rece) din oțel, cupru, zinc, alamă, etc., caracterizate prin grosimea și lățimea lor.



Operațiile de forfecare (taiere) a tablelor se caracterizează prin separarea parțială sau totală a unei părți a semifabricatului de cealaltă parte.



Operațiile de matrițare a tablelor cuprind două subgrupe: operații prin care se modifică numai forma semifabricatului, grosimea acestuia rămânând, teoretic, constantă și operații prin care se modifică atât forma cât și grosimea semifabricatului.



Ambutisarea este operația de deformare plastică a tablelor, care constă din modificarea unui semifabricat într-o piesă cavă fără modificarea grosimii pereților.

2.2 Teste de autoevaluare

1. Definiți diferența dintre deformarea elastică și cea plastică în ceea ce privește efectul asupra structurii cristaline.

Răspuns. Deformarea elastică implică o distorsiune temporară a structurii rețelei care este proporțională cu tensiunea aplicată. Deformarea plastică presupune o solicitare de mărime suficientă pentru a provoca o deplasare permanentă în pozițiile relative ale atomilor adiacenți în rețea.

2. Care sunt diferențele dintre procesele de deformare a semifabricatelor masive și procesele de deformare a tablelor?

Răspuns. La deformarea semifabricatelor masive, modificările de formă sunt semnificative, iar raportul dintre suprafață și volum este redus. În procesele de deformare a tablelor, raportul suprafață-volum este ridicat.

3. Să se descrie procesul de extrudare.

Răspuns. Extrudarea este un proces de deformare plastică în care semifabricatul este forțat să curgă printr-o matrită, ducând astfel la modificarea secțiunii transversale a semifabricatului.

4. Indicați câteva dintre avantajele deformării plastice la rece în raport cu deformarea plastică la cald.

Răspuns. Avantajele deformării plastice la rece sunt:

- 1) calitate a suprafeței și o precizie dimensională mai bună,
- 2) creșterea rezistenței datorată ecruisării,
- 3) posibile proprietăți direcționale datorate curgerii materialului;
- 4) absența problemelor legate de încălzire (oxidare, decarburare).

5. Ce este deformarea izotermă și în ce condiții se realizează?

Răspuns. O operație de deformare izotermă este efectuată în așa fel încât să evite răcirea suprafeței și gradientii termici în materialul deformat. Acest lucru se realizează prin preîncălzirea sculelor de deformare.

6. Descrieți efectul vitezei de deformare în deformarea metalelor.

Răspuns. Creșterea vitezei de deformare tinde să crească rezistența la deformare. Tendința este deosebit de importantă în operațiile de deformare la cald.

7. De ce nu este de dorit fenomenul frecării în operațiile de deformare a metalelor?

Răspuns. Motivele pentru care frecarea nu este de dorit în deformarea metalelor includ următoarele:

- 1) îngreunează curgerea materialului în timpul deformării, ducând la apariția tensiunilor reziduale și a unor defecte ale produsului deformat;
- 2) cresc forțele și puterea necesare în proces;
- 3) crește uzura sculelor.

8. Ce înțelegeți prin frecarea de aderență (sticking friction) în prelucrarea metalelor?

Răspuns. Frecarea de aderență apare atunci când suprafața de lucru aderă la suprafața sculei, mai degrabă decât alunecă împotriva acesteia; apare atunci când tensiunea de frecare este mai mare decât tensiunea de curgere prin forfecare a materialului.

9. Care dintre următoarele sunt procese de deformare pentru semifabricate masive (trei răspunsuri corecte):

- a) îndoire,
- b) amutisare,
- c) extrudare,
- d) forjare,
- e) laminare,
- f) forfecare?

Răspuns. (c), (d) și (e).

10. Curba de curgere exprimă comportamentul unui material în care dintre următoarele regiuni ale curbei tensiune-deformație:

- a) regiune elastică,
- b) regiune plastică

Răspuns. (b).

11. Prelucrarea la cald a metalelor se referă la care dintre următoarele regiuni de temperatură în raport cu punctul de topire al metalului dat pe o scară de temperatură absolută:

- a) temperatura camerei,
- b) $0,2 T_t$,
- c) $0,4 T_t$
- d) $0,6 T_t$?

Răspuns. (d).

12. Care dintre următoarele sunt avantaje și caracteristici ale deformării plastice la cald în raport cu deformarea plastică la rece (patru răspunsuri corecte):

- a) ruperea este mai puțin probabilă,
- b) frecarea este redusă,
- c) cresc proprietățile de rezistență,
- d) proprietăți mecanice izotrope,
- e) limita de curgere a materialului crește,
- f) forțe de deformare mai mici ,
- g) sunt posibile modificări de formă mai semnificative,
- h) sensibilitatea la viteza de deformare este redusă?

Răspuns. (a), (d), (f) și (g).

13. Creșterea vitezei de deformare tinde să aibă unul dintre următoarele efecte asupra tensiunii de curgere în timpul deformării metalului:

- a) scade tensiunea de curgere,
- b) nu are efect ,
- c) crește tensiunea de curgere.

Răspuns. (c).

14. Coeficientul de frecare dintre piesă și scula de deformare în cazul deformării la rece tinde să fie :

- a) mai mare,
- b) mai mic,
- c) nicio diferență față de valoarea sa la deformarea la cald

Răspuns. (b).

15. Care sunt motivele pentru care procesele de deformare a semifabricatelor masive sunt importante din punct de vedere comercial și tehnologic?

Răspuns. Motivele pentru care procesele de deformare a semifabricatelor masive sunt importante includ următoarele: (1) ele sunt capabile de schimbări semnificative de formă atunci când se utilizează prelucrarea la cald, (2) au un efect pozitiv asupra rezistenței atunci când se folosește deformarea la rece și (3) majoritatea proceselor produc pierderi reduse de material; unele sunt procese care nu produc deloc pierderi de material (net shape process).

16. Denumiți patru procese de bază de deformare a semifabricatelor masive.

Răspuns. (a) laminare, (2) forjare, (3) extrudare și (4) trefilare/tragere.

17. La laminarea oțelului, care sunt diferențele dintre un blum, un sleb și o țaglă?

Răspuns. Blumul este un semifabricat laminat, cu o secțiune transversală pătrată de aproximativ 150x150 mm. Semifabricatul de pornire pentru un blum este un lingou, sau blumurile pot fi obținute direct prin turnare continuă. Un sleb este un semifabricat laminat la cald dintr-un lingou sau un blum și are o secțiune transversală dreptunghiulară de aproximativ 250x40 mm. Țagla este un semifabricat laminat din blum sau lingouri mici și poate avea secțiunea transversală de formă rotundă, patrată sau dreptunghiulară.

18. Din ce se obțin țaglele?

- a) sârme
- b) profile
- c) blum
- d) eboș

19. De ce este prevăzută bavura la matrițare?

Răspuns. Deoarece prezența sa constrânge metalul care curge în matriță să umple detaliile cavității matriței.

20. La matrițare, la alegerea planului de separație (PS) a semimatrițelor, următoarele afirmații sunt false:

- a) poziția PS astfel încât să evite pe cât posibil distrugerea liniilor de curgere;
- b) PS care să treacă prin secțiunea cea mai mică a piesei;
- c) PS care să treacă prin planul de simetrie a piesei.

21. Care este rolul operației de debavurare în procesul de matrițare?

Răspuns. Debavurarea este o operație de forfecare utilizată pentru a îndepărta bavura de pe piesa matrițată.

22. Selectați avantajele matrițării pe prese comparativ cu matrițarea pe ciocan.

- a) matrițele nu necesită locaș pentru capăt de clește,
- b) pot fi matrițate aliaje cu plasticitate redusă
- c) precizie redusă,
- d) consum redus de material,
- e) viteze de deformare mai mici,
- f) umplerea mai bună a matriței.

23. Care dintre următoarele procedee de procesare va duce probabil la un finisaj grosier de suprafață:

- (a) laminare la rece,
- (b) rectificare,
- (c) prelucrare,
- (d) turnare în amestec crud,
- (e) tăiere cu ferăstrăul?

Răspuns. (d), (e)

24. Care sunt cele două tipuri de bază de echipamente de forjare?

Răspuns. Cele două tipuri de mașini de forjat sunt ciocanele, care deformează materialul prin lovire și presele, care lucrează prin presare.

25. Cu ce tipuri de produse este asociată tehnologia de laminare a tuburilor?

26. Numiți cele patru tehnologii de bază de deformare plastică a semifabricatelor masive.

Răspuns. Cele patru procese de bază de deformare sunt: (a) laminarea, (2) forjarea, (3) extrudarea și (4) tragerea sârmei și a barelor.

27. Identificați câteva dintre modalitățile prin care poate fi redusă forța în cazul laminării profilelor plate.

Răspuns. Modalitățile de reducere a forței în laminarea profilelor plate includ (1) utilizarea laminării la cald, (2) reducerea tragerii pe fiecare trecere, și (3) utilizarea unor cilindri de laminor cu diametru mai mic.

28. Ce înțelegeți prin caje de laminare?

Răspuns. Caja de laminare este formată din doi cilindri opuși între care se află semifabricatul de laminat.

29. Ce este un laminor reversibil?

Răspuns. Un laminor reversibil este un laminor cu două trepte de laminare în care direcția de rotație a cilindrilor poate fi inversată pentru a permite trecerea semifabricatului din ambele părți.

30. În afară de laminarea tablelor și laminarea profilelor, identificați câteva procese tehnologice suplimentare de deformare a semifabricatelor masive care utilizează cilindri pentru a efectua deformarea.

Răspuns. Alte procese tehnologice care utilizează cilindri sunt: laminarea inelelor, laminarea filetelor, bilelor, laminarea angrenajelor.

31. Semifabricatul utilizat în laminarea la cald a tablelor de oțel este: (a) bară, (b) lingou, (c) blum, (d) sleb (e) sârmă?

Răspuns. (d)

32. Distingeți între extrudarea directă și indirectă.

Răspuns. În extrudarea directă semifabricatul este încărcat într-un container, iar poansonul comprimă materialul, forțându-l să curgă printr-o deschidere a matriței din capătul opus containerului. În extrudarea indirectă, matrița este încorporată în poanson și pe măsură ce acesta comprimă semifabricatul, metalul este forțat să curgă prin deschiderea matriței într-o direcție opusă (înapoi) față de mișcarea poansonului.

33. De ce este frecarea un factor important în determinarea forței de deformare în cazul extrudării directe, dar nu și în cazul extrudării indirecte?

34. Semifabricatul în cazul laminării la cald a tablei din oțel este:

- a) bara,
- b) sleb,
- c) blum,
- d) țagă sau
- e) sârmă?

Răspuns. (d).

35. Care dintre următorii parametri de tensiune sau rezistență este utilizat în calculul forței de laminare:

- a) tensiunea medie de deformare,
- b) rezistența la compresiune,
- c) rezistența la tracțiune,
- d) limita de curgere?

Răspuns. (a).

36. Producția de țevi și tuburi este asociată cu care dintre următoarele procese de deformare (trei răspunsuri corecte):

- a) extrudare,

- b) sablare,
- c) laminarea inelelor,
- d) tragere,
- e) perforare cu role?

Răspuns. (a), (d) .

37. Care dintre următorii parametri de tensiune sau rezistență este utilizat în calculul forței maxime într-o operație de forjare:

- a) tensiunea medie de curgere,
- b) rezistența la compresiune,
- c) tensiunea de curgere finală,
- d) rezistența la tracțiune,
- e) rezistența la curgere?

Răspuns. (c).

38. Care dintre următoarele operații sunt strâns legate de matrițare (cele mai bune trei răspunsuri):

- a) întinderea,
- b) matrițarea fără bavură,
- c) găurirea,
- d) procesul Mannesmann,
- e) forjare de precizie,
- f) înmuierea,
- g) refularea?

Răspuns. (a), (g).

39. Bavura în cazul matrițării nu are un scop util și nu este de dorit, deoarece trebuie să fie îndepărtată după deformare:

- a) adevărat,
- b) fals.

Răspuns. (b). Bavura determină creșterea presiunii în interiorul matriței, care obligă materialul să umple cavitatea.

40. Producerea de tuburi este posibilă în extrudarea indirectă, dar nu și în extrudarea directă:

- a) adevărat,

b) fals.

Răspuns. (b). Tuburile și țevile pot fi produse fie prin extrudare directă, fie indirectă.

41. Care dintre următorii parametri de tensiune sau rezistență este utilizat în calculul forței într-un proces de extrudare:

- a) tensiunea medie de curgere,
- b) rezistența la compresiune,
- c) tensiunea de curgere finală,
- d) rezistența la tracțiune,
- e) limita de curgere?

Răspuns. (a).

42. Alegerea unui procedeu de fabricație depinde de:

- a. Material;
- b. Forma piesei;
- c. Rugozitatea suprafețelor piesei;
- d. Seria de fabricație

Exemplificați.

43. Indicați procedeele de obținere a reperelor din imaginile de mai jos:



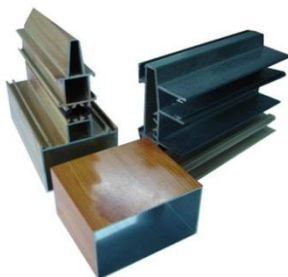
a.



b.



c.



d.



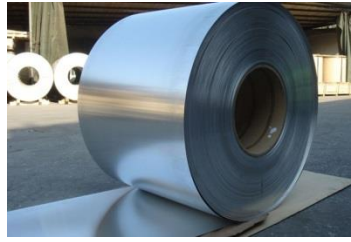
e.



f.



g.



h.



i.

44. Discuțați avantajele și dezavantajele deformării la cald comparativ cu deformarea la rece.

45. Matrițarea pe prese are următoarele avantaje în raport cu matrițarea pe ciocane:

- a) precizie mai ridicată datorită rigidității scăzute a berbecului;
- b) înclinații mai mari la pereții cavității datorită folosirii extractoarelor;
- c) posibilitatea mecanizării și automatizării procesului;
- d) consum mai mic de energie;
- e) productivitate ridicată.

46. Extractoarele sunt prevăzute la:

- a) prese;
- b) ciocane;
- c) atât la prese cât și la ciocane.

Care este rolul extractoarelor într-un proces de matrițare?

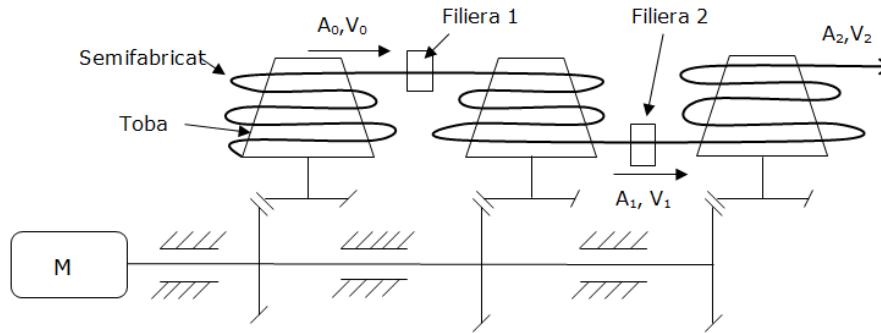
47. Filierele se execută din:

- a) oțel aliat de scule;
- b) diamant;
- c) carburi de wolfram.

48. Discuțați rolul forței de frecare în procedeele de deformare plastică. Dați exemple de lubrifianți folosiți la deformarea plastică la rece și la cald.

49. Schițați procedeele de extrudare cunoscute, indicând elementele componente.

50. Pentru piesa din C45 cu dimensiunile din figură obținută prin refulare să se determine dimensiunea semifabricatului inițial;



56. Să se discute relațiile de mai jos și să se identifice parametrii.

$$R_p = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100 \quad R_p = \frac{D_0^2 - D_1^2}{D_0^2} \cdot 100 \quad D_1 = D_0 \cdot \sqrt{1 - R_p}$$

$$R_t = \frac{D_0^2 - D_{final}^2}{D_0^2} \cdot 100$$

$$n = \frac{\lg(1 - R_t)}{\lg(1 - R_p)}$$

57. Considerând o sârmă din OLC65A cu diametrul de 3 mm să se determine numărul de filiere necesare pentru reducerea diametrului la 2 mm.

58. Explicați influența unghiului filierei asupra neuniformității deformațiilor la trefilare/tragere.

59. Enumerați și schițați semifabricatele obținute prin laminare (din ce fel de semifabricat sunt obținute ele). La ce operații ulterioare sunt acestea folosite?

60. Enumerați și schițați tipurile de semifabricate utilizate în procesele de deformare plastică.

61. Identificați și explicați principiile de funcționare ale echipamentelor din imaginile de mai jos :



a.

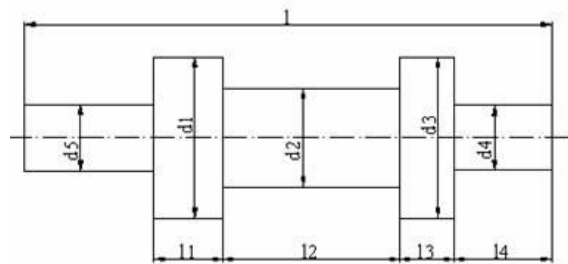


b.



62. Enumerați și schițați operațiile de forjare liberă.

63. Discutați posibilele procedee de obținere a reperului de mai jos realizat din C45. Argumentați.



$d_1 = 80 \text{ mm}$; $d_2 = 60 \text{ mm}$; $d_3 = 80 \text{ mm}$; $d_4 = 50 \text{ mm}$; $d_5 = 50 \text{ mm}$; $l_1 = 40 \text{ mm}$; $l_2 = 80 \text{ mm}$; $l_3 = 40 \text{ mm}$; $l_4 = 60 \text{ mm}$; $l = 300 \text{ mm}$.

Pentru cazul obținerii prin forjare liberă pe ciocan să se determine :

- desenul piesei forjate ;
- semifabricatul inițial ;
- masa părții căzătoare a ciocanului ;
- sucesiunea fazelor de deformare (fișa tehnologică).

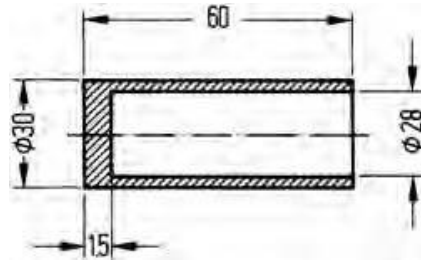
64. Enumerați adaosurile tehnologice la matrițare.

65. Definiți :

- matrițarea închisă ;
- matrițarea deschisă ;
- extractorul ;
- membrana ;

- e) gradul de refulare ;
- f) coroiajul ;
- g) criteriul Biot ;
- h) matrița ;
- i) bavura.

66. Pentru piesa din figură schițați procedeul de obținere prin extrudare, determinați semifabricatul inițial (forma și dimensiuni), raportul de extrudare, gradul de deformare.



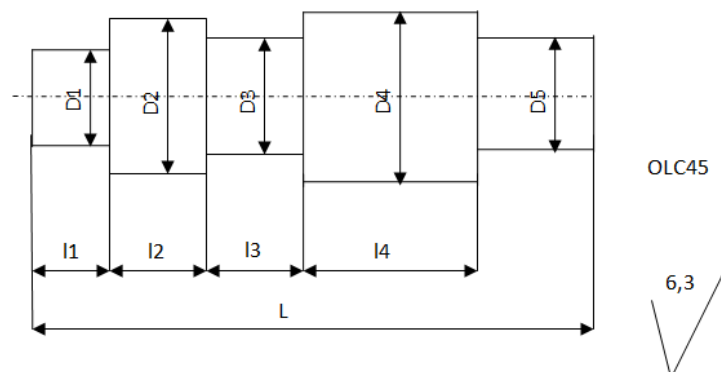
67. Schițați o matriță de extrudare și identificați părțile sale componente.

68. Presupunem că avem două matrițe de extrudare una cu unghiul de 90^0 , a doua cu unghiul de 60^0 :

- a) schițați cele două matrițe,
- b) în care din cele 2 situații forța de extrudare este mai mică.

69. Discutați rolul lubrifierii la extrudare și influența acesteia asupra curgerii materialului. Dați exemple de lubrifianți utilizați la extrudarea la rece și la cald.

70. Să se stabilească tehnologia de obținere prin forjare liberă pe ciocan a reperului din figura de mai jos:



- | | |
|----------|-----------|
| D1=100mm | l1= 120mm |
| D2=160mm | l2=140mm |
| D3=140mm | l3=140mm |

D4=160mm

l4=250mm

D5=140mm

L=1000mm

71. Explicați figurile de mai jos (procedeele de obținere și ce reprezintă):



a.



b.



c.



d.



e.



f.



g.

72. Ce înțelegeți prin :

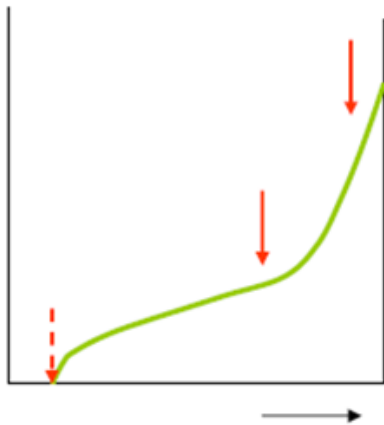
- a) interval de temperatură de deformare admis;
- b) viteză de încălzire admisibilă;
- c) grad de refulare;
- d) avans la întindere;
- e) raport de extrudare.

73. Completați și discutați următoarele relații și imagini (în relații explicați parametrii):

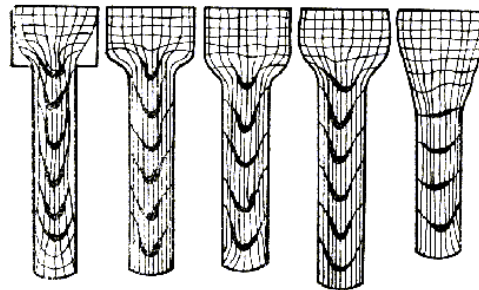
a. $F_{\text{presa}} =$

b. $E_{\text{ciocan}} = p V$

c. $p_{\text{extrudare}} = \frac{F}{\square}$

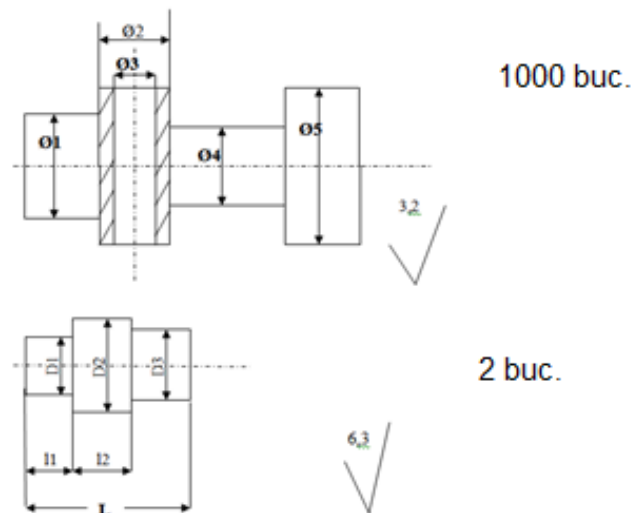


a.



b.

74. Pentru piesele din figură realizate din C45 să se indice : posibilele tehnologii de obținere cu argumente.



- a) adevarat;
- b) fals.

84. În cazul găuririi închise cu cât raportul D/d este mai mare, cu atât creșterea în înălțime a semifabricatului va fi mai mare.

- a) adevărat;
- b) fals.

85. Matrițarea poate fi:

- a) deschisă ;
- b) închisă;
- c) combinată.

86. Matrițarea se poate realiza pe:

- a) ciocane;
- b) prese mecanice;
- c) prese hidraulice;
- d) prese cu șurub.

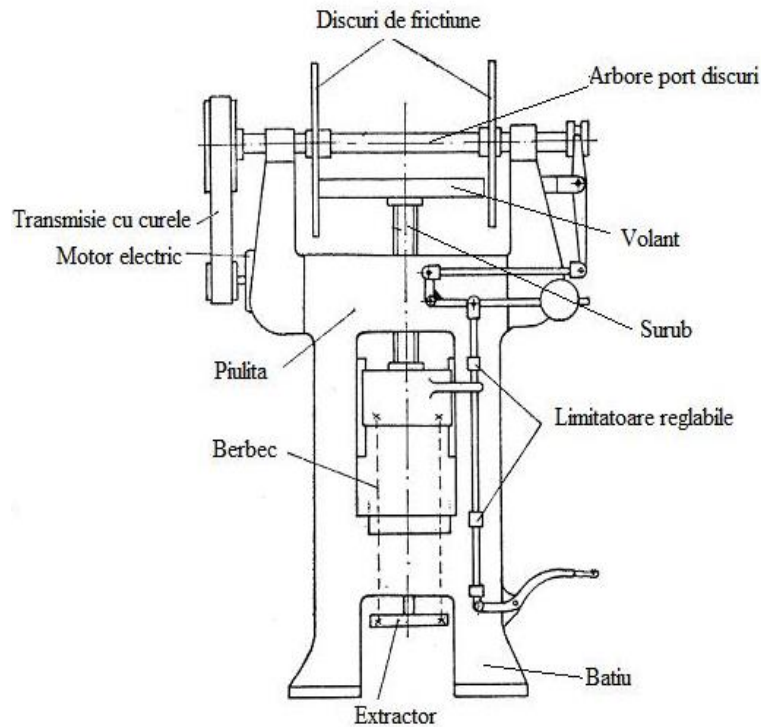
87. Extractoarele sunt dispozitive care permit extragerea pieselor din:

- a) semimatrița inferioară;
- b) semimatrița superioară;
- c) ambele.

88. Cea mai mică viteză de impact o au :

- a) presele mecanice;
- b) presele hidraulice;
- c) presele cu șurub.

89. Identificați utilajul de mai jos și descrieți principiul său de funcționare :



90. Adaosurile tehnologice la matrițare sunt :

- a) bavura;
- b) înclinațiile de matrițare;
- c) razele de racordare;
- d) extractorul;
- e) membrana;

91. O matriță are unul sau mai multe locașuri în funcție de :

- a) utilajul folosit;
- b) complexitatea piesei;
- c) materialul piesei;
- d) seria de fabricație.

92. Matrițarea se utilizează pentru prelucrarea pieselor în serie :

- a) mare;
- b) mijlocie;
- c) mică.

93. Matrițele se realizează din materiale care le asigură următoarele proprietăți:

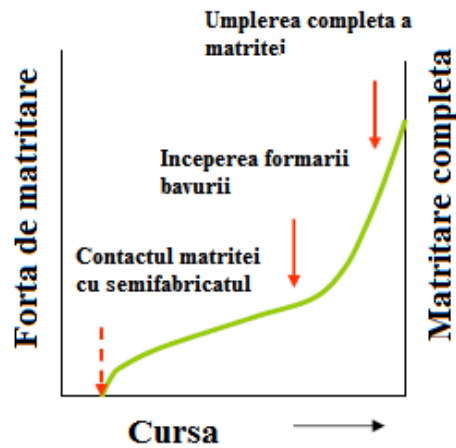
- a) rezistență la temperaturi ridicate;
- b) rezistență ridicată la uzură;

- c) duritate ridicată;
- d) rezistență ridicată la șoc termic.

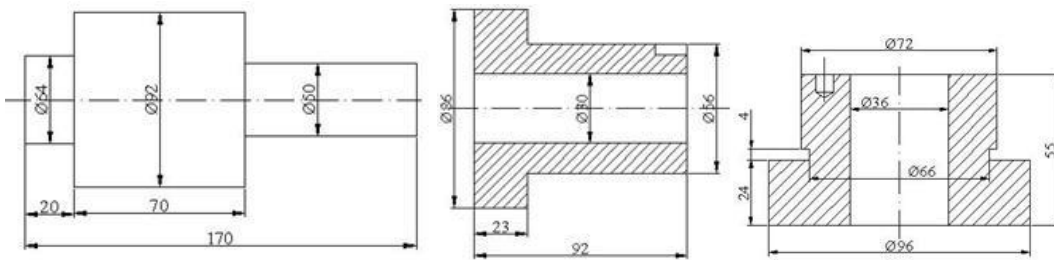
94. Întocmirea desenului semifabricatului matrițat se face plecând de la desenul de execuție al piesei finite, la care se consideră adaosurile de prelucrare și adaosurile tehnologice (înclinații pentru scoaterea ușoară a semifabricatului din cavitatea matriței, raze de racordare pentru a elimina muchiile ascuțite și pentru a ajuta la curgerea materialului în cavitățile matriței).

- a) adevărat ;
- b) fals.

95. Discutați diagrama de mai jos :



96. Pentru schițele de mai jos realizați modelul geometric în Solid Works și explicați tehnologia de realizare.



97. Schițați procedeele de extrudare cunoscute.

98. Enumerați parametrii tehnologici ai extrudării. Definiție și relații de calcul.

99. Definiți și schițați zona moartă la extrudare. Care sunt parametrii care o influențează?

100. Avantajele procedurii de extrudare sunt :

a) posibilitatea obținerii a două sau mai multe piese simultan în mai multe canale, la o singură matriță ;

b) cost redus al utilajului și matrițelor ;

c) se pot deforma materiale cu o deformabilitate mai scăzută, datorită stării de tensiune de compresiune, care este prezentă în aproape întreaga zonă deformabilă a semifabricatului.

101. Enumerați defectele ce pot apărea la extrudare.

102. Exprimați forța necesară extrudării directe și indirecte. Enumerați parametrii de care depinde aceasta.

103. În cazul mașinilor continue de trefilat explicați de ce viteza de tragere diferă de la prima până la ultima filieră ? Unde este viteza de tragere maximă?

104. Schițați principiile de laminare cunoscute și discutați care sunt scopurile laminării.

105. Schițați și indicați părțile componente ale unui laminor.

106 Clasificați laminoarele în funcție de destinație.

107. Care este rolul cilindrilor de sprijin în cazul laminării tablelor?

108. Descrieți etapele de obținere a țevilor fără sudură.

109. Demonstrați prin desen și calcul relația :

$$\cos \alpha = 1 - \frac{\Delta H}{D}$$

Explicitați termenii ce intervin în relații.

110. Exprimați prin desen și calcul condiția de prindere la laminare.

111. Prezentați comparativ indicatorii economici (productivitate, grad de utilizare a materialului, posibilități de automatizare, costul echipamentelor, costul prelucrărilor ulterioare) pentru procedeele de deformare plastică: laminare, matrițare, trefilare-tragere, extrudare.

112. Prezentați comparativ aspectele legate de calitatea produselor pentru procedeele de deformare plastică: laminare, matrițare, trefilare-tragere, extrudare.

113. Cum puteți spune dacă o piesă a fost obținută prin forjare sau turnare? Descrieți caracteristicile pe care le-ați avea în vedere pentru a ajunge la o concluzie (duritate, microstructură, rugozitate, izotropie structurală).

114. Enumerați avantajele și dezavantajele utilizării lubrefierii în operațiile de forjare.

Răspuns.

Avantajele includ:

- a) o reducere a forței și energiei necesare;
- b) localizare mai redusă a deformației, rezultând o îmbunătățire a deformabilității;
- c) lubrifianțul acționează ca o barieră termică, deci piesa poate rămâne fierbinte mai mult timp și astfel se asigură o bună deformabilitate;
- d) lubrifianțul protejază piesa de prelucrat de mediul ambiant, mai ales în cazul deformării la cald.

Dezavantajele includ:

- a) lubrifianțul adaugă costuri operațiilor de prelucrare;
- b) o peliculă groasă poate duce la un efect de coajă de portocală pe piesa de prelucrat;
- c) lubrifianții pot fi prinși în cavitățile matriței ducând la abateri dimensionale nedorite;
- d) lubrifianțul trebuie ulterior îndepărtat de pe suprafața piesei, o operație suplimentară și uneori dificilă;
- e) eliminarea lubrifianțului poate prezenta neajunsuri pentru mediu.

115. Descrieți condițiile în care trefilarea umedă și respectiv trefilarea uscată sunt de dorit.

Răspuns. Trefilarea umedă ar fi potrivită pentru colaci mari de sârmă care pot fi cufundați complet în lubrifianț, iar trefilarea uscată ar fi potrivită pentru produse scurte drepte.

116. Denumiți variabilele importante ale procesului de trefilare/tragere și explicați modul în care acestea afectează procesul.

Răspuns. Variabilele importante ale procesului de trefilare/tragere sunt:

- a) limita de curgere a materialului deformat; care influențează direct tensiunea de tragere și durata de viață a filierei;
- b) unghiul filierei, în zona de intrare, unghiul matriței este important pentru antrenarea lubrifianțului;
- c) coeficientul de frecare (μ). Coeficientul de frecare afectează componenta de frecare a energiei de deformare și prin urmare, tensiunea necesară deformării;

d) reducerea secțiunii. Pentru fiecare material există o limită a reducerii de secțiune care poate să se realizeze prin trefilare/tragere;

e) condițiile de lubrifiere. Lubrifierea eficientă reduce frecarea, dar poate duce și la o suprafață rugoasă datorită efectului de coajă de portocală.

117. Care dintre următorii parametri de tensiune sau rezistență este utilizat în calculul forței de laminare :

- a) tensiunea medie de curgere;
- b) rezistența la compresiune;
- (c) tensiunea de curgere finală;
- d) rezistența la tracțiune ?

118. Producția de țevi și tuburi este asociată cu care dintre următoarele procese de deformare (doua răspunsuri corecte):

- (a) extrudare;
- (b) tăiere;
- (c) laminarea inelelor;
- (d) perforarea rolelor;
- (f) tragere;
- (g) refulare.

119. Care dintre următoarele operații sunt strâns legate de a forjarea liberă (cele mai bune trei răspunsuri):

- a) întindere;
- b) matrițarea fără bavură;
- c) matrițarea cu bavură;
- d) procesul Mannesmann;
- f) forjarea de precizie;
- g) refularea;
- h) îndoirea?

120. Enumerati minim 5 parametrii (de proces/material) care au influență în procesul de deformare prin forjare.

121. Producția de tuburi este posibilă aplicand extrudarea indirectă, dar nu extrudarea directă:

- a) adevărat;

b) fals.

122. În care dintre următoarele operații de extrudare coeficientul de frecare influențează determinarea forței de extrudare :

- a) extrudare directă;
- b) extrudare indirectă?

123. Care dintre următorii parametri de tensiune sau rezistență este utilizat în calculul forței în procedeul de extrudare (cel mai bun răspuns):

- a) tensiunea medie de curgere;
- b) rezistența la compresiune;
- c) tensiunea de curgere finală;
- d) rezistența la tracțiune .

124. Care este ordinea fazelor în care are loc un proces de extrudare?

- a) Inceputul curgerii prin orificiul matriței;
- b) Curgerea metalului prin orificiul matriței;
- c) Presarea până la umplerea completă a orificiului matriței. În această fază forța de extrudare crește de la zero la valoarea maximă.
- d) La sfârșitul cursei pistonului semifabricatul este complet deformat, iar forța se reduce la zero.

Raspuns. c, a, b, d

125. De cine este influențată forța de extrudare?

- a) rezistența la deformarea semifabricatului;
- b) culoarea semifabricatului;
- c) gradul de reducere;
- d) valoarea forțelor de frecare;
- e) tipul extrudării;
- f) complexitatea piesei;
- g) forma și dimensiunile semifabricatului;
- h) forma de turnare.

Raspuns. a, c, d, e, f, g

126. Numiti cateva produse ce pot fi obtinute prin extrudare.

127. De ce este frecarea un factor important în determinarea forței berbecului la extrudarea directă, dar nu și în cazul extrudării indirecte?

128. Ce are în comun defectul de tip Chevron la extrudare cu procesul de perforare a rozelor?

129. Cum putem spune dacă o anumită piesă a fost forjată sau turnată? Care sunt caracteristicile pe care le aveți în vedere pentru a ajunge la o concluzie?

Răspuns. Numeroase teste pot fi folosite pentru a deosebi piesele forjate de cele turnate. În funcție de temperatura de forjare, piesele forjate sunt în general mai dure decât piese turnate, lucru care se poate verifica când probe din diferite zone ale piesei sunt supuse la încercări de tracțiune. Comparațiile privind valorile durităților pot, de asemenea, să fie făcute. Microstructurile vor indica de asemenea deosebiri între piese forjate vs. turnate. Dimensiunea grăunților va fi de obicei mai mică la piesele forjate decât la cele turnate. Piesele turnate, pe de altă parte, vor fi în general mai izotrope decât piesele forjate. Caracteristicile suprafeței și rugozitatea este, de asemenea, probabil să fie diferită, în funcție de procesele de turnare utilizate și starea suprafețelor matriței/formei de turnare.

130. Care sunt avantajele și dezavantajele operației de întindere prin forjare liberă?

Răspuns. Pentru că zona de contact la întindere este mult mai mică (deformare incrementală) decât într-o operație de refulare, secțiuni mari de semifabricate pot fi reduse cu forțe de deformare mult mai mici, necesitând astfel utilaje de gabarit mai redus, ceea ce constituie un important avantaj economic. În plus, diverse secțiuni transversale pot fi obținute de-a lungul lungimii semifabricatului. Un dezavantaj este durata procesului și numărul mare de lovituri necesare pentru piesele lungi, precum și dificultatea în controlul deformării cu suficientă precizie dimensională și calitate a suprafeței.

131. Explicați de ce există atât de multe tipuri diferite de utilaje pentru forjare/matrițare.

Fiecare tip de utilaj are propriile sale avantaje și limitări, fiecare fiind ideal a se utiliza pentru diferite aplicații. Factorii majori implicați în selecția echipamentelor pot fi rezumați astfel:

- a) cerințele de forță și energie;
- b) caracteristici forță-cursă;
- c) lungimea cursei berbecului;
- d) cerințele privind seria de producție;
- e) sensibilitatea la viteza de deformare a materialului piesei de prelucrat;
- g) considerații economice.

132. De ce este important controlul volumului semifabricatului în cazul matrițării închise?

Răspuns. Dacă se introduce un semifabricat cu volum prea mare în matriță presele se vor bloca, nu își finalizează cursa și structurile presei sunt supuse la sarcini mari. Numeroase defecțiuni grave în cazul preselor mecanice au fost atribuite unor astfel de sarcini excesive. Dacă, pe de altă parte, volumul semifabricatului este prea mic matrița nu se va umple complet deci forma piesei nu va fi cea dorită .

133. Concepeți o metodă experimentală prin care să se poată măsura forța necesară deformării în cazul matrițării deschise.

Răspuns. O metodă experimentală pentru determinarea forțele necesare pentru deformarea unei piese matrițate cu bavură ar putea fi realizarea matriței din două bucăți concentrice, fiecare cu posibilitatea de a măsura forța. Partea din centru ar acoperi doar piesa în sine, iar zona exterioară (în formă de inel) ar acoperi zona bavurii. În timpul procesului de deformare, celulele de sarcină sunt monitorizate individual și astfel, solicitările pentru piesă și respectiv, bavură pot fi măsurate independent.

134. Un producător matrițează cu succes la cald un anumit reper, folosind material furnizat de Compania A. Se obține o nouă sursă de material de la Compania B, cu aceeași compoziție nominală a elementelor majore de aliere precum cea a materialul de la Compania A. Cu toate acestea, s-a constatat că noile repere forjate prezintă defecte (crăpături) deși se urmează aceeași tehnologie de fabricație. Care este motivul probabil?

Răspuns. Motivul poate fi prezența impurităților, incluziuni și alte elemente (cum ar fi sulf) în materialul furnizat de Compania B. De reținut că, întrebarea afirmă că ambele materiale au „aceeași compoziție nominală a elementelor majore de aliere”. Nu se face nici o mențiune privind elementele minore sau nivelurile de impurități prezente în materialul furnizat de Compania B.

135. In ce condiții pot să apară suprapuneri de material la matrițare în zona muchiilor?

136. Cum afectează muchiile ascuțite fibrajul materialului matrițat? Dar caracteristicile mecanice ale materialului ?

137. Orientarea fibrajului face parte din metodele de analiza calitativa a suprafeței.

- a. Adevarat
- b. Fals

138. Explicați de ce e necesară o orientare favorabilă a fibrajului ? In ce constă?

139. La matrișarea în matrițe cu mai multe cavități: care sunt cavitățile și care este rolul acestor cavități?

140. Care dintre următoarele utilaje industriale pot fi utilizate pentru a realiza procese tehnologice de deformare prin extrudare:

- (a) ciocanul de forjă,
- (b) freza
- (c) mașină de laminare,
- (d) presă,
- (e) furnal

Răspuns: (d)

141. Care dintre următoarele avantaje și caracteristici sunt specifice prelucrării la cald în raport cu prelucrarea la rece :

- a) ruperea în timpul deformării este mai puțin probabilă,
- b) frecarea este redusă,
- c) rezistența materialului mai mare,
- d) proprietăți de rezistență mai mare,
- e) proprietăți mecanice izotrope,
- f) consum de energie totală mai redus,
- g) sunt necesare forțe de deformare mai reduse,
- h) sunt posibile modificări de formă mai semnificative,
- i) sensibilitatea la viteza de deformare este redusă.

142. Enumerati minim 5 procedee prin care se poate realiza operatia tehnologica de debitare.

143. In intervalul de temperatură admis la deformare, materialul de deformat este caracterizat de:

- a) deformabilitate mică,
- b) rezistență la deformare redusă,
- c) deformabilitate ridicată,
- d) creștere excesivă a graunților,
- e) longevitate avansată.

144. Cum influențează frecarea reducerea de secțiune într-un proces de trefilare?

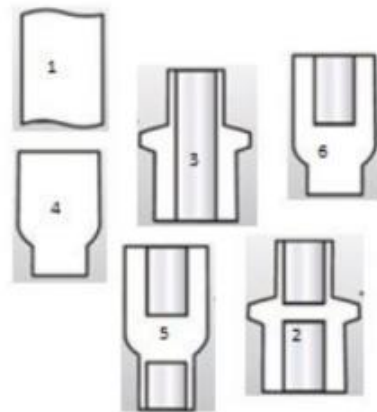
Răspuns: Atât frecarea cât și deformarea neomogenă influențează rezultatul unui proces de trefilare, în sensul creșterii tensiunii de trefilare, în consecință, reducerea maximă pe trecere va fi mai scăzută decât în cazul în care deformarea ar fi omogenă (caz ideal).

145. Explicați specificul structurii obținute prin trefilare.

Răspuns: Trefilarea în marea majoritate a cazurilor este un proces de deformare plastică la rece, în care cristalele se alungesc în direcția de trefilare, iar la un grad mai mare de deformare primesc aspectul unor fibre, de unde denumirea de structură fibroasă

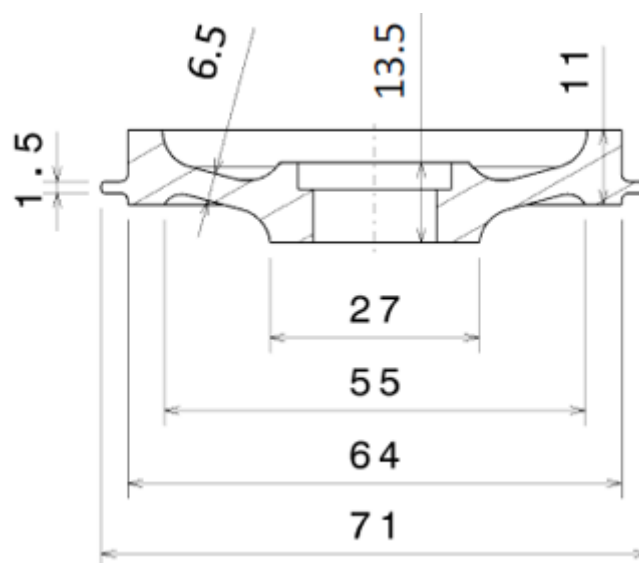
146. Care este itinerarul tehnologic de forjare corect pentru care în imaginea alăturată aveți notate etapele?

- a. 1,2,3,4,5,6
- b. 1,3,4,6,5,2
- c. 1,4,6,5,3,2
- d. 1,4,6,5,2,3
- e. 1,6,4,3,2,5



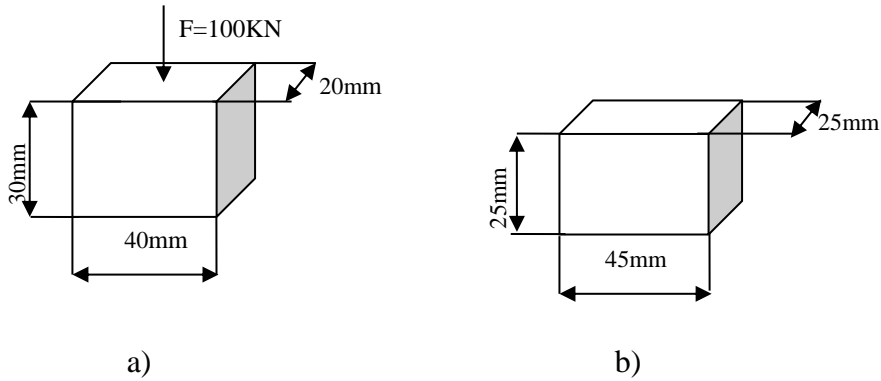
Răspuns: (d)

147. Determinați direcția de forjare și planul de simetrie pentru piesa reprezentată în schița de mai jos; Identificați adaosurile (de forjare și de prelucrare), razele de racordare, teșiturile și reprezentațiile pe schiță în culori distincte.

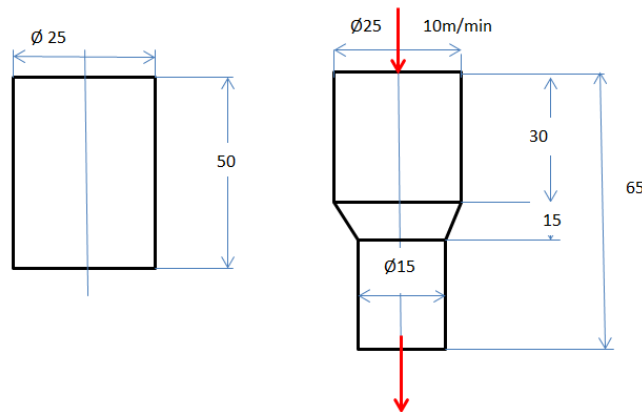


2.3. Probleme cu aplicații

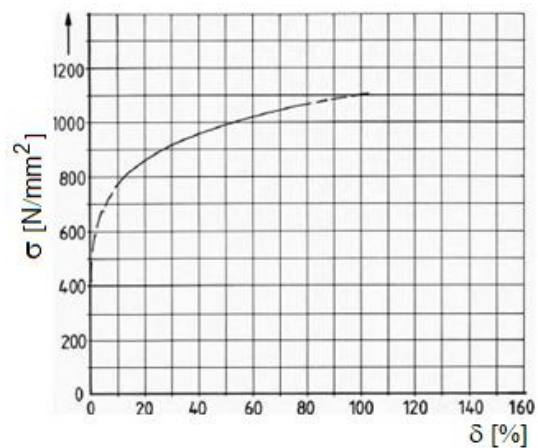
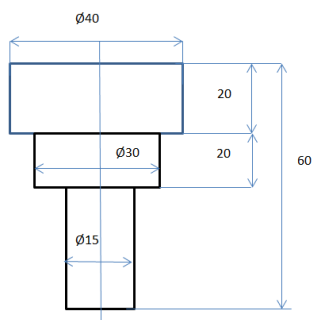
1. Un semifabricat cu forma și dimensiunile prezentate în figura a) a fost deformat prin refulare pe o presă până la forma din figura b). Să se determine presiunea de deformare din timpul procesului de deformare știind că forța de deformare a fost de 100 kN.



2. Pentru piesa de mai jos obținută prin extrudare directă, determinați: dimensiunea semifabricatului, raportul de extrudare, gradul de deformare real, viteza de deformare, viteza extrudatului.

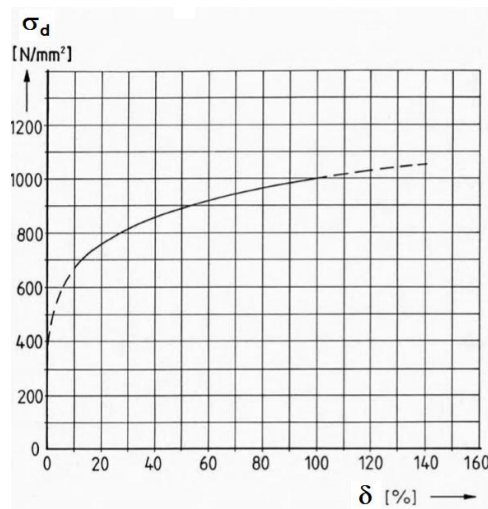


3. Pentru piesa de mai jos realizată din 42CrMo4, obținută prin extrudare să se determine: dimensiunea semifabricatului, gradul de deformare real, forța necesară extrudării.

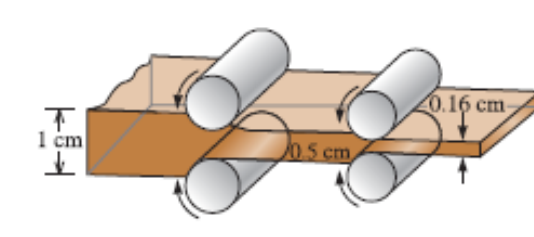


4. O sarmă din C45 cu diametrul inițial de 10 mm va fi trefilată până la diametrul de 5 mm pe o mașină continuă de trefilat cu randamentul de 0,8. Să se determine: numărul de filiere necesar și diametrele obținute după fiecare trecere; dacă viteza maximă de trefilare este 10 m/s să se determine viteza la ieșirea din prima și a treia filieră; gradul real de deformare total și gradul de deformare pe fiecare tragere; forța de tragere pe prima filieră știind că randamentul deformării este 0,6; puterea de antrenare pe prima tobă și puterea de antrenare totală.

În imaginea de mai jos este prezentată diagrama de variație a rezistenței de deformare cu gradul de deformare pentru materialul C45.



5. O tablă din cupru cu grosimea de 1 cm este laminată în 2 etape pentru a reduce grosimea la 0,5 cm respectiv 0,16 cm. Să se determine gradul de reducere total aplicat.



6. O placă de 42 mm grosime realizată din oțel trebuie redusă la 34 mm într-o singură trecere prin procedeul de laminare. Pe măsură ce grosimea este redusă, lățimea plăcii crește cu 4%. Limita de curgere a plăcii de oțel este 174 MPa și rezistența la tracțiune este de 290 MPa. Viteza de intrare a plăcii între cilindri de laminare este de 15,0 m/min. Raza cilindrilor de laminare este de 325 mm și viteza de rotație este de 49,0 rotații/min. Să se determine:

(a) valoarea minimă a coeficientului de frecare care ar face posibilă această operație de laminare,

(b) viteza de ieșire a plăcii dintre cilindrii de laminare.

7. O placă groasă de 60 mm are o lățime de 200 mm și o lungime de 3500 mm. Grosimea trebuie redusă în trei etape prin laminare la cald. Fiecare etapă va reduce placa la 75% din grosimea sa anterioară. Placa își va modifica lățimea cu 3% după fiecare etapă. Dacă viteza de intrare a plăcii în prima etapă este de 40 mm/s, iar viteza de rotație a cilindrilor este aceeași pentru cele trei etape, să se determine:

a) lungimea;

b) viteza de ieșire a plăcii după reducerea finală.

8. Un semifabricat cilindric este deformat la cald prin refulare. Diametrul inițial al semifabricatului este de 45 mm și înălțimea inițială este de 40 mm. Înălțimea după deformare este de 25 mm. Coeficientul de frecare la contactul semifabricat-nicovale este 0.20. Materialul are o curbă de curgere definită de un coeficient de rezistență de 600 MPa și un coeficient de ecruisare de 0,12. Să se determine forța de deformare în următoarele situații:

(a) la atingerea limitei de curgere (limita de curgere la deformația de 0,002),

(b) la o înălțime de 35 mm;

(c) la o înălțime de 25 mm.

Soluție:

$$a) V = \pi D^2 L / 4 = \pi (45)^2 (40) / 4 = 63,617 \text{ mm}^3$$

La deformația $\varepsilon = 0.002$ din ecuația lui Hollomon:

$$\sigma_c = K \delta^n$$

$$\sigma_c = 600(0.002)^{0.12} = 284.6 \text{ MPa}, \quad h = 40 - 40(0.002) = 39.92 \text{ mm}$$

$$A = V/h = 63,617/39.92 = 1594 \text{ mm}^2$$

$$F = K_f \sigma_c A$$

$$K_f = 1 + \frac{0,4\mu D}{h}$$

$$K_f = 1 + 0.4(0.2)(45)/39.92 = 1.09$$

$$F = 1.09(284.6)(1594) = 494,400 \text{ N}$$

(b) Pentru $h = 35$, $\delta = \ln(40/35) = \ln 1.143 = 0.1335$

$$\sigma_c = 600(0.1335)^{0.12} = 471.2 \text{ MPa}$$

$$V = 63,617 \text{ mm}^3$$

$$\text{Pentru } h = 35, A = V/h = 63617/35 = 1818 \text{ mm}^2$$

$$D = 48.1 \text{ mm (din } A = \pi D^2 / 4)$$

$$K_f = 1 + 0.4(0.2)(48.1)/35 = 1.110$$

$$F = 1.110(471.2)(1818) = 950,700 \text{ N}$$

$$(c) \text{ Pentru } h = 25, \delta = \ln(40/25) = \ln 1.6 = 0.4700$$

$$\sigma_c = 600(0.470)0.12 = 548.0 \text{ MPa}$$

$$V = 63,617 \text{ mm}^3$$

$$\text{Pentru } h = 25, A = V/h = 63,617/25 = 2545 \text{ mm}^2$$

$$D = 56.9 \text{ mm (din } A = \pi D^2 / 4)$$

$$K_f = 1 + 0.4(0.2)(56.9)/25 = 1.182$$

$$F = 1.182(548.0)(2545) = 1,649,000 \text{ N}$$

9. Un semifabricat cilindric cu diametrul inițial de 60 mm și înălțimea inițială de 60 mm este refulat până la o înălțime de 38 mm. Coeficientul de frecare la interfața semifabricat-scule de deformare este 0,10. Materialul deformat are o curbă de curgere definită de coeficientul de rezistență $K = 280 \text{ N/mm}^2$ și coeficientul de ecruisare $n = 0,15$. Să se determine forța de deformare în următoarele situații:

- (a) la atingerea limitei de curgere (limita de curgere la deformația de 0,002),
- (b) la înălțimea $h_1 = 57 \text{ mm}$,
- (c) $h_2 = 48 \text{ mm}$ și (d) $h_3 = 38 \text{ mm}$.

10. Un semifabricat cilindric cu diametrul de 65 mm și o înălțime de 100 mm este deformat prin refulare până la o înălțime de 65 mm. Coeficientul de frecare la interfața matriță/scule de deformare este 0,10. Materialul deformat are o curbă de curgere cu coeficientul de rezistență 170 N/mm^2 și coeficientul de ecruisare 0,22. Să se traseze curba de variație a forței de deformare în funcție de înălțimea semifabricatului.

11. Un semifabricat cilindric cu dimensiunile inițiale $D_o = 25 \text{ mm}$ și $h_o = 50 \text{ mm}$ este refulat la cald până la un diametru de 50 mm. Limita de curgere a materialului la temperatura de deformare este 85 MPa ($n = 0$). Coeficientul de frecare la interfața semifabricat/scule de deformare este 0,40. Să se determine:

- (a) înălțimea finală a piesei ;
- (b) forța maximă în timpul procesului de refulare.

Soluție:

$$a) V = \pi D_o^2 h_o / 4 = \pi (25)^2 (50) / 4 = 24.544 \text{ mm}^3 .$$

$$A_f = \pi D_f^2 / 4 = \pi (50)^2 / 4 = 1963,5 \text{ mm}^2 .$$

$$h_f = V / A_f = 24.544 / 1963,5 = 12,5 \text{ mm} .$$

$$b) \delta = \ln(50/12,5) = \ln 4 = 1,3863$$

$$\sigma_c = 85(1,3863)^0 = 85 \text{ MPa}$$

Forța este maximă la cea mai mare valoare a ariei, $A_f = 1963,5 \text{ mm}^2$

$$D = (4 \times 1963,5/\pi) 0,5 = 50 \text{ mm}$$

$$K_f = 1 + 0,4(0,4)(50/12,5) = 1,64$$

$$F = 1,64(85)(1963,5) = 273.712 \text{ N}$$

12. Un semifabricat cilindric este deformat prin refulare la rece pe o presă hidraulică cu forța maximă de 1 MN. Semifabricatul are diametrul de 30 mm și înălțimea de 30 mm. Curba de curgere a materialului este definită de coeficientul de rezistență $K = 400 \text{ MPa}$ și coeficientul de ecruisare $n = 0,2$. Să se determine reducerea maximă a înălțimii la care piesa poate fi comprimată cu această presă, dacă coeficientul de frecare dintre semifabricat și sculele de deformare este 0,1.

Soluție:

$$\text{Volumul deformat: } V = \pi D_o^2 h_o/4 = \pi(30)^2 (30)/4 = 21,206 \text{ mm}^3 .$$

$$\text{Aria finală a secțiunii transversale a semifabricatului: } A_f = 21,206/h_f$$

$$\text{Gradul de deformare: } \delta = \ln(30/h_f)$$

$$\text{Limita de curgere: } \sigma_c = 400\delta^{0,2} = 400(\ln 30/h_f)^{0,2}$$

$$\text{Coeficientul de formă: } K_f = 1 + 0,4\mu(D_f/h_f) = 1 + 0,4(0,1)(D_f/h_f)$$

$$\text{Forța de deformare: } F = K_f \sigma_c A_f = (1 + 0,04D_f/h_f)(400(\ln 30/h_f)^{0,2})(21,206/h_f)$$

E nevoie de încercări pentru a găsi valoarea lui h_f care se va potrivi cu forța de 1.000.00N.

$$(1) h_f = 20 \text{ mm; } A_f = 21,206/20 = 1060,3 \text{ mm}^2$$

$$\delta = \ln(30/20) = \ln 1,5 = 0,405$$

$$\sigma_c = 400(0,405)^{0,2} = 333,9 \text{ MPa}$$

$$D_f = (4 \times 1060,3/\pi) 0,5 = 36,7 \text{ mm}$$

$$K_f = 1 + 0,04(36,7/20) = 1,073$$

$$F = 1,073(333,9)(1060,3) = 380,050 \text{ N}$$

Valoarea forței de deformare este prea mică, se va reface calculul pentru o valoare mai mică a înălțimii.

$$(2) h_f = 10 \text{ mm; } A_f = 21,206/10 = 2120,6 \text{ mm}^2$$

$$\delta = \ln(30/10) = \ln 3,0 = 1,099$$

$$\sigma_c = 400(1,099)^{0,2} = 407,6 \text{ MPa}$$

$$D_f = (4 \times 2120,6/\pi) 0,5 = 51,96 \text{ mm}$$

$$K_f = 1 + 0,04(51,96/10) = 1,208$$

$$F = 1,208(407,6)(2120,6) = 1,043,998 \text{ N}$$

Valoare prea mare a forței. Se va reface calculul pentru o valoare a înălțimii între 10 mm și 20 mm, mai apropiată de 10 mm.

$$(3) h_f = 11 \text{ mm}; A_f = 21,206/11 = 1927.8 \text{ mm}^2$$

$$\delta = \ln(30/11) = \ln 2.7273 = 1.003$$

$$\sigma_c = 400(1.003)^{0.2} = 400.3 \text{ MPa}$$

$$D_f = (4 \times 1927.8/\pi) 0.5 = 49.54 \text{ mm}$$

$$K_f = 1 + 0.04(51.12/11) = 1.18$$

$$F = 1.18(400.3)(1927.8) = 910,653 \text{ N}$$

$$(4) \text{ Prin interpolare liniară, se încercă } h_f = 10 + (44/133) = 10.33 \text{ mm}; A_f = 21,206/10.33 = 2052.8 \text{ mm}^2$$

$$\delta = \ln(30/10.33) = \ln 2.9042 = 1.066$$

$$\sigma_c = 400(1.066)^{0.2} = 405.16 \text{ MPa}$$

$$D_f = (4 \times 2052.8/\pi) 0.5 = 51.12 \text{ mm}$$

$$K_f = 1 + 0.04(51.12/10.33) = 1.198$$

$$F = 1.198(405.16)(2052.8) = 996,364 \text{ N}$$

$$(5) \text{ Prin interpolare liniară ulterioară, } h_f = 10 + (44/48)(0.33) = 10.30; A_f = 21,206/10.30 = 2058.8 \text{ mm}^2$$

$$\delta = \ln(30/10.30) = \ln 2.913 = 1.069$$

$$\sigma_c = 400(1.069)^{0.2} = 405.38 \text{ MPa}$$

$$D_f = (4 \times 2058.8/\pi) 0.5 = 51.2 \text{ mm}$$

$$K_f = 1 + 0.04(51.2/10.3) = 1.199$$

$$F = 1.199(405.38)(2058.8) = 1,000,553 \text{ N}$$

Valoarea forței cea mai apropiată de forța maximă a preseii.

Reducerea maximă a înălțimii semifabricatului: $30.0 - 10.3 = 19.7 \text{ mm}$

13. O țagă cu lungimea de 100 mm și diametrul de 50 mm este deformată prin extrudare indirectă la un diametru de 20 mm. Unghiul matriței este de 90° , iar curba de curgere pentru materialul deformat are un coeficient de rezistență de 800 MPa și coeficientul de ecrusare 0,13.

Să se determine:

- (a) raportul de extrudare,
- (b) gradul de deformare,
- (c) forța de extrudare.

14. O țagla cu lungimea de 50 mm și cu diametrul de 30 mm este extrudată direct până la un diametru de 12 mm. Unghiul matriței este de 90° , iar materialul deformat are coeficientul de rezistență $K = 310 \text{ N/mm}^2$ și coeficientul de ecruisare $n = 0,20$. Să se determine:

(a) raportul de extrudare,

(b) deformarea reală (omogenă deformare),

(d) presiunea de extrudare la $L = 50 \text{ mm}, 35 \text{ mm}, 25 \text{ mm}, 12 \text{ mm}, 0 \text{ mm}$.

15. Să se calculeze forța necesară extrudării la cald a unui semifabricat realizat din aliaj de aluminiu, considerând coeficientul de frecare între matriță și semifabricat $\mu=0.61$ ($\mu=0.61/2=0.3$ cu ungere), diametrul inițial al matriței $D=30 \text{ mm}$, diametrul final al piesei rezultate după extrudare $d=15 \text{ mm}$, înălțimea inițială a matriței, $H=22 \text{ mm}$, înălțimea matriței în zona de reducere de diametru $h=10 \text{ mm}$, unghiul de înclinare a matriței $\alpha = 30^\circ$, coeficientul $K=\sigma_c/2=70/2 \text{ N/mm}^2$.

16. Un semifabricat având dimensiunile de 75 mm lungime și 25 mm diametru trebuie extrudat într-o operație de extrudare directă, cu un raport de extrudare $R_e = 4,0$. Extrudatul are o secțiune transversală rotundă. Unghiul matriței este de 90° (jumătate de unghi $\alpha=45^\circ$). Parametrii de material sunt: $K=415 \text{ MPa}$ și $n = 0,18$. Estimați deformația la extrudare ($a = 0.8$ și $b = 1.5$) (aplicați ecuația lui Johnson). Calculați presiunea aplicată la capătul semifabricatului, pe măsură ce poansonul avansează.

17. Construiți procesul tehnologic de trefilare a unei sârme cu secțiune rotundă, având diametrul $d_4 = 2,5 \text{ mm}$, realizat în patru etape de trefilare, dintr-un semifabricat rotund cu secțiunea transversală, $S_0 = 19,6 \text{ mm}^2$. Se consideră o deformare medie pe fiecare etapă de trefilare, $r_m = 0,26$.

Soluție:

$$d_0 = 4.99 \text{ mm}$$

$$1 - r_t = (1 - r_m)^4$$

$$r_t = 0.7$$

$$\text{Dacă se consideră } r_1=r_m=0.26 \rightarrow r_1 = 1 - \frac{d_1^2}{24.96} \rightarrow d_1=4.29 \text{ mm}$$

$$r_2=0.26, r_2 = 1 - \frac{d_2^2}{18.47} \rightarrow d_2=3.69 \text{ mm}$$

$$r_3=0.26, r_3 = 1 - \frac{d_3^2}{13.66} \rightarrow d_3=3.18 \text{ mm}$$

$$r_4=0.38, r_4 = 1 - \frac{d_4^2}{10.114} \rightarrow d_4=2.5 \text{ mm}$$

18. Determinați semifabricatul priză (cu diametru d_0) și secțiunile intermediare necesare trefilării unei sârme cu diametrul $d_3=3\text{mm}$, în trei procese de trefilare succesive, știind că, se lucrează cu următoarele grade de deformare : $r_1 = 18\%$; $r_2 = 20\%$; $r_3 = 24\%$.

$$r_1 = 0.18 = 1 - \frac{d_1^2}{d_0^2}$$

$$r_2 = 0.2 = 1 - \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

$$r_3 = 0.24 = 1 - \frac{9}{d_2^2} \rightarrow d_2=3.44 \text{ mm} \dots d_0=\dots$$

19. Profilul pătrat, cu secțiunea transversală, $S_4 = 144 \text{ mm}^2$ este laminat în 4 treceri, folosind o succesiune romb-pătrat. Se utilizează un semifabricat priză pătrat cu secțiunea transversală, $S_0 = 900 \text{ mm}^2$. Se consideră o deformare medie pe trecere în valoare de : $\lambda_m = 1,58$. Se cer dimensiunile succesive ale laminatului (ariile) și l_4 .

20. O placă groasă de 50 mm are o lățime de 254 mm și o lungime de 3.6 m. Grosimea urmează să fie redusă în trei etape prin laminare la cald. Fiecare etapă va reduce placa la 75% din grosimea sa anterioară. Se preconizează că pentru acest material și această reducere, placa se va lărgi cu 3% în fiecare etapă. În cazul în care viteza de intrare a tablei în prima etapă este de 1.2 m/min, iar viteza de rulare este aceeași pentru cele trei etape, determinați : (a) lungimea și (b) viteza de ieșire a plăcii după reducerea finală.

Soluție :

a) După trei treceri $g_f = (0.75) * (0.75) * (0.75) * 50 = 21.09 \text{ mm}$

$$l_f = (1.03) * (1.03) * (1.03) * 254 = 277.55 \text{ mm}$$

$$g_0 * l_0 * L_0 = g_f * l_f * L_f$$

$$50 * 254 * 3600 = 21.09 * 277.55 * L_f$$

$$L_f = \dots$$

b) Având în vedere că viteza de rulare este aceeași în cele trei etape și că

$$g_0 * l_0 * v_0 = g_f * l_f * v_f$$

$$\text{Etapa 1: } v_f = 0.05 * 0.254 * 1.2 / (0.75 * 0.05) (1.03 * 0.254) = 1.55 \text{ m/min}$$

$$\text{Etapa 2: } v_f = (0.75 * 0.05) (1.03 * 0.254) * 1.2 / (0.75^2 * 0.05) (1.03^2 * 0.254) = 1.55 \text{ m/min}$$

$$\text{Etapa 3: } v_f = (0.75^2 * 0.05) (1.03^2 * 0.254) * 1.2 / (0.75^3 * 0.05) (1.03^3 * 0.254) = 1.55 \text{ m/min}$$

21. Calculați ce cantitate de profile pătrat se poate lamina într-o lună, pe un laminor $D_n = 500 \text{ mm}$, având o singură cajă, care poate lucra în 3 regimuri de laminare : $n_1 = 10 \text{ rot/min}$; $n_2 = 50$

rot/min ; $n_3 = 90$ rot/min. $S_0 = 1000 \text{ mm}^2$; $S_f = 100 \text{ mm}^2$; lungimea inițială, $l_0 = 3000 \text{ mm}$; densitatea materialului, $\rho = 10 \text{ kg/dm}^3$.

$$\text{Viteza periferică a cilindrilor } v_0 = (\pi D n_1) / 60 = 0.26 \text{ m/s}$$

$$m = \rho \cdot V_1 = \rho \cdot l_1 \cdot S_f = 30 \text{ kg}$$

$$S_0 v_0 = S_1 v_1 \rightarrow v_1 = 2,6 \text{ m/s}$$

$$l_1 = S_0 l_0 / S_f = 30 \text{ m}$$

$v_1 = l_1 / \text{timp} \rightarrow t = 11.53 \text{ s} \rightarrow 5$ profile pătrat /min; 300 profile/h ; \rightarrow Cantitatea.....t/lună

22. Calculați ce cantitate de profile pătrat se poate lamina într-o lună, pe un laminor $D_n = 600$ mm, având o singură cajă, care poate lucra în 2 regimuri de laminare: $n_1 = 20$ rot/min; $n_2 = 40$ rot/min;. Secțiunea inițială este $S_0 = 900 \text{ mm}^2$, secțiunea finală $S_f = 144 \text{ mm}^2$; lungimea inițială, $l_0 = 2000 \text{ mm}$ și densitatea materialului, $\rho = 12 \text{ kg/dm}^3$.

23. Calculați ce cantitate de profile pătrat se poate lamina într-o lună, pe un laminor $D_n = 800$ mm, având o singură cajă, care poate lucra în 2 regimuri de laminare: $n_1 = 30$ rot/min; $n_2 = 60$ rot/min. Secțiunea semifabricatului inițial este $S_0 = 1200 \text{ mm}^2$, secțiunea finală $S_f = 144 \text{ mm}^2$, lungimea inițială, $l_0 = 2000 \text{ mm}$ și densitatea materialului, $\rho = 16 \text{ g/cm}^3$.

24. Calculați ce cantitate de profile pătrat se poate lamina într-o lună, pe un laminor $D_n = 1200$ mm, având o singură cajă, care poate lucra în 2 regimuri de laminare: $n_1 = 10$ rot/min; $n_2 = 60$ rot/min. Secțiunea semifabricatului inițial este $S_0 = 1300 \text{ mm}^2$, secțiunea finală $S_f = 144 \text{ mm}^2$, lungimea inițială, $l_0 = 1000 \text{ mm}$ și densitatea materialului, $\rho = 14,5 \text{ g/cm}^3$.

25. O serie de operații de laminare la rece trebuie să fie utilizate pentru a reduce grosimea unei plăci de la 50 mm până la 25 mm într-un laminor cu două trepte de laminare inversă. Diametrul cilindrilor este de 700 mm și coeficientul de frecare între cilindri și semifabricat este considerat 0,15. Specificația este că tragerea trebuie să fie egală la fiecare trecere. Determinați:

(a) numărul minim de treceri necesare

(b) reducerea pentru fiecare trecere?

Soluție: (a) Adâncimea de pătrundere $a_{\max} = \mu^2 \cdot R = 7,875 \text{ mm}$

Numărul minim de treceri = $(g_0 - g_f) / a_{\max} = (50 - 25) / 7,875 = 3,17 \rightarrow 4$ Treceri

(b) Reducere pe trecere $a = (50 - 25) / 4 = 6,25 \text{ mm}$

26. Un laminor continuu utilizat pentru laminarea la cald are două standuri. Placa de laminat are grosimea inițială de 20 mm și lățimea de 300 mm. Grosimea finală a plăcii trebuie să fie de

10 mm. Raza cilindrilor de laminare la fiecare etapă este de 250 mm. Viteza de rotație la prima etapă este de 18 rot/min. La fiecare trecere se iau reduceri egale de 5 mm. Placa fiind suficient de lată în raport cu grosimea sa, se considera că nu se producă nicio creștere a lățimii. În ipoteza că alunecarea înainte este egală la fiecare etapă, determinați:

(a) viteza v_r la fiecare etapă

(b) alunecarea înainte „a”.

(c) vitezele de ieșire la fiecare stand de laminare, dacă viteza de intrare la primul stand = 25 m/min.

Soluție:

(a) Fie $b_0 = 20$ mm grosimea plăcii de intrare la standul 1.

$b_1 =$ grosimea plăcii de ieșire la standul 1 și grosimea de intrare la standul 2.

$b_1 = 20 - 5 = 15$ mm.

$b_2 = 15 - 5 = 10$ mm grosimea plăcii de ieșire de la standul 2.

$v_0 =$ viteza de intrare a plăcii la standul 1.

$v_1 =$ viteza de ieșire a plăcii la standul 1 și viteza de intrare la standul 2.

$v_2 =$ viteza de ieșire a plăcii la standul 2.

$v_{r1} = \pi D N r = \pi(2 \times 250)(10^{-3})(18) = 28,27$ m/min este viteza de ieșire la standul 1.

$v_{r2} =$ viteza de ieșire la standul 2 $\rightarrow v_{r2} = ?$

Alunecarea înainte $a = (v_f - v_r)/v_r \rightarrow (1 + a)v_r = v_f$

La standul 1, $(1 + a)*v_{r1} = v_1$ (1)

La standul 2, $(1 + a)*v_{r2} = v_2$ (2)

Conform legii constanței volumului: $b_0*l_0*v_0 = b_1*l_1*v_1 = b_2*l_2*v_2$

Deoarece s-a presupus că lățimea nu se modifică, $l_0 = l_1 = l_2 \rightarrow b_0*v_0 = b_1*v_1 = b_2*v_2$

$20*v_0 = 15*v_1 = 10*v_2$

$v_2 = 1,5*v_1$ (3)

Combinând relațiile (2) și (3) $\rightarrow (1 + a)*v_{r2} = v_2 = 1,5*v_1$

Înlocuind în relația (1) $\rightarrow (1 + a)*v_{r2} = 1,5*(1 + a)*v_{r1} \rightarrow v_{r2} = 1,5*v_{r1}$

$v_{r2} = 1,5*(28,27) = 42,41$ m/min.

(b) $20*v_0 = 15*v_1$

$v_1 = 20*25/15 = 33,3$ m/min.

Din relația (1): $(1 + a)*v_{r1} = v_1$

$(1 + a) * 28,27 = 33,3 \rightarrow a = 0,17$

(c) $v_1 = 33,3$ m/min, calculat anterior

$$v_2 = 15/10 * v_1 = 1,5(33,3) = 49,95 \text{ m/min.}$$

27. O tablă cu lăţimea de 300 mm și grosimea de 20 mm este laminată într-o singură trecere, iar în urma reducerii prin laminare grosimea obținută este de 15 mm. Raza cilindrilor laminorului este de 500 mm și viteza de 28 m/min. Materialul de procesat prezintă o rezistență la deformare de 240 MPa și un coeficient de ecrusare de 0.18. Determinați:

(a) forța necesară laminării; (b) momentul ; (c) puterea necesară.

Soluție:

(a) Reducerea de grosime $r = 20 - 15 = 5 \text{ mm}$,

$$\varepsilon = \ln(20/15)$$

$$\bar{Y} = 240 \frac{\left(\ln\left(\frac{20}{15}\right)\right)^{0.18}}{1.2}, [\text{Mpa}]$$

$$F = \bar{Y} * l * L = 240 \frac{\left(\ln\left(\frac{20}{15}\right)\right)^{0.18}}{1.2} * 300 * (500 * 5)^{0.5}, [\text{N}]$$

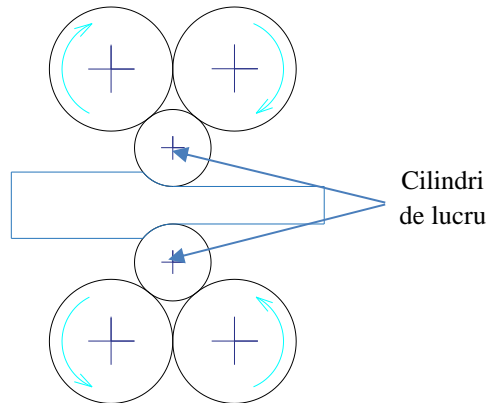
Atentie: În timpul laminării produselor plate, forța de laminare și grosimea laminatului pot varia dacă apar modificări ale spațiului dintre cilindrii de lucru (modificarea rezistenței la deformare cauzată de o variație a temperaturii și vitezei sau a înălțimii de intrare). Aceasta presupune că o schimbare a distanței dintre cilindri poate fi instantaneu detectată prin monitorizarea forței de laminare.

(b) Momentul $M = 0.5 * F * (500 * 5)^{0.5} * 10^{-3}, [\text{Nm}]$

(c) $P = 2 \pi * \{ [28 \text{ m/min} / (2\pi * 0.500)] / 60 \} * [F * (500 * 5)^{0.5} * 10^{-3}], [\text{Nm/s}]$

28. Rezolvați problema anterioară considerând că laminarea se face pe un laminor a cărui cilindrii au raza de 400 mm. Comparați rezultatele.

29. Rezolvați problema considerând că semifabricatul inițial și reducerea obținută au aceeași valoare, însă laminarea se face pe un laminor de tip cluster a cărui cilindrii de lucru au diametru de 50 mm. Comparați rezultatele cu cele două probleme anterioare și observați efectul important al razei cilindrilor asupra forței, momentului și puterii.



30. O placă a cărei lățime este de 200 mm se laminează într-o singură trecere reducându-se grosimea inițială de 20 mm la o grosime de 18 mm. Raza cilindrilor este de 250 mm, iar viteza de rotație $\omega = 12$ rot/min. Materialul de procesat prezintă o rezistență la deformare de 600 Mpa, respectiv un coeficient de ecrusare de 0,22. Determinați (a) forța de laminare, (b) momentul și (c) puterea necesară pentru această operație de deformare.

Soluție:

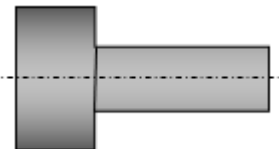
a) Lungimea arcului de contact: $L = \sqrt{R * \Delta h}$ $L = (250 * 2)^{0.5}$

Forța de laminare $F = [\sigma * \epsilon^n / (1+n)] * L * 0.2$

b) $M = 0.5 * F * L$

c) $P = 2\pi * \omega / 60 * (F * L)$

31. Pentru realizarea unui bolț din oțel se utilizează o sârmă obținută prin trefilare, care se refilează la rece în matriță. Diametrul sârmei trefilate, la iesirea din filieră este de 5,00 mm. Capul bolțului trebuie să aibă un diametru de 10 mm și o grosime de 2 mm. Lungimea finală a bolțului este de 120 mm. Rezistența acestui tip de oțel este de 600 MPa, iar coeficientul de ecrusare este 0,22. Coeficientul de frecare la interfața matriță-material este 0,14.



(a) Ce lungime trebuie să aibă sârma trefilată pentru a asigura un volum suficient de material pentru această operație de refulare ?

(b) Calculați forța maximă necesară pentru a forma capul bolțului în operația de refulare deschisă.

Soluție:

$$V_{\text{cap}} = \pi * D_f^2 / 4 * h_f = 2\pi * (10)^2 / 4$$

$$V_{tija} = 120 * \pi(5)^2 / 4$$

$$V_{bolt} = V_{cap} + V_{tija} = \pi * (5)^2 * (L)$$

$$(b) \varepsilon = \ln(L/2) = \dots$$

$$Y_f = 600 * (\varepsilon)^{0.22} = \dots \text{ MPa}$$

$$A_f = \pi * (10)^2 / 4 = \dots \text{ mm}^2$$

$$K_f = 1 + 0.4(0.14)(10/2) = \dots$$

$$F = K_f * (Y_f) * (A_f) = \dots \text{ N}$$

32. Determinați nr. de treceri și dimensiunile semifabricatului inițial necesar pentru obținerea prin laminarea a unui profil circular, cu dimensiunile de: \varnothing 8 mm și lungime 1 m. Propuneți un itinerar tehnologic și prezentați modalitatea de calcul.

33. Calculați reducerea maximă posibilă pentru laminarea la rece a unui sleb cu grosimea de 300 mm, în condițiile unui coeficient de frecare $\mu=0,08$, laminarea realizându-se pe cilindrii cu diametru de 600 mm. Care este reducerea maximă posibilă pe același laminor, în condițiile laminării la cald cu $\mu=0,5$?

34. O placă de 30 mm grosime din oțel trebuie redusă la 25mm prin laminarea într-o singură trecere. Pe măsură ce grosimea este redusă, placa se lățește cu 3%. Viteza de intrare a plăcii între cilindri este de 12,0 m/min. Raza de rulare R este de 300 mm, iar viteza de rotație a cilindrilor (viteza periferică) este de 40 rpm/min.

Determinați :

- (a) reducerea absolută;
- (b) viteza la ieșirea dintre cilindri;
- (c) viteza de laminare
- (d) Avansul.

35. Calculați forța necesară laminării la cald a unei plăci de oțel, dacă s-a aplicat o reducere de 30 % de la o grosime de 40 mm, pe un laminor cu cilindrii de diametru 900 mm. Slebul are o lățime de 760 mm. Condițiile de frecare sunt identificate printr-un coeficient de frecare având valoarea de $\mu=0,3$. Tensiunea de curgere la intrare este de 140MPa și 200 MPa la ieșirea de pe cilindri (datorată creșterii vitezei).

Soluție:

$$\frac{h_0 - h_f}{h_0} * 100 = 30\%$$

$$\frac{40 - h_f}{40} * 100 = 30\%, h_f = 28 \text{ mm}$$

$$\Delta h = h_0 - h_f = 40 - 28 = 12 \text{ mm}$$

$$\bar{h} = \frac{h_0 + h_f}{2} = 34 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{\mu L_p}{\bar{h}} = \frac{\mu \sqrt{R \Delta h}}{\bar{h}} = 0.65$$

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_{int} + \sigma_{ies}}{2} = 170 \text{ MPa}$$

$$F = \bar{\sigma} \left[\frac{1}{Q} (e^Q - 1) b \sqrt{R \Delta h} \right] = 13.4 \text{ MN}$$

36. In cazul unui sleb cu grosimea de 50 mm, lăţimea de 254 mm şi lungimea de 3 m, este necesară reducerea grosimii prin laminare la cald în 3 treceri. La fiecare trecere se va reduce grosimea slebului cu 75% (din grosimea anterioară). Este de aşteptat ca în acest caz la fiecare reducere, slebul să se lăţască cu 3% la fiecare etapă. Dacă viteza de intrare a slebului la prima trecere este de 12 m/min, iar viteza de laminare este aceeaşi pentru cele trei treceri, determinaţi:

- (a) lungimea;
- (b) viteza de ieşire a plăcii după reducerea finală.

37. O bobină de sârmă are un diametru iniţial de 2,5 mm. Aceasta este trasă printr-o filieră cu o deschidere de 2,1 mm. Unghiul de intrare al matriţei este de 18°. Coeficientul de frecare în zona de deformare din filieră este de 0,08. Materialul deformat are un coeficient de rezistenţă de 450 MPa şi un coeficient de ecrusare de 0,26. Deformarea se realizează la temperatura ambiantă. Determinaţi:

- a) reducerea;
- b) tensiunea de tragere;
- (c) forţa de tragere necesară pentru deformare.

Soluţie:

$$a) r = \frac{A_0 - A_f}{A_0} = 0.29$$

b) *Ecuatia lui Schey pentru sârme şi bare*

$$\sigma_d = \bar{\sigma} \left(1 + \frac{\mu}{\tan \alpha} \right) \varphi \left(\ln \frac{A_0}{A_f} \right)$$

$$\bar{\sigma} = \frac{K * \varepsilon^n}{1 + n} = 450 * \left(\ln \frac{A_0}{A_f} \right)^{0.26} / 1.26$$

$$\varphi = 0.88 + 0.12 \left(\frac{D}{L_c} \right)$$

φ este factor care ține cont de neomogenitatea deformației; D este diametrul mediu al sârmei în timpul deformării; L_c estimează lungimea de contact a sârmei cu filiera.

$$D = 0.5(2.5 + 2.1) = 2.3$$

$$L_c = \frac{0.5(2.5 - 2.1)}{\sin 18} = 0.64$$

c) forța de tragere F :

$$F = A_f * \sigma_d$$

38. O bară cu diametrul inițial de 90 mm este trasă rezultând o reducere de diametru de 15 mm. Filirea prin care se realizează tragerea are un unghi de intrare de 18° , iar coeficientul de frecare la interfața dintre materialul de deformat și filieră este de 0,08. Materialul de deformat se comportă ca un material perfect plastic cu limita de curgere de 105 MPa. Determinați:

- (a) reducerea suprafeței,
- (b) tensiunea de tragere,
- (c) forța de tragere necesară,
- (d) puterea necesară pentru efectuarea operației de tragere, dacă viteza de ieșire este de 1,0 m/min.

Soluție:

a) $r = \frac{A_0 - A_f}{A_0}$

$$A_f = \pi \frac{(D_0 - 15)^2}{4} = 4417.9 \text{ mm}^2$$

b) $\sigma_d = Y_f \left(1 + \frac{\mu}{\tan \alpha}\right) \varphi \left(\ln \frac{A_0}{A_f}\right) = 105 * \left(1 + \frac{\mu}{\tan \alpha}\right) \varphi \left(\ln \frac{A_0}{A_f}\right) = 61.45 \text{ MPa}$

$$\varphi = 0.88 + 0.12 \left(\frac{D}{L_c}\right)$$

$$D = 0.5(90 + 75) = 82.5 \text{ mm}$$

$$L_c = \frac{0.5(90 - 75)}{\sin 18} = 24.3 \text{ mm}$$

c) $F = A_f * \sigma_d = 271.47 \text{ N}$

d) $P = F * v = 271.47 \text{ Nm/min} = 4524.6 \text{ Nm/s} = 4524.6 \text{ W}$

39. O bobină de sârmă are un diametru inițial de 2,1 mm. Aceasta este trasă printr-o filieră cu o deschidere de 1,6 mm. Unghiul de intrare al matriței este de 15° . Coeficientul de frecare în zona de deformare din filieră este de 0,09. Materialul deformat are un coeficient de rezistență de 430 MPa și un coeficient de ecruisare de 0,24. Deformarea se realizează la temperatura

ambientă. Determinați:

- a) reducerea;
- b) tensiunea de tragere;
- (c) forța de tragere necesară pentru deformare.

40. O bară cu diametrul inițial de 80 mm este trasă rezultând un diametru de 68 mm. Filirea prin care se realizează tragerea are un unghi de intrare de 13° , iar coeficientul de frecare la interfața dintre materialul de deformat și filieră este de 0,08. Materialul de deformat se comportă ca un material perfect plastic cu limita de curgere de 120 MPa. Determinați:

- (a) reducerea suprafeței,
- (b) tensiunea de tragere,
- (c) forța de tragere necesară,
- (d) puterea necesară pentru efectuarea operației de tragere, dacă viteza de ieșire este de 2,0 m/min.

41. O sârma cu diametrul inițial de 2.5 mm este trasă prin două filiere, fiecare permițând o reducere de 0,20. Materialul din care este realizată sârma are un coeficient de rezistență de 450 Mpa și un coeficient de ecruisare de 0,15. Fiecare filieră are un unghi de intrare de 12° , iar coeficientul de frecare în zona de contact dintre sârmă și filieră este estimat la 0,10. Motoarele care antrenează capestanele de la ieșirea din filieră pot furniza fiecare 1,50 CP la un randament de 90%. Determinați viteza maximă posibilă a sârmei la ieșirea din a doua filieră.

Soluție: Prima tragere:

$$a) D_0 = 2.5 \text{ mm}; A_0 = 4.908 \text{ mm}^2 \rightarrow r = \frac{A_0 - A_f}{A_0}$$

$$\varepsilon_1 = \ln \frac{A_0}{A_f} = \ln \left(\frac{4.908}{3.463} \right) = 0.363$$

$$\bar{\sigma} = \frac{K * \varepsilon_1^n}{1 + n} = \frac{450 * 0.363^{0.15}}{1.15}$$

$$\varphi = 0.88 + 0.12 \left(\frac{D}{L_c} \right) = 2.213$$

$$D_f = 2.5(1 - r)^{0.5}$$

$$D = 0.5(2.5 + 2.1) = 2.3$$

$$L_c = \frac{0.5(2.5 - 2.1)}{\sin 12} = 0.207$$

$$F = A_f \bar{\sigma} \left(1 + \frac{\mu}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \varphi \left(\ln \frac{A_0}{A_f} \right) = 529.3 \text{ N}$$

1,5 CP la un randament de 90%

$$P = F * v$$

Rezultă $v = \dots \text{ m/s}$

La a doua tragere

$$D_0 = 2.3 \text{ mm}; A_0 = \dots \text{ mm}^2 \rightarrow r = \frac{A_0 - A_f}{A_0}$$

Deformația totală resimțită de materialul deformat reprezintă suma deformațiilor de la prima și a doua tragere:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

$$\bar{\sigma} = \frac{K * \varepsilon^n}{1 + n}$$

$$\varphi = 0.88 + 0.12 \left(\frac{D}{L_c} \right) = \dots$$

$$D_f = 2.3(1 - r)^{0.5}$$

$$D = \dots$$

$$L_c = \dots$$

$$F = A_f \bar{\sigma} \left(1 + \frac{\mu}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \varphi \left(\ln \frac{A_0}{A_f} \right)$$

$$v = \dots \text{ m/s}$$

Observație: Calculele indică faptul că a doua filieră de tragere este etapa limită în secvența de tragere. Prima operație ar trebui să funcționeze la o viteză mult sub viteza maximă posibilă; sau a doua filieră de tragere ar putea fi acționată de un motor cu o putere mai mare; sau reducerile pentru a obține două etape ar putea fi realocate pentru a obține o reducere mai mare în prima operație de tragere.

42. O sârmă din C45 cu diametrul inițial de 10 mm va fi trefilată până la diametrul de 5 mm pe o mașină continuă de trefilat cu randamentul de 0,8. Să se determine:

- Numărul de filiere necesar și diametrele obținute după fiecare trecere;
- Dacă viteza maximă de trefilare este 10 m/s să se determine viteza la ieșirea din prima și a treia filieră;
- Gradul real de deformare total și gradul de deformare pe fiecare tragere;
- Forța de tragere pe prima filieră știind că randamentul deformării este 0,6;

e. Puterea de antrenare pe prima tobă și puterea de antrenare totală.

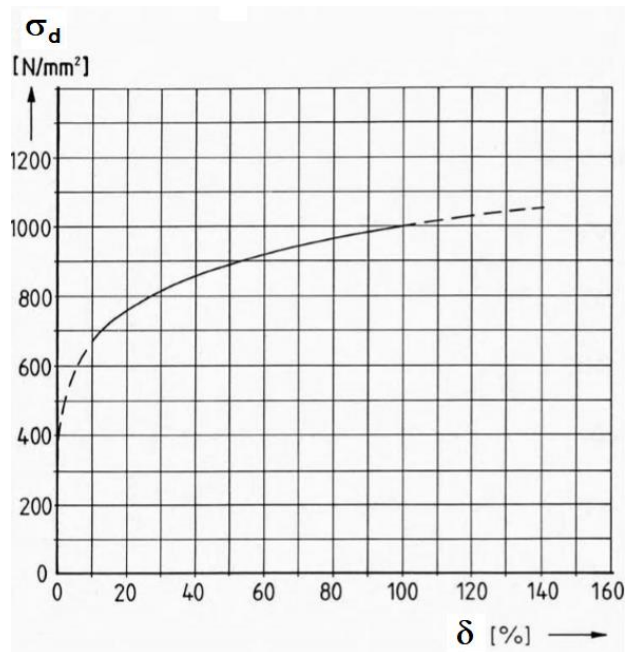


Diagrama de variație a rezistenței de deformare cu gradul de deformare pentru materialul C45.

43. O placă cu lățimea de 250 mm și grosimea de 25 mm este redusă într-o singură etapă de laminare la o grosime de 20 mm. Raza cilindrilor de laminor este de 500 mm și viteza de 30m/min. Coeficientul de rezistență al materialului este de 240 Mpa, iar coeficientul de ecruisare de 0.2.

Adevarat sau fals?

- a) Forța de laminare este mai mare de 2 MN;
- b) Momentul este mai mare de 40 kNm;
- c) Puterea necesară pentru a realiza deformarea este mai mare de 100kW.

Soluție:

$$L = \sqrt{R(b_0 - b_f)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Deformația reală } \varepsilon = \ln\left(\frac{b_0}{b_f}\right) = 0.22$$

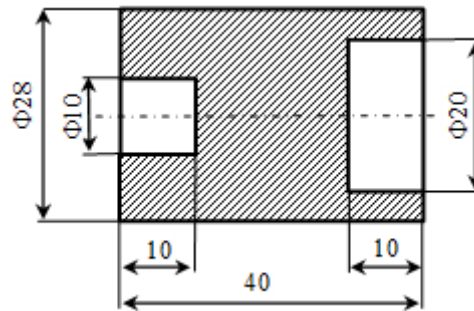
$$\text{Tensiunea medie de curgere } \bar{\sigma} = \frac{K \cdot \varepsilon_1^n}{1+n} = 148 \text{ MPa}$$

$$\text{Forța de laminare } F = \bar{\sigma} \cdot w \cdot L = 1.85 \text{ MN}$$

$$\text{Momentul } M = 0.5 \cdot F \cdot L = \underline{46.3 \text{ kN m}}$$

44. Piesa reprezentată în figura de mai jos, se impune a fi fabricată într-o cantitate de 1.000.000 bucăți/an. Identificați și propuneți o soluție tehnologică de realizare prin deformare plastic a acestui tip de piesă. Pentru varianta aleasă determinați:

- dimensiunile, volumul și masa semifabricatului de pornire,
- fazele necesare procesării;
- schitați desenul tehnologic și desenul sculei de deformare.



Bibliografie

1. Askeland D., Fulay P., Wright W., The science and engineering of materials, Sixth Edition, Cengage Learning.
2. Bralla: James G. Bralla, Design for Manufacturing Handbook, McGraw-Hill, 2nd Edition. In: www.rose-hulman.edu/~stienstr
3. Mikell P. Groover, Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Processes, and Systems, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
4. Neag A., Pop M., Deformari Plastice- Aplicații, U.T.PRESS, Cluj-Napoca, 2009.
5. Pop M., Elemente de teoria deformării plastice, Editura Mega, 2010.
6. Pop M., Deformări plastice, Editura Mega, 2014.

ANEXE

Mărime	Simbol	Denumire	Simbol dimensional
Lungime	L	metru	m
Arie	A	metru pătrat	m ²
Volum	V	metru cub	m ³
Viteză	v	metru pe secundă	m/s
Accelerație	a	metru pe secundă la pătrat	m/s ²
Timp	t	secundă	s
Forță	F	newton	N=Kg m/s ²
Presiune, Tensiune mecanică	p, σ	Pascal (newton pe metru pătrat)	Pa=N/m ² 1Pa =10 ⁻³ kPa =10 ⁻⁶ Mpa = 10 ⁻⁹ Gpa
Deformație liniară	ε, δ	adimensional	$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$; $\delta = \ln \frac{h_1}{h_0}$
Deformație unghiulară	γ	adimensional	

Masă volumică (densitate)	ρ	kilogram pe metru cub	Kg/ m^3
Volum masic	v	metru cub pe kilogram	m^3/kg^1
Putere	P	watt	$\text{W}=\text{J}/\text{s}=\text{kg m}^2/\text{s}^3$ [CP] – cal putere $1\text{CP} = 735,49875 \text{ W}$
Energie, Lucru mecanic, Cantitate de căldură	E, L, Q	joule	$\text{N m}=\text{kg m}^2/\text{s}^2$
Densitate de curent Densitatea curentului electric	j	amper pe metru pătrat	A/m^2
Sarcină electrică, Cantitate de electricitate		Coulomb	$\text{C}=\text{A s}$
Capacitate electrică	C	Farad	$\text{F}=\text{C}/\text{V}=\text{A}^2 \text{ s}^4/\text{kg m}^2$
Rezistență electrică	R	Ohm	$\Omega = \text{V}/\text{A}=\text{kg m}^2/\text{A}^2 \text{ s}^3$
Unghi plan		radian	rad
Frecvență	f	hertz	Hz
Temperatură Celsius	T	grad Celsius	$^{\circ}\text{C}$
Temperatură absolută Kelvin	T	grad Kelvin	$\text{K}=\text{C} + 273$

Deși utilizarea SI este recomandată în știință, tehnologie și comerț, mai sunt încă utilizate o serie de unități înrădăcinate în decursul timpului. Dintre acestea:

- unități de timp: minutul, ora, ziua, anul;
- unități ale geometriei: gradul, minutul și secunda;
- unități de masă: tona;
- unități de volum: litru;
- unități tehnice: bar, mmHg, decibelul;
- unități de navigație (inclusiv aeriană): piciorul, mila marină, nodul;
- unele unități ale sistemului CGS;
- unități ale fizicii experimentale: unitatea astronomică, viteza luminii, electronvoltul etc.

Nume	Simbol	Valoare
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
kilo	k	$10^3 = 1.000$
mega	M	$10^6 = 1.000.0000$
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}