

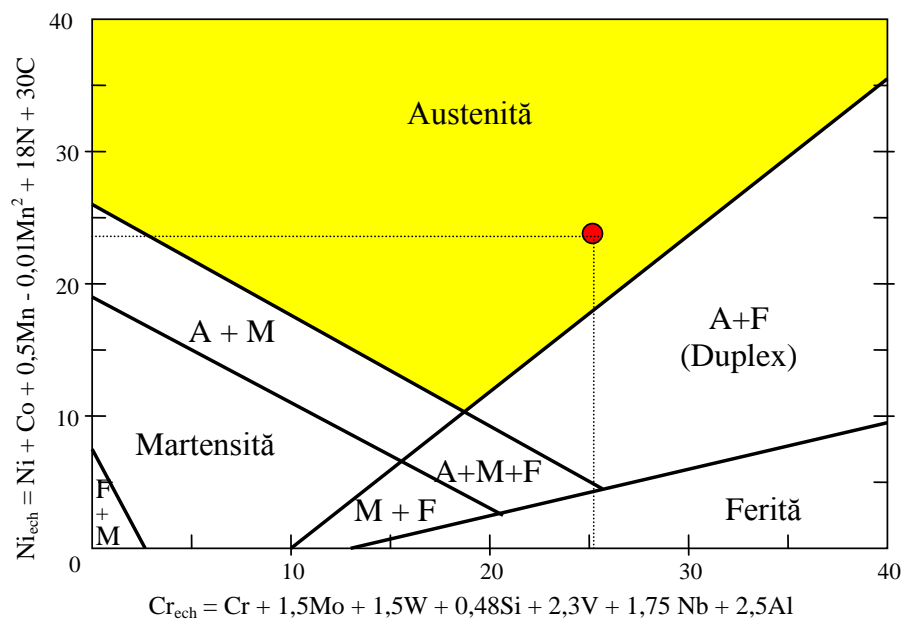
1. BIOMATERIALE

1. Structura oțelurilor inoxidabile

Se consideră oțelul X15 Cr Ni Si 25-21 (EN10088/3) echivalent cu 314L (AISI) și W 1.4841, a cărei compoziție este prezentată în tabelul următor.

C	S	P	Si	Mn	Cr	Ni	N
0.025	0.001	0.025	2.00	1.90	24.5	20	0.0

Se cere să se stabilească structura folosind diagrama Schaffler modificată din figură.



Rezolvare:

Valoarea cromului echivalent (Cr_{ech}) se calculează cu relația:

$$Cr_{ech} = Cr + 1,5Mo + 1,5W + 0,48Si + 2,3V + 1,75Nb + 2,5Al, \%$$

Valoarea nichelului echivalent (Ni_{ech}) se calculează cu relația:

$$Ni_{ech} = Ni + Co + 0,5Mn - 0,01Mn^2 + 18N + 30C, \%$$

Pentru compoziția chimică indicată rezultă:

$$Cr_{ech} = 24,5 + 0,48 \cdot 2 = 25,46 \%$$

$$Ni_{ech} = 20 + 0,5 \cdot 1,9 + 0,5 \cdot 1,9^2 + 30 \cdot 0,025 = 23,505\%$$

Punctul care are coordonatele calculate este cel poziționat cu roșu în figura indicând o structură 100% austenică.

3. Să se calculeze rezistența la rupere (σ_C) și modulul de elasticitate (E_C) al unui material compozit format din 90% (0,9) matrice din PMMA și 10% fibre de carbon;

Se cunoaște: $E_{Fcarbon} = 250 \text{ GPa}$ și $\sigma_{Fcarbon} = 4,5 \text{ GPa}$

$$E_{MPMMA} = 43 \text{ GPa} \text{ și } \sigma_{MPU} = 38 \text{ MPa}$$

Rezolvare: Rezistența la rupere a compozitului σ_C este media ponderată între rezistența la rupere a fibrelor σ_F și valoarea tensiunii din matrice în momentul ruperii fibrelor, notată cu σ_M .

$$\sigma_C = \sigma_F \cdot V_F + \sigma_M(1 - V_F) \quad (1)$$

Modulul de elasticitate al materialului compozit se poate determina în funcție de proporția și proprietățile componentelor, cu relația:

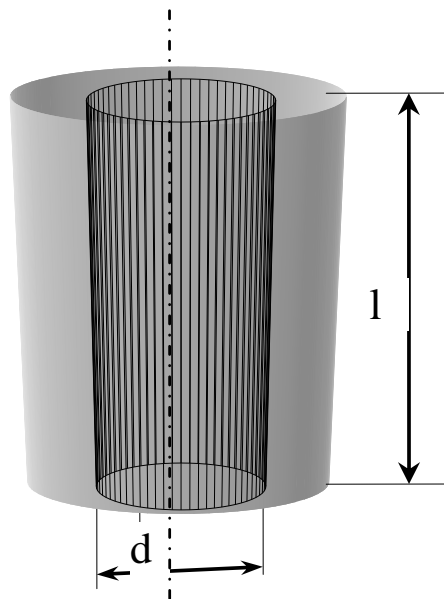
$$E_C = E_F \cdot V_F + E_M(1 - V_F)$$

$$\sigma_C = 4500 \cdot 0,1 + 38 \cdot 0,9 = 484,4 \text{ MPa}$$

$$E_C = 250 \cdot 0,1 + 43 \cdot 0,9 = 63,7 \text{ GPa}$$

2. Sa se compare tensiunile termice produse ca urmare a dilatației termice de către o plomba de amalgam și cu rășina

Considerand o carie cu diametrul $d = 2\text{mm}$ și lungimea $l = 4\text{mm}$ într-un molar la care variația maximă de temperatură este $\Delta T = 50^\circ\text{C}$, se cere să se determine valoarea forței produse de această variație de temperatură pentru umplerea cariei cu amalgam și cu rășină.



Se cunosc:

$$\alpha_{\text{amalgam}} = 25 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \quad \alpha_{\text{rășină}} = 81 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \quad \alpha_{\text{smalt}} = 8.3 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$$

$$E_{\text{amalgam}} = 20 \text{ GPa} \quad E_{\text{rășină}} = 2.5 \text{ GPa}$$

Rezolvare:

Dilatația volumică se calculează cu relația:

$$\Delta V = V_o \times 3\alpha \times \Delta T$$

Rezultă:

$$\Delta V_{\text{amalgam}} = \pi (1 \text{ mm})^2 \times 4 \text{ mm} \times 3 (25-8.3) \times 10^{-6} \times 50 = 0.03 \text{ mm}^3$$

și

$$\Delta V_{\text{rășină}} = 0.14 \text{ mm}^3$$

Faloarea forței care ia naștere ca urmare a dilatației termice este:

$$F = E \times \Delta \epsilon \times A$$

Adică:
$$F = E (\Delta T) \Delta(\alpha_{\text{amalgam/rășină}} - \alpha_{\text{smalt}}) \times \pi d h$$

Rezultă:

$$F_{\text{amalgam}} = 420 \text{ N}$$

$$F_{\text{rășină}} = 228 \text{ N}$$

Cu toate că rășina are o dilatație volumică de 4 ori mai mare, datorită coeficientului de elasticitate mult mai redus, va conduce la apariția unor soliciări mecanice mai mici decât în cazul amalgamului.

3. Să se calculeze probabilitatea de rezistență la valoarea $0.95 \cdot \sigma_0$ pentru următoarele materiale ceramice biocompatibile:

- a) alumină cu puritate de 99,5% ($\sigma_0 = 379 \text{ Mpa}$), $m=5$
- b) zirconia stabilizată parțial cu yttria ($\sigma_0 = 900 \text{ Mpa}$), $m=10$

presupunând valabil modelul Weibull.

Rezolvare:

Încercarea la rupere a materialelor ceramice nu oferă rezultate concludente pentru caracteristicile mecanice, deoarece valorile obținute sunt influențate, în mare măsură, de dimensiunea și orientarea defectelor din volumul de material supus încercării.

O apreciere mai exactă a rezistenței la rupere este posibilă prin analiza statistică a rezultatelor încercărilor experimentale.

Metoda propusă de WEIBULL constă din reprezentarea grafică a *probabilității de rezistență a materialului* în volumul V_0 analizat, $P_r(V_0)$, în funcție de valoarea tensiuni aplicate materialului σ_0 .

Dependența poate fi exprimată analitic prin relația:

$$P_r(V) = \exp \left[- \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^m \right]$$

(unde σ_0 și m sunt caracteristici de material).

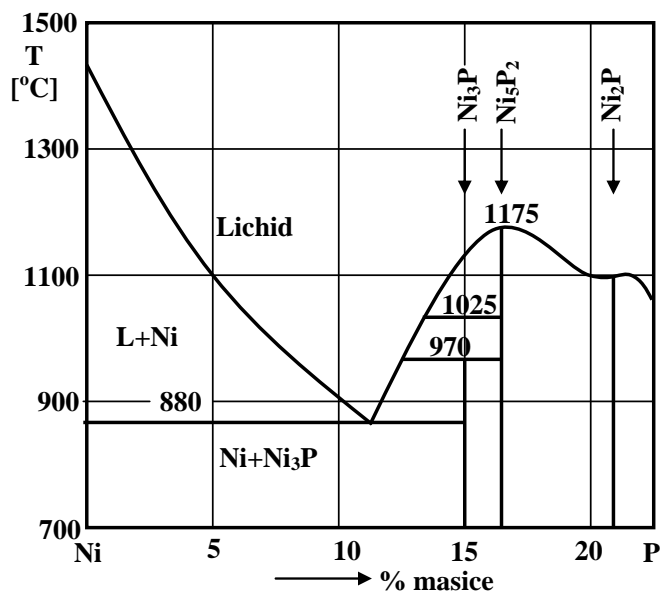
Efectuând calculele pentru datele problemei obținem:

a) $P_r = 0,46$ sau 46%

c) $P_r = 0,55$ sau 55%

2. . METALE AMORFE

Problema 1: Pentru sistemul de aliaje a cărei diagramă de echilibru fazic este prezentată în figura de mai jos să se precizeze dacă este amorfizabil. Dacă da, să se precizeze compozițiile chimice cele mai favorabile amorfizării.



Sistemul Ni-P

Răspuns:

Analizând sistemul de aliaje Ni-P, se constată următoarele:

- componentele fac parte din prima grupă de aliaje amorfizabile (metal de tranziție-metaloid);
- diagrama de echilibru prezintă reacție eutectică;
- componentele nu prezintă solubilități în soluții solide terminale;
- componentele formează compuși chimici.

Prin urmare sunt îndeplinite toate condițiile impuse unui sistem de aliaje amorfizabile. Deci sistemul de aliaje Ni-P este amorfizabil.

Compozițiile chimice cele mai favorabile amorfizării sunt situate în jurul concentrației eutectice, unde faza lichidă este stabilă la temperatura cea mai scăzută.

Problema 2: Cum se poate obține un aliaj amorf sub formă de bandă continuă, având grosimea de 40 μm și lățimea de 10 mm?

Răspuns: Aliajul amorf sub formă de bandă cu dimensiunile precizate se poate obține prin metoda planar flow casting, utilizând un creuzet ce are la bază o duză de ejectare a topiturii sub formă de fantă de lățime 10 mm și corelând principalii parametri de proces: turația rolei de răcire și presiunea aplicată topiturii.

Problema 3: Ce tratament termic se poate aplica unui aliaj amorf feromagnetic elaborat sub formă de bandă pentru îmbunătățirea proprietăților magnetice?

Răspuns: Se recomandă o recoacere în câmp magnetic transversal sau longitudinal, la o temperatură situată cu aproximativ 100°C sub temperatura de cristalizare, în atmosferă protectoare, cu o durată de menținere de 15. . 20 min/mm din lățimea benzii.

3. METODE MODERNE DE INVESTIGAȚIE.

Subiectul 1:

Enunț:

Stabiliți forma expresiei intensității integrale a unei linii de difracție a unei faze (I_i), din spectrul de difracție de radiație X al unui amestec, în funcție de: fracția masică a componentei respective din amestec (X_i), densitatea acesteia (ρ_i), coeficientul masic de absorbție μ_i^* al fazei și coeficientul masic de absorbție al restului amestecului μ_R^* .

Rezolvare:

Pentru aceasta se pornește de la corelația care există între intensitatea integrală a unei anumite linii, a unei faze din amestec, din spectrul de difracție al amestecului de faze și concentrația componentei căreia îi aparține linia. Se cunoaște că această dependență este de forma:

$$I_i = \frac{k_i \cdot f_i}{\mu} \quad (1)$$

unde mărimile care intervin reprezintă: I_i – intensitatea unei linii a componentei i ; k_i - coeficient care depinde de natura componentei i și de metoda experimentală; f_i – fracția de volum a componentei i ; μ - coeficientul liniar de absorbție al amestecului.

Dacă se notează cu X_i fracția de masă a componentei i și cu ρ_i densitatea acesteia se pot scrie relațiile:

$$f_i = \frac{V_i}{V} \quad (2); \quad X_i = \frac{m_i}{M} \quad (3); \quad \rho_i = \frac{m_i}{V_i} \quad (4)$$

În urma împărțirii relației (3) prin (4) se obține:

$$\frac{X_i}{\rho_i} = \frac{m_i/M}{m_i/V_i} = \frac{V_i}{M}, \quad (5)$$

din care, în urma sumării membrilor din dreapta și stânga semnelui egal, rezultă:

$$\sum_i \frac{X_i}{\rho_i} = \frac{\sum_i V_i}{M} = \frac{V}{M} = \frac{1}{\rho} \quad (6)$$

Pe baza relațiilor (5) și (6) rezultă că expresia lui f_i , (2), se poate scrie sub forma:

$$f_i = \frac{V_i}{V} = \frac{M \cdot \frac{X_i}{\rho_i}}{V} = \frac{X_i / \rho_i}{V/M} = \frac{X_i / \rho_i}{\sum_i \frac{X_i}{\rho_i}} \quad (7)$$

Dacă se ține seama de modul de definiție al coeficientului masic de absorbție μ_M , rezultă că se poate scrie:

$$\mu_M = \frac{\mu}{\rho} = \sum_i X_i \frac{\mu_i}{\rho_i} \quad (8)$$

Din această relație se deduce pentru coeficientul linear de absorbție al amestecului următoarea expresie:

$$\mu = \frac{\sum_i X_i \left(\frac{\mu_i}{\rho_i} \right)}{1/\rho} = \frac{\sum_i X_i \left(\frac{\mu_i}{\rho_i} \right)}{\sum_i \left(\frac{\mu_i}{\rho_i} \right)} \quad (9)$$

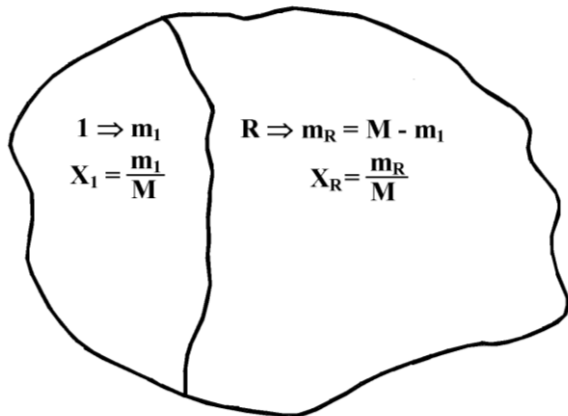
Înlocuind f_i dată de relația (7), și μ , dat de relația (9), în expresia lui I_i (1), aceasta se scrie sub forma:

$$I_i = k_i \frac{\left(\frac{\mu_i}{\rho_i} \right) \sum_i \left(\frac{\mu_i}{\rho_i} \right)}{\sum_i X_i \left(\frac{\mu_i}{\rho_i} \right) / \sum_i \left(\frac{\mu_i}{\rho_i} \right)} = k_i \frac{X_i / \rho_i}{\sum_i X_i \mu_i^*} \quad (10)$$

unde :

$$\mu_i^* = \frac{\mu_i}{\rho_i} \quad (11)$$

este coeficientul masic de absorbție al componentei i .



Un procedeu potrivit de aplicare a relației (10), la probe care sunt amestecuri de n faze, constă în considerarea acestuia format din două părți (fig.1): - din componenta 1 , care are masa m_1 ; și - restul amestecului R , a cărui masă este:

$$m_R = M - m_1 \quad (12)$$

Fig.1. Echivalarea unei probe formată din amestecul a n faze cu o probă formată din două părți: - din componenta 1 , care are masa m_1 ; și - restul amestecului R , care are $n - 1$ componente, a cărui masă este m_R .

Fracțiile masice ale acestor două părți sunt:

$$X_1 = \frac{m_1}{M} \quad (13)$$

$$X_R = \frac{m_R}{M} \quad (14)$$

iar fracția masică a componentei i , cuprinsă în rest, este dată de expresia:

$$\left(\frac{\mu_i}{\rho_i} \right)_R = \frac{m_i}{M - m_1} = \frac{m_i / M}{1 - m_1 / M} = \frac{X_i}{1 - X_1} \quad (15)$$

De aici rezultă pentru coeficientul masic de absorbție al restului, μ_R^* , expresia:

$$\begin{aligned}\mu_R^* &= \mu_2^* \epsilon_{2R} + \mu_3^* \epsilon_{3R} + \mu_4^* \epsilon_{4R} + \dots = \\ &= \sum_2^n \epsilon_{iR} \mu_i^* = \sum_2^n \frac{X_i}{1-X_1} \mu_i^* = \frac{\sum_2^n X_i \mu_i^*}{1-X_1}\end{aligned}\quad (16)$$

Dacă se consideră numai componenta I expresia (10) ia forma:

$$I_1 = k_1 \frac{X_1/\rho_1}{X_1 \mu_1^* + \sum_2^n X_i \mu_i^*} \quad (17)$$

Introducând în aceasta, expresia pentru $\sum_2^n X_i \mu_i^*$, dată de relația (16), se obține:

$$I_1 = k_1 \frac{X_1/\rho_1}{X_1 \mu_1^* + (1-X_1) \mu_R^*} = k_1 \frac{X_1/\rho_1}{X_1 (\mu_1^* - \mu_R^*) + \mu_R^*} \quad (18)$$

Relația (18) este relația de bază pentru analiza cantitativă de fază prin difracția radiației X . După cum se constată, aceasta exprimă dependența intensității unei anumite linii a fazei de analizat, de concentrația, densitatea și coeficientul de absorbție de masă al fazei și de coeficientul de absorbție de masă al restului amestecului.

Subiectul 2:

Enunț:

Să se prezinte metoda analitică de indexare a spectrelor de difracție a substanțelor ce aparțin sistemului cubic.

Rezolvare:

Operația de atribuire a indicilor cristalini (hkl) maximelor din imaginea de difracție se numește indexare.

Parametrii celulei elementare a policristalelor care cristalizează în sistemul cubic sunt:

$$a = b = c, \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \quad (1)$$

Considerând expresia distanței, d_{hkl} , dintre două plane vecine echivalente:

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h_i^2 + k_i^2 + l_i^2}} \quad (2)$$

rezultă că legea lui *Bragg* se poate scrie:

$$\sin \theta_i = \frac{\lambda}{2a} \sqrt{h_i^2 + k_i^2 + l_i^2}; \sin^2 \theta_i = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h_i^2 + k_i^2 + l_i^2); A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \quad (3)$$

Deoarece în sistemul cubic celula elementară poate fi cubică simplă C.S., cu volum centrat C.V.C. sau cu fețe centrate C.F.C., suma $S_i = h_i^2 + k_i^2 + l_i^2$ va lua valorile prezentate în tabelul 1.

Pentru ca imaginea de difracție să aparțină uneia din celule cubice, rapoartele:

$$\frac{\sin^2 \theta_i}{\sin^2 \theta_1} = \frac{h_i^2 + k_i^2 + l_i^2}{h_1^2 + k_1^2 + l_1^2} = \frac{S_i}{S_1}, i = 1, 2, 3, 4, \dots \quad (4)$$

trebuie să genereze șirurile de numere după cum urmează.

În cazul celulei cubice simple (C.S.):

$$1, 2, 3, 4, 5, 6, -, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, -, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, -, 24, 25, \dots \quad (5)$$

Tabelul 1. Valorile sumei $S_i = h_i^2 + k_i^2 + l_i^2$ și inidcii *Miller* corespunzători pentru celulele elementere din sistemul cubic.

$S_{hkl} = h^2 + k^2 + l^2$	Indicii (hkl) posibili pentru singonia cubică		
	C.S.	C.V.C.	C.F.C.
1	(100)	-----	-----
2	(110)	(110)	-----
3	(111)	-----	(111)
4	(200)	(200)	(200)
5	(210)	-----	-----
6	(211)	(211)	-----
7	-----	-----	-----
8	(220)	(220)	(220)
9	(221) (300)	-----	-----
10	(310)	(310)	-----

11	(311)	-----	(311)
12	(222)	(222)	(222)
13	(320)	-----	-----
14	(312)	(321)	-----
15	-----	-----	-----
16	(400)	(400)	(400)
17	(410) (322)	-----	-----
18	(330) (411)	(330)	-----
19	(331)	-----	(331)
20	(402)	(420)	(402)
21	(412)	-----	-----
22	(323)	(323)	-----
23	-----	-----	-----
24	(422)	(422)	(422)
25	(430) (500)	-----	-----
26	(413) (510)	(510) (413)	-----
27	(333) (511)	-----	(333) (511)
28	-----	-----	-----
29	(520) (234)	-----	-----
30	(521)	(521)	-----

Dacă se ține seama de coloana pentru C.S. din tabelul 1 explicația apariției șirului de numere este evidentă deoarece $S_I = I^2 + O^2 + O^2 = 1$. Aceasta înseamnă că $S_i = h_i^2 + k_i^2 + l_i^2$ va fi egal tocmai cu elementele șirului (5). Din acest șir lipsesc numerele 7, 15, 23 deoarece ele nu pot fi scrise ca suma pătratelor a trei numere întregi.

În cazul celulei cubice cu volum centrat (C.V.C.):

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20..... (6)

Apariția acestui șir de numere este evidentă deoarece $S_I = I^2 + I^2 + O^2 = 2$, conform datelor coloanei C.V.C. din tabelul 1. În acest caz $S_i = h_i^2 + k_i^2 + l_i^2$ va lua ca valori elementele șirului (6) înmulțite cu 2, adică:

$$2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, \dots \quad (7)$$

În cazul celulei cubice cu fețe centrate (C.F.C.):

$$1, 4/3, 8/3, 11/3, 12/3, 16/3, 19/3, 20/3, 24/3, 27/3, \dots \quad (8)$$

Și de această dată apariția acestui șir de numere este evidentă deoarece $S_i = I^2 + I^2 + I^2 = 3$ conform datelor din coloana C.F.C. din tabelul 1. Astfel, rezultă că pentru celula C.F.C., $S_i = h_i^2 + k_i^2 + l_i^2$ va lua ca valori elementele șirului (8) înmulțite cu 3, adică:

$$3, 4, 8, 11, 12, 16, 19, 20, 24, 27, \dots \quad (9)$$

Se observă că relația (2) se mai poate exprima:

$$h_i^2 + k_i^2 + l_i^2 \overline{d}_{hkl}^2 = a^2 \text{ sau } S_i d_{hkl}^2 = a^2 \quad (10)$$

Se constată astfel că în cazul apartenenței cristalului la sistemul cubic operația de indexare este simplă și se bazează pe valorile posibile ale grupelor (hkl) prezentate în tabelul 1.

Subiectul 3:

Enunț:

Stabilirea expresiei tensiunii de ordinul I, în funcție de distanțele dintre planele atomice. (Expresia permite determinarea tensiunilor de ordinul I cu ajutorul spectrelor de difracție de radiații X.)

Rezolvare:

Fie într-un corp perfect elastic, omogen și izotrop un element de volum de formă sferică raportat la sistemul rectangular de referință $Oxyz$. Dacă σ_1 , σ_2 și σ_3 sunt tensiunile principale exercitate de-a lungul axelor de referință, elementul de volum considerat ia forma unui elipsoid (elipsoidul deformațiilor), unde ε_1 , ε_2 , și ε_3 sunt deformațiile principale de-a lungul axelor de referință. Starea de tensiune în acest caz este descrisă de elipsoidul tensiunilor (fig.1), a cărei ecuație, în cazul în care axele de referință sunt și axele principale ale elipsoidului, este de forma:

$$\frac{X^2}{\sigma_1^2} + \frac{Y^2}{\sigma_2^2} + \frac{Z^2}{\sigma_3^2} = 1 \quad (1)$$

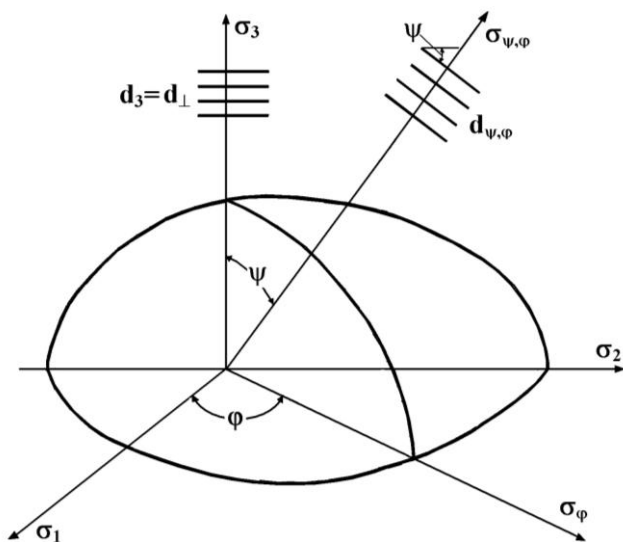


Fig.1 Pecizarea în elipsoidul tensiunilor a direcțiilor tensiunilor $\sigma_{\psi,\varphi}$ și σ_{φ} , precum și a dispunerii planelor atomice paralele cu suprafața probei, respectiv a planelor atomice care fac unghiul ψ cu suprafața probei.

În cazul unei stări de tensiune spațială relațiile de legătură dinte deformățiile principale $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ și tensiunile principale $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ sunt date de ecuațiile:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E} \left[\sigma_1 - \nu (\sigma_2 + \sigma_3) \right] \quad (2)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{E} \left[\sigma_2 - \nu (\sigma_3 + \sigma_1) \right] \quad (3)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{1}{E} \left[\sigma_3 - \nu (\sigma_1 + \sigma_2) \right] \quad (4)$$

Dacă se ține seama de expresiile cosinușilor directori ai direcției arbitrare considerate:

$$\alpha_1 = \sin \psi \cdot \cos \varphi \quad (5)$$

$$\alpha_2 = \sin \psi \cdot \sin \varphi \quad (6)$$

$$\alpha_3 = \cos \psi = (1 - \sin^2 \psi)^{1/2} \quad (7)$$

atunci tensiunea $\sigma_{\psi,\varphi}$ și deformăția $\varepsilon_{\psi,\varphi}$ se pot scrie sub formele:

$$\sigma_{\psi,\varphi} = \sigma_1 \alpha_1^2 + \sigma_2 \alpha_2^2 + \sigma_3 \alpha_3^2 \quad (8)$$

$$\varepsilon_{\psi,\varphi} = \varepsilon_1 \alpha_1^2 + \varepsilon_2 \alpha_2^2 + \varepsilon_3 \alpha_3^2 \quad (9)$$

Prin înlocuirea cosinușilor directori dați de expresiile (5), (6), (7) în ecuația (8) aceasta ia forma de mai jos:

$$\sigma_{\psi,\varphi} = \sigma_1 \sin^2 \psi \cdot \cos^2 \varphi + \sigma_2 \sin^2 \psi \cdot \sin^2 \varphi + \sigma_3 \cdot \cos^2 \psi \quad (10)$$

Deoarece la difracția radiației X participă plane atomice aflate la o adâncime de până la $0,03 \text{ mm}$, prin această metodă se determină numai tensiunile remanente din suprafața materialului. Cum în mod normal nu există tensiuni perpendiculare pe o suprafață liberă rezultă că $\sigma_3 = 0$. Astfel, cu aceste precizări relația (10) se transformă în:

$$\sigma_{\psi,\varphi} = \sigma_1 \cos^2 \varphi + \sigma_2 \sin^2 \varphi \cdot \sin^2 \psi \quad (11)$$

Dacă în (11) se introduce notația:

$$\sigma_\varphi = \sigma_1 \cos^2 \varphi + \sigma_2 \sin^2 \varphi \quad (12)$$

rezultă:

$$\sigma_{\psi,\varphi} = \sigma_\varphi \cdot \sin^2 \psi \quad (13)$$

Prin înlocuirea expresiilor cosinuşilor directori (5), (6), (7) și a expresiilor deformațiilor principale (2), (3), (4) în ecuația (9), a deformației $\varepsilon_{\psi,\varphi}$, pentru cazul

stării de tensiune plană ($\sigma_3 = 0$), aceasta se poate scrie sub forma:

$$\varepsilon_{\psi,\varphi} = \frac{1+\nu}{E} \sigma_\varphi \sin^2 \psi - \frac{\nu}{E} (\sigma_1 + \sigma_2) \quad (14)$$

Înlocuirea în această expresie a tensiunii σ_φ dată de relația (12) și a relației deformației principale ε_3 (4) o transformă în:

$$\varepsilon_{\psi,\varphi} = \frac{1+\nu}{E} \sigma_\varphi \sin^2 \psi + \varepsilon_3 \quad (15)$$

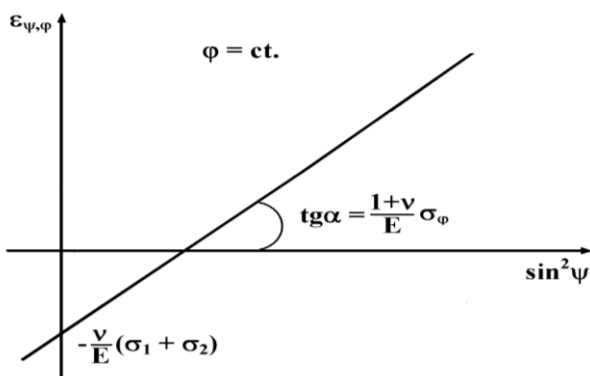


Fig. 2. Reprezentarea grafică a funcției $\varepsilon_{\psi,\varphi} = f(\sin^2 \psi)$ și a elementelor ei geometrice, panta $m = [(1+\nu)/E] \cdot \sigma_\varphi$ și ordonata la origine $(-)(\nu/E)(\sigma_1 + \sigma_2)$.

care reprezintă ecuația fundamentală pentru determinarea prin difracția radiației X a tensiunilor remanente în suprafață. Această relație care exprimă dependența liniară a deformației $\varepsilon_{\psi,\varphi} = (\Delta d/d)_{\psi,\varphi}$ de $\sin^2 \psi$ este prezentată grafic în figura 2.

Se observă că valoarea tensiunii σ_φ se poate calcula în funcție de panta $m = [(1+\nu)/E] \sigma_\varphi$ a dreptei $\varepsilon_{\psi,\varphi} = f(\sin^2 \psi)$.

Din ecuația (15) pentru tensiunea σ_φ rezultă expresia:

$$\sigma_{\varphi} = \frac{E}{1 + \nu \sin^2 \psi} (\varepsilon_{\psi, \varphi} - \varepsilon_3) \quad (16)$$

Dacă în (16) se înlocuiește $\varepsilon_{\psi, \varphi} - \varepsilon_3$ cu relația:

$$\varepsilon_{\psi, \varphi} - \varepsilon_3 = \frac{d_{\psi, \varphi} - d_0}{d_0} - \frac{d_{\perp} - d_0}{d_0} = \frac{d_{\psi, \varphi} - d_{\perp}}{d_0} \quad (17)$$

aceasta devine:

$$\sigma_{\varphi} = \frac{E}{1 + \nu \sin^2 \psi} \frac{d_{\psi, \varphi} - d_{\perp}}{d_0} \quad (18)$$

Deci, pentru cunoașterea tensiunii σ_{φ} trebuie să determinăm distanțele interplanare, d_0 , d_{\perp} și $d_{\psi, \varphi}$.

4. CRISTALOGRAFIE

Întrebări:

- 1) Enunțați legea Euler-Decartes și legea constantei unghiurilor.
- 2) Ce înțelegeți prin proprietatea de simetrie. Numiți elementele și operațiile simple de simetrie.
- 3) Definiți stările structurale ale stării condensate a substanței.
- 4) Numiți cele șapte sisteme cristalografice și scrieți parametrii caracteristici ai acestora.
- 5) Ce sunt elicogirele și care sunt ordinele acestora.
- 6) Desenați axele A^2 , A^3 și A^4 ale cubului.
- 7) Cum se efectuează proiecția sferică și proiecția gnomonică a unui cristal.
- 8) Cum se efectuează proiecția stereografică a unui cristal.
- 9) Scrieți și reprezentați clasele de simetrie de tipul $A^n n A^2$.
- 10) Câte clase de simetrie cuprinde simetria punctuală, respectiv simetria spațială sau de rețea.

Subiectul 1:

Enunț:

Precizați modul de măsurare a unghiurilor dintre fețele cristalelor cu ajutorul goniometrului teodolit.

Rezolvare:

Goniometrul cu două cercuri, unul orizontal (ecuatorial) și altul vertical (meridian), este numit și goniometrul teodolit (*S.Fedorov, 1889; B.Goldschmidt, 1892; E.E.Flint, 1938-1939*). Au fost construite diverse tipuri de astfel de goniometre, unele cu axele lunetei și colimatorul situate în același plan orizontal, iar altele cu aceste axe situate în același plan vertical. În figura 1 este reprezentată schema de principiu a unui goniometru

teodolit cu axele colimatorului și lunetei în același plan vertical. Colimatorul C și luneta L sunt fixe. Cele două cercuri sunt prevăzute cu veniere fixe, care permit citirea unghiurilor cu o precizie de până la un minut.

De cercul orizontal, care se poate roti în jurul axei verticale AA' , este fixat brațul H ce susține cercul vertical, care se poate roti în jurul axei orizontale BB' . Axa BB' se găsește totdeauna în planul orizontal care bisectează unghiul dintre axa lunetei și cea a colimatorului. Goniometrul trebuie pus la punct astfel încât axele optice ale colimatorului și lunetei, axul vertical al cercului orizontal și axul orizontal al cercului vertical să fie cuprinse în plan, iar direcțiile celor patru axe menționate să se intersecteze într-un singur punct, pe fața de cristal.

În vederea efectuării măsurătorilor pentru determinarea unghiurilor dintre fețele cristalului se montează pe piesa cardanică Cd așa încât o direcție determinată a sa (axa principală de simetrie) să coincidă cu axa AA' .

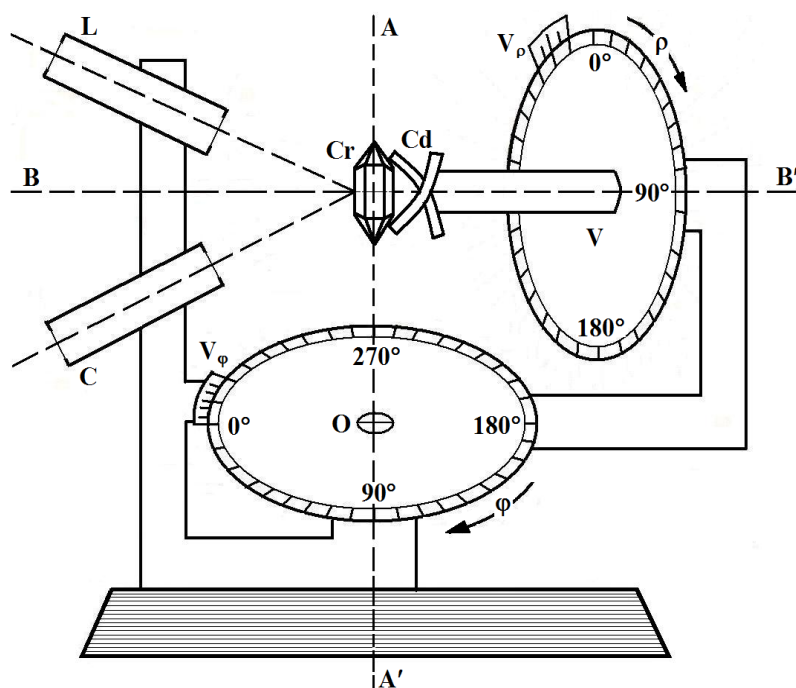


Fig.2.7. Schema de principiu a goniometrului teodolit: V – cercul vertical; O- cercul orizontal; L- luneta; C- colimatorul; Cr –cristal montat; Cd- cap cardanic; N_{ρ} , N_{φ} - verniere pentru citirea unghiurilor pe cercurile vertical și orizontal [].

Pentru a se obține reflexia, în lunetă, pe o față oarecare F_1 este necesar ca cercul orizontal să fie rotit cu un unghi φ_1 , iar cercul vertical să fie rotit cu un unghi ρ_1 astfel încât normala la acea față să fie adusă pe direcția bisectoarei unghiului dintre axa lunetei și axa colimatorului. Pentru această valoare a unghiului φ_1 , se rotește cercul vertical (cristalul) în jurul axei BB' și se obțin pe rând reflexele tuturor fețelor, ρ_{1i} , ale căror normale sunt situate în planul vertical de unghi φ_1 . Se rotește apoi cercul orizontal cu unghiul φ_2 până se obține reflexia pe fața alăturată F_2 a cărei normală se află într-un alt plan vertical. și de această dată pentru valoarea unghiului φ_2 , prin rotațiile cercului vertical se obțin reflexiile unei alte serii de fețe, ρ_{2i} , care au normalele situate în acest plan nou vertical. Procedându-se în acest mod

se pot măsura unghiurile φ și ρ corespunzătoare tuturor normalelor fețelor cristalului.

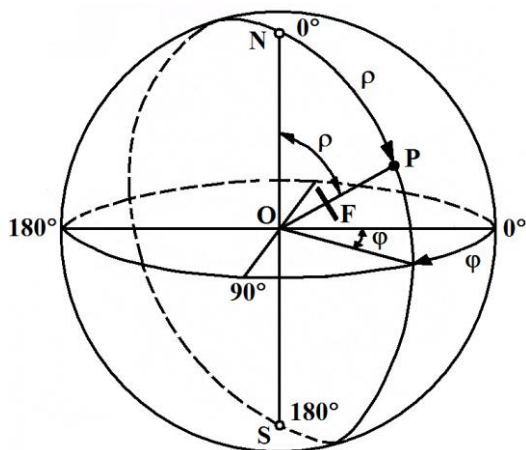


Fig.2. Coordonatele sferice ale fețelor de cristal: φ - longitudinea, măsurată pe cercul orizontal (ecuatorial); ρ - distanța polară, complementul latitudinii, măsurată pe cercul vertical (meridian) [].

Dacă se ține seama de reprezentarea din figura 2., unde cristalul este așezat în centrul unei sfere, iar la fețele lui s-au dus normalele care intersectează sfera în punctele P , numite poli sferici, se observă că unghiurile φ și ρ ale normalei la o față oarecare F sunt tocmai coordonatele sferice ale polului P corespunzător unei fețe.

Deoarece cercul orizontal al goniometrului corespunde planului ecuatorial al sferei, iar cercul vertical al acestuia corespunde unui plan meridian al acesteia, rezultă că măsurătorile efectuate cu

goniometrul teodolit permit determinarea polilor sferici corespunzători fețelor de cristal. Coordonata φ este longitudinea geografică a polului și se masoară pe cercul ecuatorial de la un meridian ales ca origine, iar coordonata ρ , care este complementul latitudinii geografice, se numește distanța polară, și se măsoară de la diametrul vertical al sferei în planul meridian. Prin precizarea pe sferă a perechilor de puncte (φ, ρ) se realizează proiecția sferică a fețelor cristalului.

Pe baza cunoașterii coordonatelor sferice (φ, ρ) a doua fețe de cristal, se poate calcula unghiul dintre ele cu ajutorul triunghiurilor sferice sau cu ajutorul proiecției stereografice.

Subiectul 2:

Enunț:

Faceți referiri cu privire la legea raționalității indicilor.

Rezolvare:

Această lege mai este cunoscută și ca legea truncherilor raționale, legea rapoartelor raționale ale parametrilor, sau legea lui *Haiüy*. Ea este legea fundamentală a cristalografiei geometrice deoarece stabilește legalitatea de aranjare a fețelor poliedrelor cristaline și explică de ce la cristale sunt posibile numai un anumit fel de fețe. Presupusă, mai întâi, pe baza unor considerații teoretice, aceasta este confirmată ulterior după măsurători goniometrice pe cristale. În anul 1784 *R.J.Haiüy*, în urma observării formei exterioare a cristalelor, a ajuns la concluzia că un cristal oarecare poate fi considerat ca rezultatul modificărilor aduse unei forme fundamentale paralelipedice prin truncheri făcute pe colțuri sau muchii. Formulată ca lege a truncherilor raționale, ea se enunță astfel: *orice poliedru cristalin poate fi considerat că derivă prin truncherea rațională a unui paralelipiped fundamental morfologic, cu caractere specifice pentru întregul grup de poliedre ce derivă din el și constituie un sistem cristalografic.*

Pentru justificarea acestei legi, se consideră pralelipipedul fundamental *OABCDEFG* (fig.1) raportat la un sistem de axe *Ox*, *Oy*, *Oz*, luat după trei muchii neparalele concurente în punctul *O*.

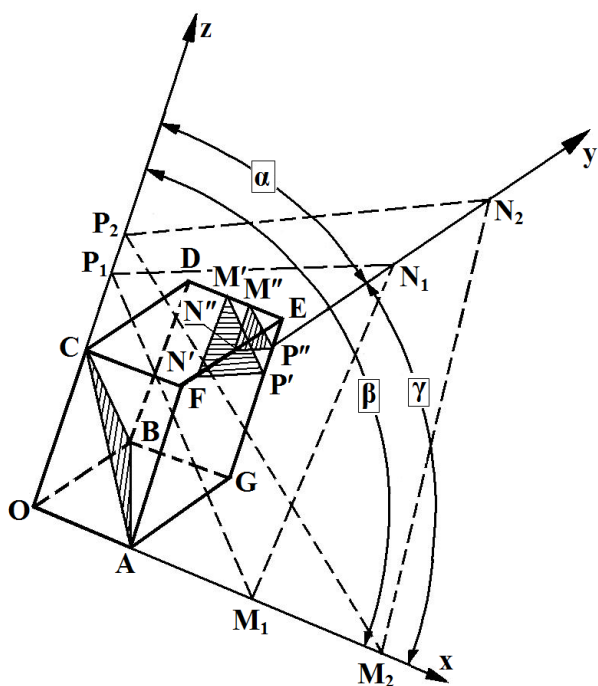


Fig.1. Elementele geometrice cu privire la legea lui

Paralelipipedul fundamental este perfect definit prin laturile sale a, b, c și prin unghiurile $\alpha = \angle yOz$, $\beta = \angle zOx$ și $\gamma = \angle xOy$. Dacă se ține seama că fețele se pot deplasa paralel cu ele însele, conform legii constantei unghiurilor, rezultă că din punct de vedere cristalografic paralelipipedul este definit cunoscând raporturile $a:b:c$ și unghiurile α, β, γ .

Se observă că fața *ABC*, obținută prin truncherea paralelipipedului fundamental, este definită prin distanțele, $OA = a$, $OB = b$, $OC = c$, la care ea taie cele trei axe de coordonate. Asocierea la fața *ABC*, numită și față fundamentală sau parametrală, a acestor distanțe, numite parametrii feței, a fost făcută pentru prima dată de către *C.S.Weiss* și *G.Rose*.

O față oarecare *MNP'* obținută prin trunchirea colțului *E*, taie axele de coordonate în punctele M_1, N_1, P_1 la distanțele $OM_1 = m_{x1}$, $ON_1 = n_{y1}$ și $OP_1 = p_{z1}$, segmentele

m_{x1} , n_{y1} și p_{z1} fiind parametrii acestei fețe.

Analog o altă față oarecare $M''N''P''$, obținută prin truncherea colțului E , taie axele de coordonate în $M_2N_2P_2$ și are parametrii: $OM_2 = m_{x2}$, $ON_2 = n_{y2}$ și $OP_2 = p_{z2}$.

Legea rapoartelor raționale se enunță în modul următor: *rapoartele duble ale parametrilor a două fețe oarecare ale unui cristal sunt totdeauna raționale și exprimate în general prin numere simple.*

Rezultă că pentru cele două fețe considerate MNP' și $M''N''P''$, rapoartele:

$$\frac{m_{x1}}{m_{x2}} \div \frac{n_{y1}}{n_{y2}} \div \frac{p_{z1}}{p_{z2}} \quad (1)$$

sunt raționale și în general exprimate prin numere simple. Această lege a fost dedusă experimental, iar justificarea ei este dată de structura internă a cristalelor. Ea arată că un cristal poate să fie mărginit numai de un anumit număr restâns de fețe, deci nu orice poziție a unui plan poate fi și o față de cristal.

Subiectul 3:

Enunț:

Demonstrați inexistența axei de rotație de ordinul 5 și de ordin mai mare ca 6.

Rezolvare:

Axa de simetrie de ordinul cinci, imposibilă la cristale, a fost semnalată în structurile biologice ale materiei vii. În acest sens *N.V.Belov* considera în 1962 că: „Se poate crede că axa de ordinul cinci este pentru organismele vii un original instrument al luptei pentru existență, de garanție împotriva împietririi, împotriva cristalizării, al cărei prim pas ar fi «prinderea» rețelei”.

Faptul că la cristale se întâlnesc numai axe de simetrie de ordinul 2, 3, 4 și 6 este consecința naturală a structurii periodice interne a acestora și deci a legii raționalității și se poate enunța astfel: *un mediu omogen care prezintă proprietăți vectoriale discontinue supuse legii raționalității, având deci o structură reticulară, nu poate avea decât axe de simetrie de ordinul 2, 3, 4 și 6.*

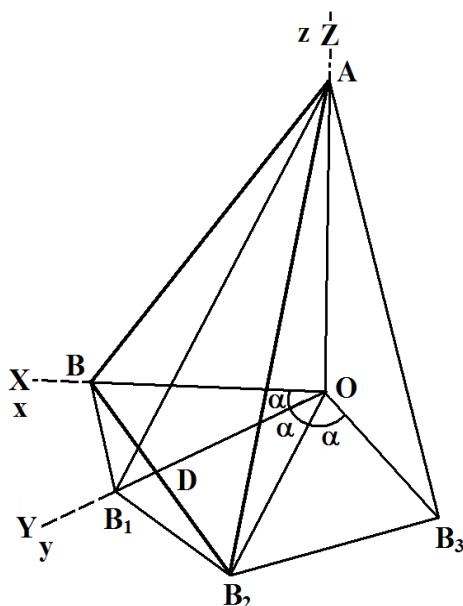


Fig.1. Reprezentare grafică pentru demonstrația existenței numai a axelor de simetrie de ordinele 2, 3, 4 și 6 [1].

Pentru demonstrarea acestei teoreme fie OA o axă de simetrie de ordinul n și B un punct situat în planul perpendicular pe OA (fig.1), unde dreapta AB poate să fie o muchie posibilă a unui cristal. La rotația dreptei AB , cu unghiul $\alpha = 360^\circ/n$ punctul B se va deplasa în punctul B_1 . Se poate considera că fața ABB_1 este o posibilă față de cristal. La n rotații cu unghiul α în jurul axei OA se observă că ia naștere o piramidă cu n fețe identice de felul feței ABB_1 , a cărei bază, care se află în planul perpendicular pe OA , este un poligon cu n laturi. Pentru ca forma piramidală construită astfel să poată fi un posibil monocristal aceasta trebuie să respecte legea raționalității indicilor. Pentru aceasta în concordanță cu legea zonelor se construiește noua față ABB_2 , care este cuprinsă în zonele AB și AB_1 . Dacă se consideră ca axe de coordonate dreptele OA , OB și OB_1 , se observă că parametrii feței ABB_2 , sunt OA , OB și OD .

Pentru ca noua față construită, ABB_2 , să fie față de cristal raportul OD/OB , conform legii raționalității trebuie să fie un număr rațional simplu. Deoarece prin construcție OD este perpendicular BB_2 , triunghiul ODB_2 fiind isoscel, din triunghiul dreptunghic OBD rezultă: $\cos\alpha = OD/OB$. Deoarece OD/OB trebuie să fie rațional, și $\cos\alpha$ trebuie să ia numai valori raționale, ceea ce este posibil numai dacă n ia valorile 1, 2, 3, 4 și 6 de unde rezultă:

$$\begin{array}{cccc}
 n & \alpha & \cos\alpha & A^n \\
 1 & 0 & 1 & A^1 \\
 6 & 60 & 1/2 & A^6 \\
 4 & 90 & 0 & A^4 \\
 3 & 120 & -1/2 & A^3 \\
 2 & 180 & -1 & A^2
 \end{array} \quad (1)$$

Deci axe de alt ordin în afară de 1, 2, 3, 4 și 6, la cristale nu există, deoarece $\cos\alpha$ pentru aceste ordine va fi un număr irațional, de exemplu, pentru ordinul 5 rezultă $\cos 72^\circ = 0,30902$, deci un număr irațional.

5. SELECTIA MATERIALELOR

5. Diverse alte chestiuni (studiu de caz, probleme, etc.)....

5.1 Alegeți materialul optim pentru o grindă dintr-o bară plină, cu secțiunea circulară, care se sprijină pe doi stâlpi, aflați la distanță de 6m unul față de celălalt. Pe această grindă, a la mijlocul lungimii ei, este amplasat un cârlig, care trebuie să poată ridica o sarcină maximă de 100kg, acceptând un coeficient de siguranță de $c=2$.

Materialele avute la dispoziție sunt: S235JR, S255JR și respectiv S355JR, iar caracteristicile lor sunt prezentate în tabelul următor.

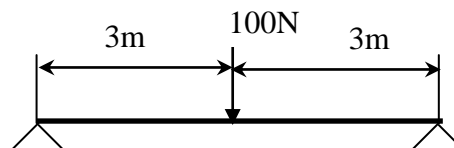


Figura 1

Tabelul 1 Proprietățile oțelurilor

Oțel	$R_{p0,2}$, N/mm^2	R_m , N/mm^2	ρ , kg/m^3	KV, J, la $20^\circ C$	Cost relativ pe unitatea de masă, RON/kg
S235JR	235	400	7860	27	1,00
S275JR	275	490	7860	27	1,05
S355JR	355	570	7860	27	1,10

Rezultat

Materialul optim din punct de vedere al performanțelor tehnice și al costului este oțelul S355JR.

Rezolvare

Având în vedere că principala caracteristică a materialului necesară acestei aplicații este rezistența mecanică, putem aplica metoda costului pe unitatea de proprietate.

Pentru aceasta analizăm solicitarea principală la care este supusă grinda. Aceasta este încovoiere și prin urmare, costul pe unitatea de proprietate este (conform tabelului 2) $\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{2/3}}$.

Tabelul 2 Relațiile de calcul ale costului pe unitatea de proprietate.

Secțiunea transversală și condițiile de încărcare	Costul pe unitatea de rezistență	Costul pe unitatea de rigiditate
Cilindru solid încărcat la tracțiune sau la compresiune	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{E}$
Cilindru solid încărcat la încovoiere	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{2/3}}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{E^{1/2}}$
Cilindru solid încărcat la torsiune	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{2/3}}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{G^{1/2}}$
Bară cilindrică de forma unei coloane subțiri	-	$\frac{C_m \cdot \rho}{E^{1/2}}$
Solid rectangular încărcat la încovoiere	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{1/2}}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{E^{1/3}}$
Vas cilindric sub presiune cu pereți subțiri	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma}$	-
Obs.: σ - tensiunea de lucru a materialului; C_m - costul pe unitatea de masă; ρ - densitatea; E - modulul de elasticitate longitudinal; G - modulul de elasticitate transversal.		

Calculăm tensiunea de lucru și costul pe unitatea de proprietate, conform tabelului 2, iar rezultatele, pentru fiecare dintre cele trei mărci de oțel sunt sintetizate în tabelul 3.

Tabelul 3 Calcularea costului pe unitatea de rezistență

Oțel	Tensiunea de lucru admisibilă, σ , N/mm ² /c	ρ , kg/m ³	Cost relativ pe unitatea de masă, RON/kg	Cost pe unitatea de rezistență, RON/N/mm ²
S235JR	117.5	7860	1,00	327,64
S275JR	137.5	7860	1,05	309,80
S355JR	177.5	7860	1,10	273,75

Costul cel mai mic pe unitatea de rezistență îl asigură oțelul S355JR, deoarece permite utilizarea unei cantități reduse de material, ca urmare a caracteristicilor de rezistență mai bune decât celelalte oțeluri.

5.2 Să se stabilească materialul optim pentru un tampon opritor, pentru limitarea cursei plăcilor unei prese de injecție, solicitata strict la compresiune, admitând un coeficient de siguranță de 2,3. Materialele pe care le avem la dispoziție sunt cele prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1 Proprietățile materialelor disponibile

Material	Rezistență la compresiune (10% deformare), N/mm ²	R _m , N/mm ²	ρ, kg/m ³	Cost relativ pe unitatea de masă, RON/kg
Nylon MD	103,42	75,84	1150	1,07
Nailon 6/6	86,18	79,29	1150	1,00
Nyloc 30% GF	195	152	1162	3,58

Rezultat

Materialul optim din punct de vedere al performanțelor tehnice și al costului este Nylon MD.

Rezolvare

Având în vedere că principala caracteristică a materialului necesară acestei aplicații este rezistența mecanică (mai exact rezistență la compresiune), putem aplica metoda costului pe unitatea de proprietate.

Pentru aceasta analizăm solicitarea principală la care este supusă piesa. Aceasta este compresiunea și, conform tabelului 2, costul pe unitatea de proprietate se calculează cu relația $\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma}$.

Tabelul 2 Relațiile de calcul ale costului pe unitatea de proprietate.

Secțiunea transversală și condițiile de încărcare	Costul pe unitatea de rezistență	Costul pe unitatea de rigiditate
Cilindru solid încărcat la tracțiune sau la compresiune	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{E}$
Cilindru solid încărcat la încovoiere	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{2/3}}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{E^{1/2}}$
Cilindru solid încărcat la torsiune	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{2/3}}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{G^{1/2}}$
Bară cilindrică de forma unei coloane subțiri	-	$\frac{C_m \cdot \rho}{E^{1/2}}$
Solid rectangular încărcat la încovoiere	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{1/2}}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{E^{1/3}}$

Vas cilindric sub presiune cu pereți subțiri	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma}$	-
Obs.: σ - tensiunea de lucru a materialului; C_m - costul pe unitatea de masă; ρ - densitatea; E - modulul de elasticitate longitudinal; G - modulul de elasticitate transversal.		

Calculăm tensiunea de lucru și costul pe unitatea de proprietate, conform tabelului 2, iar rezultatele, pentru fiecare dintre cele trei tipuri de materiale plastice sunt sintetizate în tabelul 3.

Tabelul 3 Calcularea costului pe unitatea de rezistență

Oțel	Tensiunea de lucru admisibilă, σ , N/mm ² /c	ρ , kg/m ³	Cost relativ pe unitatea de masă, RON/kg	Cost pe unitatea de rezistență, RON/N/mm ²
Nylon MD	41,37	1150	1,07	29,70
Nailon 6/6	34,47	1150	1,00	33,36
Nyloc 30% GF	78,00	1162	3,58	53,28

Costul cel mai mic pe unitatea de rezistență îl asigură materialul Nylon MD, deoarece oferă caracteristici bune, la un preț redus.

5.3 Să se stabilească materialul optim pentru un bloc solid de oțel, încastrat prin sudare într-o carcasă, la marginea căruia sunt amplasate echipamente de lucru de tip menghină, nicovală, etc. Solicitarea pentru care vom face selecția materialului va fi încovoiere, admitând un coeficient de siguranță de 3. Materialele pe care le avem la dispoziție sunt cele prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1 Proprietățile oțelurilor

Oțel	$R_{p0,2}$, N/mm ²	R_m , N/mm ²	ρ , kg/m ³	KV, J, la 20°C	Cost relativ pe unitatea de masă, RON/kg
S235JR	235	400	7860	27	1,00
S275JR	275	490	7860	27	1,05
S355JR	355	570	7860	27	1,10

Rezultat

Materialul optim din punct de vedere al performanțelor tehnice și al costului este S255JR.

Rezolvare

Având în vedere că principala caracteristică a materialului necesară acestei aplicații este rezistența mecanică, putem aplica metoda costului pe unitatea de proprietate.

Pentru aceasta analizăm solicitarea principală la care este supusă piesa. Aceasta este încovoierea și, conform tabelului 2, costul pe unitatea de proprietate se calculează cu relația $\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{1/2}}$.

Tabelul 2 Relațiile de calcul ale costului pe unitatea de proprietate.

Secțiunea transversală și condițiile de încărcare	Costul pe unitatea de rezistență	Costul pe unitatea de rigiditate
Cilindru solid încărcat la tracțiune sau la compresiune	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{E}$
Cilindru solid încărcat la încovoiere	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{2/3}}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{E^{1/2}}$
Cilindru solid încărcat la torsiune	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{2/3}}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{G^{1/2}}$
Bară cilindrică de forma unei coloane subțiri	-	$\frac{C_m \cdot \rho}{E^{1/2}}$
Solid rectangular încărcat la încovoiere	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma^{1/2}}$	$\frac{C_m \cdot \rho}{E^{1/3}}$
Vas cilindric sub presiune cu pereți subțiri	$\frac{C_m \cdot \rho}{\sigma}$	-
Obs.: σ - tensiunea de lucru a materialului; C_m - costul pe unitatea de masă; ρ - densitatea; E - modulul de elasticitate longitudinal; G - modulul de elasticitate transversal.		

Calculăm tensiunea de lucru și costul pe unitatea de proprietate, conform tabelului 2, iar rezultatele, pentru fiecare dintre cele trei oțeluri sunt sintetizate în tabelul 3.

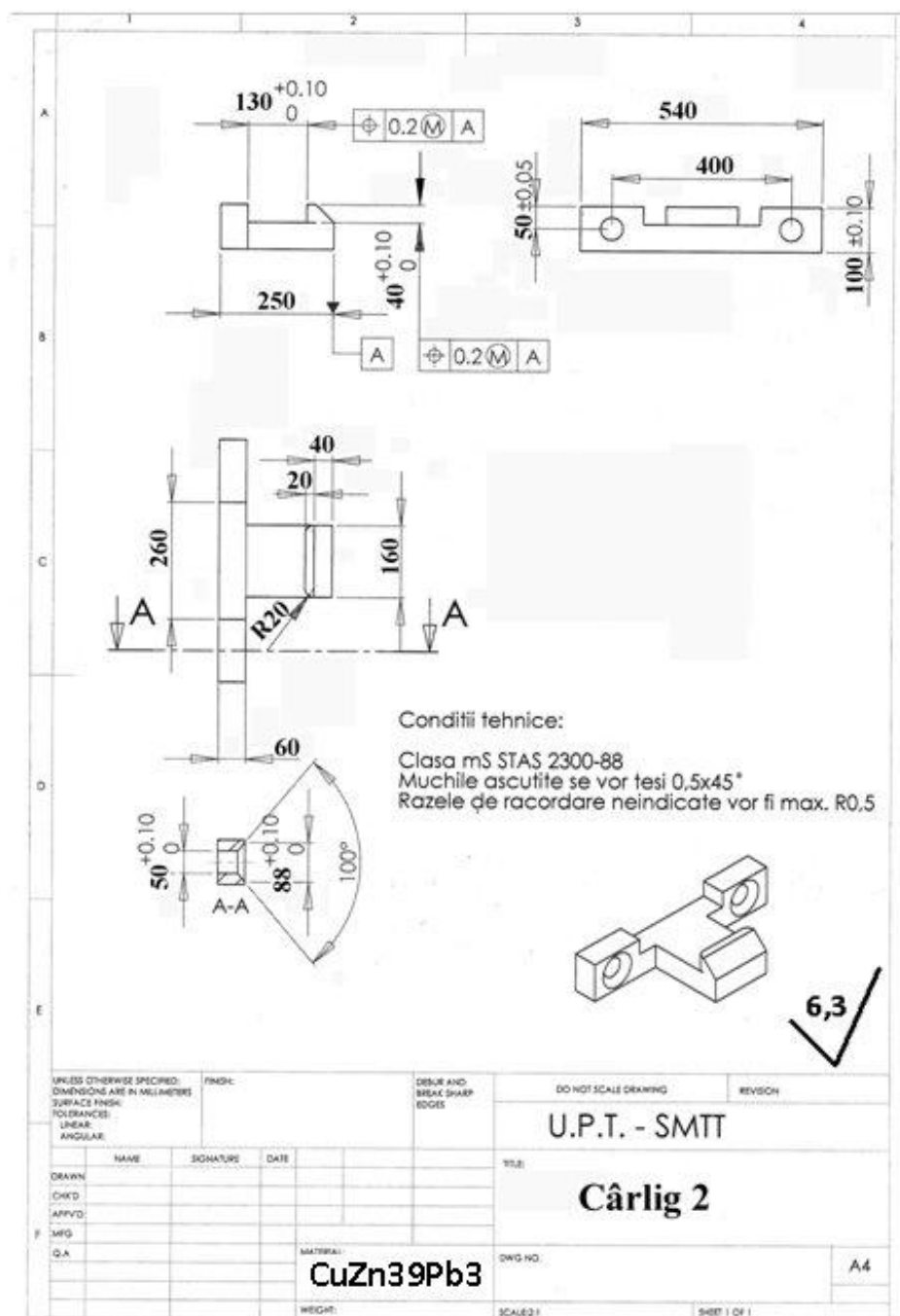
Tabelul 3 Calcularea costului pe unitatea de rezistență

Oțel	Tensiunea de lucru admisibilă, σ , N/mm ² /c	ρ , kg/m ³	Cost relativ pe unitatea de masă, RON/kg	Cost pe unitatea de rezistență, RON/N/mm ²
S235JR	78,33	7860	1,00	888,07
S275JR	91,67	7860	1,05	862,00
S355JR	118,33	7860	1,10	794,81

Costul cel mai mic pe unitatea de rezistență îl asigură oțelul S355JR, deoarece oferă caracteristici bune, la un preț redus.

6. ELABORAREA ȘI SOLIDIFICAREA MATERIALELOR)

1. Se dă desenul de execuție a reperului "Cârlig 2". Se cere schițarea desenului piesei brut turnate.

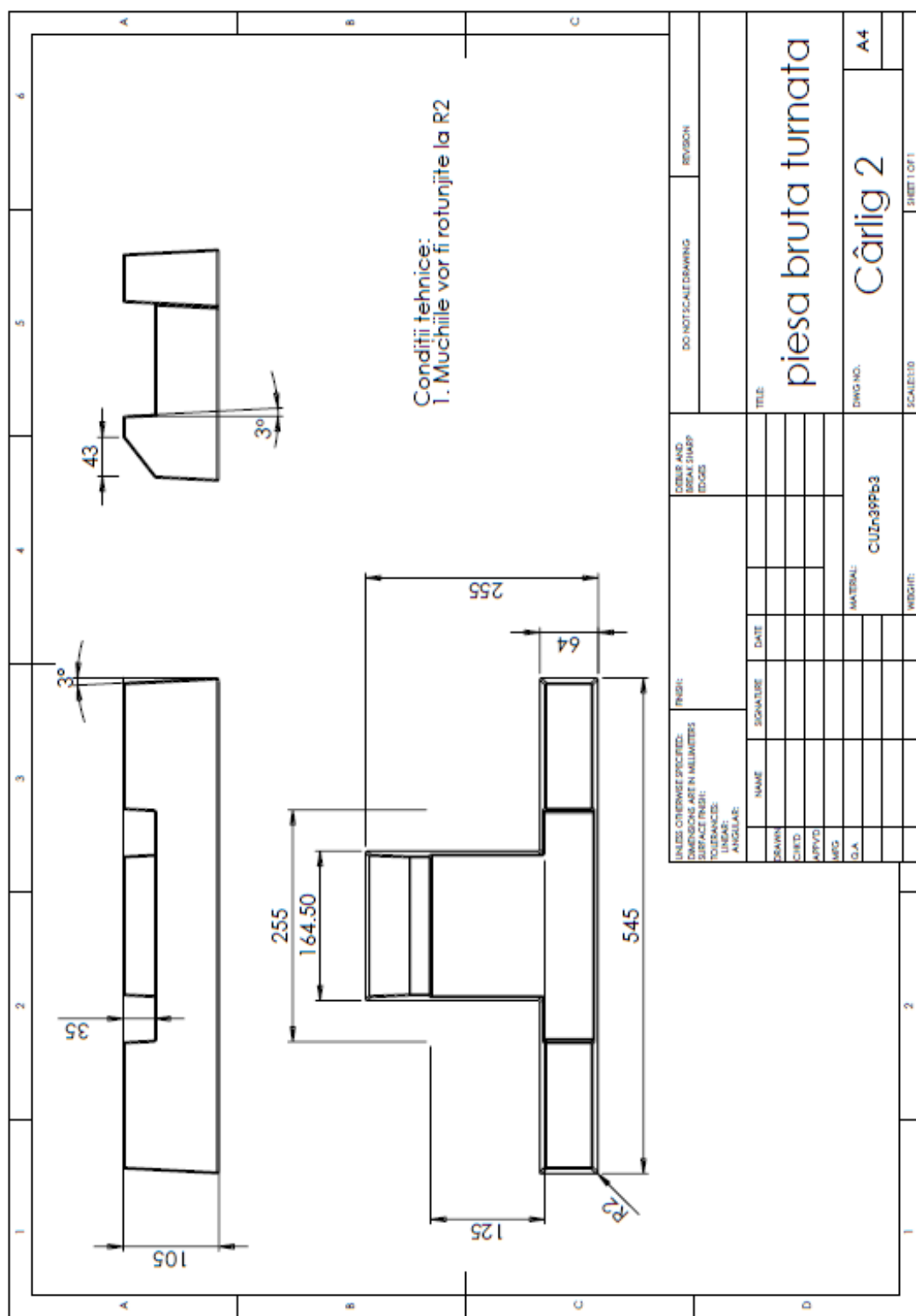


- se cunosc regulile de proiectare a pieselor brut turnate și se consultă tabelul cu adausurile de prelucrare:

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din metale și aliaje neferoase grele

Gabaritul maxim al piesei turnate (mm)	Poziția în formă a suprafeței ce trebuie prelucrată	Clasa I de precizie		Clasa a II-a de precizie		Clasa a III-a de precizie	
		Categorio		Categorio		Categorio	
		A	B	A	B	A	B
Până la 10	Sus	0,4	0,6	1,1	1,2	-	-
	Joc Lateral	0,4	0,6	1,1	1,2	-	-
10 ... 25	Sus	0,5	0,7	1,2	1,5	2,0	3,0
	Joc Lateral	0,5	0,7	1,2	1,5	1,5	2,0
25 ... 50	Sus	0,6	0,8	1,4	1,6	2,5	3,5
	Joc Lateral	0,6	0,8	1,4	1,6	1,8	2,5
50 ... 80	Sus	0,7	1,1	1,6	1,8	3,0	4,0
	Joc Lateral	0,7	1,1	1,6	1,8	2,2	3,0
80 ... 125	Sus	0,8	1,4	1,8	2,0	3,5	4,5
	Joc Lateral	0,8	1,4	1,8	2,0	2,6	3,5
125 ... 180	Sus	0,9	1,7	2,0	2,5	3,5	5,0
	Joc Lateral	0,9	1,7	2,0	2,5	3,0	4,0
180 ... 250	Sus	1,0	2,0	2,2	3,0	3,8	5,5
	Joc Lateral	1,0	2,0	2,2	3,0	3,2	4,5
250 ... 315	Sus	1,5	3,0	2,5	3,5	4,0	6,0
	Joc Lateral	1,5	3,0	2,5	3,5	3,5	5,0
315 ... 400	Sus	1,5	3,0	3,0	4,0	4,5	6,5
	Joc Lateral	1,5	3,0	3,0	4,0	4,0	5,5
400 ... 500	Sus	1,5	3,0	3,5	4,0	4,5	7,0
	Joc Lateral	1,5	3,0	3,5	4,0	4,0	5,5
500 ... 630	Sus	1,5	3,0	4,0	4,5	5,0	7,5
	Joc Lateral	1,5	3,0	4,0	4,5	4,5	6,0
630 ... 800	Sus	1,5	3,0	4,5	5,0	6,0	8,0
	Joc Lateral	1,5	3,0	4,5	5,0	5,0	6,5
800 ... 1000	Sus	1,5	3,0	5,0	5,5	6,5	9,0
	Joc Lateral	1,5	3,0	5,0	5,5	5,5	7,0
1000 ... 1250	Sus	-	-	5,5	6,0	8,0	10,0
	Joc Lateral	-	-	5,5	6,0	7,0	8,0

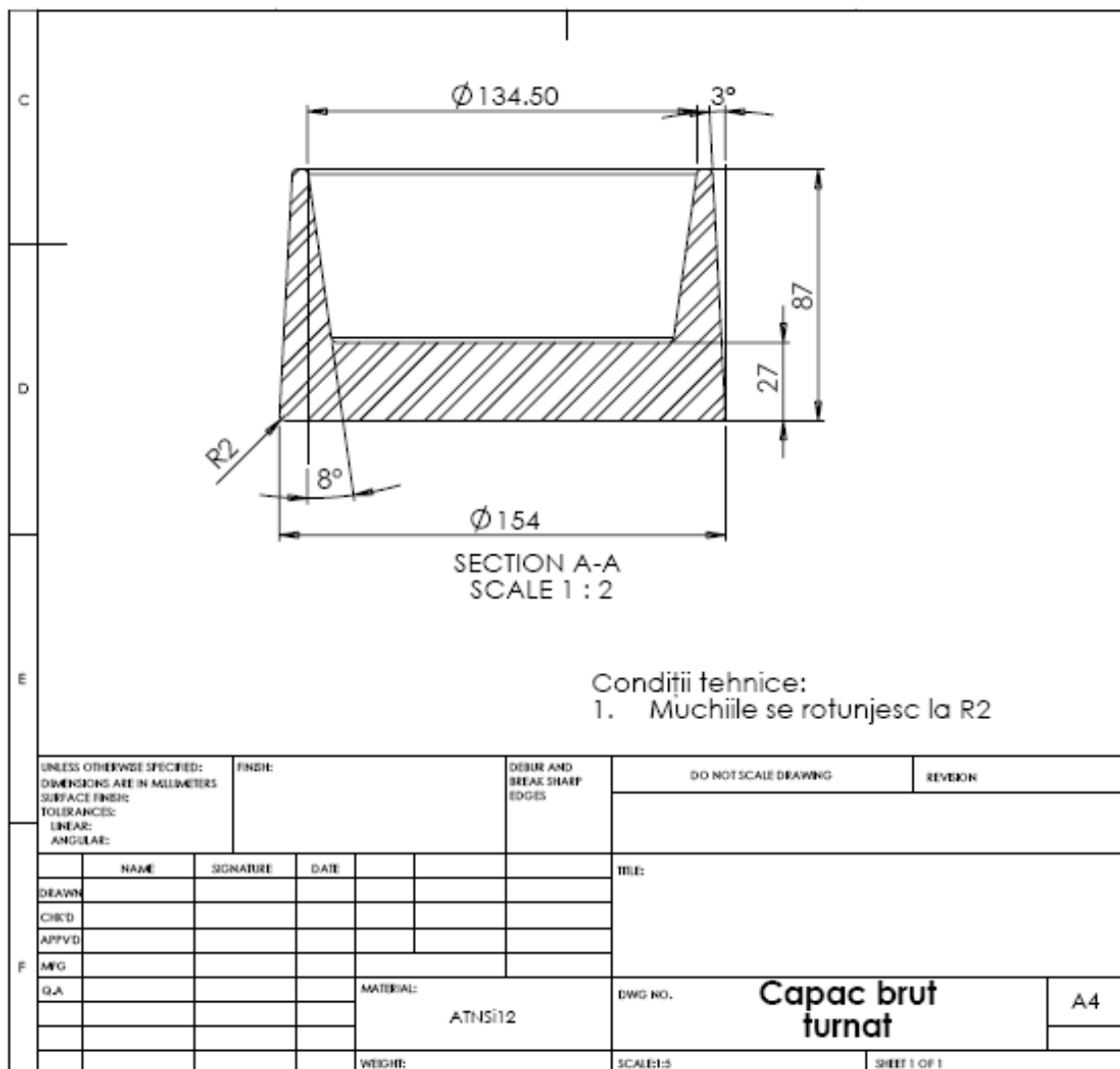
Desenul piesei brut turnate:



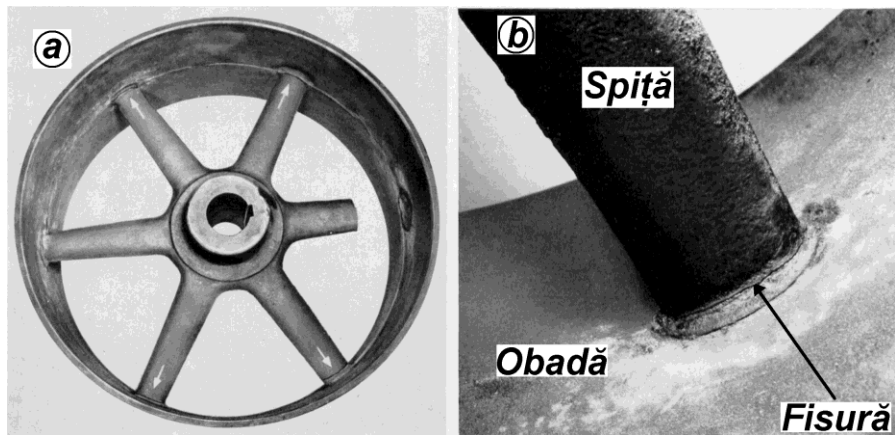
piesa bruta turnata

125 ... 180	Sus	0,9	1,7	2,0	2,6	3,0	3,5
	Jos Lateral	0,9	1,7	1,8	2,0	2,5	3,0
180 ... 250	Sus	1,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
	Jos Lateral	1,0	2,0	2,2	2,5	3,0	3,5
250 ... 315	Sus	1,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5
	Jos Lateral	1,5	3,0	2,5	3,0	3,5	4,0
315 ... 400	Sus	1,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	Jos Lateral	1,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5
400 ... 500	Sus	1,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
	Jos Lateral	1,5	3,0	3,0	3,5	4,0	5,0

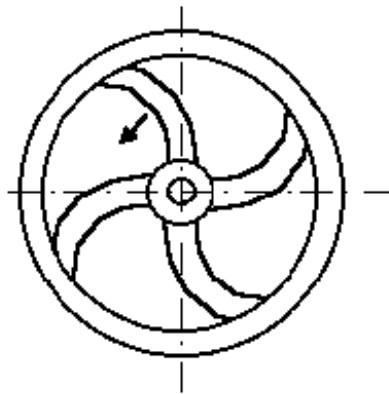
Desenul piesei brut turnate:



3. O piesă turnată (figură) prezintă defectele evidențiate macroscopic. Care este cauza lor și cum se poate remedia defectul?



Răspuns: sunt fisuri provocate de contracții la solidificare. Remediu:

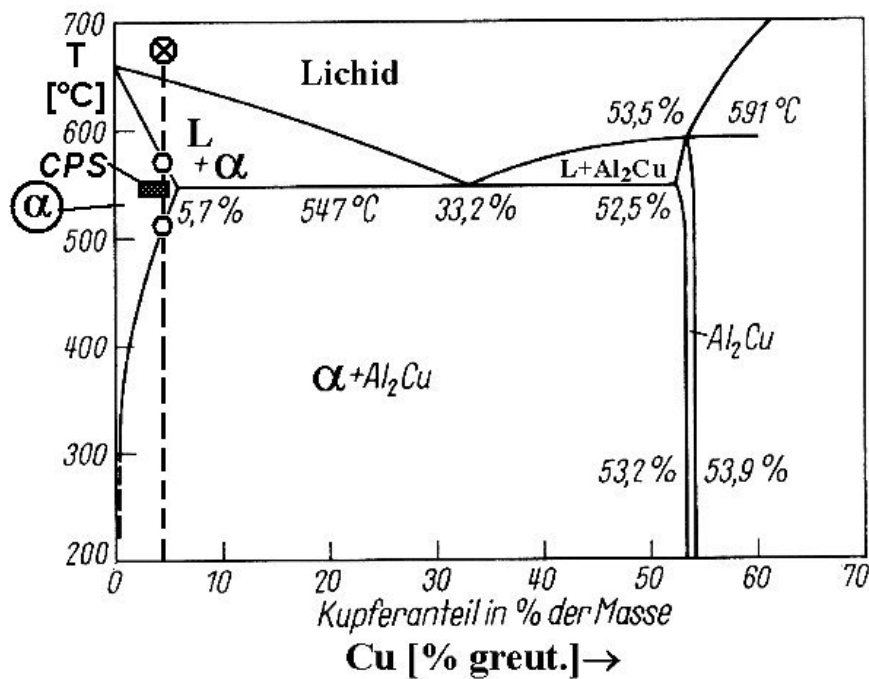


MATERIALE METALICE II

Care este mecanismul durificării aliajelor Al-Cu? De ce este important acest mecanism?

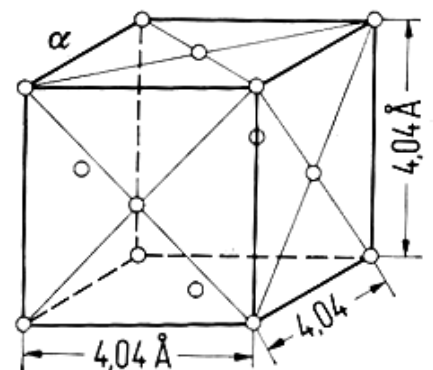
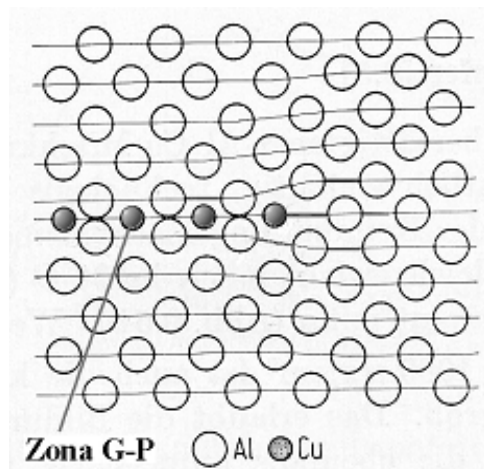
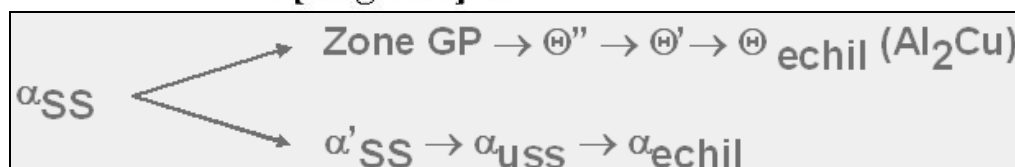
Rezolvare: Mecanismul durificării structurale a fost cel mai în detaliu studiat pe acest sistem de aliaje și este reprezentativ pentru marea familie de aliaje durificabile structural.

Descrierea mecanismului se face pornind de la diagram de echilibru fazic cu poziționarea aliajelor semnificative:

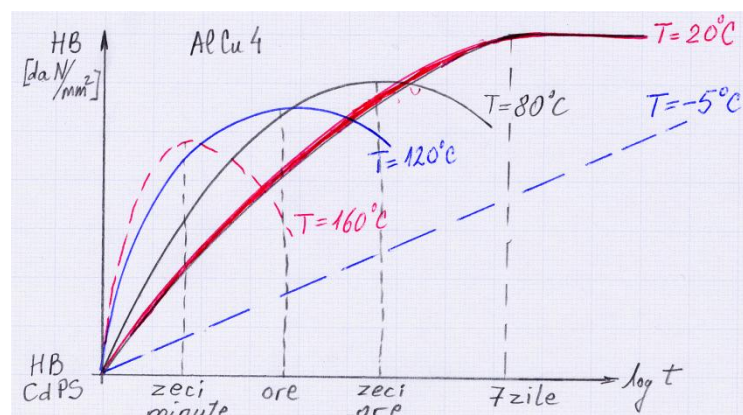


Apoi se descrie în detaliu mecanismul conform schemei:

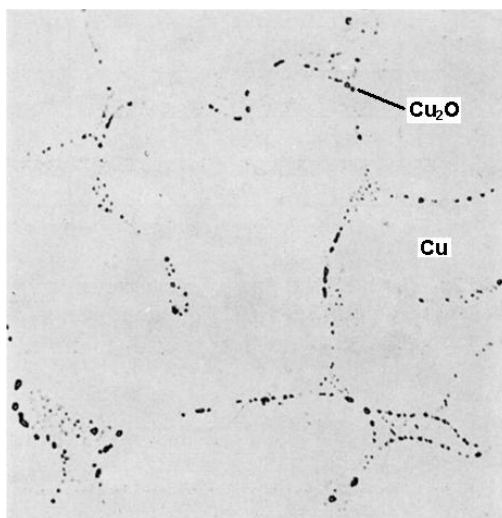
Pentru explicații se pot desena schița celulei elementare a soluției solide α și schița unei zone Guinier-Preston.



Concluziile sunt legate de modificările structurale la nivel atomic și de tratamentele termice aplicate:



1. Oxidul cupros în cuprul pur este:
 - a) Benefic, deoarece împiedică creșterea granulației;
 - b) Dăunător deoarece reduce toate proprietățile mecanice și favorizează apariția bolii de hidrogen



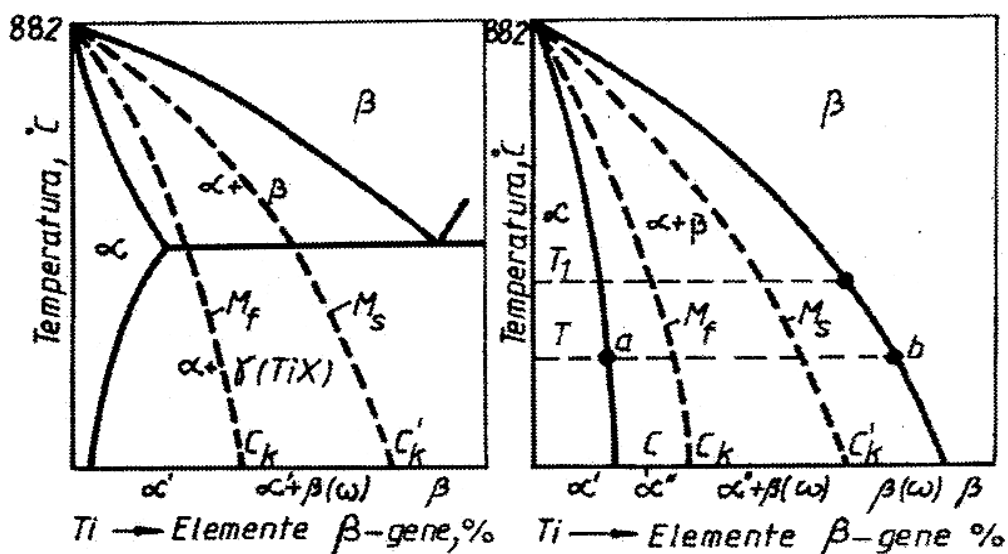
M.O. x 375

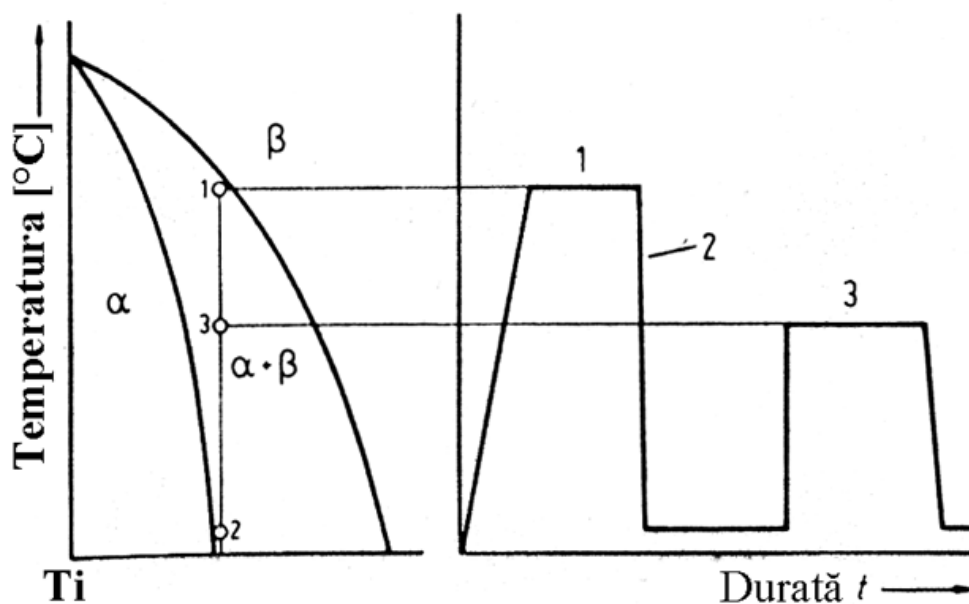
Microstructura este caracteristică cuprului anodic sau cuprului catodic?

Rezolvare: se prezintă etapele principale ale tehnologiei de elaborare a cuprului în urma căreia se obține cuprul anodic (microstructura este tipică pentru cupru anodic). Cuprul anodic se rafinează electrolitic în cupru catodic de puritate ridicată. Prezența oxidului cupros este dăunătoare. De aceea în tehnica de vârf se folosesc sortimentele Cu-OFE.

2. Care sunt particularitățile tratamentului termic al aliajelor de titan?

Rezolvare: Titanul și aliajele sale cu structură α și $\alpha + \beta$ pot fi călite la martensită. Temperatura de încălzire pentru călire este puțin mai mică decât limita domeniului monofazic β pentru a împiedica creșterea granulației. Revenirea produce separarea fină de α și deci o durificare structurală:





7. METALURGIA PULBERILOR

1. În scopul realizării prin metalurgia pulberilor a unei piese cu diametrul de 12 mm și grosime în 2 trepte, $g_1 = 5$ mm și g_2 10 mm, din aliaj aluminiu- cupru, se supune compactizării prin presare la rece o cantitate de pulbere Alumix 123 având următoarele caracteristici:

- densitatea teoretică a aliajului $\rho_t = 2,7$ g/cm³
- densitatea aparentă a pulberii după curgere liberă $\rho_l = 1$ g/cm³
- densitate în stare tasată (după vibrare) – $\rho_v = 1,2$ g/cm³

Matrița de compactizat se umple prin curgerea liberă a pulberii.

Se cere:

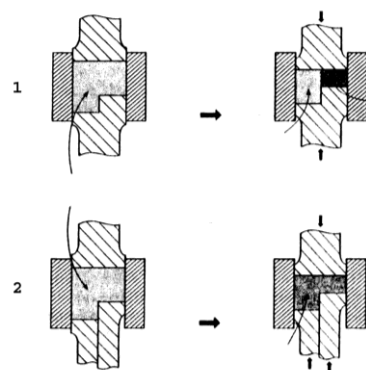
a) Alegerea schemei tehnologice de compactizare, dintre cele 2 variante prezentate în figura alăturată (variante 1 sau 2) în scopul producerii piesei cu *costuri minime*. Se va descrie varianta aleasă și principalele sale caracteristici, inclusiv funcționarea matriței de compactizat.

b) Să se determine înălțimea coloanei de pulbere necesară realizării în zona de grosime minimă a unui grad de compactizare de 96%.

c) În momentul obținerii gradului de compactizare de 96% în zona subțire a piesei, care va fi gradul de compactizare a părții mai groase?

Rezolvare:

a) Schema tehnologică optimă pentru costuri de producere minime este varianta 1, având un singur poanson inferior, în trepte. În acest mod matrița este mai simplă, având mai puține componente, fiind necesară o singură mișcare de deplasare a poansonului inferior și implicit o singură cursă de presare. Componenta și cinematica mai simplă reduce semnificativ costurile producerii și exploatării sculelor. În același timp pulberea va fi presată cu aceeași cursă atât la ambele grosimi de piesă. Aceasta înseamnă că în zona mai



groasă, cu înălțime mai mare a coloanei de pulbere, compactizarea este mai redusă decât în zona mai subțire a piesei, care va avea o densitate aparentă mai mare. Densitățile aparente diferite vor produce la sinterizare contracții diferite, calitatea finală a materialului fiind neuniformă, iar precizia dimensională mai redusă.

b) Realizarea unui grad de compactizare de $G_{c1} = 96\%$ presupune o densitate aparentă a pulberii în zona subțire :

$$\rho_{a1} = 0,96 \cdot \rho_t = 2,59 \frac{g}{cm^3}$$

Avînd în vedere că inițial densitatea aparentă a pulberii este cea după curgerea liberă $\rho_1 = 1 \text{ g/cm}^3$, iar după presare devine $\rho_{a1} = 2,59 \text{ g/cm}^3$ rezultă raportul de compactizare:

$$C_1 = \frac{\rho_{a1}}{\rho_1} = \frac{2,59}{1} = 2,59$$

Pentru realizarea unei grosimi finale a piesei de $g_1 = 5 \text{ mm}$ este necesară o coloană inițială de pulbere:

$$h_1 = g_1 \cdot C_1 = 5 \cdot 2,59 = 12,95 \text{ mm}$$

c) Avînd în vedere ca diferența dintre zona groasă și cea subțire a piesei este:

$$\Delta g = g_2 - g_1 = 10 - 5 = 5 \text{ mm}$$

Rezultă că înălțimea inițială a coloanei de pulbere în zona groasă este:

$$h_2 = \Delta g + h_1 = 17,95 \text{ mm}$$

Iar cursa de compactizare este:

$$L = h_1 - g_1 = 12,95 - 5 = 7,95 \text{ mm}$$

Înălțimea inițială a coloanei de pulbere în zona groasă va fi comprimată cu valoarea cursei de compactizare, astfel încît ea devine:

$$h_2' = 17,95 - 7,95 = 10 \text{ mm}$$

Raportul de compactizare pentru zona groasă este:

$$C_2 = \frac{h_2}{h_2'} = \frac{17,95}{10} = 2,26$$

În zona groasă a piesei densitatea inițială se va modifica cu raportul de compactizare , densitatea aparentă finală fiind:

$$\rho_{a2} = \rho_1 \cdot C_2 = 1 \cdot 2,26 = 2,26 \text{ g/cm}^3$$

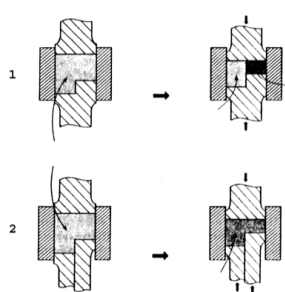
Gradul de compactizare în zona groasă este:

$$G_{c2} = \frac{\rho_{a2} \cdot 100}{\rho_t} = 83,7 \text{ [%]}$$

Așa cum se poate constata schema tehnologică bazată pe poanson inferior în trepte va produce o piesă cu densitate aparentă neuniformă, de 96% din densitatea teoretică în zona subțire și doar 83,7% în zona cu grosime mai mare a piesei. Faptul că în zona subțire se vor afla doar 4% pori, în timp ce în zona groasă

aceștia vor reprezenta 16,3%, va avea consecințe nefavorabile asupra calității piesei, atât proprietățile de material cât și precizia dimensională fiind inegale.

2. O piesă cilindrică cu diametrul de 12 mm și cu grosime variabilă în 2 trepte, $g_1 = 5 \text{ mm}$ și $g_2 = 10 \text{ mm}$, este realizată din pulbere pulbere Alumix 123 (aliaj durificabil aluminiu- cupru) printr-un proces de tip “blend-press-sinter”. Presatul crud se obține compactizare la rece, iar pulberea Alumix 123 are următoarele caracteristici:



- densitatea teoretică a aliajului $\rho_t = 2,7 \text{ g/cm}^3$

- densitatea aparentă a pulberii după curgere liberă $\rho_l = 1 \text{ g/cm}^3$

- densitate în stare tasată (după vibrare) – $\rho_v = 1,2 \text{ g/cm}^3$

Matrița de compactizat se umple prin curgerea liberă a pulberii, urmată de vibrare.

Se cere:

a) Dintre cele 2 variante de compactizare prezentate în figura alăturată (varianta 1 sau 2) se va alege soluția care produce piesei cu *costuri minime*. Se va descrie varianta aleasă și principalele sale caracteristici, inclusiv funcționarea matriței de compactizat.

b) Care este înălțimea coloanei de pulbere necesară realizării în zona de grosime minimă a unui grad de compactizare care asigură un volum maxim al porilor de 2,5%?

c) Care este volumul procentual al în zona mai groasă a piesei?

Rezolvare:

a) Varianta tehnologică 1 din figura prezentată este optimă pentru costuri de producere minime, matrița de compactizare avînd un singur poanson inferior, iar acesta este în trepte. În acest mod matrița este mai simplă, avînd mai puține componente, fiind necesară o singură mișcare de deplasare a poansonului inferior și implicit o singură cursă de presare. Componenta și cinematica mai simplă reduce semnificativ costurile producerii și exploatării sculelor. În același timp pulberea va fi presată cu aceeași cursă atât la ambele grosimi de piesă. Aceasta înseamnă că în zona mai groasă, cu înălțime mai mare a coloanei de pulbere, compactizarea este mai redusă decît în zona mai subțire a piesei, care va avea o densitate aparentă mai mare. Densitățile aparente diferite vor produce la sinterizare contracții diferite, calitatea finală a materialului fiind neuniformă, iar precizia dimensională mai redusă.

b) Realizarea unui volum al porilor de 2,5% presupune ca diferența procentuală să o reprezinte aliajul de aluminiu, deci gradul compactizare în zona subțire este:

$$G_{c1} = 100 - 2,5 = 97,5\%$$

Densitatea aparentă a pulberii în zona subțire este :

$$\rho_{a1} = 0,975 \cdot \rho_t = 2,63 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Avînd în vedere că inițial densitatea aparentă a pulberii este cea după vibrare $\rho_v = 1,2 \text{ g/cm}^3$, iar după presare devine $\rho_{a1} = 2,63 \text{ g/cm}^3$ rezultă raportul de compactizare:

$$C_1 = \frac{\rho_{a1}}{\rho_t} = \frac{2,63}{1,2} = 2,19$$

Pentru realizarea unei grosimi finale a piesei de $g_1 = 5 \text{ mm}$ este necesară o coloană inițială de pulbere:

$$h_1 = g_1 \cdot C_1 = 5 \cdot 2,19 = 10,95 \text{ mm}$$

c) Avînd în vedere ca diferența dintre zona groasă și cea subțire a piesei este:

$$\Delta g = g_2 - g_1 = 10 - 5 = 5 \text{ mm}$$

Rezultă că înălțimea inițială a coloanei de pulbere în zona groasă este:

$$h_2 = \Delta g + h_1 = 5 + 10,95 = 15,95 \text{ mm}$$

Iar cursa de compactizare este:

$$L = h_1 - g_1 = 10,95 - 5 = 5,95 \text{ mm}$$

Înălțimea inițială a coloanei de pulbere în zona groasă va fi comprimată cu valoarea cursei de compactizare, astfel încît ea devine:

$$h_2' = h_2 - L = 15,95 - 5,95 = 10 \text{ mm}$$

Raportul de compactizare pentru zona groasă este:

$$C_2 = \frac{h_2}{h_2'} = \frac{15,95}{10} = 1,60$$

În zona groasă a piesei densitatea inițială se va modifica cu raportul de compactizare, densitatea aparentă finală fiind:

$$\rho_{a2} = \rho_v \cdot C_2 = 1,2 \cdot 1,60 = 1,96 \text{ g/cm}^3$$

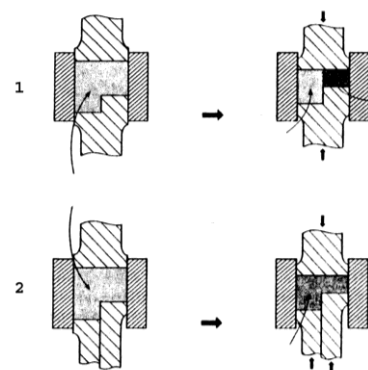
Gradul de compactizare în zona groasă este:

$$G_{c2} = \frac{\rho_{a2} \cdot 100}{\rho_t} = 71,1 \text{ [%]}$$

Așa cum se poate constata schema tehnologică bazată pe poanson inferior în trepte va produce o piesă cu densitate aparentă neuniformă, de 97,5% din densitatea teoretică în zona subțire și doar 71,1% în zona cu grosime mai mare a piesei. Faptul că în zona subțire se vor afla doar 2,5% pori, în timp ce în zona groasă aceștia vor reprezenta 28,9%, va avea consecințe nefavorabile asupra calității piesei, atît proprietățile de material cît și precizia dimensională fiind inegale.

3. Se cere proiectarea tehnologică a unui presat de pulberi produs prin compactizare la rece pentru realizarea prin metalurgia pulberilor a unei piese cu diametrul de 12 mm și cu grosime în 2 trepte, $g_1 = 5 \text{ mm}$ și g_2 10 mm, din aliaj aluminiu- cupru, se supune compactizării prin presare la rece o cantitate de pulbere Alumix 123 avînd următoarele caracteristici:

- densitatea teoretică a aliajului $\rho_t = 2,7 \text{ g/cm}^3$



- densitatea aparentă a pulberii după curgere liberă $\rho_1 = 1 \text{ g/cm}^3$

- densitate în stare tasată (după vibrare) – $\rho_v = 1,2 \text{ g/cm}^3$

Matrița de compactizat se umple prin curgerea liberă a pulberii.

Se cere:

a) Alegerea schemei tehnologice de compactizare, dintre cele 2 variante prezentate în figura alăturată (varianta 1 sau 2) în scopul producerii piesei la *calitatea optimă* a materialului. Se va descrie varianta aleasă și principalele sale caracteristici, inclusiv funcționarea matriței de compactizat.

b) Să se determine înălțimea coloanelor de pulbere necesare realizării în ambele zone de grosime ale piesei a unui grad de compactizare de 98%.

c) Să se calculeze cursele de compactizare pentru cele 2 poansoane inferioare. Să se comenteze rezultatele obținute.

Rezolvare:

a) Schema tehnologică optimă pentru calitate optimă a materialului este varianta 2, avînd 2 poansoane inferioare, cu mișcare independentă. Față de varianta 1 scula de compactizare are mai multe componente, iar deplasarea independentă a poansoanelor, avînd curse diferite complică cinematica și crește semnificativ costurile producerii și exploatării sculelor. În același timp pulberea va fi presată la aceeași densitate aparentă indiferent de grosimea piesei. Densitatea aparentă constantă va produce la sinterizare contracții similare, calitatea finală a materialului fiind mai omogenă, iar precizia dimensională mai bună decît în varianta unui singur poanson inferior în trepte.

b) Realizarea unui grad de compactizare de $G_{c1} = 98\%$ presupune o densitate aparentă a pulberii în zona subțire :

$$\rho_{a1} = 0,98 \cdot \rho_t = 2,65 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Avînd în vedere că inițial densitatea aparentă a pulberii este cea după curgerea liberă $\rho_1 = 1 \text{ g/cm}^3$ iar după presare devine $\rho_{a1} = 2,59 \text{ g/cm}^3$ rezultă raportul de compactizare:

$$C_1 = \frac{\rho_{a1}}{\rho_1} = \frac{2,65}{1} = 2,65$$

Pentru realizarea unei grosimi finale a piesei în zona subțire avînd $g_1 = 5 \text{ mm}$ este necesară o coloană inițială de pulbere:

$$h_1 = g_1 \cdot C_1 = 5 \cdot 2,65 = 13,25 \text{ mm}$$

Pentru zona groasă cu $g_2 = 10 \text{ mm}$ este necesară o coloană inițială de pulbere:

$$h_2 = g_2 \cdot C_1 = 10 \cdot 2,65 = 26,5 \text{ mm}$$

c) Cursele celor 2 poansoane inferioare se calculează ca diferența între valorile inițiale și cele finale ale coloanelor de pulbere. Pentru zona subțire cursa de compactizare este:

$$L_1 = h_1 - g_1 = 13,25 - 5 = 8,25 \text{ mm}$$

În zona mai groasă poansonul inferior va avea cursa:

$$L_2 = h_2 - g_2 = 26,5 - 10 = 16,5 \text{ mm}$$

Așa cum se poate constata cursele de compactizare sunt proporționale cu înălțimea coloanelor de pulbere și grosimea finală a zonelor de grosime. Raportul între grosimi fiind $10 / 5 = 2$, cel dintre curse va fi de asemenea $16,5 / 8,25 = 2$, ceea ce va asigura același grad de compactizare pentru ambele grosimi ale piesei. În zona subțire acesta este:

$$G_{c1} = \frac{h_1}{g_1} = \frac{13,25}{5} = 2,65$$

În zona groasă gradul de compactizare este:

$$G_{c2} = \frac{h_2}{g_2} = \frac{26,5}{10} = 2,65$$

Realizarea unor grade de compactizare uniforme va produce o mai mare uniformitate a densității aparente. În consecință afit proprietățile de material cât și precizia dimensională vor avea un grad de uniformitate mult mai mare, cu consecințe favorabile asupra calității piesei,

8. PROPRIETATILE MATERIALELOR

PM - Studiul de caz 1

Prabusirea acoperisului unui bazin de inot sub efectul coroziunii tensofisurante

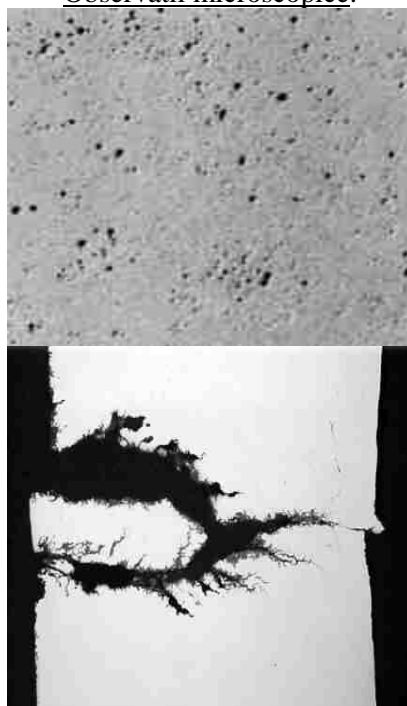
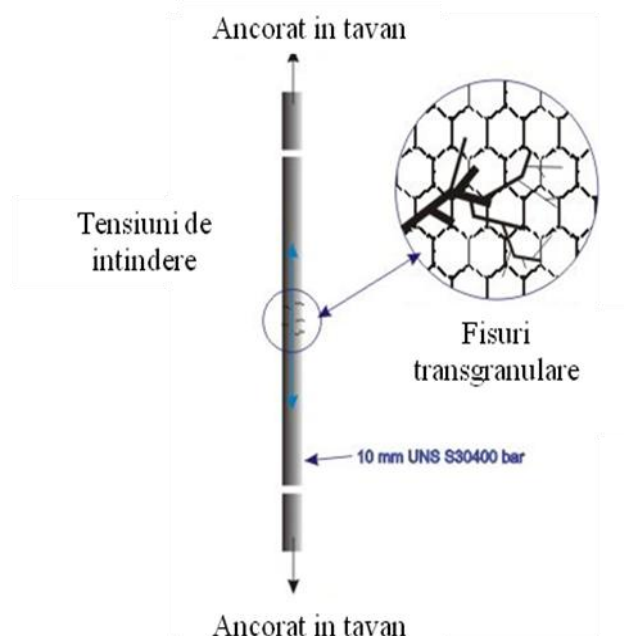
Enunt: Acoperisul unui bazin de inot cu o vechime de 13 ani s-a prabusit si a condus la pierderea vietii a 12 persoane.

Date primare sunt prezentate mai jos :

Material: otel inoxidabil austenitic

Mediu: apa cu clor

Observatii microscopice:



Se cere: Analiza cauzelor care au condus la accident. Formularea de concluzii si recomandari.

Cauza identificata pentru accident: coroziunea tenso fisuranta

Factori principali: mediu, material susceptibil tensiunii de întindere mai mari decât o valoare critică (pot fi și tensiuni remanente). Factori secundari: temperatura

Observație: fenomenul poate fi asociat cu pittingul (atac coroziv localizat viteza mare de penetrare 10-100 ori mai mare decât coroziunea generală, e dificil de detectat, poate fi mascat de restul coroziunii)

Concluzii:

- apariția fenomenului de coroziune tensofisuranta este critică
- verificarea agresivității mediului prin monitorizare regulată
- evitarea supraîncălzirii structurii și a contaminării apei
- menținerea calității aerului prin ventilare
- inspecții regulate efectuate de specialiști pentru semne de coroziune tensofisuranta

Propuneri privind procedura de inspecție:

- inventar al oțelurilor utilizate la piscină (marca, poziție și funcție)
- verificarea componentelor de minim de două ori pe an pentru pete sau coroziune. Atenție sporită la elemente portante sau de siguranță. Evidențele se înregistrează.
- coroziunea tensofisuranta poate fi însoțită de alte tipuri de coroziune, mai ușor de detectat (pitting). Pot fi observate pete maronii.
- dacă a apărut un semn de coroziune se curată și se evaluează integritatea secțiunii
- dacă este necesar se înlocuiesc componentele cu oțeluri inoxidabile rezistente la coroziunea în medii care conțin clor.
- la componente portante se impun teste prealabile pentru determinarea coroziunii tensofisurante.

Studiul de caz 2

Principii în utilizarea proprietăților aliajelor cu memorie în aplicații nemedicale

Enunț: Analizați modul de utilizare a aliajelor cu memorie a formei în aplicații nemedicale. Prezentați un exemplu de utilizare a unei proprietăți a aliajelor cu memorie.

Tipuri de aplicații identificate:

- înlocuiri - când o piesă din aliaj cu memorie înlocuiește un reper dintr-un dispozitiv sau mecanism;
- simplificări - se are în vedere realizarea aceluiași scop funcțional prin folosirea unui singur element din aliaj cu memorie, care să preia rolul unui ansamblu sau subansamblu mult mai complex;
- aplicațiile noi.

Date de analiză în proiectare:

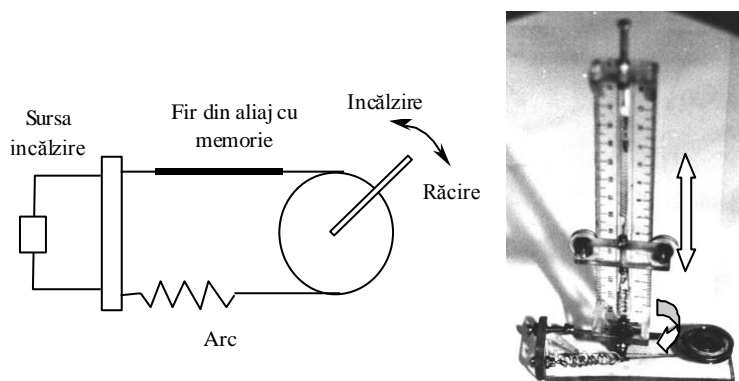
- Se necesită efect simplu sau dublu de memorie a formei ?
- În ce domeniu de temperatură se dorește evidențierea efectului de memorie ?
- După cât timp trebuie să apară efectul de memorie ?
- Care este temperatura maximă de utilizare ?
- La efectul dublu de memorie, după cât timp urmează răcirea ?
- Care este frecvența de repetare a ciclurilor termice în cazul efectului dublu ?
- În ce fel de mediu va funcționa aplicația ?
- Cum se face transmiterea căldurii? (convecție; conducție; radiație; alte metode).
- Volumul producției / cantitatea de material solicitată.

Principii:

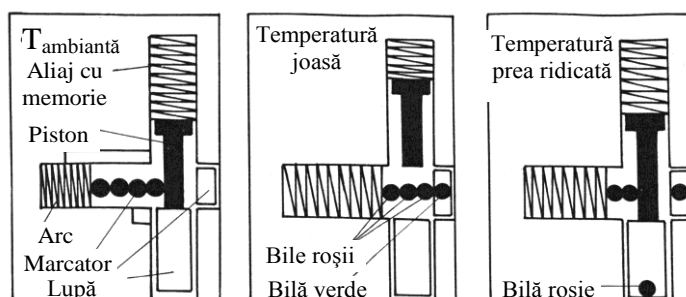
- utilizarea efectului de memorie propriu-zis, care are în vedere doar punerea demonstrativă în evidență a acestei proprietăți.
- utilizarea forței produse de efectul de memorie a formei permite asigurarea unei fixări
- utilizarea capacității de acționare, care permite activarea comandată a unor elemente.

- folosirea funcției de regulator a aliajelor cu memorie a formei este obținută prin îmbinarea celor două funcții amintite anterior. Un asemenea regulator este deopotrivă și senzor și element de acționare.
- superelasticitatea este utilizată datorită capacității de a permite deformații de valoare ridicată (de aproape 10 ori mai mare decât la aliajele obișnuite) în condițiile păstrării unei forțe aproximativ constante.
- capacitatea de amortizare permite folosirea acestor materiale acolo unde se impun condiții severe privind limitarea zgomotelor sau a vibrațiilor.
- capacitatea de conversie a energiei termice în energie mecanică

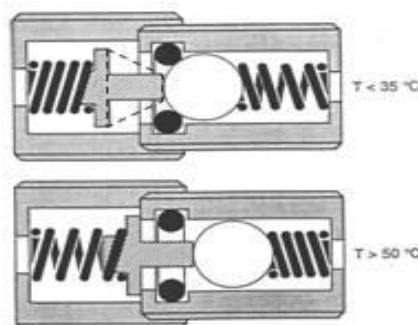
Exemple tipice de utilizare sunt detaliate în continuare:



Acționare prin aliaje cu memorie a formei (reprezentare schematică a unui modul de acționare; b. minirobot cu module de rotație și translație)



Senzor termic

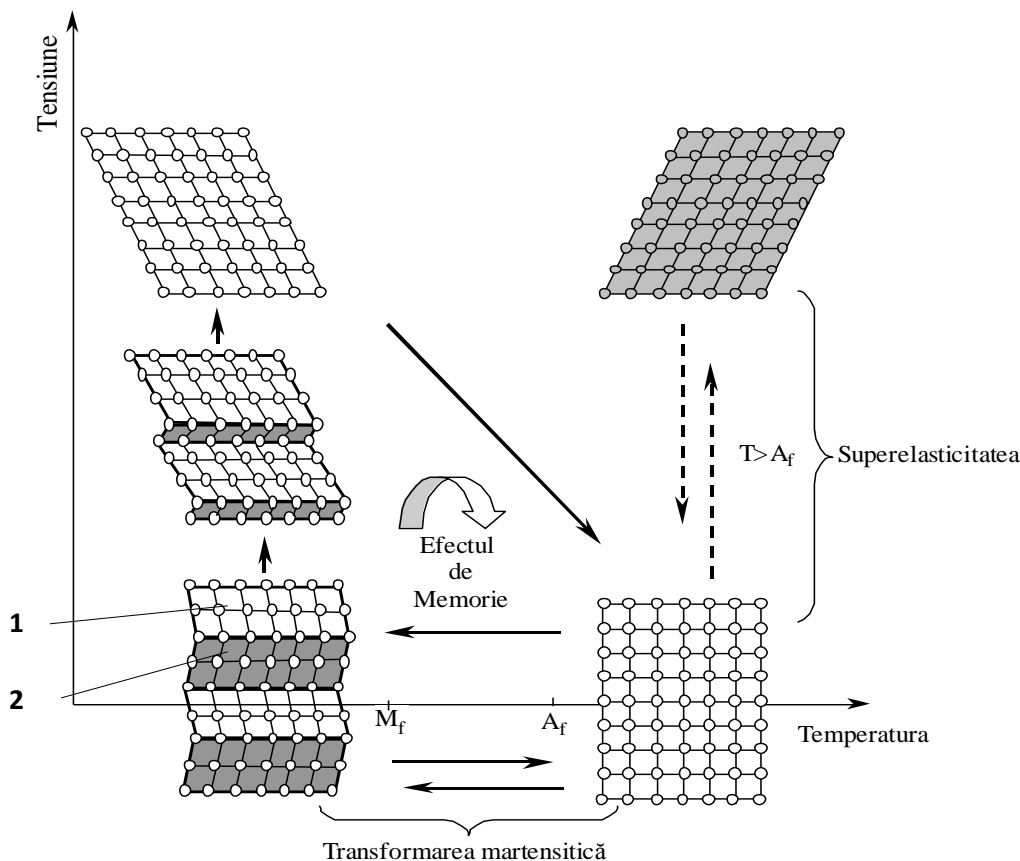


Supapă comandată prin arc din aliaj cu memorie

PM – Studiul de caz 3

Corelatia structura – proprietati in cazul aliajelor cu memorie a formei

Enunt: Analizati in coordonate tensiune-temperatura, particularitatile deformarii martensitei, aparitia efectului de memorie a formei si a superelasticitatii in cazul transformarii martensitice a unei microstructuri cu doua variante cristalografice.



Pentru cazul unei martensite compusă din două variante (1) și (2), **deformarea plastică** duce la creșterea acelei variante (1) care este favorabil orientată astfel încât să reducă starea de tensiune din cristal. Creșterea are loc pe seama variantei (2) care se micșorează proporțional. La tensiuni suficient de mari cristalul poate ajunge să fie format dintr-o singură variantă de martensită (de exemplu varianta 1).

La **efectul de memorie**, în stadiul de **recuperare a formei**, are loc transformarea din martensita deformată în austenită, caracterizată de un aranjament ordonat, **fenomen însoțit de recuperarea formei**.

Superelasticitatea este o proprietate a cărei manifestare derivă din aspectele prezentate la martensita indusă termomecanic, și anume: la o temperatură superioară temperaturii A_f, prin tensionare se favorizează apariția martensitei (în condițiile termice în care aceasta nu există în mod normal). Varianta de martensită dezvoltată este dependentă de tensiunea aplicată. La încetarea sollicitării externe, martensita se transformă din nou în austenită, întrucât temperatura nu permite existența martensitei în absența factorului care o induce.

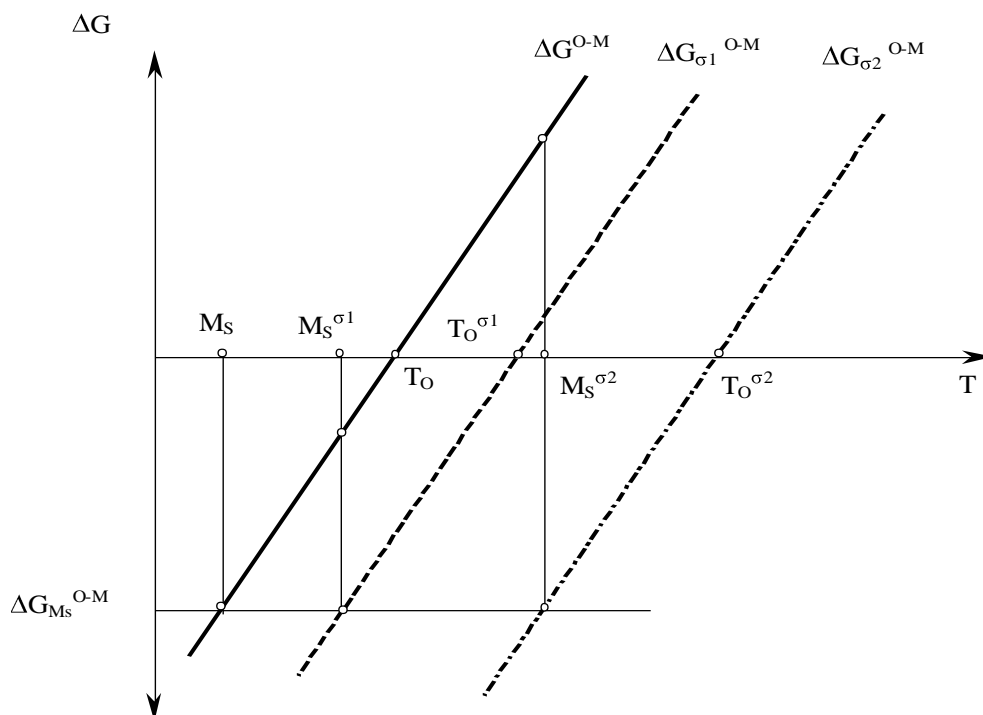
Disciplina: **Proprietățile Materialelor**

An: **IV SIM**

PM – Studiul de caz 4
(din anul universitar 2011-2012)

Analiza stabilitatii transformarii martensitice induse termomecanic

Enunt: Fie reprezentarea grafica de mai jos, care descrie condițiile energetice ale apariției și stabilității martensitei induse termomecanic. In reprezentare s-au notat cu ΔG^{O-M} variația energiei libere pentru cazul martensitei induse termic (T_o și M_s sunt temperaturile corespunzătoare), iar cu $\Delta G_{\sigma_1}^{O-M}$ și $\Delta G_{\sigma_2}^{O-M}$ variațiile energiilor libere pentru cazul martensitei induse termomecanic ($T_o^{\sigma_1}$ și $M_s^{\sigma_1}$ respectiv $T_o^{\sigma_2}$ și $M_s^{\sigma_2}$ sunt temperaturile corespunzătoare).



Condițiile energetice ale apariției și stabilității martensitei induse termomecanic

Se cere: sa se analizeze conditiile stabilitatii transformarii martensitice induse termic si termomecanic

Variatia energiei libere a transformării, necesară pentru germinare $\Delta G_{M_s}^{O-M}$ (considerată independentă de T și σ_a) va fi atinsă la M_s pentru transformarea indusă termic și la $M_s^{\sigma_1}$ respectiv $M_s^{\sigma_2}$ pentru transformarea indusă termomecanic la σ_1 respectiv la σ_2 . Cum $M_s < M_s^{\sigma_1} < M_s^{\sigma_2}$ există posibilitatea de a obține martensita indusă termomecanic la temperaturi superioare temperaturii M_s . La o analiză mai aprofundată se observă că nu întodeauna martensita obținută este stabilă. Astfel, comparând ΔG^{O-M} cu $\Delta G_{\sigma_1}^{O-M}$ la $M_s^{\sigma_1} < T_o$ se constată că $\Delta G_{M_s}^{O-M}$ are o componentă indusă termic $\Delta G_{T, M_s}^{O-M}$ și o componentă indusă mecanic $\Delta G_{\sigma, M_s}^{O-M}$ și se poate scrie :

$$\Delta G_{M_s}^{O-M} = G_{T, M_s}^{O-M} + \Delta G_{\sigma, M_s}^{O-M} ,$$

deci martensita odată indusă este, în acest caz, termodinamic stabilă, la temperatura $M_s^{\sigma_1}$, chiar dacă încetează solicitarea externă.

La temperaturi $M_s^{\sigma} > T_o$, ca de exemplu la $M_s^{\sigma_2}$, rezultă :

$$\Delta G_{M_s}^{O-M} = \Delta G_{\sigma, M_s}^{O-M} - G_{T, M_s}^{O-M}$$

În acest caz, la încetarea solicitării mecanice, energia liberă a fazei mamă este mai mică ($\Delta G_{Ms}^{O-M} > 0$) iar martensita formată este termodinamic instabilă.