Leandru-Gheorghe
BUJOREANU

Constantin
BACIU

STUDIUL MATERIALELOR
Teste şi aplicaţii

EDITURA TEHNICĂ, ŞTIINŢIFICĂ ŞI DIDACTICĂ
CERMI IAŞI
2003

Dedicăm această carte
mamelor noastre:

Elena-Nina şi **Mândiţa**

precum şi memoriei
taţilor noştri:

Gheorghe şi **Constantin**

Prefață

Inginerul (lat.: ingenium = spirit, talent, inteligență) este, încă din Antichitate, specialistul însărcinat cu concepția, execuția și conducerea lucrărilor tehnice. Cu alte cuvinte, din mintea inginerilor iau naștere construcții și mașini menite să ușureze viața semenilor lor.

La baza tuturor acestor realizări stau materialele, pe care inginerii trebuie să știe să le aleagă, să le verifice calitativ și chiar să le producă, dacă este cazul însă în primul rând trebuie să le cunoască...

De la piatra cioplită și până la cel mai nou și mai sofisticat polimer, materialele au jalonat istoria omenirii, dezvoltându-se odată cu aceasta. La ora actuală se consideră că există aproximativ 70.000 de aliaje metalice, polimeri și materiale naturale. Cunoașterea lor aprofundată, în cadrul învățământului tehnic superior, a impus împărțirea pe grupe de aplicații, repartizate facultăților de profil: materiale de construcții, materiale textile, materiale electrotehnice și electronice, materiale pentru construcția de mașini, etc.

Studiul materialelor este o disciplină tehnică obligatorie care se predă viitorilor ingineri, încă din primul an, în facultățile de inginerie mecanică. O cunoaștere insuficientă a materialelor, a legăturii dintre structura și proprietățile acestora, a modalităților de îmbunătățire a structurii și implicit a proprietăților face imposibilă utilizarea eficientă și monitorizarea comportării materialelor în aplicațiile inginerești.

La începutul mileniului al-III-lea, cadrul didactic titular la disciplina studiul materialelor este confruntat cu o triplă provocare: (i) cum să țină pasul cu ultimele descoperiri în domeniul materialelor (Știința materialelor este plasată, din punct de vedere al dinamicii de dezvoltare, între primele zece discipline pe plan mondial), (ii) cum să comprime materia pentru a încăpea în intervalul de timp oferit de programa analitică și (iii) cum să transmită informația studenților și să examineze cunoștințele lor într-un mod cât mai eficient.

Lucrarea de față, bazată pe aproape douăzeci de ani de experiență la Laboratorul de Studiul materialelor de la Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor din cadrul Universității Tehnice „Gh.Asachi" din Iași, oferă o soluție pentru cea de-a-III-a dilemă. Dacă sunt concepute ingenios (ținând cont de etimologia cuvântului inginer), testele grilă din primul capitol pot oferi un excelent mijloc de examinare a cunoștințelor. Pe de altă parte, oricât de ilustru ar fi titularul de curs, baza cunoștințelor tehnice se capătă tot în laborator. Pe aceste considerente, în capitolul al-II-lea sunt prezentate anexele a paisprezece lucrări de laborator, cu câte o parte scrisă și una desenată, precum și teste legate de aceste lucrări. Probele ilustrate în partea desenată a anexelor au fost amestecate în mod deliberat, pentru a determina studenții să învețe să aleagă schița sau micrografia specifică fiecărei probe. Testele sunt direct legate de lucrările de laborator și asigură atât fixarea cunoștințelor esențiale cât și verificarea obiectivă și operativă a modului în care au fost însușite acestea. Capitolul al-III-lea prezintă 48 de aplicații ale noțiunilor din curs, oferind exemple grafice sau numerice ale datelor generale prezentate în acesta. Atât testele de la curs și laborator cât și aplicațiile sunt însoțite de rezultatele corecte și respectiv de rezolvările corespunzătoare.

Fiind destinată studenților de la facultățile de Construcții de Mașini, Mecanică și Știința și Ingineria Materialelor, lucrarea de față reprezintă un material esențial pentru disciplina de Studiul materialelor.

Autorii

CUPRINS

1. TESTE PENTRU CURS

1.1 Structura atomo-cristalină a materialelor

1. Substanţa atomului este concentrată în:

	a) electroni
	b) norii electronici
	c) nucleu
	d) substratul de valenţă

care are dimensiuni de ordinul a:

	w) 10^{-2} m
	x) 10^{-14} m
	y) 10^{-10} m
	z) 10 m

2. Forţa de interacţiune dintre 2 atomi ai unei molecule poate deveni teoretic infinită numai atunci când molecula este supusă la:

	a) compresiune
	b) tracţiune
	c) încălzire
	d) încovoiere

3. Atunci când 2 atomi se află în echilibru, la distanţa r_0:

	a) forţa lor de interacţiune este minimă
	b) energia lor de interacţiune este nulă
	c) forţa lor de interacţiune este maximă
	d) energia lor de interacţiune este minimă

4. Într-un solid, cu o molecula formată din 2 atomi, distanţa interatomică:

	a) este fixă din cauza forţelor de interacţiune
	b) variază datorită agitaţiei termice
	c) creşte odată cu îmbătrânirea materialului
	d) scade la încălzire

5. Cationii sunt:

	a) elementele de acoperire a catodului unei baterii
	b) atomi ionizaţi ai metalelor
	c) atomi ionizaţi ai nemetalelor
	d) atomi ai gazelor rare

6. Într-un cristal de diamant există legături de tip:

	a) ionic
	b) covalent
	c) metalic
	d) Van der Waals

7. Electronii de valenţă nu se rotesc în jurul nucleului în cadrul legăturii:

- [ ] a) ionice
- [ ] b) covalente
- [ ] c) metalice
- [ ] d) de hidrogen

8. "Gazul electronic", întâlnit la metale, este:

- [ ] a) compus din toţi electronii
- [ ] b) compus numai din electronii de valenţă
- [ ] c) cauza plasticităţii metalelor
- [ ] d) sarcina pozitivă a legăturii metalice

9. Formarea norului electronic nedirecţional, prezent în tot volumul corpului este tipică:

- [ ] a) cristalelor covalente
- [ ] b) cristalelor ionice
- [ ] c) metalelor
- [ ] d) polimerilor

10. Energia potenţială a norului electronic nedirecţional din metale:

- [ ] a) scade brusc la limitele fizice ale metalului
- [ ] b) este constantă pe tot volumul metalului
- [ ] c) are maxime locale în nodurile reţelei cristaline
- [ ] d) are minime locale, în nodurile reţelei cristaline

11. Electronii au caracter:

- [ ] a) exclusiv corpuscular
- [ ] b) exclusiv ondulatoriu
- [ ] c) atât ondulatoriu cât şi corpuscular
- [ ] d) electropozitiv

12. Energia cinetică (E_c) a electronului variază în funcţie de numărul de undă (K) după o funcţie tip:

- [ ] a) $E_c = mv^2/2$
- [ ] b) $E_c = a\,K$
- [ ] c) $E_c = a\,K^2$
- [ ] d) $E_c = a/K$

13. Condiţia de existenţă a conductivităţii electrice este:

- [ ] a) formarea zonelor permise parţial ocupate
- [ ] b) formarea zonelor interzise
- [ ] c) formarea zonelor permise complet ocupate
- [ ] d) prezenţa legăturii covalente

14. La încălzire, rezistivitatea electrică a unui material metalic obişnuit:

- [ ] a) scade
- [ ] b) creşte
- [ ] c) rămâne constantă,
- [ ] d) devine nulă

deoarece:

- [ ] w) macromoleculele se înmoaie, frânând trecerea electronilor accelerați
- [ ] x) apar impurități și incluziuni noi
- [ ] y) se formează rețeaua cristalină
- [ ] z) se întețesc ciocnirile dintre electronii accelerați și ionii rețelei

15. Metalul paramagnetic este:

- [ ] a) Cr
- [ ] b) Gd
- [ ] c) Ni
- [ ] d) Cu

16. Cele 4 metale feromagnetice sunt:

- [ ] a) Fe, Mg, Mn și Cr
- [ ] b) Fe, Ni, Cr și Gd
- [ ] c) Fe, Ni, Co și Gd
- [ ] d) Fe, Al, Mn, Cr

17. Cele mai răspândite elemente chimice din scoarța terestră sunt:

- [ ] a) Au și Ag
- [ ] b) Fe și Cu
- [ ] c) O și Si
- [ ] d) C și H

18. Rețeaua cristalină rezultă prin reproducerea în spațiu a:

- [ ] a) celulei elementare
- [ ] b) șirurilor reticulare
- [ ] c) cristalelor pure
- [ ] d) celulei primitive

19. În nodurile rețelei cristaline a metalelor se găsesc:

- [ ] a) celule primitive
- [ ] b) electroni
- [ ] c) anioni
- [ ] d) cationi

20. Celula elementară este:

- [ ] a) o formațiune atomo – cristalină cu atomi numai în colturi
- [ ] b) cea mai simplă configurație care păstrează proprietățile materialului
- [ ] c) identică cu celula primitivă
- [ ] d) întotdeauna cubică

21. Celula elementară, cu toți parametrii de rețea egali și toate unghiurile egale dar diferite de 90^0, aparține sistemului:

- [ ] a) cubic
- [ ] b) ortorombic
- [ ] c) romboedric
- [ ] d) monoclinic

22. Celulele primitive cu toate cele trei constante de rețea (a, b și c) egale pot fi:

- [ ] a) hexagonale
- [ ] b) numai cubice
- [ ] c) triclinice
- [ ] d) cubice sau romboedrice

23. Celula primitivă a sistemului cristalin hexagonal este

- [ ] a) o prismă hexagonală
- [ ] b) un paralelipiped
- [ ] c) o prismă rombică
- [ ] d) un cub

24. Numărul maxim de celule primitive cărora le aparține simultan un atom aflat într-un colț al unei celule dintr-o rețea cristalină hexagonală este:

- [ ] a) 2
- [ ] b) 4
- [ ] c) 6
- [ ] d) 8

25. În centrul volumului unei celule elementare cfc se află:

- [ ] a) 1 atom
- [ ] b) 2 atomi
- [ ] c) 8 atomi
- [ ] d) nici un atom

26. Dintre următoarele celule elementare cea mai mare compactitate o are celula:

- [ ] a) cubică cu volum centrat
- [ ] b) ortorombică cu baze centrate
- [ ] c) cubică simplă
- [ ] d) hexagonal compactă

27. Un plan care intersectează axa 0x în 1, axa 0y în 1/2 și este paralel cu 0z are indicii:

- [ ] a) (210)
- [ ] b) (120)
- [ ] c) [120]
- [ ] d) (102)

28. Direcția perpendiculară pe planul $(1\,\bar{2}\,1)$ are indicii Miller:

- [ ] a) $[1\,\bar{2}\,1]$
- [ ] b) [102]
- [ ] c) $[\bar{1}\,\bar{2}\,\bar{1}]$
- [ ] d) $[12\bar{1}]$

29. Într-o celulă primitivă cubică, diagonala feței cubului care pornește din origine și este inclusă în planul x0y are indicii:

a) [111]
b) [100]
c) [101]
d) [110]

30. Proprietatea cea mai puternic afectată de prezenţa defectelor reticulare este:

a) constanta elastică
b) rezistenţa mecanică
c) greutatea specifică
d) temperatura de topire

31. Dacă într-un material există tensiuni interne, proprietatea cea mai puternic afectată va fi:

a) densitatea
b) conductivitatea termică
c) temperatura de fierbere
d) susceptibilitatea la coroziune

32. În cadrul defectelor cristalelor nu intră:

a) vacanţele
b) vibraţiile termice ale atomilor
c) retasura
d) tensiunile interne

33. Considerând că, din cauza vibraţiilor termice, un ion îşi părăseşte locul pe care îl ocupa, într-un nod al reţelei cristaline, atunci poate lua naştere:

a) un atom de substituţie
b) o vacanţă
c) o nouă reţea cristalină
d) un nou element chimic

34. Existenţa vacanţelor este importantă pentru explicarea mecanismelor:

a) rezistenţei la coroziune
b) memoriei mecanice
c) difuziei
d) solidificării

35. În centrul unei regiuni a reţelei cristaline, în care există tensiuni de comprimare, se găseşte un defect reticular punctiform de tip:

a) vacanţă
b) atom substituţional cu diametru mai mare decât atomii reţelei
c) atom substituţional cu diametru mai mic decât atomii reţelei
d) Schottky

36. Într-un cristal supus la forfecare la care circuitul Burgers se închide:

a) nu există dislocaţie
b) există o dislocaţie marginală
c) există o dislocaţie elicoidală
d) ia naştere un plan de alunecare

37. În zona ce înconjoară o dislocaţie marginală există tensiunile interne de:

- [ ] a) forfecare
- [ ] b) încovoiere
- [ ] c) torsiune
- [ ] d) întindere-comprimare

38. Vectorul Burgers ($\vec{b}$) este paralel cu linia dislocaţiei la:

- [ ] a) monocristale
- [ ] b) dislocaţiile marginale
- [ ] c) dislocaţiile elicoidale
- [ ] d) sursele de dislocaţii Frank-Read

39. Defectul reticular liniar care este înconjurat de tensiuni interne de forfecare se numeşte:

- [ ] a) dislocaţie elicoidală
- [ ] b) vacanţă
- [ ] c) limită de grăunte
- [ ] d) dislocaţie marginală

40. Odată cu creşterea densităţii de dislocaţii poate să crească şi:

- [ ] a) rezistenţa mecanică
- [ ] b) numărul de coordinaţie
- [ ] c) densitatea
- [ ] d) temperatura de topire

41. În cadrul limitelor de grăunţi există:

- [ ] a) numai reţea cristalină perfectă
- [ ] b) numai cement amorf
- [ ] c) numai blocuri de mozaic
- [ ] d) reţea deformată, impurităţi şi incluziuni

42. Atunci când sunt solicitate la temperatura ambiantă, majoritatea materialelor metalice se rup:

- [ ] a) intracristalin
- [ ] b) după planele de minimă densitate atomică
- [ ] c) intercristalin
- [ ] d) de-a lungul coloniilor de vacanţe

deoarece:

- [ ] w) au limite de grăunţi fără zonă de trecere
- [ ] x) pe această direcţie legăturile covalente sunt mai slabe
- [ ] y) sunt feromagnetice
- [ ] z) au limite de grăunţi cu zona de trecere

43. În cadrul aceluiaşi grăunte cristalin, subgrăunţii au dezorientări de ordinul:

- [ ] a) secundelor
- [ ] b) minutelor
- [ ] c) gradelor
- [ ] d) zecilor de grade

şi dimensiuni de ordinul:

- [ ] w) 10^{-10}-10^{-8}m
- [ ] x) 10^{-8}-10^{-6}m
- [ ] y) 10^{-6}-10^{-4}m
- [ ] z) 10^{-4}-10^{-2}m

44. Formaţiunile, din cadrul microstructurii, alcătuite din mai multe mii de celule elementare perfecte se numesc:

- [ ] a) blocuri de mozaic
- [ ] b) sublimite de grăunţi
- [ ] c) limite de grăunţi
- [ ] d) reţele cristaline

45. Ordinea de împachetare desemnată prin ABC este caracteristică celulei elementare:

- [ ] a) c.f.c.
- [ ] b) h.c.
- [ ] c) c.v.c.
- [ ] d) t.v.c

1.2 Cristalizarea primară a materialelor

46. Energia necesară distrugerii reţelei cristaline se numeşte:

- [ ] a) entropie de configuraţie
- [ ] b) căldură latentă de topire
- [ ] c) căldură latentă de solidificare
- [ ] d) căldură specifică

47. Cristalizarea se poate produce:

- [ ] a) la răcirea materialelor amorfe
- [ ] b) în timpul vaporizării
- [ ] c) exclusiv la răcire
- [ ] d) atât la răcire cât şi la încălzire

48. Curbele de răcire în atmosferă, în condiţii normale:

- [ ] a) au un punct de minim la temperatura ambiantă
- [ ] b) au formă liniară
- [ ] c) au un punct de maxim la temperatura ambiantă
- [ ] d) tind asimptotic la temperatura ambiantă

49. Pe o curba de răcire cu solidificare, porţiunea cristalizării izoterme se datorează:

- [ ] a) supraîncălzirii reţelei cristaline
- [ ] b) topirii germenilor de cristalizare
- [ ] c) căldurii latente de solidificare
- [ ] d) fenomenului de coalescenţă

50. Recalescenţa se datorează:

a) cristalizării izoterme
b) supraîncălzirii
c) formării germenilor de cristalizare
d) creşterii dendritelor

51. La creşterea gradului de subrăcire se poate produce:
a) amorfizarea
b) vaporizarea
c) germinarea eterogenă
d) topirea

52. Fie T_S temperatura de solidificare în condiţii de echilibru. Materialele metalice răcite brusc vor solidifica la temperaturi:
a) mai mari decât T_S
b) egale întotdeauna cu T_S
c) mai mici decât T_S
d) egale cu temperatura de topire

53. Condiţia de echilibru termodinamic este ca energia liberă să fie:
a) nulă
b) maximă
c) minimă
d) egală cu energia internă

54. Starea de echilibru termodinamic se caracterizează prin:
a) entropie negativă
b) energie liberă minimă
c) energie liberă maximă
d) energie internă minimă

55. Parametrul care permite determinarea stării de dezordine a unui sistem termodinamic se numeşte:
a) energie liberă
b) constanta lui Boltzman
c) entropie
d) căldură latentă de solidificare

56. La echilibru termodinamic entropia trebuie să fie:
a) negativă
b) minimă
c) maximă
d) egală cu energia internă

57. Un corp solid, încălzit peste temperatura sa de topire, T_S:
a) nu poate exista în nici un fel de condiţii
b) există în stare de echilibru termodinamic
c) poate exista numai în stare metastabilă
d) suferă un proces de recristalizare

58. În condiţii normale, faţă de temperatura de topire, temperatura de solidificare este:

- [ ] a) dublă
- [ ] b) mai mare
- [ ] c) egală
- [ ] d) mai mică

59. Pentru ca solidificarea să se producă, este necesar ca:

- [ ] a) topitura să fie răcită cu 100^0C cu o viteză infinit mică
- [ ] b) topitura să fie menţinută la T_S (temperatura de solidificare în condiţii de echilibru)
- [ ] c) să fie asigurate suprarăcirea şi energia de activare
- [ ] d) să nu existe germeni eterogeni de cristalizare

60. În timpul cristalizării, variaţia energiei interne (ΔU) la temperatura de solidificare în condiţii de echilibru (T_S) se consideră egală cu:

- [ ] a) entropia de configuraţie
- [ ] b) entropie de vibraţie
- [ ] c) căldura latentă de solidificare
- [ ] d) căldura specifică la presiune constantă

care este:

- [ ] w) degajată
- [ ] x) absorbită
- [ ] y) transformată în lucru mecanic
- [ ] z) înmagazinată în reţeaua cristalină

61. În zona unei piese turnate, caracterizată prin capacitate şi viteza de cristalizare foarte reduse, grăunţii cristalini vor fi:

- [ ] a) columnari
- [ ] b) echiaxiali mici
- [ ] c) echiaxiali mari
- [ ] d) inexistenţi

62. In zona grăunţilor columnari:

- [ ] a) capacitatea de cristalizare (Q_{cr})
- [ ] b) viteza de cristalizare (V_{cr})
- [ ] c) gradul de subrăcire (ΔT)
- [ ] d) viteza de răcire

are valoare:

- [ ] w) maximă
- [ ] x) minimă
- [ ] y) constantă
- [ ] z) infinită

63. În urma cristalizării primare, a unui material obişnuit, se obţin grăunţi echiaxiali în zona:

a) crustei dure
b) de transcristalizare
c) de minimă rezistenţă
d) influenţată termic

64. Germinarea omogenă se produce numai la:
a) topire
b) cristalizarea materialelor foarte pure
c) cristalizarea materialelor impure
d) răcirea materialelor amorfe

65. Degajarea căldurii latente de solidificare, din cadrul germinării omogene, este însoţită de:
a) retopire
b) creşterea forţei motrice de solidificare
c) scăderea forţei motrice de solidificare
d) scăderea temperaturii materialului

66. La germinarea omogenă cresc doar germenii de rază:
a) mai mică decât valoarea critică
b) mai mare decât valoarea critică
c) mai apropiată de distanţa interatomică
d) egală cu cea atomică

67. La germinarea omogenă, creşterea gradului de subrăcire duce la:
a) creşterea razei critice
b) scăderea razei critice
c) creşterea valorii critice a forţei motrice
d) scăderea distanţei interatomice

68. La germinarea omogenă, forţa motrice critică, ΔF_c depinde de tensiunea superficială, σ şi de suprafaţa totală a germenilor de rază critică, S_c conform relaţiei:
a) $\Delta F_c = 3\ \sigma/S_c$
b) $\Delta F_c = 1/3\ \sigma\ S_c$
c) $\Delta F_c = 1/3(\sigma + S_c)$
d) $\Delta F_c = 3\ \sigma\ S_c$

69. La germinarea eterogenă trebuie să existe:
a) suprarăciri foarte accentuate
b) numai germeni proprii de cristalizare
c) substanţe topite extrapure
d) suprafeţe suport preexistente

70. La începutul germinării eterogene, germenul nou-format este:
a) o sferă
b) o prismă hexagonală
c) o calotă sferică
d) un cub perfect

71. Germinarea eterogenă nu se poate produce dacă unghiul de contact θ, dintre lichid şi germene, este:

- [ ] a) 180^0
- [ ] b) 135^0
- [ ] c) 90^0
- [ ] d) 45^0

72. Germinarea eterogenă se produce cu o energie de activare mai mică decât cea omogenă numai atunci când unghiul de contact θ dintre lichid şi germene, este:

- [ ] a) negativ
- [ ] b) multiplu de 360^0
- [ ] c) sub 180^0
- [ ] d) 180^0

73. Faţă de starea de agregare lichidă, centrele de cristalizare, care se formează la răcirea materialelor topite, au energia liberă:

- [ ] a) mai mică
- [ ] b) mai mare
- [ ] c) nulă
- [ ] d) egală

74. Centrele de cristalizare se transformă în germeni în urma:

- [ ] a) reducerii dimensiunii lor sub o valoare critică
- [ ] b) asigurării unui unghi de contact θ sub 180^0
- [ ] c) degajării căldurii lor latente de solidificare
- [ ] d) formării dendritelor

75. Condiţia necesară depunerii unui atom din topitură pe suprafaţa unui germene de cristalizare este:

- [ ] a) reducerea maximă a energiei sale libere
- [ ] b) atingerea frecvenţei maxime de vibraţie
- [ ] c) ocuparea unui nod al reţelei
- [ ] d) formarea crustei dure

76. Condiţia ca, la sfârşitul cristalizării, grăunţii cristalini să fie mici este ca:

- [ ] a) viteza de creştere să fie mare
- [ ] b) viteza de germinare să fie mare
- [ ] c) viteza de germinare să fie mică
- [ ] d) viteza de răcire să fie mică

77. La începutul creşterii unui germen cristalin, atomii se depun preponderent pe:

- [ ] a) braţele dendritelor
- [ ] b) pereţii oalei de turnare
- [ ] c) planele cu densitatea atomică minimă
- [ ] d) planele cu densitatea atomică maximă

iar la sfârşitul creşterii, suprafeţele cristalului vor fi paralele cu:

- [ ] w) limitele de grăunţi
- [ ] x) planele cu densitatea atomică maximă
- [ ] y) axele principale ale dendritelor
- [ ] z) suprafaţa topiturii

78. La solidificarea unui lingou, prima dată se formează:

- [ ] a) zona cristalelor columnare
- [ ] b) zona cristalelor echiaxiale mari
- [ ] c) crusta dură
- [ ] d) partea superioară a lingoului

79. Condiţia apariţiei zonei cristalelor columnare, la solidificarea unui lingou, este:

- [ ] a) prezenţa gradienţilor de temperatură
- [ ] b) formarea unui număr mare de germeni de cristalizare
- [ ] c) formarea cristalelor echiaxiale mari, din centrul lingoului
- [ ] d) contracţia de la răcire

80. Cauza formării retasurii este:

- [ ] a) degajarea gazelor absorbite de topitură
- [ ] b) contracţia de la răcire
- [ ] c) necorelarea secţiunilor
- [ ] d) absorbţia impurităţilor pe interfaţa solid-lichid

81. Defectul de cristalizare primară numit:

- [ ] a) dislocaţie
- [ ] b) retasură
- [ ] c) segregaţie
- [ ] d) suflură

constă dintr-o:

- [ ] w) structură dendritică
- [ ] x) fisură
- [ ] y) acumulare de tensiuni interne
- [ ] z) neomogenitate chimică

82. Suflurile sunt:

- [ ] a) amestecuri mecanice
- [ ] b) impurităţi solide
- [ ] c) soluţii lichide
- [ ] d) gaze

care au fost imobilizate în materialul cristalizat din cauza:

- [ ] w) creşterii vâscozităţii
- [ ] y) cristalizării secundare
- [ ] y) exploziei „fulgilor de hidrogen”
- [ ] z) topirii sulfului

83. Defectul de cristalizare primară, care poate fi remediat prin deformare plastică, se numeşte:

- [ ] a) retasură axială
- [ ] b) suflură deschisă
- [ ] c) suflură închisă
- [ ] d) segregaţie inferioară

84. Tensiunile interne de natură termică apar în piesele turnate la care:

- [ ] a) există diferenţe mari de secţiune
- [ ] b) răcirea s-a efectuat cu viteză foarte redusă
- [ ] c) s-a aplicat o recoacere de omogenizare
- [ ] d) materialul a fost impur

85. Două stări alotropice ale aceluiaşi metal diferă prin:

- [ ] a) compoziţia chimică
- [ ] b) numărul electronilor de valenţă
- [ ] c) sistemul de cristalizare
- [ ] d) masa atomică

86. Transformarea alotropică presupune o modificare a:

- [ ] a) reţelei cristaline
- [ ] b) volumului atomic
- [ ] c) stării de agregare
- [ ] d) compoziţiei chimice

87. Transformarea alotropică a Sn_β (alb, tvc) în Sn_α (cenuşiu, cub diamant) este însoţită de:

- [ ] a) contracţie
- [ ] b) dilatare
- [ ] c) degajare de radiaţii
- [ ] d) pierderea magnetismului

1.3 Metode de punere în evidenţă a structurii

88. Structura reticulară se referă la:

- [ ] a) reţeaua cristalină
- [ ] b) învelişurile electronice
- [ ] c) grăunţii cristalini
- [ ] d) numărul de faze

şi se studiază prin:

- [ ] w) analiză fractografică
- [ ] x) încercări de duritate
- [ ] y) analiză roentgenostructurală
- [ ] z) încercări la tracţiune

89. Constituenţii structurali se studiază în cadrul structurii:

a) macroscopice
b) microscopice
c) reticulare
d) atomice

90. În cadrul structurii microscopice nu se poate studia:

a) structura nucleului
b) forma grăunţilor cristalini
c) forma subgrăunţilor cristalini
d) blocurile de mozaic

91. În microscopia optică, puterea de mărire se poate majora prin:

a) reducerea indicelui de refracţie a mediului
b) creşterea unghiului de deschidere a obiectivului
c) mărirea lungimii de undă a radiaţiei
d) folosirea unui filtru roşu

92. În cadrul microscopiei electronice fasciculul de electroni accelerați este deviat cu ajutorul:

a) bobinelor
b) lentilelor
c) oglinzilor
d) prisme optice

93. Structura suprafeţei unei probe, până la o anumită adâncime, se poate studia numai prin:

a) analiză microscopică cu sondă de baleiaj
b) analiză magnetică
c) analiză dilatometrică
d) analiza termică diferenţială

94. Aparatul care utilizează, ca element executiv, o micropârghie de nitrură de siliciu se numeşte:

a) microprocesor
b) microscop optic
c) microscop electronic
d) microscop cu forţă atomică

95. Expresia corectă a legii lui Bragg este:

a) $d = \lambda/A$
b) $n\lambda = 2d\sin\theta$
c) $f(\theta) = (2+\cos\theta)(1-\cos\theta)^2$
d) $\lambda = h/mv$

96. Metoda Laue utilizează o probă:

a) policristalină şi fascicul monocromatic de raze X
b) policristalină şi fascicul policromatic de raze X
c) monocristalină şi fascicul policromatic de raze X
d) monocristalină şi fascicul monocromatic de raze X

97. Difracţia razelor X se face în mod obligatoriu pe probe monocristaline la:

- [ ] a) radioscopie
- [ ] b) metoda cristalului rotitor
- [ ] c) metoda pulberilor
- [ ] d) înregistrarea difractogramelor

98. La metoda cristalului rotitor, proba este:

- [ ] a) un monocristal
- [ ] b) un policristal
- [ ] c) un tub Röntgen
- [ ] d) un aliaj topit

iar imaginea se obţine pe un film plasat:

- [ ] w) în faţa unui ecran plan
- [ ] x) în spatele unui ecran conic
- [ ] y) în interiorul unei camere cilindrice
- [ ] z) în interiorul tubului Röntgen

99. Difractogramele se obţin cu ajutorul:

- [ ] a) luminii infraroşii
- [ ] b) luminii ultraviolete
- [ ] c) razelor X
- [ ] d) fasciculului de electroni

şi apar sub formă de:

- [ ] w) spoturi dispuse în şiruri orizontale
- [ ] x) spoturi dispuse după hiperbole
- [ ] y) maxime de difracţie
- [ ] z) franje de interferenţă

100. Analiza dilatometrică se bazează pe măsurarea variaţiilor de:

- [ ] a) greutate
- [ ] b) lungime
- [ ] c) intensitate de magnetizare
- [ ] d) rezistivitate

101. Termocuplul este:

- [ ] a) un ansamblu de 2 sârme sudate la un capăt
- [ ] b) un cuplu de forţe produse de dilatarea termică
- [ ] c) un inel care produce o tensiune
- [ ] d) un element de încălzire a lichidelor

102. Dilatometrul poate măsura contracţia unui material obişnuit, lipsit de transformări alotropice, care se produce la:

- [ ] a) încălzire
- [ ] b) răcire
- [ ] c) fierbere
- [ ] d) recristalizare

103. La transformarea alotropică din timpul răcirii, $Fe_{\gamma}(cfc) \rightarrow Fe_{\alpha}(cvc)$, se produce o:

- [ ] a) modificare a numărului de electroni de valenţă
- [ ] b) contracţie
- [ ] c) dilatare
- [ ] d) transformare eutectică

deoarece:

- [ ] w) are loc cristalizarea primară
- [ ] x) se degajă o importantă cantitate de căldură
- [ ] y) celula cvc este mai compactă decât celula cfc
- [ ] z) celula cfc este mai compactă decât celula cvc

104. Analiza magnetică este utilizată la determinarea directă a:

- [ ] a) constantei reţelei cristaline
- [ ] b) căldurii specifice
- [ ] c) temperaturii de topire
- [ ] d) temperaturii Curie

105. La balanţa termomagnetică, forţa de atracţie magnetică este echilibrată de o forţă de natură:

- [ ] a) atomică
- [ ] b) electrică
- [ ] c) gravitaţională
- [ ] d) elastică

106. Odată cu creşterea temperaturii, intensitatea de magnetizare a unui magnet permanent:

- [ ] a) creşte
- [ ] b) scade
- [ ] c) rămâne constantă
- [ ] d) devine infinită

1.4 Prelucrarea materialelor prin deformare plastică

107. Raportul dintre tensiunea tangenţială, τ şi alunecarea specifică, γ, ($G = \tau/\gamma$), reprezintă modulul de elasticitate:

- [ ] a) longitudinal
- [ ] b) de compresibilitate
- [ ] c) transversal
- [ ] d) neliniară

108. Deformaţiile anelastice sunt o consecinţă a:

- [ ] a) frecării electrostatice
- [ ] b) frecării interne
- [ ] c) anizotropiei cristaline
- [ ] d) căldurii latente de solidificare

109. Deformaţiile la care tensiunea este proporţională cu viteza de deformare se numesc:

- [ ] a) elastice
- [ ] b) anelastice
- [ ] c) plastice
- [ ] d) vâscoase

110. Monocristalele pot fi caracterizate prin:

- [ ] a) absenţa reţelei cristaline
- [ ] b) reţea cristalină perfectă
- [ ] c) limite de grăunţi cu zonă de trecere
- [ ] d) limite de grăunţi fără zonă de trecere

şi se obţin prin:

- [ ] w) topire zonală
- [ ] x) solidificare ultrarapidă
- [ ] y) laminare la cald
- [ ] z) metalurgia pulberilor

111 Topirea zonală presupune topirea materialului de purificat:

- [ ] a) concomitent, în tot volumul
- [ ] b) numai la un singur capăt
- [ ] c) numai în zona centrală
- [ ] d) treptat, de la un capăt la altul,

urmată de:

- [ ] w) solidificarea ultrarapidă
- [ ] x) solidificarea cu viteză infinit mică
- [ ] y) captarea impurităţilor pe interfaţa S/L
- [ ] z) turnarea materialului topit printr-un filtru ce captează impurităţile

112. Procesul de alunecare în monocristale se produce:

- [ ] a) concomitent, pe toate planele de alunecare
- [ ] b) alternativ, pe câte 10% din planele de alunecare
- [ ] c) numai pe aproximativ 1% din planele de alunecare
- [ ] d) întotdeauna pe 50 % din planele de alunecare

situate, faţă de axa tensiunii aplicate:

- [ ] w) la 15^0
- [ ] x) la 45^0
- [ ] y) paralel
- [ ] z) perpendicular

113. Alunecarea, din cadrul deformării plastice, presupune:

- [ ] a) ruperea definitivă a legăturilor interatomice
- [ ] b) ruperea temporară a legăturilor interatomice
- [ ] c) reorientarea reţelei cristaline
- [ ] d) lipsa frecării dintre planele atomice

şi se produce:

- [ ] w) pe sistemele de alunecare
- [ ] x) de direcţia de minimă densitate atomică
- [ ] y) pe axa tensiunii aplicate
- [ ] z) pe toate planele de alunecare

114. Sistemul de cristalizare cvc asigură o plasticitate mai ridicată decât sistemul cfc deoarece:

- [ ] a) celulei elementare îi aparţin mai mulţi atomi
- [ ] b) conţine plane cu densitate atomică mai mare
- [ ] c) conţine mai multe sisteme de alunecare
- [ ] d) afirmaţia de mai sus este falsă

115. În urma deformării plastice prin intermediul maclării mecanice se obţine:

- [ ] a) o reţea cristalină complet nouă
- [ ] b) aceeaşi reţea cristalină dar reorientată
- [ ] c) o schimbare a compoziţiei chimice
- [ ] d) a reducere a distanţei interatomice

116. În cadrul unei curbe de rupere prin tracţiune a unui monocristal, maclarea intervine:

- [ ] a) pe porţiunea elastică iniţială
- [ ] b) pe palierul de curgere
- [ ] c) în momentul ruperii
- [ ] d) la sfârşitul descărcării

117. Pe curbele de rupere prin tracţiune, maclarea mecanică se recunoaşte prin:

- [ ] a) apariţia gâtuirii
- [ ] b) apariţia unor trepte pe suprafaţa monocristalelor
- [ ] c) aspectul tremurat (în „dinţi de ferăstrău") al palierului de curgere
- [ ] d) contracţia transversală

118. Fenomenul de demaclare, observat la solicitarea la tracţiune a aliajelor martensitice cu memoria formei , constă din:

- [ ] a) formarea maclelor
- [ ] b) dispariţia maclelor
- [ ] c) migrarea dislocaţiilor
- [ ] d) recuperarea formei la descărcare

119. În cadrul deformării plastice a cristalelor reale, dislocaţiile au rolul de a asigura:

- [ ] a) compactitatea planelor de alunecare
- [ ] b) deplasarea asincronă a planelor de alunecare
- [ ] c) deplasarea sincronă a planelor de alunecare
- [ ] d) încălzirea materialului

120. O sursă Frank-Read generează dislocaţii prin:

- [ ] a) germinare şi creştere
- [ ] b) conectarea la reţeaua electrică
- [ ] c) încălzirea materialului
- [ ] d) solicitare mecanică,

numai dacă:

- [ ] w) este atinsă temperatura de recristalizare
- [ ] x) se produce ruperea materialului
- [ ] y) raza de curbură scade sub jumătatea lungimii dislocaţiei
- [ ] z) materialul este monocristalin

121. Dacă întâlnesc obstacole, în timpul migrării lor, dislocaţiile se:

- [ ] a) îngrămădesc, mărind densitatea de dislocaţii
- [ ] b) transformă în frecare internă
- [ ] c) descompun, evitând obstacolele
- [ ] d) anulează

122. Policristalele se deformează începând cu grăunţii orientaţi:

- [ ] a) paralel faţă de axa tensiunii aplicate
- [ ] b) la 30^0 faţă de axa tensiunii aplicate
- [ ] c) la 45^0 faţă de axa tensiunii aplicate
- [ ] d) perpendicular faţă de axa tensiunii aplicate

123. Deformarea plastică a cristalelor reale se realizează prin:

- [ ] a) rotirea tuturor grăunţilor cristalini
- [ ] b) alungirea limitelor de grăunţi
- [ ] c) migrarea dislocaţiilor în interiorul cristalelor
- [ ] d) păstrarea dimensiunii grăunţilor

124. Materialele policristaline se deformează mai mult dacă au:

- [ ] a) au granulaţie mai mica
- [ ] b) au granulaţie mai mare
- [ ] c) au mai multe incluziuni şi impurităţi
- [ ] d) conţin mai multe faze metalografice

125. Pentru ca dislocaţia să se propage de la un grăunte cristalin la altul este necesar ca:

- [ ] a) cei doi grăunţi să fie egali că mărime
- [ ] b) cei doi grăunţi să aibă orientări apropiate
- [ ] c) deformaţia sa se efectueze la temperaturi înalte
- [ ] d) cei doi grăunţi să aparţină unor faze metalografice diferite

126. În urma ecruisării, grăunţii cristalini ai fazelor plastice sunt:

- [ ] a) fărâmiţaţi
- [ ] b) rotunjiţi
- [ ] c) magnetizaţi
- [ ] d) alungiţi

iar cei ai fazelor fragile sunt:

- [ ] w) fărâmiţaţi
- [ ] x) rotunjiţi
- [ ] y) magnetizaţi
- [ ] z) alungiţi

127. Efectul ecruisării este:

- [ ] a) apariţia feromagnetismului
- [ ] b) formarea texturii de deformare
- [ ] c) modificarea tipului de reţea cristalină
- [ ] d) scăderea rezistenţei mecanice

128. Unul dintre efectele ecruisării constă din:

- [ ] a) creşterea limitei de curgere
- [ ] b) scăderea limitei de rupere
- [ ] c) apariţia gâtuirii
- [ ] d) apariţia curgerii

şi este cauzată de:

- [ ] w) recristalizare
- [ ] x) schimbarea reţelei cristaline
- [ ] y) migrarea defectelor punctiforme
- [ ] z) frânarea deplasării dislocaţiilor

129. Energia latentă de deformare provine din:

- [ ] a) lucrul mecanic consumat la deformarea plastică
- [ ] b) căldura latentă de solidificare
- [ ] c) tensiunile interne de natura termică
- [ ] d) agitaţia termică a atomilor reţelei cristaline

130. Difuzia atomică, din timpul încălzirii unui material ecruisat, este cauzată de:

- [ ] a) agitaţia termică
- [ ] b) forţele de legătură dintre atomi
- [ ] c) condiţia de maximizare a energiei libere
- [ ] d) căldura latentă de topire

131. Din punct de vedere termodinamic, difuzia este cauzată de:

- [ ] a) căldura latentă de solidificare
- [ ] b) majorarea energiei interne
- [ ] c) maximizarea entropiei de configuraţie
- [ ] d) maximizarea energiei libere

132. În cadrul unei recoaceri de recristalizare intervine difuzia care este cu atât mai intensă cu cât:

- [ ] a) gradul de deformare plastică este mai ridicat
- [ ] b) densitatea de dislocaţii este mai redusă
- [ ] c) numărul de vacanţe este mai redus
- [ ] d) temperatura de topire este mai ridicată

133. Fluxul de difuzie (J) este:

- [ ] a) invers proporţional cu gradientul de concentraţie (dc/dx)
- [ ] b) egal cu coeficientul de difuzie (D)
- [ ] c) opus fluxului de vacante
- [ ] d) independent de agitaţia termica

134. Gradul critic de deformare corespunde:

- [ ] a) limitei de rupere la tracţiune
- [ ] b) granulaţiei maxime la recristalizare
- [ ] c) pragului de recristalizare
- [ ] d) germinării maclelor mecanice

135. În cadrul recoacerii de recristalizare, materialul ecruisat este:

- [ ] a) deformat plastic la cald
- [ ] b) topit
- [ ] c) încălzit peste pragul de recristalizare (T_{recr})
- [ ] d) încălzit şi menţinut până la apariţia precipitatelor

136. Majoritatea materialelor se deformează mai uşor la cald deoarece:

- [ ] a) o parte din material este topit
- [ ] b) intervin mai multe mecanisme de deformare plastică
- [ ] c) corpurile calde au densităţi mai ridicate
- [ ] d) scade agitaţia termică

137. Fibrajul de la deformaţia plastică la cald este caracterizat prin:

- [ ] a) grăunţi cristalini alungiţi
- [ ] b) şiruri de impurităţi
- [ ] c) monocristale filiforme
- [ ] d) absenţa impurităţilor

138. Microstructura unui material care a fost deformat plastic la cald prezintă:

- [ ] a) grăunţi alungiţi
- [ ] b) sufluri închise
- [ ] c) constituenţi în benzi
- [ ] d) limite de grăunţi cu contur sinuos

1.5 Teoria aliajelor

139. Sistemul de aliaje reprezintă:

- [ ] a) o instalaţie în care se elaborează aliaje
- [ ] b) toate aliajele formate cu anumiţi componenţi
- [ ] c) o zonă din sistemul periodic al elementelor care cuprinde metalele de uz tehnic
- [ ] d) un ansamblu metalic alcătuit din elemente obţinute din aliaje diferite

140. In metalografie, fazele reprezintă

- [ ] a) constituenţi structurali omogeni
- [ ] b) constituenţi structurali eterogeni
- [ ] c) amestecuri mecanice
- [ ] d) stări de agregare

141. Parametrul termodinamic dependent de concentraţie este:

- [ ] a) energia internă la 0K
- [ ] b) entropia de vibraţie
- [ ] c) căldura specifică
- [ ] d) lucrul mecanic la presiune constantă

142. Când 2 elemente chimice, A şi B, reacţionează chimic, aliajul rezultat după topire-solidificare va fi de tip:

- [ ] a) amestec mecanic
- [ ] b) compus intermetalic
- [ ] c) soluţie solidă
- [ ] d) metal pur

143. Soluţiile solide sunt stabile termodinamic pe acele domenii de concentraţie pe care energia liberă prezintă o variaţie:

- [ ] a) cu punct de inflexiune
- [ ] b) liniară
- [ ] c) cu punct de minim
- [ ] d) hiperbolică

144. Soluţiile solide se caracterizează prin:

- [ ] a) concentraţie fixă
- [ ] b) concentraţie variabilă
- [ ] c) temperatură de topire fixă
- [ ] d) sistem de cristalizare variabil

145. În general, soluţiile solide au reţea cristalină:

- [ ] a) diferită de cea a componenţilor
- [ ] b) identică cu cea a solventului
- [ ] c) diferită de cea a componentului mai greu fuzibil
- [ ] d) identică cu cea a solvitului

şi rezistivitatea electrică:

- [ ] w) mai mare decât cea a componenţilor
- [ ] x) mai mică decât cea a componenţilor
- [ ] y) nulă
- [ ] z) independentă de temperatură

146. Între Cu (cfc) şi Zn (hc) se formează o soluţie solidă:

- [ ] a) interstiţială
- [ ] b) de substituţie, cu solubilitate totală
- [ ] c) de substituţie, cu solubilitate limitată
- [ ] d) feromagnetică

147. Ferita alfa, F_α, este un constituent de tip:

- [ ] a) soluţie solidă de substituţie
- [ ] b) soluţie solidă interstiţială
- [ ] c) compus intermetalic electronic
- [ ] d) amestec mecanic eutectoid

148. Aliajele din care se fac rezistenţele electrice trebuie să fie de tip:

- [ ] a) amestec mecanic
- [ ] b) metal pur
- [ ] c) soluţie solidă
- [ ] d) compus intermetalic electrochimic

149. Compuşii intermetalici pot produce o mărire a:

- [ ] a) plasticităţii
- [ ] b) turnabilitaţii
- [ ] c) rezistenţei mecanice
- [ ] d) sudabilităţii

aliajului numai dacă sunt:

- [ ] w) aglomeraţi la suprafaţă
- [ ] x) fin dispersaţi
- [ ] y) sub forma de ace
- [ ] z) dispuşi intercristalin

150. Compuşii intermetalici se caracterizează prin:

- [ ] a) concentraţie fixă
- [ ] b) concentraţie variabilă
- [ ] c) plasticitate ridicată
- [ ] d) temperatură de topire variabilă

151. Sulfura de fier este un compus intermetalic de tip

- [ ] a) electrochimic
- [ ] b) geometric interstiţial
- [ ] c) geometric tip fază sigma
- [ ] d) electronic

152. Cementita este un compus intermetalic de tip:

- [ ] a) electrochimic
- [ ] b) geometric interstiţial
- [ ] c) geometric tip fază Laves
- [ ] d) electronic

153. Compusul intermetalic format între elementele chimice Cr şi Fe este:

- [ ] a) electrochimic
- [ ] b) geometric interstiţial
- [ ] c) geometric tip fază σ
- [ ] d) electronic

şi se caracterizează prin:

	w) reţea cristalină simplă
	x) feromagnetism
	y) refractaritate
	z) plasticitate

154. Un sistem de aliaje cu solubilitate totală în solid trebuie să aibă, în stare lichidă:

	a) solubilitate totală
	b) solubilitate limitată
	c) insolubilitate
	d) tensiune superficială scăzută

155. Sistemele de aliaje care prezintă solubilitate limitată în stare lichidă au, în stare solidă:

	a) solubilitate totală
	b) solubilitate limitată şi variabilă, în mod direct
	c) insolubilitate totală
	d) solubilitate limitată şi variabilă, în mod retrograd

156. Sistemele de aliaje cu insolubilitate totală se formează între componenţi care au:

	a) reţele cristaline absolut identice
	b) densităţi mult diferite
	c) rezistenţe de rupere asemănătoare
	d) temperaturi de topire foarte apropiate

157. În timpul solidificării, cristalele de soluţie solidă:

	a) se îmbogăţesc în component greu fuzibil
	b) devin mai sărace în component greu fuzibil
	c) se dizolvă
	d) cresc întotdeauna numai pe direcţia de alunecare

158. Temperatura de topire a unui aliaj tip soluţie solidă este dată de

	a) curba lichidus
	b) curba solidus
	c) temperatura de topire a componentului uşor fuzibil
	d) curba solvus

159. După răcirea rapidă din timpul solidificării, compoziţia chimică a dendritelor se caracterizează prin:

	a) concentraţie mai mare de element uşor fuzibil la interior
	b) concentraţie mai mare de element uşor fuzibil la exterior
	c) uniformitatea concentraţiei pe întreg volumul
	d) concentraţie mai mare de element greu fuzibil la exterior

160. Pe diagrama de echilibru a unui sistem de aliaje cu solubilitate limitată, bilaterală şi variabilă, domeniul maxim de existenţă a

soluţiei solide β, ca fază aflată în stare liberă sau legată, este intervalul de concentraţie:

- [ ] a) $0\text{-}c_\alpha$
- [ ] b) c_α - c_β
- [ ] c) $c_{\alpha l}$ – 100%B
- [ ] d) $c_{\alpha l} - c_\alpha$

161. Aliajul eutectic se caracterizează prin:

- [ ] a) topire pe un interval de temperatură
- [ ] b) topire incongruentă
- [ ] c) topire la temperatura constantă
- [ ] d) inexistenţa unei temperaturi de topire

162. Temperatura de topire a amestecului mecanic eutectic este:

- [ ] a) mai mare decât a componenţilor
- [ ] b) mai mică decât a componenţilor
- [ ] c) variabilă
- [ ] d) cuprinsă între temperaturile componenţilor

163. Eutecticul figurează:

- [ ] a) pe diagrama de constituenţi structurali
- [ ] b) pe diagrama de faze
- [ ] c) în domeniul de solidificare
- [ ] d) sub liniile solvus

164. Pe diagrama de echilibru a unui sistem de aliaje cu solubilitate totală, regula pârghiei se poate aplica numai în:

- [ ] a) domeniul lichid
- [ ] b) intervalul de solidificare
- [ ] c) punctul de minim al curbei solidus
- [ ] d) domeniul solid

165. Într-un sistem de aliaje binare numărul maxim al fazelor metalografice aflate în stare de echilibru este:

- [ ] a) 2
- [ ] b) 1
- [ ] c) 4
- [ ] d) 3

166. Domeniile invariante din diagramele de echilibru ale sistemelor de aliaje binare sunt:

- [ ] a) intervalele de solidificare
- [ ] b) liniile perfect verticale
- [ ] c) liniile izoterme
- [ ] d) liniile înclinate

167. Aliajul de concentraţie c = 70%B este bifazic, fiind compus din soluţiile solide α şi β, cu concentraţiile de saturaţie c_α = 10 %B şi c_β = 90 %B. Cantitatea procentuală de soluţie solidă α din aliaj este:

a) 25 %
b) 50 %
c) 75 %
d) 100 %

168. Formarea compusului intermetalic cu topire congruentă este caracterizată, pe diagramele de echilibru, prin existenta:

a) unei porțiuni izoterme a curbei lichidus
b) unui punct de maxim al curbei lichidus
c) unei discontinuități pe curba lichidus
d) unui punct minim al curbei lichidus

169. Intervalul maxim de concentrație, pe care compusul intermetalic A_mB_n, cu insolubilitate totală, se observă în stare liberă, este:

a) 0-100 % B
b) concentrația C_c
c) $c_{E_1} - c_{E_2}$
d) $0 - c_{E_1}$

170. Soluția solidă pe bază de compus intermetalic A_mB_n are rețeaua cristalină identică cu:

a) componentul A
b) componentul B
c) compusul A_mB_n
d) componentul greu fuzibil

171. La răcire, transformarea peritectică se produce:

a) prin compunere de faze
b) prin descompunere de faze
c) pe un interval de temperatura
d) la temperatura de topire a componentului greu fuzibil

172. Faza obținută prin transformare peritectică:

a) are topire congruentă
b) are topire incongruentă
c) este element chimic pur
d) este un amestec mecanic

173. Compusul intermetalic insolubil, C (A_mB_n), format prin reacție peritectică, apare ca fază pe diagrama de echilibru a sistemului de aliaje:

a) pe intervalul 0 - c_E
b) pe intervalul c_E – 100 %B
c) numai la c_C
d) la orice concentrație

174. Pe diagramele de echilibru, variația solubilității în stare solidă

este reprezentată prin liniile:

- [ ] a) izoterme
- [ ] b) solidus
- [ ] c) lichidus
- [ ] d) solvus,

care permit stabilirea concentrației;

- [ ] w) amestecului mecanic eutectoid
- [ ] x) fazei lichide
- [ ] y) soluției solide
- [ ] z) eutecticului

175. La răcire în condiții de echilibru, sub o curbă solvus va precipita:

- [ ] a) un eutectic
- [ ] b) o soluție solidă
- [ ] c) o picătură de fază lichidă
- [ ] d) un element chimic pur

176. Călirea de punere în soluție presupune încălzirea:

- [ ] a) peste curba lichidus
- [ ] b) peste curba solidus
- [ ] c) peste curba solvus
- [ ] d) sub curba solvus

urmată de menținere, răcire şi îmbătrânire care au drept scop:

- [ ] w) mărirea plasticității
- [ ] x) mărirea rezistenței
- [ ] y) apariția feromagnetismului
- [ ] z) reducerea granulației

177. Eutectoidul se formează prin:

- [ ] a) cristalizare primară
- [ ] b) descompunerea unei soluții solide
- [ ] c) descompunerea unei faze lichide
- [ ] d) precipitare

178. Eutectoidul este:

- [ ] a) un compus intermetalic
- [ ] b) un amestec de faze solide
- [ ] c) o soluție solidă
- [ ] d) un amestec de fază lichidă şi solidă

179. Călirea de tip martensitic, aplicată în scopul durificării materialelor, este tipică aliajelor cu:

- [ ] a) solubilitate variabilă în solid
- [ ] b) eutectic
- [ ] c) eutectoid
- [ ] d) insolubilitate totală

şi trebuie urmată, pentru eliminarea tensiunilor de călire, de:

- [ ] w) recristalizare
- [ ] x) topire
- [ ] y) revenire
- [ ] z) îmbătrânire

180. Monotecticul este:

- [ ] a) un amestec de fază lichidă şi solidă
- [ ] b) un amestec de faze lichide
- [ ] c) o soluţie solidă
- [ ] d) un compus intermetalic

181. La răcire, transformarea monotectică reprezintă:

- [ ] a) descompunerea unei soluţii lichide
- [ ] b) compunerea a două soluţii solide
- [ ] c) descompunerea unei soluţii solide
- [ ] d) precipitarea unui compus intermetalic

182. Sintecticul este:

- [ ] a) un amestec de faze solide
- [ ] b) o fază solidă care la încălzire se descompune în două faze lichide
- [ ] c) o fază solidă care la răcire se descompune într-o fază lichidă şi una solidă
- [ ] d) un constituent polifazic

183. Transformarea sintectică, produsă la răcire. reprezintă:

- [ ] a) descompunerea unei soluţii lichide
- [ ] b) compunerea a două soluţii lichide
- [ ] c) o reacţie de cristalizare secundară
- [ ] d) o precipitare de soluţie solidă

184. Diagrama de echilibru cu 2 linii paralele aparţine:

- [ ] a) unui sistem de aliaje cu eutectic
- [ ] b) unui sistem de aliaje cu solubilitate totală
- [ ] c) unui sistem de aliaje cu insolubilitate totală
- [ ] d) unui sistem de aliaje cu formare de soluţii solide

185. Rezistenţa mecanică a eutecticului este:

- [ ] a) nulă
- [ ] b) mai mare decât rezistenţele componenţilor
- [ ] c) intermediară între rezistenţele componenţilor
- [ ] d) mai mică decât rezistenţele componenţilor

186. Într-un sistem cu solubilitate totală rezistenţa electrică este:

- [ ] a) mai mare decât rezistenţele componenţilor
- [ ] b) egală cu rezistenţa componentului uşor fuzibil
- [ ] c) mai mică decât rezistenţele componenţilor
- [ ] d) nulă

187. Pentru a reduce duritatea unui aliaj tip soluţie solidă pe bază de compus intermetalic se aplică o:

- [ ] a) călire
- [ ] b) deformare plastică la rece
- [ ] c) recoacere
- [ ] d) normalizare

188. Cea mai bună proprietate a aliajelor tip soluţie solidă este:

- [ ] a) duritatea
- [ ] b) fluiditatea
- [ ] c) turnabilitatea
- [ ] d) plasticitatea la rece,

faţă de întreg sistemul de aliaje, cu eutectic şi solubilitate limitată şi variabilă, datorită:

- [ ] w) omogenităţii fazice
- [ ] x) solidificării izoterme
- [ ] y) segregaţiei dendritice
- [ ] z) intervalului redus de solidificare

189 Aliajele pentru turnătorie trebuie să conţină:

- [ ] a) un element chimic pur
- [ ] b) un eutectic
- [ ] c) un peritectic
- [ ] d) o soluţie solidă

care asigură:

- [ ] w) contracţie volumică maximă
- [ ] x) fluiditate maximă
- [ ] y) dispersarea microporozităţii
- [ ] z) granulaţie constantă

190. Cea mai mică valoare a contracţiei volumice o au aliajele cu structura formată din:

- [ ] a) soluţie solidă pură
- [ ] b) eutectic pur
- [ ] c) soluţie solidă+precipitat
- [ ] d) eutectic+soluţie solidă+precipitat

1.6 Structura şi proprietăţile aliajelor fier-carbon

191. Limita teoretică dintre oţelurile-carbon şi fontele albe este concentraţia:

- [ ] a) de saturaţie a feritei, 0,0218 %C
- [ ] b) de saturaţie a austenitei, 2,11 %C
- [ ] c) cementitei, 6,67 %C
- [ ] d) perlitei, 0,77 %C

192. Austenita este o soluţie solidă obţinută prin dizolvarea carbonului în:

- [ ] a) Fe_{α}
- [ ] b) Fe_{γ}
- [ ] c) cementită
- [ ] d) ledeburită

şi se obţine printr-o transformare:

- [ ] w) monotectică
- [ ] x) eutectică
- [ ] y) eutectoidă
- [ ] z) peritectică

193. Eutectoidul otelurilor se numeşte:

- [ ] a) ferită
- [ ] b) perlită
- [ ] c) austenită
- [ ] d) ledeburită

194. Pe diagrama $Fe-Fe_3C$:

- [ ] a) nu figurează grafit
- [ ] b) figurează grafitul
- [ ] c) nu figurează cementită
- [ ] d) nu există curbe solvus

195. Eutecticul fontelor albe se numeşte:

- [ ] a) cementită
- [ ] b) ferită
- [ ] c) ledeburită
- [ ] d) grafit lamelar

196. Grafitul este:

- [ ] a) un amestec mecanic eutectoid
- [ ] b) un element chimic pur
- [ ] c) o soluţie solidă
- [ ] d) un compus intermetalic geometric,

care cristalizează în sistemul:

- [ ] w) cubic cu volum centrat
- [ ] x) cubic cu feţe centrate
- [ ] y) ortorombic
- [ ] z) hexagonal compact

197. Odată cu creşterea %C duritatea Brinell (HB) a oţelurilor-carbon:

- [ ] a) scade hiperbolic
- [ ] b) creşte continuu
- [ ] c) scade liniar
- [ ] d) rămâne constantă,

datorită:

- [ ] w) scăderii cantităţii de cementită
- [ ] x) formării grafitului lamelar
- [ ] y) creşterii cantităţii de ferită
- [ ] z) creşterii cantităţii de cementită

198. Una dintre proprietăţile tehnologice ale oţelurilor-carbon care creşte odată cu creşterea % C este:

- [ ] a) sudabilitatea
- [ ] b) deformabilitatea
- [ ] c) aşchiabilitatea
- [ ] d) conductivitatea

199. Odată cu creşterea %C, forţa coercitivă a oţelurilor-carbon:

- [ ] a) scade
- [ ] b) creşte
- [ ] c) rămâne constantă
- [ ] d) atinge un punct de minim la 2,11 %C

200. Odată cu creşterea %C, plasticitatea (A_5) a oţelurilor-carbon:

- [ ] a) variază sinusoidal
- [ ] b) creşte
- [ ] c) scade
- [ ] d) rămâne constantă,

din cauza reducerii cantităţii de:

- [ ] w) grafit
- [ ] x) perlită
- [ ] y) cementită
- [ ] z) ferită

201. Prezenţa sulfului, în oţelurile-carbon este:

- [ ] a) utilă deoarece măreşte plasticitatea
- [ ] b) total inutilă dar nu poate fi anihilată
- [ ] c) dăunătoare şi se anihilează cu Mn
- [ ] d) cauzată de prezenţa suflurilor

202. În oţelurile-carbon prezenţa siliciului este utilă deoarece:

- [ ] a) anihilează oxigenul
- [ ] b) măreşte aşchiabilitatea
- [ ] c) produce grafitizarea
- [ ] d) măreşte plasticitatea

203. Prezenţa manganului în oţelurile-carbon este:

- [ ] a) pur întâmplătoare
- [ ] b) inutilă, fiindcă produce grafitizarea
- [ ] c) utilă, pentru desulfurare
- [ ] d) nedorită, deoarece măreşte prea mult plasticitatea

204. Cauza fragilităţii poate fi:

a) formarea unei soluţii solide aliate
b) formarea unui eutectic
c) dispunerea fină şi uniformă a oxizilor
d) creşterea cantităţii de ferită

205. Ce oţelul-carbon se foloseşte la producerea ţevilor?
a) OT400
b) OLT65
c) OLC55
d) OL52-1k

206. Care oţel-carbon nu trebuie tratat termic sau termochimic?
a) OLC10
b) OL60
c) OLC55
d) 13CrNi30

207. Care dintre următoarele mărci de oţeluri-carbon turnate în piese nu are garantată valoarea minimă a rezistenţei la curgere (R_c)?
a) OT700-1
b) OT400-3
c) OT450-2
d) OT600-2

208. Pentru a înlocui sistemul de fixare a uşii aragazului veţi confecţiona nişte şuruburi din oţel-carbon marca:
a) OLC25ASR
b) OL34q
c) OLC35ASK
d) R37

209. Dintre următoarele mărci de oţeluri-carbon, cea mai mare rezistenţă la coroziunea atmosferică o are:
a) OL37
b) RCA37
c) R37
d) RV52

210. Dintre oţelurile OCS58 şi OSC11 cel mai tenace este:
a) OSC11
b) amândoua sunt la fel
c) nici unul nu este tenace
d) OCS58,

datorită:
w) prezenţei cementitei
x) conţinutului ridicat de sulf
y) finisării granulaţiei
z) conţinuturilor ridicate de sulf

211. Ce oţel-carbon va rezista la întindere la tensiunea de 385 MPa?

- [ ] a) AUT40
- [ ] b) R37
- [ ] c) RCB52
- [ ] d) OLT35

212 .Care este materialul cel mai rezistent la rupere dintre:

- [ ] a) OLT35
- [ ] b) OL44
- [ ] c) OCS44
- [ ] d) AUT40

213. Pentru a confecţiona o camă trebuie să alegeţi materialul:

- [ ] a) fontă albă de maleabilizare
- [ ] b) OLC65A
- [ ] c) OL37
- [ ] d) OLC15,

pe care trebuie să-l supuneţi unui tratament de:

- [ ] w) îmbătrânire
- [ ] x) cementare
- [ ] y) modificare chimică
- [ ] z) recoacere de grafitizare

214. Cea mai bună proprietate (caracteristică) a unui oţel-carbon cu 0,3 %S şi 0,15 %P este:

- [ ] a) aşchiabilitatea
- [ ] b) deformabilitatea la rece
- [ ] c) feromagnetismul
- [ ] d) refractaritatea

215. Dintre următoarele mărci de oţeluri-carbon, cel mai mic conţinut de siliciu trebuie să existe la:

- [ ] a) AUT20
- [ ] b) A3
- [ ] c) K52
- [ ] d) OLC65A

deoarece este un material:

- [ ] w) care trebuie supus unei recoaceri de grafitizare
- [ ] x) rezistent la coroziune, destinat temperaturilor înalte
- [ ] y) elastic, pentru arcuri
- [ ] z) moale, de ambutisare

216. Alegeţi oţelul-carbon destinat fabricării unui ciocan dintre:

- [ ] a) OLC55A
- [ ] b) OSC7
- [ ] c) OCS58
- [ ] d) OL32

217. Care dintre următoarele mărci de oţeluri-carbon nu este hipoeutectoid?

- [ ] a) A1
- [ ] b) OL60
- [ ] c) OLC85A
- [ ] d) OSC7

218. În raport cu oţelurile-carbon fontele cu grafit au:

- [ ] a) greutate specifică mai mică
- [ ] b) rezistenţă la rupere mai mare
- [ ] c) sudabilitate superioară
- [ ] d) preţ de cost mai ridicat

219. Faţă de oţelurile-carbon, fontele cu grafit prezintă:

- [ ] a) temperatură de turnare mai ridicată
- [ ] b) rezistenţă la oboseală mai mare
- [ ] c) aşchiabilitate superioară
- [ ] d) tenacitate mai ridicată

220. Din acelaşi aliaj topit, (conţinând 3 %C şi 1 %Si) se toarnă în condiţii identice o bară (cu diametrul) Φ10 şi o bară Φ20, de lungimi egale. Cea mai dură va fi:

- [ ] a) cea mai groasă
- [ ] b) cea mai subţire
- [ ] c) nici una
- [ ] d) amândouă sunt la fel de dure,

deoarece:

- [ ] w) Si imprimă plasticitate
- [ ] x) se formează fontă cu grafit nodular
- [ ] y) Si reduce oxizii
- [ ] z) se formează fontă pestriţă

221. Care este materialul cel mai dur, dintre:

- [ ] a) Fmn320
- [ ] b) Fonta albă hipoeutectică
- [ ] c) OSC13 recopt
- [ ] d) A1

222. Considerând că aţi analizat la microscop două probe identice şi aţi identificat următorii constituenţi: F_α şi $Gr_{lamelar}$ (proba I) şi P şi $Gr_{lamelar\ fin}$ (proba II), stabiliţi care dintre probe poate fi Fc250:

- [ ] a) proba I fiindcă este cea mai moale fonta cenuşie standardizată
- [ ] b) nici una fiindcă nu conţin cementită liberă
- [ ] c) proba II, fiindcă este cea mai dură
- [ ] d) ambele, deoarece conţin F_α

223. Pentru turnarea unui batiului de strung, se va alege materialul:

a) OT450
b) fontă albă de maleabilizare
c) Fc400
d) OLT45

224 Cea mai mare cantitate de fosfor o va avea marca de fontă:

a) Fc400
b) Fma470
c) Fgn400-12
d) OT550-1

225 Care dintre următoarele mărci de fontă conţine grafit modificat?

a) Fc100
b) Fc150
c) Fc200
d) Fc250

226. Care dintre următoarele fonte maleabile conţine cantitatea cea mai mare de perlită:

a) Fma350
b) Fmn370
c) Fmp700
d) Fgn700-2

227. Printr-o recoacere de grafitizare nu se poate obţine:

a) Fmn370
b) Fma350
c) Fmp550
d) Fmp650

228. Care dintre următoarele fonte conţine magneziu?

a) Fc100
b) Fmn320
c) Fgn370-12
d) Fmn350

229. Materialul corespunzător pentru confecţionarea unui arbore supus la şocuri mecanice, care să reziste la o forţă de întindere de 380 MPa, este:

a) Fmn320
b) Fc400
c) Fma400
d) Fgn370-17

230. Marca de fontă cu cea mai mare rezistenţă la oboseală este:

a) Fc400
b) Fma400
c) Fc150
d) Fgn400-12,

datorită formei grafitului care este:

- [ ] w) vermicular
- [ ] x) nodular
- [ ] y) lamelar grosolan
- [ ] z) lamelar fin

231. Cântărind, cu o balanță de precizie, 3 piese cu dimensiuni absolut identice, cea mai grea va fi cea confecționată din:

- [ ] a) fontă pestriță
- [ ] b) AUT12
- [ ] c) OSP14
- [ ] d) Fc400

1.7 Oțeluri și fonte aliate

232. Structura unui oțel aliat cu mult nichel va conține:

- [ ] a) ferită aliată
- [ ] b) austenită aliată
- [ ] c) ledeburită aliată
- [ ] d) grafit

233. Vanadiul, introdus în cantitate mare în compoziția chimică a unui oțel aliat, se va regăsi în microstructură sub formă de:

- [ ] a) carbură simpla
- [ ] b) compus electrochimic
- [ ] c) metal pur
- [ ] d) cementită aliată

234. În compoziția unui oțel aliat, cobaltul se va regăsi în:

- [ ] a) ferita aliată
- [ ] b) austenita aliată
- [ ] c) cementita aliată
- [ ] d) carbura de cobalt

235. Care dintre următoarele 4 elemente de aliere se va regăsi în structura unui oțel nemagnetic:

- [ ] a) Mn
- [ ] b) Cr
- [ ] c) B
- [ ] d) Si

236. Se consideră oțelurile aliate: I (cu Cr) și II (cu Ni), conținând fiecare câte 0,1 %C. Cel mai moale va fi:

- [ ] a) I
- [ ] b) II
- [ ] c) nici unul
- [ ] d) amândouă sunt la fel de dure,

deoarece:

- [ ] w) Cr şi Ni produc grafitizarea
- [ ] x) conţine $F_{\alpha aliată}$ (cu reţea cvc)
- [ ] y) conţine cementita
- [ ] z) conţine $A_{aliată}$ (cu reţea cfc)

237. Aluminiul, introdus ca element de aliere, are efect:

- [ ] a) gamagen
- [ ] b) alfagen
- [ ] c) carburigen
- [ ] d) antigrafitizant

deoarece:

- [ ] w) formează o peliculă protectoare de Al_2O_3
- [ ] x) se dizolvă în austenită
- [ ] y) limitează creşterea austenitei, prin bariere de oxizi
- [ ] z) se combină chimic cu carbonul

238. Un otel aliat, cu microstructura formată din carburi, poate avea în compoziţia sa doar unul dintre următoarele elemente chimice:

- [ ] a) Ni
- [ ] b) W
- [ ] c) Pb
- [ ] d) Co

239. În compoziţia chimică a cementitei aliate poate să apară:

- [ ] a) Cr
- [ ] b) Co
- [ ] c) Ti
- [ ] d) Ni

240. Carburile, din structura unui oţel aliat cu proporţii reduse de bor, nichel, hafniu şi crom, vor conţine cu certitudine:

- [ ] a) B
- [ ] b) Ni
- [ ] c) Hf
- [ ] d) Cr

241. Principalele proprietăţi ale carburilor sunt:

- [ ] a) tenacitatea şi ductilitatea
- [ ] b) conductibilitatea electrică şi termică
- [ ] c) duritatea şi fragilitatea
- [ ] d) plasticitatea şi calităţile antifricţiune

242. Tratamentul tipic aplicat oţelului aliat 38MoCrAl09 este:

- [ ] a) cementarea
- [ ] b) îmbunătăţirea
- [ ] c) nitrurarea
- [ ] d) modificarea chimică

243. Marca de otel aliat 40Cr10 este:

- [ ] a) de arcuri
- [ ] b) de îmbunătăţire
- [ ] c) de cementare
- [ ] d) refractar

244. Marca de otel aliat pentru arcuri este:

- [ ] a) 51VCr11
- [ ] b) OLC75A
- [ ] c) A3
- [ ] d) Rp3

245. Materialul care rezistă la cele mai scăzute temperaturi este:

- [ ] a) 12SiCrNi360
- [ ] b) 10Ni35
- [ ] c) 10CrMo10
- [ ] d) 09Mn16

246. Pentru sudarea unui rezervor de apă potabilă la Cabana Omu, materialul cel mai convenabil, atât economic cât şi tehnic, este:

- [ ] a) OL37
- [ ] b) 09Mn16
- [ ] c) aluminiu extrapur
- [ ] d) T20Mn14

deoarece:

- [ ] w) aluminiul este foarte ieftin şi uşor sudabil
- [ ] x) este un oţel-carbon obişnuit care se poate suda uşor
- [ ] y) este pentru recipiente şi rezistă la temperaturi scăzute
- [ ] z) este un oţel de rulmenţi

247. Şuruburile de fixare a capacului unui cazan de "abur viu" (450^0C) trebuie confecţionate din:

- [ ] a) T30MoCrNi14
- [ ] b) 24VMoCr12AS-K
- [ ] c) 21MoMnCr12q
- [ ] d) Rp9

248. Oţelul aliat 200Cr120 este:

- [ ] a) de construcţie
- [ ] b) austenitic
- [ ] c) de scule
- [ ] d) nemagnetic,

deoarece:

- [ ] w) conţine 20 %C şi 1,2 %Cr
- [ ] x) conţine 2 %C şi 12 %Cr
- [ ] y) 0,2 %C şi 120 %Cr
- [ ] z) Cr formează austenita aliată

249. Precizaţi marca de oţel aliat care are cea mai mare tenacitate, dintre:

- [ ] a) RUL1
- [ ] b) 200Cr120
- [ ] c) 45VSiCrW20
- [ ] d) Rp10

250. Care dintre următoarele mărci de oţel aliat se foloseşte la confecţionarea sculelor de deformare plastică la cald?:

- [ ] a) 117VCr6
- [ ] b) 20MnB5
- [ ] c) 40VMoCr52
- [ ] d) OSC11

251. Cuţitele unei tocătoare de peşte în saramură, se pot face din:

- [ ] a) 40Cr130
- [ ] b) 117VCr6
- [ ] c) 105CrW20
- [ ] d) 12NiCr250

252. Identificaţi marca de oţel refractar dintre:

- [ ] a) T35CrNi370
- [ ] b) T130Mn135
- [ ] c) T30MoCrNi14
- [ ] d) 30VCrW82

253. Cel mai dur oţel aliat turnat este:

- [ ] a) T130Mn135
- [ ] b) T12TiMoNiCr175
- [ ] c) T40TiCrNi17
- [ ] d) T35CrNi370,

datorită:

- [ ] w) formării feritei aliate
- [ ] x) formării unui strat protector de oxizi
- [ ] y) ecruisării austenitei aliate
- [ ] z) carburilor de crom

254. O flanşă turnată din T130Mn135 trebuie prelucrată prin:

- [ ] a) rectificare
- [ ] b) strunjire cu răcire abundentă
- [ ] c) forjare la rece
- [ ] d) sudare

deoarece:

- [ ] w) materialul trebuie topit înaintea prelucrării
- [ ] x) este un oţel de construcţie, deformabil
- [ ] y) este un otel ecruisabil, foarte dur
- [ ] z) Mn măreşte aşchiabilitatea

255. Prin alierea unei fonte cu 30 %Cr se obţine:

	a) un oţel de scule
	b) o fontă maleabilă antifricţiune
	c) o fontă rezistentă la uzură
	d) un oţel austenitic

256. Care dintre următoarele materiale trebuie să reziste până la 1000^0C:

	a) FaCr
	b) FrAl22
	c) AlCu2Mg1,5Ni
	d) 10Ni35

1.8 Aliaje neferoase

257. Plasticitatea aluminiului este fructificată prin fabricarea:

	a) conductorilor electrici
	b) magneţilor permanenţi
	c) tuburilor de paste
	d) cuţitelor de strung

258. Printre proprietăţile aluminiului se numără:

	a) feromagnetismul
	b) rezistenţa la coroziune
	c) fragilitatea
	d) duritatea

259. Aliajele Al-Mn care conţin compusul Al_6Mn în stare liberă, cristalizat primar, sunt:

	a) deformabile la rece
	b) de turnatorie
	c) deformabile la cald
	d) cu insolubilitate totală

260. Aliajul AlCu4MgMn se numeşte:

	a) duralumin
	b) silumin
	c) alamă
	d) babitt

şi se foloseşte numai după:

	w) recoacere
	x) modificare chimică
	y) turnare în cochilă
	z) îmbătrânire

261. Aliajul ATSi12, obţinut prin turnare se numeşte:

a) duralumin
b) silumin
c) aliaj pentru pistoane
d) fontă maleabilă

şi este supus, pentru îmbunătăţirea proprietăţilor mecanice, unui tratament special numit:

w) călire
x) îmbătrânire
y) ecruisare
z) modificare chimică

262. Aliajul ATCu4Ni2Mg2 este utilizat pentru fabricarea:

a) cuţitelor de strung
b) pistoanelor de motoare
c) lagărelor de alunecare
d) magneţilor permanenţi

263. Una dintre proprietăţile caracteristice cuprului pur este:

a) culoarea alb-argintie
b) feromagnetismul
c) plasticitatea
d) raportul ridicat rezistenţă mecanică/densitate

264. Printre aplicaţiile cuprului se numără:

a) fabricarea manşoanelor la roţile de vagoane
b) construcţia rulmenţilor
c) turnarea batiurilor maşinilor-unelte
d) schimbătoarele de căldură

265. Pentru a corespunde, din punct de vedere tehnic, conductorii electrici din cupru trebuie să fie:

a) recopţi
b) ecruisaţi
c) cementaţi
d) în stare călită

266. Cuprul pur poate atinge o alungire la rupere de 40 % numai după:

a) turnare
b) laminare şi recoacere
c) călire
d) sudare

267. Plasticitatea alamelor se datorează fazei:

a) α (c.f.c)
b) β (c.v.c.)
c) ε (h.c.)
d) γ (cub complex)

268. Pentru confecţionarea ţevilor de radiatoare se utilizează aliajul:

- [ ] a) CuZn40
- [ ] b) CuZn30Al5Fe3Mn2
- [ ] c) CuZn32Pb2
- [ ] d) CuZn5,

deoarece:

- [ ] w) este deformabil şi monofazic
- [ ] x) este deformabil şi bifazic
- [ ] y) este de turnătorie
- [ ] z) este feromagnetic

269. Din aliajul CuZn30 se fabrică cu preponderenţă:

- [ ] a) plăci de pianine
- [ ] b) ţevi de radiatoare
- [ ] c) cuţite de strung
- [ ] d) tuburi de cartuşe

270. Pentru turnarea unui lagăr antifricţiune se foloseşte:

- [ ] a) o alamă de turnătorie
- [ ] b) o alamă deformabilă
- [ ] c) un bronz obişnuit bifazic
- [ ] d) un bronz cu aluminiu monofazic,

marca:

- [ ] w) CuSn14
- [ ] x) CuZn5
- [ ] y) CuZn39Al4Mn3Fe
- [ ] z) CuAl10Fe3

271. Bombardele medievale erau turnate dintr-un material identic cu aliajul:

- [ ] a) CuSn4Pb4Zn4
- [ ] b) CuSn14
- [ ] c) CuSn10Zn2
- [ ] d) CuPb20Sn5

272. Turnarea unei ancore pentru o navă de pescuit oceanic se face din:

- [ ] a) duralumin
- [ ] b) bronz cu aluminiu
- [ ] c) alamă de turnătorie
- [ ] d) bronz cu plumb

273. Aliajul monofazic CuAl8 are reţeaua cristalină de tip:

- [ ] a) c.v.c.
- [ ] b) h.c.
- [ ] c) c.f.c.
- [ ] d) cub complex

274. Turnarea coroanelor melcate se poate face folosind aliajul:

- [ ] a) CuZn40
- [ ] b) CuAl10Fe3T
- [ ] c) CuSn2
- [ ] d) CuPb25

275. Bronzul cu cele mai bune proprietăţi antifricţiune este:

- [ ] a) CuSn14
- [ ] b) CuAl10Fe3
- [ ] c) CuPb25
- [ ] d) CuSn12Ni2,

datorită prezenţei:

- [ ] w) nichelului
- [ ] x) fazei dure δ ($Cu_{31}Sn_8$)
- [ ] y) eutectoidului ($\alpha + \gamma_2$)
- [ ] z) plumbului pur

276. Care dintre următoarele aliaje este o ALPACA:

- [ ] a) CuNi18Zn20
- [ ] b) CuZn37
- [ ] c) CuAl9Fe5Ni5T
- [ ] d) CuPb25

277. Fixarea şi corectarea fracturilor se face cu tije ortopedice din:

- [ ] a) oţel-carbon
- [ ] b) aliaj de cupru
- [ ] c) aliaj de titan
- [ ] d) aliaj de plumb şi staniu

278. Alegeţi materialul pentru confecţionarea unei elice de avion dintre:

- [ ] a) AlCu4MgMn
- [ ] b) TiAl6V4
- [ ] c) Y-PbSn6Sb6
- [ ] d) CuZn36Pb1

279. Cuplajele hidropenumatice, cu auto-strângere, ale conductelor de răcire ale avioanelor se fac din:

- [ ] a) Nitinol
- [ ] b) alb de titan
- [ ] c) Nitanium
- [ ] d) Nichelină

280. Aliajul ZnAl4Cu1 se numeşte:

- [ ] a) alamă
- [ ] b) babbit
- [ ] c) duralumin
- [ ] d) zamak

şi este utilizat pentru:

- [ ] w) fabricarea bilelor de rulmenţi
- [ ] x) forjarea lamelor de buldozer
- [ ] y) tunarea sub presiune a pieselor mici
- [ ] z) turnarea elicelor de nave

281. Pentru presarea la cald a unui profil de mare stabilitate dimensională se utilizează aliajul:

- [ ] a) ZnAl4Cu1
- [ ] b) ZnCu1
- [ ] c) MgAl4Zn3
- [ ] d) ATMg6

282. Dintre următoarele patru aliaje, cel mai uşor material deformabil este:

- [ ] a) MgAl3
- [ ] b) AlMg1
- [ ] c) MgAl9
- [ ] d) ATCu4

283. Pentru tunarea unei piese uşoare, solicitată la oboseală, se foloseşte aliajul:

- [ ] a) MgAl3
- [ ] b) ZnAl4Cu1
- [ ] c) ATSi12CuMgNi
- [ ] d) MgAl4Zn3

284. Coeficientul redus de frecare, al aliajelor antifricţiune, este asigurat de:

- [ ] a) cristalele purtătoare
- [ ] b) matricea metalică
- [ ] c) plăcile de SnSb
- [ ] d) globulele de Pb_3Ca

285. Pentru a realiza o lipitură se va folosi aliajul:

- [ ] a) Y-Pb98
- [ ] b) BSn64Pb183-185
- [ ] c) CuPb25
- [ ] d) ATNCu4Ni2Mg2

1.9 Aliaje speciale

286. Metode folosită pentru elaborarea pulberilor este:

- [ ] a) turnarea centrifugală
- [ ] b) atomizarea
- [ ] c) presarea în vid
- [ ] d) electroliza

287. În timpul consolidării, care se produce la presarea în matriță, particulele pulberii sunt supuse unui proces de:

- [ ] a) sudare sub presiune
- [ ] b) magnetizare
- [ ] c) recristalizare
- [ ] d) dizolvare

288. Sinterizarea constă din:

- [ ] a) încălzirea peste T_{recr}
- [ ] b) topirea pulberii consolidate
- [ ] c) presarea în matriță
- [ ] d) turnarea unei rășini sintetice

289. Ca materiale antifricțiune poroase, pentru lagăre se folosesc:

- [ ] a) plăcuțele VIDIA
- [ ] b) ferodourile
- [ ] c) feritele
- [ ] d) bronzurile grafitate

290. Duritatea maximă, atinsă de plăcuțele VIDIA la 1000^0 este:

- [ ] a) 120 HRC
- [ ] b) 65 HRC
- [ ] c) 100 HRC
- [ ] d) 10 HRC

291. Pseudoelasticitatea presupune:

- [ ] a) comportare perfect liniară la încărcare-descărcare
- [ ] b) o neliniaritate la descărcare
- [ ] c) apariția elasticității după rupere
- [ ] d) redobândirea formei calde la încălzire

292. Cauza memoriei mecanice a aliajelor cu memoria formei este:

- [ ] a) alunecarea planelor atomice pe direcțiile de alunecare
- [ ] b) o transformare alotropică la încălzire
- [ ] c) inducerea prin tensiune a unei transformări martensitice reversibile
- [ ] d) prezența transformărilor vâscoase

293. Cauza microstructurală a superelasticității este:

- [ ] a) alunecarea planelor atomice compacte
- [ ] b) reorientarea variantelor de martensită
- [ ] c) formarea martensitei în timpul încălzirii
- [ ] d) duritatea austenitei

294. Efectul simplu de memoria formei constă din:

- [ ] a) revenirea elastică la descărcare
- [ ] b) redobândirea formei calde prin încălzire
- [ ] c) formarea memoriei magnetice
- [ ] d) identificarea formei în care s-a efectuat ultima turnare

295. Condiţia de existenţă a efectului de memoria formei este:

- [ ] a) producerea difuziei
- [ ] b) ecruisarea materialului
- [ ] c) transformarea martensitică reversibilă
- [ ] d) formarea eutecticului

296. Nu se poate obţine EMF fără:

- [ ] a) alunecare pe planele atomice de maximă densitate
- [ ] b) posibilitatea imprimării formei reci
- [ ] c) o transformare martensitică ireversibilă
- [ ] d) intervenţia difuziei atomice

297. Cauza memoriei termice este:

- [ ] a) rigiditatea superioară a austenitei
- [ ] b) duritatea mare a martensitei
- [ ] c) apariţia difuziei atomice
- [ ] d) existenţa unei transformări magnetice

298. Efectul ce constă din redobândirea spontană a formelor rece şi caldă la încălzire şi respectiv răcire se numeşte:

- [ ] a) efect pseudoelastic
- [ ] b) efect simplu de memoria formei
- [ ] c) efect de memoria formei în dublu sens
- [ ] d) efect de amortizare a vibraţiilor

299. EMFDS este cauzat de:

- [ ] a) dislocaţiile orientate, păstrate în austenită
- [ ] b) difuzia atomilor, în timpul transformării martensitice
- [ ] c) încălzirea în domeniul de solidificare
- [ ] d) germenii străini de cristalizare

300. Tratamentul termomecanic aplicat AMF pentru obţinerea efectului de memoria formei în dublu sens se numeşte:

- [ ] a) călire
- [ ] b) deformare la cald
- [ ] c) modificare chimică
- [ ] d) educare

301. Dispozitivele de fixare pe bază de inele din AMF sunt aplicaţii:

- [ ] a) cu revenire liberă
- [ ] b) cu revenire reţinută
- [ ] c) generatoare de lucru mecanic
- [ ] d) pseudoelastice,

care lucrează în domeniul:

- [ ] w) martensitic
- [ ] x) austenitic
- [ ] y) cristalizării primare
- [ ] z) de solidificare

302. Faţă de bimetalele termostatice, activatorii termici cu memoria formei dezvoltă:

- [ ] a) viteze de deplasare mai mici
- [ ] b) caracteristici mai liniare
- [ ] c) curse de 20 de ori mai mari
- [ ] d) forţe de cca. 200 de ori mai mici

303. Cea mai reuşită aplicaţie existentă, a aliajelor cu memoria formei, o reprezintă:

- [ ] a) motoarele termice
- [ ] b) sârmele ortodontice
- [ ] c) lagărele antifricţiune
- [ ] d) filamentele becurilor cu incandescenţă

304. Printre aplicaţiile AMF se numără:

- [ ] a) miezurile de transformatoare
- [ ] b) lamele de bărbierit
- [ ] c) plăcuţele aşchietoare
- [ ] d) amortizoarele seismice

305. Reţeaua cristalină a sticlelor metalice este:

- [ ] a) cubică
- [ ] b) hexagonală
- [ ] c) nu există,
- [ ] d) ortorombică

deoarece:

- [ ] w) au atomi numai în colţurile celulei elementare
- [ ] x) sunt amorfe
- [ ] y) sunt pe bază de SiO_2
- [ ] z) au transformări alotropice

306. Sticlele metalice se obţin prin:

- [ ] a) laminare controlată
- [ ] b) răcire ultrarapidă
- [ ] c) sinterizare
- [ ] d) sudare în mediu inert

307. Cauza rezistenţei ridicate la coroziune a sticlelor metalice este:

- [ ] a) puritatea materialului şi stratul de oxizi depuşi
- [ ] b) densitatea scăzută şi tensiunile interne de comprimare
- [ ] c) existenţa unei transformări martensitice
- [ ] d) omogenitatea şi lipsa defectelor reticulare

308. În raport cu oţelurile-carbon, sticlele metalice au:

- [ ] a) rezistenţă mecanică mai ridicată
- [ ] b) rezistenţă la coroziune inferioară
- [ ] c) călibilitate îmbunătăţită
- [ ] d) aşchiabilitate mai bună

309. Cele mai bune miezuri de transformatoare se fac din:

- [ ] a) tablă silicioasă
- [ ] b) sticle metalice feromagnetice
- [ ] c) aliaje Cu-Ni
- [ ] d) ferite moi,

deoarece:

- [ ] w) nichelul este feromagnetic
- [ ] x) prezintă rețea cubică, ceea ce imprima plasticitate
- [ ] y) nu au defecte de turnare dar au pori
- [ ] z) au histerezis magnetic redus

1.10 Materiale nemetalice

310. La materialele ceramice predomină:

- [ ] a) legătura covalentă
- [ ] b) legătura de hidrogen
- [ ] c) legătura metalică
- [ ] d) legătura Van der Waals,

care este cauza:

- [ ] w) plasticității la rece
- [ ] x) fragilității la temperatura ambiantă
- [ ] y) luciului metalic
- [ ] z) înaltei lor deformabilități plastice

311. Principala caracteristică a silico-aluminaților este:

- [ ] a) rezistența la șocuri
- [ ] b) conductivitatea electrică
- [ ] c) refractaritatea
- [ ] d) plasticitatea

312. Presarea izostatică uscată, a materialelor ceramice, presupune:

- [ ] a) presarea pulberilor într-o matriță care nu are de loc lichid
- [ ] b) uscarea pulberilor datorită forței de presare
- [ ] c) aplicarea presiunii prin intermediul elastomerilor
- [ ] d) aplicarea presiunii cu o viteză infinit mică

313. Polietilena este un:

- [ ] a) polimer termoplastic
- [ ] b) polimer termorigid
- [ ] c) elastomer
- [ ] d) adeziv

314. O conductă de apă caldă se poate confecționa din:

- [ ] a) policlorură de vinil (PVC)
- [ ] b) polistiren expandat
- [ ] c) poliacrilonitrilbutadienstirena (ABS)
- [ ] d) polietilen tereftalat (PET)

315. Elastomerii sunt utilizabili numai:

- [ ] a) sub temperatura de vitrifiere
- [ ] b) peste temperatura de curgere
- [ ] c) între temperatura de vitrifiere şi cea de curgere
- [ ] d) peste temperatura de recristalizare

316. Într-un polimer termoplastic amorf solicitat la întindere poate apare defectul numit "craze" care constă din:

- [ ] a) un ansamblu de microcrăpături
- [ ] b) relaxarea tensiunii la alungire constantă
- [ ] c) o reacţie de polimerizare prin condensare
- [ ] d) linie de minimă rezistenţă

317. Corpul navetei spaţiale "Voyager" este construit dintr-un material compozit cu matricea din:

- [ ] a) aliaj de aluminiu şi particule de Al_2O_3
- [ ] b) răşină epoxidică şi fibre de grafit amorf
- [ ] c) grafit şi fibre de bor
- [ ] d) oţel refractar

318. Cea mai mare refractaritate o au materialele compozite cu matrice:

- [ ] a) polimerică termoplastică
- [ ] b) ceramică
- [ ] c) metalică
- [ ] d) polimerică termorigidă

319. Efectul durificator al fibrelor se produce numai dacă:

- [ ] a) lungimea fibrelor este mai mare decât lungimea critică
- [ ] b) lungimea fibrelor este mai mică decât lungimea critică
- [ ] c) fibrele sunt fabricate din acelaşi material cu matricea
- [ ] d) volumul ocupat de fibre este mai mic decât volumul critic

320. La încorporarea fibrelor în matrice este interzisă:

- [ ] a) crearea unei legături chimice fibre-matrice
- [ ] b) distribuţia uniformă a fibrelor
- [ ] c) utilizarea lubrifianţilor
- [ ] d) alinierea fibrelor după o direcţie comună

Răspunsuri

1.1. Structura atomo-cristalină a materialelor

1 – c+x; 2 – a; 3 – d; 4 – b; 5 – b; 6 – b; 7 – b; 8 – b; 9 – c; 10 – d; 11 – c; 12 – c; 13 – a; 14 – b+z; 15 – a; 16 – c; 17 – c; 18 – d; 19 – d; 20 – b; 21 – c; 22 – d; 23 – c; 24 – c; 25 – d; 26 – d; 27 – b; 28 – a; 29 – d; 30 – b; 31 – d; 32 – c; 33 – b; 34 – c; 35 – b; 36 – a; 37 – d; 38 – c; 39 – a; 40 – a; 41 – d; 42 – a+z; 43 – c+y; 44 – a; 45 – a.

1.2 Cristalizarea primară a materialelor

46 – b; 47 – d; 48 – d; 49 – c; 50 – c; 51 – a; 52 – c; 53 – c; 54 – b; 55 – c; 56 – c; 57 – c; 58 – d; 59 – c; 60 – c+w; 61 – c; 62 – b+w; 63 – a; 64 – b; 65 – c; 66 – b; 67 – b; 68 – b; 69 – d; 70 – c; 71 – a; 72 – c; 73 – b; 74 – c; 75 – a; 76 – b; 77 – c+x; 78 – c; 79 – a; 80 – b; 81 – c+z; 82 – d+w; 83 – c; 84 – a; 85 – c; 86 – a; 87 – b.

1.3 Metode de punere în evidență a structurii

88 – a+y; 89 – b; 90 – a; 91 – b; 92 – a; 93 – a; 94 – d; 95 – b; 96 – c; 97 – b; 98 – a+y; 99 – c+y; 100 – b; 101 – a; 102 – b; 103 – c+z; 104 – d; 105 – c; 106 - b

1.4 Prelucrarea materialelor prin deformare plastică

107 – c; 108 – b; 109 – d; 110 – b+w; 111 – d+y; 112 – c+x; 113 – b+w; 114 – d ; 115 – b; 116 – b; 117 – c; 118 – b; 119 – b; 120 – d +y; 121 – a; 122 – c; 123 – c; 124 – b; 125 – b; 126 – d+w; 127 – b; 128 – a+z; 129 – a; 130 – a; 131 – c; 132 – a; 133 – c; 134 – b; 135 – c;136 – b; 137 – b; 138 – c.

1.5 Teoria aliajelor

139 – b; 140 – a; 141 – a; 142 – b; 143 – c; 144 – b; 145 – b+w; 146 – c; 147 – b; 148 – c; 149 – c+x; 150 – a; 151 – a; 152 – b; 153 – c+y; 154 – a; 155 – c; 156 – b; 157 – b; 158 – b; 159 – b ;160 – c; 161 – c; 162 – b; 163 – a; 164 – b; 165 – d; 166 – c; 167 – a; 168 – b; 169 – c; 170 – c; 171 – a; 172 – b; 173 – b; 174 – d+y; 175 – b; 176 – c+x; 177 – b; 178 – b; 179 – c+y; 180 – a; 181 – a; 182 – b; 183 – b; 184 – c; 185 – c; 186 – a; `187 – c; 188 – d+w; 189 – b+x; 190 – b.

1.6 Structura şi proprietățile aliajelor fier-carbon

191 – b; 192 – b+z; 193 – b; 194 – a; 195 – c; 196 – b+z; 197 – b+z; 198 – c; 199 – b; 200 – c+z; 201 – c; 202 – a; 203 – c; 204 – b; 205 – b; 206 – b; 207 – a; 208 – c; 209 – b; 210 – d+y; 211 – c; 212 – c; 213 – d+x; 214 – a; 215 – b+z; 216 – b; 217 – c; 218 – a; 219 – c; 220 – b+z; 221 – b; 222 – c; 223 – c; 224 – a; 225 – d; 226 – c; 227 – b; 228 – c; 229 – c; 230 – d+x; 231 – b.

1.7 Oțeluri şi fonte aliate

232 – b; 233 – a; 234 – b; 235 – a; 236 – b+z; 237 – b+y; 238 – b; 239 – a; 240 – c; 241 – c; 242 – c; 243 – b; 244 – a; 245 – b; 246 – b+y; 247 – b; 248 – c+x; 249 – c; 250 – c; 251 – a; 252 – a; 253 – a+y; 254 – a+y; 256 – c; 257 – b.

1.8 Aliaje neferoase

257 – c; 258 – b; 259 – b; 260 – a+z; 261 – b+z; 262 – b; 263 – c; 264 – d; 265 – a; 266 – b; 267 – a; 268 – d+w; 269 – d; 270 – c+w; 271 – c; 272 – b; 273 – c; 274 – b; 275 – c+z; 276 – a; 277 – c; 278 – b; 279 – a; 280 – d+y; 281 – b; 282 – a; 283 – d; 284 – b; 285 – b.

1.9 Aliaje speciale

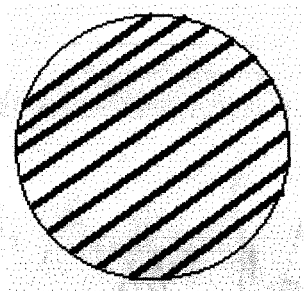
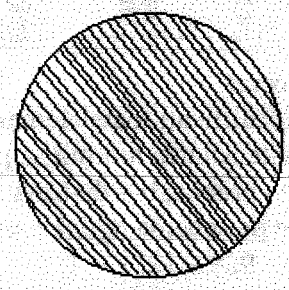
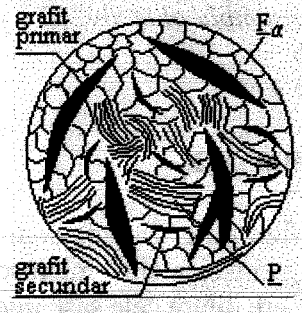
286 – b; 287 – a; 288 – a; 289 – d; 290 – b; 291 – b; 292 – c; 293 – b; 294 – b; 295 – c; 296 – b; 297 – a; 298 – c; 299 – a; 300 – d; 301 – b+x; 302 – c; 303 – b; 304 – d; 305 – c+x, 306 – b; 307 – d; 308 – a; 309 – b+z.

1.10 Materiale nemetalice

310 – a+x; 311 – c; 312 – c; 313 – a; 314 – c; 315 – c; 316 – a; 317 – b; 318 – b; 319 – b, 320 – c.

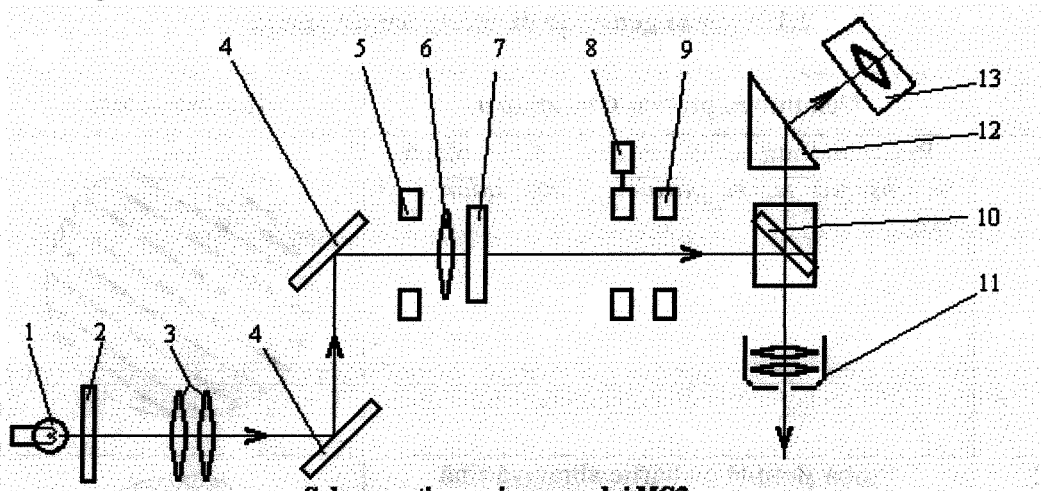
2. ANEXE ŞI TESTE LA LUCRĂRILE DE LABORATOR

2.1 Noţiuni generale de microscopie optică

Nr. probă	Denumirea probei/ *Comentarii*	Microstructura
1	Probă şlefuită cu hârtie abrazivă grosolană *Se observă rizuri paralele, late, adânci şi rare.*	
2	Probă şlefuită cu hârtie abrazivă fină *Se observă rizuri paralele, înguste, puţin adânci şi dese.*	
3	Probă lustruită *Se observă lamele grosolane de grafit primar şi fine de grafit secundar, deoarece după lustruire apar incluziunile nemetalice.*	
4	Probă din fontă cenuşie ferito-perlitică atacată chimic *Pe lângă lamelele grosolane şi fine de grafit primar respectiv secundar, se observă şi structura masei (matricei) metalice compusă din grăunţi cristalini albi, de ferită alfa (F_α) localizaţi în special în jurul lamelelor de grafit şi insule cu structură lamelară fină, de perlită (P).*	

Testul nr.1

În figura de mai jos s-a ilustrat schema optică simplificată a microscopului metalografic MC2.



Schema optica a microscopului MC2

Se cere:

1. Identificaţi toate elementele reprezentate în schema optică 3p
2. Intensitatea luminii se poate regla cu ajutorul elementului numit:
   a – prismă, b – diafragmă, c – ocular, 2p

care pe schema optică are numărul:
   x – 9, y – 12, z – 4 2p

3. Elementul care împiedică suprapunerea imaginii filamentului peste cea a probei analizate se numeşte:
   a – colimator, b – obiectiv, c – placa mată 2p

şi este reprezentat, pe schema optică, prin numărul:
   x – 1, y – 2, z – 10 1p

Rezolvare

1. 1 – bec, 2 – placă mată, 3 – colimator, 4 – oglindă, 5 – diafragmă de câmp, 6 – lentilă iluminatoare, 7 – filtru, 8 – placă rabatabilă pentru studiul în câmp luminos-întunecat, 9 – diafragmă de apertură, 10 – oglindă semitransparentă, 11 – ansamblu obiectiv, 12 – prismă cu reflecţie totală, 13 – ansamblu ocular.

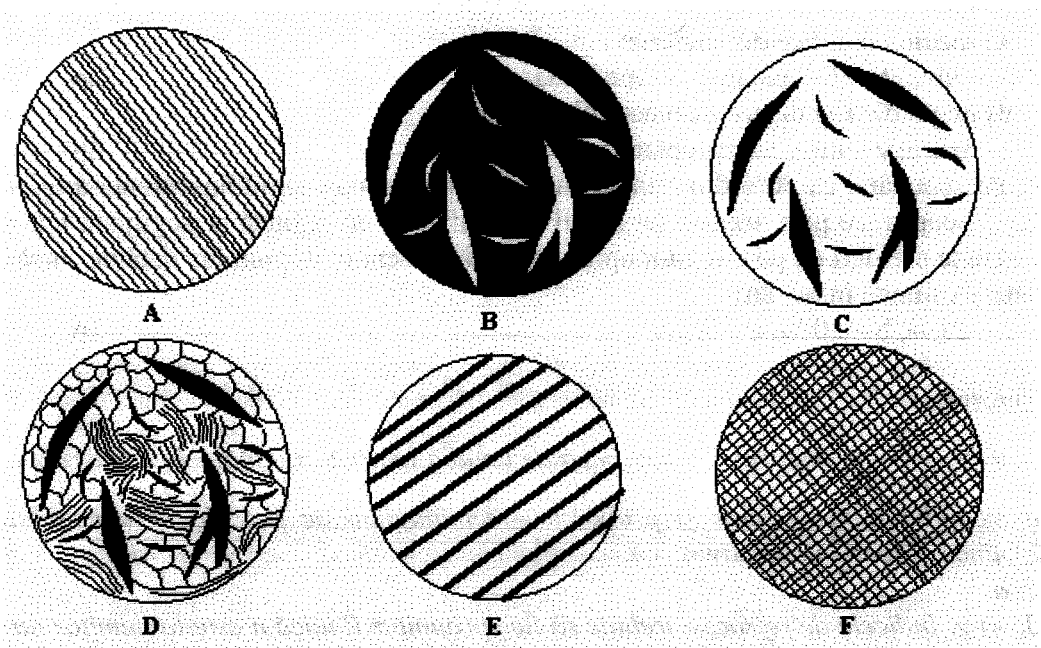
2. b + x

3. c + y

Testul nr.2

În figura de mai jos sunt reprezentate unele momente din cadrul procesului de pregătire şi analiză microscopică a unei probe. Se cere:

1. Care dintre cele şase micrografii reprezintă o prelucrare greşită? 1p



2. Care dintre cele 5 micrografii, rămase după eliminarea de la pct.1, nu a fost observată în câmp luminos? 1p

3. Aşezaţi cele patru micrografii, rămase după eliminările de la pct.1 şi 2, în ordinea succesiunii lor fireşti, identificând fiecare etapă în parte 4p

4. Care dintre cele patru etape identificate la punctul 3 este surprinsă în micrografia în câmp întunecat, identificată la pct. 2? 2p

5. Cum se numeşte proba analizată? 2p

Rezolvare

1. F deoarece păstrează urmele rizurilor de la prelucrarea anterioară.

2. B

3. E – şlefuire cu hârtie grosolană, A - şlefuire cu hârtie fină, C – lustruire, D – atac chimic.

4. E, proba lustruită a fost observată în câmp întunecat, în micrografia B

5. Fontă cenuşie ferito-perlitică

Testul nr.3

1. Scrieţi relaţia de calcul a puterii de separaţie în plan orizontal (d) şi identificaţi parametrii acesteia. 2p

2. Pentru ca microscopul să mărească cât mai mult, lentilele sale trebuie să aibă o putere de separaţie:

a – cât mai mică, b – cât mai mare, c – peste 1 mm 2p

3. Care dintre următoarele metode (câte una din fiecare şir) duce la creşterea puterii de mărire? (Această întrebare are legătură cu formula de la pct.1)

A) mediu cu indice de refracţie:
e – subunitar, f – unitar, g – supraunitar; 2p
B) unghi de deschidere a obiectivului cât mai:
x – mare, y – mic, z – apropiat de 45^0 2p

4. Presupunând că 50% din lumina care cade pe oglinda semitransparentă a unui microscop trece prin aceasta iar restul este reflectat de oglindă şi neglijând toate celelalte pierderi de pe circuitul optic, stabiliţi procentul, din lumina dată de sursă, care va ajunge în ocular:
a – 25 %, b – 50 %, c – 75 % 2p

Rezolvare

1. $d = \dfrac{\lambda}{2n\sin\alpha}$ *în care: λ – lungimea de undă a luminii, n – indicele de refracţie a mediului dintre ocular şi probă, α – semiunghiul de deschidere a conului luminos al lentilei obiectiv*

2. a

3. A) g. Indicele de refracţie trebuie să fie spraunitar fiindcă n este la numitor iar d trebuie să fie cât mai mică

B) x. Unghiul de deschidere trebuie să fie cât mai mare din aceleaşi motive ca mai sus.

4. a

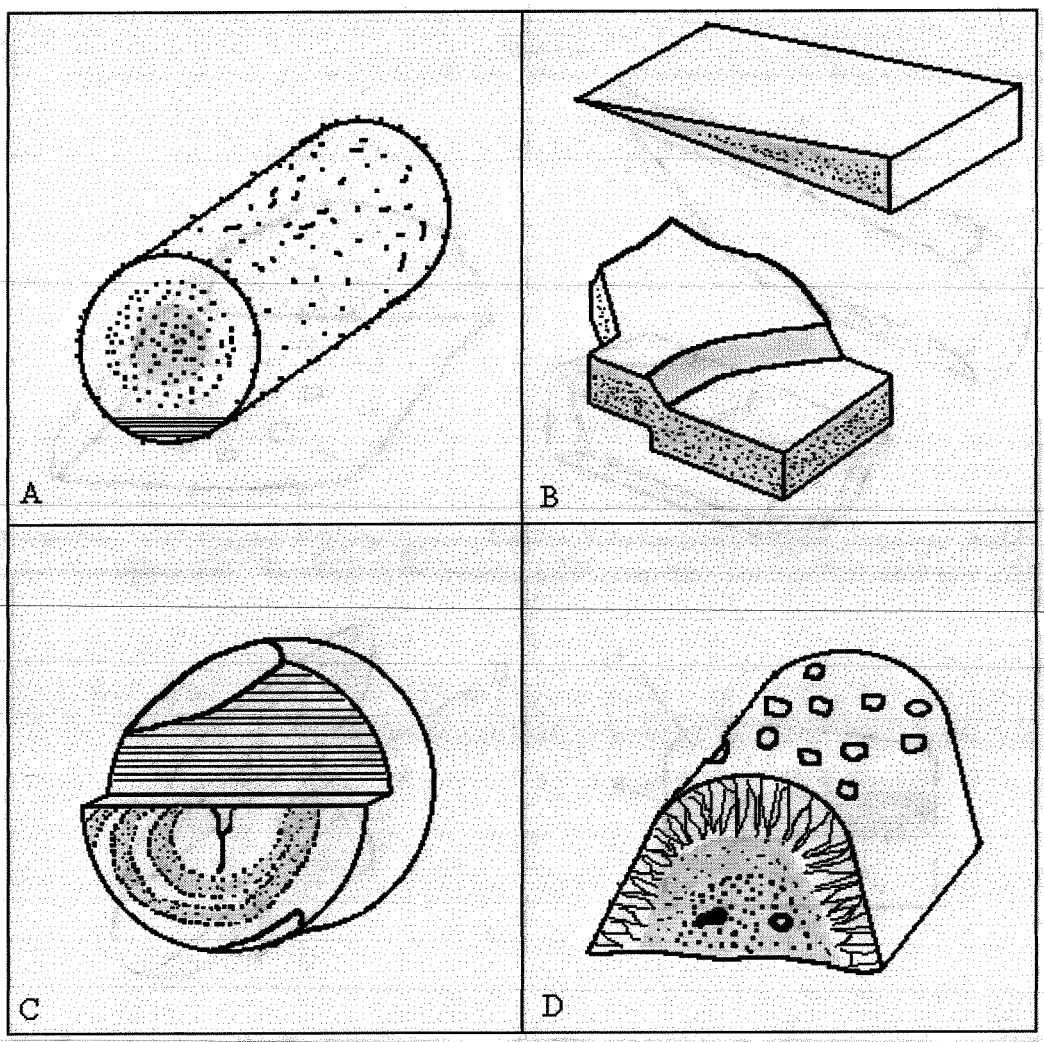
2.2 Studiul macroscopic al materialelor metalice
A. Partea scrisă

Nr. crt.	Denumirea probei	Caracterizare suprafeței libere sau de rupere (casura)
0	**1**	**2**
	Studiul suprafețelor nepregătite	
1	Fontă albă brută	Casura este de culoare alb-argintie, cu grăunți columnari grosolani, dispuşi perpendicular pe suprafețele exterioare (după direcția gradientului termic). Pe suprafețele exterioare de turnare se observă sufluri deschise, cu pereții oxidați, unele prezentând „picături reci". Aspectul grosolan al casurii arată că materialul este casant.
2	Fontă cenuşie brută	Casura este de nuanță cenuşie, cu grăunți echiaxiali, strălucitori. Mărimea grăunților scade, în mod vizibil, de la interiorul spre exteriorul casurii, unde devin atât de fini încât nu se mai observă cu ochiul liber. În zonele lipsite de grăunți există segregații zonale ale carbonului grafit (neomogenități chimice). Pe suprafața inferioară de turnare se observă sufluri deschise, cu pereții oxidați.
3	Fontă pestriță	Casura îmbină caracteristicile fontei albe (la exterior, unde răcirea a fost mai rapidă) cu cele ale fontei cenuşii (la interior, unde răcirea s-a produs mai lent din cauza masivității piesei). În casura principală se poate observa şi o suflură închisă (cu pereți neoxidați) şi o „picătură rece". Pe suprafața de turnare superioară există sufluri deschise.
4	Fontă cenuşie mecanică (de a-II-a fuziune)	Casura este de nuanță cenuşie, cu grăunți echiaxiali, strălucitori, foarte fini, la interior. Spre exterior grăunții sunt atât de mici încât nu se disting cu ochiul liber. Suprafețele exterioare de turnare au fost curățate (sablate). Nu se observă defecte macroscopice de turnare.
5	Bară din oțel turnat	Bara a fost crestată (se pot observa pozițiile succesive ale pânzei ferăstrăului) pentru a uşura ruperea. Casura prezintă grăunți argintii, echiaxiali, care devin foarte fini spre exterior. Rugozitatea ridicată a suprafeței exterioare indică turnarea în amestec de formare.

0	1	2
6	Bară din oţel laminat	Bara a fost crestată adânc, pentru a permite ruperea prin şoc la încovoiere. Tensiunea de rupere a produs aglomerări circulare ale grăunţilor echiaxiali strălucitori. Aceştia sunt mai fini decât la bara turnată şi din acest motiv materialul este mai puţin fragil. Suprafaţă exterioară de laminare este netedă.
7	Oţel fisurat la călire	Din cauza secţiunii transversale mari, transformarea structurală produsă la călire a fost neomogenă, producând fisurarea şi spargerea piesei. Casurile de călire au aspect „catifelat".
8	Zinc metalurgic	Casura este argintie, strălucitoare, cu grăunţi columnari, dispuşi perpendicular pe suprafeţele de răcire. Aspectul neregulat al casurii indică fragilitatea zincului. La intersecţia grăunţilor columnari, cu 2 orientări diferite, apare o zonă de minimă rezistenţă.
9	Cap de sablare cu uzură mecanică	Piesa a fost secţionată mecanic. Canalul de trecere a jetului de nisip, utilizat pentru curăţarea pieselor turnate (sablare), prezintă o suprafaţă de uzură (U) care a modificat cilindricitatea suprafeţei interioare.
10	Cuzinet exfoliat	Suprafaţa activă a semicuzinetului, pe care a fost depus aliajul antifricţiune, s-a exfoliat parţial, ceea ce indică un început de gripare.
	Studiul suprafeţelor pregătite	
11	Silumin	Suprafaţa lustruită şi atacată chimic prezintă formaţiuni arborescente (dendrite) tipice turnării. Se poate observa o retasură axială (interioară) şi o fisură provenită din retasura superioară (exterioară) de pe suprafaţa liberă.
12	Piesă cu fisuri de călire plecând din concentratorii de tensiuni	Suprafaţa lustruită relevă fisuri de călire care pornesc din muchiile (colţurile) ascuţite (concentratori de tensiuni). Treptele ascuţite ale fisurii principale (I) au generat fisurii secundare (II).
13	Piesă încărcată la sudură	După lustruire şi atacat chimic se observă cele 3 zone caracteristice sudurii: a – zona materialului solidificat, b – zona influenţată termic şi c – zona materialului de bază.

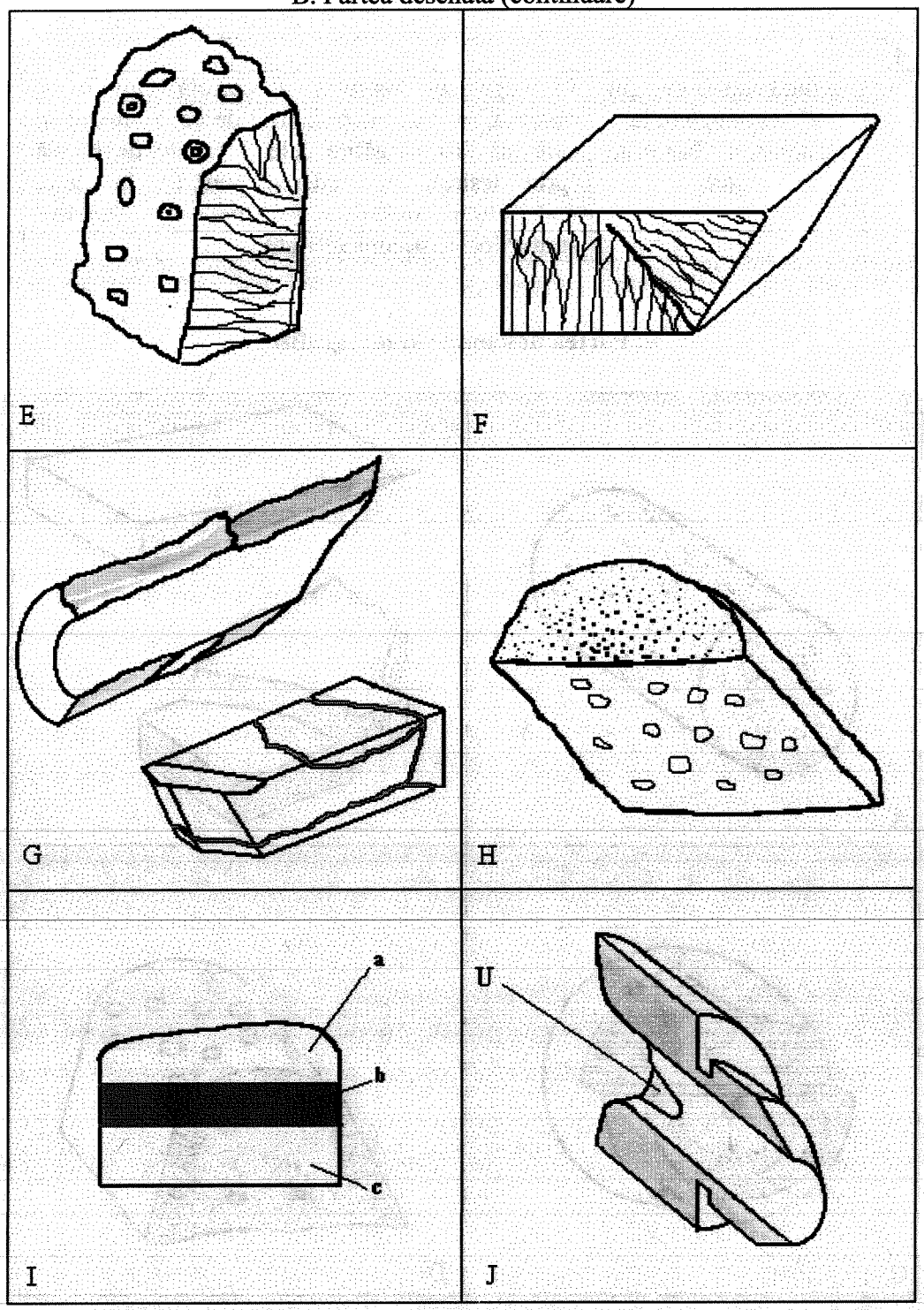
0	1	2
14	Sudură cap-la-cap „în V”, cu umplere la rădăcină, a 2 benzi de oțel	Pe suprafața lustruită şi atacată chimic se observă, în zona materialului de bază, modul în care au fost pregătite cele 2 capete de bandă (prin teşire), în vederea sudării. În zona materialului solidificat este evidențiat numărul straturilor de sudură aplicate.

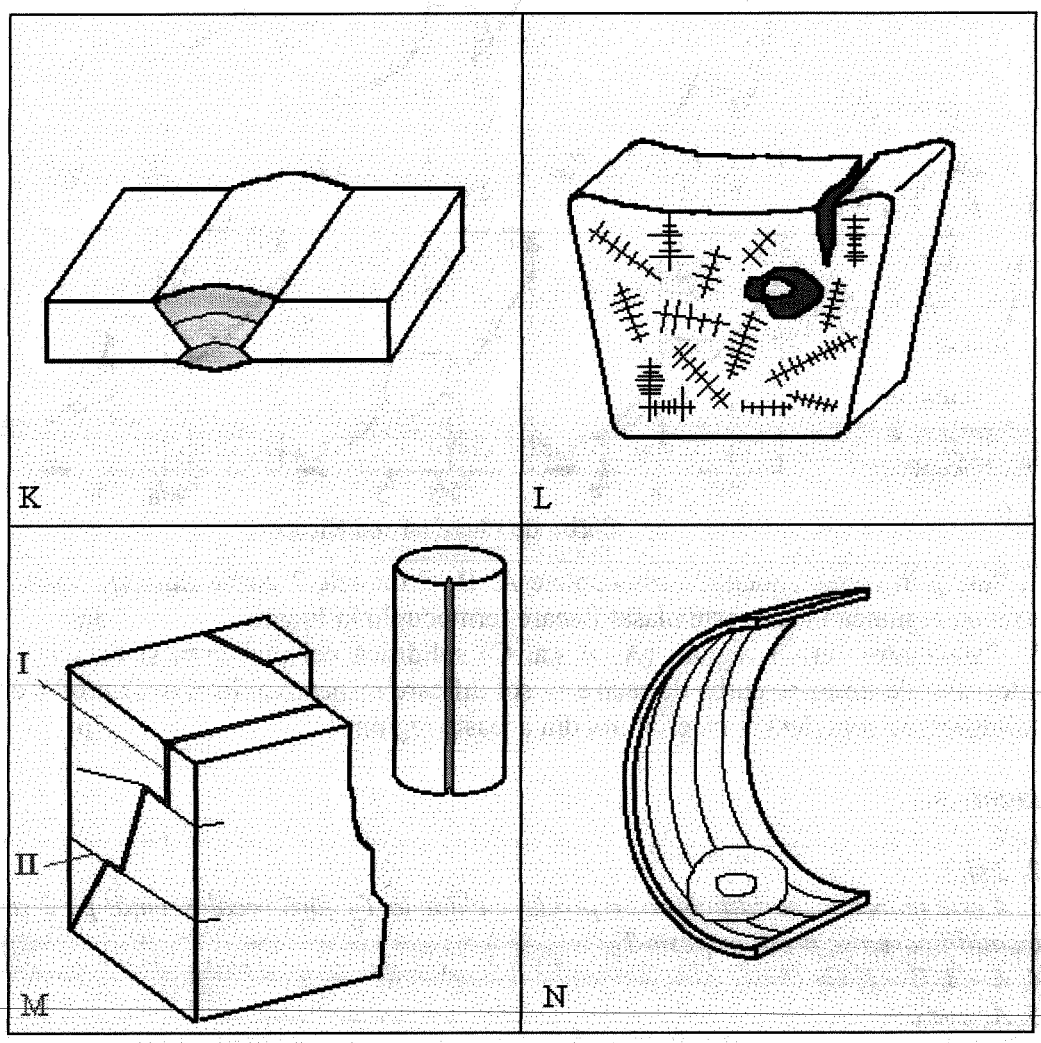
B. Partea desenată (Macrografii)



s

– B. Partea desenată (continuare) –

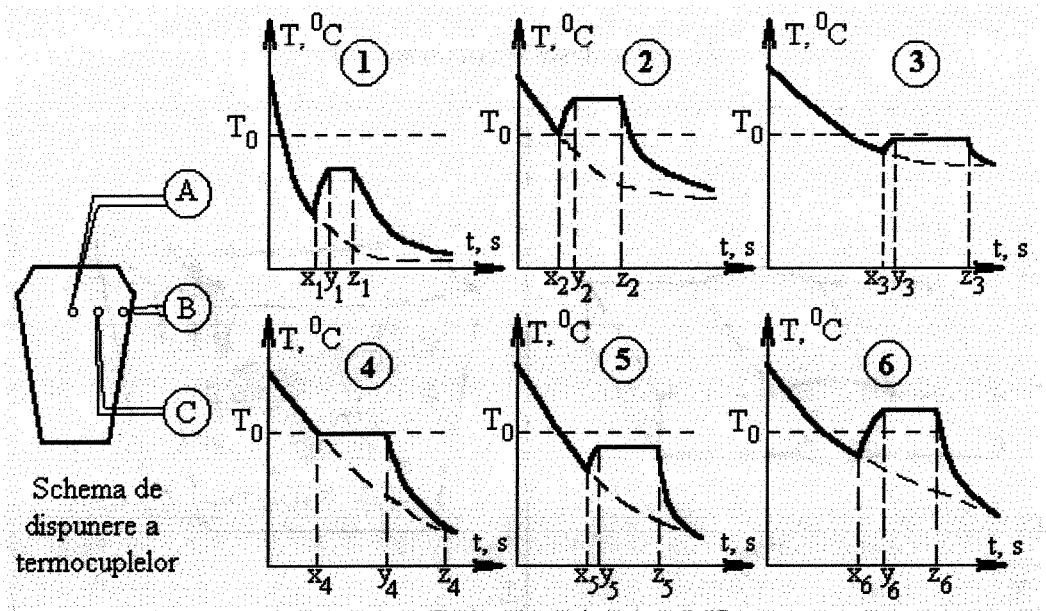




Testul nr.1

La turnarea unui lingou, dintr-un material de puritate tehnică cu temperatura de solidificare la echilibru T_0, se introduc 3 termocuple, notate A, B, C în schița din figura de mai jos, care măsoară scăderea temperaturii. Analizând cele 6 curbe de răcire cu solidificare, notate 1 – 6 pe diagrama de mai jos, se cere:

1. Identificați curba care nu ține cont de condițiile reale de solidificare. 1p
2. Dintre cele 5 curbe rămase, identificați-le pe cele care nu se pot obține în cazul de față. 2p
3. Din ce motiv ați dat răspunsurile de la pct.a și b? 2p



Schema de dispunere a termocuplelor

Curbe de răcire cu solidificare

4. Puneţi în corespondenţă termocuplele A, B, C cu cele 3 curbe rămase, ţinând cont de regiunea în care este plasat fiecare termocuplu în lingou 3p

5. Care dintre cele 3 regiuni (A, B sau C) solidifică cel mai greu şi care este intervalul de timp, pe curba de răcire cu solidificare respectivă, în care se produce solidificarea completă a materialului din această regiune? 2p

Rezolvare

1. 4

2. 2 şi 6

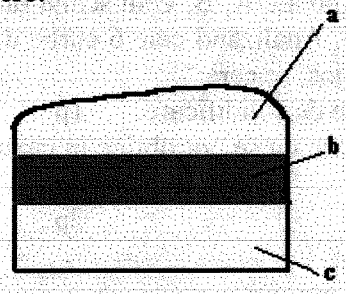
3. 4 este teoretică, solidificarea se produce chiar la T_0, fără recalescenţă; pe 2 şi 6 solidificarea se produce peste T_0.

4. A – 3, B – 1, C – 5

5. A; x_3-z_3.

Testul nr.2

Se prezintă proba I, cu suprafaţa pregătită prin şlefuire, lustruire şi atac chimic. Se cere:



1. Descrieţi suprafaţa pregătită, identificând cele 3 zone distincte 3p

2. Procedeul de prelucrare a probei a fost:
   a – turnarea, b – strunjirea, c – sudarea 2p

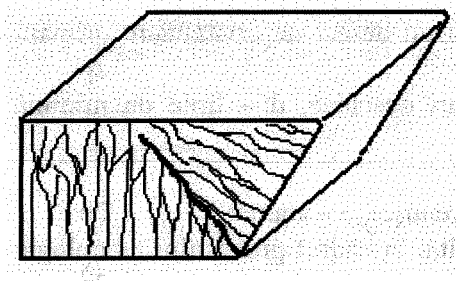
3. Identificaţi zona care prezintă structura iniţială a materialului, dinaintea prelucrării 2p

4. Ce zonă a fost obținută direct prin cristalizare primară? 3p

Rezolvare
Este o probă încărcată la sudură.
1. a – zona materialului solidificat, b – zona influențată termic, c – zona materialului de bază.
2. c.
3. c – zona materialului de bază.
4. a – zona materialului solidificat.

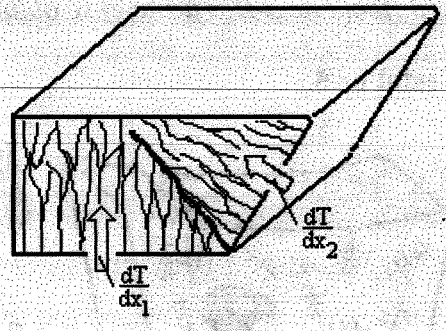
Testul nr.3

Se dă proba de mai jos. Se cere:



1. Stabiliți materialul probei dintre:
   a – oțel laminat, b – plumb, c – fontă cenușie, d – zinc, e – bronz 2p
2. Conform teoriei cristalizării primare, a lui G.Tamman, în casură se observă: 2p
   a – grăunți globulari fini, b - grăunți globulari grosolani, c - grăunți columnari
3. Defectul de cristalizare primară vizibil în casură, observat în zona de intersecție a 2 gradienți termic, se numește:
   a – retasură, b – segregație, c – linie de minimă rezistență, d – suflură 2p
4. Pe schița casurii, marcați direcțiile gradienților termici pentru suprafețele inferioară și înclinată din stânga 2p
5. Precizați procedeul de obținere a materialului acestei probe:
   a – laminare, b – sudare, c – turnare, d – lustruire și atac chimic 2p

Rezolvare
1. d
2. c
3. c
4. gradienții de temperatură sunt perpendiculari pe pereții piesei turnate
5. c

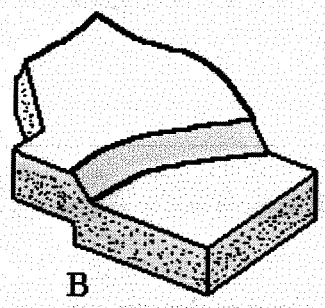


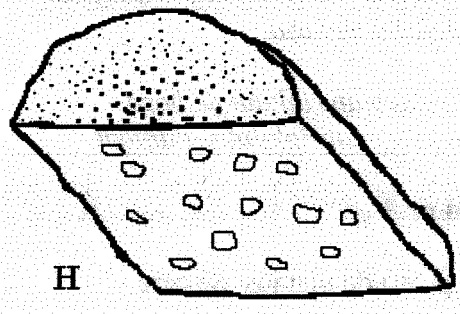
Testul nr.4

Să se analizeze macroscopic probele B și H. Se cere:
1. Metode de obținere a probelor a fost: 2p
   a – turnarea, b – sinterizarea,c – tăierea cu fascicul laser, d – forjarea în matriță

2. Stabiliţi care este zona, rezultată în urma cristalizării primare, care se observă în ambele piese:

a – zona grăunţilor globulari fini, b - zona grăunţilor globulari grosolani, c - zona grăunţilor columnari 2p





3. Pe suprafaţa uneia dintre probe, se observă un defect de cristalizare primară numit: 2p

a – retasură, b – sufluri închise, c – sufluri deschise, d – linie de minimă rezistenţă

4. Stabiliţi materialul probelor:

a – zinc, b – plumb, c – fontă albă, d – fontă cenuşie, e – alamă 2p

5. Care dintre cele 2 probe se obţine din cealaltă, în cadrul procesului tehnologic de fabricaţie? 2p

Rezolvare

1. a

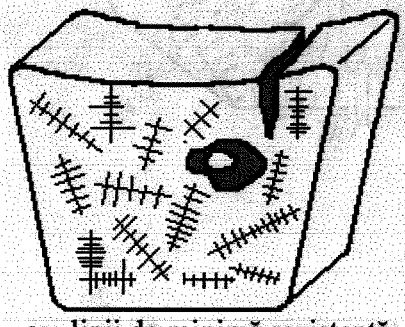
2. b

3. c (sufluri deschise pe suprafaţa inferioară a probei H)

4. d

5. B (fonta de a-II-a fuziune) se obţine din H (fontă brută)

Testul nr.5



Se dă proba L, cu o suprafaţă pregătită prin şlefuire, lustruire şi atac chimic. Se cere:

1. Stabiliţi materialul probei dintre:
   a – fontă cenuşie, b – zinc, c – silumin, d – fontă albă 2p
2. Stabiliţi metoda de obţinere a probei dintre:
   a – turnare, b – laminare, c – sudare, d – tăiere cu flacără oxiacetilenică 1p
3. Pe suprafaţa pregătită se observă: 2p
   a – linii de minimă rezistenţă, b – dendrite, c – sufluri închise, d – picături reci
4. Produsul metalurgic din care a fost debitată proba se numeşte: 1p

a – lingou, b – bară forjată, c – tablă zincată, d – piesă încărcată la sudură

5. Defectul de cristalizare primară observat pe una dintre suprafeţele nepregătite se numeşte:

a – segregaţie, b – retasură, c – dislocaţie, d – picătură rece 2p

şi este datorat:

w – laminării la cald, x – uzurii mecanice, y – contracţiei de la răcire, z – neomogenităţii chimice 2p

Rezolvare

1. c

2. a

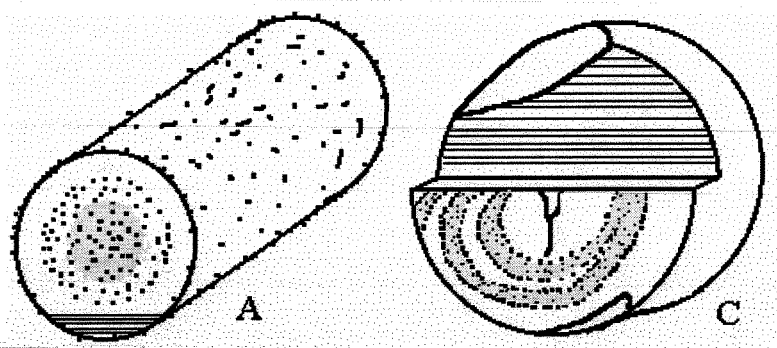
3. b

4. a

5. b + y

Testul nr.6

Să se analizeze macroscopic probele A şi C. Se cere:



1. Precizaţi materialul probelor dintre: 1p

a – plumb, b – zinc, c – oţel, d – fontă albă

2. Stabiliţi metoda de obţinere a probei A: 1p

a – laminare, b – turnare, c – sudare, d – creştere epitaxială

3. În casura probei A se observă: 2p

a – grăunţi echiaxiali, b – grăunţi columnari, c – lamele de grafit, d – limite de grăunţi

4. În orice casură, crusta dură este localizată: 1p

a – la exterior, b – în centru, c – într-o zonă intermediară, d – în partea inferioară

5. Identificaţi metoda de obţinere a probei C: 2p

a – turnare, b – laminare, c – sudare, d – sinterizare

6. Dintre cele 2 probe analizate, cea mai fragilă este:

a – A, b – C, c – ambele sunt la fel de fragile, d – nici una căci amândouă sunt plastice, 2p

deoarece caracterul general al casurii este determinat de grăunţi cristalini:

w – mai fini, x – mai grosolani, y – columnari, z – hexagonali 1p

Rezolvare

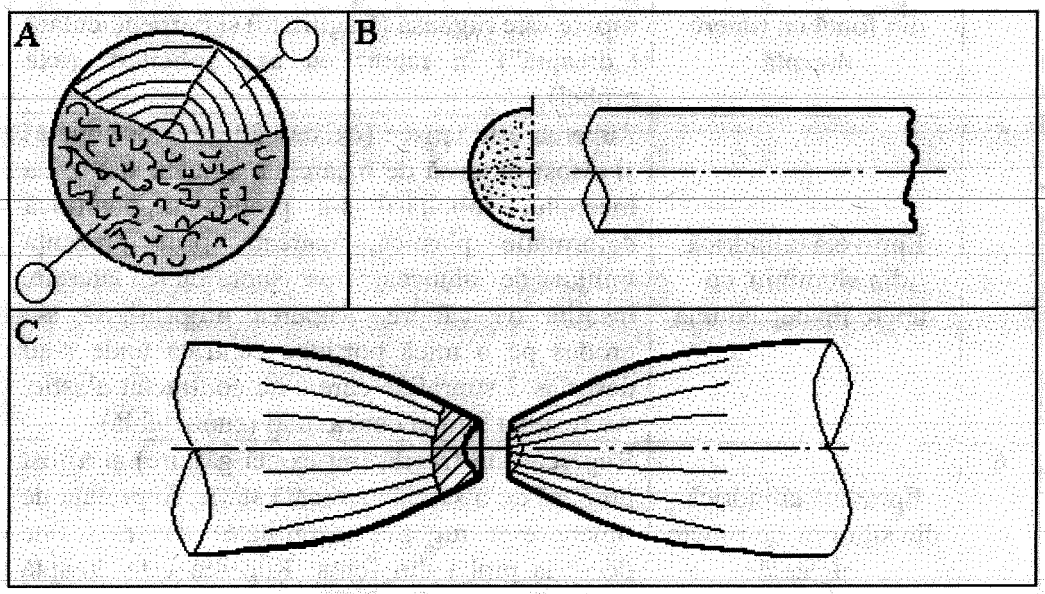
1. c
2. b
3. a
4. a
5. b
6. a + x

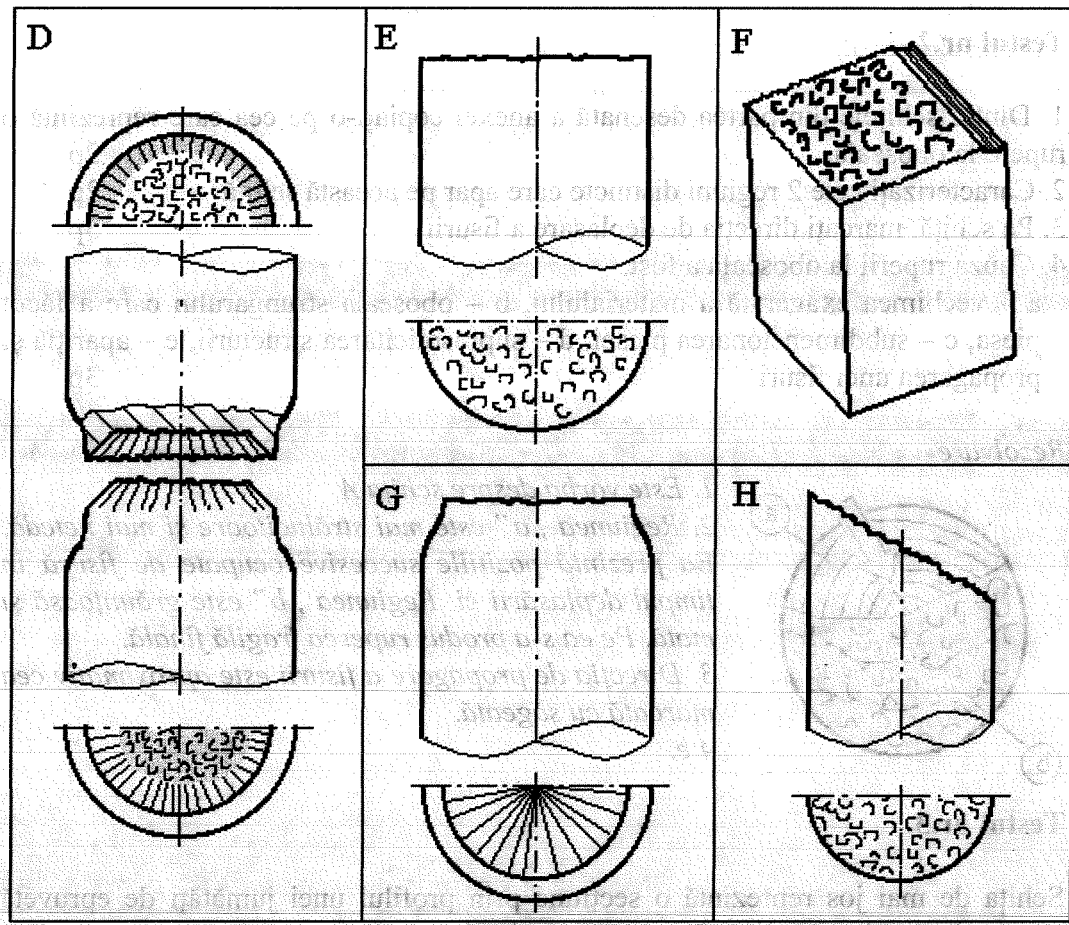
2.3 Fractografia materialelor metalice
A. Partea scrisă

Nr. crt.	Denumirea probei	Caracterizare suprafeței libere sau de rupere (casura)
0	**1**	**2**
1	Epruvetă cilindrică din oțel-carbon obișnuit, cu rupere tip con-cupă	Ruperea este tenace (există gâtuire) și a fost produsă de o sarcină aplicată static. La începutul solicitării s-a produs alunecarea după suprafețele conice ale casurii. Ruperea propriu-zisă s-a produs în mod fragil, la sfârșitul solicitării, după suprafața rugoasă frontală dreaptă. Liniile de alunecare sunt vizibile pe suprafețele conice ale cupei (la interior) și conului (la exterior).
2	Epruvetă cilindrică din oțel aliat, cu rupere stelată	Ruperea este tenace (există gâtuire) și a fost produsă de o sarcină aplicată static. Suprafața de rupere prezintă linii de alunecare dispuse radial (în stea).
3	Epruvetă cilindrică din bronz, cu rupere oblică	Ruperea este fragilă (nu există gâtuire) și a fost produsă de o sarcină aplicată static. Suprafața de rupere are tendința de a fi înclinată la 45^0 față de axa probei (axa tensiunii de întindere) și este rugoasă, evidențiind caracterul fragil al ruperii.
4	Epruvetă cilindrică din fontă cu rupere dreaptă	Ruperea este fragilă (nu există gâtuire) și a fost produsă de o sarcină aplicată static. Suprafața de rupere este rugoasă (fragilitate) și perpendiculară („dreaptă") în raport cu axa solicitării (axa probei).
5	Epruvetă cilindrică din aluminiu, cu rupere tip cupă dublă	Ruperea este tenace (există gâtuire substanțială) și a fost produsă de o sarcină aplicată static. La începutul solicitării s-a produs o puternică deformație plastică, marcată prin prezența liniilor de alunecare pe suprafețele laterale, însoțită de gâtuire. Ruperea propriu-zisă s-a produs pe o mică porțiune centrală unde s-au desprins 2 suprafețe care s-au contractat elastic. Au rezultat 2 mici concavități (cupă dublă).
6	Epruvetă cilindrică din silumin, cu rupere dreaptă	Ruperea este fragilă (nu există gâtuire) și a fost produsă de o sarcină aplicată static. Suprafața de rupere este rugoasă (fragilitate) dar mai fină decât la proba din fontă. Ruperea este dreaptă dar suprafața este neregulată.

7	Epruvetă paralelipipedică din oţel, crestată, cu rupere la încovoiere prin şoc	Crestătura a fost practicată pentru a localiza suprafaţa de rupere. Ruperea este fragilă şi a fost produsă de o sarcină aplicată dinamic. Suprafaţa de rupere este foarte rugoasă şi denivelată, evidenţiind caracterul fragil al ruperii.
8	Epruvetă cilindrică din oţel cu rupere la oboseală	Epruveta a fost supusă la încovoiere ciclică. Ruperea propriu-zisă s-a produs în mod fragil, datorită apariţiei şi propagării unei fisuri care a redus continuu suprafaţa secţiunii portante. Pe suprafaţa de rupere se observă 2 zone distincte: a) zona netedă şi strălucitoare, de deplasare a fisurii, pe care se disting poziţiile succesive ocupate de aceasta în timpul deplasării ei; b) zona grăunţoasă şi mată pe care s-a produs ruperea fragilă finală, ca urmare a reducerii secţiunii portante sub valoarea critică.

B. Partea desenată





Testul nr.1

Se dau epruvetele C, E şi H, rupte prin tracţiune statică. Se cere să precizaţi:

1. Care epruvete s-au rupt fragil 2p
2. Care dintre epruvetele de la pct. 1 prezintă rupere oblică? 2p
3. Unghiul de înclinare pe care ar trebui să-l aibă suprafaţa de rupere a epruvetei de la pct. 2? 2p
4. Epruveta care s-a rupt tenace (ductil) 2p
5. Ruperea tipică a epruvetei de la pct. 4 se numeşte:
   a – con-cupă, b – cupă dublă, c – con-con, d – cvasifragilă 2p

Rezolvare

1. E şi H

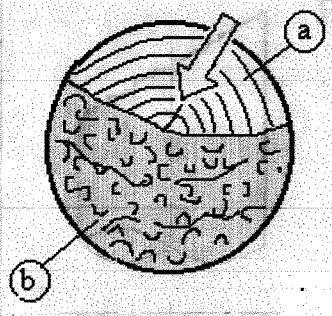
2. H

3. 45^0
4. C
5. b

Testul nr.2

1. Dintre schițele din partea desenată a anexei copiați-o pe cea care reprezintă o rupere la oboseală. 2p
2. Caracterizați cele 2 regiuni distincte care apar pe această schiță 2p
3. Pe schiță, marcați direcția de deplasare a fisurii 3p
4. Cauza ruperii la oboseală a fost:
   a – vechimea exagerată a materialului, b – oboseala strungarului care a făcut piesa, c – subdimensionarea piesei, d – suprasolicitarea structurii, e – apariția și propagarea unei fisuri 3p

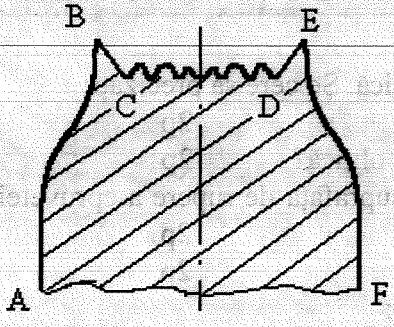
Rezolvare



1. Este vorba despre schița A
2. Regiunea „a" este mai strălucitoare și mai netedă. Ea prezintă pozițiile succesive ocupate de fisură în timpul deplasării ei. Regiunea „b" este grăunțoasă și mată. Pe ea s-a produs ruperea fragilă finală.
3. Direcția de propagare a fisurii este aproximativ cea marcată cu săgeată.
4 e.

Testul nr.3

Schița de mai jos reprezintă o secțiune prin profilul unei jumătăți de epruvetă ruptă prin tracțiune statică. Se cere să precizați:

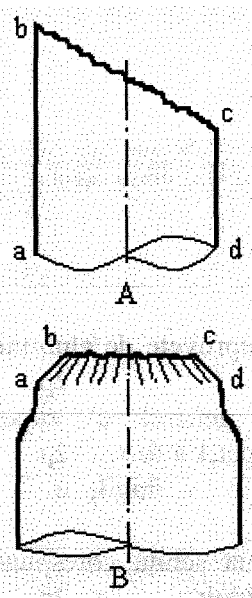


1. Materialul epruvetei poate fi: 2p
   a – fontă, b – oțel-carbon obișnuit, c – plumb, d – aluminiu
2. Caracterul general al ruperii este: 1p
   a – tenace, b – fragil, c – pseudoelastic
3. Pe profilul secțiunii rupte apar 2 porțiuni, una conică și una rugoasă. Identificați-le 2p
4. Ce unghi de înclinare ar trebui, teoretic, să aibă porțiunea conică? 2p
5. Pe care dintre cele 2 porțiuni s-a produs ruperea propriu-zisă? 2p
6. Acest tip de rupere poate fi:
   a – con-cupă, b – oblică, c – cvasifragilă, d – la oboseală 1p

Rezolvare

1. b
2. a
3. BC + DE – conică: CD – rugoasă
4. 45^0
5. CD
6. a.

Testul nr. 4



În cele 2 schiţe alăturate s-au reprezentat profilele zonelor de rupere caracteristice unor epruvete solicitate la tracţiune statică. Se cere:

1. Care dintre cele 2 schiţe reprezintă o rupere cu caracter general fragil? 2p
2. Schiţa precizată la pct. 1 corespunde unei epruvete confecţionate din:
   a – oţel-carbon obişnuit, b – bronz, c – aluminiu, d – plumb 2p
3. Caracterul general al ruperii reprezentată prin cea de-a-II-a schiţă este: 1p
   a – tenace, b – fragilă, la oboseală
4. Pe ce porţiune a profilului de rupere al schiţei de la pct.3 s-a produs ruperea propriu-zisă? 2p
   a – abcd, b – ab+cd, c – bc
5. Schiţa de la pct.3 este caracteristică pentru materialul:
   a – fontă, b – oţel-carbon obişnuit, c – aluminiu, d – plumb 2p
6. Tipul ruperii reprezentată prin cea de-a-II-a schiţă este: 1p
   a – cupă dublă, b – oblică, c – con-cupă, d – fragil.

Rezolvare

1. A
2. b
3. a
4. c
5. b
6. c.

Testul nr. 5

Se dau probele F şi G. Se cere:

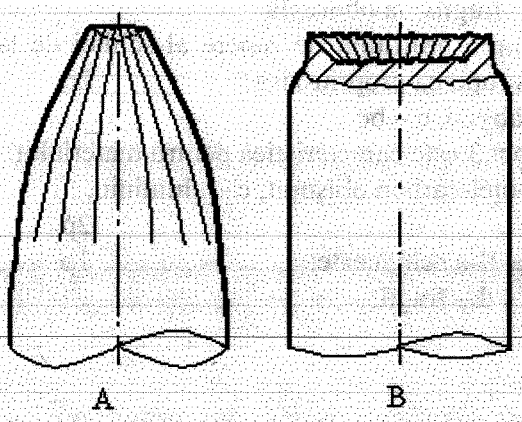
1. Precizaţi proba care prezintă rupere fragilă 2p

2. Ruperea de la pct.1 s-a produs prin: 2p
a – tracţiune, b – şoc, c – oboseală
3. Caracterul ruperii de la pct.1 este evidenţiat prin aspectul casurii (suprafaţa de rupere) care este: 2p
a – neted, b – cu 2 zone distincte. c – rugos
4. Caracterul general al ruperii la cea de-a-II-a probă a fost: 2p
a – tenace, b – fragil, c – la oboseală
5. Tipul ruperii de la pct.4 este: 2p
a – con-cupă, b – cupă dublă, c – stelată

Rezolvare
1. F
2. b
3. c
4. a
5. c.

Testul nr.6

1. Dintre schiţele alăturate precizaţi care corespunde unei epruvete de aluminiu, ruptă prin solicitare statică 2p



2. Caracterul general al ruperii epruvetei de la pct.1 a fost: 2p
a – tenace, b – fragil, c – la oboseală
3. Ce de-a doua schiţă corespunde ruperii materialului: 2p
a – aluminiu, b – oţel-carbon obişnuit, c – bronz, d – plumb
4. Ruperea epruvetei de la pct.3 s-a produs prin: 2p
a – şoc, b – oboseală, c – tracţiune
5. Tipul ruperii epruvetei de la pct.3 poate fi: 2p
a – cupă dublă, b – oblică, c – con-cupă

Rezolvare
1. A
2. a
3. b
4. c
5. c

Testul nr.7

Se dă proba D. Se cere să precizați:

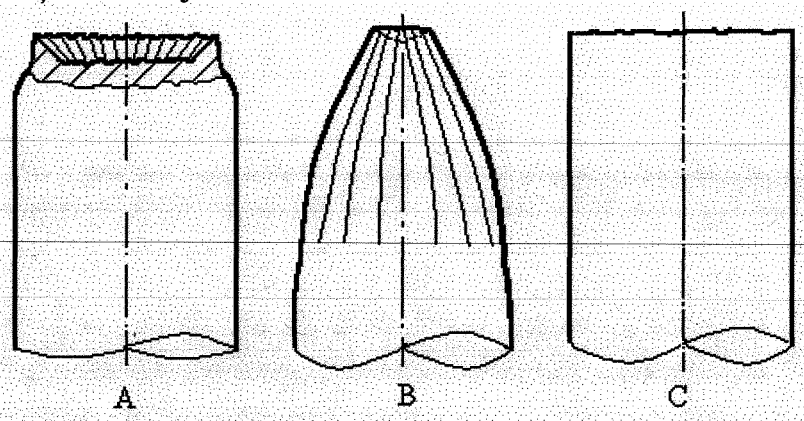
1. Caracterul general al ruperii a fost: 2p
   a – fragil, b – tenace, c – la oboseală
2. Ruperea s-a produs prin: 2p
   a – tracțiune, b – compresiune, c – șoc
3. Materialul probei este: 2p
   a – bronz, b – aluminiu, c – oțel-carbon obișnuit
4. Profilul interior al cupei se caracterizează printr-un unghi de înclinare de:
   a – 0^0, b – 45^0; c - 30^0 2p
5. Tipul ruperii poate fi:
   a – con-cupă, b – cupă dublă, c – dreaptă 2p

Rezolvare

1. b
2. a
3. c
4. b
5. a

Testul nr.8

Se dau schițele de mai jos. Se cere:



1. Precizați schița corespunzătoare profilului de rupere tipic fontei 2p
2. Tipul ruperii menționate la pct.1 a fost: 2p
   a – oblică, b – stelată, c - dreaptă
3. Caracterul general al ruperii a fost: 2p
   a – la oboseală, b – fragil, c - tenace
4. Dintre cele 2 schițe rămase identificați-o pe cea care corespunde ruperii oțelului-carbon obișnuit 1p
5. Ruperea oțelului-carbon obișnuit poate fi de tip: 2p

a – oblică, b – con-cupă, c – cupă dublă

6. Cea de-a treia schiță, rămasă după identificările de la pct.1 şi 4, corespunde materialului: 1p

a – aluminiu, b – bronz, c – plumb

Rezolvare

1. C

2. c

3. b

4. A

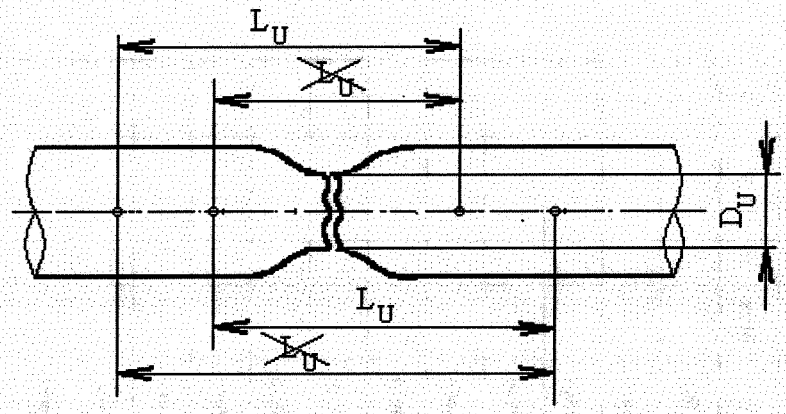
5. b

6. a

I. Încercarea la tracţiune pe epruvete cilindrice

Nr. crt.	Material (marca)	Mar-caj	Date iniţiale			Valori după rupere			Valorile forţei		Caracter. rezistenţă		Caracter. plasticitate	
			L_0	D_0	$S_0^{(2)}$	$L_U^{(1)}$	$D_U^{(1)}$	$S_U^{(2)}$	F_C	F_{max}	R_C	R_{max}	A_5	Z
			mm	mm	mm^2	mm	mm	mm^2	N	N	MPa	MPa	%	%
1	Oţel-carbon (OL44)	5.1	50	10					24000	35500				
2	Oţel-carbon (OL44)	5.2	50	10					24000	35500				
3	Oţel-carbon (OL44)	5.3	50	10					25000	37500				
4	Oţel-carbon (OL44)	5.4	50	10					23500	34750				
5	Oţel-carbon (OL70)	5.5	50	10					-	54500				
6	Oţel-carbon (OL70)	5.6	50	10					28250	54000				
7	Oţel-carbon (OL70)	6.6	50	10					27500-	53500				
8	Oţel-carbon (OL70)	6.7	50	10					-	54000				
9	Oţel aliat (40Cr10)	5.9	50	10					62900	69000				
1 0	Aluminiu	1	50	10					5250	7500				
1 1	Aluminiu	3.2	50	10					5000	6600				
12	Cupru	3	50	10					-	23650				
13	Cupru	4	50	10					-	23750				
14	Bronz	2.3	50	10					2200	4400				
15	Bronz	6	50	10					19650	39250				

(1) L_U şi D_U se măsoară cu o precizie de 0,1 mm. În cazul în care există mai mult de 2 marcaje, pe epruvetă, măsurătoarea se efectuează conform schiţei de mai jos:



(2) S_0 şi S_U sunt ariile secţiunilor circulare transversale ale suprafeţelor cilindrice de diametru D_0 şi respectiv D_U.

II. Încercarea de duritate, metoda Brinell

Nr. crt.	Material (marca)	Mar-caj	Condiţii încercare			Valori măsurate(1)			Valori calculate(2)	
			D	F	t	d_1	d_2	d_3	d_{med}	HB
			mm	daN	s	mm	mm	mm	mm	$\frac{daN}{mm^2}$
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Oţel-carbon de calitate (OLC10)	1	10	3000	15					
2	Oţel-carbon de calitate (OLC10)	2	5	1500	30					
3	Oţel-carbon obişnuit (OL37)	4	10	3000	15					
4	Oţel-carbon obişnuit (OL42)	7	10	3000	15					
5	Oţel-carbon obişnuit (OL42)	8	5	1500	30					
6	Oţel-carbon obişnuit (OL50)	10	10	3000	15					
7	Oţel-carbon obişnuit (OL50)	11	5	1500	30					
8	Oţel-carbon de scule (OSC12)	13	10	3000	15					
9	Oţel-carbon de scule (OSC12)	14	5	1500	30					
10	Fontă cenuşie (Fc150)	16	10	3000	15					
11	Fontă cenuşie (Fc150)	17	5	1500	30					

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Bronz obişnuit (CuSn14T)	19	10	1000	30					
13	Bronz obişnuit (CuSn14T)	20	5	250	30					
14	Aluminiu	22	10	1000	30					
15	Aluminiu	23	5	250	30					

(1) $d_{1,2,3}$ se măsoară cu precizie de 0,01 mm

(2) d_{med} şi d^2_{med} se calculează cu o precizie de 2 şi respectiv 4 zecimale iar la calculul durităţii (HB) nu se fac aproximări (se păstrează cel puţin 2 zecimale).

Testul nr.1

Determinaţi caracteristicile de tenacitate (A_5 şi Z) ale epruvetei marcate 5.6, ştiind că dimensiunile ei iniţiale au fost: L_0 = 50 mm şi D_0 = 10 mm.
Se vor parcurge următoarele etape:

1. Se măsoară lungimea la rupere (L_U) şi a diametrul în zona gâtuită (D_U) 2p
2. Formula de calcul a gâtuirii, A_5 2p
3. Valoarea A_5 2p
4. Formula de calcul a alungirii, Z 2p
5. Valoarea Z 2p

Rezolvare

1. Dimensiunile medii sunt: L_U = 55,4 mm, D_U - 5,3 mm

$$2.\ A_5 = \frac{L_U - L_0}{L_0} \cdot 100$$

$$3.\ A_5 = \frac{55{,}4 - 50}{50} \cdot 100 = 10{,}8\ \%$$

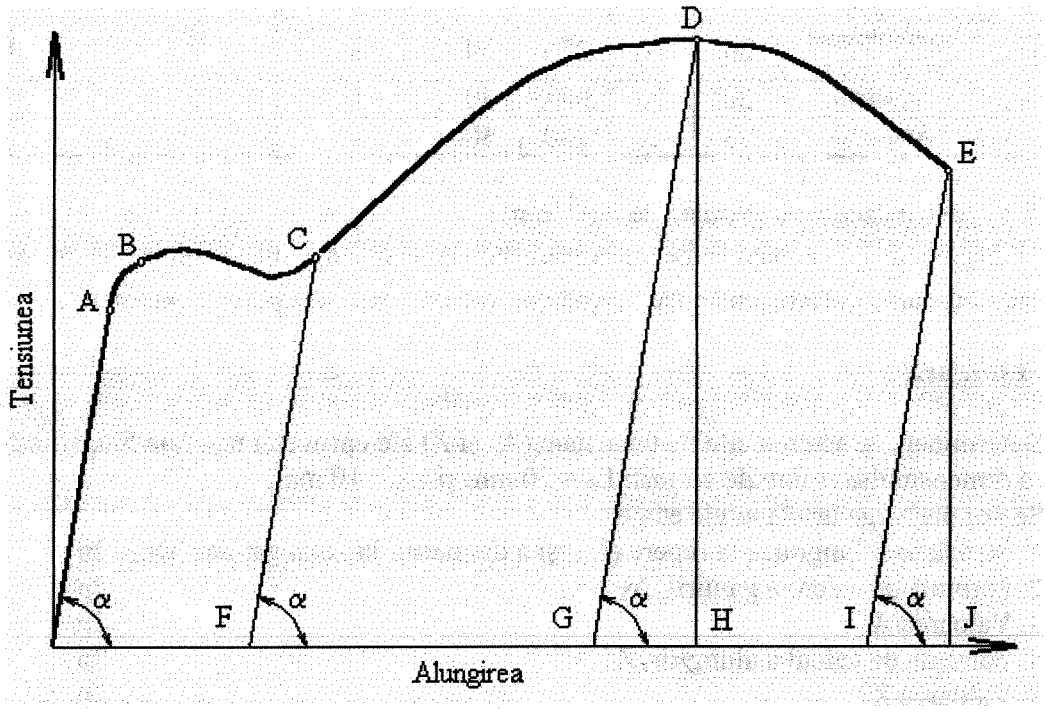
$$4.\ Z = \frac{S_U - S_0}{S_0} \cdot 100 = \frac{\frac{\pi}{4} D_0^2 - \frac{\pi}{4} D_U^2}{\frac{\pi}{4} D_0^2} \cdot 100$$

$$5.\ Z = (10^2 - 5{,}3^2) \cdot 100 = 72{,}91\ \%$$

Testul nr.2

Curba de tracţiune statică din figura de mai jos a fost trasată pentru o epruvetă din cupru. Se dau 3 epruvete din acelaşi material, reprezentând: I-momentul iniţial, II-momentul apariţiei gâtuirii şi III-momentul final, de după rupere.

Ştiind că pe epruveta iniţială s-au marcat 2 repere la L_0 = 50 mm şi că diametrul iniţial era D_0 = 10 mm, se cere:



1. Identificaţi punctele de pe curbă care marchează stadiile corespunzătoare epruvetelor II şi III de mai sus, înaintea descărcării 2p
2. Identificaţi traiectoriile parcurse de cele 2 epruvete, din punctele identificate mai sus şi până la relaxarea totală (pe abscisă) dacă solicitarea încetează 4p
3. Măsuraţi şi calculaţi alungirile relative remanente ale celor 2 epruvete 2p
4. Calculaţi gâtuirea relativă corespunzătoare punctului de D din figura de mai sus, după descărcare 2p

Rezolvare

1. II –D, III - E

2. II: D-G; III: E-I

3. Se măsoară L_U pentru epruvetele II şi III. Valorile orientative sunt L_{UII} =56,8 mm şi L_{UIII} = 58,8 mm.

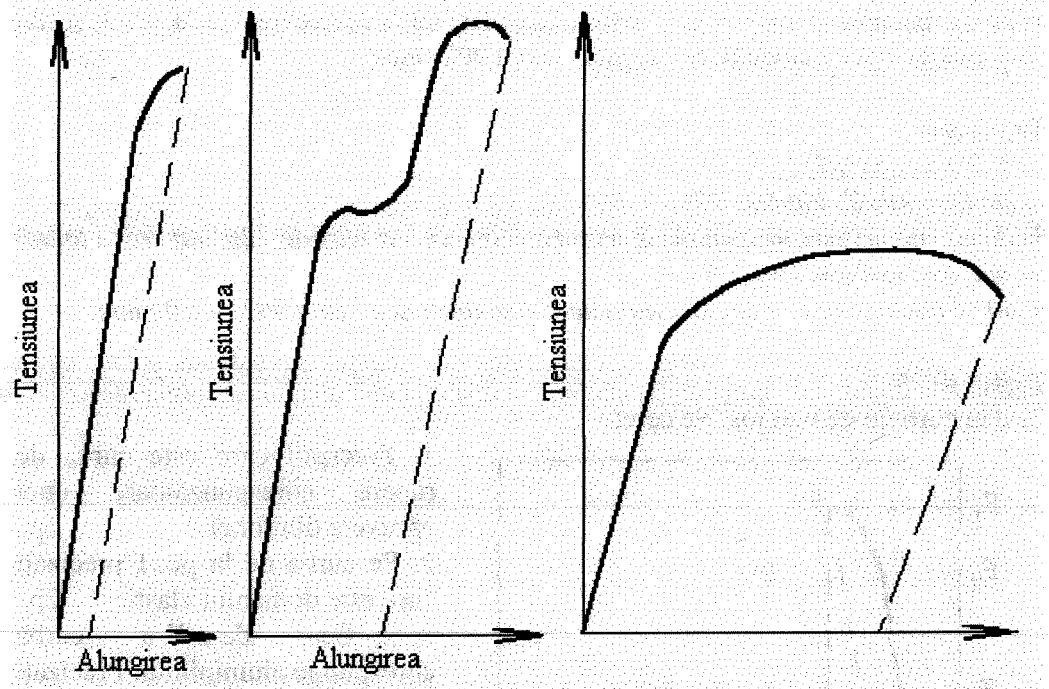
Se calculează alungirile la rupere:

$$A_{5II} = \frac{56,8-50}{50}\cdot 100 = 13,6\ \%\ şi\ .\ A_{5III} = \frac{58,8-50}{50}\cdot 100 = 17,6\%$$

$$4.\ D_{UII} = 7,7\ mm \Rightarrow .\ Z_{II} = \frac{D_0^2 - D_U^2}{D_0^2}\cdot 100 = \frac{10^2 - 7,7^2}{10^2}\cdot 100 = 40,71\ \%$$

Testul nr.3

În schițele de mai jos s-au trasat 3 curbe de rupere prin tracțiune, notate A, B şi C. Se cere:



1. Puneți în corespondență cele 3 curbe, A, B şi C, cu următoarele materiale:
   a – oțel-carbon, b – fontă, c - aluminiu 6p
2. Care dintre cele 3 materiale, a, b sau c, prezintă pe curba de tracțiune corespunzătoare fenomenul de curgere aparentă? 2p
3. Care este materialul cel mai fragil? 2p

Rezolvare

1. A – b, B – a, C - c

2. a

3. b

Testul nr.4

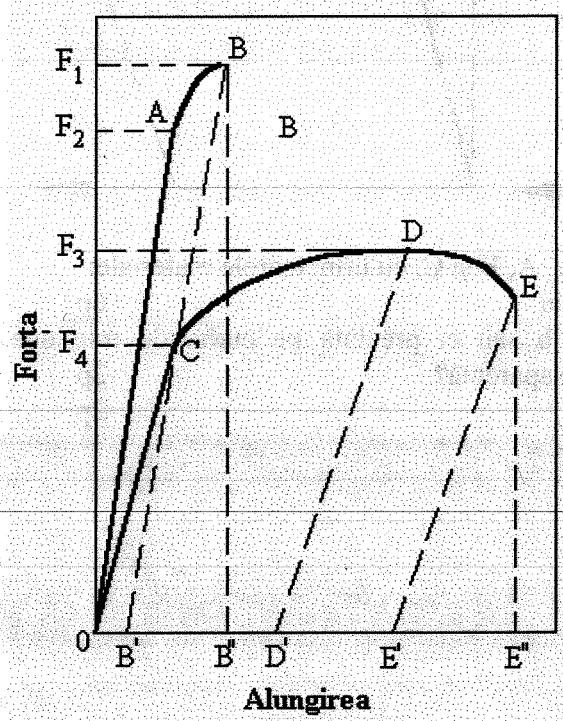
Participați la un târg internațional, unde s-a anunțat descoperirea unor plăcuțe aşchietoare mineralo-ceramice de o duritate excepțională. În sectorul „Scule Aşchietoare" aveți surpriza să găsiți 3 firme care revendică invenția respectivă. Cele 3 firme garantează, pentru plăcuțele de fabricație proprie, următoarele durități: A – 105 HRC, B – 65 HRC, C – 90 HRC. Se cere să stabiliți:

1. Care dintre cele 3 firme dă un rezultat fals şi din ce motiv? 2p

2. De la care dintre cele 3 firme trebuie să achiziționați plăcuțe, în vederea așchierii unor piese din oțel călit energic (max. 67HRC) și din ce motiv? 4p
3. Cu ce fel de penetrator și cu ce forță de apăsare totală puteți verifica valoarea durității plăcuțelor achiziționate? 2p
4. Pe ce distanță se va produce deformația plastică la încercarea de la pct.3, știind că o unitate convențională de lungime este 0,002 mm? 2p

Rezolvare
1. A deoarece HRC < 100
2. De la firma C, fiindcă HRC > 67
3. Penetratorul este un con de diamant cu unghiul la vârf de 120^0 iar forța totală de apăsare este de 150 daN
4. 90 = 100 – e ⇒ e = 10. Distanța de deformare va fi: 10·0,002 = 0,02 mm

Testul nr. 5
Se dau curbele de mai jos. Se cere:



1. Precizați care este curba de rupere corespunzătoare unei epruvete din fontă 2p
2. Pe curba de la pct.1 precizați care este domeniul elastic 2p
3. Cea de-a-II-a curbă corespunde aluminiului. Precizați punctele în care s-au produs gâtuirea și ruperea 2p
4. Ce segment de pe abscisă corespunde alungirii epruvetei din aluminiu, dacă aceasta a fost descărcată imediat după ce s-a produs gâtuirea? 3p
5. Știind că secțiunea inițială a epruvetei de aluminiu este S_0, exprimați rezistența la rupere a epruvetei (R_m) în funcție de datele din figură. 1p

Rezolvare

1. 0AB
2. 0A
3. D – gâtuirea; E – ruperea
4. 0D'
5. $R_m = \frac{F_3}{S_0}$.

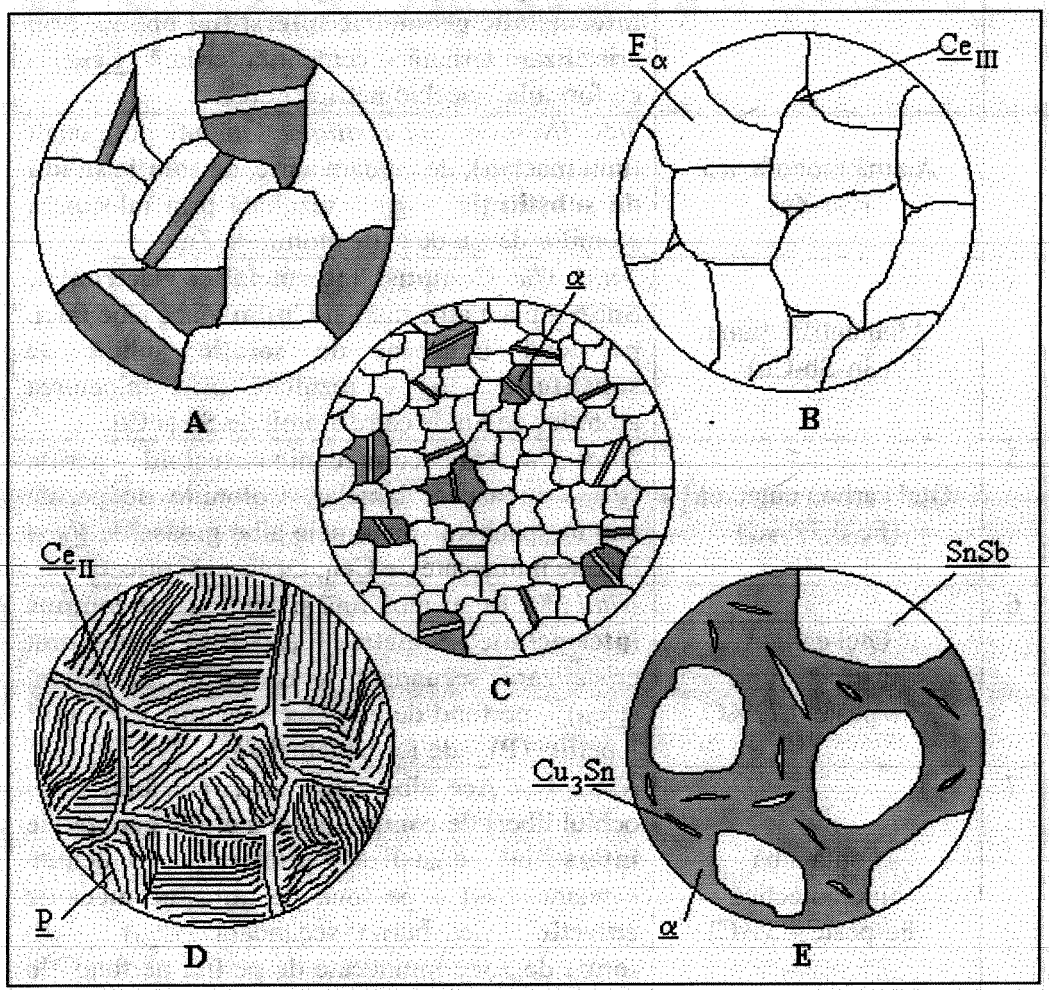
2.5 Microstructura de echilibru a aliajelor
A. Partea scrisă

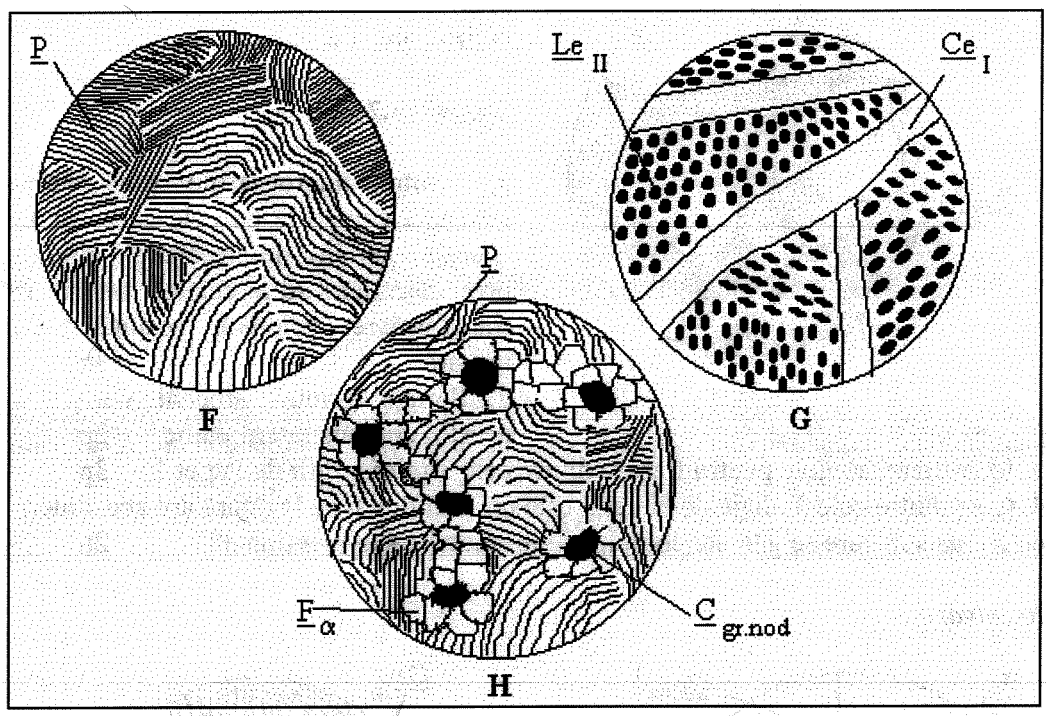
Nr. crt.	Denumirea probei	*Atac chimic/* Descrierea micrografiei **(constituenţi metalografici)**
0	**1**	**2**
1	Cupru electrolitic	*30%HNO_3 în apă distilată/* Grăunţi poligonali de **element chimic pur** – cupru – de culoare roşiatică, cu macle de recoacere.
2	Fier tehnic pur ARMCO (American Rolling Mill Company)	*Nital 3%(3% HNO_3 în alcool/* Grăunţi poligonali de culoare deschisă de **soluţie solidă interstiţială** rezultată prin dizolvarea carbonului în golurile reţelei cristaline a fierului alfa – ferita alfa (**F_α**). Pe limite, în zonele de intersecţie a cel puţin 3 grăunţi, există precipitate de **compus intermetalic geometric interstiţial** obţinut prin cristalizare ternară – cementita terţiară (**Ce_{III}**) – cu formula stoechiometrică Fe_3C.
3	Alamă monofazică (Cu-Zn)	*30%HNO_3 în apă distilată/* Grăunţi poligonali (unii maclaţi), de culoare aurie, de **soluţie solidă de substituţie** – (**α**) – rezultată prin înlocuirea atomilor de Cu de către atomii de Zn.
4	Aliaj antifricţiune (Sn-Sb-Cu)	*Nital 3%/* **Compuşi intermetalici electronici: SnSb** – plăci albe mari şi **Cu_3Sn** – ace albe mici, pe fond întunecat de **soluţie solidă de substituţie** – **α** – rezultată prin înlocuirea atomilor de Sn de către atomii de Sb şi Cu.
5	Oţel carbon eutectoid (Fe-0,77%C)	*Nital 3%/* **Amestec mecanic eutectoid** – perlita (**P**) – cu aspect lamelar. Coloniile de perlită conţin „pachete" de lamele albe groase de **F_α** şi lamele întunecate de **Ce_{II}**, cu aceeaşi orientare.
6	Oţel carbon hipereutectoid (Fe-peste 0,77%C	*Nital 3%/* Reţea albă fină şi continuă de **compus intermetalic geometric interstiţial** obţinut prin cristalizare secundară – cementita secundară (**Ce_{II}**) – pe fond de **amestec mecanic eutectoid** – perlita (**P**) – de formă lamelară.
7	Fontă albă hipereutectică (Fe-peste 4,3%C)	*Nital 4%/* Ace albe foarte mari (vizibile şi cu ochiul liber) de **compus intermetalic geometric interstiţial** cristalizat primar – cementita primară (**Ce_I**) – pe fond de **amestec mecanic eutectic** – ledeburită secundară (**Le_{II}**) – sub formă de zone întunecate de perlită pe fond alb de cementită secundară.

- Partea scrisă (continuare) -

0	1	2
8	Fontă ferito-perlitică cu grafit nodular	*Nital 4%/* Formațiuni globulare întunecate de **element chimic pur** (**$C_{gr.nod.}$**)– carbon în starea alotropică grafit – înconjurate de grăunți poligonali de culoare deschisă, **soluție solidă interstițială** – ferita alfa (**Fe_{α}**) pe un fond întunecat de **amestec mecanic eutectoid** – perlita (**P**) – de formă lamelară.

B. Partea desenată





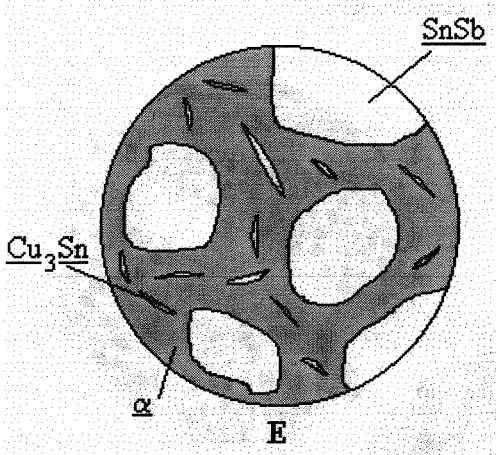
Testul nr.1

1. Dintre micrografiile din partea desenată copiaţi-o pe cea care conţine 2 constituenţi metalografici tip compus intermetalic. Se cere: 2p
2. Tipul compuşilor intermetalici este: 1p
   a – electrochimic, b – geometric, c - electronic
3. Materialul acestei probe este: 1p
   a – alamă, b – aliaj antifricţiune, c – fontă albă hipereutectică, d – fier pur
4. Pe micrografia desenată la pct.1 apare şi al treilea constituent metalografic care este: 2p
   a – o soluţie solidă, b – un amestec mecanic, c – un nemetal pur
5. Faţă de constituentul metalografic identificat la pct.4, compuşii intermetalici sunt: 2p
   a – mai moi, b – mai duri, c – mai radioactivi, d – cu aceleaşi caracteristici
6. Precizaţi cel puţin 3 elemente chimice care fac parte din compoziţia materialului probei. 2p

Rezolvare

1. Este vorba de micrografia E, singura cu 2 compuşi intermetalici definiţi

2. c

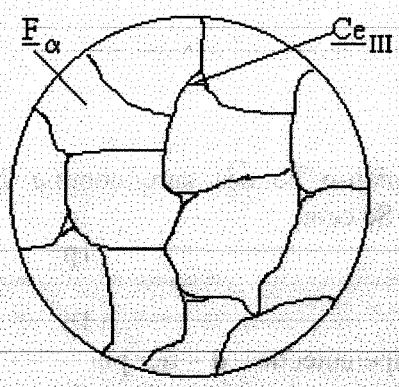


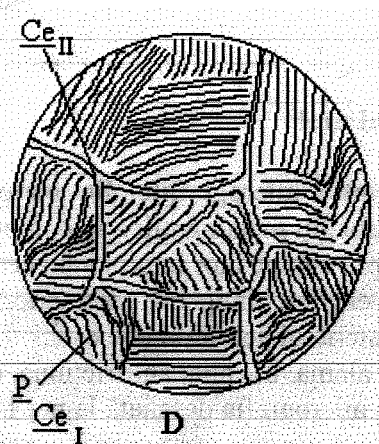
3. b
4. a
5. b
6. Sn – Sb - Cu

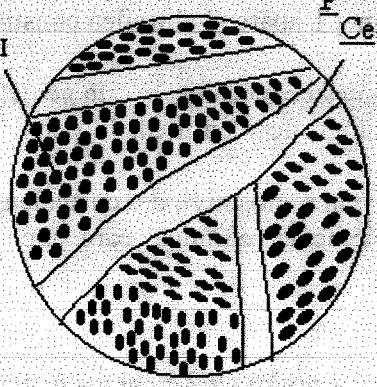
Testul nr.2

1. Dintre micrografiile din partea desenată copiaţi-le pe cele care conţin acelaşi compus intermetalic, obţinut prin câte unul din cele 3 tipuri de transformare: primară, secundară şi terţiară 3p
2. Scrieţi formula stoechiometrică a acestui compus intermetalic 2p
3. Identificaţi aliajele pentru fiecare dintre cele 3 micrografii de la pct.1 3p
4. Care dintre cele 3 aliaje de la pct.3 este cel mai dur şi ce legătură are acest lucru cu forma sub care se găseşte compusul intermetalic sus-menţionat? 2p

Rezolvare





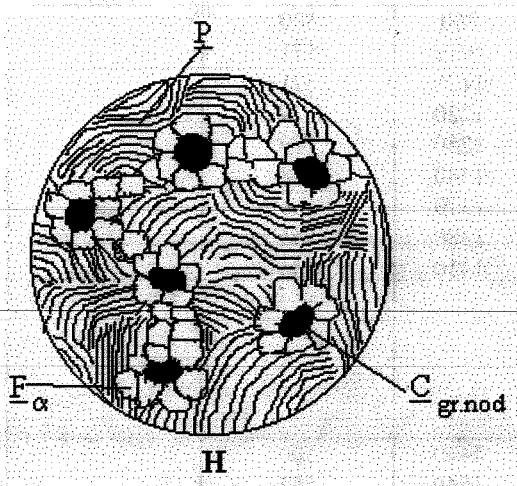


1. Micrografiile B, D şi G

2. Fe_3C
3. B – Fier tehnic pur, D – oţel-carbon hipereutectoid, G – fontă albă hipereutectică
4. Fonta albă hipereutectică este cea mai dură fiindcă are în microstructura sa ace foarte mari de cementită, cristalizată primar, care au avut timp să crească.

Testul nr. 3

1. Copiaţi microstructura unei fonte ferito-perlitice cu grafit nodular. 2p
Se cere să precizaţi:
2. Ce fel de constituent metalografic apare în micrografie? 2p
a – un amestec mecanic eutectic, b – un nemetal pur, c – un compus intermetalic, d – un metal pur
3. Constituentul metalografic căruia îi este caracteristică formula stoechiometrică Fe_3C? 2p
a – ferita, b – perlita, c – ledeburita, d - cementita
4. Constituentul metalografic precizat la pct. 3 există în micrografia analizată în componenţa: 2p
a – feritei, b – perlitei, c – grafitului nodular, d – nu există,
sub formă de: 2p
w – atomi dizolvaţi interstiţial, x – reţea cristalină complexă, y – lamele, amestecate mecanic, z – lamele de grafit



Rezolvare
1. Este vorba despre micrografia H
2. b (carbonul grafit nodular)
3. d
4. b (perlita este un amestec mecanic) + y (în perlită lamelele albe, groase, de ferită sunt amestecate în mod alternativ cu lamelele întunecate, subţiri, de cementită)

2.6 Construirea şi interpretarea diagramelor de echilibru binare

I. Diagrama Ag-Cu

1) Se alege originea, în partea stângă a formatului de hârtie milimetrică, la 500^0C pe ordonată şi 0 secunde pe abscisă.

2) Se marchează, pe ordonată, câte 10^0C la fiecare 4 mm, până la depăşirea temperaturii de topire a cuprului ($T_{topire\ Cu} = 1083^0$C).

3) Se marchează pe abscisa primei diagrame din stânga, care conţine curbele de încălzire cu topire, câte 100 secunde la fiecare 10 mm, până la depăşirea duratei de înregistrare a ultimei curbe (2860 s).

4) În partea dreaptă a formatului de hârtie milimetrică, se marchează abscisa diagramei de fază a sistemului Ag-Cu, măsurând de la dreapta la stânga o porţiune de 100 mm.

5) Pe această porţiune se marchează mai întâi 0 în partea stângă şi 100 %Cu în partea dreaptă şi apoi, la scară, toate concentraţiile celor 6 aliaje pentru care s-au făcut determinările (7; 14; 27; 39,9; 73 şi 95 %Cu). Se marchează la scară temperaturile de topire ale argintului ($T_{topire\ Ag} = 960{,}6^0$C) şi ale cuprului ($1083^0$C) pe ordonatele de la 0 şi respectiv 100% Cu.

6) Se trasează curbele de încălzire cu topire conform datelor de mai jos:

Timp, s	Temperatura, ^{0}C	% Cu	Timp, s	Temperatura, ^{0}C	% Cu
0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
0	500		960	500	
40	529		1080	571	
70	*560*		1170	671	
80	*560*		1220	*779*	
110	631		1250	*779*	
150	700		1340	828	
220	789		1370	*866*	
300	854	7	1380	*866*	27
370	*894*		1410	886	
380	*894*				
410	914				
420	*940*				
430	*940*				
450	957				
480	500		1440	500	
610	586		1540	557	
700	700		1620	629	
720	*779*		1680	714	
750	*779*		1700	*779*	
840	829	14	1770	*779*	39,9
880	877		1850	823	
900	*917*				
910	*917*				
930	934				

0	1	2	3	4	5
1920	500		2400	500	
2040	571		2550	600	
2150	686		2610	714	
2180	*779*		2630	*779*	
2210	*779*		2660	*779*	
2280	843	73	2750	857	95
2310	*909*		2800	957	
2320	*909*		2820	*1029*	
2330	926		2830	*1029*	
2360	943		2840	1043	
			2860	1057	

7) Se notează, de sus în jos, palierele de pe curbele de topire (corespunzătoare temperaturilor scrise cu caractere italice), în ordinea a_i, b_i şi eventual c_i pentru fiecare aliaj *i* şi se translează pe diagrama de echilibru până în dreptul concentraţiei aliajului *i*, pentru fiecare dintre cele 6 aliaje în parte.
8) Se trasează diagrama de echilibru, conform modului de lucru din referat (linia lichidus uneşte cele două temperaturi de topire prin intermediul punctelor critice a_i, linia solidus realizează acelaşi lucru prin intermediul punctelor b_i iar liniile solvus unesc concentraţiile de saturaţie cu solubilităţile de la 500^0C, eventual prin intermediul punctelor c_i).
9) Curbele solvus se trasează ştiind că, la 500^0C, solubilitatea cuprului în α este 6 %Cu iar în β de 98 %Cu. Concentraţiile de saturaţie ale celor două soluţii solide, α şi β, sunt de 14 şi respectiv 95 %Cu.

II. Diagrama Pb-Sb

1) Se alege originea, în partea stângă a formatului de hârtie milimetrică, la 100^0C pe ordonată şi 0 secunde pe abscisă.
2) Se marchează, pe ordonată, câte 20^0C la fiecare 10 mm, până la depăşirea temperaturii de topire a stibiului (630^0C).
3) Se marchează pe abscisa primei diagrame din stânga, care conţine curbele de încălzire cu topire, câte 100 secunde la fiecare 10 mm, până la depăşirea duratei de înregistrare a ultimei curbe (2920 s).
4) În partea dreaptă a formatului de hârtie milimetrică se marchează abscisa diagramei de fază a sistemului Pb-Sb, măsurând de la dreapta la stânga o porţiune de 100 mm.
5) Pe aceasta porţiune se marchează mai întâi 0 în partea stângă şi 100 %Sb în partea dreaptă şi apoi, la scară, toate concentraţiile celor 6 aliaje pentru care s-au făcut determinările (3,5; 10; 13; 40; 95 şi 97 %Sb). Se marchează la scară temperaturile de topire ale plumbului ($T_{topire\ Pb} = 327^0$C) şi ale stibiului (630^0C) pe ordonatele de la 0 şi respectiv 100% Sb.
6) Se trasează curbele de încălzire cu topire conform datelor de mai jos:

Timp, s	Temperatura, ^{0}C	%Sb	Timp, s	Temperatura, ^{0}C	% Sb
50	100		1250	100	
100	177		1300	142	
150	238		1350	174	
170	*246*		1400	200	
200	*246*		1450	222	
220	260		1500	240	
250	284		1520	*246*	
270	*313*	3,5	1550	*246*	40
280	*313*		1600	270	
300	342		1650	304	
310	350		1700	360	
			1720	400	
			1730	*416*	
			1740	*416*	
			1750	426	
			1760	434	
350	100		1800	100	
400	152		1850	160	
450	194		1900	194	
500	224		1950	222	
550	*246*		2000	*246*	
580	*246*		2030	*246*	
600	251		2050	255	
620	258		2100	287	
630	*265*	10	2150	326	95
640	*265*		2200	379	
650	280		2250	439	
660	300		2300	500	
			2350	571	
			2380	*616*	
			2390	*616*	
			2410	630	
700	100		2450	100	
750	132		2480	170	
800	156		2540	*220*	
850	174		2550	*220*	
900	190		2610	260	
950	206		2650	300	
1000	220		2660	*320*	
1050	232		2670	*320*	
1100	242	13	2730	370	97
1120	*246*		2770	420	
1190	*246*		2800	460	
1200	250		2830	510	
1210	254		2850	550	
1220	260		2870	594	
			2890	*622*	
			2900	*622*	
			2920	640	

7) Se notează, de sus în jos, palierele de pe curbele de topire (corespunzătoare temperaturilor scrise cu caractere italice), în ordinea a_i, b_i şi eventual c_i pentru fiecare aliaj *i* şi se translează pe diagrama de echilibru până în dreptul concentraţiei aliajului *i*, pentru fiecare dintre cele 6 aliaje în parte.
8) Se trasează diagrama de echilibru, conform modului de lucru din referat (linia lichidus uneşte cele două temperaturi de topire prin intermediul punctelor critice a_i, linia solidus realizează acelaşi lucru prin intermediul punctelor b_i iar liniile solvus unesc concentraţiile de saturaţie cu solubilităţile de la 100^0C, eventual prin intermediul punctelor c_i).
9) Curbele solvus se trasează ştiind că, la 100^0C, atât solubilitatea stibiului în plumb cât si a plumbului în stibiu sunt nule (0 %Sb şi respectiv 100 %Sb). Concentraţiile de saturaţie ale celor două soluţii solide, α şi β, sunt de 3,5 şi respectiv 97 %Sb.
10) În final, se completează domeniile de echilibru fazic cu constituenţii corespunzători.

III. Diagrama Pb-Sn

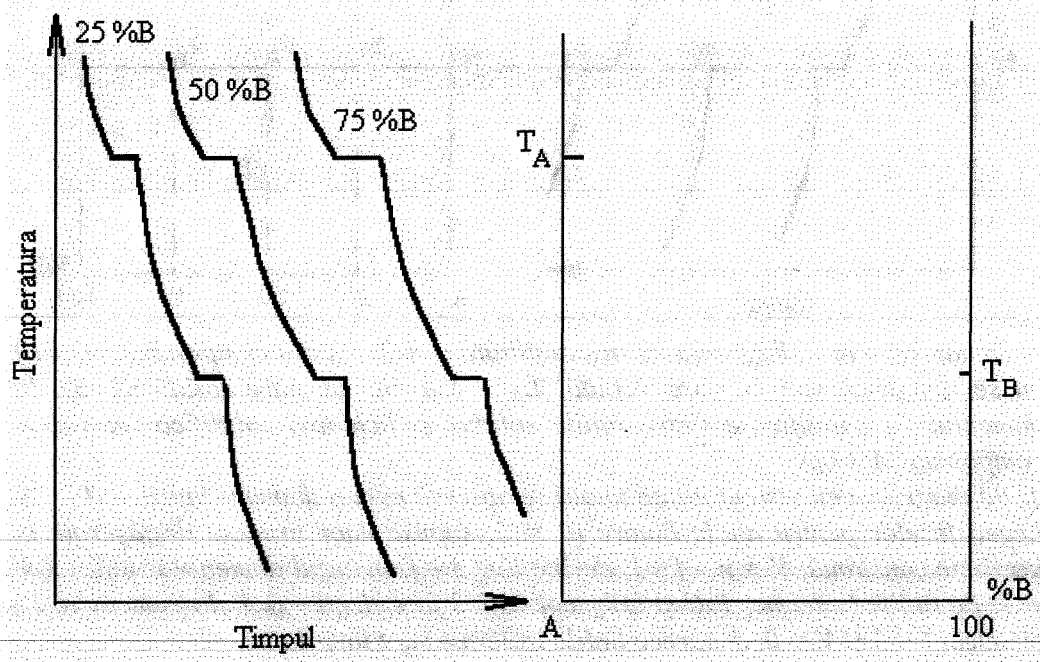
1) Se alege originea, în partea stângă a formatului de hârtie milimetrică, la 0^0C pe ordonată şi 0 secunde pe abscisă.
2) Se marchează, pe ordonată, câte 10^0C la fiecare 8 mm, până la depăşirea temperaturii de topire a plumbului ($T_{topire\ Pb} = 327^0$C).
3) Se marchează pe abscisa primei diagrame din stânga, care conţine curbele de răcire cu solidificare, câte 100 secunde la fiecare 10 mm, până la depăşirea duratei de înregistrare a ultimei curbe (2830 s).
4) În partea dreaptă a formatului de hârtie milimetrică se marchează abscisa diagramei de fază a sistemului Pb-Sn, măsurând de la dreapta la stânga o porţiune de 100 mm.
5) Pe această porţiune se marchează mai întâi 0 în partea stângă şi 100 %Sn în partea dreaptă şi apoi, la scară, toate concentraţiile celor 6 aliaje pentru care s-au făcut determinările (10; 19; 30; 61,9; 80 şi 97,5 %Sn). Se marchează la scară temperaturile de topire ale plumbului (327^0C) şi ale staniului ($T_{topire\ Sn} = 232^0$C) pe ordonatele de la 0 şi respectiv 100% Sn.
6) Se trasează curbele de răcire cu solidificare conform datelor din tabelul de mai jos.
7) Se notează, de sus în jos, palierele de pe curbele de topire (corespunzătoare temperaturilor scrise cu caractere italice), în ordinea a_i, b_i şi eventual c_i pentru fiecare aliaj *i* şi se translează pe diagrama de echilibru până în dreptul concentraţiei aliajului *i*, pentru fiecare dintre cele 6 aliaje în parte.
8) Se trasează diagrama de echilibru, conform modului de lucru din referat (linia lichidus uneşte cele două temperaturi de topire prin intermediul punctelor critice a_i, linia solidus realizează acelaşi lucru prin intermediul punctelor b_i iar liniile solvus unesc concentraţiile de saturaţie cu solubilităţile de la 0^0C, eventual prin intermediul punctelor c_i).

Timp, s	Temperatura, ^{0}C	% Sn	Timp, s	Temperatura, ^{0}C	% Sn
0	327		1500	232	
30	*308*		1520	207	
40	*308*		1540	*182*	
70	295		1620	*182*	
100	*278*		1630	150	
110	*278*		1650	117	
150	248		1680	85	
180	225		1730	53	
200	197	10	1780	27	61,9
220	175		1840	0	
250	150				
280	*125*				
290	*125*				
320	100				
400	50				
500	0				
550	310		1900	250	
560	300		1910	232	
580	*289*		1920	*216*	
590	*289*		1930	*216*	
610	270		1950	200	
630	250		1970	*182*	
650	225		2030	*182*	
660	200	19	2060	157	80
670	*182*		2100	130	
710	*182*		2140	100	
730	145		2200	70	
760	125		2240	47	
880	40		2280	24	
910	19		2340	0	
970	0				
1000	310		2400	250	
1020	294		2420	*231*	
1050	279		2430	*231*	
1090	*265*		2450	206	
1100	*265*		2480	*182*	
1120	238		2520	*182*	
1140	213		2560	157	
1150	200		2590	132	
1160	*182*	30	2630	106	97,5
1210	*182*		2670	80	
1220	163		2700	60	
1240	136		2740	38	
1280	100		2790	13	
1310	75		2830	0	
1360	50				
1400	25				
1480	0				

9) Curbele solvus se trasează ştiind că, la 0^0C, solubilitatea staniului în α este de 2 % Sn şi în β este nulă (100 %Sn). Concentraţiile de saturaţie ale celor două soluţii solide, α şi β sunt de 19 şi respectiv 97,5 %Sn.
10) În final, se completează domeniile de echilibru fazic cu constituenţii corespunzători

Testul nr. 1

Aplicând metoda grafică obţineţi diagrama de echilibru a sistemului de aliaje A-B, pentru care s-au trasat, în figura de mai jos, curbele de răcire cu solidificare corespunzătoare celor 3 compoziţii chimice specificate pe fiecare curbă. Cu T_A şi T_B s-au notat temperaturile de topire ale celor 2 componenţi.



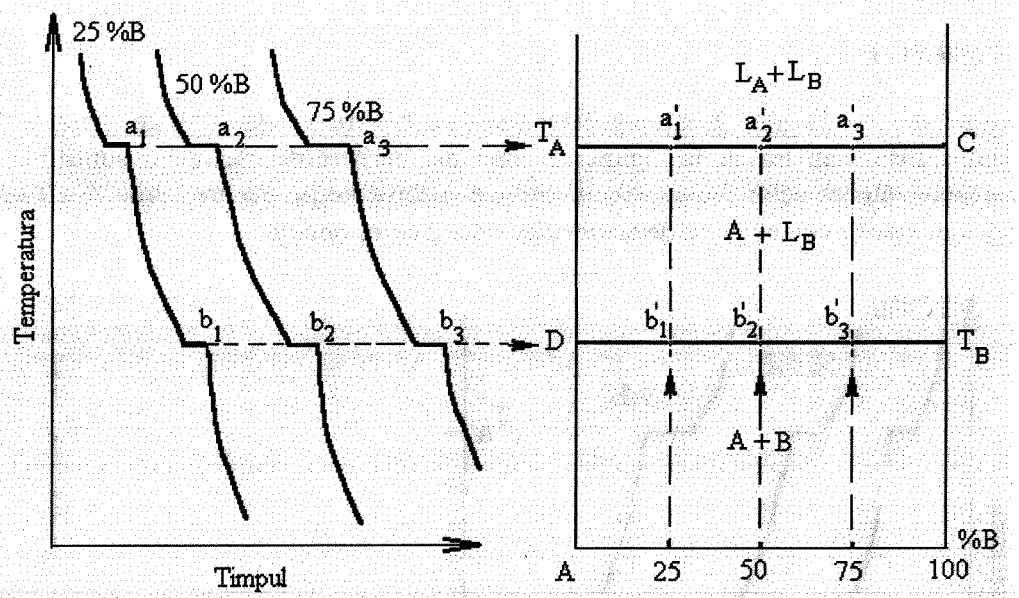
Se vor parcurge următoarele etape:

1. Translarea punctelor critice pe diagrama de echilibru	3p
2. Obţinerea liniilor lichidus şi solidus şi identificarea lor	3p
3. Notarea constituenţilor fazici pe diagramă	2p
4. Aplicarea legii fazelor în domeniile de stabilitate a constituenţilor	2p

Rezolvare

1. Pe curbele de răcire cu solidificare, se notează cu $a_{1,2,3}$ palierele de sus şi cu $b_{1,2,3}$ cele de jos. Fiecare palier se translează pe diagrama de echilibru până în dreptul concentraţiei aliajului respectiv, rezultând punctele critice $a'_{1,2,3}$ şi $b'_{1,2,3}$.

2. Linia lichidus uneşte T_A cu T_B prin intermediul punctelor critice $a'_{1,2,3}$, deci conform reprezentării de mai jos, ea este T_ACT_B. Linia solidus este T_ADT_B deoarece uneşte cele 2 temperaturi prin intermediul punctelor $b'_{1,2,3}$.



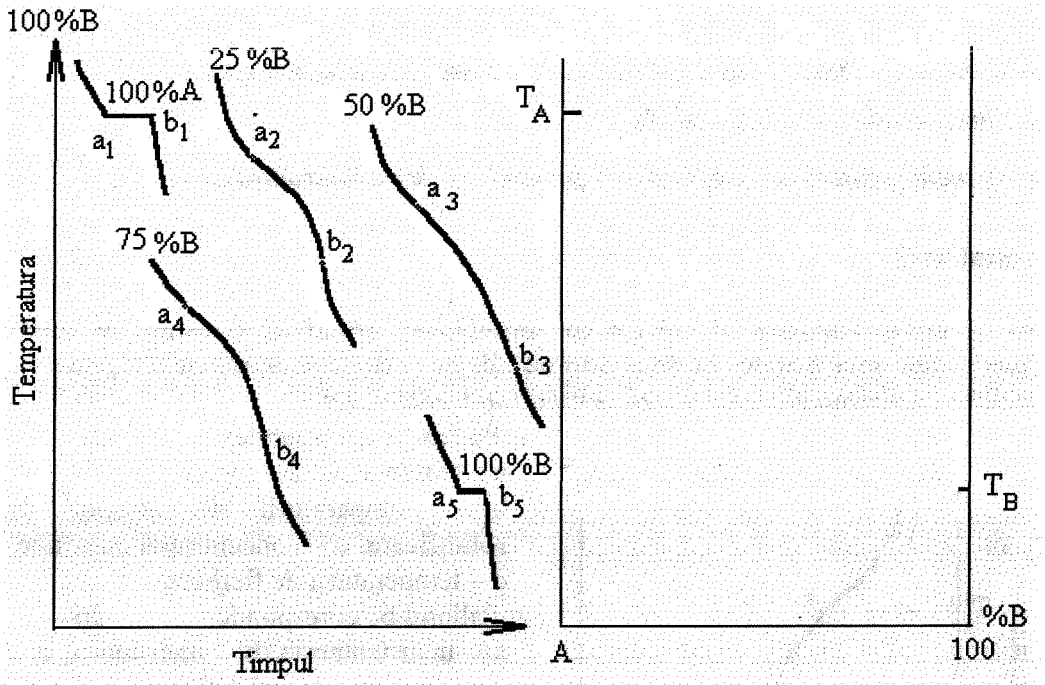
3. Deoarece este o diagramă cu insolubilitate totală, cei doi componenţi (A şi B) nu se amestecă nici în stare lichidă (L_A + L_B) nici în stare solidă (A+B). În domeniul de solidificare (între liniile solidus şi lichidus) solidifică un singur component (A +L_B)

4. Pe diagrama cu insolubilitate totală se observă numai domenii bifazice (f = 2). Legea fazelor pentru aliaje binare (n = 2) supuse unor procese desfăşurate la presiune constantă, V = n – f +1, devine V = 3 – f. În cazul domeniilor bifazice V = 1. Pe liniile izoterme, T_AC şi DT_B, coexistă 3 faze: L_A, L_B şi A şi respectiv A, L_B şi . Deci f = 3 şi V = 0, deoarece liniile izoterme sunt invariante.

Testul nr.2

În figura de mai jos s-au trasat 5 curbe de răcire cu solidificare, pentru 5 concentraţii de aliaje aparţinând sistemului A-B. Se cere:

1. Să se aplice metoda grafică obţinându-se diagrama de echilibru termodinamic a sistemului de aliaje A-B şi să se completeze domeniile de stabilitate cu constituenţii metalografic corespunzători 3p
2. Precizaţi tipul diagramei obţinute:
   a – cu insolubilitate totală, b – cu solubilitate totală, c – cu eutectic, d – cu peritectic 1p
3. Aplicaţi legea fazelor direct pe domeniile diagramei 2p

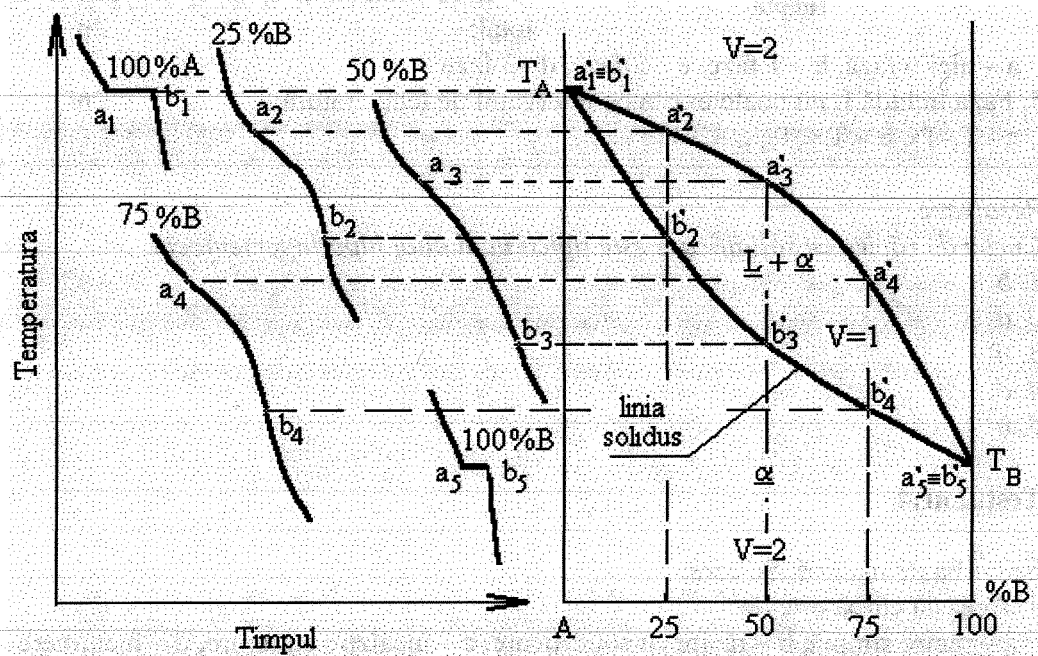


4. Pe diagrama obţinută identificaţi linia solidus 1p

5. Identificaţi punctul, de pe diagrama de echilibru, până unde trebuie încălzit aliajul A-50%B pentru a-şi pierde consistenţa solidă? 3p

Rezolvare

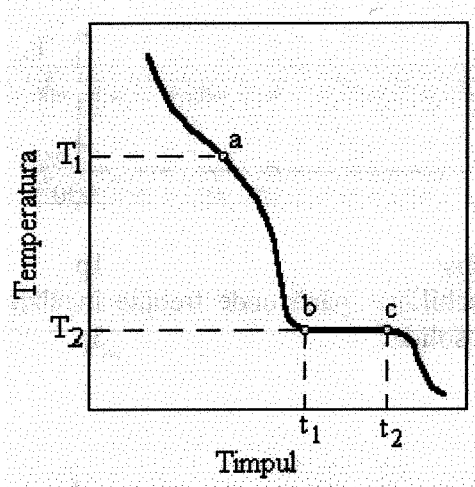
1.



2. b
3. În domeniul bifazic (de solidificare) V = 1 iar în cele monofazice V = 2
4. Linia solidus este $T_A b_2' b_3' b_4' T_B$
5. Primele picături de lichid apar în punctul b_3' de pe linia solidus.

Testul nr.3

Se dă curba alăturată, de răcire cu solidificare. Ştiind că o astfel de curbă corespunde unui anume tip de sistem de aliaje, A-B, în legătură cu diagrama de echilibru a acestui sistem, se cere să precizaţi următoarele:



1. Punctul a corespunde: 2p
   a – temperaturii de topire,
   b – temperaturii de început de solidificare, c – concentraţiei eutectice,
   d – temperaturii de fierbere
2. Palierul bc corespunde: 2p
   a – unei izoterme, b – unei topiri, c – unui început de solidificare, d – unei curbe solvus
3. Între temperaturile T_1 şi T_2 vor exista fazele: 2p
   a – α + L, b – α + β, c – $L_A + L_B$,
   d – A + B
4. Între momentul t_1 şi t_2 (co)există în total: 2p
   a – nici o fază, b – 1 faze, c – 2 faze, d –3 faze
5. Faza lichidă L nu poate exista pe intervalul de temperatură: 2p
   a - T_1-T_2, b – $T < T_2$, c – $T > T_1$

Rezolvare
Curba de răcire cu solidificare este tipică unui aliaj hipo(hiper)eutectic.
1. b
2. a
3. a
4. d
5. b

Testul nr.4

Se curba de mai jos. Se cere:
1. Această curbă este de: 2p
   a – răcire simplă, b – răcire cu solidificare, c – încălzire cu topire, d – menţinere

2. Ea se poate obţine în cazul unui aliaj dintr-un sistem cu: 2p

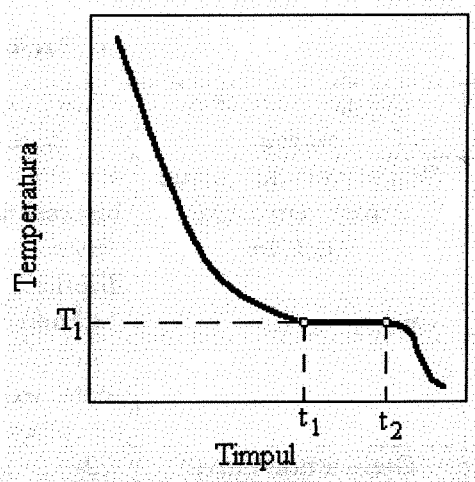
a –solubilitate totală, b – element chimic pur, c –solubilitate limitată în stare lichidă, d –monotectic

3. Faza lichidă există până în momentul: 3p

a – t_1, b – t_2, c – numai între t_1 şi t_2, d – pe toată durata fenomenului

4. Faza solidă poate fi: 3p

a – o soluţie solidă, b – un precipitat format sub curba solvus prin cristalizare secundară, c – un element pur sau un amestec mecanic eutectic



Rezolvare

1. b

2. b

3. a

4. c

Testul nr. 5

Se dă curba alăturată, de topire cu solidificare. Se cere:

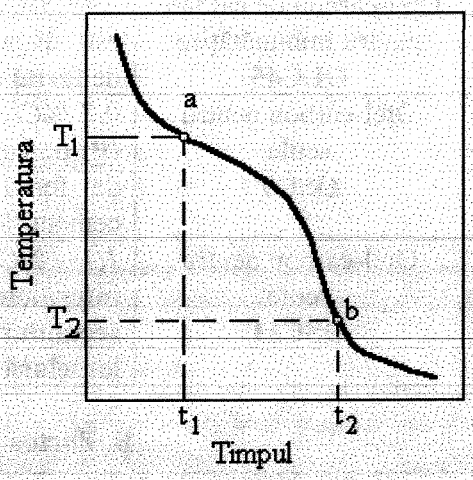
1. Curba corespunde unui aliaj: 2p

a – cu solubilitate totală, b – tip amestec mecanic eutectic pur, c – cu insolubilitate totală, d – hipoeutectic

2. Faza lichidă există la temperatura T: a – $T > T_1$, b – $T < T_2$, c – $T > T_2$ 2p

3. Punctul b reprezintă: 3p

a – începutul solidificării, b – sfârşitul reacţiei peritectice, c – temperatura de topire eutecticului, d – sfârşitul solidificării



4. Punctul a aparţine: 3p

a – linie solidus, b – liniei solvus, c – liniei lichidus, d – concentraţiei eutectice

Rezolvare

1. a

2. c

3. d

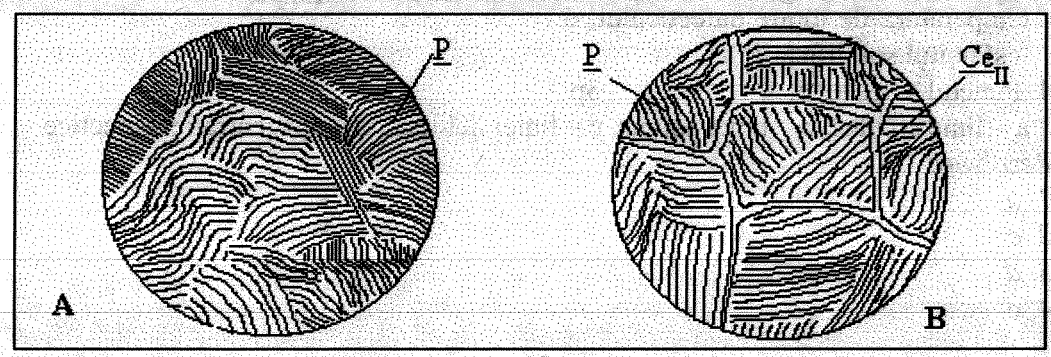
4. c

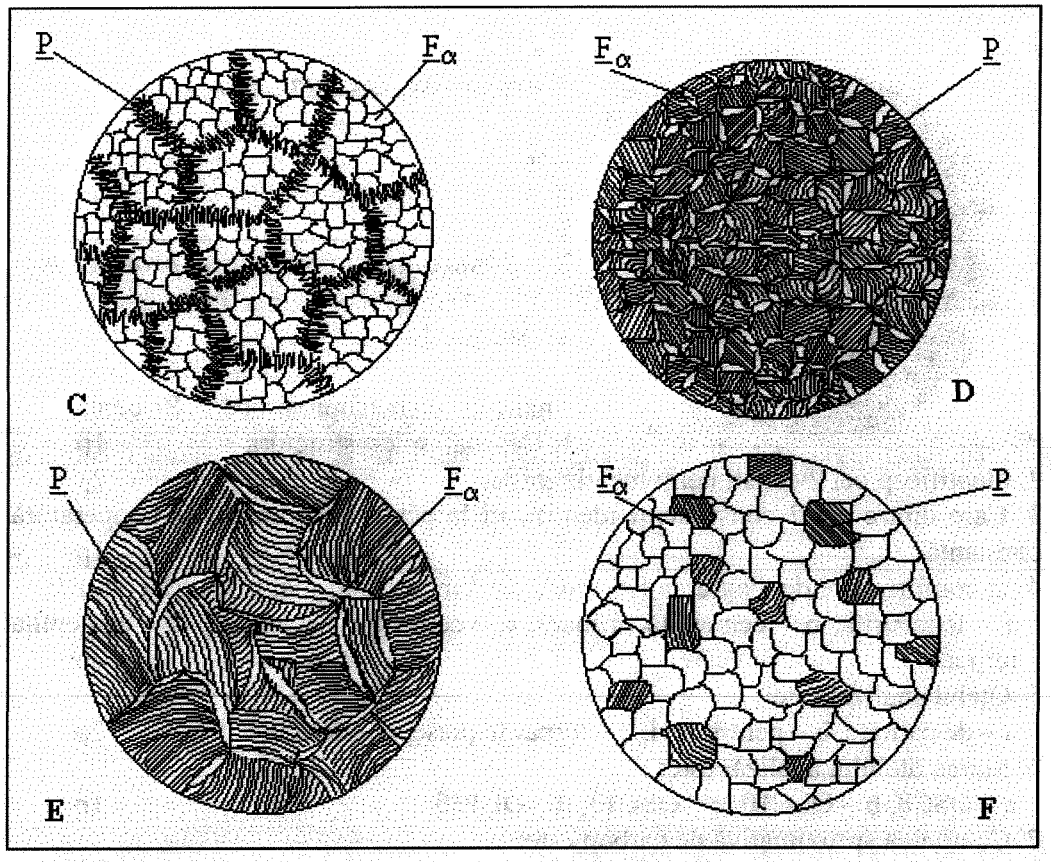
2.7 Microscopia metalografică a oțelurilor- carbon

A. Partea scrisă

Nr. crt.	Denumirea probei **marca**	*Cantitatea aproximativă de carbon/* Descrierea micrografiei (**constituenți metalografici**)
1	Oțel-carbon de calitate pentru cementare **OLC10**	*0,1 %C/* Grăunți poligonali de **soluție solidă interstițială (ferita alfa = F_α)**, de culoare deschisă. Din cauza orientării cristalografice diferite, unii grăunți au fost corodați mai puternic și apar mai întunecați. **Amestecul mecanic eutectoid (perlita = P)** este în cantitate foarte redusă și apare sub formă de insule izolate de culoare întunecată.
2	Oțel-carbon turnat **OT450**	*0,2-0,3 %C/*Pe fondul grăunților poligonali, de culoare deschisă, de **ferită alfa (F_α)**, este dispusă o rețea întunecată de **perlită (P)**.
3	Oțel-carbon obișnuit obținut prin deformare plastică **OL60**	*0,4 %C/* Pe un fond de **perlită lamelară (P)** este dispusă o rețea grosolană, cu ochiuri mici, de **ferită alfa (F_α)**.
4	Oțel-carbon de calitate pentru îmbunătățire **OLC45**	*0,45 %C/* Pe un fond de **perlită lamelară (P)** este dispusă o rețea grosolană, cu ochiuri mari, de **ferită alfa (F_α)**.
5	Oțel-carbon pentru scule **OSC7**	*0,7 %C/* Câmp de colonii de **perlită lamelară (P)** pe care se pot distinge lamelele albe groase de ferită alfa și cele întunecate subțiri de cementită secundară
6	Oțel-carbon pentru scule **OSC11**	*1,1 %C/* Rețea albă fină de **compus intermetalic geometric interstițial (cementita secundară = Ce_{II})** pe un fond de **perlită lamelară (P)**

B. Partea desenată





Testul nr.1

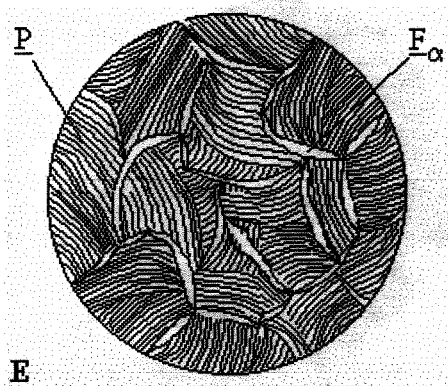
Se dă proba E. Se cere:

1. Desenați microstructura 1p
2. Identificați constituenții metalografici 2p
3. Precizați tipul oțelului-carbon:
   a – hipoeutectoid, b – eutectoid, c – hipereutectoid, d - eutectic 1p
4. Identificați marca oțelului dintre:
   a – OLC10, b – OT450, c – OL60, d – OLC45 2p
5. După destinație, acestui oțel-carbon este:
   a – de construcție, b – de scule, c – de rulmenți, d – refractar 1p
6. Ce informație oferă marca identificată la pct.4 despre oțelul analizat?
   a – $R_m > 60$ daN/mm^2, b – conține ~ 0,45 %C, c - conține ~ 0,1 %C, d - conține ~ 4,5 %C 1p
7. Considerând că proba a fost răcită lent, din domeniul austenitic, prima dată s-a format:

a – martensita, b – perlita, c – ferita, d – cementita 2p

Rezolvare

1.



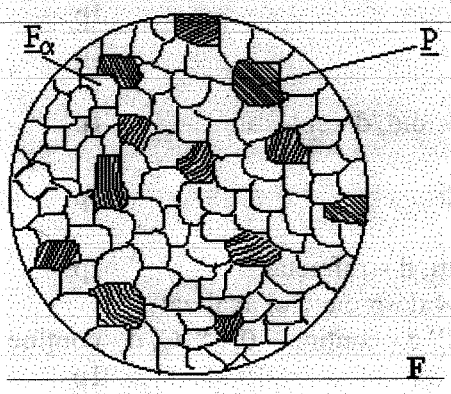
2. Ferita alfa şi perlita
3. a
4. d
5. a
6. b
7. c (ferita alfa este constituent proeutectic)

Testul nr. 2

Analizaţi microscopic proba F. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Care dintre cei 2 constituenţi identificaţi la pct.2 se formează la temperatură constantă? 1p
4. În conformitate de diagrama Fe-Fe_3C, acest material ar mai trebui să conţină:
   a – ledeburita, b – cementită primară, c – cementită secundară, d – cementită terţiară 2p
5. Oţelul analizat este:
   a – de calitate, b – pentru ţevi, c – turnat în piese, d – de scule 2p
6. Marca oţelului analizat este:
   a – OSC8, b – OLC10, c – OSC13, d – OLT35 1p
7. Cantitatea aproximativă de carbon este:
   a – 1,3 %, b –1 %, c – 0,1 %, d – 35 % 1p

Rezolvare

1.



2. Ferita alfa şi perlita
3. Perlita
4. d
5. a
6. b
7. c

Testul nr. 3

Analizaţi microscopic proba D. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Tipul oţelului este:

a – martensitic, b – hipoeutectoid, c – eutectoid, d - hipereutectoid 2p

4. Marca oţelului dintre:

a – OLT65, b – OCS52, c – OL60, d – OLC45 2p

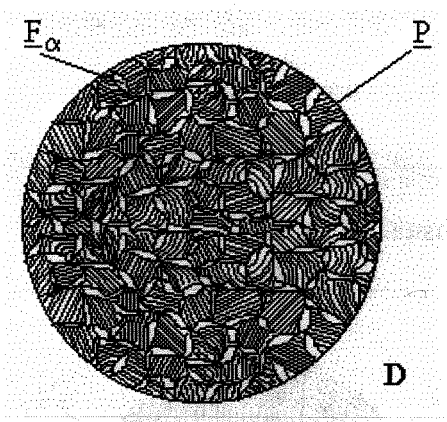
5. După destinaţie, acestui oţel-carbon este:

a – de construcţie, b – de scule, c – inoxidabil, d – manganos 1p

6. Care este ultima operaţie metalurgică la care a fost supus oţelul analizat:

a – strunjirea, b – turnarea, c – sudarea, d – laminarea 2p

Rezolvare



1.
2. Ferita alfa şi perlita
3. b
4. c
5. a
6. d

Testul nr. 4

Analizaţi microscopic proba A. Se cere:

1. Desenaţi microstructura 1p
2. Constituentul metalografic observat este:

a – omogen, b – eterogen 1p

şi este de tip:

w – element chimic pur, x – soluţie solidă, y – amestec mecanic, z – compus intermetalic 1p

3. Identificaţi marca oţelului dintre:

a – OL60, b – OSC7, c – OLC45, d – OT450 1p

4. După destinaţie, este un oţel:

a – feritic, b – austenitic, c – de construcţie, d – de scule 2p

5. În conformitate cu marca identificată la pct.3, cantitatea aproximativă de carbon conţinută de oţelul analizat este:

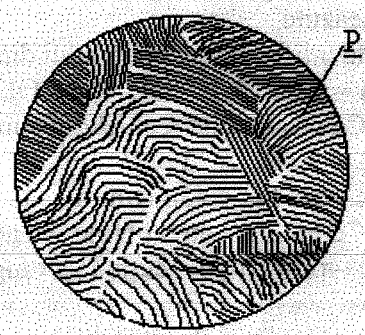
a – 70 %C, b – 7 %, c – 0,7 %, d – 0,07 % 2p

6. Conform diagramei Fe-Fe_3C, constituentul metalografic observat în microstructura oţelului s-a format la:

a – 727^0C, b – 912^0C, c – 1148^0C, d – 1538^0C 2p

Rezolvare

1.
2. b + y
3. b
4. d
5. c
6. a



Testul nr. 5

Analizaţi microscopic proba B. Se cere:

1. Desenaţi microstructura 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Precizaţi tipul oţelului-carbon analizat:
   a – hipoeutectoid, b – eutectoid, c – hipereutectoid, d – hipereutectic 1p
4. După destinaţie, acest oţel-carbon este:
   a – de construcţii, b – de scule, c – pentru arcuri, d – refractar 1p
5. Identificaţi marca oţelului dintre:
   a – OSC7, b – OLC45, c – OL37, d – OSC11 2p
6. Din simbolizarea oţelului, se cunoaşte că:
   a – are $R_m > 37$ daN/mm^2, b – conţine ~ 1,1 %C, c – are $R_m > 11$ daN/mm^2, d – conţine ~ 45 %C 1p
7. Presupunând că proba a fost răcită lent, din domeniul austenitic, primul constituent format a fost:
   a – ferita, b – perlita, c – cementita, d – martensita 2p

Rezolvare

1.

2. Cementita secundară şi perlita

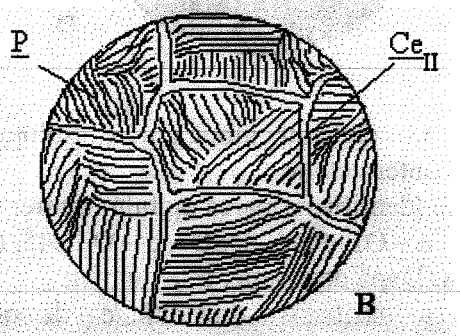
3. c

4. b

5. d

6. b

7. c



Testul nr. 6

Analizaţi microscopic proba C. Se cere:

1. Desenaţi microstructura 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Prelucrarea finală a acestui oţel-carbon a fost:
   a – călirea, b – sudarea, c – turnarea, d –deformarea plastică 1p
4. Destinaţia acestui oţel-carbon este:
   a – de construcţii, b – de scule, c – pentru rulmenţi, d – pentru temperaturi scăzute 1p
5. Identificaţi marca oţelului dintre:
   a – OLC10, b – OL44, c – OLT35, d – OT450 1p
6. Ce proprietate rezultă din simbolizarea oţelului:
   a – are $R_m > 35$ daN/mm^2, b – are $R_m > 450$ N/mm^2, c – conţine ~ 0,45 %C, d – are $R_m < 450$ N/mm^2 2p
7. Ce produs puteţi obţine din acest oţel fără a-i modifica compoziţia? 2p
   a – rulment, b – cuţit de strung, c – rezervor WC, d – electrod de sudură

Rezolvare

1.

2. Ferita alfa şi perlita

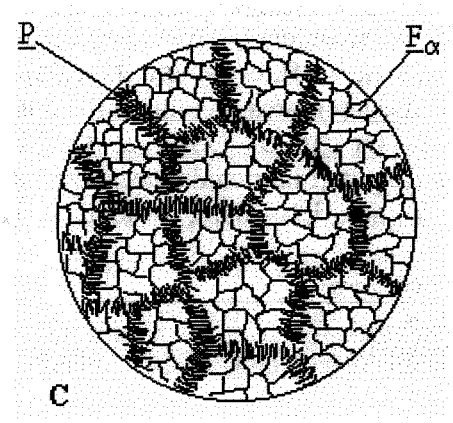
3. c

4. a

5. d

6. b

7. c



Testul nr.7

Se marca de oţel-carbon OCS58. Se cere:

1. Este un oţel-carbon de:
   a – construcţie, b – scule, c – rulmenţi, d – nitrurare 1p
2. Microstructura de echilibru a acestui oţel conţine:
   a – $\underline{F_\alpha}$ + $\underline{P}$, b – $\underline{F_\alpha}$ + $\underline{P}$ + $\underline{Ce_{III}}$, c – $\underline{P}$ + $\underline{Ce_{II}}$, d – Le_{II} + $\underline{Ce_I}$, 2p

deoarece este:

   w – hipoeutectic, x – hipoeutectoid, y –eutectic, z – eutectoid 2p
3. La ce proprietate se referă numărul 58 din simbolizare ?
   a – %C x 10, b – %C x 100, c – anul fabricaţiei, d – R_m 2p
4. Din acest oţel se pot fabrica: 1p
   a – confecţii sudate, b – rulmenţi, c – came, d – ţevi
5. Caracteristica acestui oţel este:
   a – rezistenţa la cald, b – turnabilitatea, c – granulaţia fină, d – rezistenţa la uzură 2p

Rezolvare

1. a

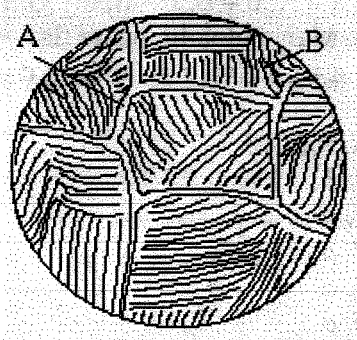
2. b + x

3. d

4. a

5. c

Testul nr. 8



Oţelul din micrografia alăturată conţine 2 constituenţi care au aspect de: reţea albă fină – A şi colonii lamelare – B. Se cere să precizaţi:

1. După structura de echilibru, oţelul este: 1p
   a – hipoeutectoid, b –hipereutectoid, c –eutectoid
2. Considerând că A este foarte dur şi ţinând cont de aspectul său, atunci el poate fi:
   a – $\underline{F_\alpha}$, b – $\underline{Ce_{II}}$, c – $\underline{P}$, d –$\underline{Le_{II}}$ 2p
3. Constituentul B este:

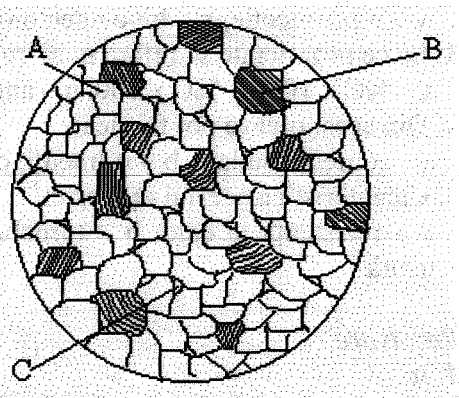
a – P, b – C_{grafit}, c – F_{α}, d – Ce_{I} 2p

4. La răcire lentă, din domeniul austenitic, prima dată s-a obţinut constituentul:
   a – A, b – B, c – ambii, în acelaşi timp 2p
5. Alegeţi marca oţelului-carbon analizat dintre:
   a – OLC10, b – OSC7, c – OSC11, d – OT450 1p
6. Ce puteţi fabrica din acest oţel, fără modificarea compoziţiei chimice?
   a – arcuri, b – dălţi, c – ţevi, d – rame sudate 2p

Rezolvare

1. b
2. b
3. a
4. a
5. c
6. b

Testul nr. 9



Se dă micrografia alăturată, a unui oţel-carbon care conţine constituenţii metalografici A, B şi C. Se cere să precizaţi:

1. Tipul oţelului:
   a – hipoeutectic, b –hipoeutectoid,
   c –eutectic, d – eutectoid 1p
2. Constituentul alb (A), sub formă de grăunţi poligonali, este:
   a – F_{α}, b – Ce_{II}, c – P, d – Ce_{I} 1p
3. Zonele lamelare de constituent B corespund:
   a – perlitei, b – cementitei, c – fosforului, d – austenitei 2p
4. Constituentul C, aflat în proporţie foarte mică, se numeşte:
   a – Ce_{I}, b – Ce_{II}, c – Ce_{III}, d – $C_{gr.lamelar}$ 2p
5. La răcire foarte lentă, ultimul constituent format este:
   a – A, b – B, c – C, d – grafit 3p
6. Marca oţelului poate fi:
   a – OLC45, b – OLC10, c – OL60, d – OSC11 1p

Rezolvare

1. b
2. a
3. a
4. c
5. c
6. b

2.8 Microscopia metalografică a fontelor obişnuite

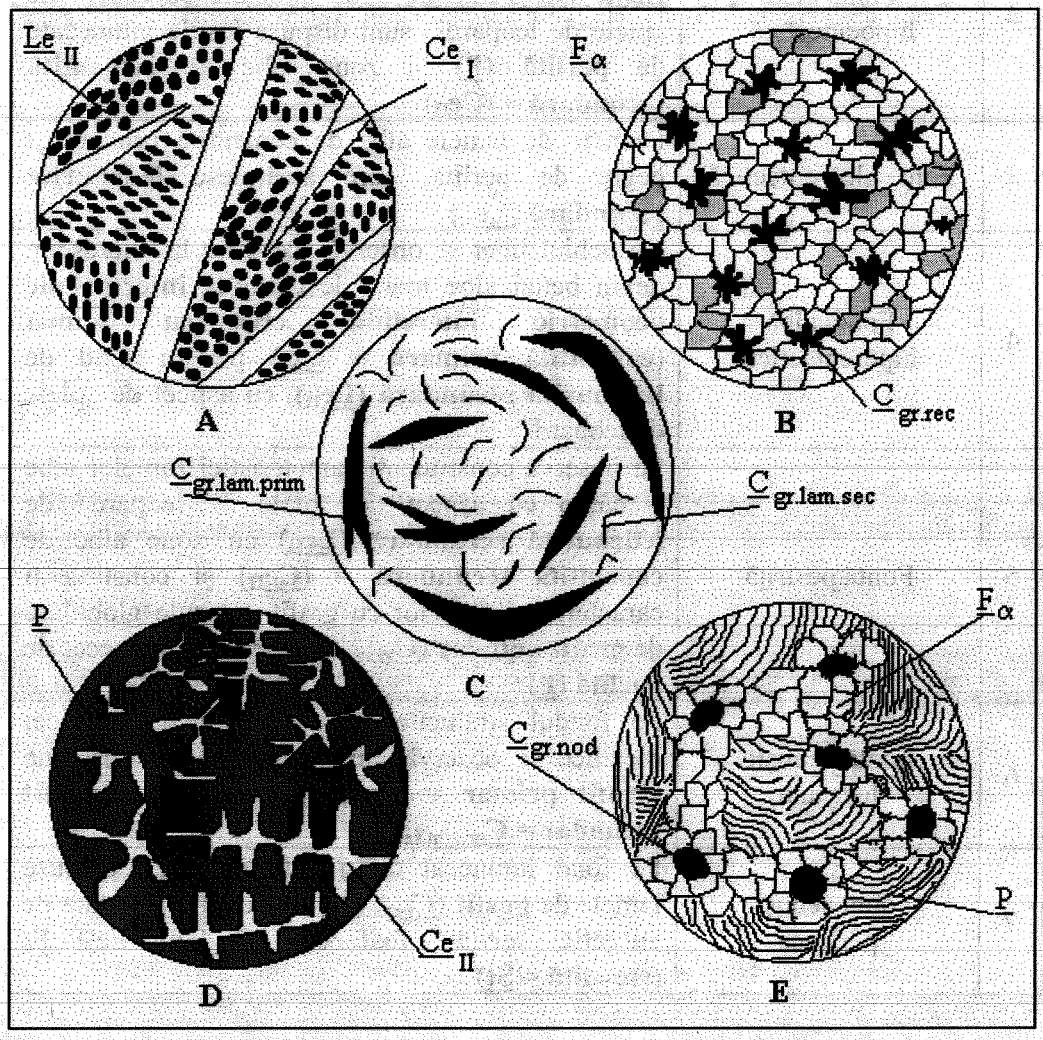
A. Partea scrisă

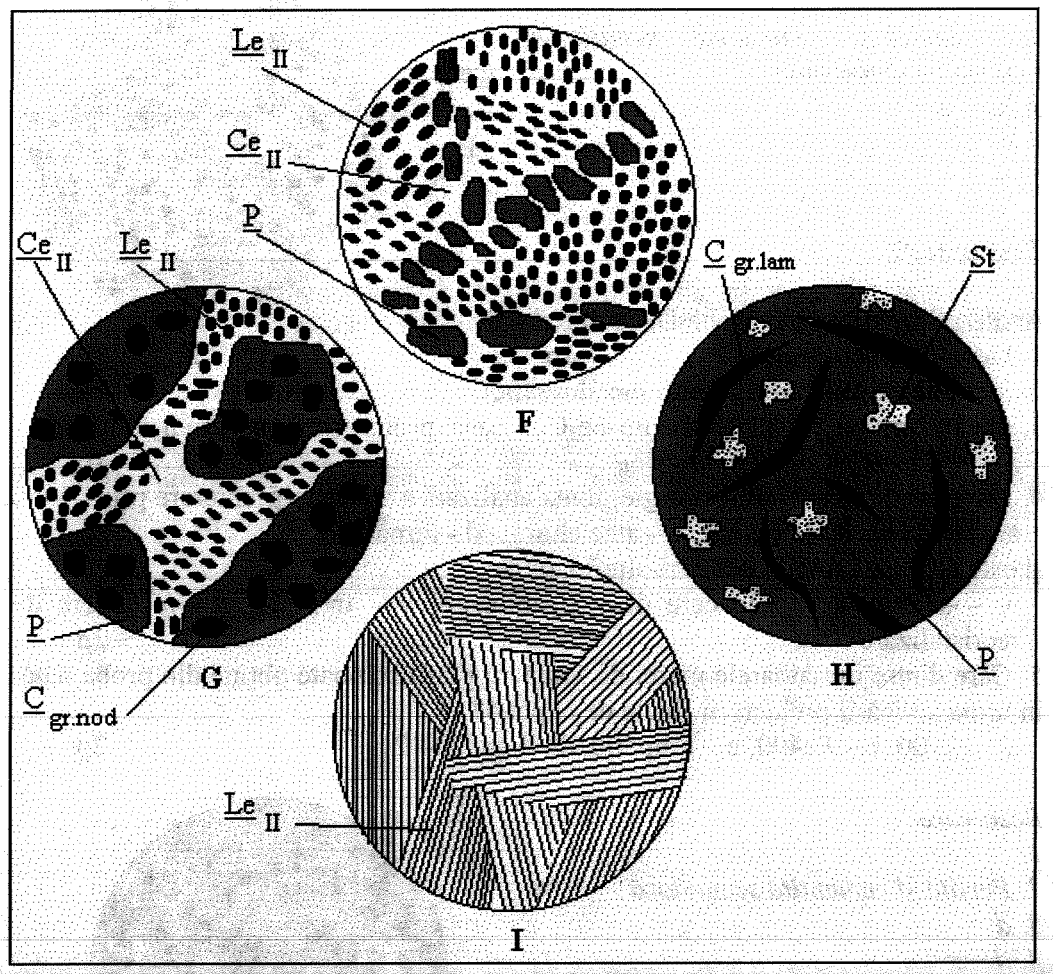
Nr. crt.	Denumirea probei	Descrierea micrografiei (**constituenţi metalografici**) *Reactiv: NITAL 4%*
0	**1**	**2**
1	Fontă albă de maleabilizare	Pe un fond întunecat de **amestec mecanic eutectoid (perlită = P)** este dispusă o reţea albă dendritică de **compus intermetalic geometric interstiţial** cristalizat secundar **(cementită secundară = Ce_{II})**
2	Fontă albă hipoeutectică	Pe un câmp de **amestec mecanic eutectic** cristalizat secundar **(ledeburită secundară = Le_{II})**, sub formă de zone punctate cu aspect de „piele de leopard", sunt dispuse insule întunecate de **perlită (P)** şi zone albe de **cementită secundară = (Ce_{II})**
3	Fontă albă eutectică	Pachete de lamele albe de cementită primară şi negre de perlită, care alcătuiesc **ledeburita secundară (Le_{II})**
4	Fontă albă hipereutectică	Cu ochiul liber se observă ace, care la microscop devin benzi albe mari, de **compus intermetalic geometric interstiţial** cristalizat primar **(cementită primară = Ce_I)** pe un fond de **ledeburită secundară (Le_{II})**, cu aspect de „piele de leopard"
5	Fontă pestriţă	Se observă constituenţi caracteristici fontelor albe – câmp cu aspect de „piele de leopard" de **ledeburită secundară (Le_{II})** cu zone albe de **cementită secundară = (Ce_{II})** şi constituenţi caracteristici fontelor cu grafit – insule globulare de **grafit nodular ($C_{gr.nodular}$)** pe fond întunecat de **perlită (P)**
6	Fontă cenuşie lustruită	Pe fondul strălucitor care corespunde matricei metalice se observă lamele întunecate grosolane **(grafit primar = $C_{gr.lam.prim.}$)** sau fine **(grafit secundar = $C_{gr.lam.sec.}$)**
7	Fontă cenuşie perlitică	Pe fond întunecat de **perlită (P)** sunt dispuse lamele de **grafit ($C_{gr.lam.}$)** şi zone albe punctate de **eutectic ternar fosforos** de $Fe_3C+Fe_3P+F_\alpha$ **(steadită = St)**

- A. Partea scrisă (continuare)-

0	1	2
8	Fontă ferito-perlitică cu grafit nodular	**Carbonul grafit nodular** (**$C_{gr.nod}$**) este dispus în zonele albe, de grăunţi poligonali, de **soluţie solidă interstiţială** de carbon dizolvat în fier alfa (**ferita alfa = Fe_{α}**) care sunt înconjurate de colonii de **perlită** (**P**)
9	Fontă maleabilă cu miez negru	Pe un fond alcătuit din grăunţi poligonali albi (dintre care unii mai închişi la culoare din cauza atacului chimic selectiv, datorat diferenţelor de orientare cristalografică) de **ferită alfa** (**Fe_{α}**) sunt dispuse cuiburi de **grafit de recoacere** (**$C_{gr.rec.}$**)

B. Partea desenată





Testul nr.1

Analizați metalografic proba F. Se cere:

1. Desenați micrografia 1p
2. Identificați cei 3 constituenți metalografici 3p
3. După aspectul în casură, proba analizată este o fontă:
   a – argintie, b – albă, c – cu grafit, d – pestriță 1p

   iar după compoziția chimică este:
   w – hipoeutectică, x – eutectică, y – hipereutectică, z – martensitică 1p
4. Procedeul metalurgic prin care a fost elaborată proba este:
   a – atacul chimic, b – strunjirea, c – turnarea, d – laminarea 2p
5. Ce produs se poate obține din acest tip de fontă?
   a – lamă de ras, b – piatră de moară, c – rulment, d – potcoavă 2p

Rezolvare

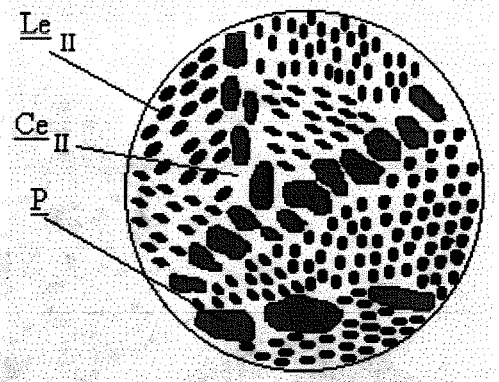
1.

2. Cementită secundară, perlită şi ledeburită secundară

3. b + w

4. c

5. b



F

Testul nr. 2

Analizaţi metalografic proba D. Se cere:

1. Desenaţi micrografia 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. În conformitate cu diagrama Fe-Fe_3C, această probă ar trebui să mai conţină:
   a – $\underline{Fe_\alpha}$, b – $\underline{Ce_I}$, c – $\underline{Ce_{II}}$, d - $\underline{Le_{II}}$ 1p
4. Din punct de vedere metalurgic, fonta analizată a suferit o prelucrare prin:
   a – laminare, b – strunjire, c – atac chimic, d - turnare 2p
şi este destinată unei prelucrări ulterioare de:
   w – sudare, x – recoacere de maleabilizare, y – trefilare, z - recoacere de recristalizare 2p
5. Care dintre următoarele mărci de fontă cu grafit se poate obţine din proba dată, în urma aplicării prelucrării finale de la pct.4?
   a – Fc100, b – Fc400, c – Fmp500, d – Fgn400-12 2p

Rezolvare

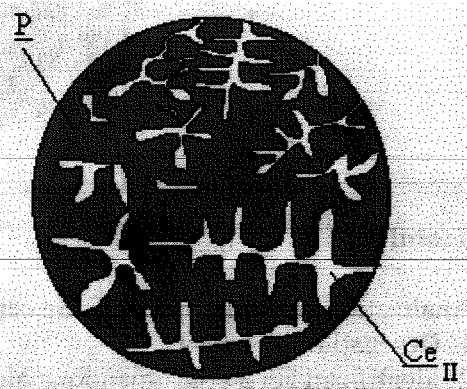
1.

2. Perlită şi cementită secundară

3. d

4. d + x

5. c



D

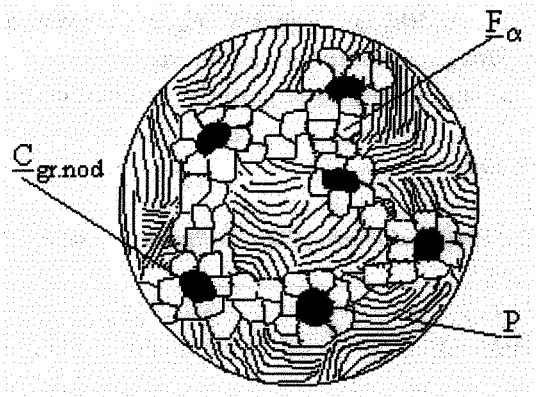
Testul nr. 3

Analizaţi metalografic proba E. Se cere:

1. Desenaţi micrografia 1p
2. Identificaţi cei 3 constituenţi metalografici 3p
3. După aspectul în casură, proba analizată este o fontă:
   a – albă, b – cu grafit, c – pestriţă, d – maleabilă 1p
iar după structură este:
   w – feritică, x – ferito-perlitică, y – perlitică, z – austenitică 1p
4. Care dintre următoarele mărci de fontă poate fi proba analizată?
   a – Fc 200, b – FrAl 22, c – Fma 350, d – Fgn 500-7 2p
5. Ce produs se obţine, în mod curent, din acest tip de fontă? 2p

a – țeavă de radiator, b – cilindru de laminor, c – arbore cotit, d – cuțit de strung

Rezolvare
1.
2. Perlită, ferită alfa și carbon grafit nodular
3. b + x
4. d
5. c

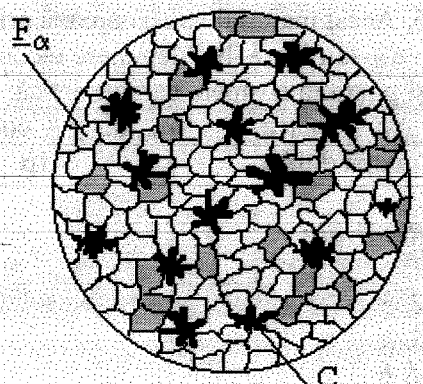


E

Testul nr.4

Analizați metalografic proba B. Se cere:
1. Desenați micrografia 1p
2. Identificați cei 2 constituenți metalografici 2p
3. Dintre constituenții identificați la pct.2, elementul chimic pur este: 1p
a – cuprul, b – fierul alfa, c – carbonul, d – cementita,
care s-a obținut sub formă de: 1p
p – lamele grosolane, q – lamele fine, r – grăunți poligonali, s – cuiburi,
în urma unei prelucrări speciale numită: 1p
w – recoacere, x – îmbătrânire, y – revenire, z – sinterizare
4. Marca probei analizate poate fi:
a – Fmn 370, b – Fmp 600, c – Fma 350, d – Fgn 370-17, 2p
ceea ce înseamnă că are: 2p
w – R_m = 17 MPa, x – R_m < 350 N/mm^2, y – ~ 17 %C, z – R_m > 370 N/mm^2

Rezolvare
1.
2. Ferită alfa și carbon grafit de recoacere (în cuiburi)
3. c + s + w
4. a + z



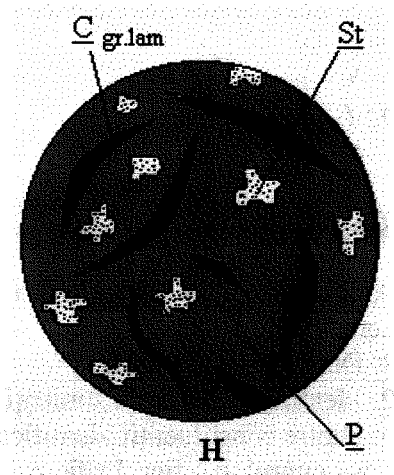
B

Testul nr. 5

Analizați metalografic proba H. Se cere:
1. Desenați micrografia 1p
2. Identificați cei 3 constituenți metalografici 2p
3. După aspectul în casură, proba analizată este o fontă:
a – albă, b – pestriță, c – cu grafit nodular, d – cu grafit lamelar 2p
iar după structură este:
w – feritică, x – ferito-perlitică, y – perlitică, z – martensitică 2p

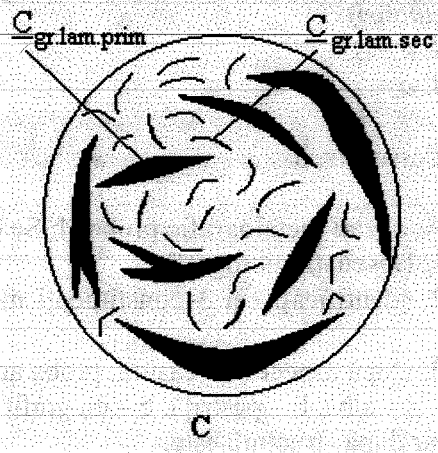
4. Marca fontei analizate poate fi:
a – Fc 400, b – Fgn 400-12, c – Fmp 650, d – Fc 100 2p
5. Din acest material se fabrică:
a – magneţi permanenţi, b – sârmă, c – ciocane, d – ceaune 1p

Rezolvare
1.
2. Perlită, carbon grafit lamelar şi steadită
3. d + y
4. a
5. d



Testul nr.6

Analizaţi metalografic proba C, care nu a fost atacată chimic. Se cere:
1. Desenaţi micrografia 1p
2. Formaţiunile întunecate care se observă în micrografie sunt: 1p
a – cuiburi de grafit, b – plăci de cementită, c – lamele de grafit, d – dislocaţii
3. Aliajul analizat aparţine sistemului:
a – Fe – $C_{gr.}$, b – Fe-Fe_3C, c – Cu-Zn, d – Pb-Sb 1p
4. Fonta analizată este:
a – albă, b – cenuşie, c – cu grafit nodular, d – cu grafit în cuiburi 2p
5. Marca fontei analizate poate fi:
a – Fgn 400-12, b – Fmn 370, c – Fc 400, d – Fc 100 3p
6. Acest material se elaborează prin:
a – laminare, b – depunere electrolitică, c – turnare, d - strunjire 1p
şi prezintă o rupere caracteristică:
w – tenace, x – fragilă, y – con-cupă, z – cupă dublă 1p



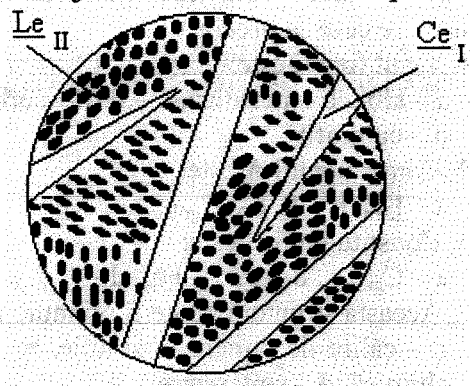
Rezolvare
1.
2. c
3. a
4. b
5. d
6. c + x

Testul nr. 7

Analizaţi metalografic proba A. Se cere:
1. Desenaţi micrografia 1p

2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. După aspectul în casură, proba analizată este o fontă:
a – neagră, b – albă, c – pestriţă, d – cu grafit 1p
iar după compoziţia chimică este:
w – hipoeutectică, x – eutectică, y – hipereutectică, z – ledeburitică 1p
4. Benzile albe mari, vizibile şi cu ochiul liber, corespund constituentului metalografic numit:
a – ferită, b – perlită, c – carbon grafit, d – cementita 2p
şi au fost obţinute prin:
w – cristalizare primară, x – descompunere eutectică, y – cristalizare secundară, z – topire zonală 2p
5. Singura metodă de elaborare a acestui material este:
a – sudarea, b – laminarea, c – turnarea, d – strunjirea 1p

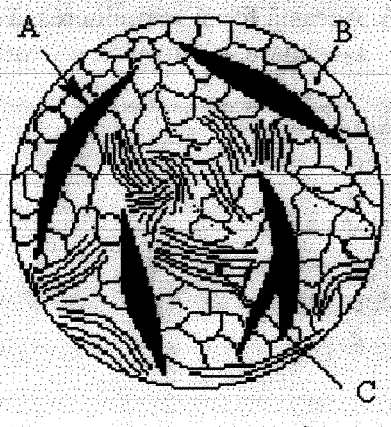
Rezolvare
1.
2. Ledeburita secundară şi cementita primară
3. b + y
4. d + w
5. c



A

Testul nr. 8

Se prezintă micrografia de mai jos, a unei fonte care prezintă 3 constituenţi: A – lamele grosolane întunecate, B – grăunţi albi poligonali şi C – zone lamelare de culoare închisă. Se cere să precizaţi:



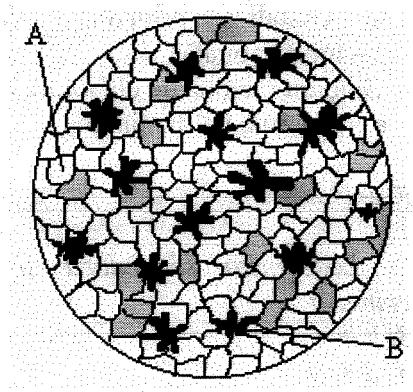
1. Sistemul de aliaje la care aparţine fonta:
a – Fe – Fe_3C, b – Fe- $C_{gr.}$, c – Al-Si,
d – Cu-Sn 1p
2. Constituentul A este: 1p
a – element chimic pur, b – soluţie solidă,
c – compus intermetalic, d – amestec mecanic
şi se numeşte:
w – carbon grafit, x – ferită alfa, y –perlită,
z – cementita 1p
3. Constituentul B este:
a – $\underline{Fe_\alpha}$, b – $\underline{Ce_{II}}$, c – $\underline{P}$, d - $\underline{Le_{II}}$ 1p
4. Marca fontei analizate poate fi:
a – Fgn 370-17, b – Fmn 370, c – Fc 200, d – Fmp 450 2p
5. Din acest material se pot prelucra cu succes:
a – brice, b – batiuri, c – arcuri, d – ţevi 2p
6. Constituentul C este:

a – $\underline{Le_{II}}$, b – $\underline{Ce_{II}}$, c – $\underline{Fe_{\alpha}}$, d – $\underline{P}$ 2p

Rezolvare

1. b
2. a + w
3. a
4. c
5. b
6. d

Testul nr. 9



Se prezintă micrografia alăturată a unei fonte care prezintă 2 constituenţi structurali, notaţi A şi B. Se cere să precizaţi:

1. Tipul fontei este: 1p
   a – albă, b – perlitică, c – ferito-perlitică, d – cu grafit
2. Constituentul A este:
   a – $\underline{Fe_{\alpha}}$, b – $\underline{P}$, c – $C_{gr.lam.}$, d – $\underline{Le_{II}}$ 2p
3. Constituentul B este:
   a – $C_{gr.lam.}$, b – $\underline{P}$, c – $\underline{Fe_{\alpha}}$, d – $\underline{C_{gr.rec.}}$ 2p
4. Această structură poate fi obţinută numai după o:
   a – călire de punere în soluţie, b – recoacere de maleabilizare, c – modificare chimică, d – sinterizare 2p
5. Marca fontei analizate poate fi:
   a – Fc 150, b – Fgn 400-12, c – Fmn 320, d – Fmp 600 1p
6. Această fontă se prelucrează de obicei prin:
   a – sudare, b – forjare, c – turnare, d - laminare 2p

Rezolvare

1. d
2. a
3. d
4. b
5. c
6. c

2.9 Microscopia metalografică a oțelurilor și fontelor aliate

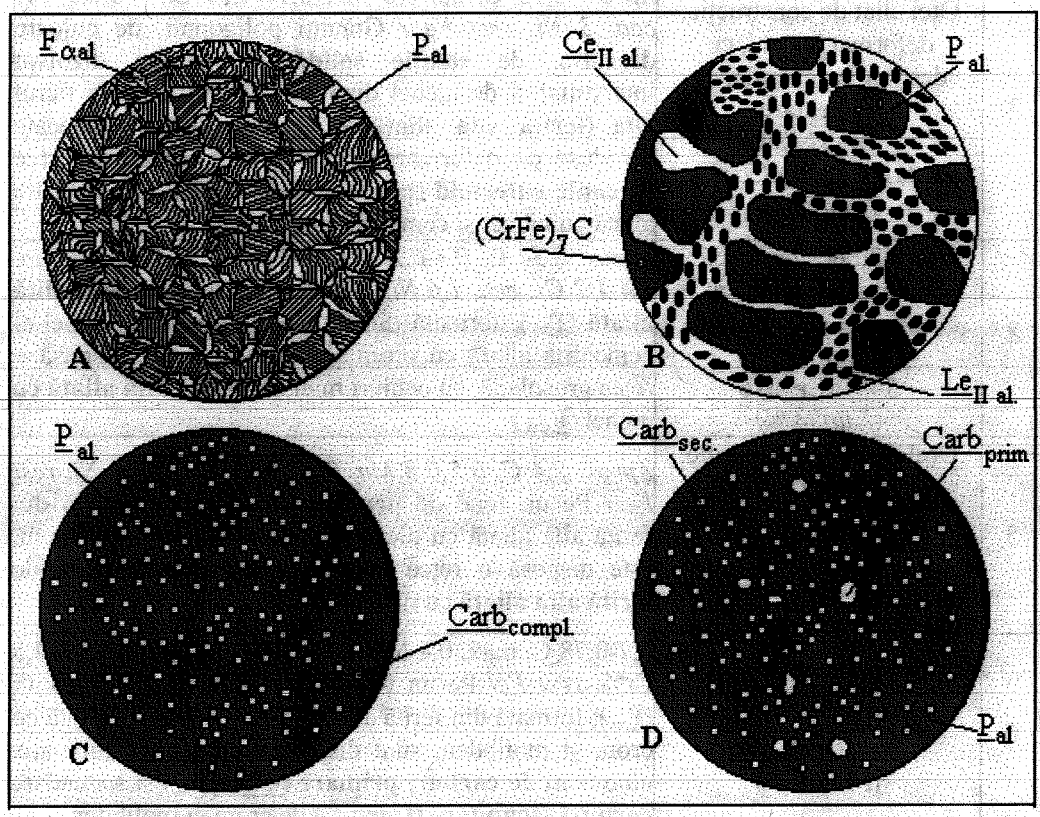
A. Partea scrisă

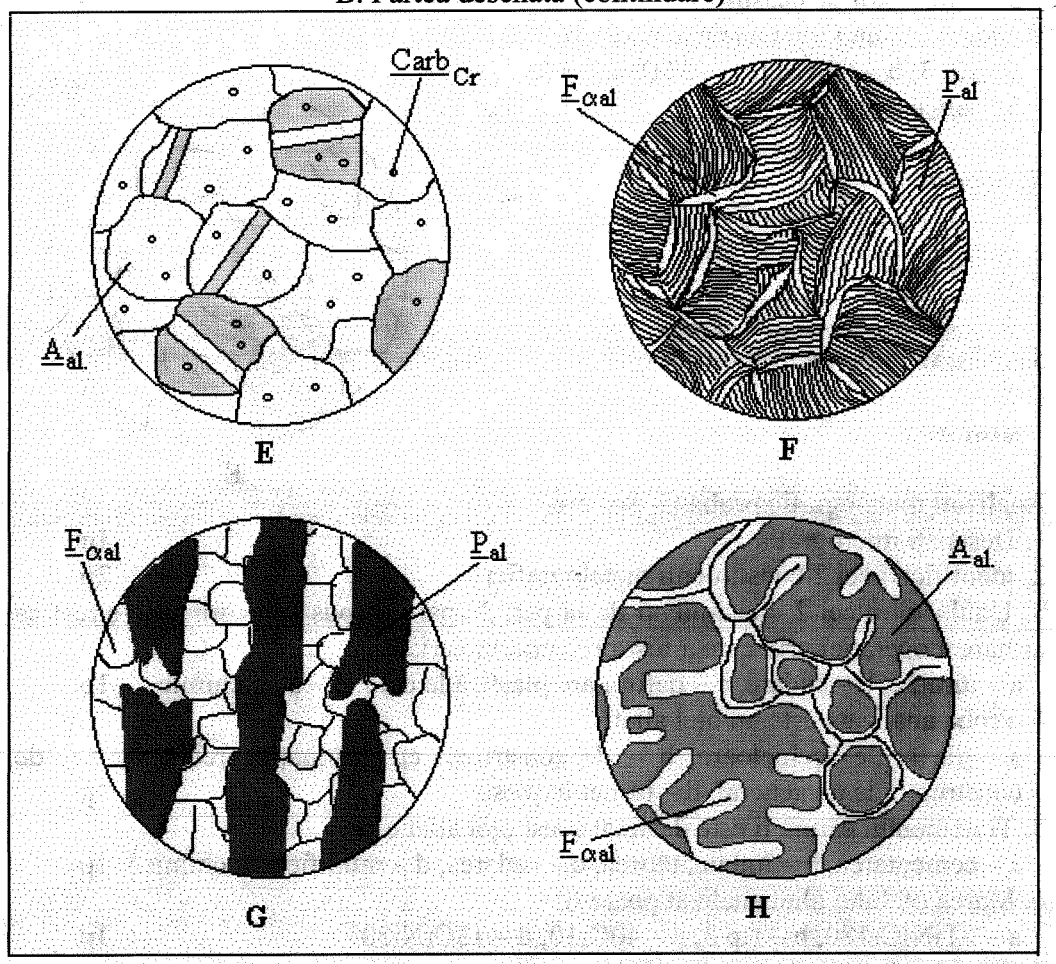
Nr. crt.	Denumirea probei **Marca** (*reactiv chimic*)	*Compoziție chimică, %/* Descrierea micrografiei **(constituenți metalografici)**
0	**1**	**2**
1	Oțel inoxidabil cu crom și nichel **5TiNiCr180** (*Villela*)	*Aprox. 0,05 C, 2 Mn, 1 Si, 8,5-10,5 Ni, cca. 18 Cr, rest Fe/* Grăunți poligonali, unii maclați, de culoare deschisă, de **soluție solidă** de carbon dizolvat interstițial și de nichel dizolvat substituțional în fierul gama (**austenită aliată** = $\underline{A}_{al}$) și formațiuni globulare precipitate, de **carbură de crom** ($\underline{Carb}_{Cr}$)
2	Oțel refractar **T20SiNiCr250** (*H_2O_2*)	*Aprox. 0,2 C, 2,1 Si,14,7 Ni, 24 Cr, rest Fe/* Structură dendritică de turnare, formată din **austenită aliată** cu nichel ($\underline{A}_{al}$) de culoare închisă și rețea albă de **soluție solidă** de crom dizolvat substituțional în fierul alfa (**ferită alfa aliată** = $\underline{F}_{\alpha al.}$), pe care se observă limitele grăunților de austenită
3	Oțel aliat de construcție, deformat la cald, cu destinație generală, de cementare **13CrNi30** (*4 % HNO_3 în alcool = Nital 4 %*)	*Aprox. 0,13 C, 0,3-0,6 Mn, 0,17-0,37 Si, 0,6-0,9 Cr, cca. 3 Ni, rest Fe /* Grăunți poligonali, de culoare deschisă, de **soluție solidă** de carbon dizolvat interstițial și de nichel dizolvat substituțional în fierul alfa (**ferită alfa aliată** = $\underline{F}_{\alpha al.}$) și șiruri întunecate (produse de deformarea plastică la cald) de **amestec mecanic eutectoid** (**perlită aliată** = $\underline{P}_{al.}$) de ferită alfa aliată cu nichel și cementită aliată cu crom
4	Oțel aliat de construcție, deformat la cald, cu destinație generală, de îmbunătățire **34MoCrNi16** (*Nital 4 %*)	*Aprox. 0,34 C, 0,4-0,7 Mn, 0,17-0,37 Si, 0,15-0,3 Mo, 1,4-1,7 Cr, cca. 1,6 Ni, rest Fe /* Pe un fond de **perlită aliată** ($\underline{P}_{al.}$), formată din ferită alfa aliată cu nichel și cementită aliată cu crom și molibden, este dispusă o rețea grosolană, cu ochiuri mici, de **ferită alfa aliată** cu nichel ($\underline{F}_{\alpha al.}$)
5	Oțel aliat de construcție, deformat la cald, cu destinație generală, de îmbunătățire **40Cr10** (*Nital 4 %*)	*Aprox. 0,4 C, 0,5-0,8 Mn, 0,17-0,37 Si, cca. 1 Ni, rest Fe /* Pe un fond de **perlită aliată** ($\underline{P}_{al.}$), formată din ferită alfa aliată cu nichel și cementită aliată cu crom, este dispusă o rețea grosolană, cu ochiuri mari, de **ferită alfa aliată** cu nichel ($\underline{F}_{\alpha al.}$)
6	Oțel aliat pentru scule așchietoare (rapid) **Rp 3** (*Nital 4 %*)	0,7-0,78 C, max. 0,4 Mn, max. 0,45 Si, 0,6 Mo, 3,8-4,5 Cr%, *rest Fe/* Pe un fond întunecat de **perlită aliată** ($\underline{P}_{al.}$), formată din ferită alfa aliată și cementită aliată cu crom și molibden, sunt dispuse formațiuni globulare, albe mari de **carburi primare** ($\underline{Carb}_{prim.}$) și secundare **carburi secundare** ($\underline{Carb}_{sec.}$) de crom și molibden

- A. Partea scrisă (continuare)-

0	1	2
7	Oţel aliat de construcţie, deformat la cald, cu destinaţie precizată (de rulmenţi) **RUL 1** *(Nital 4 %)*	0,95-1,1 C, 0,2-0,45 Mn, max. 0,17-0,37 Si, 1,3-1,65 Cr%, *rest Fe/* Pe un fond întunecat de **perlită aliată** (**$P_{al.}$**), formată din ferită alfa aliată şi cementită aliată cu crom, sunt distribuite uniform formaţiuni globulare, albe mari de **carburi complexe** (**$Carb_{compl.}$**)
8	Fontă albă hipoeutectică, aliată cu crom, rezistentă la uzură **FaCr** *(Nital 4 %)*	*2,1-2,3 C, 0,6-0,8 Mn, max. 0,6 Si, 18-21 Cr, rest Fe/* Pe un fond cu aspect tipic „în piele de leopard de **amestec mecanic eutectic** de perlită aliată şi cementită primară aliată cu crom (**ledeburită secundară aliată** = **$Le_{IIal.}$**), există zone albe de **compus intermetalic geometric interstiţial** de fier şi crom combinate chimic cu carbonul (**cementită secundară aliată** = **$Ce_{IIal.}$**) şi insule întunecate mari, cu dispunere dendritică, de **perlită aliată** (**$P_{al.}$**), pe care se disting globule albe foarte mici de **carburi complexe de crom, $(CrFe)_7C$**

B. Partea desenată





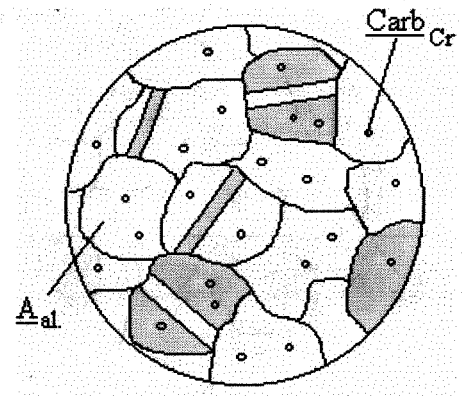
Testul nr.1

Analizaţi metalografic proba E. Se cere:

1. Desenaţi micrografia 1p
2. Ştiind că este un oţel aliat cu aprox. 9,5 %Ni şi 18 %Cr şi că acţiunea nichelului este predominantă, atunci faza majoritară (matricea) este:
   a – ferita, b – austenita, c – ledeburita, d – cementita 1p
   iar formaţiunile globulare sunt: 1p
   w – noduli de grafit, x – oxizi, y – carburi de crom, z – carburi de nichel
3. Benzile paralele care apar pe constituentul predominant sunt: 2p
   a – blocuri de mozaic, b – dislocaţii, c – defecte de împachetare, d – macle
4. Principala caracteristică a oţelului aliat analizat este: 2p
   a – duritatea, b – rezistenţa la coroziune, c – magnetismul, d – sudabilitatea
5. Acest oţel aliat este destinat:
   a – sculelor aşchietoare, b – rulmenţilor, c – magneţilor permanenţi,

d – carcaselor de ceasuri 2p

6. Marca oţelului aliat analizat poate fi:
a – Rp 3, b – OSC 11, c – 5TiNiCr180,
d – AlCu4MgMn 1p



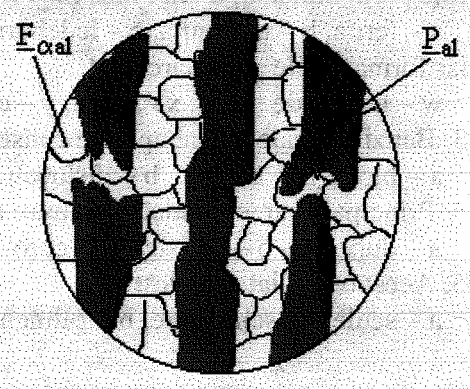
E

Rezolvare
1.
2. b + y
3. d
4. b
5. d (este nemagnetic)
6. c

Testul nr.2

Analizaţi metalografic proba G. Se cere:
1. Desenaţi micrografia 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Unul dintre cei 2 constituenţi de la pct. 2 apare dispus sub formă de şiruri ca urmare a operaţiei prin care a fost prelucrat materialul:
a – turnare, b – sudare, c – deformare plastică la cald, d – atac chimic 1p
4. Proba analizată este un oţel aliat:
a – de scule aşchietoare, b – de construcţii cu destinaţie precizată, c – de construcţii de uz general, d – turnat în piese 1p
5. Tratamentul căruia îi este destinat acest oţel aliat este:
a – cementarea, b – îmbunătăţirea, c – sudarea, d – modificarea chimică 1p
6. Marca oţelului aliat analizat poate fi:
a – 5TiNiCr180, b – Rp 3, c – 40Cr10, d – 13CrNi30 1p
7. Acest oţel conţine aproximativ:
a – 0,05 %C, b – 3 %C, c – 0,4 %C, d – 0,13 %C 1p
şi este aliat cu:
p – W, q – Ni, r – Cr, s – Mo 1p
în proporţie aproximativă de:
w – 18 %, x – 20 %, y – 3 %, z – 0,05 % 1p

Rezolvare
1.
2. Ferită alfa aliată şi perlită aliată
3. c
4. c
5. a
6. d
7. d + q + y



G

Testul nr.3

Analizaţi metalografic proba H. Se cere:

1. Desenaţi micrografia 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Căruia, dintre cei 2 constituenţi identificaţi la pct. 2, i se datorează faptul că proba este nemagnetică? 1p
4. Cărui element de aliere i se datorează prezenţa în microstructură a constituentului identificat la pct. 3?
   a –Ni, b –Cr, c – Si, d – 40Cr10 2p
5. Proba analizată este un oţel aliat:
   a – de scule aşchietoare, b – de scule de măsurat, c – de construcţii de uz general, d – cu proprietăţi speciale 1p
6. Marca aliajului analizat poate fi:
   a – 5TiNiCr180, b – T20SiNiCr250, c – 200Cr120, d – 40Cr10 1p
7. Piesa din care a fost tăiată proba analizată este:
   a – partea activă a unui macaz de cale ferată, b – berbecul unui ciocan de forjare liberă, c – o rolă transportoare a ţevilor laminate la cald, d – un rulment de înaltă turaţie 1p

şi a fost prelucrată prin:
   w – turnare, x – sinterizare, y – laminare, z – sudare 1p

Rezolvare

1.

2. Austenită aliată şi ferită alfa aliată

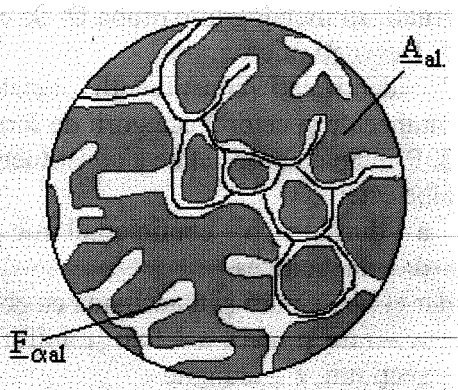
3. Austenitei

4. a

5. d

6. b

7. c + w



H

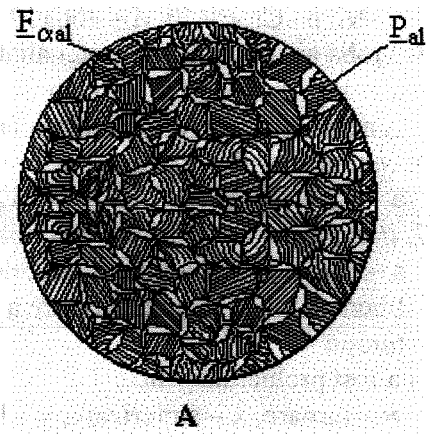
Testul nr. 4

Analizaţi metalografic proba A. Se cere:

1. Desenaţi micrografia 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Care dintre cei 2 constituenţi de la pct.2 conţine nichel dizolvat în reţeaua cristalină? 1p
4. Proba analizată este un oţel aliat:
   a – de scule aşchietoare, b – de construcţii cu destinaţie precizată, c – de construcţii de uz general, d – cu proprietăţi speciale 1p
5. Tratamentul care trebuie aplicat acestui oţel aliat se numeşte:
   a – cementare, b – îmbunătăţire, c – topire, d – sudare 1p

6. Marca oțelului aliat analizat poate fi:
a – 5TiNiCr180, b – 34MoCrNi16, c – RUL 1, d – Rp 3 1p
7. Conținutul aproximativ de carbon al oțelului este:
a – 0,05 %C, b – 0,34 %C, c – 0,13 %C, d – 1,2 %C 1p
iar principalul element de aliere este:
p – W, q – Ni, r – Cr, s – Mo 1p
care se găsește într-o cantitate aproximativă de:
w – 18 %, x – 1,6 %, y – 20 %, z – 3 % 1p

Rezolvare
1.
2. Ferită alfa aliată și perlită aliată
3. $\underline{F}_{\alpha al}$ fiindcă principala tendință a nichelului este dizolvarea în fier
4. c
5. b
6. b
7. b + q + x

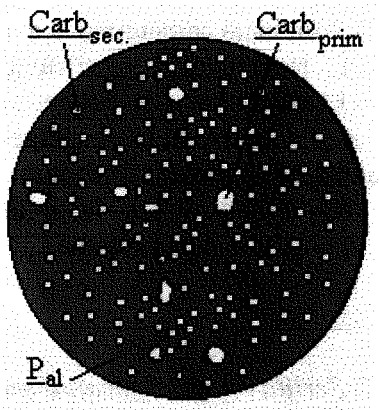


Testul nr.5

Analizați metalografic proba D. Se cere:
1. Desenați micrografia 1p
2. Identificați constituenții metalografici care corespund matricei metalice întunecate și celor 2 categorii de formațiuni globulare albe 3p
3. Principala proprietate a constituentului reprezentat prin formațiunile globulare albe este:
a – duritatea, b – coeficientul mic de frecare, c – conductivitatea electrică, d – plasticitatea 2p
dar el poate mări și tenacitatea cu condiția ca formațiunile globulare să fie cât mai:
w – rare și mari, x – fine și uniform distribuite, y – fine și aglomerate în centrul secțiunii, z – alungite 2p
4. Proba analizată este un oțel aliat:
a – de scule așchietoare, b – de construcții cu destinație precizată, c – de nitrurare, d – cu proprietăți magnetice speciale 1p
5. Marca oțelului aliat analizat poate fi:
a – 5TiNiCr180, b – Rp 3, c – CuZn37, d – 13CrNi30 1p

Rezolvare
1. Micrografia D, din partea desenată, corespunde oțelului Rp 3
2. Matricea metalică întunecată este perlita aliată iar formațiunile globulare albe sunt carburi primare (cele mari) și secundare (cele mici)

3. a + x
4. a
5. b

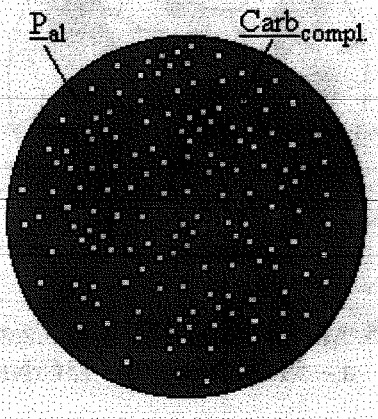


D

Testul nr. 6

Analizaţi metalografic proba C. Se cere:
1. Desenaţi micrografia 1p
2. Matricea metalică întunecată corespunde:
a – feritei, b – austenitei, c – perlitei,
d – cementitei 1p
iar formaţiunile globulare albe sunt:
w – noduli de grafit, x – oxizi, y – carburi,
z – insule de ferită 1p
3. Ştiind că oţelul conţine 0,95-1,1 C şi că principalul element de aliere este cromul, acesta se va regăsi în microstructură sub formă de:
a – element chimic pur, b – dizolvat în austenită, c – dizolvat în ferită,
d – carburi complexe 1p
4. Proba analizată este un oţel aliat:
a – de construcţii de uz general, b –de construcţii cu destinaţie precizată, c – rezistent la coroziune, d – de scule aşchietoare 2p
din care se fabrică, cu precădere:
w – cuţite de strung, x – magneţi permanenţi, y – tacâmuri, z – rulmenţi 2p
5. Marca oţelului aliat analizat poate fi:
a – RUL 1, b – OSC 11, c – CuZn37, d – 5TiNiCr180 2p

Rezolvare
1.
2. c + y
3. d
4. b + z
5. a



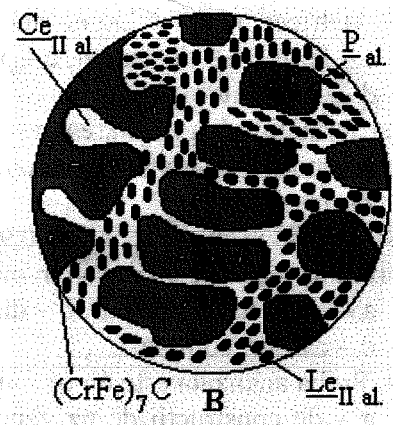
C

Testul nr.7

Analizaţi metalografic proba B. Se cere:
1. Desenaţi micrografia 1p
2. Identificaţi cei 4 constituenţi metalografici 2p
3. Aliajul analizat este:
a – un oţel, b – o fontă, c – o alamă, d – un silumin 1p
4. Principalul element de aliere este:
a – plumbul, b – nichelul, c – cromul, d – siliciul 2p

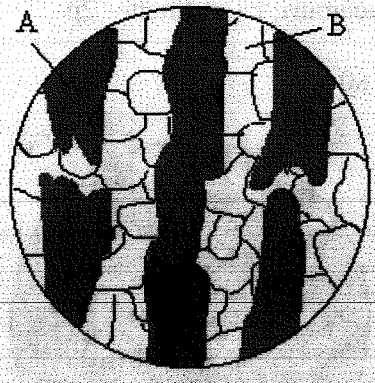
5. Principala caracteristică a aliajului analizat este:
a – tenacitatea, b – rezistența la uzură, c – sudabilitatea, d – plasticitatea 2p
6. Elementul de aliere identificat la pct.3 are efect:
a – globulizant, b – gamagen, c – carburigen, d – grafitizant 1p
și din acest motiv s-a obținut:
w – o fontă albă, x – o fontă cenușie, y – un oțel inoxidabil austenitic,
z – un aliaj antifricțiune 1p

Rezolvare
1.
2. Perlită aliată, cementită secundară aliată, ledeburită secundară aliată și carburi complexe de fier și crom
3. b
4. c
5. b
6. c + w



Testul nr.8

Se microstructura de mai jos care conține 2 constituenți și corespunde unui oțel aliat. Se cere să precizați:



1. Categoria oțelului este: 2p
a – de construcții de uz general, b – de construcții cu destinație precizată, c – de scule așchietoare, d – cu proprietăți speciale
2. Prelucrarea finală a materialului a fost:
a – turnarea, b – deformarea plastică la rece, c – deformarea plastică la cald, d – sudarea 2p
3. Constituentul A este: 2p
a – $\underline{F}_{\alpha al}$, b – $\underline{P}_{al}$, c – $\underline{A}_{al}$, d - $\underline{C}_{grafit}$
4. Constituentul B este: 2p
a – $\underline{F}_{\alpha al}$, b – $\underline{P}_{al}$, c – $\underline{A}_{al}$, d - $\underline{C}_{grafit}$
5. Marca oțelului aliat analizat poate fi:
a – 5TiNiCr180, b – 13CrNi30, c – 40Cr10, d – RUL 1 2p

Rezolvare
1. a
2. c
3. b
4. a
5. b

2.10 Microstructuri ale aliajelor pe bază de cupru

A. Partea scrisă

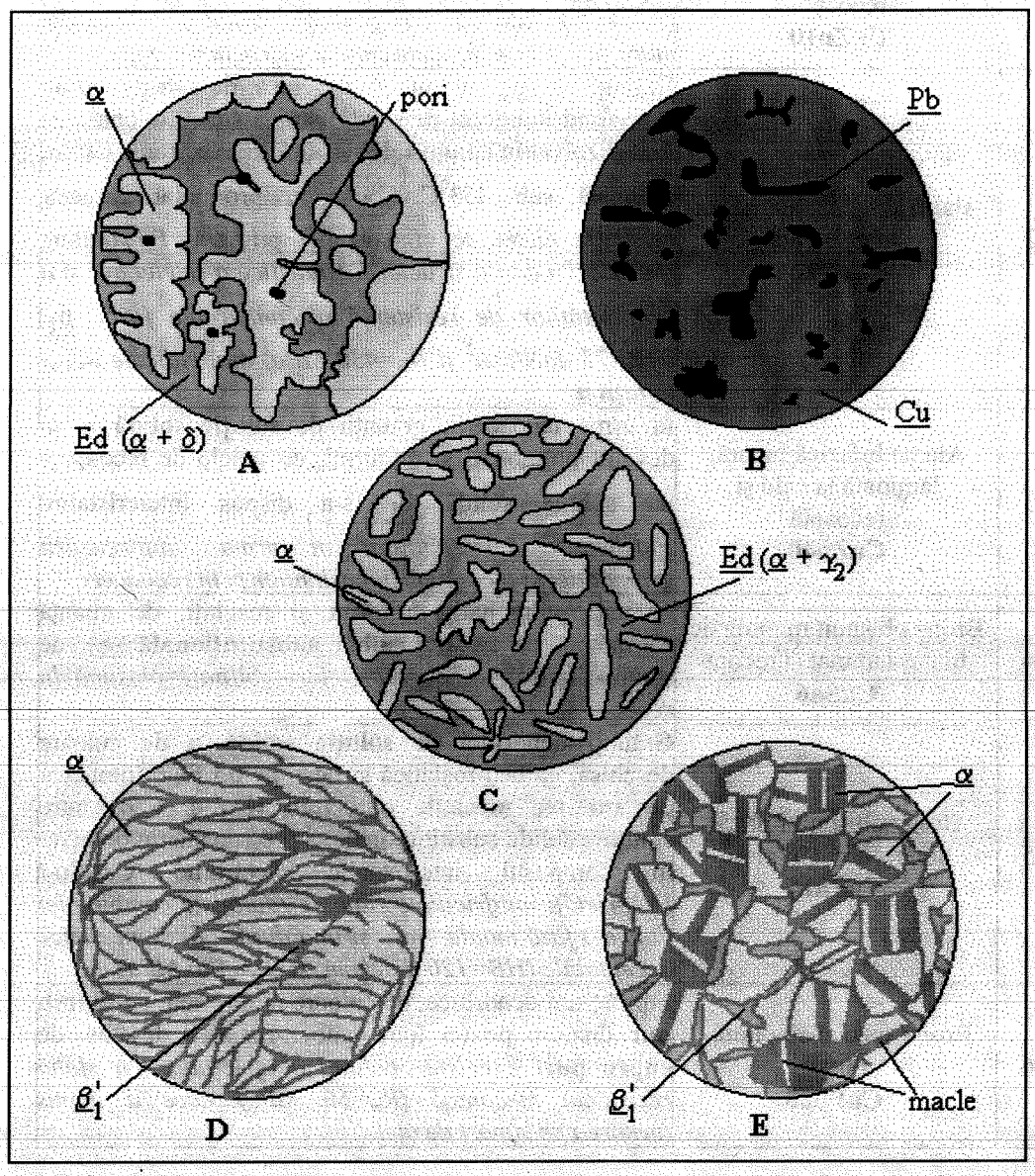
Atac chimic: 30 % HNO_3 în apă distilată

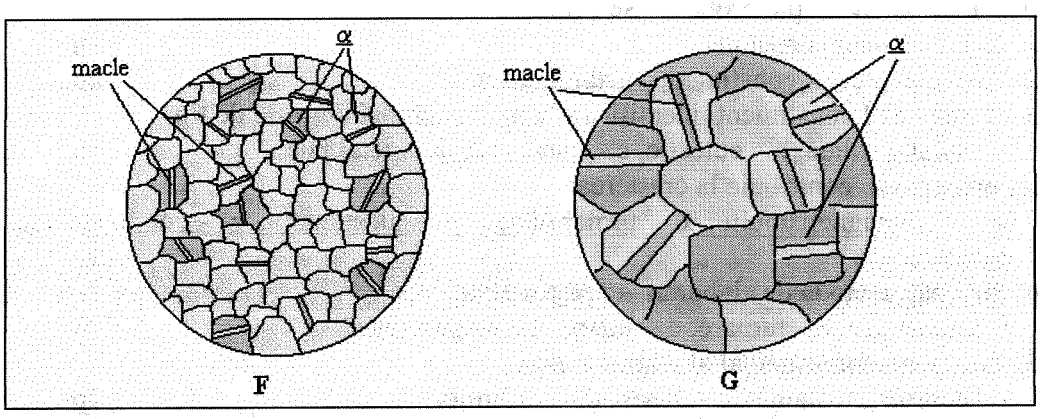
Nr. crt.	Denumirea probei **Marca**	Descrierea micrografiei (**constituenţi metalografici**)/ *Proprietăţi*
0	**1**	**2**
1	Alamă monofazică binară, laminată la rece şi recoaptă **CuZn10**	Grăunţi poligonali şi uniformi, cu macle de recoacere, de **soluţie solidă substituţională** de zinc dizolvat în cupru (**α**), de culoare galben-aurie/ *Bună plasticitate (A_5=40%) datorată omogenităţii fazice şi numărului mare de sisteme de alunecare din structurile c.f.c.*
2	Alamă bifazică binară, în stare turnată **CuZn40**	Grăunţi alungiţi de culoare deschisă, de **soluţie solidă α** pe fond întunecat de soluţie solidă substituţională de zinc dizolvat în compusul intermetalic electronic CuZn, ordonată sub 453^{0}C (β_1'), cu pronunţat caracter dendritic dictat de cristalizarea primară/ *Plasticitate redusă, din cauza structurii dendritice a reţelei cvc şi a proprietăţilor de rezistenţă mecanică ale fazei β_1' (HB=75 daN/mm^2 şi R_m=430 MPa) mai ridicate decât la faza α*
3	Alamă bifazică binară, laminată la cald şi recoaptă **CuZn40**	În urma recoacerii, grăunţii de **soluţie solidă α** au devenit poligonali şi uniformi, cu macle de recoacere iar soluţia solidă β_1' s-a dispus intercristalin/ *Plasticitate îmbunătăţită, în urma uniformizării granulaţiei şi a eliminării tensiunilor prin recoacere*
4	Bronz obişnuit monofazic binar, laminat şi recopt **CuSn6**	Grăunţi poligonali, uniformi şi maclaţi, de nuanţă cărămizie, de **soluţie solidă substituţională (α)**, de staniu dizolvat în cupru/ *Deformabilitate plastică la rece*
5	Bronz obişnuit bifazic binar, turnat în piese **CuSn14**	Grăunţi dendritici de **soluţie solidă α** de culoare deschisă, galben-roşiatică şi pori, pe un fond întunecat de **amestec mecanic eutectoid (Ed=α + δ)** între soluţiile solide substituţionale **α** şi **δ** (de staniu dizolvat în compusul intermetalic electronic $Cu_{31}Sn_8$/ *Proprietăţi antifricţiune ridicate (datorate combinaţiei dintre o fază moale – α – şi una dură – δ) şi mecanice acceptabile (HB=120 daN/mm^2 şi R_m=400 MPa)*
6	Bronz special cu plumb, turnat **CuPb25**	Formaţiuni dendritice, de culoare întunecată, de **plumb pur** dispuse pe un fond galben-roşiatec deschis, de **cupru pur**/ *Excelente calităţi antifricţiune dar slabă rezistenţă mecanică (R_m=60 MPa) care a impus turnarea pe suport de oţel*

- A. Partea scrisă (continuare)-

0	1	2
7	Bronz special cu aluminiu aliat cu fier, laminat la cald şi recopt **CuAl10Fe3**	Grăunţi alungiţi, cu capete rotunjite, de **soluţie solidă substituţională** (**α**), de aluminiu şi fier dizolvate în cupru, pe un fond întunecat de **amestec mecanic eutectoid** (**Ed**=**α** + γ_2)/ *Deformabilitate plastică la cald, proprietăţi antifricţiune acceptabile şi foarte bună rezistenţă la coroziune*

B. Partea desenată





Testul nr.1

Analizaţi microscopic proba F. Se cere:

1. Desenaţi microstructura 1p
2. Se observă un singur constituent metalografic care este:
   a – un element chimic pur, b – o soluţie solidă interstiţială, c – o soluţie solidă de substituţie, d – un compus intermetalic electrochimic, 1p

rezultat prin:

   w – combinarea chimică a Cu cu Zn, x – dizolvarea Cu în Zn, y – dizolvarea Zn în Cu, z – amestecarea mecanică a Cu cu Zn 1p

3. Acest material se poate prelucra prin:
   a – deformare plastică la rece, b – călire martensitică, c – cementare, d – nitrurare, 2p
4. Una dintre proprietăţile materialului analizat este: 1p
   a – duritatea, b – călibilitatea, c – feromagnetismul, d – rezistenţa la coroziune
5. Marca aliajului poate fi:
   a – CuPb25, b – OL44, c – CuZn10, d – CuZn40 , 2p
6. Microstructura observată la acest aliaj apare numai după:
   a – turnare, b – recoacere, c – deformare plastică la rece, d – călire 2p

Rezolvare

1.

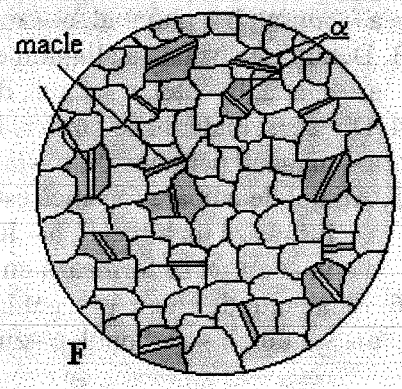
2. c + y

3. a

4. d

5. c

6. b



Testul nr.2

Analizaţi microscopic proba A. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Dintre cei 2 constituenţi identificaţi la pct.2, cel mai dur este de tip:
   a – soluţie solidă, b – eutectic, c – eutectoid, d – metal pur 1p
iar prezenţa sa contribuie la creşterea:
   w – feromagnetismului, x – turnabilităţii, y – plasticităţii, z – conductivităţii electrice 1p
4. Precizaţi metoda de elaborare a acestui aliaj:
   a –sinterizare, b – turnare, c –sudare, d – forjare liberă 2p
5. Componentul principal al aliajului este:
   a – cuprul, b – staniul, c – fierul, d – aluminiul 1p
6. Marca aliajului poate fi:
   a – CuZn10, b – Y-Sn83, c – OLC10, d – CuSn14 , 2p

Rezolvare

1.

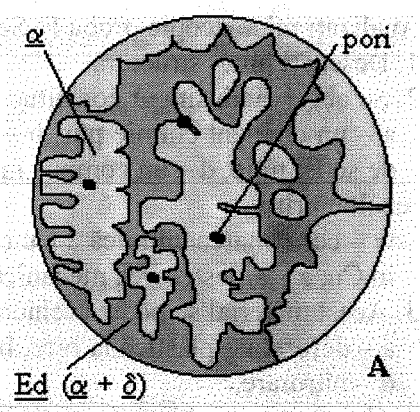
2. Soluţie solidă α, de staniu dizolvat substituţional în cupru şi amestec mecanic eutectoid Ed al soluţiilor solide α şi δ (de staniu dizolvat substituţional în compusul intermetalic electronic $Cu_{31}Sn_8$

3. c + x

4. b

5. a

6. d

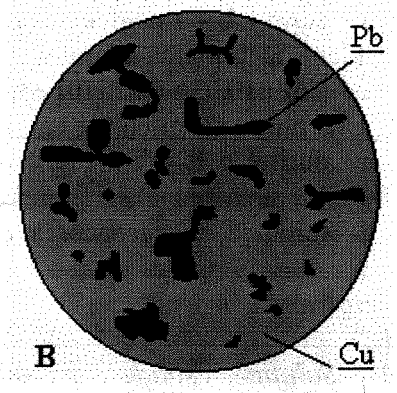


Testul nr. 3

Analizaţi microscopic proba B. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Precizaţi care este componentul principal al aliajului:
   a – cuprul, b – plumbul, c – zincul, d – fierul 1p
3. Denumirea uzuală a aliajului este:
   a – alamă, b – oţel, c – fontă, d – bronz 1p
4. Din acest material se fabrică, în mod curent:
   a – magneţi permanenţi, b – lagăre de alunecare, c – dălţi, d – rulmenţi 2p
5. Aliajul de culoare roşiatică este depus pe un suport de oţel deoarece:
   a – formează un bimetal, b – îl plachează anticoroziv, c – este prea moale, d – în acest fel se formează un nou aliaj 1p
6. Elementul de aliere, prezent în microstructură sub formă de metal pur, este:
   a – staniul, b – carbonul, c –zincul, d – plumbul 1p

iar prezenţa lui are rolul de-a contribui la:
w – creşterea durităţii, x – micşorarea frecării, y – îmbunătăţirea plasticităţii, z – eliminarea impurităţilor 1p

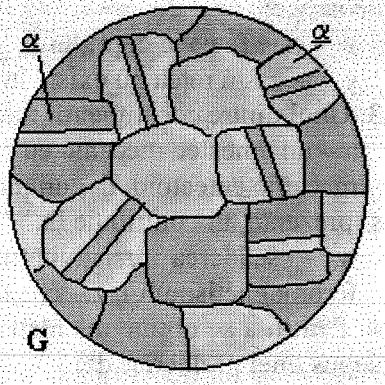
7. Marca aliajului poate fi:
a – CuPb25, b – CuSn14, c – Fc100, d – CuZn10 , 2p



Rezolvare
1.
2. a
3. d
4. b
5. c
6. d + x
7. a

Testul nr.4

Analizaţi microscopic proba G. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Ştiind că este un bronz obişnuit binar şi ţinând cont că se observă un singur constituent metalografic, identificaţi compoziţia chimică a aliajului dintre:
a – Sn-10 %Cu, b – Cu -6 %Sn, c – Cu -14 %Sn, d – Cu-40 %Zn 2p
3. Tipul constituentului metalografic din microstructură este:
a – o soluţie solidă, b – compus intermetalic, c – element chimic pur, d – amestec mecanic, 2p
iar categoria sa este:
w – interstiţială, x – de substituţie, y – electronic, z – eutectoid 2p
4. Pentru a se obţine microstructura acestui aliaj este necesară o prelucrare de:
a – turnare, b – sudare, c – laminare, d – strunjire 1p
urmată de un tratament de:
w – călire, x – cementare, y –recoacere, z – îmbătrânire 1p
5. Marca aliajului poate fi:
a – CuZn10, b – CuSn14, c – CuZn40, d – CuSn6 , 1p



Rezolvare
1.
2. b
3. a + x
4. c + y
5. d

Testul nr. 5

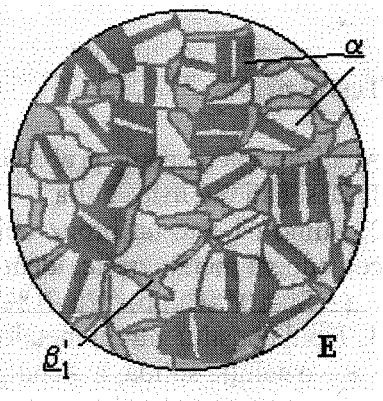
Analizaţi microscopic proba E. Se cere:

1. Desenați microstructura 1p
2. Identificați cei 2 constituenți metalografici 2p
3. Componentul principal al aliajului este:
a – cuprul, b – zincul, c –staniul, d – aluminiul 1p
4. Elementul principal de aliere este:
a – cuprul, b – zincul, c –staniul, d – aluminiul 1p
5. Identificați marca aliajului dintre:
a – CuZn10, b – CuAl10Fe3, c – CuSn14, d – CuZn40, 1p
6. Una dintre proprietățile caracteristice aliajului este: 2p
a – duritatea, b – feromagnetismul, c – rezistența la coroziune, d – porozitatea
7. Prelucrarea finală a aliajului a fost:
a – turnarea, b – recoacerea, c – laminarea la rece, d – sudarea 2p

Rezolvare

1.

2. Soluțiile solide $\underline{\alpha}$ (de zinc dizolvat substituțional în cupru) și $\underline{\beta_1'}$ (de zinc dizolvat substituțional în compusul intermetalic electronic CuZn) dispusă intercristalin



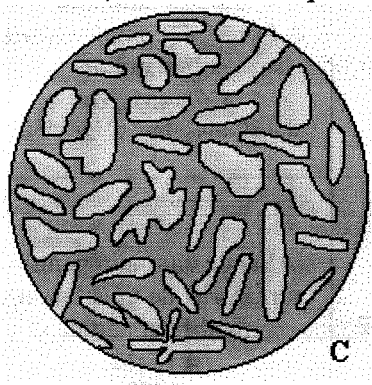
3. a
4. b
5. d
6. c
7. b

Testul nr.6

Analizați microscopic proba C. Se cere:
1. Desenați microstructura 1p
2. Care dintre cei 2 constituenți metalografici, observați în microstructura probei, are rețea cristalină cvc? 1p
a – amestecul mecanic eutectoid, b – soluția solidă, c – amândoi, d – nici unul deoarece:
w – este rețeaua cuprului, x – prin amestecare mecanică rezultă rețeaua cvc, y – această rețea nu există în cazul de față, z – sunt amorfi 1p
3. Unul dintre constituenții metalografici este:
a – un amestec mecanic eutectic, b – o soluție solidă interstițială, c – un amestec mecanic eutectoid, d – un monotectic 1p
și prezența lui contribuie la:
w – scăderea rezistivității electrice, x – reducerea frecării, y – apariția feromagnetismului, z – creșterea turnabilității 1p
4. Pentru a se obține microstructura aliajului, desenată la pct.1, materialul trebuie supus unei prelucrări de:

a – laminare, b – sudare, c – turnare, d – strunjire 1p
urmată de un tratament de:
w – călire, b – recoacere, c – modificare chimică, d – nitrurare 1p
5. Componentul principal al aliajului este:
a – zincul, b – cuprul, c – staniul, d – aluminiul 1p
iar principalul element de aliere este:
w – cuprul, x – zincul, y – staniul, z – aluminiul 1p
6. Marca aliajului poate fi:
a – CuZn10, b – CuSn6, c – CuPb25, d – CuAl10Fe3 , 1p

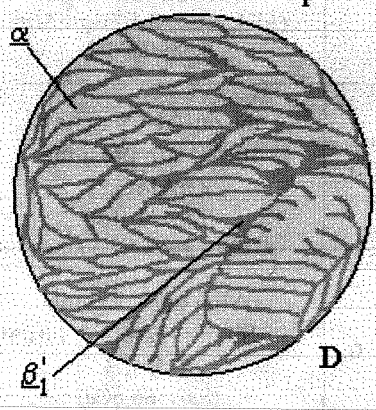
Rezolvare
1.
2. d + y
3. c + z
4. a + b
5. b + z
6. d


C

Testul nr. 7

Se dă proba D, care este o alamă. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Care dintre este cel mai dur şi ce legătură are acest lucru cu reţeaua lui cristalină? 2p
4. Marca aliajului poate fi:
a – CuZn10, b – CuZn40, c – CuPb25, d – CuSn6 , 1p
5. Principalul element de aliere este:
a – cuprul, b – staniul, c – zincul, d – aluminiul 2p
6. Piesa din care a fost debitată proba este:
a – un cui, b – o plăcuţă aşchietoare, c – o bucşă turnată pentru robinet de apă potabilă, d – un magnet permanent 2p

Rezolvare
1.
2. Soluţiile solide $\underline{\alpha}$ (pe bază de cupru) cu dispunere dendritică, după turnare şi $\underline{\beta_1'}$ (pe bază de compusul intermetalic electronic CuZn)
3. $\underline{\beta_1'}$ din cauza reţelei cvc cu puţine sisteme de alunecare
4. b
5. c
6. c



D

2.11 Microstructuri ale aliajelor pe bază de aluminiu, zinc, staniu şi plumb

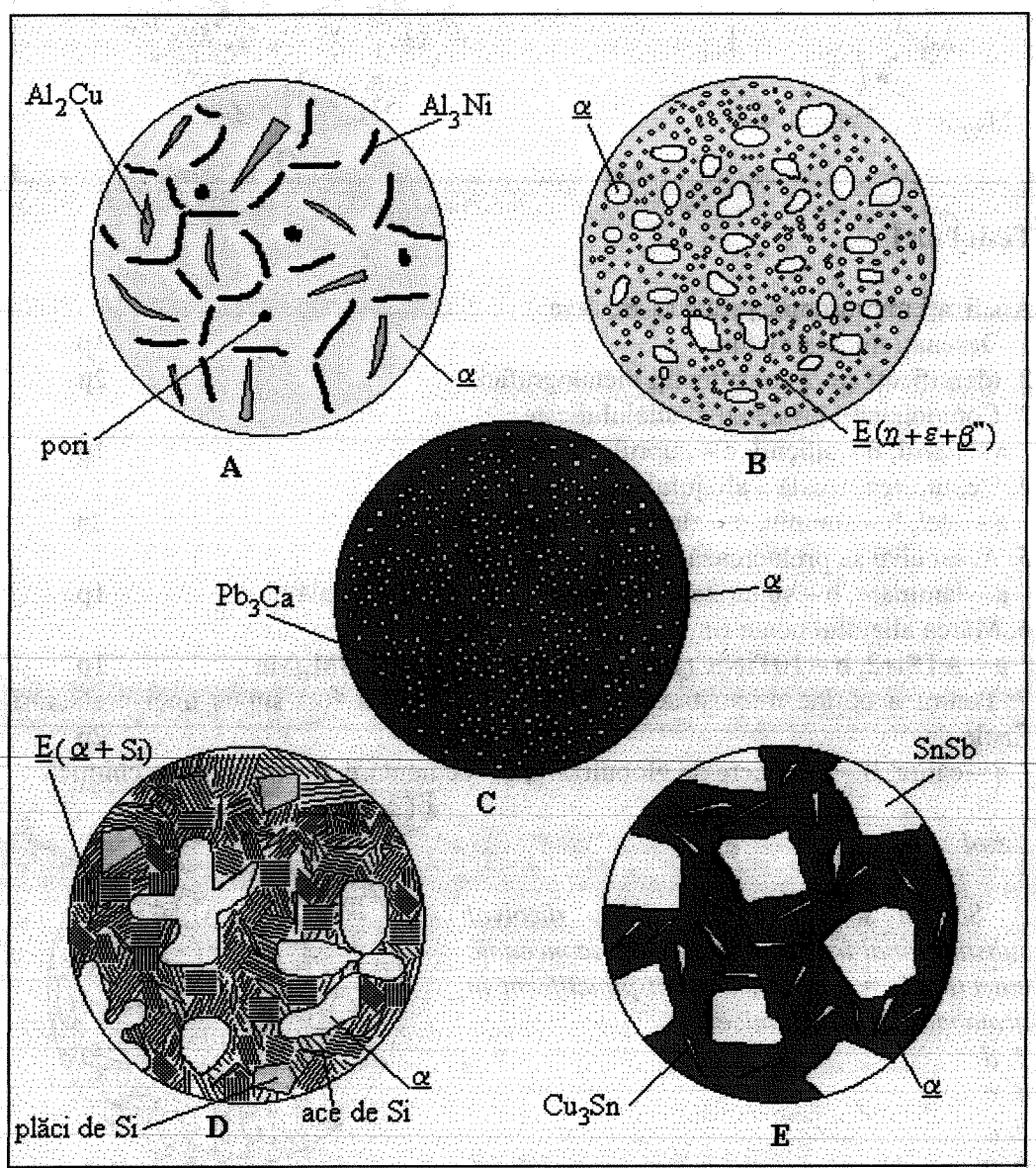
A. Partea scrisă

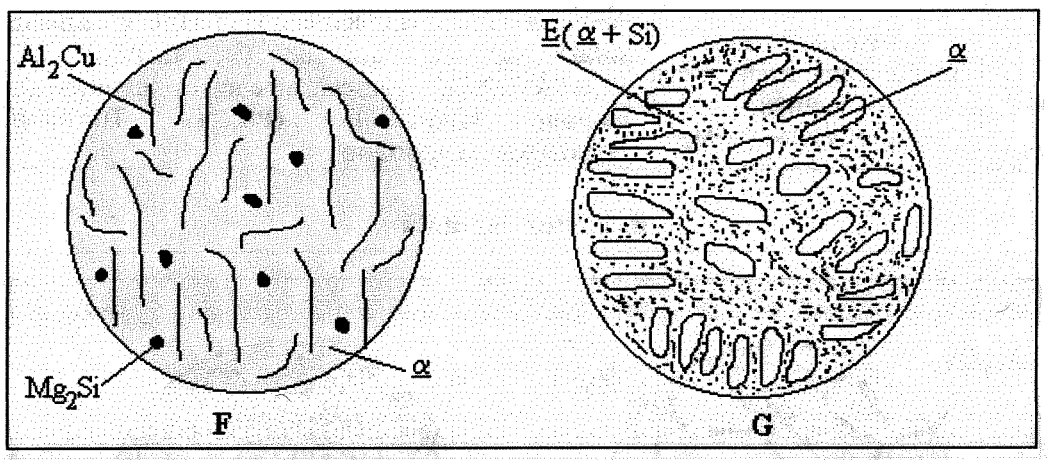
Nr. crt.	Denumirea probei **Marca** (Comp. chimică, %)	*Atac chimic/* Descrierea micrografiei **(constituenţi metalografici)**/ Utilizări
0	**1**	**2**
1	Aliaj de aluminiu deformabil, complex, călit şi îmbătrânit **AlCu4MgMn** (Al-4,2Cu-0,7Mn-0,6Mg-0,5Si)	*10gNaOH+100cm^{3}apă distilată la 70^{0}C/* Într-o matrice metalică argintie, de **soluţie solidă (α)** obţinută prin dizolvarea substituţională a Cu, Mg şi Mn în reţeaua Al, se găsesc **compuşi intermetalici** de culoare întunecată, precipitaţi sub formă de reţea fină discontinuă **(Al_2Cu)** sau de particule dispersate **(Mg_2Si)**/ Piese din industria aeronautică
2	Aliaj de aluminiu pentru turnătorie, de tip silumin, modificat parţial **ATSi12** (Al-12Si)	*10gNaOH+100cm^{3}apă distilată/* În matricea metalică formată din **amestecul mecanic eutectic (E = α + Si)** denaturat (acicular), o parte dintre plăcile şi ácele de **Si pur,** primar, (structură hipereutectică) au fost înlocuite de **soluţia solidă α** (structură hipereutectică) de Si dizolvat substituţional în Al, prezentă în unele locuri sub formă de formaţiuni dendritice albe/ Aplicabilitatea redusă, din cauza neterminării modificării chimice
3	Aliaj de aluminiu pentru turnătorie, de tip silumin, modificat total **ATSi12** (Al-12Si-0,05Na)	*10gNaOH+100cm^{3}apă distilată/* Grăunţi albi, cu capete rotunjite de **soluţie solidă α** într-o matrice de **amestec mecanic eutectic (E = α + Si)** devenit punctiform în urma modificării (structură hipoeutectică finisată)/ Piese turnate, uşoare, cu bună plasticitate (A_5 = 8 %) şi rezistenţă mecanică acceptabilă (R_m = 200 MPa)
4	Aliaj de aluminiu complex, pentru turnătorie **ATNCu4Ni2Mg2** (Al-4,5Cu-2Ni-1,7Mg-0,8Fe-0,8Si-0,6Mn)	*Neatacat chimic/* Pori de turnare şi **compuşi intermetalici,** dispuşi sub formă de ace de culoare alb-roz pal **(Al_2Cu)** sau sub formă de reţea incompletă întunecată **(Al_3Ni)** pe un fond argintiu de **soluţie solidă** complexă **(α)** pe bază de Al/ Pistoane auto, turnate în amestec de formare
5	Aliaj Zn-Al-Cu (Zamak) turnat sub presiune **ZnAl4Cu1** (Zn-4Al-1Cu)	*Nital 3 %/* Grăunţi rotunjiţi ,de culoare deschisă, de **soluţie solidă η,** de Cu dizolvat substituţional în Zn, pe un fond de **eutectic ternar (E = η + β + ε)** globular/ Piese complexe mici, turnate sub presiune
6	Aliaj antifricţiune Sn-Sb-Cu (Babbit), turnat **Y-Sn83** (Sn-11Sb-6Cu)	*Nital 3 %/* MATRICEA METALICĂ = **soluţie solidă** complexă **(α)** de Sb şi Cu dizolvate substituţional în Sn. CRISTALELE PURTĂTOARE = **compuşi intermetalici** sub formă de plăci albe mari **(SnSb)** şi de ace albe mici **(Cu_3Sn)**/ Turnarea de lagăre antifricţiune uşor fuzibile

- A. Partea scrisă (continuare)-

0	1	2
7	Aliaj antifricțiune Pb-Ca (Bahnmetall), turnat **Y-Pb98** (Pb-0,65Ca-0,6Na-0,25Mg)	*Neatacat chimic*/ MATRICEA METALICĂ = **soluție solidă (α)** pe bază de Pb. CRISTALELE PURTĂTOARE = particule albe mici și uniforme ale **compus intermetalic (Pb_3Ca)**/ Turnarea cuzinetilor de vagoane

B. Partea desenată





Testul nr.1

Analizaţi microscopic proba G. Se cere:

1. Desenaţi microstructura 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Componentul principal al aliajului este:
   a – fierul, b – siliciul, c – cuprul, d – aluminiul 1p
4. Denumirea uzuală a aliajului este:
   a – oţel, b – silumin, c – alamă, d – duralumin 2p
5. Acest aliaj se prelucrează în mod uzual prin:
   a – laminare, b – sinterizare, c – turnare, d – topire zonală 1p
6. Marca aliajului poate fi:
   a – ATSi12, b – 10TiNiCr180, c – Y-Sn83, d – AlCu4MgMn 1p
7. Pentru a obţine microstructura analizată, aliajul a fost supus unei prelucrări finale de: 2p
   a – călire, b – recoacere de globulizare, c – cementare, d – modificare chimică

Rezolvare

1.

2. Soluţie solidă (α) de siliciu dizolvat substituţional în aluminiu şi amestec mecanic eutectic (E = α + Si), devenit punctiform în urma modificării chimice

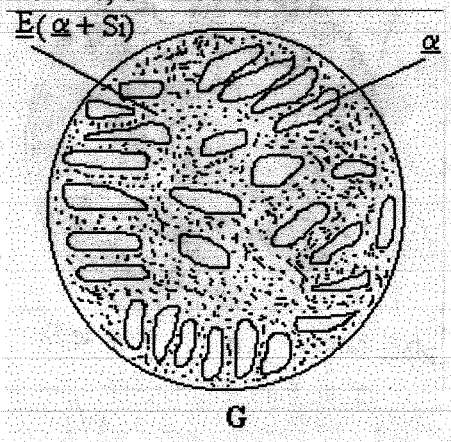
3. d

4. b

5. c

6. a

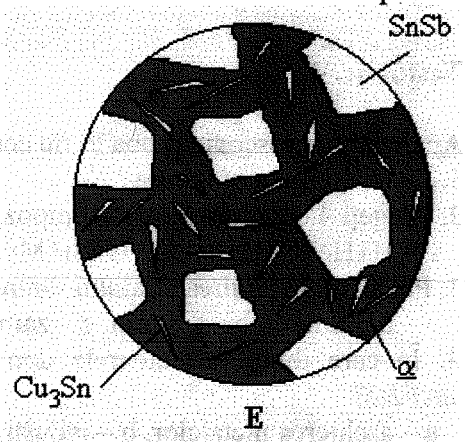
7. d



Testul nr.2

Analizaţi microscopic proba E. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Identificaţi cei 3 constituenţi metalografici 3p
3. Ştiind că microstructura se compune dintr-o matrice metalică şi din cristale purtătoare, specificaţi care sunt proprietăţile mecanice specifice fiecăreia 2p
4. Care este metoda de prelucrare a acestui aliaj?
   a – sudare, b – sinterizare, c – turnare, d – laminare 1p
5. Identificaţi marca aliajului dintre:
   a – ATSi12, b – Y-Pb98, c – Y-Sn83, d – ZnAl4Cu1 1p
6. Acest material se utilizează, cu predilecţie, pentru confecţionarea:
   a – tablei laminate, b – plăcuţelor aşchietoare, c – saboţilor de frână, d – lagărelor antifricţiune 2p

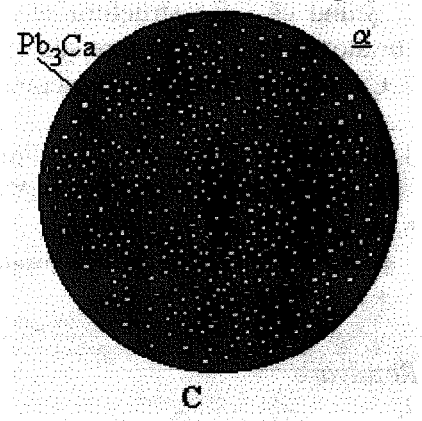
Rezolvare
1.
2. Matricea metalică este soluţia solidă (α) de stibiu şi cupru dizolvate substituţional în staniu iar cristalele purtătoare sunt compuşi intermetalici de culoare albă care apar sub formă de plăcile mari (SnSb) şi de ace mici (Cu_3Sn)
3. Matricea metalică (α) este moale, cu coeficient mic de frecare iar cristalele purtătoare sunt dure
4. c
5. b
6. d



Testul nr.3

Analizaţi microscopic proba C. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2.. Componentul principal al aliajului este:
   a – plumbul, b – staniul, c – calciul, d – fierul 1p
3. Matricea metalică este:
   a – grafitul, b – un amestec mecanic eutectic, c – o soluţie solidă, d – un compus intermetalic 1p
4. Formaţiunile globulare din microstructură au formula chimică:
   a – Fe_2O_3, b – Pb_3Ca, c – SnSb, d – Al_2Cu 2p
5. Metoda uzuală de prelucrare a acestui aliaj este:
   a – forjarea la cald, b – laminarea, c – electroliza, d – turnarea 2p

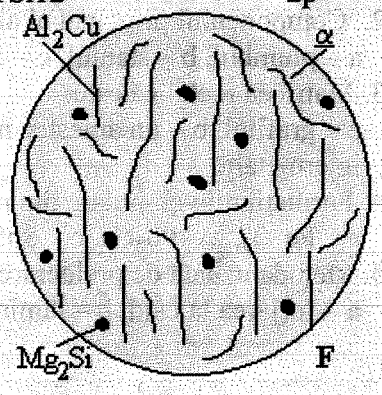
6. Marca aliajului analizat poate fi:
a – Y-Sn83, b – CuZn10, c – Y-Pb98, d – ZnAl4Cu1 1p
7. Destinaţia acestui aliaj o reprezintă confecţionarea de:
a – lagărelor antifricţiune, b – magneţi permanenţi, c – plăcuţe aşchietoare, d – filtre pentru fluide 2p



Rezolvare
1.
2. a
3. c
4. b
5. d
6. c
7. a

Testul nr. 4

Analizaţi microscopic proba F. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Alegeţi 4 componente din compoziţia chimică a aliajului, dintre: 2p
a – H+He+C+O, b – Fe+C+Si+Mn, c – Cu+Zn+Sn+Al, d – Al+Cu+Mg+Mn
3. Precizaţi denumirea aliajului dintre:
a – duralumin, b – silumin, c – zamak, d – bronz 1p
4. În care dintre următoarele domenii se utilizează cu predilecţie materialul analizat?
a – aşchierea metalelor, b – industria aeronautică, c – tratarea apei grele, d – fabricarea magneţilor permanenţi 2p
5. Care dintre următoarele perechi de proprietăţi sunt caracteristice materialului analizat?
a – magnetism+supraconductibilitate, b – duritate+fragilitate, c – rezistenţă mecanică+greutate specifică redusă, d – punct de topire ridicat+coeficient redus de dilatare termică 2p
6. Marca aliajului analizat poate fi:
a – OLC45, b – Y-Sn83, c – AlCu4MgMn, d – ATSi12 2p

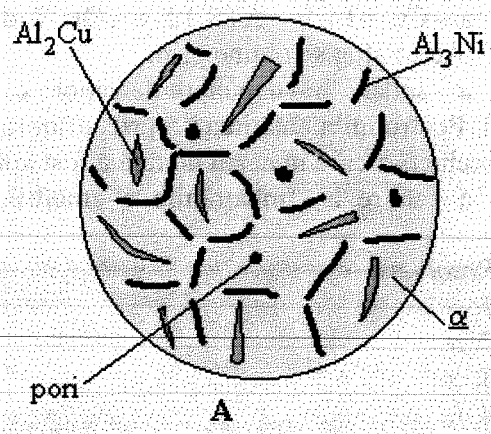


Rezolvare
1.
2. d
3. a
4. b
5. c
6. c

Testul nr.5

Analizaţi microscopic proba A. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Proba analizată este un aliaj al cărui component de bază este:
   a – fierul, b – cuprul, c – aluminiul, d – nichelul 1p
3. Matricea metalică este compusă din:
   a – un metal pur, b – o soluţie solidă, c – un compus intermetalic, d – un amestec mecanic eutectic 1p
4. Cei 2 compuşi intermetalici observaţi în microstructură sunt:
   a – Al_2Cu+Al_3Ni, b – Fe_3C+FeO_2, c – $SnSb+Cu_3Sn$, d – Al_2Cu+Mg_2Si 2p
5. Marca aliajului analizat poate fi:
   a – AlCu4MgMn, b – ATSi12, c – Y-Sn83, d – ATNCu4Ni2Mg2 2p
6. Aliajul este destinat fabricării:
   a – cuţitelor de strung, b – pistoanelor de motoare termice, c – lagărelor de alunecare, d – garniturilor de etanşare pentru fluide 2p
7. Acest aliaj a fost obţinut prin:
   a – turnare, b – deformare plastică, c – sinterizare, d – sudare 2p
folosind:
   w – un laminor, x – amestec de formare, y – o presă de sinterizare, z – un tun electronic 2p

Rezolvare
1.
2. c
3. b
4. a
5. d
6. b
7. a + x



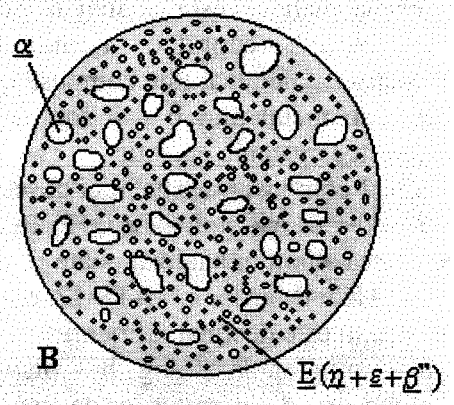
A

Testul nr.6

Analizaţi microscopic proba B. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Componentul principal al aliajului este:
   a – plumbul, b – zincul, c – aluminiul, d – fierul 1p
iar principalul element de aliere este:
   w – cuprul, x – fierul, y – zincul, z – aluminiul 1p
3. Acest aliaj se obţine prin:
   a – turnare, b – deformare plastică, c – sinterizare, d – atac chimic 2p
4. Matricea metalică a aliajului este un constituent metalografic tip: 2p
   a – amestec mecanic, b – compus intermetalic, c – soluţie solidă, d – metal pur

şi rolul său este de a contribui la creşterea: 2p
w – turnabilităţii, x – rezistivităţii electrice, y – călibilităţii, z – durităţii
5. Marca aliajului analizat poate fi:
a – AlCu4MgMn, b – ATNCu4Ni2Mg2, c – Y-Sn83, d – ZnAl4Cu1 1p

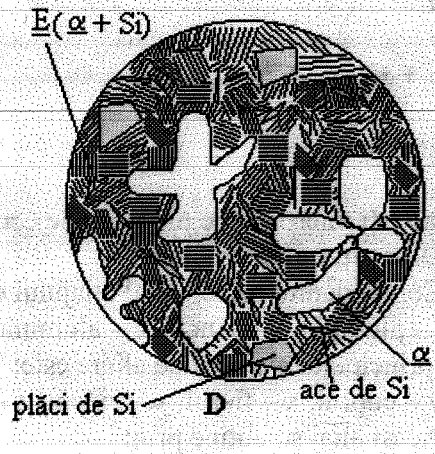
Rezolvare
1.
2. b + z
3. a
4. c + w
5. d



Testul nr.7

Analizaţi microscopic proba D. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Precizaţi sistemul de care aparţine aliajul analizat:
a – Al-Si, b – Cu-Zn, c – Fe-C, d – Zn-Al 1p
3. Denumirea uzuală a aliajului este:
a – alamă, b – silumin, c – duralumin, d – oţel 2p
4. Marca aliajului poate fi:
a – CuSn14, b – ATSi12, c – OL37, d – Y-Sn83 2p
5. Acest aliaj se obţine prin:
a – sudare, b – depunere de vapori, c – deformare plastică, d – turnare 2p
6. Pentru îmbunătăţirea proprietăţilor mecanice, aliajele de acest tip se supun unei prelucrări care în cazul de faţă a fost aplicată doar parţial. Este vorba despre:
a – călire, b – îmbătrânire, c – modificare chimică, d – cementare 2p

Rezolvare
1.
2. a
3. b
4. b
5. d
6. c



2.12 Microstructuri ale aliajelor tratate termic

A. Partea scrisă

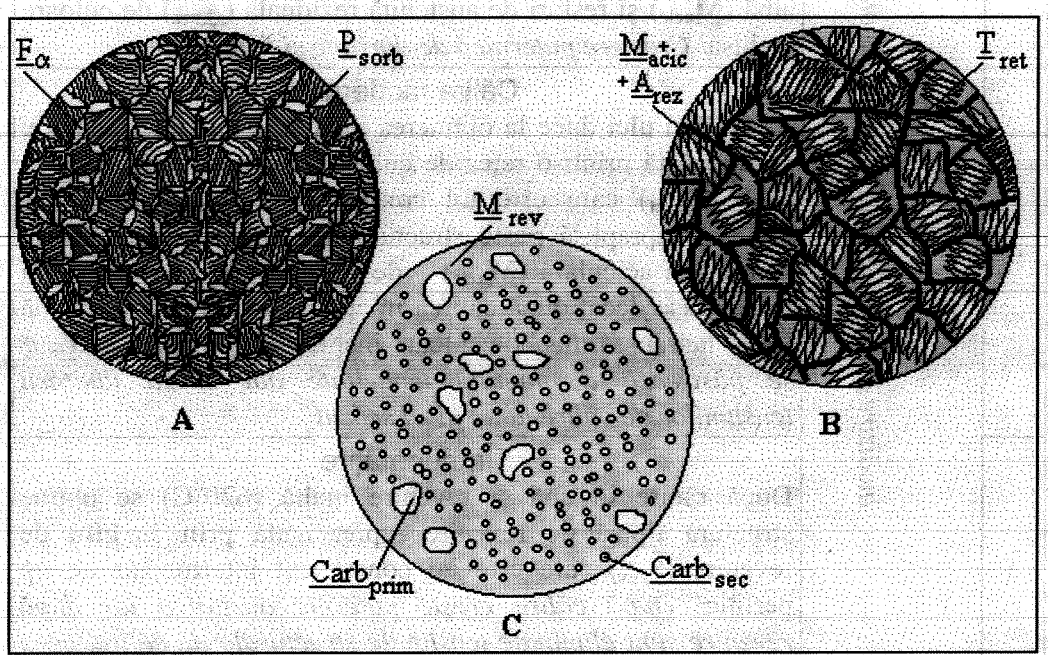
Atac chimic: Nital 3 %, putere de mărire ~500:1 (obiectiv 40x)

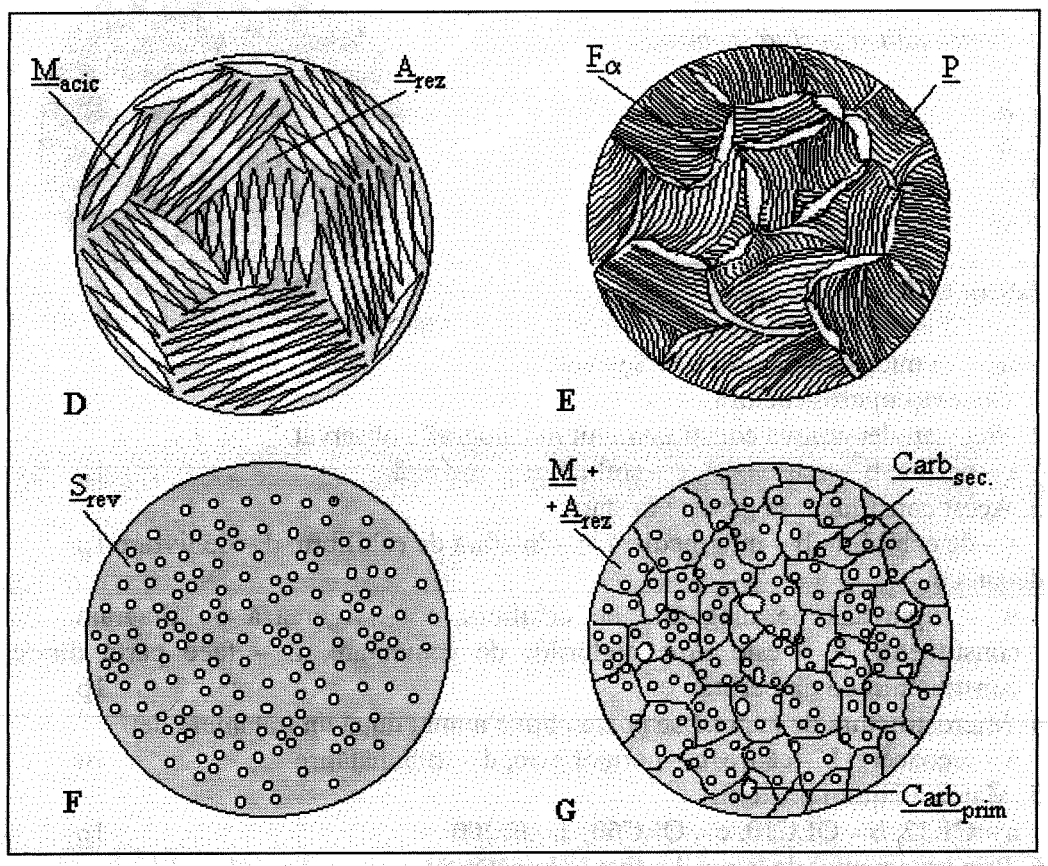
Nr. crt.	Denumirea probei *Parametrii de încălzire*	Denumirea tratamentului Descrierea modului de răcire şi a micrografiei rezultate **(constituenţi metalografici)**/ *Proprietăţi*
0	**1**	**2**
1	OLC60 *Încălzire la 820^{0}C şi menţinere pentru omogenizarea temperaturii*	Recoacere completă Răcirea odată cu cuptorul, cu cca. 10^{0}C/h, duce la apariţia structurii hipoeutectoide de echilibru, formată dintr-un fond de **perlită** lamelară (**P**) şi o reţea albă grosolană de **ferită alfa** (**F_α**)/ *Creşte plasticitatea materialului*
2		Normalizare Răcirea în aer duce la apariţia unei structuri la limita stării de echilibru, reprezentată prin **perlita sorbitică** (**P_{sorb}**) şi prin finisarea reţelei de **ferită alfa** (**F_α**)/ *Cresc tenacitatea şi rezistenţa mecanică, datorită finisării granulaţiei*
3		Călire energică Răcirea în apă (călirea) duce la formarea structurii martensitice, compusă din pachete de **martensită** aciculară albă (**M_{acic}**) şi resturi de austenită reziduală (**A_{rez}**) de culoare închisă/ *Creştere puternică de duritate şi fragilitate*
4		Călire moderată Răcirea în ulei duce la obţinerea unei structuri intermediare, reprezentată printr-o reţea de culoare neagră de **troostită** de călire (**T_{ret}**) care este un constituent intermediar de tip perlitic, suprapusă peste structura martensitică formată din martensită aciculară (**M_{acic}**) – de culoare albă şi dimensiuni mai reduse decât după călirea în apă – şi austenită reziduală (**A_{rez}**) netransformată de culoare închisă/ *Creşte duritatea dar se păstrează a anumită tenacitate din cauza limitării tensiunilor de călire la un nivel scăzut*
5		Îmbunătăţire După răcire în apă şi revenire înaltă (620^{0}C) se obţine structura tipică de revenire reprezentată prin **sorbita** de revenire (**S_{rev}**) care este un constituent intermediar de tip perlitic/ *După călire creşte puternic duritatea iar după revenire sunt eliminate tensiunile structurale de călire, ceea ce duce la creşterea elasticităţii şi tenacităţii*

- A. Partea scrisă (continuare)-

0	1	2
6	Rp3 *Încălzire la 1280^{0}C (pentru dizolvarea carburilor) şi menţinere pentru omogenizarea temperaturii*	**Călire în ulei** Răcirea în ulei a oţelurilor aliate permite apariţia structurii de călire la viteze mai mici decât la oţelurile-carbon. Matricea, formată din **martensită (M)** şi **austenită reziduală(A_{rez})**, a fost atacată incomplet pentru a păstra contrastul imaginii, permiţând evidenţierea limitelor foştilor grăunţi de austenită. Se observă formaţiuni globulare albe mari, de **carburi primare ($Carb_{prim}$)** şi mici, de **carburi secundare ($Carb_{sec}$)**/ *Creştere puternică de duritate şi fragilitate*
7		**Călire şi revenire înaltă** Răcirea în ulei, urmată de revenire înaltă (560^{0}C), duce la obţinerea unei matrice formată exclusiv din **martensită de revenire (M_{rev})** de culoare întunecată. **Carburile primare ($Carb_{prim}$)** şi **secundare ($Carb_{sec}$)** şi-au mărit dimensiunile/ *Eliminarea tensiunilor interne şi dispariţia resturilor de austenită reziduală duc la o creştere substanţială de elasticitate şi tenacitate*

B. Partea desenată





Testul nr.1

Analizaţi microscopic proba A. Se cere:

1. Desenaţi microstructura 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Ştiind că structura de echilibru a acestui oţel prezintă o reţea albă grosolană, stabiliţi ce tratament termic a fost aplicat materialului, dintre:
   a – călire, b – revenire, c – normalizare, d – recoacere 2p
4. Răcirea din cadrul tratamentului termic de la pct.3 s-a aplicat în:
   a – apă, b – aer, c – ulei, d – cuptor 1p
5. După acest tratament, starea materialului este:
   a – în afară de echilibru, b – intermediară, c – de echilibru, d – lichidă 1p
6. Marca aliajului poate fi:
   a – OL37, b – OSC7, c – RUL1, d – OLC60 1p
7. Scopul tratamentului aplicat este:
   a – mărirea tenacităţii, b –mărirea durităţii, c – micşorarea coeficientului de frecare, d – eliminarea tensiunilor de călire 2p

Rezolvare

1.

2. Ferită alfa şi perlită sorbitică

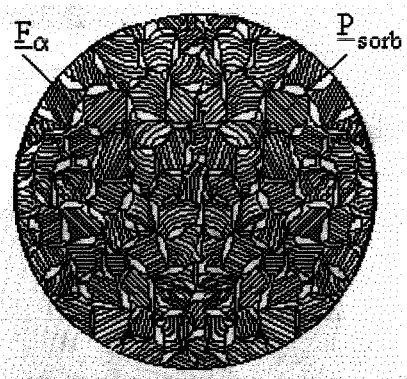
3. c

4. b

5. b

6. d

7. a



A

Testul nr.2

Analizaţi microscopic proba F. Se cere:

1. Desenaţi microstructura 1p
2. Precizaţi denumirea constituentului metalografic observat:
   a – perlită, b – martensită, c – sorbită, d – troostită 1p
3. Acest constituent se găseşte în stare:
   a – de echilibru, b – intermediară, c – în afară de echilibru, d – de livrare 1p
   deoarece:
   w – figurează pe diagrama de echilibru, x – figurează pe diagrama de constituenţi, y – este tipic oţelurilor de cementare, z – face parte dintre constituenţii de tip perlitic 1p
4. Microstructura de la pct.1 se poate obţine numai după un tratament de:
   a – recoacere, b – călire, c – normalizare, d – îmbunătăţire 1p
5. Marca aliajului poate fi:
   a – OL32, b – OLC10, c – OLC60, d – Fc200 1p
6. Prin tratamentul de la pct.4 a fost îmbunătăţită:
   a – elasticitatea, b – conductivitatea, c – fragilitatea, d – refractaritatea 2p
7. La ce fel de piese se aplică, în mod curent, tratamentul de la pct.4?
   a – cuţite de strung, b – arcuri, c – magneţi permanenţi, d – cuie 2p

Rezolvarea

1.

2. c

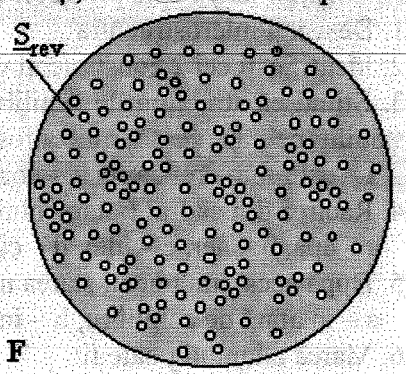
3. b + z

4. d

5. c

6. a

7. b



F

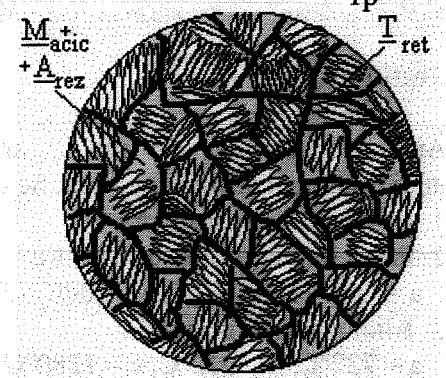
Testul nr.3

Analizaţi microscopic proba B. Se cere:

1. Desenaţi microstructura 1p

2. Identificaţi cei 3 constituenţi metalografici 3p
3. Constituentul intermediar de tip perlitic din microstructură este:
a – perlită, b – sorbită, c – troostită, d – bainită 1p
iar constituenţii în afară de echilibru sunt:
w – ferita şi cementita, x – sorbita şi troostita, y – bainita şi martensita, z – martensita şi austenita 1p
4. Tratamentul termic care a fost aplicat piesei se numeşte:
a – recoacere, b – normalizare, c – îmbunătăţire, d – călire 1p
5. Răcirea din cadrul tratamentului termic de la pct. 4 s-a făcut:
a – în cuptor, b – în aer, c – în ulei, d – în apă 1p
6. Care dintre următoarele mărci de oţel-carbon poate fi cea a probei?
a – OLC60, b – OL60, c – 40Cr10, d – 200Cr120 1p
7. Ce proprietate s-a îmbunătăţit prin tratamentul de la pct.4?
a – plasticitatea, b – rezistenţa mecanică, c – conductivitatea electrică, d – rezistenţa la coroziune 1p

Rezolvare
1.
2. Troostită, martensită şi austenită reziduală
3. c + z
4. d
5. c
6. a
7. b



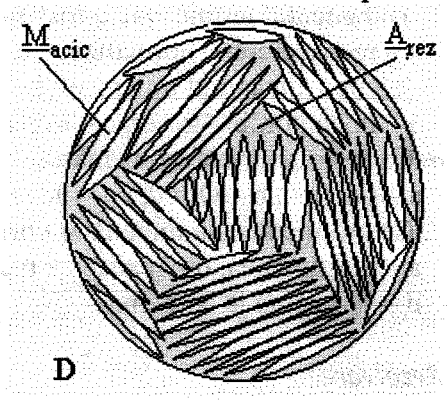
B

Testul nr. 4

Analizaţi microscopic proba D. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Precizaţi denumirea constituentului metalografic observat sub formă de ace mari albe:
a – martensită, b – bainită, c – troostită, d – sorbită 1p
3. Acest constituent se găseşte în ce stare?
a – pură, b – de echilibru, c – intermediară, d – în afară de echilibru 1p
4. Tratamentul termic aplicat piesei a presupus încălzirea în domeniul:
a – de solidificare, b – perlitic, c – austenitic, d – feritic, 1p
răcirea în:
p – apă, q – ulei, r – aer, s – cuptor 1p
şi se numeşte:
w – modificare chimică, x – revenire, y – călire, z – cementare, 1p
5. Scopul aplicării acestui tratament este:
a – modificarea compoziţiei chimice, b – creşterea proprietăţilor de rezistenţă mecanică, c – mărirea volumului, d – reducerea coeficientului de frecare 1p

6. Marca probei analizate poate fi:
a – OLC10, b – OL34, c – OLC60, d – OSC11 1p
7. Pe lângă efectul precizat la pct.5, formarea constituentului nominalizat la pct. 2 are ca efect secundar:
a – creşterea plasticităţii, b – apariţia tensiunilor structurale, c – descompunerea perlitei, d – grafitizarea 1p

Rezolvare
1.
2. a
3. d
4. c + p + y
5. b
6. c
7. b



Testul nr.5

Analizaţi microscopic proba C, care este un oţel aliat de scule aşchietoare, supus unui tratament termic complex. Se cere:
1. Desenaţi microstructura 1p
2. Precizaţi marca aliajului dintre:
a – OSC11, b – Rp3, c – 200Cr120, d – RUL1 1p
3. Aliajul a fost încălzit la:
a – 727^{0}C, b – 912^{0}C, c – 1280^{0}C, d – 1538^{0}C, 1p
în scopul:
g – topirii, h – descompunerii carburilor, i – formării perlitei, j – apariţiei stării paramagnetice 1p
şi răcit în:
p – apă, q – ulei, r – aer, s – cuptor 1p
deoarece:
w – este necesară o de răcire cât mai energică, x – în felul acesta se obţine starea de echilibru termodinamic, y – la oţelurile aliate martensita se formează la răciri mai puţin energice, z – s-a urmărit formarea constituenţilor intermediari de tip perlitic 1p
4. După răcire, aliajul tratat prezintă inconvenientul:
a – este prea moale, b – conţine sufluri, c – prezenţei segregaţiilor dendritice, d – prezenţei tensiunilor interne 1p
şi din acest motiv a fost încălzit la:
p – 50^{0}C, q – 560^{0}C, r – 727^{0}C, s – 820^{0}C, 1p
în cadrul unui tratament termic final numit:
w – revenire, x – cementare, y – recoacere, z – îmbătrânire 1p
5. Matricea metalică a probei analizate este formată din:

a – martensită de călire, b – martensită de revenire, c – austenită reziduală, d – ferită aliată 1p

Rezolvare

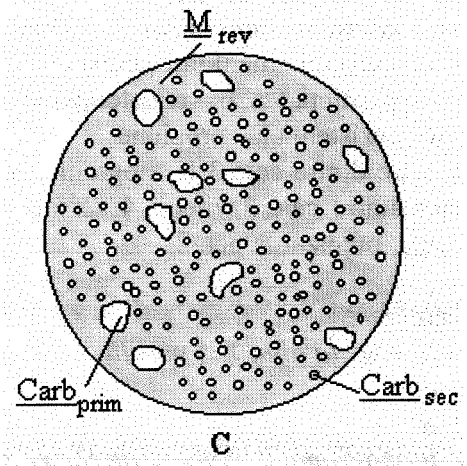
1.

2. b

3. c + h +q + y

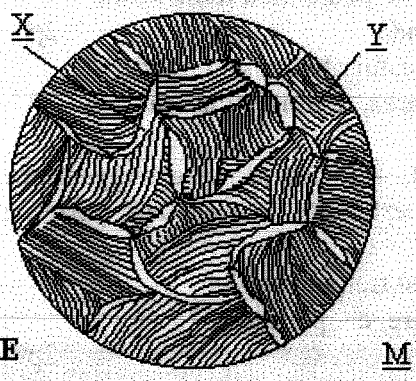
4. d + q + w

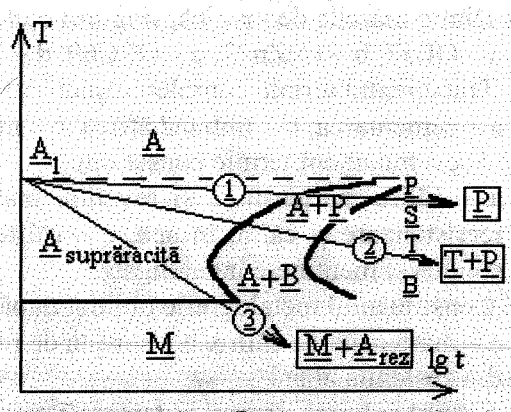
5. b

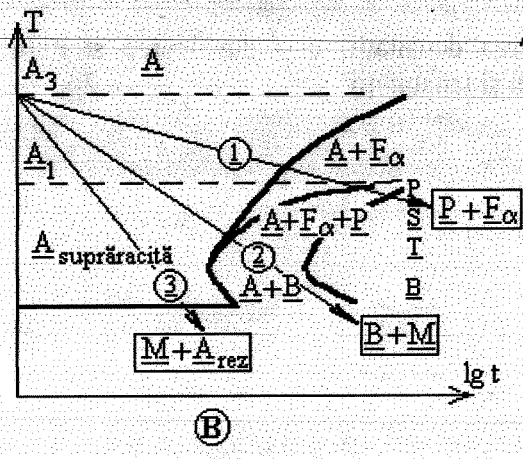


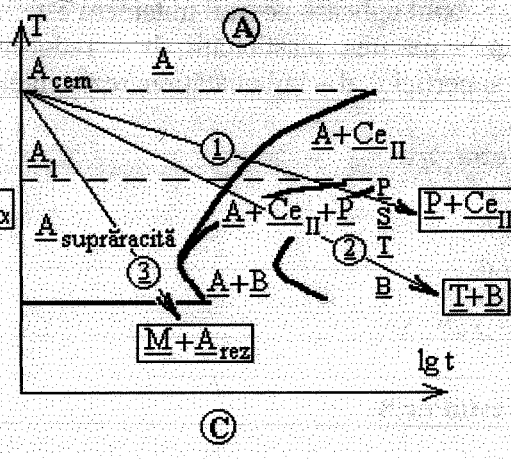
Testul nr.6

Proba E, pentru care s-a ilustrat micrografia în schiţa de mai jos, reprezintă un oţel-carbon de calitate, aflat în stare de echilibru termodinamic. Ştiind că pe aceeaşi schiţă s-au prezentat 3 termograme de tratament termic, conţinând curbe TTT, pentru mai multe tipuri de oţeluri, dintre care o singură variantă corespunde prelucrării la care a fost supusă proba, se cere:









1. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici, notaţi cu X şi Y 2p

2. Considerând că prelucrarea anterioară a fost laminarea la cald, precizați denumirea tratamentului termic aplicat probei: 2p

a – călire, b – normalizare, c – recoacere completă, d – revenire

3. În urma tratamentului termic de la pct.2 a crescut:

a – plasticitatea, b – rezistența mecanică, c – conductivitatea electrică, d – rezistența la coroziune 2p

4. Care dintre cele 3 termograme, **A**, **B** sau **C**, corespunde oțelului analizat și cu care dintre cele 3 viteze, 1, 2 sau 3, a fost răcit acesta, în cadrul tratamentului termic precizat la pct. 2 4p

Rezolvare

1. X = ferită alfa, Y = perlită

2. c

3. a

*4. termograma **B** și viteza de răcire 1*

Testul nr.7

1. Dintre mărcile de mai jos, singurul oțel care se poate trata termic este:

a – OL37, b – CuZn37, c – OLC60, d – Y-Sn83 2p

2. Tratamentul termic complet, caracteristic acestui oțel-carbon este:

a – cementarea, b – îmbunătățirea, c – nitrurarea, d – îmbătrânirea 2p

3. Acest tratament termic constă din:

a – călire martensitică și revenire înaltă, b – încălzire peste temperatura de recristalizare și călire în apă, c – călire superficială, d – încălzire peste curba solidus și menținere îndelungată 2p

4. Constituentul metalografic obținut după acest tratament este:

a – martensita de călire, b – sorbita de revenire, c – perlita sorbitică, d – austenita aliată 2p

5. Scopul aplicării acestui tratament este:

a – mărirea plasticității, b – reducerea densității, c – durificarea stratului superficial, d – îmbunătățirea rezistenței și tenacității 2p

Rezolvare

1. c

2. b

3. a

4. b

5. d

Testul nr.8

Analizați microscopic proba G (Rp3 călit), care a fost atacată incomplet. Se cere:

1. Desenați microstructura 1p

2. Identificați matricea metalică și formațiunile globulare albe mari și mici de pe aceasta 3p

3. Aliajul a fost încălzit la:

a – 560^{0}C, b – 727^{0}C, c – 912^{0}C, d – 1280^{0}C, 1p

în scopul:

g – eliminării tensiunilor, h – descompunerii carburilor, i – formării perlitei, j – formării martensitei 1p

și răcit în:

p – apă, q – ulei, r – aer, s – cuptor 1p

pentru a se obține:

w – austenită, x – sorbită, y – grafit lamelar, z – martensită 1p

4. Pe lângă constituentul metalografic care reprezintă principalul produs de călire, microstructura conține resturi (reziduuri) de:

a – austenită, b – ferită, c – cementită, d – perlită 1p

a cărei prezență este ilustrată și prin existența: 1p

w – maclelor, x – lamelelor de grafit, y – suflurilor, z – limitelor de grăunți

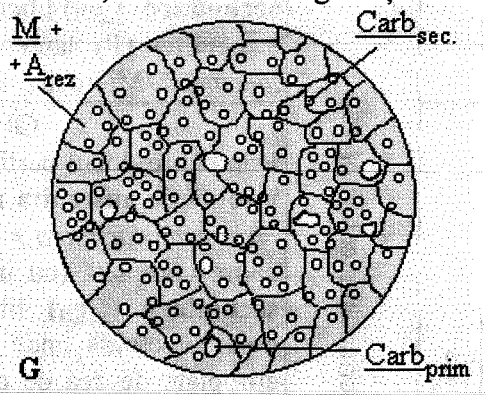
Rezolvare

1.

2. Matricea = martensită + austenită reziduală. Globulele albe mari = carburi primare, globulele albe mici = carburi secundare

3. d + h + q + z

4. a + z

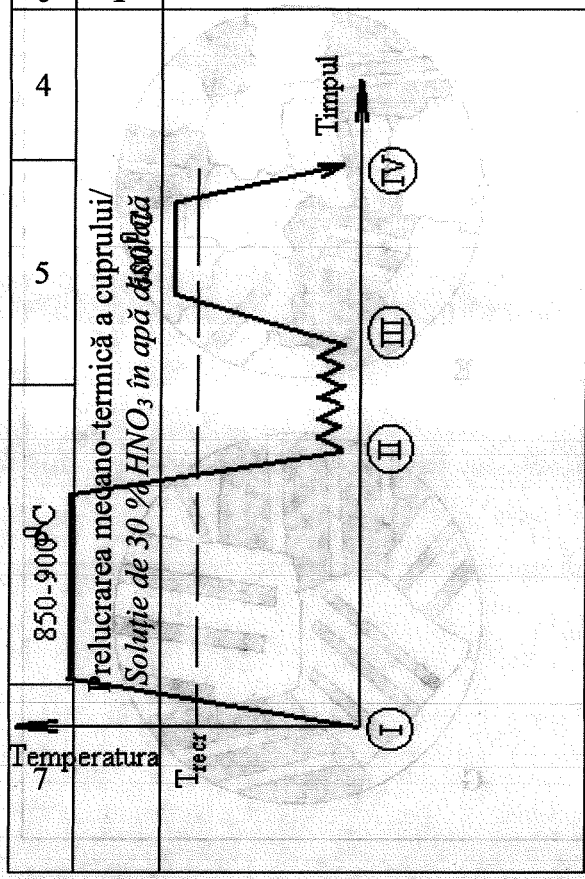


2.13 Microstructuri ale aliajelor tratate termochimic şi termofizic

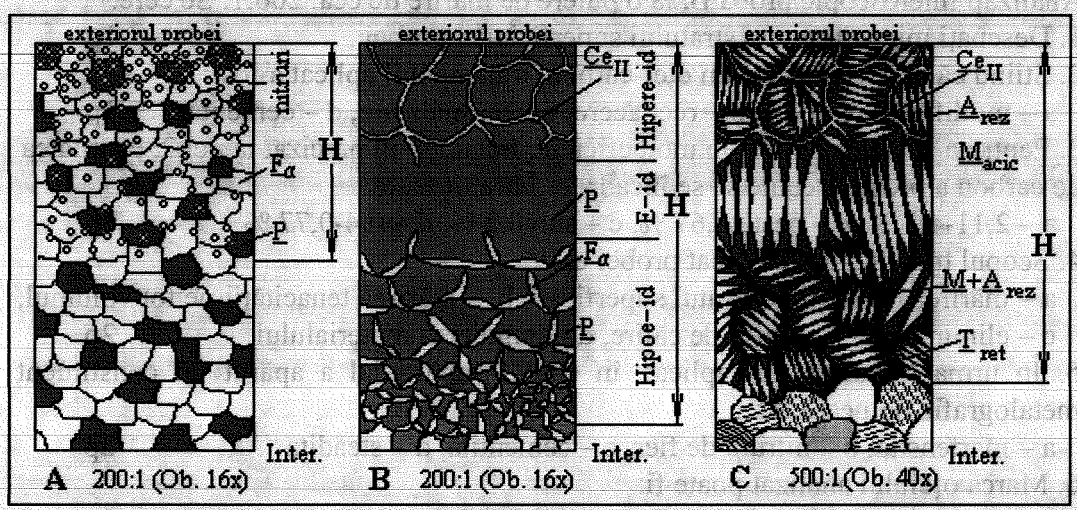
A. Partea scrisă

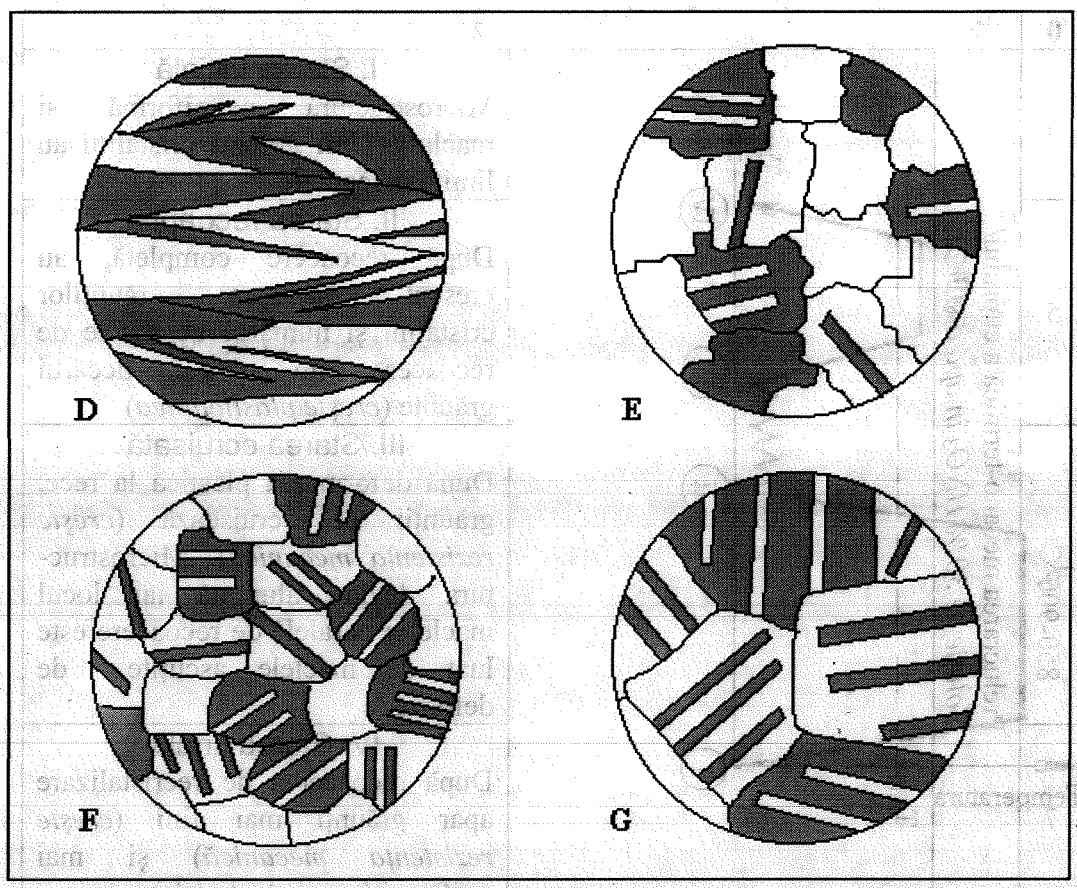
Nr. crt.	Tipul tratamentului *Atac chimic*	Marca sau starea aliajului Descrierea fenomenelor produse şi a micrografiei rezultate **(constituenţi metalografici)**/ *Proprietăţi*
0	**1**	**2**
1	Tratamente termochimice/ *Nital 3 %*	OLC 15 cementat Carbonul a difuzat pe adâncimea „H" unde apar aspecte de oţel-carbon hipereutectoid, eutectoid şi hipoeutectoid. Spre interiorul probei, la adâncimi mai mari decât „H", apare aspectul obişnuit al unui oţel-carbon cu ~ 0,15 %C, care conţine insule de **perlită (P)** şi grăunţi echiaxiali de **ferită alfa ($\underline{F}_\alpha$)**. Stratul cementat are *proprietăţi mecanice superioare* datorită prezenţei **cementitei secundare ($\underline{Ce}_{II}$)** libere, sub formă de reţea ⇒ *creşte duritatea* şi a **perlitei (P)** lamelare în cantitate mare⇒ *creşte rezistenţa mecanică*. Microstructura observată este de echilibru.
2		OLC 20 cementat şi călit Prin călire, locul perlitei este luat de **martensită (M)** care apare însoţită de **austenita reziduală ($\underline{A}_{rez}$)** şi care este mult mai dură ⇒ *creşte duritatea stratului superficial*. Nefiind vorba despre o călire completă (cu încălzire peste $A_{\not{c}em}$) reţeaua de **cementită secundară ($\underline{Ce}_{II}$)** liberă nu dispare, după călire, din zona hipereutectoidă unde s-a format după cementare. La adâncimi apropiate de cea de cementare, „H", viteza de răcire a devenit mai mică decât viteza critică de călire şi austenita s-a transformat într-un constituent intermediar de tip perlitic – **troostita ($\underline{T}$)** – care apare sub formă de reţea neagră, dispusă intercristalin. Interiorul piesei rămâne hipereutectoid, cu structură de supraîncălzire tip Widmannstätten (apropiată de cea de echilibru) din cauza grosimii reduse a peretelui.
3		21MoMn12 normalizat şi nitrurat Baza microstructurală a probei este hipoeutectoidă, fiind formată din grăunţi de **ferită alfa ($\underline{F}_\alpha$)** şi insule de **perlită (P)** lamelară, ambele de mărime redusă. Nitrurile, de culoare albă şi formă globulară, apar în stratul exterior, marcând adâncimea de pătrundere a azotului (mult mai mică decât cea a carbonului). Deoarece nu apare reţeaua de cementită secundară, stratul superficial *este forte dur dar şi tenace*

0	1	2
4	Prelucrarea mecano-termică a cuprului/ *Soluție de 30 % HNO_3 în apă distilată*	**I. Starea inițială** Microstructură neuniformă şi maclată. Unii grăunţi cristalini au limite neregulate
5		**II. Starea recoaptă** După recoacere completă, au crescut mărimea grăunţilor cristalini şi numărul de macle de recoacere din cadrul fiecărui grăunte (*creşte plasticitatea*)
850-900 °C		**III. Starea ecruisată** După deformarea plastică la rece, grăunţii se ecruisează (*creşte rezistenţa mecanică*). Microstructura devine alungită iar locul maclelor paralele de recoacere este luat de maclele ascuţite de deformare
7		**IV. Starea finală** După recoacerea de recristalizare apar grăunţi mai fini (*creşte rezistenţa mecanică*) şi mai uniformi (*creşte izotropia*)



B. Partea desenată





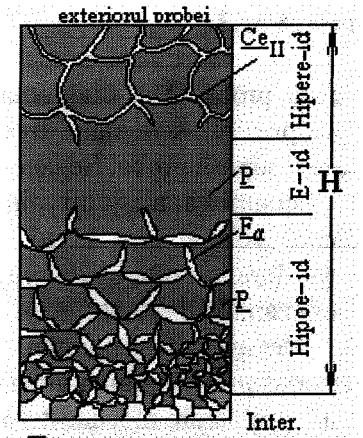
Testul nr.1

Analizați microscopic proba B, la o putere de mărire de cca. 200:1. Se cere:

1. Desenați microstructura stratului superficial al probei 1p
2. Ştiind că materialul este un oțel-carbon, tratamentul aplicat a fost:
   a – modificare chimică, b – recoacere, c – normalizare, d – cementare 1p
3. Pentru a se putea aplica, în mod eficient, tratamentul precizat la pct.2, cantitatea de carbon a probei trebuie să se încadreze între limitele:
   a – 2,11-4,3 %, b – peste 6,67 %, c – sub 0,2 %, d – 0,4-0,77 % 1p
4. Scopul tratamentului aplicat probei este:
   a – mărirea durității pe stratul superficial, b, – mărirea tenacității pe tot volumul, c – eliminarea tensiunilor de călire, d – înmuierea materialului 2p
5. În urma tratamentului aplicat, în stratul superficial a apărut un constituent metalografic nou care este:
   a – martensita, b – nitrura de fier, c – cementita, d – steadita 2p
6. Marca oțelului analizat poate fi:
   a – OL32, b – OLC15, c – OLC60, d – OSC11 1p

7. Proba auto din care a fost prelevată proba este:
a – un arbore cotit, b – un cuzinet, c – un sabot de frână, d – o camă 2p

Rezolvare
1.
2. d
3. c
4. a
5. c
6. b
7. d



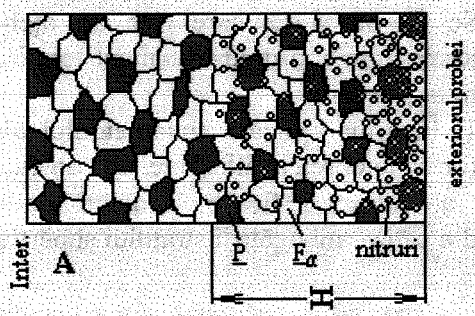
B

Testul nr.2

Proba A, pe care trebuie s-o analizaţi microscopic la o putere de mărire de cca. 200:1, reprezintă un oţel aliat hipoeutectoid supus unui tratament termic şi apoi unuia termochimic. Se cere:

1. Desenaţi microstructura în stratul superficial 1p
2. Precizaţi marca aliajului ştiind că prin tratamentul termochimic aplicat, stratul superficial s-a îmbogăţit în azot
a – OL32, b – 21MoMnCr12, c – 200Cr120, d – OSC11 1p
3. Ştiind că în masa materialului tratat s-a obţinut o structură intermediară, precizaţi denumirea tratamentului termic aplicat:
a – călire, b – recoacere, c – revenire, d – normalizare 1p
4. Deoarece piesei analizate i s-a aplicat un tratament termochimic numit:
a – nitrurare, b – călire superficială, c – cementare, d – cromare 1p
au apărut compuşi ai azotului numiţi:
p – carburi, q – nitrozamide, r – nitruri, s – oxizi 1p
care, în stratul superficial, au dus la îmbunătăţirea:
w – aşchiabilităţii, x – plasticităţii, y – durităţii, z – deformabilităţii 1p
5. Care dintre următoarele substanţe a fost folosită ca mediu de tratament termochimic?
a – gazul metan, b – apa, c – hidrogenul, d – amoniacul 2p
6. Proba analizată a fost debitată dintr-o piesă numită:
a – ferodou, b – magnet permanent, c – roată dinţată, d – bornă electrică 2p

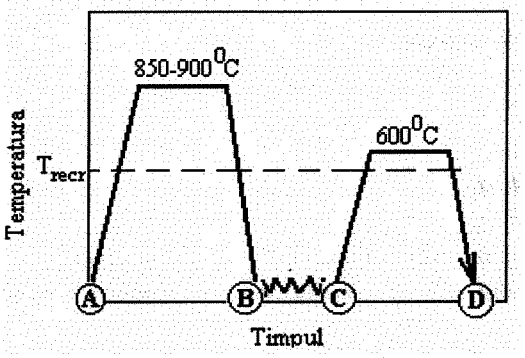
Rezolvare
1.
2. b
3. d
4. a + r + y
5. d



A

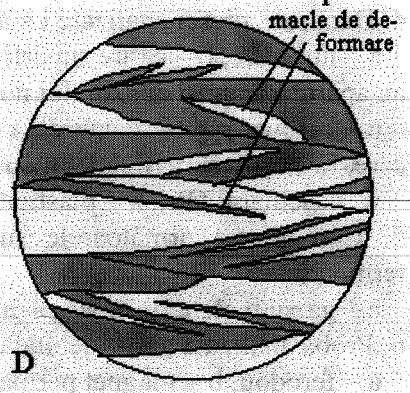
6. c

Testul nr.3



Se dă proba D şi diagrama alăturată, care prezintă schematic tratamentul la care a supusă proba. Se cere

1. Denumirea aliajului din care este făcută proba analizată este:
   a – duraluminiu, b – cupru,
   c – zamak, d – oţel 2p
2. Denumirea operaţiei complete, descrisă prin diagrama din anexă este:
   a – prelucrare mecano-termică, b – călire, c – cementare, d – sinterizare 2p
3. Desenaţi microstructura probei şi precizaţi denumirea formaţiunilor microstructurale care apar pe aceasta sub formă de mici benzi alungite, cu un capăt ascuţit:
   a – macle de recoacere, b – macle de deformare, c – segregaţii, d – oxizi 2p
4. Identificaţi etapa, de pe diagrama din anexă (notată A-D) care corespunde stării materialului analizat.
5. Ultima operaţie mecanică la care a fost supusă proba analizată a fost:
   a – recoacerea, b – sudarea, c – recristalizarea, d – deformarea plastică 2p
6. În urma aplicării operaţiei precizate la pct.5, s-a îmbunătăţit:
   a – rezistenţa mecanică, b – plasticitatea, c – maleabilitatea, d – conductivitatea electrică 2p



Rezolvare

1. b
2. a
3. b
4. C
5. d
6. a

Testul nr.4

Se dă proba C, care este un oţel-carbon de calitate, supus unui tratament termochimic şi unui tratament termic. Analizând microstructura probei în stratul tratat, se cere:

1. În urma aplicării tratamentului termochimic, la exteriorul probei apare, sub forma unei reţele albe fine, un constituent metalografic nou denumit:
   a – nitrura de fier, b – cementită, c – oxid de fier, d – ledeburită 1p

din cauza îmbogăţirii stratului superficial cu:

w – carbon, x – azot, y – oxigen, z – fier 1p

2. Marca oțelului analizat este:

a – OLC45, b – RUL1, c – OT450, d – OLC20 1p

3. Mediul în care s-a aplicat tratament termochimic a fost:

a – amoniacul, b – oxigenul, c – gazul metan, d – apa 1p

4. Apariția în stratul superficial a constituentului precizat la pct.1 contribuie la îmbunătățirea:

a – plasticității, b – durității, c – elasticității, d – rezistenței la coroziune 1p

5. În urma aplicării tratamentului termochimic, s-a obținut o structură:

a – de echilibru, b – intermediară, c – în afară de echilibru, d – în blocuri de mozaic 2p

6. După tratamentul termochimic, oțelul a mai fost supus unui tratament termic de:

a – recoacere, b – călire, c – normalizare, d – îmbătrânire 2p

care a avut drept scop:

w – eliminarea tensiunilor de cementare, x – mărirea plasticității, y – compactizarea materialului, z – mărirea durității 1p

Rezolvare

1. b + w

2. d

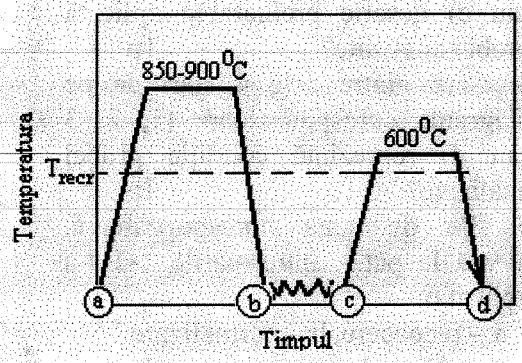
3. c

4. d

5. a

6. b + z

Testul nr.5



Se dă diagrama alăturată și probele E și G care trebuie analizate microscopic. Se cere:

1. Denumirea materialului probei analizate este:

a – babbit, b – fontă, c – cupru, d – silumin 2p

2. Precizați denumirea operației complete, descrisă prin diagrama din anexă: 2p

a – prelucrare mecano-termică, b – călire, c – îmbunătățire, d – cementare

3. Prin comparație, stabiliți stările consecutive de pe diagramă (notate a-d) ce caracterizează probele E și G analizate 2p

4. Probei G i s-a aplicat o:

a – călire, b – normalizare, c – recoacere, d – revenire, 1p

în urma căreia a crescut:

w – duritatea, x – plasticitatea, y – rezistența a coroziune, z – conductivitatea termică 1p

5. Intre stările B şi C, de pe diagramă, se efectuează o:

a – recoacere, b – deformare plastică la rece, c – revenire, d – călire, 1p

iar temperatura variază în timp din cauza:

w – recristalizării, x – recalescenței, y – degajării căldurii latente de solidificare, z – frecării interne 1p

Rezolvare

1. c

2. a

3. E = a, G = b

4. c + x

5. b + z

Testul nr.6

Se dau: proba F, care a suferit un tratament termomecanic complet şi cele 3 diagrame alăturate. Se cere:

1. Desenați microstructura 1p
2. Materialul probei analizate este:

   a – cuprul, b – oțelul, c – fonta albă, d – siluminul 1p
3. Care dintre cele 3 diagrame (a, b sau c) descrie prelucrarea aplicată probei analizate? 1p
4. Care dintre cele 4 stări de pe diagrama corespunzătoare (1, 2, 3 sau 4) reprezintă condiția probei analizate? 1p
5. Pe diagrama corespunzătoare, aleasă la pct.3, între stările 1-2 s-a aplicat o:

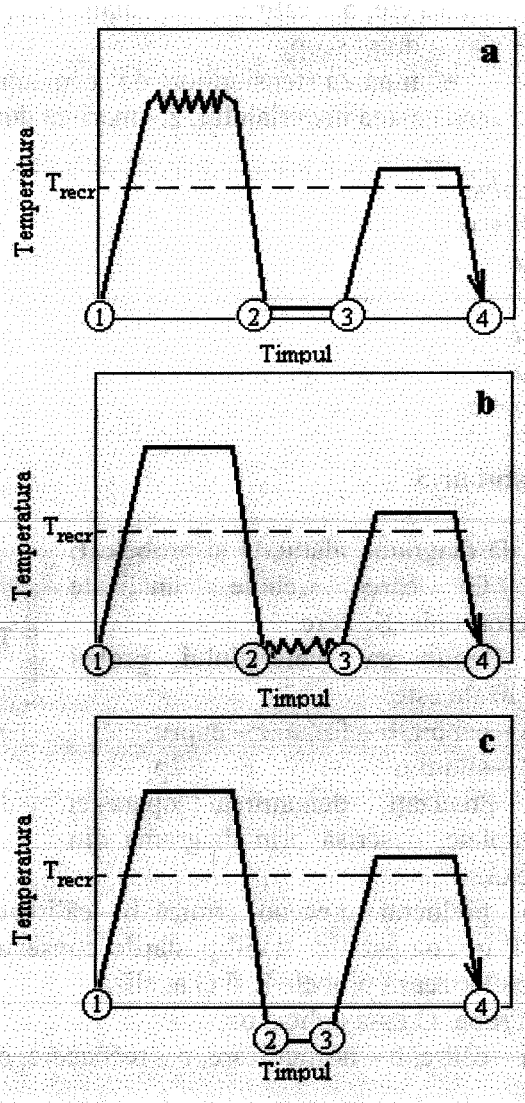
   a – recoacere, b – normalizare, c – călire, d – revenire 1p

   care a urmărit îmbunătățirea: 1p

   f – durității, g – plasticității, h – refractarității, i – aşchiabilității

   deoarece între 2-3 s-a aplicat o:

   k – călire, l – deformare plastică, m – revenire, n – menținere 1p



care a avut ca efect mărirea:

p – tenacității, q – rezistenței mecanice, r – conductivității electrice, s – izotropiei 1p

6. Tratamentul final, aplicat între stările 3-4, este o:

a – recoacere completă, b – revenire joasă, c – recoacere de recristalizare, d – îmbătrânire 1p

care are drept scop:

w – obținerea fibrajului de deformație, x – durificarea stratului superficial, y – îndepărtarea impurităților, z – finisarea și uniformizarea granulației 1p

Rezolvare

1.

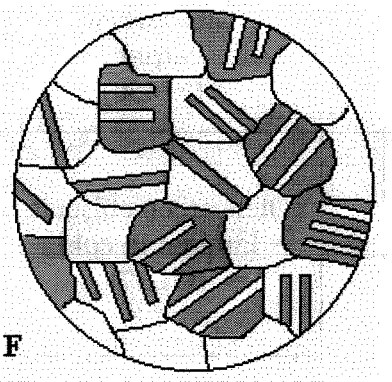
2. a

3. b

4. 4

5. a + g + l + q

6. c + z



F

2.14 Microstructuri ale aliajelor prelucrate prin turnare, deformare plastică, sudare şi sinterizare

A. Partea scrisă

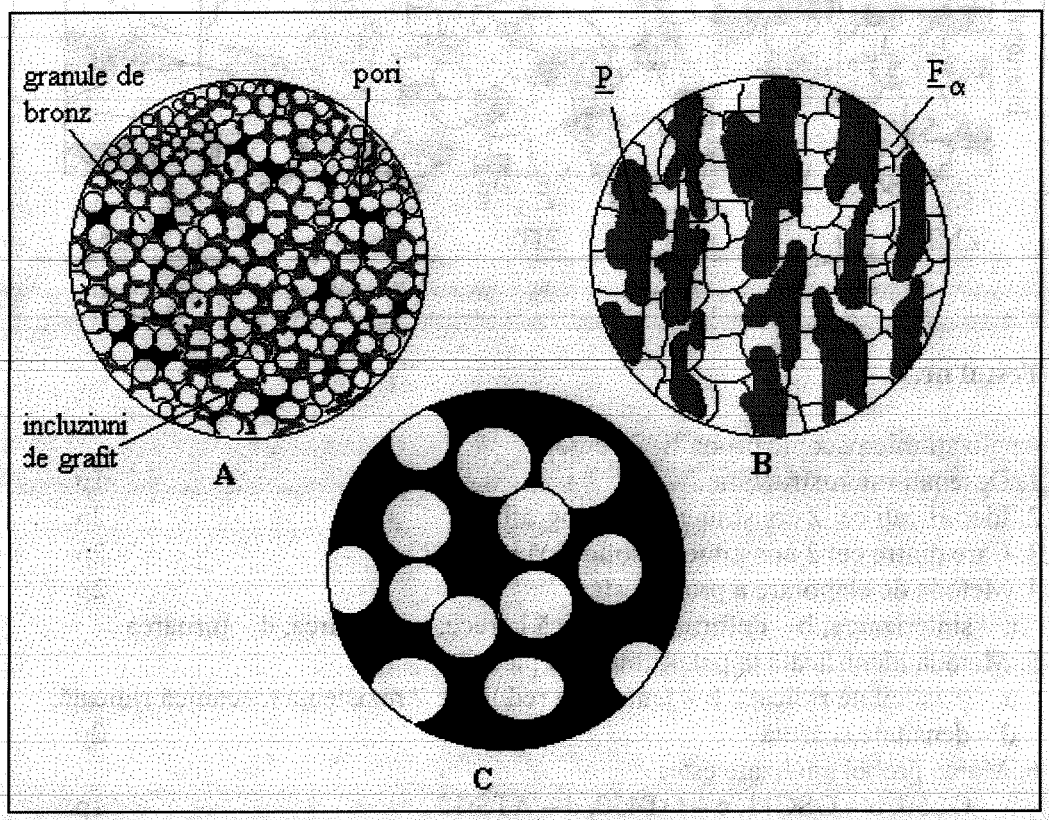
Atac chimic: Nital 3 %

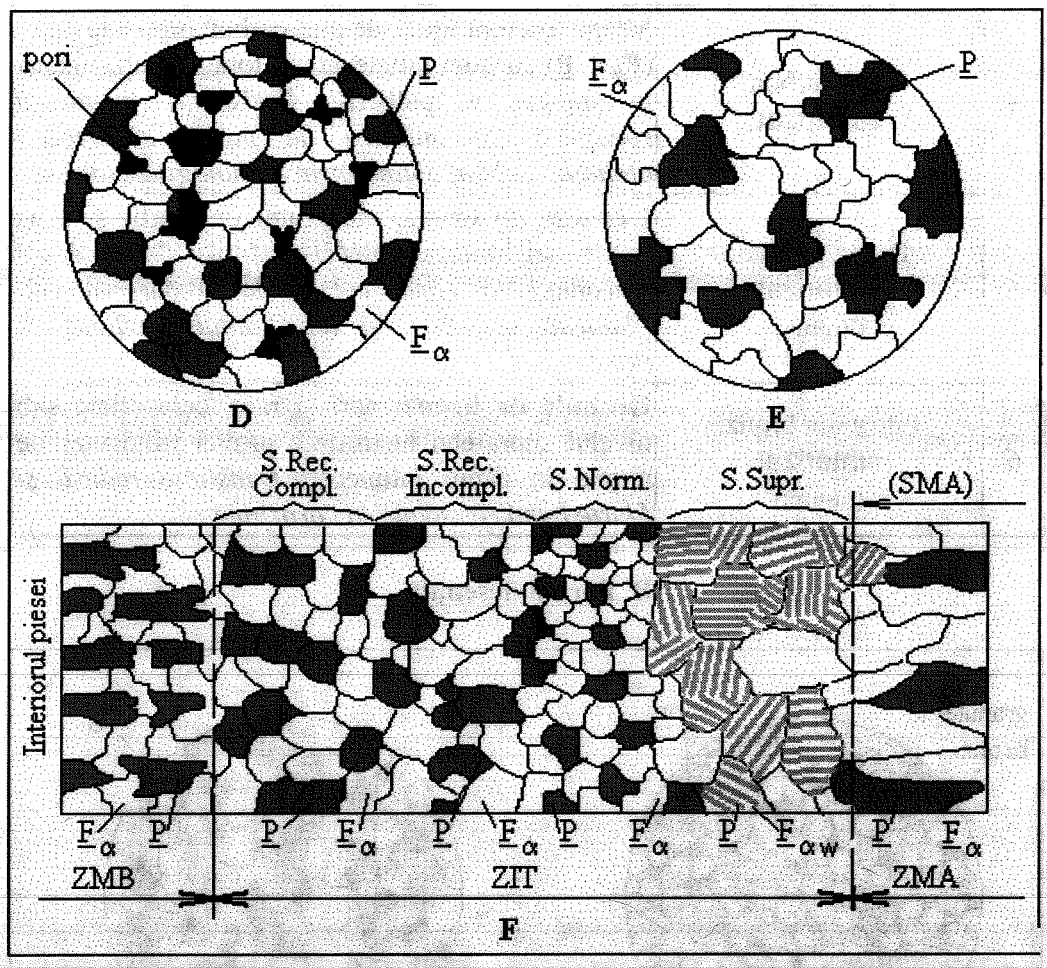
Nr. crt.	Denumirea probei, prelucrarea (marca)	Descrierea micrografiei (**constituenţi metalografici**)/ *Proprietăţi rezultate (cauza)*
0	**1**	**2**
1	Oţel-carbon, turnat (**OT450**)	Grăunţi poligonali grosolani, cu margini sinuoase, de **ferită alfa** (**F**$_\alpha$) de culoare deschisă şi ramificaţii dendritice întunecate de **perlită** (**P**)/ *Tenacitate redusă (din cauza granulaţiei mari)*
2	Oţel-carbon obişnuit, laminat la cald (**OL37**)	Grăunţi poligonali, recristalizaţi, de **F**$_\alpha$ şi şiruri, dispuse pe direcţia laminării, de **P** care, fiind un amestec mecanic, este insensibilă la recristalizare (constituent în benzi)/ *Rezistenţă mecanică ridicată, pe direcţia laminării (datorită fibrajului perlitei)*
3	Oţel-carbon de calitate, sudat electric cu material de adaos (**OLC25**)	ZMS – zona metalului solidificat este reprezentată prin subzona materialului de adaos (SMA) cu structura cristalizată primar/*Duritate ridicată*; ZIT – zona influenţată termic conţine subzonele: – S.Supr. – subzona de supraîncălzire, cu grăunţi caracteristici (Widmannstätten) de **F**$_{\alpha w}$ şi insule grosolane de **P**/ *Tenacitate redusă* – S.Norm. – subzona de normalizare, care are atât grăunţi de **F**$_\alpha$ cât şi insule de **P** de dimensiuni reduse/ *Rezistenţă mecanică şi tenacitate ridicate* – S.Rec.Incompl. – subzona transformărilor cu recristalizare incompletă, cu grăunţi de **F**$_\alpha$ şi insule de **P** având mărime neuniformă – S.Rec.Compl. – subzona transformărilor cu recristalizare completă, cu grăunţi de **F**$_\alpha$ şi insule de **P** având mărime mai uniformă decât iniţial, în materialul de bază/ *Bune proprietăţi mecanice;* ZMB – zona materialului de bază corespunde unui oţel-carbon obişnuit, deformat plastic la cald cu grăunţi poligonali recristalizaţi de **F**$_\alpha$ şi **P** în benzi

- A. Partea scrisă (continuare)-

0	1	2
4	Oţel-carbon, sinterizat	Microstructură tipică de oţel-carbon hipoeutectoid, (**F**$_\alpha$ + **P**) cu **pori** întunecaţi, datoraţi compactizării incomplete a pulberii/ *Rezistenţa mecanică specifică, pe unitatea de masă, superioară oţelului-carbon, obţinut prin tehnologiile clasice*
5	Bronz grafitat, sinterizat (lustruit)	**Granule de bronz**, incluziuni de **grafit** şi **pori** (mult mai întunecaţi decât grafitul)/ *Foarte bună rezistenţă la coroziune şi la frecare umedă (datorită grafitului şi lubrifiantului reţinut de pori)*
6	Filtru din bronz, sinterizat (lustruit)	**Granule de bronz** mari şi rare, cele aflate sub nivelul suprafeţei lustruite a probei fiind vizibile numai în câmp întunecat/ *Densitate redusă şi foarte bună rezistenţă la coroziune*

B. Partea desenată





Testul nr.1

Analizaţi microscopic proba E. Se cere:

1. Desenaţi microstructura 1p
2. Identificaţi cei 2 constituenţi metalografici 2p
3. Care dintre cei 2 constituenţi solidifică primul? 2p
4. Metoda de elaborare a probei este: 2p
   a – sinterizarea, b – deformare plastică la rece, c – sudarea, d – turnarea
5. Metoda identificată la pct. 4 imprimă piesei:
   a – plasticitate ridicată, b – tenacitate redusă, c – rezistenţă mecanică ridicată, d – densitate scăzută 2p
6. Marca probei analizate este:
   a – OL50, b – OSC11, c – OT450, d – ATSi12 1p

Rezolvare

1.

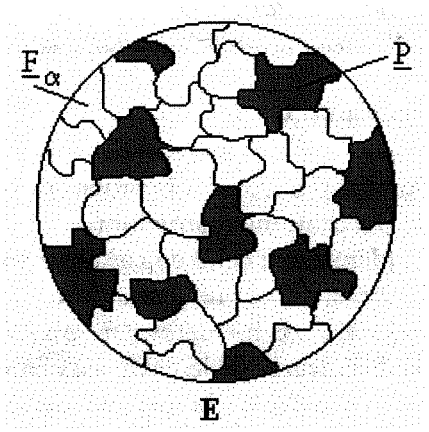
2. Ferită alfa şi perlită

3. Ferita alfa (constituent proeutectoid)

4. d

5. b

6. c



Testul nr.2

Se dă proba F, care a rezultat prin îmbinarea a 2 semifabricate laminate şi care trebuie analizată microscopic. Se cere să precizaţi:

1. Metoda prin care a fost realizată îmbinarea 1p
2. Denumirea celor 3 zona caracteristice care apar la acest tip de îmbinare 3p
3. Care dintre cele 3 zone de mai sus a solidificat ultima? 1p
4. În care, dintre cele 3 zone de mai sus, microstructura semifabricatelor îmbinate a suferit cele mai mari modificări? 1p
5. Desenaţi micrografia zonei de la pct. 4 şi identificaţi cele 4 subzone din componenţa ei 2p
6. Dintre subzonele de la pct.5, identificaţi-le pe cele care au suferit tratamente termice complete 1p
7. Dintre subzonele identificate la pct.6 stabiliţi care are cea mai mare rezistenţă mecanică 1p

Rezolvare

1. Sudarea

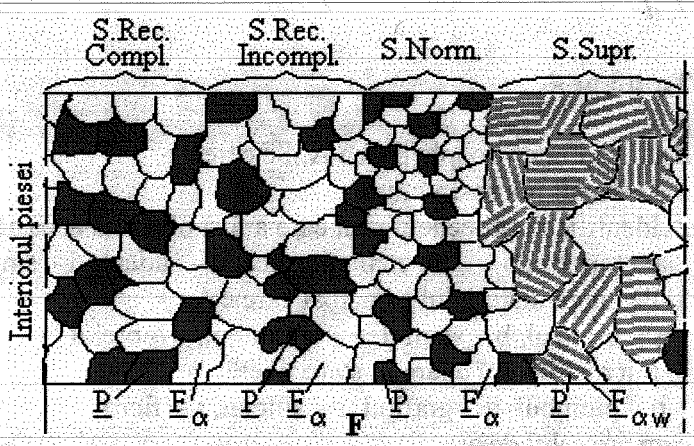
2. Zona metalului solidificat, zona influenţată termic, zona materialului de bază

3. Zona metalului solidificat

4. Zona influenţată termic

5. S.Supr.=subzona de supraîncălzire;
S.Norm.=subzona de normalizare;
S.Rec.Incompl.=sub-zona transformărilor cu recristalizare incompletă;
S.Rec.Compl.= sub-zona transformărilor cu recristalizare completă;

6. S.Norm. (normalizare) şi S.Rec.Compl. (recoace-

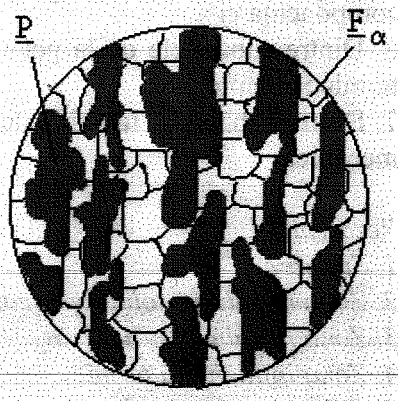


re de recristalizare)
7 S.Norm. (datorită granulației fine)

Testul nr.3

Analizați microscopic proba B. Se cere:
1. Desenați microstructura 1p
2. Identificați cei 2 constituenți metalografici 2p
3. Proba a fost prelucrată prin:
a – sudare, b – deformare plastică, c – sinterizare, d – turnare 1p
4. Prelucrarea de la pct.3 s-a efectuat:
a – la cald, b – la rece, c – după topire, d – la 100 atm 1p
5. Din ce motiv unul dintre constituenții identificați la pct.2 s-a obținut sub formă de șiruri? 2p
6. Care poate fi marca probei analizate:
a – OT350, b – Fgn400-12, c – OL37, d – CuSn14 1p
7. Precizați proprietatea materialului care s-a îmbunătățit în urma prelucrării aplicate:
a – plasticitatea, b – conductivitatea electrică, c – duritatea stratului superficial, d – rezistența mecanică 2p

Rezolvare
1.
2. Ferita alfa și perlita
3. b
4. a
5. Fiindcă este un amestec mecanic iar acesta, neavând rețea cristalină proprie, este insensibil la recristalizare
6. c
7. d



B

Testul nr.4

Analizați microscopic proba A. Se cere:
1. Desenați microstructura 1p
2. Identificați procedeul prin care a fost obținută această probă:
a – turnare, b – deformare plastică, c – sudare, d – sinterizare 1p
3. Pe lângă materialul principal care este:
a – bronzul, b – staniul, c – siluminul, d – oțelul 2p
în microstructură apare în stare liberă:
p – plumbul, q – grafitul, r – siliciul, s – fierul 2p
care are rolul de a:

w – mări duritatea, x – mări densitatea, y – micşora frecarea, z – reduce plasticitatea 2p

4. Din acest material se poate fabrica în mod uzual:
a – un cuţit de strung, b – o şină de tren, c – un lagăr de alunecare, d – o ţeavă laminată 2p

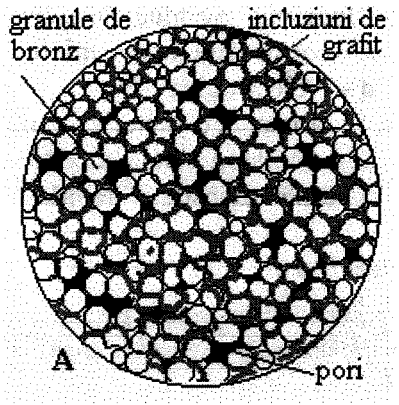
Rezolvare

1.

2. d

3. a + q + y

4. c



Testul nr.5

Analizaţi microscopic proba C. Se cere:

1. Desenaţi microstructura 1p
2. Această probă a fost obţinută prin:
a – topire zonală, b – sinterizare, c – sudare, d – laminare 1p
3. Porozitatea materialului este:
a – 0 %, b – sub 5 %, c – 10-20 %, d – peste 30 % 2p
4. Materialul probei este:
a – plumbul, b – fonta, c – bronzul, d – oţelul 2p
5. Câmpul întunecat observat în microstructura probei corespunde:
a – perlitei, b – golurilor, c – grafitului, d – stratului cementat 2p
6. Din acest material se confecţionează:
a – burghie, b – garnituri de etanşare, c – lame de bărbierit, d – filtre pentru lichide 1p
7. Granulele observate în microstructura probei au fost obţinute prin: 1p
a – măcinare, b – recoacere de maleabilizare, c – modificare chimică, d – sudare

Rezolvare

1.

2. b

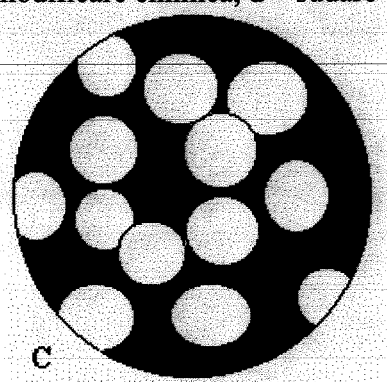
3. d

4. c

5. b

6. d

7. a



Testul nr.6

Analizaţi microscopic proba D. Se cere:

1. Precizaţi materialul probei:

a – alamă, b – oțel-carbon, c – bronz, d – duralumin 2p

2. Procedeul de obținere a probei a fost:

a – turnarea, b – laminarea, c – sudarea, d – sinterizarea 2p

3. Cei 2 constituenți metalografici observați în microstructură sunt:

a – $\underline{Le_{II}}$ + $\underline{Ce_{I}}$, b – $\underline{\alpha}$ + $\underline{\beta}$", c – $\underline{P}$ + $\underline{F_{\alpha}}$, d – $\underline{P}$ + $\underline{Ce_{II}}$ 2p

4. Domeniul predilect de aplicabilitate al probei este:

a – construcția de mașini, b – electrotehnica, c – industria alimentară, d – electronica 2p

5. Proprietatea caracteristică materialului este:

a – conductivitatea electrica, b – inducția magnetica, c – raportul rezistență mecanică/densitate, d – plasticitatea 2p

Rezolvare

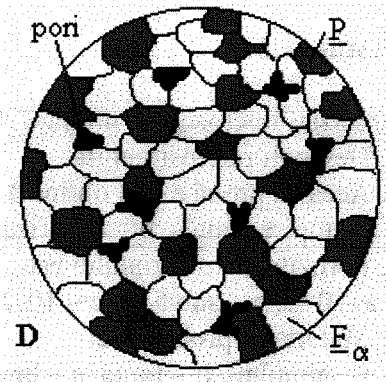
1. b

2. d

3. c

4. a

5. c



3. APLICAŢII

1. Să se determine potenţialul de accelerare al electronilor folosiţi la ionizarea atomilor de sodiu, ştiind că primul potenţialul de ionizare al acestui element chimic este 5,14 eV.

Rezolvare

Se notează cu V_a - potenţialul de accelerare, cu e – sarcina electrică elementară şi cu I_{Na} – potenţialul de ionizare al sodiului.

Relaţia generală a potenţialului de ionizare este:

$$I = e \cdot V_a \qquad (1)$$

Din (1) $\Rightarrow V_a = \dfrac{I_{Na}}{e} = 5{,}14\ eV/e \Rightarrow V_a = 5{,}14\ V$

2. Care este potenţialul de ionizare al clorului, dacă potenţialul de accelerare al electronilor folosiţi la ionizare este $V_a = 12{,}95$ V iar sarcina electrică elementară este $e = 1{,}60219 \cdot 10^{-19}$C?

Rezolvare

Din relaţia potenţialului de ionizare (1) rezultă:

$I_{Cl} = e \cdot V_a = 12{,}95\ eV = 12{,}95 \cdot 1{,}60219 \cdot 10^{-19} = 2{,}074836\ 10^{-18}\ J$

3. Ştiind că potenţialul de ionizare al sulfului este de 10,36 eV iar cel al clorului de 12,95 eV, precum şi că afinităţile pentru electroni ale celor două metaloide sunt de – 2,06 eV şi respectiv – 3,47 eV, să se arate care dintre aceste elemente este mai electronegativ decât celălalt. Să se verifice afirmaţia calculând electronegativităţile relative (în raport cu litiul) ale celor două elemente ştiind că litiul are potenţialul de ionizare de 5,30 eV şi afinitatea pentru electroni nulă.

Rezolvare

Se ştie că este mai electronegativ elementul cu cea mai mare valoare absolută a sumei dintre potenţialul său de ionizare (I) şi afinitatea sa pentru electroni (A).

$$\left.\begin{aligned} I_S + A_S &= 10{,}36 + (-2{,}06) = 8{,}3\ eV \\ I_{Cl} + A_{Cl} &= 12{,}95 + (-3{,}47) = 9{,}48\ eV \end{aligned}\right\} \Rightarrow I_S + A_S < I_{Cl} + A_{Cl}$$

Deci clorul este mai electronegativ decât sulful. Acest lucru se poate verifica şi prin determinarea celor două electronegativităţi relative (faţă de litiu)

$$\left.\begin{aligned} X_S &= \frac{I_S - A_S}{I_{Li} - A_{Li}} = \frac{10{,}36 - (-2{,}06)}{5{,}39 - 0} \cong 2{,}3 \\ X_{Cl} &= \frac{I_{Cl} - A_{Cl}}{I_{Li} - A_{Li}} = \frac{12{,}95 - (-3{,}47)}{5{,}39 - 0} \cong 3 \end{aligned}\right\} \Rightarrow X_S < X_{Cl}$$

4 Electronegativitatea relativă a fierului (față de litiu) este 1,8. Ştiind că potenţialul de accelerare al electronilor pentru ionizarea atomilor de fier este de 7,83 V, se cere să se determine în eV afinitatea pentru electroni a acestui metal. Se ştie că potenţialul de ionizare al litiului este $8{,}64 \cdot 10^{-19}$J iar afinitatea sa pentru electroni este nulă. Se dă e = $1{,}60219 \cdot 10^{-19}$C

Rezolvare

Expresia electronegativităţii relative a fierului este:

$$X_{Fe} = \frac{I_{Fe} - A_{Fe}}{I_{Li} - A_{Li}},$$

iar expresia potenţialului de ionizare al fierului este, conform relaţiei (1):

$$I_{Fe} = e \cdot V_a$$

unde e este sarcina electrică elementară şi V_a este potenţialul de accelerare.

Cu aceste două relaţii, se obţine expresia electronegativităţii relative a fierului:

$$X_{Fe} = \frac{eV_a - A_{Fe}}{I_{Li} - A_{Li}} \Rightarrow A_{Fe} = eV_a - X_{Fe}(I_{Li} - A_{Li}) = 1{,}60219 \cdot 10^{-19} \cdot 7{,}83 - 1{,}8\,(8{,}64 \cdot 10^{-19} - 0) = (1{,}60219 \cdot 7{,}83 - 1{,}8 \cdot 8{,}64) \cdot 10^{-19} \cong -3 \cdot 10^{-19} J \Rightarrow A_{Fe} = -3 \cdot 10^{-19} / 1{,}60219 \cdot 10^{-19} \cong \cong -1{,}87\ eV$$

5. Ce forţă de atracţie electrostatică apare între un ion de clor şi unul de sodiu, în cadrul clorurii de sodiu, ştiind că reţeaua acesteia se formează prin introducerea câte unui atom de clor la mijlocul fiecărei muchii a celulei elementare cubice cu feţe centrate a sodiului, al cărui parametru de reţea este 5,6 Å. Se dă constanta de proporţionalitate pentru forţa de atracţie A = $4{,}5 \cdot 10^{-38}$ N·m^2.

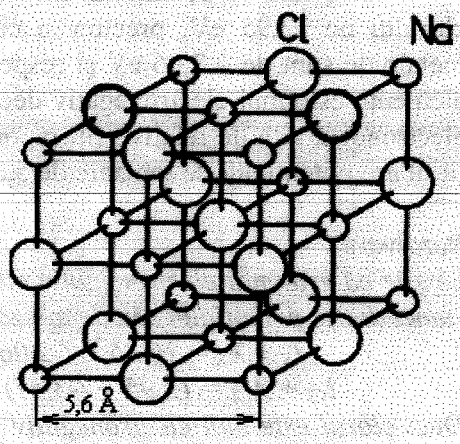
Rezolvare

Celula elementară a clorurii de sodiu este ilustrată alăturat. Expresia forţei de atracţie coulomb este:

$$F = -\frac{A}{r^2}, \text{ unde } r = \frac{r_{Na}}{2} = \frac{5{,}6}{2} = 2{,}8\ Å = 2{,}8 \cdot 10^{-10}\ m.$$

$$F = -\frac{4{,}5 \cdot 10^{-38}}{2{,}8 \cdot 10^{-10}} = -1{,}6071429 \cdot 10^{-28} N$$

$$\Rightarrow F \cong -1{,}6 \cdot 10^{-28}\ N$$



6. Se cere să se calculeze forţa de coeziune dintre un ion de sodiu şi unul de clor (din clorura de sodiu) ştiind că:

- distanţa de echilibru dintre ioni este 2,8 Å;
- constanţa de proporţionalitate pentru forţa de atracţie este A = $4{,}5 \cdot 10^{-38}$ N·m^2;

- forța de respingere este invers proporțională cu puterea a noua a distanței dintre ioni iar cea de atracție cu puterea a doua. Cum este forța de coeziune în comparație cu forța de atracție electrostatică determinată la problema nr.5?

Rezolvare

Expresia generală a forței de interacțiune dintre atomi este:

$$F = -\frac{A}{r^M} + \frac{B}{r^N} \qquad (2)$$

în care se cunosc: $A = 4{,}5\cdot10^{-38}\ N\cdot m^2$, $M = 2$, $N = 9$, $r_0 = 2{,}8\ Å = 2{,}8\cdot10^{-10}m$.

Din condiția $F_{(r_0)} = 0 \Rightarrow B = A\cdot r_0^{N-M} = 4{,}5\cdot10^{-38}\cdot(2{,}8\cdot10^{-10})^{9-2} = 6{,}071805\cdot10^{-105} \Rightarrow$ $B \cong 6\cdot10^{-105}\ N\cdot m^9$.

Forța de coeziune este forța minimă de interacțiune dintre atomi și are caracter de atracție. Distanța de corespunzătoare forței de coeziune este dată:

$$\frac{dF}{dr} = 0 \Rightarrow \frac{MA}{r^{M+1}} - \frac{BN}{r^{N+1}} = 0 \Rightarrow r = \left(\frac{BN}{MA}\right)^{\frac{1}{N-M}} = \left(\frac{6\cdot10^{-105}\cdot 9}{2\cdot 4{,}5\cdot10^{-38}}\right)^{\frac{1}{7}} = 3{,}47527\cdot10^{-10} \Rightarrow$$

$r_{coez} \cong 3{,}48\cdot10^{-10}m = 3{,}48\ Å$

Forța de coeziune va fi:

$$F_{coez} = -\frac{4{,}5\cdot10^{-38}}{3{,}48^2\cdot10^{-20}} + \frac{6\cdot10^{-105}}{3{,}48^9\cdot10^{-90}} = -2{,}9142499\cdot10^{-19} \Rightarrow F_{coez} \cong -2{,}9\cdot10^{-19}N$$

Se observă că $F_{coez} \cong F_{atracție\ electrostatică}\cdot 1{,}8\cdot10^9\ N$

7. Se cere să se calculeze forța de interacțiune și natura acesteia, între doi ioni vecini, de sarcini opuse, din clorura de sodiu, când sunt deplasați cu 1 Å, față de poziția de echilibru. Se știe că:

- energia de interacțiune dintre ioni se anulează când aceștia sunt apropiați la distanța $r_1 = 2{,}08$ Å;
- constanta de proporționalitate a forței de respingere este $B = 6\cdot10^{-105}\ N\cdot m^9$;
- în relația (2) a forței de interacțiune se consideră exponenții: $M = 2$ și $N = 9$.

<u>Observație:</u> Se vor lua în considerație ambele sensuri ale deplasării atomilor.

Rezolvare

Integrând expresia forței de interacțiune, dată de relația (2), se obține expresia energiei de interacțiune:

$$U = -\frac{A}{M-1}\cdot\frac{1}{r^{M-1}} + \frac{B}{N-1}\cdot\frac{1}{r^{N-1}}.$$

Dacă $U_{(r_1)} = 0 \Rightarrow -\frac{A}{M-1}\cdot\frac{1}{r_1^{M-1}} = \frac{B}{N-1}\cdot\frac{1}{r_1^{N-1}} \Rightarrow A = \frac{M-1}{N-1}Br_1^{M-N} = \frac{M-1}{N-1}\frac{B}{r_1^{N-M}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow A = \frac{2-1}{9-1}\cdot\frac{6\cdot10^{-105}}{2.08^{9-2}\cdot10^{-10(9-2)}} = 4{,}4526505\cdot10^{-38} \Rightarrow A \cong 4{,}5\cdot10^{-38}\ N\cdot m^{-2}$$

Deci expresia forței de interacțiune va avea forma:

$F = -\frac{4,5\cdot 10^{-38}}{r^2} + \frac{6\cdot 10^{-105}}{r^9}$. *Pentru a putea calcula forța de interacțiune este necesar să se determine distanța de echilibru dintre atomi.*

$$F_{(r_0)} = 0 \Rightarrow -\frac{A}{r_0^M} + \frac{B}{r_0^N} = 0 \Rightarrow r_0 = \left(\frac{B}{A}\right)^{\frac{1}{N-M}} = \left(\frac{6\cdot 10^{-05}}{4,5\cdot 10^{-38}}\right)^{\frac{1}{9-2}} = 2,79525\cdot 10^{-10}\ m \Rightarrow$$

$\Rightarrow r_0 \cong 2,8$ *Å. Vor trebui determinate deci* $F_{(3,8Å)}$ *și* $F_{(1,8Å)}$:

$$F_{(3,8Å)} = -\frac{4,5\cdot 10^{-38}}{3,8^2\cdot 10^{-20}} + \frac{6\cdot 10^{-105}}{3,8^2\cdot 10^{-90}} = -2,7531825\cdot 10^{-19}\ N \cong -2,75\cdot 10^{-19}\ N$$

$$F_{(1,8Å)} = -\frac{4,5\cdot 10^{-38}}{1,8^2\cdot 10^{-20}} + \frac{6\cdot 10^{-105}}{1,8^2\cdot 10^{-90}} = 3,1637074\cdot 10^{-17}\ N \cong 3,16\cdot 10^{-17}\ N$$

În concluzie, atunci când ionii sunt apropiați cu 1 Å forța lor de interacțiune este de respingere iar când sunt îndepărtați cu 1 Å forța este de atracție fiind de peste 100 de ori mai mică decât în primul caz.

8. Fiind dată o funcție de undă de forma:

$$\Psi = \Psi_0 \sin(\omega t - kx)$$

în care:

Ψ_0 = amplitudinea funcției

ω = viteza unghiulară, $\omega = 2\pi\upsilon$, υ – frecvența

k = numărul de undă, $k = 2\pi/\lambda$, λ – lungimea de undă de Broglie

x = drumul (distanța) parcurs de undă,

Se cere:

a) Să de deducă ecuația lui Schrödinger, în care k^2 se exprimă în funcție de E, energia cinetică.

b) Ce număr de undă va avea un electron accelerat la un potențial de 50 kV? Se dau pentru electron: $m = 9,11\cdot 10^{-31}$ kg, $e = 1,60219\cdot 10^{-19}$ C. Constanta lui Planck este $h = 6,63\cdot 10^{-34}$ J·s.

Rezolvare

a) $\Psi = \Psi_0 \sin(\omega t - kx)$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{d\Psi}{dx} = -k\Psi_0 \cos(\omega t - kx); \frac{d^2\Psi}{dx^2} = -k^2\Psi_0 \sin(\omega t - kx) \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{d^2\Psi}{dx^2} = -K^2\Psi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{d^2\Psi}{dx^2} + K^2\Psi = 0$$

$$\left.\begin{array}{l} K = 2\pi/\lambda \\ \lambda = h/(mv) \end{array}\right\} \Rightarrow K = \frac{2\pi mv}{h} \Rightarrow mv = \frac{Kh}{2\pi} \quad \left.\begin{array}{l} \\ E = mv^2/2 \end{array}\right\} \Rightarrow E = \frac{K^2h^2}{4\pi^2\cdot 2m} \Rightarrow K^2 = \frac{8\pi^2 mE}{h^2}$$

Deci ecuaţia lui Schrödinger va fi:

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{8\pi^2 mE}{h^2}\Psi=0 \qquad (3)$$

b) Se consideră că toată energia potenţială a electronului se transformă în energie cinetică:

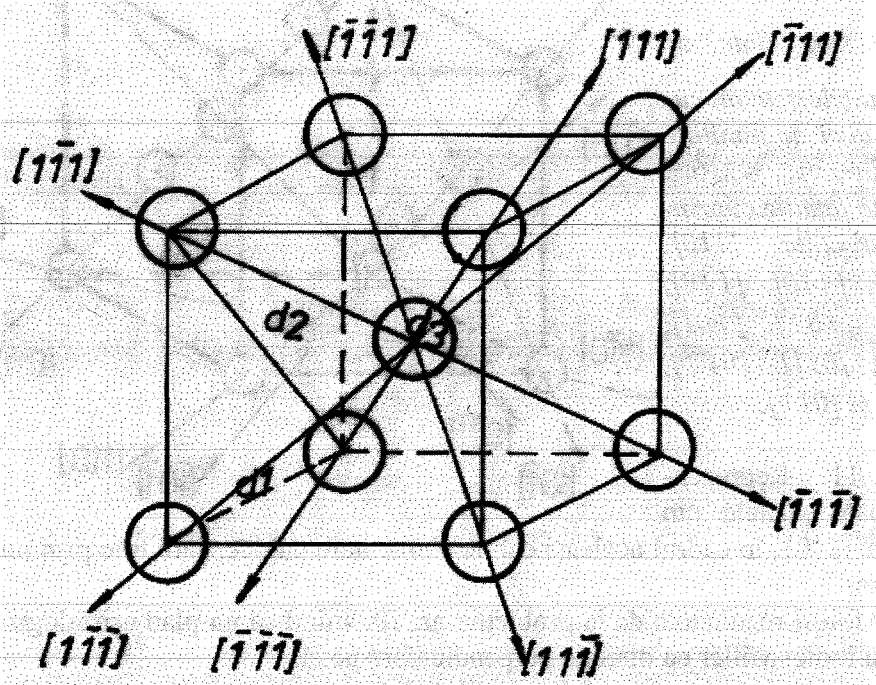
$$\left.\begin{array}{l} eU=\dfrac{mv^2}{2}=\dfrac{(mv)^2}{2m}\Rightarrow mv=\sqrt{2meU} \\ \text{Numărul de undă este:} \\ K=\dfrac{2\pi}{\lambda},\ \text{unde } \lambda=\dfrac{h}{mv}\Rightarrow K=\dfrac{2\pi mv}{h} \end{array}\right\} \Rightarrow K=\frac{2\pi}{h}\sqrt{2meU}=\frac{2\pi}{6{,}63\cdot 10^{-34}}\cdot$$

$$\cdot\sqrt{2\cdot 9{,}11\cdot 10^{-34}1{,}60219\cdot 10^{-19}\cdot 5\cdot 10^{4}}\Rightarrow$$

$$\Rightarrow K\cong 11{,}45\cdot 10^{-11}m^{-1}.$$

9. Reprezentaţi o schiţă a celulei elementare cubice cu volum centrat. Ştiind că o direcţie compactă este acea direcţie care are cea mai mare densitate de atomi, (pe o lungime dată), calculaţi distanţa dintre 2 atomi vecini, după fiecare dintre cele 3 familii de direcţii compacte definite de atomii acestei celule. Determinaţi familia de direcţii cu cea mai mare compactitate, notând pe celula elementară reprezentată, toate direcţiile care fac partea din familia respectivă.

Rezolvare



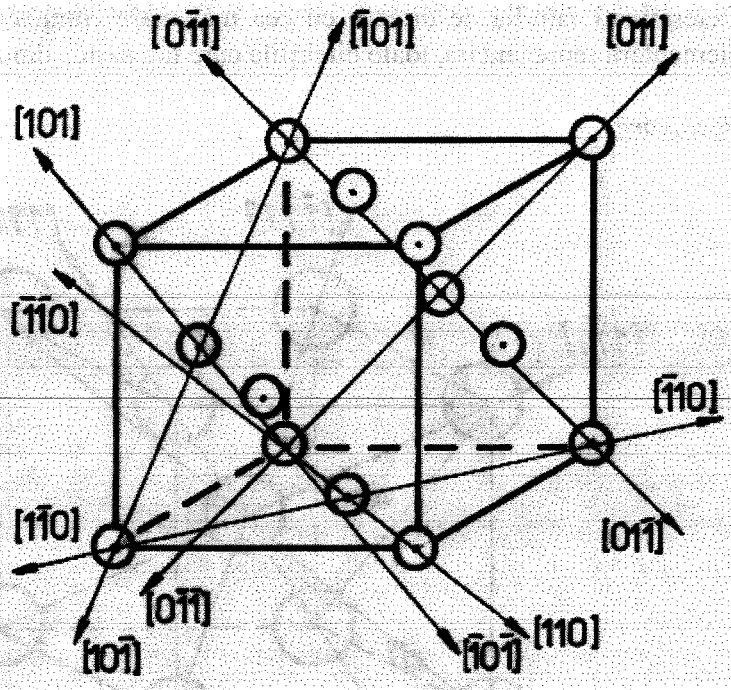
În reprezentarea de mai sus se observă că atomii celulei elementare cubice cu volum centrat nu pot defini decât 3 familii de direcţii:
<100> - notată cu d_1 (latura cubului), <110> - notată cu d_2 (diagonala feţei) şi <111> - notată cu d_3 (diagonala spaţială).
Notând cu "a" parametrul reţelei, distanţa dintre 2 atomi vecini, situaţi pe cele 3 direcţii de mai sus, este:

$$\left.\begin{array}{l} a - \text{după } d_1 \\ a\sqrt{2} \text{ - după } d_2 \\ a\frac{\sqrt{3}}{2} \text{ - după } d_3 \end{array}\right\} \Rightarrow$$

familia de direcţii compacte, cu atomii cei mai apropiaţi, este <111> care corespunde diagonalelor cubului, parcurse în 2 sensuri: [111], [$\bar{1}\bar{1}\bar{1}$], [$\bar{1}\bar{1}$1], [11$\bar{1}$], [$\bar{1}$11], [1$\bar{1}\bar{1}$], [1$\bar{1}$1] şi [$\bar{1}$1$\bar{1}$]

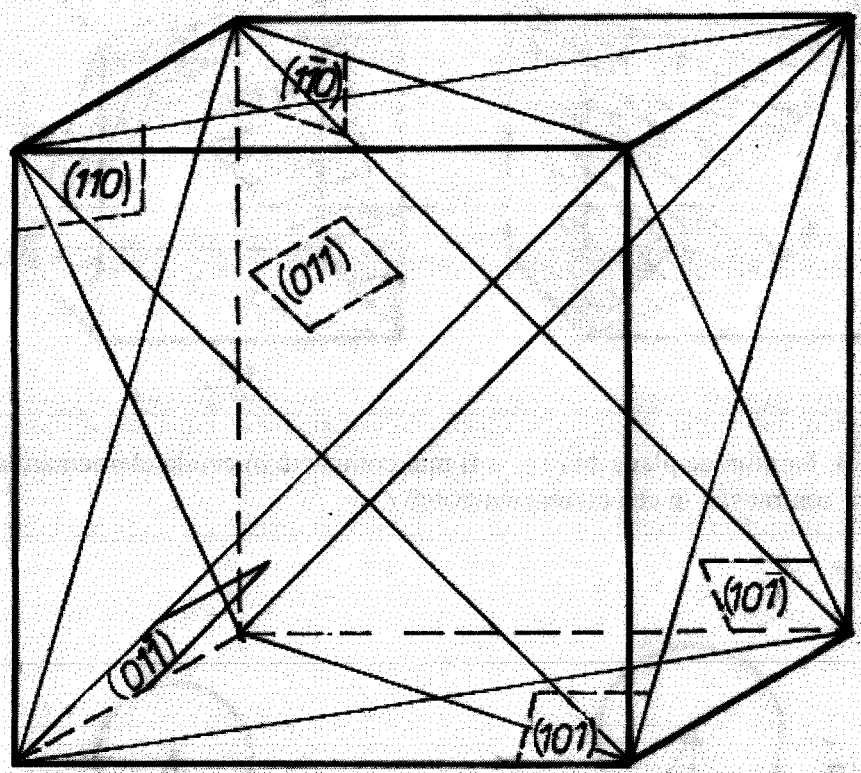
10. Reprezentaţi o schiţă a celulei elementare cubice cu feţe centrate şi determinaţi familia de direcţii cu cea mai mare compactitate, după care trasaţi, pe 3 feţe ale cubului, toate direcţiile ce fac parte din ea.
Indicaţie: Compactitatea unei direcţii depinde de densitatea de atomi iar fiecare direcţie poate fi parcursă în 2 sensuri.

Rezolvare
Se observă că direcţiile care conţin cei mai apropiaţi atomi (la $\frac{a\sqrt{2}}{2}$) sunt date de diagonalele feţelor cubului, deci de familiile de direcţii <110>. Această familie cuprinde direcţiile: [110], [$\bar{1}\bar{1}$0], [$\bar{1}$10], [1$\bar{1}$0], [101], [$\bar{1}$0$\bar{1}$], [$\bar{1}$01], [10$\bar{1}$], [011], [0$\bar{1}\bar{1}$], [0$\bar{1}$1] şi [01$\bar{1}$].



11. Reprezentaţi toate planele din familia {110}, în cadrul aceleaşi celule elementare cubice, care trec prin muchiile acesteia.
Se pot folosi rezultatele de la problema nr. 10, ştiind că un plan cristalografic are aceeaşi indici Miller cu direcţia perpendiculară pe el.

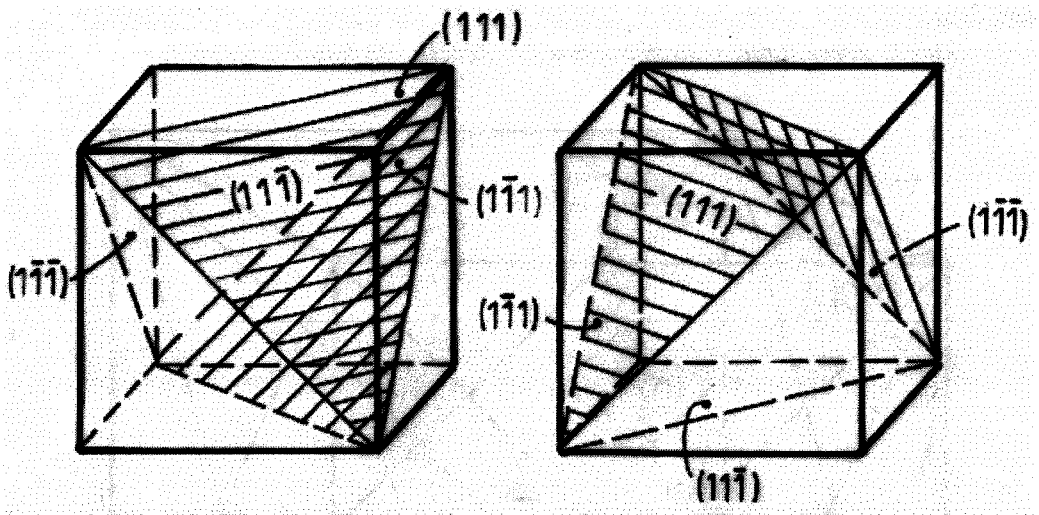
Rezolvare
La problema precedentă s-au prezentat 12 direcţii din familia <110>.



Reprezentând doar planele cuprinse în celula elementară cubică, şi ţinând cont că aceste plane au aceiaşi indici cu direcţiile perpendiculare pe ele, sunt reţinute 6 plane: (110), (1$\bar{1}$0), (101), (10$\bar{1}$), (011) şi (0$\bar{1}$1).
Se constată că planele {110} sunt definite, fiecare, de câte 2 diagonale paralele ale feţelor şi de câte 2 laturi ale cubului.

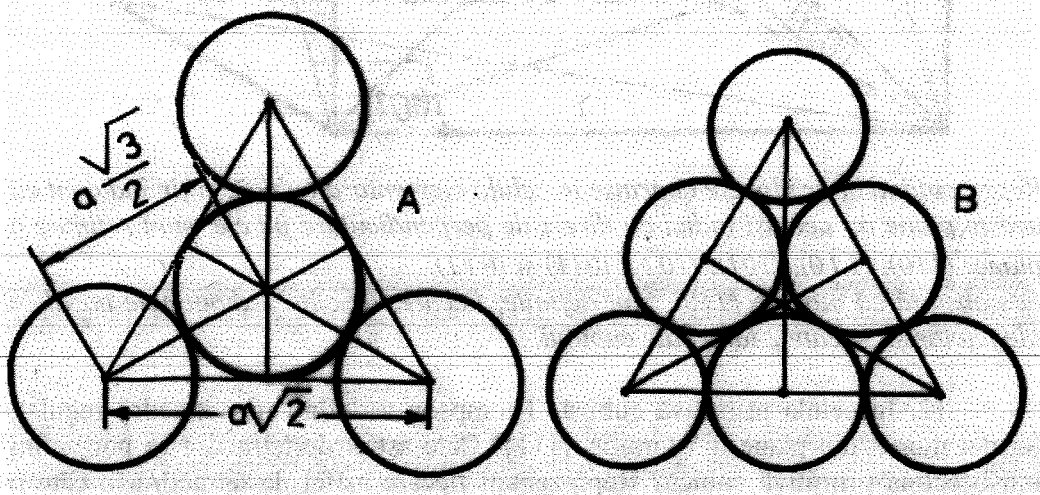
12. În celula primitivă cubică, Thompson a definit un tetraedru regulat, format numai din plane din familia {111}. Câte astfel de tetraedre se pot defini într-o celulă primitivă cubică? Reprezentaţi fiecare astfel de tetraedru în câte o celulă primitivă cubică şi identificaţi planele din componenţa lui.

Rezolvare
Intersecţiile planelor (muchiile) tetraedrului cu celula elementară sunt diagonale ale feţelor cubului. Fiecare tetraedru are câte 6 muchii deci numai 6 dintre diagonalele feţelor intră în componenţa tetraedrului. Cum, în total, sunt 12 diagonale iar aceeaşi diagonală nu poate fi muchie a două tetraedre diferite, rezultă că în celula primitivă cubică nu pot exista decât 2 tetraedre Thomson diferite.



13. Familia de plane {111} va fi mai compactă în celula elementară cubică cu volum centrat sau în cea cu feţe centrate?

Rezolvare

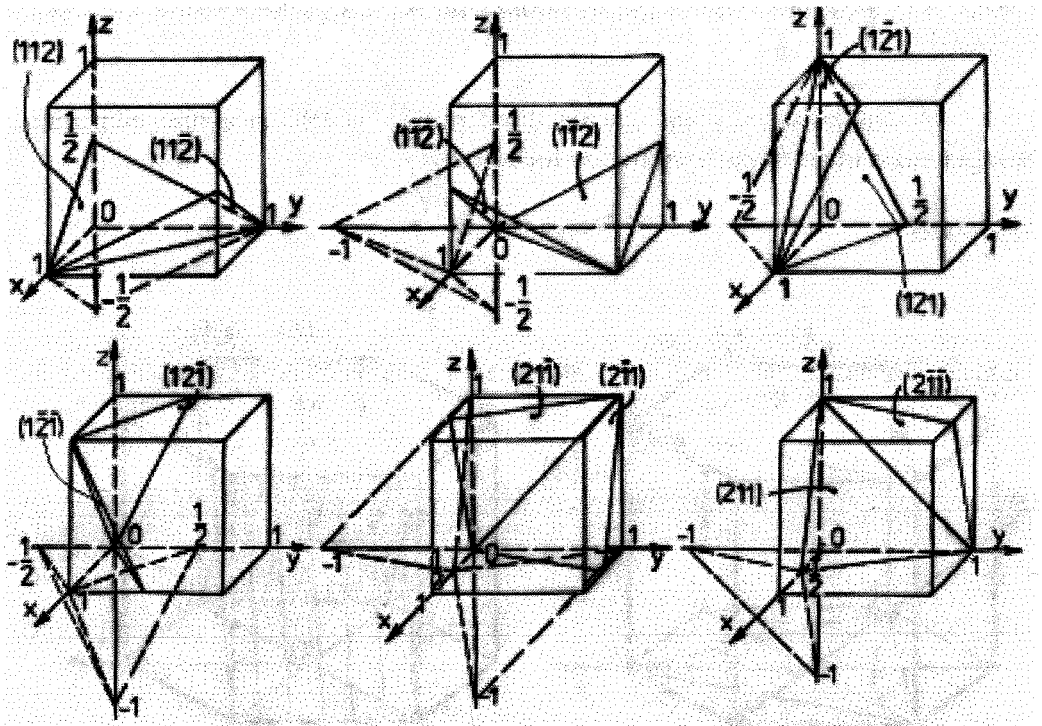


Din schiţele de mai sus se observă că planele {111} sunt mai compacte la celula elementară c.f.c. (B) decât la c.v.c. (A).

14. Reprezentaţi cele 12 plane ale familiei {112}, câte 2 în câte o celulă primitivă cubică şi identificaţi-le cu ajutorul indicilor Miller.

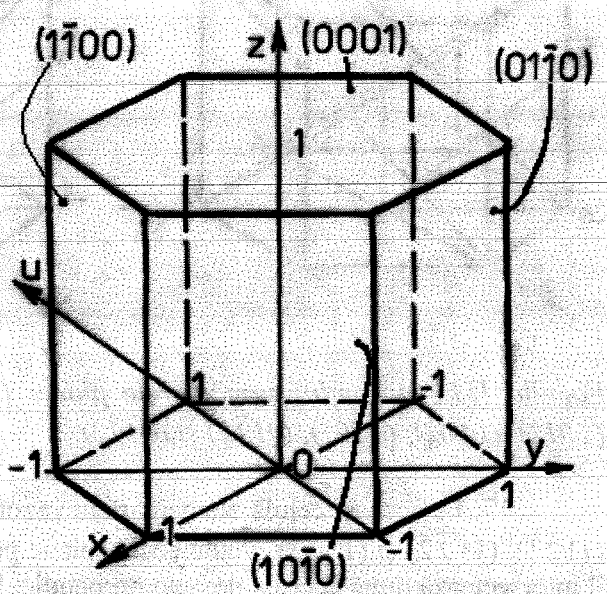
Rezolvare

În familia {112} există 24 de plane dintre care 12 sunt reprezentate mai jos:



Cele 12 plane nereprezentate sunt paralele cu cele din figurile de mai sus astfel: $(\bar{1}\bar{1}\bar{2})//(112)$; $(\bar{1}\bar{1}2)//(11\bar{2})$; $(\bar{1}12)//(1\bar{1}\bar{2})$; $(\bar{1}1\bar{2})//(1\bar{1}2)$; $(\bar{1}2\bar{1})//(1\bar{2}1)$; $(\bar{1}\bar{2}\bar{1})//(121)$; $(\bar{1}21)//(1\bar{2}\bar{1})$; $(\bar{1}\bar{2}1)//(12\bar{1})$; $(\bar{2}\bar{1}1)//(21\bar{1})$, $(\bar{2}1\bar{1})//(2\bar{1}1)$; $(\bar{2}\bar{1}\bar{1})//(211)$; $(\bar{2}11)//(2\bar{1}\bar{1})$

15. O celulă elementară hexagonală este definită prin 8 plane, paralele 2 câte 2. Deci din punct de vedere cristalografic există doar 4 plane. Reprezentați și identificați aceste plane. Câte plane sunt necesare pentru a defini celula primitivă a sistemului hexagonal?



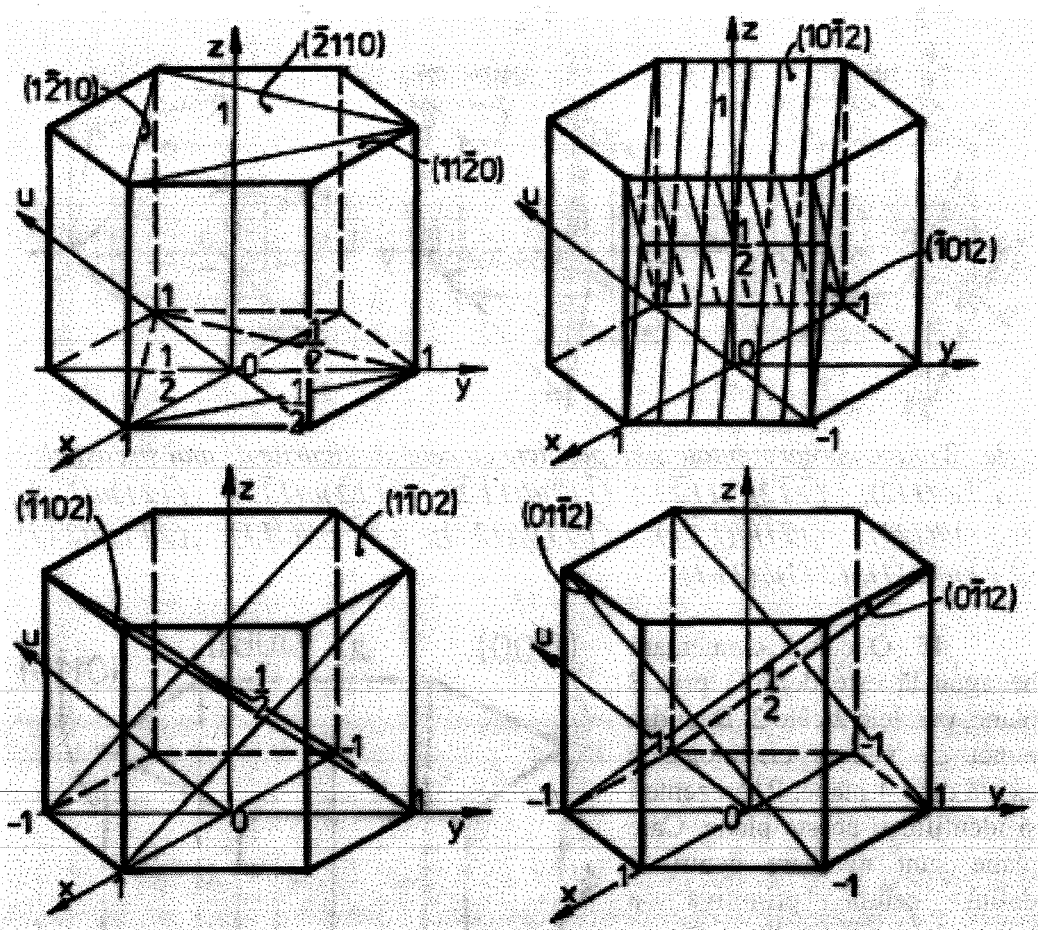
Rezolvare

Din schița alăturată se constată că fețele laterale ale prismei sunt plane din familia {1100} iar fețele frontale, numite și plane de bază, au indicii (0001). Celula primitivă a sistemului hexagonal este o prismă rombică pentru definirea

căreia sunt necesare doar 3 plane: planul de bază şi alte 2 plane ale feţelor laterale.

16. Reprezentaţi toate planele din familia $\{11\bar{2}0\}$ în celule elementare hexagonale şi identificaţi-le cu indicii lor Miller.

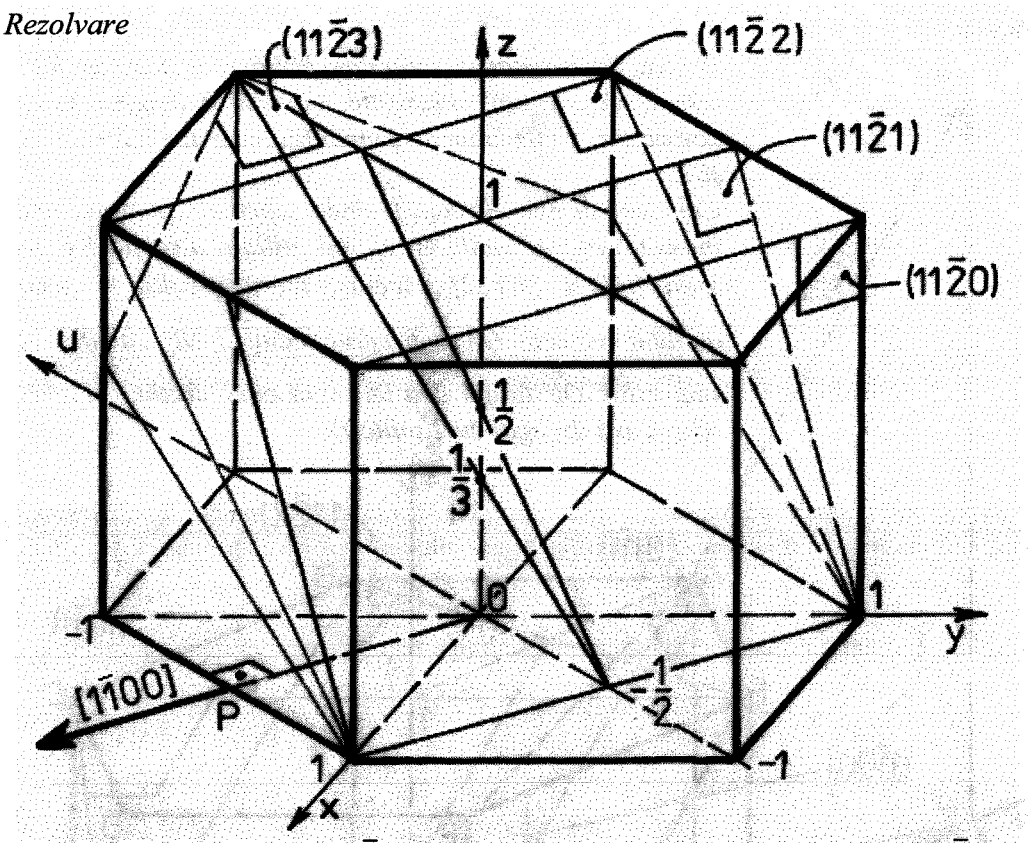
Rezolvare



Familia $\{11\bar{2}0\}$ conţine următoarele plane: $(11\bar{2}0)$, $(1\bar{2}10)$, $(\bar{2}110)$, $(10\bar{1}2)$, $(\bar{1}012)$, $(1\bar{1}02)$, $(\bar{1}102)$, $(01\bar{1}2)$ şi $(0\bar{1}12)$.

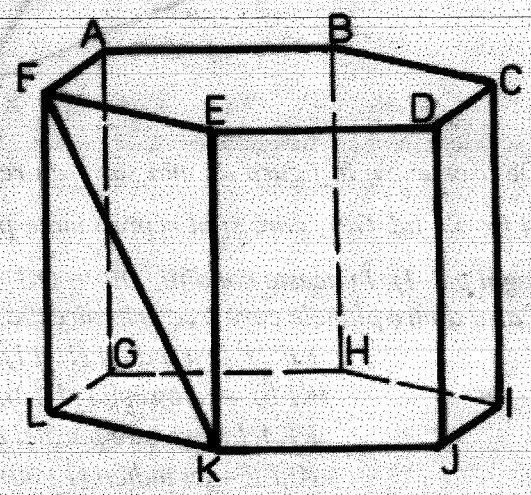
17. Pe aceeaşi celulă elementară hexagonală, reprezentaţi planele: $(11\bar{2}0)$, $(11\bar{2}1)$, $(11\bar{2}2)$ şi $(11\bar{2}3)$. Toate aceste plane pornesc din planul de bază, pe care îl intersectează după aceeaşi dreaptă perpendiculară pe axa 0u. Identificaţi direcţia acestei drepte.

Rezolvare



Se observă că planul (11$\bar{2}$1) intersectează axa 0z în 1, planul (11$\bar{2}$2) o intersectează în 1/2 iar (11$\bar{2}$3) în 1/3. De asemenea, se observă că toate cele 4 plane trec prin planul de bază prin dreapta care intersectează axele 0x, 0y şi 0u în punctele: 1, 1 şi respectiv –1/2. Pentru identificarea indicilor acestei direcţii, direcţia a fost translată prin origine. Ţinând cont că direcţia este perpendiculară pe axa 0u, coordonatele punctului de intersecţie, P, cu celula elementară sunt: 1 cu axa 0x şi –1 cu axa 0y. Cum proiecţiile pe axele 0u şi 0z sunt nule, indicii Miller ai direcţiei 0P sunt [1$\bar{1}$00].

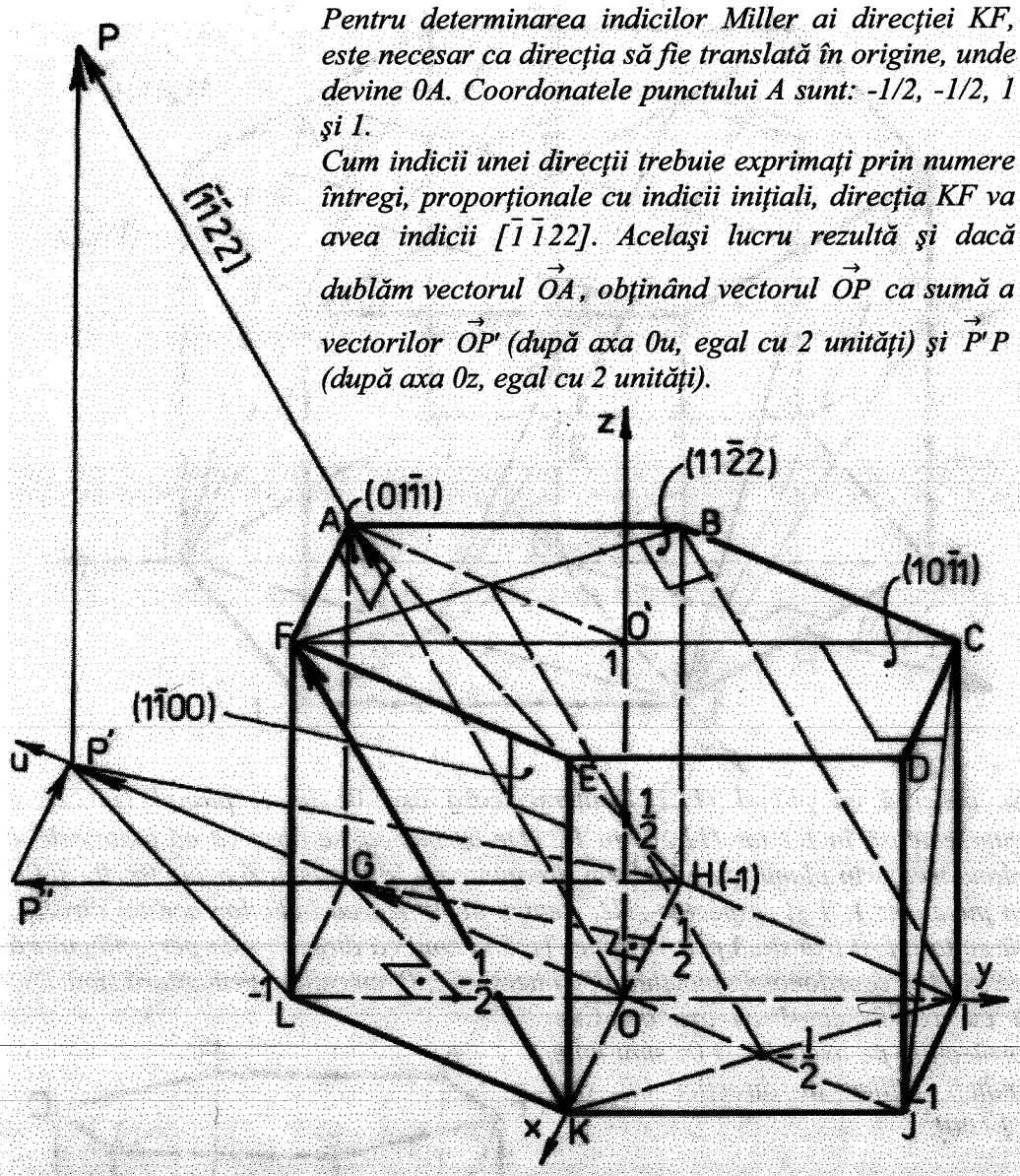
18. În celula elementară hexagonală alăturată, notată ABCDEFGHIJKL, se cere să se determine indicii Miller ai direcţiei KF precum şi cei ai unui număr de 4 plane care trec prin aceasta. Să se reprezinte grafic metoda de determinare a indicilor.



Rezolvare

Pentru determinarea indicilor Miller ai direcţiei KF, este necesar ca direcţia să fie translată în origine, unde devine 0A. Coordonatele punctului A sunt: -1/2, -1/2, 1 şi 1.

Cum indicii unei direcţii trebuie exprimaţi prin numere întregi, proporţionale cu indicii iniţiali, direcţia KF va avea indicii [$\bar{1}\,\bar{1}22$]. Acelaşi lucru rezultă şi dacă dublăm vectorul $\vec{OA}$, obţinând vectorul $\vec{OP}$ ca sumă a vectorilor $\vec{OP'}$ (după axa 0u, egal cu 2 unităţi) şi $\vec{P'P}$ (după axa 0z, egal cu 2 unităţi).



De asemenea, în figura de mai sus s-au reprezentat componentele după axele 0y şi 0x ale lui $\vec{GP'}$, care sunt reprezentate prin vectorii $\vec{GP''}$ (egal cu –1) şi $\vec{P''P'}$ (egal cu –1). În aceste condiţii, $\vec{OP} = \vec{OG} + \vec{GP''} + \vec{P''P'} + \vec{P'P}$.

Patru dintre planele care trec prin direcţia KF sunt:

KFCJ – cu indicii (10$\bar{1}$1),

KFBI – cu indicii (11$\bar{2}$2),

KFAH, care este paralel cu EBIJ – cu indicii (01$\bar{1}$1) şi

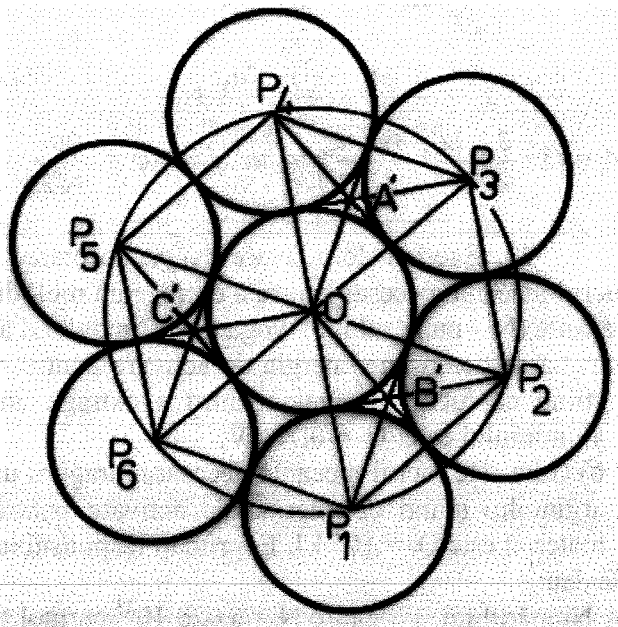
KLFE – cu indicii (1$\bar{1}$00)

19. Planul de bază al celulei elementare hexagonal-compacte cuprinde 6 atomi situaţi în vârfurile unui hexagon regulat şi al-VII-lea situat în centrul hexagonului şi tangent la toţi ceilalţi 6. Aceştia, la rândul lor, sunt fiecare dintre ei tangenţi la câte 2 atomi situaţi în cele 2 colţuri învecinate ale hexagonului, astfel încât diametrul atomilor este egal cu latura hexagonului. Între cei 7 atomi ai planului de bază se formează 6 gropi de potenţial. În 3 dintre acestea (situate la 120^0, una faţă de alta) se plasează cei 3 atomi din interiorul celulei. Peste aceştia se suprapun alţi 7 atomi care formează planul de planul de bază superior al celulei elementare hexagonal-compacte.

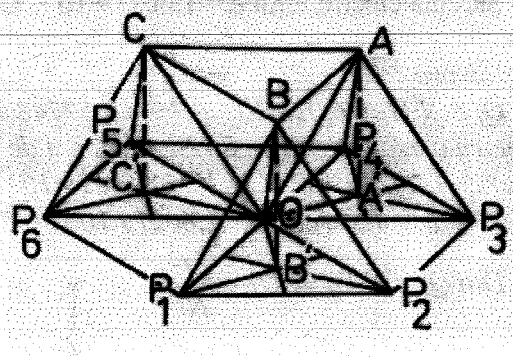
Pe baza considerentelor de mai sus, determinaţi gradul de compactitate al celulei elementare hexagonal-compacte.

Rezolvare

În schiţa alăturată s-au prezentat atomii din planul de bază şi proiecţiile în acest plan (notate cu A', B' şi C'), ale centrelor celor 3 atomi din interiorul celulei elementare hexagonal compacte. Fiecare dintre centrele acestor atomi, din interior, împreună cu centrele celor 3 atomi corespunzători, din planul de bază, cu care vin în contact, determină câte un tetraedru regulat cu muchia egală cu latura hexagonului, după cum s-a ilustrat în schiţa de jos.



Pentru calculul gradului de compactitate trebuie cunoscută înălţimea celulei elementare care este egală cu 2AA' = 2BB' = 2CC'. Notând cu a latura hexagonului, înălţimea prismei se calculează cu:



$$H = 2\sqrt{a^2 - \left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{2}{3}\right)^2} =$$

$$= 2\sqrt{a^2 - \frac{a^2}{3}} = 2a\sqrt{\frac{2}{3}}$$

Gradul de compactitate se calculează cu: $\varphi = \frac{V_a}{V_c}$, *unde:*

V_a = volumul atomilor care aparţin exclusiv celulei elementare, V_c = volumul celulei.

$V_a = N\cdot\frac{4\pi}{3}\cdot r^3$, *unde N = numărul de atomi pe celula elementară.* $N = N_i+\frac{N_f}{2}+\frac{N_c}{6}$. *Aici N_i = 3, numărul de atomi din interiorul celulei; N_f = 2, numărul de atomi aflaţi pe feţele celulei şi N_c = 12, numărul de atomi din colţurile celulei. De asemenea, se consideră $r = \frac{a}{2}$ raza atomilor. Cu aceste date, se calculează volumul celulei ca sumă a 6 prisme drepte, cu baza triunghi echilateral:*

$$V_c = 6\cdot\frac{a\cdot\frac{a\sqrt{3}}{2}}{2}\cdot H = 6\cdot\frac{a^2\sqrt{3}}{4}\cdot 2a\sqrt{\frac{2}{3}} = 3a^3\sqrt{2}.$$ *Pe de altă parte:*

$$V_a = (3+\frac{2}{2}+\frac{12}{6})\cdot\frac{4\pi}{3}\left(\frac{a}{2}\right)^3 = \pi a^3.$$ *Deci* $\varphi = \frac{\pi a^3}{3\sqrt{2}a^3} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} \cong 0{,}74 \Rightarrow \varphi = 74\ \%$

20. Energia de activare pentru formarea vacanţelor (Q_f) se defineşte ca lucrul mecanic necesar pentru a extrage un mol. dintr-un material, formând deci N vacanţe (N – numărul lui Avogadro). Cunoscând acest lucru, se cere:

a) Să se determine energia de activare pentru formarea vacanţelor în aluminiu ştiind că lucrul mecanic pentru a extrage un atom din reţeaua cristalină a aluminiului este: U_f = 0,76 eV;

b) Care este lucrul mecanic necesar extragerii unui atom din reţeaua cristalină a argintului ştiind că energia de activare pentru formarea vacanţelor în acest material este Q_f = 105 kJ. Exprimaţi răspunsul în eV.

Se dau:

Numărul lui Avogadro N = $6{,}023\cdot10^{23}$ at./mol.

Sarcina electronului e = $1{,}60219\cdot10^{-19}$ C

Rezolvare

a) $Q_f = N\cdot U_f = 6{,}023\cdot10^{23}\cdot0{,}76 = 4{,}57748\cdot10^{23}$ *eV*

Pentru a exprima Q_f în S.I. se ţine cont de expresia electron-voltului:

1 eV $= 1{,}60219\cdot10^{-19}$ *C·1 V* $= 1{,}60219\cdot10^{-19}$ *J*

Deci $Q_{fAl} = 4{,}57748\cdot10^{23}\cdot1{,}60219\cdot10^{-19} = 73339{,}926\ J \Rightarrow Q_{fAl} \cong 73{,}34\ kJ$

b) Din $Q_f = N\cdot U_f \Rightarrow U_f = \frac{Q_f}{N}$

cum $Q_f = 105\ kJ = \frac{105\cdot10^3}{1{,}60219\cdot10^{-19}}$

$$\Rightarrow U_{fAg} = \frac{105\cdot10^3}{1{,}60219\cdot10^{-19}\cdot6{,}023\cdot10^{23}} \cong 1{,}088\ eV \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_{fAg} \cong 1{,}09\ eV$$

21. Se cere să se calculeze în S.I. variația energiei interne provocată de vacanțe, într-un mol de cupru, aflat la temperatura camerei, știind că:

- energia de activare pentru formarea unui mol de vacanțe este $Q_f = 20$ kcal
- raportul dintre numărul de vacanțe în echilibru (n_v) și numărul total de locuri din rețea, care în acest caz va fi aproximat cu numărul atomilor dintr-un mol (N), este $n_v/N = 4{,}45 \cdot 10^{-15}$

Se dau:

- temperatura camerei $T_0 = 300$ K
- 1 cal = 4,18 J

Rezolvare

Variația energiei interne provocată de vacanțe este:

$U = n_v \cdot U_f$, unde U_f este lucrul mecanic necesar formării unei vacanțe, calculat cu

$$U_f = \frac{Q_f}{N} \text{ iar } n_v = 4{,}45 \cdot 10^{-15} \cdot N$$

$$\text{Așadar, } U = 4{,}45 \cdot 10^{-15} \cdot N \cdot \frac{Q_f}{N} = 4{,}45 \cdot 10^{-15} \cdot 20000 \cdot 4{,}18 = 3{,}7202 \cdot 10^{-10}\ J \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U \cong 3{,}72 \cdot 10^{-10}\ J$$

22. În figura alăturată s-a prezentat variația energiei libere F, în funcție de numărul de vacanțe, n_v, conform relației:

$$F = n_v \cdot U_f - T \cdot S_{conf} \qquad (4)$$

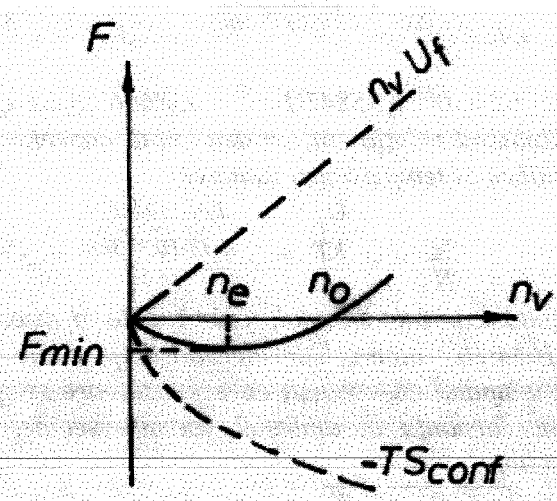
în care:

U_f = lucrul mecanic necesar formării unei vacanțe,

T = temperatura, K

S_{conf} = entropia de configurație, cu expresia:

$$S_{conf} = K \cdot \ln \frac{N!}{(N - n_v)!\, n_v!} \qquad (5)$$



Ținând cont de aproximația lui Stirling, ln N! ≅ Nln N-N, se obține:

$S_{conf} \cong K\ \{N\ln N - N - [(N-n_v)\ln(N-n_v) - (N-n_v) + n_v \ln n_v - n_v]\} = K\ [N\ln N - (N-n_v)\ln(N-n_v) - n_v \ln n_v]$, în care:

$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K – constanta lui Boltzman;

N = numărul total de locuri din rețeaua cristalină care, pentru un mol de substanță, este egal cu numărul lui Avogadro, $N = 6{,}023 \cdot 10^{23}$ at./mol.

Considerând un mol de substanță aflat în stare de echilibru termodinamic, la temperatura camerei, (T = 300 K) și știind că $U_f = 1$ eV $= 1{,}60219 \cdot 10^{-19}$ J, se cere:

a) Să se determine numărul de vacanțe la echilibru, n_e.

b) Care este distanţa aproximativă, d, dintre vacanţe, exprimată în distanţe atomice?

c) Ce se întâmplă cu valorile lui n_e şi d când creşte temperatura?

Rezolvare

a) Se consideră expresia energiei libere:

$F = U_f n_v - KT[N\ln N - (N-n_v)\ln(N-n_v) - n_v \ln n_v]$.

Pentru determinarea lui n_e este necesar ca $dF/dn_v = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow U_f - KT[\ln(N-n_v) + (N-n_v)\cdot\frac{1}{N-n_v} - \ln n_v - n_v\cdot\frac{1}{n_v}] = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_f - KT[\ln(N-n_v) - \ln n_v] = 0 \Rightarrow U_f - KT\cdot\ln\frac{N-n_v}{n_v} = 0 \Rightarrow \frac{N-n_v}{n_v} = e^{-\frac{U_f}{KT}}.$$

Cum $N >> n_v \Rightarrow N - n_v \cong N \Rightarrow$

$$\Rightarrow n_e = N\cdot e^{-\frac{U_f}{KT}} \qquad (6)$$

$$n_e = 6{,}023\cdot 10^{23}\cdot e^{-\frac{1{,}60219\cdot 10^{-19}}{1{,}38\cdot 10^{-23}\cdot 300}} = 6{,}023\cdot 10^{23}\cdot e^{-38{,}700241} =$$

$$= 6{,}023\cdot 10^{23}\cdot 1{,}55847\cdot 10^{-17} = 9386664{,}8 \Rightarrow n_e \cong 10^7 \text{ vacanţe}$$

b) Reluând relaţia (6), se determină concentraţia de vacanţe aflate în stare de echilibru la temperatura camerei:

$$\frac{n_e}{N} = e^{-\frac{U_f}{KT}} = e^{-\frac{1{,}60219\cdot 10^{-19}}{1{,}38\cdot 10^{-23}\cdot 300}} = e^{-38{,}700241} = 1{,}55847\cdot 10^{-17}$$

Rezultă că, într-un mol, există câte o vacanţă la fiecare $(1{,}55847\cdot 10^{-17})^{-1} \cong 6{,}41654\cdot 10^{16}$ atomi. Considerând drept cubic volumul ocupat de aceşti atomi şi presupunând că vacanţa corespunzătoare se găseşte plasată în centrul cubului, atunci distanţa d, dintre 2 vacanţe vecine, poate fi aproximată prin latura cubului:

$d = \sqrt[3]{6{,}41654\cdot 10^{16}} \cong 400344$ *atomi. Deci între vacanţele aflate în stare de echilibru termodinamic la temperatura camerei există aproximativ 400000 de distanţe interatomice.*

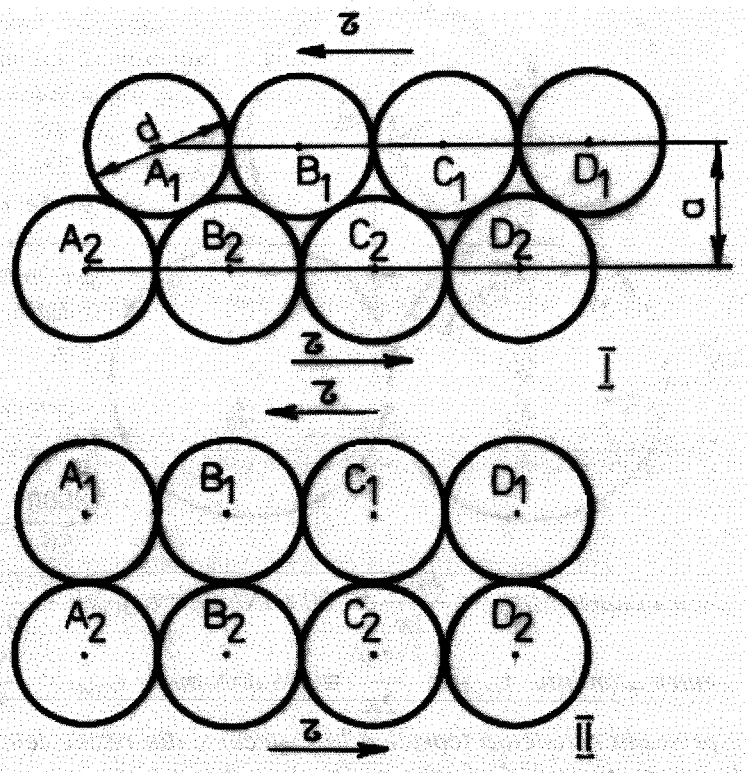
c) Din relaţia (6), a numărului de vacanţe la echilibru, se observă că creşterea temperaturii duce la creşterea numărului de vacanţe în echilibru (n_e) care ocupă tot volumul unui mol, deci distanţa (d) dintre ele scade.

23. În figura de mai jos s-au reprezentat 2 etape succesive ale alunecării „sincrone" a 2 plane adiacente dintr-un cristal ipotetic, compact. Sub acţiunea tensiunii tangenţiale τ, toţi atomii din planul de sus, notaţi A_1, B_1, C_1 şi D_1, se ridică din golurile (gropile de potenţial), pe care le ocupă în etapa I, atingând

poziția numită „punct de șa” deasupra atomilor corespunzători din planul de jos, notați A_2, B_2, C_2 și D_2 în etapa II, după care cad din nou, în golul următor.

Se observă că efortul de forfecare este maxim în punctul de șa.

Știind că pentru producerea alunecării sincrone este necesar să se producă forfecarea pe o distanță atomică, corespunzătoare deplasării din etapa I în etapa II, se cere:



a) Să se determine, cu ajutorul legii lui Hooke, rezistența teoretică, τ_{cr1}, la deformarea prin alunecare sincronă pentru metalele: nichel (tras la rece), cupru și aluminiu.

b) Pe lângă expresia rezistenței teoretice, τ_{cr1}, dedusă la pct.a), pentru calculul acestei caracteristici se mai recomandă relațiile $\tau_{cr2} = \dfrac{G}{2\pi}$ sau $\tau_{cr3} = \dfrac{G}{30}$. Să se compare aceste valori ale rezistenței teoretice cu cele ale rezistenței reale, τ_{real}. Cum se explică diferențele care apar între valorile teoretice și cele reale?

Se dau:

- pentru nichel – $G_{Ni} = 8000$ daN/mm^2 și $\tau_{realNi} = 0{,}5$ daN/mm^2;
- pentru cupru – $G_{Cu} = 4400$ daN/mm^2 și $\tau_{realCu} = 0{,}05$ daN/mm^2;
- pentru aluminiu – $G_{Al} = 2500$ daN/mm^2 și $\tau_{realAl} = 0{,}08$ daN/mm^2;

Rezolvare

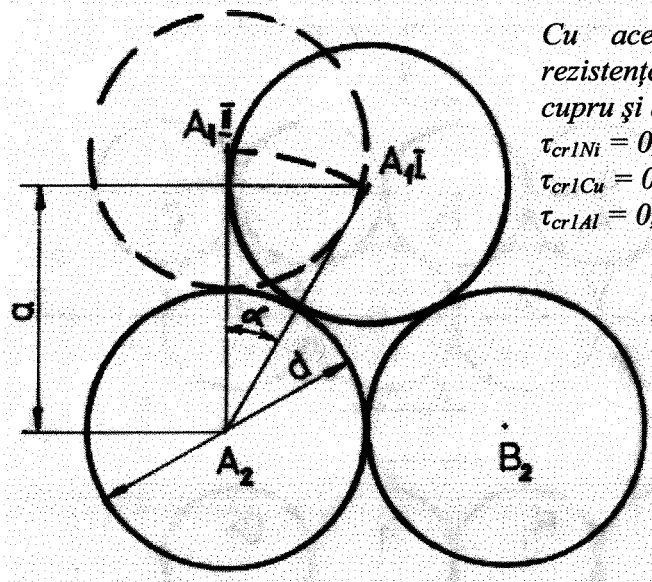
a) pentru determinarea lui τ_{cr1} se aplică legea lui Hooke:

$$\tau_{cr} = G \cdot \gamma \qquad (7)$$

unde G – modulul de elasticitate transversal (cunoscut) iar γ – deformația unghiulară sau de forfecare (care trebuie determinată).

Din figura de mai jos reiese că deformația la forfecare se produce prin deplasarea atomului de sus, din poziția A_1I în poziția A_1II.

În aceste condiții: $\gamma = tg\,\alpha \cong \dfrac{d}{2a}$. Cum $a \sim d \Rightarrow \gamma \cong 0{,}5$.



Deci $\tau_{cr1} = 0{,}5 \cdot G$.

Cu această relaţie se determină rezistenţele teoretice pentru nichel, cupru şi aluminiu:

$\tau_{cr1Ni} = 0{,}5 \cdot 8000 = 4000\ daN/mm^2$

$\tau_{cr1Cu} = 0{,}5 \cdot 4400 = 2200\ daN/mm^2$

$\tau_{cr1Al} = 0{,}5 \cdot 2500 = 1250\ daN/mm^2$

b) Se calculează rezistenţele teoretice ale celor 3 metale de mai sus, cu celelalte 2 relaţii, obţinându-se τ_{cr2} *şi* τ_{cr3}.

- pentru nichel: $\tau_{cr2Ni} = \dfrac{8000}{2\pi} \cong 1273\ daN/mm^2$; $\tau_{cr3Ni} = \dfrac{8000}{30} \cong 267\ daN/mm^2$

- pentru cupru: $\tau_{cr2Cu} = \dfrac{4400}{2\pi} \cong 700\ daN/mm^2$; $\tau_{cr3Cu} = \dfrac{4400}{30} \cong 147\ daN/mm^2$

- pentru aluminiu: $\tau_{cr2Al} = \dfrac{2500}{2\pi} \cong 398\ daN/mm^2$; $\tau_{cr3Al} = \dfrac{2500}{30} \cong 83\ daN/mm^2$

Exprimând rezistenţa teoretică la forfecare, din rezultatele de mai sus, în funcţie de rezistenţa reală la forfecare (τ_{real}) *se observă că:*

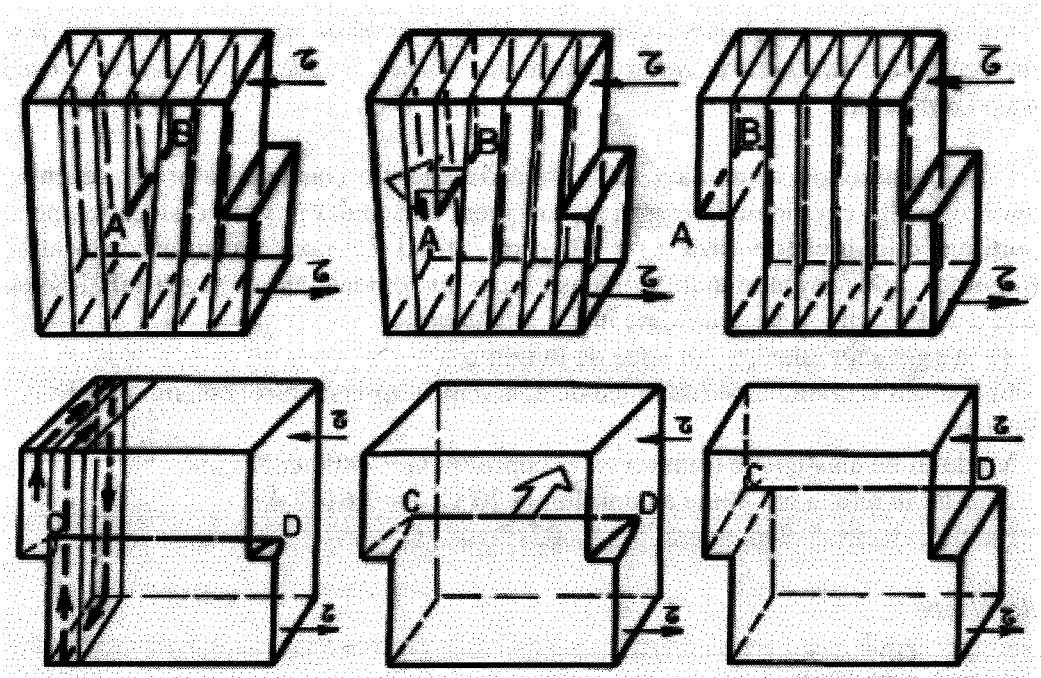
- pentru nichel:
$$\left.\begin{aligned} \tau_{cr1Ni} &= 8000\ \tau_{realNi} \\ \tau_{cr2Ni} &= 2546\ \tau_{realNi} \\ \tau_{cr3Ni} &= 534\ \tau_{realNi} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \tau_{crNi} \cong (0{,}5 \div 8) \cdot 10^3\ \tau_{realNi}$$

- pentru cupru:
$$\left.\begin{aligned} \tau_{cr1Cu} &= 44 \cdot 10^3\ \tau_{realCu} \\ \tau_{cr2Cu} &= 14 \cdot 10^3\ \tau_{realCu} \\ \tau_{cr3Cu} &= 2940\ \tau_{realCu} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \tau_{crCu} \cong (3 \div 44) \cdot 10^3\ \tau_{realCu}$$

- pentru aluminiu:
$$\left.\begin{aligned} \tau_{cr1Al} &= 15625\ \tau_{real\,Al} \\ \tau_{cr2\,Al} &= 4975\ \tau_{real\,Al} \\ \tau_{cr3\,Al} &= 1036\ \tau_{real\,Al} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \tau_{cr\,Al} \cong (1 \div 15{,}6) \cdot 10^3\ \tau_{real\,Al}$$

În concluzie, tensiunea reală de deformare este în general de 1000 până la 10000 de ori mai mică decât cea teoretică şi aceasta se datorează dislocaţiilor.

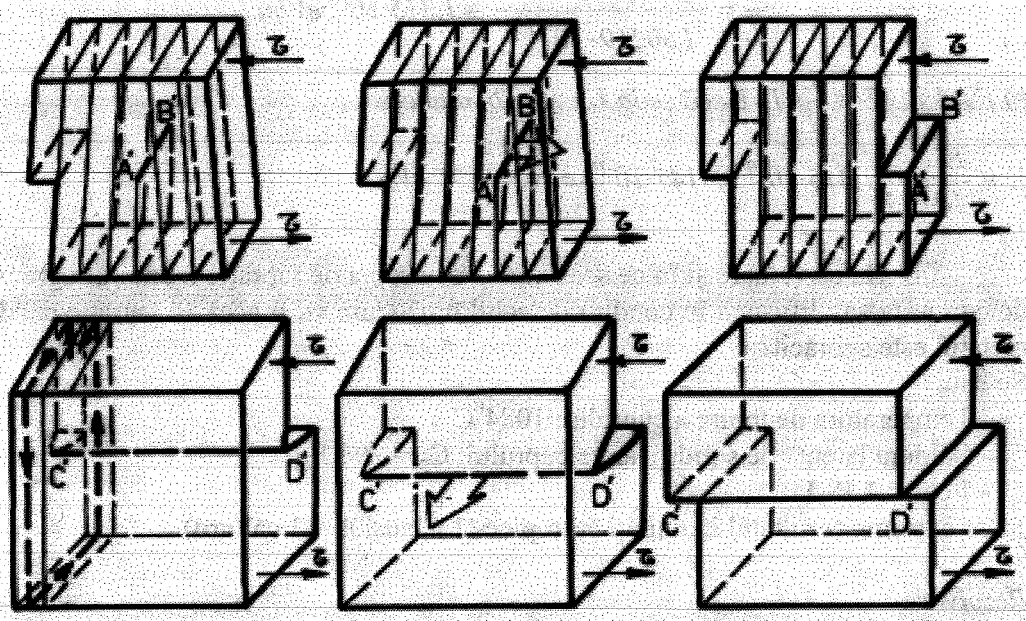
24. Schiţele de mai jos arată că, sub efectul unei tensiuni de forfecare, o dislocaţie marginală pozitivă, AB (cu extraplanul situat deasupra planului de alunecare), se deplasează prin alunecare spre stânga iar o dislocaţie elicoidală pe stânga, CD (la care planele reţelei se înfăşoară în jurul dislocaţiei după o spirală „pe stânga" – astfel încât un punct material, pentru a se îndepărta de privitor, trebuie să se rotească spre stânga), se deplasează după o direcţie normală pe planul hârtiei, în sensul intrării în acesta.



Prin schiţe similare, determinaţi direcţia şi sensul de deplasare al unei dislocaţii marginale negative şi al unei dislocaţii elicoidale pe dreapta.

Rezolvare

Ţinând cont de definiţie, se reprezintă schiţe similare cu cele de mai sus, pentru cele 2 situaţii propuse.



Deci dislocațiile marginale negative se deplasează prin alunecare spre dreapta iar cele elicoidale pe dreapta se deplasează normal pe planul hârtiei, în sensul ieşirii din acesta.

25. Energia acumulată sub formă de energie elastică, datorită prezenței unei dislocații elicoidale în cupru, se consideră distribuită în jurul dislocației, pe o porțiune cilindrică de rază r = 10^{-3} cm. Ştiind că raza miezului dislocației (regiunea cu deformație atât de intensă încât nu se poate aplica legea lui Hooke) este $r_0 = 10^{-5}$ cm, să se determine în eV următoarele:

a) energia acumulată pe unitatea de lungime;

b) energia acumulată pe lungimea de dislocație cuprinsă între 2 plane cristaline.

Se dau:

Modulul de elasticitate transversal al cuprului: G = 4400 daN/mm^2

Constanta rețelei cristaline a cuprului, la 20^{0}C: a = 3,6147 Å

Sarcina electrică elementară: e = $1{,}60219 \cdot 10^{-19}$ C

Rezolvare

a) $$\frac{E}{L} = \frac{Gb^2}{4\pi} \ln \frac{r}{r_0}$$

$$G = 44 \cdot 10^3 \frac{N}{mm^2} = 44 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2}$$

$$b = a = 3{,}6147 \cdot 10^{-10} m$$

$$\Rightarrow \frac{E}{L} = \frac{44 \cdot 10^9 \cdot 3{,}6147 \cdot 10^{-20}}{4\pi} \ln \frac{10^{-3}}{10^{-5}} = 2{,}1068541 \cdot 10^{-9} \ J/m$$

Exprimând rezultatul în eV, se obține:

$$\frac{E}{L} = \frac{2{,}1068541 \cdot 10^{-9}}{1{,}60219 \cdot 10^{-19}} \cong 1{,}315 \cdot 10^{10} \ eV/m$$

b) Evident: $E = \frac{E}{L} \cdot L$. *Dacă se ia* $L = a = b$, *atunci:*

$$E = \frac{E}{L} \cdot a = 1{,}315 \cdot 10^{10} \cdot 3{,}6147 \cdot 10^{-10} \Rightarrow E \cong 4{,}75 \ eV$$

26. Cu ce valoare şi în ce sens variază entropia de vibrație a unui kilogram de cupru, la solidificarea în condiții de echilibru? Cum va fi această variație când metalul este subrăcit?

Se dau:

- Temperatura de topire a cuprului: 1084^{0}C
- Căldura latentă de solidificare a cuprului: C_p = 204 J/g
- 1 cal = 4,18 J

Să se exprime rezultatul în unități entropice (1 Clausius = 1 cal/grd)

Rezolvare

Conform principiului al-II-lea al termodinamicii:

$$\Delta S_{revers.} = \frac{\Delta Q}{T} \qquad (8)$$

unde: $\Delta S_{revers.}$ = *variaţia de entropie într-o transformare reversibilă*
ΔQ = *variaţia cantităţii de căldură,* $\Delta Q = C_p \cdot m$
T = *temperatura absolută* $\Big\} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta S_{revers.} = \frac{C_p \cdot m}{T} = \frac{204 \cdot 1000}{1084 + 273} = \frac{204 \cdot 10^3}{1357}\frac{J}{grd} = \frac{204 \cdot 10^3}{4{,}18 \cdot 1357}\frac{cal}{grd} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta S_{revers.} \cong 36\ \frac{cal}{grd}$$

Variaţia de entropie de mai sus se produce, evident, în sens crescător, solidificarea fiind un proces de scădere a gradului de dezordine deci şi a entropiei.

Atunci când solidificarea se produce cu subrăcire, procesul este ireversibil, deci:

$$\Delta S_{irevers.} > \frac{\Delta Q}{T} = 36\ \frac{cal}{grd}.$$

27. Ecuaţia lui Boltzman prezintă relaţia dintre entropia de amestec (configuraţie), S_{conf}, şi probabilitatea termodinamică de stare, W, a unui sistem termodinamic:

$$S_{conf} = K \cdot \ln W \qquad (9)$$

Se cere:

a) Să se determine, în calorii, entropia de configuraţie a unui aliaj Cu-Zn în care fracţiunea molară a cuprului este $X_A = 0{,}1$.

b) Să se determine fracţiunea molară critică pentru care entropia de configuraţie este maximă şi să se determine această valoare în unităţi entropice (cal/grd)

Se dau:

- constanta lui Boltzman: $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/grd;
- numărul lui Avogadro: $N = 6{,}023 \cdot 10^{23}$ at/mol
- 1 cal = 4,18 J

Rezolvare

În relaţia (9), probabilitatea termodinamică de stare este $W = \dfrac{N!}{(N - N_1)!\,N_1!}$,

unde N_1 *reprezintă numărul atomilor de solvent (cupru) dintr-un mol de aliaj. Cu ajutorul aproximaţiei lui Stirling,* $\ln N! \cong N \ln N - N$, *se obţine:*

$$\ln W = N \ln N - N - [(N-N_1)\ln(N-N_1) - (N-N_1) + N_1 \ln N_1 - N_1] =$$
$$= N \ln N - [(N-N_1)\ln(N-N_1) + N_1 \ln N_1]$$

Cum fracţiunea molară a cuprului este $X_A = \dfrac{N_1}{N} \Rightarrow N_1 = X_A \cdot N$, *deci:*

$$\ln W = N \ln N - [(N - X_A \cdot N)\ln(N - X_A \cdot N) + X_A \cdot N \ln X_A \cdot N] =$$
$$= N \ln N - N[(1-X_A)\ln N(1-X_A) + X_A \ln NX_A] =$$

$$= N[\ln N-(1-X_A)\ln N-(1-X_A)\ln(1-X_A) - X_A \ln N - X_A \ln X_A] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \ln W = -N[(1-X_A)\ln(1-X_A) + X_A \ln X_A]$$

Aşadar:

$$S_{conf} = K\cdot \ln W = -KN[(1-X_A)\ln(1-X_A) + X_A \ln X_A] \qquad (10)$$

a) Se calculează entropia de configuraţie pentru un aliajul Cu-Zn:

$$S_{conf} = -1{,}38\cdot 10^{-23}\cdot 6{,}023\cdot 10^{23}[(1-0{,}1)\ln(1-0{,}1) + 0{,}1\ln 0{,}1]\cdot\frac{1}{4{,}18} \cong 0{,}6464 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow S_{conf} \cong 0{,}65\ cal/grd$$

b) Pentru a determina fracţiunea molară critică pentru care entropia de configuraţie este maximă este necesar să se deriveze şi anuleze expresia S_{conf}:

$$\frac{dS_{conf}}{dX_A} = -KN[-\ln(1-X_A) - \frac{1-X_A}{1-X_A} + \ln X_A + \frac{X_A}{X_A}] =$$

$$= -KN[\ln X_A - \ln(1-X_A)]. \qquad \frac{dS_{conf}}{dX_A} = 0 \Rightarrow X_A = 1 - X_A \Rightarrow X_A = 0{,}5$$

$$S_{conf\,max} = -1{,}38\cdot 10^{-23}\cdot 6{,}023\cdot 10^{23}\ln 0{,}5\cdot\frac{1}{4{,}18} \cong 1{,}3783 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow S_{conf\,max} = S_{conf\,(0,5)} \cong 1{,}38\ cal/grd$$

28. Se consideră solidificarea, prin germinare omogenă, a unui mol de staniu β (alb) pur, pentru care se dau:

- temperatura de topire în condiţii de echilibru: $t_0 = 232^0C$;
- căldura latentă de solidificare: $C_p = 14{,}5$ cal/g;
- greutatea molară: M = 118,7 g/mol;
- tensiunea superficială pe interfaţa solid-lichid: $\sigma = 59\cdot 10^{-3}$ J/m^2;
- numărul lui Avogadro, $N = 6{,}023\cdot 10^{23}$ at./mol;
- volumul mediu al unui atom: V = 27,65 Å^3;

Ştiind că 1 cal = 4,18 J şi 1 eV = $1{,}60219\cdot 10^{-19}$ J, se cere:

a) Să se determine, în eV, variaţia energiei libere specifice de volum, ΔF_V, la solidificarea staniului alb cu un grad de subrăcire ΔT_1 = 10 grd. În ce sens se produce această variaţie?

b) Cu cât variază energia liberă Helmholtz când solidificarea se produce cu un grad de subrăcire ΔT_2 = 20 grd, considerând că germenii au atins volumul atomilor?

c) Să se determine raza critică, r_c, a germenilor de cristalizare în cazul solidificării cu gradul de subrăcire ΔT_2?

d) Ce rază vor avea germenii (embrionii) cu energie liberă Helmholtz nulă?

Rezolvare

Expresia variaţiei energiei libere de volum este:

$$V_M \Delta F_V = Q_s \frac{\Delta T_1}{T_0} \qquad (11)$$

în care:
$Q_s = 4{,}18C_p \cdot M$, J/mol, este căldura latentă molară de solidificare;
$V_M = V \cdot N$ este volumul staniului solidificat (identic aici cu volumul molar);
$T_0 = t_0 + 273$ este temperatura absolută iar $\Delta T_1 = 10$ grd.
Deci variația energiei libere la solidificarea cu un grad de subrăcire de 10 grd, raportată la unitatea de volum și exprimată în eV, are valoarea:

$$\Delta F_V = \frac{4{,}18C_pM}{VN} \cdot \frac{\Delta T_1}{t_0 + 273} \cdot \frac{1}{1{,}69219 \cdot 10^{-19}} =$$

$$= \frac{4{,}18 \cdot 14{,}5 \cdot 118{,}7}{27{,}65 \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}} \cdot \frac{10}{232 + 273} \cdot \frac{1}{1{,}60219 \cdot 10^{-19}} \cong 5{,}34 \cdot 10^{-5} \frac{eV}{\text{Å}^3}$$

Variația de mai sus se produce în sens negativ, deoarece formarea germenilor de cristalizare este însoțită de degajarea căldurii latente de solidificare deci de scăderea energiei libere.
b) Variația energiei libere Helmholtz, la solidificarea cu germinare omogenă, este dată de:

$$\Delta F = -\frac{4\pi}{3} r^3 m \Delta F_v' + 4\pi r^2 m\sigma \qquad (12)$$

unde:
r – raza germenilor de cristalizare, considerați sferici;
m – numărul germenilor formați simultan (aici m = N);
$\Delta F_v'$ - variația energiei libere specifice de volum, în acest caz la un grad de subrăcire $\Delta T_2 = 20$ grd.
Din (11) rezultă: $\Delta F_v' \cdot V \cdot N = Q_s \frac{\Delta T_2}{T_0}$, unde $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ și $Q_s = 4{,}18C_p \cdot M$, J/mol.
Întrucât desfășurarea ulterioară a problemei impune cunoașterea lui $\Delta F_v'$, se va determina valoarea acestuia, în J/m^3, din relația de mai sus:

$$\Delta F_v' = \frac{4{,}18 \cdot C_pM}{V \cdot N} \cdot \frac{\Delta T_2}{t_0 + 273} = \frac{4{,}18 \cdot 14{,}5 \cdot 118{,}7}{27{,}65 \cdot 10^{-30} \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}} \cdot \frac{20}{232 + 273}$$

$$\text{Deci } \Delta F_v' \cong 17109039 \text{ J/m}^3 = 17{,}1 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$$

Cunoscând volumul mediu al unui atom (V) se determină raza germenilor, considerați sferici: $r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 27{,}65}{4\pi}} \cong 1{,}876$ Å
Cunoscând toți parametrii din expresia (12) a variației energiei libere Helmholtz, se poate determina valoarea acesteia: $\Delta F = 4\pi r^2 N \left(-\frac{\Delta F_v'}{3} r + \sigma\right) =$

$$= 4\pi(1{,}876 \cdot 10^{-10})^2 \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23} \left(-\frac{17{,}1 \cdot 10^6}{3} \cdot 1{,}876 \cdot 10^{-10} + 59 \cdot 10^{-3}\right) = 15431{,}105 \text{ J} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta F \cong 15{,}431 \text{ kJ}$$

c) Valoarea razei critice a germenilor se determină, cu ajutorul expresiei obținute prin anularea primei derivate a relației (12):

$$r_c = \frac{2\sigma}{\Delta F_v'} = \frac{2 \cdot 59 \cdot 10^{-3}}{17{,}1 \cdot 10^6} \cong 6{,}9 \cdot 10^{-9}\ m \Rightarrow r_c \cong 69\ Å$$

Comparând valoarea razei critice, $r_c \cong 69$ Å, cu valoarea razei medii a atomilor, $r = 1{,}876$ Å, se observă că raza critică este de peste 36 de ori mai mare decât raza atomilor.

$$d)\ \Delta F = 0 \Rightarrow r_0 = \frac{3\sigma}{\Delta F_v'} = \frac{3 \cdot 59 \cdot 10^{-3}}{17{,}1 \cdot 10^6} \cong 1{,}03508 \cdot 10^{-8}\ m \Rightarrow r_0 \cong 103{,}5\ Å$$

29. La solidificarea materialelor metalice topite, din cauza vitezei relativ mari de răcire, se produce fenomenul de suprarărire urmat, în general, de cel de recalescență. Acest fenomen se manifestă prin creşterea spontană a temperaturii aliajului din cauza degajării bruşte a căldurii latente de solidificare de către un număr foarte mare de germeni cristalini ce iau naştere în urma suprarăcirii. Creşterea momentană de temperatură, din timpul recalescenței, poate, eventual, să compenseze gradul de subrăcire, atingându-se temperatura teoretică de solidificare.

Considerând solidificarea cuprului, pentru care se dau:

- variația căldurii specifice cu temperatura (între 298^0C şi $T_t = 1084^0$C, temperatura teoretică de topire): $c_p = 22{,}635 + 5{,}858 \cdot 10^{-3}T$, J/mol·grd, unde T este temperatura în K:
- căldura latentă de solidificare: $Q_s = 12960$ J/mol;

se cere să se calculeze gradul teoretic maxim de subrăcire care ar permite ridicarea temperaturii metalului înapoi, până la temperatura teoretică de solidificare $T_t = 1084^0$C (presupunând că nu se pierde căldură în exteriorul materialului).

Comparați valoarea determinată cu gardul maxim de subrăcire, $\Delta T_{ef} = 236$ grd, observat efectiv la solidificarea cuprului. Cum se explică diferența remarcată?

<u>Indicație</u>: Se va lua în considerație cantitatea de căldură pentru un gram de cupru: $Q = c_p \Delta T$.

Rezolvare

Căldura latentă de solidificare a cuprului, Q_s, este o constantă, independentă de viteza de răcire, fiind cedată la solidificarea unui mol de metal. Cum căldura specifică se referă tot la un mol de cupru, înseamnă că gradul teoretic maxim de subrăcire, ΔT_{max} reprezintă tocmai variația de temperatură care ar aduce metalul, de la temperatura de suprarăcire, la cea de echilibru, deci:

$Q_s = c_p \Delta T_{max}$, în care: $\Delta T_{max} = T_t - T$, unde $T_t = 1084 + 273 = 1357$ K iar T este temperatura minimă atinsă la sfârşitul suprarăcirii, care trebuie determinată.

Aşadar: $12960 = (23{,}635 + 5{,}858 \cdot 10^{-3}\ T)(1357 - T) \Rightarrow$

$$\Rightarrow 5{,}858 \cdot 10^{-3}T^2 - (1357 \cdot 5{,}858 \cdot 10^{-3} - 23{,}635)T + 12960 - 23{,}635 \cdot 1357 = 0 \Rightarrow$$

$$5{,}858 \cdot 10^{-3}T^2 + 15{,}685694T - 19112{,}695 = 0$$

$$T_{1,2} = \frac{-15{,}685694 \pm \sqrt{15{,}685694^2 + 4 \cdot 5{,}858 \cdot 10^{-3} \cdot 19112{,}695}}{2 \cdot 5{,}858 \cdot 10^{-3}}$$

$$T_{1,2} = \frac{-15{,}685694 \pm 26{,}341786}{2 \cdot 5{,}858 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow T \cong 909{,}5\ K$$

Deci gradul teoretic maxim de subrăcire este:

$$\Delta T_{max} = 1357\text{-}909{,}5 = 447{,}5\ grd$$

Se observă că gradul teoretic maxim de subrăcire, ΔT_{max} = 447,5 grd, este mai mare decât gradul maxim de subrăcire observat efectiv la solidificarea cuprului ΔT_{ef} = 236 grd şi această diferenţă poate fi efectul a 2 cauze:

a) nu toţi germenii dintr-un mol se formează în acelaşi timp şi din acest motiv căldura latentă de solidificare eliberată de primii germeni se pierde în masa materialului şi în exterior (faţă de care nu există izolaţie absolută);

b) nu se pot obţine viteze de răcire mai mari decât anumite valori critice

30. Să se determine raza teoretică a celor mai mici cristale de argint pur care se pot obţine la solidificare, prin germinare omogenă, ştiindu-se:

- tensiunea superficială pe interfaţa solid-lichid: $\sigma = 126 \cdot 10^{-3}$ J/m^2;
- temperatura de topire: $t_0 = 960^0$C;
- căldura latentă de solidificare: Q_s = 11,36 kJ/mol;
- volumul molar: V_M = 102,75 cm^3/mol;
- gradul maxim de subrăcire observat: $\Delta T_{max} = 230^0$C.

Rezolvare

Se ştie că raza critică, r_c, caracterizează germenii care pot creşte, deoarece această creştere presupune scăderea energiei lor libere. Cum raza critică este invers proporţională cu gradul de subrăcire, rezultă că r_{cmin} se va obţine la ΔT_{max}.

Expresia razei critice rezultă din derivarea şi anularea relaţiei (12): $r_c = \dfrac{2\sigma}{\Delta F_v}$.

ΔF_V se determină cu relaţia (11) în care ΔT_1 se înlocuieşte cu ΔT_{max}. Aşadar:

$$r_c = \frac{2\sigma \cdot T_0 \cdot V_M}{Q_s \cdot \Delta T_{max}} = \frac{2 \cdot 126 \cdot 10^{-3}(960+273) \cdot 102{,}75 \cdot 10^6}{11360 \cdot 230} \cong 1{,}2219 \cdot 10^{-8}\ m \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r_{cmin} \cong 122{,}19\ Å$$

31. Demonstraţi că variaţia maximă a energiei libere Helmholtz este mai mică la cristalizarea cu germinare eterogenă decât la cea cu germinare omogenă şi stabiliţi situaţia limită în care cele 2 variaţii sunt egale.

Rezolvare

Se ştie că variaţia maximă a energiei libere (variaţia critică), la cristalizarea cu germinare omogenă, are expresia:

$$\Delta F_{omog.\,cr.} = 1/3 \cdot \sigma A_c \qquad (13)$$

în care:

σ – tensiunea superficială pe interfața lichid-germen;

A_c – aria critică a germenilor (care se obține numai în cazul germenilor de rază critică, r_c, care permit creșterea): $A_c = 4\pi r_c^2$.

Pe de altă parte, la cristalizarea cu germinare eterogenă:

$$\Delta F_{eter.\,cr.} = 1/3\pi r_c^2\, \sigma[2(1-\cos\theta) - \sin^2\theta \cdot \cos\theta] \qquad (14)$$

unde:

θ – unghi de contact (umectare)

Relația (14) se poate exprima sub forma:

$\Delta F_{eter.\,cr.} = \frac{4\pi r_c^2}{3}\sigma(2-2\cos\theta-\cos\theta+\cos^3\theta)\cdot\frac{1}{4}$ *care, ținând cont de relația (13) și de expresia lui A_c, devine:*

$$\Delta F_{eter.\,cr.} = \Delta F_{omog.\,cr.}\frac{2-3\cos\theta+\cos^3\theta}{4}.$$

Cum $2-3\cos\theta+\cos^3\theta \le 4 \Rightarrow \frac{\Delta F_{omog.cr.}}{\Delta F_{eter.cr.}} \le 1 \Rightarrow \Delta F_{eter.\,cr.} \le \Delta F_{omog.\,cr.}$

În situația limită, când $\Delta F_{eter.\,cr.} = \Delta F_{omog.\,cr.} \Rightarrow 2-3\cos\theta+\cos^3\theta = 4 \Rightarrow \theta = \pi$, caz în care germenele cristalizat nu aderă la suprafața suport, deci aceasta nu joacă rol catalitic și în acest caz germinarea se produce în mod omogen.

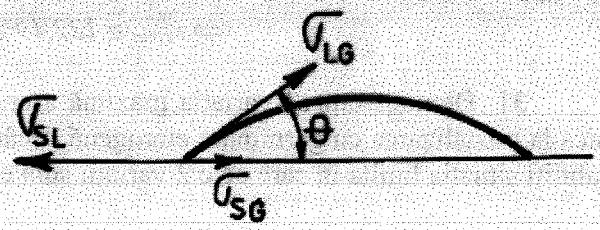
32. La cristalizarea unui germen ipotetic de argint pe o suprafață suport pre-existentă, apar următoarele tensiuni superficiale:

- între suport și metalul lichid: $\sigma_{SL} = 0{,}4$ J/m^2;
- între suport și germene: $\sigma_{SG} = 0{,}19$ J/m^2;
- între lichid și germene: $\sigma_{LG} = 0{,}227$ J/m^2;

Cu datele de mai sus, să se determine:

a) unghiul de contact, θ;

b) de câte ori este mai mare variația maximă a energiei libere la cristalizarea cu germinare omogenă față de cea cu germinare eterogenă, la același grad de subrăcire?



Rezolvare

a) La nivelul germenului, cele 3 tensiuni superficiale de mai sus sunt dispuse ca în schema alăturată. La echilibru static:

$$\sigma_{SL} = \sigma_{SG} + \sigma_{LG}\cos\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = \arccos\frac{\sigma_{SL}-\sigma_{SG}}{\sigma_{LG}} = \arccos\frac{0{,}4-0{,}19}{0{,}227} \Rightarrow \theta = 22^0 18'54''$$

b) S-a arătat la problema nr.30 că:

$$\Delta F_{eter.\,cr.} = \Delta F_{omog.\,cr.} \frac{2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta F_{omog.\,cr.} = \Delta F_{eter.\,cr.} \frac{4}{2 - 3\cos(22^0 18' 54'') + \cos^3(22^0 18' 54'')} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta F_{omog.\,cr.} = 243{,}8 \cdot \Delta F_{eter.\,cr.}$$

33. Ce apertură numerică are obiectivul unui microscop optic care, utilizând lumină albă (λ=5500 Å), are o putere de mărire de 1000:1? Se consideră că puterea de separaţie a ochiului omenesc obişnuit este d_{ochi} = 0,275 mm.

Rezolvare

Exprimând în metri lungimea de undă şi puterea de separaţie a ochiului se obţine:

$$\lambda = 5{,}5 \cdot 10^{-7}\ m \text{ şi } d_{ochi} = 2{,}75 \cdot 10^{-4}\ m$$

Puterea de separare a microscopului este:

$$M_{micr.} = \frac{d_{ochi}}{d} \qquad (15)$$

în care d este puterea de separaţie a sistemului optic:

$$d = \frac{\lambda}{2n \cdot \sin\alpha} = \frac{\lambda}{2A} \qquad (16)$$

Produsul n·sin α = A reprezintă apertura numerică a sistemului optic. Rezultă:

$$M_{micr.} = \frac{d_{ochi} \cdot 2A}{\lambda} \Rightarrow A = \frac{M_{micr.} \cdot \lambda}{2d_{ochi}} = \frac{1000 \cdot 5{,}5 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 2{,}75 \cdot 10^{-4}} = 1$$

34. Potenţialul de accelerare al unui microscop electronic este U = 100 kV. Considerând că energia transmisă de acest potenţial asupra sarcinii elementare se transformă integral în energie cinetică, se cere:

a) Să se determine viteza până la care este accelerat electronul.

b) Care va fi lungimea de undă a electronului care capătă acest impuls?

Se dau:

- masa electronului: m = $9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg;
- sarcina electronului: e = $1{,}60219 \cdot 10^{-19}$ C
- constanta lui Plank: h = $6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s

Rezolvare

a) Aplicând legea conservării energiei, se consideră că energia electrostatică se transformă integral în energie cinetică:

$$eU = \frac{mv^2}{2} \qquad (17)$$

Rezultă că viteza electronului este dată de:

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}60219 \cdot 10^{-19} \cdot 10^5}{9{,}11 \cdot 10^{-31}}} \cong 1{,}8752288 \cdot 10^8 \ \frac{m}{s}.$$

Altfel spus, se poate afirma că, sub o diferenţă de potenţial de 100000 V, dacă nu există pierderi, electronii sunt accelerați până la o viteză de aproximativ: 187523 km/s.

b) Se porneşte de la lungimea de undă de Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{mv} \qquad (18)$$

Substituind expresia vitezei, determinată din relaţia (17), se obţine:

$$\lambda = \frac{h}{m}\sqrt{\frac{m}{2eU}} = \frac{h}{\sqrt{2eUm}} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 1{,}60219 \cdot 10^{-19} \cdot 9{,}11 \cdot 10^{-31}}} \cong 3{,}88 \cdot 10^{-12}\ m$$

35. De la un tub Roentgen cu anod de cupru se obţin raze X cu lungimea de undă λ = 1,54 Å. Aceste raze cad pe o familie de plane distanţate la d = 1,181 Å. Se cere să se determine unghiul de incidenţă pentru care radiaţia Roentgen va suferi reflexia de ordinul întâi, astfel încât să se obţină interferenţă constructivă.

Rezolvare

Se aplică legea lui Bragg:

$$n\lambda = 2d \cdot \sin\theta \qquad (19)$$

în care:

n – ordinul de reflexie

λ – lungimea de undă a razelor X

d – distanţa dintre planele ce reflectă razele X

θ – unghiul de reflexie pentru interferenţă constructivă

Cu valorile de mai sus, introduse în relaţia (19) rezultă: $\theta = \arcsin\frac{n\lambda}{2d}$.

Pentru reflexia de ordinul întâi, se consideră n = 1. Rezultă:

$$\theta = \arcsin\frac{1 \cdot 1{,}54}{2 \cdot 1{,}181}\ 40{,}8^0 \cong 40^0 48'$$

36. De la anodul de argint al unui tub Roentgen se obţin raze X cu lungimea de undă 0,558 Å, care sunt proiectate asupra unui cristal de fier alfa, fiind reflectate de planele acestuia din familia {100}. Se cere să se determine:

a) Câte ordine de reflexie sunt posibile pentru a obţine interferenţă constructivă?

b) La ce unghiuri vor apare aceste reflexii?

Se dă parametrul reţelei fierului alfa: a = 2,8664 Å.

Rezolvare

Din relaţia (19) se obţine expresia sinusului unghiului de incidenţă:

$\sin\theta = \dfrac{n\lambda}{2d}$. *Ordinele de reflexie au sens atât timp cât sinusul rămâne subunitar:*

$$n = 1 \Rightarrow \sin\theta_1 = \frac{1\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{0{,}558}{5{,}7328} < 1$$

$$n = 2 \Rightarrow \sin\theta_2 = \frac{2\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{1{,}116}{5{,}7328} < 1$$

$$n = 3 \Rightarrow \sin\theta_3 = \frac{3\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{1{,}674}{5{,}7328} < 1$$

$$n = 4 \Rightarrow \sin\theta_4 = \frac{4\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{2{,}232}{5{,}7328} < 1$$

$$n = 5 \Rightarrow \sin\theta_5 = \frac{5\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{2{,}79}{5{,}7328} < 1$$

$$n = 6 \Rightarrow \sin\theta_6 = \frac{6\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{3{,}348}{5{,}7328} < 1$$

$$n = 7 \Rightarrow \sin\theta_7 = \frac{7\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{3{,}906}{5{,}7328} < 1$$

$$n = 8 \Rightarrow \sin\theta_8 = \frac{8\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{4{,}464}{5{,}7328} < 1$$

$$n = 9 \Rightarrow \sin\theta_9 = \frac{9\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{5{,}022}{5{,}7328} < 1$$

$$n = 10 \Rightarrow \sin\theta_{10} = \frac{10\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{5{,}58}{5{,}7328} < 1$$

$$n = 11 \Rightarrow \sin\theta_{11} = \frac{11\cdot 0{,}558}{2\cdot 2{,}8664} = \frac{6{,}138}{5{,}7328} > 1$$

Deci sunt posibile 10 ordine de reflexie.

b) valorile unghiurilor la care apar cele 10 ordine de reflexie sunt:

$$\theta_1 = \arcsin\frac{0{,}558}{5{,}7328} = 5{,}5857^0 \cong 5^0 35'9''$$

$$\theta_2 = \arcsin\frac{1{,}116}{5{,}7328} = 11{,}2254^0 \cong 11^0 13'3''$$

$$\theta_3 = \arcsin\frac{1{,}674}{5{,}7328} = 16{,}978^0 \cong 16^0 58'41''$$

$$\theta_4 = \arcsin\frac{2{,}232}{5{,}7328} = 22{,}9133^0 \cong 22^0 54'48''$$

$$\theta_5 = \arcsin\frac{2{,}79}{5{,}7328} = 29{,}1221^0 \cong 29^0 7'20''$$

$$\theta_6 = \arcsin\frac{3{,}348}{5{,}7328} = 35{,}7329^0 \cong 35^0 43'58''$$

$$\theta_7 = arc\ sin\ \frac{3,906}{5,7328} = 42,9486^0 \cong 42^0 56'55''$$

$$\theta_8 = arc\ sin\ \frac{4,464}{5,7328} = 51,1396^0 \cong 51^0 8'23''$$

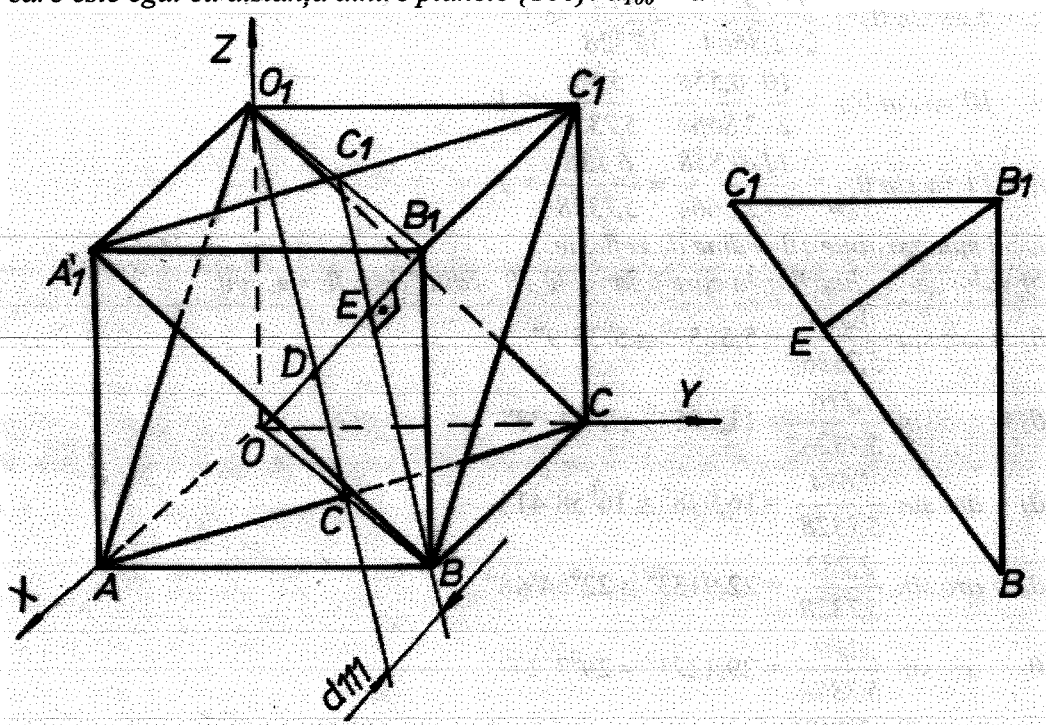
$$\theta_9 = arc\ sin\ \frac{5,022}{5,7328} = 61,1649^0 \cong 61^0 9'54''$$

$$\theta_{10} = arc\ sin\ \frac{5,58}{5,7328} = 76,7418^0 \cong 76^0 44'30''$$

37. Se cere să se determine unghiul la care trebuie să se încline, față de axa unui tub Roentgen cu anod de cupru (care emite raze X cu lungimea de undă λ=1,54 Å), suprafața unui monocristal de argint prelucrată paralel cu planele {111}, astfel încât să se obțină interferența constructivă de ordinul trei a razelor X. Parametrul celulei c.f.c. a argintului este a = 4,078 Å.

Rezolvare

Pentru a determina unghiul θ_3, cu ajutorul legii lui Bragg (19) în care se ia n = 3, este necesar să se cunoască distanța dintre planele {111}. Această determinare se bazează pe schițele de mai jos și pe definiția parametrului oricărei rețele cubice care este egal cu distanța dintre planele {100}: $d_{100} = a$



Din cele 2 schițe de mai sus se observă că d_{111}=EB_1, care se determină din triunghiul BB_1C_1, în care se cunosc:

$BB_1 = a;\ C_1B_1 = O_1C_1 = \frac{a\sqrt{2}}{2}$. *Deci* $BC_1 = \sqrt{BB_1^2 + C_1B_1^2} = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{2}} \Rightarrow$

$\Rightarrow BC_1 = a\sqrt{\frac{3}{2}}$. *Exprimând aria triunghiului* BB_1C_1 *în 2 moduri rezultă:*

$$\frac{BB_1 \cdot C_1B_1}{2} = \frac{BC_1 \cdot EB_1}{2} \Rightarrow EB_1 = \frac{BB_1 \cdot C_1B_1}{BC_1} = \frac{a \cdot \frac{a}{\sqrt{2}}}{a\sqrt{\frac{3}{2}}} \Rightarrow$$

$$d_{111} = EB_1 = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{4{,}078}{\sqrt{3}}$$

Scriind legea lui Bragg din relația (19) sub forma: $n \cdot \lambda = 2 \cdot d_{111} \cdot \sin\theta_3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \theta_3 = \arcsin\frac{n\lambda}{2d_{111}},$$ *în care* $n = 3$. *Rezultă:*

$$\theta_3 = \arcsin\frac{3 \cdot 1{,}54 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 4{,}078} = 78{,}8509^0 \cong 78^0 51'3''$$

38. Considerând că masa electronilor provenind de la tunul unui microscop electronic este constantă, $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg, se cere:

a) Ce potențial de accelerare ar fi necesar pentru ca fasciculul de electroni să atingă viteza luminii?

b) Ce lungime de undă ar avea electronii în acest caz?

Se dau: sarcina electronului: $e = 1{,}60219 \cdot 10^{-19}$ C, viteza luminii: $c = 3 \cdot 10^8\ \frac{m}{s}$ și constanta lui Plank: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s

Rezolvare

a) Se aplică relația (17), care descrie transformarea integrală a energiei electrostatice în energie cinetică (fapt plauzibil, mai ales în condițiile vidului înaintat din tubul microscopului electronic), unde se iau în considerație viteza luminii și masa electronului:

$$eU = \frac{m_e c^2}{2} \Rightarrow U = \frac{m_e c^2}{2e} = \frac{9{,}11 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{2 \cdot 1{,}60219 \cdot 10^{-19}} = \frac{81{,}9}{3{,}2} \cdot 10^4 \cong 255937{,}5\ V$$

Rezultă că ar fi necesară o tensiune $U \cong 256\ kV$

b) Lungimea de undă se determină cu relația de Broglie (18):

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{9{,}11 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} = \frac{6{,}63}{27{,}3} 10^{-11} = 2{,}4285714 \cdot 10^{-12}\ m$$

Deci lungimea de undă a electronilor accelerați până la viteza luminii ar fi:

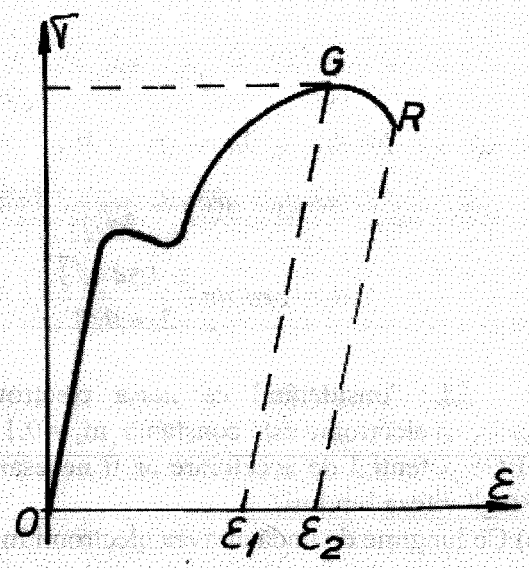
$$\lambda \cong 0.024\ \text{Å}$$

39. Desenaţi o curbă schematică convenţională la tracţiune a unui material tenace (care prezintă gâtuire la rupere), cu palier de curgere aparentă. Pe aceasta, marcaţi punctul de apariţie a gâtuirii. Precizaţi dacă lungimea totală a unei epruvete rupte (determinată prin aşezarea cap-la-cap a celor 2 segmente rupte) este egală sau mai mare decât lungimea unei epruvete identice, la care solicitarea a fost întreruptă în momentul apariţiei gâtuirii.

Rezolvare

Pe curba schematică, convenţională, alăturată, s-a marcat cu G punctul de apariţie a gâtuirii, care corespunde şi forţei de tracţiune maxime şi cu R punctul în care apare ruperea. Dacă solicitarea încetează în punctul G, se obţine o alungire remanentă specifică ε_1. După rupere, alungirea specifică este ε_2.

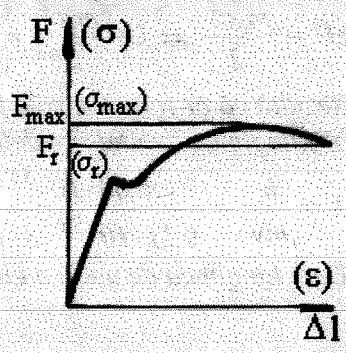
Cum $\varepsilon_1<\varepsilon_2$, este evident că, din momentul apariţiei gâtuirii, epruveta suferă o alungire suplimentară, egală cu $\varepsilon_2 - \varepsilon_1$. Deci lungimea totală a unei epruvete rupte este mai mare decât cea a epruvetei la care solicitarea s-a întrerupt în momentul apariţiei gâtuirii (la atingerea forţei de tracţiune maxime).



40. Pe orice curbă convenţională de tracţiune, a unui material cu gâtuire la rupere, se observă o scădere a forţei de tracţiune (şi implicit a tensiunii convenţionale) din momentul apariţiei gâtuirii şi până la rupere. Explicaţi care este motivul acestei scăderi şi precizaţi modul de variaţie a tensiunii reale, în zona gâtuită (calculată ca raportul dintre forţa de tracţiune şi secţiunea efectivă epruvetei în zona gâtuită).

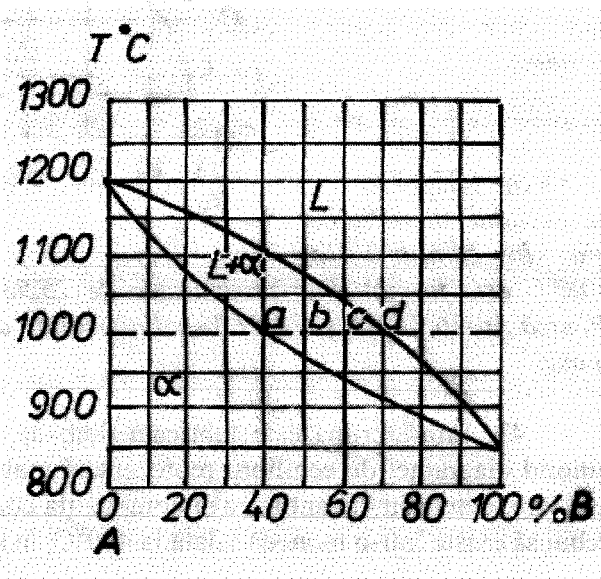
Rezolvare

Din momentul apariţie gâtuirii şi până la rupere, forţa de tracţiune scade de la F_{max} la F_r şi tensiunea convenţională de întindere de la σ_{max} la σ_r. Acest lucru se datorează scăderii pronunţate a secţiunii în zona gâtuită. Cum $\sigma=\frac{F}{S_0}$, scăderea forţei de tracţiune (atribuită reducerii rezistenţei în zona de deformare, pe care o are de învins), va duce în mod



evident la scăderea tensiunii convenţionale de întindere, deoarece secţiunea iniţială se consideră constantă. Tensiunea reală de întindere, $\sigma_{real} = \frac{F}{S}$ *se calculează prin raportare la secţiunea reală. Cum scăderea acesteia este mult mai rapidă decât scăderea forţei de tracţiune, rezultă că, în realitate, tensiunea creşte continuu, în timpul solicitării.*

41. Pe diagrama de echilibru alăturată, a unui sistem ipotetic de aliaje A-B, cu solubilitate totală în stare lichidă şi solidă, s-au marcat punctele **a**, **b**, **c** şi **d**, pe izoterma dusă la 1000^0C, în intervalul de solidificare. Se cere să se determine pentru fiecare punct în parte natura, cantitatea şi compoziţia constituenţilor metalografici:



Rezolvare

*În punctul **a** există aliaj cu concentraţia de 40 %B. Toată cantitatea de B este dizolvată în cele 60 %A, formând soluţia solidă α, de B dizolvat substituţional (deoarece există solubilitatea totală) în A.*

*Punctul **b** corespunde unui aliaj A-50 %B, bifazic, conţinând α + L, în proporţia:* $\frac{G_\alpha}{G_L} = \frac{bd}{ba} = \frac{20}{10} = \frac{2}{1}$. *Faza lichidă (L) conţine 70 %B iar soluţia solidă (α) conţine 40 %B.*

*Punctul **c** corespunde aliajului A-60 %B care, conţine 2/3 (ca/ad) fază lichidă, cu 70 %B şi 1/3 (cd/ad) soluţie solidă, cu 40 %B.*

*În punctul **d** întreg aliajul A-70 %B se află în stare lichidă.*

42. Cu ajutorul diagramei de echilibru a sistemului de aliaje Au-Ni, din figura de mai jos, se cere să se determine constituenţii metalografici şi compoziţia acestora pentru un aliaj Au-40 %Ni, aflat la 1000^0C.

Rezolvare

Starea aliajului analizat a fost marcată pe diagrama de mai jos, prin punctul b. În acest punct aliajul este format dintr-un amestec de fază lichidă (L) şi soluţie solidă (α). Compoziţia celor 2 faze este dată de regula orizontalei:

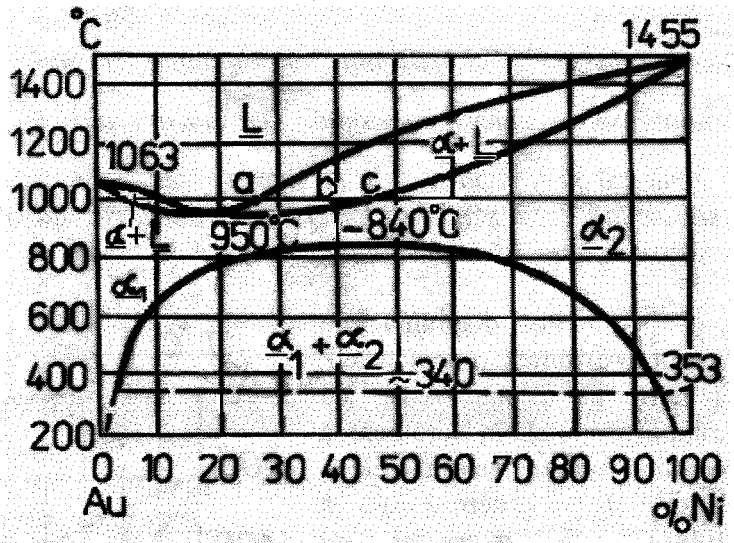
- *faza lichidă conţine cantitatea procentuală de nichel corespunzătoare punctului a, ~ 26,7 %Ni;*

- *soluția solidă conține un procent de nichel corespun-zător punctului c, ~45 %Ni*

Cantitățile procentuale ocupate de cele 2 faze, G_L și G_α ($G_L+G_\alpha=1$), sunt date de regula pârghiei:

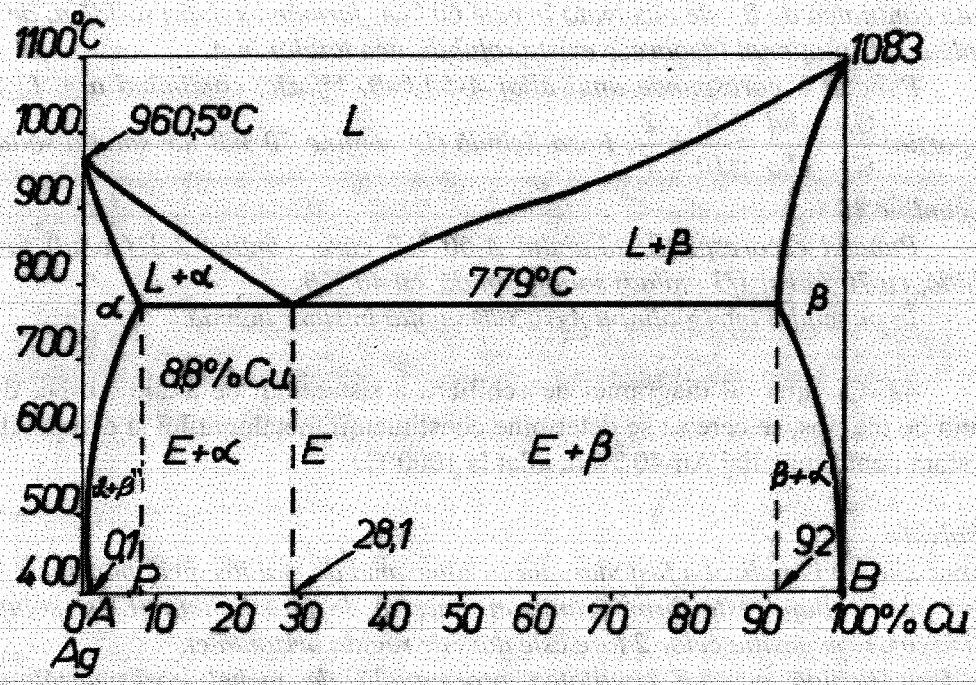
$$G_L = \frac{bc}{ac} = \frac{3{,}5mm}{13{,}5mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow G_L = 25{,}93\ \%$$



Deci aliajul Au-40 %Ni, aflat în echilibru la 1000^{0}C este format dintr-un amestec de 25,93 % fază lichidă, cu compoziția chimică Au-26,7 %Ni și 74,07 % soluție solidă de 45 %Ni dizolvat substituțional în aur.

43. Lira sterlină este fabricată dintr-un aliaj de argint cu 7,5 %Cu. Cu ajutorul diagramei de echilibru reprezentată mai jos, neglijând celelalte elemente de aliere, determinați cantitatea și compoziția constituenților metalografici care ar trebui să existe într-o monedă aflată la 400^{0}C, în stare de echilibru termodinamic.



Rezolvare

Pe diagramă s-au marcat punctele:

P – corespunde aliajului în echilibru (7,5 %Cu);

A – corespunde cantității maxime de cupru dizolvată în argint, la 400^{0}C, în cadrul soluție solide α (0,1 %Cu);

B – corespunde cantității maxime de cupru dizolvată în argint, la 400^{0}C, în cadrul soluție solide β (~100 %Cu, deci practic β este cupru pur).

Deoarece aliajul din punctul P se compune din soluțiile solide α și β", pentru determinarea cantităților lor procentuale se aplică regula pârghiei pe segmentul AB:

$$G_\alpha = \frac{PB}{AB} = \frac{92,5}{99,9} \cdot 100 \cong 92,6\ \%\ \text{și}\ G_{\beta'} = \frac{AP}{AB} = \frac{7,4}{99,9} \cdot 100 \cong 7,4\ \%$$

În concluzie, dacă se consideră moneda de 1 liră sterlină drept un aliaj binar Ag-7,5 %Cu, aflat în echilibru termodinamic la 400^{0}C, atunci ea va conține 92,6 % soluție solidă α, cu 0,1 %Cu și 7,4 % Cu pur

<u>Observație</u>: în realitate orice metal se dizolvă în alt metal, în urma unei răciri lente, deci concentrația punctului B trebuie să fie < 100 % iar soluția solidă β" trebuie să conțină o anumită cantitate de argint, indiferent cât de mică ar fi aceasta.

44. Se consideră procesul de autodifuzie în aur. Admițând că salturile atomice se produc în plane din familia {111} pe intervale egale cu distanța minimă dintre atomii acestor plane și cunoscându-se:

- constanta rețelei cristaline a aurului: a = 4,0788 Å;
- frecvența de vibrație a atomilor de aur: $\nu = 1,31 \cdot 10^{15}$ Hz;
- energia de activare necesară procesului de autodifuzie: E_a = 41,7 kcal/mol,

să se determine:

a) Factorul de frecvență, D_0, în procesul du autodifuzie, în cm^2/s.

b) Coeficientul de difuzie, D, la 900^{0}C.

Se dau:

- constanta universală a gazelor: R = 2 cal/mol;
- 1 cal = 4,18 J.

<u>Observații:</u>

1 – la determinarea numărului direcțiilor posibile de deplasare a unui atom în cadrul autodifuziei, β, se va considera numărul de coordinație al celulei elementare c.f.c. (cum este cea a aurului);

2 – mărimea unui salt atomic, la autodifuzie, b, se consideră egală cu jumătate din diagonala feței cubului;

3 – temperatura, T, se va considera în valoare absolută.

Rezolvare

a) factorul de frecvență este dat de relația:

$$D_0 = \beta \cdot \nu \cdot b^2,\ cm^2/s \qquad (20)$$

în care se determină:

β - numărului direcţiilor posibile de deplasare a unui atom. $\beta=\frac{1}{z}$, unde z este numărul de coordinaţie. La celula c.f.c.: $z = 12 \Rightarrow \beta = \frac{1}{12}$

$b = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{a}{\sqrt{2}}$ *(vezi problema nr.10).* $b = \frac{4{,}0788 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{2}}$ *cm*

Cu datele de mai sus, introduse în (20) se obţine:

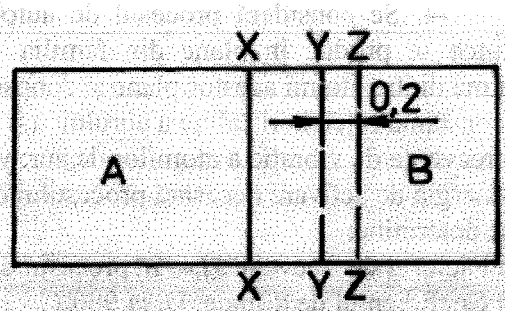
$$D_0 = \frac{1}{12} \cdot 1{,}31 \cdot 10^{15} \left(\frac{4{,}0788 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{2}} \right)^2 \cong 0{,}091 \ \frac{cm^2}{s}$$

b) Coeficientul de difuzie se determină cu relaţia:

$$D = D_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \qquad (21)$$

în care se introduc datele şi rezultatele problemei iar temperatura se consideră T=900+273=1173 K. Rezultă:

$$D = 0{,}091 \cdot e^{-\frac{41700}{2 \cdot 1173}} \cong 1{,}74 \cdot 10^{-9} \ \frac{cm^2}{s}$$



45. Un cuplu de difuzie se obţine, în general, prin sudarea a 2 metale diferite, A şi B, astfel încât să se obţină un bloc de metal, ca în schiţa alăturată. Studiul difuziei se realizează cu acest cuplu, după ce a fost încălzit, până în apropierea temperaturilor de topire ale celor 2 metale, menţinut şi readus la temperatura ambiantă. Se presupune că în cuplul de difuzie se fac 2 secţiuni, YY şi ZZ, situate la distanţa 0,2 mm una faţă de alta. Analizând compoziţia chimică a celor 2 secţiuni, se constată că fracţiunea molară de element A, determinată ca $x_A=N_A/N$, a variat de la 0,8 % în YY la 0,2 % în ZZ. Se cere să se calculeze, pentru un mol, care este fluxul de atomi A care a produs această variaţie de concentraţie, ştiind că:

- factorul de frecvenţă este $D_0 = 1 \ \frac{cm^2}{s}$;
- energia de activare a difuziei este $E_a = 2$ eV/atom;
- cuplul de difuzie a fost încălzit la 1000^0C
- numărul lui Avogadro este $N = 6{,}023 \cdot 10^{23}$ atomi.

Se dau:

Constanta universală a gazelor: R = 2 cal/mol;

1 eV = $1{,}60219 \cdot 10^{-19}$ C;
1 cal = 4,18 J.
Se va considera temperatura absolută.

Rezolvare
Fluxul de difuzie se calculează cu legea a-I-a a lui Fick:

$$J = -D \cdot \frac{dc}{dx} \tag{22}$$

în care:

$\frac{dc}{dx}$ = *gradientul de concentrație, calculat astfel:* $\frac{dc}{dx} = \frac{0{,}2 - 0{,}8}{0{,}02} = -30\ cm^{-4}$

(deoarece $\frac{dc}{dx}$ *are dimensiunea* L^{-4} *iar dx se exprimă în cm).*

D se calculează cu relația (21) în care parametrii trebuie exprimați în S.I.:
Energia de activare se calculează pentru un mol:
$E_a = 2 \cdot 1{,}60219 \cdot 10^{-19} \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23} = 192999{,}81\ J/mol;$
$T = 1000 + 273 = 1273\ K$
$R = 2 \cdot 4{,}18 = 8{,}36\ J$
În aceste condiții fluxul de atomi care a produs difuzia este:

$$J = -D_0 e^{-\frac{E_a}{RT}} \cdot \frac{dc}{dx} = -1 \cdot e^{-\frac{192999{,}81}{8{,}36 \cdot 1273}} (-30) \Rightarrow J \cong -4 \cdot 10^{-7}\ \frac{atomi}{cm^2 \cdot s}$$

46. La studiul experimental al difuziei, într-un mol de aliaj metalic, s-au obținut:

- la T_1 = 1000 K – coeficientul de difuzie $D_1 = 3{,}059 \cdot 10^{-6}\ \frac{cm^2}{s}$;

- la T_2 = 1200 K – coeficientul de difuzie $D_2 = 3{,}727 \cdot 10^{-5}\ \frac{cm^2}{s}$;

Utilizând metoda „dreptei Arhenius", se cere:

a) Să se determine energia de activare a difuziei, în cal.

b) Să se determine factorul de frecvență D_0, în $\frac{cm^2}{s}$.

c) Să se determine ecuația „dreptei Arhenius" și să se schițeze aceasta, calculând valoarea ipotetică a temperaturii, pentru care coeficientul de difuzie atinge valoarea de 1 $\frac{cm^2}{s}$. Ce semnificație are acum D_0?

Se dă $R = 2\ \frac{cal}{grd \cdot mol}$.

Indicaţie: Pe abscisă se va lua drept variabilă $\frac{1}{T}10^{-4}$. Dreapta Arhenius se duce cu linei continuă între T_1 şi T_2 şi cu linie întreruptă la $T > T_2$.

Rezolvare

a) Ecuaţia dreptei Arhenius se obţine din expresia (21), a coeficientului de difuzie, prin logaritmare: $\ln D = \ln D_0 - (\frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T})$, *care se poate exprima sub forma:* $\ln D = -(\frac{E_a}{R}) \cdot \frac{1}{T} + \ln D_0$.

Aceasta este o dependenţă liniară de tip $y = ax + b$ *unde:*

$y = \ln D$, $a = -\frac{E_a}{R}$, $x = \frac{1}{T}$ *iar* $b = \ln D_0$.

Cu ajutorul valorilor date în problemă, se poate scrie:

$$\left.\begin{aligned} \ln D_1 &= -\frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T_1} + \ln D_0 \\ \ln D_2 &= -\frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T2} + \ln D_0 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \ln\frac{D_2}{D_1} = \frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_a = \frac{R \cdot \ln\frac{D_2}{D_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{2 \cdot \ln\frac{3{,}727 \cdot 10^{-5}}{3{,}059 \cdot 10^{-6}}}{\frac{1}{1000} - \frac{1}{1200}} \cong 30000 \text{ cal.}$$

Deci $E_a \cong 30$ *kcal*

b) $\ln D_0 = \ln D + \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T_1} = \ln 3{,}059 \cdot 10^{-6} + \frac{30000}{2} \frac{1}{1000} = 2{,}3025775 \Rightarrow$

$$\Rightarrow D_0 = e^{2{,}3025775} = 9{,}9999241 \Rightarrow D_0 \cong 10 \frac{cm^2}{s}$$

c) Sintetizând datele de mai sus, rezultă următoarea ecuaţie:

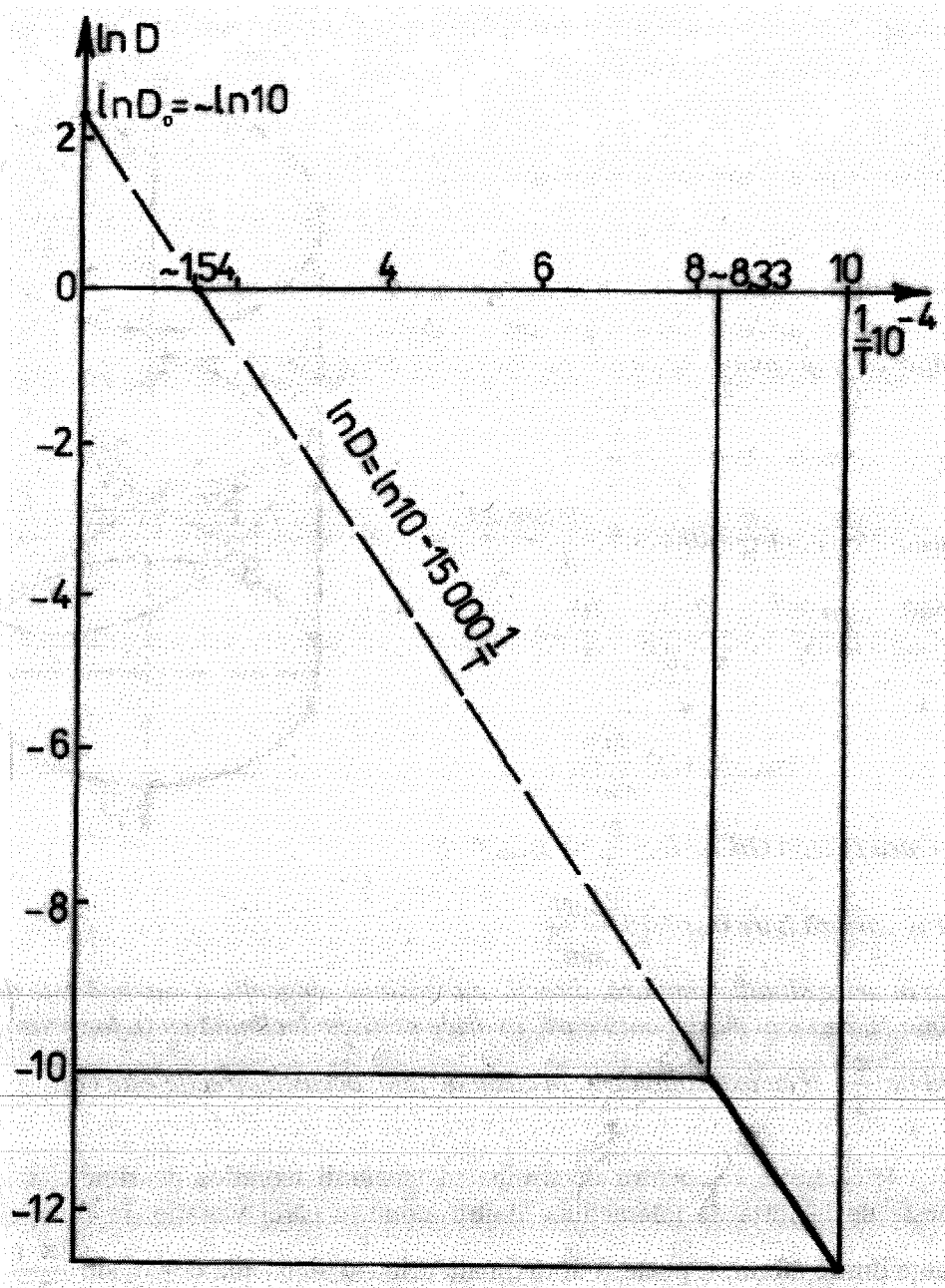
$$\ln D = \ln 10 - \frac{30000}{2} \cdot \frac{1}{T}, \text{ care capătă forma aproximativă:}$$

$$\ln D = -15000 \cdot \frac{1}{T} + 2{,}3025851, \text{ ilustrată grafic mai jos}$$

Considerând că $D = 1 \Rightarrow \ln D = 0 \Rightarrow \frac{1}{T} = \frac{\ln 10}{15000} \Rightarrow T = \frac{15000}{\ln 10} \cong 6514\ K \Rightarrow$

$$\Rightarrow T \cong 6241^0 C$$

Se observă că valorile mai mari ale coeficientului de difuzie corespund unor temperaturi deosebit de ridicate. Din acest motiv dreapta Arhenius este trasată cu linie întreruptă pentru $T > T_2$. *În aceste condiţii, factorul de frecvenţă* D_0 *poate fi considerat drept coeficientul de difuzie la o temperatură infinită.*

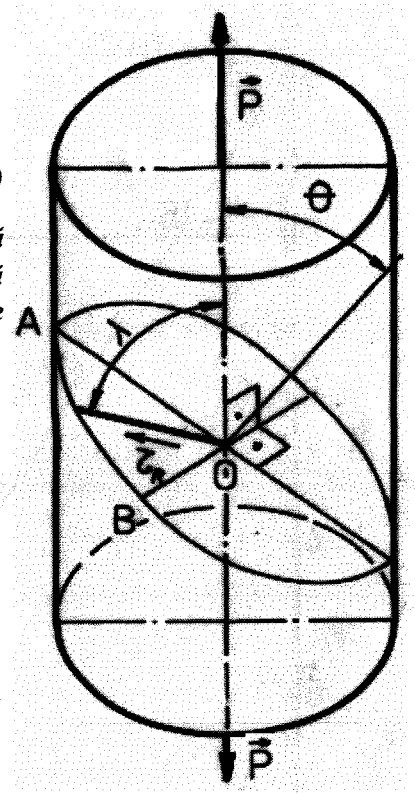


47. Se consideră o bară din cupru, cu diametrul D=10 mm, care este supusă la tracţiune, sub acţiunea unei forţe F=500 daN. Considerând o secţiune efectuată la un unghi $\theta=45^0$, faţă de axa barei, se cere:

a) Să se arate între ce limite poate varia valoarea tensiunii tangenţiale în această secţiune.

b) Să se execute o schiţă în care să se reprezinte direcţia, din secţiunea dată, după care valoarea tensiunii tangenţiale este maximă.

Observaţie: la analiza diferitelor direcţii din secţiunea dată nu se va ţine cont de sensul de parcurgere a acestora.



Rezolvare

a) Se porneşte de la legea lui Schmid:

$$\tau_R = \frac{P}{A} \cos\lambda \cos\theta \qquad (23)$$

Cunoscând $\theta = 45^0$, rezultă că singura variabilă este λ care depinde de poziţia pe care o adoptă direcţia de alunecare, în jurul punctului O. Se observă că poziţiile extreme sunt OA şi OB.

- pentru poziţia OA $\Rightarrow \lambda = \frac{\pi}{2} - \theta \Rightarrow$

$$\Rightarrow \tau_{Rmax} = \frac{P}{A} \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) \cos\theta = \frac{P}{A} \frac{\sin 2\theta}{2} =$$

$$= \frac{500}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \cdot \frac{\sin 90^0}{2} = \frac{250}{\frac{\pi \cdot 10^2}{4}} = \frac{10}{\pi} \Rightarrow$$

$$\tau_{Rmax} \cong 3{,}18 \ \frac{daN}{mm^2}$$

- pentru poziţia OB $\Rightarrow \lambda = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \tau_{Rmin} = 0$

Deci τ_R variază între 0 şi 3,18 $\frac{daN}{mm^2}$.

b) Ca în orice situaţie similară, direcţia cu tensiune tangenţială maximă este dată de linia cu cea mai mare pantă care, în orice secţiune înclinată cu θ, formează un unghi de $\frac{\pi}{2} - \theta$ cu axa solicitării. În cazul de faţă, această direcţie este OA.

48. Se ştie că, pentru determinarea tensiunii teoretice de rupere, σ_t, se porneşte de la forţa de interacţiune dintre atomi, a cărei variaţie, în funcţie de distanţa dintre atomi, r, poate fi aproximată printr-o sinusoidă $\sigma = \sigma_t \sin\frac{2\pi \cdot r}{\lambda}$ cu originea translată în punctul $r = r_0$, ca în figura de mai jos.

Considerând cazul cuprului, pentru care se dau:

- modulul de elasticitate longitudinal: $E = 13{,}2 \cdot 10^{10} \ \frac{N}{m^2}$;
- energia superficială a suprafeţelor nou-create prin rupere: $\gamma = 0{,}3 \ \frac{J}{m^2}$;

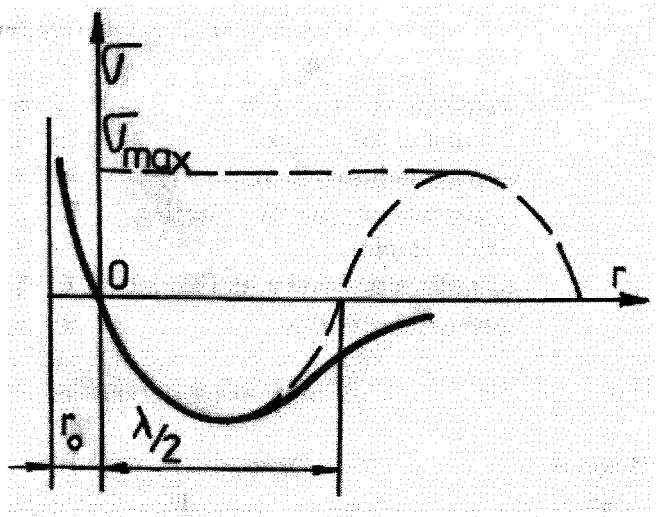
- distanța interatomică medie: $r_0 = 2{,}6$ Å,

se cere să se determine ecuația sinusoidei.

Indicații:

1. Se va considera legea lui Hooke sub forma $\sigma = E \cdot \frac{r}{r_0}$.

2. Deoarece distanța interatomică este foarte mică, se poate folosi aproximația: $\sin\frac{2\pi r}{\lambda} \cong \frac{2\pi r}{\lambda}$.



Rezolvare

Relația de calcul a tensiunii teoretice de rupere este:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{E \cdot \gamma}{r_0}} \qquad (24)$$

Făcând înlocuirea se obține:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{13{,}2 \cdot 10^{10} \cdot 0{,}3}{2{,}6 \cdot 10^{-10}}} \cong 1{,}23 \cdot 10^{10} \frac{N}{m^2}$$

Ținând cont de indicațiile din enunț și de rezultatele obținute, se exprimă tensiunea prin aproximarea formulei sinusoidei și prin legea lui Hooke:

$$\sigma = \sigma_t \sin\frac{2\pi \cdot r}{\lambda} \cong \sigma_t \frac{2\pi \cdot r}{\lambda} = E \cdot \frac{r}{r_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2\pi \cdot r_0 \sigma_t}{E} = \frac{2\pi \cdot 2{,}6 \cdot 10^{-10} \cdot 1{,}23 \cdot 10^{10}}{13{,}2 \cdot 10^{10}} \cong 1{,}52 \cdot 10^{-10}\, m = 1{,}52\, Å.$$

S-a obținut următoarea ecuație a sinusoidei:

$$\sigma = 1{,}23 \cdot 10^{10} \cdot \sin\frac{2\pi}{1{,}52 \cdot 10^{-10}} r, \ \frac{N}{m^2}.$$

SINTEZA DATELOR PREZENTATE ÎN APLICAȚII

Constante universale

Denumirea	Simbol	Valoare
0	**1**	**2**
Sarcina electronului	e	$1{,}60219 \cdot 10^{-19}$ C
Masa electronului	m_e	$9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg

- Constante universale (continuare) -

0	1	2
Numărul lui Avogadro	N	$6{,}023 \cdot 10^{23}$ atomi/mol
Constanta lui Planck	h	$6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s
Constanta lui Boltzman	k	$1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K
Constanta universală a gazelor	R	2 cal/mol
Viteza luminii	c	$3 \cdot 10^{8}$ m/s
Lungimea de undă a luminii albe	λ	5500 Å
Constanta cercului	π	3,1415927

Constante şi caracteristici de material

Material 0	Denumirea (simbol) 1	Valoarea 2
Na	Potenţialul de ionizare	5,15 eV
	Parametrul reţelei cristaline (a)	5,6 Å
S	Potenţialul de ionizare	10,36 eV
	Afinitatea faţă de electroni	–2,06 eV
Cl	Potenţialul de ionizare	12,95 eV
	Afinitatea faţă de electroni	–3,47 eV
NaCl	Constanta de proporţionalitate a forţei de atracţie între un ion de Na şi unul de Cl	$4{,}5 \cdot 10^{-38}$ N m^2
	Constanta de proporţionalitate a forţei de respingere dintre un ion de Na şi unul de Cl	$6 \cdot 10^{-105}$ N·m^9
	Distanţa de coeziune între un ion de Na şi unul de Cl	3,48· Å
Li	Potenţialul de ionizare	5,39 eV
	Afinitatea faţă de electroni	0 eV
Al	Lucrul mecanic consumat pentru extragerea unui electron din reţeaua cristalină a aluminiului	0,76 eV
	Energia de activare pentru formarea unui mol de vacanţe	73,34 kJ
	Modulul de elasticitate transversal (G)	2500 daN/mm^2
	Rezistenţa la forfecare (τ)	0,08 daN/mm^2
Ag	Lucrul mecanic consumat pentru extragerea unui electron din reţeaua cristalină a argintului	1,09 eV
	Energia de activare pentru formarea unui mol de vacanţe	105 kJ
	Temperatura de topire	960^{0}C
	Căldura latentă de solidificare	11,36 kJ/mol
	Volumul molar	102,75 cm^3/mol
	Gradul maxim de subrăcire la solidificare	230 grd
	Lungimea de undă a razelor X caracteristice	0,558 Å
	Parametrul reţelei cristaline (a)	4,078 Å

- Constante şi caracteristici de material (continuare) -

0	1	2
Ag	Tensiunea superficială pe interfaţa solid-lichid	$126 \cdot 10^{-3}$ J/m^2
	Raza critică a germenilor de cristalizare	122 Å
	Energia de activare pentru formarea unui mol de vacanţe în cupru	20000 cal
	Modulul de elasticitate longitudinal	$13{,}2 \cdot 10^{10}$ N/m^2
	Modulul de elasticitate transversal (G)	4400 daN/mm^2
	Rezistenţa la forfecare (τ)	0,05 daN/mm^2
Cu	Lungimea de undă a razelor X caracteristice	1,54 Å
	Parametrul reţelei cristaline (a)	3,6147 Å
	Temperatura de topire	1084^{0}C
	Căldura latentă de solidificare	204 J/g
	Căldura specifică	$22{,}635+5{,}858 \cdot 10^{-3}T$ J/mol·grd
	Gradul maxim de subrăcire la solidificarea cuprului	236 grd
Ni	Modulul de elasticitate transversal (G)	8000 daN/mm^2
(tras la rece)	Rezistenţa la forfecare (τ)	0,5 daN/mm^2
	Factorul de frecvenţă, la autodifuzia aurului	0,091 cm^2/s
Au	Parametrul reţelei cristaline (a)	4,0788 Å
	Frecvenţa proprie de vibraţie a atomilor	$1{,}31 \cdot 10^{15}$ Hz
	Energia de activare a autodifuziei	41,7 kcal/mol
	Temperatura de topire a staniului	232^{0}C
	Căldura latentă de solidificare	14,5 cal/g
	Greutatea molară	118,7 g/mol
Sn	Tensiunea superficială pe interfaţa solid-lichid	$59 \cdot 10^{-3}$ J/m^2
	Raza critică a germenilor de cristalizare	69 Å
	Raza medie a unui atom de staniu	1,876 Å
	Volumul mediu al unui atom de staniu	27,65 Å^3
Fe_α	Parametrul reţelei cristaline (a)	2,8664 Å

Conversia unităţilor de măsură, utilizate în aplicaţii, în unităţi din S.I.

1 eV = $1{,}60219 \cdot 10^{-19}$ J

1 Å = 10^{-10} m

1 cal = 4,18 J

1 daN/mm^2 = 10 MPa

BIBLIOGRAFIE

[1] Bujoreanu, L.G., Roşescu, G. şi Avram, I. - *Studiul materialelor din construcţia de maşini,* **Editura Ştiinţifică "Fundaţia Metalurgia Română"**, Bucureşti, 1998, ISBN 973-98314-5-1

[2] Baciu, C., Alexandru, I., Popovici, R şi Baciu Maria – *Ştiinţa materialelor metalice*, **Editura didactică şi Pedagogică**, Bucureşti, 1996, ISBN 973-30-5409-7

[3] Baciu, C., Munteanu, C., Rusu, I., Bujoreanu, L.G., Baciu, Maria şi Apachiţei, I. - *Îndrumar pentru laborator. Studiul metalelor, Vol. I*, **Rotaprint, I.P.Iaşi,** 1992

[4] Reed-Hill, R.E. –*Physical Metallurgy Principles*, **Brooks/Cole Engineering Division**, Monterey, California, S.U.A., 1973

[5] Schumann, H. – *Metalurgie fizică* (traducere din limba germană), **Editura Tehnică**, Bucureşti, 1962

[6] Geru, N. – *Metalurgie fizică*, **Editura didactică şi pedagogică**, Bucureşti 1981

[7] Colan, H., Tudoran, P., Ailincăi, G., Marcu, M. şi Drugescu, Elena –*Studiul metalelor*, **Editura didactică şi pedagogică**, Bucureşti, 1983

[8] Sinha, A.K. –*Ferrous Physical Metallurgy*, **Butterworth**, Boston, 1989, ISBN 0-409-90139-3

[9] Gâdea, Suzana şi Petrescu, Maria – *Metalurgie fizică şi studiul metalelor,* **Editura didactică şi pedagogică**, Bucureşti, Vol.I, 1979; Vol.II, 1981; Vol.III, 1983

[10] Ailincăi, G. şi Alexandru, I – *Studiul metalelor*, **Institutul Politehnic Iaşi**, Partea I, 1977; Partea a-II-a, 1978

[11] Rădulescu, Maria - *Studiul metalelor*, **Editura didactică şi pedagogică**, Bucureşti, 1982

[12] Coman, G. – *Studiul metalelor*, **Institutul Politehnic Iaşi**, Vol. I, 1986; Vol. II, 1987