

**INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA"
TIMISOARA
FACULTATEA DE MECANICA**

SUBU TEOFIL GHEORGHE

TEZA DE DOCTORAT

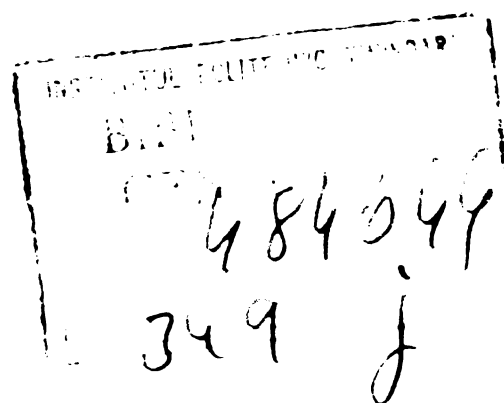
**CONTRIBUTII LA PLACAREA PRIN SUDARE SUB FLUX
CU BANDA**

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

CONDUCATOR STIINTIFIC

**PROFESOR TRAIAN SALAGEAN
MEMBRU CORRESPONDENT AL
ACADEMIEI R.S.R.**

1984



INTRODUCERE

Dezvoltarea accelerată în perioada actuală a unor ramuri industriale (chimică, petrochimică, nucleară) impune fabricarea unor cantități crescînde de materiale metalice compuse (bimetale), la care unul din metale (placajul) are proprietăți semnificativ diferite față de celălalt (suportul sau metalul de bază).

Funcțiile placajului diferă după necesități însă în practică sînt impuse frecvent cerințe privind duritatea, rezistența la coroziune, la uzare și combinații ale acestora.

Utilizarea bimetalilor asigură condițiile impuse privind caracteristicile mecanice și proprietățile speciale ale suprafețelor de lucru, precum și reducerea cheltuielilor de fabricație. Alegerea procedurii de obținere a bimetalilor se face pe baza unor criterii economice în condițiile obținerii unor placaje de calitate. Unul dintre procedeele utilizate la fabricarea bimetalilor este placarea sub flux cu bandă care se aplică în două cazuri distincte :

- pe produsul finit, virole, plăci tubulare, capace funduri etc.,

- pe semifabricate, brame, sleburi care apoi se laminează în vederea obținerii bimetalului.

În primul planul lucrărilor de dezvoltare a procedurii de placare sub flux cu bandă se află în ultimii ani creșterea productivității prin mărirea numărului de benzi ce se topesc sau prin utilizarea unor benzi avînd lățimi mai mari decît cele uzuale (60 mm) și aplicarea unor cîmpuri magnetice suplimentare.

Teza de doctorat reprezintă o sinteză a activității autorului efectuată în cadrul Institutului de Sudură și Incercări de Materiale (I.S.I.M.) Timișoara unde lucrează de peste 13 ani.

Rezultatele cercetărilor și experimentărilor s-au concretizat prin elaborarea unor tehnologii de fabricație a componentelor bimetalice. Acestea oferă baza programului de asimilare în țară a componentelor bimetalice obținute prin procedeul de placare sub flux cu bandă. S-au elaborat mai multe procedee de placare sub flux cu bandă în diferite variante cu aplicabilitate la placarea unor componente din industria nucleară.

În acest cadru s-au dezvoltat tehnologii de placare cu două și trei benzi, proiectându-se și realizându-se în acest scop capete de placare în 3 variante. Au fost stabilite de asemenea procedurile de omologare pentru tehnologiile elaborate.

Autorul aduce mulțumiri conducerii Institutului de Sudură și Încercări de Materiale din Timișoara pentru condițiile excelente create formării sale profesionale și desfășurării activității de cercetare științifică.

1. Variante de placare sub flux cu bandă

Placarea sub flux cu bandă face parte din procedeele de încărcare prin sudare cu arcul electric și în baie de zgură. Metalul de adaos sub formă de bandă se topește sub stratul protector de flux, între bandă și piess ce se încarcă fiind un arc electric.

Încărcarea prin sudare ridică două probleme importante :

- alegerea materialelor de adaos astfel încît metalul depus să corespundă cît mai bine la solicitările impuse,

- folosirea unei tehnologii, care să asigure o bună legătură dintre metalul depus și metalul de bază, o geometrie și o structură corespunzătoare a cusăturilor.

Cercetările și experimentările efectuate, precum și experiența acumulată /1/ arată că un metal de adaos folosit pentru încărcare prin sudare este eficient din punct de vedere economic dacă asigură :

- compoziția chimică prescrisă a metalului depus,
- un domeniu larg de toleranță pentru diluție, fără a favoriza formarea unor compuși fragili sau sensibili la fisurare,
- valori ale caracteristicilor mecanice corespunzătoare solicitărilor din exploatare.

În tabelul 1.1 este dată compoziția chimică a unor tipuri de metale de adaos, modul de folosire al acestora, pentru încărcarea suprafețelor componentelor, iar în tabelul 1.2 caracteristicile metalului depus cu diferite procedee de sudare.

Metalele de adaos utilizate pe plan mondial la placarea cu bandă sînt sub formă de benzi laminare la rece, benzi sinterizate, benzi cu miez pulverulent și benzi turnate.

În timpul procesului de placare benzile se folosesc în cuplu cu diferite fluxuri.

Alegerea cuplului bandă - flux este foarte importantă, și se face în funcție de metalul de bază (pe care se aplică placarea), de metalul depus și de solicitările din exploatarea plăcării. Utilizând diferite cupluri bandă-flux, se obțin plăcări rezistente la coroziune, cavitație, uzare și la combinații ale acestora.

Materialurile de adăos folosite în cadrul acestei lucrări sînt benzi laminare la rece, de dimensiuni uzuale 60 x 0,5 mm, din oțel inoxidabil, care în cuplu cu un anumit flux dau un metal depus rezistent la coroziune.

Variantele de placare sub flux cu bandă cunoscute pe plan mondial sînt :

- cu o bandă
 - fără pendularea benzii,
 - cu pendularea benzii,
 - pe strat de pulbere metalică,
 - cu câmp magnetic suplimentar
- cu două benzi
 - cu descărcare în arc,
 - în baie de zgură,
 - cu o bandă verticală și una culcată pe metalul de bază,
 - cu o bandă verticală și una antrenată în arc electric,
- cu trei și mai multe benzi.

Compararea variantelor de placare ce se prezintă în cele ce urmează impune definirea elementelor geometrice ale plăcării și a parametrilor tehnologici de placare.

Elementele geometrice ale plăcării prezentate în figura 1.1 sînt :

$A = A_1 + A_0$ = secțiunea plăcării, în care

A_1 = secțiunea datorită metalului de adăos și a fluxului, iar

A_0 = secțiunea datorită metalului de bază,

Tabelul 1 1

TIP	Compozitia chimică %									Observații
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	
1A	0,10	1,3	0,75	2,0	—	1,0	—	—	—	OL S cu 2-6% elemente de aliere; se folosesc adesea ca strat de bază pen- tru aliaje înalt aliate
	0,25	0,8	0,50	0,4	0,7	0,6	—	—	—	
	0,20	0,25	0,40	3,25	—	1,0	—	—	—	
	0,35	1,2	0,10	4,0	—	0,5	—	—	—	
	0,55	1,0	—	1,8	—	—	2,25	—	—	
1B	0,70	0,9	0,3	6,5	—	0,8	—	—	—	Similar cu 1A, dar cu aliere mai mare 6-12% și cu carbon ridicat
	0,70	1,0	0,7	3,0	—	4,0	—	—	—	
	0,70	1,2	1,0	5,0	—	0,5	—	—	—	
	2,2	0,4	0,5	5,0	—	—	—	5,0	—	
	3,0	0,7	1,0	3,0	—	—	—	—	—	
	3,4	—	—	4,8	—	—	—	2,4	—	
2A	0,6	0,4	0,7	7	—	0,9	3,5	1,0	—	OL A cu crom 7-16%
	0,5	2,0	1,9	9	—	1,7	—	—	—	
	3,0	2,5	1,0	12	—	1,5	—	—	—	
	1,0	4,0	—	12	—	—	—	—	—	
	3,8	—	—	15	2,0	8,0	—	—	—	
	3,0	—	—	16	6,0	8,0	—	—	—	
2B	0,8	—	—	4,0	—	9,0	—	1,5	—	
	1,0	—	—	0,9	—	15,3	—	—	—	
	1,4	—	—	4,2	—	9,7	—	—	—	
	3,5	—	—	5,0	—	4,0	—	—	—	
	3,6	—	—	—	—	10,0	—	—	—	
2C	0,85	0,5	0,7	4,0	—	5,0	6,0	2,0	—	OL A cu volfram și rezistență la uzură la cald pînă la 600°C
	0,70	0,5	0,7	4,0	—	8,0	2,0	1,0	—	
	0,40	0,5	0,7	4,0	—	8,0	2,0	1,0	—	
2D	0,8	16,0	0,3	0,4	0,4	—	—	—	—	OL A aliate cu Mn și stabilizate cu Ni și Mo; au cea mai bună rezistență la soc
	0,8	14,0	0,8	0,5	—	1,0	—	—	—	
	1,2	12,0	0,6	—	4,8	—	—	—	—	

Tabelul 11 (continuare)

Tip	Compozitia chimică %									Observatii
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	V	Co	
3A	2,7	1,0	1,0	26,0	-	-	-	-	-	Aliaje cu rezistentă foarte bună la soc, eroziune și uzură metal pe metal
	3,0	-	-	18,0	-	16,0	-	1,5	6	
	3,7	1,0	0,8	28,0	-	-	-	-	3	
	4,0	6,0	1,7	29,0	-	-	-	-	-	
	4,0	1,0	1,3	29,0	3,5	-	-	-	-	
3B	2,5	-	-	25,0	12,0	8,0	-	-	-	Similar cu 1A avînd în plus rezistență pînă la 550°C
	4,0	-	4,5	16,0	-	-	-	0,5	-	
	4,0	-	1,0	17,0	6,0	-	-	0,5	-	
	3,4	4,5	0,8	30,0	-	-	-	-	-	
3C	2,3	-	-	16,0	6,0	-	-	-	20,0	Similar cu 3B cu rezistență la cald pînă la 650°C
	3,6	0,6	1,6	15,0	-	3,0	-	-	23,5	
4A	1,0	2,0	0,5	29,0	3,0	1,0	4,0	-	Re	Aliaje neteroase folosite pt. rezistența lor combinată la căldură, coroziune, eroziune și oxidare; intervalul de temperatură optim este 650 - 980°C
	1,3	2,0	1,0	29,0	3,0	1,0	8,0	-	Re	
	2,5	-	-	32,0	-	17,0	-	-	Re	
	2,5	2,0	1,0	30,0	3,0	1,0	12,0	-	Re	
	0,3	-	-	27,0	2,7	5,0	-	-	Re	
4B	0,35	-	3,5	12,0	Re	-	-	-	-	Similar cu 4A, avînd în plus și rezistență la uzură metal pe metal
	0,40	-	4,0	15,0	Re	-	-	-	-	
	0,10	-	-	16,0	Re	17,0	4,5	-	-	
	0,75	-	4,5	15,0	Re	-	-	-	1,0	
4C	2,5	-	-	29,0	39,0	-	14,0	-	8,0	Similar cu 4B avînd intervalul optim de temperatură mai ridicat
	2,5	-	-	25,0	15,0	8,0	-	-	25,0	
	3,7	-	-	16,0	4,0	6,5	-	-	20,0	
5	Particule de carburi de wolfram (38... 60%) în matrice									

Re = restul pînă la 100 %

Tabelul 1 2

Tip	Feiul cum rezistă la						Duritatea depunerii HRC	Procedee de sudare * * *	n _†	Observatii
	1	2	3	4	5	6				
1A	M	E	-	-	-	-	30. 40	SE, SF STG, ST	2 3	
1B	M	B	M	M	-	-	50 60	SE, SF STG, ST	2	Prelucrabil cu plăcute de carburi; rezistentă la uzuri cu șocuri
2A	B	B	M	M	-	-	50 55	SE SF	2	Prelucrabil prin polizare; nu înclină spre fisurare
2B	E	-	E	M	-	-	65	FO	-	-
2C	M	M	B	M	M	E	55 60	SE, FO	-	Se prelucurează mecanic în stare necoaptă; păstrează duritatea pînă la 600°C
2D	B	E	B	E	-	B	-	SE FO	-	Se întărește prin deformare la rece, șocuri, prelucrare dificilă
3A	E	B	E	B	-	-	47 62	SE FO	-	Se prelucurează mecanic în stare recoaptă, rezistă și la oxidare
3B	E	B	B	E	B	M	35. 65	SE FO	-	Se prelucurează cu plăcute de carburi și prin polizare, excelent la temperaturi mari
3C	E	E	M	E	B	M	45 55	SE FO	-	Se prelucurează cu plăcute de carburi, rezistență excelentă a tăișului
4A	V	V	B	B	B	B	35 50	SE FO	-	Se prelucurează cu plăcute de carburi și prin polizare
4B	V	V	B	B	E	B	30. 40	SE FO	-	Se prelucurează cu plăcute de carburi, cel mai bun pentru coroziune și eroziune
4C	E	B	M	M	B	E	-	SE FO	-	Excelente însușiri la temperaturi mari prelucrabile cu plăcute de carburi
5	E	M	B	-	V	V	90. 95	SE FO	-	Prelucrare numai prin polizare destinat mai ales abraziunii pînă la 650°C

*** Semnificatia notatiilor din tabelul 1 2 este următoarea

1 - abraziune, 2 - șocuri, 3 - eroziune, 4 - uzură metal pe metal, 5 - coroziune, 6 - abraziune la cald, E - excelent, B - bine, M - moderat, V - depinde de factori specifici, ⊖ nu rezistă, SE - electrozi înveliți, SF - sub flux, ST - sîrmă tubulară autoprotectoare, STG - sîrmă tubulară în mediu de gaz, FO - flacăra oxigaz, n_† - numărul de treceri

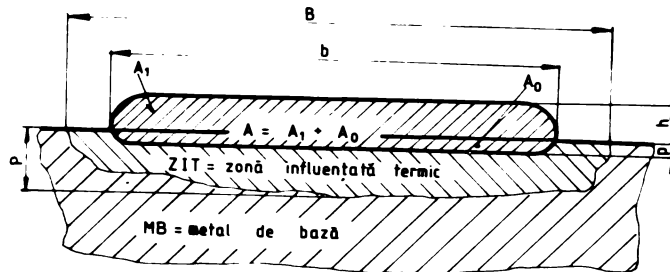


Figura 1.1.

- p = pătrunderea placajului în metalul de bază,
 b = lățimea placajului,
 h = înălțimea placajului,
 P = pătrunderea zonei influențate termic în metalul de bază,
 B = lățimea zonei influențate termic.

În calcule și aplicații practice prezintă importanță participările metalului de bază și metalului de ados la formarea placajului. Participarea metalului de bază "a" la formarea placajului mai poartă denumirea uzuală de diluție și se calculează cu relația :

$$a = \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{\lambda_0}{\lambda_1 + \lambda_0} \quad (1.1)$$

Participarea metalului de ados și a fluxului la formarea placajului "b'" se calculează cu relația :

$$b' = \frac{\lambda_1}{\lambda} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_0} \quad (1.2)$$

Adunarea relațiilor (1.1) și (1.2) are ca rezultat :

$$a + b' = 1 \quad (1.3)$$

La încărcarea prin sudare în vederea recondiționării unei piese uzate sau a fabricării unei piese noi (acoperiri cu metale sau aliaje rezistente la solicitări) este important ca diluția să fie redusă la minim. Prin aceasta se realizează o compoziție chimică a metalului depus foarte apropiată de cea a metalului de adaos. În plus încărcarea devine economică când se depune mult metal de adaos și se topește puțin metal de bază.

Rata depunerii A_D este o mărime caracteristică fiecărei variante de placare și reprezintă cantitatea de metal depus într-o oră.

Parametrii tehnologici ai procedurii de placare sub flux cu bandă se împart în două grupe :

a. Grupa parametrilor tehnologici primari PT1 formată din :

- Curentul de placare I_p , definit drept curentul electric ce trece prin arce în timpul plăcării,

- Tensiunea arcului U_p , definită drept tensiunea electrică a arcelor în timpul plăcării,

- Viteza de placare v_p definită drept viteza de deplasare a arcelor electrice în lungul componentelor ce se plachează ;

b. Grupa parametrilor tehnologici secundari PT2 formată din :

- Natura și polaritatea cu care se livrează energia electrică în arce poate fi alternativă AC, continuă DC, iar în cazul DC există polaritate directă DC^- (electrodul legat la polul negativ al sursei de alimentare) și inversă DC^+ (electrodul legat la polul pozitiv al sursei de alimentare).

- Tensiunea de mers în gol U_0 definită ca tensiunea la bornele sursei de alimentare atunci când arcele electrice nu ard.

Tensiunea de mers în gol depinde de materialele ce asigură protecția arcelor electrice față de aer și, în mod obișnuit, este prescrisă de producătorii acestor materiale.

- Numărul de treceri n_t necesar pentru realizarea înălțimii impuse a placajului ; n_t este determinat de solicitările la care este supus placajul, de metalul de bază și de deformațiile acceptabile.

- Lungimea capătului liber al benzii L_e este determinată de conductibilitatea electrică a benzii și de stabilitatea arderii arcelor electrice.

- Lățimea benzii B_e este determinată de lățimea unui rând de placaj și de forma suprafețelor componentelor ce se plachează.

- Poziția benzii față de normală determinată de forma suprafețelor componentelor ce se plachează.

- Distanța dintre benzi d este determinată de modul de topire al lor : datorită descărcării în arc, în baie de zgură, s-au printr-un proces combinat.

- Înălțimea stratului de flux H este determinată de masa volumică a fluxului.

1.1. Placarea sub flux cu o bandă (P F B 1)

1.1.1. Placarea sub flux cu o bandă fără pendularea benzii

Schema de principiu a procedurii este prezentată în figura 1.2.

Electrodul sub formă de bandă (1) este antrenat spre metalul de bază (MB) (2) prin intermediul rozelor (3). Circuitul electric al unei surse de alimentare cu curent continuu se închide prin contactele (4) și prin MB. Fluxul de placare curge dintr-un rezervor prin două conducte, în fața și în spatele benzii (raportat la direcția de placare).

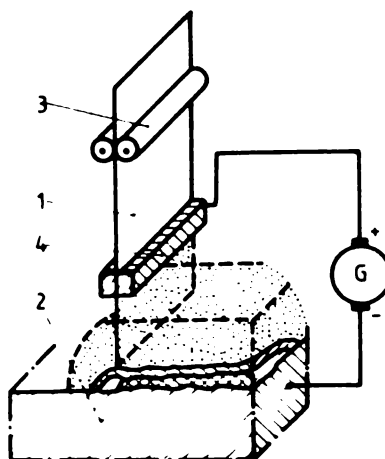


Figura 1.2.

Sub acțiunea căldurii dezvoltată de arcul electric format între MB și bandă, acestea împreună cu fluxul se topesc formând o baie comună. Zgura rezultată din topirea fluxului protejează metalul topit de acțiunea arcului, iar după solidificare formează un strat aderent și compact care ulterior se îndepărtează.

Specifică procedurii de placare sub flux cu bandă este valoarea ridicată a curentului, care în general variază în funcție de dimensiunile benzii și fluxului utilizat. Densitatea de curent pentru benzi de dimensiuni uzuale (60 x 0,5 mm), la curenți de 600-700 A la care procesul de placare este stabil, este relativ mică și are valoarea 20 A/mm² - 25 A/mm².

Dacă în locul benzii de dimensiuni 60 x 0,5 mm s-ar folosi o sîrmă de aceeași secțiune, diametrul d al sîrmei este de 6,17 mm.

Calcularea limitelor curentului de sudare /2/ pentru diametrul de sîrmă cuprinse între 2 și 12 mm, se face cu ajutorul regresiilor :

$$I_L = 162,5 d - 190 \quad (1.4)$$

$$I_U = 13.d^2 + 147 d - 87 \quad (1.5)$$

Inlocuind în aceste relații $d = 6$ rezultă că $I_L = 785$ A și $I_U = 1260$ A, ceea ce arată că o sîrmă avînd diametrul de 6 mm nu arde stabil în intervalul 600-700 A.

In concluzie, folosind sîrmă și bandă de aceeași secțiune pentru arderea stabilă a arcului electric este necesară utilizarea unor curenți mai mari în cazul sîrmei, decît în cazul benzii.

Stabilitatea procesului la placarea sub flux cu bandă se datorește faptului că, arcele nu ard simultan pe secțiunea capătului liber al benzii, ci doar în anumite locuri unde distanța dintre bandă și MB este minimă.

Avantajele procedurii PFB.1 fără pendularea benzii sînt :

- simplitatea echipamentului de placare, care în esență este același ca la sudarea sub flux cu sîrmă,
- numărul mic de parametri ce trebuie controlați,
- pătrundere și diluții mici, care permit în multe cazuri realizarea caracteristicilor prescrise într-o singură trecere,
- repartiție uniformă a elementelor de aliere în placaj și tendință redusă de fisurare la cald,
- productivitate ridicată, rata depunerii A_D poate ajunge la 52 kg/h în cazul benzilor sinterizate,
- posibilitatea de a folosi curenți de placare I_s mult mai mari la densități relativ mici față de placarea cu sîrmă, deoarece gama dimensională a benzilor pentru placare este mult mai largă decît a sîrmelor,
- stabilitatea mai bună a procesului la curenți mai mici decît la placarea cu sîrmă de aceeași secțiune cu a benzii,
- lățime mult mai mare a cusăturilor decît în cazul sîrmei de aceeași secțiune,
- uniformitatea placajului, care în multe cazuri ^{nu} necesită prelucrări ulterioare,
- prețul scăzut al benzii comparativ cu al sîrmei,
- gradul de folosire al metalului de ados este aproape de unitate.

Dezavantajele procedurii FPE.1 fără pendularea benzii sînt :

- placarea se poate executa numai orizontal pe suprafețe plane, cilindrice sau ușor curbate,
- grosimea componentelor ce se pot placa este limitată datorită deformațiilor mari care apar. Prin utilizarea unor benzi de dimensiuni adecvate deformațiile pot fi reduse. Astfel cu bandă de dimensiuni uzuale de 60 x 0,5 mm se pot placa eficient componente avînd grosimi de peste 40 mm și suprafețe cilindrice cu diametrul mai mare de 300 mm,
- gabaritul și forma capului de placare limitează domeniul de aplicare al procedurii.

Spre exemplu, în cazul plăcării circulare a suprafețelor plane, cu benzi de dimensiuni 60 x 0,5 mm, rămîne în centru (figura 1.3) o suprafață ce trebuie plăcată manual cu electrozi învoliți sau prin alte procedee cu sîrmă,

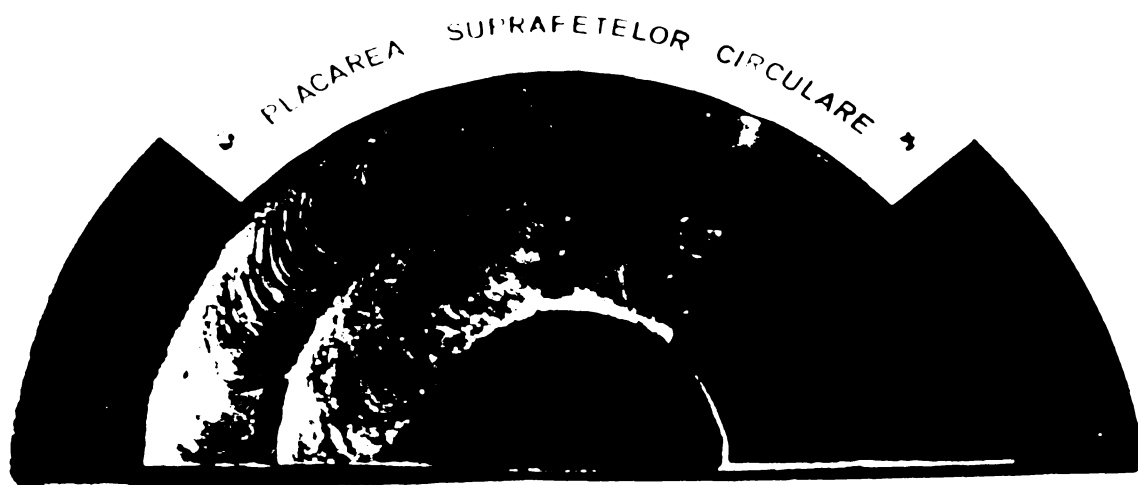


Figura 1.3.

- deformațiile componentelor în timpul procesului de placare cu bandă sub flux sînt mai mari decît la placarea cu sîrmă sub flux,

- nu se pot folosi în general aceleași fluxuri ca la sudarea cu sîrmă, deoarece la placarea cu bandă baia, de metal topit este mai lăță decît la sîrmă.

Tabelul 1.3

Tipul benzii și natura placajului	Dimensiunile benzii	PT1			AD	Consum de bandă pentru un kg metal depus	Placarea unei suprafețe de 1m ² în două treceri							
		I _s A	U _a V	v _s cm/min			Consum energie	Consum bandă	Consum flux	Cantitatea de metal depus	Productivitatea	Înălțimea placajului		
													kWh/m ²	kg/m ²
Benzi laminată la rece pentru placaje rezistente la uzare, coroziune și cavitatie	(25-100) × (0,2-0,7)	200-1350	23-40	10-33	7-20	1,05	—	—	—	—	—	—	—	—
Benzi laminată la rece din oteluri inoxidabile cu conținut scăzut de carbon, rezistente la coroziune	60 × 0,5	600-725	28-30	10-12	12-13,5	1,05	106-136	67-75	60-67	64-72	0,19-0,34	8-9	—	—
Benzi sinterizate pentru placaje rezistente la uzare și coroziune	(30-90) × (0,8-1,2)	360-1800	26-32	10-33	—	1,05-1,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Benzi cu miez pulverulent pentru placaje rezistente la uzare	(14-45) × (3-4)	600-2000	28-42	22-75	24-52	1,05-1,2	—	—	—	—	—	—	—	—

Performanțele procedurii PFB 1 fără pendularea benzii

sînt :

- se plachează mai ales oțeluri nealiate cu puțin carbon, slab aliate și în unele cazuri, chiar oțeluri, inoxidabile, cu benzi din aliaje pe bază de cobalt,

- se pot realiza într-o singură sau mai multe treceri placașe rezistente la coroziune, cavitație, uzare și la combinații ale acestora,

- placarea se face în curent continuu cu polaritate inversă, cu excepția benzilor din aliaje pe bază de nichel (inconel) la care se folosește polaritate directă.

În tabelul 1.3 sînt prezentate date informative referitoare la limitele parametrilor tehnologici (I_s , U_s , v_s) în funcție de tipul și dimensiunile benzilor, natura placașului, și alte date referitoare la placarea unei suprafețe de 1 m^2 .

1.1.2. Placarea sub flux cu pendularea benzii

Principiul acestei variante de placare constă în pendularea transversală a benzii față de direcția de placare, în scopul obținerii unor placașe cu lățimi semnificativ mai mari decît lățimea benzii. Acest lucru este posibil prin formarea unei băi metalice continue pe toată lățimea de pendulare. În figure 1.4 sînt prezentate schematic variante de pendulare a benzii.

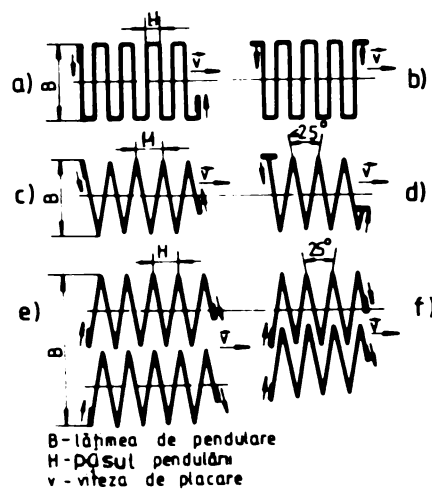


Figure 1.4.

Analizând aceste variante rezultă că, raportat la direcția și sensul de placare, banda ocupă următoarele poziții :

- perpendiculară pe direcția de placare, cazul a,
- paralelă cu direcția de placare, cazurile b și d,
- înclinată cu pantă negativă față de sensul de placare, cazul c,
- înclinată cu pantă pozitivă față de sensul de placare, cazurile e și f.

Amplitudinea oscilațiilor este determinată de dimensiunile benzilor și de lățimea prescrisă a placajului. În cazul aplicării variantei a se pot obține placaje cu lățimi mai mari decât în cazul variantei b, de asemenea și amplitudinea de pendulare în cazul a este mai mare decât în cazul b.

Avantajele procedurii PPB.1 cu pendularea benzii sînt :

- obținerea unor placaje cu lățimea rîndurilor semnificativ mai mare decât lățimea benzii,
- reduce acțiunea cîmpurilor termice asupra MB și ca urmare a acesteia scade diluția,
- se reduc numărul tipodimensiunilor de benzi și se pot utiliza surse de curent cu putere normală.

Dezavantajele procedurii PPB.1 cu pendularea benzii sînt :

- dotarea echipamentului de placare cu dispozitiv de pendulare a benzii, fapt care limitează domeniul de aplicare al procedurii,
- se aplică pe scară largă și în mod eficient numai în cazul placării suprafețelor plane cu aliaje rezistente la uzare și durități ale placajului de 56-62 HRC.

Performanțele procedurii PPB.1 cu pendularea benzii sînt :

- utilizînd benzi cu mîes pulverulent se pot realiza placaje cu lățimea unui rînd de aproximativ 400 mm /3/.

- placarea cu benzi laminare la rece de dimensiuni 30 x 0,5 mm și 60 x 0,5 mm se face cu parametrii tehnologici cuprinși între limitele :

$$I_s = 400 - 1000 \text{ A}$$

$$U_a = 32 - 35 \text{ V}$$

$$v_s = 8 - 40 \text{ cm/min}$$

Viteza de pendulare a benzii = 24 - 132 cm/min

Se folosește curentul continuu cu polaritate inversă.

1.1.3. Placarea sub flux cu bandă pe strat de pulbere metalică

Schema de principiu a procedurii este prezentată în figura 1.5.

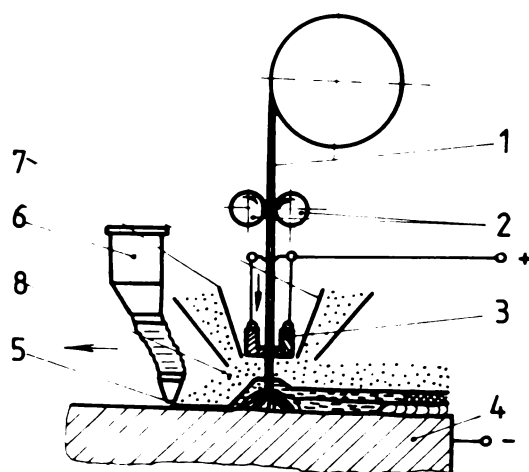


Figura 1.5.

Sub acțiunea căldurii dezvoltată de arcul electric format între MB (4) și banda (1), acestea împreună cu pulbera metalică (5) și fluxul (8) se topesc formând o baie comună. Pulbera metalică curge în fața capului de placare dintr-un dozator⁽⁶⁾ montat pe echipamentul de placare. Cu ajutorul acestui dozator se poate regla înălțimea și lățimea stratului de pulbere.

у 84044
849 j

Pulberea metalică contribuie, pe de o parte la mărirea înălțimii placajului, iar pe de altă parte, reduce pătrunderea în MB, deoarece o parte din energia arcului este utilizată la topirea pulberii.

Avantajele procedurii FPB.1 pe strat de pulbere metalică sînt :

- utilizînd pulberi aliate și benzi laminate la rece din oțel carbon sau slab aliate, se pot obține placaje cu diferite nivele de aliere, de pătrundere și diluție,

- placarea este mai economică decît placarea cu bandă cu pulbere, deoarece se elimină cheltuielile de fabricație a benzilor, placajele fiind similare din punct de vedere calitativ.

Dezavantajele procedurii FPB.1 pe strat de pulbere metalică sînt :

- structură neomogenă a placajului,

- montarea dozatorului de pulbere pe instalația de placare îi mărește gabaritul și limitează domeniul de aplicație,

- placarea se poate executa numai pe suprafețe plane în vederea obținerii de placaje rezistente la uzare.

Performanțele procedurii FPB.1 pe strat de pulbere metalică sînt :

- se pot obține înălțimi ale placajului într-o singură trecere pînă la 8 mm ;

- placarea se face în curent continuu cu polaritate directă iar parametrii tehnologici pentru bandă laminată la rece de dimensiuni 40 x 0,5 mm sînt :

$$I_{\text{a}} = 600 - 700 \text{ A}$$

$$U_{\text{a}} = 28 - 30 \text{ V}$$

$$v_{\text{a}} = 15 \text{ cm/min}$$

Cu acești parametri și cu bandă din oțel slab aliat se obține /4/ un placaj înalt aliat cu crom, avînd duritatea 50-52 HRC.

1.1.4. Placarea sub flux cu bandă și cîmp magnetic suplimentar

Necesitatea folosirii cîmpului magnetic suplimentar la placarea cu o bandă a apărut, ca urmare a utilizării unor benzi, avînd lățimi mai mari de 100 mm, în scopul măririi productivității. Placajele realizate cu aceste benzi au o formă și o geometrie necorespunzătoare. Aceasta se datorește în mare parte micșorării vitezei de deplasare a arcelor pe secțiunea capătului liber a benzii, și acțiunii nefavorabile a suflajului magnetic /5/.

Utilizarea unui cîmp magnetic suplimentar în timpul procesului de placare duce la îmbunătățirea semnificativă a calității placajului /5/, /6/. Efectele favorabile ale cîmpului magnetic se datoresc unor fenomene complexe de interacțiune dintre acest cîmp, cîmpul magnetic propriu al arcului și curentul de placare.

În figura 1.6 este prezentată schema de principiu a procedurii de placare sub flux cu bandă și cîmp magnetic.

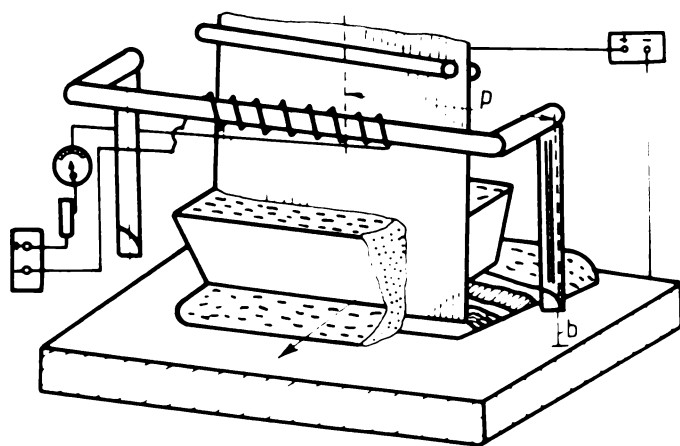


Figura 1.6.

Alimentarea electromagnetului se face de la o sursă tranzistorizată de curent continuu cu o putere efectivă de 100 W. Rezultate bune se obțin cu o inducție de $5 \cdot 10^{-4}$ T, frecvență de magnetizare 2 Hz și curenți de magnetizare cuprinși în intervalul 0,30-0,40 A.

O magnetizare prea puternică duce la supraînălțarea marginilor placajului și la apariția incluziunilor. Influența cîmpului magnetic asupra formei și geometriei placajului este prezentată în figura 1.7 (a, b, c). La folosirea unor parametri de magnetizare adecvați (cazul b) diferența dintre înălțimea placajului la mijloc și

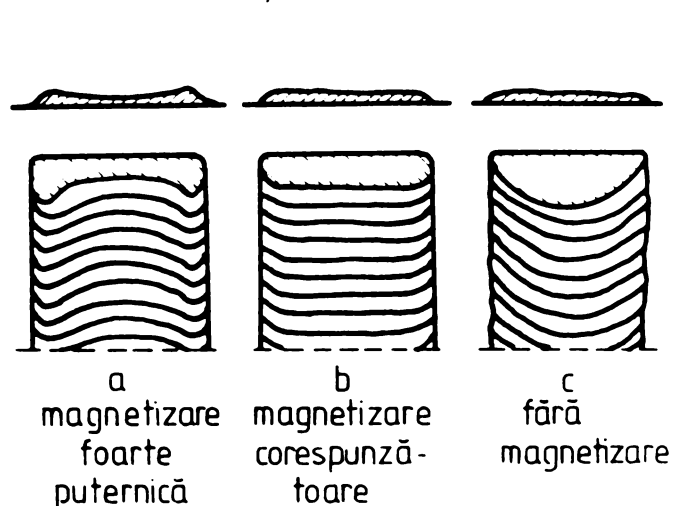


Figura 1.7.

marginii este de aproximativ un milimetru la o pătrundere constantă. Utilizarea unor parametri de magnetizare prea mari, duce la formarea unui placaj cu adîncituri la mijloc (cazul a). Dacă nu se utilizează cîmp magnetic suplimentar marginile placajului sînt aplatizate însă cu o geometrie necorespunzătoare.

Poziționarea în spațiu a polilor electromagnetului față de marginile benzii și MB are o importanță foarte mare asupra desfășurării procesului de placare. Rezultate bune se obțin dacă liniile cîmpului magnetic nu se închid prin aer. Aceasta înseamnă că placarea nu trebuie să înceapă chiar de la marginea MB. Totodată, s-a mai constatat că înclinarea benzii la ieșirea dintre contacte, în sens opus celui de la placare, influențează favorabil aspectul placajului. De asemenea, se recomandă /6/ ca în partea dreaptă a benzii raportat la sensul de placare să se afle polul nord al electromagnetului.

In figura 1.8 sînt prezentate principalele cote de care trebuie să se țină seama la poziționarea electromagnetului.

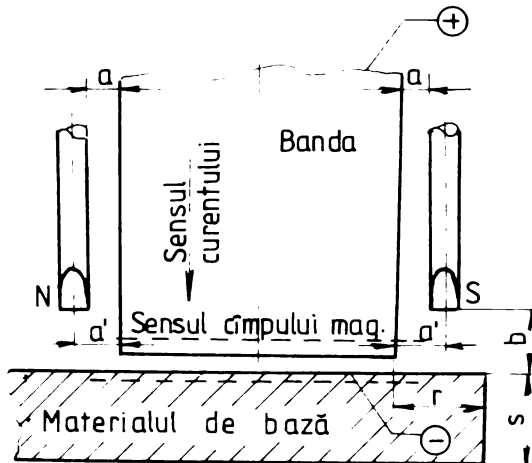


Figura 1.8.

Valorile recomandate pentru aceste cote sînt :

- a = 45 - 50 mm
- b = 15 - 30 mm
- c = 15 - 30 mm
- r = min.55 mm
- s ≥ 60 - 70 mm

Avantajele procedurii PFB.1 și cîmp magnetic sînt :

- productivitatea depunerii este mare fiindcă rata depunerii este înaltă,
- obținerea unor plăci cu lățimea mare a rîndurilor, micșorîndu-se numărul suprapunerilor de rînduri, unde de obicei există posibilitatea de apariție a defectelor.

Dezavantajele procedurii PFB.1 și cîmp magnetic suplimentar sînt :

- domeniul de aplicare este limitat la componente cu grosimi mari $\delta > 60 - 70$ mm,
- necesitatea folosirii unui dispozitiv de magnetizare care mărește gabaritul capului de placare.

Performanțele procedurii PFB.1 și cîmp magnetic suplimentar sînt :

- se pot realiza placaje rezistente la coroziune, cavitație și uzare, cu benzi laminate la rece avînd lățimi de 100 - 200 mm,

- parametrii tehnologici primari PT.1 pentru dimensiunile benzii de 180 x 0,5 mm variază între limitele :

$$I_{\bullet} = 1700 - 1900 \text{ A}$$

$$U_{\bullet} = 26 - 32 \text{ V}$$

$$v_{\bullet} = 8 - 10 \text{ cm/min}$$

Se preferă placarea în curent continuu cu polaritate inversă.

Dacă se plachează cu parametri menționați se obține o rată medie a depunerii $A_D = 44 \text{ kg/h}$.

1.2. Placarea sub flux cu două benzi (PFB.2)

1.2.1. Placarea sub flux cu două benzi și descărcare în arc

Topirea materialelor de adaos și a MB la PFB.2 și descărcare în arc se face de la două surse : arcul electric și căldura dezvoltată în baie de zgură (predominant fiind procesul în arc).

Schema de principiu a procedurii PFB.2 și descărcare în arc este prezentată în figura 1.9.

Cele două benzi (1) legate în circuitul electric al aceleiași surse de curent sînt antrenate simultan spre MB prin intermediul rozelor (2). În apropierea contactelor de curent (3), benzile se despart cu ajutorul unui distanțor (4).

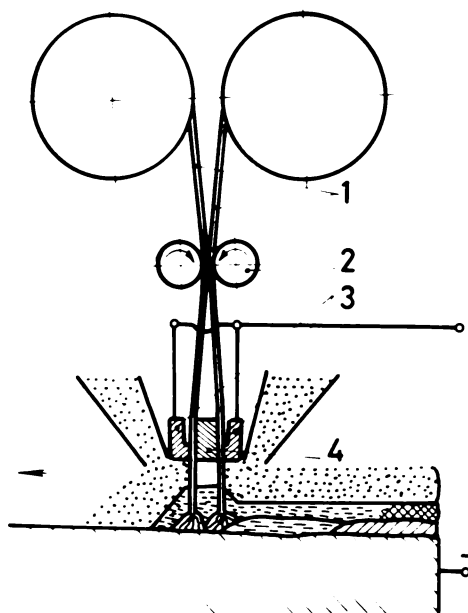


Figura 1.9.

Atât distanțorul, cât și contactele de curent sînt confecționate din cupru rezistent la uzare abrazivă. Alimentarea cu flux se face continuu, acoperind porțiunea din față și din spatele benzilor.

În spațiul dintre cele două benzi ajunge o cantitate mică de flux și, ca urmare, temperatura și fluiditatea zgurii sînt mai ridicate decît a restului zgurii peste care curge în permanență flux. Datorită acestui fapt, zgura fierbinte dintre benzi șuntează curentul ce trece prin ele, favorizînd topirea benzilor contribuind astfel la creșterea productivității procedeului. Acest fenomen este similar cu cel de la sudarea în baie de zgură. Efectul Joule s-a evaluat prin întreruperea curentului timp de 0,5 secunde, măsurîndu-se valoarea curentului care trece prin zgură imediat după reconectare. Măsurătorile efectuate /7/ au evaluat participările procentuale ale curenților de sudare la efectul Joule pentru trei procedee de placare. Rezultatele sînt următoarele : 60% din valoarea curentului trece prin zgură la procedeul PFB.2 cu desoărcare în arc, 30% la placarea cu o bandă și 10 - 15% la placarea cu sîrmă. În figura 1.10 este prezentată

oscilograma înregistrată a curentului și tensiunii în timpul procesului de placare. Porțiunile din diagramă cu variații

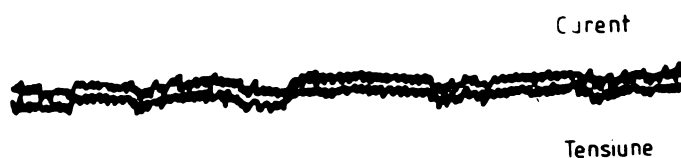


Figura 1.10.

foarte mici ale curentului sînt caracteristice pentru topirea benzilor în baie de zgură prin efectul Joule. Participarea efectului Joule în procesul de topire duce la scăderea energiei disponibile pentru topirea MB și, ca urmare, seade pătrunderea economică cu creșterea cantității de metal topit din benzi. Acest fapt poate duce, fie la creșterea înălțimii placajului, fie la mărirea vitezei de placare.

Avantajele procedurii PFB.2 cu descărcare în arc sînt:

- productivitate mai ridicată ca la placarea cu o bandă
rata depunerii poate ajunge la 25 kg/h, dacă se folosesc benzi de dimensiuni 60 - 0,5 mm ,

- viteza de placare este mai mare decît la placarea cu o bandă de aproximativ 2,5 ori, la o creștere a curentului de 1, 3 ori ,

- diluția este mai mică ca la procedurii PFB.1.

Dezavantajele procedurii PFB.2 cu descărcare cu arc sînt :

- grosimea componentelor ce se pot plasa este limitată inferior la valori mai mari comparativ cu placarea cu o bandă,

- sursele de alimentare sînt foarte puternic solicitate la amorsarea arcului,

- nu se pot utiliza întotdeauna aceleași fluxuri ca și la placarea cu o bandă,

- uzarea unor componente ale capului de placare (piesa distanțieră, contacte etc.) influențează nefavorabil procesul de placare.

Performanțele procedurii PFB.2 cu descărcare în arc sînt :

- se plachează mai ales oțeluri nealiatate cu puțin carbon și slab aliate,

- se pot realiza într-o singură sau mai multe treceri aliaje rezistente la coroziune, cavitație, uzare și combinații ale acestora.

Parametrii tehnologici pentru²benzi de dimensiuni 60 x 0,5 mm laminate la rece (din oțeluri inoxidabile cu conținut scăzut de carbon), rezistente la coroziune sînt :

$$I_g = 1200 - 1300 \text{ A}$$

$$U_g = 31 \pm 1 \text{ V}$$

$$v_g = 28 - 30 \text{ cm/min}$$

Placarea se face cu curent continuu cu polaritate inversă.

Executînd placaje în două treceri cu parametri menționați, se obțin următoarele /8/ :

- rata depunerii $A_D \approx 25 \text{ kg/h}$
- înălțimea placajului $\approx 8 \text{ mm}$
- cantitatea de metal depus/ $1 \text{ m}^2 \approx 63 \text{ kg}$
- consumul de bandă/ $1 \text{ m}^2 \approx 66 \text{ kg}$
- consumul de flux/ $1 \text{ m}^2 \approx 46 \text{ kg}$
- consumul de energie/ $1 \text{ m}^2 \approx 92 \text{ kWh}$
- productivitatea $\approx 0,85 \text{ m}^2/\text{h}$

1.2.2. Placarea cu două benzi în baie de zgură

Schema de principiu a procedurii de placare cu două benzi în baie de zgură este identică cu cea prezentată la placarea cu două benzi și descărcare cu arc (figura 1.9).

Încălzirea și topirea benzilor se face numai prin transmiterea căldurii de la zgura lichidă care ajunge între benzi la înălțimea de 20-30 mm de-asupra MB.

Descărcarea în arc este înlocuită în întregime cu efectul Joule în baie de zgură la o distanță dintre benzi de 18 - 20 mm.

Transferul de metal se face sub formă de picături fine fără scurtcircuitări. Procedul de placare cu două benzi în baie de zgură duce la mărirea eficienței de încălzire și topire a benzilor comparativ cu placarea cu două benzi și descărcarea cu arc.

Caracterul fără arc al procedurii este prezentat în oscilograma din figura 1.11 unde se văd numai oscilațiile datorită redresorului de sudare.

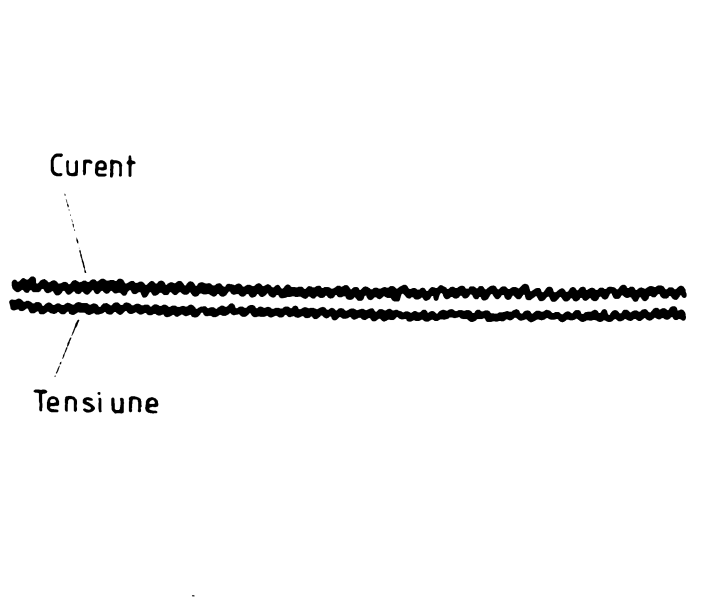


Figura 1.11.

O influență mare asupra desfășurării procesului de placare îl are intervalul dintre benzi. La intervale prea mici baia de zgură dintre benzi se supraîncălzește, fierbe și ca urmare, apare arcul electric. La mărirea excesivă a intervalului dintre benzi, suprafața băii crește, temperatura zgurei scade, iar rezistența electrică a acesteia se micșorează, fapt care duce la apariția arcului electric. Din experiențe /9/ s-a constatat că, la distanțe între benzi de 18 -20 mm, topirea benzilor are loc în exclusivitate datorită efectului Joule. Desfășurarea procesului de placare cu două benzi în baie de zgură este influențat de fluxurile utilizate. Procese stabile se obțin dacă se folosesc fluxuri /1/, /9/ cu un conținut ridicat de CaF_2 (60...95%) și conținut scăzut de siliciu. Aceste fluxuri asigură o conductibilitate electrică ridicată în stare topită și o capacitate redusă de oxidare.

Cu aceste fluxuri se pot realiza placaje având margini drepte, treceri line spre MB, o pătrundere minimă și o suprafață netedă.

Stabilitatea procesului de placare cu două benzi în baie de zgură mai depinde în mare măsură de oxidarea carbonului din bandă /10//11/. La un conținut de 0,1% C în benzi, procesul de placare este stabil, în timp ce la un conținut de 0,7 % C în benzi, stabilitatea procesului este nesatisfăcătoare. Oxidarea carbonului și diluția la PFB.2 în baie de zgură sînt mai mici decît la procedeul PFB.2 și descărcare în arc.

Avantajele procedeului PFB.2 în baie de zgură sînt :

- productivitatea depunerii este mare, rata depunerii A_D este de peste 30 kg/h pentru lățimi de benzi de 100 mm,
- pătrunderea în MB și consumul de flux sînt mai mici decît la procedeul PFB.2 cu descărcare în arc.

Dezavantajele procedeului PFB.2 în baie de zgură sînt :

- compoziția chimică și aspectul placajului sînt neuniforme comparativ cu PFB.2 și descărcare în arc, fapt care limitează domeniul de aplicabilitate al procedeului ,

- înălțimea placajului într-o trecere este mai mică ca la PFB.2 și descărcare în arc.

Performanțele procedurii PFB.2 în baie de zgură sînt:

- se plachează mai ales oțeluri nealiate cu puțin carbon, în special cu aliaje rezistente la uzare,

- procedeul poate înlocui cu succes placarea suprafețelor cu table sudate de MB, pe întreg conturul.

Parametrii tehnologici pentru două tipuri de benzi /9/ sînt :

a. benzi sinterizate inoxidabile cu conținut scăzut de carbon și dimensiuni 60 x 1 mm :

$$I_s = 1300 \text{ A}$$

$$U_s = 32 - 33 \text{ V}$$

$$v_s = 29 - 30 \text{ cm/min}$$

b. benzi laminate la rece din oțel inoxidabil cu conținut scăzut de carbon și dimensiuni 60 x 0,5 mm

$$I_s = 1200 - 1300 \text{ A}$$

$$U_s = 31 \pm 1 \text{ V}$$

$$v_s = 25 - 26 \text{ cm/min}$$

În ambele cazuri, s-a lucrat cu distanța dintre benzi de 18 - 19 mm, iar lungimea liberă a benzii 35 mm.

Placajele realizate cu acești parametri în trei treceri au înălțimea de 7 - 8 mm.

1.2.3. Placarea sub flux cu două benzi dintre care una este culcată pe metalul de bază

Schema de principiu a procedurii este prezentată în figura 1.12.

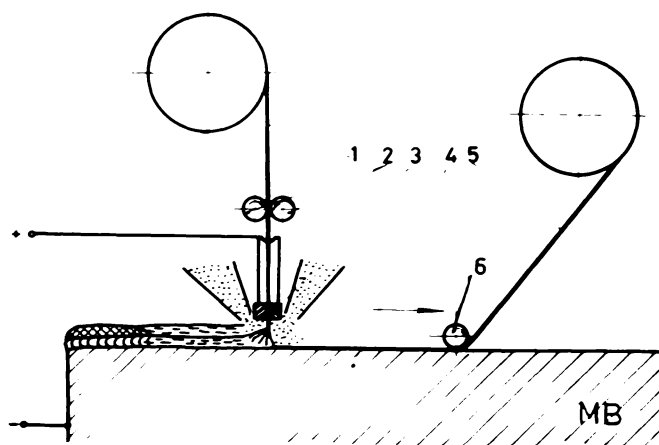


Figura 1.12.

Banda (5) nelegată în circuitul de sudare este culcată pe MB cu ajutorul rolei (6). Banda verticală (1) legată în circuitul electric de sudare prin contactele de curent (3) este antrenată spre MB (4) prin intermediul rozelor (2). Arcul electric format între banda (1) și MB, topește fluxul și benzile într-o baie comună. Mărirea grosimii sau a numărului de benzi culcate are ca efect creșterea cantității de metal de adaos topit. Această mărire este posibilă numai până la o anumită limită, care depinde de bilanțul termic din arc. Făcând o repartiție a căldurii folosită în procesul de topire, se obține egalitatea :

$$Q = Q_B + Q_F + Q_{MB} \quad 1.6$$

unde :

Q_B = căldura necesară topirii benzilor,

Q_F = căldura necesară topirii fluxului,

Q_{MB} = căldura necesară topirii MB.

Limita superioară teoretică pentru grosimea și numărul benzilor culcate este atinsă când pătrunderea în MB devine egală cu zero, deci căldura din arc a fost folosită în întregime pentru topirea benzilor și al fluxului ($Q_{MB} = 0$).

În realitate însă pentru a avea o bună legătură între metalul depus și MB trebuie să se topească, atât metalul de adaos, cât și MB, deci $Q_{MB} > 0$.

Avantajele procedurii PFB.2 cu bandă culcată pe

MB sînt :

- creșterea înălțimii placajului concomitent cu reducerea diluției datorită benzii culcate care poate să participe la formarea placajului în proporție de pînă la 35%.

folosind benzi culcate de diferite grosimi se pot realiza într-o singură trecere placaje avînd înălțimi de 6-3 mm, iar diluții sub 10%, /8/.

- realizarea compoziției chimice prescrise a placajului din prima trecere, prin utilizarea unor benzi verticale și culcate de diferite compoziții chimice,

- economii importante de materiale, manoperă și energie, la componente la care înălțimea impusă a placajului se realizează într-o singură trecere, față de două treceri prin procedul PFB.1.

Dezavantajele procedurii PFB.2 cu bandă culcată

sînt :

- există pericolul apariției defectelor la suprapunerea rîndurilor, în special, cînd se lucrează cu benzi culcate și verticale de aceleași lățimi,

- nu se poate aplica la placarea suprafețelor circulare.

Performanțele procedurii PFB.2 cu bandă culcată pe

MB sînt :

- se pot placa suprafețe plane, cilindrice în special cu benzi laminate la rece, obținîndu-se placaje rezistente la coroziune, uzare și combinații ale acestora.

Se plachează în curent continuu cu polaritate inversă. Parametrii tehnologici primari PT.1 în cazul placării cu două benzi inoxidabile laminate la rece de dimensiuni 60 x 0,5 mm sînt :

$$I_{\bullet} = 700 - 750 \text{ A}$$

$$U_{\bullet} = 29 \pm 1 \text{ V}$$

$$v_{\bullet} = 12 \text{ cm/min}$$

Executând plăcaje într-o singură trecere cu parametrii enunțați, se obțin următoarele rezultate /8/ :

- rata depunerii $A_p = 12 \text{ kg/h}$
- înălțimea plăcajului 6-8 mm
- cantitatea de metal depus / $1 \text{ m}^2 = 50 \text{ kg}$
- consumul de bandă / $1 \text{ m}^2 \approx 53 \text{ kg}$
- consumul de flux / $1 \text{ m}^2 \approx 35 \text{ kg}$
- consumul de energie / $1 \text{ m}^2 \approx 30 \text{ kWh}$
- productivitatea $\approx 0,43 \text{ m}^2/\text{h}$

1.2.4. Placarea sub flux cu două benzi dintre care una este antrenată în arcul electric

Schemă de principiu a procedurii este prezentată în figura 1.13.

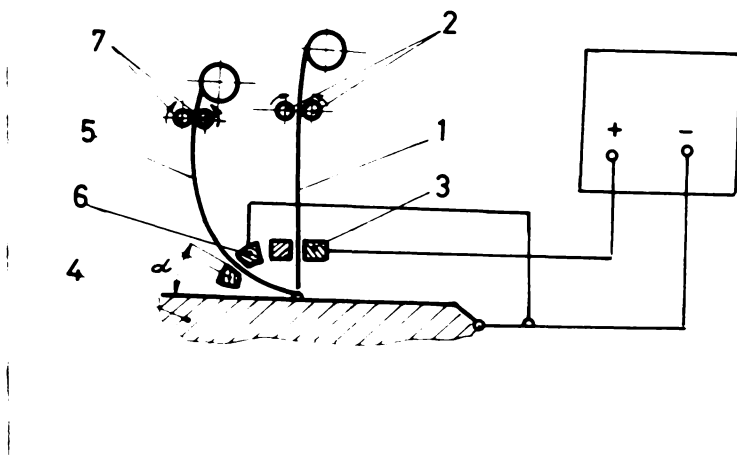


Figura 1.13.

Bandă verticală (1) legată în circuitul electric al unei surse de curent continuu prin contactele electrice (3) este antrenată de roțile (2). Banda (5) legată la același pol cu MB (4), prin contactele electrice (6) este antrenată oblic cu un unghi $\alpha = 15-30^\circ$ de către roțile (7). Arcul electric format între bandă (1) și MB, respectiv banda (5) topește benzile, fluxul și MB într-o baie comună.

Avantajele procedurii PFB.2 cu bandă antrenată în arc se datoresc posibilităților de variație în limite largi a vitezei de avans a benzii oblice (16 cm/min - 37 cm/min). În funcție de aceste viteze se obțin :

- înălțimea placajului într-o singură trecere mai mare decât la toate procedeele de placare prezentate ;

- productivitatea mai ridicată decât la procedurii PFB.2 cu descărcare în arc și cu bandă culcată deci și rata depunerii este mai înaltă,

- lățimea unui rând de placaj este semnificativ mai mare decât lățimea benzilor ,

- posibilitatea de apariție a defectelor la suprapunerea rândurilor este mai redusă ca la PFB.2 cu descărcare în arc și cu bandă culcată.

Dezavantajele procedurii PFB.2 cu bandă antrenată în arcul electric sînt :

- dotarea capului de placare cu un sistem de antrenare a benzii suplimentare, fapt care mărește gabaritul acestui limitînd domeniul de aplicație al procedurii,

- stabilirea parametrilor tehnologici de placare impune un număr mare de experimentări.

Performanțele procedurii PFB.2 cu bandă antrenată în arc sînt : se pot placa suprafețe plane, cilindrice cu benzi laminare la rece și sinterizate, obținîndu-se placaje rezistente la coroziune, uzare și combinații ale acestora. Parametrii tehnologici pentru benzi sinterizate de dimensiuni 60 x 1 mm (cea verticală) și 50 x 1 mm (cea antrenată) sînt cuprinși în limitele

$$I_a = 750 - 1200 \text{ A}$$

$$U_a = 30 - 32 \text{ V}$$

$$v_a = 16 \text{ cm/min}$$

Lucrând cu acești parametri și cu o viteză de avans a benzii antrenate cuprinsă în intervalul 16 cm/min - 87 cm/min, se obțin placașe într-o trecere /12/ cu dimensiunile unui rând de 60 x 4 mm - 72 x 3 mm la o rată de depunere $A_D = 18 - 50$ kg/h.

Se plachează în curent continuu cu banda verticală la polul pozitiv, iar cea antrenată la polul negativ.

1.3. Placarea sub flux cu mai multe benzi

Principiul procedurii de placare cu mai multe benzi constă în așezarea benzilor de așa manieră încît să formeze o baie comună. În figura 1.14 este prezentată schema de principiu pentru placarea cu 7 benzi.

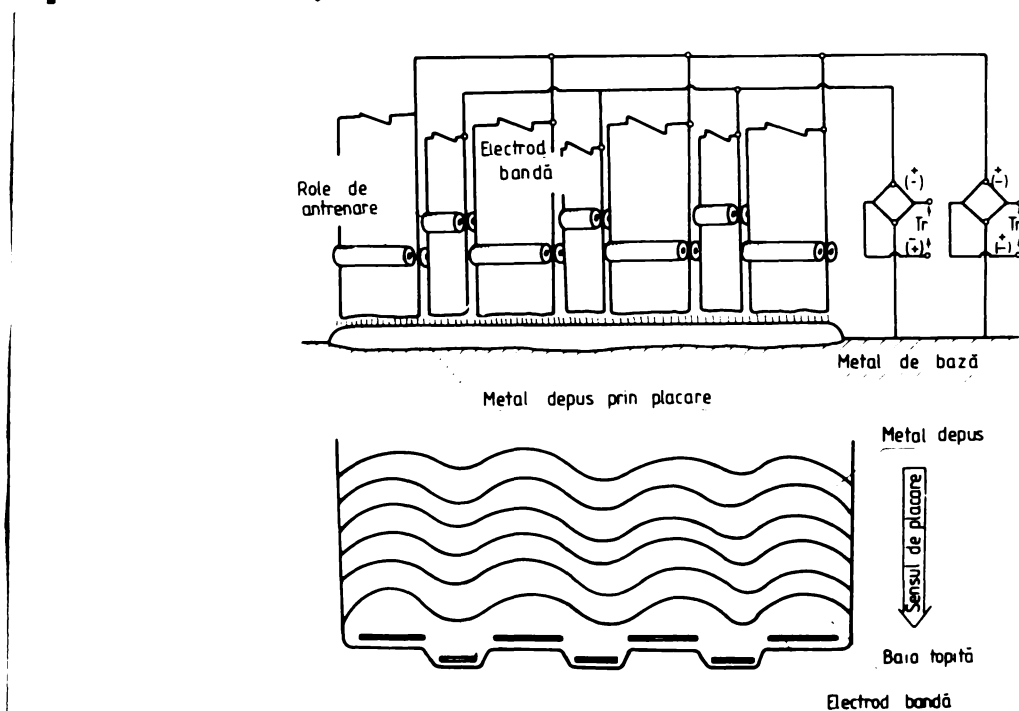


Figura 1.14.

Se pot obține placașe corespunzătoare dacă se folosesc benzi de lățimi diferite și decalate în trepte. Este de preferat ca benzile mai late să fie legate la polul negativ al sursei de alimentare, iar benzile mai înguste la polul pozitiv /13/.

Deși s-au obținut unele rezultate /1/ satisfăcătoare, procedeul nu se aplică frecvent în practică.

In vederea departajării variantelor de placare s-au stabilit punctaje pe baza unor criterii prezentate in tabelul 1.4. Situația punctajelor pe variante de placare este prezentată in tabelul 1.5.

Concluzii

Analizind in ansamblu variantele de placare sub flux cu bandă, din punct de vedere al posibilităților de placare a unor componente din industria chimică, nucleară, cu aliaje rezistente la coroziune (folosind benzi laminate la rece de dimensiuni 60 x 0,5 mm) rezultă următoarele :

Procedeul de placare cu două benzi in variantele : cu descărcare cu arc, cu bandă eulcată pe MB, cu bandă antrenată in arc este cel mai avantajos pentru placarea acestor componente din următoarele motive :

1. Asigură o productivitate ridicată cu rata depunerii A_D înaltă.

2. Diluția este mai mică comparativ cu celelalte variante de placare.

3. Înălțimea placajului într-o trecere poate ajunge pînă la 8 mm, fapt care permite realizarea compoziției chimice impuse chiar din primul stret, prin folosirea unor benzi de compoziție chimică adecvată.

4. Compoziția chimică a placajului este omogenă, iar denivelările între rinduri nu depășesc 0,5 mm.

5. Consumul de energie, materiale și manoperă este mai redus decît la celelalte variante de placare.

Tabelul 14

Date tehnice		Punctaj
Rata depunerii A_D [kg/h]	10 - 15	1
	15 - 20	2
	20 - 25	3
	25 - 30	4
	peste 30	5
Înălțimea depunerii l într-o trecere [mm]	3 - 4	1
	4 - 5	2
	5 - 6	3
	7 - 8	4
Consum de energie pe un metru pătrat suprafață placată [kWh / m ²]	30 - 50	10
	50 - 70	8
	70 - 90	6
	90 - 110	4
	110 - 130	3
	130 - 150	2
	peste 150	1
Diluția [%]	12 - 15	8
	10 - 12	10

Tabelul 1.5

Procedeu de placare	Variante de placare	Parametrii tehnologici						Rata depunerii AD		Înălțimea depunerii		Consum de energie		Diluția		Grad de complexitate Punctaj	Total puncte
		I _s A	U _a V	v _s cm/min	Lățimea depunerii mm	Număr de treceri	Dimensiunile benzii mm	kg/h	Punctaj	mm	Punctaj	kwh m ²	Punctaj	%	Punctaj		
CU O BANDA	Fără pendularea benzii	650	29	11	50	2	60 × 0,5	12	1	8	1	120	3		10	23	
	Cu pendularea benzii	1000	35	10	200	2	60 × 0,5	28	4	6	1	70	8	12-15	2	23	
	Pe strat de pulbere metalică	700	30	15	40	1	40 × 0,5	19	2	7	4	70	8		3	25	
	Cu câmp magnetic suplimentar	1800	29	9	170	2	180 × 0,5	29	4	9	2	140	2		1	17	
CU DOUA BENZI	Cu descărcare în arc	1250	31	28	50	2	60 × 0,5	25	3	8,5	2	92	4		9	28	
	În bare de zgură	1250	31	26	50	3	60 × 0,5	18	2	8	1	174	1	10-12	9	23	
	Cu o bandă verticală și una culcată pe MB	750	28	12	50	1	60 × 0,5	12	1	8	4	30	10		8	33	
	Cu o bandă verticală și una antrenată cu arcul electric	1200	32	16	72	1	60 × 1	50	5	8	4	63	8		8	35	

2. Fenomene electrice și magnetice la placarea sub flux cu bandă

Comportarea arcului electric pe secțiunea capătului liber al benzii este rezultatul acțiunii unor fenomene complexe electrice, magnetice, chimice, gazodinamice care influențează :

- rata depunerii A_D ,
- formarea picăturilor și transferul acestora în baia topită,
- pătrunderea în MB și diluția metalului depus cu MB ,
- procesele fizico-chimice ce apar la contactul dintre picătura de metal topit din bandă și fluxul de placare.

2.1. Arderea arcului electric și topirea benzii

Fenomenele care au loc la amorsarea arcului electric în cazul plăcării cu bandă sub flux, avînd component principal bioxidul de siliciu, sînt prezentate în diagramele din figura 2.1 /1/.

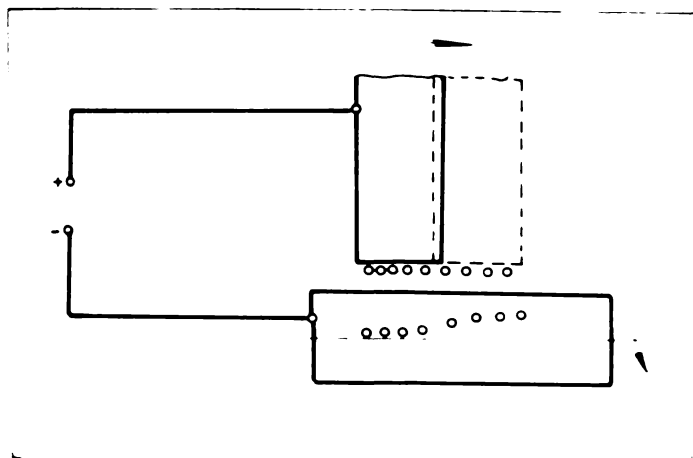


Figura 2.1.

Analiza oscilogramelor arată că topirea benzii începe odată cu stabilizarea tensiunii de la valoarea U_{co} la valoarea U_s după $12 \cdot 10^{-3}$ secunde de la amorsarea arcului. Pe măsura topirii benzii lungimea arcului crește, iar tensiunea devine mai mare.

Penomenele care apar la topirea capătului liber al benzii au fost evidențiate experimental prin două metode /14/:

- cu ajutorul unor epruvete cilindrice din oțel de 90 mm diametru care au fost rotite cu diferite viteze în timpul procesului de placare,

- prin filmări rapide ale procesului de placare.

Experimentările au constatat din încărcarea cu arc vibrator a epruvetelor cu benzi de dimensiuni 10 x 0,4 mm și 20 x 0,2 mm.

Analiza epruvetelor încărcate a arătat că la anumite viteze de rotație ale acestora, transferul metalului de la bandă spre epruvete are loc sub formă de picături mici izolate fără a forma un strat compact (figura 2.2.).

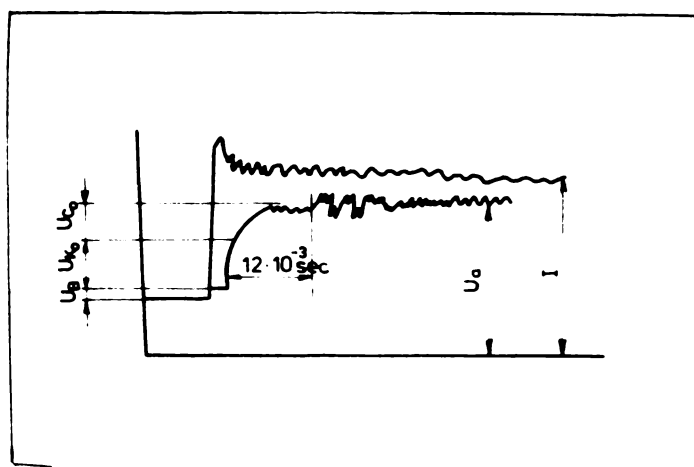


Figura 2.2.

Acest fapt, precum și modul de distribuție al picăturilor pe suprafața epruvetelor au dus la concluzia că topirea benzii pe toată lățimea ei are loc datorită arderii simultane a mai multor arce. În cazul benzilor de dimensiuni 10 x 0,4 mm ard simultan 3-4 arce a căror succesiune de apariție respectă o anumită regulă. Arcele în număr de 3-4 apar la una din marginile benzii, apoi se mută la cealaltă și procesul se repetă.

Experimentările făcute cu benzi de dimensiuni 20x0,2 mm au arătat că regula de apariție a arcelor se schimbă.

Topirea benzii pe toată secțiunea capătului liber are loc datorită formării unui număr de 5-6 arce, fiecare descărcare avînd loc ca urmare a descărcării precedente. Studiarea mai aprofundată a fenomenelor s-a făcut prin filmări rapide cu frecvența de 2800 - 3000 cadre/s, înregistrîndu-se pe oscilograme variațiile curentului și ale tensiunii. Evaluarea rezultatelor a scos în evidență că există o anumită regulă de apariție și deplasare a arcelor pe secțiunea capătului liber al benzii banda topindu-se mai mult în jurul axei de simetrie (figura 2.3.).

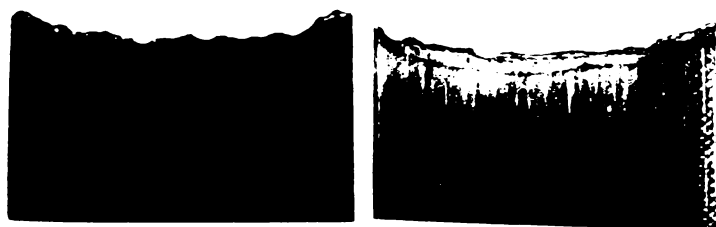


Figura 2.3.

În cele mai frecvente cazuri, topirea benzii are loc după mai multe descărcări. Ele apar în porțiunea centrală a benzii după care se mută la stînga sau la dreapta, topind și marginile benzii. Această regulă a fost constatată pentru benzi avînd lățimi de minim 20 mm. În cazul proceselor de placare cu benzi mai late de

20 mm, regula de formare a arcelor este în general aceeași însă în timpul procesului de placare apar și unele particularități. Topirea fiecărei margini a benzii are loc după apariția a trei-patru arce (Uneori chiar cinci) succesive, iar partea centrală este topită de unul sau două arce.

În cazuri izolate, s-a observat deplasarea arcelor după un singur impuls pe toată lățimea benzii. Uneori, se crează condiția pentru apariția simultană a două arce datorită ruperii punților de metal lichid situate la anumite distanțe între ele. Din fotografiile relese că aceste punți au dimensiuni egale și se rup simultan, sau la intervale foarte scurte de timp. Acest fapt crează condiții pentru apariția a două arce, care se pot uni în unul singur. Durata arderii simultane a mai multor arce este cuprinsă între 0,001 s - 0,015 s /15/.

Datorită faptului că tensiunea arcului și curentul de placare au un rol determinant în procesul de formare și transfer al picăturilor, în cele ce urmează se studiază influența acestor parametri asupra fenomenelor ce au loc la topirea capătului liber al benzii.

În diagrama din figura 2.4 este prezentată influența curentului de placare asupra frecvenței de pendulare f_a și a duratei de menținere t_a a arcului pe secțiunea capătului liber al benzii. Placarea s-a executat cu bandă din oțel slab aliat de dimensiuni 14 x 0,5 mm, $U_a = 30 - 32V$ și mediu de amestec de gaze Ar-CO₂-O₂.

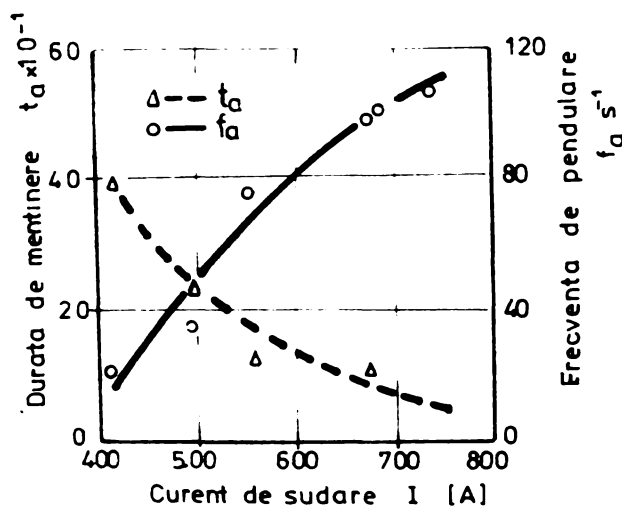


Figura 2.4.

Analiza diagramei arată că la creșterea curentului crește frecvența de pendulare a arcului f_a , iar durata de menținere a acestuia t_a pe secțiunea capătului liber al benzii scade.

Creșterea frecvenței de pendulare a arcului are ca efecte mărirea ratei depunerii A_D și micșorarea pătrunderii în MB. Datele din literatura de specialitate /16/, /17/, /18/, /19/ /20/ menționează că f_a pentru benzi de grosimi de 0,5 mm și lățimi de 60 mm, 90 mm, 120 mm, 150 mm este aproximativ de 2,5 Hz, 1,3 Hz, 1,4 Hz și 1,2 Hz. Frecvența de pendulare a arcului influențează viteza de deplasare a lui. La plascarea sub flux cu bandă viteza de deplasare a arcului pe secțiunea benzii variază în intervalul 0,4 - 4,2cm/s.

Influența polarității curentului asupra frecvenței f_p și a masei medii m_p a picăturilor este prezentată în diagramele din figura 2.5 (a și b). În cazul "a" s-a lucrat cu polaritate

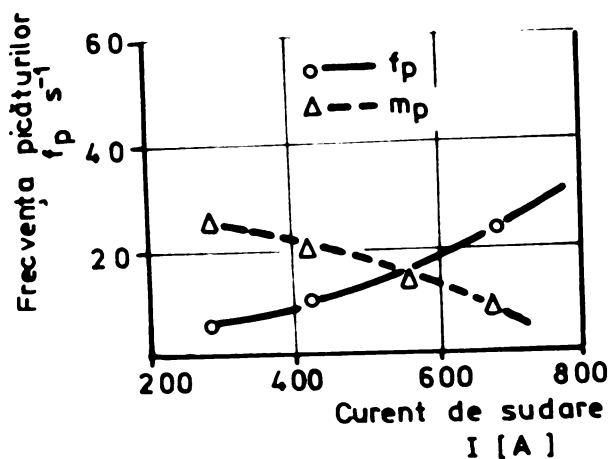


Figura 2.5.a.

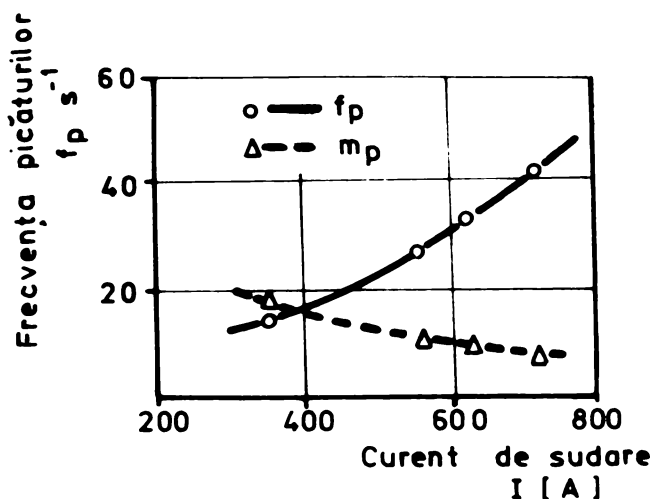
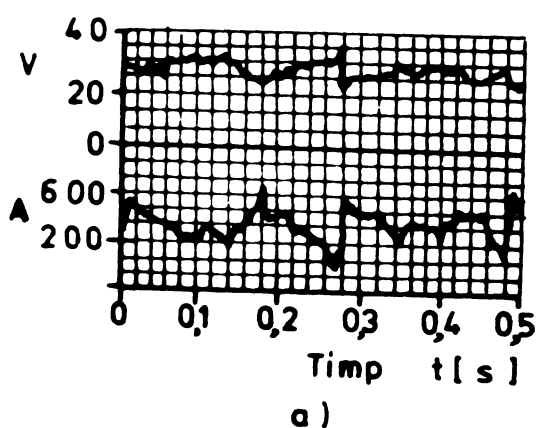


Figura 2.5.b.

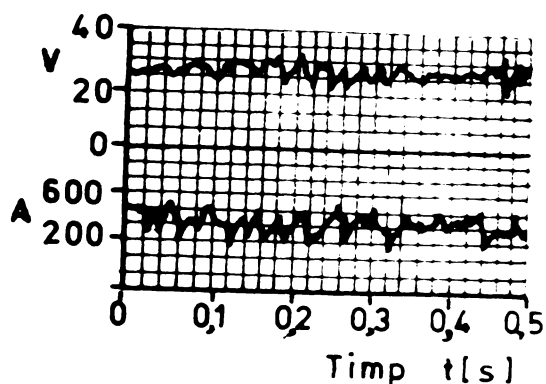
directă banda fiind din oțel slab aliat cu dimensiunile de 25 x 0,6 mm și $U_a = 32$ V. În cazul "b" s-a lucrat cu polaritate inversă, bandă fiind din oțel austenitic cu dimensiunile de 60 x 0,5 mm și $U_a = 33 - 35$ V. În ambele cazuri a fost utilizat un flux acid cu fluoruri.

Analiza diagramei arată că, atât la polaritate directă, cât și la polaritate inversă creșterea curentului are ca efect creșterea frecvenței f_p a picăturilor și scăderea masei lor medii m_p .

Influența polarității curentului asupra stabilității procesului de placare este prezentată în diagramele din figura 2.6 (a și b).



a)



b)

Figura 2.6.a.

Figura 2.6.b.

În cazul "a" s-a lucrat cu polaritate inversă iar în cazul "b" cu polaritate directă. Alura oscilogramelor curentului și tensiunii înregistrate și prezentate în figura 2.6, arată procesul este mai stabil la polaritate inversă decât la polaritate directă. Acest fapt se datorește temperaturii mai ridicate cu aproximativ 500°C a coloanei arcului la polaritate inversă decât la polaritate directă.

Influența tensiunii arcului asupra frecvenței de pendulare f_p și a duratei de menținere t_g a arcului pe secțiunea capătului liber al benzii este prezentată în figura 2.7.

Experimentările de placare s-au făcut cu bandă din oțel slab aliat de dimensiuni $14 \times 0,5$ mm la $I_g = 500-550$ A în mediu de amestec de gaze $\text{Ar-CO}_2\text{-O}_2$.

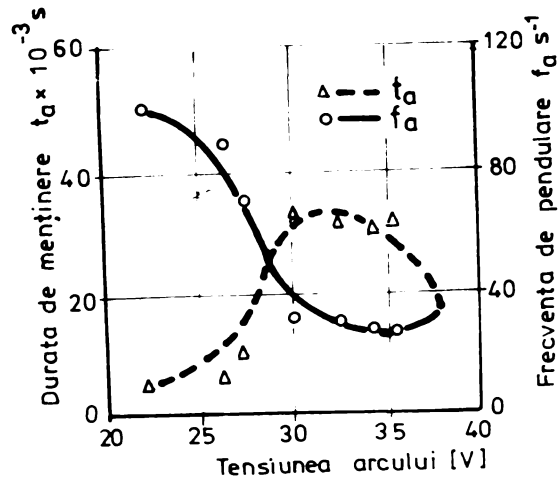


Figura 2.7.

Creșterea tensiunii arcului are ca efecte :

- scăderea bruscă a frecvenței de pendulare f_p a arcului pînă la $U_a \sim 28 V$, apoi urmează o scădere lentă pînă la $U_a \sim 32 V$ după care începe din nou să crească,
- creșterea duratei de menținere t_a a arcului pînă la $U_a \sim 32 V$ după care începe să scadă.

Influența tensiunii arcului asupra masei medii a picăturilor m_p și a frecvenței f_p a picăturilor este prezentată în diagrama din figura 2.8.

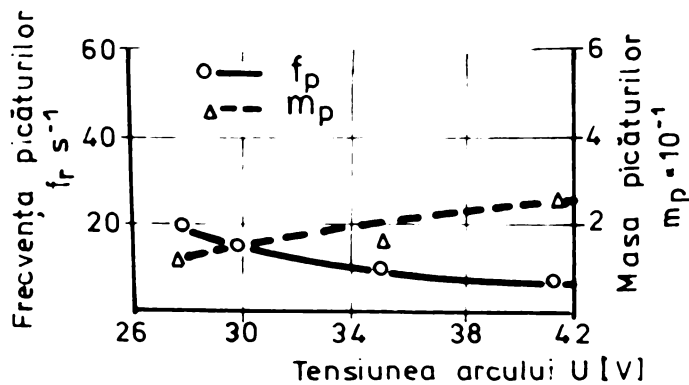


Figura 2.8.

Din figură rezultă următoarele :

- masa medie a picăturilor m_p crește aproape liniar cu creșterea tensiunii,

- frecvența f_p a picăturilor scade cu mărirea tensiunii.

Durata de formare a picăturilor variază în intervalul 0,03 - 0,7 s, crescînd la polaritate directă cu mărirea tensiunii arcului și a lățimii benzii.

R.2. Caracteristicile energetice ale arcului electric la placarea sub flux cu bandă

Energia care se degajă în spațiul din jurul arcului determină productivitatea topirii, fiind o caracteristică importantă a arcului electric. De aceea, cunoașterea distribuției acestei energii în arcele care ard pe secțiunea capătului liber al benzii și a factorilor care influențează această distribuție sînt de mare importanță. În cadrul unor experimentări [21] s-au determinat caracteristicile statice ale arcului $U = f(l_0)$ (dependența tensiunii arcului, de lungimea lui l) pentru bandă cu dimensiuni de 45 x 0,5 mm și sîrmă de 5 mm diametru, folosind curent continuu de 290 - 300 A și polaritate directă.

La trasarea caracteristicilor statice în atmosferă deschisă, tensiunile s-au determinat pe oscilogramme în momentul atingerii lungimii stabilite a arcului.

Concordanța cu lungimea reală fixată a arcului s-a determinat cu ajutorul imaginilor filmate în timpul enorsării și îndepărtării benzii la distanța fixată de 4 mm.

Ridicarea electrodului s-a realizat după $4 \cdot 10^{-3}$ - $8 \cdot 10^{-3}$ secunde, timp mai scurt decît cel necesar topirii electrodului. În diagramele din figura 2.9 (a și b) este prezentată dependența $U = f(l_0)$ pentru bandă de dimensiuni 40 x 0,5 mm (cazul a) și sîrmă de 5 mm diametru (cazul b) în următoarele

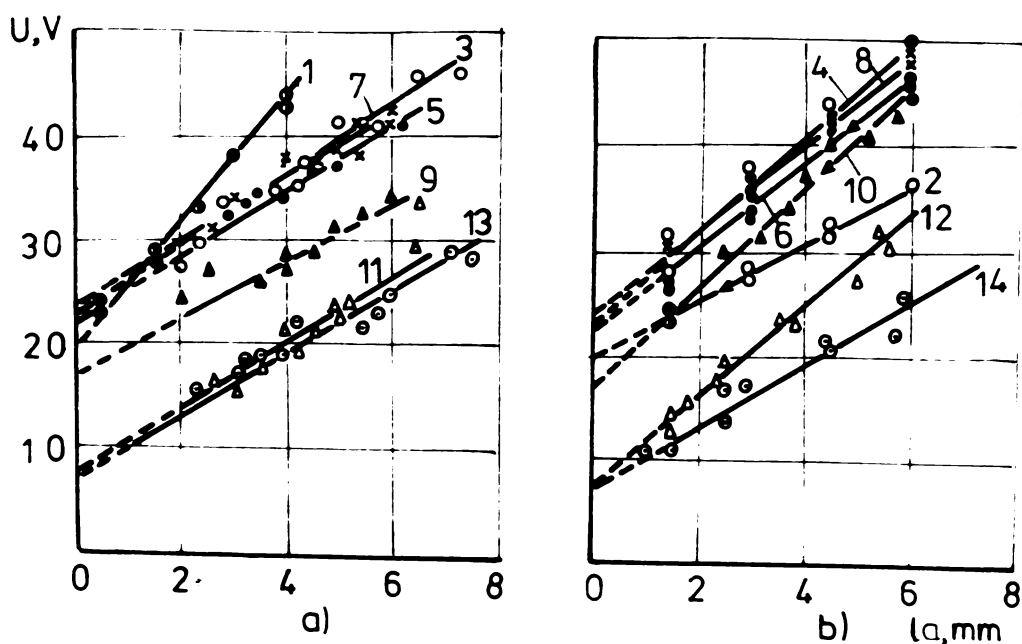


Figura 2.9.

cazuri /14/ :

- placare cu arc descoperit (dreptele 1, 2)
- placare sub flux cu bioxid de siliciu (dreptele 3,4)
- placare sub flux cu fluorină (dreptele 5, 6)
- placare sub flux cu oxid de aluminiu (dreptele 7, 8)
- placare sub flux cu bioxid de titan (dreptele 9, 10)
- placare sub flux cu magnezită (dreptele 11, 12)
- placare sub flux cu marmură (dreptele 13, 14).

Analizând aceste diagrame rezultă următoarele :

- în cazul placării cu arc descoperit tensiunea arcului crește mai repede la bandă decât la sîrmă la aceeași lungime a arcului. La o lungime a arcului de 4 mm diferența între cele două tensiuni este de aproximativ 15 V,

- în cazul placării sub flux tensiunea arcului este mai mare la sîrmă decât la bandă.

La o lungime a arcului de 4 mm diferența între cele două tensiuni variază de la 1 V la 5 V.

Caracteristicile statice $U = f(I)$ în cazul plăcării cu arc descoperit pentru sîrmă de diametru 5 mm (curba 1) și bandă de dimensiuni 45 x 0,5 mm (curba 2) sînt prezentate în diagramele din figura 2.10.

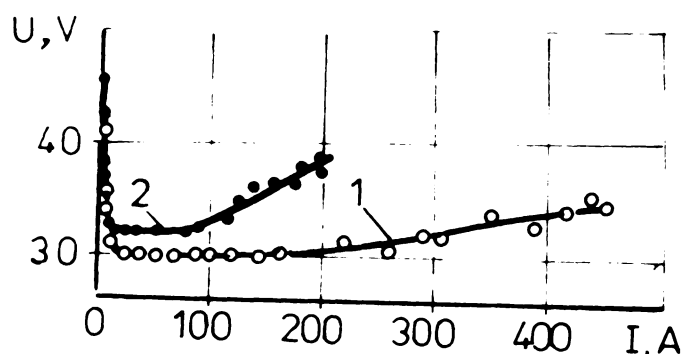


Figura 2.10.

Analiza diagramelor arată că aceste caracteristici scad la început, apoi cresc. În cazul benzii creșterea începe la curenți de 90 A iar la sîrmă la curenți de 200 A. La aceleași valori ale curentului ($I = 90$ A) arcul care arde pe secțiunea capătului liber al benzii este mai contractat decît arcul care arde la sîrmă. Caracteristica statică $U = f(I)$ la bandă are forma de "U".

Influența fluxului de placare asupra intensității cîmpului electric E , sumei căderilor de tensiune (catodică și anodică) și asupra ratei depunerii A_D este prezentată în tabelul 2.1.

Analiza datelor din tabelul 2.1 conduce la

următoarele :

- intensitatea cîmpului electric la placarea cu arc descoperit este mai mare la bandă decît la sîrmă ;

Tabelul 2 1

Componentele principale ale fluxului	Intensitatea câmpului electric V/mm		Suma căderilor de tensiune V	Rata depunerii A D kg/h	
	bandă 45 × 0,5 mm	sîrmă diametru 5 mm		bandă 45 × 0,5 mm	sîrmă diametru 5 mm
Bioxid de siliciu	3,1 — 3,3	4 — 4,2	22 — 24	$\frac{13,9 — 14,5}{14,2}$	$\frac{14,2 — 14,5}{14,4}$
Florură de calciu	3,0 — 3,2	4 — 4,2	21 — 23	$\frac{13,6 — 13,9}{13,7}$	$\frac{13,6 — 13,7}{13,6}$
Oxid de aluminiu	3,2 — 3,4	4,3 — 4,5	22 — 24	$\frac{14,3 — 14,8}{14,6}$	$\frac{14,1 — 15,1}{14,6}$
Bioxid de titan	2,6 — 2,8	4,8 — 4,9	16 — 18	$\frac{9,6 — 10,4}{10,0}$	$\frac{9,88 — 10,7}{10,1}$
Magnezită	3,0 — 3,2	4,1 — 4,3	7 — 9	$\frac{5,9 — 6,2}{6,0}$	$\frac{6,8 — 7,7}{7,1}$
Marmură	2,9 — 3,1	2,9 — 3,1	6 — 9	$\frac{6,9 — 7,6}{7,2}$	$\frac{6,2 — 6,6}{7,1}$
Arc neacoperit	5,8 — 5,9	2,7 — 2,9	19 — 20	—	—

- intensitatea câmpului electric la placarea sub flux este mai mică la bandă decât la sîrmă,

- suma căderilor de tensiune nu depinde de forma electrodului ci de natura fluxului,

- rata depunerii A_D este influențată de natura fluxului. Deosebiri mai importante între rata depunerii la placarea sub flux cu bandă de dimensiuni 45 x 0,5 mm și cu sîrmă de 5 mm diametru s-au constatat în cazul fluxului a cărei componentă principală este magnezita.

2.3. Amorsarea arcului electric și topirea benzilor la placarea sub flux cu două benzi și descărcare în arc

În aplicațiile practice de placare sub flux cu două benzi și descărcare în arc trebuie să se țină seama de două lucruri :

- solicitarea deosebită a sursei de curent la amorsarea arcului,

- topirea materialelor de adaos și a MB se face de la două surse : arcul electric și căldura dezvoltată în baia de zgură (efectul Joule). Participarea efectului Joule în procesul de topire este în funcție de distanța dintre benzi (la același cuplu bandă-flux). Experimentările făcute pentru evidențierea celor menționate mai sus s-au realizat cu benzi laminate la rece din oțel inoxidabil de dimensiuni 60 x 0,5 mm și distanța între benzi de 8 mm respectiv 14 mm. Alegerea distanțelor s-a făcut pe baza a două constatări practice și anume /1/ :

- la micșorarea distanței dintre benzi sub 8 mm fenomenele se apropie tot mai mult de cele cunoscute la placarea cu o bandă,

- mărirea distanței dintre benzi duce la creșterea participării efectului Joule în procesul de topire. La o distanță dintre benzi de 15 - 17 mm procesul de placare trece în întregime în baie de zgură.

ursa de curent utilizată în cursul experimentărilor a fost un redresor de 1400 A. Inregistrările variației curentului și tensiunii s-au efectuat la amorsare și în timpul plăcării.

În cursul experimentărilor au fost luate în considerare următoarele cazuri :

- 1) distanța dintre benzi de 8 mm
- 2) benzi cu capete tăiate fără virf și aceleași lungimi libere

În acest caz oscilogramele cu variațiile curentului și tensiunii la amorsarea, simultană a arcului cu cele două benzi sînt prezentate în figura 2.11.

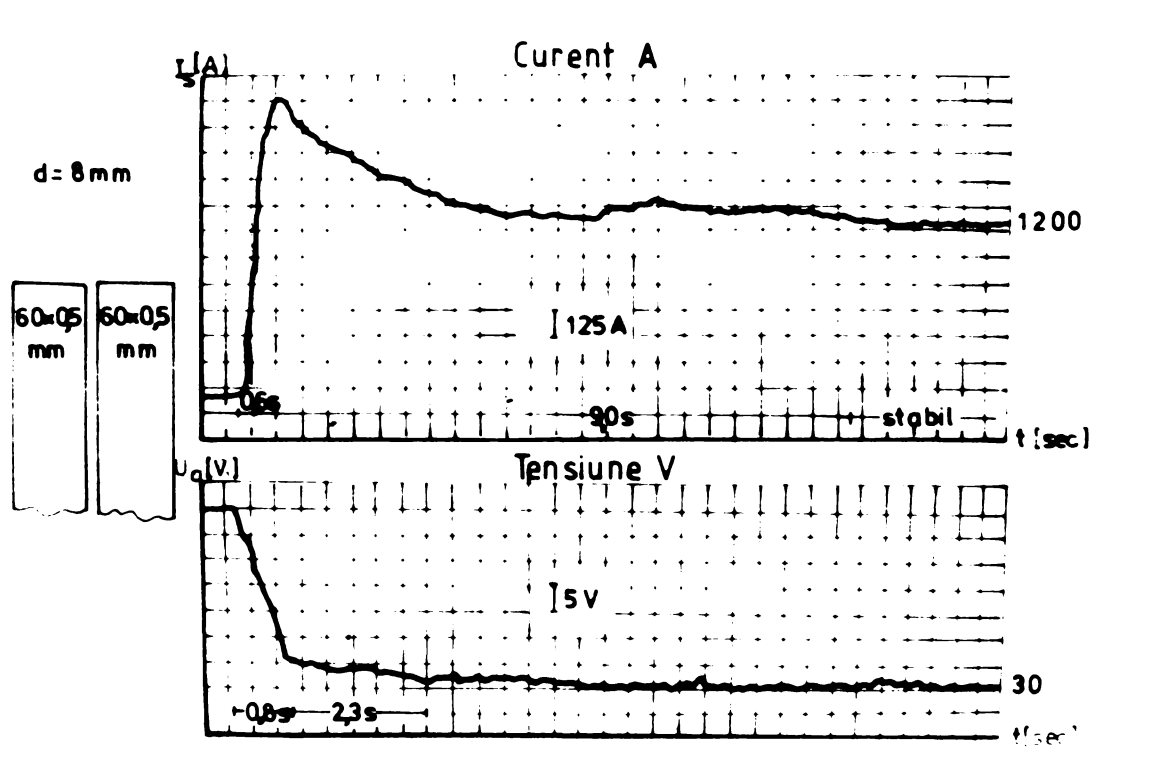


Figura 2.11.

Analiza oscilogramelor din figură arată că la amorsare curentul depășește cu aproximativ 500 A curentul mediu de lucru. Virful de curent se atinge în mai puțin de o secundă. Stabilizarea procesului, are loc după aproximativ 10 secunde de la amorsare. În acest interval de timp capul de placare a parcurs distanța de 1,66 cm, la viteza de placare de 10 cm/min și 5 cm la viteza de placare de 30 cm/min.

2 benzi avînd capetele tăiate cu vîrf la mijloc și
aceleași lungimi libere

În acest caz oscilograma cu variațiile curentului la
amorsarea simultană cu cele două benzi este prezentată în figu-
ra 2.12.

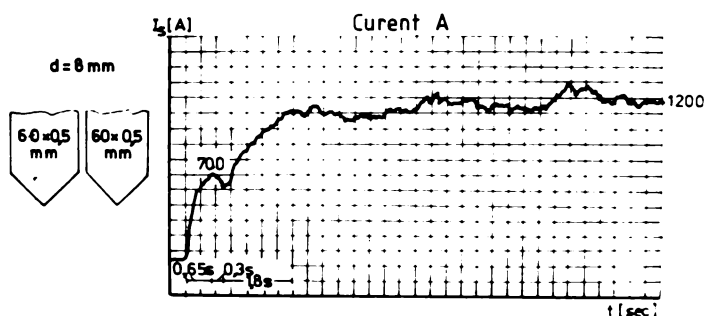


Figura 2.12.

Analiza oscilogramei din figură arată că după 0,6
secunde de la amorsare apare un vîrf de curent la aproximativ
700 A. După o scădere într-un interval de timp foarte mic,
curentul crește treptat, fără alt vîrf. Stabilizarea procesului
are loc după aproximativ două secunde de la amorsare.

3 benzi avînd capetele tăiate cu vîrf la mijloc și lungimi
libere diferite

Oscilogramele cu variațiile curentului și tensiunii
în acest caz sînt prezentate în figura 2.13.

Analize oscilogramelor din figură arată că la amorse-
rea benzii cu lungimea liberă mai mare apare un vîrf de curent
la 200 A după 0,1 s, iar la amorsarea celei de a doua benzi nu
mai apare vîrf de curent. Procesul se stabilizează după aproxima-
tiv 5 secunde de la amorsare.

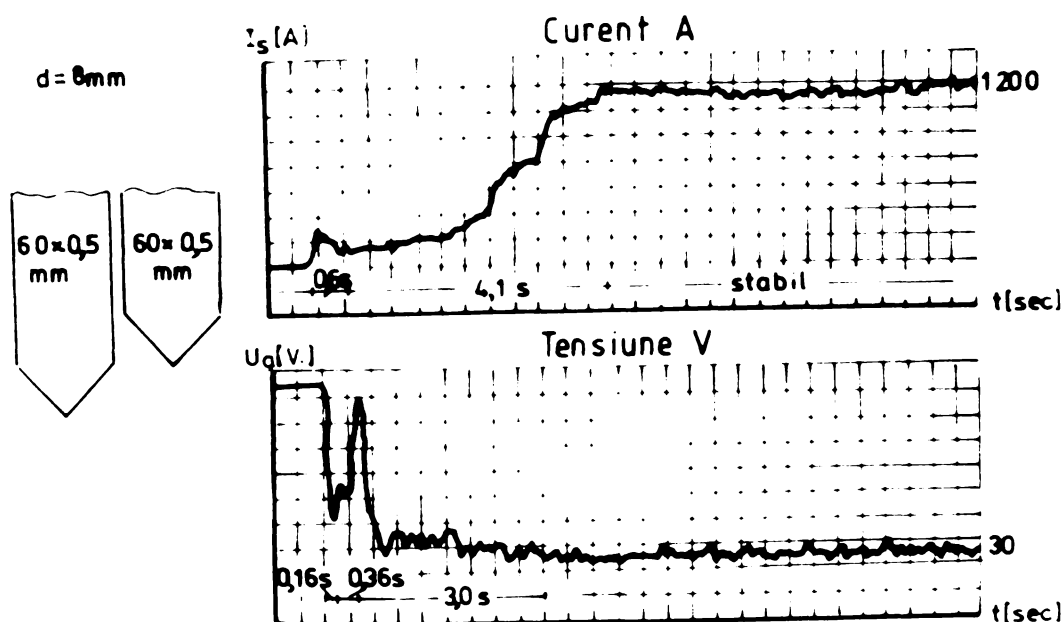


Figura 2.13.

Oscilogrammele cu variațiile curentului și tensiunii în timpul procesului de placare la $v_g = 20$ cm/min sînt prezentate în figura 2.14

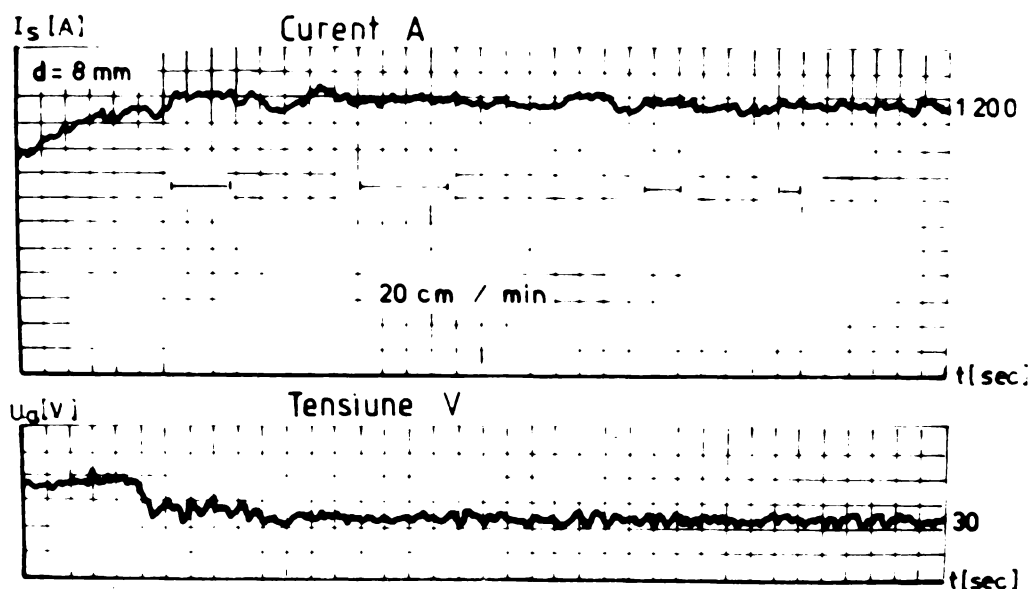


Figura 2.14.

Pe oscilogramă au fost delimitate porțiunile unde variațiile curentului sînt foarte mici în raport cu restul oscilogrammei. Asemenea variații foarte mici ale curentului sînt caracteristice pentru topirea în baie de zgură prin efectul Joule.

Evidențierea efectului Joule pe porțiuni mai mari sau mai mici denotă existența și participarea lui în procesul de topire.

Oscilogrammele cu variațiile curentului și tensiunii în timpul placării la $v_s = 10$ cm/min sînt prezentate în figura 2.15.

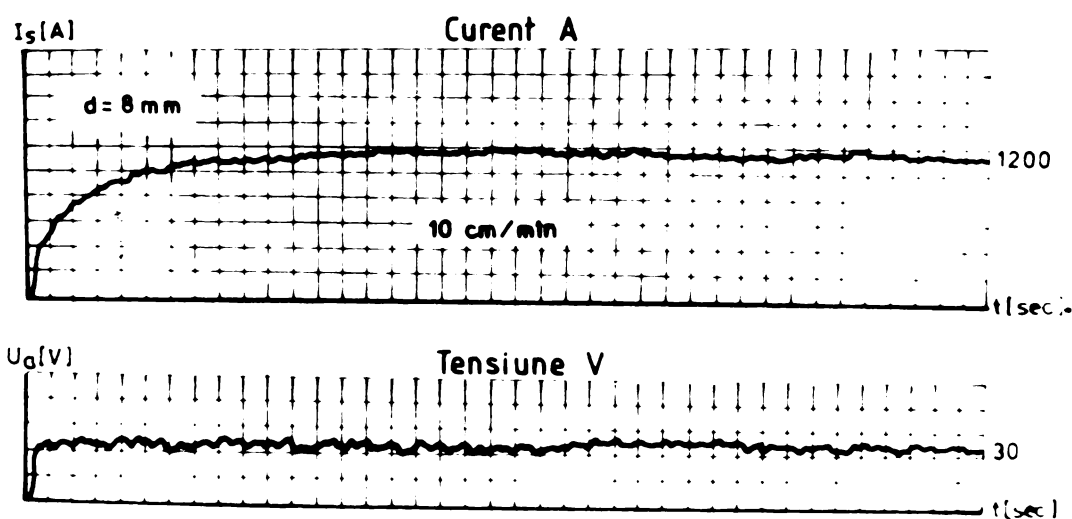


Figure 2.15.

În acest caz porțiunile cu variații foarte mici ale curentului sînt mai numeroase decît în cazul precedent.

Acest lucru se datorește faptului că la viteza mai mică de placare sub cele două benzi se adună o cantitate mai mare de metal lichid, iar topirea materialelor de bază și de adeos se face în mai mare măsură prin efectul Joule. Însumînd lungimile cu variații foarte mici ale curentului în timpul placării cu două benzi, se poate aproxima participarea efectului Joule în procesul de topire.

b distanța dintre benzi 14 mm

b₁ benzi avînd capetele tăiate cu vîrf la mijloc și lungimi libere care diferă foarte puțin între ele

Oscilogrammele cu variațiile curentului și ale tensiunii în cazul amorsării treptate cu cele două benzi sînt prezentate în figura 2.16.

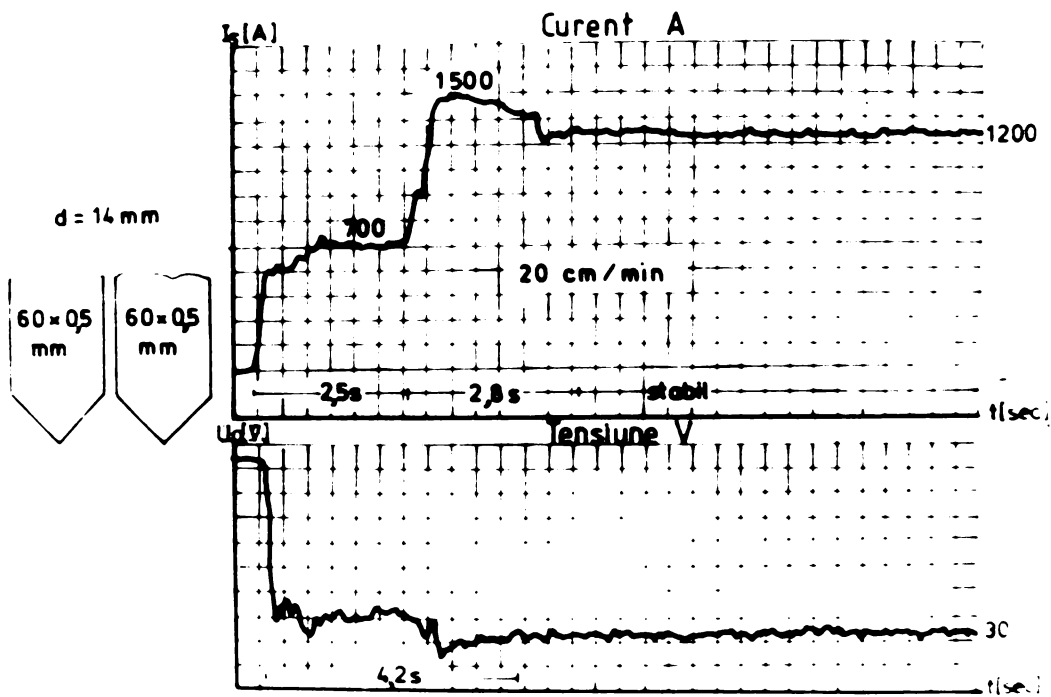


Figura 2.16.

Analiza oscilogramelor din figură arată că primul vîrf de curent apare la 700 A, după care curentul se menține constant timp de 2,5 secunde. Al doilea vîrf apare la 1500 A după care procesul se stabilizează în timp de 5,3 secunde de la amorsare.

2 benzi avînd capetele tăiate cu vîrf la mijloc și lungimi libere diferite cu aproximativ 20 mm

Oscilogramele cu variațiile curentului și ale tensiunii în cazul amorsării treptate cu cele două benzi sînt prezentate în figura 2.17.

În acest caz, nu apar vîrfuri de curent la amorsare, procesul se stabilizează după aproximativ 1,6 secunde de la amorsare.

Oscilogramele cu variațiile curentului și ale tensiunii în timpul procesului de placare la $v_s = 20$ cm/min sînt prezentate în oscilogramele din figura 2.18.

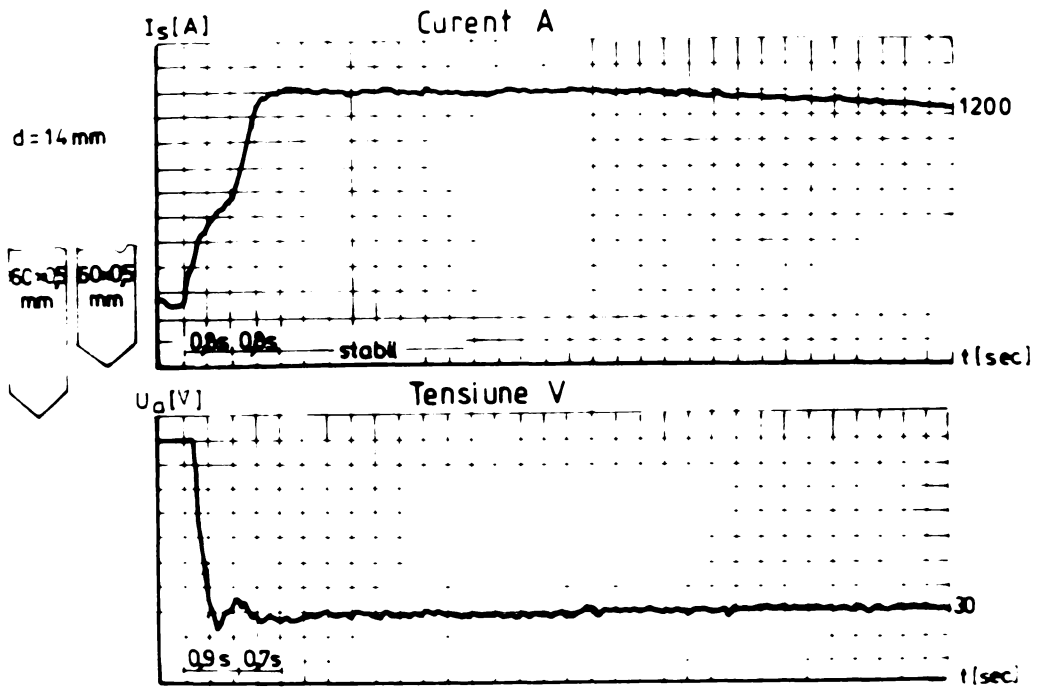


Figura 2.17.

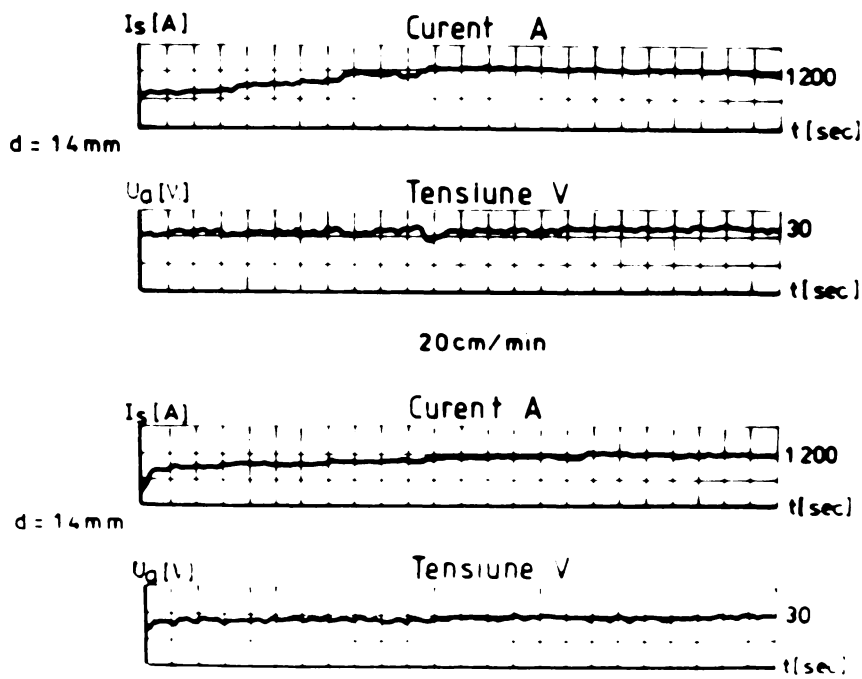


Figura 2.18.

Porțiunile din oscilogramă cu variații foarte mici ale curentului sînt mult mai multe, ceea ce denotă că efectul Joule este predominant.

Oscilogramele cu variațiile curentului și tensiunii în timpul procesului de placare la $v_p = 10$ cm/min sînt prezentate în figura 2.19.

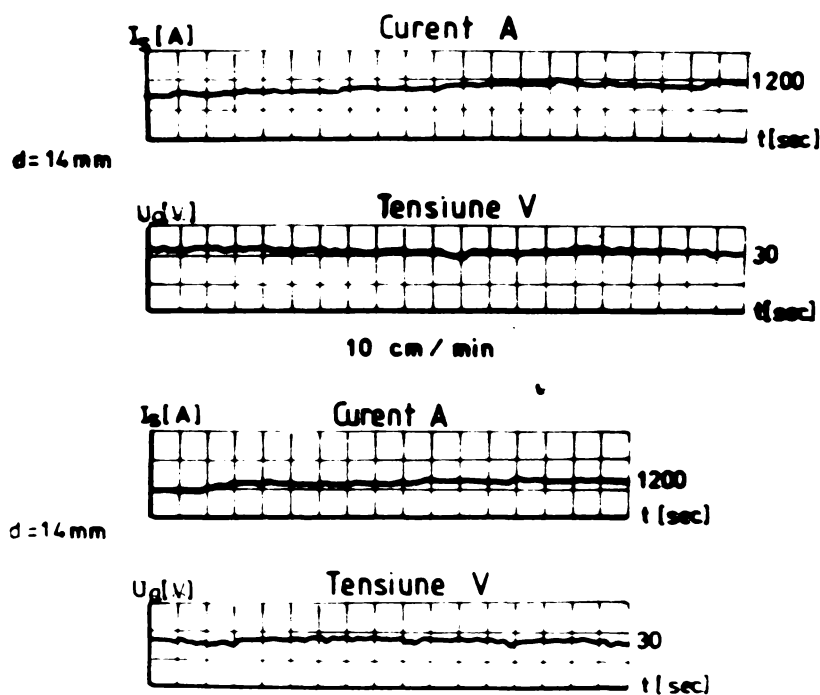


Figura 2.19.

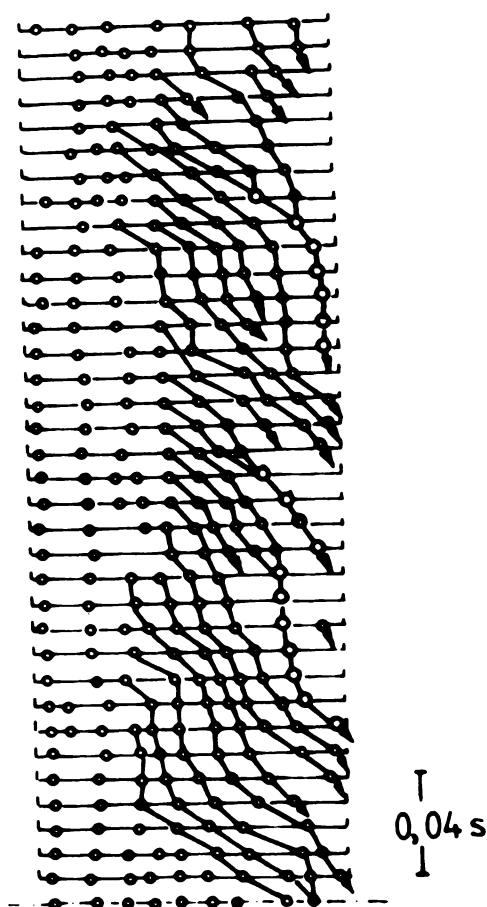
Analiza oscilogramelor în acest caz arată că ele sînt similare cu cele din figura 2.18. Acest fapt arată că efectul Joule nu crește vizibil cu scăderea vitezei de placare, cînd distanța dintre benzi este de 14 mm.

2.4. Suflajul magnetic la placarea sub flux cu bandă, metode de combaterea lui

Interacțiunea dintre curentul de sudare și câmpul magnetic propriu al arcului creează un fenomen nedorit, cunoscut sub denumirea de suflaj magnetic. Cunoașterea influenței suflajului magnetic asupra procesului de placare cu bandă este importantă /22/. Efectul suflajului magnetic se manifestă ca o forță perturbatoare, care acționează asupra arcelor locale, dirijându-le către una din marginile benzii în timpul topirii ei. Acest fapt are ca rezultat topirea mai pronunțată a benzii într-o parte, după o direcție oblică față de planul MB. Picăturile de metal topit formate în punctele de amorsare a arcelor se deplasează de-a lungul secțiunii capătului liber al benzii, fiind dirijate în același sens cu forța perturbatoare. Fenomenul este permanent, întrucât în timpul procesului de placare viteza de deplasare a arcelor scade, și după menținerea lor un anumit timp pe secțiunea capătului liber, arcele se rup, la depășirea unei anumite lungimi a arcului. Concomitent la marginea opusă, unde distanța dintre bandă și MB este mai mică amorsează alte arce care sînt supuse acțiunii aceleiași forțe perturbatoare.

Influența suflajului magnetic asupra mișcării particulelor de metal topit pe secțiunea capătului liber al unei benzi de dimensiuni 90 x 0,5 mm este prezentată în figura 2.20. Placajul realizat cu parametrii tehnologici : $I_g = 1050$ A, $U_g = 27$ V, $v_g = 10$ cm/min, a fost necorespunzător.

Filmările executate în timpul procesului de placare au scos în evidență că în medie se formează pe secțiunea capătului liber al benzii 7 picături, iar arcele noi care amorsează împing aceste picături spre marginea benzii proiectîndu-le oblic în baia de sudură. Influența suflajului magnetic la placarea cu benzi de dimensiuni uzuale de 60 x 0,5 mm este nesemnificativă. Odată cu creșterea lățimii benzii acțiunea suflajului magnetic e mai pronunțată datorită arcelor paralele mai numeroase care se



- o Picături de metal topit din bondă
- o Reunirea picăturilor
- ↓ Desprinderea picăturilor

Figura 2.20.

succed rapid pe secțiunea capătului liber al benzii deplasând
baia de sudură în sensul forței perturbatoare.

Efectul nedorit al suflajului magnetic se poate
anihila, dacă se suprapune peste câmpul perturbator un câmp
magnetic suplimentar de aceeași intensitate însă de sens opus
/5/, /6/. Interacțiunea dintre câmpul suplimentar și câmpul
magnetic propriu al arcului electric are ca efect dirijarea
fără inerție a arcului. Dirijarea arcului electric cu ajutorul
câmpurilor magnetice se datorează efectului acțiunii unor forțe,
care conform legii lui Lorentz acționează asupra fiecărui electron
modificându-i traiectoria. Din punct de vedere al caracterului
câmpurilor magnetice suplimentare ce se aplică asupra arcului

electric la placarea sub flux, se cunosc următoarele tipuri /23/

- cîmp magnetic paralel (față de direcția de placare)
- cîmp magnetic transversal (perpendicular, atît pe direcția de placare, cît și pe axa electrodului).

Cîmpurile magnetice pentru dirijarea arcului se realizează practic cu ajutorul unor electromagneți care pot fi amplasați în față, în spate sau lateral, față de capul de placare. În figura 2.21 este prezentat un cîmp magnetic suplimentar paralel cu direcția de placare.

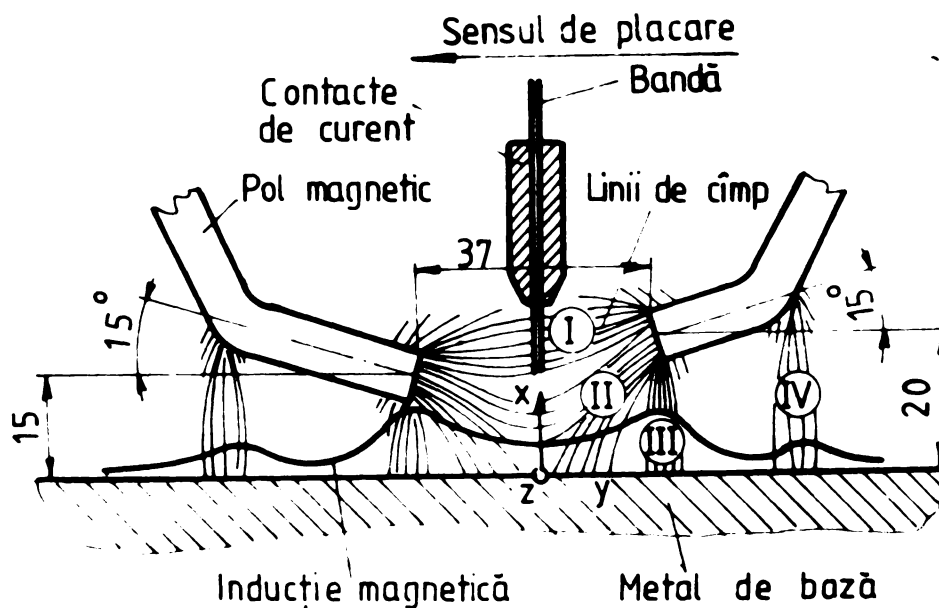


Figura 2.21.

Configurația cîmpului magnetic în interiorul dintre poli miezului magnetic, a fost determinată calitativ cu ajutorul piliturii de nichel într-o baie de ulei. Cîmpul magnetic se divide în patru componente principale diferențiate prin direcția și densitatea liniilor de cîmp (figura 2.21).

Componenta I amplasată între fețele frontale ale polilor miezului a fost considerată ca fiind determinată în devierea arcului de către forțele Lorentz.

Experimentările ulterioare au arătat că deoarece centrul acestui câmp este plasat la o distanță relativ mare față de arcul electric format între bandă și MB (la o lungime medie a arcului de 6 mm) doar anumite linii ale componentei I trec prin spațiul arcului, fapt care face ca această componentă să aibă doar o influență secundară.

Linii de câmp ale componentei III cu densitate mare în zona muchiei inferioare dau naștere la un maxim al câmpului de inducție și se închid prin MB. Aceste linii fiind departe de arcul electric la fel ca și cele care ies din curbura miezului (componenta IV) nu influențează direct comportarea arcului.

În zona de acțiune a componentei II inducția magnetică este mare. Linii de câmp ies perpendicular din suprafața frontală a capătului polului, o parte se propagă după o traiectorie curbilinie spre MB, iar restul sînt deviate spre polul opus intersectînd perpendicular axele arcelor amorșate pe secțiunea capătului liber al benzii.

Datorită densității relativ mari a liniilor de câmp în apropierea arcelor, precum și a configurației câmpului, se consideră că dintre toate componentele, componenta II are influența cea mai mare asupra comportării arcului electric. Repartiția ipotetică a liniilor de câmp (prezentată în figura 2.22) într-o suprafață paralelă cu direcția de placare (xoy) a fost determinată cantitativ prin măsurarea câmpului de inducție cu ajutorul unei sonde Hall și a unui gaussmetru. În figura 6.2 este prezentată configurația câmpului magnetic (liniile de câmp) produs de doi magneti amplasați în fața și în spatele capului de placare.

Analiza distribuției liniilor de câmp din figură, arată că în regiunea topirii benzii, configurația inducției este sub formă de șea. Maximale inducției sînt determinate de densitatea mare a liniilor de câmp din dreptul muchiei inferioare a suprafeței frontale a polilor. În dreptul curburii miezului

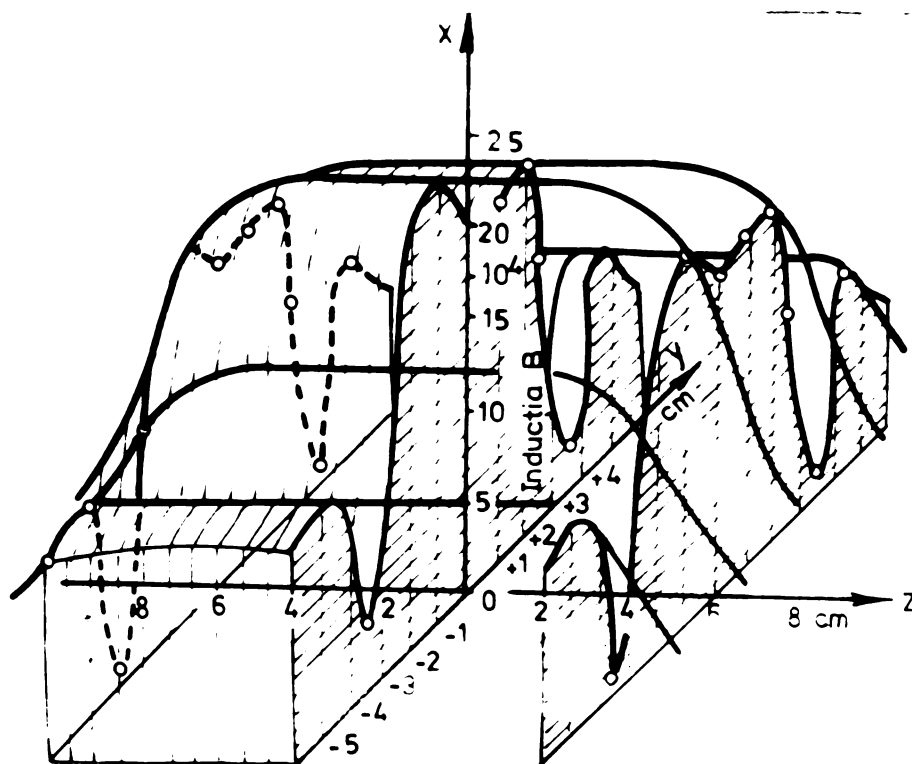


Figura 2.22.

magnetic se formează alte două maxime ale câmpului de inducție, care au însă o influență neglijabilă asupra comportării arcului, deoarece sînt situate la distanță mare față de acesta. În vederea reducerii gabariturii dispozitivului de realizare a câmpului magnetic adițional s-a renunțat la circuitul magnetic închis pentru dirijarea magnetică a arcului, utilizîndu-se o singură piesă polară (un singur pol). Utilizarea unui singur pol conduce la unificarea componentelor I și II (fig.2.22) care se închid între suprafața frontală a polului și MB. În figura 2.23 este prezentată schematic distribuția liniilor câmpului magnetic produs de un magnet amplasat în față, respectiv în spatele capului de placare.

Configurația câmpului magnetic de inducție produs de un magnet amplasat în spatele capului de placare este prezentată în figura 2.24.

Inducția magnetică maximă în acest caz este mai mare decît în cazul precedent; ea scade brusc în direcția pozitivă a axei oy.

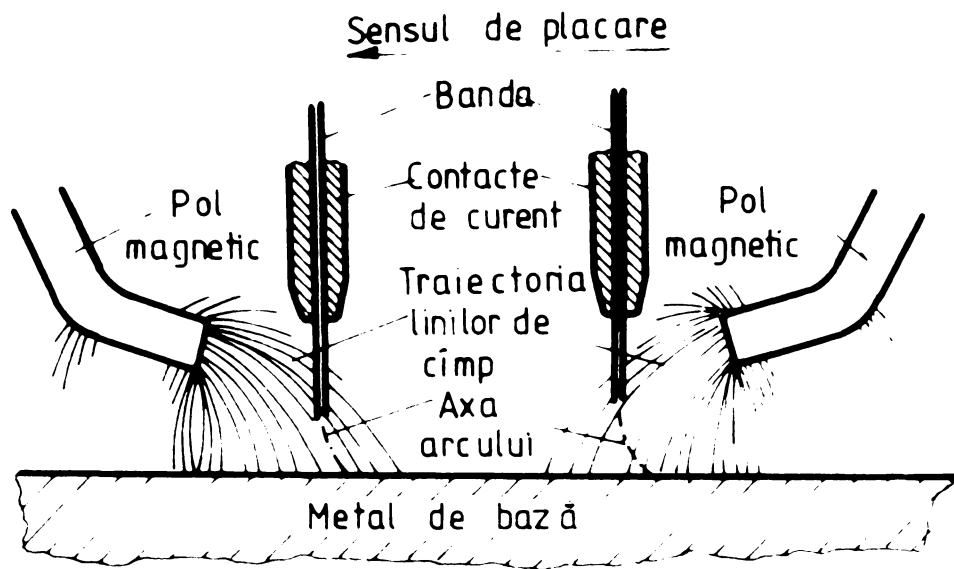


Figura 2.23.

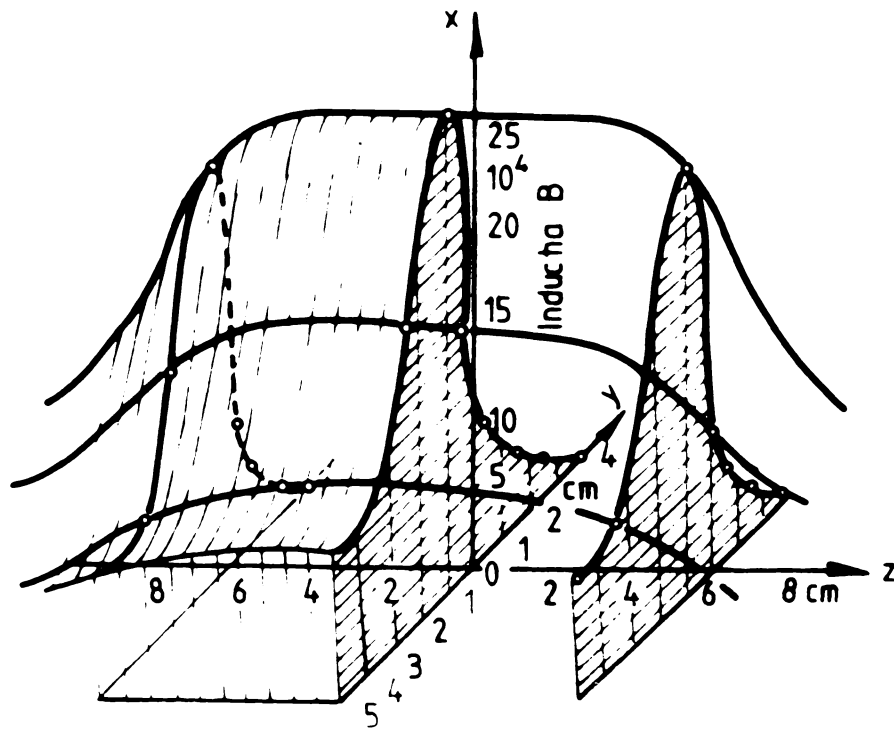


Figura 2.24.

Amplasarea magnetului în fața capului de placare are ca efect obținerea unui placaj corespunzător. Arcul este deviat în sens opus direcției de placare de către o parte a cîmpului magnetic cu inducție redusă, deoarece liniile de cîmp intersectează axele arcelor sub unghiuri foarte mici, forțele de deviere rămînînd limitate.

Amplasarea magnetului în spatele capului de placare are ca efect formarea unui placaj necorespunzător. Arcele, în acest caz, sînt deviate în sens opus sensului de placare de către o parte a cîmpului magnetic cu inducție ridicată, deoarece liniile de cîmp intersectează axele arcelor sub unghiuri mai mari decît în cazul precedent.

În aplicațiile practice, se utilizează cîmpuri magnetice constante și variabile în timp.

La dirijarea arcelor electrice cu ajutorul cîmpurilor magnetice suplimentare variabile, un rol important îl joacă viteza de deplasare a arcului pe secțiunea capătului liber al benzii. Utilizînd cîmpuri magnetice variabile în timp, arcele individuale se unesc într-un singur arc a cărui viteză de deplasare este funcție de frecvența cîmpului. Datorită presiunii exercitate de acest arc pe suprafața băii de metal topit în faza lichid-solid apar denivelări, care se mențin și pe placajul solidificat. În zonele marginale ale placajului datorită conductibilității termice ridicate și a timpului scurt de interacțiune al arcului cu MB, temperatura băii scade considerabil, fapt care duce la denivelări mai pronunțate decît în restul placajului, în special la creșterea lățimii benzii peste 60 mm. O îmbunătățire a formei și a geometriei placajului este posibil de realizat, prin mărirea vitezei de deplasare a arcului pe secțiunea capătului liber al benzii. Această viteză însă nu poate depăși o anumită limită. Viteze prea mari trebuie evitate, deoarece procesul de placare cu arc dirijat prezintă caracterul procesului de placare cu arc nendirijat la curenți foarte mari. Acest fapt se evidențiază prin forma și comportarea particulelor de metal topit în timpul deplasării lor

spre baia de sudură. In figura 2.25 este prezentată influența a două cimpuri magnetice variabile cu frecvențele de 1,5 Hz, respectiv 6 Hz asupra mișcării picăturilor de metal topit din bandă avind dimensiuni de 90 x 0,5 mm.

Placarea s-a realizat cu următorii parametri :
 $I_s = 1050 \text{ A}$, $U_s = 27 \text{ V}$, $v_s = 10 \text{ cm/min}$.

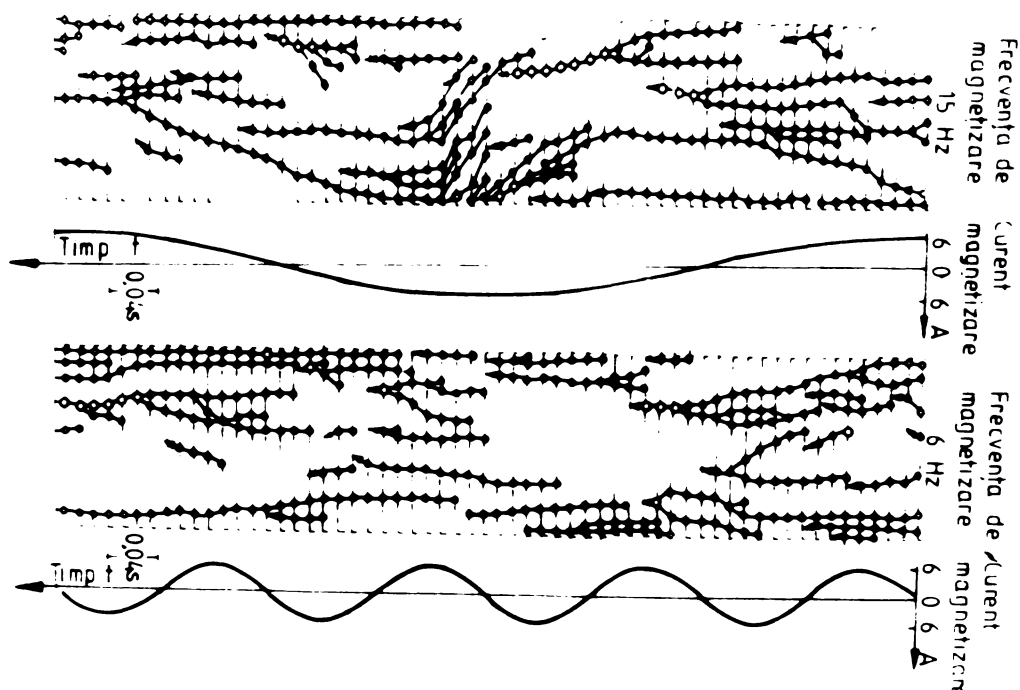


Figura 2.25.

Experimentările au arătat /22/ că se poate obține un placaj cu o geometrie și o formă corespunzătoare, dacă frecvența curentului de magnetizare a cimpului adițional este cu aproximativ 50% mai mare decât frecvențele de pendulare a particulelor de metal, în absența cimpului suplimentar.

Cîmpurile magnetice suplimentare constante se pot utiliza cu succes la placarea cu benzi avînd lăţimi pînă la 180 mm, obţinîndu-se placaţe a căror aspect nu diferă semnificativ faţă de placaţele realizate cu benzi avînd dimensiuni uzuale de 60 x 0,5 mm.

Experimentările efectuate cu benzi avînd lăţimi de 60, 90, 120, 150 mm şi cîmpuri magnetice suplimentare constante au evidenţiat faptul că influenţa cîmpului magnetic asupra arcului electric se manifestă cu precădere la marginile benzii devînd arcul oblic spre exterior în sensul de placare.

Acest fapt are ca efect deplasarea particulelor de metal topit în sensul devierii arcelor şi, ca urmare, placajul este în general mai lat decît lăţimea benzii.

Cîmpurile magnetice suplimentare constante nu mai au aceeaşi eficienţă la suprimarea suflajului magnetic cînd se plachează cu benzi avînd lăţimi de 210 mm.

Concluzii

În baza celor prezentate în capitolul 2 rezultă următoarele :

1. Frecvenţa de pendulare a arcului f_g pe secţiunea capătului liber al benzii L_g depinde în primul rînd de curentul de placare I_g şi mai puţin de tensiunea arcului U_g .

Creşterea frecvenţei de pendulare f_g are ca efect mărirea ratei depunerii A_D .

2. Topirea benzii are loc datorită arderii simultane a mai multor arce. Numărul arcelor depinde în primul rînd de densitatea de curent şi de dimensiunile benzii.

3. Creşterea densităţii de curent şi a dimensiunilor benzii duce la mărirea numărului arcelor ce ard pe secţiunea capătului liber L_g al benzii.

4. Creșterea curentului de placare I_p are ca efecte creșterea numărului picăturilor și scăderea masei lor medii m_p .

5. Creșterea tensiunii arcului U_a duce la scăderea frecvenței picăturilor f_p și la creșterea masei lor medii m_p .

6. Suma căderilor de tensiune, anodică și catodică nu depinde de forma benzii.

7. Caracteristica statică a arcului $U = f(I)$ la placarea sub flux cu bandă are formă de "U".

8. La amorsarea succesivă a celor două benzi având capetele tăiate cu virf la mijloc, creșterea curentului este progresivă pînă la atingerea curentului mediu de lucru.

9. La distanța de 14 mm dintre benzi, participarea efectului Joule în procesul de placare este mai mare decît la distanța de 8 mm.

10. Efectul nedorit al suflajului magnetic se reduce mult prin suprapunerea peste cîmpul perturbator a unui cîmp magnetic suplimentar egal ca intensitate și orientat în sens opus.

3. Parametrii tehnologici si procedeului de placare sub flux cu bandă

Parametrii tehnologici si procedeului de placare sub flux cu bandă au fost definiți în capitolul 1 al lucrării. În acest capitol se face o analiză mai detaliată a acestor parametri. Tot odată se prezintă corelații dintre diferiți parametri precum și influența lor asupra elementelor geometrice ale placajului (b , p , h) diluției a și ratei depunerii A_D .

Alegerea parametrilor tehnologici de placare este determinată de următorii factori :

- natura MB și a materialelor de adaos,
- destinația placajului,
- forma și dimensiunile componentelor ce se plachează.

3.1. Parametrii tehnologici principali PT.1

3.1.1. Curentul de placare I_g

Curentul de placare I_g se alege în funcție de dimensiunile benzii cu ajutorul densității liniare de curent j_g exprimată prin raportul

$$\frac{I_g}{B_e} = j_g$$

Variația densității liniare de curent în funcție de grosimea benzii este ilustrată în diagrama din figura 3.1. Curba (1) este pentru bandă din oțel carbon iar curba (2) pentru bandă din oțel inoxidabil.

În aplicațiile practice este importantă valoarea minimă a curentului de placare pentru care procesul este stabil și placajul are o formă corespunzătoare. Valoarea minimă a curentului de placare $I_{g \min}$ s-a determinat experimental /24/ pentru benzi având grosimi de 0,3 ; 0,6 ; 1,2 mm și lățimi de 30, 45, 50, 60 și 70 mm în cuplu cu fluxuri topite la $U_g = 30$ și $L_e = 45$ mm.

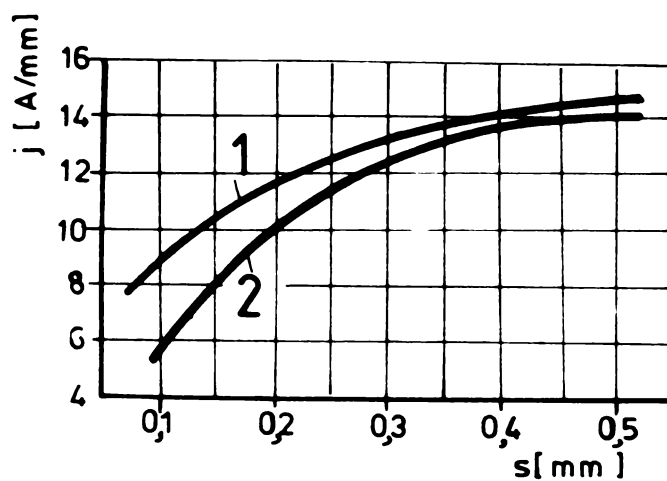


Figura 3.1.

Experimentările au arătat faptul că valoarea minimă a curentului de placare $I_{s \min}$ depinde în primul rând de lățimea benzii B_e și în mai mică măsură de natura fluxului, polaritate și tensiunea arcului U_e .

Valoarea minimă a lui $I_{s \min}$ nu depinde de grosimea benzii în intervalul 0,3 ... 1,2 mm. Experimentările au dus la stabilirea următoarei corelații $I_{s \min} \approx 11 \cdot B_e$, pentru benzi avînd grosimi de 0,3 - 1,2 mm. Dependența $I_{s \min} = f(B_e)$ pentru bandă din oțel carbon cu grosimea de 0,6 mm este prezentată în diagrama din figura 3.2.

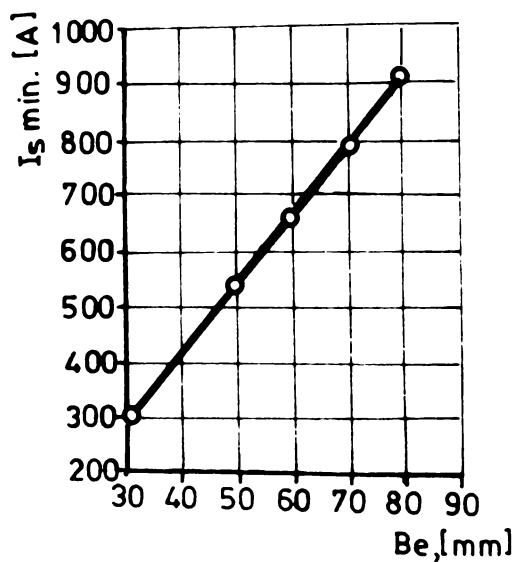


Figura 3.2.

Experimentările s-au executat cu următorii parametri :
 $U_s = 30$ V, $v_s = 8,5 - 9,5$ cm/min, $L_e = 45$ mm și flux topit. Dependența $I_{s \text{ min}} = f(B_e)$ este liniară.

Curentul de placare I_s acționează asupra pătrunderii p , diluției a , ratei depunerii A_D , înălțimii h și formei geometrice a placajului. Variația diluției a și a pătrunderii p în funcție de curentul de sudare I_s , este arătat în figura 3.3.

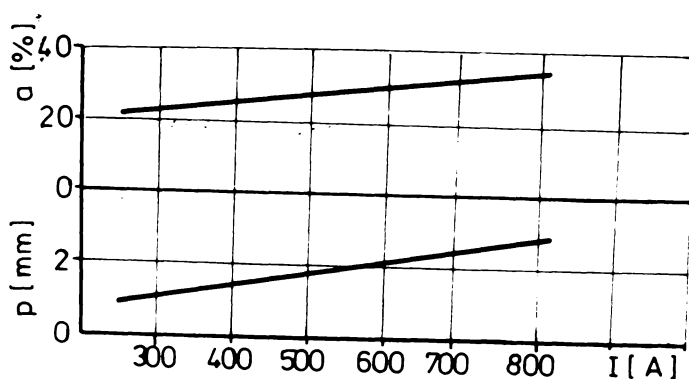


Figura 3.3.

Experimentările s-au executat $\varnothing 25/$ cu bandă din oțel cu conținut scăzut de carbon de dimensiuni $30 \times 0,6$ mm cu următorii parametri tehnologici : $U_s = 35$ V, $v_s = 17$ cm/min, $L_e = 40$ mm și flux topit.

Diagramele din figură arată că mărirea curentului are ca efecte creșterea liniară a pătrunderii p și a diluției a . De la 300 A diluția crește mai lent decât pătrunderea. În intervalul de curent 250 - 820 A pătrunderea p crește de la 0,88 la 3,01 mm, iar diluția a de la 21,5 % la 34 %.

Influența curentului de placare asupra geometriei placajului este arătată în figura 3.4.

Mărirea curentului are ca efecte creșterea înălțimii h a pătrunderii p și lățimii b a placajului.

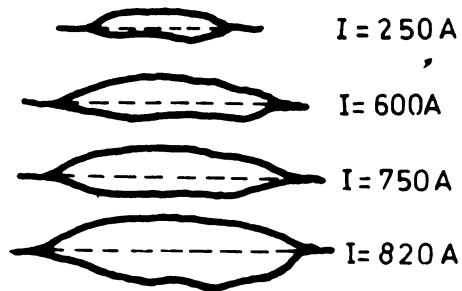


Figura 3.4.

Influența curentului de placare I_s asupra ratei depunerii A_D pentru bandă sinterizată dreaptă (1) și bandă laminată la rece din oțel carbon (dreapta 2) la polaritate inversă este dată în figura 3.5. Benzile utilizate la experimentări [26,27] au dimensiuni de $60 \times 0,8\text{mm}$ și s-a lucrat cu următorii parametri tehnologici : $U_a = 26 - 28 \text{ V}$, $v_s = 18 \text{ cm/min}$, $L_e = 60 \text{ mm}$ și flux topit.

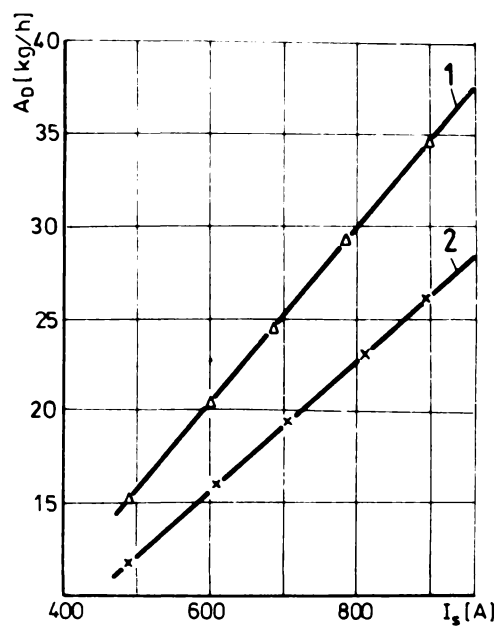


Figura 3.5.

La același curent $I_s = 700$ A rata depunerii A_D este mai mare cu ≈ 8 kg/h în cazul benzii sinterizate decât în cazul benzii laminate la rece.

Influența curentului de placare I_s asupra diluției a , ratei depunerii A_D , înălțimii h și lățimii B a placajului în cazul placării cu două benzi și descărcare în arc este dată în diagramele din figura 3.6. Experimentările s-au executat cu benzi din oțel slab aliat sub flux topit cu următorii parametri tehnologici : $U_s = 32$ V, $v_s = 25$ cm/min, $L_e = 40$ mm.

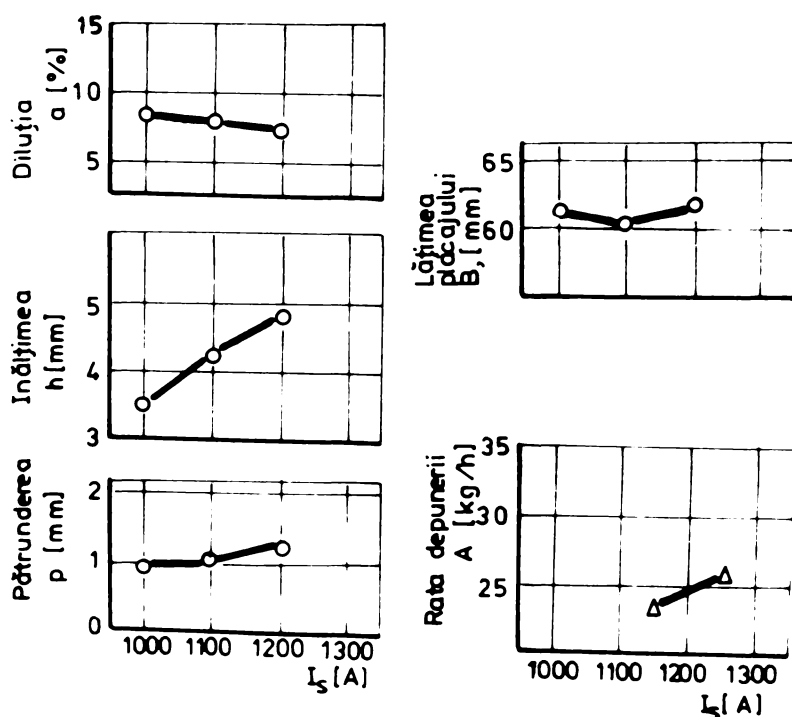


Figura 3.6.

Analiza diagramelor din figură concluzionează următoarele :

- înălțimea placajului și rata depunerii A_D cresc odată cu mărirea curentului I_s ,
- pătrunderea p , rămâne constantă în intervalul 1.000 - 1.100 A, apoi crește în intervalul 1.100 - 1.200 A.

Analiza macrostructurală a eşantionelor prelevate din probele placate a evidențiat faptul că la mărirea curentului în intervalul 1.150 -1.250 A, pătrunderea p crește la marginile placajului nu la mijloc ca și în cazul placării cu o bandă ;

- lățimea placajului B scade în intervalul 1.000 - 1.100 A apoi crește în intervalul 1.100 - 1.200 A.

Corelația între curentul de placare I_s , diluția a , rata depunerii A_D , înălțimea h și lățimea B a placajului în cazul placării cu două benzi în baie de zgură este dată în figura 3.7.

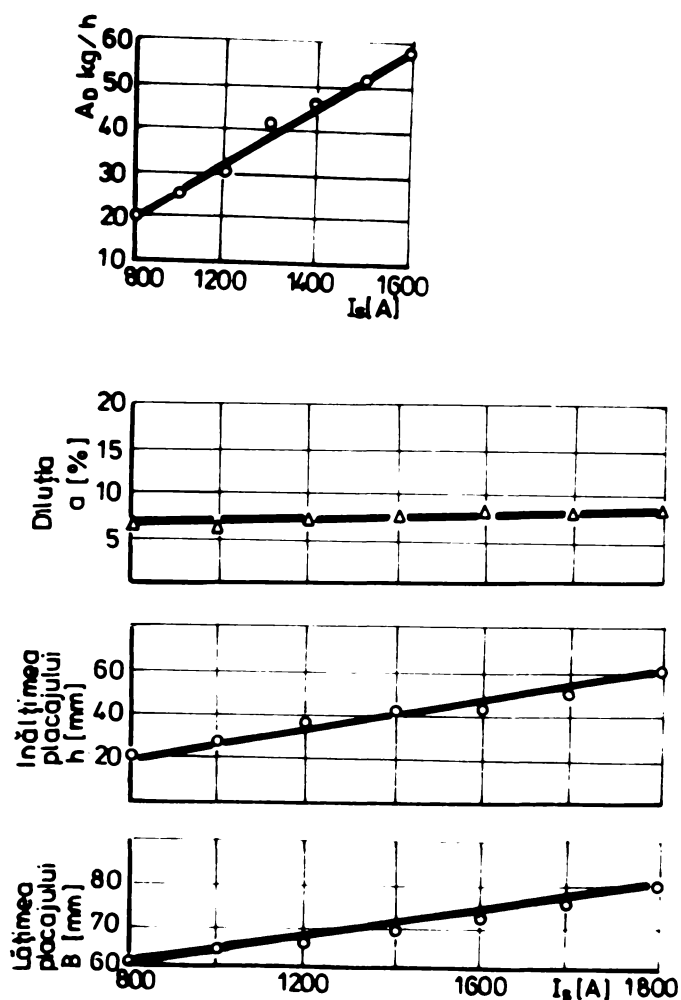


Figura 3.7.

Experimentările s-au efectuat cu benzi din oțel inoxidabil în cuplu cu flux topit cu următorii parametri tehnologici :
 $U_s = 32$ V, $v_s = 28$ cm/min.

Diagramele prezentate în figură arată că rata depunerii A_D , înălțimea h și lățimea placajului B cresc liniar cu mărirea curentului.

Diluția rămâne constantă în intervalul 800-1200 A, iar peste 1.200 A crește lent.

Influența densității de curent (definită prin raportul $\gamma = \frac{I}{S}$ în care S este secțiunea benzii) asupra ratei depunerii

A_D în cazul placării sub flux ceramic și benzi din oțel carbon este prezentată în diagramele din figura 3.8.

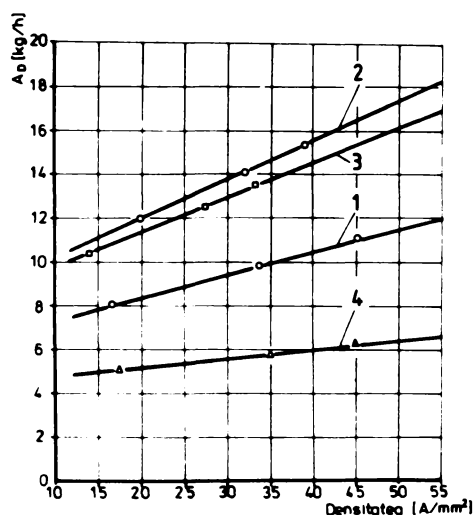


Figura 3.8.

Experimentările s-au executat în următoarele variante :

- bandă de dimensiuni 40 x 0,5 mm și polaritate inversă (dreapta 1) și directă (dreapta 2)
- bandă de dimensiuni 60 x 0,5 și polaritate inversă (dreapta 3)
- bandă de dimensiuni 20 x 0,5 mm și polaritate inversă (dreapta 4).

Analiza diagramei din figură concluzionează următoarele :

- la aceeași densitate de curent și polaritate inversă rata depunerii A_D crește odată cu mărirea lățimii benzii,

- la aceeași densitate de curent și dimensiuni ale benzii de 40 x 0,5 mm rata de punerii la polaritate directă este mai mare decât la benzi de dimensiuni 60 x 0,5 mm și polaritate inversă.

3.1.2. Tensiunea arcului U_a

Valorile tensiunii arcului în timpul procesului de placare trebuie menținute între limite stricte. O tensiune prea mare are ca efect creșterea cantității de zgură care poate duce la aplatizarea placajului.

La placări cu benzi din oțel inoxidabil rezistente la coroziune variația tensiunii arcului este de ± 1 V față de valoarea prescrisă (28).

Tensiunea arcului U_a la placarea sub flux cu o bandă influențează în primul rând aspectul placajului și în mai mică măsură rata depunerii A_D , pătrunderea p și diluția s .

Variația ratei depunerii A_D în funcție de tensiunea arcului U_a pentru benzi de dimensiuni 40 x 0,5 mm (curba 1) și 60 x 0,5 mm (curba 2) este prezentată în figura 3.9. /29/.

Mărirea tensiunii duce la creșterea ratei depunerii. La aceeași rată a depunerii de 16 kg/h pentru benzi de dimensiuni 60 x 0,5 mm tensiunea este de aproximativ 28 V, iar pentru bandă de dimensiuni 40 x 0,5 mm este de aproximativ 43 V.

Influența tensiunii arcului U_a asupra variației conținuturilor procentuale de Mn, Cr, C în stratul al 5-lea de placaj pentru sîrmă de 5 mm diametru (dreapta 1) bandă de dimensiuni 40 x 0,5 mm (curba 2) și bandă de dimensiuni 60 x 0,5 mm (curba 3) la polaritate inversă, este prezentată în diagramele din figura 3.10. /1/.

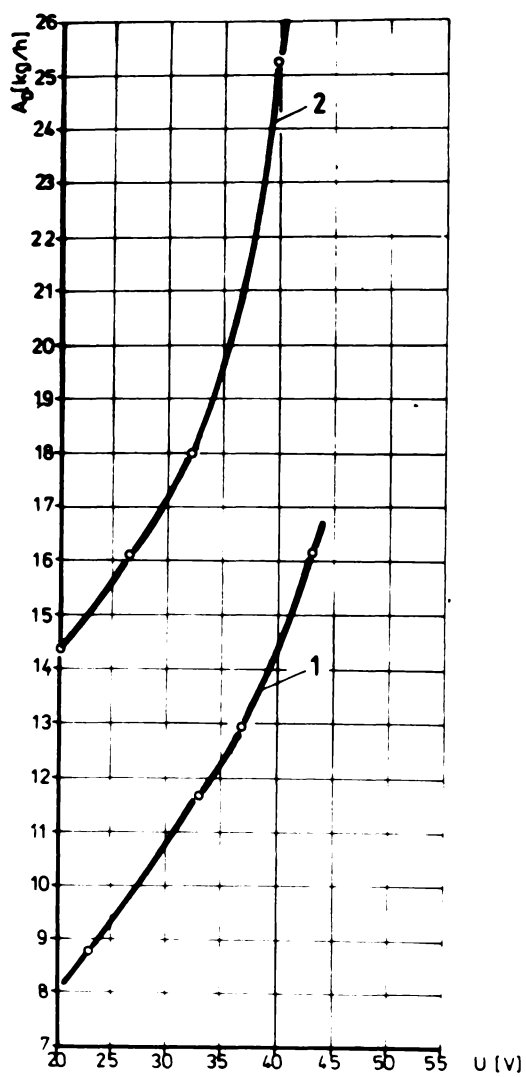


Figura 39.

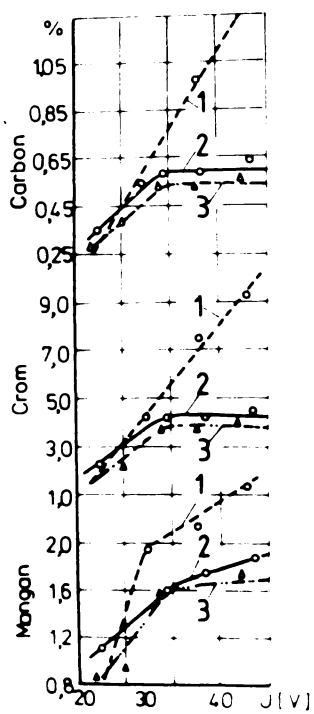


Figura 3.10.

Experimentările s-au executat cu benzi din oțel carbon în cuplu cu flux ceramic.

Diagramele arată că la placarea cu bandă se obțin placaje mai omogene din punct de vedere al compoziției chimice decât la placarea cu sîrmă, dacă se lucrează cu tensiunea de peste 30 V.

Influența tensiunii arcului U_g asupra diluției a , pătrunderii p , înălțimii h și lățimii b a placajului în cazul placării sub flux cu două benzi și descărcare în arc, este prezentată în diagramele din figura 3.11.

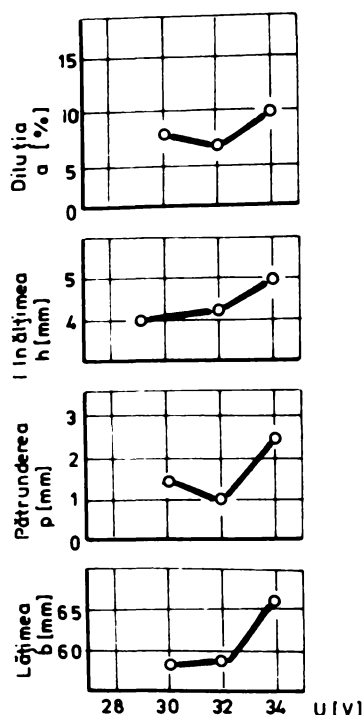


Figura 3.11.

Experimentările s-au efectuat cu benzi din oțel inoxidabil în cuplu cu flux topit cu următorii parametri tehnologici : $I_g = 1.100$ A, $v_g = 25$ cm/min , $L_e = 40$ mm.

Diagramele prezentate în figură arată că, în intervalul 30 - 34 V, diluția a și pătrunderea p scad pînă la 32 V, apoi cresc pînă la 34 V. Înălțimea h și lățimea b cresc lent pînă la $U_g = 32$ V, după care urmează o creștere rapidă pînă la

$U_a = 34$ V. Spre deosebire de placarea cu o bandă, la placarea cu două benzi și descărcare în arc, influența tensiunii arcului U_a asupra înălțimii h a placaajului este semnificativă.

Variația ratei depunerii în cazul placării cu o bandă de dimensiuni $60 \times 0,5$ mm (curba 1) și în cazul placării cu două benzi de dimensiuni $60 \times 0,5$ mm și descărcare în arc (curba 2) în funcție de tensiunea arcului este prezentată în diagrame din figura 3.12.

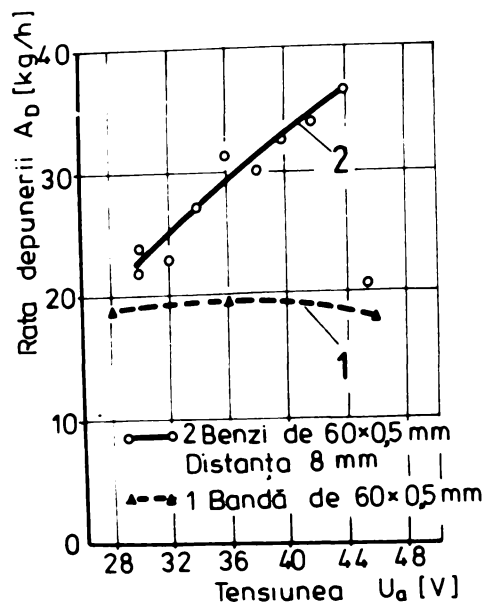


Figura 3.12.

Experimentările s-au efectuat cu următorii parametri tehnologici: $I_a = 650$ A, $U_a = 28$ V, $v_a = 11$ cm/min, în cazul placării cu o bandă și $I_a = 900$ A, $U_a = 30$ V, $v_a = 18$ cm/min în cazul placării cu două benzi.

Rata depunerii A_D la placarea cu două benzi este influențată mai mult decât la placarea cu o bandă, de tensiunea arcului U_a . Mărirea tensiunii U_a de la 32 V la 36 V are ca efecte creșterea ratei depunerii A_D de la ~ 25 kg/h la ~ 27 kg/h în cazul placării cu două benzi, iar la placarea cu o bandă această creștere este neînsemnată.

Influența tensiunii arcului U_a asupra diluției a , înălțimii h și lățimii b în cazul placării cu două benzi în baie de zgură este prezentată în diagramele din figura 3.13.

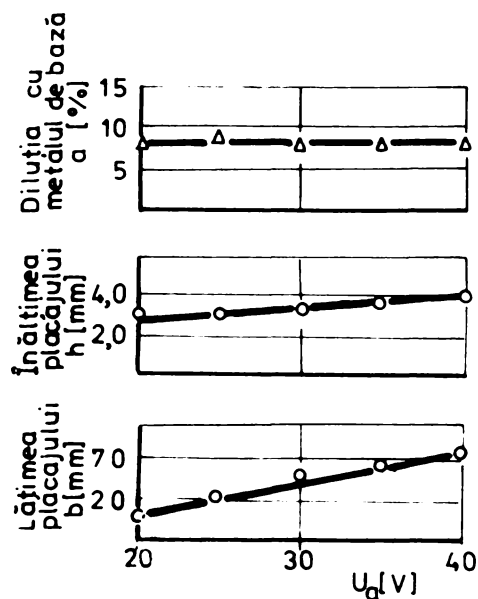


Figura 3.13.

Diagramele arată că lățimea b și înălțimea h cresc cu mărirea tensiunii U_a , în schimb diluția a rămâne practic constantă. Mărirea tensiunii de la 20 V la 30 V are ca efecte creșterea lățimii de la 40 mm la 60 mm iar a înălțimii de la 2,3 mm la 3,2 mm.

3.1.3. Viteza de placare v_s

În aplicațiile practice este importantă valoarea minimă a vitezei de placare (corelată cu $I_s \text{ min}$) pentru care procesul de placare este stabil și placajul are o formă corespunzătoare. Valoarea minimă a vitezei de placare $v_s \text{ min}$ s-a determinat experimental /24/ pentru benzi avînd grosimi de 0,3 ; 0,6 ; 1,2 mm și lățimi de 30, 45, 50, 60 și 70 mm în cuplu cu fluxuri

topite la $I_s = I_{s \text{ min}} + 150$, $U_s = 30 \text{ V}$, $L_e = 40 \text{ mm}$. Experimentările au arătat faptul că $v_{s \text{ min}}$ depinde în primul rând de lățimea benzii și în măsură mai mică de cuplul bandă-flux, MB, forma componentelor și grosimea benzii.

Dependența $v_{s \text{ min}} = f(B_e)$ pentru bandă din oțel carbon de 0,6 mm grosime în cuplu cu flux topit, la $U_s = 30 \text{ V}$, $L_e = 45 \text{ mm}$ este prezentată în diagrama din figura 3.14.

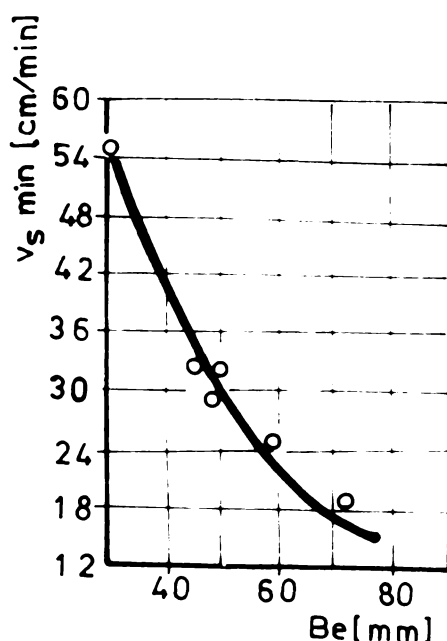


Figura 3.14.

Viteza de placare v_s scade cu creșterea lățimii benzii B_e .

Generalizarea datelor experimentale a dus la stabilirea următoarelor corelații : /24/

- $v_{s \text{ min}} \approx 3 - 10 \text{ cm/min}$ la $I_s = I_{s \text{ min}}$ și B_e pentru benzi de 0,3 - 1,2 mm grosime,

- $v_{s \text{ min}} \approx 900/B_e$ la $I_s = I_{s \text{ min}} + 150 \text{ A}$ pentru benzi de 0,3 mm grosime,

- $v_{s \text{ min}} \approx 850/B_e$ la $I_s = I_{s \text{ min}} + 150 \text{ A}$ pentru benzi de 0,6 mm grosime.

- $v_s = 700/B_e$ la $I_s = I_{s \text{ min}} + 150$ A pentru benzi de 1,2 mm grosime.

In general, la placarea sub flux cu benzi avind lăţimi de 20 - 40 mm, viteza de placare variază între 15 şi 55 cm/min. In cazul placărilor cu materiale rezistente la coroziune şi benzi de dimensiuni 60 x 0,5 mm, viteza este de 10 - 15 cm/min in funcţie de curent /1/.

Alegerea unei viteze de placare corespunzătoare are ca efecte obţinerea unui placaj cu o suprafaţă netedă care de obicei nu necesită o prelucrare ulterioară.

O viteză de placare v_s prea mică (la $I_s = \text{const.}$) poate duce la apariţia defectelor de legătură între metalul depus şi MB, iar o viteză de placare v_s prea mare duce la formarea unor placaje cu aspect neregulat. Prelucrarea statistică a 460 date /30/ obţinute la placarea cu benzi de 0,05 şi 0,06 cm grosime a stabilit următoarea corelaţie dintre lăţimea placajului b lăţimea benzii B_e , tensiunea arcului U_a , curentul de placare I_s şi viteza de placare v_s :

$$b = B_e (0,765 - 0,064B_e) + 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot B_e I_s + 1,5 \cdot 10^{-5} \frac{U_a \cdot I_s}{v_s} \quad (3.1.)$$

Viteza de placare v_s acţionează asupra lăţimii placajului b , înălţimii h , diluţiei a şi pătrunderii p .

Variaţia lăţimii placajului b in funcţie de viteza v_s la diferiţi curenţi de placare este prezentată in diagramele din figura 3.15.

Semnificaţia notaţiilor din figură este următoarea :

- 1 - bandă de 30 mm lăţime şi $I_s = 400$ A
- 2 - bandă cu $B_e = 30$ mm şi $I_s = 800$ A
- 3 - bandă cu $B_e = 60$ mm şi $I_s = 800$ A

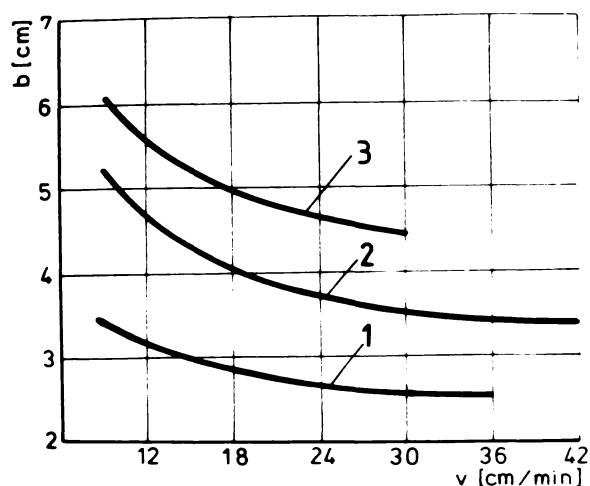


Figura 3.15.

Diagramele arată că micșorarea vitezei de placare v_s are ca efecte creșterea lățimii b_s a placajului. La aceeași viteză de placare v_s , lățimea placajului b crește cu mărirea curentului I_s , nedepinzând de grosimea benzii.

Influența vitezei de placare v_s asupra pătrunderii p și diluției a este dată în figura 3.16 /25/ .

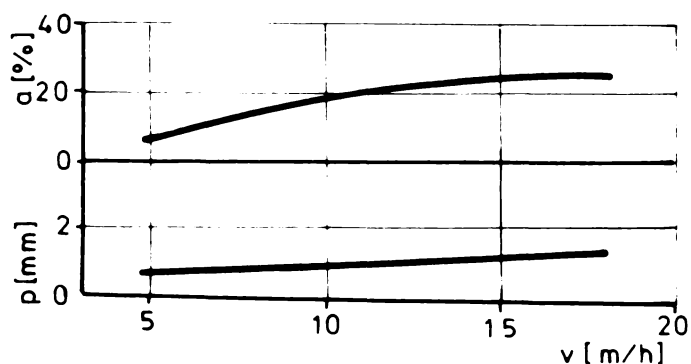


Figura 3.16.

Experimentările s-au efectuat cu benzi din oțel cu conținut scăzut de carbon de dimensiuni $30 \times 0,6$ mm cu următorii parametri tehnologici : $I_s = 380 - 420$ A, $U_s = 32 - 34$ V, $L_e = 40$ mm.

Mărirea vitezei de placare v_s are ca efecte creșterea pătrunderii p și a diluției a .

Influența vitezei de placare asupra geometriei placajului este ilustrată în figura 3.17.

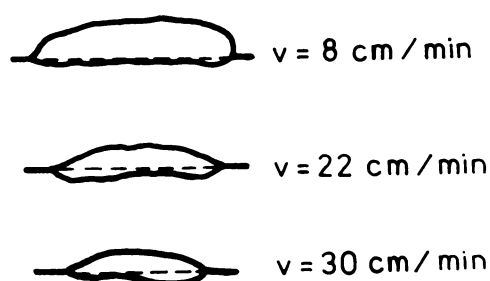


Figura 3.17.

Creșterea vitezei de placare v_g are ca efecte micșorarea lățimii b , înălțimii h și creșterea pătrunderii p .

În diagrama din figura 3.18 este prezentată influența vitezei de placare v_g asupra diluției a , pătrunderii p , înălțimii h și lățimii b în cazul placării cu două benzi și descărcare în arc.

Diagramele arată că, la creșterea vitezei de placare v_g de la 20 cm/min la 25 cm/min, crește diluția, iar pătrunderea p , înălțimea h și lățimea b scad. La creșterea vitezei v_g de la 25 cm/min la 30 cm/min, diluția a și pătrunderea p rămân constante iar înălțimea h și lățimea b scad.

Corelația dintre viteza de placare v_g , poziția componentelor față de orizontală și elementele geometrice ale placajului este ilustrată în diagramele din figura 3.19.

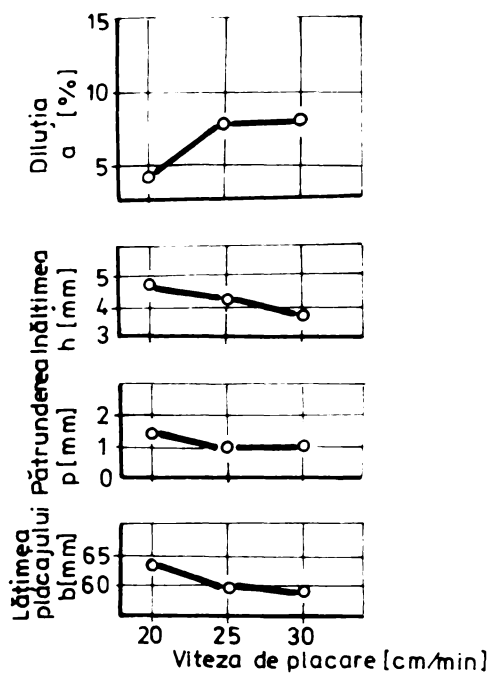


Figura 3.18.

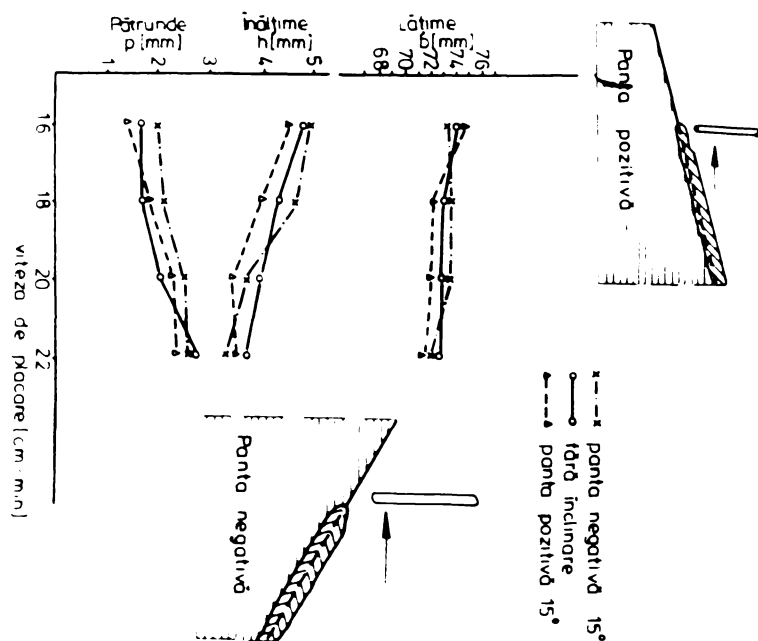


Figura 3.19.

Analiza diagramei pentru $v_g = 16$ cm/min arată următoarele :

- pătrunderea p cea mai mică se realizează dacă componentele se înclină în pantă pozitivă,
- înălțimea h cea mai mică se obține dacă componentele se înclină în pantă negativă ,
- lățimea b cea mai mare se realizează dacă componentele se înclină în pantă pozitivă.

Corelația dintre v_g și I_g la placarea sub flux cu două benzi și descărcare în arc, în cazul folosirii a două fluxuri (unul corespunzător F1 și altul mai puțin corespunzător F2) este dată în figura 3.20.

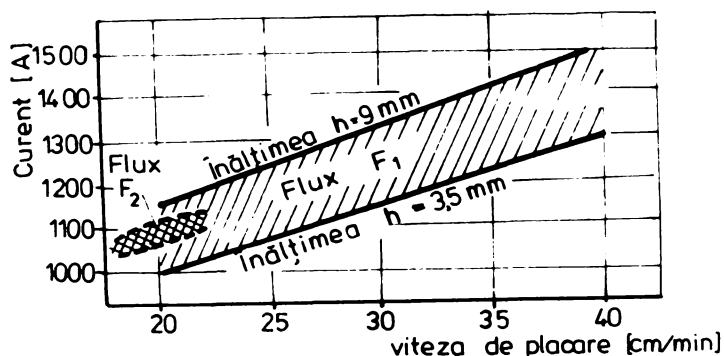


Figura 3.20.

Diagrama limitează domeniul pentru valorile perechii (I_g, U_g) la care placajele sînt corespunzătoare.

Parametrii tehnologici utilizați la experimentări au fost : $I_g = 1.100$ A, $U_g = 30$ V, $L_e = 40$ mm în cazul fluxului F1 și $I_g = 1.250$ A, $U_g = 31 - 32$ V, $L_e = 35$ mm în cazul fluxului F2.

In diagramele din figura 3.21 este prezentată influența vitezei de placare v_s , asupra diluției a , înălțimii h și lățimii b , a placajului, în cazul plăcării sub flux cu două benzi în baie de zgură, la $I_s = 1.250 \text{ A}$, $U_s = 32 \text{ V}$.

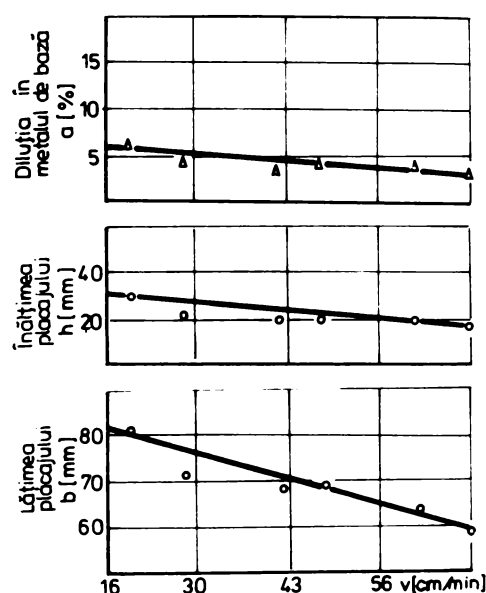


Figura 3.21.

Creșterea vitezei are ca efect scăderea diluției a , înălțimii h și a lățimii b a placajului.

Scăderea cea mai pronunțată este cea a lățimii b .

3.2. Parametrii tehnologici secundari PT2

3.2.1. Natura și polaritatea curentului

In general, la placarea sub flux cu bandă se lucrează în curent continuu. Polaritatea curentului acționează asupra pătrunderii p și a ratei depunerii A_D . La polaritate directă rata depunerii este mai mare decât la polaritate inversă, iar diluția și pătrunderea sînt mai mici.

Spre exemplu, diluția la polaritate directă este aproximativ 50 % din cea obținută la polaritate inversă /1/. Polaritatea directă are însă un mare dezavantaj și anume : marginile placajului abrupte, fapt care face ca pericolul apariției defectelor de legătură dintre MB și metalul depus să fie inevitabil. Datorită acestui dezavantaj, la placarea sub flux cu bandă, este de preferat să se lucreze în curent continuu și polaritate inversă.

3.2.2. Lungimea liberă L_e a benzii

Lungimea liberă a benzii L_e acționează în primul rând asupra ratei depunerii A_D și în mai mică măsură asupra pătrunderii p și a diluției a . La alegerea acestui parametru trebuie să se țină seama de conductibilitatea electrică a benzii. În general în aplicațiile practice, lungimea liberă a benzii L_e este de aproximativ 30 mm. La lungimi libere prea mici crește pătrunderea, iar la lungimi libere prea mari scade pătrunderea p , în schimb crește rata depunerii A_D . Arderea arcului este însă nestabilă și apare pericolul apariției porilor în metalul depus. În afară de aceasta, banda își pierde rigiditatea datorită încălzirii, se îndoaie, ducând la stingerea arcului și întreruperea procesului.

În diagramele din figura 3.22 (a, b) este prezentată influența lungimii libere L_e , asupra ratei depunerii A_D pentru benzi sinterizate (a) și pentru benzi laminate la rece (b) de dimensiuni 45 x 1 mm și polaritate inversă. Experimentările s-au executat cu benzile menționate în cuplu cu flux topit cu următorii parametri tehnologici : $I_s = 500 - 1000$ A, $U_s = 26 - 28$ V, $v_s = 19$ cm/min.

Diagramele arată că atât, la banda sinterizată, cât și la banda laminată la rece, rata depunerii A_D crește odată cu mărirea lungimii libere L_e și a curentului de placare I_s .

La același curent însă, rata depunerii A_D la bandă sinterizată este mult mai mare decât la bandă laminată la rece /1/.

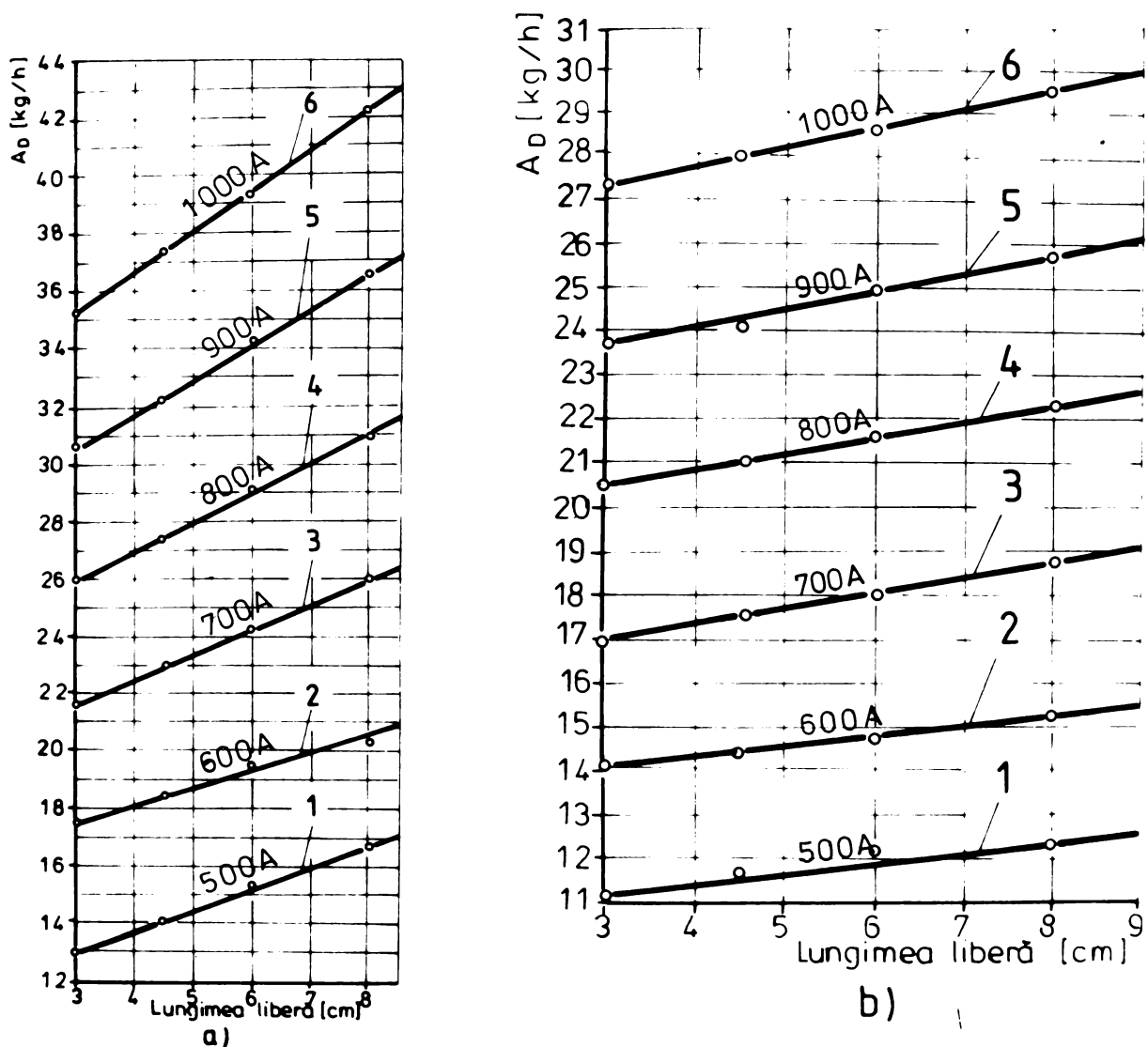


Figura 3.22.

Influența lungimii libere asupra ratei depunerii A_D , diluției a și pătrunderii p în cazul plăcării sub flux cu două benzi și descărcare în arc este prezentată în figura 3.23.

Diagramele din figură arată că, la mărirea lungimii libere L_e , rata depunerii A_D scade, iar pătrunderes și diluția rămân constante.

3.2.3. Lățimea benzii B_e

Corelația dintre lățimea benzii B_e și lățimea unui rând de placaj b este prezentată în diagrama din figura 3.24.

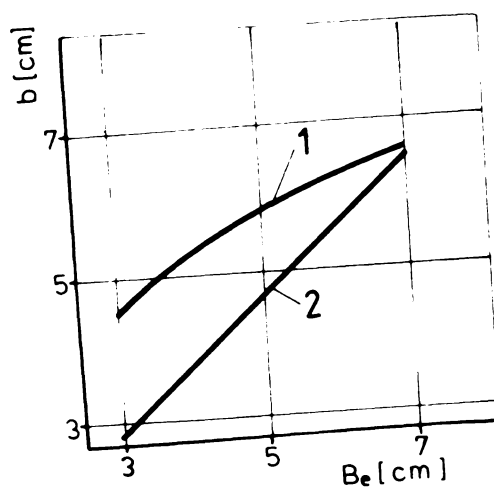
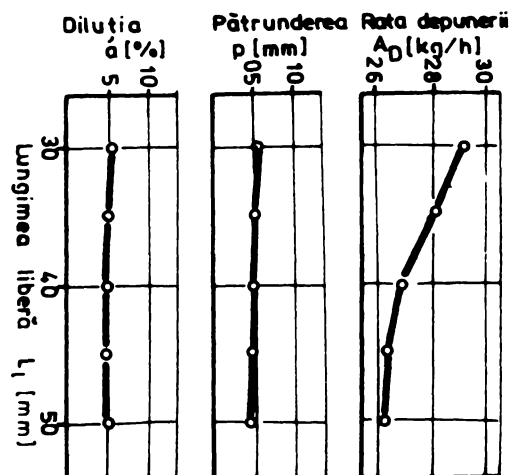


Figura 3.24.

Experimentările s-au efectuat cu următorii parametri tehnologici :
 $I_g = 900 \text{ A}$, $U_g = 30 \text{ V}$, $v_g = 15 \text{ cm/min}$, $L_g = 45 \text{ mm}$ (curba 1) și $j_g = 135 \text{ A/cm}$, $v_g = 18 \text{ cm/min}$ (dreapta 2).

Diagrama arată că lățimea unui rând de placaj b crește cu mărirea lățimii benzii și nu depinde de grosimea benzii.

Corelația dintre lățimea benzii B_e , pătrunderea p și diluția a este prezentată în figura 3.25.

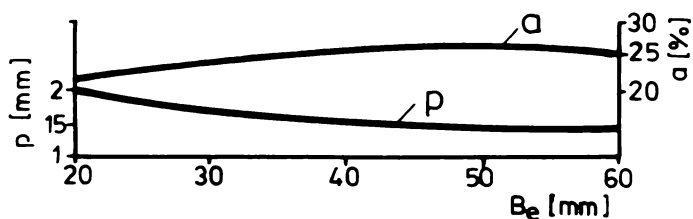


Figura 3.25.

Experimentările s-au efectuat cu următorii parametri tehnologici : $I_s = 600 - 700$ A, $U_s = 35$ V, $v_s = 13$ cm/min, $L_e = 40$ mm.

Din diagramele prezentate în figură rezultă că la mărirea lățimii benzii B_e de la 20 mm la 60 mm pătrunderea p scade de la 2 mm la $\sim 1,4$ mm, iar diluția crește de la 21 % la ~ 26 %.

3.2.4. Poziția benzii față de normală

Influența poziției benzilor asupra diluției a la placarea sub flux cu două benzi este prezentată în figura 3.26.

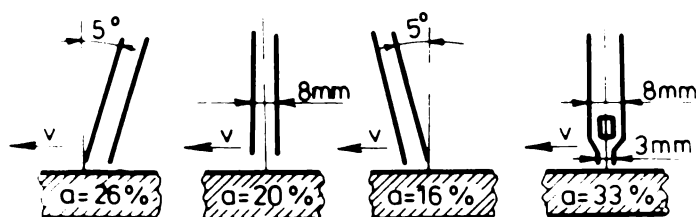


Figura 3.26.

Diluția cea mai mică (16 %) se obține la inclinarea benzilor cu 5° față de normală în sens trigonometric.

Modul de poziționare al benzii (benzilor) în funcție de raza de curbură a componentelor este prezentat în figura 3.27.

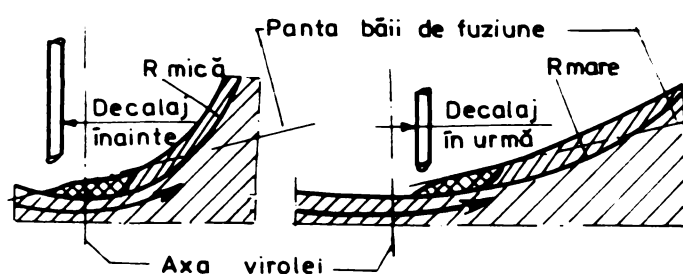


Figura 3.27.

Din figură rezultă că în cazul componentelor cu rază de curbură mică banda se poziționează decalată spre stânga față de normală. În cazul componentelor cu rază de curbură mare banda se poziționează decalată spre dreapta față de normală.

3.2.5. Distanța dintre benzi d

Influența distanței dintre benzi asupra diluției este prezentată în diagramele din figura 3.28.

Experimentările s-au efectuat cu următorii parametri tehnologici : $I_g = 900$ A, $v_g = 18$ cm/min, $L_g = 40$ mm. Diagramele din figură arată că la distanța de 15 mm dintre benzi se obține diluția cea mai mică la tensiuni de 36 și 42 V.

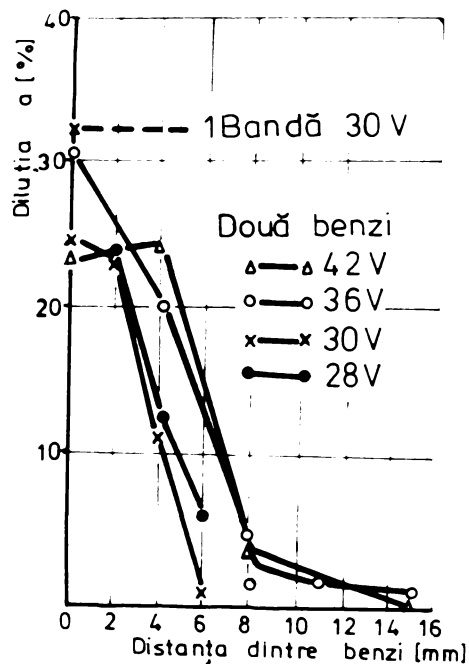


Figura 3.28.

3.2.6. Înălțimea stratului de flux H

Acest parametru acționează în primul rând asupra modului de formare al placajului, asupra stabilității procesului și mai puțin asupra ratei depunerii A_D .

În general se recomandă /1/ o înălțime de 30 - 45 mm care se determină mai precis în funcție de natura fluxului utilizat.

Dacă înălțimea stratului de flux este prea mare evacuarea gazelor din baie topită nu este suficientă, fapt care face ca suprafața placajului să devină neregulată.

Stabilirea înălțimii stratului de flux trebuie corelată cu masa volumică a sa.

Înălțimea stratului de flux în cazul fluxurilor cu masă volumică mare este mai mică decât a fluxurilor cu masă volumică mică.

Concluzii

In baza celor prezentate in capitolul 3 rezultă următoarele :

1. Valoarea minimă a curentului de placare I_g min depinde in primul rind de lăţimea benzii B_e şi in mai mică măsură de natura fluxului, polaritate şi tensiunea arcului U_g . Ea nu depinde de grosimea benzii δ in intervalul 0,3 ... 1,2 mm.

2. In cazul placării sub flux cu o bandă curentul de placare I_g influenţează in primul rind diluţia a , pătrunderea p , rata depunerii A_D şi mai puţin dimensiunile placaajului (înălţimea h şi lăţimea B). Mărirea curentului are ca efecte creşterea lui a , p şi A_D .

3. La placarea cu două benzi şi descărcare in arc, diluţia scade cu mărirea curentului, iar in cazul placării in baie de zgură creşte nesemnificativ.

4. In cazul placării sub flux cu o bandă şi polaritate directă, rata depunerii A_D este mai mare decît la polaritate inversă. Diluţia a şi pătrunderea p sînt mai mici, însă marginile placaajului sînt abrupte şi neregulate fapt care duce la apariţia defectelor de legătură dintre metalul depus şi MB.

5. La placarea sub flux cu o bandă tensiunea arcului U_g acţionează in primul rind asupra formei placaajului şi mai puţin asupra ratei depunerii A_D , pătrunderii p şi diluţiei a . In schimb la placarea sub flux cu două benzi tensiunea are influenţă semnificativă asupra ratei depunerii A_D , înălţimii h , şi lăţimii B a placaajului.

6. Valoarea minimă a vitezei de placare v_g min depinde in primul rind de lăţimea benzii B_e şi in măsură mai mică de grosime şi cuplul bandă-flux.

7. La placarea sub flux cu o bandă, creșterea vitezei de placare v_p are ca efecte : mărirea diluției a și a pătrunderii p și o scădere a lățimii placajului B . În schimb la placarea cu două benzi și descărcare în are pătrunderea p scade la început apoi rămâne constantă, iar diluția a crește la început apoi rămâne constantă.

8. Lungimea liberă a benzii L_e influențează în primul rând rata depunerii A_D . Creșterea lungimii libere L_e are ca efecte mărirea ratei depunerii A_D în cazul placării cu o bandă și scăderea acesteia la placarea cu două benzi.

9. Inclinarea componentelor cu o anumită pantă influențează asupra dimensiunilor placajului (h și B) și asupra pătrunderii p .

10. La placarea cu două benzi diluția cea mai mică se obține la o distanță dintre benzi de 15 mm și tensiuni de 36 și 42 V.

11. În cazul placării cu două benzi, inclinarea benzilor cu un unghi de 5° față de normală în sens trigonometric, duce la scăderea diluției a cu 17% față de diluția obținută la placare cu benzile în poziție verticală.

12. În tabelul 3.1 sînt dați parametrii tehnologici stabiliți experimental /31/ pentru 3 cupluri bandă-flux. Benzile utilizate au fost din oțel inoxidabil iar fluxurile topite. Cu acești parametri s-au obținut placaje cu o bună rezistență la coroziune intercristalină.

Tabelul 3.1.

Procedeu de placare	Nr. cuplu bandă-flux	PT.1			PT.2							Materiale de adeziv Tip bandă Flux conform AWS	
		I _a A	U _a V	v _s cm/min	Polaritate	L _e mm	h mm	H mm	n _t	B _e x δ mm	d mm		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
cu o bandă	1	650-680	29-30	15	DC ⁺	30	4 - 4,5	23	prima trecere a doua trecere	60 x 0,5	-	309 L	LW410
		700-725		12		30		316 L					
cu două benzi	2	720±50	29±1	10		35		2	ambele treceri	2(60x05)	8	309L	LW410
		700±50				30		316 L					
	3	1250 - 1300 A	31±1	27-28		35	4 - 4,3	30				309 L pentru prima trecere 316 L pentru a doua trecere	LW410

4. Concentrația elementelor în straturile de placaj

4.1. Placaje realizate într-o trecere

Concentrația oricărui element în stratul întâi de placaj C_{t_1} se poate determina prin calcul analitic sau grafic dacă se cunosc :

- concentrația elementului respectiv în metalul de adaos C_{MA} ,
- concentrația elementului respectiv în metalul de bază C_{MB} ,
- participarea metalului de bază la formarea placajului a (diluția),
- participarea materialelor de adaos (bandă + flux) la formarea placajului b' ,
- coeficientul de activitate al fluxului C_F .

Coeficientul de activitate al fluxului C_F reprezintă diferența dintre concentrația C_{MD} a unui element în metalul depus (MD) și concentrația C_{MA} a aceluiași element în metalul de adaos (MA).

Activitatea fluxului este rezultatul acțiunii unor fenomene metalurgice care au loc la contactul dintre zgura lichidă cu picătura de metal topit și cu întreaga baie de metal topit /32/

Coeficientul de activitate al fluxului este o mărime caracteristică unui anumit cuplu bandă-flux și depinde de tehnologia de placare.

Calculul lui C_F se efectuează cu relația :

$$C_F = C_{MD} - C_{MA} \quad (4.1)$$

În funcție de semnul expresiei $C_{MD} - C_{MA}$, se deosebesc următoarele cazuri :

a. $C_{MD} > C_{MA}$ rezultă că $C_F > 0$, adică datorită activității fluxului concentrația elementului în MD a crescut față de concentrația sa în MA ;

b. $C_{MD} < C_{MA}$ rezultă că $C_p < 0$, adică datorită activității fluxului concentrația elementului în MD a scăzut față de concentrația sa în metalul de adaos.

Cazurile menționate mai sus corespund fluxurilor active ($C_p \neq 0$).

c. $C_{MD} = C_{MA}$, rezultă $C_p = 0$, acest caz corespunde fluxurilor pasive. În calculele ce se efectuează în continuare se consideră că $C_p \neq 0$.

Cu aceste precizări concentrația teoretică a unui element în stratul întâi de placaj se determină cu relația :

$$C_{t1} = aC_{MB} + b'(C_{MA} \mp C_p) \quad (4.2)$$

Înlocuind în relația 4.2 pe $b' = 1 - a$ rezultă :

$$C_{t1} - (C_{MB} - C_{MA} \mp C_p)a - C_{MA} \mp C_p = 0 \quad (4.3)$$

Valoarea lui C_p este foarte mică comparativ cu valorile lui C_{MA} și C_{MB} ($C_p \ll C_{MA}$; $C_p \ll C_{MB}$), astfel că semnul expresiei $C_{MB} - C_{MA} \mp C_p$, depinde numai de valorile lui C_{MA} și C_{MB} /33/.

Ecuația 4.3 reprezintă o dreaptă, deoarece este de gradul întâi în raport cu C_t și a , și depinde de 3 parametri C_{MA} , C_{MB} și C_p . Considerând pe rând doi parametri constanți și unul variabil relația 4.3 reprezintă ecuația a trei fascicule de drepte având ca parametri (ai fasciculelor) pe C_{MA} , C_{MB} și C_p . Coeficientul unghiurilor al dreptelor fasciculelor este dat de expresia :

$$C_{MB} - C_{MA} \mp C_p$$

Sistemul de referință care se utilizează pentru reprezentarea grafică a punctelor și dreptelor fasciculelor este cel ortogonal cartezian a o C_t .

Domeniul de existență al funcției $C_{t1} = f(a)$ în cazul aplicațiilor practice de placare și sudare este determinat de dubla inegalitate :

$$0 < a < 1 \quad (4.4)$$

Dacă $a = 0 \quad C_{t1} = C_{MA} \quad (4.5)$

$$a = 1 \quad C_{t1} = C_{MB} \quad (4.6)$$

Aceste valori extreme nu se întâlnesc în practică, deoarece într-o îmbinare sudată sau depunere participă metalul de adaos și MB în diferite proporții. În calcule $C_{MB} \in (0, 100\%]$, $C_{MA} \in (0, 100\%]$ iar C_p ia valori limitate.

În cele ce urmează se determină coordonatele virfurilor celor 3 fascicule și se prezintă câteva exemple de determinare grafică și analitică a concentrației teoretice pentru anumite elemente.

4.1.1. $C_{MB} = \text{constant}$; $C_p = \text{constant}$; $C_{MA} = \text{variabil}$

Relația 4.3 se mai poate scrie sub forma :

$$C_{t1} - (C_{MB} + C_p)a + C_p + C_{MA}(a-1) = 0 \quad (4.7)$$

Observație : Relația 4.7 reprezintă ecuația unui fascicul de drepte de forma $(D_1) + \lambda (D_2) = 0$ unde : $(D_1) = 0$; $(D_2) = 0$, reprezintă ecuațiile dreptelor de bază ale fasciculului, iar λ este parametrul fasciculului. Este cunoscut din geometria analitică că coordonatele punctului fix prin care trec toate dreptele fasciculului numit și vârful fasciculului se află la intersecția dreptelor de bază de ecuații $(D_1) = 0$, $(D_2) = 0$.

Coordonatele virfului fasciculului determinat de relația 4.7 se află rezolvînd sistemul de ecuații :

$$\begin{cases} C_{t1} - (C_{MB} + C_p)a + C_p = 0 \\ a - 1 = 0 \end{cases} \quad (4.8)$$

Soluțiile sistemului sînt :

$$a = 1 \quad ; \quad C_{t \ 1} = C_{MB} \quad (4.9)$$

Deci, fasciculul de drepte este determinat prin virful său $(1, C_{MB})$. Deoarece $0 < C_{MB} \leq 100\%$ rezultă că pentru fiecare valoare dată lui C_{MB} se obțin fascicule cu virful în punctele $(1, C_{MB_1})$, $(1, C_{MB_2})$... etc.

În consecință, locul geometric al acestor virfuri pentru $C_{MB} \in (0, 100\%)$ este dreapta $a = 1$.

Coordonatele punctelor de pe dreptele fasciculelor sînt valorile diluției, respectiv ale concentrației teoretice a unui element în stratul întii de placaj. În funcție de semnul expresiei $C_{MB} - C_{MA} \mp C_P$ se deosebesc 3 cazuri :

a.
$$\underline{C_{MB} - C_{MA} \mp C_P > 0 \quad C_{MB} > C_{MA} \mp C_P}$$

Coefficientul unghiular al dreptelor fasciculului în acest caz este pozitiv. Un asemenea fascicul de drepte cu virful în punctul $P(1, C_{MB})$ raportat la sistemul de axe a OC_t este prezentat în figura 4.1.

Ordonatele la origine ale dreptelor fasciculului sînt concentrațiile $C_{MA_1} \mp C_{P_1}$, $C_{MA_2} \mp C_{P_2}$, $C_{MA_3} \mp C_{P_3}$. În consecință, pentru un anumit cuplu de materiale de adeziv (bandă, flux) există două drepte ale fasciculului : una pentru valoarea pozitivă a lui C_P și alte pentru cea negativă. În aplicațiile practice însă există o singură dreaptă, deoarece coeficientul de activitate al fluxului nu poate fi concomitent și pozitiv și negativ pentru același element /34/.

Determinarea grafică a concentrației teoretice a oricărui element în stratul întii de placaj, cînd se cunoaște diluția a_1 , se face intersectînd dreptele fasciculului cu perpendiculara dusă din punctul $D_1(a_1, 0)$. Ordonatele punctelor de

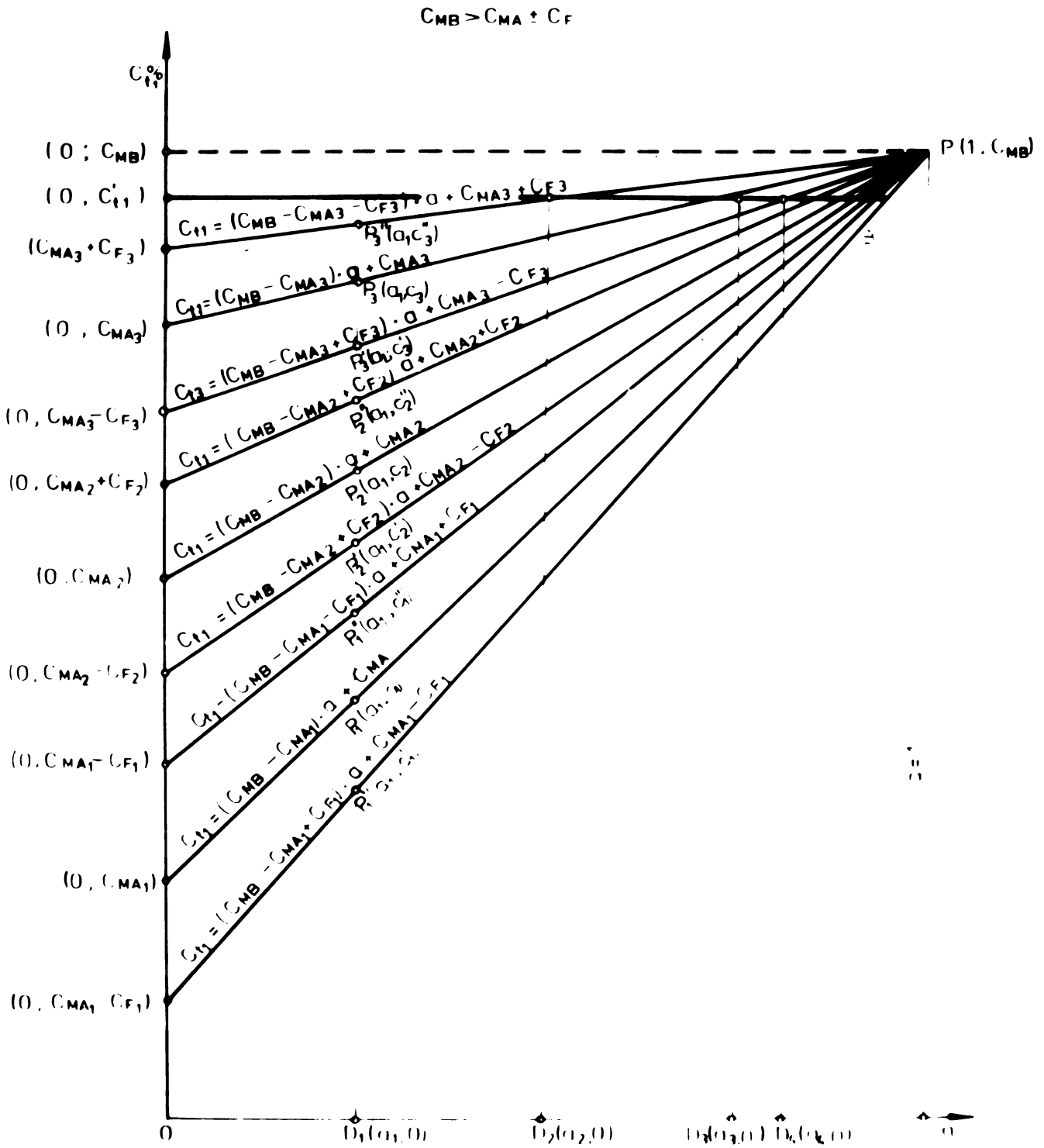


Figura 4.1

intersecție, $c_1, c_1', c_1'', c_2, c_2', c_2'', c_3, c_3', c_3''$ sînt concentrațiile teoretice în stratul întii de placaj.

Cunoașterea concentrației teoretice permite determinarea grafică a diluției, intersectînd dreptele fascicului cu o paralelă dusă la axa oa prin punctul de concentrație cunoscută C_{t1}' . Abscisele a_2, a_3, a_4 ale punctelor de intersecție sînt diluțiile în stratul întii de placaj.

Din diagrama prezentată în figura 4.1 rezultă că există mai multe posibilități de selectare a materialelor de adaos pentru placarea unui anumit MB, în funcție de diluție. Aceeași concentrație teoretică a unui element în placaj se poate obține cu mai multe materiale de adaos, însă la diluții diferite.

Creșterea diluției are ca efect mărirea concentrației elementelor din MB în stratul întii de placaj. Acest fapt în anumite situații are efecte negative. Spre exemplu, în cazul în care ^{se cere} realizarea unui placaj (într-une sau două treceri) rezistent la coroziune intercristalină, creșterea conținutului de carbon în placaj, ca urmare a diluției cu MB, duce la scăderea rezistenței la coroziune. În această situație este necesară utilizarea unor materiale de adaos care dau un metal depus cu un conținut foarte scăzut de carbon și alegerea unei tehnologii care să asigure o diluție minimă. Diluția minimă fiind aceea la care încă se realizează rezistența mecanică necesară. În figura 4.2 este dat un exemplu de determinare grafică a concentrației de carbon în stratul întii de placaj, cînd se cunosc : $C_{MB} = 0,2\% C, C_{MA} = 0,025\% C, C_F = -0,02$.

Din figură rezultă că $C_{t1} = 0,029\% C$. Calculul analitic conduce la $C_{t1} = 0,0293\% C$. Se observă că nu există diferențe semnificative între concentrația teoretică determinată prin calcul și pe cale grafică.

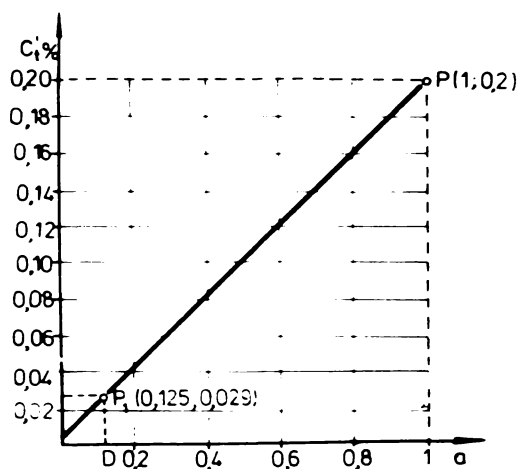


Figura 4.2.

b.

$$\underline{C_{MB} - C_{MA} \mp C_P < 0 \quad ; \quad C_{MB} < C_{MA} \pm C_P}$$

Coefficientul unghiular al dreptelor în acest caz este negativ. Un asemenea fascicul cu vârful în punctul $P(1, C_{MB})$ este prezentat în figura 4.3.

Din diagrama prezentată în figura 4.3 rezultă că există mai multe posibilități de alegere a materialelor de adaos și de bază pentru realizarea unui placaj de o anumită compoziție chimică.

Aceeași concentrație a unui element în placaj se poate obține cu mai multe materiale de adaos având diferite nivele de aliere la diluții diferite.

Mărirea diluției duce la scăderea concentrației elementului de aliere din placaj. Acest fapt are efecte negative în aplicațiile practice, fiind o anumită compoziție chimică este impusă de caietul de sarcini (în special la placări într-o singură trecere sau două treceri).

Realizarea compoziției prescrise a placajului se poate face prin utilizarea unor materiale de adaos supraaliate și diluții mari sau prin utilizarea unor materiale de adaos mai puțin aliate și diluții mai mici.

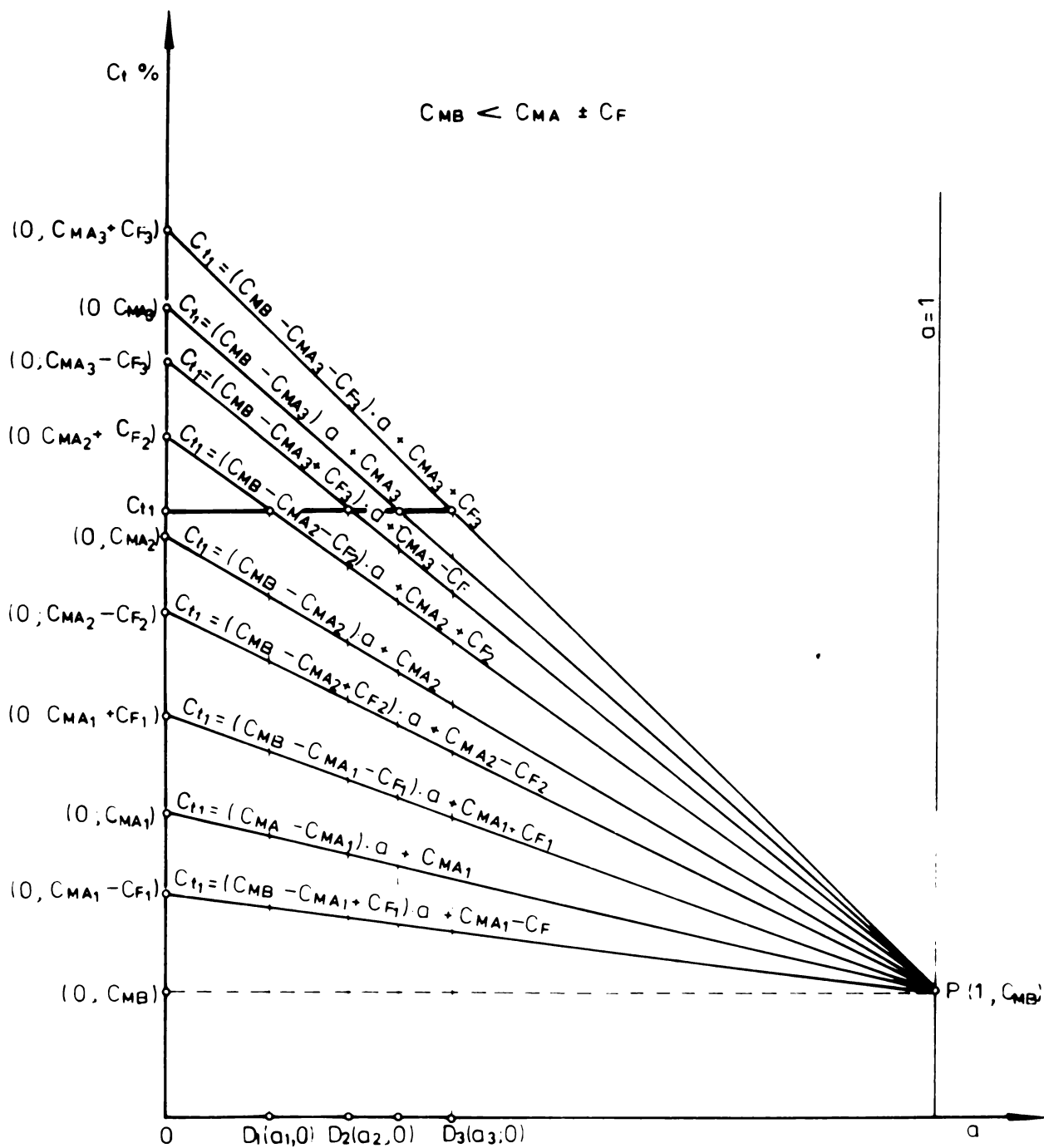


Figura 4.3

Din punctul de vedere economic a doua variantă este de preferat. În practică acest lucru se realizează prin alegerea unei tehnologii astfel încât diluția să fie redusă la minim. Determinarea pe cale grafică a concentrației teoretice și a diluției se face după metodologia descrisă la punctul a. În figura 4.4 este dat un exemplu de determinare grafică a concentrației de crom în stratul întâi de placaj, când se cunosc : $C_{MB} = 0,4 \% Cr$, $a = 0,125$, $C_{MA} = 24 \% Cr$, $C_P = 0,4 \% Cr$.

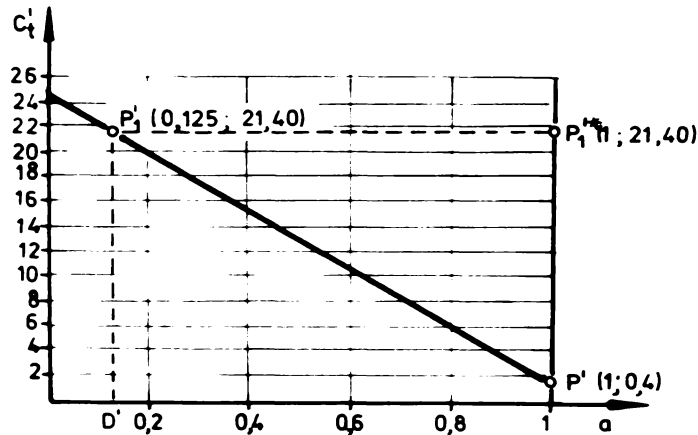


Figura 4.4.

Din figura 4.4 rezultă $C_{t 1} = 21,4 \% Cr$.

c.
$$\underline{C_{MB} = C_{MA}}$$

Relația 4.3 se descompune în două ecuații :

pentru $C_P > C$: $C_{t 1} = (1-a)C_P + C_{MA}(C_{MB})$ (4.10)

rezultă : $C_{t 1} > C_{MA}(C_{MB})$ (4.11)

pentru $C_P < 0$

$$C_{t 1} = (a-1)C_P + C_{MA}(C_{MB})$$
 (4.12)

rezultă :

$$C_{t 1} < C_{MA}(C_{MB})$$
 (4.13)

In acest caz concentrația teoretică a unui element în stratul întâi de placaj diferă de C_{MA} sau C_{MB} și este mai mică sau mai mare decât acestea după cum C_P este mai mare sau mai mic decât zero ($C_P \neq 0$).

4.1.2. C_{MB} = parametru , C_{MA} = constant, C_P = constant

Relația 4.3 se poate scrie sub forma :

$$C_t 1 + C_{MA}(a-1) + (\frac{1}{a} + 1)C_P - a.C_{MB} = 0 \quad (4.14)$$

Expresia 4.14 reprezintă ecuația unui fascicul de drepte. Coordonatele virfului fasciculului se află rezolvind sistemul de ecuații :

$$\begin{cases} C_t 1 + C_{MA}(a-1) + (\frac{1}{a} + 1)C_P = a \\ a = 1 \end{cases} \quad (4.15)$$

Soluțiile sistemului sînt : $a = 0$; $C_t 1 = C_{MA} \frac{1}{a} + C_P$.

Deci fasciculul este determinat prin virful său (0 ; $C_{MA} \frac{1}{a} + C_P$). Deoarece $0 < C_{MA} \leq 100\%$, iar C_P variază între anumite limite, rezultă că pentru fiecare valoare a lui C_{MA} se obțin două fascicule avînd virfurile în punctele (0 , $C_{MA} 1 + C_P$); (0 , $C_{MA} 1 - C_P$); (0 , $C_{MA2} + C_P$); (0 , $C_{MA2} - C_P$) ... etc.

In consecință, locul geometric al acestor virfuri pentru $C_{MA} \in (0, 100\%]$, cînd C_P variază între anumite limite, este dreapta $a = 0$.

După semnul expresiei $C_{MB} - C_{MA} \frac{1}{a} + C_P$ se deosebesc următoarele cazuri :

A. $C_{MB} - C_{MA} \frac{1}{a} + C_P > 0$; $C_{MB} > C_{MA} \frac{1}{a} + C_P$

Coeficientul unghiular al dreptelor fasciculelor este pozitiv. Cele două fascicule au virfurile în punctele : (0 , $C_{MA} + C_P$), (0 , $C_{MA} - C_P$). Un al doilea punct prin care trec

dreptele fasciculelor se obține considerind pe $a = 1$ în relația 4.3. Rezultă că $C_t = C_{MB}$, deci punctul are coordonatele $(1, C_{MB})$. Pentru diferite metale de bază se obțin punctele $(1; C_{MB1})$, $(1; C_{MB2}) \dots$ etc.

Fasciculele raportate la sistemul de referințe $a = 0$ C_t sînt prezentate în figura 4.5.

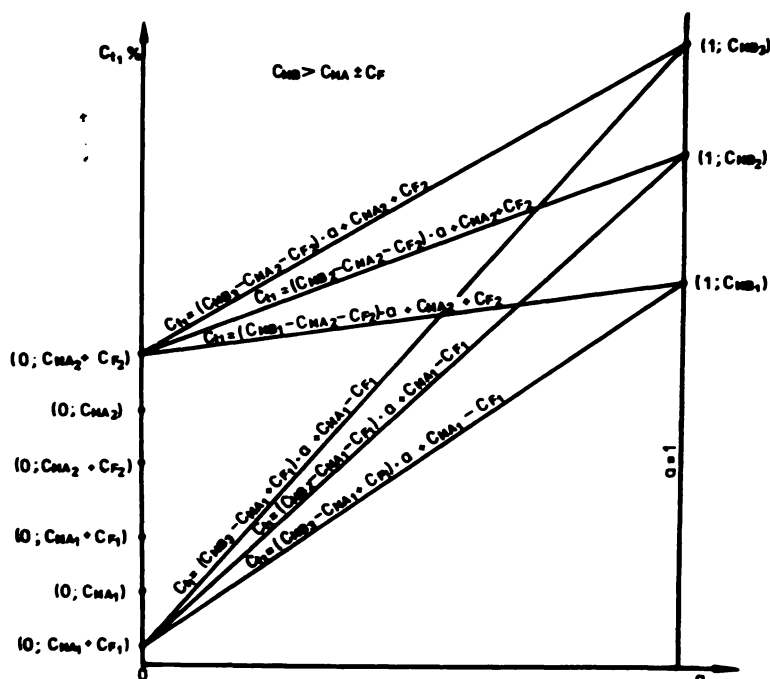


Figura 4.5.

Vîrfurile celor două fascicule se află de o parte și de alta a punctului de coordonate $(0, C_{MA})$, adică a vîrfului fasciculului pentru care $C_p = 0$. În aplicațiile practice există un singur fascicul, deoarece coeficientul de activitate al fluxului nu poate fi concomitent și pozitiv și negativ pentru același element.

$$\underline{C_{MB} - C_{MA} \mp C_P < 0 \quad ; \quad C_{MB} < C_{MA} \pm C_P}$$

Coeficientul unghiular al dreptelor fascicului este negativ. Fasciculele raportate la sistemul de referințe a o C_t sînt prezentate în figura 4.6.

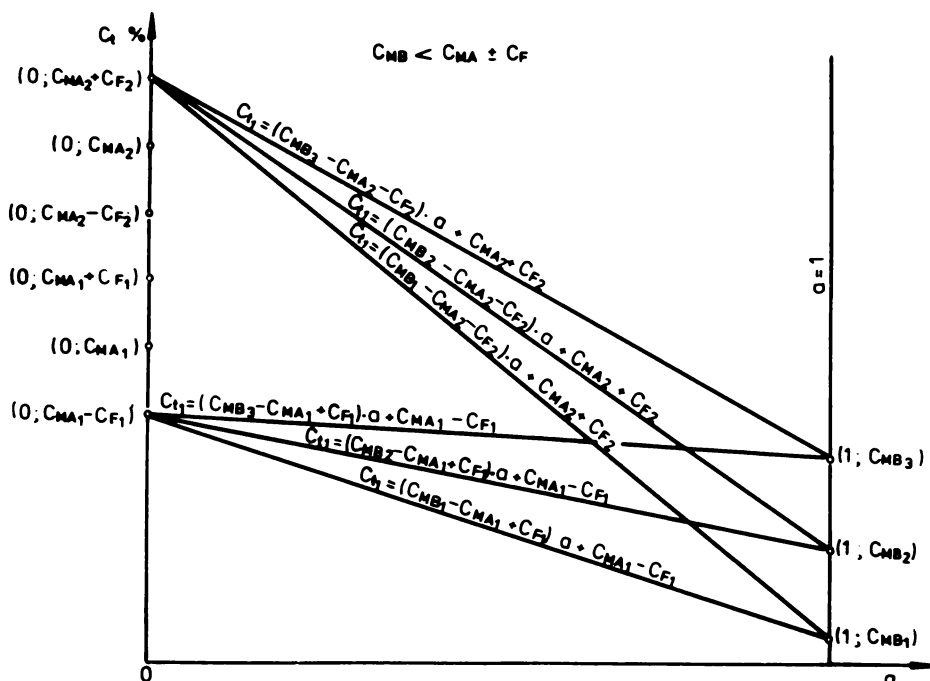


Figura 4.6.

Concluziile rezultate la punctul 4.1.1 sînt valabile și pentru punctul 4.1.2.

4.1.3. $C_{MB} = \text{constant}$; $C_{MA} = \text{constant}$; $C_P = \text{parametru}$

Ecuația 4.3 se poate scrie sub formă :

$$C_t + C_{MA}(\alpha - 1) - C_{MB} \cdot \alpha \mp C_P(\alpha - 1) = 0 \quad (4.16)$$

Relația reprezintă un fascicul de drepte avînd ca parametru pe C_P . Coordonatele vîrfului fascicului se află

rezolvind sistemul :

$$\begin{cases} C_{t1} + C_{MA}(a-1) - C_{MB} \cdot a = 0 \\ 1 - a = 0 \end{cases} \quad (4.17)$$

Soluțiile sistemului sînt : $a = 1$; $C_{t1} = C_{MB}$. Rezultă că vîrfurile fasciculului are coordonatele $(1, C_{MB})$. Acest caz este similar cu cel de la punctul 4.1.1. In figura 4.7 sînt prezentate două fascicule cu vîrfurile în punctele $P_1(1, C_{MB1})$ și $P_2(1, C_{MB2})$

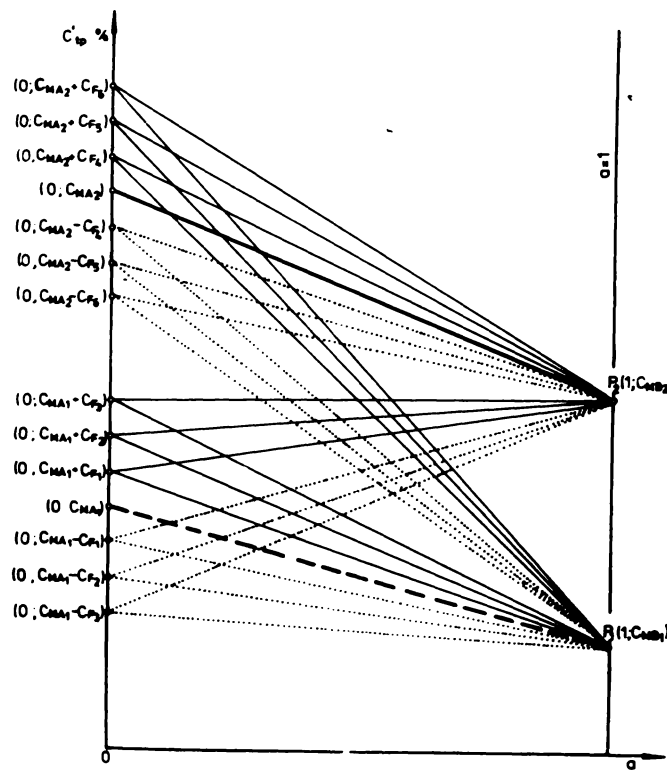


Figure 4.7.

4.1.4. Concentrația reală a unui element în stratul întâi de placaj

Dacă se ține seama de pierderile ce au loc în timpul procesului de placare, atunci concentrația reală (C_{R1}) în stratul întâi de placaj se calculează cu relația :

$$C_{R1} = \eta_T [(C_{MB} - C_{MA} \mp C_F)a + C_{MA} \pm C_F] \quad (4.18)$$

în care η_T este coeficientul de trecere.

Din relația 4.18 reiese că, compoziția placajului este cu atât mai apropiată de cea a metalului de adaos (bandă), cu cât la același pierderi diluția a este mai mică.

Se observă că prin introducerea unor elemente de aliere în flux, compoziția chimică a placajului poate fi influențată semnificativ.

Variația compoziției chimice a placajului față de metalul de adaos se apreciază cu raportul :

$$v = \frac{C_{MA} - C_{R1}}{C_{MA}} \quad (4.19)$$

a căui expresie este :

$$v = \frac{C_{MA} - \eta_T [(C_{MB} - C_{MA} \mp C_F)a + C_{MA} \pm C_F]}{C_{MA}} \quad (4.20)$$

4.2. Placaje realizate în mai multe treceri

La placajele realizate în mai multe treceri, determinarea concentrației teoretice a unui element într-un anumit strat de placaj este posibilă, dacă se cunosc concentrațiile elementului respectiv și diluțiile în straturile anterioare /37/.

Diluția la placare într-o singură trecere a fost definită drept participarea MB la formarea placajului. În cazul placajelor realizate în mai multe treceri, prin diluție într-un anumit strat "i" se înțelege, participarea stratului "i-1" la formarea placajului.

Cu aceste precizări variația concentrației teoretice a unui element în stratul "i" de placaj, în funcție de diluția a, este dată de relația :

$$C_{ti} = (C_{ti-1} - C_{MA} \mp C_P)a + C_{MA} \pm C_P \quad (4.21)$$

în care $i = 1, 2 \dots n$ iar $C_{t0} = C_{MB}$

Dacă $C_{t0} = 0$, adică elementul respectiv nu se găsește în MB, ci numai în metalul de adaos atunci relația 4.21 devine :

$$C_{t1} = (-C_{MA} \mp C_P)a + C_{MA} \pm C_P \quad (4.22)$$

Relațiile 4.21 și 4.22 reprezintă fascicule de drepte. Locul geometric al vîrfurilor fasciculelor sînt dreptele $a = 0$ și $a = 1$. Coordonatele punctelor de pe dreptele fasciculelor sînt valorile diluției și ale concentrației teoretice în stratul "i" de placaj. Din punct de vedere teoretic și practic prezintă interes următoarele cazuri :

4.2.1. Placaj realizat cu aceleași materiale de adaos și aceeași diluție în toate trecerile

În această situație se cunosc : C_{MA} , C_{MB} , C_P și $a = a_1$ în fiecare strat. Variația concentrației teoretice a unui element în funcție de diluție în diferite straturi de placaj este dată de relațiile :

$$\begin{aligned} C_{t1} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P)a + C_{MA} \pm C_P \\ C_{t2} &= (C_{t1} - C_{MA} \mp C_P)a + C_{MA} \pm C_P \\ C_{t3} &= (C_{t2} - C_{MA} \mp C_P)a + C_{MA} \pm C_P \\ \hline C_{ti} &= (C_{ti-1} - C_{MA} \mp C_P)a + C_{MA} \pm C_P \\ \hline C_{tn} &= (C_{tn-1} - C_{MA} \mp C_P)a + C_{MA} \pm C_P \end{aligned} \quad (4.23)$$

Inlocuind pe C_{t1} , C_{t2} , ... C_{tn-1} și $a = a_1$, valoarea concentrației teoretice în cele "n" straturi de placaj se calculează cu relațiile :

$$\begin{aligned} C_{t1} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_1 + C_{MA} \mp C_P \\ C_{t2} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_1^2 + C_{MA} \mp C_P \\ \dots \\ C_{tn} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_1^n + C_{MA} \mp C_P \end{aligned} \quad (4.24)$$

Trecerea la limită în ultima relație din 4.24 conduce la :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_1^n + C_{MA} \mp C_P = C_{MA} \mp C_P = C_{t\infty} \quad (4.25)$$

deoarece $0 < a_1 < 1$, iar $\lim_{n \rightarrow \infty} a_1^n = 0$.

Din relația 4.25 reiese că după o infinitate de treceri concentrația teoretică a unui element în placaj nu depinde de diluție.

Determinarea grafică a concentrației teoretice a unui element în straturile 1, 2 și 3 de placaj, când se cunosc C_{MB} , C_{MA} și $a = a_1$ este prezentată în figura 4.8 (a și b).

În figura 4.9 este dat un exemplu numeric de determinare grafică a concentrației teoretice C_t de Cr în straturile 1, 2, 3 de placaj, când se cunosc : $C_{MB} = 0,5 \% Cr$, $a = 0,2$, $C_{MA} = 24 \% Cr$, $C_P = + 0,5 \% Cr$.

$$\begin{aligned} \text{Din figură rezultă : } C_{t1} &= 19,70 \% \\ C_{t2} &= 23,5 \% \\ C_{t3} &= 24,25 \% \end{aligned}$$

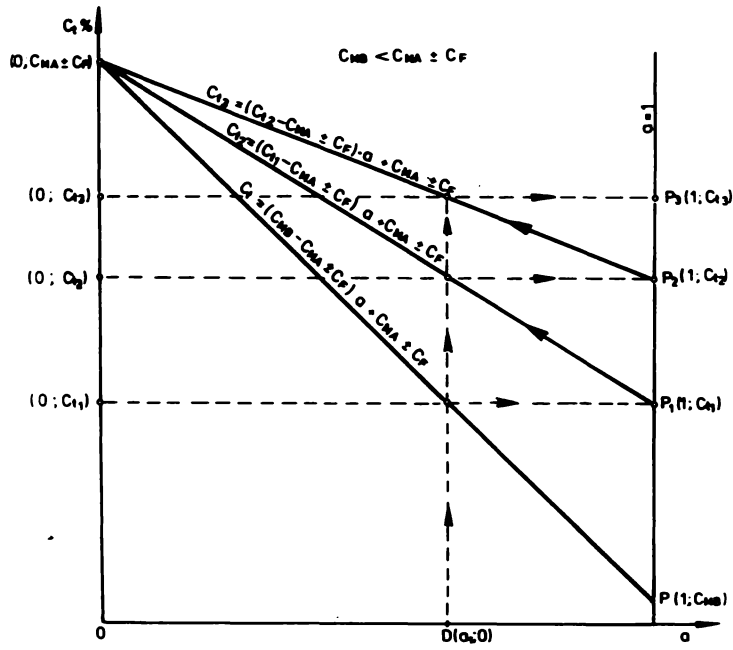


Figura 4.8. a

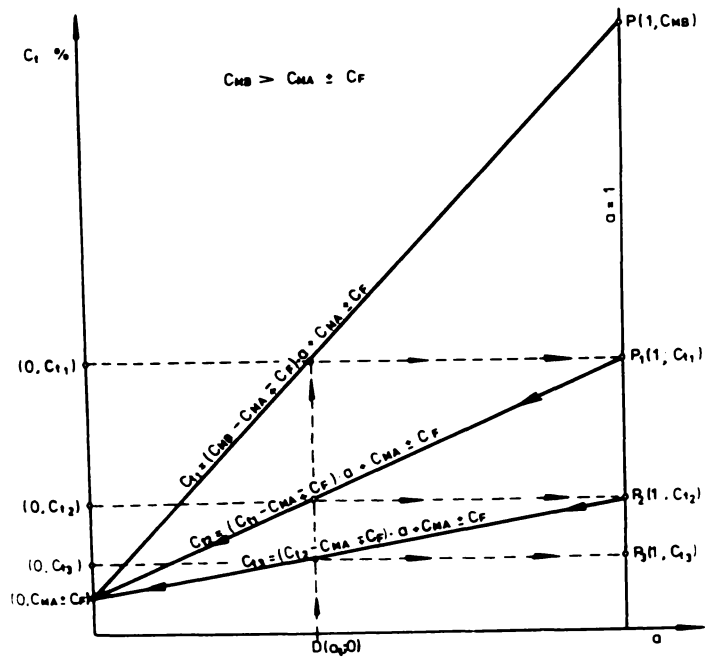


Figura 4.8. b

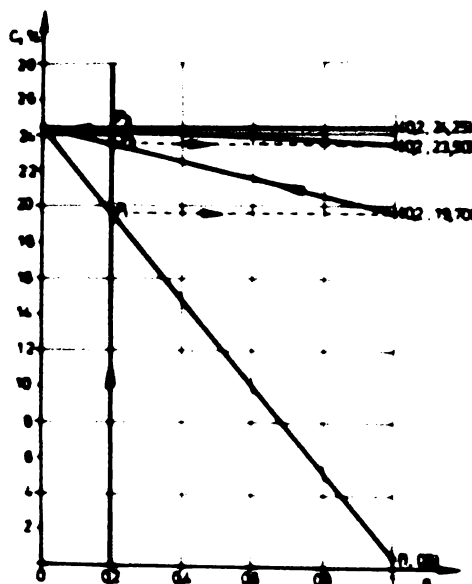


Figura 4.9.

4.2.2. Placaj realizat cu aceeași materială de în toate trecerile și diluții diferite

In acest caz se cunosc C_{MB} , C_{MA} , C_P și $s = s_1$.

Valorile concentrației teoretice a unui element diferite straturi de placaj se determină cu relațiile :

$$\begin{aligned}
 C_{t1} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) s_1 + C_{MA} \pm C_P \\
 C_{t2} &= (C_{t1} - C_{MA} \mp C_P) s_2 + C_{MA} \pm C_P \\
 C_{t3} &= (C_{t2} - C_{MA} \mp C_P) s_3 + C_{MA} \pm C_P \\
 C_{t1-1} &= (C_{t1-2} - C_{MA} \mp C_P) s_{1-1} + C_{MA} \pm C_P \\
 C_{11} &= (C_{t1-1} - C_{MA} \mp C_P) s_1 + C_{MA} \pm C_P \\
 C_{tD-1} &= (C_{tD-2} - C_{MA} \mp C_P) s_{D-1} + C_{MA} \pm C_P \\
 C_{tD} &= (C_{tD-1} - C_{MA} \mp C_P) s_D + C_{MA} \pm C_P
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

Inlocuind pe $C_{t1}, C_{t2}, \dots, C_{tn-1}$ relațiile 4.26 devin :

$$\begin{aligned}
 C_{t1} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_1 + C_{MA} \pm C_F \\
 C_{t2} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_1 \cdot a_2 + C_{MA} \pm C_F \\
 C_{t3} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 + C_{MA} \pm C_F \\
 \hline
 C_{ti-1} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_{i-1} + C_{MA} \pm C_F \quad (4.27) \\
 \hline
 C_{ti} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) \prod_{k=1}^i a_k + C_{MA} \pm C_F \\
 \hline
 C_{tn-1} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_{n-1} + C_{MA} \pm C_F \\
 C_{tn} &= (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) \cdot \prod_{i=1}^n a_i \longrightarrow + C_{MA} \pm C_F
 \end{aligned}$$

Determinarea grafică a concentrației unui element în straturile de placaj, când diluția este diferită în fiecare strat, este prezentată în figura 4.10.

La placarea prin sudare cu arcul electric, în general, diluția a poate varia între anumite valori limită a_{\min} și a_{\max} . $a_{\min}, a_{\max} \in (0,1)$. Acelor valori limită le corespund concentrațiile $C_t \max$ și $C_t \min$. Reprezentând în sistemul de coordonate a o C_t (figura 4.11), dreptele fascicolului date de ecuația 4.21 și intersectându-le cu două drepte perpendiculare de ecuații, $a = a_{\min}$ și $a = a_{\max}$ se obțin intervalele de variații ale concentrațiilor teoretice în fiecare strat de placaj, când $\sqrt{a \in [a_{\min}, a_{\max}]}$.

Analiza diagramei prezentată în figura 4.11 arată că punctele care au concentrațiile teoretice în stratul întâi de placaj, cuprinse în intervalul $[C_{t1 \min}, C_{t1 \max}]$ se găsesc pe segmentul de dreaptă $A_1 B_1$. În straturile următoare aceste puncte sînt amplasate în interiorul și pe conturul unor suprafețe trapezoidale $A_i B_i C_i D_i$ ($i = 2 \dots n$). Suprafețele acestor trapeze cresc la început, apoi scad la fel ca și lungimea intervalelor închise $[C_{ti \min}, C_{ti \max}]$.

Coordonatele punctelor $A_1, B_1, A_i, B_i, C_1, D_1$
($i = 2 \dots n$) se obțin intersectînd dreptele de ecuațiile

$$C_{t1} = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a + C_{MA} \pm C_P \quad (4.28)$$

$$C'_{t1} = (C_{t1 \min} - C_{MA} \mp C_P) a + C_{MA} \pm C_P \quad (4.29)$$

$$C''_{t1} = (C_{t1 \max} - C_{MA} \mp C_P) a + C_{MA} \pm C_P$$

cu două drepte perpendiculare de ecuații :

$$a = a_{\min} \quad , \quad a = a_{\max} \quad (4.30)$$

Din intersecția acestor drepte rezultă următoarele :

Stratul I

$$\begin{aligned} A_1 & [a_{\min} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_{\min} + C_{MA} \pm C_P] \\ B_1 & [a_{\max} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_{\max} + C_{MA} \pm C_P] \\ C_{t1 \min} & = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_{\max} \pm C_{MA} \pm C_P \\ C_{t1 \max} & = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_{\min} + C_{MA} \pm C_P \end{aligned} \quad (4.31)$$

Stratul II

$$\begin{aligned} A_2 & [a_{\min} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_{\min} \cdot a_{\max} + C_{MA} \pm C_P] \\ B_2 & [a_{\max} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_{\max}^2 + C_{MA} \pm C_P] \\ C_2 & [a_{\max} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_{\min} \cdot a_{\max} + C_{MA} \pm C_P] \\ D_2 & [a_{\min} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_{\min}^2 + C_{MA} \pm C_P] \\ C_{t2 \min} & = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_{\max}^2 + C_{MA} \pm C_P \\ C_{t2 \max} & = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) a_{\min}^2 + C_{MA} \pm C_P \end{aligned} \quad (4.32)$$

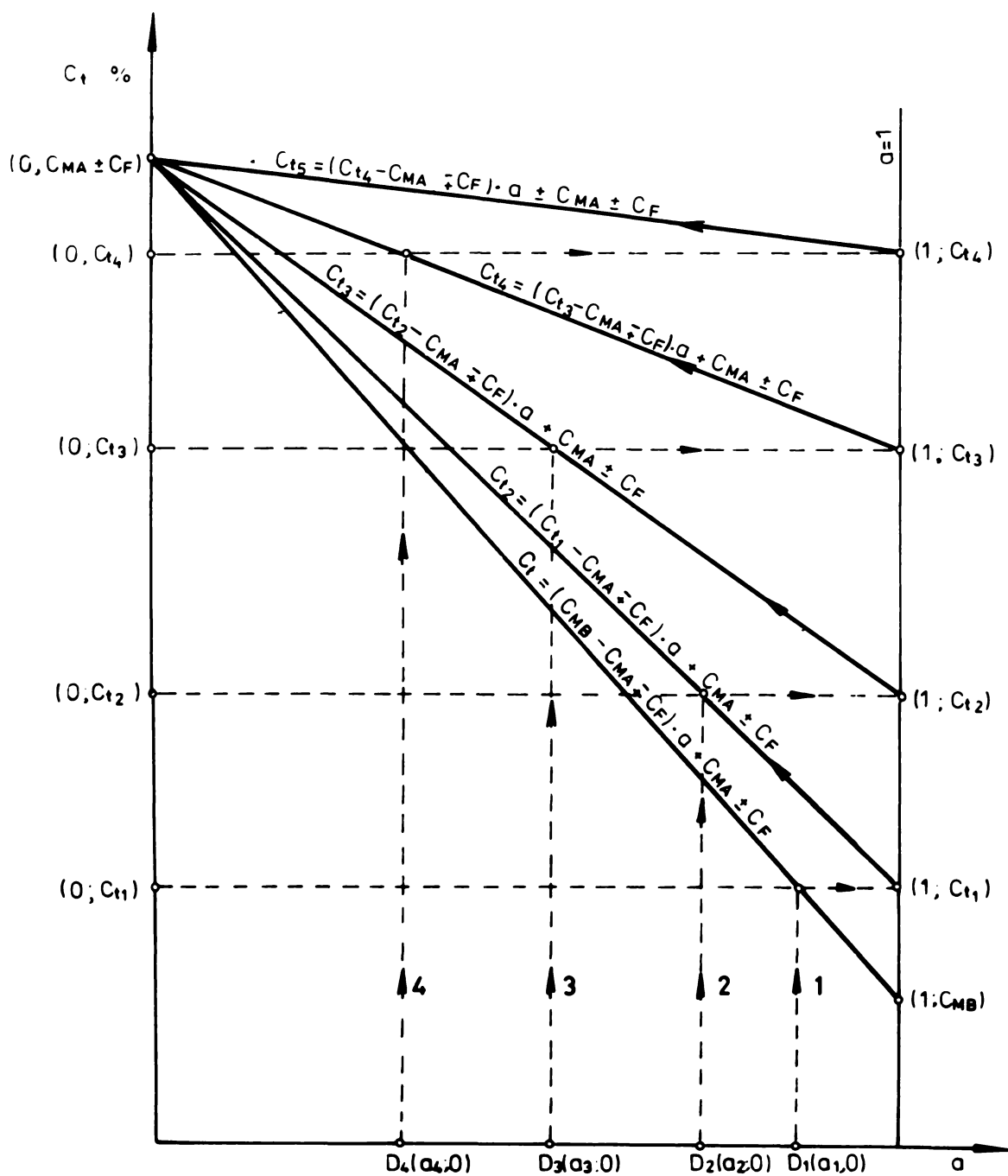


Figura 4 10

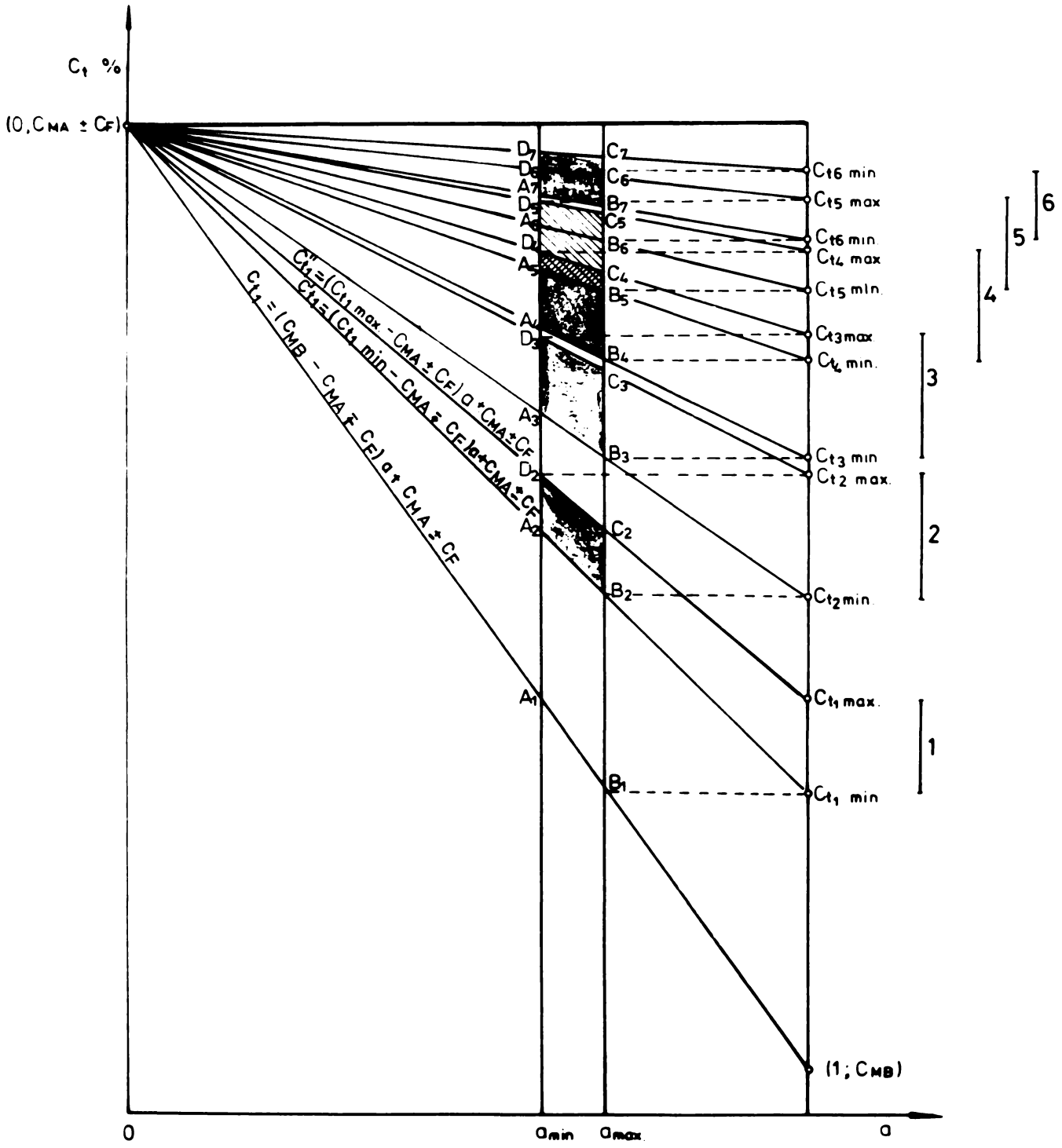


Figura 4 11

Stratul III

$$\begin{aligned}
 A_3 & [a_{\min} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min} \cdot a_{\max}^2 + C_{MA} \mp C_F] \\
 B_3 & [a_{\max} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\max}^3 + C_{MA} \mp C_F] \\
 C_3 & [a_{\max} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min}^2 \cdot a_{\max} + C_{MA} \mp C_F] \\
 D_3 & [a_{\min} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min}^3 + C_{MA} \mp C_F] \\
 C_{t3 \min} & = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\max}^3 + C_{MA} \mp C_F \\
 C_{t3 \max} & = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min}^3 + C_{MA} \mp C_F
 \end{aligned} \tag{4.33}$$

Stratul "i" (i = 2, 3 ... n)

$$\begin{aligned}
 A_i & [a_{\min} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min} \cdot a_{\max}^{i-1} + C_{MA} \mp C_F] \\
 B_i & [a_{\max} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\max}^i + C_{MA} \mp C_F] \\
 C_i & [a_{\max} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min}^{i-1} \cdot a_{\max} + C_{MA} \mp C_F] \\
 D_i & [a_{\min} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min}^i + C_{MA} \mp C_F] \\
 C_{ti \min} & = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\max}^i + C_{MA} \mp C_F \\
 C_{ti \max} & = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min}^i + C_{MA} \mp C_F
 \end{aligned} \tag{4.34}$$

Stratul n

$$\begin{aligned}
 A_n & [a_{\min} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min} \cdot a_{\max}^{n-1} + C_{MA} \mp C_F] \\
 B_n & [a_{\max} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\max}^n + C_{MA} \mp C_F] \\
 C_n & [a_{\max} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min}^{n-1} \cdot a_{\max} + C_{MA} \mp C_F] \\
 D_n & [a_{\min} ; (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min}^n + C_{MA} \mp C_F] \\
 C_{tn \min} & = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\max}^n + C_{MA} \mp C_F \\
 C_{tn \max} & = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_F) a_{\min}^n + C_{MA} \mp C_F
 \end{aligned} \tag{4.35}$$

Recerea la limită în expresiile ordonatelor conduce la următoarele :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (C_{NB} - C_{NA} \mp C_P) a_{\min}^{n-1} a_{\max} + C_{NA} \pm C_P = C_{NA} \pm C_P$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (C_{NB} - C_{NA} \mp C_P) a_{\max}^n + C_{NA} \pm C_P = C_{NA} \pm C_P$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (C_{NB} - C_{NA} \mp C_P) a_{\max}^{n-1} a_{\min} + C_{NA} \pm C_P = C_{NA} \pm C_P$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (C_{NB} - C_{NA} \mp C_P) a_{\min}^{n-1} + C_{NA} \pm C_P = C_{NA} \pm C_P$$

La infinit punctele A, B, C, D au următoarele coordonate :

$$\begin{aligned} A &\infty (a_{\min} ; C_{NA} \pm C_P), \\ B &\infty (a_{\max} ; C_{NA} \pm C_P), \\ C &\infty (a_{\max} ; C_{NA} \pm C_P), \\ D &\infty (a_{\min} ; C_{NA} \pm C_P) \end{aligned} \quad (4.36)$$

Deci, la infinit punctele A1 se confundă cu D1, iar B1 cu C1 (i = 2 ... n). În consecință, ariile trapezilor devin egale cu zero.

În concluzie, rezultă că la un număr ∞ de treceri concentrația teoretică a unui element carseare în placaj nu depinde de diluție.

Ariile suprafețelor trapezoidale se pot calcula cu formula :

$$S_1 = \int_{a_{\min}}^{a_{\max}} (C''_{t1} - C'_{t1}) da \quad (4.37)$$

în care :

$$\begin{aligned} C''_{ti} &= (C_{ti \max} - C_{MA} \mp C_P)a + C_{MA} \mp C_P \\ C'_{ti} &= (C_{ti \min} - C_{MA} \mp C_P)a + C_{MA} \mp C_P \\ C''_{ti} - C'_{ti} &= (C_{ti \max} - C_{ti \min})a \end{aligned} \quad (4.33)$$

Dacă se ține seama de ultimele două relații din 4.34 rezultă :

$$C''_{ti} - C'_{ti} = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P)(a^i_{\max} - a^i_{\min}) \quad (4.39)$$

Cu aceste calcule relația 4.37 devine :

$$\begin{aligned} S_i &= \int_{a_{\min}^i}^{a_{\max}^i} (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P)(a^i_{\max} - a^i_{\min}) da \quad \text{sau} \\ S_i &= \frac{1}{2} (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P)(a^i_{\max} - a^i_{\min})(a_{\max} - a_{\min}) \quad (4.40) \\ & \qquad \qquad \qquad i = 2 \dots n \end{aligned}$$

Dacă se dau lui "i" diferite valori rezultă :

$$i = 2; S_2 = \frac{1}{2}(C_{MB} - C_{MA} \mp C_P)(a^2_{\max} - a^2_{\min})(a_{\max} - a_{\min})$$

$$i = 3; S_3 = \frac{1}{2}(C_{MB} - C_{MA} \mp C_P)(a^3_{\max} - a^3_{\min})(a_{\max} - a_{\min})$$

$$i = 4; S_4 = \frac{1}{2}(C_{MB} - C_{MA} \mp C_P)(a^4_{\max} - a^4_{\min})(a_{\max} - a_{\min})$$

$$i = 1; S_1 = \frac{1}{2}(C_{MB} - C_{MA} \mp C_P)(a^1_{\max} - a^1_{\min})(a_{\max} - a_{\min}) \quad (4.41)$$

$$i = n; S_n = \frac{1}{2}(C_{MB} - C_{MA} \mp C_P)(a^n_{\max} - a^n_{\min})(a_{\max} - a_{\min})$$

Dacă se trece la limita în ultima relație din 4.41 rezultă :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = S_\infty = \frac{1}{2}(C_{MB} - C_{MA} \mp C_P)(a_{\max} - a_{\min}) \times \lim_{n \rightarrow \infty} (a^n_{\max} - a^n_{\min}) = 0$$

sau $S_\infty = 0$. Fapt care confirmă afirmația făcută anterior pe baza determinărilor grafice.

4.2.3. Placaj realizat cu un anumit tip de materiale de adaos pentru prima trecere, alt tip pentru trecerile următoare și aceeași diluție în toate trecerile

În acest caz pentru prima trecere se utilizează bandă din metalul de adaos MA_1 în cuplu cu fluxul C_{F1} , iar pentru trecerile următoare bandă din metal de adaos MA_2 în cuplu cu fluxul C_{F2} . Diluția este aceeași $a = a_1$ pentru toate trecerile. Cu aceste precizări valorile concentrațiilor teoretice a unui element în diferite straturi de placaj se calculează cu relațiile :

$$\begin{aligned}
 C_{t1} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1 + C_{MA1} \mp C_{F1} \\
 C_{t2} &= (C_{t1} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_2 + C_{MA2} \mp C_{F2} \\
 C_{t3} &= (C_{t2} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_3 + C_{MA2} \mp C_{F2} \\
 \hline
 C_{t_{i-1}} &= (C_{t_{i-2}} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_{i-1} + C_{MA2} \mp C_{F2} & (4.42) \\
 C_{t1} &= (C_{t_{i-1}} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_1 + C_{MA2} \mp C_{F2} \\
 \hline
 C_{t_{n-1}} &= (C_{t_{n-2}} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_{n-1} + C_{MA2} \mp C_{F2} \\
 C_{tn} &= (C_{t_{n-1}} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_n + C_{MA2} \mp C_{F2}
 \end{aligned}$$

Înlocuind pe $C_{t1}, C_{t2} \dots C_{t_{n-1}}$ relațiile 4.42 devin :

$$\begin{aligned}
 C_{t1} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1 + C_{MA1} \mp C_{F1} \\
 C_{t2} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1^2 + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})a_1 + C_{MA2} \mp C_{F2} \\
 C_{t3} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1^3 + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})a_1^2 + C_{MA2} \mp C_{F2} \\
 \hline
 C_{t_{i-1}} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1^{i-1} + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})a_1^{i-2} + C_{MA2} \mp C_{F2} \\
 C_{t1} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1^1 + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})a_1^{i-1} + C_{MA2} \mp C_{F2} \\
 \hline
 C_{t_{n-1}} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1^{n-1} + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})a_1^{n-2} + C_{MA2} \mp C_{F2} \\
 C_{tn} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1^n + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})a_1^{n-1} + C_{MA2} \mp C_{F2}
 \end{aligned}$$

Trecerea la limită în ultima relație 4.43 conduce la :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} C_{tn} = C_{t\infty} \quad (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1}) \lim_{n \rightarrow \infty} a_1^n + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})x$$

$$x \lim_{n \rightarrow \infty} a_1^{n-1} + C_{MA2} \mp C_{F2} = C_{MA2} \mp C_{F2} \quad \text{sau}$$

$$C_{t\infty} = C_{MA2} \mp C_{F2} \quad (4.44)$$

Relația 4.44 arată că, dacă se face o placare într-o infinitate de treceri cu două cupluri bandă flux (unul pentru prima trecere, iar celălalt pentru trecerile următoare) concentrația unui element în placaj nu depinde de diluție și de cuplul bandă flux din prima trecere. Concentrația teoretică la ∞ diferă de concentrația metalului de adăes pentru a doua trecere prin coeficientul de activitate al fluxului C_{F2} .

Determinarea grafică a concentrației teoretice în straturile 1, 2, 3 și 4 de placaj este prezentată în diagrama din figura 4.12.

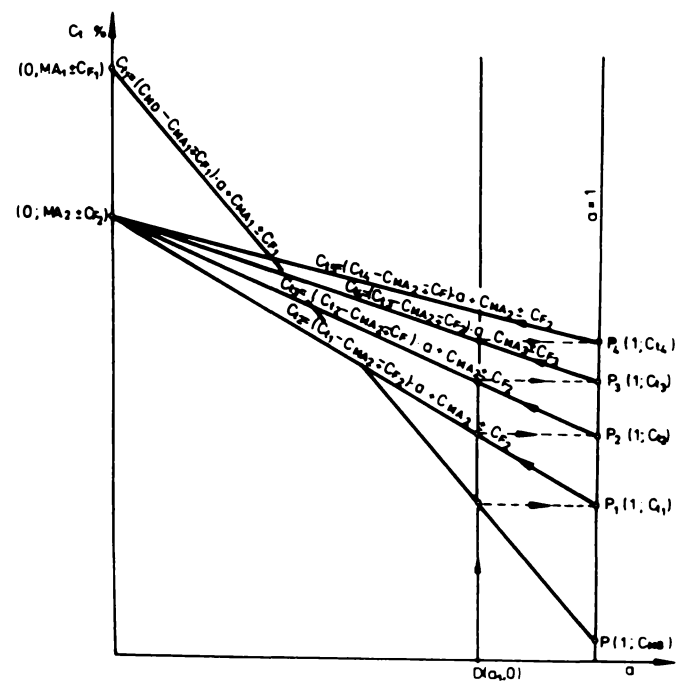


Figura 4.12.

4.2.4. Placaj realizat cu un anumit tip de materiale de adaos pentru prima trecere alt tip pentru trecerile următoare și cu diluții diferite în fiecare trecere

Acest caz diferă de cazul precedent prin faptul că

$$a = a_1, a_2, \dots, a_1, \dots, a_n.$$

Valorile concentrațiilor teoretice în structurile de placaj se calculează cu relațiile:

$$\begin{aligned} C_{t1} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1 + C_{MA1} \pm C_{F1} \\ C_{t2} &= (C_{t1} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_2 + C_{MA2} \pm C_{F2} \\ C_{t3} &= (C_{t2} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_3 + C_{MA2} \pm C_{F2} \\ \hline C_{ti-1} &= (C_{ti-2} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_{i-1} + C_{MA2} \pm C_{F2} \\ C_{ti} &= (C_{ti-1} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_i + C_{MA2} \pm C_{F2} \\ \hline C_{tn-1} &= (C_{tn-2} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_{n-1} + C_{MA2} \pm C_{F2} \\ C_{tn} &= (C_{tn-1} - C_{MA2} \mp C_{F2})a_n + C_{MA2} \pm C_{F2} \end{aligned} \quad (4.45)$$

Înlocuind pe $C_{t1}, C_{t2}, \dots, C_{tn-1}$ relațiile 4.45 devin :

$$\begin{aligned} C_{t1} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1 + C_{MA1} \pm C_{F1} \\ C_{t2} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1 \cdot a_2 + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})a_2 + C_{MA2} \pm C_{F2} \\ C_{t3} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})a_2 \cdot a_3 + C_{MA2} \pm C_{F2} \\ \hline C_{ti-1} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_{i-1} + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})a_2 \cdot a_3 \cdot \dots \cdot a_{i-1} + \\ &\quad + C_{MA2} \pm C_{F2} \\ C_{ti} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1}) \prod_{k=1}^i a_k + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2}) \prod_{k=1}^{i-1} a_{k+1} + C_{MA2} \pm C_{F2} \\ \hline C_{tn-1} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1})a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_{n-1} + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2})a_2 \cdot a_3 \cdot \dots \cdot a_{n-1} + \\ &\quad + C_{MA2} \pm C_{F2} \\ C_{tn} &= (C_{MB} - C_{MA1} \mp C_{F1}) \prod_{i=1}^n a_i + (C_{MA1} - C_{MA2} \mp C_{F1} \mp C_{F2}) \prod_{i=1}^{n-1} a_{i+1} + C_{MA2} \pm C_{F2} \end{aligned}$$

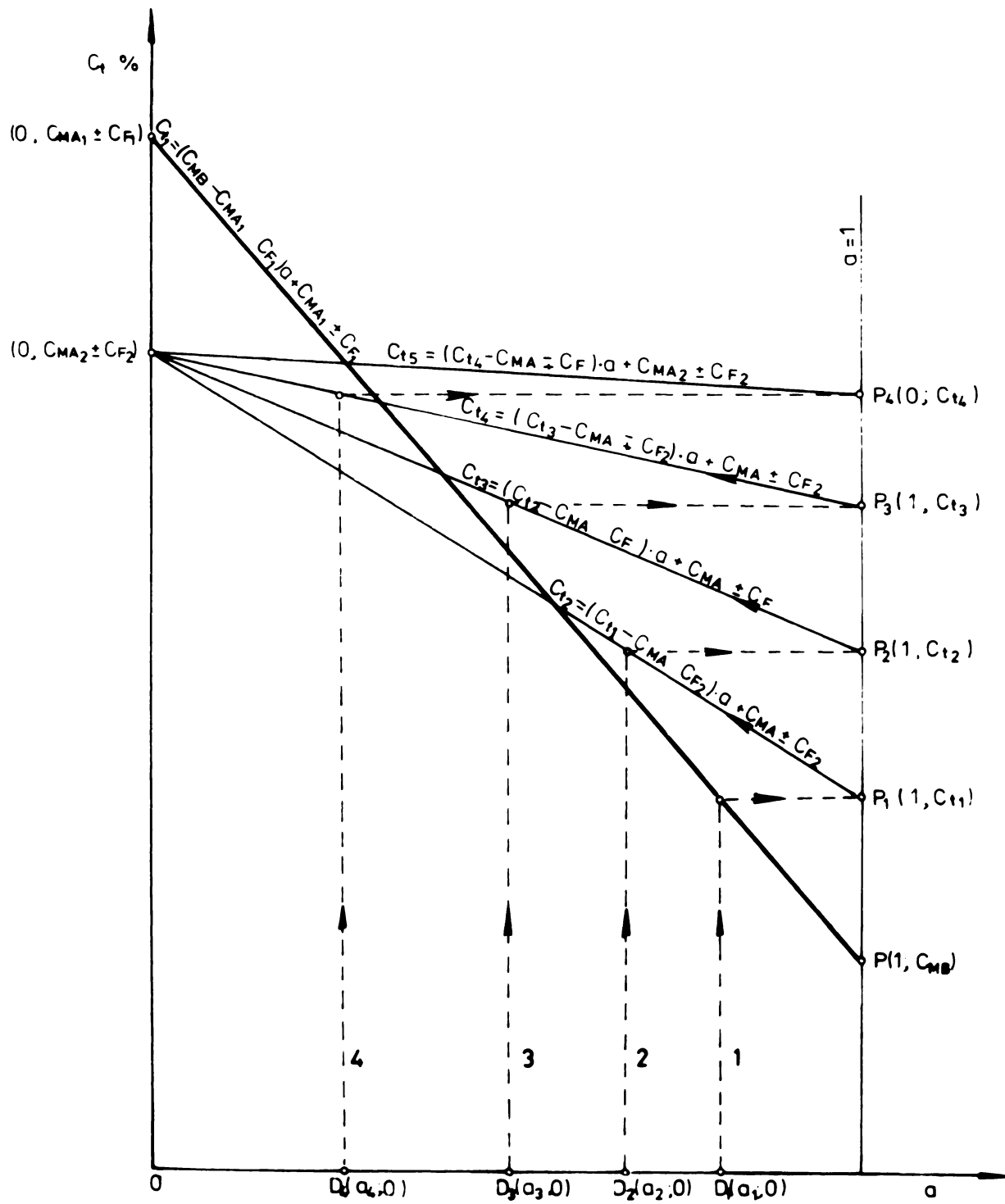


Figura 4 13

Trecerea la limită în ultima relație 4.46 conduce la :

$$C_{t\infty} = C_{MA2} + C_{F2}$$

Concluziile de la punctul 4.23 sînt valabile și în acest caz.

Determinarea grafică a concentrației teoretice în straturile 1, 2, 3 și 4 de placaj, este prezentată în diagrama din figura 4.13.

4.3. Considerații privind selectarea materialelor de adaos la placarea sub flux cu bandă

În acest paragraf, ca o aplicație a celor prezentate în paragrafele 4.1 și 4.2, se prezintă o metodă de selectare a materialelor de adaos pentru placarea sub flux cu bandă, în vederea realizării unor placaje care să corespundă cerințelor impuse.

Condiția impusă este ca placajele realizate cu aceste materiale să reziste la coroziune intercristalină /36/. Realizarea unui placaj de bună calitate în una sau mai multe treceri, de oțel înalt aliat pe un MB din oțel ferito-perlitic, implică cunoașterea fenomenelor ce apar în special în zona de trecere de la MB spre placaj. În această zonă apar gradienti mari de concentrație la toate elementele componente. Investigațiile făcute /35/ în zona de trecere cu ajutorul microsondelor electronice au relevat faptul că variații mari ale concentrațiilor elementelor au loc pe o porțiune îngustă de aproximativ $50\mu\text{m}$. Dincolo de această porțiune, concentrațiile elementelor se apropie de cele găsite în partea superioară a placajului respectiv în MB. În figura 4.14 sînt prezentate variațiile conținuturilor de Cr și Ni și ale durității în zona de trecere în cazul unor placaje realizate cu un oțel înalt aliat cu Cr și Ni.

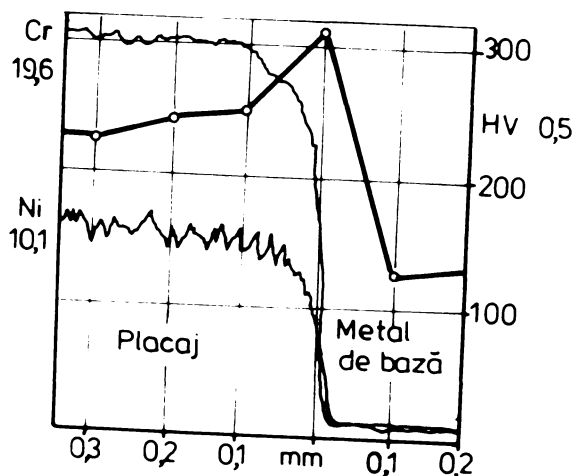


Figura 4.14.

Pe baza celor afirmate anterior rezultă că la alegerea materialelor de adeziv pentru placare prin sudare cu arc electric, trebuie să se țină seama de următorii factori :

- compoziția chimică a MB,
- solicitările din exploatare ale placajului,
- înălțimea finală a placajului,
- diluția placajului cu MB, și diluțiile la fiecare trecere.

Metalele de bază utilizate în general la placări cu oțeluri înalt aliate sînt oțelurile carbon, sau oțelurile slab aliate avînd ~ 0,20 % C. În anumite cazuri datorită unor condiții impuse conținutul de carbon poate ajunge pînă la 0,3 %.

Înălțimea placajului rezultă din însușirea înălțimilor straturilor care trebuie depuse și care, la rîndul lor, depind de procedeul de placare aplicat. Experimentările au arătat că se pot obține în general următoarele înălțimi de placaje într-o singură trecere /31/; /32/ :

- 4 ... 5 mm la placarea sub flux cu bandă,
- 3 ... 3,5 mm la placarea sub flux cu sîrmă,
- 2 ... 3 mm la placarea manuală cu electrozi înveliți.

Aceste valori mai depind de tipul materialului de adaos și de tehnologia de placare. Calculele analitice și determinările grafice, confirmate de datele experimentale /36/, au arătat că diluția variază în funcție de forma metalelor de adaos (sîrmă, bandă, electrozi înveliți ... etc.), de tehnologie și de temperatura între treceri. Evaluările statistice arată că în calcule se pot admite următoarele valori pentru diluție :

- 10 - 20 % la placarea sub flux cu bandă,
- pînă la 60 % la placarea sub flux cu sîrmă,
- 20 - 40 % la placarea manuală cu electrozi înveliți

În cele ce urmează se prezintă o metodă de selectare a materialelor de adaos pentru placarea sub flux cu bandă în vederea realizării unor placaje rezistente la coroziune.

a. Condiții impuse metalului de bază

Metalul de bază este un oțel ferito-perlitic. Conținutul principalelor elemente de aliere este prezentat în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1.

MB	Compoziția chimică a MB %				
	C	Mn	Si	Ni	Cr
MB ₁	0,18	1,25	0,35	0,35	0,25
MB ₂	0,27				

În tabel s-a prezentat același tip de oțel în 2 variante: cu conținutul de carbon la limita inferioară MB₁ și respectiv la limita superioară MB₂. Cu aceste conținuturi de carbon se vor efectua în continuare calculele.

b. Condiții impuse placajului

- înălțimea finală minimă 7 mm
- compoziția chimică (elemente principale) conform tabelului 4.2.

Tabelul 4.2.

Compoziția chimică a placajului %					
C	Cr	Ni	Mo	Si	Mn
max.0,025	16 - 18	10 - 14	2 - 3	max.1,00	max.2,00

- conținutul de ferită în primul strat să fie de 3 - 7 % iar în al doilea strat de 5 -10 %.

Conținutul de ferită a fost limitat datorită celor două tendințe contradictorii ale sale : creșterea feritei reduce tendința de fisurare la cald pe de o parte, iar pe de altă parte scade rezistența la coroziune. Pe baza condițiilor impuse placajului și MB au fost alese ca metale de adaos : benzi de dimensiuni 60 x 0,5 mm de tipul 316 Lc și 309 CbLc conform AWS (American Welding Society). În tabelul 4.3 sînt prezentate compozițiile chimice (elemente principale) ale metalelor de adaos 316 Lc și 309 CbLc conform AWS și compozițiile chimice ale benzilor utilizate în calcule.

Tabelul 4.3.

Tip metal adaos		Compoziția chimică %						
conform AWS		C	Si	Cr	Mn	Ni	Mo	Nb
MA ₁	316 Lc	max. 0,025	max. 13-19 1,5	max. 10-13	2,5-3,0	-	-	-
	valori de calcul	0,005	0,01	19,04	1,65	13,10	2,99	-
MA ₂	309CbLc	max. 0,025	max. 23-25 0,9	max. 11-13	-	0,5-0,6	-	-
	valori de calcul	0,008	0,14	23,65	1,7	12,5	0,12	0,54

Valorile de calcul pentru concentrațiile diferitelor elemente s-au ales prin selectarea ocelor benzi la care conținutul de carbon a fost cel mai scăzut. La alegerea acestor benzi s-a ținut seama de limita superioară a conținutului de carbon

din MB pe de o parte, iar pe de altă parte de faptul că rezistența la coroziune a placajului scade cu creșterea conținutului de carbon.

Benzile se utilizează în cuplu cu un flux topit spongios (LW 410). În tabelul 4.4 sînt prezentate valorile limită ale coeficienților de activitate a acestui flux (la $I_g = 700 \pm 50$ A ; $U_g = 29 \pm 1$ V ; $v_g = 11_{-1}^{+1,5}$ cm/min) pentru diferite elemente și valorile luate în calcule pentru benzile 309CbLc și 316 Lc /32/, /40/.

Tabelul 4.4.

Cuplul bandă-flux		C_p %								
Flux	Bandă	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cb	Mo	P	S
	limite pt. orice tip de benzi	max. +0,01	+0,75 0,95	-0,70 0,90	-0,60 1,20	0	-	-0,10 0,3	max. +0,05	max. +0,03
LW 410	316LC	+0,009	+0,91	-0,84	-1,11	0	-0,21	-0,3	+0,003	+0,002
	309 CbLc	+0,01	+0,94	-0,85	-1	0	-0,15	-0,3	0	-0,001

În cele ce urmează se prezintă determinarea concentrației teoretice pentru elementele principale ale placajului. Funcție de acestea se evaluează structura metalurgică a placajului pentru diferite combinații de MB și metale de adaos. Determinarea concentrației teoretice se face cu metodele prezentate în paragrafele 4.11 și 4.12, iar evaluarea structurii metalurgice se face cu ajutorul diagramei Schaeffler. Coordonatele unui punct din diagrama Schaeffler sînt Cr_{ech} și Ni_{ech} care se calculează cu relațiile :

$$Cr_{ech} = \%Cr + \%Mo + 1,5x\%Si + 0,5x\%Cb + 2x\%Ti$$

$$Ni_{ech} = \%Ni + 30x\%C + 0,5x\%Mn \quad (4.47)$$

Concluziile au rezultat din tratarea următoarelor cazuri.

4.3.1. MB_1 și MA_1 pentru ambele treceri

a. Calculul concentrațiilor teoretice pentru principalele elemente în primul strat.

$$C_{t1}^C = (0,18 - 0,005 - 0,009) \times 0,2 + 0,0005 + 0,009 = 0,0472 \% C$$

$$C_{t1}^{Cr} = (0,25 - 19,04 + 1,11) \times 0,2 + 19,04 - 1,11 = 14,394 \% Cr$$

$$C_{t1}^{Ni} = (0,35 - 13,10) \times 0,2 + 13,10 = 10,55 \% Ni$$

$$C_{t1}^{Mo} = (0 - 3,2 + 0,3) \times 0,2 + 3,2 - 0,3 = 2,32 \% Mo$$

$$C_{t1}^{Si} = (0,35 - 0,01 - 0,91) \times 0,2 + 0,01 + 0,91 = 0,806 \% Si$$

$$C_{t1}^{Mn} = (1,25 - 1,65 + 0,84) \times 0,2 + 1,65 - 0,84 = 0,894 \% Mn$$

$$Cr_{ech} = 14,394 + 2,32 + 1,209 = 17,923 \%$$

$$Ni_{ech} = 10,55 + 30 \times 0,0472 + 1,5 \times 0,89 = 12,415 \%$$

Structura metalurgică a placajului în stratul întâi se estimează reprezentînd în diagrama Schaeffler punctul care are coordonatele Cr_{ech} și Ni_{ech} , deci $P_1(17,293 ; 12,415)$. Din diagramă (figura 4.15) rezultă că în stratul întâi se obține o structură pur austenitică punctul P_1 este în apropierea liniei care delimitează domeniul austenito-martensitic de cel martensitic. Martensita fiind un constituent dur și fragil este nedorită în placaj. Totodată în primul strat nu este satisfăcută condiția impusă privind conținutul de fenă (3-7%).

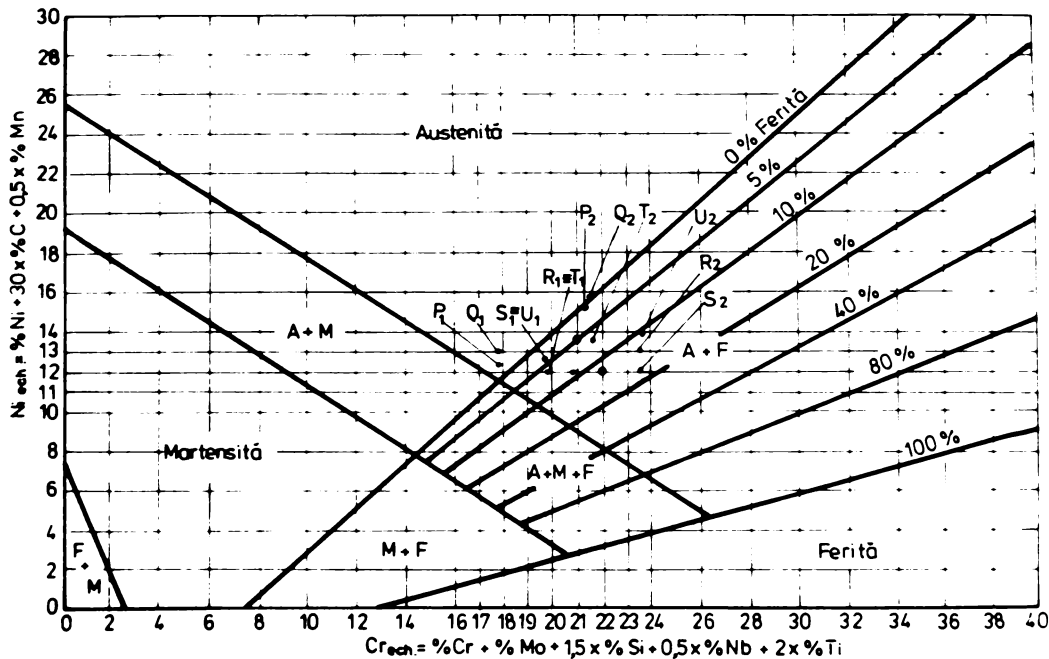


Figura 4.15.

b. Calculul concentrațiilor teoretice pentru stratul al doilea

$$C_{t2}^C = (0,0472 - 0,005 - 0,009) \times 0,2 + 0,005 + 0,009 = 0,02064 \% C$$

$$C_{t2}^{Cr} = (14,394 - 19,04 + 1,11) \times 0,2 + 19,04 - 1,11 = 17,22 \% Cr$$

$$C_{t2}^{Ni} = (10,55 - 13,10) \times 0,2 + 13,10 = 12,59 \% Ni$$

$$C_{t2}^{Mo} = (2,32 - 3,2 + 0,3) \times 0,2 + 3,2 - 0,3 = 2,784 \% Mo$$

$$C_{t2}^{Si} = (0,806 - 0,01 - 0,91) \times 0,2 + 0,01 + 0,91 = 0,897 \% Si$$

$$C_{t2}^{Mn} = (0,898 - 1,65 + 0,84) \times 0,2 + 1,65 - 0,84 = 0,827 \% Mn$$

$$C_{ech}^{Cr} = 17,22 + 2,784 + 1,5 \times 0,897 = 21,349 \%$$

$$Ni_{ech} = 12,59 + 30 \times 0,02064 + 0,5 \times 0,827 = 13,622 \%$$

Reprezentînd în diagrama Schaeffler (figura 4.15) punctul $P_2(21,349 ; 13,621)$ se constată că în stratul al doilea de placaj se obține o structură sustenito-feritică cu ferita foarte scăzută ($<< 5\%$), neîncadrîndu-se în condițiile impuse placejului.

Compoziția chimică în stratul al doilea corespunde condițiilor impuse.

În consecință, placașul realizat pe MB_1 cu MA_1 nu satisface condiția impusă cu privire la conținutul de ferită. În figurile 4.16, 4.17 și 4.18 sînt prezentate determinările grafice ale concentrațiilor teoretice în primul și al doilea strat pentru C, Cr, Ni. Diferențele dintre valorile determinate prin cele două metode sînt nesemnificative. Se remarcă simplitatea metodei grafice comparativ cu determinările prin calcul analitic.

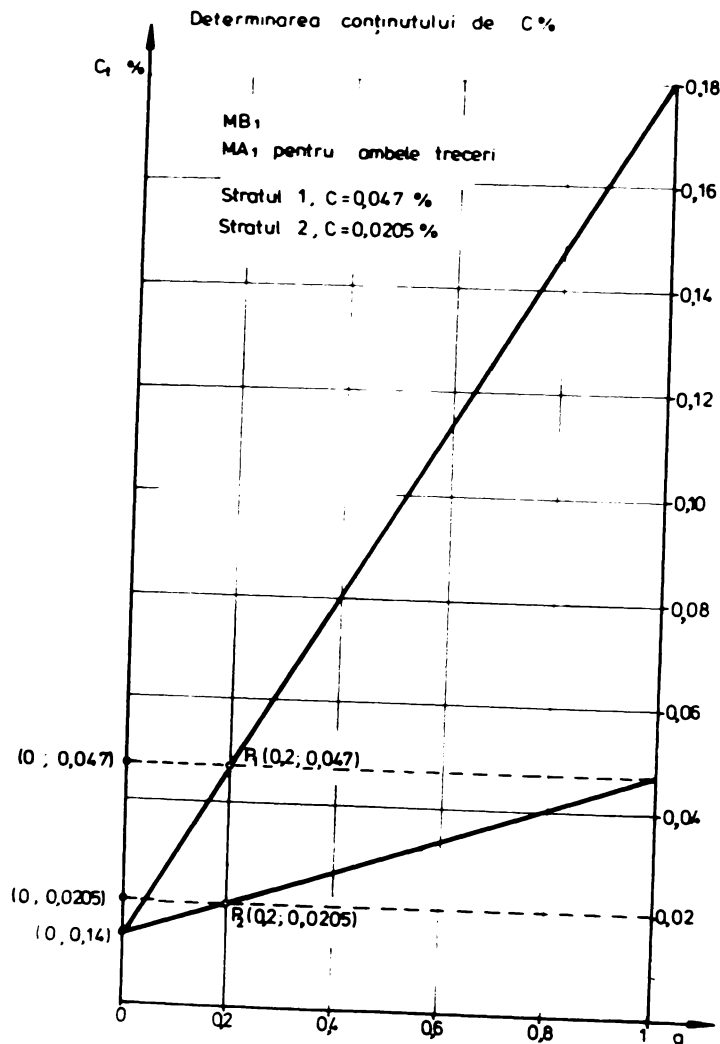


Figura 4.16.

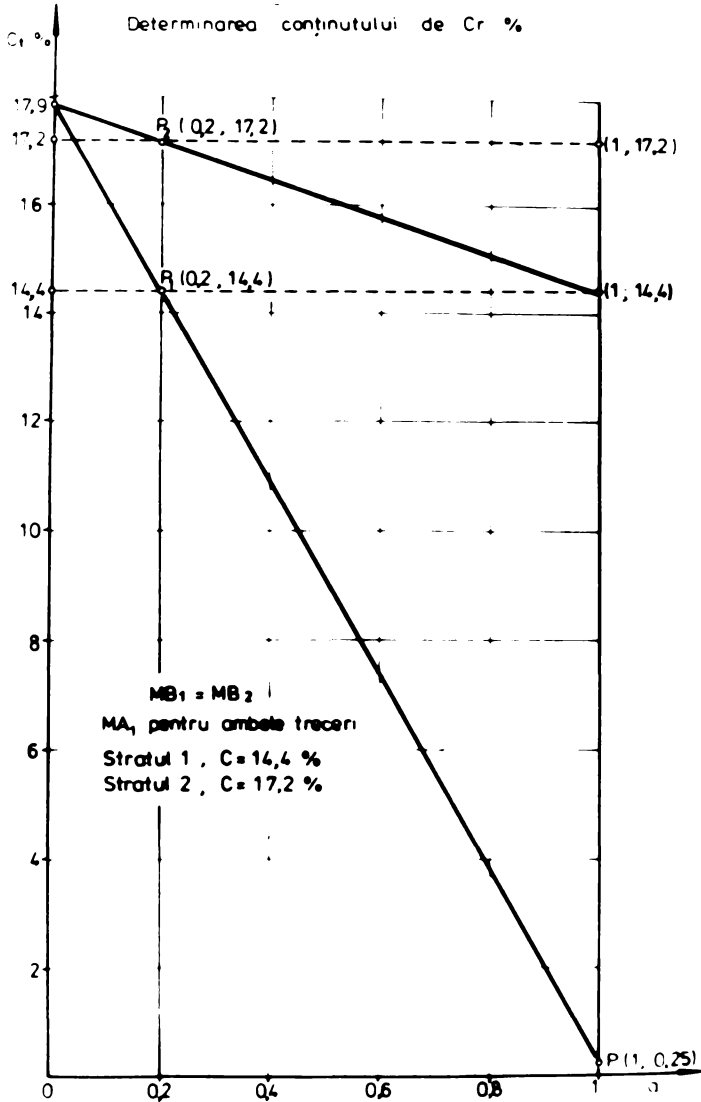


Figura 4.17.

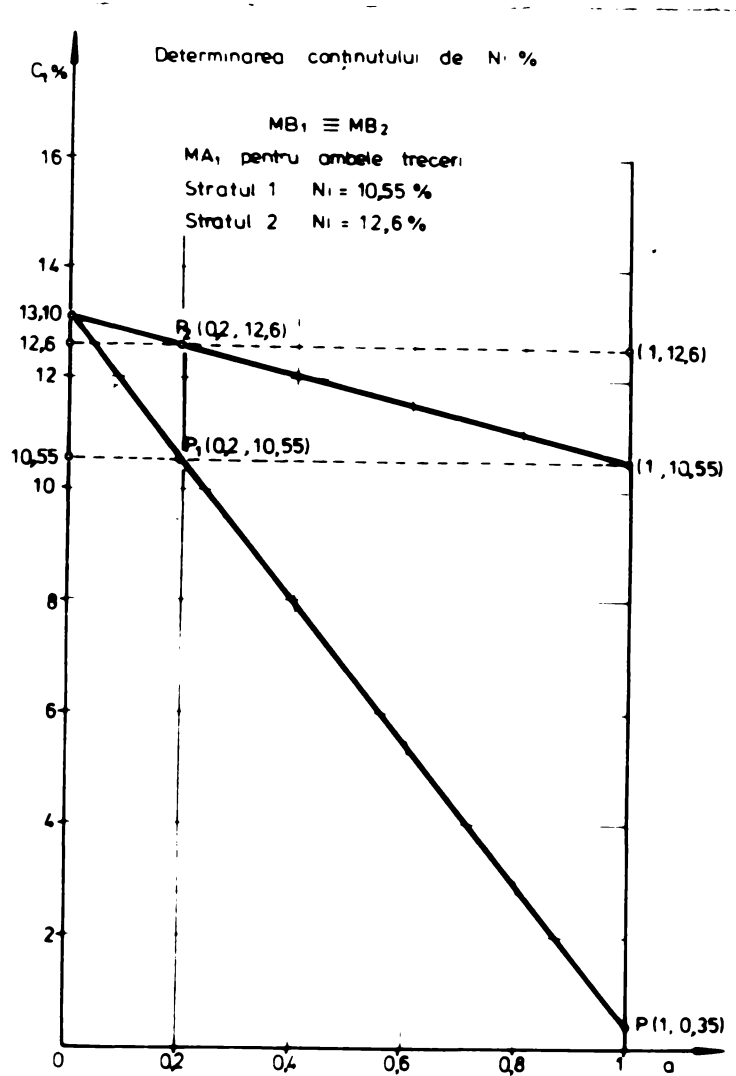


Figura 4.18.

4.1.2. MB₁ și MA₂ pentru ambele treceri

g. Calculul concentrației teoretice pentru principalele elemente în primul strat

$$C_{t1}^C = (0,18 - 0,008 - 0,01) \times 0,2 + 0,008 + 0,01 = 0,050 \% C$$

$$C_{t1}^{Cr} = (0,25 - 23,65 + 1) \times 0,2 + 23,65 - 1 = 18,17 \% Cr$$

$$C_{t1}^{Ni} = (0,35 - 12,5) \times 0,2 + 12,5 = 10,07 \% Ni$$

$$C_{t1}^{Mo} = (0 - 0,32 + 0,3) \times 0,2 + 0,32 - 0,3 = 0,016 \% Mo$$

$$C_{t1}^{Nb} = (0 - 0,54 + 0,15) \times 0,2 + 0,54 - 0,15 = 0,312 \% Nb$$

$$C_{t1}^{Si} = (0,35 - 0,14 - 0,94) \times 0,2 + 0,14 + 0,94 = 0,934 \% Si$$

$$C_{t1}^{Mn} = (1,25 - 1,7 + 0,85) \times 0,2 + 1,7 - 0,85 = 0,93 \% Mn$$

$$Cr_{ech} = 18,17 + 0,016 + 1,5 \times 0,934 + 0,5 \times 0,312 = 19,743 \% Cr$$

$$Ni_{ech} = 10,07 + 30 \times 0,0504 + 0,5 \times 0,93 = 12,047 \% Ni$$

Reprezentînd în diagrama Schaeffler (figura 4.15) punctul R_1 (19,743 ; 12,047) se constată că în stratul întâi de placaj se obține o structură susținuto-feritică cu ferită 5 ... 10 %.

b. Calculul concentrațiilor teoretice pentru stratul al doilea

$$c_{t2}^C = (0,0504 - 0,008 - 0,01) \times 0,2 + 0,008 + 0,001 = 0,0244 \% C$$

$$c_{t2}^{Cr} = (18,17 - 23,65 + 1) \times 0,2 + 23,65 - 1 = 21,754 \% Cr$$

$$c_{t2}^{Ni} = (10,07 - 12,5) \times 0,2 + 12,5 = 12,014 \% Ni$$

$$c_{t2}^{Mo} = (0,016 - 0,32 + 0,3) \times 0,2 + 0,32 - 0,3 = 0,0192 \% Mo$$

$$c_{t2}^{Nb} = (0,312 - 0,54 + 0,15) \times 0,2 + 0,54 - 0,15 = 0,347 \% Nb$$

$$c_{t2}^{Si} = (0,934 - 0,14 - 0,94) \times 0,2 + 0,14 + 0,94 = 1,05 \% Si$$

$$c_{t2}^{Mn} = (0,93 - 1,7 + 0,85) \times 0,2 + 1,7 - 0,85 = 0,866 \% Mn$$

$$Cr_{ech} = 21,754 + 0,0192 + 1,5 \times 1,05 + 0,5 \times 0,374 = 23,55 \%$$

$$Ni_{ech} = 12,014 + 30 \times 0,0244 + 0,5 \times 0,866 = 13,179 \%$$

Reprezentînd în diagrama Schaeffler (figura 4.15) punctul R_2 (23,53 ; 13,179) se constată că în stratul al doilea se obține o structură susținuto-feritică cu ferită în domeniul 10 - 20 % cu mult peste cerințele impuse.

Din punct de vedere al compoziției chimice conținutul Cr este cu 3,5 % mai mare decît cel impus, iar conținutul de Mo este foarte scăzut față de cel impus. Utilizarea unor metode de adaos supraaliate nu este rațională din punct de vedere economic, dacă condițiile impuse nu cer acest lucru.

În consecință, placajul realizat pe MA_1 cu MA_2 nu satisface condiția impusă referitoare la compoziția chimică și conținutul de ferită și este neavantajos din punct de vedere economic.

În figurile 4.19, 4.20 și 4.21 sînt prezentate determinările grafice ale concentrațiilor teoretice în primul și al doilea strat pentru C, Cr, Ni.

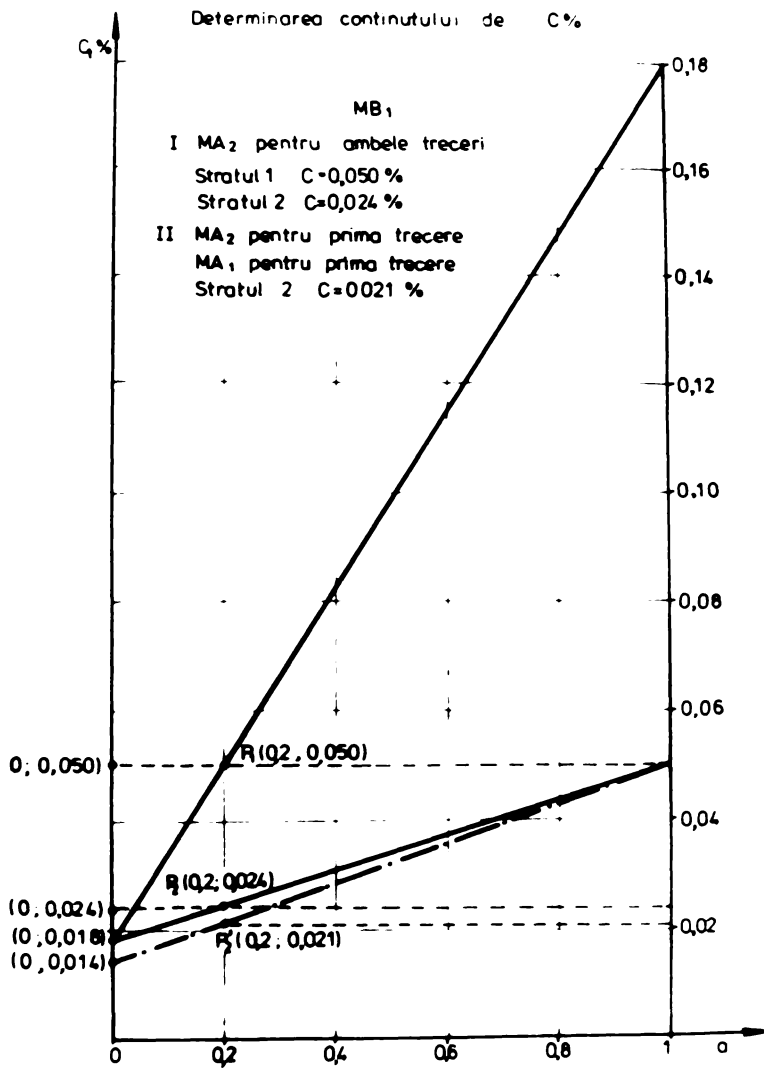


Figura 4.19.

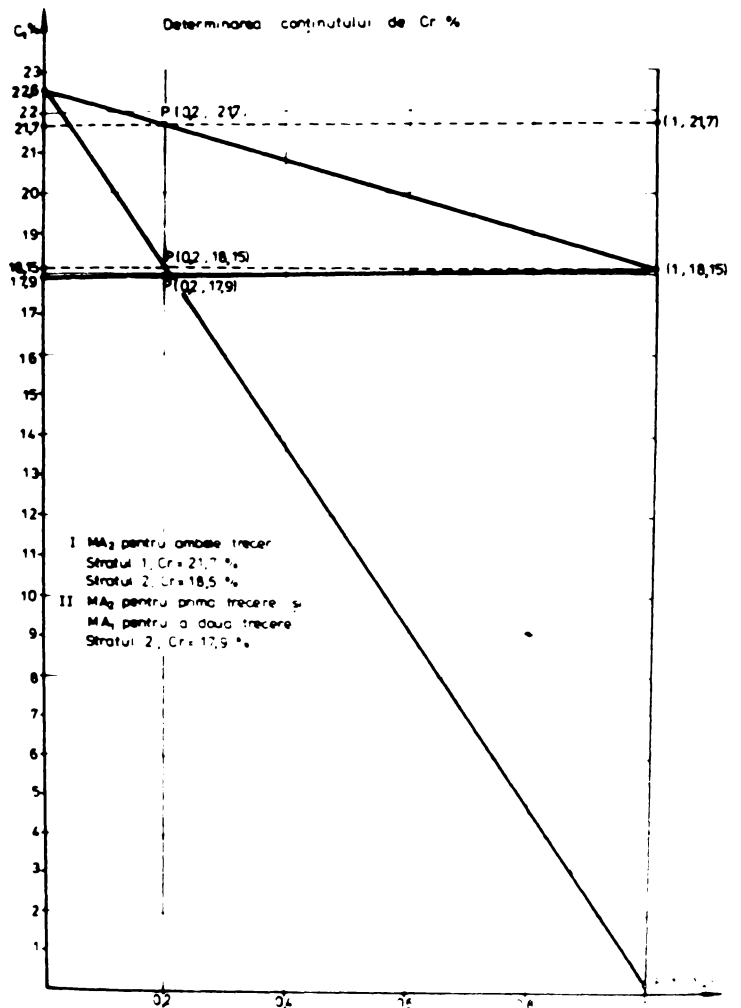


Figura 4.20.

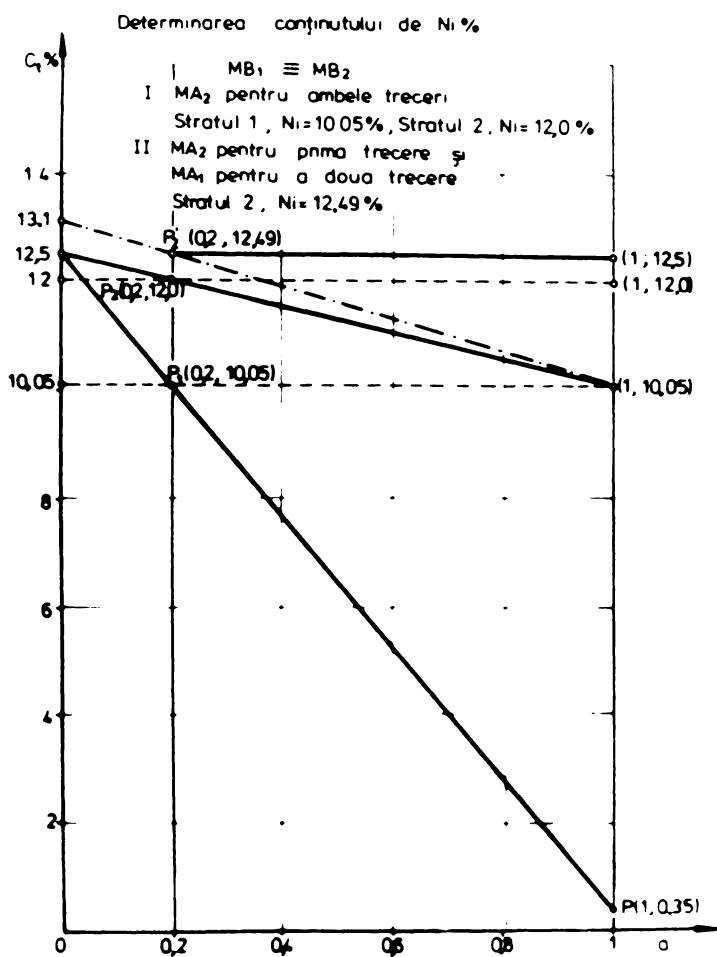


Figura 4.21.

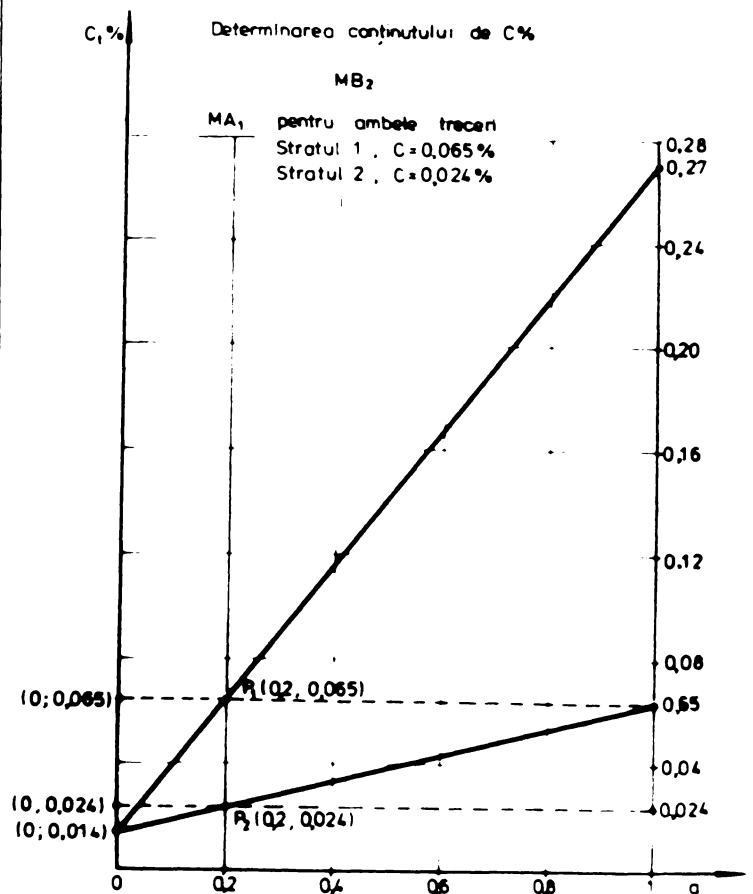


Figura 4.22.

4.3.3. MB₁, MA₂ pentru prima trecere și MA₁ pentru a doua trecere

a. Concentrațiile teoretice în primul strat, Cr_{ech} și Ni_{ech} sunt identice cu cele de la paragraful 4.3.2. Concluziile rezultate la paragraful 4.3.2 rămân valabile și în acest caz (punctul T₁ ≡ R₁ figure 4.15).

b. Calculul concentrațiilor teoretice pentru stratul al doilea

$$c_{t2}^C = (0,0504 - 0,005 - 0,009) \times 0,2 + 0,005 + 0,009 = 0,02128 \% C$$

$$c_{t2}^{Cr} = (18,17 - 19,04 + 1,11) \times 0,2 + 19,04 - 1,11 = 17,978 \% Cr$$

$$c_{t2}^{Ni} = (10,07 - 13,10) \times 0,2 + 13,10 = 12,494 \% Ni$$

$$c_{t2}^{Mo} = (0,016 - 3,2 + 0,3) \times 0,2 + 3,2 - 0,3 = 2,32 \% Mo$$

$$c_{t2}^{Si} = (0,934 - 0,01 - 0,91) \times 0,2 + 0,1 + 0,91 = 0,92 \% Si$$

$$c_{t2}^{Mn} = (0,93 - 1,65 + 0,84) \times 0,2 + 1,65 - 0,84 = 0,834 \% Mn$$

$$Cr_{ech} = 17,978 + 2,32 + 1,5 \times 0,92 = 21,678 \%$$

$$Ni_{ech} = 12,494 + 30 \times 0,0218 + 0,5 \times 0,834 = 13,549 \%$$

Reprezentând în diagrama lui Schaeffler (figura 4.15) punctul T₂ (21,678 ; 13,549) se constată că în stratul al doilea se obține o structură austenito-feritică cu ferita de 5...7 % conform condițiilor impuse. De asemenea compoziția chimică a plăcajului se încadrează în prescripțiile impuse. Determinările grafice ale concentrațiilor de C, Cr și Ni sunt prezentate în figurile 4.19, 4.20 și 4.21 (Punctul P₂').

4.3.4. MB₂, MA₁ pentru ambele treceri

a. Calculul concentrațiilor teoretice pentru principalele elemente în primul strat

$$c_{t1}^C = (0,27 - 0,005 - 0,009) \times 0,2 + 0,005 + 0,009 = 0,0652 \% C$$

Concentrațiile teoretice pentru celelalte elemente sînt aceleași ca și în cazul MB_1 , MA_1 deoarece MB_2 diferă de MB_1 numai prin conținutul de carbon.

$$C_{t1}^{Cr} = 14,394 \% Cr$$

$$Cr_{ech} = 17,923 \%$$

$$C_{t1}^{Ni} = 10,55 \% Ni$$

$$Ni_{ech} = 10,55 + 30 \times 0,0652 +$$

$$C_{t1}^{Mo} = 2,32 \% Mo$$

$$+ 0,5 \times 0,898 = 12,955$$

$$C_{t1}^{Si} = 0,806 \% Si$$

$$C_{t1}^{Mn} = 0,898 \% Mn$$

Reprezentînd în diagrame Schaeffler (figura 4.15) punctul Q_1 (17,923 ; 12,955) rezultă că în primul strat de placaj se obține o structură pur austenitică (ferita 0 %) care nu se încadrează în condițiile impuse.

b. Calculul concentrațiilor teoretice pentru stratul al doilea

$$C_{t2}^C = (0,0652 - 0,005 - 0,009) \times 0,2 + 0,005 + 0,009 = 0,02424 \% C$$

Concentrațiile teoretice pentru celelalte elemente de aliere sînt aceleași ca și în cazul MB_1 , MA_1 .

$$C_{t2}^{Cr} = 17,22 \% Cr$$

$$Cr_{ech} = 21,349$$

$$C_{t2}^{Ni} = 12,59 \% Ni$$

$$Ni_{ech} = 12,59 + 30 \times 0,0242 +$$

$$C_{t2}^{Mo} = 2,784 \% Mo$$

$$+ 0,5 \times 0,827 = 13,73$$

$$C_{t2}^{Si} = 0,897 \% Si$$

$$C_{t2}^{Mn} = 0,827 \% Mn$$

Reprezentînd în diagrame Schaeffler (figura 4.15) punctul Q_2 (21,349 ; 13,73) se constată că în stratul al doilea se obține o structură pur austenitică (ferita 0 %) care nu se încadrează în condițiile impuse.

Compoziția chimică în stratul al doilea se încadrează în limitele impuse. În consecință, placajul realizat pe MB₂ cu MA₁ nu satisface condiția impusă referitoare la conținutul de ferită.

Determinarea grafică a concentrației de carbon este prezentată în figura 4.22. Concentrațiile de Cr și Ni sînt cele determinate în figurile 4.17 respectiv 4.18.

4.3.5. MB₂, MA₂ pentru ambele treceri

a. Calculul concentrațiilor teoretice pentru principalele elemente în primul strat

$$C_{t1}^C = (0,27 - 0,008 - 0,01) \times 0,2 + 0,008 + 0,01 = 0,0684 \% C$$

Concentrațiile teoretice pentru celelalte elemente de aliere sînt aceleași ca și în cazul MB₁, MA₂.

$$C_{t1}^{Cr} = 18,17 \% Cr$$

$$Cr_{ech} = 19,743$$

$$C_{t1}^{Ni} = 10,07 \% Ni$$

$$Ni_{ech} = 10,07 + 30 \times 0,0684 +$$

$$C_{t1}^{Mo} = 0,016 \% Mo$$

$$+ 0,5 \times 0,93 = 12,587 \%$$

$$C_{t1}^{Nb} = 0,312 \% Nb$$

$$C_{t1}^{Si} = 0,934 \% Si$$

$$C_{t1}^{Mn} = 0,93 \% Mn$$

Reprezentînd în diagrama Schaeffler (figura 4.15) punctul S₁ (19,743 ; 12,587) rezultă că în stratul întii de placaj se obține o structură austenito-feritică cu max.5 % ferită care se încadrează în condițiile impuse.

b. Calculul concentrațiilor teoretice pentru stratul al doilea

$$C_{t2}^C = (0,0684 - 0,008 - 0,01) \times 0,2 + 0,008 + 0,01 = 0,028 \% C$$

Concentrațiile teoretice pentru celelalte elemente sînt aceleași ca și în cazul MB₁ și MA₂.

$$C_{t2}^{Cr} = 21,754 \% Cr$$

$$Cr_{ech} = 23,51$$

$$C_{t2}^{Ni} = 12,014 \% Ni$$

$$Ni_{ech} = 12,014 + 30 \times 0,028 + 0,5 \times$$

$$C_{t2}^{Nb} = 0,374 \% Nb$$

$$\times 0,866 = 13,287$$

$$C_{t2}^{Si} = 1,05 \% Si$$

$$C_{t2}^{Mn} = 0,866 \% Mn$$

Reprezentind în diagrama Schaeffler (figura 4.15) punctul S_2 (23,51 ; 12,287) se constată că în stratul al doilea de placaj se obține o structură austenito-feritică cu ferita peste 15 % depășind condițiile impuse. Compoziția chimică a placajului este depășită la C și Cr și este sub valoarea impusă la Mo.

În consecință, placajul realizat pe MB_2 cu MA_2 nu satisface condițiile impuse referitoare la conținutul de ferită și compoziție chimică. Determinarea grafică a concentrației de C în straturile 1 și 2 de placaj este prezentată în figura 4.23. Concentrațiile de Cr și Ni sînt cele determinate în figurile 4.20 și 4.21.

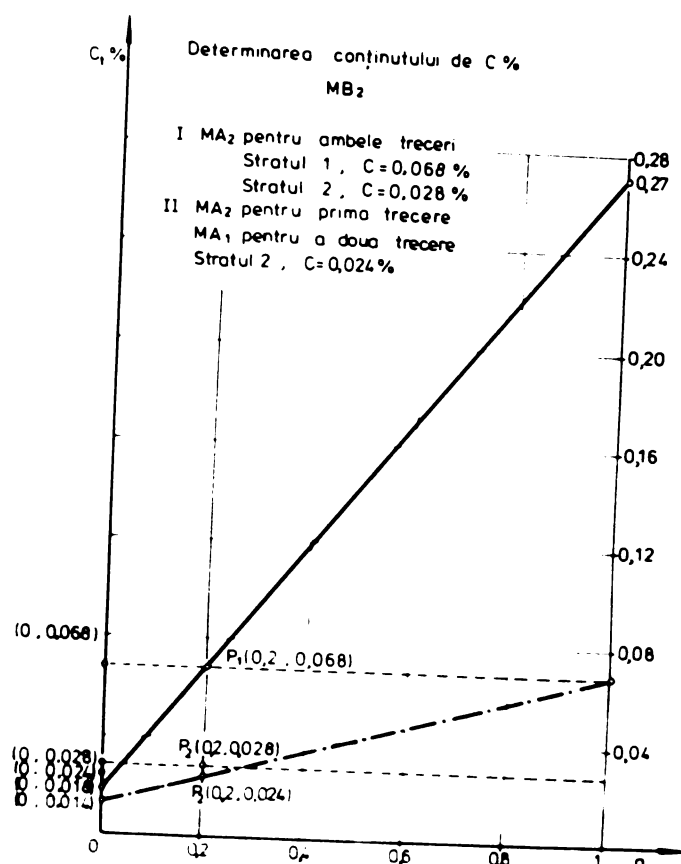


Figura 4.23.

4.3.6. MB₂, MA₂ pentru prima trecere și MA₁ pentru a doua trecere

a. Concentrațiile teoretice pentru principalele elemente au fost calculate la paragraful 4.3.4 (punctul U₁ S₁ figura 4.15).

b. Calculul concentrațiilor teoretice pentru al doilea strat.

$$C_{t2}^C = (0,0684 - 0,005 - 0,009) \times 0,2 + 0,005 + 0,009 = 0,0248 \% C$$

$$C_{t2}^{Cr} = (18,17 - 19,04 + 1,11) \times 0,2 + 19,04 - 1,11 = 19,978 \% Cr$$

$$C_{t2}^{Ni} = (10,07 - 13,10) \times 0,2 + 13,10 = 12,49 \% Ni$$

$$C_{t2}^{Mo} = (0,016 - 3,2 + 0,3) \times 0,2 + 3,2 - 0,3 = 2,32 \% Mo$$

$$C_{t2}^{Si} = (0,934 - 0,01 - 0,91) \times 0,2 + 0,01 + 0,91 = 0,92 \% Si$$

$$C_{t2}^{Mn} = (0,93 - 1,65 + 0,84) \times 0,2 + 1,65 - 0,84 = 0,834 \% Mn$$

$$Cr_{ech} = 19,978 + 2,32 + 1,5 \times 0,92 = 23,678 \%$$

$$Ni_{ech} = 12,49 + 30 \times 0,0248 + 0,5 \times 0,834 = 13,651$$

Reprezentînd în diagrama Schaeffler (figura 4.15) punctul U₂ (23,678 ; 13,651) se constată că în stratul al doilea de placaj se obține o structură austenito-feritică cu ferită max.10 %. Compoziția chimică este depășită cu 1,9 % la Cr față de cerințele impuse placajului.

Din analiza rezultatelor reiese că placajul realizat pe MB₂ cu MA₂ pentru prima trecere și MA₁ pentru a doua trecere satisface cel mai bine condițiile impuse.

Concentrațiile teoretice de C, Cr, Ni în stratul al doilea de placaj, determinate pe cale grafică, sînt cele prezentate în figurile 4.23, 4.20, 4.21 (punctele P₂').

În tabelul 4.5 sînt prezentate în rezumat rezultatele calculelor și interpretarea rezultatelor.

Din analiza acestui tabel rezultă că placajele realizate pe MB₁ și MB₂ satisfac cel mai bine condițiile impuse dacă pentru prima trecere se ia metalul de adaos MA₂, iar pentru a doua trecere metalul de adaos MA₁.

Tabelul 4.5

Nr crt	Tip MB	Tip MA	Numărul tecerii	Concentrația teoretică							Cr ech %	Ni ech %	Punctul din diagrama Schaeffler	Structura metalurgică
				C	Cr	Ni	Mo	Nb	Si	Mn				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1		MA1 316LC	I	0,0472	14,394	10,55	2,32	—	0,806	0,898	17,923	12,415	P ₁ (17,923 ; 12,415)	Pur austenitică
2		MA1 316LC	II	0,02064	17,22	12,59	2,784	—	0,897	0,827	21,349	13,622	P ₂ (21,349 ; 13,62)	Austenito feritică cu ferita sub 5%
3		MA2 309CbLC	I	0,0504	18,17	10,07	0,016	0,312	0,934	0,93	19,743	12,047	R ₁ (19,743 ; 12,047)	Austenito feritică cu ferita cuprinsă între 5...10%
4		MA2 309CbLC	II	0,0244	21,754	12,014	0,0192	0,374	1,05	0,866	23,53	13,179	R ₂ (23,53 ; 13,179)	Austenito feritică cu ferita în domeniul 10-20%
5		MA2 309CbLC	I	0,0504	18,17	18,17	0,016	0,312	0,934	0,93	19,743	12,047	T (19,743 ; 12,047)	Austenito feritică cu ferita cuprinsă între 5...10% (T ₁ ≠R ₁)
5		MA1 316LC	II	0,02128	17,978	12,494	2,32	—	0,92	0,834	21,678	13,549	T (21,678 ; 13,549)	Austenito feritică cu ferita cuprinsă în domeniul 5-10%

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7		MA 1 316 LC	I	0,0652	14,394	10,55	2,32	—	0,806	0,898	17,923	12,955	Q ₁ (17,923; 12,955)	Pur austenitică
8		MA 1 316 LC	II	0,02424	17,22	12,59	2,784	—	0,897	0,827	21,349	13,73	Q ₂ (21,349; 13,73)	Pur austenitică
9		MA 2 309CbLC	I	0,0684	18,17	10,07	0,016	0,312	0,934	0,93	19,743	12,587	S ₁ (19,743; 12,587)	Austenito feritică cu ferita max. 5 %
10		MA 2 309CbLC	II	0,028	21,754	12,014	0	0,374	1,05	0,866	23,51	12,287	S ₂ (23,51; 12,287)	Austenito feritică cu ferita peste 15 %
11		MA 2 309CbLC	I	0,0684	18,17	10,07	0,016	0,312	0,934	0,93	19,743	12,587	U ₁ (19,743; 12,587)	Austenito feritică cu ferita max. 5 %
12		MA 1 316 LC	II	0,0248	19,978	12,49	2,32	—	0,92	0,834	23,678	13,651	U ₂ (23,678; 13,651)	Austenito feritică cu ferita max. 10 %

CERINTE IMPUSE PLACAJULUI

C	Compoziția chimică %						Conținut de ferită informativ δ %	
	Cr	Ni	Mo	Si	Mn	strat I	strat II	
max.0,025	16 - 18	10 - 14	2 - 3	max.1,00	max.2,00	3 - 7	5 - 10	

Concluzii

Analizarea în ansamblu a rezultatelor prezentate în capitolul 4 conduce la următoarele :

1. Relația care dă variația concentrației teoretice a unui element în straturile de placaj în funcție de diluție este :

$$C_{ti} = (C_{ti-1} - C_{MA} \mp C_P)a + C_{MA} \mp C_P$$

în care $i = 1, 2 \dots n$; $C_{t0} = C_{MB}$

reprezintă o dreaptă care depinde de 3 parametri C_{ti-1} ; C_{MA} ; C_P .

2. Dacă se fixează pe rînd doi dintre acești parametri și se lasă unul să varieze, se obțin ecuațiile a 3 fascicule de drepte avînd ca parametri ai fasciculelor pe C_{ti-1} ; C_{MA} ; C_P .

3. Locul geometric al vîrfurilor fasciculelor sînt dreptele $a = 0$ și $a = 1$.

4. Reprezentarea dreptelor fasciculelor într-un sistem de axe OC_t și Oa permite determinarea pe cale grafică a concentrației teoretice sau a diluției în oricare strat al placajului.

5. Metoda grafică de determinare a concentrației teoretice sau a diluției este mai simplă decît metoda de determinare prin calcule analitice. Totodată permite o selectare rapidă a materialelor de adaos pentru realizarea unei compoziții chimice impuse placajului (figura 4.3).

6. Valorile concentrației teoretice la placările în mai multe treceri, în funcție de C_{MB} , C_{MA} , C_P și Q pentru anumite cazuri întîlnite frecvent în practică, se pot calcula cu relațiile prezentate în tabelul 4.6.

Tabelul 4.6.

Nr. crt. al placajului	Modul de realizare	Relații de calcul
0	1	2
1.	C_{MA} ; C_P sceseși pentru toate trecerile $a = a_1$.	$C_{ti} = (C_{MB} - C_{MA} \mp C_P) \cdot a_i + C_{MA} \mp C_P$ $i = 1, 2, \dots, n$

0	1	2
2.	$C_{MA}; C_P; a = a_1, a_2, \dots, a_n$ aceleași pentru tate trecerile	$C_{ti} = (C_{MB} - C_{MA} + C_P) \prod_{k=1}^{i-1} a_k + C_{MA} + C_P$ $i = 1, 2, \dots, n$
3.	$C_{MA1}; C_{P1}$ pentru prima trecere ; $C_{MA2}; C_{P2}$ pentru celelalte treceri $a = a_1$	$C_{ti} = (C_{MB} - C_{MA1} + C_{P1}) a_1^i + (C_{MA1} - C_{MA2} + C_{P1} + C_{P2}) a_1^{i-1} + C_{MA2} + C_{P2}$ $i = 1, 2, \dots, n$
4.	$C_{MA1}; C_{P1}$ pentru prima trecere ; $C_{MA2}; C_{P2}$ pentru celelalte treceri $a = a_1, a_2, \dots, a_n$	$C_{ti} = (C_{MB} - C_{MA1} + C_{P1}) \prod_{k=1}^i a_k + (C_{MA1} - C_{MA2} + C_{P1} + C_{P2}) \prod_{k=1}^{i-1} a_{k+1} + C_{MA2} + C_{P2}$ $i = 1, 2, \dots, n$

7. Selectarea materialelor de adaos pentru realizarea unor placaje, care să corespundă unor condiții impuse, implică parcurgerea următoarelor etape :

a. determinarea concentrației teoretice a elementelor ce intră în compoziția chimică a placajului ;

b. pe baza compoziției chimice a placajului calculată cu ajutorul concentrațiilor teoretice ale elementelor, se estimează structura metalurgică a placajului folosind diagrame Schaeffler ;

c. compararea rezultatelor obținute cu cerințele impuse și alegerea acelor materiale care satisfac aceste cerințe.

8. Realizarea unui placaj în una, două sau trei treceri având compoziția chimică impusă prin caietul de sarcini (ex. 316 L conform AWS) este rațional să se facă astfel :

- se alege pentru prima trecere un metal de adaos supraaliat (ex. 309L conform AWS), care prin diluție cu MB și datorită activității fluxului realizează încă în primul strat de placaj compoziția chimică egală sau apropiată de cea impusă ;

- trecerile următoare se realizează cu un metal de adaos, care dă un metal depus cu o compoziție chimică ce se încadrează în limitele impuse (ex. 316L).

9. Rezultatele prezentate în acest capitol au stat la baza stabilirii condițiilor tehnice (39) de fabricație și livrare în țară a materialelor de adaos pentru placarea unor componente de la Combinatul Chimic Drobeta Turnu-Severin. Totodată au constituit fundamentarea teoretică a programului de asimilare în țară a acestor materiale.

5. Tehnologia placării sub flux cu 2 și 3 benzi a oțelului G52/28

Elaborarea unor noi tehnologii de placare sub flux cu 2 și 3 benzi a oțelului G52/28 are ca scop reducerea consumului de manoperă metal și energie, cu aplicație la placarea unor componente din industria nucleară.

In prezent aceste componente se plachează sub flux cu o bandă în 2 straturi.

Realizarea scopului propus în condițiile respectării cerințelor impuse de caietul de sarcini a condus la alegerea următoarelor procedee :

a. placarea sub flux cu două benzi și descărcare în arc care față de placarea cu o bandă are următoarele avantaje :

- rata depunerii A_D este de cca 2 ori mai mare,
- suprafața placată într-o oră este de aproximativ 2,4 ori mai mare,
- viteza de placare este de cca 2,6 ori mai mare.

b. placarea sub flux cu 3 benzi dintre care 2 culcate pe MB care față de placarea cu o bandă are următoarele avantaje :

- înălțimea placajului într-un strat este cu 2 ... 3,5mm mai mare,

- compoziția chimică impusă placajului se poate realiza din primul strat, folosind benzi de compoziții chimice adecvate.

Alte date privind cele 2 procedee menționate au fost prezentate detaliat în capitolul 1, paragrafele 1.2.1 și 1.2.3.

a. Metalul de bază

Metalul de bază care se plachează este un oțel cu granulație fină de tipul G52/28 în stare normalizată. Limitele compoziției chimice ale acestui oțel sînt prezentate în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1.

Compoziția chimică %											
	Mn	Si	Cu	Al	S max	P max	Ni max	V max	Nb max	Mo max	Cr max
0,18 -	0,80 -	0,20 -	0,10 -	0,015 -	0,015	0,025	0,35	0,07	0,040	0,06	0,25
0,27	1,25	0,50	0,35	0,070							

b. Solicitării placajului

Mediile de lucru ale placajului sînt :

- soluție aposă de hidrogen sulfurat cu temperatura de 20 - 250°K,

- hidrogen sulfurat umed (saturat cu vapori de apă) cu temperatura de 20 - 270°C și presiune maximă de 45 bari,

- hidrogen sulfurat uscat cu temperatura de 0 - 55°C și presiune maximă de 40 bari.

Valorile pH ale acestor medii sînt între 2 și 5.

Mediile menționate anterior produc coroziune generală, coroziune fisurantă sub sarcină și coroziune în hidrogen atomic.

g. Condiții impuse placajului de esietul de sareini /103/

g.1. Duritatea maximă admisă pe suprafața prelucrată a placajului este de maximum 240 HB.

g.2. Conținutul de ferită Fe₃O₄ la suprafața placajului prelucrat sau neprelucrat este de maximum 10 %.

g.3. Suprafața placajului înainte de prelucrare se controlează cu lichide penetrante conform STAS 10214-75. La controlul cu lichide penetrante nu se admit :

- fisuri,
- indicații de defecte izolate rotunde mai mari de 0,5 mm
- indicații de defecte tip sită (zonă în care distanța dintre defecte este sub 10 mm).

g.4. Rezistența la coroziune intergranulară conform normei DIN 50914 /91/ trebuie să fie asigurată pe o grosime de 2,0 mm de la suprafața prelucrată sau neprelucrată a placajului cu o înălțime de 6,5 - 7,5 mm.

g.5. Compoziția chimică pe ultimii 2 mm de la suprafața prelucrată sau neprelucrată a placajului trebuie să fie conform tabelului 5.2.

Tabelul 5.2

Compoziția chimică %								Obs.
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	
max	max	max.	max.	max.				
0,03	1,0	2,0	0,045	0,03	10-14	16-18	2-3	—

e.6. Tratamentul termic după primul strat se execută cu următorii parametri :

- temperatura cuptorului la introducerea componentelor max. 300°C,
- viteza de încălzire : $\leq 50^{\circ}\text{C/h}$
- menținere la temperatura de $600 \pm 20^{\circ}\text{C}$: 2,4 min/mm x s (s = grosimea cea mai mare a MB) însă nu mai puțin de 1 oră pentru grosimi de 25 mm,
- viteza de răcire pînă la 300°C max.50°C/h.

Tratamentul termic după stratul al doilea (final) se face cu următorii parametri :

- menținere la temperatura de $415 \pm 20^{\circ}\text{C}$ 10 min/mm x s dar nu mai puțin de 4 ore pentru grosimi de 25 mm,
- temperatura cuptorului la introducerea componentelor : max. 260°C,
- viteza de încălzire : max. 50°C/h,
- viteza de răcire pînă la 150°C: max. 50°C/h

g. Materiale de adaos

Pe baza rezultatelor calculelor efectuate și a concluziilor rezultate în capitolul 4 al acestei lucrări s-au ales următoarele materiale de adaos :

- pentru primul strat benzi din oțel tipul 309CbLc de dimensiuni 60 x 0,5 mm ,
- pentru stratul al doilea benzi din oțel tipul 316 Lc de dimensiuni 60 x 0,5 mm ,
- fluxul utilizat în cuplu cu aceste benzi este topit cu aspect spongios fără mangan marca LW410.

În tabelul 5.3 este prezentată compoziția chimică a benzilor determinată prin analiză convențională la ISIM Timișoara, iar în tabelul 5.4 compoziția chimică a fluxului conform datelor din literatură /40/.

Tabelul 5.3

Tipul benzii	Compoziția chimică %							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
309 CbLc	0,014	0,15	1,69	0,011	0,0015	12,45	24,28	0,06
316 Lc	0,014	0,12	1,72	0,012	0,0015	12,81	19,53	3,00

Tabelul 5.4

Tipul fluxului	Compoziția chimică %						
	SiO ₂ + TiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P	S	C
LW 410	~ 45	~ 10	~ 30	~ 10	max. 0,003	max. 0,02	max. 0,03

5.1. Tehnologia placării sub flux cu 2 benzi și descărcare în arc a oțelului G52/28

Varianta de placare sub flux cu 2 benzi și descărcare în arc a fost prezentată detaliat în paragraful 1.2.1.

În vederea determinării diluției în stratul întâi și doi de placaj la această variantă de placare cu materialele de adăos prezentate s-au realizat depuneri pe plăci din oțel G52/28.

Parametrii tehnologici utilizați la placare s-au stabilit pe baza celor prezentate în capitolul 1, precum și a mai multor experimentări proprii /31/, /42/, /54/.

Depunerile s-au realizat cu 2 benzi de dimensiuni 60 x 0,5 mm folosind următorii parametri tehnologici :

$$I_a = 1250 - 1300 \text{ A}$$

$$U_a = 30 - 32 \text{ V}$$

$$v_s = 29-30 \text{ cm/min}$$

$$L_e = 25 \text{ mm}$$

$$H = 30 \text{ mm}$$

$$n_t \text{ (număr de treceri, straturi) } = 2$$

$$\text{temperatura între treceri și rinduri } \vartheta_{ip} = \text{max. } 150^{\circ}\text{C}$$

$$\text{temperatura de preîncălzire a MB } \vartheta_{MB} = \text{max. } 100^{\circ}\text{C}$$

$$\text{suprapunerea rindurilor : } 5 - 7 \text{ mm}$$

$$\text{distanța dintre benzi : } 8 \text{ mm.}$$

La aceste depuneri s-au determinat în laborator conținuturile de Ni în primul și al doilea strat de placaj. În tabelul 5.5 sînt prezentate rezultatele acestor determinări, precum și alte date necesare determinării diluției în stratul întâi și doi de placaj pe baza concentrației de Ni.

Tabelul 5.5

Locul determinării	Concentrația de Ni %
Metalul de bază G52/28 $C_{t_0}^{Ni}$	0,07
Metalul de adaos pentru primul strat, bandă tip 309 Cb Lc C_{MA1}^{Ni}	12,45
Metalul de adaos pentru al doilea strat, bandă tip 316 Lc C_{MA2}^{Ni}	12,81
Coeficienții de activitate ai fluxului C_{F1}^{Ni} și C_{F2}^{Ni}	flux neutru
Primul strat $C_{t_1}^{Ni}$	9,92...10,10
Al doilea strat $C_{t_2}^{Ni}$	12,31...12,32

5.1.1. Calculul diluției pe baza concentrației de nichel

Diluția " a_1 " în stratul "i" de placaj se calculează din relația 4.42 cu ajutorul formulei :

$$a_1 = \frac{C_{t_i}^{Ni} - C_{MA_i}^{Ni} + C_{F_i}^{Ni}}{C_{t_{i-1}}^{Ni} - C_{MA_i}^{Ni} + C_{F_i}^{Ni}} \quad (5.1)$$

a. Diluția în stratul întâi de placaj pe baza concentrației de Ni se calculează cu relația :

$$a_1^{Ni} = \frac{C_{t_1}^{Ni} - C_{MA_1}^{Ni} + C_{F_1}^{Ni}}{C_{t_0}^{Ni} - C_{MA_1}^{Ni} + C_{F_1}^{Ni}} \quad (5.2)$$

Inlocuirea datelor din tabelul 5.5 în relația 5.2 conduce la :

$$a_1^{Ni} = \frac{9,92 - 12,45}{0,07 - 12,45} = 20,4 \% ; \quad a_1^{Ni} = \frac{10,10 - 12,45}{0,07 - 12,45} = 18,9 \% \quad (5.3)$$

b. Diluția în stratul al doilea de placaj pe baza concentrației de Ni se calculează cu relația :

$$a_2^{Ni} = \frac{C_{t_2}^{Ni} - C_{MA_2}^{Ni} + C_{F_1}^{Ni}}{C_{t_1}^{Ni} - C_{MA_2}^{Ni} + C_{F_1}^{Ni}} \quad (5.4)$$

Inlocuirea datelor din tabelul 5.5 conduce la :

$$a_2^{Ni} = \frac{12,31 - 12,81}{9,92 - 12,81} = 17,30 \% ; \quad a_2^{Ni} = \frac{12,31 - 12,81}{10,10 - 12,81} = 18,45 \% \quad (5.5)$$

g. In cazul când diluția se consideră aceeași în ambele straturi, atunci pentru calculul ei se poate utiliza relația a 2-a din 4.43.

Inlocuirea datelor din tabelul 5.5 arată că valoarea diluției este dată de soluția pozitivă a ecuației.

$$12,38 a_1^2 + 0,36 \cdot a_1 - 0,5 = 0 \quad (5.6)$$

Rezolvarea acestei ecuații conduce la $a_1 = 18,69 \%$.

Valorile diluției obținute prin calcul pe baza concentrației de Ni sînt aproximative deoarece anumite erori ce pot interveni la determinarea conținutului de Ni din MB, metalul de adaos și placaj influențează semnificativ valorile diluției.

Analiza acestor valori arată că ele sînt sub limita superioară de 20 % admisă la placarea prin sudare sub flux cu bandă.

In calculele analitice și determinările grafice ale elementelor din placaj ce se vor face pentru a se compara cu compoziția chimică a placajului determinată în laborator se consideră următoarele valori pentru diluție :

$$a_1 = 20 \% \quad ; \quad a_2 = 18 \% \quad ;$$

$$a_1 = 19 \% \quad ; \quad a_2 = 17 \% \quad ;$$

$$a_1 = a_2 = 18 \%$$

5.1.2. Realizarea probelor și testarea placajelor

Cu tehnologia prezentată în paragraful 5.1.1 s-au realizat 2 probe placate pe plăcile marcate cu A și B de dimensiuni 500 x 300 x 600 mm, din oțel G52/28. Compoziția chimică a celor 2 plăci determinată convențional în laborator este prezentată în tabelul 5.6.

Tabelul 5.6

Marcaj probă	Compoziția chimică %							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
A	0,25	0,31	1,01	0,015	0,009	0,16	0,06	0,08
B	0,29	0,39	1,15	0,014	0,010	0,16	0,06	0,10

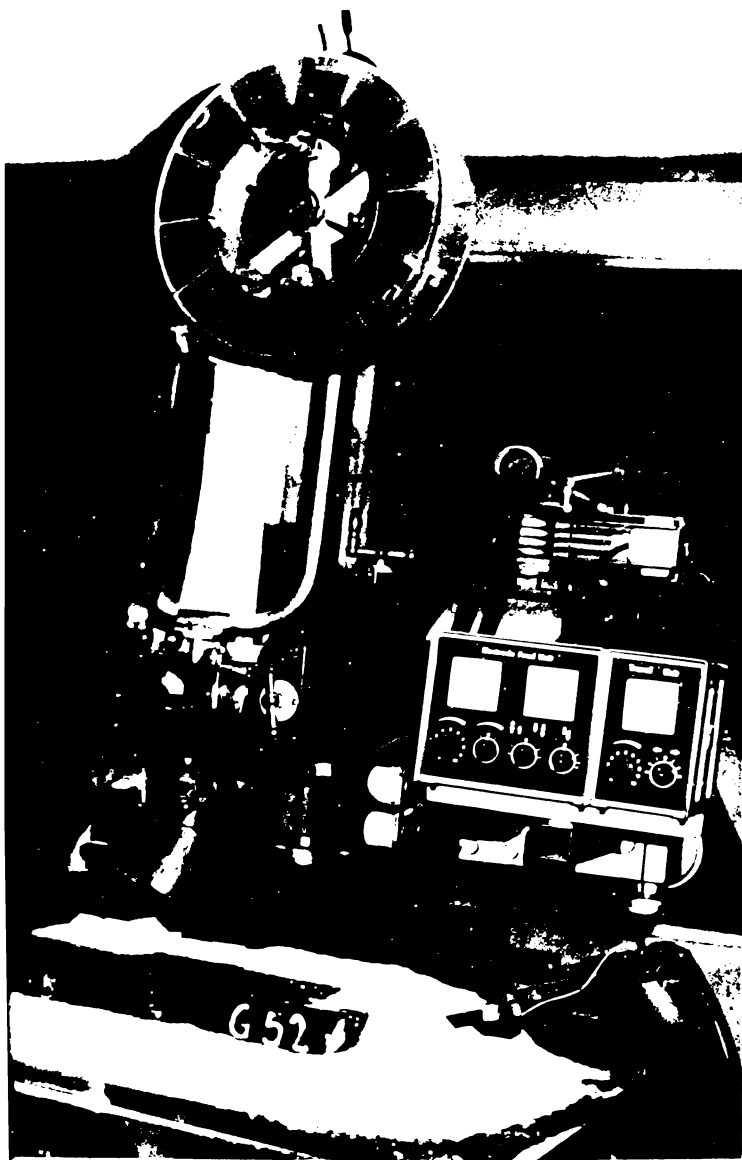


Figura 5.1

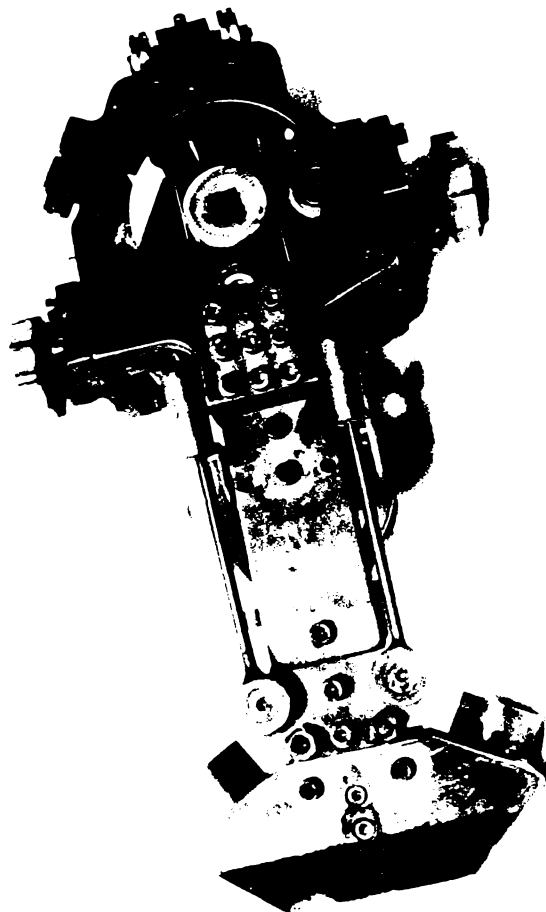


Figura 5.2

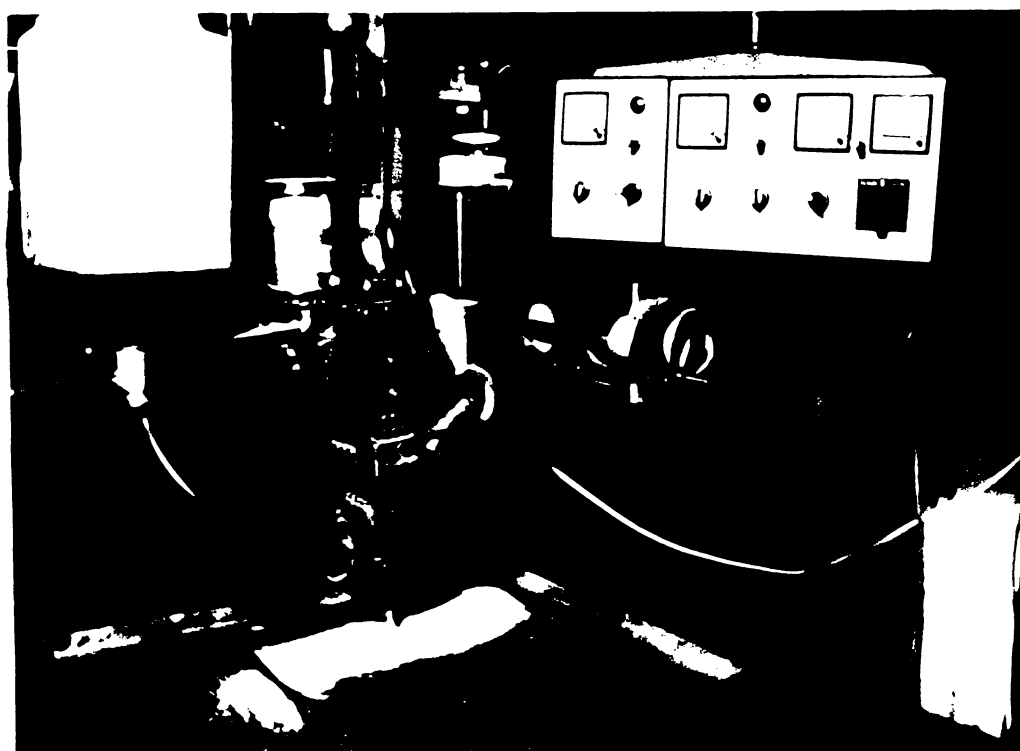


Figura 5.3

Din tabelul 5.6 rezultă că la placa B conținutul de carbon este cu 0,02 % mai mare față de cel prevăzut în caietul de sarcini pentru MB (tabel 5.1).

Placajele s-au realizat în paralel cu un echipament de tip ESAB A6.B (figura 5.1), proba A și cu un echipament experimental realizat la ISIM Timișoara (figura 5.3) proba B. În figura 5.2 este prezentat capul de placare cu 2 benzi conceput și realizat în cadrul laboratorului L.7 (ISIM).

Aspectele placajelor realizate pe cele 2 plăci A și B sînt prezentate în figura 5.4, respectiv 5.5.

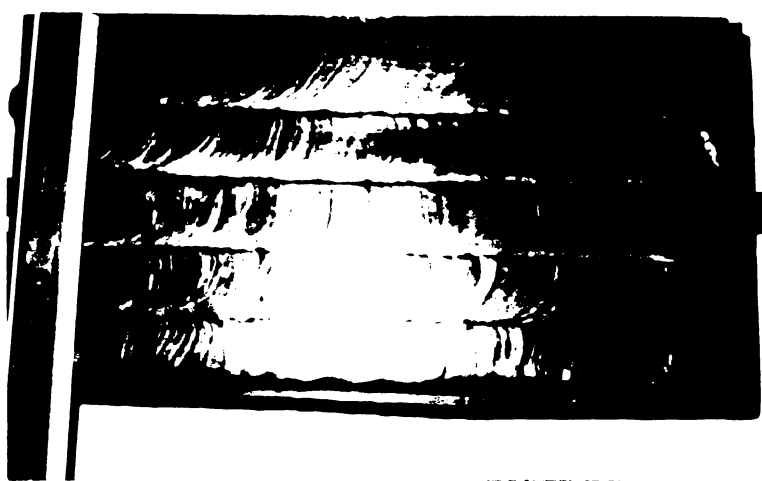


Figura 5.4.

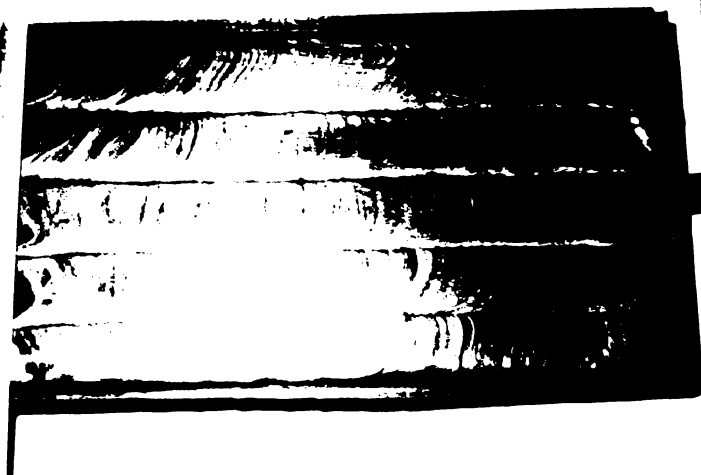


Figura 5.5.

Între placajele realizate pe cele 2 plăci nu s-au constatat deosebiri din punctul de vedere al aspectului exterior.

Tratamentul termic aplicat probelor a fost diferit. Proba B conform cerințelor caietului de sarcini a fost supusă la 2 tratamente termice. Unul după realizarea primului strat de placaj, conform diagramei de tratament din figura 5.6, celălalt după realizarea stratului al doilea de placaj conform diagramei de tratament din figura 5.7.

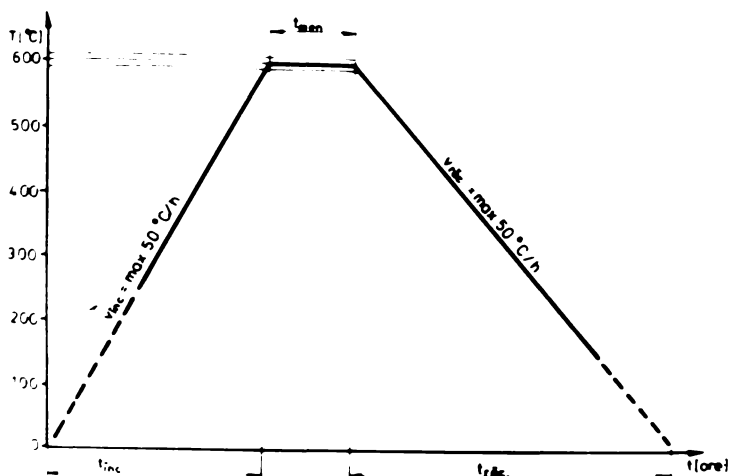


Figura 5.6.

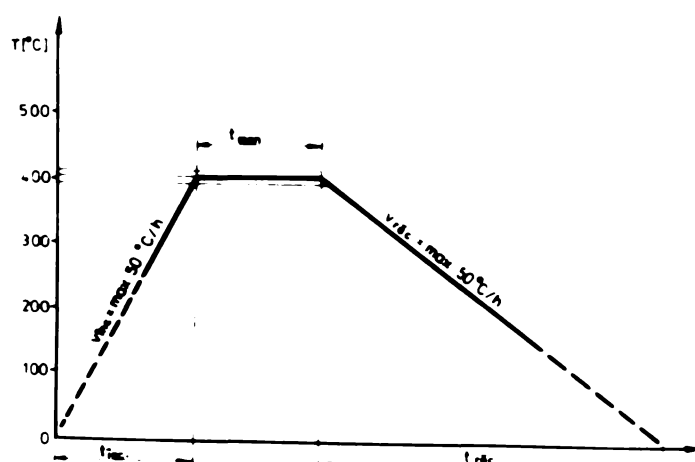


Figura 5.7.

Proba A a fost supusă numai unui tratament termic după realizarea stratului al doilea de placaj, conform diagramei de tratament din figura 5.6.

Scopul urmărit în cazul probei A a fost de a evidenția posibilitatea obținerii unui placaj care să corespundă cerințelor esietului de sarcini în condițiile unor importante economii de manoperă și energie comparativ cu proba B.

Examinarea probelor s-a făcut după un program care a constat din :

Control nedistructiv

- verificarea aspectului exterior și dimensional al placajelor,
- control cu lichide penetrante,
- control ultrasonic,
- determinarea conținutului de ferită delta ($Fe\delta$) în placaj prin metoda magnetică.

Control distructiv

- determinarea compoziției chimice a placajului,
- analize structurale,
- determinări sclerometrice,
- încercarea rezistenței la coroziune intergranulară,
- încercări mecanice.

În figura 5.8 este prezentat planul de prelevare al epruvetelor din cele 2 probe în vederea examinărilor, iar în tabelul 5.7 este dată semnificația notațiilor din figură.

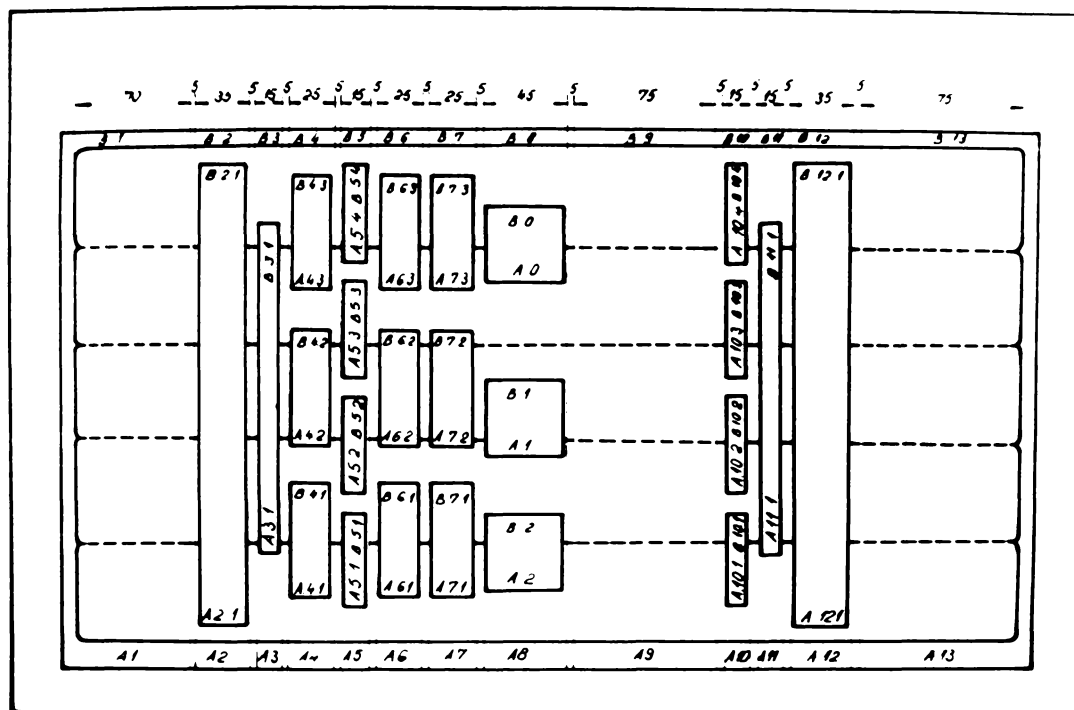


Figura 5.8.

Tabelul 5.7

Nr.crt.	Tipul epruvetelor	Marcaj epruvete	
		proba A	proba B
1	Epruvete pentru determinarea compoziției chimice	A ₀ A ₁ A ₂	B ₀ B ₁ B ₂
2	Epruvete pentru analize structurale	A 51 A 5.2	B 5.1 B 5.2
		A 53 A 5.4	B 5.3 B 5.4
3	Epruvete pentru determinări sclerometrice	A 10.1 A 10.2	B 10.1 B 10.2
		A 10.3 A 10.4	B 10.3 B 10.4
4	Epruvete pentru încercarea rezistenței la coroziune intergranulară	martor	A 4.2 A 6.2 A 7.3
		de încercare	A 4.1 A 4.3 A 6.1 A 6.1 A 7.1 A 7.2
5	Epruvete pentru încercarea la îndoire lat.	A 1.1 A 3.1	B 1.1 B 3.1
6	Epruvete pentru încercarea la îndoire front	A 2.1 A 12.1	B 2.1 B 12.1

5.1.2.1. Control nedistructiv

g. Verificarea aspectului exterior al placajului s-a executat vizual, utilizând o lupă cu mărire de 5 ori. Controlul s-a efectuat pe suprafața fiecărui rând și strat de placaj. În urma controlului s-a constatat că rândurile și straturile au o suprafață netedă, fără defecte neacceptabile, denivelările suprapunerilor fiind mai mici de 0,5 mm (figurile 5.4 și 5.5).

b. Controlul cu lichide penetrante s-a executat pe suprafața neprelucrată a placajelor la temperatura ambiantă conform STAS 10214-75 și cod ASME SA 165-75. Condițiile de calitate urmărite fiind cele din COD ASME I - 1960, art.6.

In urma controlului nu s-au constatat defecte pe suprafața placajelor examinate.

c. Controlul ultrasonic al placajelor s-a executat cu palpatorul de unde longitudinale monocristale și dublu cristal conform STAS 9552-74. Nu s-au identificat defecte de neaderență (lipsă de topire) și defecte volumice între rinduri și straturi (inclusiuni de zgură).

d. Măsurarea conținutului de Fe δ s-a efectuat cu feritscopul FER-2 produs de ISIM Timișoara. Valorile procentuale ale conținutului de Fe δ obținute în urma măsurărilor au fost transformate în procente FISCHER (% FISCHER = 0,74 % FER-2), pentru a putea fi comparate cu prescripțiile caietului de sarcini.

Conținutul de Fe δ s-a măsurat pe suprafața neprelucrată a placajelor în primul și al doilea strat, înainte și după tratament termic.

Rezultatele măsurărilor în cazul celor 2 probe A și B sînt prezentate în tabelul 5.8.

"Normalitatea" rezultatelor s-a testat cu ajutorul metodei lui Chauvenet /104/. Relațiile de calcul utilizate în cadrul acestei metode, precum și cele pentru abaterea s, limitele LL și LU între care se situează determinările sînt prezentate în tabelul 5.9

Tabelul 5.8

Proba	Stratul	Conținut de Fe δ % Fischer									
		Înainte de tratament Rezultatele măsurărilor Valori individuale					După tratament Rezultatele măsurărilor Valori individuale				
A	1	4,2	5,1	4,8	5,8	7,2					
		8,3	7,4	8,1	6,3	6,8					
	2	6,2	6,3	6,7	6,9	7,0	5,2	5,7	5,8	5,4	5,8
		7,1	7,3	7,0	6,8	6,4	5,7	5,9	5,9	6,1	5,8
B	1	4,3	4,4	4,7	4,8	5,0	5,4	5,2	4,0	5,0	5,0
		5,1	5,3	5,4	5,6	5,9	4,3	4,1	4,0	5,1	4,0
	2	5,9	6,0	6,0	6,1	5,8	5,8	6,9	6,1	6,0	5,7
		6,6	7,2	6,3	6,2	7,3	6,9	7,0	6,3	6,5	7,4

Tabelul 5.9

Nr crt.	Mărime denumire simbolizare	Relatii de calcul	Observații
1	$X_i, i = 1 \dots n$ date experimentale	Rezultă în urma măsurătorilor	Datele experimentale X_i sînt normale (bune de calculat cu ele), dacă se situează între valorile extreme adică: $X_m \leq X_i \leq X_M$. Acele date X_i care sînt în afara extremelor sînt anormale și nu se vor mai lua în considerare.
2	\bar{X} media rezultatelor	$S = \sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2$	
3	S	$S = \sum_{i=1}^n (X - X_i)^2$	
4	h	$h = \sqrt{\frac{n}{2S}}$	
5	H	H = f(n) din tabele [2]	
6	\tilde{x}	$\tilde{x} = \frac{H}{h}$	
7	Valoarea minimă X_m	$X_m = \bar{X} - \tilde{x}$	
8	Valoarea maximă X_M	$X_M = \bar{X} + \tilde{x}$	
9	Abaterea medie patritică, s	$s = \frac{1}{b_n} \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n}}$ pentru $n \leq 10$ $b_n = f(n)$ din tabele [2] $\sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}}$ pentru $n > 10$	
10	Limitele în care se situează determinările, dacă s-ar face oricît de multe măsurători	Limita inferioară LL	LL = $\bar{X} - k \cdot s$
		Limita superioară LU	LU = $\bar{X} + k \cdot s$
		k = f(n, P) din tabele [2]	

În cele ce urmează se prezintă un model de calcul al mărimilor statistice, luînd ca date experimentale valorile conținutului de $Fe \delta$ măsurate în stratul întîi de plăcaj, înainte de tratament termic, la proba A (tabelul 5.9). Calculele mărimilor statistice în acest caz concret dau următoarele rezultate :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{10} (4,2 + 5,1 + 4,8 + 5,8 + 7,2 + 8,3 + 7,4 + 8,1 + 6,3 + 6,8) = \frac{64}{10} = 6,4 \%$$

$$s = \sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2 = 4,84 + 1,69 + 2,56 + 0,64 + 3,61 + 1 + 2,89 + 0,01 + 0,16 + 0,36 = 17,6$$

$$h = \sqrt{\frac{n}{2s}} = \frac{10}{2 \cdot 17,6} = 0,53$$

Din tabele statistice [104] la $n = 10$ rezultă $H = 1,39$.

$$\tilde{x} = \frac{H}{h} = \frac{1,39}{0,53} = 2,62$$

$$X_m = X - x = 6,4 - 2,62 = 3,78$$

$$X_M = X + x = 6,4 + 2,62 = 9,02$$

Toate cele 10 valori se situează între valorile extreme. Cu aceste 10 valori normale se fac calculele în continuare.

Din tabelele statistice [2] la $n = 10$, rezultă $b_n = 0,923$, iar $k = 3,379$.

$$s = \frac{1}{b} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n}} = \frac{1}{0,923} \cdot \frac{17,6}{10} = 1,43$$

$$LL = X - k \cdot s = 6,4 - 3,379 \cdot 1,43 = 1,57$$

$$LU = X + k \cdot s = 6,4 + 3,379 \cdot 1,43 = 11,23$$

Calculul mărimilor statistice pentru celelalte date experimentale prezentate în tabelul 5.9 s-a făcut după aceeași metodă. Rezultatele acestor calcule sînt date în tabelul 5.10.

Analiza rezultatelor din tabelele 5.8 și 5.10 arată următoarele :

- toate datele experimentale obținute prin măsurarea conținutului de ferită delta la probele A și B sînt normale,
($X_m \leq X_i \leq X_M$)

- după tratamentul termic la $600 \pm 20^\circ\text{C}$ nu au apărut faze dure de tip faza ∇ ,

Tabelul 5.10

Marcaj probă	Strat	Starea probei	Mărimi statice								
			\bar{x}	S	h	x	X_m	X_M	s	LL	LU
A	1	netratată	6,40	17,76	0,53	2,62	3,78	9,02	1,43	1,57	11,23
	2	netratată	6,77	1,20	2,04	0,68	6,09	7,45	0,37	5,51	8,02
		tratată	5,71	0,64	2,77	0,51	5,20	6,22	0,27	4,79	6,62
B	1	netratată	5,05	2,38	1,44	0,96	4,09	6,01	0,52	3,29	6,80
		tratată	4,61	2,98	1,29	1,07	3,54	5,68	0,59	2,6	6,6
	2	netratată	6,33	2,40	1,44	0,97	5,36	7,3	0,53	4,53	8,1
		tratată	6,46	2,93	1,30	1,06	5,39	7,52	0,58	4,50	8,4

- valorile procentuale ale conținutului de $Fe\delta$ măsurate prin metoda magnetică în stratul al doilea de placaj se încadrează în limitele impuse prin calcul de sarcini, atât înainte cât și după tratamentul termic aplicat probelor.

5.1.2.2. Control distructiv

a. Compoziția chimică a placajului s-a determinat, conform prescripțiilor caietului de sarcini pe o distanță de 2 mm de la suprafața spre MB (după ce au fost îndepărtate prin aşchiere toate denivelările, obținându-se o suprafață netedă) prin două metode :

- convențional prin arderea spanului prelevat din placaj, conform figurii 5.9, la aparatul LECO pentru Cr și S,
- spectral la Quantovac (pentru elementele celelalte) pe suprafața obținută după îndepărtarea placajului pe o distanță de 2 mm spre MB (figura 5.9)

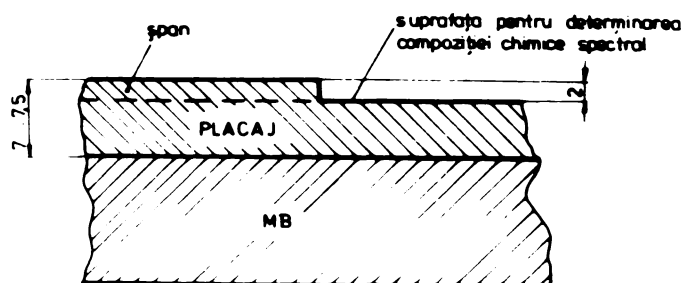


Figura 5.9.

Determinarea compoziției chimice a placajului s-a efectuat la ISIM Timișoara și ICM Reșița pe câte 2 epruvete din fiecare probă (conform planului general de prelevare, figura 5.8). Rezultatele acestor determinări și prescripțiile caietului de sarcini sunt prezentate în tabelul 5.11.

Tabelul 5.11

Mod de determinare	Proba		Compoziția chimică %							Obs.	
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr		Mo
Chimic și spectral	A	A1	0,028	0,78	0,96	0,019	0,005	12,19	18,59	2,36	—
		A2	0,029	0,78	0,99	0,019	0,005	12,22	18,62	2,36	—
	B	B1	0,030	0,81	0,96	0,019	0,0049	12,11	18,51	2,38	—
		B2	0,031	0,82	0,94	0,019	0,0049	12,12	18,51	2,38	—
Limite impuse de caietul de sarcini			max. 0,03	max. 1,0	max. 2,0	max. 0,045	max. 0,03	10-14	16-18	2-3	[103]

Compoziția chimică a placajului se înscrie în limitele impuse de caietul de sarcini cu excepția unei determinări pentru proba B, unde carbonul este mai mare cu 0,001 % decât limita impusă. Acest fapt se datorește conținutului mai ridicat de carbon în MB (0,29 % C) cu 0,02 % față de limita superioară prevăzută în caietul de sarcini (0,27 % C). Depășirile la conținutul de crom cuprinse între 0,59 ... 0,62 % acționează favorabil asupra rezistenței la coroziune intergranulară.

În vederea comparării compoziției chimice a placajului determinată prin calcule, cu cea determinată în laborator, s-au calculat concentrațiile elementelor după modelele prezentate detaliat în paragrafele 4.3.1 - 4.3.5. Calculele analitice și determinările grafice s-au făcut cu valorile diluției determinate în paragraful 5.1.1 în următoarele cazuri :

- stratul 1, $a_1 = 20 \%$; stratul 2, $a_2 = 13 \%$,
- stratul 1, $a_1 = 19 \%$; stratul 2, $a_2 = 17 \%$,
- stratul 1, $a_1 = 18 \%$; stratul 2, $a_2 = 13 \%$.

Rezultatele calculelor și conținutului de $Fe\delta$ determinat din diagrama Schaeffler pe baza acestor calcule sunt prezentate în tabelele 5.12 și 5.13. Tot în aceste tabele mai sunt prezentate pentru comparație compoziția chimică a placajului determinată în laborator, precum și limitele acestei compoziții impuse de caietul de sarcini.

Tabelul 5.12

Numărul plăcii Marca plăcii	Metoda de deter- minare	Diluția %	Compoziția chimică a plăciiului %									Cr _{ech} %	Ni _{ech} %	Punctul din diagrama Schoeffler (Cr _{ech} , Ni _{ech})	Conținutul de Feδ %				
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb				Determinat din diagrama Schoeffler	Determinat prin metoda magnetică			
I	A1	20	0,0692	0,934	0,897	—	—	9,972	18,64	0,024	0,312	20,22	12,485	X (20,22; 12,485)	max 5	5,2	5,1	4,8	
	A2	19	0,0669	0,940	0,872	—	—	10,095	18,872	0,0243	0,316	20,465	12,538	Z (20,465; 12,538)	5-10	6,3	5,8	7,2	
	A3	18	0,0646	0,949	0,870	—	—	10,219	19,104	0,0246	0,319	20,710	12,592	V (20,710; 12,592)	5-10	7,4	8,1	5,3	
	A	Chimic și spectral		0,07	0,79	0,94	0,009	0,008	9,92	18,52	0,10	0,33	19,965	12,490	I (19,965; 12,490)	max 5			
II	A1	18	0,0313	1,012	0,878	—	—	12,299	18,459	2,456	—	22,433	13,607	Y (22,433; 13,607)	5-10	6,2	6,3	6,7	
	A2	17	0,0304	1,014	0,878	—	—	12,348	18,496	2,485	—	22,502	13,699	U (22,502; 13,699)	5-10	5,9	7,0	7,1	
	A3	18	0,0304	1,015	0,878	—	—	12,345	18,543	2,456	—	22,521	13,634	W (22,521; 13,634)	5-10	7,3	7,0	6,8	
	A	Chimic și spectral		0,029	0,78	0,99	0,019	0,05	12,22	18,62	2,36	—	22,15	13,585	E (22,15; 13,585)				
măsură prin calorimetrie de sarcină			max 0,03	max 1,0	max 2,0	max 0,045	max 0,03	10-14	16-18	2-3	—	—	—	—	—	5-10	%		

Tabelul 5.13

Numărul plăcii Marca plăcii	Metoda de deter- minare	Diluția %	Compoziția chimică a plăciiului %									Cr _{ech} %	Ni _{ech} %	Punctul din diagrama Schoeffler	Conținutul de Feδ %				
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb				Determinat din diagrama Schoeffler	Determinat prin metoda magnetică			
I	B1	20	0,072	0,95	0,902	—	—	9,972	18,644	0,024	0,312	20,249	12,739	X' (20,249; 12,739)	max 5	4,3	4,4	4,7	
	B2	15	0,0745	0,957	0,898	—	—	10,095	18,875	0,0243	0,316	20,492	12,779	Z' (20,492; 12,779)	5-10	4,8	5,0	5,1	
	B3	18	0,0718	0,96	0,895	—	—	10,219	19,104	0,0246	0,319	20,736	12,82	V' (20,736; 12,82)	5-10	5,3	5,4	5,6	
II	B1	18	0,0327	1,015	0,883	—	—	12,299	18,46	2,456	—	22,439	13,721	Y' (22,439; 13,721)	5-10	5,9	6,0	6,0	
	B2	17	0,0317	1,017	0,883	—	—	12,348	18,497	2,485	—	22,507	13,740	U' (22,507; 13,740)	5-10	6,1	5,8	6,6	
	B3	18	0,0317	1,016	0,882	—	—	12,343	18,543	2,456	—	22,526	13,737	W' (22,526; 13,737)	5-10	7,1	6,3	6,2	
măsură prin calorimetrie de sarcină			max 0,03	max 1,0	max 2,0	max 0,045	max 0,03	10-14	16-18	2-3	—	—	—	—	—	5-10	%		

În figura 5.10 este prezentată diagrama Schaeffler în care sînt amplasate punctele de coordonate Cr_{ech} și Ni_{ech} (tabelele 5.12 și 5.13) cu care s-au estimat conținutul de Feδ și structura metalurgică a plăciiului.

În tabelul 5.14 sînt prezentate diferențele dintre concentrațiile elementelor din placaj determinate grafic și cele determinate în laborator.

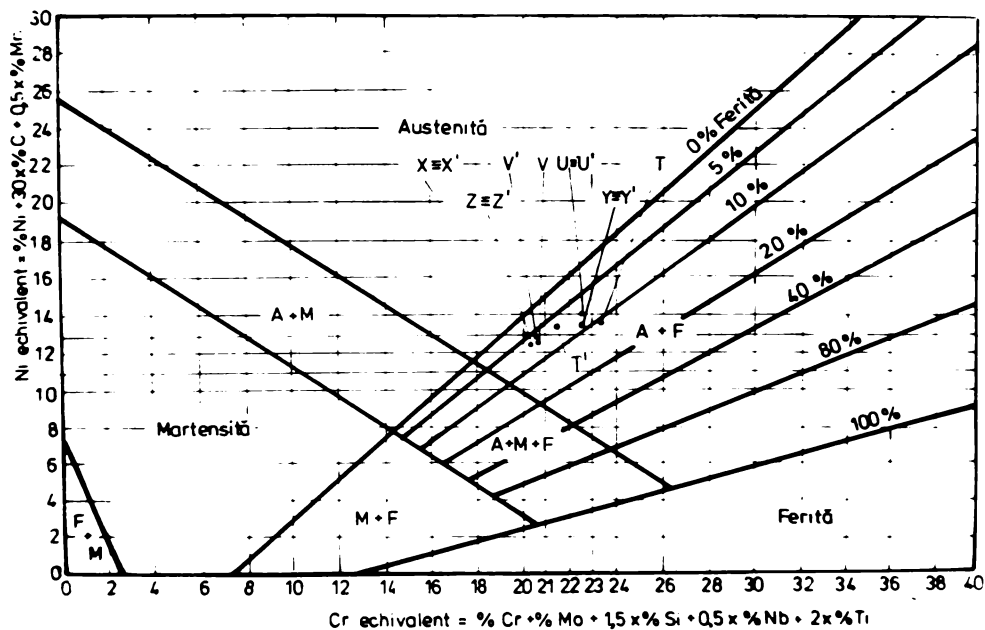


Figura 5.10.

Tabelul 5.14

Numărul sarcinii Marco/ probă	Diluția %	Diferența dintre compoziția chimică calculată și cea determinată chimic și spectral %									ΔCr_{ech} %	ΔN_{ech} %	
		ΔC	ΔSi	ΔMn	ΔS	ΔP	ΔNi	ΔCr	ΔMo	ΔNb			
I	A ₁	20	0,0008	0,144	0,066	-	-	0,052	0,12	0,076	0,018	0,255	0,005
	A ₂	19	0,0031	0,15	0,068	-	-	0,175	0,352	0,075	0,014	0,5	0,048
	A ₃	18	0,0054	0,159	0,07	-	-	0,299	0,584	0,075	0,011	0,745	0,102
II	A ₁	18	0,0023	0,232	0,112	-	-	0,079	0,161	0,096	-	0,283	0,022
	A ₂	17	0,0014	0,234	0,112	-	-	0,128	0,124	0,125	-	0,352	0,114
	A ₃	18	0,0014	0,235	0,112	-	-	0,123	0,077	0,096	-	0,371	0,109
B	B ₁	18	0,0027	0,205	0,077	-	-	0,189	0,05	0,076	-	0,334	0,231
	B ₂	17	0,0017	0,207	0,077	-	-	0,238	0,013	0,105	-	0,402	0,25
	B	18	0,0017	0,208	0,078	-	-	0,233	0,033	0,76	-	0,421	0,247

Analiza în ansamblu a datelor prezentate în tabelele 5.12, 5.13 5.14 arată următoarele :

a₁. Compoziția chimică a placajelor determinată analitic sau grafic se înscrie în limitele impuse de caietul de sarcini cu excepția carbonului la probe B unde este depășită cu 0,0017 - 0,0023 limita superioară impusă de caietul de sarcini. Această depășire se datorește conținutului mai ridicat de C din MB față de cel impus de caietul de sarcini.

a_2 . Diferențele dintre concentrațiile elementelor determinate prin calcule (grafic) și cele determinate în laborator sînt neglijabile ținînd seama că în ambele cazuri compoziția chimică a placajului se înscrie în prescripțiile caietului de sarcini.

a_3 . Diferențe mai mare ale concentrației de carbon (0,0017 - 0,023 % C) în stratul al doilea apar la diluții de : $a_1 = 20\%$, $a_2 = 18\%$, iar mai mici (0,0014 - 0,0017 % C) la diluții de $a_1 = 19\%$, $a_2 = 17\%$ și $a_1 = a_2 = 13\%$. Acest fapt arată că în cazul tehnologiei de placare cu 2 benzi elaborate, diluția medie este de aproximativ 18 %. Această valoare este acceptabilă deoarece este cuprinsă în intervalul 10 - 20 %, interval în care se situează în general diluțiile la placarea cu bandă sub flux /37/.

Conținutul de Fe δ determinat prin metoda magnetică pe suprafața a_4 placajului înainte de tratament termic se înscrie în limitele determinate din diagrama Schaeffler pe baza calculelor.

b. Analize structurale

b_1 . Analiza metalografică (macroscopică + microscopică) s-a efectuat conform STAS 10952/1-77 în placajele realizate pe epruvetele prelevate din probele placate (figura 3) și marcate conform tabelului 5.7. Analiza macroscopică efectuată nu a pus în evidență defecte de placare ^{fig}(5.11 ; 5.12 ; 5.13 ; 5.14).

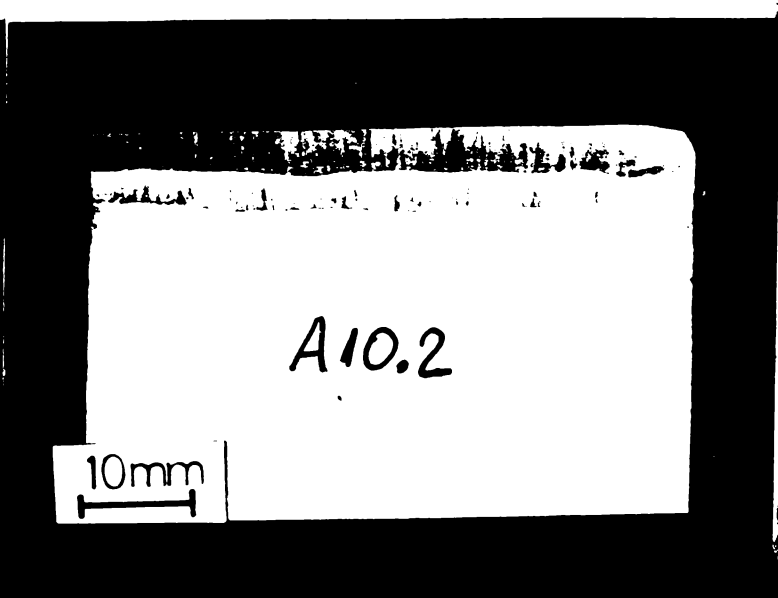
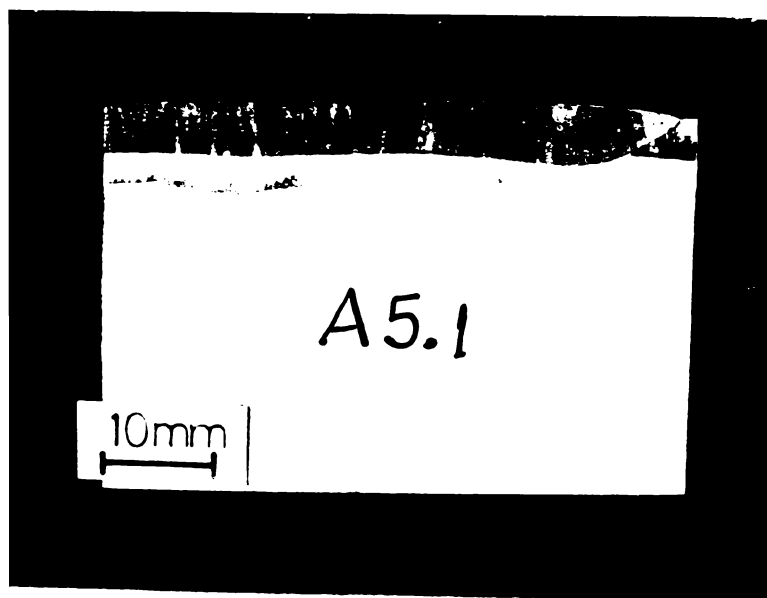


Figura 5.11. Proba A
(Atac V_2A - fierbere)

Figura 5.12. Proba A
(Atac V_2A - fierbere)

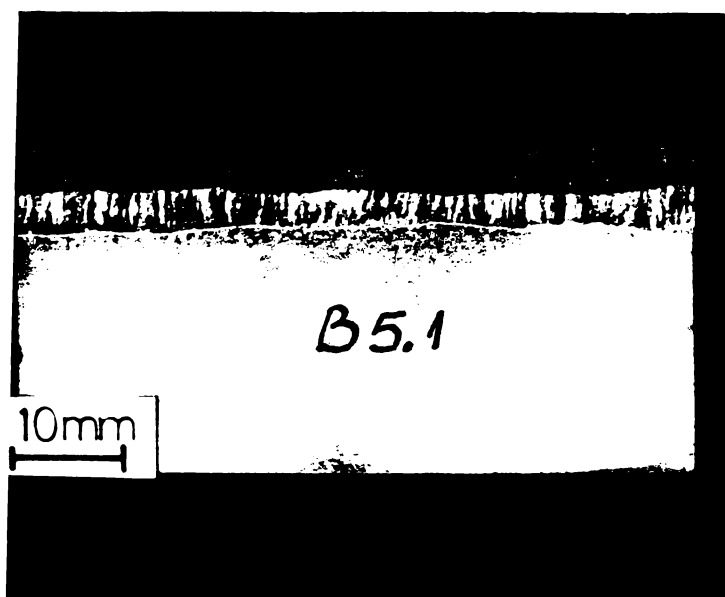


Figura 5.13. Proba B
(Atac V_2A - fierbere)

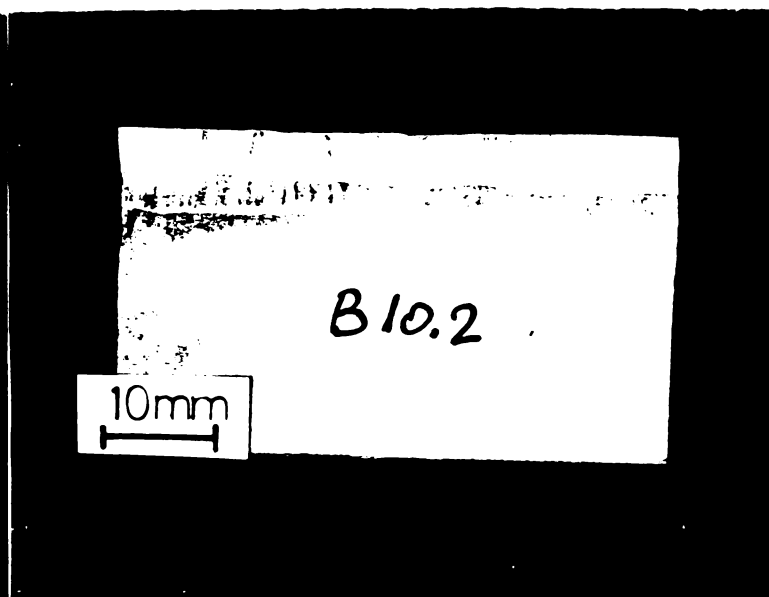


Figura 5.14. Proba B
(Atac V_2A - fierbere)

Analiza microscopică a arătat existența structurilor eustenitice cu ferită delta și carburi complexe plasate inter-intragranular (figurile 5.15 - 5.18).

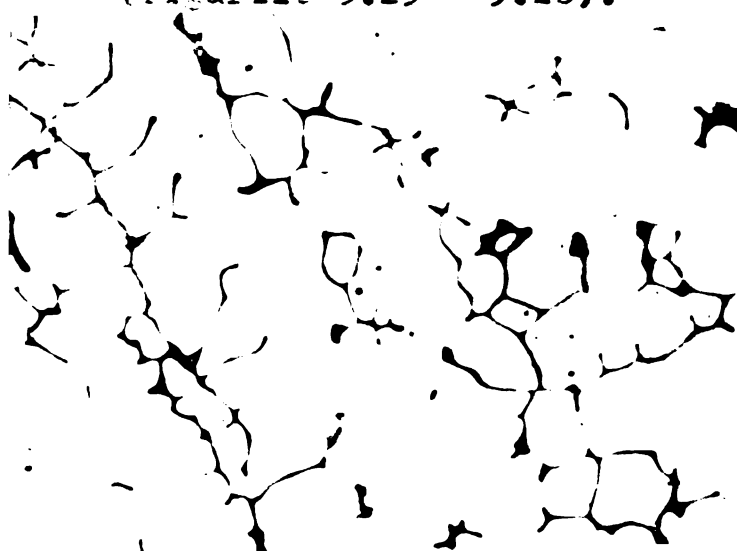


Figura 5.15. Proba A (Atac V_2A , 500x)



Figura 5.16. Proba B
(Atac V_2A , 500x)



Figura 5.17. Proba B (Atac V_2A , 500x)



Figura 5.18. Proba B
(Atac V_2A , 500x)

In urma analizei microscopice nu s-au decelat faze dure de tip fază sigma.

Analiza figurilor prezentate concluzionează faptul că nu există diferențe între structurile placajelor realizate pe cele 2 probe A și B, care au fost supuse la tratamente termice diferite.

b₂. Determinarea conținutului global de ferită delte prin metoda metalografică a avut ca scop punerea în evidență a cantității procentuale de Fe δ pe o distanță de 2 mm de la suprafața prelucrată a placajului spre MB pentru a se urmări valorile maxime ce se obțin în condiții normale de placare.

Măsurătorile conținutului global și al dimensiunii medii a particulelor de Fe δ din placajele realizate pe probele A și B s-au executat pe analizorul automat de faze Epiquant, cu următorii parametri :

- formatul cîmpului : 0,4 mm x 0,4 mm
- pasul de măsură : 1 μm
- s₁ = s₂ = 0 V ; s₃ = 6,5 V ; s₄ = s₅ = 10 V
- mărirea 250x ; f = 100 Hz ; 49 ; clasare A1

Rezultatele experimentale prelucrate pe calculatorul PDP 8/m, utilizat cu programul de calcul EPI-01/C3 pentru prelucrarea datelor la Epiquant sînt prezentate în tabelul 5.15.

Tabelul 5.15

Marcaj epruvetă	Conținutul global de Fe δ [%]		Dimensiunea medie a particulelor de Fe δ [μm]		
	Valori max.	Valori min.	Valori max.	Valori min.	
A	5.1	12,21	9,60	2,61	2,02
	5.2	11,02	5,99	2,32	1,63
	5.3	10,91	7,82	2,64	1,86
	5.4	13,05	10,57	2,72	1,87
	10.1	10,52	8,72	2,70	2,16
	10.2	13,31	10,51	3,30	1,89
	10.3	11,26	8,32	3,06	1,98
	10.4	11,68	9,23	2,57	1,98
B	5.1	6,27	4,40	2,02	1,37
	5.2	9,63	6,80	2,83	1,65
	5.3	9,47	5,37	4,23	1,76
	5.4	4,14	2,15	1,64	1,04
	10.1	8,74	2,18	2,62	1,57
	10.2	8,23	6,14	2,46	1,61
	10.3	6,01	3,08	1,85	1,33
	10.4	8,44	6,06	2,12	1,38

Din tabelul 5.15 se observă că valoarea maximă a conținutului global de $Fe\delta$ s-a obținut pe o șpruvetă din proba A, carea a fost tratată după stratul al doilea la $600 \pm 20^\circ C$ conform diagramei din figura 5.6, iar valoarea minimă la proba B care a fost tratată după stratul al doilea la 415 ± 20 conform diagramei din figura 5.7. Se observă că valorile conținutului de $Fe\delta$ au scăzut după tratament termic. Acest lucru se observă și în cazul măsurărilor prin metoda magnetică însă în măsură mai mică. Valorile conținutului global de $Fe\delta$ determinate prin metoda metalografică nu se pot compara cu valorile în % FISCHER impuse prin caietul de sarcini datorită principiilor diferite de determinare care stau la baza celor 2 metode.

C. Incercarea de duritate HV5 s-a executat conform STAS 492-78 pe suprafața transversală a unui număr de 16 epruvete prelevate din probele placate, conform figurii 5.8. și marcate conform tabelului 5.7.

Variația durității în zonele caracteristice este prezentată în diagramele din figurile 5.19. - 5.24.

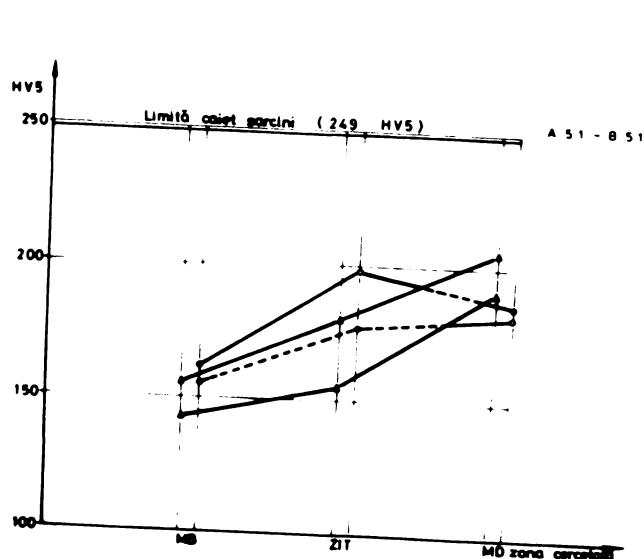


Figure 5.19.

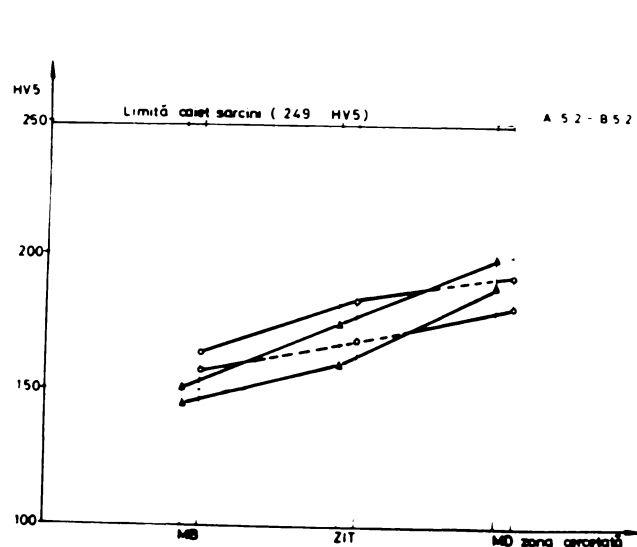


Figure 5.20.

Analiza diagramei din figurile menționate arată că atât la proba A, cât și la proba B benzile de duritate au valori sub cea impusă prin caietul de sarcini, 249 HV5. Acest fapt atestă că nu apar zone durificate care ar produce fragilizare structurală.

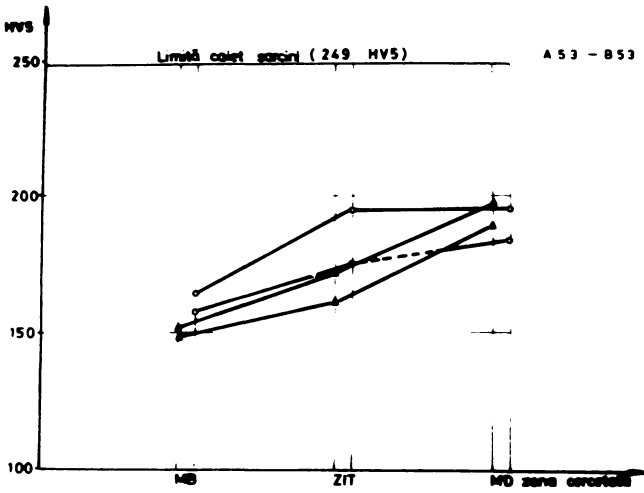


FIGURA 5.21.

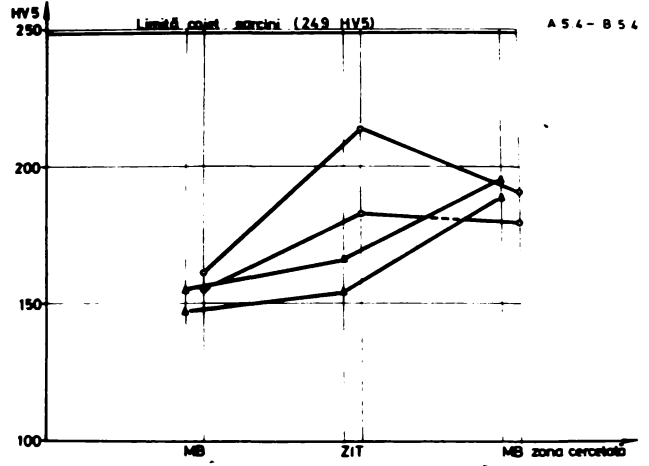


FIGURA 5.22.

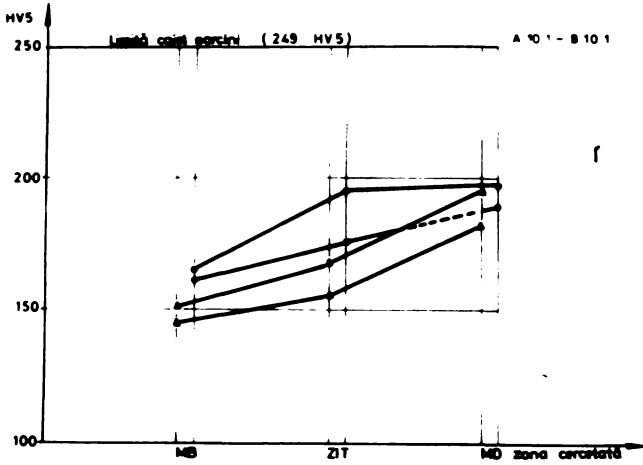


FIGURA 5.23.

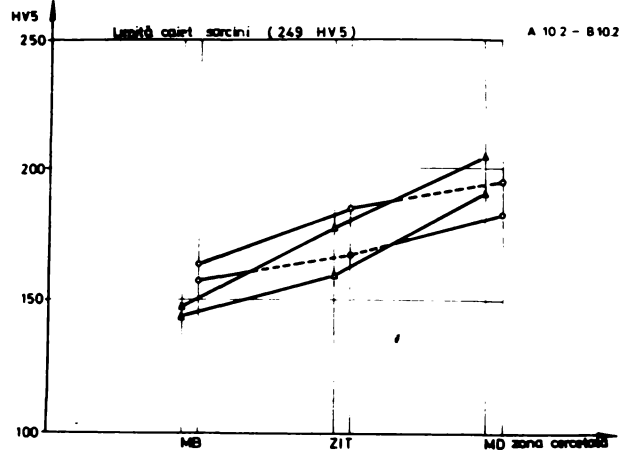


FIGURA 5.24.

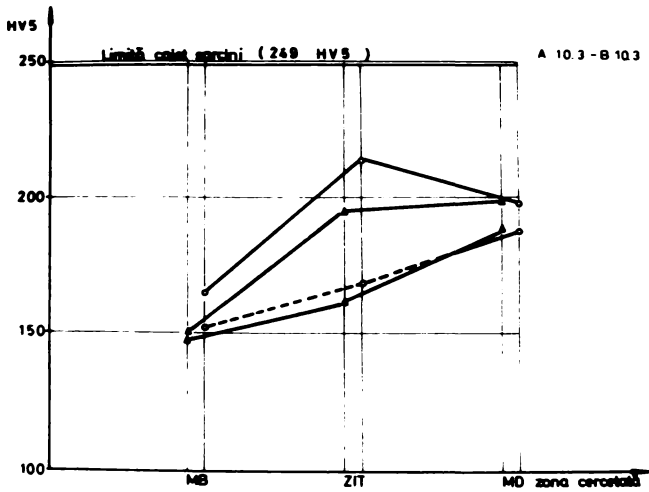


FIGURA 5.25.

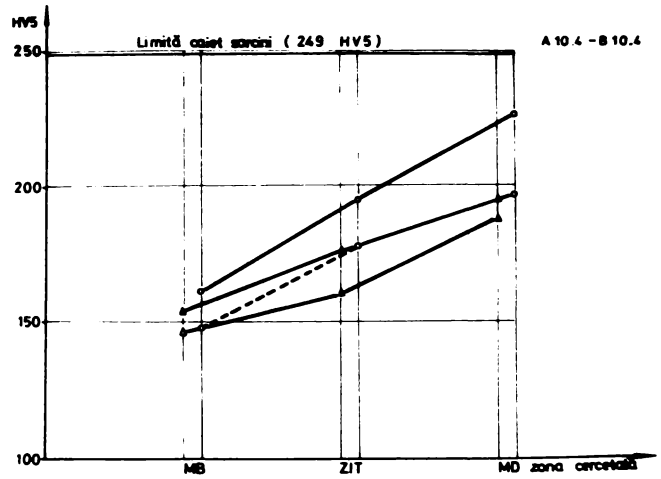


FIGURA 5.26.

Intre duritatea HV5 și conținutul global maxim de Fe δ determinat metalografic se poate stabili o corelație liniară :

$$Y = b_0 + b_1 X \quad (5.7)$$

in care

$$b_0 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \quad (5.8)$$

$$b_0 = Y - b_1 X \quad (5.9)$$

Intensitatea corelației se estimează cu relația : /102/

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n^2 (S_x \cdot S_y)} \quad (5.10)$$

in care :

$$S_x = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \right]^{1/2} ; \quad S_y = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (5.11)$$

in care \bar{X} și \bar{Y} sînt mediile aritmetice ale mărimilor X_i , respectiv Y_i .

Se consideră pentru X_i valorile maxime ale conținutului global de Fe δ din tabelul 5.15, iar pentru Y_i valorile durității HV5 din diagramele prezentate in figurile 5.19 - 5.27.

Rezultatele calculelor mărimilor statistice cu datele menționate sînt prezentate in tabelul 5.16.

Tabelul 5.16

Nr. crt	Proba	X_i	Y_i	\bar{X}	\bar{Y}	$X_i - \bar{X}$	$Y_i - \bar{Y}$	$(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})^2$	b_0	b_1
1	A	4,14	18 8	7,33	195	-3,19	-7	22,33	10,18	17603	2,58
2		6,01	19 0			-1,32	-5	6,6	1,72		
3		6,27	19 3			-1,06	-2	2,2	1,12		
4		6,23	195			-0,90	0	0	0,81		
5		8,44	197			1,11	2	2,22	1,23		
6		8,77	199			1,41	4	5,64	1,99		
7		9,47	203			2,14	8	17,12	4,58		
8	B	10,52	193	11,59	199	-1,07	-6	6,42	1,14	142,60	4,86
9		10,91	195			-0,68	-4	2,72	0,46		
10		11,02	197			-0,57	-2	1,14	0,32		
11		11,21	199			-0,38	-2	0,76	0,4		
12		11,26	199			-0,33	0	0	0,11		
13		11,68	199			0,09	0	0	0,008		
14		13,05	206			1,46	7	10,22	2,13		
15		13,06	206			1,46	7	10,22	2,16		

Cu datele din tabelul 5.16 se obțin cele două corelații liniare :

$$Y = 176,03 + 2,58 X \quad (5.12)$$

pentru proba A și

$$Y = 142,60 + 4,86 X \quad (5.13)$$

pentru proba B.

Intensitățile corelației calculate cu relațiile 5.10 și 5.11 au următoarele valori :

$$r_A = 0,94 \text{ pentru proba A,}$$

$$r_B = 0,98 \text{ pentru proba B.}$$

Valorile obținute pentru r_A și r_B arată că există o bună corelație între duritatea HV5 și conținutul global maxim de Fe δ determinat metalografic.

Acest fapt este confirmat și de reprezentarea grafică a dependenței $Y = f(X)$ din figura 5.27, din care se observă că valorile datelor experimentale se plasează grupat în jurul dreptelor $Y = b_0 + b_1 X$.

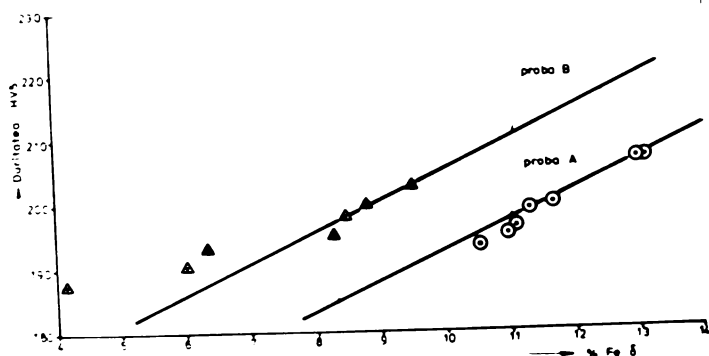


Figura 5.27.

De asemenea, se constată că prin tratament termic la $500 \pm 20^\circ C$ (conform diagramei din figura 5.6) scade conținutul de Fe δ și implicit duritatea HV5.

d. **Încercarea de rezistență la coroziune intergranulară** conform normei DIN 50914 /100/ s-a executat pe 12 epruvete (6 din proba A și 6 din proba B) prelevate conform fig.5.8 de la suprafața prelucrată a placajului spre NB. Dimensiunile epruvetelor au fost de 50x20x30 mm cu mareașul specificat în tabelul 5.17.

Tabelul 5.17

Proba	Marcaj epruvete
A	A 4.2; A 6.2; A 7.3; A 4.1; A 4.3; A 6.1; A 6.3; A 7.1; A 7.2
B	B 4.3; B 6.3; B 7.3; B 4.1; B 4.2; B 6.1; B 6.3; B 7.1; B 7.2

Epruvetele A42; A62; A73; B43; B63; B73 s-au ales la întâmplare ca probe martor. După o pregătire metalografică corespunzătoare epruvetele au fost îndoit la un unghi de 90°. În urma îndoirii nu s-au decelat fisuri pe suprafața întinsă. Aspectul epruvetelor martor după îndoire este prezentat în figura 5.28.

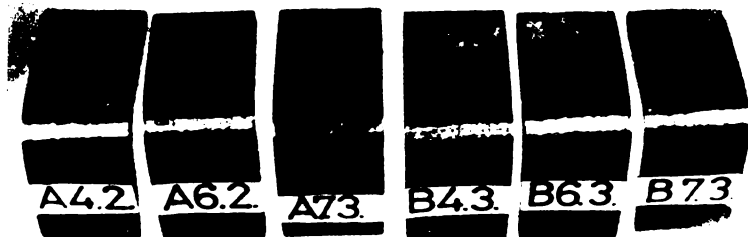


Figura 5.28.

Epruvetele A41; A43; A61; A63; A71; A72; B41; B42; B61; B63; B71; B72 după pregătire metalografică conform STAS 4203-77 au fost examinate structural în vederea verificării calității placajului, apoi au fost supuse fierberii timp de

15 ore în soluția corosivă conform DIN 50.914 - 92.

Examinările microscopice efectuate asupra epruvetelor după fierbere au pus în evidență figuri de coroziune slab reliefate, acceptate de norma DIN 50.914 (figurile 5.29 - 5.32).

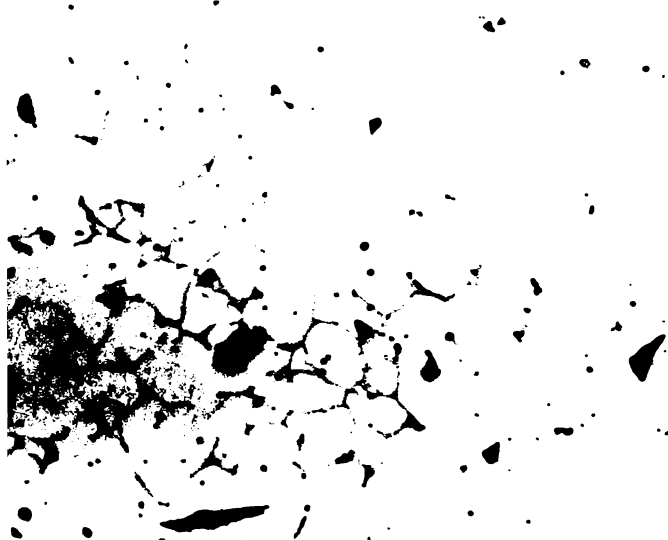


Figura 5.29. (500x) Proba A

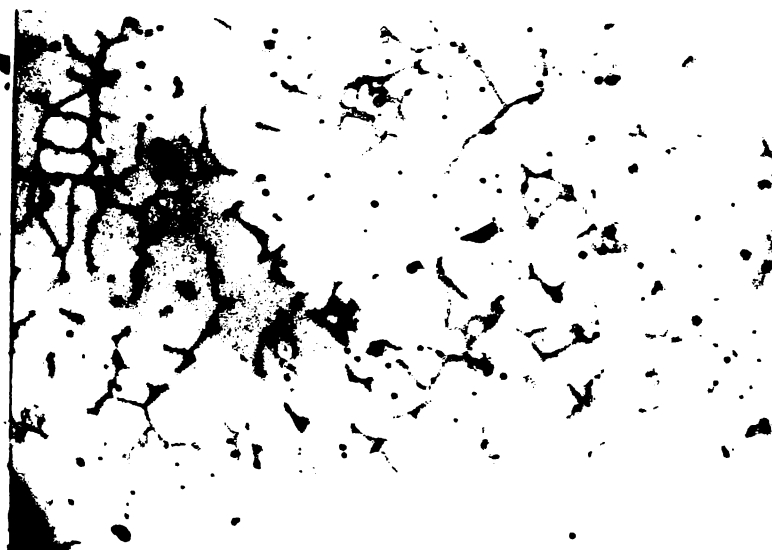


Figura 5.30. (500x) Proba A

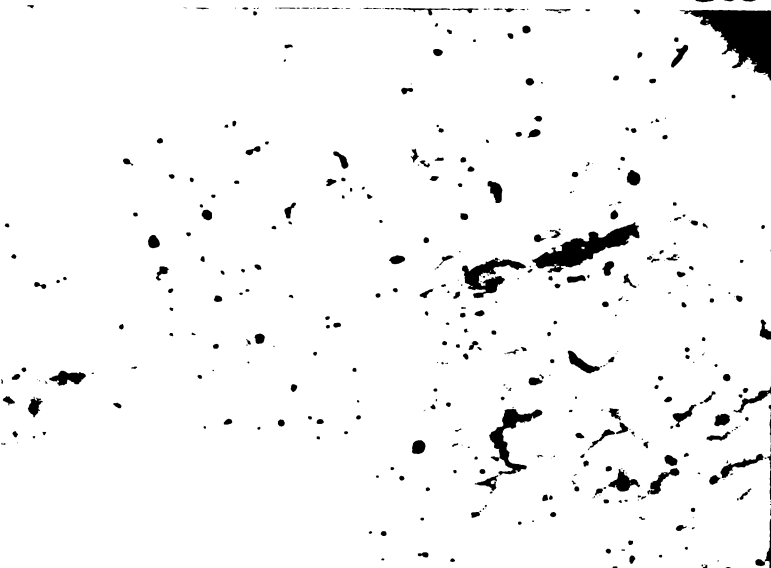


Figura 5.11. (500x) Proba B.



Figura 5.12. (500x) Proba B

Adîncimea figurilor de coroziune, determinată la microscopul optic pe 10 câmpuri are valorile prezentate în tabelul 5.18.

Tabelul 5.18

Nr. crt.	Marcaj epruvete	Adîncimea figurilor de coroziune [μm]	
		Valori individuale	Valori admise
1	A 4.1	16; 16; 16; 15; 15; 15; 15; 15; 15; 16	50
2	A 4.3	15; 15; 15; 15; 16; 17; 17; 16; 17; 16	50
3	A 6.1	19; 19; 18; 18; 18; 19; 19; 15; 17; 16	50
4	A 6.3	15; 15; 16; 15; 15; 16; 16; 16; 15; 15	50
5	A 7.1	23; 20; 20; 18; 21; 21; 18; 19	50
6	A 7.2	26; 20; 20; 22; 23; 25; 20; 20	50
7	B 4.1	14; 11; 13; 13; 13; 11; 14; 11; 11; 13	50
8	B 4.2	19; 15; 16; 18; 15; 15; 16; 16; 18	50
9	B 6.1	15; 14; 15; 16; 16; 16; 16; 16; 15; 15	50
10	B 6.3	17; 17; 16; 15; 15; 15; 14; 13; 13	50
11	B 7.1	14; 14; 14; 15; 15; 14; 15; 15; 14; 14	50
12	B 7.2	16; 16; 16; 15; 13; 13; 15; 15; 13; 13	50

Din tabelul 5.18 rezultă că valoarea maximă de 26 μm este mult mai mică decît cea admisă (50 μm) de norma DIN 50914-82. În baza acestui criteriu epruvetele se consideră acceptate.

După atacul corosiv și examinarea microscopică, probele au fost îndoitte la un unghi de 90°. Pe suprafața întinsă a probelor nu s-au decelat fisuri (figurile 5.33 - 5.38).

Analiza rezultatelor încercărilor de rezistență la coroziune intergranulară a reliefat faptul că placajele realizate pe probele A și B au o rezistență corespunzătoare. Toate epruvetele încercate conform normei DIN 50914-82 au fost acceptate.

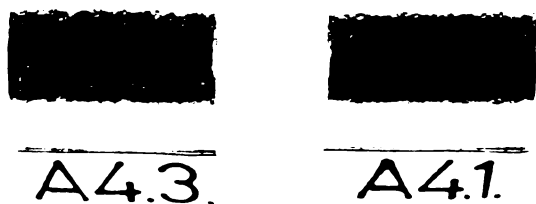


Figure 5.33. Proba A

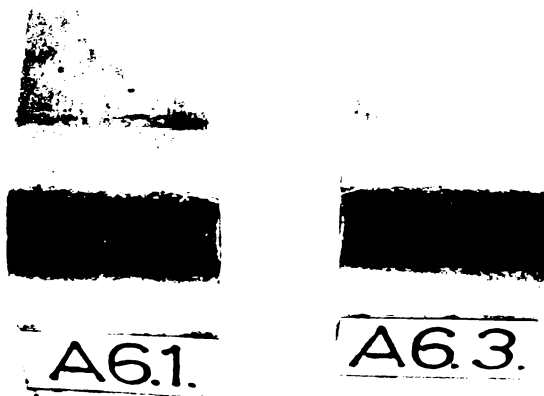


Figure 5.34. Proba A

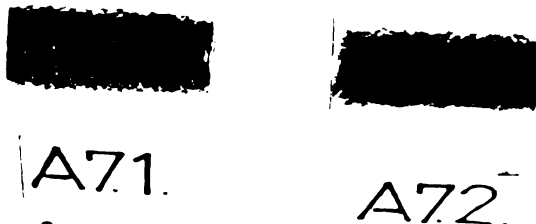


Figure 5.35. Proba A

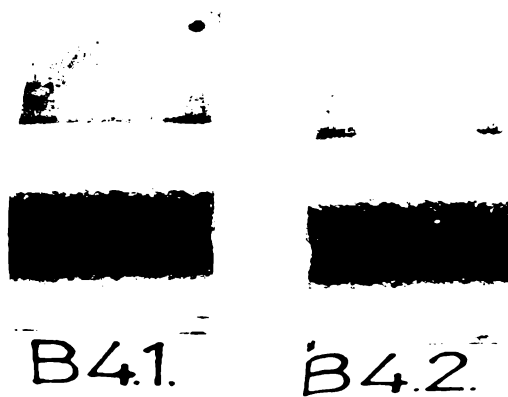


Figure 5.36. Proba B

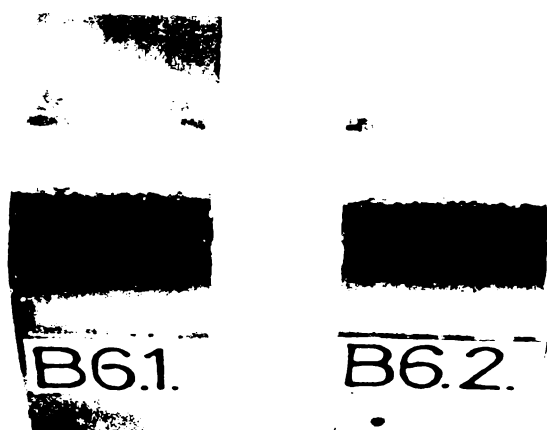


Figure 5.37. Proba B

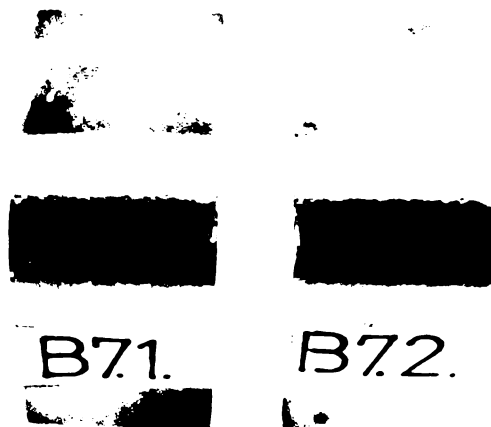


Figure 5.38. Proba B

Nu s-au constatat diferențe din punct de vedere al rezistenței la coroziune intergranulară între cele două probe placate (A și B) cărora li s-au aplicat tratamente termice diferite. Totodată se mai remarcă faptul că, deși carbonul în placaj la proba B a fost cu 0,001 % peste limita superioară admisă de oțelul de sarcini rezistența la coroziune intergranulară este corespunzătoare.

g. Incercarea la îndoire s-a efectuat pentru determinarea capacității de deformare plastică a ansamblului format din MB și placaj. Incercarea s-a executat în conformitate cu prescripțiile STAS 12054-82 și STAS 777-80. Din placajele realizate s-au prelevat 8 epruvete conform fig.5.8 transversal sensului de placare, care au fost supuse la îndoire frontală și laterală. Rezultatele încercărilor sînt prezentate în tabelul 5.19.

Tabelul 5.19

Marcaj probă	Dimensiuni epruvete			Marcaj epruvete		Diametrul dornului	Unghiul de îndoire	Observații
	L mm	a mm	b mm	îndoire frontală	îndoire laterală			
A	240	17	30	A 2.1	—	60	180	fără fisuri
A	240	17	30	A 12.1	—	60		
B	240	17	30	B 2.1	—	60		
B	170	17	30	B 12.1	—	60		
A	170	10	35	—	A 11.1	40		
A	170	10	35	—	A 3.1	40		
B	170	10	35	—	B 1.1	40		
B	170	10	35	—	B 3.1	40		

În figurile 5.39 și 5.40 este prezentat aspectul epruvetelor după îndoire.



Figura 5.39.

Figura 5.40.

Analiza rezultatelor prezentate în tabelul 5.19 arată că toate epruvetele s-au îndoit la un unghi de 180° fără fisuri. Acest fapt atestă o bună capacitate de deformare plastică a ansamblului MB - placaj realizat prin placare sub flux cu 2 benzi.

5.2. Tehnologia plăcării sub flux cu trei benzi a oțelului G52/28

Procedeul de placare sub flux cu 2 benzi dintre care una culcată pe MB a fost prezentat detaliat în paragraful 1.2.3. În vederea înlăturării unor neajunsuri constatate la placarea cu o bandă culcată de 0,5 mm grosime, și a creșterii productivității procedeeului s-a elaborat o nouă variantă /8/ cu 2 benzi culcate pe MB.

Dintre neajunsurile constatate (8) la placarea cu o bandă culcată pe MB se menționează :

- utilizând o bandă culcată de 0,5 mm grosime nu se poate realiza înălțimea minimă de 6 mm impusă placajului ,
- utilizarea unor benzi mai groase de 0,5 mm nu a fost posibilă intrucât acestea nu se produc și totodată benzile mai groase îngreunează așezarea lor pe MB în special la placarea suprafețelor interioare.

În scopul determinării diluției la placarea sub flux cu 2 benzi culcate pe MB cu materiale prezentate la punctul 5.d s-au realizat depuneri pe plăci din oțel G52/28.

Placarea s-a executat cu următoarea combinație de benzi :

- 1 bandă verticală de dimensiuni 60 x 0,5 mm din oțel tip 316 Lc
- 2 benzi culcate de dimensiuni 50 x 0,5 mm din oțel tip 309 CbLc.

Parametrii tehnologiei utilizați la placare s-au stabilit pe baza celor prezentate în paragraful 1.2.3 și a mai multor experimentări proprii /4/, /8/, /60/.

Depunerile s-au realizat cu următorii parametri tehnologici :

$$I_s = 700 - 750 \text{ A}$$

$$U_s = 28 - 30 \text{ V}$$

$$v_g = 10 \text{ cm/min}$$

$$L_e = 25 \text{ mm}$$

$$H = 30 \text{ mm}$$

$$n_t = 1$$

$$v_{ip} = \text{max. } 150^\circ\text{C}$$

$$v_{MB} = \text{max. } 100^\circ\text{C}$$

suprapunerea rindurilor 5 - 6 mm

La aceste depuneri s-au determinat spectral concentrațiile de Ni și Mo : $C^{Ni} = 12,05 \%$ și $C^{Mo} = 2,5 \%$. După metoda prezentată în paragraful 5.1.1, înlocuind în relația 5.1 concentrațiile de Ni și Mo determinate și ținând seama că $C_p^{Mo} = -0,3$ rezultă :

$$s^{Ni} = \frac{12,05 - 12,81}{0,01 - 12,81} = 6 \%$$

$$s^{Mo} = \frac{2,55 - 3,02 + 0,3}{0 - 3,02 + 0,3} = 6,25 \%$$

În calculele ce se vor face în continuare se consideră că $s = 6 \%$.

5.2.1. Realizarea probelor și testarea placajului

Cu tehnologia prezentată în paragraful 5.2 s-a realizat o probă placată pe placă marcată cu 0 de dimensiuni 500x300x60 mm, din oțel 052/23. Compoziția chimică determinată prin metoda convențională este prezentată în tabelul 5.20.

Tabelul 5.20

Marcaj probă	Compoziția chimică %							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
C	0,29	0,39	0,92	0,011	0,004	—	0,08	0,08

Din tabelul 5.20 rezultă la placă 0 conținutul de carbon este cu 0,02 % mai mare față de cel prevăzut în caietul de sarcini pentru MB, de max. 0,27 % (tabel 5.1).

Plecareea s-a realizat cu un echipament ESAB AGB (figura 5.41) la care s-a atașat un dispozitiv de culcare al benzilor pe MB conceput și realizat la ISIM în cadrul laboratorului L.7.

În figura 5.42 este prezentat schematic dispozitivul de culcare al benzilor pe diferite componente ce urmează a se placa.

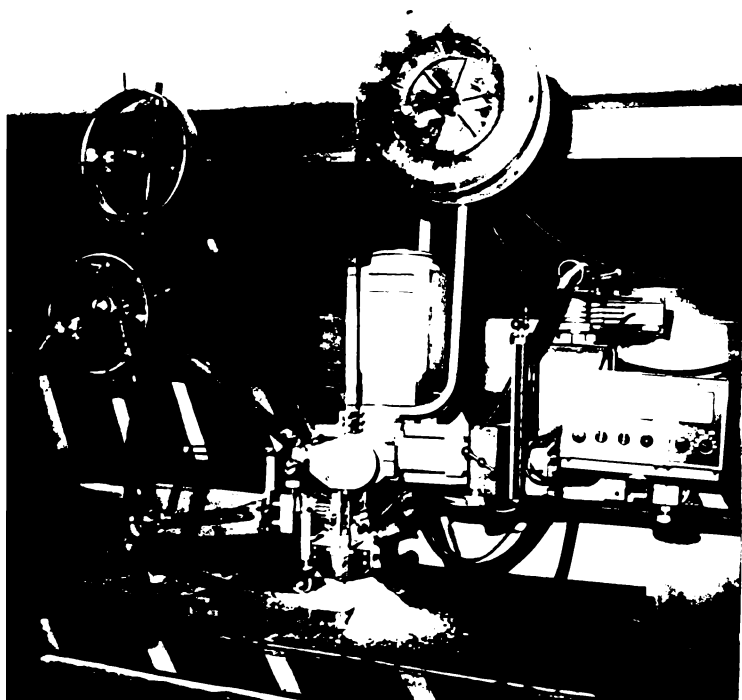


Figura 5.41.

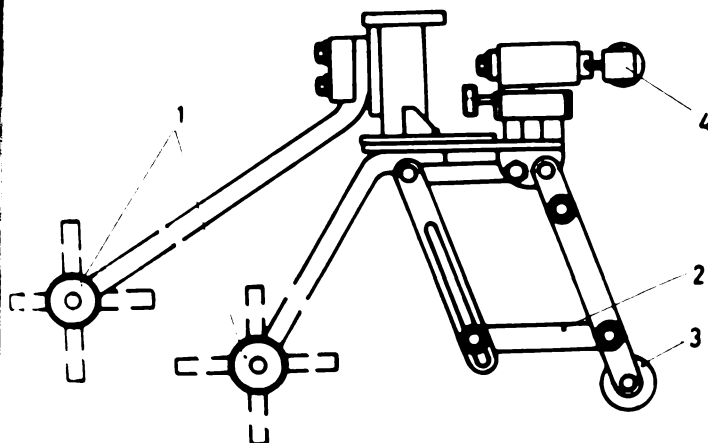


Figura 5.42.

Aspectul plăcejului realizat pe placa C este prezentat în figura 5.43.

Proba C a fost supusă unui tratament termic conform diagramei din figura 5.6. Examinarea probei s-a executat după programul prezentat în paragraful 5.1.2. În continuare se prezintă doar rezultatele examinărilor.

Planul de prelevare al epruvetelor în vederea examinărilor este prezentat în figura 5.44, iar în tabelul 5.21 este dată semnificația notațiilor din figură.

Tabelul 5.21

Nr. crt	Tipul epruvetelor	Marcaj epruvete	
1	Epruvete pentru determinarea compoziției chimice	C 9.1; C 9.2; C 9.3; C 9.4; C 9.5	
2	Epruvete pentru analize structurale	C 3.1; C 3.2; C 3.3; C 3.4	
3	Epruvete pentru determinări sclerometrice	C 5.1; C 5.2; C 5.3; C 5.4	
4	Epruvete pentru încercarea rezistenței la coroziune intergranulară	martor	C 11.1; C 4.3
		de încercare	C 6.1; C 6.2; C 6.3; C 7.1; C 7.2; C 7.3
5	Epruvete pentru încercarea la îndoire laterală	C 10.2; C 10.3	
6	Epruvete pentru încercarea la îndoire frontală	C 2.1; C 8.1	

b. Controlul cu lichide penetrante a arătat că suprafața placajului este fără defecte.

c. În urma controlului ultrasonic nu s-au identificat defecte de neaderență (lipsă de topire) și defecte volumice (incluziuni de zgură).

d. Rezultatele măsurărilor conținutului de $Fe\delta$ înainte și după tratament, precum și valorile mărimilor statistice calculate după metoda și exemplul de calcul prezentat în paragraful 5.2.1 sînt date în tabelul 5.22.

Tabelul 5.22

Marcaj probă	Strat	Starea probei	Conținut de $Fe\delta$ %	Mărimi statistice								
				\bar{x}	S	h	\bar{x}	X_m	X_M	s	LL	LU
C	1	Netrata	90, 82, 91, 83, 88; 91, 81, 82, 84, 81	8,53	1,59	1,77	0,785	7,74	9,31	0,432	7,07	9,98
		Trata	60, 52, 53, 55, 58; 62, 59, 65, 62, 65	5,81	2,62	1,38	1,00	4,80	6,81	0,512	4,08	7,54

Analiza rezultatelor din tabelul 5.22 arată că Fe scade după tratament termic în medie cu aproximativ 2,7 %. În urma tratamentului termic nu au apărut faze dure de tip fază sigma (σ). Valorile procentuale ale conținutului de $Fe\delta$ se încadrează în cerințele caietului de sarcini, atât înainte, cât și după tratamentul termic aplicat probei.

5.2.1.2. Controlul distructiv

g. Compoziția chimică a placajului s-a determinat după metoda descrisă la punctul 5.1.2.2 pe 3 nivele conform fig.5.45.

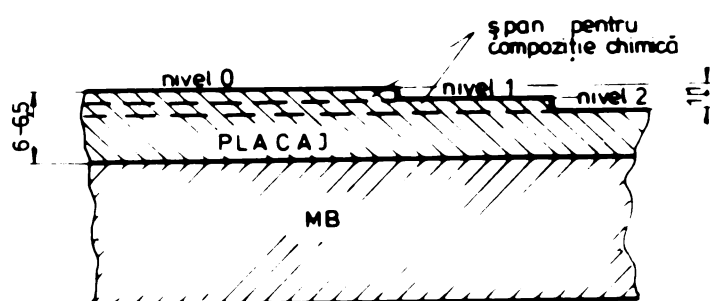


Figura 5.45.

Nivelul "0" s-a considerat suprafața netedă obținută prin prelucrarea mecanică după înlăturarea denivelărilor. Nivelele 1 și 2 s-au obținut prin prelevare de șpan de la suprafața prelucrată spre MB pe distanța de 1 mm, respectiv 2 mm.

În tabelul 5.23 este dată compoziția chimică a placajului în cazul probei C.

Tabelul 5.23

Marcaj probă		Compoziția chimică %								
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	
C	C0	0	0,030	0,74	0,87	0,013	0,004	12,05	18,45	2,45
	C1	1	0,035	0,87	0,87	0,013	0,004	12,38	18,46	2,45
	C2	2	0,037	0,92	0,92	0,011	0,004	12,44	18,45	2,40
Limite impuse de caietul de sarcini			max. 0,03	max. 1,0	max. 20	max. 0,045	max. 0,03	10 - 14	16 - 18	2 - 3

Compoziția chimică a placajului se înscrie în limitele impuse de caietul de sarcini, cu excepția carbonului pe nivelele 2 și 3, unde este mai mare cu 0,005 % respectiv 0,007 % decât limita impusă de caietul de sarcini. Acest fapt se datorește conținutului mai ridicat de carbon în MB (0,29%) față de limita superioară prevăzută în caietul de sarcini (0,27%). Depășirile la conținutul de crom cuprinse între 0,45 ... 0,51 % acționează favorabil asupra rezistenței la coroziune intergranulară.

In vederea comparării compoziției chimice a placajului determinată prin calcul grafic cu cea determinată în laborator s-au calculat concentrațiile elementelor după modelele prezentate detaliat în paragrafele 4.3.1 - 4.3.5. Calculele analitice și determinările grafice s-au făcut cu diluția calculată de 6 %. Rezultatele calculelor și conținutul de Fe δ determinat din diagrama Schaeffler pe baza acestor calcule sînt prezentate în tabelul 5.24

Tabelul 5.24

Nr. stratului Marcaj probd	Metoda de determi nare	Diluția a %	Compoziția chimică a placajului %							C _{tech} %	N _{tech} %	Punctul din diagrama Schaeffler C _{tech} , N _{tech}	Conținutul de Fe δ %		
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr				Mo	Determinat din diagrama Schaeffler	Determinat prin metoda magnetică
I C	Calcul analitice și deter minări grafice	6	0,039	0,99	0,88	—	—	12,04	13,71	2,55	21,345	13,65	T' (21,345; 13,65)	5-10	9,0; 8,2; 9,1; 8,8; 9,1; 8,1; 8,2; 8,4; 8,1
	Chimic și spectral		0,037	0,92	0,92	0,011	0,004	12,05	18,45	2,45	22,28	13,52	(22,28, 13,62)	5-10	—
	Compoziția chimică a placajului impusă de caietul de sarcini		max. 0,03	max. 1,0	max. 2,0	max. 0,045	max. 0,03	10-14	16-18	2-3	—	—	—	5-10	—
	Diferența dintre compoziția placajului determinată în laborator și cea calculată		ΔC 0,002	ΔSi 0,07	ΔMn 0,04	—	—	ΔNi 0,01	ΔCr 1,41	ΔMo 0,15	—	—	—	—	—

Analiza datelor prezentate în tabelul 5.25 arată următoarele :

- Compoziția chimică a placajului determinată analitic sau grafic se înscrie în limitele impuse de caietul de sarcini, cu excepția carbonului care a depășit limita superioară impusă de caietul de sarcini cu 0,009 %. Această depășire se datorește conținutului mai ridicat de carbon din MB față de cel impus de caietul de sarcini cu 0,02 %.

- Diferențele dintre concentrațiile elementelor determinate prin calcule (grafic) și cele determinate în laborator sînt neglijabile, ținînd seama că în ambele cazuri compozițiile chimice ale placajului se înscriu în limitele impuse de caietul de sarcini

- Din compararea compoziției chimice a placajului determinată prin calcule sau grafic la diluție de 6 % cu cea determinată în laborator rezultă că această valoare a diluției este corespunzătoare pentru tehnologia elaborată.

Conținutul de $Fe\delta$ înainte de tratamentul termic determinat prin metoda magnetică pe suprafața placajului se înscrie în limitele determinate din diagrama Schaeffler determinate pe baza concentrațiilor teoretice calculate. Si în acest caz s-a confirmat faptul că selectarea materialelor de adaos pe baza calculelor sau a determinărilor grafice poate fi utilizată cu succes la realizarea unor placaje care să corespundă unor cerințe impuse privind compoziția chimică și conținutul de $Fe\delta$.

b. Analize structurale

b₁. Analiza metalografică (macroscopică + microscopică) s-a efectuat conform STAS 10952/1-77 la placajele realizate pe epruvete prelevate din probele placate și marcate conform tab.5.21.

Analiza macroscopică efectuată nu a pus în evidență defecte de placare (figura 5.46; 5.47).

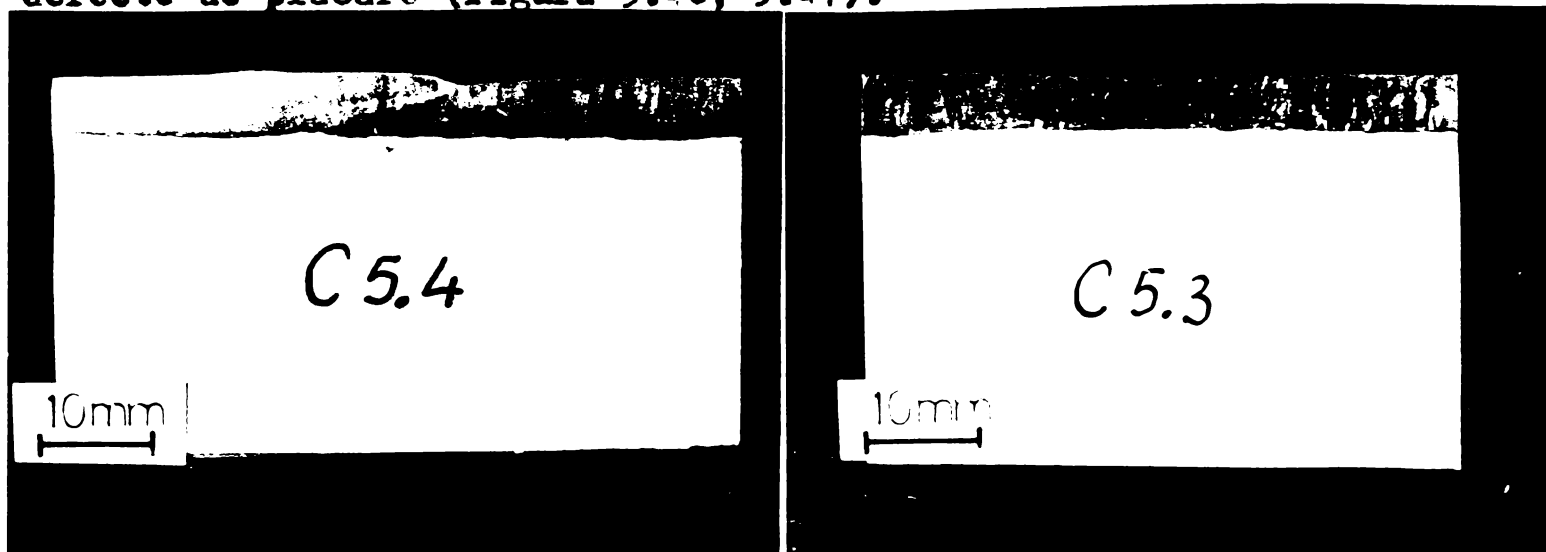


Figura 5.46. (Atac V_2A -fierbere)

Figura 5.47. (Atac V_2A -fierbere)

Analiza microscopică a arătat existența structurilor austenitice cu $Fe\delta$ și carburi complexe plasate inter-intra-granular (fig.5.48;5.49)

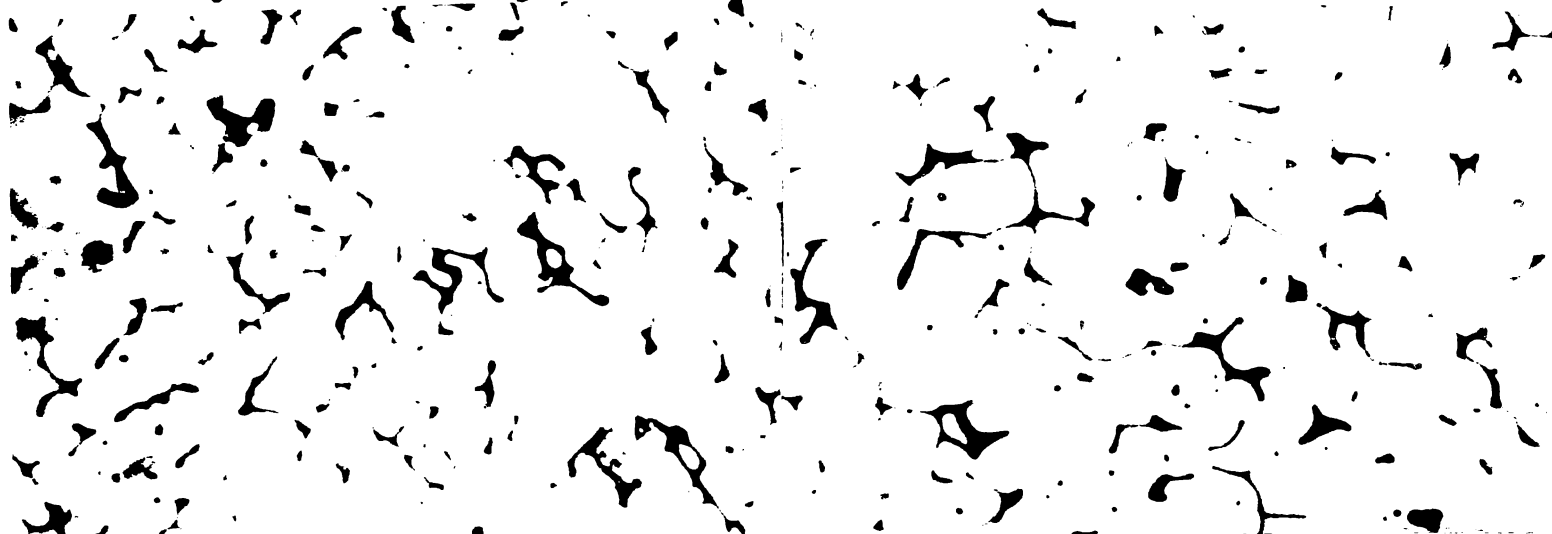


Figura 5.48.

Figura 5.49.

In urma analizei microscopice nu s-au decelat faze de tip fază sigma.

b₂. Determinarea conținutului global și a dimensiunii medii a particulelor de Fe δ din placajul realizat pe proba C făcut după metoda prezentată în paragraful 5.1.1.2b.

Rezultatele experimentale sînt prezentate în tabelul 5.25.

Tabelul 5.25

Marcajul probei	Conținutul global de ferrită delta (Fe δ) (%)		Dimensiunea medie a particulelor de ferrită delta (Fe δ) (μm)	
	valoarea max.	valoarea min.	valoarea max.	valoarea min.
C31	10,41	7,21	4,16	1,82
C32	10,04	8,10	3,45	1,76
C33	13,88	7,70	2,71	1,79
C34	10,31	7,65	3,34	1,86
C51	13,10	8,96	2,90	2,11
C52	10,63	8,71	2,97	1,92
C53	9,96	7,54	2,49	1,70
C54	11,10	7,19	2,41	2,01

Din tabelul 5.25 rezultă că valoarea maximă a conținutului de Fe este de 13,88, iar cea minimă de 7,19.

g. Încercarea de duritate HV5 s-a executat conform STA 492-78 pe suprafața transversală a epruvetelor prelevate din proba C și marcate conform tabelului 5.21. Variația durității în zonele caracteristice este prezentată în diagrame din figura 5.50.

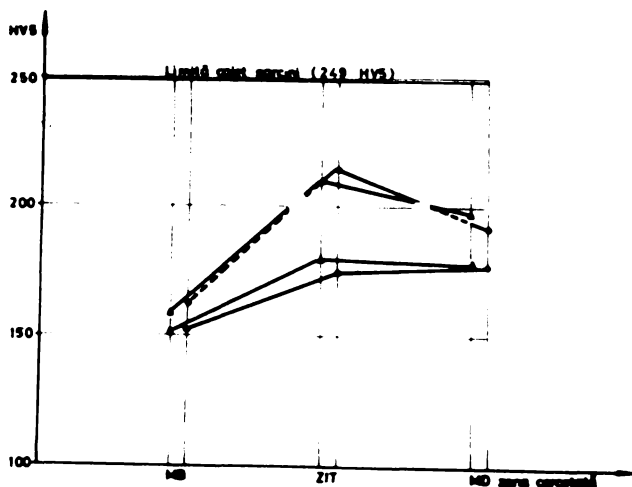


Figura 5.50.

Analiza diagramei din figura menționată arată că la proba C, benzile de duritate prezintă valori sub cea impusă de caietul de sarcini 249 HV5. Acest fapt atestă că nu apar zone durificate care ar produce o fragilizare structurală. Similar, ca și la probele A și B

între duritatea HV5 și conținutul global de Fe δ determinat prin metoda metalografică se poate stabili o corelație liniară.

Dacă se consideră pentru X_1 valorile din tabelul 5.25 iar pentru Y_1 valorile din diagrama prezentată în figura 5.50 se obțin datele prezentate în tabelul 5.26.

Tabelul 5.26

Nr crt	Proba	X_i	Y_i	\bar{X}	\bar{Y}	$X_i - \bar{X}$	$Y_i - \bar{Y}$	$(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})^2$	b_0	b_1
1	C	10,31	192	11,35	199	-1,04	-1	1,04	1,0816	180,37	1,62
2		10,04	192			-1,31	-1	1,31	1,716		
3		10,41	193			-0,94	0	0	0,883		
4		10,63	193			-0,72	0	0	0,518		
5		11,10	193			-0,25	0	0	0,062		
6		13,10	195			1,75	2	3,50	3,062		
7		13,88	197			2,53	4	10,12	6,400		

Cu datele din acest tabel se obține pentru probe C corelația liniară :

$$Y = 180,3 + 1,16 X \quad (5.14)$$

Valoarea obținută pentru intensitatea corelației r_C , calculată cu relația 5.10, este $r_C = 0,97$ și arată că există o bună corelație între duritatea HV5 și conținutul global maxim de ferită determinat prin metoda metalografică.

Acest fapt este confirmat și de graficul funcției $Y = f(X)$ prezentat în figura 5.51, din care rezultă că valorile obținute din datele experimentale se plasează grupat în jurul dreptei $Y = b_0 + b_1 X$.

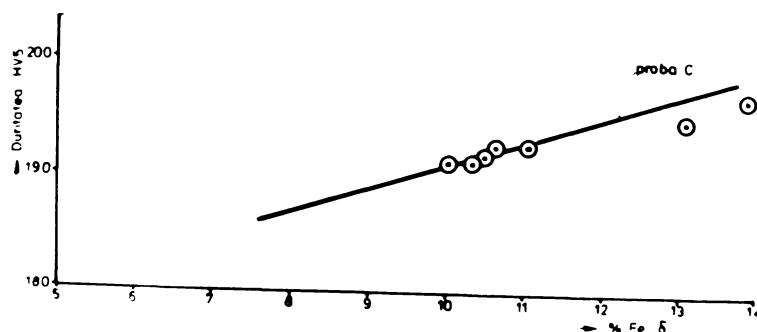


Figura 5.51.

d. **Inercarea de rezistență la coroziune intergranulară** conform normei DIN 50.914 s-a executat pe un număr de 6 epruvete prelevate de la suprafața prelucrată a placajului spre MB. Dimensiunile probelor au fost de 50x20x3 mm. Epruvetele marcate C41, C42, C43 s-au considerat aleator probe martor. După o pregătire metalografică corespunzătoare epruvetele au fost îndoite la un unghi de 90°. În urma îndoirii nu s-au decelat fisuri pe suprafețele întinse. Epruvetele C3.1; C3.2; C3.3; C3.4; C5.1; C5.2 după pregătire metalografică conform STAS 4203-77 au fost examinate structural, în vederea verificării calității placajului apoi au fost supuse fierberii timp de 15 ore în soluție corosivă, conform DIN 50914-82. Examinările microscopice efectuate pe epruvetele după fierbere au pus în evidență figuri de coroziune slab reliefate, acceptate de norma DIN 50914 (figurile 5.52 și 5.53).



Figura 5.52.

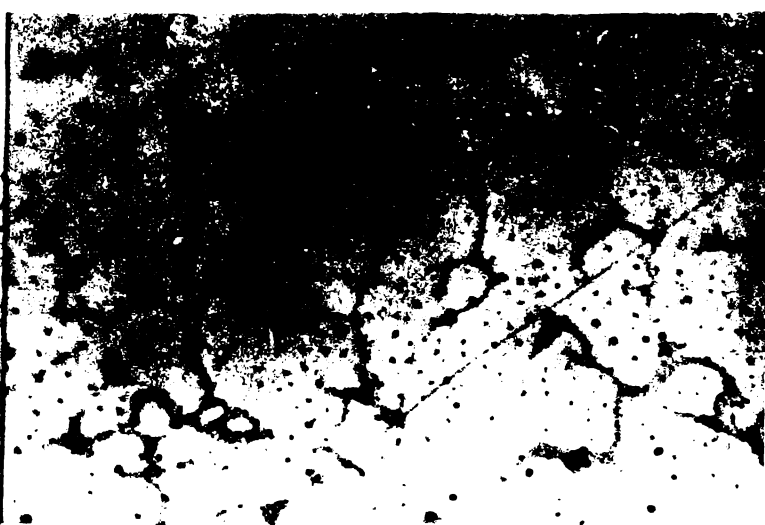


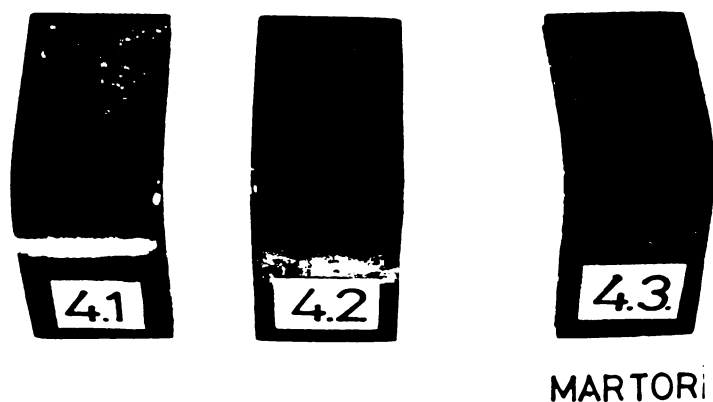
Figura 5.53.

Adâncimea figurilor de coroziune, determinată la microscopul optic pe 10 câmpuri, are valorile prezentate în tabelul 5.27.

Tabelul 5 27

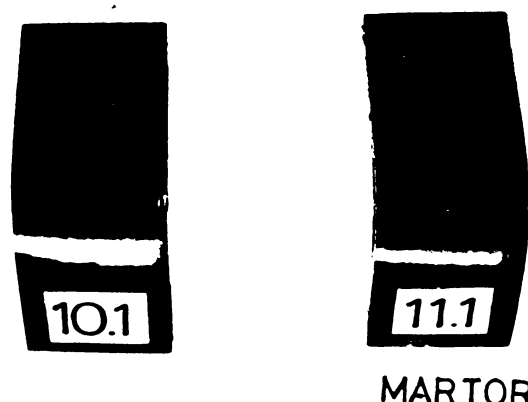
Nr crt	Marcaj epruvete	Adâncimea figurilor de coroziune [μm]	
		Valori individuale	Valori admise
1	C 3.1	15 ; 16 ; 15 ; 15 ; 15 ; 17 ; 17 ; 17 ; 16 ; 15	50
2	C 3.2	19 ; 19 ; 18 ; 18 ; 19 ; 18 ; 15 ; 17 ; 16 ; 15	50
3	C 3.3	23 ; 20 ; 20 ; 18 ; 21 ; 18 ; 21 ; 17 ; 18 ; 16	50
4	C 3.4	19 ; 15 ; 16 ; 18 ; 15 ; 15 ; 16 ; 18 ; 16 ; 18	50
5	C 5.1	17 ; 16 ; 17 ; 15 ; 14 ; 15 ; 15 ; 15 ; 13 ; 13	50
6	C 5.2	14 ; 14 ; 14 ; 15 ; 15 ; 14 ; 15 ; 14 ; 14 ; 15	50

Din tabelul 5.27 rezultă că valoarea maximă individuală de $23\ \mu\text{M}$ este mult mai mică decât cea admisă ($50\ \mu\text{M}$) de norma DIN 50.9.14. În baza acestui criteriu epruvetele sînt acceptate. După atacul corosiv și examinare microscopică probele au fost îndoit la un unghi de 90° . Pe suprafața întinsă a probelor nu s-au decelat fisuri. Aspectul acestor probe, precum și a probelor martor sînt prezentate în figurile 5.54 și 5.55.



MARTORI

Figura 5.54.



MARTORI

Figura 5.55.

Analiza rezultatelor încercării de rezistență la coroziune intergranulară a reliefat faptul că placajul realizat pe proba C are o rezistență corespunzătoare la coroziune intergranulară.

Totodată se mai remarcă faptul că deși carbonul în placaj la proba C a fost cu 0,007 peste limita superioară admisă de caietul de sarcini acesta nu a influențat rezistența la coroziune intergranulară.

Toate epruvetele încercate conform DIN 50.914 au fost acceptate.

g. Încercarea la îndoire s-a executat în conformitate cu prescripțiile STAS 12054-82 și STAS 777-80. Din placajele realizate s-au prelevat 4 epruvete transversal sensului de placare, care au fost supuse la îndoire frontală și laterală. Rezultatele încercărilor sînt prezentate în tabelul 5.28.

Tabelul 5.28

Marcaj probă	Dimensiuni epruvete			Marcaj epruvete		Diametrul domului	Unghiul de îndoire	Observații
	L mm	a mm	b mm	Îndoire frontală	Îndoire laterală			
C	260	19,5	30	C 2.1	—	80	180	fără fisuri
	170	10	35	—	C 10.2	40		
	170	10	35	—	C 10.3	40		

Analiza rezultatelor prezentate în tabelul 5.28 arată că toate epruvetele s-au îndoit la un unghi de 90° fără fisuri. Acest fapt atestă o bună capacitate de formare plastică a ansamblului MB placaj, realizat prin placarea sub flux cu 2 benzi culcate pe MB și una verticală.

În figura 5.56 este prezentat aspectul probelor după îndoire.



Figura 5.56.

CONCLUZII

În cadrul capitolului 5 au fost elaborate experimental 2 noi tehnologii de placare sub flux cu bandă a oțelului 052/28 cu posibilități de aplicare la placarea unor componente din industria nucleară.

1. Tehnologia de placare sub flux cu 2 benzi și arc

electrie în 2 variante :

1.1. cu 2 straturi și 1 tratament termic

1.2 cu 2 straturi și 2 tratamente termice.

2. Tehnologia de placare sub flux cu 3 benzi, dintre care 2 culcate pe MB, într-un strat și cu un tratament termic.

3. Probele realizate cu cele două tehnologii (marcate cu A, B, C) au fost supuse unui program de examinare constatându-se următoarele :

3.1. Suprafețele placajelor sînt netede fără defecte neacceptabile, cu denivelările suprapunerilor mai mici de 0,5 mm. De asemenea ^{nu} s-au identificat defecte de neaderență (lipsă de topire) și defecte volumice între rînduri și straturi (inclusiuni de zgură). Analiza metalografică (macroscopică + microscopică) efectuată nu a pus în evidență defecte de placare. Structura placajelor este sustenitică cu Fe δ și cu carburi complexe plasate inter-intragranular. Nu s-au decelat faze dure de tip faza sigma (σ). Între structurile placajelor realizate pe cele 2 probe A și B supuse la tratamente termice diferite nu s-au semnalat diferențe.

3.2. Valorile procentuale ale conținutului de Fe δ determinate prin metoda magnetică, pe suprafețele placajelor, se înscriu între limitele de 5 - 10 % impuse de caietul de sarcini, atât înainte, cît și după tratamentul termic aplicat probelor.

3.3. Compoziția chimică a placajelor se înscrie în limitele impuse de caietul de sarcini cu excepția carbonului la placajele realizate pe probele B și C unde acesta a fost mai ridicat în MB decît cel prevăzut în caietul de sarcini.

3.4. Incercarea de duritate HV5 a arătat că benzile de duritate au valori sub limita impusă de caietul de sarcini (249 HV5). Fapt ce atestă că nu apar zone durificate care ar produce fragilizare structurală.

3.5. Între conținutul global de Fe δ determinat metalografic și duritatea HV5 există o corelație liniară :

$$Y = b_0 + b_1 X$$

3.6. Analiza rezultatelor încercărilor de rezistență la coroziune intergranulară a reliefat faptul că placajele au rezistența corespunzătoare. Toate epruvetele încercate au fost acceptate.

3.6.1. Nu s-au constatat diferențe din punct de vedere al rezistenței la coroziune intergranulară între placajele realizate pe probele A și B supuse la tratamente termice diferite.

3.6.2. Se remarcă faptul că, deși carbonul în placaj la probele C și B a fost mai mare cu 0,001 %; respectiv cu 0,005-0,007% față de cel prevăzut în caietul de sarcini, rezistența la coroziune a placajelor a fost corespunzătoare.

4. Ansamblul MB - placaj are o bună capacitate de deformare plastică. Toate epruvetele încercate s-au îndoit la un unghi de 180 fără fisuri.

5. Cu diluțiile de 18 % și 6 % calculate pe baza concentrațiilor de Ni și Mo, în cazul placării cu 2, respectiv 3 benzi s-a determinat grafic și prin calcul compoziția chimică a placajului. Apoi cu ajutorul acesteia s-a determinat conținutul de Fe δ din diagrama Schaeffler. Compoziția chimică astfel determinată se înscrie în limitele impuse de caietul de sarcini. Diferențele între compoziția chimică calculată și cea determinată în laborator sînt neglijabile. Valorile conținutului de Fe δ determinate prin metoda magnetică pe suprafețele placajelor se înscriu în limitele determinate din diagrama Schaeffler. Aceste rezultate atestă justetea metodei de selectare a materialelor de adăos pentru placare prin determinări grafice și calcule analitice în scopul realizării de placaje care să corespundă unor cerințe privind compoziția chimică, rezistența la coroziune, conținutul de Fe δ .

6. În baza rezultatelor obținute în capitolul 5 se concluzionează că cele tehnologii elaborate pot fi aplicate la placarea unor componente din industria nucleară, obținîndu-se importante economii de manoperă, materiale și energie.

6. Contribuții originale

Autorul consideră drept contribuții originale :

a. Modelarea matematică a fenomenelor de aliere la placarea cu bandă. A rezultat relația care dă variația elementelor de aliere în straturile de placaj.

Stabilirea pe baza acestui model a unei metode grafice de determinare a concentrației elementelor în funcție de diluție și invers.

b. Stabilirea unor relații de calcul pentru determinarea valorilor concentrațiilor teoretice ale elementelor la placarea în mai multe straturi pentru 4 cazuri întâlnite frecvent în aplicații.

c. Elaborarea a 2 noi tehnologii de placare sub flux cu 2 și 3 benzi a oțelului G52/28 cu posibilități de aplicare la placarea unor componente din industria nucleară. Aplicarea în producție a acestor tehnologii conduce la importante economii de materiale, manoperă și energie.

d. Stabilirea unei corelații între duritatea HV5 a placajelor și conținutul global de ferită delta determinat metalografic.

e. Conceperea și realizarea unor capete de placare cu 2 și 3 benzi. Cu ajutorul acestor capete, față de placarea cu o bandă, productivitatea crește de aproximativ 2,6 - 3 ori iar consumul de materiale se reduce cu aproximativ 20 - 25 %.

f. În vederea lărgirii domeniului de aplicare procedeelelor menționate, autorul apreciază ca necesară rezolvarea următoarelor probleme :

- studierea calității placajelor realizate cu benzi de compoziții chimice diferite,

- realizarea unui dispozitiv care să execute avansul unei benzii suplimentare în arcul electric,

- experimentarea posibilităților de realizare a placajelor cu 2 benzii și arc electric în variantele :

cu benzii culcate pe MB,

cu avansul celei de a treia benzii în arcul electric.

BIBLIOGRAFIE

1. POPOVITS, D., SUBU, T. : Bimetale, Editura Pacla Timișoara, 1982.
2. SĂLĂGEAN, T. : Sudarea cu arc electric. Editura Pacla, Timișoara, 1977.
3. KRAVTOV, G., KUZNETOV, V.P.: Skema pitania svarocinoi dughi i vibor optimalnih rejimov širokosloinoi naplavki lentocinia elektrodom. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1975, nr.1.
4. SUBU, T., CĂLĂRAȘU, S., PRELIPCEANU, E., PANAITESCU, S. : Cercetări experimentale privind placarea cu benzi culcate și placarea cu electrod bandă pe strat de pulbere metalică. Sesiune de comunicări științifice ISIM Timișoara 1980.
5. ORNING, H., WINTER, K., NEFF, F. : Das Breitbandschweissen mit 180 mm breiten Bändern. Praktische Ausführung. In : Symposium, Juni, 1973, Kopfenberg.
6. EICHORN, F., DILTHEY, U., HUWER, W. : Unterpulver-Auftragsschweissen mit 60 - 90 und 120 mm breiten Cr-Ni Stahlbandelektroden. In : Industrie-Anzeiger, 1972, nr.98
7. SCHERL, P., WINTER, K., NEFF, F., ORNIG, H. : Das Doppelbandschweissen-praktische Durchführung. In : Symposium, Juni 1973 Kopfenberg.
8. SUBU, T., POPOVITS, D., CĂLĂRAȘU, S., PRELIPCEANU, E. : Cercetări privind placarea prin procedeul dual-strip cu aplicație la elementele schimbătoarelor de căldură. Memoriu ISIM Timișoara, 1979-1980.
9. POPOVITS, D., SUBU, T., REINERT, R. : Studii și experimentări de încărcare în baie de zgură cu doi electrozi bandă (sintetizate și laminate la rece). Memoriu la contractul de cercetare nr.898, ISIM Timișoara 1982.

10. FRUMIN, I.I., KALENSKII, V.K. și alții : Rozrabotka protessa i issledovanie nekotorih tehnologhiceschih osobennosti elektroglovkovoï naplavki lentami. Teoreticeskie i tehnologhiceskie osnovi naplavki. Kiev, 1977
11. MALIKIN, V.L., OPARIN, L.I. : Elektroslakovaa naplavka nekotorih iznosostoikih stalei, specennimi elektrodami lentami. Teoreticeskie i tehnologhiceskie osnovi, naplavki, Kiev, 1977
12. MALIKIN, V.L. : Povisenie proizvoditelnosti naplavki lentacinnimi elektrodom. In : Avtomaticeskaia svarka nr.8, 1974
13. AKIRA, UJIIE și alții : Development of New Overlay Welding Process by Multiple Strip Electrodes. Doc.IIS-IIW-XII-A-89-74.
14. SETNINA, V.J., NOSOVSKII, B.I., RAZMISLIAEV, A.D. : Energheticeskaia karakteristika dughi, goriașeei nalentocinom elektrode. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1976, nr.9
15. PATKEVICI, I.R., RIKOV, A.M., SOLOVSKII, V.M. : Osobennosti gorenia dughi pri naplavke poroskovoï lentoi. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1971, nr.4
16. CERNIGOVET, N.N., SIDOROV, A.I. : Pnevmaticeskii kolebatelni mehanizm dlia širokosloinoi naplavki. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1975, nr.6
17. CHUTSCH, L. : Korrosionsbeständigkeît einlagiger austenitischer Auftragschweisseungen. In : Schweißen und Schneiden 1968, nr.4
18. COLOMBIER, L., HOCHMANN, Aciers inoxydables, aciers réfractaires. Dunod Paris, 1965
19. DAEMEN, A. : UP-Bandplattieren. Pospect Soudametal, 1978
20. DAEMEN, A., DEPT, F. : Submerged-Arc Stainless Steel Strip Cladding. In : Welding Journal, 1970 nr.1
21. CAMPBELL, H., Strip Electrodes for Overlay Welding. In : Metals Engineering Quarterly, 1969, nr.4

22. RICHORN, F., HUWER, W., BLASIG, K. : Magnetsche Steuerung - eine Möglichkeit zur Gütesicherung beim Unterpulver-auftrag-schweißen mit breiten Band-elektroden. In : Schweißen und Schneiden, 1979 nr.3
23. DEHELEAN, D. : Optimizarea tehnologică și energetică a procesului de sudare cu arc electric rotitor. Teză de doctorat, Timișoara 1978
24. KRUTIHOVSKII, V.G. : Predelnie znaceniia svarocinogo toka i skorosti avtomaticeskoi naplavki lentocinim elektrodom. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1969 nr.10
25. KAZARTEV, V.I., KRIAJKOV, V.M., BARANOV, IU. N., : Proplavlenie osnovnogo metalla pri naplavke elektrodnoi lentoi. In : Avtomaticeskaia svarka, 1968 nr.10
26. BROHIN, A.A. : Kinetika metallurghiceskih processov dugovoi svarki, Mașinostroenie 1964
27. OPARIN, L.I., LIUDVIG, IU.I. și alții : Vlianie borsoderjascih flusov na rastekaemosti jidkogo metalla. In : Avtomaticeskaia svarka, 1968 nr.6
28. POPOVITS, D., SUBU, T. : Studii privind stabilirea materialelor de sudare și a procedeeilor de încălzire specifice ansamblelor CNE. Memoriu la contractul de cercetare nr.362. ISIM Timișoara 1976
29. BELOV, IU.M. : Osobennosti plavlenia elektrodnogo metalla i flusa pri avtomaticeskoi dugovoi naplavka lentocinim elektrodom. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1964 nr.1
30. PATON, B.E., LEBEDEV, V.K. : Elektrooborudovanie dlia dugovoi i şlakovoi svarki. Mașinostroenie M.1966
31. SUBU, T., POPOVITS, D., OLARIU, C., REINERT, R., VERBITKI, V., CALARASU, S. : Testarea materialelor de adaos pentru placarea unor componente de la Combinatul chimic Drobeta Turnu-Severin Vol.1 ... 7 ISIM Timișoara 1980 - 1983.

32. THIER, H., ADAM, W. : Metalurgische und korrosionschemische Eigenschaften von austenitischen U.P.-Bandplattierungen. 50 Jahre - Böhler Schweißtechnik.
33. SUBU, T. : Particularitățile arderii arcului electric între placă și bandă. Referat la teza de doctorat. Timișoara martie 1982.
34. POPOVITS, D., SUBU, T. : Determinarea grafică a diluției la placarea automată sub flux cu electrod bandă. In : Sudura și încercări de materiale, 1981 nr.2
35. BERNIOLLES, J. Les revêtements inoxydables en soudage automatique dans les constructions nucléaires. In : Soudage et techniques connexes, 1966, nr.9/10.
36. POPOVITS, D., SUBU, T., CĂLĂRASU, S. : Considerații privind selectarea materialelor de adaos la placarea prin sudare cu arc electric. In : Sudură și încercări de materiale, 1983, nr.3
37. POPOVITS, D., SUBU, T. : Contribuții la teoria concentrației unui element oarecare în straturile de placaj depuse prin sudare. In : Sudură și încercări de materiale, 1983, nr.3
38. SUBU, T., PRELIPCEANU, E., PANAITESCU, R. : Tehnologia de încărcare sub flux a suprafețelor de etanșare a sertarelor pană de la armături industriale. In : Construcția de mașini, 1980, nr.7-8
39. POPOVITS, D., SUBU, T., SALA, F. : Purchase specifications for welding and cladding filler materials. ISIM Timișoara 1982
40. ZETNER, E. : Influence fluxes on submerged-arc cladding with stainless strip electrodes. Reprint from IWD.75, Proceedings from International Welding Days organized by Sandvik on June 10-11, 1975, in SANDVIKEN, Sweden
41. POPOVITS, D., SUBU, T., OLARIU, C., CĂLĂRASU, S. : Unele aspecte ale placării sub flux cu doi electrozi bandă. In : Construcția de mașini , 1982 nr.1

42. SUBU, T., POPOVITS, D., PRELIPCEANU, E., PETRAȘCU, I., CĂLĂRAȘU, S. : Mărirea productivității la placarea sub flux cu electrod bandă. In : Construcția de mașini, 1982 nr.1
43. SUBU, T., CROITORU, C., LELUȚIU, I. MEZO, L. : Instalație de încărcare automată sub flux a suprafețelor de revoluție. Tehnologia de încărcare a roților de vagonet. In : Construcția de mașini 1978 nr.9.
44. POPOVITS, D., SUBU, T. Graphical Determination of the Dilution at Submerged-ARC-STRIP Cladding IIS-IIW-IX-1287-83.
45. GÂDEA, S., PETRESCU, M. : Metalurgie fizică și studiul metalelor. Editura didactică și pedagogică. București, 1981, vol.I și II.
46. x x x Neu entwickeltes Schweisspulver für korrosionsbeständige Bandplattierungen. In : Schweissen un Schneiden, 1979, nr.5, pag.211.
47. VINCKIER, A., DHOOGHE, A. : Susceptibility to reheat cracking of nuclear pressure vessel steels. Doc.IIS-IIW-X-791-75.
48. SAMOTRIASOV, M.S., SKORIKOV, O.P., BORTUN, V.IA. : Oprederenie temperaturi kopeli na torțe lentocinogo elektroda. In : Avtomaticeskaia svarka, 1975, nr.12
49. SĂLĂGEAN, T., STOIANOVICI, P., HRELESCU, M. : Sudarea automată cu electrod bandă. In : Studii și cercetări. Științe tehnice Academia RPR, 1962, 3-4, Tom IX
50. POPOVITS, D., SUBU, T. : Studii privind stabilirea materialelor de sudare și a procedurilor de încărcare specifice ansamblurilor CNE. Memoriu la contractul de cercetare nr.362. ISIM Timișoara 1975.
51. POPOVITS, D., SUBU, T. : Studii și cercetări privind elaborarea tehnologiei de placare prin procedee mecanizate, cu metale înalt aliate a echipamentelor, pentru utilaj chimic. Memoriu la contractul de cercetare nr.513, ISIM Timișoara 1978.

52. POPOVITS, D., SUBU, T. : Studii privind tehnologia de placare prin sudare cu arcul electric aplicat la construcția CNE. Memoriu la contractul de cercetare nr.362, ISIM Timișoara 1976
53. POPOVITS, D., SUBU, T. : Cercetări și experimentări privind tehnologia de placare, control și recepție pentru asimilarea fabricației de tablă laminată din blumuri de oțel placat. Memoriu la contractul de cercetare nr.543, ISIM Timișoara 1978
54. POPOVITS, D., SUBU, T. Elaborarea tehnologiei de placare automată sub flux cu doi electrozi bandă. Memoriu la contractul de cercetare nr.632, ISIM Timișoara 1979-1980
55. PELLKOPFER, D., VARGA, T. : UF - Auftrag Schweißen mit Bandelektrode. In : Technischer Rundschau, 1970 nr.27
56. PAVLOV, I.V., LESCIINSKII, L.K., VASILENKO, A.I. : Osobnosti stroenia zoni splavlenia pri naplavke tonkoi sustenitnoi lentoi na stali 45. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1973 nr.12
57. PATON, B.E. : Tehnologia elektriceskoi svarki metallov i splavov plavleniem Maginostroenie, Moskva 1974
58. ORNIG, H., TSUK, T. : Recents progres apportés au rechargement à l'arc sous flux en poudre par feuillard. In : Soudage et techniques Connexes, 1974 nr.5/6.
59. OSAMU, MORIGAKI și alții : Overlaying by Submerged Arc Welding with Edge-formed Strip Electrodes. Doc.IIS-IIW-XII-A-93-74
60. OPARIN, L.I., FRUMIN, I.I., CTROK, A.I. : Mehanizirovannais naplavka sloia instrumentalnoi stali metallokeramiceskoi lentoi. In : Avtomaticeskaia svarka, 1968 nr.12
61. OPARIN, L.I. : Nekotorie osobennosti nagreva i plavlenia metallokeramiceskoi elektrodnoi lentii. In : Avtomaticeskaia svarka, 1970 nr.2.
62. MURSIK, M., KRETSCHMER, I., RUCKDESCHEL, W. : Aufmischvorgänge beim Unterpulverschweißen mit Bandelektrode. In : Schweißen und Schneiden, 1971 nr.1

63. NEFF, P., SCHERL, P., WINTER, K., ORNIG, H. : Neue Verfahren zum Schweissplattieren dick wandiger Stahlbleche-und behälter. In : Berg und Hüttenmännische Monatshefte, Sonderdruck Jahrgang 118 Heft 9, 1973.
64. NEFF, F. WINTER, K., SEHERL, P., ORNIG, H. : High deposition rate cladding. Broad strip 180 mm and double strip 60 mm wide. In : Adv.welding Processes, 1974, nr.1
65. KRAVTOV, T.G., KRAPIVA, V.M. : Dlina svarocnoi vani pri prodolnom, raspolojenii elektrodnoi lentii. In : Avtomaticheskaja svarka, 1976, nr.9
66. KRAVTOV, T.G., KUZNETOV, V.P. : Skema pitania svarocnoi dughi i vibor optimalnih rejimov širokosloinoi naplavki lentocinim elektrodom. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1975 nr.1
67. BERWADSKII, V.N. Novie sposobi naplavki elektrodnoi lentoi. In : Avtomaticheskaja svarka, 1974 nr.5
68. DILTNEY, U., WANKE, R. : Hochleistungs-Schweissplattierverfahren für den Chemie-Apparatebau. In : Chemie-Ing.Techn., 1974 nr.11
69. DILTNEY, U. Werkstoffe und Verfahrenstechnik beim Auftragschweissen im Behälter-und Apparatebau. In : Metallbetrieb, 1974 nr.11
70. HANKE, H., BEHRENDT, K., HOLZ, M., HINNEBERG, D., SOBOTTA, K. Produktive Trüggertigung mit der UP-Bandschweissung. In : Seewirtschaft, 1973 nr.11
71. KALNING, I. LIETZMANN, K.D. Anwendung des Pulverwalzens zur Herstellung von Bändern aus Chrom und Chrom - Nickel- Stähle und anderen Sonderwerkstoffen. In : Neue Hütte, 1979 nr.1
72. KILLING, R. Besonderheiten beim UP-Band auftragschweissen mit austenitischen Cr-Ni-Stählen und Nickelbasislegierungen. In : Schweisstechnik, 1973 nr.10
73. KRUTIHOVSKII, V.G. : Avtomaticheskaja naplavka lentocinim elektrodom s poperecinimi kolebaniami. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1972 nr.5

74. KRUTIKHOVSKII, V.G. Vibor optimalnih rejimov avtomaticheskoi naplavki elektrodnoi lentoi iz nizkouglerodistoi konstrukcionnoi stali. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1974 nr.8
75. VINCKIER, A. și alții : Testing techniques to study the susceptibility to reheat cracking for carbon - manganese and low alloy steels. Doc.IIS-IIW-X-750-74
76. VINCKIER, A. și alții : Heat affected zone cracking in low alloy steels during stress relief heat treatments. Doc.IIS-IIW-717-73.
77. VINCKIER, A., PHRSE, A. : A review of underload cracking in pressure vessel components. In : WRC Bulletin, 1974, nr.197/ August
78. DILTHEY, U., EICHORN, F., RONTGEN, E. : Hochgeschwindigkeitsfotografische Untersuchungen der Kavernebewegung, der Tropfenentstehung und des Tropfenüberganges beim UP-Schweißen mit austenitischen Cr-Ni-Stahlbandelektroden. In : DVS-Berichte, 1970 nr.5
79. EICHORN, F., DILTHEY, U. : Schutzgasauftragschweißen mit Bandelektrode. In : Heun Techn.Vortragsveröffentlichung, 1971 nr.279
80. EICHORN, F., DILTHEY, U. : Schutzgasauftragschweißen mit bandelektrode. In : Technische Mitteilung, 1971 nr.7
81. KOPETMAN, L.N. : Vlianie teplovogoregima širokosloinnoi naplavki na osnovnom metalle. In : Avtomaticheskaja svarka, 1970, nr.12
82. KOPETMAN, L.N., KRAVTOV, T. :.G. : Regulirovanie teplogo voideistvis na metall pri naplavke tšilindričeskih izdelii lentocinim elektrodom. In : Svarocinoe proizvodstva, 1970 nr.12
83. KRAVTOV, T.G. : Avtomaticheskaja naplavka, tšilindričeskih izdelii molih diametrov elektrodnoi lentoi. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1970 nr.2

84. KRAVTOV, T.G. : Metodika vĭbora regimov naplavki ŧilindriceskih izdelii lentocinĭne elektrodom. In : Avtomaticeskaia svarka, 1970 nr.3
85. KRAVTOV, T.G., KOPETMAN, L.N. : Issledovanie vliania ŧirini lentocinogo elektroda i parametrov regima na dlinu svarocinoi vannĭ. Naplavka metallov, LSNTP, 1970
86. KRAVTOV, T.G., KOPETMAN, L.N. : Rascet regimov naplavki ŧilindriceskih izdelii iz uslovĭa formirovania valike. In : Avtomaticeskaia svarka, 1971 nr.3
87. KRAVTOV, T.G. : Rascet teplovĭh proŧessov pri naplavke polĭh ŧilindriceskih izdelii lentocinĭm elektrodom. In : Svarocinoe proizvodstvo, 1971 nr.1
88. KRAVTOV, T.G., KOPETMAN, L.N. : Osobennosti naplavki lentocinĭm elektrodom maloitolŧcĭni. In : Avtomaticeskaia svarka, 1972 nr.2
89. PAŧKEVICI, I.R., HEIFET, L.A. : Osobennosti leghirovania metalla pri naplavke poroŧkovoĭ lentoi. In : Avtomaticeskaia svarka 1970 nr.2
90. RAZMISLIAEV, A.D., BAGRIANSKII, K.V., URIUMOV, V.IA., AKRITOV, A.S. : Osobennosti nagreva i proplavlĕnia osnovogo metalla pri naplavke lentoi pod flĭusom. In : Avtomaticeskaia svarka, 1975, nr.12
91. x x x Prĭfung nichtrostender Stahle auf Bestĕndigkeit gegen intercrĭstalline korrosion. DIN 50914-82.
92. x x x Catalog firma ARCOS, 1977
93. x x x Catalog firma BÖHLER, 1978
94. x x x Catalog firma Messer-Grĕsheim, 1978
95. x x x Catalog firma UTP 1979
96. x x x Catalog firma SOUDOMETAL, 1978
97. x x x Catalog firma THYSSEN februarie 1977

98. MIHOC, GH., MICU, N. : Teoria probabilităților și statistică matematică. Editura didactică și pedagogică, București 1980
99. SĂLĂGEAN, T. : Optimizarea proceselor de sudare. Curs litografiat pentru studenți. Institutul politehnic Traian Vuia, 1984.
100. x x x Prüfung der Beständigkeit hochlegierter, Korrosionsbeständiger Werkstoffe gegen interkristalline Korrosion. SEP 1877-90.
101. x x x Detecting susceptibility to intergranular attack in Stainless steels. ASTM A 262-80.
102. BROWLER, K.A. Statistical theory and methodology in science and engineering, Ed. John Wiley, New York, 1976
103. x x x Condiții tehnice pentru execuția controlului și recepția utilajelor de tip recipient care conțin ca medii de lucru apă și hidrogen sulfurat - revizia a 3-a - IITPIC București 1984
104. SĂLĂGEAN, T. : Statistica în sudură. Buletin de informare, ODPT nr.3, 1973.
105. POPOVITS, D., SUBU, T., CROITORU, C. : Dispositiv pentru rotirea capului de placare cu bandă. Brevet de invenție nr. 44.246 din 12.06.1978
106. POPOVITS, D., CROITORU, C., SUBU, T., PETRĂȘCU, I. : Cap de placare cu 2 benzi. Brevet de invenție nr.72.352 din 27.07.1979
107. POPOVITS, D., CROITORU, C., SUBU, T., PETRĂȘCU, I. : Dispositiv de placare a suprafețelor metalice. Brevet de invenție nr.7468 din 27.03.1980
108. SUBU, T., CĂLĂRAȘU, S., POPOVITS, D., PANAITESCU, S., PETRĂȘCU, I. : Procedeu și dispozitiv de placare prin sudare. Brevet de invenție nr.80638 din 27.08.1982.

CUPRINS

	Pagina
Introducere	1
1. Variante de placare sub flux cu bandă	3
1.1. Placarea sub flux cu o bandă	10
1.1.1. Placarea sub flux cu o bandă fără pendularea benzii (PFB-1)	10
1.1.2. Placarea sub flux cu pendularea benzii	15
1.1.3. Placarea sub flux cu bandă pe strat de pulbere metalică	17
1.1.4. Placarea sub flux cu bandă și oîmp magnetic suplimentar	19
1.2. Placarea sub flux cu două benzi (PFB-2)	22
1.2.1. Placarea sub flux cu două benzi și descărcare în arc	22
1.2.2. Placarea sub flux cu două benzi în baie de zgură	26
1.2.3. Placarea sub flux cu două benzi dintre care una este culcată pe MB	28
1.2.4. Placarea sub flux cu două benzi dintre care una este antrenată în arcul electric	31
1.3. Placarea sub flux cu mai multe benzi	33
2. Fenomene electrice și magnetice la placarea sub flux cu bandă	37
2.1. Arderea arcului electric și topirea benzii	37
2.2. Caracteristicile energetice ale arcului la placarea sub flux cu bandă	44
2.3. Amorsarea arcului electric și topirea benzilor la placarea sub flux cu 2 benzi și descărcare în arc	48
2.4. Suflajul magnetic la placarea sub flux cu bandă, metode de combatere a acestuia	56
3. Parametrii tehnologici și procedeul de placare sub flux cu bandă	66
3.1. Parametrii tehnologici principali PFI	66

	Pagina
3.1.1. Curentul de placare I_g	66
3.1.2. Tensiunea arcului U_g	73
3.1.3. Viteza de placare v_g	77
3.2. Parametrii tehnologiei secundari PT.2	84
3.2.1. Natura și polaritatea curentului	84
3.2.2. Lungimea liberă a benzii L_g	85
3.2.3. Lățimea benzii B_g	86
3.2.4. Poziția benzii față de normală	88
3.2.5. Distanța dintre benzi d	89
3.2.6. Înălțimea stratului de flux	90
4. Concentrația elementelor în straturile de placaj	94
4.1. Placaje realizate într-o trecere	94
4.2. Placaje realizate în mai multe treceri	107
4.2.1. Placaj realizat cu aceleași materiale de adaos și aceeași diluție în toate trecerile	108
4.2.2. Placaj realizat cu aceleași materiale de adaos în toate trecerile și diluții diferite	111
4.2.3. Placaj realizat cu un anumit tip de materiale de adaos pentru prima trecere, alt tip pentru trece- rerile următoare și aceeași diluție în toate trecerile	119
4.2.4. Placaj realizat cu un anumit tip de materiale de adaos pentru prima trecere alt tip pentru trece- rile următoare și cu diluții diferite în fiecare trecere	121
4.3. Considerații privind selectarea materialelor de adaos la placarea sub flux cu bandă	123
5. Tehnologia placării sub flux cu 2 și 3 benzi a oțelului G52/28	143
5.1. Tehnologia placării sub flux cu 2 benzi și descărcare în arc a oțelului G52/28	146
5.2. Tehnologia placării sub flux cu trei benzi a oțelului G52/28	
6. Contribuții originale	186
Bibliografie	