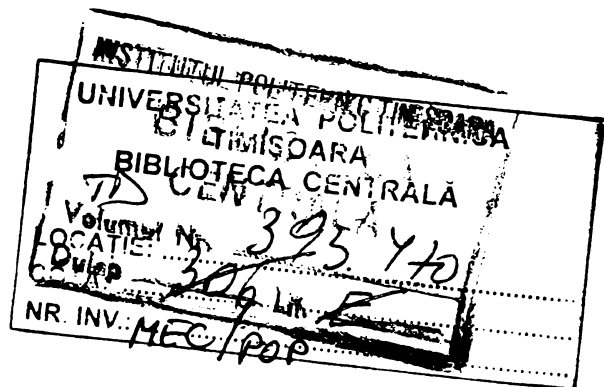


MINISTERUL EDUCATIEI SI INVATAMINTULUI
INSTITUTUL POLITEHNIC TRAIAN VUIA
TIMISOARA
Facultatea de Mecanica

Ing. POP GAVRILA

CERCETARI PRIVIND CONCEPTIA CONSTRUCTIV-TEHNOLOGICA
SI EXECUTIA EFICIENTA PRIN SUDARE A GRINZILOR PRIN-
CIPALE TIP CHESSON PENTRU PODURILE RULANTE

TEZA DE DOCTORAT



BIBLIOTECA CENTRALA
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMISOARA

CONDUCATOR STIINTIFIC
Prof. Dr. Doc. Ing. POPOVICI VIADIMIR

CERCETARI PRIVIND CONCEPTIA CONSTRUCTIV-TEHNOLOGICA SI EXECUTIA EFICIENTA PRIN SUDARE A GRINZILOR PRIN- CIPALE TIP CHESON PENTRU PODURILE RULANTE TIPIZATE

INTRODUCERE

Podurile rulante sînt utilaje care fac parte din instalațiile de ridicat și transportat folosite pentru ridicarea și deplasarea unor anumite sarcini, între limitele unei încăperi sau ale unui teren liber; ele sînt utilaje cu cea mai mare aplicabilitate din familia instalațiilor de ridicat, întilnindu-le în toate ramurile economiei naționale [43; 47; 48]

Tehnica de ridicat și manipulat sarcini, sub cele mai diverse forme, este astăzi unanim recunoscută ca un factor hotărîtor în accelerarea progresului tehnic și economic, datorită mării contribuții a productivității muncii și a îmbunătățirii condițiilor de lucru prin reducerea efortului fizic.

Desvoltarea impetuoasă a economiei naționale și dorința de afirmare pe piața mondială a necesitat poduri rulante din ce în ce mai multe și cu capacități de ridicare tot mai mari.

În ce privește tipizarea construcțiilor metalice, respectiv a grinzilor principale pentru podurile rulante, aceasta reprezintă o nouă concepție de proiectare și execuție diversificată în game și tipodimensiuni constructive care prin modulară duc la importante efecte economice.

Prin tipizarea construcțiilor metalice s-a realizat și procesul de sistematizare, reducere și unificare a metodelor de calcul și a soluțiilor constructive, asigurîndu-se premisele specializării și profilării fabricației.

Deși este greu de determinat cifric, eficiența economică a tipizării a făcut obiectul unor cercetări ale căror rezultate dovedesc că, de exemplu în U.R.S.S. 1 rublă investită pentru tipizare, aduce o economie de 10 ruble, în Franța la 1 franc cheltuit în același scop se economisesc 5-10 franci, iar în S.U.A. la 1 dolar investit se economisesc 10-50 dolari [88].

Ca un mare avantaj al incontestabile conducerii de partid și de stat a recomandat trecerea hotărîtă la realizarea unor programe de tipizare a utilajelor tehnologice și a produselor industriale printre care se enumeră și podurile rulante.

Teza de doctorat are la baza studiilor și cercetări-

lor concluziile unor mobilizatoare cuvintări ale Tovarășului Nicolae Ceaușescu Secretar General al Partidului Comunist Român, ținute cu diferite ocazii [1; 2; 3; 4]. Ca urmare acestor concluzii și al impactului revoluției tehnico-științifice, însăși concepția de realizare a grinzilor principale pentru podurile rulante s-a schimbat. Proiectul de retipizare „Ediția 77” elaborat de doctorand a rezolvat probleme de maximă eficiență, ca : reducerea consumului de metal, a consumului de energie electrică, a manoperei, creșterea calității, mărirea coeficientului de folosire al materialului etc.

Teza de doctorat este constituită din 8 capitole și 3 anexe, cuprinzând 90 figuri și 42 tabele; în total 216 file.

Capitolul 1 și 2 reprezintă preocupările în cercetare și proiectare pentru reducerea consumului de metal, a energiei electrice și a manoperei, respectiv evidențiază ultimele cuceriri ale științei privind factorii reali care stau la baza proiectării constructiv-tehnologice cu mare eficiență a grinzilor principale pentru podurile rulante.

Capitolele 3-6 în cea mai mare parte reprezintă contribuții originale ale autorului în concepția, proiectarea și execuția eficientă a grinzilor principale.

În capitolul 7 sînt expuse considerațiile finale cu privire la optimizarea secțiunilor, modernizarea calculelor de dimensionare și de verificare, elaborarea centralizată și simplificată a documentației de execuție, precum și perspectivele de cercetare pe baza rezultatelor obținute prin teza de doctorat.

Teza de doctorat se încheie cu capitolul 8 în care se evidențiază oțeva din contribuțiile originale ale autorului.

În anexa I sînt prezentate standardele complementare folosite la retipizarea grinzilor principale, iar în anexa II respectiv în anexa III sînt prezentate relațiile de calcul folosite.

Cu această ocazie, îmi exprim mulțumirile față de colectivul cu care am colaborat la retipizarea construcțiilor metalice pentru podurile rulante „Ediția 77” și îndeosebi față de cei care m-au ajutat la elaborarea tezei de doctorat precum și față de colectivul Catedrei de „Utilajul și Tehnologia Sudării”, care mi-a fost de un real folos în realizarea lucrării. De asemenea îmi exprim mulțumirile față de colegii de la I.M.T.-Serviciul Suder Șef-pentru sollicitudinea cu care au răspuns la tratarea problemelor tehnologice de execuție.

1. STADIUL ACTUAL PRIVIND REDUCEREA CONSUMULUI DE METAL PRIN REALIZAREA EFICIENȚA A GRINZILOR PRINCIPALE PENTRU PODURILE RULANTE

Scăderea sâcămintelor de minereuri ca și unele surse de energie, pune sericoase probleme proiectanților de utilaje și mai ales de utilaje portante cum sînt în speță podurile rulante.

Proiectanții de pretutindeni sînt confrunțați cu problemele revizuirii normelor și standardelor după care sînt proiectate vechile construcții metalice ale podurilor rulante, construcții în care sînt încorporate însemnate cantități de metal.

Preocupările permanente ale proiectanților și constructorilor de poduri rulante au generat pe parcurs o varietate mare de forme și sisteme ale construcțiilor metalice, mai puțin realizarea unor construcții metalice cu consum redus de metal și cu largi posibilități tehnologice de execuție.

1.1 Cauzele consumului mărit de metal la construcțiile metalice ale podurilor rulante

Construcțiile metalice ale primelor poduri rulante proiectate și executate în R.S.R. au fost în exclusivitate construcții metalice cu săbrele nituite, sau imbulonate. Acestea, în realizarea lor au încorporat o cantitate mare de metal și un volum mare de muncă fără să asigure în bune condițiuni de funcționare o bună rezistență în exploatare.

După anii 1945, în R.S.R. unele îmbinări nituite sau imbulonate ale construcțiilor metalice pentru podurile rulante încep (tîmîd la început) să fie înlocuite prin îmbinări sudate; de început la construcțiile metalice în săbrele, apoi la construcțiile metalice din elemente de tablă. Și la unele și la altele concepția însăși a rămas aceeași, grecoale cu multe gusee, doar îmbinarea nituită sau imbulonată a fost înlocuită prin îmbinarea sudată.

Neavînd experiența necesară în domeniul construcțiilor metalice sudate, toate normele și standardele au fost elaborate în spiritul construcțiilor nituite sau imbulonate, cu relații empirice și cu coeficienți de siguranță mari.

Neconoscîndu-se procesele metalurgice ale sudării ca și o tehnologie de sudare adecvată, materialele de bază ca și cele de adăns s-au preseris cu destulă incertitudine și cu mare coeficient de siguranță, menținîndu-se consumul de metal ridicat.

1.2 Implicațiile care au decurs din construcțiile metalice grele ale podurilor rulante

Prin însăși destinația lor, construcțiile metalice ale podurilor rulante, ca elemente portante impun o concepție în care greutatea metalică are rolul preponderent.

Un pod rulant greu, nu înseamnă numai un consum de metal propriu zis mare; la rîndul său, el are următoarele repercursiuni:

- Pentru deplasarea unei greutăți mărite, sînt necesare mecanisme mai puternice; odată cu puterea acestora creșterea dimensiunilor, ele devenind spațioase și grele.

- Surplusul de putere pentru deplasare se realizează prin folosirea unor motoare electrice mai mari (consum mare de cupru), respectiv prin folosirea echipamentului electric de acționare aferent.

- Dacă podul rulant transportă cu sine un surplus de greutate, atunci desigur că și căile de rulare, respectiv halele trebuiesc dimensionate ca atare.

- Funcționarea podurilor rulante grele, în decursul exploatării implică și un consum de energie electrică considerabil mărit.

- La podurile rulante cu construcții metalice grele, cu mecanismele și motoarele electrice corespunzătoare ca mărime și dimensiuni, întreținerea pe durata exploatării lor devine mai costisitoare.

Așadar, construcțiile metalice ale podurilor rulante în variantă nituită sau îmbulconată, respectiv în variantă sudată dar după o concepție derivată din concepția nituită, s-au dovedit a fi ineficiente.

1.3 Tendințe noi în realizarea, cu consum redus de metal, a grinzilor principale pentru podurile rulante

Astăzi, mai mult ca oricînd se pun următoarele întrebări:

a) Construcțiile metalice ale podurilor rulante pot fi mai ușoare ?

b) Reducerea greutății înseamnă riscul siguranței ?
Iată două întrebări la care trebuie să se răspundă.

Da, construcțiile metalice ale podurilor rulante pot fi mai ușoare.

Nu trebuie neapărat pornit de la faptul că reducerea greutateii înseamnă totdeauna reducerea siguranței, sau creșterea riscurilor. Reducerea greutateii trebuie considerată, de la caz la caz, dacă și în ce măsură produce o reducere a securității.

Siguranța necesară - riscul acceptabil - este marcată de norme și standarde aferente podurilor rulante. Nu se poate exclude găsirea unor noi forme constructive și de execuție, cum nu se pot exclude nici posibilitățile de reducere a greutateii.

Grinzile principale ale podurilor rulante, în ce privește modul de realizare, indiferent de mărimea și complexitatea lor pretutindeni se realizează în construcție sulată.

Pe baza înclungetelor cercetări, s-au revizuit normele și standardele cu privire la proiectarea și executarea construcțiilor metalice pentru podurile rulante. Cu această ocazie valoarea coeficienților de siguranță a scăzut.

Întot pe baza cercetărilor efectuate s-au stabilit criterii precise de apreciere a solicitării grinzilor principale pentru podurile rulante în diferite condiții de funcționare. În general cu ocazia unor post-calculi s-a constatat că după noile norme (FEM) grinzile principale ale podurilor rulante solicitate ușor și mediu au fost supradimensionate, în timp ce grinzile principale ale podurilor rulante solicitate greu și foarte greu erau ușor subdimensionate.

Normele și standardele revizuite nu limitează deforțarea elastică (săgeata) și rigiditatea dinamică (durata de amortizare a oscilațiilor) a grinzilor principale; acestea sînt limite de rezistență și de buna funcționare a podului rulant. În acest caz, se prevede o înlocuire a oțelului cu conținut redus de carbon (01.37) folosit pe scară largă la realizarea grinzilor principale, prin oțel slab aliat (grupa oțelurilor 01.52). O înlocuire parțială s-a făcut deja la grinzile principale ale podurilor rulante monogrindă cu electropalan (P&S), urmînd a se confirma prin cercetare mărimea și deschiderea podurilor rulante de uz general (G&P) la care să se facă înlocuirea respectivă [46].

Realizarea cea mai mare însă, în reducerea consumului de metal la grinzile principale ale podurilor rulante se prevede prin înlocuirea oțelului cu diferite aliaje de aluminiu, cu înalte proprietăți mecanice. Prin această înlocuire se va realiza o cotitură radicală în domeniul podurilor rulante, chiar și a celor destinate funcționării în medii agresive.

2. FACTORII CARE DETERMINA CAPACITATEA DE REZISTENTA NECESARA SI FIABILITATEA GRINZILOR PRINCIPALE PENTRU PODURILE RULANTE

Metodologia modernă de proiectare a grinzilor principale pentru podurile rulante pornește de la cunoașterea profundă a condițiilor de exploatare și funcționare date; calculul rezistenței în exploatare a luat locul calculului (verificării) la oboseală, prezentînd avantajul dimensionării pe baza condițiilor de exploatare, execuție și funcționare. Această nouă metodologie de calcul impune împărțirea podurilor rulante în diferite grupe de funcționare.

Factorii care în mod direct determină grupa de funcționare, respectiv factorii de care depinde capacitatea de rezistență și fiabilitatea grinzilor principale pentru podurile rulante sînt:

- clasa de utilizare;
- starea de încărcare.

Din combinarea acestor două elemente, rezultă o anumită grupă de funcționare, de care se ține seama în mod strict la calculul de dimensionare și verificare a grinzilor principale.

2.1 Clasa de utilizare

Clasa de utilizare, caracterizează frecvența de utilizare a podului rulant, respectiv numărul de cicluri de încărcare pe care trebuie să le efectueze pe toată durata de exploatare.

Clase de utilizare *Tabelul 2.1*

<i>Clasa de utilizare</i>	<i>Frecvența utilizării</i>	<i>Domeniul convențional de cicluri de eforturi unitare</i>
<i>A</i>	<i>Utilizare ocazională, neregulată urmată de pauze lungi.</i>	$2 \cdot 10^4 \leq N \leq 2 \cdot 10^5$
<i>B</i>	<i>Utilizare regulată, dar intermitentă.</i>	$2 \cdot 10^5 \leq N \leq 6 \cdot 10^5$
<i>C</i>	<i>Utilizare regulată, continuă</i>	$6 \cdot 10^5 \leq N \leq 2 \cdot 10^6$
<i>D</i>	<i>Utilizare regulată, în condiții grele de exploatare</i>	$2 \cdot 10^6 < N$

Observații:

1. Clasa de utilizare, nu constituie o garanție a duratei de funcționare a podului rulant, ci o bază pentru calculul grinzilor principale. Desigur durata reală de exploatare a grinzilor principale trebuie să depășească numărul convențional de cicluri.
2. Numărul ciclurilor de solicitare poate fi mai mare decât numărul ciclurilor de ridicare pentru anumite elemente de construcții supuse la un număr mai mare de variații de solicitare în timpul unui ciclu de lucru, sau dimpotrivă mai mic în cazul când unele mișcări nu sînt executate la toate ciclurile de încărcare.

Pentru o grindă principală, numărul ciclurilor de eforturi unitare, pe durata de exploatare a podului rulant rezultă funcție de manevrele intermediare efectuate în cadrul unui ciclu de încărcare.

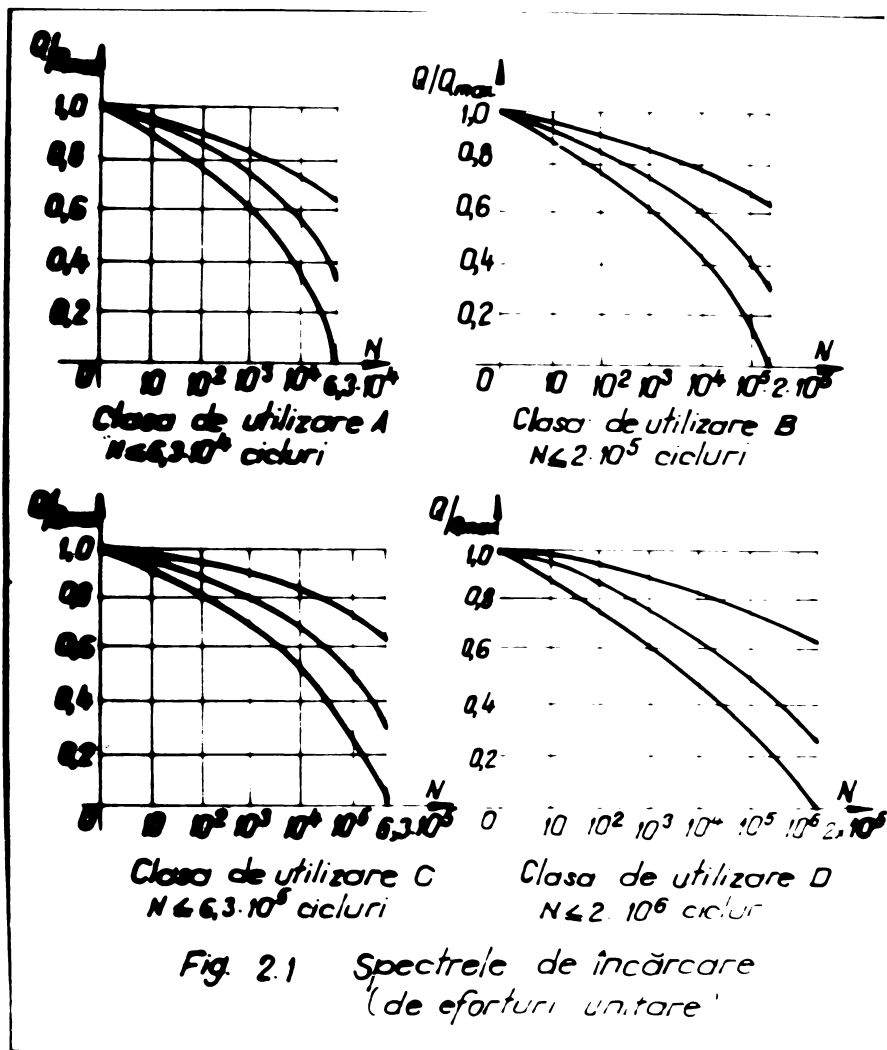
Fiecărei clase de utilizare îi corespunde un domeniu de cicluri de eforturi unitare, respectiv de încărcare limitat de două numere convenționale (limita inferioară și limita superioară) după cum se arată în tabelul 2.1.

2.2 Starea de încărcare

Starea de încărcare pentru construcția metalică a podurilor rulante, precizează în ce proporție podul rulant ridică sarcina nominală (Q_{max}) sau numai o sarcină redusă ca valoare față de aceasta.

Noțiunea de stare de încărcare s-a definit prin spectrul de sarcini care indică numărul de cicluri în cadrul cărora se atinge sau se depășește o sarcină egală cu o anumită fracțiune din sarcina nominală. Pentru practica de calcul au fost stabilite patru spectre de sarcini convenționale prezentate în fig. 2.1 și definite în tabelul 2.2.

Starea de încărcare pentru grinda principală reprezintă proporția în care grinda este cupusă la efortul unitar maxim sau numai la un efort unitar redus ca valoare față de acesta. Această noțiune se definește prin spectrul de eforturi unitare care indică numărul de cicluri în cadrul cărora se atinge sau se depășește un efort unitar egal ca valoare cu o anumită fracțiune din efortul unitar maxim, stabilindu-se 4 spectre de eforturi unitare convenționale (tabelul 2.2).



Stări de încărcare

Tabelul 2.2

Starea de încărcare	DEFINIȚIE	
	Spectrul de sarcini	Spectrul de eforturi unitare
0 foarte ușoară	Podurile rulante care ridică sarcina nominală numai în mod excepțional; în mod curent ridicând sarcini mult mai mici.	Elementele supuse numai în mod excepțional la efortul unitar maxim, în mod curent fiind supuse la eforturi unitare mult mai mici.
1 ușoară	Podurile rulante care ridică rar sarcina nominală, în mod curent ridicând sarcini de cca $\frac{1}{3}$ din valoarea sarcinii nominale.	Elemente supuse rar la efortul unitar maxim, dar care în mod curent lucrează la eforturi unitare egale cu cca $\frac{1}{3}$ din valoarea efortului unitar maxim.
2 medie	Podurile rulante care ridică relativ frecvent sarcina nominală, în mod curent ridicând sarcini de cca $\frac{2}{3}$ din valoarea sarcinii nominale.	Elemente supuse relativ frecvent la efortul unitar maxim, care în mod curent lucrează la eforturi unitare egale cu cca $\frac{2}{3}$ din val efort unitar maxim.
3 greă	Podurile rulante care ridică în mod regulat sarcini foarte apropiate, sau egale cu sarcina nominală.	Elemente supuse în mod regulat la eforturi unitare foarte apropiate, sau egale cu efortul unitar maxim.

2.3 Grupa de funcționare

Construcțiile metalice ale podurilor rulante precum și elementele acestora, pe baza condițiilor de funcționare (clasa de utilizare și starea de încărcare) se împart în 6 grupe de funcționare, conform tabelului 2.3.

Grupe de funcționare Tabelul 2.3

clasa de utilizare	A	B	C	D
Domeniul convențional de cicluri de eforturi unitare	$2 \cdot 10^4 < N < 2 \cdot 10^5$ Utilizarea ocazională, neregulată, urmată de pauze lungi	$2 \cdot 10^5 < N < 6 \cdot 10^5$ Utilizarea neregulată, intermitentă.	$6 \cdot 10^5 < N < 2 \cdot 10^6$ Utilizarea regulată continuă	$2 \cdot 10^6 < N$ Utilizarea regulată, în condiții grele de exploatare.
Starea de încărcare	Grupele de funcționare			
0 - foarte ușoară	I	II	III	IV
1 - ușoară	II	III	IV	V
2 - medie	III	IV	V	VI
3 - grea	IV	V	VI	VII

Observație: Așa cum clasa de utilizare și starea de încărcare al unor elemente constructive diferă față de clasa de utilizare și starea de încărcare a podului rulant, tot așa poate diferi și grupa de funcționare.

Încadrarea corectă a construcțiilor metalice, respectiv a grinzilor principale în grupele de funcționare asigură o verificare riguroasă a rezistenței în exploatare, respectiv o fiabilitate ridicată.

2.4 Clase de ridicare

În tabelul 2.4 sînt prezentate cazuri de încadrare a cîteva poduri rulante în grupe de funcționare, cărora li se atribuie 4 clase de ridicare.

Clasa de ridicare este elementul funcție de care se determină coeficientul dinamic la ridicare.

Construcțiilor metalice pentru podurile rulante tipizate „adiția 77” li s-au atribuit clasele de ridicare R_1 și R_2 .

Incadrarea construcțiilor metalice a citorva poduri rulante în grupe de funcționare și atribuirea diferitelor clase de ridicare.

Tabelul 2.4

Destinația podului rulant	Grupa de funcționare	Clasa de ridicare
Poduri rulante cu electropalan Poduri rulante pentru centrale electrice	I, II	R ₁
Poduri rulante de montaj	I, II	R ₁ , R ₂
Poduri rulante pentru montare și demontare în săli de mașini.	I, III	R ₁
Poduri rulante pentru depozite de fier vechi. Poduri rulante cu traversă - funcționare continuă -	V, VI	R ₃ , R ₄
Poduri rulante pentru ateliere	VIII, IV	R ₂ , R ₃
Poduri rulante cu graifăr, sau electromagnet	V, VI	R ₃ , R ₄
Poduri rulante de turnare	V, VI	R ₂ , R ₃
Poduri rulante pentru cuptoare adânci	VI	R ₃ , R ₄
Poduri rulante de stripare	VI	R ₄
Poduri rulante de forjare	V, VI	R ₄

2.5 Coeficienții dinamici

Efectele forțelor de inerție care se produc în cursul mișcărilor podului rulant supus la încărcare din greutate proprie și din încărcarea nominală, se iau în considerare printr-un coeficient dinamic ψ la translația podului rulant și printr-un coeficient dinamic ψ la ridicare.

2.5.1 Coeficientul dinamic la translația podului rulant ψ

Efectele forțelor de inerție verticale care se produc în cursul mișcărilor de translație (deplasare) a podului rulant, sau a unei părți componente, se iau în considerare prin înmulțirea încărcărilor sau a eforturilor rezultate în urma acțiunii acestora, cu coeficientul dinamic ψ ; valoarea necunoscută, funcție de viteza de translație a podului rulant și de tipul de felul înbinării șinei de rulare este reprezentată în tabelul 2.5.

Coeficientul dinamic ψ la translația podului rulant

Tabelul 2.5

Viteza de translație V_t (m/min.)		Coeficientul dinamic la translație ψ
Calea de rulare		
Cu îmbinări ale șinei sau denivelări	Fără îmbinări ale șinei, sau îmbinări sudate prelucrate	
pînă la 63	pînă la 90	1,1
peste 63 pînă la 200	peste 90 pînă la 300	1,2
peste 200	peste 300	$\geq 1,2$

2.5.2 Coeficientul dinamic la ridicare ψ

Încercările nominale sau eforturile rezultate în urma acțiunii șentora, se înmulțesc cu un coeficient dinamic la ridicare ψ . Valoarea acestui coeficient de, în funcție de viteza de

Coeficientul dinamic (la ridicare) ψ Tabelul 2.6

Clasa de ridicare	Coeficientul dinamic la ridicare ψ în funcție de viteza de ridicare V_r (m/min.)	
	pînă la 90	peste 90
R_1	$1,1 + 0,0025 V_r$	1,325
R_2	$1,2 + 0,005 V_r$	1,650
R_3	$1,3 + 0,0075 V_r$	1,975
R_4	$1,4 + 0,01 \cdot V_r$	2,300

ridicare în funcție de greutatea șentora, de elasticitatea sistemului de ridicare și de accelerația la ridicare, etc. În raport cu cele 4 clase de ridicare, valoarea coeficientului ψ este reprezentată în tabelul 2.6.

2.6 Cazurile de amorsare posibilă a fisurilor la îmbinările sudate, aparținând grinzilor principale

Este unanim recunoscut faptul că efectul de încrețtare exercită o influență nefastă asupra rezistenței în exploatare, respectiv asupra fiabilității, reducând capacitatea portantă a grinzilor principale.

Îmbinările sudate cap la cap ale tălpilor și ale inimilor grinzii principale, realizate perpendicular pe direcția solicitării și cu pătrundere totală controlându-se cu raze penetrante după FEM (FEDERATION EUROPEENNE DE LA MANUTENTION-SECTION 1), se încadrează în cazul de amorsare moderat K_1 (vezi FEM, [76] pct. 1.1, pag. 104).

Îmbinările tălpilor cu inimile prin sudură de colț (fără crestături), inclusiv cusăturile sudate dintre talpă și inima încărcată cu sarcina concentrată, se încadrează în cazul de amorsare mediu, K_2 (vezi FEM pct. 2.22, pag. 106, respectiv pct. 2.41, pag. 107).

Cazurile de amorsare a ruperilor $K_{n(n=1-4)}$ alături de coeficientul de asimetrie $K_a = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$, limitează rezistența în exploatare a grinzii principale realizată din oțel O1.37 sau din oțel O1.52, corespunzător grupei de funcționare în care este încadrată construcția metalică a podului rulant.

2.7 Fiabilitatea grinzilor principale ale podurilor rulante

Problema fiabilității grinzilor principale pentru podurile rulante își găsește expresia în enunscuții coeficienți de siguranță, în elementele de rezervă etc. [89].

Fiabilitatea, constituită ca știință și aplicată grinzilor principale ale podurilor rulante are drept scop:

- studiul defecțiunilor (al cauzelor, al proceselor de apariție și de dezvoltare și al metodelor de combatere a defecțiunilor);

- aprecierea cantitativă a comportării în timp, ținând seama de influența tuturor factorilor;

- determinarea modelelor și metodelor de calcul pe baza încercărilor specifice și a urmăririi în exploatare a podurilor rulante;

- analiza detaliată a defecțiunilor;

- stabilirea metodelor constructiv-tehnologice și de exploatare pentru asigurarea, menținerea și creșterea fiabilității;

- stabilirea metodelor de selectare și prelucrare a datelor privind fiabilitatea *grinzilor* principale.

Așadar, fiabilitatea este unul dintre principalii parametri ai calității structurilor sudate. Acest parametru prezintă însă particularitatea că se calculează pe baza analizei comportării în exploatare. În acest scop se urmăresc construcțiile metalice în exploatare; ori de câte ori este nevoie se acordă asistență tehnică, cerându-se beneficiarilor să furniseze date cu privire la buna comportare a tuturor elementelor care alcătuiesc construcția metalică și îndeosebi asupra *grinzilor* principale.

Din punct de vedere calitativ, fiabilitatea *grinzilor* principale trebuie să reprezinte capacitatea podurilor rulante de a funcționa fără defecțiuni în cursul unui interval de timp. Deci, fiabilitatea trebuie privită ca o extindere în timp a calității.

Din punct de vedere cantitativ, fiabilitatea unui sistem (al unui pod rulant) reprezintă probabilitatea ca acesta să funcționeze fără defecțiuni într-un anumit interval de timp și în condițiile de exploatare date.

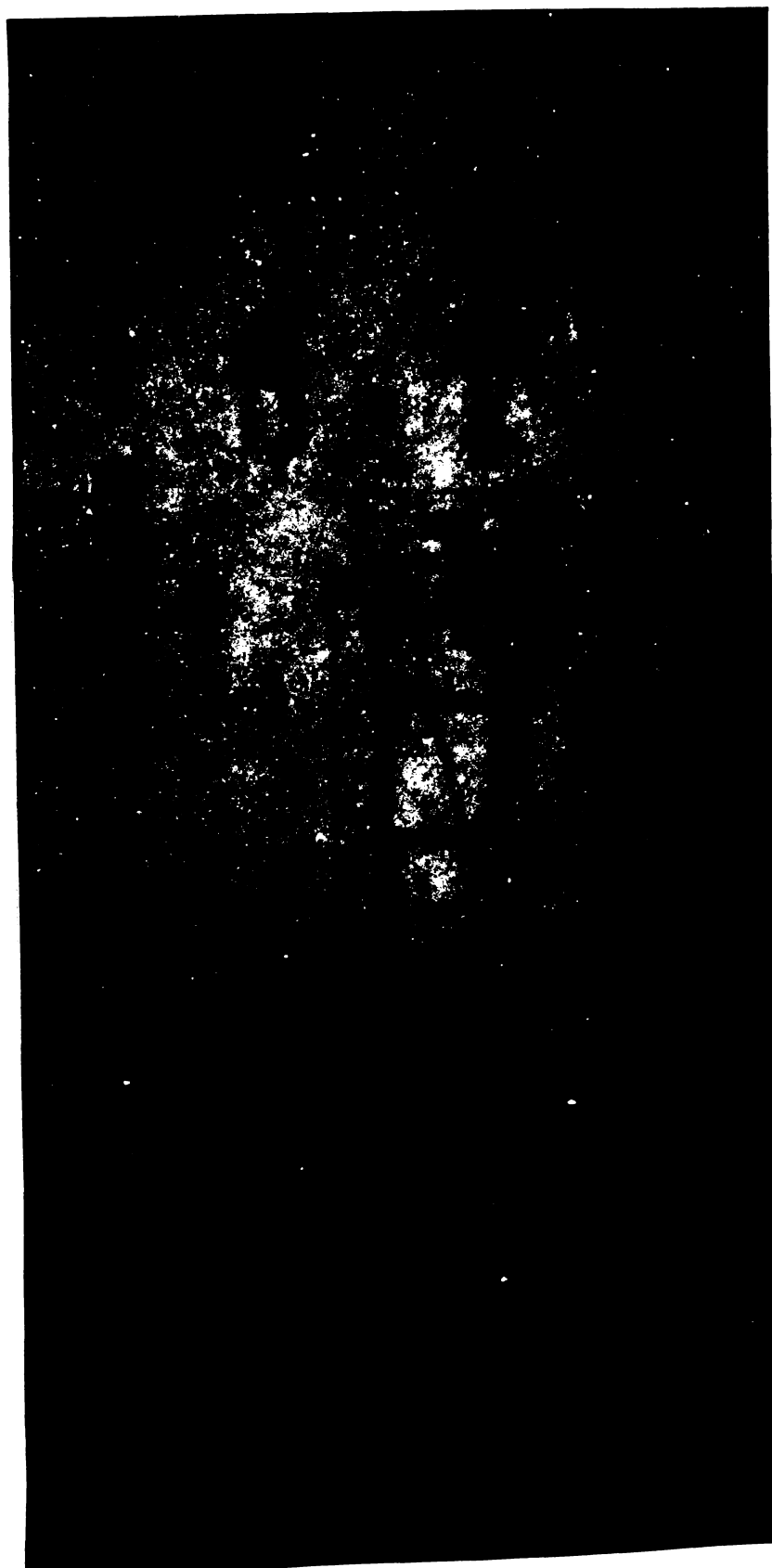
Bazele fiabilității *grinzilor* principale pentru podurile rulante, se pun însă în perioada de elaborare a documentației tehnice, când se concepe structura și când se face dimensionarea; în procesul de fabricație fiabilitatea *grinzilor* principale trebuie asigurată prin alegerea și aplicarea corectă a procedurilor tehnologice de execuție, prin efectuarea unui control riguros a calității materialelor folosite, al fabricației pe faze și operații și al produsului realizat.

Fiabilitatea *grinzilor* principale se menține prin utilizarea unor metode adecvate de conservare, transport și punere în funcțiune și printr-o exploatare, întreținere și deservire corect organizată și efectuată de un personal cu calificare corespunzătoare.

Cadrul legal de creștere a fiabilității produselor, inclusiv a *grinzilor* principale este creat la noi de legea nr.2/1970, lege care prevede că preocuparea pentru ridicarea continuă a calității reprezintă pe tot parcursul o sarcină de bază a tuturor unităților de producție care pe baza observațiilor din timpul exploatării să ia măsuri de perfecționare.

3. CONCEPTIA EFICIENTA A GRINZILOR PRINCIPALE PENTRU PODURILE RULANTE

Conceptia eficientă, prezentată în teza de doctorat, se referă numai la grinzi principale ale podurilor rulante monogrindă cu electropalan PRME (fig. 3.1), respectiv la



Grinzile principale ale podurilor rulante de uz general CMF (fig. 3.2).

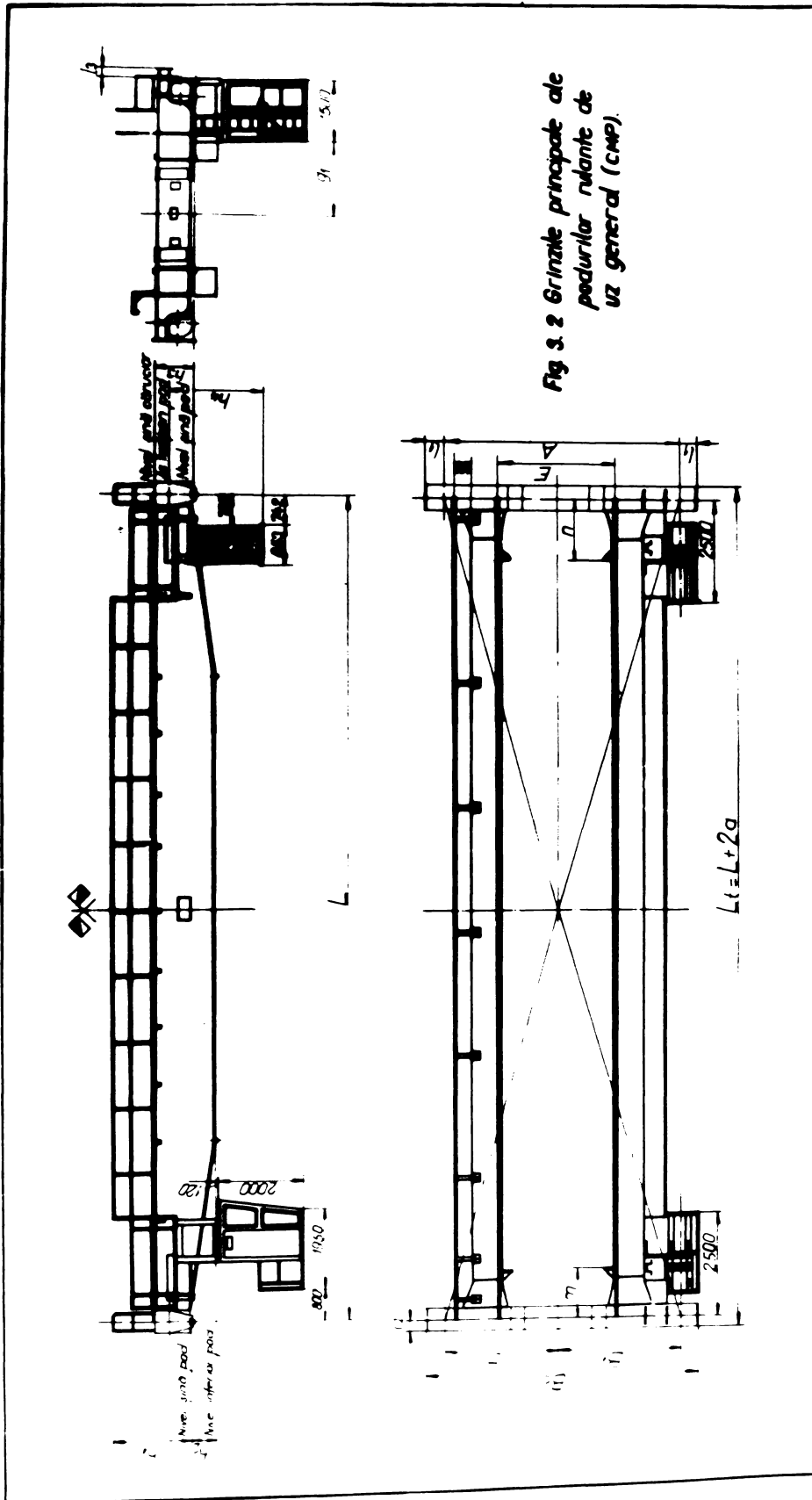


Fig. 3.2 Grinzile principale ale podurilor rulante de uz general (CMF).

Grinzile principale ale podurilor rulante de mai sus, s-au conceput pentru sarcinile nominale simbolizate printr-un

număr precedat de tipul construcției metalice CM, conform tabelului 3.1, sarcinile fiind repartizate în diferite grupe de funcționare (caracteristică importantă în încadrarea podurilor rulante).

SARCINI NOMINALE
de podurilor rulante PRME și CMP. Tabelul 3.1

Tipul podului rulant	Tipul construcției metalice	Sarcina nominală daN	Grupa de funcționare		
			N	NI	III
PRME		800	—	CM 1,00. 0,80	—
	CM 1,00	1000	CM 1,00	CM 1,25. 1,00	—
	CM 1,25	1250	CM 1,25	CM 1,50. 1,25	—
	CM 1,60	1600	CM 1,60	CM 2,00. 1,60	—
	CM 2,00	2000	CM 2,00	CM 2,50. 2,00	—
	CM 2,50	2500	CM 2,50	CM 3,00. 2,50	—
	CM 3,20	3200	CM 3,20	CM 4,00. 3,20	—
	CM 4,00	4000	CM 4,00	CM 5,00. 4,00	—
	CM 5,00	5000	CM 5,00	CM 6,30. 5,00	—
	CM 6,30	6300	CM 6,30	CM 8,00. 6,30	—
	CM 8,00	8000	CM 8,00	—	—
CMP1		8000	—	—	CM 12. 8
		10.000	—	CM 12. 10	CM 16. 10
	CM 12	12.000	CM 12	CM 16. 12	CM 20. 12
	CM 16	16.000	CM 16	CM 20. 16	CM 25. 16
	CM 20	20.000	CM 20	CM 25. 20	CM 32. 20
	CM 25	25.000	CM 25	CM 32. 25	CM 40. 25
	CM 32	32.000	CM 32	CM 40. 32	CM 50. 32
	CM 40	40.000	CM 40	CM 50. 40	CM 63. 40
CMP2	CM 50	50.000	CM 50	CM 63. 50	CM 80. 50
	CM 63	63.000	CM 63	CM 80. 63	—
	CM 80	80.000	CM 80	—	—

Podurile rulante din punct de vedere constructiv fiind concepute în două variante, prima variantă cu sarcina nominală $\leq 50t$ se simbolizează prin III, iar a doua variantă

cu sarcina nominală $Q > 50$ t_f se simbolizează prin R22 (vezi tabelul 3.1).

Deschiderile pentru poduri sunt clasificate după grădile principale de construcțiilor metalice pentru podurile rulante tipice PR și CMP sînt reprezentate în tabelul 3.2, deschiderile de bază fiind scrise cu caractere grase, iar deschiderile salvate (cu valori intermediare din 0,5 m în 0,5 m), încadrate în grupe de deschideri sînt scrise cu caractere obișnuite.

*Deschiderile podurilor rulante
PRME și CMP*

Tabelul 3.2.

Tipul podului rulant	DESCHIDEREA						Grupa
	de bază	DERIVATA					
PRME	4	-	-	-	-	-	I
	7	6,50	6,00	5,50	5,00	4,50	II
	10	9,50	9,00	8,50	8,00	7,50	III
	13	12,50	12,00	11,50	11,00	10,50	IV
	16	15,50	15,00	14,50	14,00	13,50	V
	19	18,50	18,00	17,50	17,00	16,50	VI
	22	21,30	21,00	20,50	20,00	19,50	VII
CMP	10	-	-	-	-	-	I
	13	12,50	12,00	11,50	11,00	10,50	II
	16	15,50	15,00	14,50	14,00	13,50	III
	19	18,50	18,00	17,50	17,00	16,50	IV
	22	21,50	21,00	20,50	20,00	19,50	V
	25	24,50	24,00	23,50	23,00	22,50	VI
	28	27,50	27,00	26,50	26,00	25,50	VII
	31	30,50	30,00	29,50	29,00	28,50	VIII

Numărul mare de sarcini nominale încadrate în diferite grupe de funcționare ca și gama variată a deschiderilor, reprezentînd principalele parametri, satisface necesarul economic nouăzile cu poduri rulante de mare înălțime, asigurînd condițiile depuse și de beneficiarii acestora.

În vederea realizării construcțiilor metalice pentru podurile rulante cu eficiență maximă este necesară concepția tuturor elementelor, dar mai ales ale sistemelor principale în așa fel încît să fie capabile de a prelua și transmite efortul

UNIV. POLITEHN
13. TIMȘOARA
BIBLIOTECA CENTR
BUPT

maxim la care sînt supuse.

Prin secțiunea închisă a grinzilor principale tip cheson, rigidizată la interior, s-a găsit o formă constructivă care răspunde cel mai bine condițiilor care se impun. Întreaga secțiune transversală a chesonului contribuie la preluarea și transmiterea eforturilor în toate ipotezele de încărcare.

Grinzile principale ale podurilor rulante se consideră corespunzător dimensionate, dacă:

- satisfac condițiile cerute de exploatare;
- preiau și transmit în deplină siguranță solicitările maxime;
- asigură în limitele admise deformațiile sub încărcări;
- soluția adoptată este optimă din punct de vedere economic.

Din aceste cîteva condiții generale au rezultat următorii factori de care s-a ținut seama la alcătuirea eficientă a secțiunii grinzilor principale supuse preponderent încovierii:

- condiția de rezistență ($\sigma_{\max.} \leq \sigma_a$);
- condiția de rigiditate ($f_{\max.} \leq f_a$);
- condițiile constructive cerute de exploatarea rațională a elementelor;
- consumul de oțel pentru alcătuirea grinzii principale, prețul de cost al uzinării, transportului, montajului și întreținerii să fie minim.

Respectarea acestor factori, a fost legată de alegerea judicioasă a dimensiunilor elementelor care compun secțiunea grinzii principale.

3.1 Elemente hotărîtoare în alcătuirea eficientă a secțiunii tip cheson

Aste unanim recunoscut faptul că pentru realizarea unei grinzii principale cu eficiență maximă este absolut necesar ca toate elementele care alcătuiesc secțiunea să fie încărcate la capacitatea maximă.

Secțiunea tip cheson (fig. 3.3) în general este alcătuită din 2 tălpi și din 2 inimi (pereti) rigidizată la interior în întregime cu nervuri transversale și în anumite cazuri cu nervuri longitudinale.

Dimensiunile elementelor componente ca și consumul de oțel, pentru realizarea grinzii principale, depinde în cea mai mare măsură de înălțimea secțiunii adoptată.

Adoptarea înălțimii secțiunii se face pe baza următoarelor două considerente principale :

- consumul de metal să fie minim;

- rigiditatea la încovoiere să fie asigurată.

Primal considerent stabilește înălțimea optimă a secțiunii grinzii ($h_{op.}$), iar cel de al doilea considerent stabilește înălțimea minimă necesară a secțiunii ($h_{min.}$).

În literatura tehnică de specialitate sînt cunoscute cîteva relații de determinare a înălțimii optime ($h_{op.}$) și minime

($h_{min.}$) a secțiunilor grinzilor în general, pe baza consumului minim de metal.

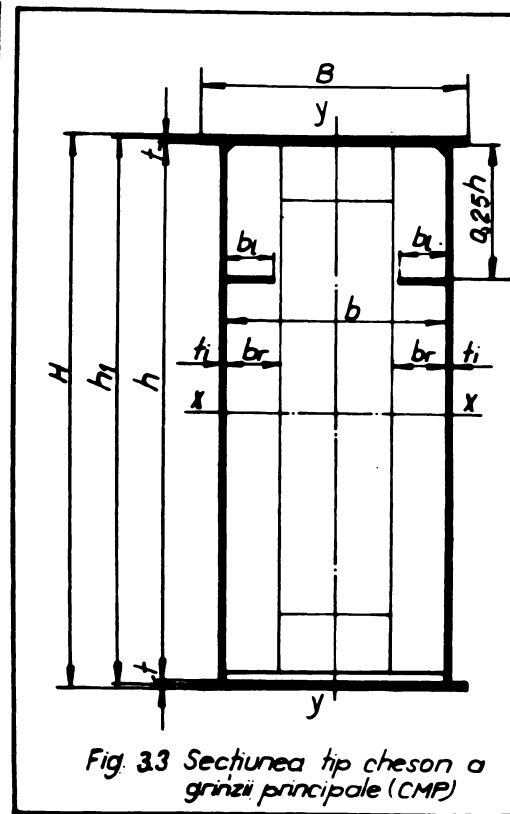


Fig. 33 Secțiunea tip cheson a grinzii principale (CMP)

1. Una dintre relațiile cunoscute, este:

$$h_{op} = k \sqrt{\frac{\eta \cdot W_{nec}}{t_1}} \quad (cm) \quad (3.1)$$

în care: k - coeficient care ține seama de modul de execuție a grinzii (sudate sau nituite) și variația secțiunii.

În tabelul 3.3 sînt reprezentate valorile coeficientului k , recomandate de diferiți autori.

η - coeficient de reducere (tabelul 3.3)

t_1 - grosimea inimii (cm)

W_{nec} - modulul de rezistență obținut cu ajutorul relației:

$$W_{nec} = \frac{\varphi M_g + \psi M_a}{\sigma_a} \quad (cm^3) \quad (3.2)$$

M_g - momentul de încovoiere, produs de sarcinile permanente (daNcm).

M_a - momentul de încovoiere, produs de sarcina utilă (daNcm).

ψ - coeficientul dinamic, la deplasare (tabelul 2.5).

Ψ - coeficientul dinamic, la ridicare (tabelul 2.6).

R_a - rezistența admisibilă a materialului din care sînt alcătuite elementele componente ale secțiunii grinzii principale (daN/cm^2).

Coeficientul K_{s1} Tabelul 33

Nr. crt.	Autorul	Lucrarea	Coeficientul K_{s1}		Coeficientul η
			Grinzi sudate	Secțiunea variabilă	
1	V. Popescu	Construcții metalice	1,10		1,0
2	N. Streletski	Construcții metalice	1,10	1,00	1,0
3		Proiectarea construcțiilor metalice a clădirilor industriale	1,5	1,3	0,9
4	Otresko	Elemente de construcții	1,7	1,43	1,0
5	Nicolaev	Construcții sudate	1,3 ÷ 1,4		1,0
6	Ck. Egrafov	Proiectarea podurilor	1,00		2,5 ÷ 2,7
7	Muhanov	Construcții metalice	1,15		1,0
8	-	Stahl im Hochbau	1,20		1,0
9	A. Gregor		1,20		1,0
10	W. Bogucki		1,00		1,0

2. După [7]

$$h_{op} \approx \sqrt[3]{220 \cdot W_{nec}} - 15 \text{ cm} \quad (3.3)$$

3. După [26]

$$h_{op} \approx \sqrt[3]{\frac{3}{2} m \cdot W_{nec}} \text{ (cm)} \quad (3.4)$$

In care:

$$m = \frac{h}{L_0} = 100 \div 200$$

Referitor la cele de mai sus se dau următoarele observații:

- coeficientul K are valori foarte diferite;
- relațiile nu țin seama de: sistemul static al grinzii, de modul de execuție (cu secțiunea variabilă sau constantă a tălpilor), variația diagramei de momente, existența rigidizărilor etc.

In literatura tehnică de specialitate, există și câteva relații cu care se poate determina înălțimea minimă a grinzii principale, asigurându-se săgeata admisibilă.

1. După [58] :

$$h_{min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{\sqrt{q}}{E} \left(\frac{L}{f_a} \right) L \quad (cm) \quad (3.5)$$

2. După [28]

$$h_{min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{\sqrt{q}}{E} \left(\frac{L}{f_a} \right) \frac{L}{L + \frac{q}{P}} \quad (cm) \quad (3.6)$$

3. După [33] :

$$h_{min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{\sqrt{q}}{E} \left(\frac{L}{f_a} \right) L \left(1 + \frac{3}{25} \cdot \frac{I_m - I_r}{I_r} \right) \quad (cm) \quad (3.7)$$

In care:

- f_a - săgeata admisibilă (cm) ;
- q - sarcina uniform distribuită (daN/cm) ;
- P - sarcina utilă (daN) ;
- L - deschiderea (cm).

Ultima relație se referă la grinzile simplu rezemate, cu înălțime variabilă (I_m - momentul de inerție la mijlocul grinzii, iar I_r - momentul de inerție la rezeme).

Relațiile de mai sus, de asemenea nu țin seama de sistemul static, de modul de încărcare și mai ales prima relație nu ține seama de valoarea încălcării. Ele în general corespund pentru grinzile căilor de rulare, grinzile podurilor de șosea, de cale ferată etc. Ele nu corespund tuturor cazurilor de dimensionare eficientă a grinzilor principale pentru podurile rulante, trebuind a se face corectările de rigoare.

In cazul grinzilor principale tip cheson, considerate simplu rezemate, la care momentul încovoitor maxim ($M_{i,max}$), respectiv momentul de torsiune maxim ($M_{t,max}$) nu se găsesc în aceeași secțiune și presupunind că eforturile unitare normale sînt mai defavorabile decît eforturile unitare tangențiale, se ia în considerare doar solicitarea la încovoire față de care se stabilesc elementele secțiunii pornind de la înălțimea de calcul al acestuia în așa fel ca w_x să fie maxim.

Inălțimea de calcul a grinzilor principale tip cheson, pentru podurile rulante tipizate, s-a determinat admitînd anumite rapoarte între elementele secțiunii. Înălțimea calculată, de la caz la caz, a fost majorată sau minorată pentru folosirea secțiunii optimizate a căror înălțime variază din 50 mm în 50 mm.

Plecînd de la suprafața transversală (A) a grinzii principale tip cheson:

$$A = 2A_i + 2A_t \quad (cm^2) \quad (3.8)$$

in care:

A_1 -suprafața transversală a inimii (cm^2).

A_2 -suprafața transversală a tălpii (cm^2).

Si dacă se notează: $A_i = h \cdot t_i = x \cdot A$ (3.9)

$$A_t = B \cdot t = 0,5(A - 2x) = A(0,5 - x) \quad (3.10)$$

Se poate scrie momentul de inerție al secțiunii chesonului sub forma:

$$I_x = \frac{2t_i h^3}{12} + 2A_t \left(\frac{h_t}{2}\right)^2 \quad (\text{cm}^4) \quad (3.11)$$

Admițînd: $h_i \cong 1,02 h$

$$I_x = \frac{A_i \cdot h^2}{B} + 0,52 \cdot A_t \cdot h^2 \quad (\text{cm}^4) \quad (3.12)$$

După înlocuirii succesive, momentul de inerție se poate scrie sub forma :

respectiv: $I_x = A \cdot h^2(1,56 - 2,12 \cdot x) \quad (\text{cm}^4) \quad (3.13)$

Cu care: $I_x = A \cdot h^2(0,26 - 0,353 \cdot x) \quad (\text{cm}^4) \quad (3.14)$

$$W_x = \frac{2I_x}{H} = 1,925 \frac{I_x}{h} = (0,50 - 0,68x)A \cdot h \quad (\text{cm}^3) \quad (3.15)$$

în care: $H \cong 1,04 h$

cu convențional [12] $t_i = \lambda \cdot h^{1/2} \quad (\text{cm}) \quad (3.16)$

atunci: $A_i = h \cdot t_i = \lambda \cdot h^{3/2} = x \cdot A \quad (\text{cm}^2) \quad (3.17)$

din care: $h = \frac{x^{2/3} \cdot A^{2/3}}{\lambda^{2/3}} \quad (\text{cm}) \quad (3.18)$

$\lambda = 0,09$; grinzi simplu rezemate, încărcate direct și puternic solicitate.

$\lambda = 0,07$; grinzi obicșnuite, simplu rezemate, încărcate indirect (în dreptul rigidizărilor), solicitate ușor și normal.

Cu valcarea lui h , se poate obține modulul de rezistență în funcție de suprafață:

$$W_x = 0,5x^{2/3} \cdot \frac{A^{5/3}}{\lambda^{2/3}} - 0,68 \cdot x^{5/3} \cdot \frac{A^{5/3}}{\lambda^{2/3}} \quad (\text{cm}^3) \quad (3.19)$$

Modulul de rezistență maxim se obține prin derivarea lui W_x în raport cu x (coeficientul de proporționalitate a suprafețelor):

$$\frac{dW_x}{dx} = 0 = \frac{2}{3} \cdot 0,5 \cdot x^{-1/3} - \frac{5}{3} \cdot 0,68 \cdot x^{2/3} \quad (3.20)$$

de unde: $x = \frac{1,00}{3,40} = 0,294 \quad (3.21)$

Deci, suprafața secțiunii transversale a unei inimi va fi:

$$A_i = 0,294 \cdot A \text{ (cm}^2\text{)} \quad (3.22)$$

respectiv, a celor două inimi:

$$2A_i = 0,588 A \text{ (cm}^2\text{)} \quad (3.23)$$

În ce privește suprafața transversală a tălpii:

$$A_t = (0,5 - 0,294) A = 0,206 A \text{ (cm}^2\text{)} \quad (3.24)$$

respectiv:

$$A_t = 0,206 (2 \cdot h \cdot t_i + 2 \cdot A_t) \text{ (cm}^2\text{)} \quad (3.25)$$

după înlocuirea:

$$A = \frac{h \cdot t_i}{x}$$

rezultă:

$$A_t = 0,206 \frac{h \cdot t_i}{0,294} = 0,7 \cdot \lambda \cdot h^{3/2} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (3.26)$$

Pentru realizarea unei secțiuni cheșonate cu rigiditate maximă și în plan orizontal (fig. 3.3), fără a periclita stabilitatea locală a tălpii, este necesară o lățime maximă a tălpii (B).

după [55], avem:

atunci: $b \leq 60 \cdot t \quad (3.27)$

$$B \leq 65 \cdot t \quad (3.28)$$

respectiv:

$$t \geq \frac{B}{65} \quad (3.29)$$

Cu această valoare se obține:

$$A_t = B \cdot t = \frac{B^2}{65} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (3.30)$$

egalind relația (3.30) cu relația (3.26), se obține:

$$B^2 \leq 45,5 \lambda \cdot h^{3/2} \quad (3.31)$$

respectiv:

$$B \leq 6,745 \cdot \lambda^{1/2} \cdot h^{3/4} \quad (3.32)$$

În acest caz, propoziția tălpii, devine:

$$t \geq 0,1 \cdot \lambda^{1/2} \cdot h^{3/4} \text{ (cm)} \quad (3.33)$$

Așadar, admitînd anumite rapoarte între elementele secțiunii, pe cale analitică s-a putut determina valorile lor.

Conform unor norme și date din literatura tehnică de specialitate, tipul secțiunii cheson este definit prin raportul:

$$p = \frac{h}{b} \quad (3.34)$$

și anume:

$$\begin{aligned} p=3-3,5 & \rightarrow \text{chesoane înguste} \\ p=1,3-2,0 & \rightarrow \text{chesoane semilate} \\ p=1,0-1,2 & \rightarrow \text{chesoane late} \end{aligned} \quad (3.35)$$

După calculul analitic a elementelor chesonului rezultă că raportul:

$$p = \frac{1,1h}{B} = \frac{1,1 \cdot h}{6,745 \lambda^{1/2} h^{3/4}} = 0,16 \frac{h^{1/4}}{\lambda^{1/2}} \quad (3.36)$$

Înlocuind pe h cu valorile înălțimilor tipizate și admitând de început $\lambda = 0,07$ (din construcțiile industriale), rezultă:

$$1,9477 < p < 2,3161 \quad (3.37)$$

Așadar, secțiunile tip cheson optimizate, folosite la grinzile principale ale podurilor rulante de us general (CUP) se încadrează între secțiunile cu chesoane semilate, respectiv înguste care se consideră ca fiind cele mai eficiente.

3.2 Înălțimea optimă a grinzilor principale (CUP), cu consum minim de metal

Din relațiile cunoscute rezultă că înălțimea optimă a grinzilor principale tip cheson, depinde de:

- solicitare;
- grosimea inimilor (cu cât grosimea inimilor este mai mare, cu atât înălțimea poate fi mai mică);
- distanța dintre nervurile transversale de rigidizare (cu cât acestea sînt mai dense cu atât înălțimea poate să scadă);

- forma diagramei momentului de încovoiere.

De modul cum se stabilesc aceste elemente depinde înălțimea optimă a secțiunii grinzilor principale.

3.2.1 Determinarea înălțimii optime a secțiunii grinzii principale

Varianta A.

Dacă se consideră că grinda principală este alcătuită din cele două tălpi, două inimi și că rigidizările din interior (fig. 3.3). aparțin inimilor, greutatea totală, este:

$$G_{tot} = 2G_i + 2G_t \quad (daN) \quad (3.38)$$

in care:

G_1 - greutatea unei inimi, inclusiv rigidizările sudate pe ea.

G_2 - greutatea unei tălpi

a) Greutatea inimi cu nervuri de rigidizare transversale ($G_{i.tr.}$)

Dupe [55] greutatea inimi, inclusiv a nervurilor de rigidizare transversală ($G_{i.tr.}$) executate la distanța $a_v = \alpha \cdot h$, se determină cu relația:

$$G_{i.tr.} = \gamma \cdot L \cdot t_i \cdot h \cdot \psi_{i.tr.} \quad (3.39)$$

in care:

$\psi_{i.tr.}$ - coeficient constructiv al inimi (care ține seama de rigidizările verticale ale inimi, plasate la distanța $a_v = \alpha \cdot h$)

Valoarea acestui coeficient se determină cu relația:

$$\psi_{i.tr.} = 1 + \frac{V_{r.tr.}}{V_i} \quad (3.40)$$

in care:

$V_{r.tr.}$ - volumul unei rigidizări transversale

V_i - volumul unui panou al inimi cuprins între două nervuri de rigidizare transversală.

Volumul panoului V_i , se determină cu relația:

$$V_i = h \cdot t_i \cdot a_v \quad (cm^3) \quad (3.41)$$

Considerăm: $t_i = \lambda \cdot h^{1/2} \quad (cm)$

$$V_i = h \cdot \lambda \cdot h^{1/2} \cdot \alpha \cdot h = \alpha \cdot \lambda \cdot h^{5/2} \quad (cm^3) \quad (3.42)$$

Volumul nervurii de rigidizare transversală, se determină cu relația:

$$V_{r.tr.} = b_{r.tr.} \cdot t_{r.tr.} (h + 0,5b) \quad (cm^3) \quad (3.43)$$

Observație:

$0,5 \cdot b$, reprezintă distanța (de la mijlocul deschiderii) dintre două nervuri de rigidizare transversală, în planul secțiunii.

Dacă se admite lățimea nervurii de rigidizare transversală:

să:

$$b_{r.tr.} = \frac{h}{30} + 40 \text{ mm} \quad (3.44)$$

sau:

$$b_{r.tr.} \cong 0,75 \cdot h^{1/2} \quad (cm) \quad (3.45)$$

iar grosimea nervurii de rigidizare transversală:

$$t_{r.tr} = \frac{b_{r.tr}}{15} = 0,05 \cdot h^{1/2} \text{ (cm)} \quad (3.46)$$

și dacă se înlocuiesc în relația (3.43), se obține:

$$V_{r.tr} = (0,75 \cdot h^{1/2}) (0,05 \cdot h^{1/2}) (h + 0,5 \cdot 6,745 \cdot \lambda^{1/2} \cdot h^{3/4}) = \\ 0,0375 h^2 + 0,1265 \cdot \lambda^{1/2} \cdot h^{7/4} \text{ (cm}^3\text{)} \quad (3.47)$$

Înlocuind valoarea lui $V_{r.tr}$ în relația 3.40, se obține:

$$\Psi_{i.tr} = 1 + \frac{0,0375 \cdot h^2 + 0,1265 \cdot \lambda^{1/2} \cdot h^{3/4}}{\alpha \cdot \lambda \cdot h^{5/2}} \quad (3.48)$$

Cu această valoare, greutatea inimii cu nervuri de rigidizare transversale este:

$$G_{i.tr} = \gamma \cdot L \left(\lambda \cdot h^{3/2} + \frac{0,0375 \cdot h}{\alpha} + \frac{0,1265 \cdot \lambda^{1/2} \cdot h^{3/4}}{\alpha} \right) \quad (3.49)$$

b) Greutatea inimii cu nervuri de rigidizare transversale și longitudinale ($G_{i.tr.l}$)

În cazul grinzilor principale, la care pe lângă nervurile de rigidizare transversale se găsesc și nervuri de rigidizare longitudinale în pancoul comprimat, valoarea coeficientului constructiv ($\Psi_{i.tr.l}$) devine:

$$\Psi_{i.tr.l} = 1 + \frac{V_{r.tr} + V_{r.l}}{V_i} \quad (3.50)$$

în care:

$V_{r.l}$ - volumul nervurilor de rigidizare longitudinale.

Plecând de la valoarea momentului de inerție limită a nervurii de rigidizare longitudinală [80]:

$$I_{r.l} \leq 3 \cdot h \cdot t_i^3 \text{ (cm}^4\text{)} \quad (3.51)$$

și comparând această valoare cu momentul de inerție limită a nervurii de rigidizare transversală:

$$I_{r.tr} \leq 3,5 \cdot h \cdot t_i^3 \text{ (cm}^4\text{)} \quad (3.52)$$

se obține:

$$\frac{I_{r.l}}{I_{r.tr}} \cong 0,857$$

Deci, volumul nervurii de rigidizare longitudinală, va fi:

$$V_{r.l} = 0,857 \cdot b_{r.tr} \cdot t_{r.tr} \cdot a_v \quad (cm^3) \quad (3.54)$$

Facând înlocuirile respective, se obține:

$$V_{r.l} = 0,857 \cdot 0,75 \cdot h^{1/2} \cdot 0,05h^{1/2} \cdot a \cdot h = 0,032a \cdot h^2 \quad (cm^3) \quad (3.55)$$

Iar coeficientul constructiv:

$$\psi_{i.tr.l} = 1 + \frac{0,0375h^2 + 0,03346h^{7/4} + 0,032a \cdot h^2}{a \cdot \lambda \cdot h^{5/2}} \quad (3.56)$$

Deci, greutatea inimii cu nervuri de rigidizare transversale și longitudinale, este:

$$G_{i.tr.l} = \gamma \cdot L \left(\lambda h^{3/2} + \frac{0,0375h^2}{a} + \frac{0,03346h^{3/4}}{a} + 0,032h \right) \quad (daN) \quad (3.57)$$

c) Greutatea tălpii

$$G_t = \gamma \cdot L \left(\frac{M_{i,max} - M_i}{h_i \cdot \tilde{\sigma}_a} \right) \psi_t \quad (daN) \quad (3.58)$$

în care:

$M_{i,max}$ - momentul maxim de încovoiere.

$$M_{i,max} = \tilde{\sigma}_a \cdot W_{x,nec} \quad (daN \cdot cm)$$

M_i - momentul de încovoiere preluat de inimile grinzii principale, avind valoarea:

$$M_i = 2W_i \cdot \tilde{\sigma}_i \quad (daN \cdot cm) \quad (3.59)$$

în care: $\tilde{\sigma}_i$ - efortul unitar normal la nivelul muchiei inimii, avind valoarea:

$$\tilde{\sigma}_i = \frac{h}{H} \cdot \tilde{\sigma}_a = \frac{h}{1,04 \cdot h} \cdot \tilde{\sigma}_a = 0,96 \tilde{\sigma}_a \quad (daN/cm^2) \quad (3.60)$$

înlocuind:

$$M_i = \tilde{\sigma}_i \cdot \frac{2 \cdot t_i \cdot h^2}{6} = 0,96 \tilde{\sigma}_a \cdot \frac{(\lambda \cdot h^{1/2}) h^2}{3} = 0,32 \cdot \lambda \cdot h^{5/2} \cdot \tilde{\sigma}_a \quad (daN \cdot cm) \quad (3.61)$$

ψ_t - coeficient constructiv, care pentru tălpile sudate și cu secțiune constantă, fără alăbiri [55] are valoarea: 1,0.

Înlocuind valorile de mai sus, se obține:

$$G_t = \gamma \cdot L \left(0,99 \frac{W_{x,nec}}{h} - 0,3168 \lambda \cdot h^{3/2} \right) \quad (daN) \quad (3.62)$$

Deci, greutatea totală a grinzii principale cu nervuri de rigidizare transversale, este:

$$G_{tot.tr} = \gamma \cdot L \left(1,3664 \lambda \cdot h^{3/2} + \frac{0,075 \cdot h}{L} + \frac{0,066920 \cdot h^{3/4}}{L} + 1,98 \frac{W_{x.nec}}{h} \right) (daN) \quad (3.63)$$

Iar greutatea totală a grinzii principale cu nervuri de rigidizare transversale și longitudinale, este:

$$G_{tot.tr.l} = \gamma \cdot L \left(1,3664 \lambda \cdot h^{3/2} + \frac{0,075 \cdot h}{L} + \frac{0,066920 \cdot h^{3/4}}{L} + 0,064h + 1,98 \frac{W_{x.nec}}{h} \right) (daN) \quad (3.64)$$

d) Greutatea minimă a grinzii principale

Derivind greutatea totală a grinzii principale în raport cu înălțimea, se obține ecuația înălțimii optime pentru care greutatea este minimă.

Pentru grinda principală cu nervuri de rigidizare transversale:

$$\frac{dG_{tot.tr}}{dh} = 0 = 1,035 \lambda \cdot h^{5/2} + \frac{0,0378 h^2 + 0,02535 h^{7/4}}{L} - W_{x.nec} \quad (3.65)$$

Iar pentru grinda principală cu nervuri de rigidizare transversale și longitudinale:

$$\frac{dG_{tot.tr}}{dh} = 0 = 1,035 \lambda \cdot h^{5/2} + \frac{0,0378 h^2 + 0,02535 h^{7/4} + 0,0323 h}{L} - W_{x.nec} \quad (3.66)$$

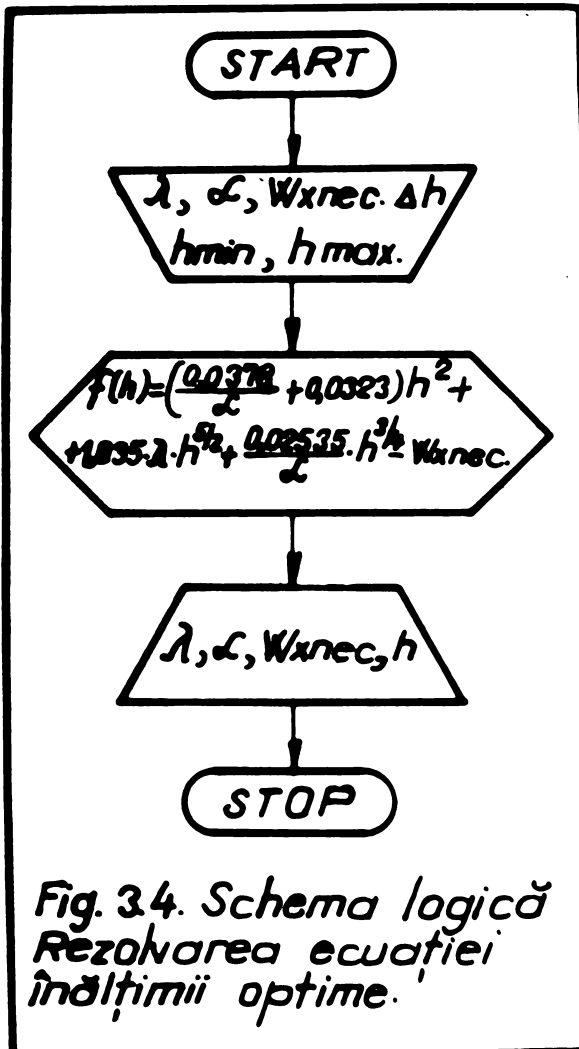


Fig. 3.4. Schema logică Rezolvarea ecuației înălțimii optime.

Cunoscând valoarea $W_{x.nec}$ din încărcările asupra grinzii principale și admitând o anumită valoare pentru raportul λ respectiv pentru L după schema logică reprezentată în fig. 3.4, se poate determina înălțimea optimă a secțiunii și în funcție de aceasta, se pot determina celelalte valori ale secțiunii tip cheson.

- h_{min} și h_{max} se fixează ca limite ale unui interval în care se găsește h .
- Δh - pasul
- ecuațiile înălțimii optime se rezolvă ca ecuații transcendentă printr-o apelare a unui program existent în biblioteca matematică.

În secțiunile optimizate rezultă $\lambda = 0,065 - 0,07$

C a doua cale, mai simplă pentru determinarea înălțimii optime a secțiunii grinzii principale se prezintă mai jos:

Dimensionând grinda principală la limită ($\sigma_{\text{cale}} \approx \sigma_0$) înseamnă realizarea unui anumit modul de rezistență (γ), modul pe care l-am obținut determinând înălțimea optimă a grinzii principale în ipoteza greutateii minime al acesteia.

S-a considerat că greutatea unei unități din lungimea grinzii principale este:

$$\text{în care: } G = G_t + G_i \quad (\text{daN}) \quad (3.67)$$

$$G_t = 2A_t \cdot \gamma \quad (\text{daN}) \quad (3.68)$$

$$G_i = 2\beta \cdot t_i \cdot h \cdot \gamma \quad (\text{daN}) \quad (3.69)$$

G_t - greutatea celor două tălpi (daN)

A_t - suprafața transversală a unei tălpi (cm²)

G_i - greutatea celor două inimi ale grinzii principale (daN)

γ - greutatea specifică (daN/cm³)

t_i - grosimea ambelor inimi (cm)

β - coeficient constructiv care depinde de greutatea nervurilor de rigidizare. În cazul nervurilor de rigidizare transversală [12] $\beta = 1,2$, iar în cazul nervurilor de rigidizare transversale și longitudinale, $\beta = 1,3$.

Din momentul de inerție al secțiunii (3.11) se obține:

$$A_t = \frac{W_x}{h} - \frac{t_i \cdot h}{6} \quad (\text{cm}^2) \quad (3.70)$$

Substituind valoarea lui A_t , în relația (3.68), și apoi înlocuind relațiile (3.68) și (3.69) în (3.67), respectiv ordonând termenii, se obține:

$$G = \gamma \left(2 \frac{W}{h} - \frac{t_i \cdot h}{3} + \beta \cdot t_i \cdot h \right) \quad (3.71)$$

După cum s-a mai precizat, înălțimea optimă a grinzii principale pentru care greutatea ei este minimă se determină derivând greutatea G , în raport cu înălțimea h :

$$\frac{dG}{dh} = 0 = \gamma \left(-2 \frac{W}{h^2} - \frac{t_i \cdot h}{3} + \beta \cdot t_i \right) \quad (3.72)$$

din care:

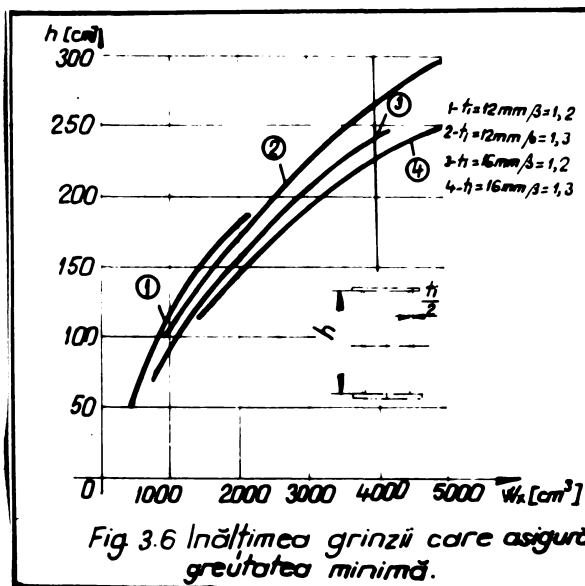
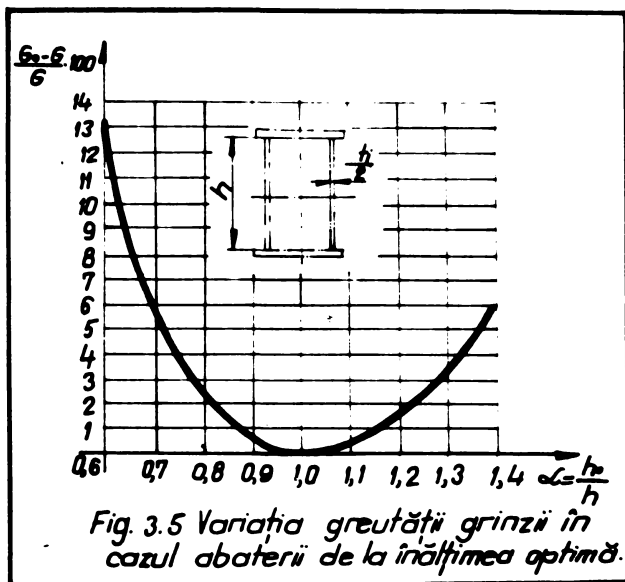
$$h^2 = \frac{2W}{t_i(\beta - \frac{1}{3})} \text{ respectiv } h = \sqrt{\frac{2W}{t_i(\beta - \frac{1}{3})}} \quad (\text{cm}) \quad (3.73)$$

În fig. 3.5, este reprezentată grafic variația înăl-

țării optime (h).

Deci, greutatea unei unități din lungimea grinzii principale cu înălțimea optimă este:

$$G = \gamma \cdot h \left[\frac{2 W_{nec}}{h^2} + t_i \left(\beta - \frac{1}{3} \right) \right] = 2 \gamma \cdot h \cdot t_i \left(\beta - \frac{1}{3} \right) \quad (\text{daN}) \quad (3.74)$$



Dacă înălțimea optimă calculată se găsește într-un domeniu dintre două înălțimi modulate ale secțiunilor optimizate, atunci înălțimea optimă calculată se înlocuiește cu înălțimea h_0 imediat superioară. În acest caz:

$$G_0 = \gamma \cdot h_0 \left[\frac{2 W_{nec}}{h_0^2} + t_i \left(\beta - \frac{1}{3} \right) \right] \quad (\text{daN}) \quad (3.75)$$

este:

$$\frac{G_0}{G} = \frac{h_0}{2h} \left[\frac{2 W_{nec}}{h_0^2 \cdot t_i \left(\beta - \frac{1}{3} \right)} + 1 \right] = \frac{h}{2h} \left(\frac{h^2}{h_0^2} + 1 \right) \quad (3.76)$$

~adă se notează: $\frac{h_0}{h} = \alpha$

rezultă:

$$\frac{G_0}{G} = \frac{\alpha}{2} \left(\frac{1}{\alpha^2} + 1 \right) = \frac{\alpha^2 + 1}{2\alpha} \quad (3.77)$$

iar diferența este:

$$\frac{G_0 - G}{G} \cdot 100 = \frac{1 - \mathcal{L}^2}{2\mathcal{L}} \cdot 100 \% \quad (3.78)$$

Curba (3.78) este reprezentată grafic în fig. 3.6.

Se observă că variația greutatei grinzii principale funcție de înălțimea ei se modifică treptat; la o abatere a înălțimii grinzii principale cu 20% față de valoarea înălțimii optime greutatea grinzii principale crește cu cel mult 2,5%.

Varianta C

Se impune condiția de stabilitate $\sigma_{max} \leq \sigma_{st}$ și de stabilitate $\mathcal{L} \leq \frac{L}{750}$ și se cere să se determine dimensiunile folosite în programa de calcul B 752.101-2-3

$$h_{nec} = \frac{755 \cdot \tilde{\sigma}_a}{48 \cdot E \cdot M_v \cdot L} (L-a) [3L^2 - (L-a)^2] \quad (cm) \quad (3.79)$$

$$I_{x,nec} = \frac{M_v \cdot h \cdot 10^4}{2 \tilde{\sigma}_a} \quad (cm^4) \quad (3.80)$$

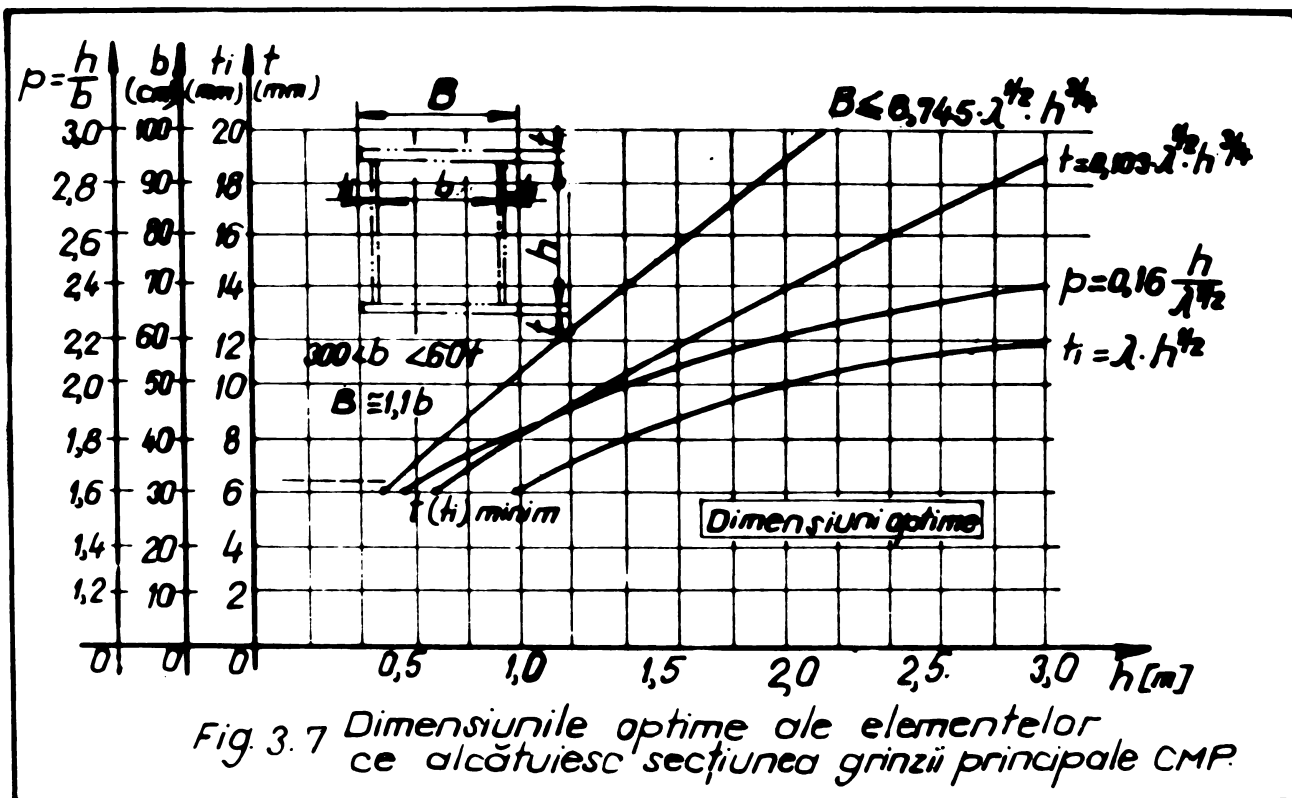


Fig. 3.7 Dimensiunile optime ale elementelor ce alcătuiesc secțiunea grinzii principale CMP.

Alegerea unei secțiuni optimizate, cu o anumită înălțime apropiată de înălțimea optimă de calcul s-a făcut pe baza următorului raționament: O secțiune cu înălțime mărită nu este rațională, dar și o secțiune cu înălțime redusă poate duce la valori mărite ale săgeții, respectiv la o durată îndelungată de amortizare a oscilațiilor, deși din punct de vedere gabaritit este justificată.

Dimensiunile care alcătuiesc secțiunea grinzilor principale tipizate „Ediția 77” au fost stabilite cu relațiile reprezentate în fig. 3.7, admitând $\lambda = 0,065-0,07$.

3.3 Optimizarea secțiunilor tip cheson pentru grinzile principale ale podurilor rulante

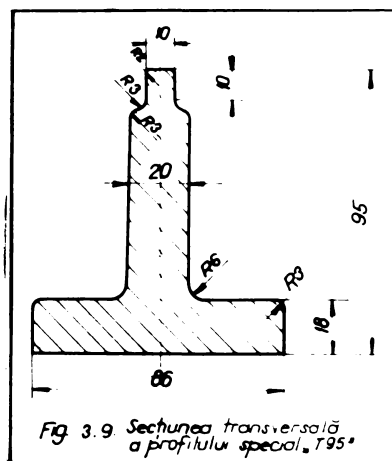
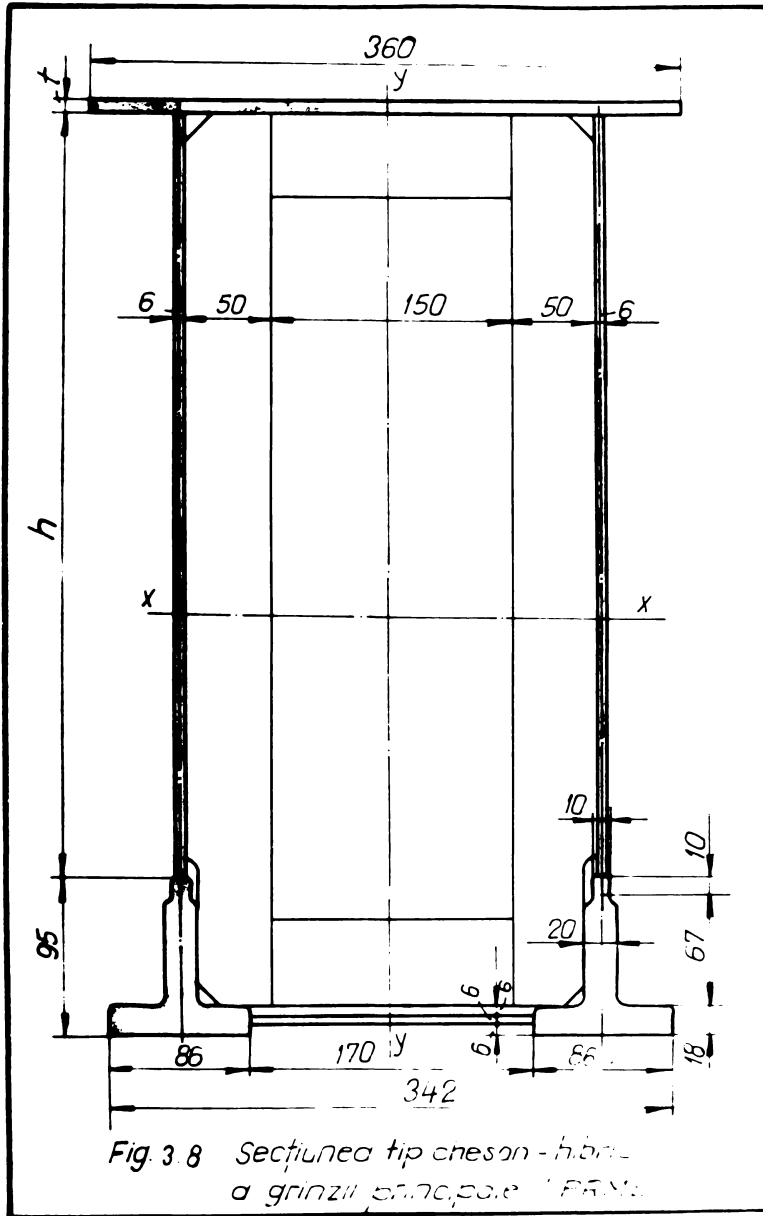
Grinzile principale ale podurilor rulante în principal sînt supuse solicitărilor în ambele planuri; vertical, în general din încălcările verticale, și orizontal din forțele de inerție, tamponări etc. Desigur principala solicitare este cea în plan vertical.

3.3.1 Optimizarea secțiunilor tip cheson la grinzile principale PRME

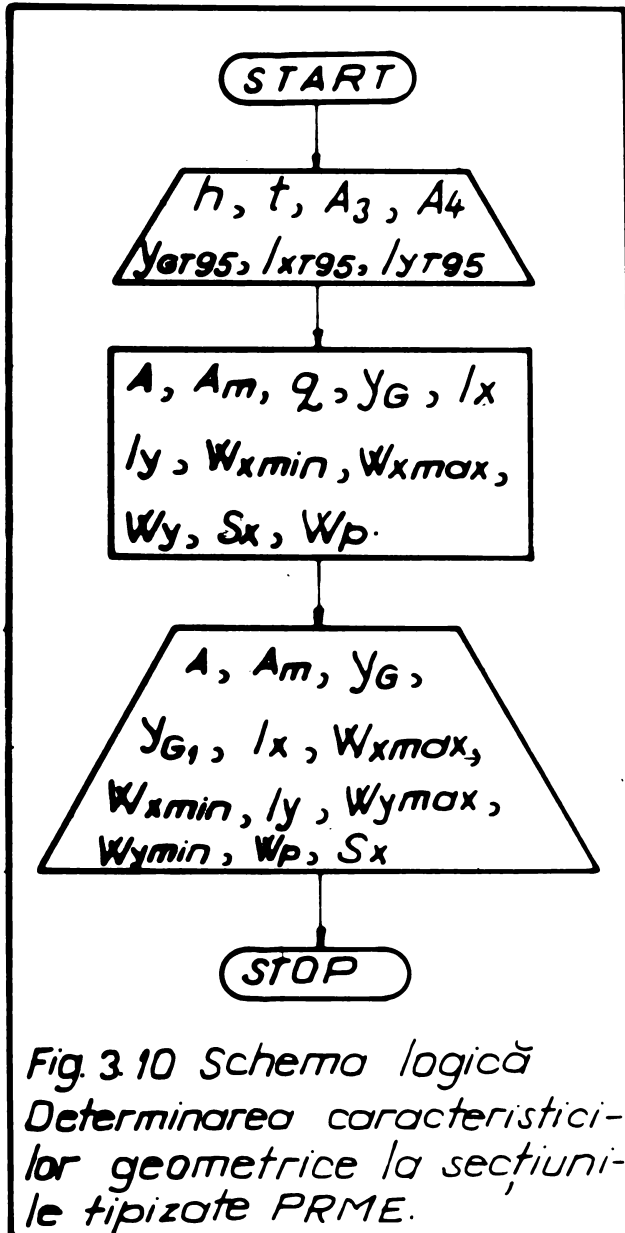
Optimizarea secțiunilor la grinzile principale PRME s-a făcut, nu atât de mult prin modificare de formă, cît prin alcătuirea secțiunii din tablă de oțel Ol.37, respectiv din profile speciale „T.95” din oțel Ol.52.

Din secțiunea grinzii principale PRME (fig. 3.8) elementul cel mai puternic și mai complex solicitat este talpa inferioară pe care rulează căruciorul - electropalan. Ori, chiar talpa inferioară a secțiunii este alcătuită din două profile speciale „T.95” din oțel Ol.52 (fig. 3.9) și dintr-o platbandă de legătură din oțel Ol.37. În rest, talpa superioară, cele două inimi și nervurile de rigidizare sînt din oțel Ol.37. Deci, secțiunea astfel obținută este o secțiune hibrid, deosebit de propice pentru solicitările specifice la care grinda principală a podurilor rulante monogrindă cu electropalan este supusă, fără a mai ține seama de duritatea mărită a suprafeței de rulare, sau de posibilitatea înlocuirii roților de rulare conice (care rulează pe talpa profilului I) cu roți de rulare cilindrice care se comportă mult mai bine în exploatare.

În scopul de a nu folosi mai multe feluri de cărucioare port-electropalan, lățimile secțiunii grinzilor principale, ca și grosimea inimilor sînt constante; variază doar înălțimea inimilor și grosimea tălpii superioare.



Adoptând diferite valori pentru aceste elemente, conform schemei logice reprezentată în fig. 3.10 s-au obținut caracteristicile statice dorite, în acest fel, în secțiunile hibrid,



sporul caracteristicilor mecanice pe care le oferă talpa inferioară, compensează solicitarea diferită a celor două tălpi, respectiv talpa inferioară este capabilă să preia și efortul din încovoierea locală. În plus, înălțimea profilului special este suficientă pentru ca efortul din îmbinarea sudată cap la cap a celor două inimi cu profilele speciale „T.95” să nu depășească efortul admisibil corespunzător oțelului 01.37.

3.3.2 Optimizarea secțiunilor tip cheson pentru grinziile principale GMP

Prin optimizarea secțiunilor tip cheson pentru grinziile principale GMP (fig. 3.11) s-a pornit de la secțiunile ale căror raport (p) dintre înălțimea inimii (h) și lățimea tălpii (B), are o anumită valoare ($p \geq 2$) corespunzătoare condițiilor de funcționare, îndeosebi vitezei de translație a podului rulant.

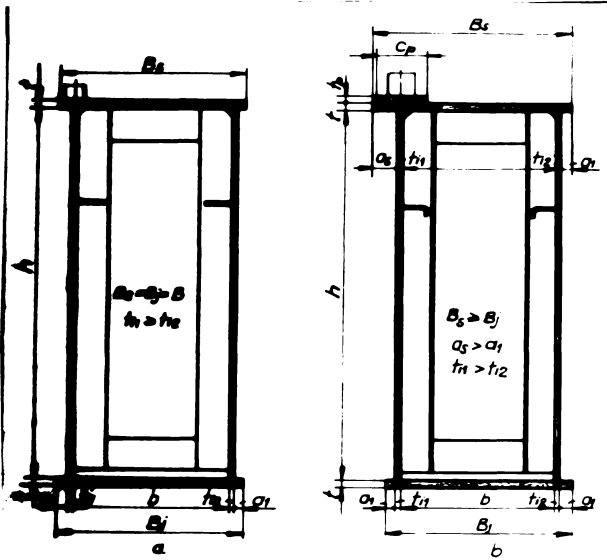


Fig. 3.11 Secțiunea grinzii principale CMP
a - simetrică
b - asimetrică

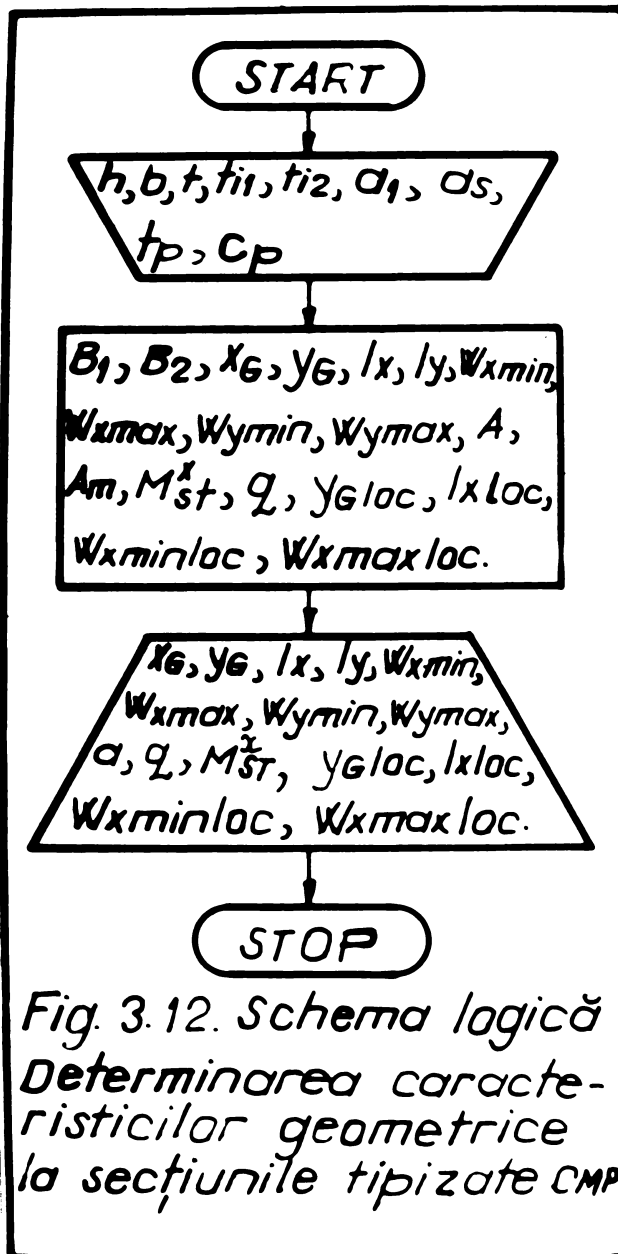


Fig. 3.12. Schema logică
Determinarea caracteristicilor geometrice la secțiunile tipizate CMP

În al doilea rând, optimizarea s-a făcut pe seama variației de grosimi ale tălpilor și inimilor grinzii principale.

După cum se vede în schema logică prezentată în fig. 3.12, calculatorul s-a furnizat dimensiunile variabile ale elementelor ce compun secțiunea, pe care calculatorul, conform relațiilor din anexa III, le-a prelucrat și le-a tipărit.

Ideea călăuzitoare în optimizarea secțiunilor tip cheson a fost de a se obține caracteristici statice superioare prin consum redus de metal.

Pe raportul $\lambda \geq 2$, încădreză chesoanele cu secțiuni optime unelva între chesoanele semilate și cele înguste (înalte). S-a considerat că, chesoanele înalte se folosesc numai când solicitările în plan orizontal sunt mici (ca urmare vitezelor de translație ale roților rulante sub 63 m/min.). În alte părți s-a considerat că, chesoanele semilate sînt indicate pentru grinzile principale ale podurilor rulante cu viteză de deplasare mare (peste 100 m/min.). Ori, cu viteza de deplasare a podurilor rulante tipizate este

de 80 m/min, s-a considerat că raportul $p \geq 2$ corespunde, și din acest punct de vedere.

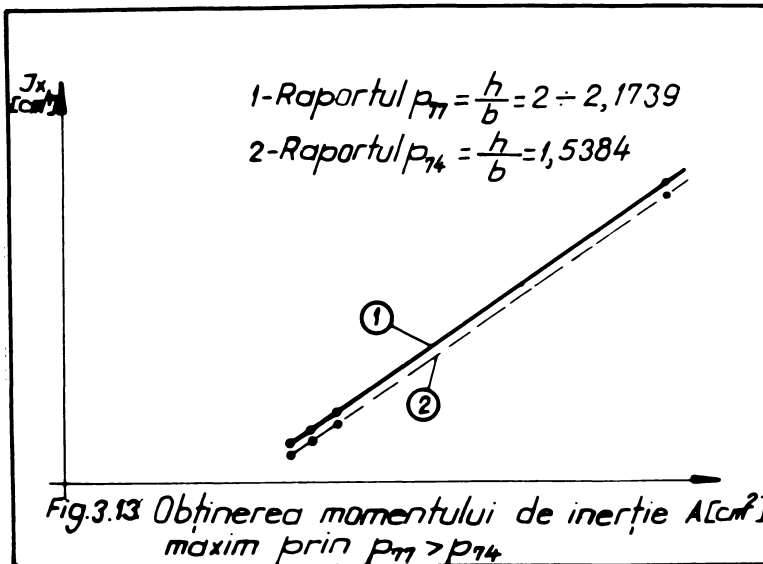
În cele ce urmează, prin câteva exemple se va dovedi creșterea momentului de inerție a secțiunilor tip cheson stabilite cu ocazia retipizării „Ediția 77” având raportul $p_{77} \geq 2$ în comparație cu raportul $p_{74} < 2$ folosit la tipizarea din anul 1974.

Valoarea principalelor caracteristici geometrice obținute cu ocazia tipizării „Ediția 77” față de 1974

Tabelul 3.4

Ediția 74							Ediția 77						
h	t_1	t	b	A	I_x	W_x	h	t_1	t	b	A	I_x	W_x
mm			cm ²	cm ⁴	cm ³	mm			cm ²	cm ⁴	cm ³		
900	6	8	600	204	270776	5912	1050	6	8	500	206	339640	6372
1000	6	8	650	224	364182	7169	1150	6	8	550	226	447104	7669
1100	6	8	700	244	476852	8546	1250	6	8	600	246	575133	9086
1700	⁸ / ₁₀	12	1000	546	2497302	29983	1850	⁸ / ₁₀	12	900	549	2610919	30117

În tabelul 3.4 sînt prezentate cîteva cazuri din care rezultă creșterea valorică a momentului de inerție, respectiv a



modulului de rezistență funcție de raportul „p”, la grosimi de tălpi și de inimi, respectiv la suprafețe transversale egale în cele două etape de tipizare (1974 și 1977).

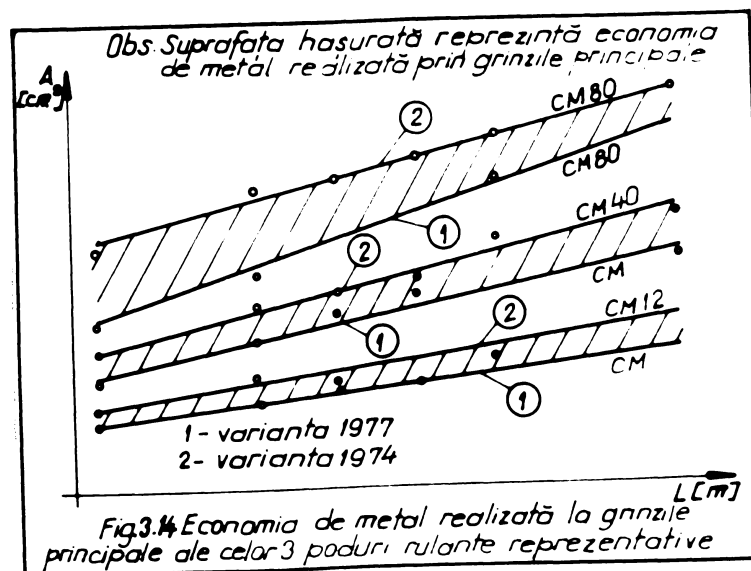
Grafic, momentului de inerție a secțiunilor alcătuite după raportul „p” cu valori diferite (p_{74} și p_{77}) variază ca în fig. 3.13.

Printr-o recotiere în evidență a economiei de metal, folosind secțiunile de chegon cu $p_{77} \geq 2$, s-au extras caracte-

Comparatie între principalele caracteristici geometrice a 3 poduri rulante (la unele deschideri de bază) realizate cu oțelul tipicoci. Edifiu 77, pag. 25. Tabelu. 3.5

Q+f / L(m)	Edifiu 74			Edifiu 77		
	A cm ²	I _x cm ⁴	W _x cm ³	A cm ²	I _x cm ⁴	W _x cm ³
12/10	156	124531	3479	126	79421	2385
12/16	204	270776	5912	160	155662	3815
12/19	204	270776	5912	180	221307	4832
12/22	224	364182	7169	200	303217	5969
12/25	244	476852	8546	220	403191	7286
12/31	316	906153	13730	260	604530	10099
40/10	264	345640	7514	204	293105	6043
40/16	342	779450	12778	271	547485	9359
40/19	372	891446	14566	312	814060	12334
40/22	400	1119201	16906	343	1101745	14990
40/25	456	1684544	22107	360	1240800	16432
40/31	546	2497302	29983	423	1849981	22102
80/10	442	957153	18394	308	633092	11225
80/16	556	1932574	28834	397	1257383	18197
80/19	574	2249568	31302	457	1507540	20400
80/22	607	2693399	31258	512	2073233	25470
80/25	640	3191822	39017	552	2649951	29771
80/31	721	4502896	49020	617	3677375	37183

isticile statice ale secțiunilor pentru grinzi principale aparținând podurilor rulante reprezentative cu sarcina de 12,5 tf;



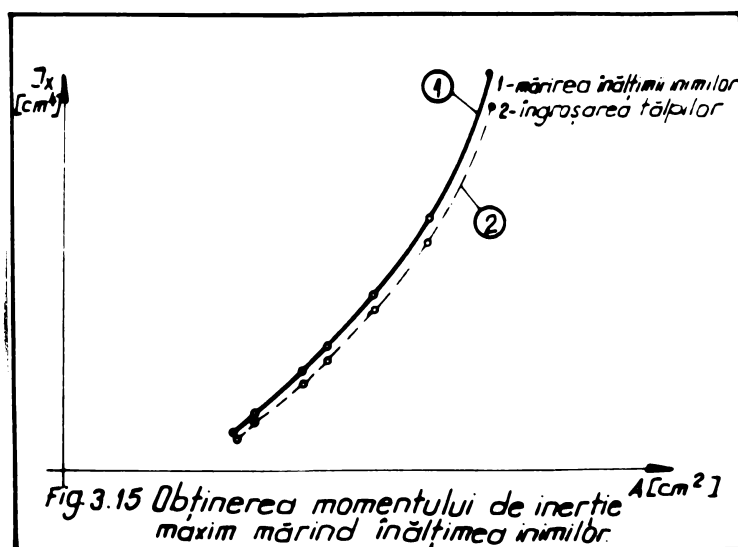
40 tf și 50 tf (tabelul 3.5), din grupa de funcționare II, corespunzătoare deschiderilor de bază. Aceste valori transpuse grafic în fig. 3.14 reprezintă variația consumului de metal; zona hăgurată dintre perechile de curbe cu p_{77} , respectiv cu p_{71} , reprezintă la nouă economia de metal realizată prin golocirea che-soanelor tipizate „Ediția 77” la grinzile principale.

Cresterea momentului de inerție prin mărirea înălțimii inimilor respectiv prin îngroșarea tălpilor.

Tabelul 3.6

Mărirea înălțimii inimilor					Îngroșarea tălpilor						
h	t_1	t_2	t	A	I_x	h	t_1	t_2	t	A	I_x
mm				cm ²	cm ⁴	mm				cm ²	cm ⁴
800	6	6	8	160	155662	750	6	6	10	160	143273
1000	6	6	6	180	251807	900	6	6	8	180	221307
1150	6	6	8	226	447104	1050	6	6	10	226	396671
1400	8	6	12	364	1157525	1300	8	6	16	364	1041947
1550	6	6	16	426	1843853	1450	6	6	18	426	1662596
1200	6	6	10	264	612040	1100	6	6	12	264	541175
1300	8	6	10	312	814060	1200	8	6	12	312	730437

În tabelul 3.6 sînt prezentate valorile momentului de inerție realizate prin mărirea înălțimii, respectiv prin îngroșarea tălpilor pentru câteva cazuri reprezentative.



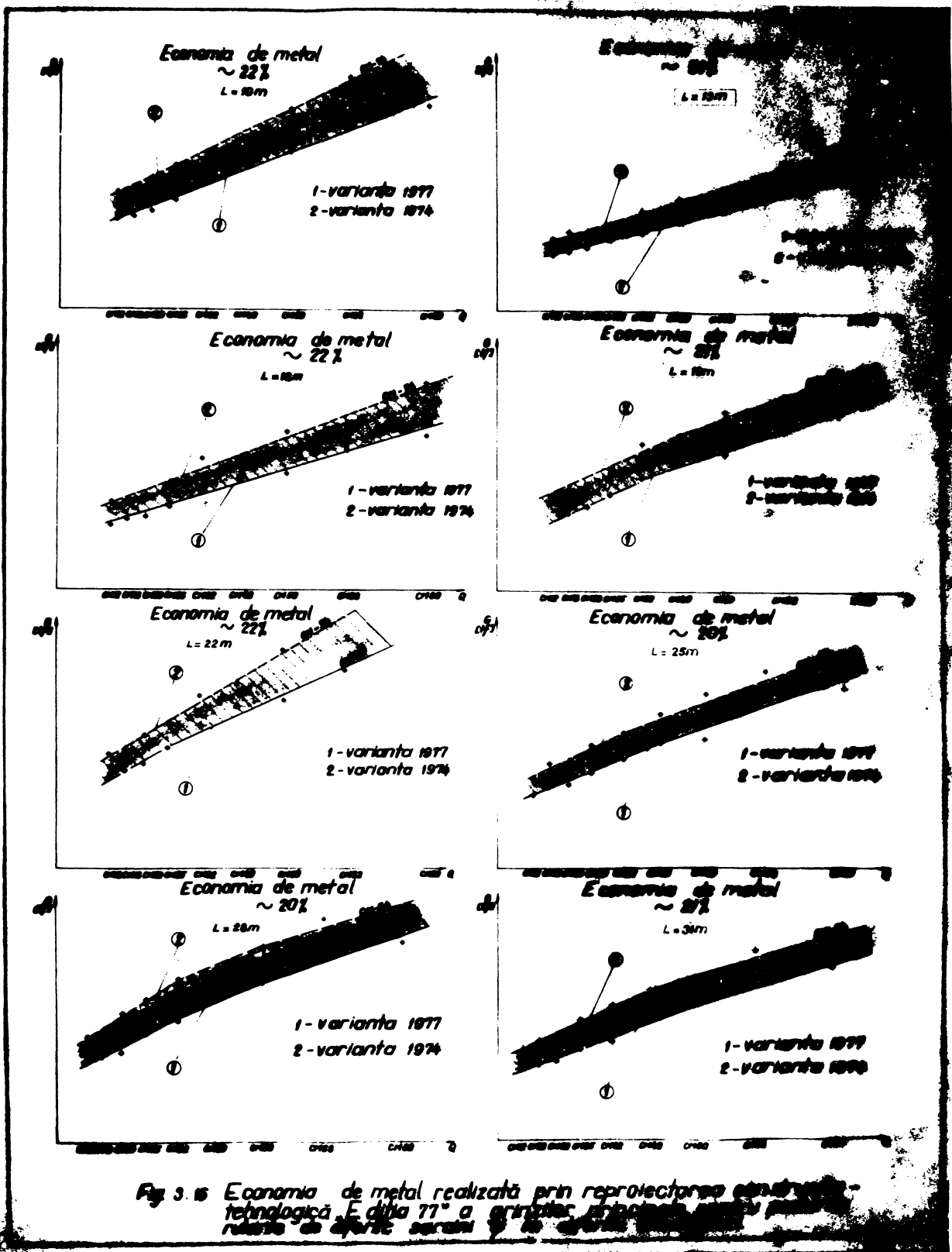


Fig. 3.15 Economia de metal realizată prin restructurarea constructiv-
tehnologică. E din 77° a grinzilor principale pentru
realizate de diferite secțiuni și în diferite lungimi.

Reprezentarea grafică a creșterii momentului de inerție, corespunzătoare măririi înălțimilor inimilor (curba 1) față de îngroșarea tălpilor (curba 2) este ilustrată în fig. 3.15; grosimea inimilor, respectiv suprafața secțiunii transversale corespunzătoare celor două rapoarte p_{74} și p_{77} au aceleași valori.

Se observă că la cheoanele cu suprafața secțiunii transversale mărită diferența momentelor de inerție pentru cele două cazuri, devine mai mare. Diferența de greutate la grinzi principale realizate cu secțiuni optimizate, Ediția 77^o pe tipuri de construcții metalice (CM.12 și CM.80) și deschidere de bază (L) este reprezentată în fig. 3.16.

Zona hașurată dintre curbele pereche (curba 1 corespunzând raportului p_{77} , și curba 2 corespunzând raportului p_{74}) reprezintă, la scară diferența de greutate a grinzilor principale aparținând nodurilor rulante de uz general tipizate prin cele două etape (1974 și 1977); diferența de greutate, în toate cazurile, este semnificativă.

3.4 Stabilirea formei și dimensiunilor geometrice ale grinzilor principale CMP

Forma grinzilor principale, la partea inferioară, în general trebuie să urmărească aproximativ forma pe care o dă variația momentului încovoietor (fig. 3.17).

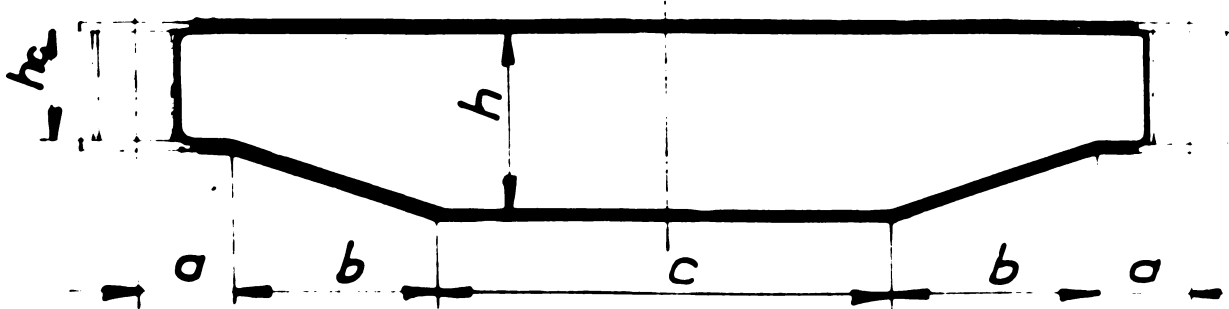


Fig. 3.17 Forma dimensională a grinzii principale (CMP)

Admițând că înfășurătoarea momentelor încovoietoare este aproximativ o parabolă, forma eficientă a grinzii principale la partea inferioară, din punct de vedere al greutateii, este forma curbată. În acest fel se asigură o secțiune cu înălțime variabilă, urmărind conturul momentelor încovoietoare. Însă din cauza manoperei în plus, forma curbată a fost înlocuită printr-o formă cu pantă la cele două capete, care îmbracă forma parabolică a momentelor încovoietoare. Aceasta, deși necesită metal în plus totuși este acceptată, execuția ei fiind mai simplă.

Experimental am conceput și grinzi principale curbate la partea inferioară care însă, din cauza manoperei în plus, nu au fost extinse la alte poduri rulante. De altfel toate firmele cu renume mondial concep forma inferioară a grinzilor principale pentru podurile rulante de uz general cu pantă la cele două capete "burtă de pește".

Lungimea a (fig.3.17) este porțiunea din grinda principală care se poate executa cu înălțime redusă (h_c). Înălțimea h_c este determinată însă nu numai de condiții de rezistență ci și de condiții constructive. Ea depinde de înălțimea grinzilor de capăt, respectiv de diametrul roților de rulare ale podului rulant.

În această porțiune, momentul capabil al secțiunii (M_c) trebuie să fie mai mare sau cel puțin egal cu momentul de încovoiere la distanța a (M_a) față de axa căii de rulare:

$$M_c \geq M_a \quad (3.81)$$

Valoarea momentului capabil a secțiunii grinzii principale cu înălțime redusă (h_c), la distanța a , este:

$$M_c = \tilde{\sigma}_a \cdot W_{xc} \quad (3.82)$$

Deci, modulul de rezistență a secțiunii grinzii principale pe distanța a trebuie să aibă valoarea:

$$W_{xc} \geq \frac{M_a}{\tilde{\sigma}_a} \quad (3.83)$$

Între distanța a și înălțimea h_c există următoarea legătură; cu cât înălțimea h_c crește cu atita distanța a poate fi mai mare.

Înălțimea h_c , de care în parte depinde distanța a , sub acțiunea forței tăietoare se verifică la forfecare:

$$h_c \geq \frac{T}{\sigma_a \cdot t_i} \quad (3.84)$$

Forța tăietoare T , se repartisează corespunzător pe cele două inimi ale grinzii principale,

Literatura tehnică de specialitate [13] pentru podurile rulante de uz general limitează panta grinzii principale (fig.3.17), după cum urmează:

$$a+b \leq 0,25 \cdot L \quad (3.85)$$

respectiv:

$$c \leq 0,5 \cdot L \quad (3.86)$$

Pe lângă de relațiile de mai sus, se fac următoarele precizări:

-Valoarea lunginii g mai depinde și de mărimea consolelor stîlpilor de susținere a căii de rulare, la care se mai adaugă un spațiu de siguranță reglementat prin norme și standarde.

-Valoarea lui h_c , respectiv valoarea lui g nu întotdeauna poate fi stabilită analitic; aceste distanțe depind de numărul și mărimea panourilor grinzilor principale, cas specific tipizării construcțiilor metalice pentru podurile rulante.

Valorile distanțelor a , b , g sînt valabile pentru grinzile principale pentru podurile rulante tipizate de uz general. La podurile rulante tehnologice, cu formă impusă, aceste valori diferă.

3.5 Raportul dintre înălțimea grinzii principale (h) și deschiderea podului rulant (L)

Unele norme și standarde reglementează necesitatea verificării deformației elastice și a rigidității dinamice funcție de raportul dintre înălțimea grinzii principale și deschiderea podului rulant.

Cu ocazia retipizării grinzilor principale "Ediția 77" s-a ajuns la concluzia că raportului h/L nu i se poate afecta o anumită valoare constantă. Pentru obținerea caracteristicilor statice superioare sînt necesare secțiuni optime la care însă raportul h/L să aibe o largă gamă de valori funcție de sarcina nominală și funcție de deschiderea podului rulant. $v_{0,2}$

În ceea ce privește valoarea raportului h/L însă, cu ocazia retipizării construcțiilor metalice "Ediția 77" a trebuit înscrisă și în prevederile STAS 600-68: Poduri rulante, Caracteristici și dimensiuni principale.

În calculul se utilizează valoarea din tabelul 3.7, formulă (3.94)

$$\frac{h}{L} = \frac{1}{9} \div \frac{1}{24} \quad (3.94)$$

se verifică dacă este mai mică decât valoarea din tabelul 3.7 și descrește odată cu creșterea deschiderii (tabelul 3.7).

Raportul dintre înălțimea minimă grinzii principale și deschiderea podului rulant

Tabelul 3.7

Tipul construcției metalice	$\frac{h}{L}$							
	DESCHIDEREA [m]							
	10	13	16	19	22	25	28	31
CM 12	$\frac{1}{15,38}$	$\frac{1}{18,57}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{21,1}$	$\frac{1}{22}$	$\frac{1}{22,72}$	$\frac{1}{23,33}$	$\frac{1}{23,84}$
CM 16	$\frac{1}{14,29}$	$\frac{1}{16,25}$	$\frac{1}{17,77}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20,83}$	$\frac{1}{21,54}$	$\frac{1}{22,4}$
CM 20	$\frac{1}{13,33}$	$\frac{1}{15,29}$	$\frac{1}{16,84}$	$\frac{1}{18,09}$	$\frac{1}{19,13}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20,74}$	$\frac{1}{21,38}$
CM 25	$\frac{1}{12,50}$	$\frac{1}{13,68}$	$\frac{1}{15,24}$	$\frac{1}{16,52}$	$\frac{1}{16,92}$	$\frac{1}{18,52}$	$\frac{1}{18,6}$	$\frac{1}{19,375}$
CM 32	$\frac{1}{10,526}$	$\frac{1}{12,38}$	$\frac{1}{13,9}$	$\frac{1}{15,2}$	$\frac{1}{15,7}$	$\frac{1}{16,13}$	$\frac{1}{16,06}$	$\frac{1}{16,78}$
CM 40	$\frac{1}{10,52}$	$\frac{1}{12,38}$	$\frac{1}{13,9}$	$\frac{1}{14,6}$	$\frac{1}{15,17}$	$\frac{1}{16,66}$	$\frac{1}{16,06}$	$\frac{1}{16,78}$
CM 50	$\frac{1}{10,52}$	$\frac{1}{11,3}$	$\frac{1}{12,8}$	$\frac{1}{13,57}$	$\frac{1}{14,19}$	$\frac{1}{16,13}$	$\frac{1}{16,97}$	$\frac{1}{17,71}$
CM 63	$\frac{1}{9,09}$	$\frac{1}{10,4}$	$\frac{1}{11,85}$	$\frac{1}{13,1}$	$\frac{1}{14,19}$	$\frac{1}{15,62}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16,3}$
CM 80	$\frac{1}{8,09}$	$\frac{1}{10,83}$	$\frac{1}{12,5}$	$\frac{1}{13,1}$	$\frac{1}{13,76}$	$\frac{1}{14,28}$	$\frac{1}{15,135}$	$\frac{1}{15,89}$

Raportul h/L are semnificație deosebită în ce privește necesitatea verificării rigidității dinamice. Conform normelor și literaturii tehnice de specialitate, când raportul dintre înălțimea grinzii principale și deschiderea podului rulant (h/L) este mai mic de 1/16, se impune verificarea rigidității dinamice a grinzii principale.

4. PROIECTAREA CONSTRUCTIV-TEHNOLOGICA A GRINZILOR PRINCIPALE CU SECTIUNE SUDATA TIP CHESSON PENTRU PODURILE RULANTE

Proiectarea grinzilor principale s-a făcut respectind anumite principii care stau la baza proiectării constructiv-tehnologice a construcțiilor sudate în general [32].

S-a mers pe ideea că pentru realizarea unor grinzi principale în mod cât mai rațional, proiectarea acestora să se facă luându-se în considerare efectele proceselor tehnologice pe care le suportă în procesul de fabricație. Așadar, a fost necesară proiectarea complexă a grinzilor principale și concomitent gândirea unui proces tehnologic de fabricație cu mare eficiență tehnico-economică. În acest fel, s-au adoptat soluții care să asigure rezistențe maxime cu consum minim de metal, energie și manoperă. De asemenea, cu ocazia proiectării constructiv-tehnologice s-au adoptat forme și tipuri de îmbinări care să faciliteze mecanizarea și automatizarea proceselor tehnologice de execuție.

4.1 Încadrarea grinzilor principale ale podurilor rulante, privind proiectarea și execuția, în prevederile standardelor și normelor în vigoare

Proiectarea, construirea, montarea, exploatarea și verificarea podurilor rulante (implicit grinzile principale) în R.S.R. se face potrivit prescripțiilor tehnice R₁-76 din colecția ISCIR, elaborate în baza Decretului nr. 587/1973 privind funcționarea în condiții de siguranță a instalațiilor de ridicat [77].

Proiectarea podurilor rulante în R.S.R., se face de către Centrul de cercetare științifică și inginerie tehnologică pentru mașini de ridicat și transport usinal (CCSITERTU) Timișoara, unitate specializată, împuternicită de organele centrale tutelare și autorizată de ISCIR. Proiectele podurilor rulante, în cazuri bine justificate pot fi elaborate și de alte unități de proiectare cu condiția ca acestea să fie verificate și avizate de către CCSITERTU - Timișoara, singura unitate autorizată în acest scop și care răspunde de concepția corectă a soluțiilor constructive, de alegerea judicioasă a materialelor, de calculul de rezistență al tuturor elementelor portante potrivit condițiilor de funcționare date, precum și de stabilirea metodelor

și volumului de verificare în conformitate cu prescripțiile tehnice ISCIR, cu standardele de stat și cu alte norme în vigoare.

Terminologia folosită în proiectarea și construirea grinzilor principale pentru podurile rulante este în conformitate cu STAS 9064/1-71, respectiv cu STAS 5555-71.

La baza proiectării grinzilor principale pentru podurile rulante stă STAS 8290-72 Instalații de ridicat. Principii de calcul pentru construcția metalică, în curs de revizuire.

În ce privește stabilirea metodologiei de calcul și aplicarea ei, pe lângă STAS 8290-72 s-a mai folosit STAS 763/1-71 Construcții civile, industriale și agricole. Prescripții pentru proiectarea construcțiilor metalice.

Sarcinile nominale luate în considerare în proiectarea grinzilor principale pentru podurile rulante sînt în conformitate cu STAS 6465-71. Instalații de ridicat. Sarcini nominale.

În elaborarea calculului de rezistență pentru dimensionarea și verificarea grinzilor principale ale podurilor rulante, pe lângă standardele sus enumerate de un real folos ne-au fost și alte standarde, respectiv norme străine, cum ar fi: GOST-urile, TGL-urile, DIN-urile, CSE-ul, BS-ul și îndeosebi FEM (FEDERATION EUROPEENNE DE LA MANUFACTURE). Regles pour le calcul des appareils de levage. 2^e. Edition-December 1970.

Grinzile principale fiind ansamble sudate de cea mai mare importanță, la sudarea lor se folosesc numai sudori autorizați în conformitate cu prescripțiile C.9 din colecția ISCIR, respectiv în conformitate cu prevederile din STAS 9532/1-74. Examinarea sudurilor. Prescripții generale și STAS 9532/2-74. Exemplul practic al sudurilor pentru oțel.

Limitarea defectelor din îmbinările sudate ale grinzilor principale s-a făcut în conformitate cu prescripțiile tehnice C20-70 din colecția ISCIR, respectiv în conformitate cu prevederile din STAS 7084/1-73. Defectele îmbinărilor sudate prin topire. Clasificare și terminologie.

Prescripțiile de mai sus, de la caz la caz, au fost completate cu date tehnice furnizate de uzinele constructoare potrivit posibilităților lor de execuție.

4.2 Încăleări care acționează asupra grinzilor principale ale podurilor rulante.

Încăleările care acționează asupra grinzilor principale [79], sînt reprezentate schematic în fig. 4.1.

4.2.1 Încărcări permanente

Încărcările permanente provin din greutatea la care sînt supuse grinzile principale.

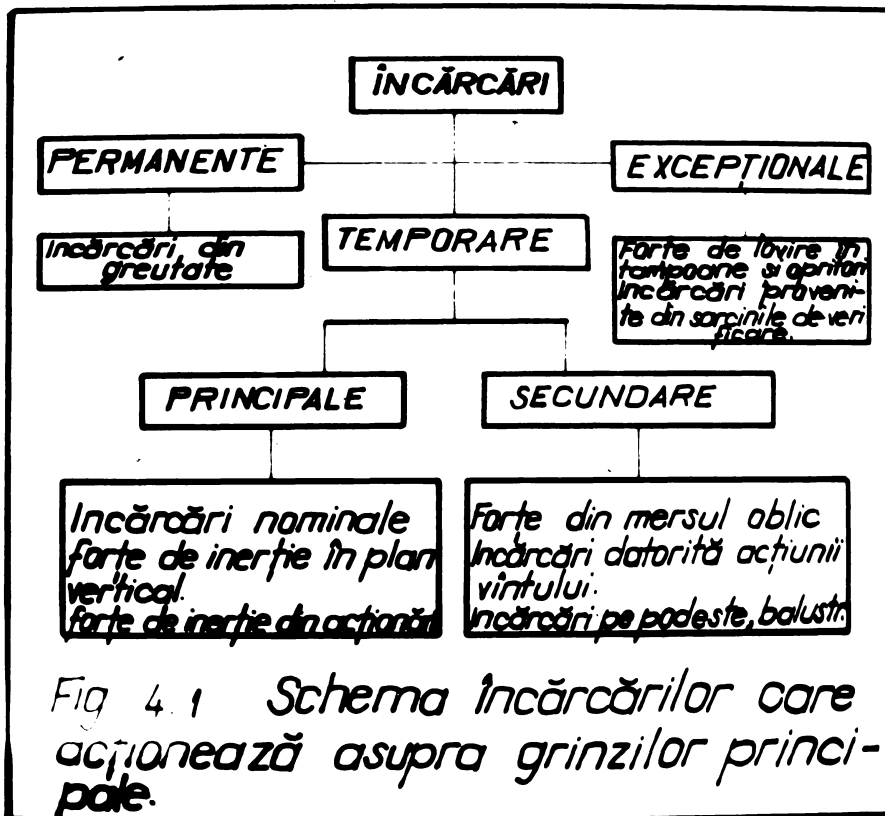


Fig. 4.1 Schema încărcărilor care acționează asupra grinzilor principale.

Greutățile se definesc ca acțiuni rezultate din greutatea tuturor elementelor fixe și mobile ale podului rulant și a echipamentului electric, acționînd fără întrerupere pe toată durata de existență a podului rulant.

4.2.2 Încărcări temporare

Acestea conform schemei reprezentată în fig. 4.1

sînt:

- principale și
- secundare.

a) Încărcările principale la rîndul lor sînt alcătuite

te din:

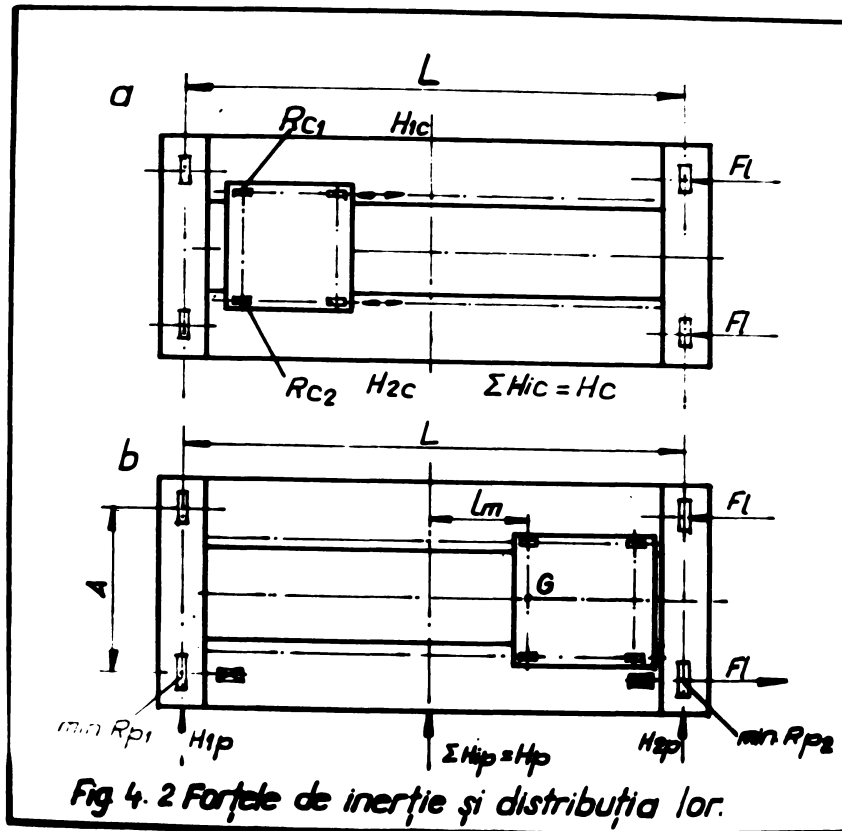
- încărcări nominale, reprezentînd sarcina utilă maximă și dispozitivele de prindere;

- forțe de inerție în plan vertical, produse în cursul mișcărilor podului rulant supus încărcărilor permanente

și încălzirilor nominale, afectându-se cu coeficienții dinamici;
 - forțe de inerție din translația căruciorului și a podului rulant.

În lipsa unui calcul dinamic care să țină seama de oscilațiile elastice ale sistemului, forțele de inerție de calcul se determină amplificând forțele de inerție calculate în ipoteza sistemului rigid cu un coeficient dinamic egal cu 1,5.

Oacă forțele maxime de accelerație și decelerație



Tabelul 4.1

Natura mișcării	Valoarea de calcul a forțelor de patinare.	
	Rofi acționate cuplate electric. sau mecanic	Rofi acționate necuplate electric, sau mec.
Translația căruciorului (fig. 4. 2 a)	$H_c = 0,2 \cdot 1,5 \cdot \min \Sigma R_{ci}$	$H_c = 0,2 \cdot 1,5 \Sigma \min R_{ci}$
Translația podului (fig. 4. 2 b)	$H_p = 0,2 \cdot 1,5 \cdot \min \Sigma R_{pi}$	$H_p = 0,2 \cdot 1,5 \Sigma \min R_{pi}$

sînt limitate de transmisia prin frecare a forțelor, atunci valorile limită ale acestor forțe se consideră ca forțe de patinare. Condiția de transmisibilitate a forțelor de inerție prin con-

tactul între roata de rulare și șină este ca valoarea lor să fie mai mică decât forțele de patinare. Valoarea forțelor de patinare se determină prin însușirea apăsării pe roțile motoare cu un coeficient de frecare maxim între roată și șină $\mu = 0,2$. Apăsările pe roțile antrenate se calculează fără a lua în considerare sarcina nominală și fără a ține cont de coeficienții dinamici.

Pentru cazul translației căruciorului sau a podului, forțele de patinare se consideră îndreptate orizontal, aplicate la periferia roților motoare, paralele cu axa longitudinală a căii de rulare și orientate în sens opus direcției de mișcare.

Forțele de inerție (forțele de patinare) și distribuția lor sunt prezentate în fig. 4.2, iar valoarea de calcul a acestora este prezentată în tabelul 4.1.

Notațiile folosite în fig. 4.2.a și 4.2.b, respectiv în tabelul 4.1 au următoarea semnificație:

L - deschiderea podului rulant (m);

A - ampatamentul podului rulant (m);

l_m - distanța dintre punctul de aplicare al rezultantei forței de patinare și centrul de greutate a podului determinat din greutatea utilajului, greutatea căruciorului plus dispozitivele de prindere și sarcina utilă fără coeficienți dinamici;

$\min \sum R_{oi}$; $\min \sum R_{pi}$ - cea mai mică sumă a apăsărilor pe roțile acționate ale căruciorului sau podului, calculate fără sarcina nominală;

$\sum \min R_{oi}$; $\sum \min R_{pi}$ - suma celor mai mici apăsări pe roțile acționate ale căruciorului sau podului, de asemenea calculate fără sarcina nominală.

Dacă între punctul de aplicare al rezultantei forțelor de inerție și centrul de greutate al podului rulant există o distanță l_m , apar forțe orizontale laterale transversale (fig.4.2). Aceste forțe, se transmit șinelor prin intermediul buzelor bandajelor.

Forțele laterale transversale rezultate din forțele de inerție din acționări, pot fi:

- de același sens; de ex.: cele rezultate din efectul forțelor de inerție la demararea și frinarea căruciorului (fig. 4.2.a), distribuite în mod egal asupra roților de rulare;
- de sens contrar; care acționează pe o parte a căii de rulare, provenite dintr-o acțiune unilaterală sau neegală, fiind distribuite uniform pe roțile exterioare.

b) Încălcările temporare secundare la rîndul lor sînt alcătuite din:

- forțe din mersul oblic. La podurile rulante datorită mersului oblic, sub un anumit unghi față de direcția de deplasare, apare la baza bandajului o forță dependentă de natura mecanismului de translație și al construcției portante.

Observație:

Având în vedere că podurile rulante mono-grindă cu electropalan (PRME) se deplasează cu viteză de numai 32 m/min., de asemenea și podurile rulante de uz general (GMP) cu viteza de translație de 30 m/min., forțele din mersul oblic nu influențează sensibil asupra rezistenței chiar nici la deschiderile mari:

- Încărcări din acțiunea vântului. Determinarea încărcărilor datorită acțiunii vântului se efectuează în conformitate cu STAS 2843-72 completat după caz cu STAS 10101/20-75. Podurile rulante GMP fiind prevăzute numai cu cărucioare corespunzătoare funcționării în interior, grinzile principale nu sînt expuse vîntului. Cu toate acestea, ele din punct de vedere al rezistenței sînt verificate și pentru cazul echipării cu cărucioare pentru funcționarea în exterior;

- Încărcări pe scări, podeste și balustrade. Pentru calculul scărilor, podestelor și platformelor, în afară de greutatea proprie se ține seama, și de o sarcină concentrată mobilă:

300 daN - în cazul circulației cu greutate;

150 daN - în cazul în care se circulează rar și fără

greutate.

Pentru balustrade se consideră o sarcină concentrată mobilă de 30 daN, acționînd orizontal la nivelul mîinii curente, spre exterior sau spre interior.

4.2.3 Încărcări excepționale

- Forțe de lovire în tamponare și opritori.

Se presupune că în funcționarea normală, podurile rulante și cărucioarele nu fac o coliziune reciprocă, respectiv tamponarea se produce numai în mod accidental, ea trebuind să constituie o excepție în durata de viață a podului rulant.

La podurile rulante cu viteză de deplasare peste 40 m/min., grinzile principale trebuie verificate la o tamponare produsă la cel puțin 70 % din viteza de translație nominală. Prin înțelegere cu beneficiarul se admite ca viteza de translație să fie limitată la 40 % din viteza nominală.

Verificarea eforturilor unitare se face corespunzător unei forțe orizontale echivalente, îndreptată în sensul de

deplasare, aplicată la mijlocul deschiderii grinzilor principale, efectul căreia se suprapune peste efectele încălzirilor din planul vertical fără coeficienții dinamici.

În cazul cînd sarcinile sînt suspendate elastic (cazul podurilor rulante tipizate), presupunînd că ele oscilează liber, efectul lor asupra forței de tamponare se poate neglija.

Pentru determinarea forței de tamponare se folosește următoarea expresie:

$$F_c = \frac{G_e \cdot V_{tr.}^2}{g \cdot \Delta} \quad (daN) \quad (4.1)$$

unde:

G_e - greutatea echivalentă, care după caz poate fi formată din:

- jumătate din greutatea utilajului echipat cu mecanisme și instalație electrică și jumătate din greutatea proprie a căruciorului;

- jumătate din greutatea podului echipat cu mecanisme și instalație electrică.

F_t - forța orizontală echivalentă, aplicată la mijlocul deschiderii podului rulant, corespunzătoare unei grinzi principale.

Δ - deplasarea (convențională) în plan orizontal, formată din săgeata la mijlocul grinzii corespunzătoare unui efort unitar de 1,30 ($\tilde{\sigma}_a$ - în ipoteza I de încălcare) plus comprimarea tamponului sub acțiunea forței de tamponare.

$V_{tr.}$ - viteza de translație redusă, egală cu 0,7 din viteza de translație nominală.

La ciocnirea frontală a două poduri rulante avînd masele m_1 și m_2 , respectiv vitezele de translație reduse $V_{tr.1}$ și $V_{tr.2}$, forțele de tamponare vor fi calculate din egalarea energiei cinetice (E_c)

$$E_c = \frac{m_1 \cdot m_2 (V_{tr.1} + V_{tr.2})^2}{2(m_1 + m_2)} \quad (daN) \quad (4.2)$$

cu lucrul mecanic ce poate fi înmagazinat de deformarea grinzilor principale și comprimarea tamponelor.

- Încălziri provenite din sarcinile de verificare, cu ocazia recepției sau a autorizării de funcționare a podurilor rulante.

Sarcinile de verificare a podurilor rulante se stabilesc conform Instrucțiunilor tehnice ale ISCIR, după cum urmează:

poziție timp de 10 min.

- la proba dinamică, sarcina nominală se măjorează cu 10 %, executând repetat toate mișcările admise;

4.2.4 Gruparea încărcărilor

Încărcările permanente, temporare și excepționale descrise, se combină funcție de condițiile de exploatare ale podului rulant, rezultând grupări de încărcări (ipoteze de încărcare).

Gruparea încărcărilor

Tab. + 2

ÎNCĂRCĂRI		Simbol	GRUPĂRI FUNDAMENTALE				GRUPĂRI SPECIALE								
Încărcări permanente (P)	Greutăți proprii	G	ψ G		ψ G	G	ψ G	G	G	ψ S					
	Coefficient dinamic	ψ													
Încărcări temporare (T)	Principale (p)	Încărcări nominale	Q	ψ Q				Q	Q						
		Coefficient dinamic	ψ												
	Secundare (s)	Forțe de inerție din acționari	Translație cărucior	Hc	Hc	-	-	-	Hc	-	-	Hc	-	-	-
			Translație pod	Hp	-	Hp	-	-	-	Hp	-	-	-	-	Hp
		Forțe din mersul oblic	S						S						
	Vânt	În exploatare	Rv1						Rv1						
În repaos		Rv2						Rv2							
Încărcări excepționale E	Forța de tamponare	Ft									Ft				
	Sarcini de verificare	Statice	Qt											Qt	
		Dinamice	Qd											Qd	

Prin grupare de încărcări se definește un anumit număr (o combinație) de încărcări care pot acționa simultan asupra podului rulant.

În funcție de frecvența și intensitatea cu care diferitele grupări de încărcări apar pe toată durata de existență a construcției metalice, rezultă:

I. Grupări fundamentale

II. Grupări speciale (PTE)

Grupările fundamentale conțin două subdiviziuni:

- grupări fundamentale PT_p , care se obțin prin suprapunerea încărcărilor permanente și încărcărilor temporare principale; grupările de încărcări fundamentale PT_p sînt de-

limitate prin chenarul cadrului din tabelul 4.2;

- grupări fundamentale PT, care se obțin prin suprapunerea încălzirilor permanente și încălzirilor temporare (principale și secundare).

Prin verificarea la grupările de încălziri speciale PTE se urmărește ca grinzile principale să nu prezinte deformații permanente.

4.3 Materiale folosite la grinzile principale ale podurilor rulante, în construcție sudată

Având în vedere că podurile rulante sînt instalații de maximă importanță, proiectarea, execuția și exploatarea acestora este supravegheată de un organ oficial, ISCIR. Prescrierea calității materialelor constituie una din principalele probleme privind eficiența tehnico-economică și siguranța în exploatare.

4.3.1 Alegerea materialelor de bază destinate grinzilor principale

Grinzile principale, în general sînt alcătuite din elemente de tablă din oțel Siemens Martin calmat sau necalmat, cu compoziția chimică și caracteristicile mecanice indicate în STAS 500 - 78 [46; 54; 60].

Oțelurile necalmate, sînt contraindicate pentru elementele de rezistență sudate din cauza tendinței de îmbătrînire și a rezilienței scăzute care influențează în mod direct fabricările sudate cu tensiuni locale mari. [13].

Spre deosebire de construcțiile nituite sau îmbonate, în construcțiile sudate în general și la grinzile principale în special, alegerea oțelului, respectiv a materialului de bază s-a făcut în următoarele două etape:

- în prima etapă s-a ales marea oțelului;
- în a doua etapă în cadrul mărcii stabilite, s-a ales clasa de calitate pentru fiecare element în parte.

a) Alegerea mărcii oțelului folosit la grinzile principale

Marea oțelului s-a ales funcție de natura elementului, de dimensiunile lui și de felul solicitărilor la care este supus, ținînd seama de limita de curgere și totodată de aspectul economic a soluției constructive alese.

În toate cazurile, materialele trebuie să aibă proprietățile mecanice și compoziția chimică prevăzute în stan-

dările indicate în caietul de sarcini, iar furnizorul să le asigure conform certificatelor de calitate.

Oțelurile de mare/ superioare, în general fiind mai scumpe și mai greu de uzinat, folosirea lor este justificată numai în măsura în care economia de metal care se realizează acoperă diferența de cost, sau în cazul în care folosirea lor este indispensabilă.

b) Alegerea clasei de calitate a oțelurilor folosite pentru grinzile principale

La alegerea clasei de calitate a oțelului pentru grinzile principale a fost necesar să se respecte următoarele câteva principii:

- În condițiile unui proiect corect conceput și bine calculat siguranța grinzii principale este garantată de măsurile luate împotriva ruperii fragile.

- Problema ruperii fragile, în primul rând este o problemă de material, apoi de alcătuire constructivă și în fine de tehnologia de execuție folosită la sudare; ea nu este o problemă de calcul.

- Metodologia de dimensionare și verificare a elementelor sudate, în principiu este aceeași ca și a elementelor îmbulconate, cu deosebirea că trebuie aplicată metoda proiectării constructiv-tehnologice, care ține seama și de tehnologia sudării.

- Pentru grinzile principale sudate, avîni în vedere importanța lor, respectiv condițiile de solicitare și exploatare, chiar dacă alungirea nu se ia în calcul trebuie folosite oțeluri cu proprietăți plastice bune, proprietăți care să nu se modifice sub influența procesului de sudare.

Aceste câteva principii, desigur ar fi determinat alegerea numai a oțelurilor cu granulație fină, plastice, tenace chiar și la temperaturi scăzute și insensibile la îmbătrînire.

În proiectarea grinzilor principale, ca și în orice alt domeniu însă, s-a ținut seama și de latura economică. S-a considerat că nu este nici economic și nici rațional ca pentru fiecare element să se folosească oțel de calitate superioară, scump și greu de procurat.

Alegerea clasei de calitate a oțelului pentru diferitele elemente ale grinzilor principale s-a făcut ținînd seama de factorii de mai sus. Luarea însă, în considerare a tuturor acestora, este o problemă dificilă. De aceea s-a folosit o metodă, o sistematizare a operațiilor de alegere a clasei de calitate.

In tabelul 4.3 sînt indicate mărcile și clasele de calitate ale oțelurilor destinate diferitelor elemente ale grinzilor principale.

Marca și clasă de calitate a oțelurilor folosite la principalele elemente de grinzi principale.

Tabelul 4.3

<i>Nr. crt.</i>	<i>Elementele grinzilor principale la care se fac referiri.</i>	<i>Marca și clasă de calitate a oțelului</i>	<i>STAS</i>	<i>Observații</i>
1	<i>Elemente sudate supuse acțiunilor variabile în timp.</i>	<i>OL 37. 3 și 4 respectiv OL 52. 4</i>	<i>500/1-78 500/2-78</i>	<i>Se folosește la țelpii și inimile grinzilor principale, respectiv la profilul special „RS”</i>
2	<i>Elemente sudate de mică impartență ($\sigma \leq 450 \text{ ddN/cm}^2$) realizate constructiv.</i>	<i>OL 37. 2</i>	<i>500/2-78 500/2-78</i>	<i>Se folosește la nervuri, suporturi, gusee, etc.</i>
3	<i>Elemente secundare supuse la acțiuni statice.</i>	<i>OL 37. 1. 2 OL. 00</i>	<i>500/1-78 500/2-78</i>	<i>OL. 00 se folosește numai în cazuri excepționale la podeste</i>
4	<i>Șinele de rulare</i>	<i>OL. 50. 1 OL. 60. 1</i>	<i>500/1-78 500/2-78</i>	<i>La sudare se folosește cu preîncălzire</i>
5	<i>Elemente din fier</i>	<i>OLT. 35</i>	<i>8183-68</i>	<i>Se folosește la batostrade, scări, etc.</i>

Observație : Deși oțelul slab aliat OL.52 are limita de curgere (σ_c) de aproximativ 1,5 ori mai mare decât oțelul OL.37, respectiv rezistență mărită la coroziunile atmosferice, din cauza costului mai ridicat și a sensibilității mărite la concentrații de tensiune în cazul sarcinilor mobile, respectiv din cauza unor rețineri ale uzinelor constructoare privind sudarea, la actuala retipizare „Aliația 77” s-a folosit în cantități reduse.

Avînd în vedere gabaritul mare a grinzilor principale, transportul acestora pe calea ferată de la constructor la beneficiar, ca și montarea acestora se face pe baza unui proiect. Date fiind condițiile de montaj, în general grele, îmbinările prin îmbulonare nu au putut fi încă integral înlocuite prin îmbinări sudate [13].

Pentru îmbinările la montaj se folosesc anumite elemente demontabile, ca: guruburi păsuite sau nepăsuite, respectiv guruburi de înaltă rezistență conform tabelului 4.4.

Elemente demontabile

Tabelul 4.4

Tipul de șurub	Elemente de îmbinare	Se execu- tă conform STAS	Calitatea recoman- dată pentru materia- lul elementului de îmbinare		Caracteris- tice mecanice ale ele- mentelor îmbinate conform STAS		
			OL 37	OL 50			
ȘURUBURI	NEPĂSUITE grasolant	Șurub	920-69	4.6	-	-	
		Piuliță	922-69	4	-	-	
		Șaibă uzuală	1388-72	OL 34.1	-	-	
		Șaibă grosă	-	OL 37.1	-	-	
		Șaibă grower	7666-66	Arc 6A	-	-	
		Șaibă pentru profil U și I	2242-57	OL 37.1	-	-	
		Șurub	6220-69	-	6.6	-	
		Piuliță	6218-69	-	6	-	
		semiprecise	Șaibă uzuală	1388-72	-	OL 34.1	-
	Șaibă grosă		-	-	OL 52.2	-	
	Șaibă grower		7666-66	-	Arc 6A	-	
	Șaibă pentru profil U și I		2242-57	-	OL 37.1	2700-69	
	PĂSUITE precise		Șurub	5930-70	4.6	6.6	-
			Piuliță	4071-69	6	6	-
			Piuliță joasă	4373-69	6	6	-
			Șaibă grosă	-	OL 37.1	OL 52.2	-
			Șaibă precisă	5200-72	OL 34.1	OL 52.2	-
		Șaibă grower	7666-66	Arc 6A	Arc 6A	-	
Șaibă pentru profil U și I		2242-57	OL 37.1	OL 37.1	-		
de înaltă rezistență	Șurub		10.9	10.9, 10.9	-		
	Piuliță		10	10	-		
	Șaibă rotundă		10	10	-		
	Șaibă pentru profil U și I		10	10	-		

c) Caracteristicile de calcul ale elementelor
ce compun grinzile principale

Rezistența admisibilă a elementelor grinzii principale supuse încărcărilor se obține prin împărțirea limitei de curgere la un coeficient de siguranță corespunzător grupării de încărcări prezentată în tabelul 4.5.

Coefficienți de siguranță funcție de grupa încărcărilor Tabelul 4.5

Nr. crt.	Grupări de încărcări Tab.4.2	Coefficienți de siguranță.	
		C_1 (materiale laminată sudată)	C_2 (șuruburi)
1	P.Tp	1,5	1,71
2	PT	1,35	1,50
3	PTE	1,15	1,35

În afara modului de elasticitate longitudinal $E(2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2)$ și transversal $G(0,81 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2)$, respectiv a coeficientului de dilatare termică $\alpha_t(1,2 \cdot 10^{-6})$ și greutatea specifică $\gamma(7850 \text{ daN/m}^3)$ principalele caracteristici ale ele-

Principalele caracteristici ale elementelor din oțel Tabelul 4.6

Nr. crt.	Material Simbol	STAS	Limita de curgere minimă σ_c [daN/cm ²]	Limita de rupere minimă σ_r [daN/cm ²]
1	OL.37	500/2-78	2400	3700
2	OL.52		3600	5200
3	OLT.35	8183-68	2300	3500

mentelor din oțel folosite la grinzile principale sînt prezentate în tabelul 4.6.

Rezistențele admisibile ale elementelor din tablă și profile laminate la cald, folosite la realizarea grinzilor principale [79] sînt prezentate în tabelul 4.7.

Observații: Rezistențele admisibile se referă la prima treaptă de laminate $s \leq 16 \text{ mm}$ STAS 500/2 - 78, tabelul 4.7.

Rezistențele admisibile ale elementelor din tablă și profile laminat la cald Tabelul 4.7

Nr. crt.	Natura efortului	Simbol	Coef. de reducere în raport cu	Rezistențele admisibile în daN/cm ² pentru oțelul laminat la cald, marca OL 37 și OL 35					
				OL 52					
				Grupări de încărcări					
				PTp	PT	PTE	PTp	PT	PTE
1	Întindere, încovășire și efort unitar de compresie	σ_a	1,0	1600	1800	2100	2400	2700	3100
2	Forfecare	τ_a	0,575	920	1040	1200	1380	1560	1800
3	Presiune locală	σ_{loc}	-	6500	7500	8500	9000	11.000	11.700

4.3.2 Alegerea materialelor de adaos pentru sudarea grinzilor principale

La sudarea grinzilor principale, în ordine prioritară se folosesc următoarele procedee de sudare:

- a) Sudarea manuală cu arc electric.
- b) Sudarea automată sub flux.
- c) Sudarea automată și semiautomată cu arc electric în mediu de dioxid de carbon (CO₂).

Folosirea fiecărui procedeu de sudare, presupune alte materiale de adaos, respectiv alte materiale auxiliare și bineînțeles altă sursă termică [63].

Alegerea materialelor de adaos deci, s-a prescris a se face funcție de procedeul de sudare, de calitatea și grosimea elementelor de sudat și funcție de importanța îmbinării, pentru ca în cele din urmă îmbinarea să asigure calitățile scontate.

În conformitate cu prevederile din STAS 1125/1-76 pentru sudarea construcțiilor metalice în general, se folosesc electrozi înveliți, clasificați în 5 grupe:

La sudarea grinzilor principale, din cele 5 grupe se folosesc doar electrozii din:

- grupa I: electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor carbon și slab aliate (STAS 1125/2-76);
- grupa a II-a: electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor cu granulație fină și a oțelurilor folosite la temperaturi scăzute (STAS 1125/3-76).

În cazul sudării manuale cu arc electric a grinzilor principale s-a avut în vedere ca învelișul electrozilor folosiți pe lângă amorsarea arcului electric, dirijarea și stabilirea lui, să fie apt pentru:

- protejarea metalului topit împotriva pătrunderii oxigenului și azotului din aer în timpul trecerii din electrod în îmbinare;

- formarea unei aguri cu greutate specifică mai mică decât a metalului și cu o temperatură de topire mai mică decât a acestuia, asigurând astfel curățirea și degazarea băii de sudură;

- formarea pe suprafața cusăturii sudate al unui strat continuu de agură, ferindu-se astfel de acțiunea aerului și să încetinească răciră.

a) Alegerea electrozilor înveliți

Dintre electrozii din grupa I care au fost considerați din punct de vedere tehnic și economic mai corespunzători, sînt:

- E42B pentru primul strat de sudură de la îmbinările cap la cap și de colț ale elementelor de rezistență din oțel 01.37.3k (tălpi, inimi etc.);

- SUPERMIT (E.51.2.R.2.2) pentru straturile de sudură următoare la elementele de rezistență din oțel 01.37.3k;

- E44T (E43.2.R.2.2) pentru sudarea elementelor de rezistență din oțel necalcat (01.37.1; 01.37.2), exploatate la temperaturi pînă la -10°C ;

- E48T (E.43.2.R.1.2) pentru sudarea elementelor din tablă subțire.

Dintre electrozii din grupa II pentru sudarea grinzilor principale s-a indicat SUPERBAZ (E.51.5.B.11c.2.0.H.) la sudarea stratului de rădăcină și încheiebi la sudarea profilelor speciale „T95”, respectiv a șinelor căii de rulare - cărușier.

Caracterizarea electrozilor destinați sudării grinzilor principale precum și caracteristicile, utilizarea și indicațiile de sudare sînt prezentate în SPAS 1125-76 și în „Catalog pentru materiale de sudare fabricate în R.S.R.” întocmit de Institutul de sudură și încercări de materiale (ISIM) Timișoara.

b) Alegerea fluxului pentru sudare

- FSK2e, flux topit acid silicemanganos cu conținut mediu de oxid de mangan (20%). S-a recomandat la sudarea automată sub flux a elementelor de rezistență din oțel 01.37.3k și 01.37.4k SPAS 5cc/2 - 78, în cuplu cu sîrmele marce Slova₁ și S12K₂ (SPAS 1126-76), permițînd sudarea cu curenți pînă la 1200A.

- FSM 370, de asemenea este un flux topit acid, si-
licomanganos cu conținut mediu de oxid de mangan (37%), dar care
conține mai multă fluorină, făcându-l insensibil la rugină.

Rezistențele admisibile ale cusăturilor sudate aparținând grinzilor principale.

Tabela 4.8

Nr. crt.	Natura efortului	Tipul cusăturii sudate	Calitatea sudurii	Simbol	Categorie	Rezist. admisibile [daN/cm ²]											
						OL 37 și OL 35		OL 52									
						Grupări de încălziri											
PT	PT	PTE	PT _p	PT	PTE												
1	Efort unitar de compresie				LD	1000	1000	2100	2400	2700	3100						
2	Efort unitar de întindere, transversal axei longitudinale a cusăturii	a) Cusătură sudată cap la cap cu pătrundere completă.	Cusături sudate, controlate cu mijloace perfecționate (R _s sau γ). Clasele de calitate I și II conform C 20-70.	Real	LD	1500	1800	2100	2400	2700	3100						
		b) Cusătură sudată în K cu pătrundere completă.				1800	1800	1800	2100	2400	2700						
		c) Cusătură sudată în 1/2 Y cu reziduala rădăcinii.	Cusături sudate controlate cu mijloace obișnuite clasele de calitate II conform C 20-70.	Real	LD	1500	1500	1800	2100	2400	2700						
		d) Cusătură sudată în K fără pătrundere completă.				1800	1800	1800	2100	2400	2700						
3	Efort unitar de compresie transversal axei longitudinale a cusăturii	a) Cusătură sudată în K fără reziduala rădăcinii sau cusătura de cap.		Real	LD	1500	1800	1800	2100	2400	2700						
		b) Cusătură sudată în K fără reziduala rădăcinii.				1800	1800	1800	2100	2400	2700						
4	Forfecare.	a) Cusătură sudată în K.		Real	LD	1000	1000	1000	1000	1000	1000						
		b) Cusătură sudată în K.				1000	1000	1000	1000	1000	1000						

- FB.1e, flux topit bazic, cu conținut redus de mangan. S-a recomandat la sudarea elementelor de rezistență din oțel neocalmat 01.37.1 și 01.37.2, respectiv 01.52.4, în cuplu cu sârmele S12Mn2 și Sloknl K11 (STAS 1126-76).

e) Alegerea sârmei pentru sudare automată sub flux

Alegerea sârmei pentru sudare s-a făcut funcție de marea și clasa de calitate a oțelului din care este alcătuit elementul care se sudază.

Pentru sudarea grinzilor principale, în diverse cupluri cu fluxurile de sudare s-au prescris sârmele: Sloknl; S12Mn2 și SloknlN11 (STAS 1126-76).

d) Alegerea sârmei pentru sudare în mediu de dioxid de carbon (CO₂)

La sudarea în mediu de CO₂ a grinzilor principale s-a prescris sârma cuprată S11Mn2S1, respectiv S12Mn1S1N11T1.

Rezistențele admisibile ale cusăturilor sudate, aparținând grinzilor principale, sînt prezentate în tabelul 4.8.

4.4 Calculul de dimensionare și verificare a grinzilor principale

Dimensionarea și verificarea grinzilor principale pentru pedurile rulante tipizate „Ediția 77” s-a făcut în exclusivitate cu ajutorul calculatoarelor electronice „OLIVETTI” „PELIX C. 256,” etc. [51], după cele mai recente prescripții

4.4.1 Calculul de dimensionare și de verificare a grinzilor principale PEHE

Grinzile principale PEHE, după secțiunea transversală sînt alcătuite în două variante:

- grînzii principale din profil „I” (fig.4.3);
- grînzii principale cu secțiunea tip cheson - hibridă - (fig. 4.4).

Deși pentru grinzile principale din profil „I” s-au găsit caracteristicile geometrice în literatura tehnică de specialitate, pentru grinzile principale tip cheson aceste caracteristici au trebuit calculate. Calculul s-a făcut cu calculatoarele electronice după schema logică prezentată în fig. 3.10.

Pentru calculul caracteristicilor geometrice, ca elemente variabile alături de constantele de calcul, s-au furnizat calculatorului, doar înălțimea inimilor și grosimea tălpii

superioare. După prelucrarea latelor (vezi Anexa II - relația de calcul (10)), cale laterală a tipărit toate caracteristicile geometrice cerute.

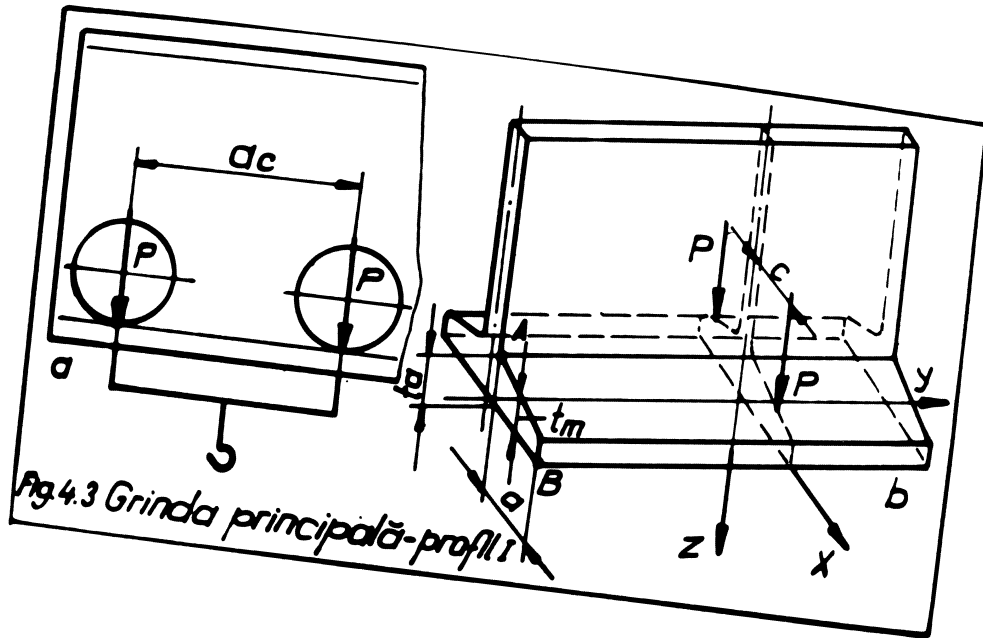


Fig.4.3 Grinda principală-profil

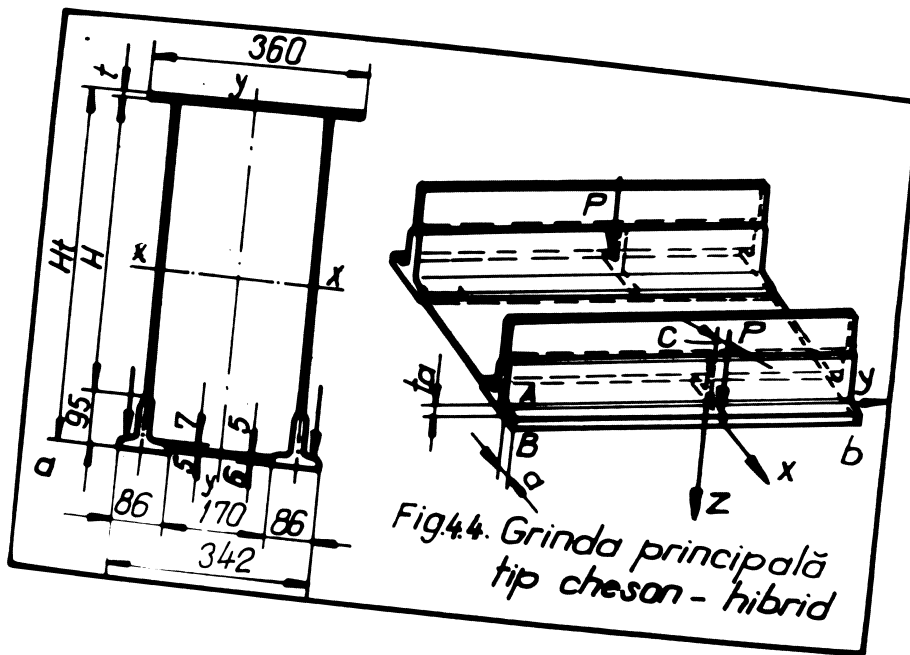


Fig.4.4. Grinda principală tip cheson - hibrid

Dintre secțiunile optimizate, funcție de încălțări s-au folosit cele cu eficiență maximă.

Calculul de dimensionare și verificare a grinzilor principale PRMS s-a făcut în următoarele două faze:

- antecaloulul;
- calculul de verificare a rezistenței, a deformației elastice și a rigidității dinamice.

a) Antecaloulul s-a făcut potrivit schemei logice prezentată în fig. 4.5.

Pentru antecaloul s-au furnizat cele 11 valori ale sarcinii nominale (Q_j) și ale sarcinilor uniform distribuite (Q_{j1}), inclusiv greutatea cârucioarelor și electropalanelor, respectiv cele 7 deschideri de basă (L_j) și următoarele constante de calcul valabile pentru întreaga gamă a grinzilor principale.

I. Constante de calcul comune ambelor tipuri de grinzi principale

- a_{00} = 0,21 m/s²; accelerația podului rulant;
- ψ = 1,0; coeficientul dinamic, la deplasarea podului rulant;
- ψ = 1,15; coeficientul dinamic, la ridicarea sarcinii nominale;
- g = 9,81 m/s²; accelerația gravitațională;
- σ_a = 1600 daN/cm²; rezistența admisibilă corespunzătoare oțelului O1. 37, STAS 500/2-78;
- E = 2,1.10⁶ daN/cm²; modulul de elasticitate longitudinal.

II. Constante de calcul, aparținând grinzii principale cu secțiune tip cheson - hibrid

- σ_a = 2400 daN/cm²; rezistența admisibilă, corespunzătoare oțelului O1.52 STAS 500/2-78, a celor două profile speciale „T95”, care constituie talpa inferioară a secțiunii.
- Q_0 = 650 daN; greutatea de calcul a cabinei de comandă.
- l_0 = 165 cm; distanța de calcul, de la axa căii de rulare la centrul de greutate al cabinei de comandă.

Cu datele furnizate, calculatorul, pentru fiecare variantă a calculat și tipărit momentul încovășitor și modulul de rezistență necesar.

b) Calculul de verificare al rezistenței, al deformației elastice și al rigidității dinamice

Calculul de verificare s-a făcut conform schemei logice reprezentată în fig. 4.6.

În completarea datelor furnizate, în cadrul antecalculului, s-au furnizat elementele secțiunii efective, cu care calculatorul electronic, folosind relațiile de calcul comunicate (vezi Anexa II), a calculat și a tipărit elementele solicitate și în mod deosebit rezistențele în diferitele puncte ale secțiunii, deformația elastică (săgeată) și rigiditatea dinamică (timpul de amortizare a oscilațiilor) pentru fiecare variantă în parte.

La câteva variante s-a verificat stabilitatea locală a ințailor (voalarea) și a tălpii comprimate care însă, grație modului de alcătuire a secțiunii, nu a atins valori îngrijorătoare și ea stare nu a fost necesară utilizarea calculatorului electronic în acest scop.

De asemenea, datorită modului de alcătuire a secțiunii (profil laminat din oțel 01,52 la talpa întinsă) și fiindcă grinzile principale ale podurilor rulante sînt încadrate numai în grupele de funcționare II și III, s-a renunțat la calculul la oboseală (reținînd valorile relativ modeste, obținute cu ocazia tipizării precedente).

Observații :

- Avînd în vedere ampatamentul mic al cărucioarelor electropalanșlor (a_g), în calculele de rezistență s-a folosit rezultanta celor două forțe, exceptînd cazul încovierii locale.
- Secțiunea necesară a grinzilor principale, s-a ales una singură pentru deschiderea de bază; nu s-a ales pentru fiecare deschidere derivată o secțiune.

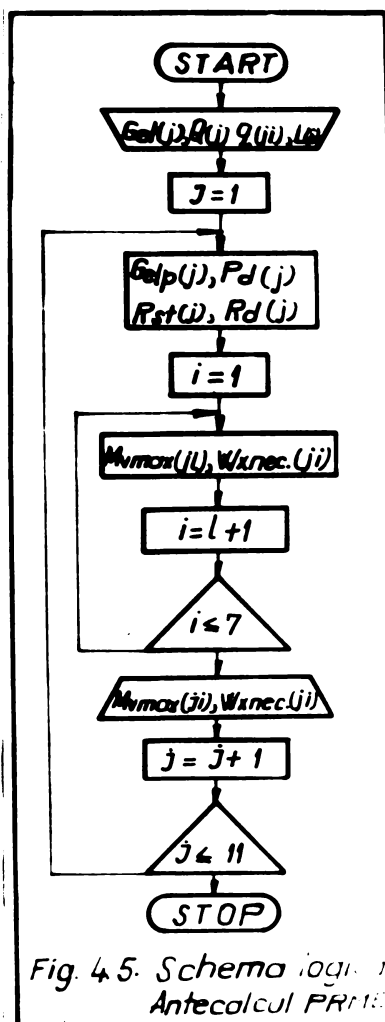


Fig. 4.5. Schema logică a Antecalculului FRP

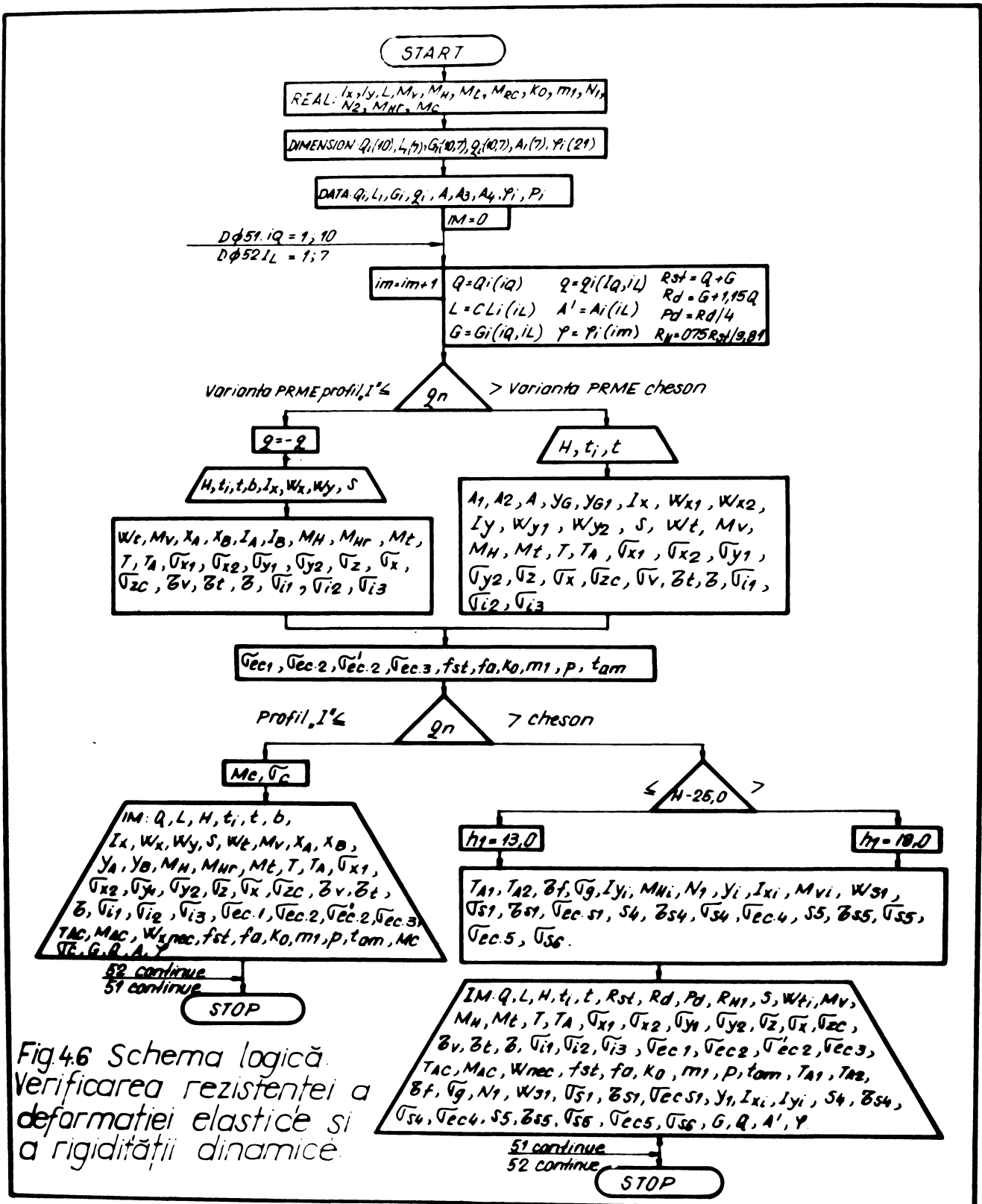


Fig.4.6 Schema logică. Verificarea rezistenței a deformației elastice și a rigidității dinamice.

4.4.2 Calculul de dimensionare și de verificare a grinzilor principale CMP

Deși grinzile principale ale podurilor rulante de us general diferă la capete, din punct de vedere constructiv, metodologia de dimensionare și verificare este aceeași.

Calculul de dimensionare și verificare ale grinzilor principale CMP s-au făcut în următoarele 4 faze [43;49;50]:

- antecalculul;
- calculul de verificare al rezistenței;
- calculul de verificare al stabilității locale a inimilor (voalarea);
- calculul de verificare al rezistenței în exploatare (oboseală).

Fiecare dintre aceste faze, la rândul lor cuprind:

- date de intrare;
- valori calculate.

Fazele enunțate mai sus sînt însoțite de anumite constante de calcul valabile pentru toate grinzile principale ale podurilor rulante CMP. Acestea, sînt:

$a_{00} = 0,4 \text{ m/s}^2$; accelerația de calcul al podului rulant;

$G_0 = 1000 \text{ daN}$; greutatea de calcul a cabinei de comandă;

$\varphi = 1,1$; coeficientul dinamic la depășirea podului rulant;

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$; accelerația gravitațională;

$\sigma_a = 1600 \text{ daN/cm}^2$; rezistența admisibilă;

$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$; modulul de elasticitate longitudinal;

Tabelele 27; 29; 30; 31 și 32 din STAS 763/1-71.

I Antecalculul s-a făcut după schema logică reprezentată în fig. 4.7.

Pentru antecalcul, pe lângă constantele de calcul, s-au furnizat calculatelor următoarele date de calcul:

G_{mec} - greutatea mecanismului motor, (daN);

M_{vmec} și M_{Hmec} - momentul inerciei în plan vertical și în plan orizontal, din greutatea mecanismului motor (daNm);

a - amplasamentul cârăciului, (m);

ψ - coeficientul dinamic la ridicarea sarcinii nominale;

$P_{3c}(j)$ și $P_{4c}(j)$ - presiunile pe roțile căruciorului gol, fără sarcină, (daN);

$P_{3c}(j)$ și $P_{4c}(j)$ - presiunile pe roțile căruciorului, din sarcina suspendată în cîrlig (daN);

$q(j)$ - sarcina uniform distribuită, (daN/m);

L_1 - deschiderea podului rulant, (m);

L_{min} - deschiderea minimă a podului rulant (m);

ΔL - rația deschiderii podului rulant, (m);

i_m - numărul maxim al deschiderilor lungi în considerare;

j_m - numărul maxim al ecartamentelor corespunzătoare sarcinilor nominale.

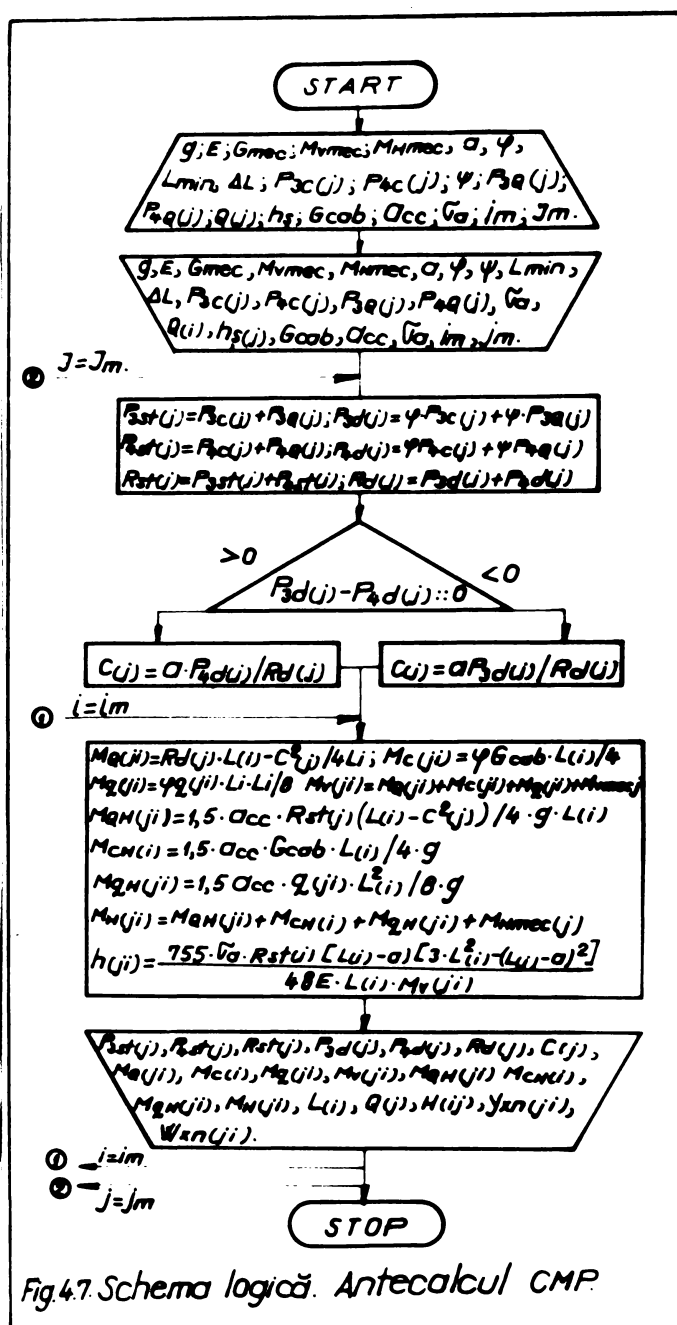


Fig.4.7. Schema logică. Antecalculul CMP.

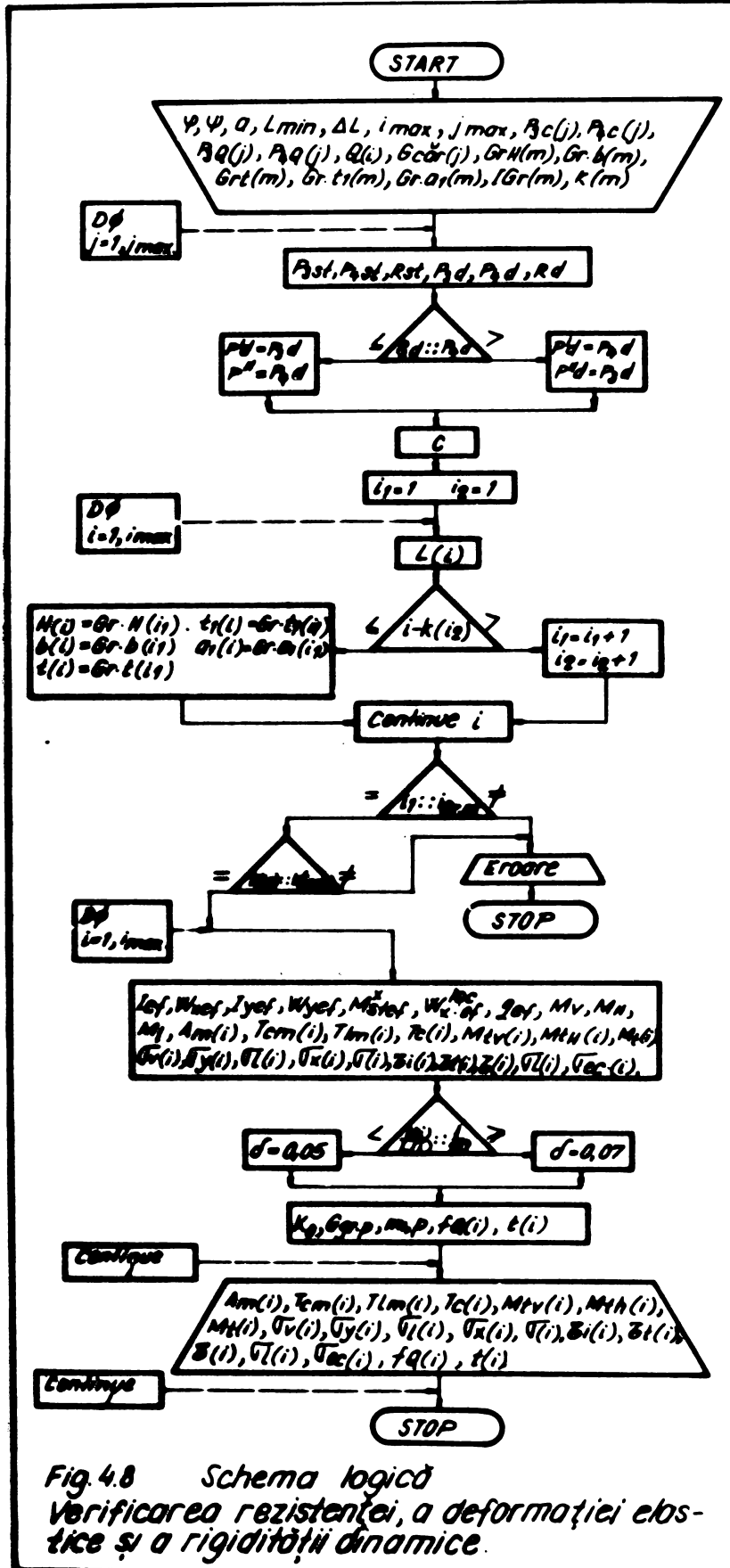


Fig. 4.8 Schema logică Verificarea rezistenței, a deformației elastice și a rigidității dinamice.

Observație:

Cărucioarele podurilor rulante sînt cu 1 cîrlig sau cu 2 cîrlige. Desigur greutatea cărucioarelor cu 2 cîrlige este mai mare decît greutatea cărucioarelor cu 1 cîrlig. Corespunzător cu greutatea, și ampatamentele sînt mai mari. Din calculele efectuate rezultă totuși că, cărucioarele cu greutate mărită, dar și cu ampatament mărit produc momente încovoietoare, în majoritatea cazurilor mai mici decît greutatea cărucioarelor cu 1 cîrlig și cu ampatamente reduse. În calcule s-a ținut seama de aceste două situații diferite.

Cu datele de intrare, (folosind relațiile de calcul - Anexa III), calculatorul a calculat și a tipărit elementele necesare din care nu lipsește înălțimea necesară și momentul de inerție necesar, respectiv modulul de rezistență necesar pentru fiecare variantă propusă.

Din secțiunile tipizate, s-au ales secțiunile cu modulul de rezistență efectiv imediat superior. Alegerea secțiunilor s-a făcut pentru fiecare sarcină încadrată într-o anumită grupă de funcționare, respectiv pentru o anumită grupă de deschideri; nici în cazul acestor grinzi principale, nu s-au stabilit secțiuni pentru deschiderile derivate decât pentru deschiderile de bază.

Secțiunile grinzilor principale pentru podurile rulante cu sarcini și deschideri mai mari, în general sînt asimetrice; inima de sub gîna de rulare a căruciorului este mai groasă decât inima exterioară. De asemenea în cazul folosirii ginei de 80 x 80 mm și de 90 x 90 mm la cîteva dintre podurile rulante talpa superioară, în zona de sub gîna din motive de sudare, s-a lăsat cu 10 mm. Diferența însă, fiind foarte mică, s-a considerat că față de axa $x - x$ (fig. 3.), secțiunea este simetrică.

II Calculul de verificare al rezistenței s-a făcut conform schemei logice reprezentată în fig. 4.8, folosind relațiile de calcul din anexa III.

În completarea datelor de calcul furnisate pentru antecalcul, pentru calculul de verificare al rezistenței, al deformației elastice și al rigidității dinamice s-au mai furnisat calculatorului următoarele date de calcul:

$G_{căr(j)}$ - greutatea de calcul a căruciorului, (daN);

$i_{Gr,m}$ - numărul total de grupe de deschideri cu aceeași secțiune a grinzii principale;

$G_{r,h}$, $G_{r,h}$, $G_{r,t}$, $G_{r,t_{11,m}}$, $G_{r,t_{12,m}}$, $G_{r,c_{1,m}}$

$G_{r,a_{2,m}}$, $G_{r,t_{p,m}}$, $G_{r,c_{p,m}}$ sînt dimensiunile elementelor (cm) ce alcătuiesc secțiunea pentru o anumită grupă de deschideri.

h_g - înălțimea ginei de rulare a căruciorului, (cm);

k_m - numărul „i” al deschiderii la care ^{se} vormină grupările;

$G_{r,a_{v,m}}$ - distanța dintre două rigidizări transversale pentru o grupă de deschideri.

Cu datele de calcul furnizate, calculatorul a calculat și a tipărit valorile rezistențelor prevăzute în relațiile de calcul (Abara III), deformația elastică exprimată prin săgeată (f_Q) și rigiditatea dinamică exprimată prin timpul de amortizare al oscilațiilor (t_0).

III - Verificarea stabilității locale a inimilor (vealarea)

Calculul stabilității locale a inimilor grinzilor principale GMP, s-a făcut după următoarele două prescripții tehnice:

- după prescripțiile din STAS 763/1-71 [12; 21; 80];

- după prescripțiile tehnice FEM [76; 82; 84; 86].

a) Calculul de verificare al stabilității locale după prescripțiile din STAS 763/1-71 - vezi schema logică fig. 4.9 -

În afară de datele furnizate calculatorului și valorile calculate de acesta, în cadrul antecalculei și în cadrul verificării rezistenței, pentru verificarea stabilității locale a inimilor, din STAS 763/1-71 a fost necesar a se furniza, ca date de calcul tabelul 27; 29; 30; 31 și 32. Calculatorul în funcție de anumite condiții care s-au prescriis, din tabelule enumerate și a ales valorile corespunzătoare.

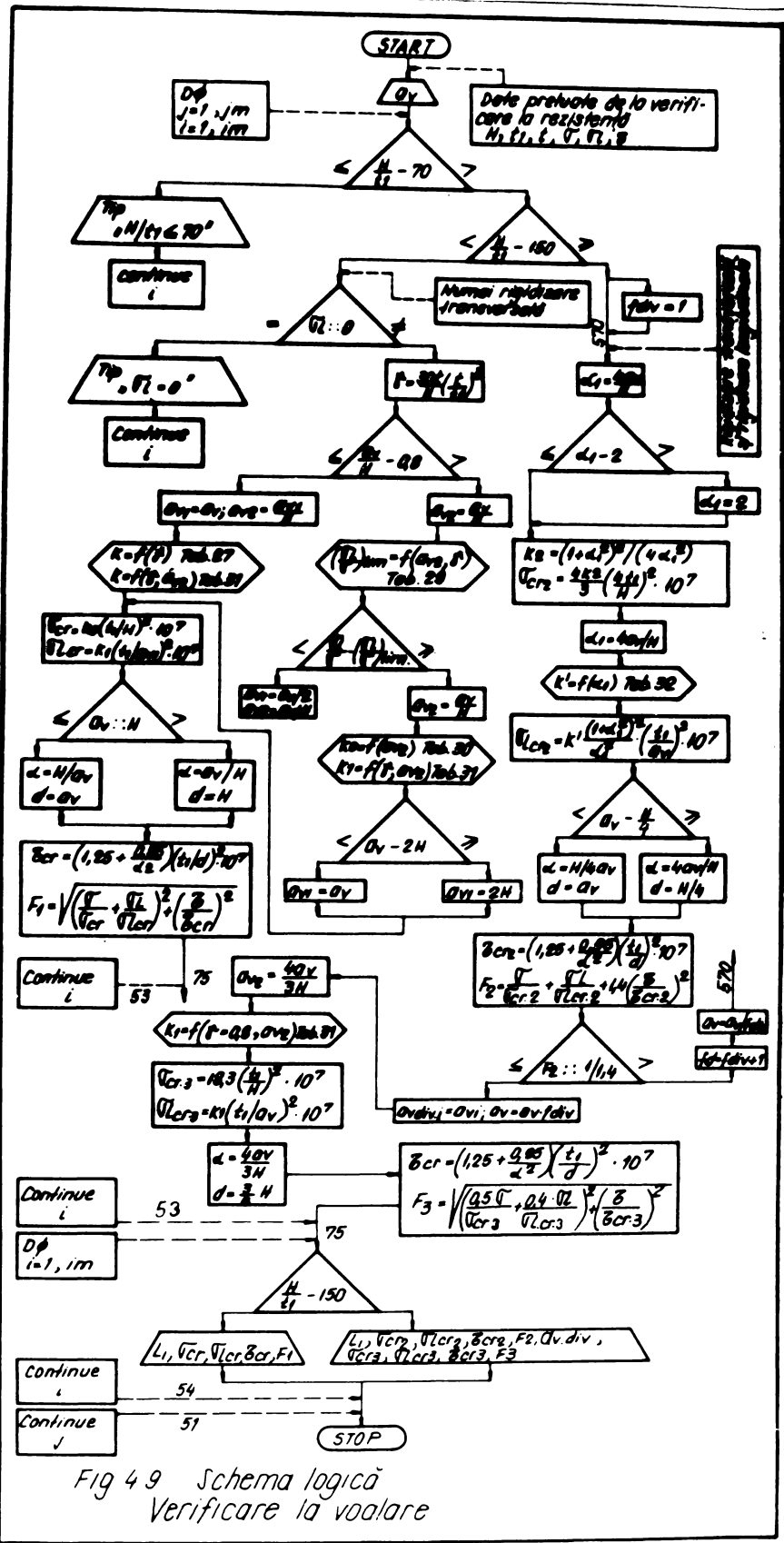
Cu datele furnizate, conform schemei logice calculatorul calculează și tipărește, printre altele, valorile numerice:

- F_1 (panoul de la mijlocul deschiderii, cuprins între cele două tălpi ale grinzii și cele două nervuri de rigidizare transversală apropiate);

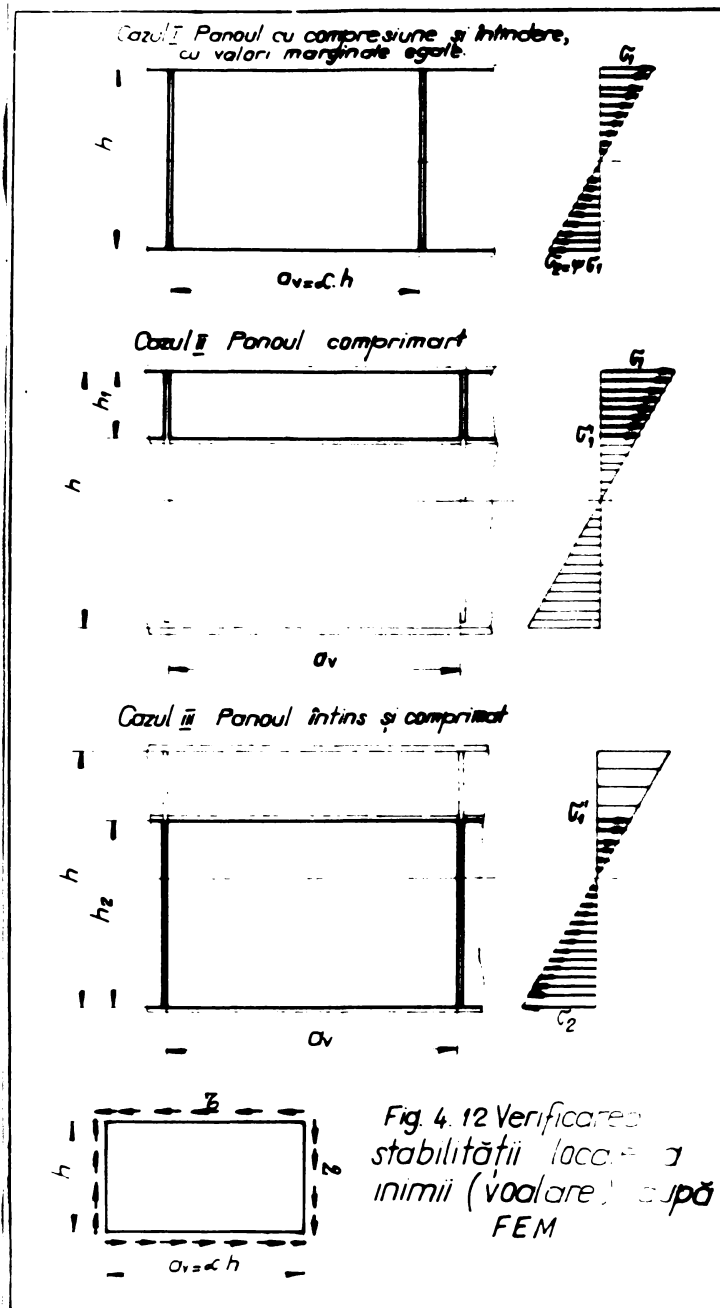
- F_2 (panoul comprimat de la mijlocul deschiderii cuprins între talpa comprimată - nervura longitudinală și cele două nervuri transversale);

- F_3 (panoul întins, de asemenea de la mijlocul deschiderii, cuprins între talpa întinsă și nervura longitudinală, respectiv între cele două nervuri de rigidizare transversale apropiate).

Aceste valori (F_1 ; F_2 și F_3), conform prevederilor din STAS 763/1-71 nu trebuie să depășească raportul $1/\alpha_v = 0,714$.



Cu datele preluate de la calculul de verificare al rezistenței (σ_x , σ_1 și σ_2) și cele specifice metodei de calcul după FEM s-a întocmit schema logică de calcul prezentată în fig. 4.11.



Calculatoarea electronică pentru cele trei cazuri ale penonșilor (fig. 4.12) a calculat și tipărit efortul unitar de comparație la volare (III.67) și coeficientul de siguranță (III.71)

Observație:

Valorile calculate după ambele metode sînt comparabile și nici una din ele nu a depășit valorile admise, atât pentru efortul unitar de comparație la volare cît și pentru coeficientul de siguranță.

a) Verificarea stabilității locale a tălpii

Aplicînd condiția prevăzută la punctul III.12, la cîteva cazuri reprezentative s-a constatat că grinzile principale cu secțiunea alezuită conform datelor din capitolul 3 au stabilitatea locală a tălpii asigurată. În consecință, nu a fost necesară folosirea calculatoarei electronice în acest scop.

IV. Calculul de verificare al rezistenței în exploatare (oboseală) după metoda FM

În vederea determinării valorii minime a eforturilor unitare în secțiunile grinzii principale de la mijlocul deschiderii, căruciorul fără sarcină s-a deplasat în extremitatea grinzii principale, rezultînd un moment încovoitor minim (III.80)

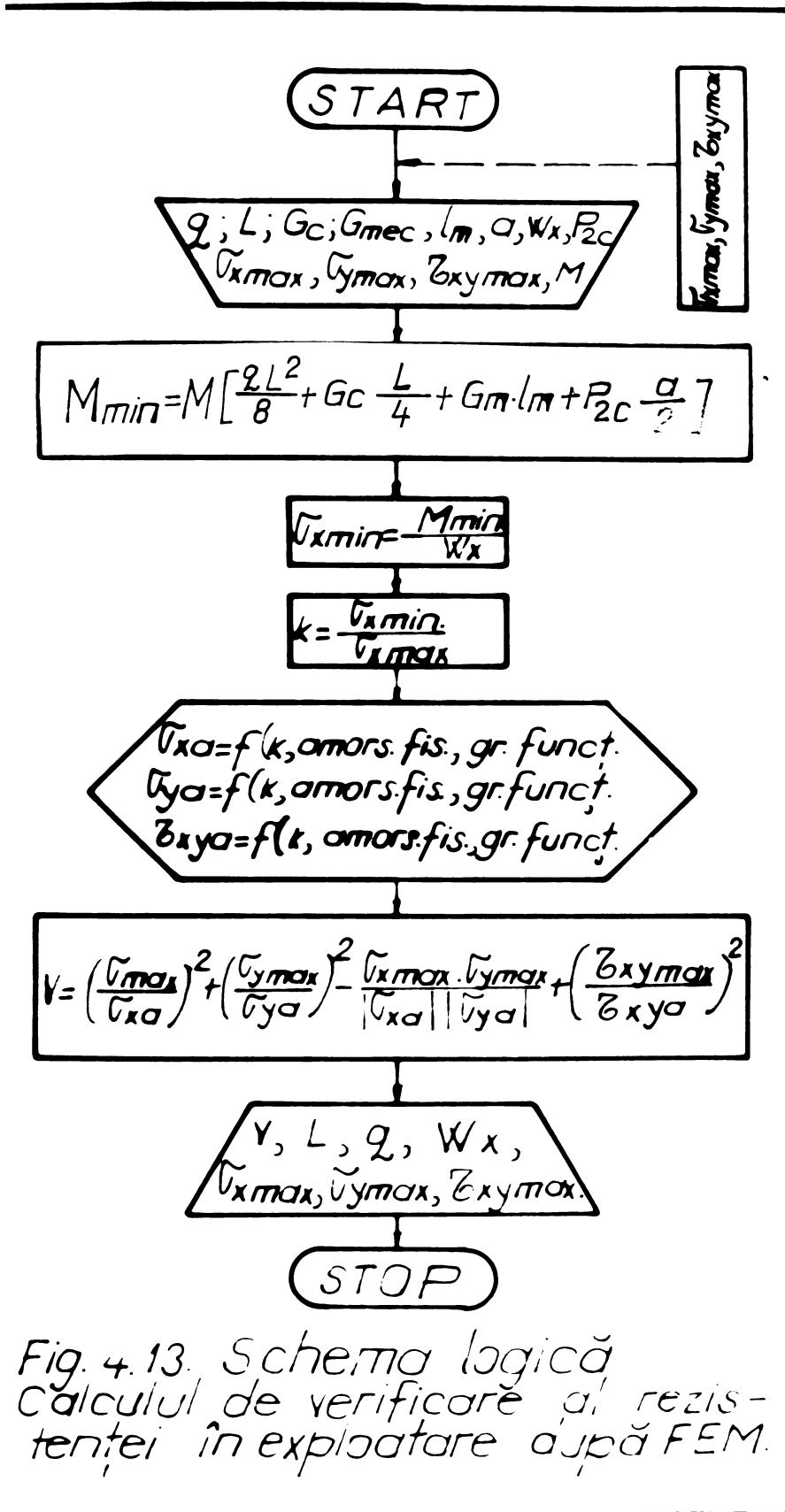
Ca urmare a momentului încovoitor minim se obține efortul unitar minim, respectiv coeficientul de asimetrie k (III.79).

După prescripțiile FM [76], dacă unul dintre eforturile unitare (σ_x , σ_y sau τ_{xy}) are valoare net superioară față de celelalte două, atunci verificarea rezistenței în exploatare se poate reduce la compararea efortului unitar respectiv, cu efortul unitar admisibil în exploatare

Adică:
$$\sigma_x < \sigma_{xa}$$

În care: σ_{xa} - efortul unitar admisibil în exploatare, care este stabilit funcție de grupa de funcționare (II ... V), funcție de coeficientul de asimetrie (k) și funcție de coeficientul de emersiune a orăpăturilor (II) [76; 83; 86].

Verificarea rezistenței în exploatare însă, atât în material cît și în cusăturile sudate s-a făcut potrivit schemei logice prezentată în fig. 4.13, cu relația III.82, ținînd seama de toate cele trei eforturi (σ_x , σ_y și τ_{xy}).



Abstracții

- Pentru o verificare mai severă, în loc de valoarea lui σ_y în relația III.02 s-a introdus valoarea lui σ_1 .
- Cu toate acestea severe a diferit acest calcul, rezistența în exploatarea principiilor principale a rezultat ca fiind asigurată.

4.4.3 Calculul cusăturilor sudate la grinzile principale

La grinzile principale, cusăturile care preiau și transmit eforturile se dimensionează [22; 23; 30; 42], iar cele care sînt numai cusături de prindere se stabilesc constructiv [44; 70; 72].

a) - La grinzile principale PRME (fig. 4.14):

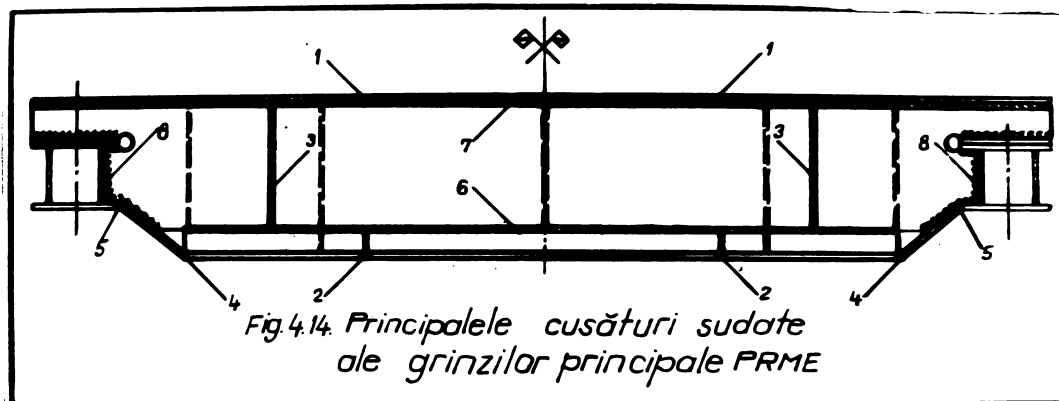


Fig.4.14. Principalele cusături sudate ale grinzilor principale PRME

- Cusăturile sudate cap la cap ale tălpilor (1; 2; 4 și 5) și ale inimilor (3), respectiv cusăturile sudate cap la cap dintre inimile grinzii principale din oțel O1.37 și inima profilului special „T95” din oțel O1.52 (6) se dimensionează.

- Cusăturile cu suduri de colț dintre talpa superioară și inimă (7), respectiv dintre capătul inimilor grinzii principale cu inima interioară a grinzilor de capăt (8) de asemenea se dimensionează, iar cusăturile sudate dintre nervurile de rigidizare și inimile cheșonului (9), respectiv talpa superioară sînt suduri de prindere al căror grosime se determină constructiv.

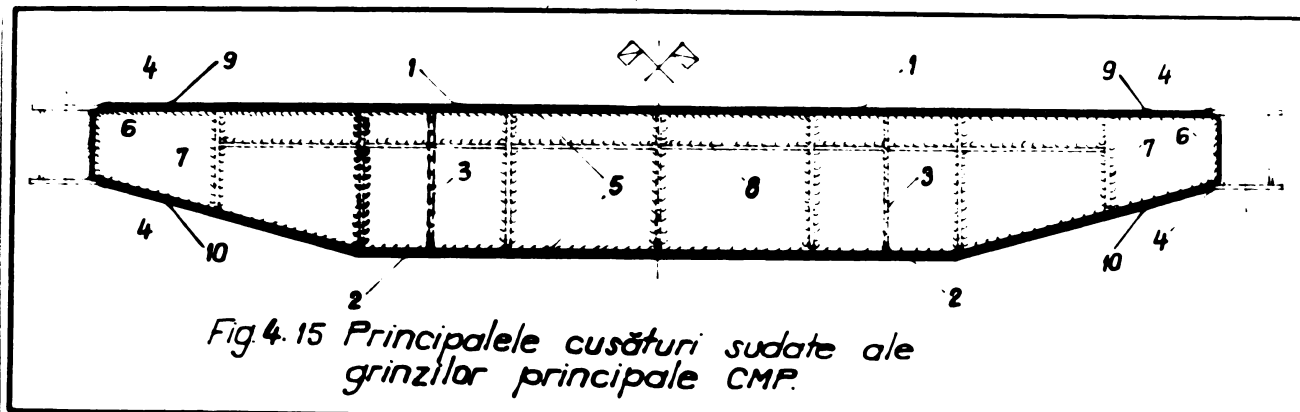
b) - La grinzile principale GMP (fig. 4.15) se dimensionează:

- cusăturile cap la cap ale tălpilor (1-4) și ale inimilor (7), respectiv îmbinările cap la cap dintre tălpile grinzilor principale cu tălpile grinzilor de capăt (5 și 6);

- cusăturile de colț dintre tălpi și inimile (8), respectiv cusăturile de colț dintre inimile grinzilor principale cu inimile interioare ale grinzilor de capăt (9) și cusăturile de îmbinare ale consolelor cu cheșonul.

Cusăturile care se stabilesc constructiv sînt cusă-

turile de fixare ale nervurilor de rigidizare pe inimi și pe talpa superioară, cusăturile de fixare ale tablelor de poart, a ginei de rulare a căruciorului etc.



Lungimea de calcul a cusăturilor de rezistență, respectiv grosimea de calcul a acestora sînt limitate de norme [26; 29; 73]. Si anume: lungimea de calcul nu poate fi mai mică decît 30 mm, iar grosimea de calcul 3,5 mm; în cazul sudurilor de colț, grosimea de calcul nu poate depăși 0,7 t cînd sudura se realizează manual cu electrozi înveliți și 0,58 t cînd sudura se realizează automat sub strat de flux, sau în mediu de bioxid de carbon (t fiind grosimea celui mai subțire element).

În ce privește forma secțiunii sudurii de colț, toate normele prevăd sudura concavă, ea fiind cea mai corespunzătoare pentru solicitările dinamice la care este supusă grinda principală.

a) Calculul cusăturilor sudate cap la cap

Grinda principală, în ansamblu este solicitată la încovoiere și la forțare [71; 73]; din încovoiere talpa superioară este comprimată, iar talpa inferioară este întinsă. Inimile, pe lângă compresiune în zona superioară și întindere în zona inferioară, sînt puternic supuse la forfecare.

În anexe, la II.61 și III.64, respectiv în tabelul III.1 se prezintă relațiile de calcul ale principalelor cusături sudate, aparținînd grinzilor principale PNEE, respectiv CMP.

Din relațiile de calcul rezultă că niciodată cusăturile sudate cap la cap ale grinzilor principale din cauza $l_g = l_g - 2a$, sau din cauza coeficientului de reducere a rezistenței -

exceptând cazul solicitării la compresiune - nu pot fi de egală rezistență cu materialul de bază.

Pentru realizarea cusăturilor de egală rezistență cu materialul de bază, s-ar fi putut aplica următoarele măsuri tehnologice:

- stațarea în capetele îmbinării a oște o placă;
- îmbinarea să se prevadă înclinată la 45° față de direcția de solicitare etc.

Dintre măsurile tehnologice de mai sus, doar prima se recomandă în cazul grinzilor principale și aceasta numai în cazul când din plăci urmează a se scoate probe de control. A doua măsură este netehnologică; se consumă mult material de bază și de adaos, respectiv manoperă și energie electrică putându-se naște deformații sub formă de spirală greu de îndreptat.

În cazul grinzilor principale judicios alcătuite nici nu este necesară realizarea cusăturilor sudate de egală rezistență cu materialul de bază; îmbinările cap la cap se scot din zona cu moment încovoiator maxim [45], plasându-se într-o zonă mai puțin solicitată și unde niciodată cusăturile din tălpi nu sînt în aceeași secțiune cu cusăturile din inimi.

b) Calculul cusăturilor de colț

I. Calculul cusăturilor de colț de la îmbinarea tălpilor cu inimile.

Cusăturile de colț [25], împiedică alunecarea inimilor față de cele două tălpi când grinda principală este încoarcată (fig. 4.16_g) [25; 66; 69].

Secțiunea de rupere probabilă (secțiunea periculoasă) a cusăturii de colț s-a considerat secțiunea de calcul care cuprinde înălțimea triunghiului isoscel înscrisibil (fig. 4.16_g).

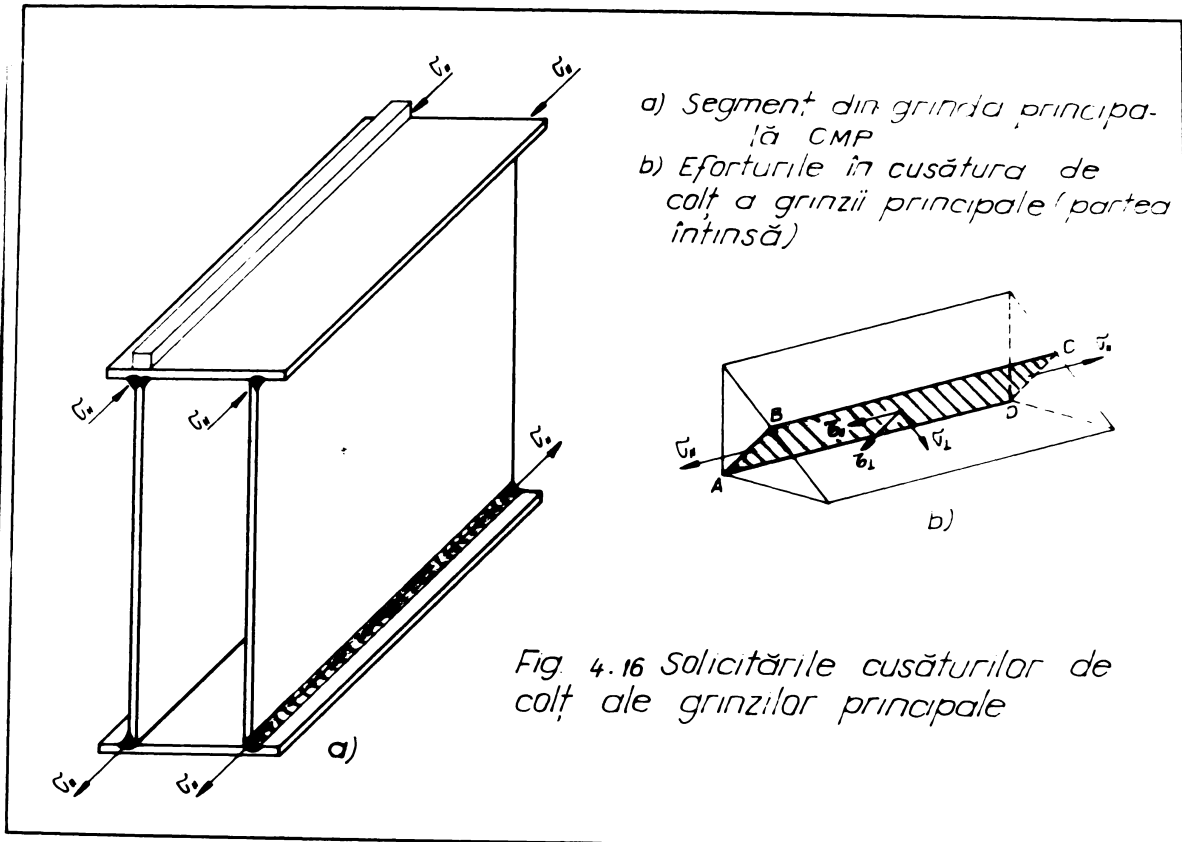
La cusăturile de colț secțiunea periculoasă a cusăturii nefiind întotdeauna identică cu planul de acțiune al forțelor aplicate îmbinării, în calcule s-a luat în considerare componentele acestora, orientate după direcția perpendiculară și paralelă la secțiunea periculoasă.

În cazul grinzilor principale secțiunea periculoasă a cusăturilor de colț (fig. 4.16_g - ABCD-) este supusă următoarelor eforturi unitare:

- σ_1 - efort unitar normal (de întindere sau de compresiune) care acționează perpendicular pe secțiunea ABCD;

σ_{\parallel} - efort unitar normal, paralel cu direcția cusăturii;

τ_L - efort unitar tangențial, ce acționează paralel cu direcția cusăturii.



II. Calculul cusăturilor de colț de la îmbinarea grinzii principale cu grinzile de capăt

La numai cea. 200 mm de la axa ochi de rulare a podului rulant, la îmbinarea grinzii principale cu grinzile de capăt, momentul încovoiător are valori scăzute, în timp ce forța tăietoare atinge valori maxime. Deci, cusăturile sudate sînt puternic solicitate la fiecare.

În această zonă cusăturile sudate preiau și o parte din efortul provocat de efectul de cadru la mersul oblic, respectiv la înțepenire. Gradul de mărire al acestui efort însă, nu influențează sensibil rezistența cusăturilor, avînd în vedere mai ales faptul că înălțimea îmbinării este relativ mare (la podurile rulante cu acționare la capete).

III. Modulul calculului de îmbinare
a consolelor cu console principale

Consolele pe care se sprijină mecanismul de acționare se îmbină cu înina exterioră a grinzii principale prin sudură de colț, iar consolele care susțin podostul cu un rețataj electric și la care, în anumite cazuri se suspendă cabina de comandă, se îmbină prin sudură de colț cu înina exterioră a grinzii principale și prin sudură cap la cap cu talpa grinzii principale.

Relațiile de calcul ale acestor cusături sunt prezentate în Anexa III.

c) Calculul efortului unitar echivalent

Cusăturile sudate ale grinzilor principale, în general sînt supuse la solicitări compuse, variabile în timp [25]

Relațiile de calcul pentru determinarea efortului unitar echivalent din secțiunea periculoasă a cusăturilor de colț stabilite în standardele diferitelor țări [25], după cum se vede în tabelul 4.9, sînt foarte diferite.

Relatii pentru calculul efortului unitar echivalent, în cusăturile de colț, folosite în diferite țări.

Tabelul 4.9.

Normele din	Relația de calcul	Valoarea maximă pentru		Valoarea coeficientului α
		σ_{II}	τ_{II}	
URSS	$\sqrt{\sigma_{II}^2 + 3\tau_{II}^2} \leq \alpha \sigma_a$	σ_a	$0,58 \sigma_a$	1,0
RSR, RSC	$\sqrt{\sigma_{II}^2 + 3\tau_{II}^2} \leq \alpha \sigma_a$	$1,1 \sigma_a$	$0,635 \sigma_a$	1,1
ISO, R848-955	$\sqrt{\sigma_{II}^2 + 1,8\tau_{II}^2} \leq \alpha \sigma_a$	σ_a	$0,75 \sigma_a$	1,0
Franta	$\frac{\sigma_{II}}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_{II}^2 + 4\tau_{II}^2} < \alpha \sigma_a$	σ_a	$0,65 \sigma_a$	1,0
R.F.G.	$\frac{\sigma_{II}}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_{II}^2 + 4\tau_{II}^2} \leq \alpha \sigma_a$	$1,1 \sigma_a$	$0,7 \sigma_a$	1,1

după DIN 4100 ediția 1965:

$$\sigma_{ech} = \beta \sqrt{\sigma_1^2 + \lambda_I \tau_1^2 + \lambda_{II} \tau_{II}^2} \quad (4.3)$$

în care, coeficienții β ; λ_I și λ_{II} , corespunzători oțelului 01,37 s-au determinat experimental și au următoarele valori:

$$\beta = 1,0; \quad \lambda_I = 3 \quad \text{și} \quad \lambda_{II} = 2$$

După câteva aplicații ale normelor DIN, ISO și ISO [25] se constată că, cusăturile sînt solicitate peste valoarea lor admisibilă, în timp ce după normele ISO, franceze și germane cusăturile nu sînt încărcate la capacitatea lor. Vale mai apropiate rezultate, față de rezultatele experimentale se obține folosind norma DIN 4100 care de fapt este o formă mai generală a relației propusă prin R.348 de ISO, și care a fost acceptată de IIS (Doc. XV - 214 - 66 considerînd $\lambda_I = \lambda_{II}$).

4.4.4. Măsurătorile electrotensometrice aplicate grinzilor principale

Pentru verificarea metodologiei de calcul [27] s-a precizat confruntarea datelor calculate cu date rezultate prin măsurătorile electrotensometrice asupra grinzilor principale ale unor poduri rulante reprezentative.

Dintre acestea, se precizează următoarele două:

- podul rulant monogrindă cu electropalan 5tf-21,72m;
- podul rulant de us general 25tf-23 m.

Măsurătorile electrotensometrice s-au prevăzut a se face în următoarele condiții:

- în timpul ridicării și coborîrii sarcinii;
- cu sarcina suspendată în cîrlig, podul rulant stînd pe loc;
- cu sarcina suspendată în cîrlig, podul rulant fiind în mișcare.

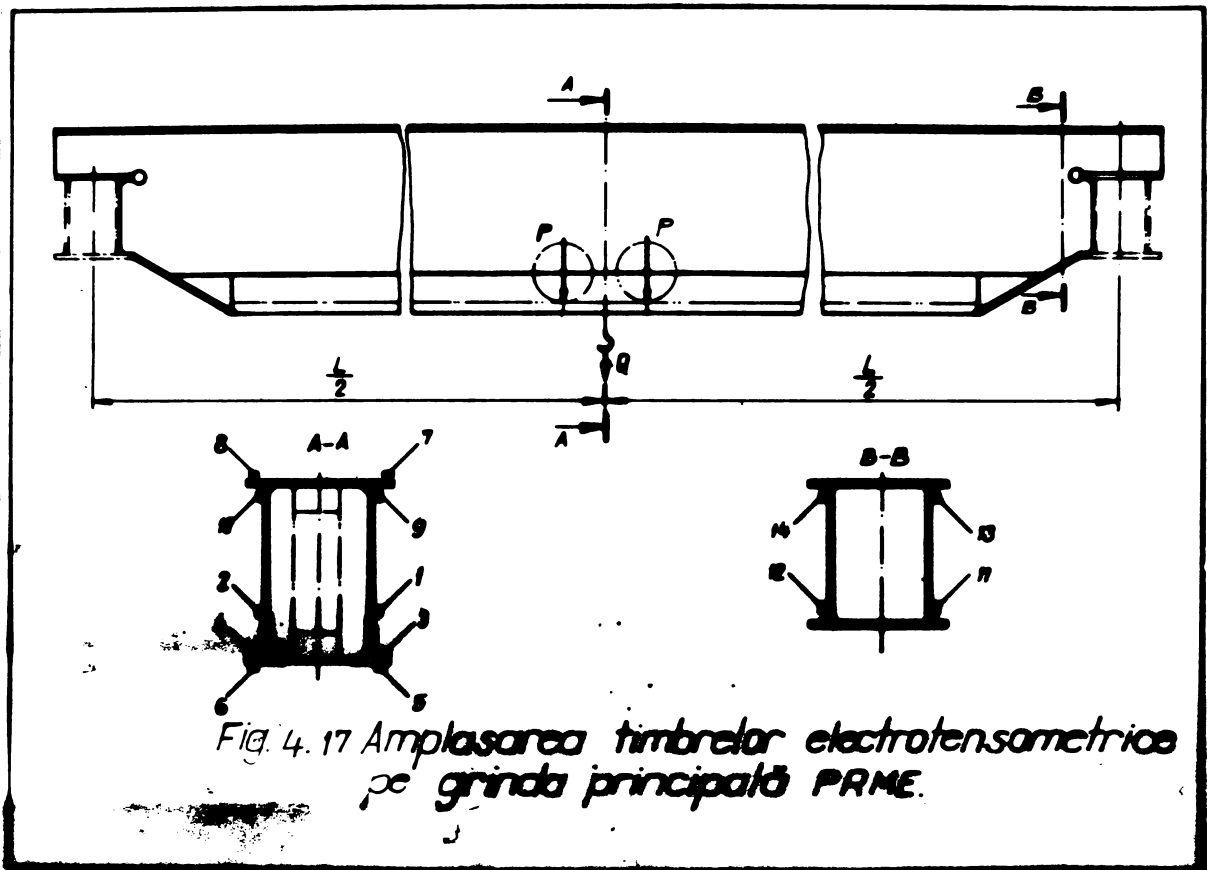
Măsurătorile, în condițiile de mai sus, s-au făcut în următoarele două faze:

- cu căruciorul la mijlocul deschiderii podului rulant;
- cu căruciorul în capătul grinzii principale.

Cu ocazia măsurătorilor electrotensometrice, pe lângă eforturile unitare s-a prevăzut a se determina și deformația elastică a grinzii principale (sîngata) și rigiditatea dinamică (timpul de amortisare al oscilațiilor).

Pentru măsurători s-au folosit următoarele materiale:

- timbre electrotensometrice RSC;
 - adeziv X6e Hottinger;
 - cabluri coaxiale l=50 m;
 - două punți Ac III-RP1 ;
 - cutie de comutație Co.151-RP1;
 - punte hottinger;
 - osciloscop SMI.
- c) Măsurătorile electrotensometrice în grinda principală tip cheșoa PRME



Amplasarea mărcilor electrotensometrice în vederea determinării stărilor de tensiune s-a făcut în zona de mijloc cu momentul încovoietor maxim, respectiv în zona de capăt cu forța tăietoare maximă (fig. 4.17). Din secțiunile A-A și B-B rezultă că mărcile electrotensometrice s-au fixat în puncte cu solicitare maximă alături de cusăturile sudate.

Măsurătorile electrotensometrice s-au făcut în regim static și dinamic (în timpul ridicării și coborîrii sarcinii și în timpul deplasării podului rulant cu sarcina suspendată).

I. Măsurătorile electrosenzoreice în regim static

Amplitudinea deplasărilor s-a făcut considerând starea de zero relativă a măsurătorilor, pentru poziția principală solicitată de greutatea sa proprie, căruciorul fiind aplicat la extremitatea polului sulant, pe partea fără transducătoare inductiv-mecanice.

Solicitările din grinda principală cauzate de greutatea sa proprie, au fost denumite „eforturi de calcul adiționale”. Cu aceste eforturi s-au corectat eforturile unitare măsurate, determinându-se astfel starea de tensiune din grinda principală.

Rezultatele măsurătorilor făcute în regim static sînt media a trei citiri consecutive. Transformarea deformațiilor citite la eforturi unitare s-a făcut considerînd modulul de elasticitate longitudinal $E=2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$.

Valorile măsurate în regim static, respectiv valorile transformate, sînt prezentate în tabelul 4.10.

Efortul unitar maxim în regim static, daN/cm²

Tabelul 4.10

Nr. curent	Nr. numărului	SECȚIUNEA				Observații
		Căruciorul la mijlocul deschiderii		Căruciorul la capătul deschiderii		
		A-A	B-B	A-A	B-B	
1	1	+420		+62		
2	2	+355		+6		
3	3	+590		+86		
4	4	+495		+84		
5	5	+570		+84		
6	6	+525		+71		
7	7	-670		-84		
8	8	-670		-84		
9	9	-650		-79		
10	10	-590		-80		
11	11		+12		+16	
12	12		+6		+25	
13	13		0		-21	
14	14		-30		-25	

II. Măsurătorile electrotensometrice în regim dinamic

În regim dinamic, măsurătorile electrotensometrice, în această grindă, s-au făcut numai în două puncte; 8 și 9 (fig. 4.17).

Pentru determinarea stărilor de tensiune în punctele 8 și 9 sarcina a fost suspendată la mijlocul deschiderii.

Măsurătorile s-au făcut în timp ce utilajul executa mișcări de ridicare-coborire și în timpul deplasării podului rulant. În timpul măsurătorilor, diagramele au fost înregistrate cu un oscilograf cu buclă tip SLS - 1-RPT.

Valorile eforturilor în regim dinamic sînt prezentate în tabelul 4.11.

*Efortul unitar normal în regim dinamic
(secțiunea A-A), daN/cm²*

Tabelul 4.11

<i>Gr. Cpt.</i>	<i>Nr. Amb.</i>	<i>Ridicare sarcină</i>	<i>Frinare la coborire</i>	<i>Coef. dinamic la frinare-cobor.</i>	<i>Frinare-translație pod.</i>	<i>Rezult. efort ridicare-translație pod.</i>	<i>Coef. dinamic la translația pod.</i>
1	8	-966	-1092	1,63	-422	-792	1,18
2	9	-903	-1092	1,63	-296	-732	1,09

III. Determinarea deformației elastice a grinzii principale (săgeata)

Determinarea deformației elastice a grinzii principale s-a făcut în conformitate cu „Prescripțiile tehnice RL-76” din colecția IACR.

Săgeata în regim static, măsurată la mijlocul deschiderii, cu sarcina $1,1 \cdot 5,5 \text{ tf}$ a fost de 48 mm. După o durată de ¹⁰ min. săgeata nu a mai crescut, iar după deschiderea grinzii principale nu s-au înregistrat deformații rezanente.

În timpul încercărilor dinamice (la frînările în coborire) însă, săgeata a crescut sensibil, la 64 mm. Nici de data aceasta însă, nu s-au înregistrat deformații rezanente.

Din măsurătorile electrotensometrice făcute la grinda principală PRMS, se desprind următoarele concluzii:

1. Eforturile unitare măsurate, chiar dacă sînt mai mici, sînt comparabile cu valorile eforturilor calculate;

2. Cu ocazia măsurătorilor în regim static și dinamic, nu s-au înregistrat deformații permanente.

3. Valoarea săgeții determinată experimental a depășit valoarea calculată (43,5 mm).

4. Valoarea coeficientului dinamic stabilit experimental, de asemenea depășește valoarea coeficientului dinamic de calcul (1,15).

Valoarea mărită a săgeții și a coeficientului dinamic (determinată experimental) este cauzată de frinarea bruscă la ridicarea și coborîrea sarcinii. Atenuarea acestor șocuri se încearcă a se face prin intercalarea unui mediu elastic între cîrlig și sarcină - cercetările continuă - .

b) Măsurătorile electrotensoimetrice la grinda principală CMP

Măsurătorile electrotensoimetrice la grinda principală CMP s-au făcut în aceleași condiții ca la grinda principală PRM, de asemenea în două zone; la mijloc în secțiunea cu moment încovoietor maxim (A-A) și la capăt în secțiunea cu forța tăie-

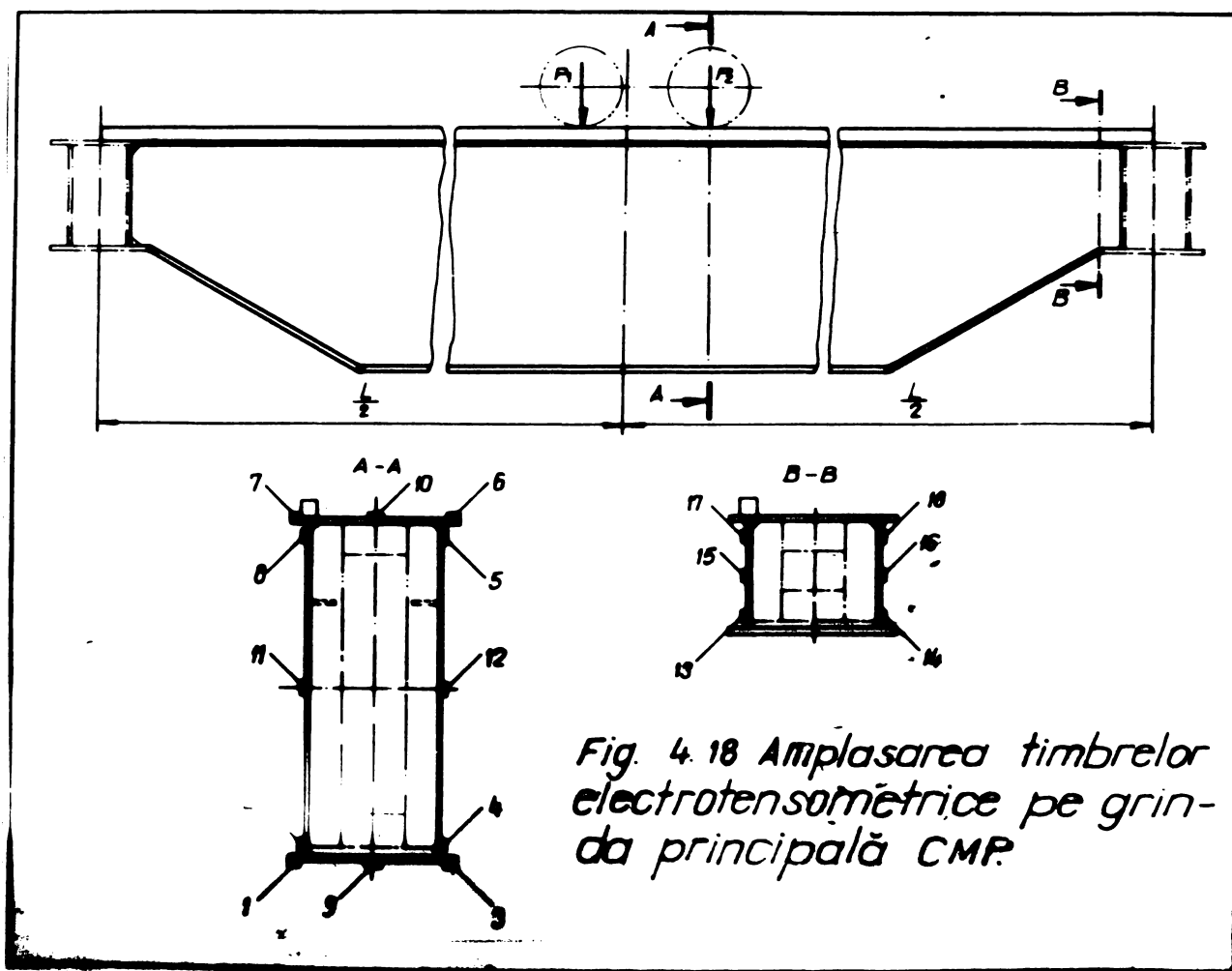


Fig. 4.18 Amplasarea timbrelor electrotensoimetrice pe grinda principală CMP.

toare maximi (I-B) - fig. 4.18.

Valorile măsurate în regim static și dinamic, respectiv valorile transformate sînt prezentate în tabelul 4.12, pentru poziția căruciorul plasat în centrul deschiderii, respectiv pentru cazul cînd căruciorul este plasat în zona de capăt a deschiderii.

Determinarea coeficientului dinamic (Secțiunea A-A) cu căruciorul la mijlocul deschiderii.

Tabelul 4.12

Nr. curent	Nr. timbrului	Efortul unitar normal (daN/cm ²) în regim		Coeficientul dinamic	Observații
		Static *	Dinamic		
1	1	707	724	1,16	
2	2	701	721	1,19	
3	3	724	750	1,21	
4	7	716	717	1,01	
5	8	741	741	1,00	
6	9	667	683	1,02	
7	10	686	707	1,03	

* Valoarea eforturilor unitare statice a fost extrasă din diagrama de înregistrare în regim dinamic, la sarcina $Q = 20 \text{ tf}$.

Din măsurătorile electrotensometrice aplicate grinzii principale CIP, rezultă următoarele concluzii:

1) Eforturile unitare măsurate, în toate cazurile sînt mai mici decît eforturile unitare calculate.

2) Deformația elastică (săgeata) grinzii principale măsurată nu depășește deformația elastică calculată.

În ce privește mărirea eforturilor și frecvența eforturilor maxime în cele 4 colțuri ale secțiunii cheson, se remarcă următoarele:

- Eforturile unitare maxime apar mai frecvent în colțul exterior (4) la partea inferioară a secțiunii, iar eforturile unitare minime apar în colțurile de sus ale secțiunii, sub șină și la partea exterioară (1) și (2).

Explicația este următoarea:

Sina de rulare a căruciorului (sufindu-se discontinu pe talpa superioară a grinzii principale) și nervurile de rigidizare longitudinale (care se sudează pe fața interioară a inimii, în apropierea tălpii superioare) deși conlucrează cu secțiunea, nu sînt luate în considerare la secțiunea de calcul. Deci măsurătorile electrotensometrice efectuate asupra grinzilor principale studiate, au scos în evidență o rezervă care luată în considerare la determinarea caracteristicilor statice ale secțiunii grinzilor principale ar putea spori economia de metal. Această rezervă poate fi obținută în următoarele condiții.

1. Dacă șina de rulare a căruciorului se fixează printr-o susținută relativ subțire, sau dacă aceasta se sudează discontinu dar la intervale reduse, considerînd că ea conlucrează în bune condițiuni cu restul elementelor de rezistență ale grinzilor principale.

2. Dacă grinda principală, din motive de voalare este prevăzută cu nervuri de rigidizare longitudinale și dacă acestea se sudează continuu, de asemenea se pot considera ca elemente de rezistență și pot fi luate în secțiunea de calcul.

3. Dacă șina de rulare și nervurile de rigidizare longitudinale se iau în considerare la determinarea secțiunii de calcul, atunci, în compensație talpa comprimată a grinzii principale poate fi subțiată. Ținînd seama de amplasamentul șinei de colț și de faptul că de obicei inima de sub șină este mai groasă, centrul de greutate este deplasat spre aceasta, putînd suporta mai ușor solicitarea din încovoierea generală și din încovoierea locală, respectiv sporul grosimii ei face mai bine față presiunii locale.

În ce privește diferența posibilă de grosime a celor două tălpi se remarcă următorul fenomen. Grinzile principale fiind puternic solicitate în exploatare și îndeosebi elementele întinse ale secțiunii, talpa inferioară trebuie astfel îngroșată ca să readucă centrul de greutate într-o asemenea poziție în-

sit eforturile unitare, din cele două tălpi, să fie apreciate de valorile admisibile ale eforturilor unitare de întindere din talpa inferioară, respectiv de compresiune din talpa superioară. In acest fel elementele care alcătuiesc secțiunea grinzilor principale sînt aproximativ uniform solicitate și uniform expuse așa-sicului pericol de rupere la obsecală.

5. REALIZAREA PRIN SUDARE A GRINZILOR PRINCIPALE PENTRU PODURILE RULANTE TIPIZATE „EDITIA 77”

Elaborarea proiectului de grinzi principale în soluție constructiv-tehnologică, evită dificultățile de execuție. Se cere însă, fundamentarea diferitelor soluții nu numai prin calcule de rezistență, dar și prin prevederi tehnologice de execuție mecanizată și automatizată a sudării, asigurându-se astfel caracterul rațional al grinzilor principale proiectate.

5.1 Alcătuirea eficientă a secțiunii grinzilor principale

Grinzile principale sînt alcătuite din laminate ale căror destinație constă, fie în preluarea și transmiterea eforturilor la care sînt supuse (elemente portante), fie în asigurarea rigidității spațiale (elemente de legătură).

I. Alcătuirea eficientă a secțiunii grinzii principale PRME

Avînd în vedere faptul că utilizarea grinzilor principale PRME din profil „I” este relativ simplă, nu se insistă asupra realizării ei, și numai asupra grinzii principale tip cheșon - hibrid -

La grinda principală PRME, drept elemente portante ale secțiunii (fig. 5.1), se consideră următoarele:

- talpa superioară (1) alcătuită dintr-un oțel lat de 360mm, cu diferite grosimi;
- talpa inferioară (2) alcătuită din două profile speciale „T95”, distanțate printr-un oțel lat (3), cu dimensiunile 170.6 mm.;
- cei doi pereți laterali (4) - inimile - care fac legătura între talpa superioară și pereții profilelor, avînd grosimea constantă de 6 mm și înălțime variabilă;
- nervurile de rigidizare transversală (5) a pereților cu tălpile.

După cum se vede în fig. 5.1, lățimea celor două tălpi diferă. Talpa superioară a secțiunii, pentru toate grinzile principale tip cheșon este constantă; avînd în vedere că este o lățime standardizată, nu sînt necesare operațiunile de trasare, tăiere și ajustare. Pentru aceleași motive, la talpa inferioară, distanțarea profilelor s-a făcut cu un oțel lat,

care în același timp determină distanța dintre pereții laterali (condiționat ca axele acestora să fie în prelungirea axelor inimilor de la profilele speciale „T95”), respectiv lățimea tălpii inferioare de 342 mm. Lățimea constantă a tălpii inferioare a

fost impusă și de reducerea tipodimensiunilor de cărucioare - electropalan. [41].

Nervurile de rigidizare transversale, sînt alezuite din (2+2) bucăți de oțel lat 6x5 mm sudate cap la cap sub forma unui cadru. În exterior, la partea inferioară, forma nervurilor copiază forma profilului special „T95”.

La realizarea grinzilor principale PRME tip cheson se folosesc următoarele tipuri de îmbinări sudate:

- la înădirea tălpiilor și a inimilor grinzilor principale, ca și la îmbinarea tălpii inferioare a grinzilor principale cu tălpile grinzilor de capăt și al oțelului

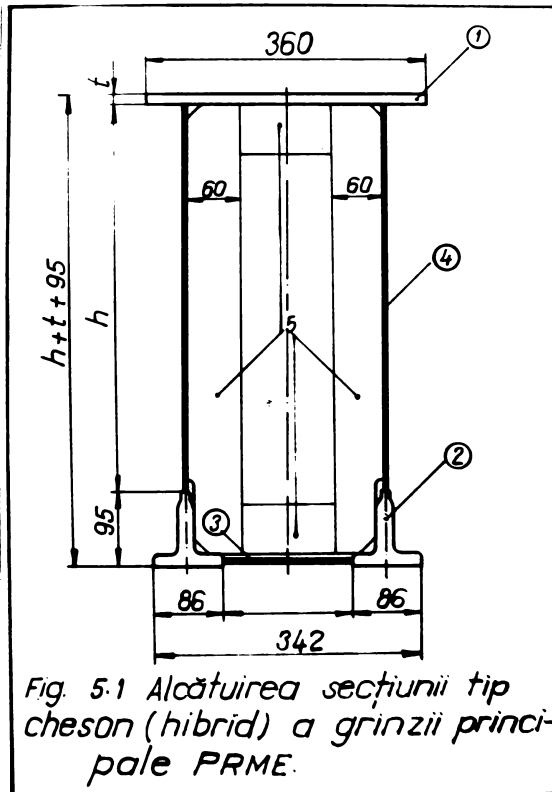
lat cu tălpile profilelor speciale „T95” se folosește sudura cap la cap:

- la îmbinarea tălpii superioare cu inimile și la îmbinarea nervurilor de rigidizare transversale cu inimile se folosește sudura de colț.

Secțiunea grinzilor principale PRME tip cheson este astfel alezuită încît se pretează foarte bine la aplicarea procedeelor de sudare automată și semiautomată.

II. Alezuirea eficientă a secțiunii grinzilor principale CMT

Drept elemente portante ale secțiunii grinzilor principale (fig. 5.2) se consideră cele două tălpi (1 și 2) și



cele două inimi (1 și 2), iar ca elemente de legătură se consideră nervurile de rigidizare transversale (3) și nervurile de rigidizare longitudinale (4), respectiv șina (6) și elementul din tablă (5) interpus între șină și talpă [49; 50].

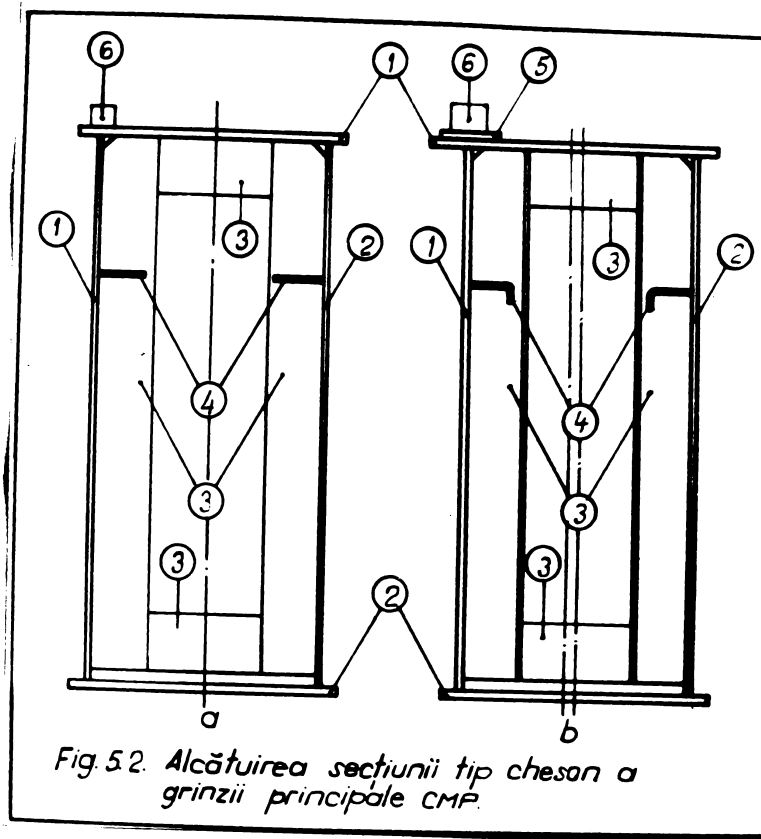


Fig. 5.2. Alcătuirea secțiunii tip cheson a grinzii principale C.M.F.

Șina de rulare a căruciorului fiind sudată discontinuu, nu a fost luată în considerație ca secțiune de calcul, decât la calculul presiunii locale.

Talpa superioară are aceeași grosime ca și talpa inferioară; lățimea tălpii superioare însă diferă în cazul folosirii șinelor de 80x80 mm sau de 90x90 mm. În asemenea cazuri talpa superioară este cu numai 10 mm mai lată decât talpa inferioară, trebuind să permită fixarea șinei prin curduri astfel ca aceasta

să fie coaxială cu inima interioară (1).

Inima de sub șa de rulare a căruciorului (1), în unele cazuri diferă ca grosime față de inima exterioară (2):

$$t_2 \approx 0,75t_1$$

Asemenia cazuri sînt frecvente la podurile rulante cu sarcini nominale peste 20 tf. și îndecosebi la deschiderile mari.

Nervurile de rigidizare transversale și longitudinale pentru grinzile principale ale podurilor rulante cu sarcina nominală $Q \leq 32$ tf. sînt alcătuite din oțte (2+2) bucăți oțel lat sudate cap la cap sub forma unui cadru (fig. 5.2a). În cazul grinzilor principale pentru podurile rulante cu sarcina $Q > 32$ tf., nervurile de rigidizare transversale sînt alcătuite din oțte două elemente îndoite la rece (profile tip Iași) legate între ele la partea superioară și inferioară cu oțte un oțel lat și nervurile de rigidizare longitudinale, de asemenea sînt din profile Iași, sau din profile îndoite la Abkant (fig. 5.2b). Dimensiunile acestora, sînt cele rezultate din calculele de dimensionare și verificare (III.13).

La realizarea grinzilor principale CMP, în general se folosesc aceleași îmbinări sudate ca la grinzile principale PRMS, fiind alcătuite în aceeași manieră, permițînd aplicarea largă a procedeelor de sudare automată și semiautomată.

5.2 Studiu privind aplicarea sudării automate sub flux la îmbinările cap la cap și de colț ale grinzilor principale

În realizarea grinzilor principale pentru podurile rulante, îmbinările sudate sînt cele cap la cap, cît și cele de colț au o importanță deosebită.

Realizarea eficientă a acestor îmbinări a constituit o preocupare îndelungată a proiectantului și executantului, care apoi, în ideea integrării învățămîntului în munca de cercetare-proiectare-execuție, aceasta s-a finalizat de către Catedra de „UTILAJUL ȘI TEHNOLOGIA SUDĂRII” de la Institutul Politehnic „Traian Vuia” prințeara în colaborare cu factorii interesați.

În general tehnologia sudării automate cu arc electric *sub flux*, a îmbinărilor cap la cap și de colț la grinzile principale poate fi aplicată în următoarele două variante:

- cu machile, ce alcătuiesc rostul îmbinării, prelucrate;

- cu machile neprelucrate.

I. Sudarea automată sub flux, cu muchiile prelucrate

În cazul grinzilor principale pentru podurile rulante, unde grosimea tălpilor variază între 6-16 mm, iar a inimilor între 6-10 mm, pînă la actuala retipizare „Săiția 77”, acestea au fost prevăzute a se suda în exclusivitate cu muchiile prelucrate [35; 37; 38]; de asemenea și sudurile de colț dintre tălpi și inimi.

Costul îmbinărilor, precum și regirea muchiilor elementelor de sudat, este lesne de înțeles că, a constituit o operație costisitoare cu consum mare de manoperă, material și energie electrică. Din aceste motive în ultima vreme a apărut tendința generală de sudare automată sub flux fără prelucrarea muchiilor (pînă la anumite limite de grosimi), fără a influența negativ calitatea îmbinărilor.

II. Sudarea automată sub flux cu muchiile neprelucrate

În urma numeroaselor încercări tehnologice de sudare, s-a dovedit că îmbinările cap la cap ale tălpilor și inimilor, respectiv îmbinările de colț dintre tălpi și inimi pot fi realizate în regim dur de sudare prin următoarele două variante tehnologice:

- 1) Sudarea automată cap la cap și de colț sub flux, pe supart;
- 2) Sudarea de colț în tandem; primul strat automat cu arc electric în CO_2 , iar stratul următor (ultimul) automat sub flux.

5.2.1 Cercetări privind tehnologia de sudare automată sub flux a îmbinărilor cap la cap, fără prelucrarea muchiilor

1. Corelația dintre regimul de sudare și geometria îmbinării sudate

Rezistența îmbinărilor sudate, dar mai ales rezistența în exploatare (la oboseală) a acestora, depinde în mare măsură de dimensiunile și forma cusăturii sudate, care la rîndul lor sînt direct influențate de procedul de sudare și de parametrii de sudare.

Dependența dintre principalele elemente ale geometriei

trierii cusăturii sudate (H -adâncimea de pătrundere, h -înălțimea, B -lățimea cusăturii) și principalii parametri de sudare [I_s -curentul de sudare (a) și U_a -tensiunea arcului electric (b)] este reprezentată în fig. 5.3.

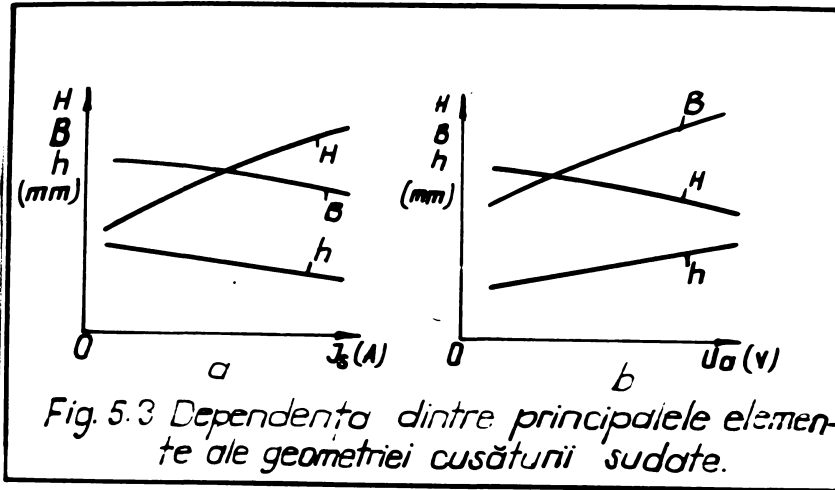


Fig. 5.3 Dependența dintre principalele elemente ale geometriei cusăturii sudate.

Cunoscând dependențele prezentate în fig. 5.3a și în fig. 5.3b se pot stabili relații analitice între elementele geometrice ale cusăturii și regimul de sudare.

- exprimarea analitică a principalelor elemente (H , B și h) ale cusăturii sudate

Elementele geometriei cusăturii sudate cap la cap sînt prezentate în fig. 5.4.

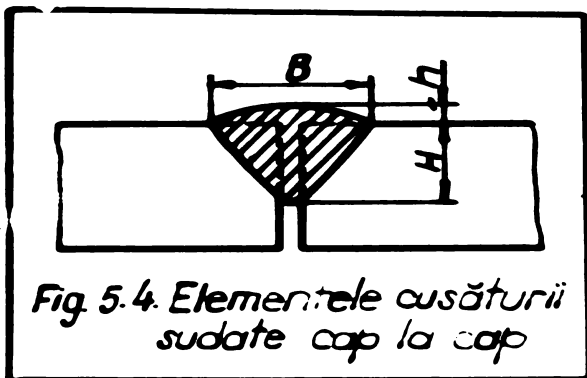


Fig. 5.4. Elementele cusăturii sudate cap la cap

În condiții normale de sudare, parametrii principali care influențează elementele geometriei cusăturii sudate sînt I_s și U_a . Deci, elementele geometrice ale cusăturii se pot scrie funcție de produsul $U \cdot I$:

$$H = H_0 \cdot U \cdot I \quad (5.1)$$

$$B = B_0 \cdot U \cdot I \quad (5.2)$$

$$h = h_0 \cdot U \cdot I \quad (5.3)$$

în care, H_0 , B_0 și h_0 sînt coeficienți de proporționalitate, sau de corecție care se determină experimental.

Determinând valorile lui H_0 ; B_0 și h_0 se pot determina elementele cusăturii, îndeosebi adâncimea de pătrundere (H) de care depinde în cea mai mare măsură rezistența îmbinării sudate și de asemenea parametrii de sudare necesari pentru geometria sudurii pe care o dorim.

- Determinarea experimentală a coeficienților

H_0 ; B_0 și h_0

Determinarea coeficienților H_0 ; B_0 și h_0 se face ținând seama și de alți parametri ai regimului de sudare; viteza de sudare (V_s), sau diametrul sârmei electrod (d_e). Legătura dintre aceste elemente se face prin parametrul P , având următoarea valoare:

$$P = \frac{I^2}{d_e} \cdot V_s \cdot 10^{-4} \quad (5.4)$$

Deci, coeficienții H_0 ; B_0 și h_0 pot fi exprimați funcție de parametrul P , după cum urmează:

$$H_0 = f(P) = f\left(\frac{I^2}{d_e} \cdot V_s \cdot 10^{-4}\right) \quad (5.5)$$

$$B_0 = f(P) = f\left(\frac{I^2}{d_e} \cdot V_s \cdot 10^{-4}\right) \quad (5.6)$$

$$h_0 = f(P) = f\left(\frac{I^2}{d_e} \cdot V_s \cdot 10^{-4}\right) \quad (5.7)$$

Pentru determinarea coeficienților H_0 ; B_0 și h_0 este necesar să se determine experimental caracteristicile geometrice ale cusăturii H ; B și h cu anumite valori ale parametrilor de sudare. Cu datele obținute experimental se pot calcula coeficienții necesari;

$$H_0 = \frac{H}{U \cdot I} \quad (5.8)$$

$$B_0 = \frac{B}{U \cdot I} \quad (5.9)$$

$$h_0 = \frac{h}{U \cdot I} \quad (5.10)$$

apoi se pot reprezenta grafic funcție de parametrul P .

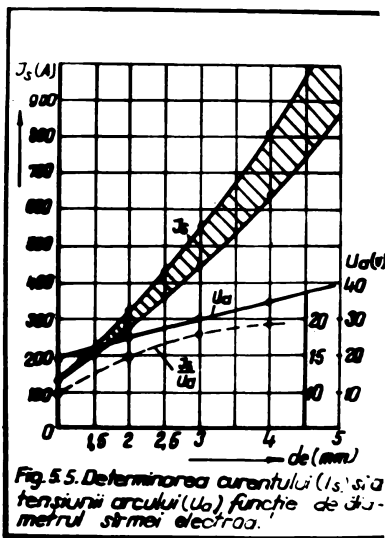
Experiențele β - α realizat în laboratorul catedrei „Utilajul și tehnologia sudării” - IPT - folosind automatul de sudat sub flux STK.1000. S-au sudat cap la cap table cu grosimi între 10 mm și 20 mm din oțel carbon cu margini neprelucrate, nelăsându-se spațiu pentru rost.

S-a folosit sârma Sloval, și fluxul PSM 37, respectiv regimul de sudare indicat în tabelul 5.1.

stabilirea raționării a curentului de sudare și a

Regimul de sudare automat sub flux Tabelul 5.1

Nr. pr.	Diametrul sârmei d_e (mm)	Curentul de sudare I_a (A)	Tensiunea arcului U_a (V)	Viteza de sudare V_s (m/h)	Viteza sârmei v_e (m/h)	Parametrul P (A^2/s)
1	2	190	35	23	68,5	10,6
2	3,25	300	35	23	68,5	18
3	3,25	380	35	23	81	28,8
4	3,25	450	35	23	95	40
5	4	400	40	23	52	25,6
6	4	600	40	23	81	57,5
7	4	700	40	23	103	79
8	4	800	40	23	120	102



tensiunii arcului funcție de diametrul sârmei electrod s-a făcut folcind reprezentarea grafică din Fig. 5.5.

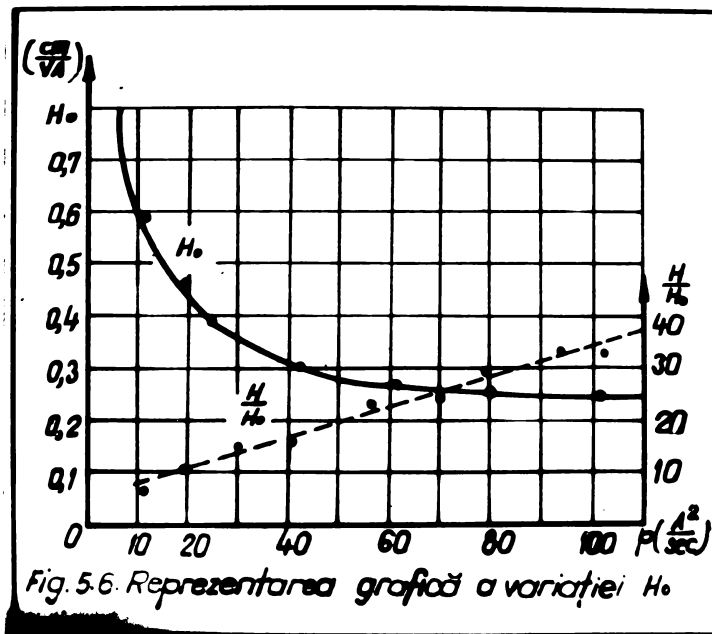
După sudarea probelor, acestea au fost secționante, pregătite și atacate chimic pe suprafața tăiată. apoi s-au măsurat caracteristicile H ; h și h_0 , după care apoi s-au calculat coeficienții σ_0 ; β_0 și h_0 . Rezultatele acestora, sînt reprezentate în tabelul 5.2, cu ajutorul lor, construiindu-se graficele din fig. 5.6; 5.7 și 5.8.

Parametrul P s-a calculat cu relația:

$$p = \frac{l^2}{de} \cdot v_s \cdot 10^{-4} \frac{A^2}{s} \quad (5.11)$$

Caracteristicile geometrice ale cusăturii și coeficienții de proporționalitate. Tabelul 5.2

Nr. pr.	Parametri $P(A^2/b)$	Caracteristici geometrice			Coeficienți de corecție			$\frac{H}{H_0}$
		$H(mm)$	$B(mm)$	$h(mm)$	$H_0 \frac{cm}{A}$	$B_0 \frac{cm}{A}$	$h_0 \frac{cm}{A}$	
1	10,6	3,8	13,3	2,0	0,58	2,0	0,3	6,55
2	18	4,8	12,6	2,3	0,46	1,2	0,22	10,4
3	28,8	4,4	15,2	2,8	0,33	1,15	0,21	13,4
4	40	4,6	14,9	3,1	0,29	0,95	0,2	13,9
5	25,6	6,1	19,2	2,6	0,38	1,2	0,16	26
6	57,5	6,5	20,4	3,8	0,27	0,85	0,16	24
7	79	6,7	21,0	4,2	0,84	0,75	0,15	28
8	102	8,2	22,4	4,4	0,25	0,7	0,14	32,9



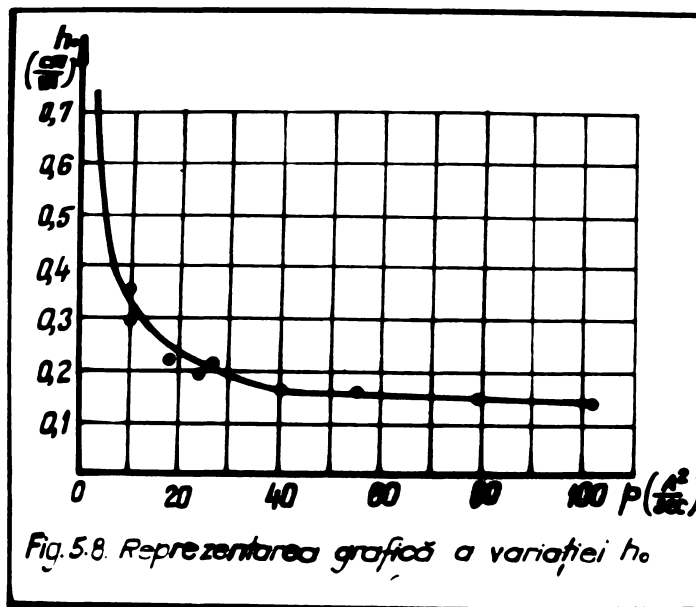
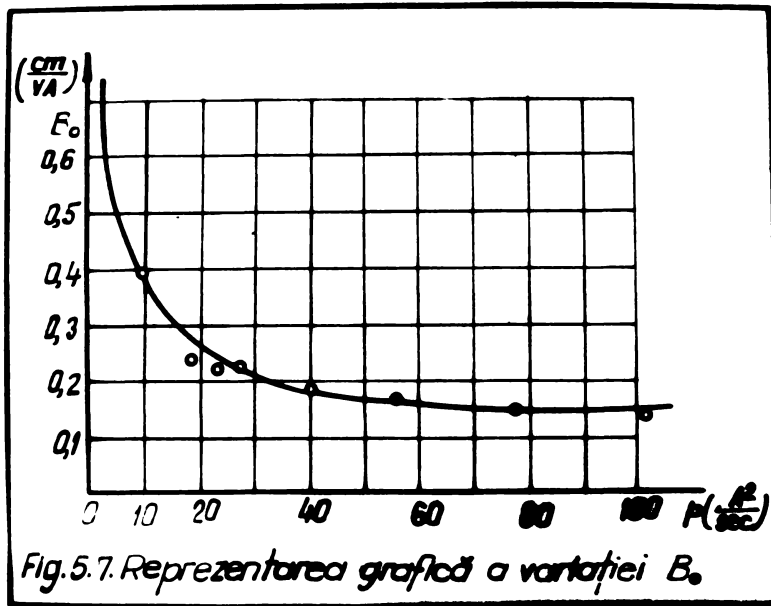
Iar coeficienții de corecție:

$$H_0 = \frac{H}{U \cdot l} \cdot 10^4 \frac{cm}{VA} \quad (5.12)$$

$$B_0 = \frac{B}{U \cdot l} \cdot 10^4 \frac{cm}{VA} \quad (5.13)$$

$$h_0 = \frac{h}{U \cdot I} \cdot 10^4 \frac{\text{cm}}{\text{VA}}$$

(5.14)



- Constatări și aplicații

Se observă că, coeficientul de proporționalitate scade odată cu creșterea parametrului P, dar raportul h/h_0 crește odată cu parametrul P, ceea ce corespunde cu fenomenele reale.

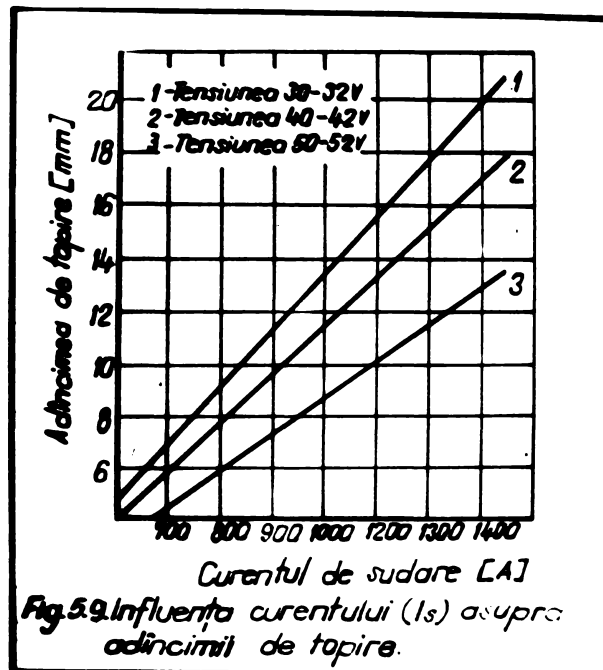
unoscând raportul H_0 și alegând U_0 între 30-40 V, se poate calcula I:

$$I = \frac{H}{H_0} \cdot \frac{10^4}{U} \quad (5.15)$$

cu I/H_0 corespondând unui parametru λ , trebuie verificată și îndeplinirea condiției:

$$I = 10^2 \sqrt{\frac{P \cdot d \cdot e}{V_s}} \quad (5.16)$$

ce rezultă din relația (5.16).



Relațiile (5.15) și (5.16) trebuie să corespundă aproximativ la aceleași valori pentru I.

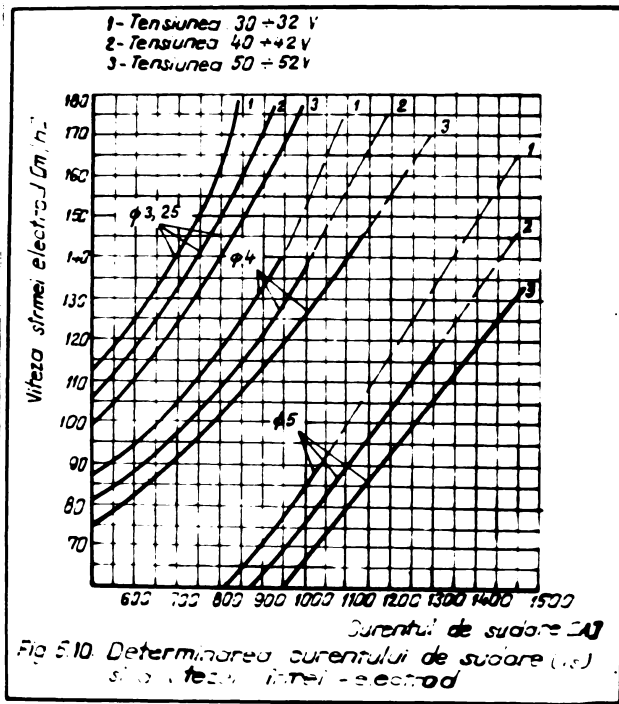
De exemplu, la proba nr. 8 (tabelul 5.2):

$$H = H_0 \cdot U \cdot I \cdot 10^{-4} = 0,25 \cdot 40 \cdot 800 \cdot 10^{-4} = 8 \text{ mm}$$

este o valoare foarte apropiată față de valoarea experimentală, 8,2 mm.

Curentul de sudare (I) influențează cel mai mult adâncimea de pătrundere [59; 61], ceea ce se observă și din fig. 5.9.

aproximativ curentul de sudare și viteza sârmei-electrod se pot determina cu ajutorul curbelor din fig. 5.10, folosind electrozi de diferite grosimi la care corespunde o anumită tensiune a arcului electric.



II. Stabilirea tehnologiei de sudare automată sub flux a îmbinărilor cap la cap fără prelucrarea muchiilor

- Corelația dintre geometria cusăturii și parametrii de sudare

Elementul cusăturii sudate de importanță majoră în stabilirea calității îmbinării este adâncimea de topire (pătrunderea).

Elementele s-au sudat cap la cap pe o parte (fig. 5.11a), iar în cazul elementelor mai groase pe ambele părți (fig. 5.11b).

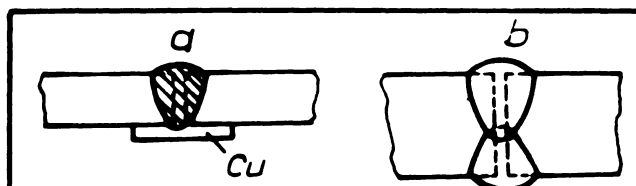


Fig. 5.11. Sudarea cap la cap
a-pe o singură parte, cu suport
b-pe ambele părți

În asemenea cazuri, se cercetează regimul de sudare care să asigure topirea elementelor pe toată grosimea lor și formarea bună a rădăcinii cusăturii.

La o topire puternică

nică a capetelor, pot să apară scurgeri la rădăcina cusăturii, dar care se pot evita prin oprinirea rădăcinii cusăturii pe o placă de cupră, din oțel, sau pe un pat de flux [57].

- Determinarea regiunii de sudare

La sudarea automată sub flux parametrii principali ai regimului de sudare, după cum s-a mai arătat, sînt: curentul de sudare (I_s), tensiunea arcului (U_a), viteza de sudare (V_s), diametrul sîrmei - electrod (d_e) și viteza de avans a sîrmei-electrod (V_e).

Asupra calității sudurii mai intervin și alți factori, ca: forma, mărimea și uniformitatea rostului de sudare, modul de curățire al lui, mărimea granulației fluxului, înclinarea sîrmei-electrod, lungimea liberă a sîrmei-electrod și grosimea stratului de flux.

Relația dintre viteza de sudare și puterea arcului, este:

$$V_s = \frac{q^2}{8 \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot c \cdot \gamma \cdot T_{top}^2} \quad (5.17)$$

în care:

- q - puterea arcului electric (cal./s.)
- λ - conductivitatea calorică
- c - căldura specifică,
- γ - greutatea specifică,
- T_{top} - temperatura de topire, ($^{\circ}C$)

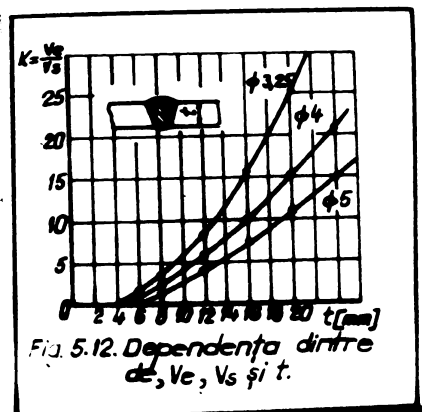
Pentru un anumit material, admitînd pe V_s se poate obține puterea arcului electric.

Pe de altă parte:

$$q = 0,24 \cdot \eta \cdot U_a \cdot I_s \quad (5.18)$$

unde:

$\eta = 0,8 \dots 0,9$ randamentul arcului.



Între V_e, V_s și grosimea elementelor (t) sudate cap la cap, fără prelucrarea muchilor s-au stabilit legături reprezentate în graficile din fig. 5.12.

Cu datele de mai sus, pentru grosimile uzuale s-au stabilit

parametrii de sudare reprezentați în tabelul 5.3.

Parametrii de sudare automată sub flux
cap la cap, cu margini neteșite. Tabelul 5.3

Grosimea tablei (mm)	Diametrul sârmei (mm)	Rostul de sudare (mm)	Curentul de sudare (A)	Tensiunea arcului (V)	Viteza de su- dare m/h	Viteza sârmei m/h
6	3,25	2...3	650	28...30	40	81
	4	2...3	800	33...36	32	65
8	3,25	3	720...780	32...36	32	103
	4	3	900	36...38	45	85
10	4	3...4	700...750	34...36	30	103
12	4...5	4...5	750...800	36...40	25	111
14	4...5	4...5	800...900	36...40	20	120

Pentru evitarea îngroșării exagerate a sudurii și pentru asigurarea pătrunderii necesare, s-a lăsat un rost de 2 ... 4 mm între capetele elementelor de sudat.

Exemplu:

Pentru sudarea cap la cap, cu muchiile neprelucrate a două table cu grosimea $t = 6$ mm, folosindu-se sârma-electrod slabă cu diametrul de 3,25 mm, regimul de sudare s-a determinat astfel:

- Din fig. 5.12 pentru $t=6$ mm s-a obținut raportul $k=V_e/V_s=2$ și luând $V_s=40$ m/h, s-a obținut $V_e=k \cdot V_s=80$ m/h.
- Din graficul fig. 5.6, pentru $d_e=3,25$ mm a rezultat un curent de sudare $I_s=600$ A și o tensiune a arcului $U_a=30$ V.

Cu relațiile (5.15) sau (5.16), se obține:

$$I_s = \frac{H \cdot 10^4}{H_0 \cdot U_a} = \frac{0,6 \cdot 10^4}{0,3 \cdot 30} = 665 \text{ A}$$

Decorece:

$$P = \frac{I_s^2}{d_e} \cdot V_s \cdot 10^4$$

din graficul fig. 5.7 rezultă $H_0=0,3$.

Analog, s-a determinat regimul de sudare, și pentru celelalte grosimi, cu condiția ca pătrunderea să fie cel puțin egală cu grosimea elementului de sudat.

Pentru grosimile de 14 mm și 16 mm s-a prevăzut și sudarea din ambele părți, având în vedere că sudarea dintr-o singură parte ar fi necesitat un rost mare, de oca. 5 mm.

Regimul de sudare s-ar mai fi putut determina și altfel: s-ar fi determinat pătrunderea (H) mai mare ca grosimea elementelor de sudat (t), H=1,1.t, cu care la rândul său s-ar fi putut determina curentul de sudare (I_s):

$$I_s = \frac{H}{K_p} \quad (5.19)$$

unde:

K_p - este coeficient cu valori cuprinse între: (1,25 ... 2) · 10⁻² mm;

Din fig. 5.6 pentru I_s se determină U_a și d_e.

Din expresia energiei liniare:

$$\frac{U_a \cdot I_s}{V_s} = 1,52 \cdot 10^4 (K \cdot t)^2 \quad (5.20)$$

se poate obține viteza de sudare:

$$V_s = \frac{U_a \cdot I_s}{1,52 \cdot 10^4 (K \cdot t)^2} \quad (5.21)$$

v viteza de avans a sârmei-șurub se poate determina cu relația:

$$V_e = \frac{4 \cdot V_s \cdot A_1}{d_e^2} \quad (5.22)$$

unde: A₁ = 0,5 · A₀, iar A₀ - secțiunea sudurii care se poate determina cu relația:

$$A_s = \frac{H^2}{K_f} \quad (5.23)$$

unde:

K_f - este coeficientul de formă și are valoarea: 0,7 ... 0,9.

- Verificarea experimentală a regimurilor de sudare stabilite analitic

Regimuri de sudare determinate experimental subîndu-se pe o singură parte. Tabelul 5.4

Grosimea tablei (mm)	Diametrul sârmei (mm)	Postul de sudare (mm)	Curentul de sudare (A)	Tensiunea arcului (V)	Viteza de sudare m/h	Viteza sârmei m/h	Lungimea liberă a sârmei (mm)
6	3,25	0...1	600	30	40,5	111	28...30
	4	0...1	660	32	40,5	81	30...34
8	3,25	0...1	660	33	40,5	120	28...30
	4	0...1	780	34	43,5	103	30...34
10	4	1...1,5	800	34	32	111	30...34
12	4	1,2...2	820	34	27,5	111	30...34
14	3,25	1...1,2	610	36	40,5	120	28...30
	4	2...2,5	840	36	21,5	111	30...34

Cu regimurile de sudare stabilite analitic s-au realizat cusăturile cap la cap, sudate automat sub flux ale tablelor din oțel 01.37, cu lungime de 400 mm și lățime 200 mm. Rezultatele obținute sînt reprezentate în tabelul 5.4. Din tabel rezultă că regimurile de sudare experimentale sînt apropiate de regimurile de sudare determinate analitic. Acest lucru se observă în special la grosimile de 6 mm și 8 mm, folosind un rost uniform și nu mai mare de 1 mm.

Din tabel de asemenea se remarcă (ultima poziție) că pentru grosimea de 14 mm s-a stabilit un regim de sudare, și pentru sudarea din ambele părți.

Pentru grosimile de 10 mm și 12 mm s-a stabilit regimuri de sudare cu suport la rădăcina sudurii din flux și placă de cupru, reprezentate prin tabelul 5.5.

Regim de sudare cu suport la rădăcina sudurii din flux și placă de cupru.

Tabelul 5.5

<i>Grosimea tablei (mm)</i>	<i>Rostul de sudare (mm)</i>	<i>Diametrul sirmei (mm)</i>	<i>Curentul de sudare (A)</i>	<i>Tensiunea arcului (V)</i>	<i>Viteza de sudare (m/h)</i>	<i>Viteza sirmei (m/h)</i>
10	1,5... 2		680		30,5	105
12	1,5... 2	4	710	35	26	110
12	2... 2,5		740		24	119

III. Cercetarea calității îmbinărilor sudate cap la cap, fără prelucrarea muchiilor

În vederea stabilirii calității îmbinărilor cap la cap, sudate automat sub flux s-au prelucrat probe pentru încercarea la tracțiune și probe metalografice.

Din probele prelevate, pentru încercarea la tracțiune s-au confecționat eprubete cu lățimea îngustată în dreptul sudurii și cu îngroșarea sudurii îndepărtată.

Din tabelul 5.6 se observă că în toate cazurile efortul unitar normal la rupere în sudură este mai mare decît în metalul de bază (37 daN/mm^2).

În vederea cercetării structurii metalografice, s-au prelevat eprubete, secționînd îmbinarea în plan perpendicular pe axa cusăturii pentru a se putea ușor constata forma sudurii, pătrunderea și calitatea rădăcinii sudurii; probele

au fost galefuite fin și apoi atnoate cu reactiv chimic (fig.5.13).

Incercări la tracțiune Tabelul 5.6

Grosimea tablei mm	Dimensiunile eprouetei (mm)	Forța de rupere daN	Tensiunea daN/mm ²	Alungirea relativă %	Obs
6	20x6	4730	38,4	24	
	20,2x6	4940	40,7	22	
	19,8x6	4620	39,0	23	
8	30x8	9200	38,2	25	
	30,1x8	10 200	40,1	23,8	
	30x8	9800	40,6	22,4	
10	30x10	12100	40,3	21,8	
	30x10	13 200	44,0	20,6	
	30x10	12 600	42,0	21,2	
14	29,9x14	15 500	38,1	21,6	dintr-o parte
	30x14	16 400	39,0	20,9	
	30,1x14	17 300	41,0	19,8	
14	30x14	16 800	40,0	22,3	din două părți
	30,1x14	19 700	46,5	21,5	
	30x14	17 900	42,7	18,8	

Probele cu grosimea de 6 mm; 8 mm; 10 mm și 12 mm au fost sudate pe suport placă de cupru, iar cele de 14 mm pe suport din flux și placă de cupru sudate pe o parte, respectiv pe ambele părți.



Fig. 5.13

Din fig. 5.13 se observă că toate probele sînt bune; sudura este compactă, fără defecte, forma geometrică ca și rădăcina sudurii este corectă.

IV. Concluzii privind sudarea automată sub flux a îmbinărilor cap la cap fără preluorarea muchiilor

Experiențele efectuate și prezentate în cele două situații, au dus la următoarele concluzii pentru ca să rezulte cusături sudate de bună calitate:

a) Cu suport placă de cupru:

- rostul de sudare să fie uniform și relativ mic (1.... 2) mm pentru a nu putea pătrunde flux la rădăcină, care neputîndu-se topi nu s-ar putea forma corect rădăcina sudurii;
- placa suport din cupru să se fixeze în contact intim cu elementele de sudat pe porțiuni cît mai mari ca să se evite scurgerile de metal topit.

b) Cu suport de flux pe placă de cupru:

- grosimea stratului de flux să fie de 5 ... 8 mm.

(fig. 5.14);

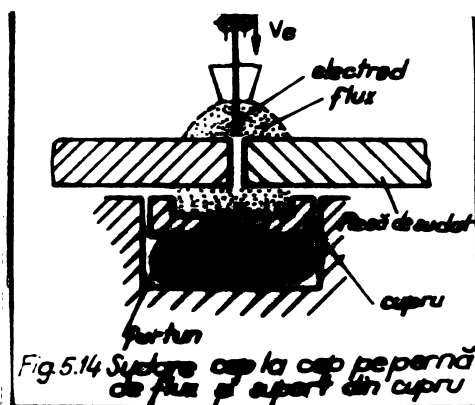


Fig. 5.14 Sistem cap la cap pe placă de flux și suport din cupru

- fluxul să fie cerent avînd, granulația maximă de 2 mm;
- presiunea fluxului asupra elementelor de sudat să fie uniformă, și nu mai mică decît 1,5 ... 2 daN/cm²;
- rostul să fie uniform situat între limitele 1,5 ... 3 mm.

Sudarea dintr-o singură parte asigură calitate bună dacă se folosesc dispozitive specifice care să asigure fixarea pieselor de sudat, a plăcilor de cupru ca suport, iar în cazul suportului cu flux și placă de cupru este necesară așezarea fluxului și presarea lui pneumatic la rădăcina sudurii.

Elementele de sudat au fost fixate cu ajutorul electromagneților, fixați din 0,5 m în 0,5 m de-a lungul cusăturii, aceștia trebuind să desvolte o forță de 500 daN în cazul tablelor cu grosimi de la 6 mm la 14 mm.

5.2.2 Căutări privind tehnologia de sudare automată sub flux a îmbinărilor de colț, fără preluorarea muchiilor

1. Condițiile de formare a cusăturilor de colț și influența regimului de sudare

Rezistența îmbinărilor cu sudură de colț, se apreciază luând în considerare grosimea sudurii notată cu $H=a$, care este de fapt înălțimea unui triunghi isoscel BAC din fig. 5.15a.

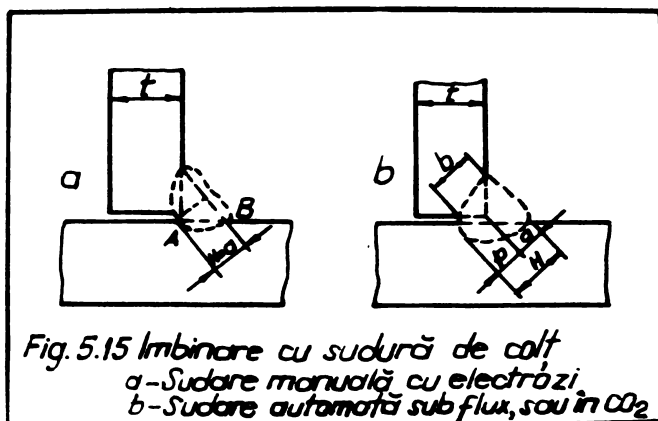


Fig. 5.15 Imbinare cu sudură de colț
a-Sudare manuală cu electrozii
b-Sudare automată sub flux, sau în CO_2

Experimental s-a dovedit că secțiunea de rupe-re, în general, este în direcția înălțimii triunghiului BAC și că grosimea reală a cusăturii diferă de înălțimea triunghiului.

În calcule, în general se admite $H=a$, considerație care este satisfăcătoare la sudarea manuală

(fig. 5.15a) și nesatisfăcătoare în cazul sudării automate sau semiautomate sub flux, respectiv în CO_2 (fig. 5.15b), unde pătrunderea este mult mai mare. În asemenea cazuri se face o supradimensionare care duce la acțiuni nefavorabile îndeosebi în cazul solicitărilor dinamice, formându-se deformații și tensiuni remanente, pe lângă risipă de metal, manoperă și energie electrică. Deci pentru sudarea automată sub flux sau în mediu de CO_2 este necesară o altă exprimare a grosimii reale a cusăturii și o corelare a ei cu regimul de sudare:

în care:
$$H = a + p \quad (5.24)$$

a - grosimea metalului depus;
 p - pătrunderea.

Din fig. 5.16 rezultă:

$$b = A \cdot B = (S + z) \cos 45^\circ = 1,5 \cdot S \cdot 0,7 = S$$

în care s-a considerat $z = 0,5 \cdot S$

Se consideră relația:

$$A_d \cdot V_s = A_e \cdot V_e (1 - \psi) \quad (5.25)$$

unde:

A_d - secțiunea metalului depus în cusătură;
 V_s - viteza de sudare

A_e - secțiunea sîrmei-electrod;

V_e - viteza de avans a sîrmei-electrod;

$\psi = 0,05$ - coeficient care ține seama de pierderea metalului prin ardere și stropire.

$$A_d = \frac{S^2}{2} = a^2 \quad (5.26)$$

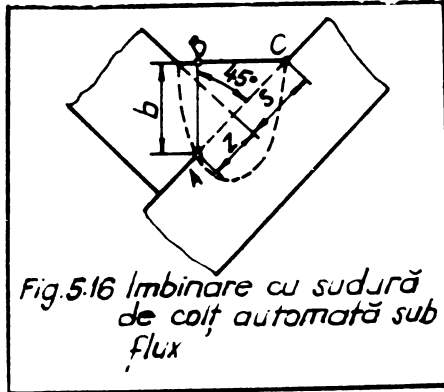


Fig.5.16 Imbinare cu sudură de colț automată sub flux

Relația (5.25) se poate scrie:

$$a^2 V_s = \frac{\tilde{\pi} \cdot d_e^2}{4} \cdot V_e (1 - \psi) \quad (5.27)$$

De unde rezultă:

$$a = \frac{d_e}{2} \sqrt{\tilde{\pi} (1 - \psi) \frac{V_e}{V_s}} = 0,86 d_e \sqrt{\frac{V_e}{V_s}} \quad (5.28)$$

Din relația (5,25) se poate scrie:

$$\frac{V_e}{V_s} = K = 0,765 \frac{S^2}{d_e^2}$$

Cu aceste date se pot aprecia valorile parametrilor de sudare.

Cunoscînd grosimea elementului de sudat și diametrul

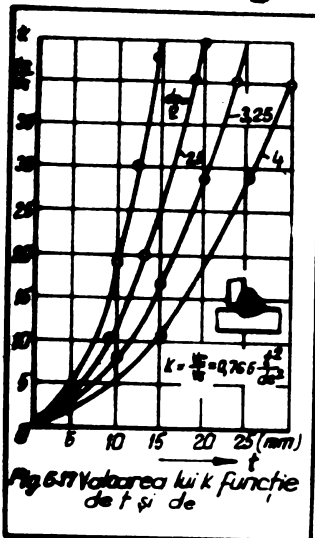


Fig.5.17 Valoarea lui k funcție de t și de de

sîrmei-electrod, din graficul prezentat în fig.

5.17 se poate obține $K = V_e/V_s$, iar cu k și diametrul sîrmei electrod, conform graficului din fig.

5.18 se poate determina grosimea sudurii "a".

Adîncimea de topire (pătrunderea) se poate calcula cu relația :

Adîncimea de topire (pătrunderea) se poate calcula cu relația :

$$p = H - a = H - \frac{d_e}{2} \sqrt{\tilde{\pi} (1 - \psi) \frac{V_e}{V_s}} \quad (5.29)$$

Dacă se consideră frontul de topire, care delimitează cusătura și determină grosimea reală a cusăturii, ca o variație parabolică:

$$y = H - Kx^2 \quad (5.30)$$

unde:

$$H = p + a$$

iar : $K = \frac{H}{x^2}$ pentru $y=0$

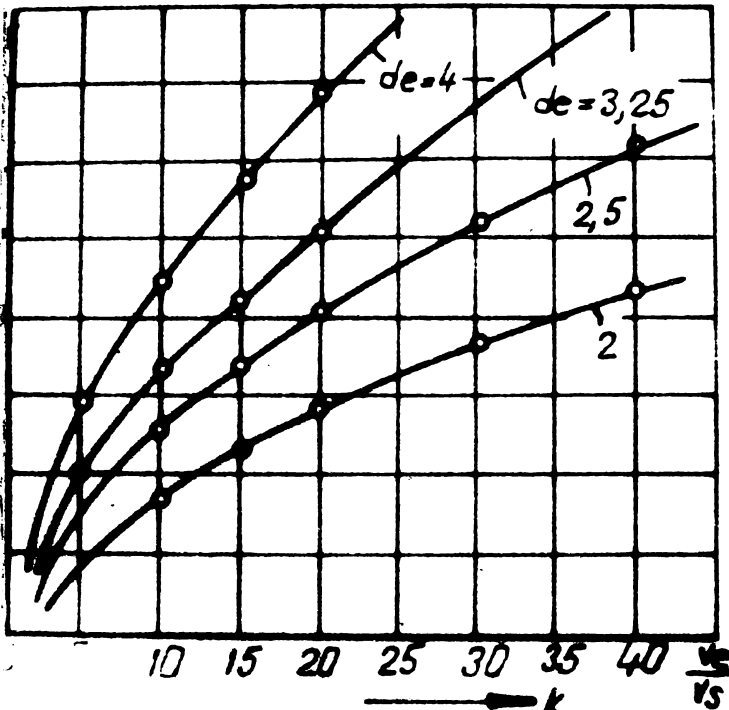


Fig. 5.18. Grosimea sudurii functie de

Din fig. 5.19 se obține:

$$(2x)^2 = C_1^2 + C_2^2$$

sau:

$$x = \pm \frac{1}{2} \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$$

... obține variația:

$$y = H \left(1 - \frac{4x^2}{C_1^2 + C_2^2} \right) \quad (5.31)$$

unocind că: suprafața topită din metalul de bază se determină cu relația:

$$A_p = 2 \int_0^x H \left(1 - \frac{4x^2}{C_1^2 + C_2^2} \right) dx - A_d \quad (5.32)$$

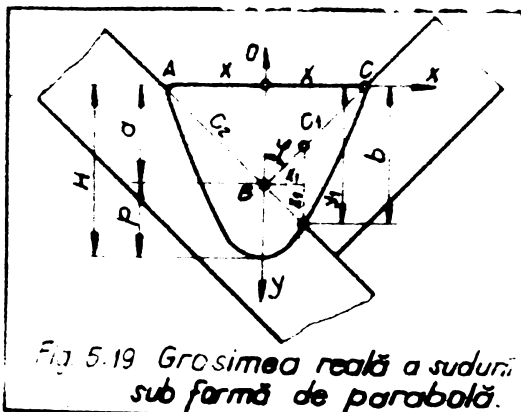


Fig. 5.19 Grosimea reală a sudurii sub formă de parabolă.

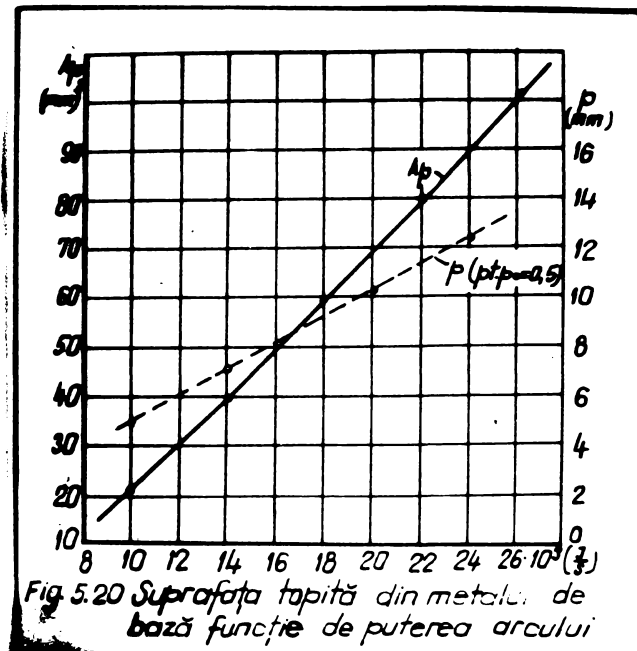
unde:

$$A_d = \frac{C_1 \cdot C_2}{2}$$

rezultă:

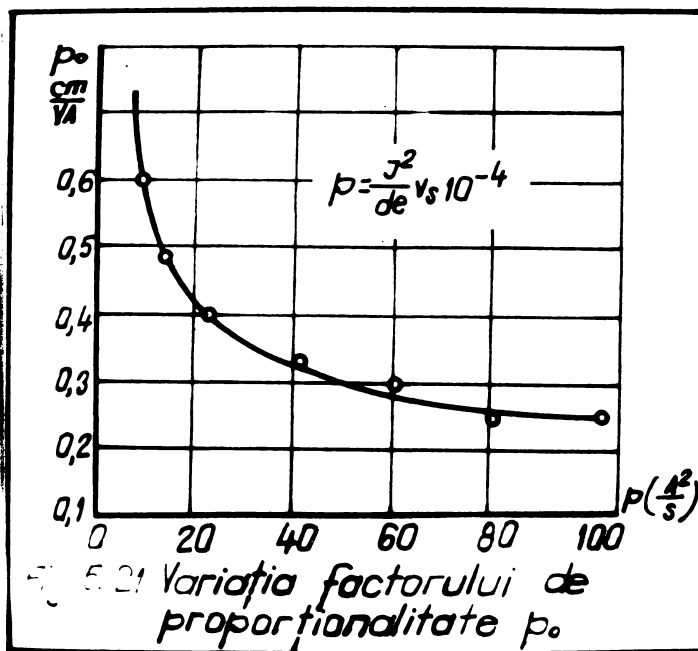
$$A_p = \frac{2}{3} H \sqrt{C_1^2 + C_2^2} - \frac{C_1 \cdot C_2}{2} \quad (5.33)$$

In fig. 5.20 se reprezintă variația lui A_p funcție de puterea arcului



„Îtrunderea α_p ” se poate exprima funcție de I_s și U_a , astfel:

$$p = p_0 \cdot U_a \cdot I_s \cdot 10^{-4} \quad (5.34)$$



în care:

p_0 - factor de proporționalitate, care se determină experimental funcție de parametrul α (5.11) și reprezentat în fig. 5.21, după aceeași metodologie ca și anterior.

Experiențele au dovedit că rezistența sudurii nu se asigură prin „a” ci prin „b” (fig. 5.19) care

se poate exprima după cum urmează:

$$b = \operatorname{tg} \varphi \left(x_1 + \frac{\sqrt{C_1^2 + C_2^2}}{2} \right) \quad (5.35)$$

in cazul rezultat

$$b = \operatorname{tg} \varphi \sqrt{C_1^2 + C_2^2} \left(1 - \frac{\sqrt{C_1^2 + C_2^2}}{4H} \right) \quad (5.36)$$

iar dacă $\operatorname{tg} \varphi = \frac{C_1}{C_2}$, se obține:

$$b = \frac{C_1}{C_2} \sqrt{C_1^2 + C_2^2} \left(1 - \frac{\sqrt{C_1^2 + C_2^2}}{4H} \right) \quad (5.37)$$

in sudurile sinuzoidale, unde $C_1 = C_2 = C$:

$$b = C \sqrt{2} \left(1 - \frac{C \sqrt{2}}{4H} \right) \quad (5.38)$$

iar dacă $H = \frac{C \sqrt{2}}{2}$, atunci:

$$b = \frac{C \sqrt{2}}{2} \cong 0,7 \cdot C \quad (5.39)$$

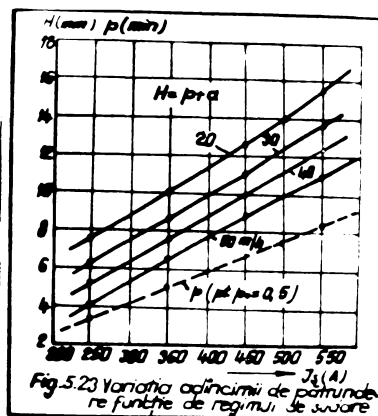
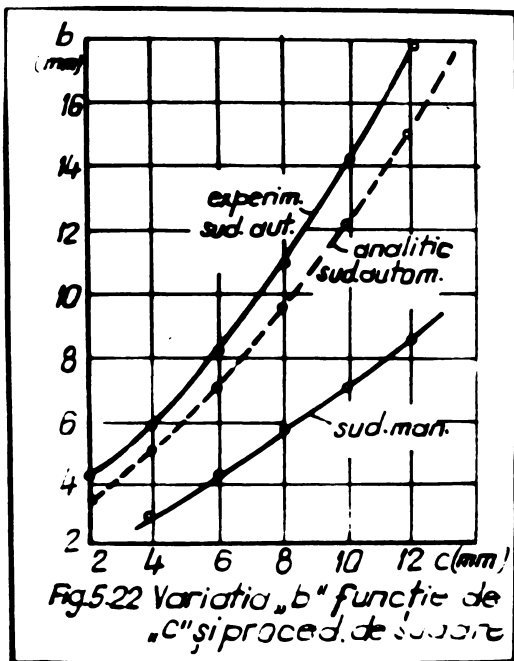
Observatie:

Relația de mai sus este potrivită numai calculului sudurilor de colț manuale.

Înălțimea cusăturii de colț se poate exprima:

$$H = p + a = p_0 \cdot U \cdot I \cdot 10^{-4} + \frac{de}{2} \sqrt{\pi(1-\psi) \frac{V_e}{V_s}} \quad (5.40)$$

in care se pune in evidenta influenta regimului de sudare.



În fig. 5.22 se reprezintă „b” funcție de cateta cusăturii „c”.

Din grafic rezultă că raportul $b/c = 1,4$, ceea ce confirmă că grosimea cusăturii este necesar să se considere mai mare ca $0,7 \cdot t$, chiar $1,2 t$ (t - grosimea celui mai subțire element care se sudază).

Din relația (5.40) reprezentată grafic în fig. 5.23 rezultă variația adâncimii de pătrundere funcție de regimul de sudare (I_s) și (V_s în special).

Deci, cateta maximă se poate considera:

$$c = \frac{b}{1,4} = 0,7 b \quad (5.41)$$

Dacă se admite, pentru $b = 1,2 \cdot t$,

$$c = 0,84 \cdot t \quad (5.42)$$

Deci grosimea de calcul a stăruții este:

$$a = 0,7 \cdot c = 0,588 \cdot t < 0,7 \cdot t \quad (5.43)$$

În acest fel se realizează o economie de metal de ordin de cea. 15 % și în același timp manoperă și energie fără a diminua rezistența îmbinării sudate.

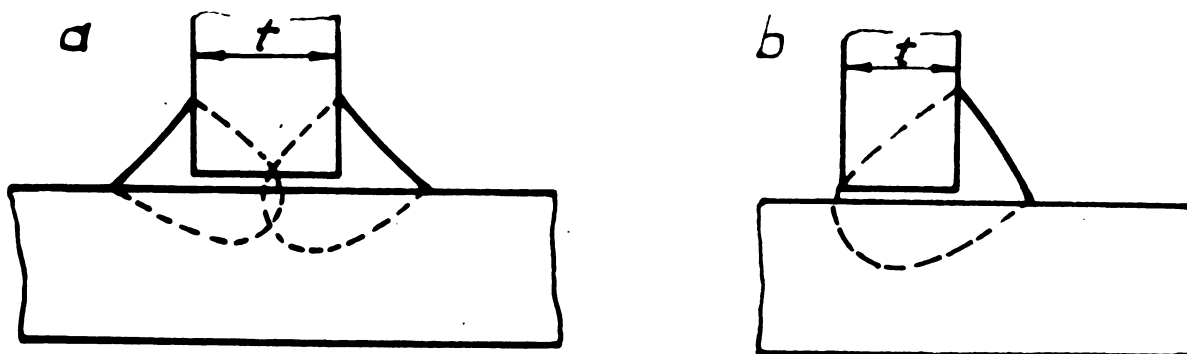


Fig. 5.24 Sudură de colț automată sub flux
 a - sudură unilaterală
 b - sudură bilaterală

Cazul de mai sus se referă la sudurile de colț unilaterale (fig. 5.24a). În cazul sudurilor de colț bilaterale (fig. 5.24b):

$$b \geq \frac{t_i}{2}$$

II. Verificarea experimentală a regimurilor de sudare în colț fără prelucrarea muchiilor

pornind de la grosimea inimii de sudat $t_1 = 6$ mm și diametrul sârmei-electrod $d_e = 3,25$ mm în cazul sudării unilaterale din fig. 5.17 s-a obținut $k = \sqrt{V_e/V_g} = 5$, iar din fig. 18 s-a dedus $a = 6$ mm.

Alegând $V_g = 45$ m/h, s-a obținut: $V_e = k \cdot V_g = 225$ m/h, iar din fig. 5.6 s-a obținut $I_g = 550$ A și $U_g = 30$ V.

Cu aceste date conform relației 5.40 s-a verificat dacă pătrunderea este asigurată.

$$H = p + a = p_0 \cdot U_d \cdot I_s \cdot 10^{-4} + \frac{de}{2} \sqrt{\pi(1-\psi) \frac{V_e}{V_s}} \quad (\text{mm})$$

s-a calculat:

$$P = \frac{I_s^2 \cdot V_s \cdot 10^{-4}}{de} = 106 \frac{\text{A}^2}{\text{cm}}$$

și din fig. 5.21 s-a obținut $a = 10,3$ mm; deci s-a asigurat topirea întregii grosimi, iar grosimea aparentă a sudurii ($a = 6$ mm) a fost mai mare decât cea calculată: $0,588 \cdot 6 = 3,5$ mm.

Parametrii de sudare conform relației 5.19 s-au obținut astfel:

$$I_s = \frac{p}{K_p} = \frac{1,2 \cdot t_i}{(1,25 \dots 2) \cdot 10^{-2}} = \frac{72}{1,3} \cdot 10^2 \approx 555 \text{ A}$$

iar din fig. 5.6 s-a obținut $d_e = 3,25$ mm și $U_g = 30$ V.

Energia liniară, în acest caz a fost:

$$Z_n = \frac{U \cdot I}{V_s} = 1,52 \cdot 10^4 (k \cdot t_i)^2$$

Regimul de sudare determinat analitic

Tablea 5.7

Grosimea tablei mm	Diametrul sârmei mm	Curent de sudare A	Tensiunea arcului V	Viteza de sudare m/h	Viteza sârmei m/h	Obs.
6	3,25	550	30	45	225	
	4	580	30	40	120	
8	3,25	600	32	30	180	
	4	650	32	32	130	
10	4	700	34	28	100	
12	4	750	36	25	110	

Regimurile stabilite analitic (tabelul 5.7), s-au verificat prin tronsoane cu cusături de colț lungi de 400 mm, avind înălțimea inimii de 200 mm și lățimea tălpilor de 200 mm. La toate tronsoanele, grosimea tălpilor a fost mai mare decât grosimea inimii cu 2 mm. S-a admis un rost de 1 ... 1,5 mm și s-a sudat în jgheab, cu unghiul între sîmna-electrod și talpă de 40°. Dimensiunile geometrice și parametrii de sudare sînt prezentate în tabelul 5.8.

Regimul de sudare determinat practic

Tabelul 5.8

Grosimea tablei mm	Diame - tul sîrmei mm	Rostul sudurii mm	Curentul de sudare A	Tensiunea arcului V	Viteza de sudare m/h	Viteza sîrmei m/h	Obs.
6	3,25	0...1	480-500	28...30	40,5	95	
	4	0...1	540-560	30...32	40,5	68,5	
8	3,25	0...1	600-620	30...32	32	129,5	
	4	0...1	640-660	32...34	32	67,5	
10	4	1...1,5	700-720	33...35	25	95	
12	4	1...1,5	750-780	34...36	25	103	

Confruntînd datele din cele două tabele (5.7 și 5.8), se constată că au valori apropiate cu mici excepții la grosimile mici, cauzate de instabilitatea tensiunii la rețea și starea de funcționare a instalației de sudare.

III. Condiții tehnologice la execuție

Sudurile de calitate sub strat de flux, se obțin respectîndu-se următoarele condiții:

- a) Respectarea strictă a regimului de sudare;
- b) Sudarea în jgheab; sîrma să fie înclinată spre talpă ca în fig. 2.25;
- c) Lungimea liberă a sîrmei-electrod: 30 ... 35 mm;
- d) Între inimă și talpă se lasă rost de 1 mm la grosimile inimilor de 6 mm și 8 mm, respectiv 1,5 mm la grosimile inimilor de 10 mm;
- e) Se folosește placă-suport din oțel (fig. 2.25);
- f) Sudarea să se facă cu un dispozitiv de pozițio-

nare corectă a sudurii ca în fig. 5.25.

IV. Verificarea calității îmbinărilor cu sudură de colț fără prelucrarea muchiilor

Rezistența îmbinărilor cu sudură de colț s-a studiat prin încercarea la forfecare ca în fig. 5.26. Rezultatele acestor încercări sînt reprezentate în tabelul 5.9.

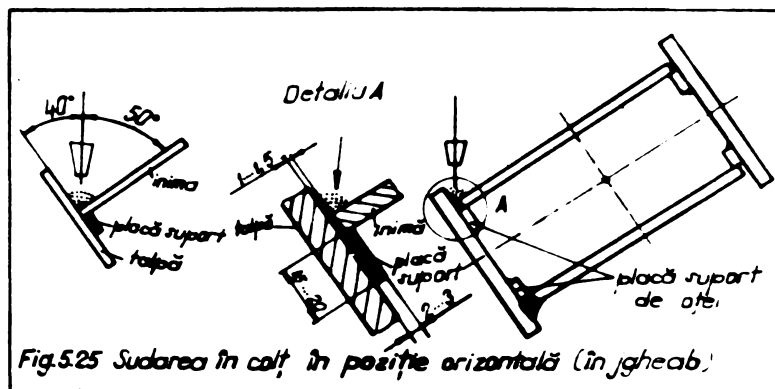


Fig.5.25 Sudarea în colț în poziție orizontală (în jgheab)

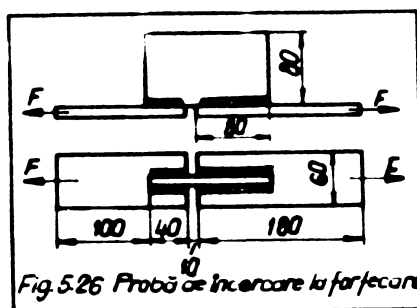


Fig.5.26 Probă de încercare la forfecare

Determinarea efortului unitar tangențial

Tabelul 5.9

Grosimea tablei mm	Grosimea sudurii mm	Secțiune sudată mm ²	Forța de forfecare daN	Efortul unitar σ_s daN/mm ²	Obs privind sudura
6	6	240	8800	36,6	dintr-o parte
8	8	320	10200	31,8	dintr-o parte
10	10	400	12100	30,2	dintr-o parte
12	12	480	15500	32,4	din ambele părți

Pentru robele din oțel 01.37 efortul unitar tangențial admisibil în sudură, la solicitări statice s-a considerat: $\sigma_{as} = 0,65 \sigma_s = 975 \text{ daN/cm}^2$, care dacă se compară cu efortul unitar minim determinat experimental, se obține coeficientul de siguranță:

$$C_d = \frac{\sigma_{r.s}}{\sigma_{as}} = \frac{30,2}{9,75} = 3,1 \quad (5.44)$$

Considerând efortul unitar tangențial, care rezultă din calculul datorită încărcărilor, se obține alt coeficient

de siguranță:

$$C_{ef} = \frac{\sigma_{r.s}}{\sigma_{calc}} = \frac{30,2}{4} = 7,5 \quad (5.45)$$

Efortul unitar admis la solicitări în exploatare, după metoda elastică se determină cu relația:

în care: $\sigma_{ob.a} = \gamma \cdot \sigma_{a.s} \quad (5.46)$

$$\gamma = \frac{4}{3} - \frac{1}{3}K \quad \text{iar} \quad K = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = -1$$

pentru solicitarea alternant simetrică.

Deci: $\gamma = \frac{3}{5} = 0,6$

respectiv:

$$\sigma_{ob.a} = 0,6 \cdot 9,75 = 5,85 \text{ daN/mm}^2$$

Adică:

$$\sigma_{ob.a} > \sigma_{calc}$$

$$5,85 > 4$$

Coefficientul de siguranță, corespunzător rezistenței la oboseală este:

$$C_o = \frac{\sigma_{ob.a}}{\sigma_{calc}} = \frac{5,85}{4} = 1,47 > C_{oe} = 1,3 \quad (5.47)$$

C_{oe} - coeficient corespunzător solicitărilor dinamice.

Deci, rezultatele obținute sînt corespunzătoare atât în cazul solicitărilor statice cît și în cazul solicitărilor dinamice la oboseală.



Fig. 5.27



Fig. 5.28



Fig. 5.29

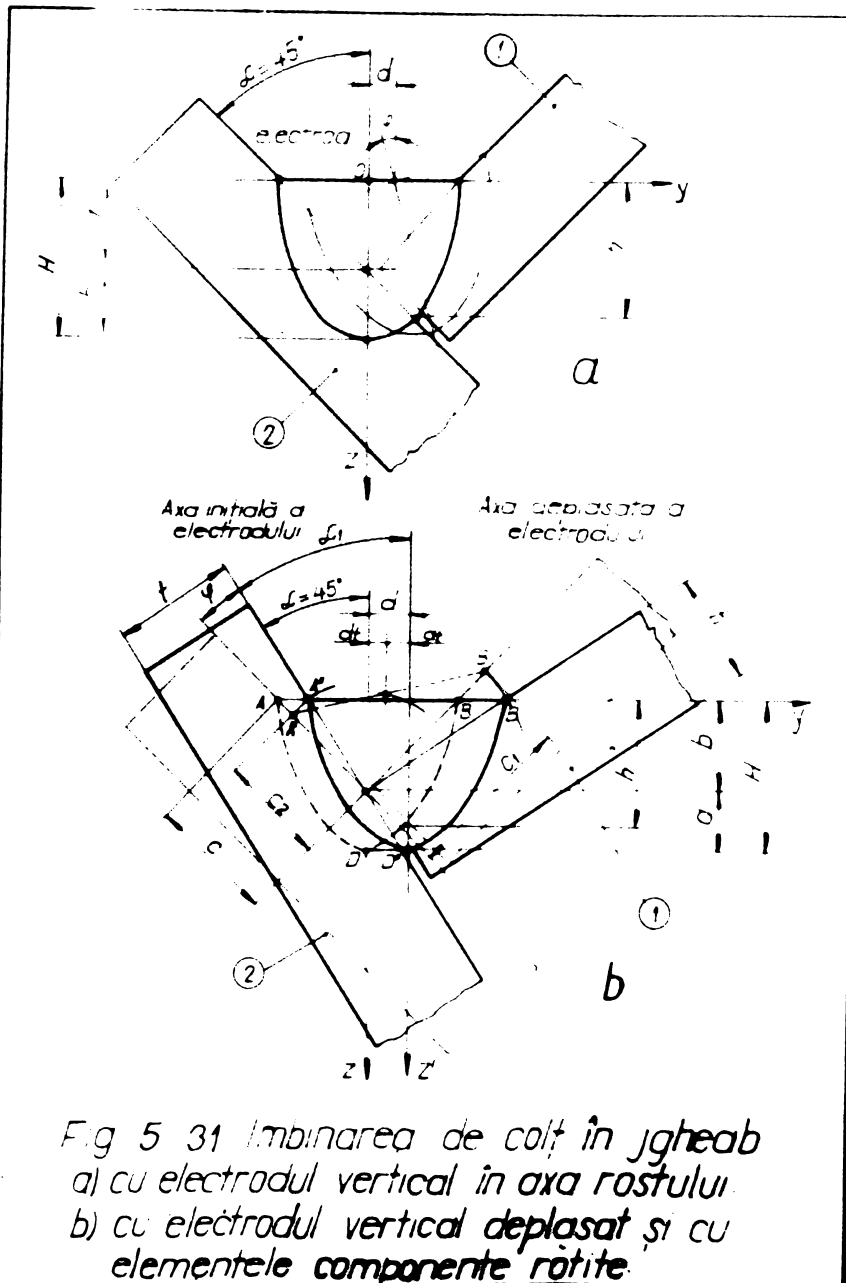


Fig. 5.30

Studiul metalografic s-a făcut pe probe șlefuite și atacate cu reactiv chimic.

În fig. 5.27; 5.28; 5.29; 5.30 sînt reprezentate macrostructurile prebelor, observîndu-se că toate cusăturile sînt compacte, cu rădăcina suficient de corect formată.

Teoretic și experimental, în cadrul unei recente lucrări, în colaborare cu Catedra de Utilajul și tehnologia sudării, s-a dovedit că grosimea reală a sudurii de colț realizată printr-o nouă metodă, față de grosimea sudurii de colț realizată clasic poate fi mărită fără consum suplimentar de material de adăos și energie electrică, printr-o deplasare a electrodului spre elementul vertical (1) și printr-o rotire a sistemului (fig.5.31).



Din fig. 5.31 a se observă că prin deplasarea electrodului spre elementul l_1 , se deplasează și frontul de topire, rezultând o cusătură cu catete inegale. Vîrfurile frontului de topire, care determină adîncimea de pătrundere, se deplasează și el spre elementul l_1 , din care cauză suprafața cusăturii nu este orizontală. Pentru ca suprafața cusăturii să devină orizontală este necesară o rotire a elementelor de sudat (fig. 5.31 b). Deplasînd electrodul spre elementul l_1 și rotînd sistemul în mod corespunzător, vîrfurile frontului de topire poate ajunge chiar pe linia de separație a celor două elemente.

Dacă linia frontului de topire se consideră că are forma unei elipse exprimată cu relația:

$$y = \frac{c}{\sqrt{2}H} \sqrt{H^2 - z^2} \quad (5.48)$$

atunci, unghiul α care definește poziția rotită a sistemului, și deplasarea d a electrodului pot fi exprimate cu relațiile:

$$\operatorname{ctg} \alpha = \sqrt{2\sqrt{2} \frac{H}{c} - 1} \quad (5.49)$$

și :

$$d = \frac{c \cdot (\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1)}{2(\operatorname{ctg} \alpha)^{3/2}} \quad (5.50)$$

Relațiile (5.49) și (5.50) s-au stabilit pe baza ipotezei că frontul de topire are aceleași limite în cele două situații (sudură cu catete egale și sudură cu catete inegale). De asemenea s-a pus condiția ca unghiul α și deplasarea d să aibe valori optime pentru cazul cînd vîrfurile frontului de topire (vîrfurile elipsei) este situat pe limita de separație dintre cele două elemente.

În relațiile de mai sus, s-a folosit raportul:

$$\frac{H}{c} = \frac{H}{\alpha \sqrt{2}}$$

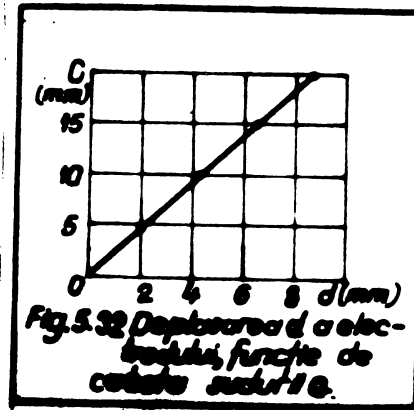
care reprezintă probinea relativă a sudurii, depinzînd de procedeu și regimul de sudare.

Influența procedurii și regimului de sudare este pusă în evidență prin relația:

$$H = a + b = \sqrt[3]{\frac{V_e}{V_s}} + b \quad (5.51)$$

Experimental s-au determinat valorile pentru H ; a și b și cunoscînd parametrii regimului de sudare, s-a determinat coeficientul $\sqrt[3]{\frac{V_e}{V_s}}$. Pentru sudarea automată sub flux $\sqrt[3]{\frac{V_e}{V_s}} = 5 \dots 7$, iar raportul $H/c = 1,4 \dots 1,6$.

Cu ajutorul relațiilor (5.49) și (5.50) s-a determinat deplasarea electrodului (d) și unghiul de rotire a sistemului ($\psi = 45^\circ - \infty$), determinându-se graficul din fig. 5.32.



Regimuri de sudare automată sub flux a îmbinărilor de colț în igheab cu electrod deplasabil și cu elementele rotite tabelul 5.10

Diam. sârmei electr. (mm)	Cateta mică a sud. (mm)	Fastul de sudare (mm)	Curentul de sudare (A)	Tensiunea arcului (V)	Viteza de sudare (m/h)	Viteza de avans a sârmei (m/h)
3	4	0 ⁺ 1	350	28 ÷ 30	50 ÷ 55	140 ÷ 150
	5	0 ⁺ 1	450	28 ÷ 30	50 ÷ 55	140 ÷ 150
	6	0 ⁺ 1	500	30 ÷ 32	45 ÷ 50	130 ÷ 140
	8	0 ⁺ 1,5	550 ÷ 600	34 ÷ 36	30 ÷ 32	80 ÷ 90
4	5	0 ⁺ 1	450	28 ÷ 30	55 ÷ 60	150 ÷ 160
	6	0 ⁺ 1	575	30 ÷ 32	55 ÷ 55	140 ÷ 150
	7	0 ⁺ 1,5	675	32 ÷ 35	45 ÷ 50	130 ÷ 140
	8	0 ⁺ 1,5	575 ÷ 675	34 ÷ 36	25 ÷ 30	70 ÷ 80
5	5	0 ⁺ 1	650 ÷ 700	30 ÷ 33	50 ÷ 60	150 ÷ 160
	6	0 ⁺ 1	650 ÷ 700	30 ÷ 33	50 ÷ 60	140 ÷ 160
	8	0 ⁺ 1,5	700 ÷ 725	32 ÷ 34	30 ÷ 35	90 ÷ 100
	10	0 ⁺ 1,5	725 ÷ 750	33 ÷ 35	20 ÷ 25	65 ÷ 75

Parametri: $\frac{H}{C} = 1,5$; $\psi = r_1$; $\psi = 6$ a rezultat: $\alpha = 30^\circ$;
 $d = 2 \dots 10$ mm.

În cadrul catedrei la „Utilajul și tehnologia sudării” s-au verificat experimental posibilitățile de realizare a sudurilor de colț cu catete inegale, prin deplasarea electrodului și rotirea sistemului, folosind instalația PU - loop, sârma Sloi cu ϕ 3 și 4 mm, respectiv fluxul P&S - 37, după regimurile de sudare indicate în tabelul 5.10.

Sudurile de colț s-au realizat pe elemente din oțel Ol.37 cu grosimea de 8 ... 24 mm, cu cateta mică de 4 ... 12 mm.

Cu această ocazie, s-a constatat că valorile calculate pentru d și ψ sînt corespunzătoare, deoarece vârful frontului de topire s-a format la limita dintre elementele de sudat, iar grosimea reală a sudurii a crescut conform prevederilor.

Una dintre macrostructurile îmbinărilor de colț și amare pentru elemente din oțel 01.37, cu grosimea de 24 mm este prezentată în fig. 5.33.



Fig. 5.33.

În măsurătorile făcute rezultă că la sudarea cu electrodul nedepus $h=10$ mm, iar la sudarea cu electrodul depus și sistemul rotit, $h=H=15$ mm. Deci, rezultă că grosimea reală a sudurii realizată în noua metodă a crescut 50 %.

Concluziile și avantajele sudării automate sub flux cu electrod depus și rotirea sistemului, sînt următoarele:

- cercetările teoretice și practice dovedesc că realizarea cusăturilor de colț cu sîrna-electrod depusă și cu rotirea sistemului, este posibilă și aduce o importantă eficiență în ce privește costul și calitatea îmbinării;

- s-a stabilit teoretic și s-a dovedit practic că deplasarea optimă a sîrnei-electrod este de 2 ... 8 mm, funcție de grosimea pieselor, iar unghiul de rotire a sistemului este $\varphi = 10^\circ \dots 15^\circ$ independent de grosimea elementelor.

V. Concluzii privind sudarea automată sub flux a îmbinărilor cu sudură de colț, fără prelucrarea muchiilor

1 - Grosimea reală a cusăturilor de colț este mai mare decît grosimea de calcul, nu pe seama metalului depus ci pe seama adîncinii de topire. Pînă în prezent grosimea maximă de calcul s-a considerat 0,7.t, indiferent dacă s-a sudat manual cu electrozi, sau automat sub flux. Prin studiul și experiențele efectuate rezultă că grosimea de calcul a sudurilor de colț nu poate depăși 0,58.t (t-grosimea oelii mai subțire element). Prin deplasarea electrodului și prin rotirea elementelor componente s-a dovedit că adîncimea de topire, respectiv grosimea reală a sudurii crește cu 50 %, metalul de adaos se reduce cu 12 %, iar energia electrică cu 3 %.

2 - Fluxul de forță, prin îmbinarea realizată cu electrodul depus se transmite mai rațional, reducîndu-se din pericolul pe care-l prezintă concentrarea de eforturi.

Ca o concluzie generală, în ce privește sudarea automată sub flux, atât a îmbinrilor cap la cap cât și a îmbinrilor cu sudură de colț, fără prelucrarea machiilor se constată următoarele:

a) Procedul de sudare, cât și regimul de sudare, au o influență deosebită asupra geometriei îmbinării.

b) Tablele din oțel Cl.37, cu grosimi de 6 ... 16mm respectiv de 6 ... 10 mm, se pot suda cap la cap automat sub flux, respectiv cu sudură de colț (unilaterală); fără prelucrarea machiilor, rezultând o calitate bună a îmbinării, compactitate și rezistență.

c) Stabilind corespunzător regimul de sudare prin I_a , U_a , V_a și d_e , care caracterizează cusătura prin pătrundere și adâncimea de topire (H și p) și stabilind condițiile de formare corectă a rădăcinii, s-au elaborat tehnologiile de sudare cap la cap și de colț care asigură îmbinări sudate de înaltă calitate și cu rezistență ridicată.

d) Rostul neprelucrat, nu influențează negativ calitatea îmbinrilor.

e) Formarea corectă a rădăcinii se asigură prin pat de flux, sau prin suport-placă.

f) Regimurile stabilite analitic și verificat experimental au o valabilitate generală dacă se respectă tehnologia indicată atât pentru sudurile cap la cap, cât și pentru sudurile de colț.

g) Calitățile îmbinrilor sudate sînt comparabile cu ale metalului de bază, putîndu-se folosi, conform tehnologiei prezentate, la realizarea oricăror ansamble sudate din construcțiile metalice ale podurilor rulante.

Pe baza rezultatelor obținute, grosimile de calcul ale sudurilor de colț pot fi reduse, iar realizarea grinzilor principale tip cheson, la oricare din uzinele constructoare se poate simplifica, și mai mult. Si anume:

1. Prelucrarea machiei să se facă numai la partea superioară a inimii de sub gîna căii de rulare, sudura 1+1, realizîndu-se printr-una din următoarele procedee:

- Sudare automată sub flux, pe suport metalic la rădăcină;

- Sudare automată sub flux cu rădăcina sudată manual cu electrozi înveliți;

- Sudare automată în tandem; primul strat, la rădăcină în CO_2 , iar următorul (și ultimul) sudat sub flux.

celelalte trei îmbinări de colț (1+2), (2+1) și (2+2) să se realizeze fără prelucrarea muchiilor prin sudare automată sub flux în regim dur.

5.3 Tehnologia de pregătire, asamblare, sudare și control aplicată în realizarea grinzilor principale

În reproiectarea grinzilor principale „Ediția 77” desideratul tehnologicității a fost pus la același nivel cu desideratul calculului de rezistență. Cerințele tehnologicității au apărut, încă la planșetă; prin alegerea formelor constructive și prin alegerea materialelor. Soluțiile constructive au urmărit reducerea tipodimensiunilor de elemente și reducerea numărului de operații tehnologice de fabricație, respectiv mecanizarea și automatizarea acestora. De asemenea soluțiile constructive au fost astfel alese, ca executantul să poată asigura cusături de sudură de înaltă calitate; locurile și pozițiile îmbinărilor au fost astfel stabilite ca să fie accesibile pentru sudare și control, chiar și pe parcursul exploatării. S-au evitat intersecțiile și aglomerările de cusături care ar fi putut produce tensiuni remanente mari, respectiv s-au evitat cusăturile asimetrice față de axa elementului spre a se reduce deformațiile.

În soluționarea proiectului s-a ținut seama de abaterile toleranțe ale materialelor, ale execuției și ale montajului.

În ce privește materialele prescrise pentru realizarea grinzilor principale, ele sînt furnizate de uzinele producătoare împreună cu certificatele de calitate. Materialele livrate fără certificate de calitate, sau cu date incomplete, nu pot fi folosite în execuție decît după ce uzina constructoare a efectuat toate încercările prevăzute în standarde și numai dacă rezultatele încercărilor corespund caracteristicilor materialului de bază și materialului de adăos prescris.

- Pregătirea materialelor

Înainte de pregătirea propriu-zisă a materialelor, ele trebuie controlate cu privire la dimensiuni și aspect [35; 37; 38]. Materialele cu suprapuneri, incluziuni, abateri dimensionale, sau alte defecte care nu se încadrează în prevederile proiectului se scot din fluxul tehnologic de fabricație.

Pregătirea materialelor se referă la curățirea, îndreptarea, trasarea, debitarea și tegirea muchiilor prevăzute

in documentația tehnică de execuție și in standardele de specialitate

Debitarea și preluorarea elementelor se face mecanic, sau automat cu oxigen [34; 36], respectind prescripțiile tehnice din STAS 767-77 și STAS 768-66, respectiv normativul CSCASU.1e5.

- Asamblarea-sudarea grinzilor principale

Inainte de asamblare, s-a prevăzut ca elementele din nou să se verifice și să se recepționeze separat; suprafețele care urmează a se suda să se curețe de eventualele bavură, rugină, ulei, vopsea și alte impurități [16; 35; 38].

Asamblarea elementelor conform prevederilor din STAS 767-77 și 768-66 trebuie făcută pe stelaje (capre de montaj), sau in dispozitive speciale de asamblare-sudare.

Stelajele pentru asamblare trebuie să fie rezistente și să asigure o suprafață plană, al căror denivelări să nu depășească 3 mm.

Dispozitivele de asamblare trebuie să permită o așezare corectă a elementelor de imbinat, cunoscind că forțarea asamblării este interzisă și că toate cotele din desen corespund grinzii principale gata sudată.

Asamblarea elementelor se face prin sudură provizorie cu cusături subțiri și lungi de cea. 40 mm. Sudurile provizorii se execută cu electrozi de aceeași calitate ca și electrozii folosiți la sudarea definitivă.

Asamblarea și sudarea cap la cap a elementelor din tablă pentru tălpile și inimile grinzilor principale se face in condiții cu totul speciale, ele fiind elementele de bază ale grinzilor principale.

Pentru podurile rulante cu deschidere ce depășește cea. 7m, tălpile și inimile trebuiesc realizate din 2 sau 3 bucăți.

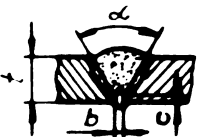
In cazul alcătuirii tălpilor sau inimilor din 3 buc de tablă, întotdeauna bucata de la mijlocul deschiderii trebuie să aibă lungimea 9; 10; 11 sau 12 m. Aceasta este o condiție esențială pentru ca in cazul sudării automate sub flux cele două suduri transversale să se poată face, la nevoie concomitent, pe suportți din cupru așezati la distanțele de mai sus.

Avind in vedere că grosimea tablelor folosite la realizarea grinzilor principale pentru podurile rulante variază de la 6 mm la 16 mm, toate sudurile *core* se realizează manual cap la cap, cu machile prelucrate, asamblarea, respectiv sudarea

făcându-se potrivit indicațiilor din tabelul 5.11

Regimuri de sudare manuală cu electrozi înveliți
(superbaz $\phi 4$; $\phi 5$ mm), în poziție orizontală.

Tabelul 5.11

Nr. crt.	Grosimea tablei t mm	Dimensiunile rostului			Ingrășarea sudurii	Parametrii de sudare					Reprezentarea schematică a îmbinării.
		b	c	d		S mm	Intensitatea curentului I_s A	Tensiunea arcului U_a V	Viteza de sudare V_s mm/h	Energia liniară q_n J/cm	
1	6	2	2	60	1,5-2	2	160-170	22-23	11-13	1,0-1,1	
						1	210-220	23-25	10-12	1,6-1,7	
2	8	2	2	60	1,5-2	2	160-170	22-23	11-13	1,0-1,1	
						2	210-220	23-25	10-12	1,6-1,7	
3	10	1	2	60	1,5-2	2	160-170	22-23	11-13	1,0-1,1	
						2	210-220	23-25	10-12	1,6-1,7	
4	12	2,5	2,5	60	1,5-2	2	160-170	22-23	11-13	1,0-1,1	
						3	210-220	23-25	10-12	1,6-1,7	
5	14	2,5	2,5	60	2,5	2	160-170	22-23	11-13	1,0-1,1	
						4	210-220	23-25	10-12	1,6-1,7	
6	16	2,5	2,5	60	2,5	2	160-170	22-23	11-13	1,0-1,1	
						5	210-220	23-25	10-12	1,6-1,7	

În cazul sudării automate sub flux, cu instalațiile din dotarea uzinelor constructoare de grinzi principale pentru podurile rulante, rosturile, asamblarea și sudarea funcție de grosimea elementelor se face cu parametri indicați în tabelul 5.1.

Sudarea elementelor aparținând grinzilor principale se face numai după tehnologii de sudare elaborate pe baza procedurilor de sudare omologate în conformitate cu prevederile prescripțiilor tehnice CE2 - colecția ECIR, respectându-se, și prevederile din SPAS 768-66.

Ordinea de asamblare-sudare s-a indicat pe baza următoarelor deziderate tehnologice:

1) operațiile tehnologice necesare usinării proiectului să fie relativ simple, să nu necesite dispozitive complicate.

2) Concepția grinzilor principale să permită mecanizarea și automatizarea operațiilor tehnologice de execuție, în special aplicarea și extinderea sudării automate sub flux, rez-

pectiv a sudării automate și semiautomate în mediu de CO₂.

3) Operațiile tehnologice să nu necesite blocarea podurilor rulante; folosirea acestora să se facă rar și de scurtă durată, economisindu-se timp și energie electrică.

4) Munca de manipulare și fixare manuală de la cas la cas, să fie înlocuită prin manipulare cu dispozitive acționate mecanic, pneumatic sau hidraulic.

5) Asemblarea-sudarea să fie astfel făcută ca deformările:

$$f_s = \mu \cdot q_n \frac{z'}{I_x} \cdot \frac{l}{\delta} \quad (cm) \quad (5.52)$$

și tensiunile remanente:

$$\tilde{\sigma}_{s,rem} = E \cdot \mu \cdot q_n \left[\frac{1}{A} \pm \frac{z \cdot z'}{I_x} \right] \quad (daN/cm^2) \quad (5.53)$$

să aibă valori minime [64]. Acest lucru se poate realiza, îndeosebi prin sudarea cu energie liniară (q_n) mică, respectiv prin cusături de sudură cu grosime mică.

6) Asemblarea-sudarea grinzilor principale să se facă în condiții (poziții) care să asigure calități superioare.

5.3.1 Asemblarea-sudarea grinzii principale PRME

Grinzile principale ale podurilor rulante monogrină cu electropalan, funcție de sarcină și deschidere sînt alcătuite dintr-un profil „I”, sau dintr-o grindă cu secțiune tip cheson. Aria de extindere a acestora, este prezentată în tabelul 5.12

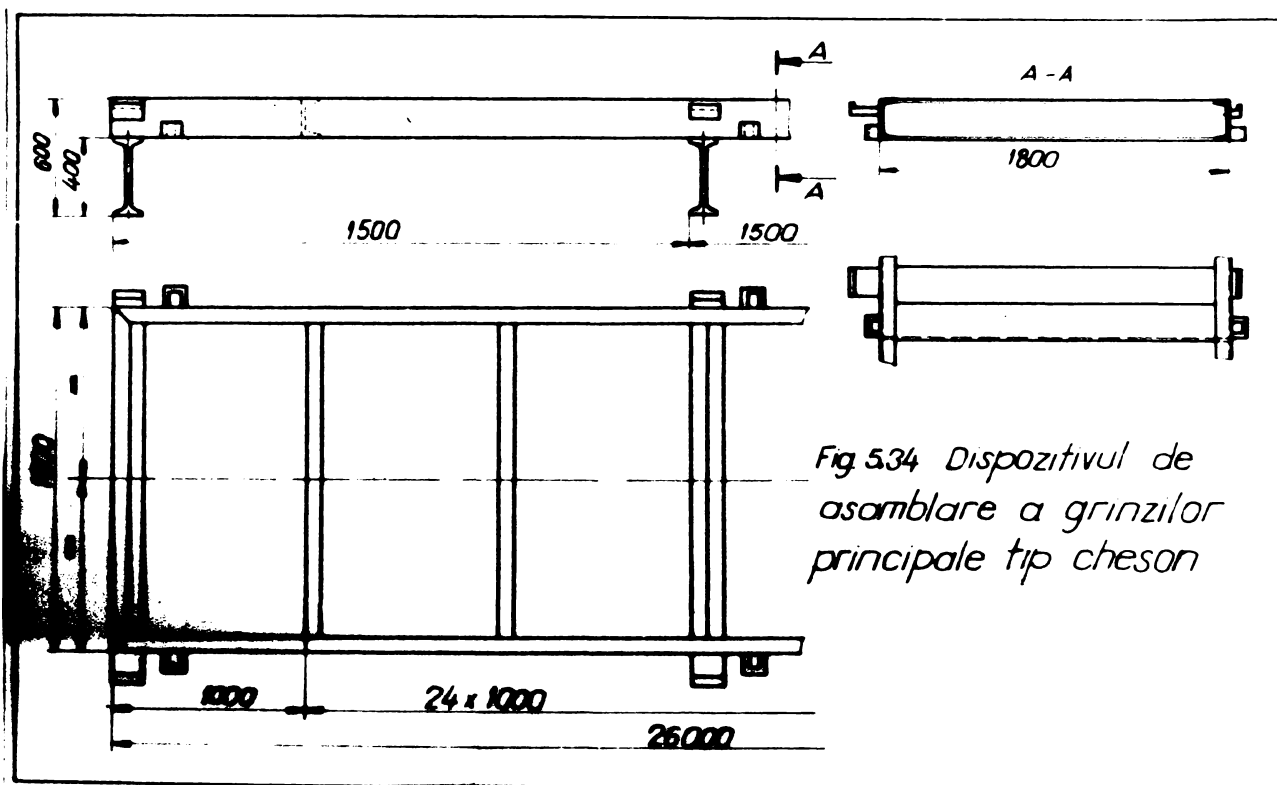
Domeniul PRME cu secțiunea grinzii principale profil „I”, respectiv cheson

Tabelul 5.12

L (m) Q (tf)	4	7	10	13	16	19	22
CM 1,00							
CM 1,25		PRME CM. 77					
CM 1,60		Profil „I”					
CM 2,00							
CM 2,50							
CM 3,20				PRME. CMP. 77			
CM 4,00				Cheson			
CM 5,00							
CM 6,30							
CM 8,00							

Din tabelul de mai sus, rezultă că grinda din profil „I” este limitată la deschideri pînă la 16 m. La asemenea deschideri grinzile principale se realizează dintr-o singură bucată, sudindu-se doar capetele cu grinzile de capăt. În cazul alcătuirii grinzii principale din două bucați profile „I”, îmbinarea se amplasează cît mai aproape de unul din capete. Îmbinările sudate ale acestora fiind spre capetele grinzii principale, sînt puțin solicitate la încovoiere și ca atare nu se insistă asupra lor.

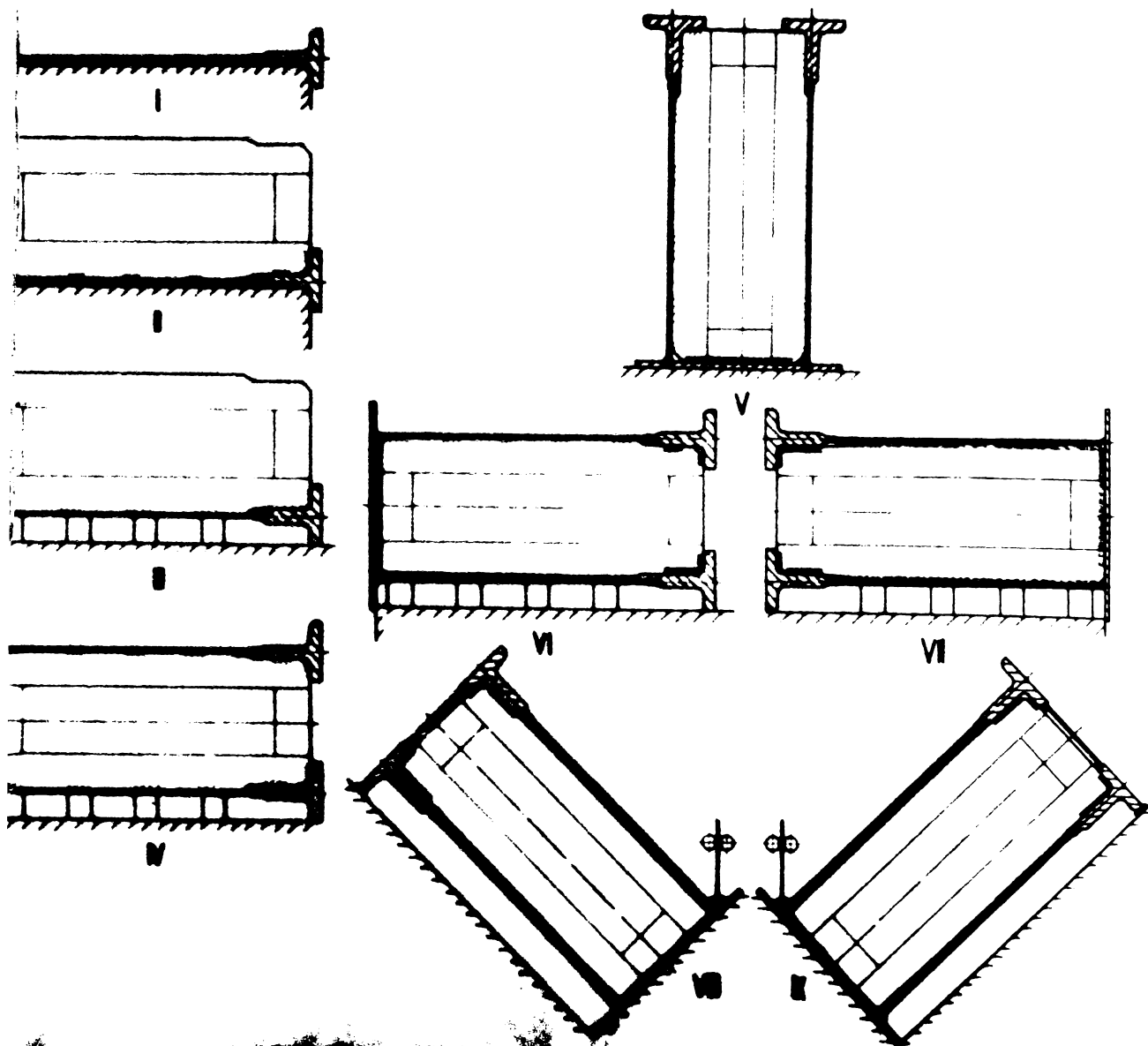
Grinda principală tip cheson se assemblează și se sudează pe dispozitivul de asamblare Cod INT 0842-4532, reprezentat în fig. 5.34.



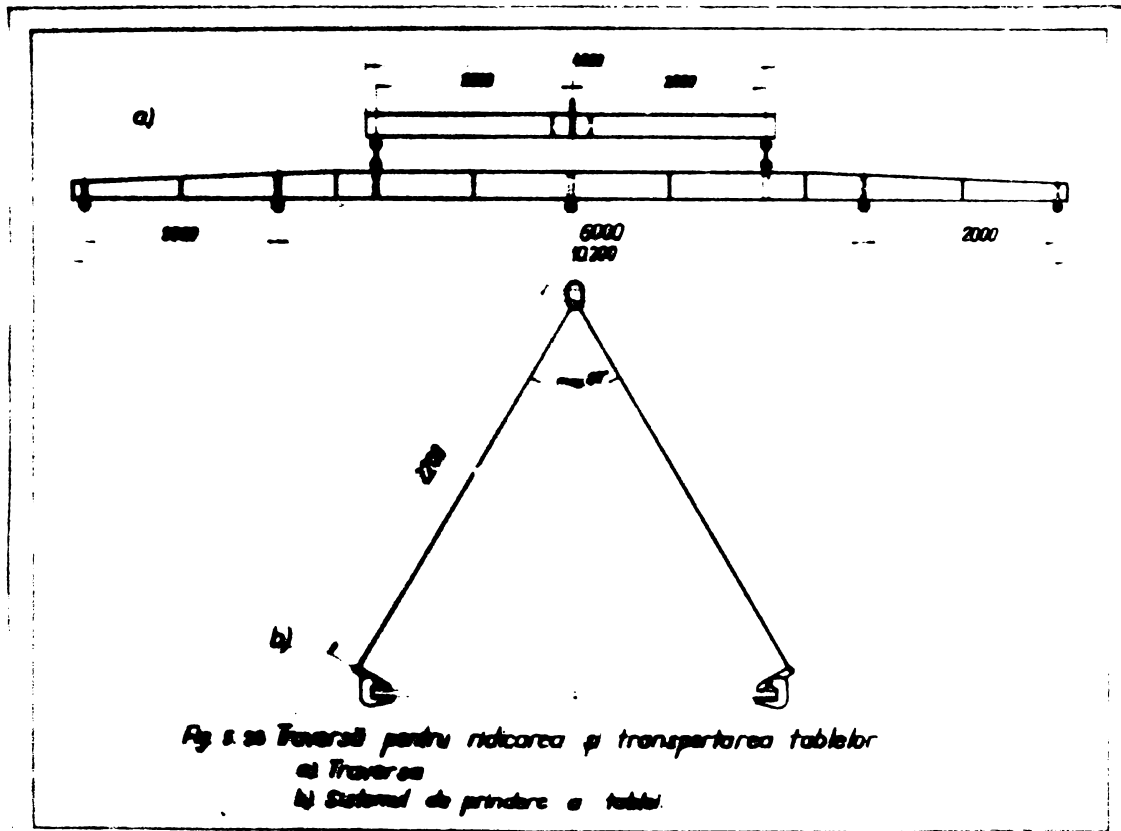
Pașele de asamblare-sudare ale grinzilor principale
PR148, conform fig. 5.35 se succed după cum urmează:

I. Cu ajutorul podului rulant, prin intermediul unei
traverse(fig.5.36) se așează profilul special „195”, respectiv
unul din pereții cheșonului pe masa dispozitivului (fig. 5.35I).
După efectuarea măsurătorilor de verificare, aceste două elemen-
te se montează centric cap la cap prin sudură provizorie.

II. Pe peretele lateral, astfel format, se trasează
poziția nervurilor de rigidizare transversale (fig. 5.35II) și
apoi acestea se fixează cu sudură provizorie.



III. Se ridică talpa superioară și în poziție verticală se atașează subansamblului (fig. 5.35III), fixându-se, de asemenea cu sudură provizorie.



IV. Peste ansamblul format dintr-un perete lateral, o talpă și nervurile de rigidizare se așează cel de-al doilea perete gata asamblat cu profilul special „T95” (fig. 5.35IV) și în poziție peste cap se fixează prin sudură provizorie.

V. Ansamblul astfel obținut (cu elementele fixate numai prin sudură provizorie) se ridică și se fixează astfel ca talpa superioară să fie la bază (fig.5.35V) și în această poziție se fac măsurătorile de verificare; verticalitatea inimilor, trebuind să se înscrie în abaterea de 15 %, iar orizontalitatea tălpilor în 4 %.

După măsurătorile de verificare se procedează la sudarea în mediu de CO₂ a nervurilor transversale pe fața interioară a tălpilor superioare, după regimul de sudare indicat în tabelul 5.13.

Regimul de sudare semiautomată în CO₂ a nervurilor de rigidizare cu inimile

Tabelul 5.13

Nr. crt.	Grăsimimea tablelor t ₁ + t ₂ mm	Intensitatea curentului I _s A	Tensiunea arcului U _a V	Viteza de sudare V _s m/min.	Debitul gazului l/min.	Energia liniară Q _l J/cm	Reprezentarea schematică a îmbinării
1	6+10	200	26	0,28	15	11.000	
2	8+10	210	27	0,26	15	13.200	
3	10+10	210	27	0,24	15	14.200	

VI. Ansamblul, se ridică și se rotește cu 90°, sudându-se nervurile transversale cu peretele după același regim de sudare în CO₂ - tabelul 5.13 -, respectiv peretele (la rădăcină) cu profilul special "T95" (fig. 5.35VI), după regimul de sudare indicat în tabelul 5.1.

VII. Din nou se rotește grinda principală, cu 180° și se fac aceleași suduri de colț ale nervurilor cu cel de-al doilea perete, respectiv sudura de rădăcină a peretelui cu profilul special "T95" (fig. 5.35VII). În această poziție se sudează definitiv, dinspre exterior îmbinarea cap la cap a peretelui cu profilul special după regimul de sudare indicat în tabelul 5.1 și se fixează prin sudură discontinuă suportul peste care urmează a se fixa și suda placa dintre cele două profile speciale "T95".

VIII. Grinda principală se reîntoarce cu 180° pentru realizarea definitivă a sudurii cap la cap dintre perete și profilul special după același regim (tabelul 5.1), respectiv se sudează discontinuu cel de-al doilea suport peste care urmează a se fixa și suda placa dintre profilele speciale (fig.5.35VIII).

IX. Se ajutorea podului rulant, grinda principală se așează în dispozitivul de sudare în jgheab (fig. 5.35IX) și se sudă automat sub flux talpa cu peretele lateral, după regimul de sudare indicat în tabelul 5.8, dinspre exterior, inclusiv placa de închidere a chesonului cu unul dintre cele două profile speciale „T95”, respectiv regimul de sudare în CO_2 din tabelul 5.13.

X. Se rotește grinda principală cu 90° și se realizează ultima sudură de colț automată sub flux dintre cel de-al doilea perete lateral cu talpa (fig. 5.35X), respectiv placa de închidere a chesonului cu cel de-al doilea profil special „T95”, cu aceleași procedee de sudare și după aceleași regimuri de sudare, ca mai sus.

După ce grinda principală este complet asamblată și sudată, se reia în poziție verticală, repetându-se toate măsurătorile de verificare. Dacă în timpul sudării s-au produs eventuale deformații, acestea se îndreaptă prin încălzire locală cu flacăra la o temperatură de $600-700^\circ C$ (culcarea roșu închis), urmată de o răcire liberă în aer.

Grinda principală gata sudată, dacă se încălzesc în toleranțele prescrise, urmează cursul de îmbinare cu grinzele de capăt.

5.3.2 Asamblarea-sudarea grinzii principale CMP

În ce privește ordinea de asamblare-sudare a elementelor care alcătuiesc grinda principală a podului rulant de us general CMP, aceasta diferă de la o uzină la alta, funcție de utilajul și dispozitivele de care uzina dispune. Operația comună, este însă așezarea prin suprapunere a celor 4 inimi, în vederea realizării contrasăgeții, respectiv a îndreptării (dacă este cazul) a fiecăreia în parte.

Prima inimă care, pe baza verificărilor rezultă că este dreaptă și corect tăiată la contrasăgeata croită, se așează pe stelajul de montaj pentru a se face măsurătorile necesare. A doua inimă, de asemenea cu contrasăgeata realizată se așează peste prima, ș.a.m.d. Zonele cu eventuale burdușeli se îndreaptă printr-o calificată încălzire locală cu flacăra.

Asamblarea și sudarea unei grinzii principale cu secțiunea tip cheson, pentru podurile rulante de us general la IKT se face în două variante, după următoarele faze tehnologice:

Varianta A

I Prin intermediul traversei atârnată de cârligul

podului rulant, se ridică inima (1) și se așează pe stelajele (caprele) de montaj, într-o poziție perfect orizontală (fig. 5.37I). De la mijlocul deschiderii, spre cele două capete se trasează locul nervurilor de rigidizare transversală și a nervurilor de rigidizare longitudinală (dacă acestea sînt prevăzute în documentație). După trasaj, se fixează și se sudează provizoriu pe inimă nervurile de rigidizare transversală. După fixarea lor, acestea se sudează cu arc electric în mediu de CO_2 bilateral, concomitent de doi sudori respectînd regimul de sudare în CO_2 indicat în tabelul 5.13. După sudarea nervurilor de rigidizare transversale pe inimă, se fixează prin sudură provizorie nervurile de rigidizare longitudinală, sudîndu-se definitiv, tot în mediu de CO_2 cu nervurile transversale. După fixare, nervurile de rigidizare longitudinale se sudează pe inimă cu arc electric în mediu de CO_2 pe o singură parte, după același regim.

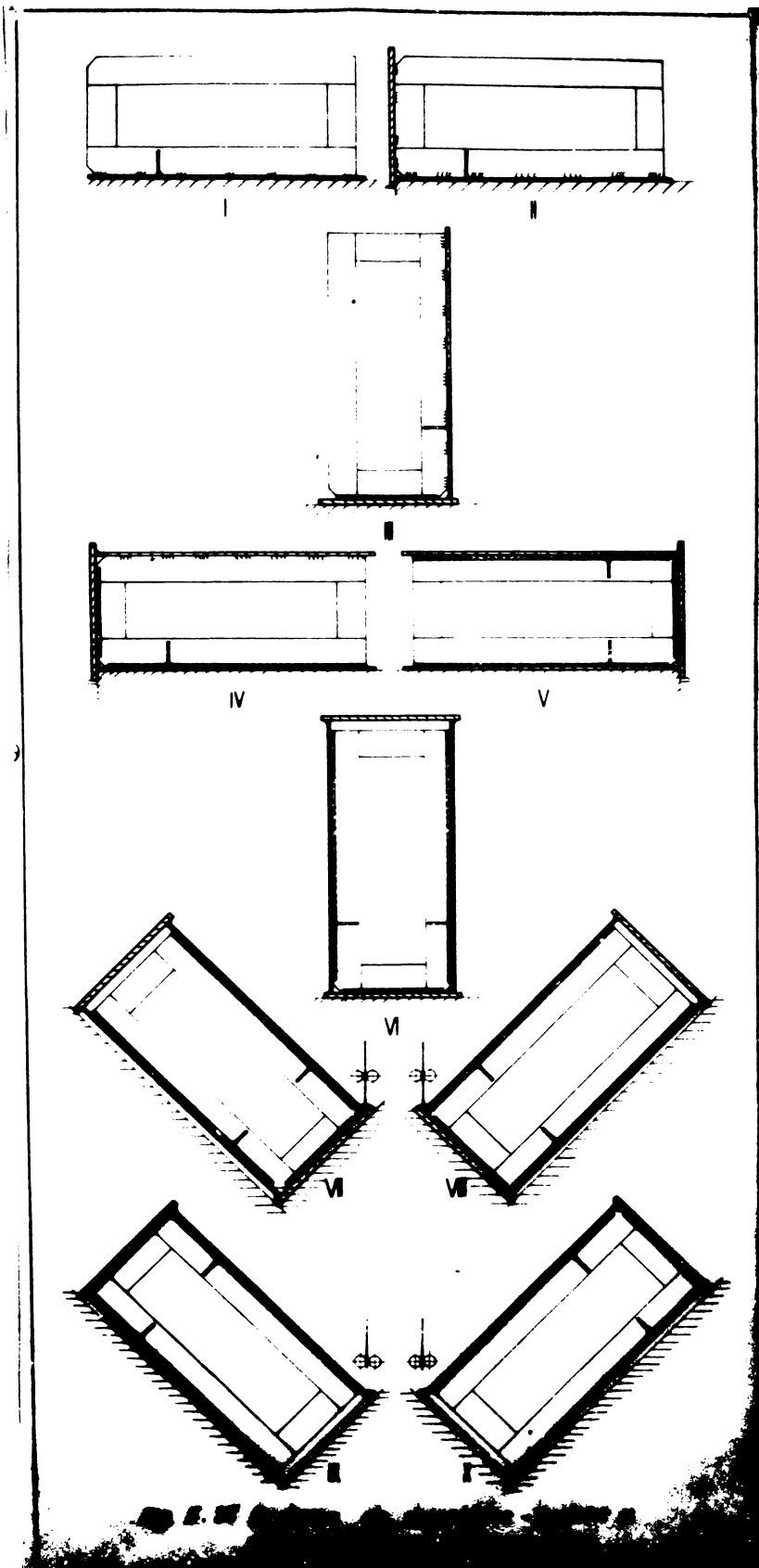
II. Fără a se mișca ansamblul din loc, cu ajutorul podului rulant se aduce și se așează în poziție verticală talpa superioară (1) a grinzii principale (fig. 5.37II), sudîndu-se provizoriu dinspre interior.

III. Ansamblul alcătuit dintr-o inimă (1) cu nervurile sudate și cu talpa superioară (1) sudată provizoriu, se întoarce cu 90° astfel încît să se așeze peste talpa superioară (fig. 5.37.III). În această poziție se sudează cu arc electric în mediu de CO_2 continuu și bilateral după același regim (tabelul 5.13), nervurile de rigidizare transversală cu talpa superioară.

IV. Ansamblul astfel format din nou se ridică și se reapează în poziția precedentă pentru a se fixa cea de a doua inimă, sudîndu-se provizoriu peste cap (fig. 5.37IV).

V. Apoi ansamblul se rotește cu 130° . În această poziție nervurile de rigidizare transversală se sudează cu arc electric în mediu de CO_2 continuu și bilateral (fig. 5.37V). Între nervurile de rigidizare transversală se fixează cu sudură provizorie nervurile de rigidizare longitudinale și apoi se sudează cu arc electric în mediu de CO_2 cu cea de a doua inimă, inclusiv capetele acestora cu nervurile de rigidizare transversală.

În această stare (fără talpa inferioară) sudurile cap la cap ale inimilor grinzilor principale se supun controlului cu raze X în senele prevăzute în proiect. După confirmarea calității corespunzătoare a sudurilor controlate, suprafața interioară a chesonului se vopsește prin pulverizare cu oxid de fier.



VI. După uscarea stratului de vopsea, se ridică talpa inferioară (2) și se închide cu ea chesonul (fig. 5.37VI). După o serie de măsurători, talpa inferioară (2) se sudează provizoriu cu cele două inimi (1 și 2), după care din nou se repetă măsurătorile.

VII. Grinda principală cu chesonul închis se așează cu talpa superioară (1) la bază (fig. 5.37 VII) într-un suport prezentat în fig. 5.38, care asigură înclinarea grinzii principale la 45° , poziție în care se realizează îmbinarea sudată dintre talpă (1) și inimă (1) după regimul de sudare indicat în tabelul 5.8.

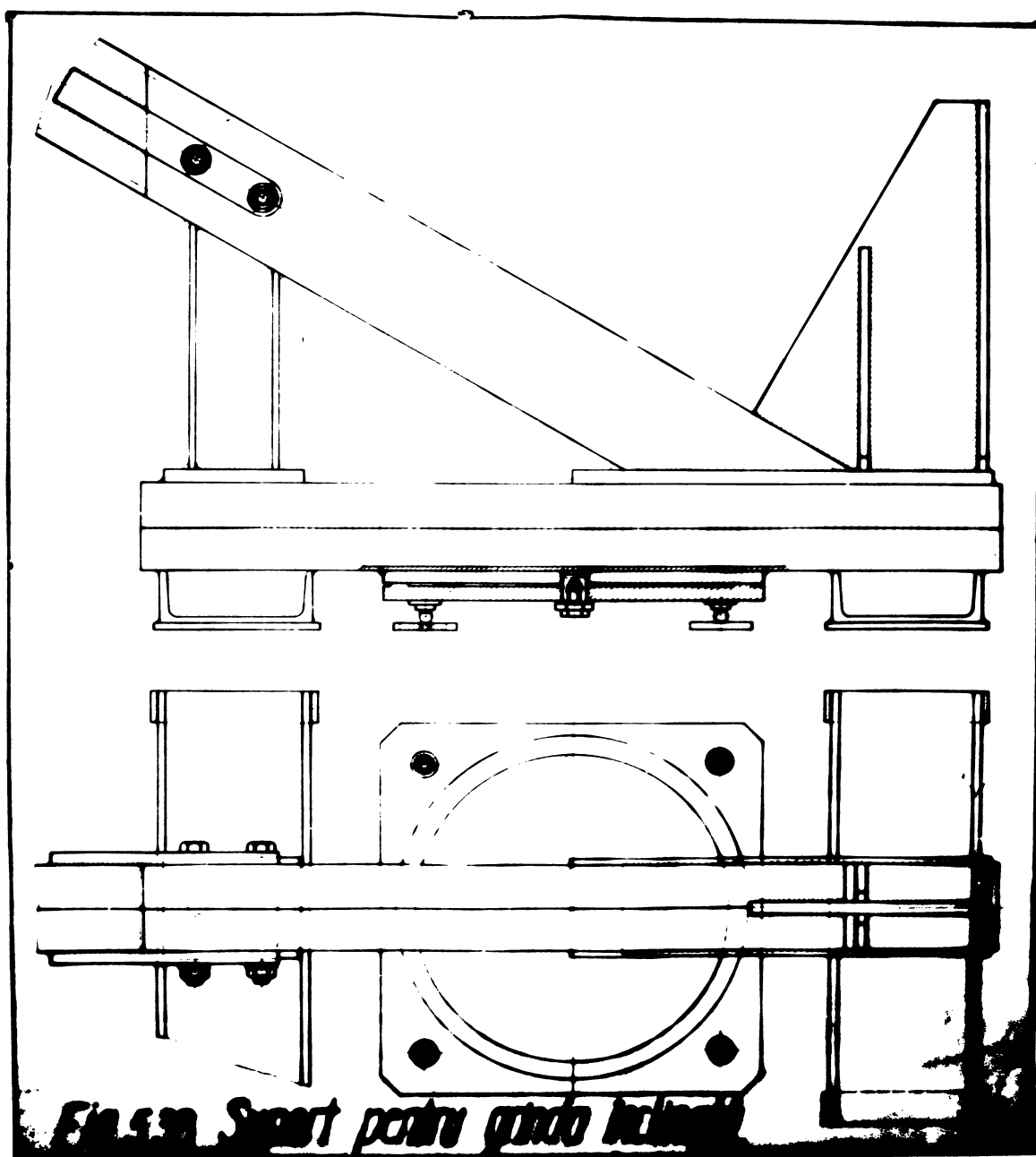


Fig. 5.38. Suport pentru grinda înclinată

Această sudură, se execută concomitent cu două aparate de sudat automat; primul strat, se realizează automat cu arc electric în mediu de CO₂, folosind automatul RA-1, iar următorul strat, la o distanță de cca. de 0,5 m, se realizează tot automat cu arc electric, însă sub strat de flux, folosind automatul 2617-AU. În acest fel se realizează o îmbinare cu sudură de colț complet pătrunsă, obținându-se o rădăcină a sudurii corespunzătoare.

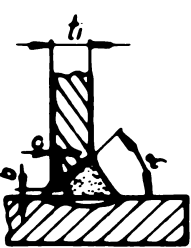
VIII. După realizarea sudurii (1+1) pe toată lungimea, ansamblul se rotește în direcție transversală cu 90° și se execută îmbinarea sudată dintre talpa superioară (1) și cea de a doua inimă (2), în aceleași condiții ca și sudura 1+1 (Fig. 5. 37/III).

IX. După executarea sudurii 1+2, grinda se rotește cu 180° și se execută sudarea automată sub flux a tălpii inferioare (2) cu inima (1) fără prelucrarea muchiilor (Fig. 5. 37.IV).

X. Și însfârșit, grinda se rotește transversal cu 90° și se realizează ultima îmbinare dintre talpa inferioară

Regimuri de sudare manuală cu electrozi înveliți (superboz $\phi 3,25-\phi 5\text{mm}$), în poziție orizontală.

Tabelul 5.14

Nr. crt.	Grosimea tablei <i>t</i>	Dimensiunile rostului			Grosimea sudurii	Parametrii de sudare				Reprezentarea schematică a îmbinării.	
		<i>b</i>	<i>c</i>	α		Nr. de straturi	Intensitatea curentului	Tensiunea arcului	Viteza de sudare		Energia liniară
							<i>I_s</i>	<i>U_a</i>	<i>v_s</i>		<i>q_n</i>
mm	mm	mm	°	mm	A	V	m/h	J/cm			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	6	2	2	45	-	2	120-140	20-22	6-8	1,1-1,4	
						1	210-220	23-25	9-11	1,7-1,9	
2	8	2	2	45	-	2	120-140	20-22	6-8	1,1-1,4	
						2	210-220	23-25	9-11	1,7-1,9	
3	10	2	2	45	-	2	120-140	20-22	6-8	1,1-1,4	
						2	210-220	23-25	9-11	1,7-1,9	
4	12	2	2	45	-	2	120-140	20-22	6-8	1,1-1,4	
						3	210-220	23-25	9-11	1,7-1,9	
5	14	2	2	45	-	2	120-140	20-22	6-8	1,1-1,4	
						3	210-220	23-25	9-11	1,7-1,9	
6	16	2	2	45	-	2	120-140	20-22	6-8	1,1-1,4	
						4	210-220	23-25	9-11	1,7-1,9	

(2) și cea de a doua inimă (2), de asemenea sub strat de flux (fig. 5.37K).

Observații:

- Sudurile 2+1 și 2+2 spre capete, dacă panta este pronunțată și împiedică buna deplasare a automatului, pe această pantă sudura se execută manual, după regimul de sudare indicat în tabelul 5.14.
- Cu aceste ultime suduri, grinda principală se consideră asamblată și sudată, urmând a se îmbina cu tronsoanele grinzilor de capăt, respectiv urmând a se suda deasupra ei șina de rulare a căruciorului, iar lateral podestul de circulație și de susținere a mecanismului motor, a cabinei de comandă și a utililor cu echipament de acționare electric.
- Se precizează că operațiile de sudare ale grinzilor principale se realizează numai de sudori autorizați în conformitate cu prevederile prescripțiilor tehnice C9 din colecția ISCIR, aplicând peansoul în mod corespunzător alături de sudură.

Varianta B

Această variantă se caracterizează prin felul manipulării elementelor ce alcătuiesc grinda principală și însăși grinda. [6].

Manipularea elementelor din tablă cu podurile rulante are următoarele două dezavantaje principale:

1) Dăb greutate proprie, tablele lungi și mai ales subțiri atârșate în cârlig, se deformează.

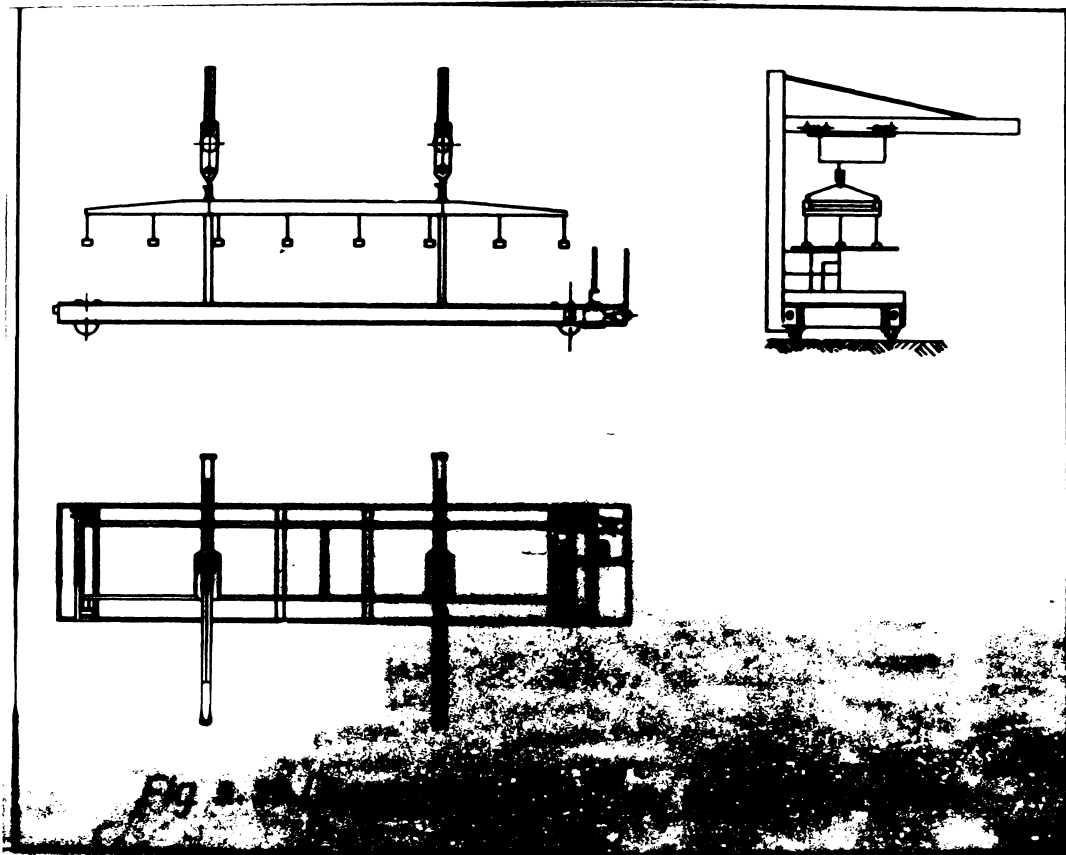
2) Se consumă irațional timp prețios prin așteptarea uneori după un pod rulant, prin prinderea sarcinii și echilibrarea ei, prin transport și în sfârșit desprinderea sarcinii.

Aceste cauze au impus proiectarea și realizarea în uzina constructoare a unor dispozitive de manipulare intercalate în procesul tehnologic de fabricație, dispozitive adecvate procedurilor de sudare de înaltă productivitate - sudarea automată și semiautomată sub strat de flux, sudarea automată și semiautomată în mediu de CO₂ etc. - .

În cadrul fluxului tehnologic de fabricație a grinzilor principale - în varianta B - operațiile de manipulare sînt efectuate cu mecanisme, transportul de la o fază tehnologică la alta făcîndu-se pe mese de transfer cu role acționate, iar controlul Rx se face intercalat în fluxul de fabricație.

Tablele se introduc la un calandru de îndreptat și apoi se taie la lățimile necesare tălpilor și inimilor cu mașini automate cu câte 6 arătoare.

După ce sînt debitate toate elementele unei grinzi principale și după ce se îndreaptă, dacă este necesar, acestea se așează în containere și se introduc pe linia tehnologică de asamblare-sudare-control. De aici, cu ajutorul traversei cu electromagneți (fig. 5.39), elementele de tablă se ridică și se așea-

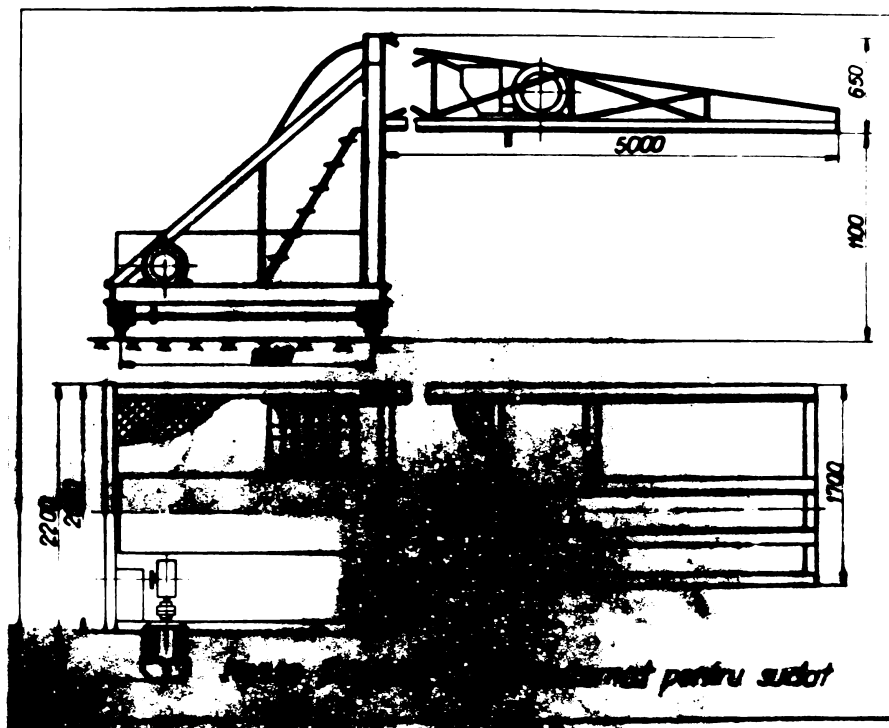


să pe masa de sudat în vederea joantării lor prin sudare.

Conceptia mesei de asamblare-sudare-control, după cum s-a mai precizat, este astfel concepută ca la distanțele 9m; 10 m; 11 m; 12 m să fie așezați suportii din cupru pentru sudarea automată cap la cap sub flux a tălpilor și a inimilor cu un automat de sudare instalat pe un braț port-cărucior (fig. 5.40).

Întoarcerea tălpilor și a inimilor în vederea curățării și resudării rădăcinii se face folosind dispozitivul mecanic de întoarcere reprezentat în fig. 5.41.

Rălpile și inimile sudate pe ambele părți, sînt transportate pe linia de transfer, pînă de-asupra unor cutii căptușite cu pereți din plumb în care se găsesc surse de radiații X, folosindu-se la controlul sudurilor cap la cap cu raze X.



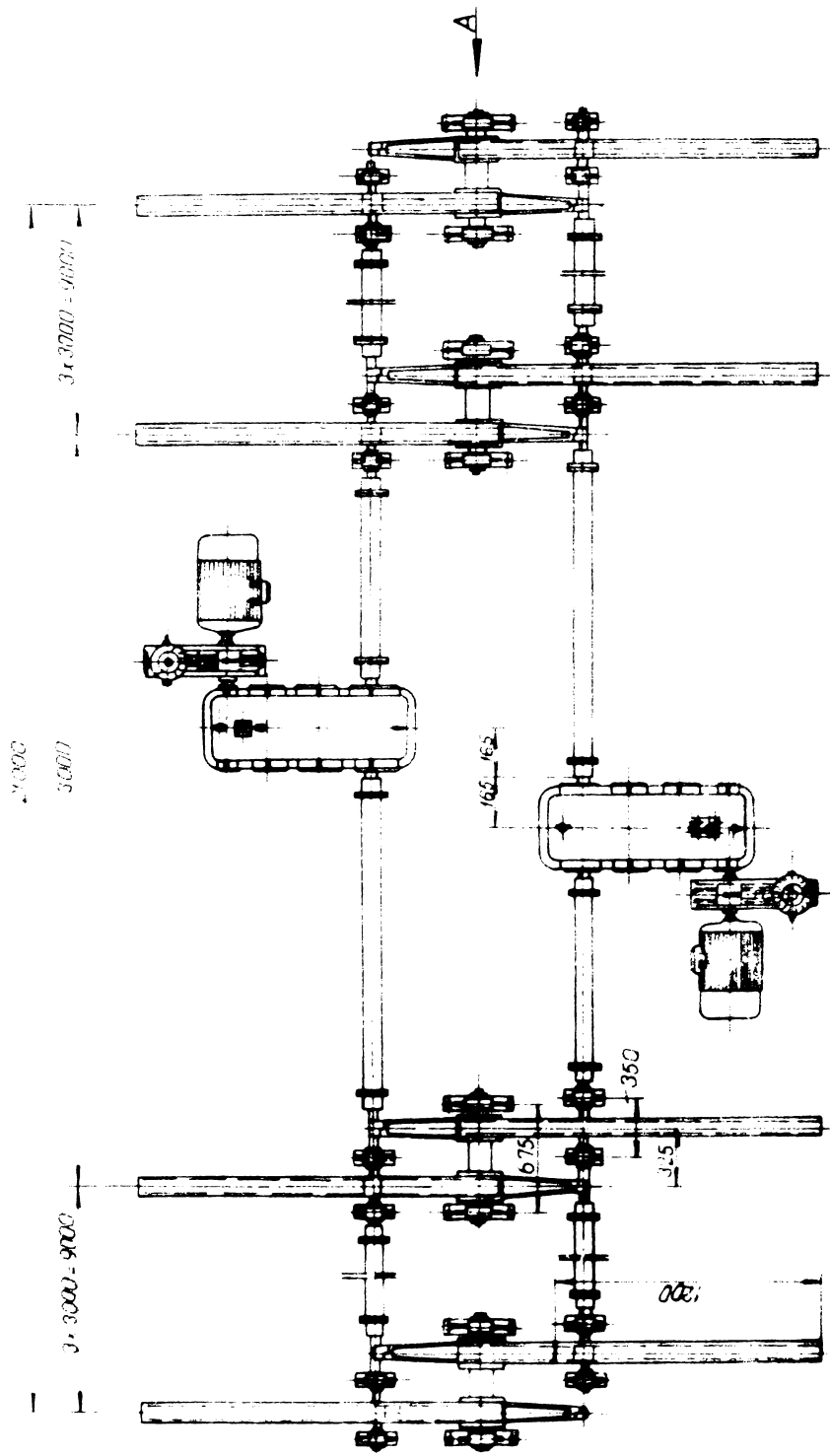
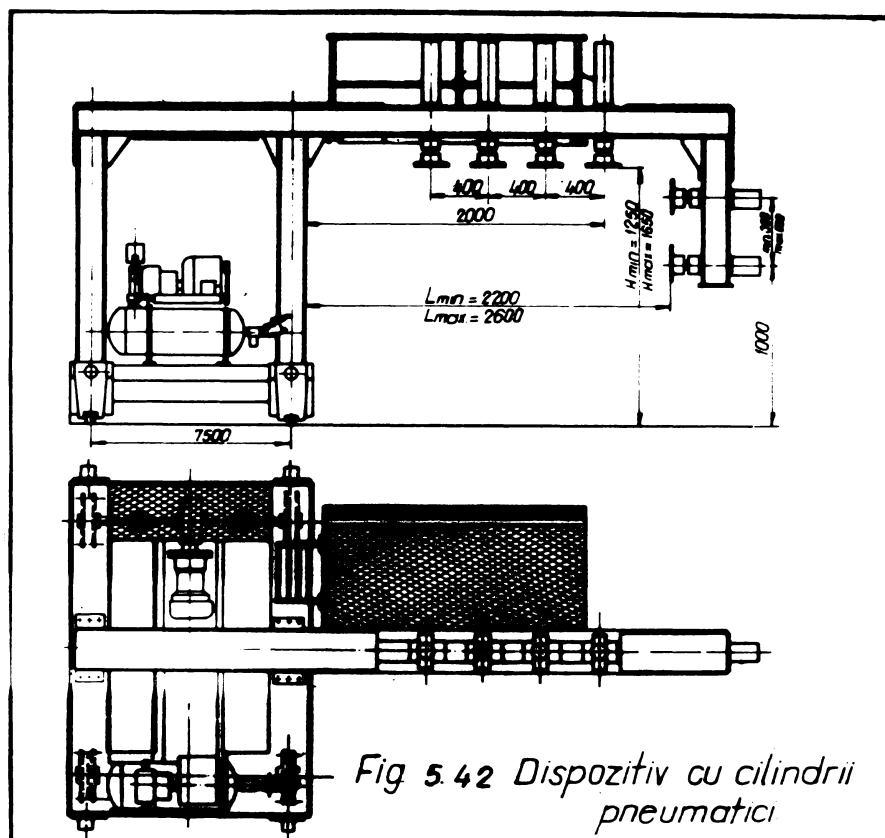


Fig. 5.41. Mecanism de întorcere



Tălpile și inimile cu suduri corespunzătoare se transportă prin mese cu role și cu dispozitiv telescopic până pe dispozitivul de asamblare cu braț de basculare.

Fazele de alcătuire a grinzii principale sînt cele descrise anterior; presarea tăpii către inimi și diafragme, făcîndu-se cu dispozitivul cu cilindri pneumatice, deplasabili (fig. 5.42).



În acest fel mecanizarea principalelor operații tehnologice de manipulare, de debitare și de sudare a grinzii principale permite însemnate reduceri a cheltuielilor de producție, respectiv a timpului de execuție.

Varianta B, este o variantă nouă cu tendință de a se extinde și de a înlocui varianta A.

5.3.3 Asamblarea-sudarea grinzii principale cu grinzile de capăt

În ce privește soluția de îmbinare a grinzii principale cu grinzile de capăt, avînd în vedere că prin această îmbinare se transmit solicitările cu efect de cadru, ea trebuie astfel concepută ca fluxul liniilor de forțe să fie lin, evitîndu-

se astfel valorile mari ale concentratorilor de tensiune. Aceasta, pentru grinziile principale ale podurilor rulante din grupa de funcționare superioare, s-a realizat prin intercalarea prin sudură cap la cap, în ambele capete și la ambele tălpi, a cîte un guseu cu grosime și lățime egală cu grosimea, respectiv lățimea tălpii grinzii principale, avînd lungimea 350-650 mm (fig. 5.43).

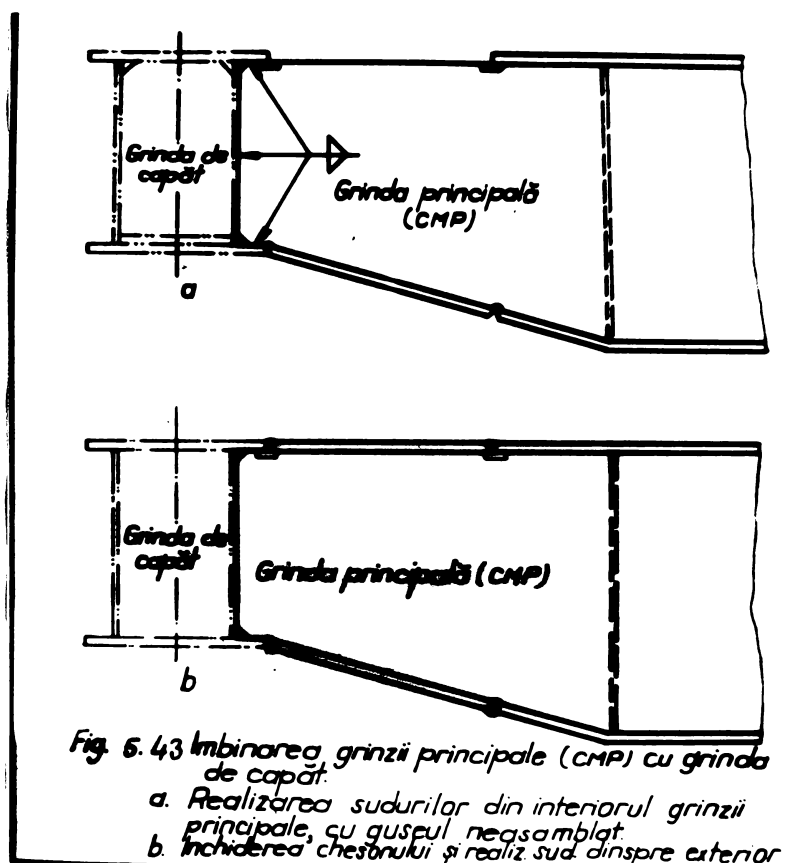


Fig. 5.43 Imbinarea grinzii principale (CMP) cu grinda de capăt:
a. Realizarea sudurilor din interiorul grinzii principale, cu guseul neasamblat
b. Inchiderea chestrului și realiz. sud. dinspre exterior

Ordinea de asamblare a grinzii principale cu cele două grinzi de capăt, este următoarea:

I. După croirea capetelor de inimă ale grinzii principale (funcție de înclinarea inimilor interioare ale grinzilor de capăt), acestea se assemblează cu grinzile de capăt, sudându-se provizoriu în poziție verticală.

II. După asamblarea inimilor grinzii principale cu inima interioară a grinzilor de capăt, se recroiesc capetele guseelor inferioare și se assemblează prin sudură provizorie cu talpa inferioară a grinzii principale, respectiv cu tălpile inferioare ale grinzilor de capăt.

In ce privește ordinea de sudare, aceasta este următoarea:

I. Se sudază la interior (la rădăcină) capetele celor două inimi ale grinzii principale cu inima inferioară a grinzilor de capăt.

II. Se sudază la exterior cele două inimi.

III. Se sudază cap la cap, pe ambele părți, guseul tălpii inferioare cu talpa inferioară a grinzii principale, respectiv cu talpa inferioară a grinzii de capăt.

IV. Se închide chesonul la capete, cu guseul tălpii superioare, sudându-se cap la cap, în afara inimilor pe ambele părți, respectiv între inimi pe suport (fig. 5.43).

Cu această ultimă operație, grinda principală este îmbinată cu câte un cheson al grinzii de capăt.

În locul de funcționare tronșoanele grinzilor de capăt, se îmbină prin șuruburi pășuite.

Dat fiind faptul că grosimea elementelor care alcătuiesc grinzile principale ajung la 16 mm, s-a stabilit posibilitatea apariției, în zona influențată termic, al unor structuri periculoase din punct de vedere al tendinței de fisurare. După cele mai recente studii, fisurarea este posibilă atunci când duritatea în zona respectivă depășește 350 HV10. Deci, energia liniară de lucru pentru sudarea elementelor de diferite grosimi (q_L) trebuie să fie mai mare decât energia liniară corespunzătoare apariției unor durități mai mari sau egale cu 350 HV10. În consecință parametrii regimului de sudare trebuie să stabilească funcție de energia liniară, corespunzător limitei de durități în zona influențată termic - notată cu q_{350} - . Valoarea acestei energii limită, analitic se determină cu relația cunoscută :

$$q_{350} = \frac{Uq \cdot l_s}{V_s} \quad (j/cm)$$

Valoarea energiei limită, după cum se vede din relația de mai sus, este funcție de parametrii de sudare, și anume, proporțională cu intensitatea curentului de sudare și invers proporțională cu viteza de sudare.

Parametrii regimului de sudare, la rândul lor, sînt însă limitați de anumiți factori tehnologici, ca :

- tipul și diametrul sîrmei-electrod;

i:

- tipul îmbinării sudate;

- grosimea sudurii etc.

Valoarea energiei liniare corespunzătoare durității 350 HV.10 (q_{350}) s-a determinat experimental, folosind diferiți parametri de sudare. Corespunzător valorii (q_{350}) determinate, s-au stabilit parametri de sudare astfel ca energia liniară optimă (q_{op}) să fie mai mare decât energia liniară limită (q_{350}).

Oacă prin parametrii regimului de sudare nu s-ar fi putut asigura $q_{op} > q_{350}$, ar fi fost necesară profincălsirea elementelor de sudat în vederea reducerii vitezei de răcire. Acest lucru însă nu a fost necesar în cazul grinzilor principale pentru podurile rulante FNKE și CMP.

5.3.4 Controlul îmbinărilor sudate aparținând grinzilor principale

Calitatea grinzilor principale pentru podurile rulante se referă la proprietățile pe care le posedă, măsura în care acestea satisfac buna funcționare a podului rulant cu eficiență economică maximă în exploatare și estetica pe care o impune podului rulant.

Așa dar, importanța calității grinzilor principale în actuala etapă, capătă un caracter obiectiv; crește pe de o parte ca urmare a condițiilor obiective rezultate din perfecționarea continuă a tehnicii, iar pe de altă parte datorită unor exigențe sporite ale cumpărătorilor.

Se reține faptul că îmbinările sudate ale grinzilor principale sînt superioare din punct de vedere al economicității atunci cînd sînt de bună calitate; urmările însă a unor îmbinări de calitate necorespunzătoare la grinzile principale pot fi catastrofale [18; 53]. Acesta este motivul pentru care se impune un control riguros organizat, care în R.S.R. se realizează în conformitate cu prevederile prescripțiilor tehnice din colecția ISCIR la care se mai adaugă STAS 767-77 asociat cu STAS 768-66, respectiv prevederile din caietul de sarcini.

Dintre defectele ce pot apărea în realizarea grinzilor principale, prin sudare cap la cap și de colț, se menționează: fisurile, golurile, incluziunile solide, lipsa de topire și pătrundere, defectele de formă, defectele de pregătire și asambla-

re, defectele de structură, compoziție chimică și proprietăți mecanice [27].

În ce privește exigența controlului acestor defecte și mai ales acceptarea lor, cu sau fără remediere, proiectantul și executantul trebuie să cunoască în ce măsură un anumit defect reduce rezistența unei cusături supuse în un anumit fel de solicitare. Aceasta, având în vedere că pe lângă aspectul tehnic, problema are și un aspect economic deosebit de important. Realizarea cusăturilor sudate fără defecte impune folosirea sudorilor cu calificare foarte înaltă, folosirea utilajelor și tehnologiilor speciale de sudare care ar ridica sensibil prețul lucrărilor. Pe de altă parte mai apare cazul când remedierea anumitor defecte din îmbinările sudate ale grinzilor principale poate fi mai defavorabilă din punct de vedere al rezistenței decât acceptarea lor fără remediere.

Deși în literatura tehnică apar afirmații că rezistența statică a îmbinărilor sudate este aproximativ proporțională cu mărimea ariei secțiunii îmbinării, indiferent de formă și numărul defectelor, asupra rezistenței în exploatare (la oboseală) a îmbinărilor sudate cu defecte, se pare că numărul încrecărilor este insuficient pentru a se putea trage concluzii definitive. Se cunoaște însă că un rol însemnat în reducerea rezistenței în exploatare îl au defectele care joacă rolul de concentratori de tensiuni.

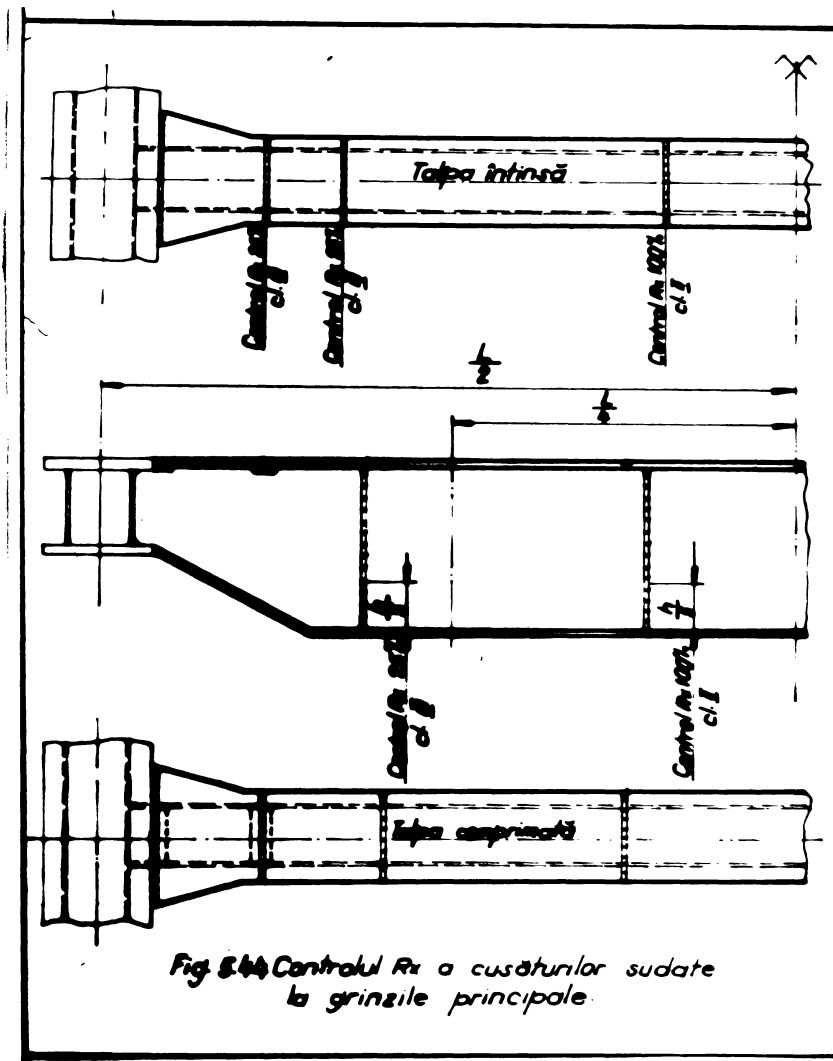
Evitarea acestor grave defecte se face printr-un riguros control interoperativ, culminând cu controlul röntgen la principalele cusături sudate cap la cap ale tălpilor și inimilor [48]. Controlul cu raze X, se face în conformitate cu prescripțiile tehnice din colecția ISCIR. Zonele cusăturilor care se controlează cu raze X, lungimea acestora și clasa de calitate, sînt stabilite în documentația tehnică de execuție, ca în fig. 5.44.

Stabilirea calității cusăturilor sudate cap la cap, respectiv încadrarea lor în clasele de calitate, s-a făcut conform prescripțiilor tehnice C2e-7e din colecția ISCIR.

Dat fiind faptul că procedeele de sudare aplicate la realizarea grinzilor principale sînt omologate, nu s-a prescris control distructiv; acesta se face la cererea expresă a organului de control ISCIR.

Avînd în vedere faptul că pe plan mondial criteriile privind definirea siguranței construcțiilor metalice sudate nu

sînt unanim acceptate, respectarea criteriilor cuprinse în normele R.S.R. este obligatorie, iar a celor din alte norme este facultativă.



Alegerea procedurilor de control ale îmbinărilor sudate aparținând grinzilor principale, se face după natura defectelor, după importanța îmbinărilor sudate și după eficiența economică a controlului.

Între ecuația și controlul unei grinzii principale se stabilesc relații care implică un proces continuu de perfecționare prin influențare dinamică reciprocă. Odată cu creșterea gradului de complexitate a ecuației grinzii principale se impune dezvoltarea metodelor și a procedurilor de control care

să pretindă îmbunătățirea execuției, asigurând o fiabilitate sporită podurilor rulante.

Grinzile principale fiind elemente sollicitate cu precădere la încovășire, importanță prioritară au cusăturile situate înspre mijlocul deschiderii și în deosebi cele din talpa inferioară.

Deși la cusăturile sudate cap la cap ale grinzilor principale se aplică controlul cu raze x, la sudurile de colț nu se aplică decât controlul vizual, cu lupă și cu șabloane.

În ce privește admiterea unei cusături cap la cap într-o anumită clasă de calitate, pe lângă aspectul tehnic s-a avut în vedere și aspectul economic. Ar fi fost o exagerare inutilă să fi pretins ca toate cusăturile unei grinzi principale să se încadreze într-o clasă superioară. Stabilirea claselor de calitate, a lungimilor de controlat s-a făcut cu mult discernământ, reținând nu sudurile a căror calitate o parte asigură tehnica contemporană și sudurile cu anumite defecte aflate în minoritate procentuală, dar al căror număr este foarte mare. Deși, rațiunea a hotărât, care este ultima sudură ce poate fi încă salvată, corespunzând încă scopului pentru care a fost creată. În acest spirit, volumul controlului cu raze x la grinzile principale și încadrarea cusăturilor în clasele de calitate s-a făcut după cum urmează:

Controlul cu raze x (fig. 5.44) se face numai la cusăturile sudate sollicitate la întindere: cusăturile sudate cap la cap situate în zona de mijloc, pe o întindere de $L/4$ în stânga și $L/4$ în dreapta mijlocului, se controlează local pe toată lungimea și trebuie să se încadreze în clasa de calitate II. În aceeași clasă de calitate se încadrează și cusătura transversală a inimilor care se controlează local pe înălțimea de $h/5$, începând de la talpa inferioară. În sferturile dinspre capetele grinzilor principale, controlul cu raze x a cusăturilor cap la cap se face pe o lungime de numai 2δ (prioritate având capetele cusăturilor), iar încadrarea acestora, funcție de grupa de funcționare s-a făcut în clasa de calitate III și IV.

Sudorii care lucrează la grinzile principale ale podurilor rulante trebuie să posede îndemnarea necesară pentru conducerea uniformă a sursei de căldură și al materialului de adăos, să fie capabili de a supraveghea fenomenele din baie metalică și să intervină prompt asupra lor când este nevoie.

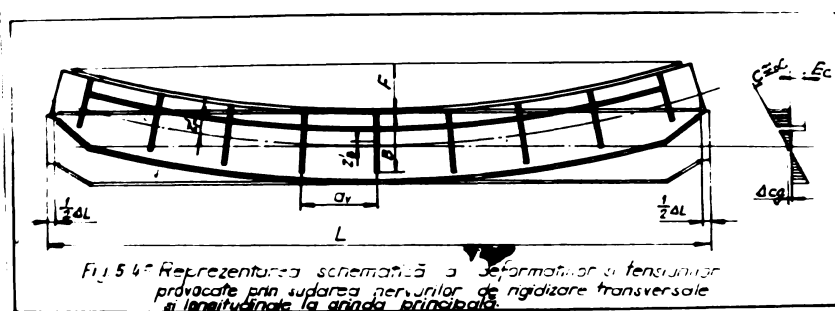
5.4 Calculul deformațiilor la principalele îmbinări sudate ale grinzilor principale

Teoria generală a deformațiilor și a tensiunilor de sudare [2;59;64] permite determinarea atât a deformațiilor finale cât și a celor temporare.

În proiectarea grinzilor principale, importante sînt deformațiile finale; determinarea acestora se poate face prin metode de calcul relativ simple. Unii cercetători (D.L.S.S.) au verificat experimental relațiile de calcul stabilite și s-au dovedit a fi suficient de precise, satisfăcînd pe deplin condițiile de execuție.

În cazul execuției prin sudare a grinzilor principale pot apare următoarele două feluri de deformații:

1. Deformații totale, rezultate din deformarea întregii grinzi principale (scurtarea, încoșierea etc.).
2. Deformații locale, rezultate din deformarea părților izolate ale secțiunii elementului fără deformații ale întregii grinzi (voalarea locală a inimilor sau a tălpilor, ama grinzii rămînînd rectilinie etc.).



Formulele cu care se determină deformațiile totale sînt deduse în ipoteza că asamblarea elementelor prin sudură provizorie (acotită ca fixare rigidă) asigură în procesul de sudare îmbinarea tuturor elementelor ce compun secțiunea, fapt pentru care cusătura sudată poate fi considerată ca fiind realizată pe un element rigid.

Scurtarea axei noutre a grinzii principale repre-

scutată în fig. 5.45, poate fi exprimată cu relația:

$$\Delta L = \Delta_{cg} \cdot L \quad (5.54)$$

în care:

Δ_{cg} - scurtarea longitudinală relativă a liniei centrelor de greutate a secțiunii;

L - lungimea grinzii principale, cm.

Iar săgeata de încovoiere a acestei grinzii poate fi determinată cu relația:

$$f = C \frac{L^2}{8} \quad (5.55)$$

în care:

C - curbura grinzii principale, în 1/cm.

Scurtarea relativă (Δ_{cg}) și curbura (C) depinde de regimul de sudare al cărei caracteristică generalizată este energia pe unitatea de lungime, q_n , în cal/cm, de aria (A) și de momentul de inerție (I) a secțiunii transversale, determinându-se cu relația:

$$\Delta_{cg} = \mu \frac{q_n}{A} \quad (5.56)$$

$$C = \mu \cdot q_n \cdot \frac{z'}{I}$$

în care:

μ - coeficient care depinde de proprietățile termofizice ale materialului de sudat;

z' - distanța de la centrul de greutate a sudurii la centrul de greutate al secțiunii ce se sudează. Se precizează că z' se consideră pozitiv, când centrul de greutate al cusăturii se găsește între centrul de greutate al secțiunii și marginea pe care se determină încovoierea; în caz contrar, z' se consideră negativ.

Valoarea coeficientului se determină cu relația:

$$\mu = -0,335 \frac{\alpha}{c \cdot \gamma} \quad (5.58)$$

în care:

α - coeficient de dilatare liniară a materialului

c - căldura specifică

γ - greutatea specifică

Pentru oțelul cu conținut redus de carbon, de exemplu O1.37, folosit la grinzile principale:

$$\mu = -3,53 \cdot 10^{-6}$$

acum sînt cunoscute valorile intensității de curent

(I) în A, a tensiunii arcului (U_g) în V și ale vitezei de sudare (V_g) în cm/s, valoarea energiei liniare poate fi determinată cu relația:

$$Q_n = \frac{0,24 \cdot U \cdot I \cdot \eta}{V_s} \quad (5.59)$$

η - coeficientul utilizării căldurii arcului electric de sudare, care se adoptă 0,7 pentru sudarea manuală a cusăturilor cap la cap sau de colț, respectiv 0,85 pentru sudarea automată sub flux

La sudurile de colț, ale grinzilor principale, valoarea energiei liniare poate fi determinată cu relația:

$$Q_n = D \cdot K^2 \quad (5.60)$$

în care:

D = 7250 în cazul sudării automate sub flux și

D = 9500 în cazul sudării manuale.

K = cateta sudurii de colț, în cm.

De exemplu la îmbinarea cap la cap al unei tălpi cu grosimea de 10 mm sudată automat sub flux:

$$Q_n = \frac{0,24 \cdot U \cdot I \cdot \eta}{V_s} = 5997,6$$

sau la sudarea automată sub flux a îmbinărilor de colț dintre tălpi și inimi cu cateta sudurii K=0,7 cm:

$$Q_n = D \cdot K^2 = 3552,5$$

În cazul grinzilor principale, cu câteva suduri longitudinale, deformația provocată de aceste cusături se determină ea fiind suma deformațiilor provenite din cusăturile izolate, exceptând cazul când cusăturile sînt alcătuite din mai multe straturi, respectiv când acestea sînt atât de apropiate unele de altele încît zonele de deformații plastice create de acestea se suprapun. În asemenea cazuri, când sudurile se execută cu energii liniare identice, deformațiile provocate de două suduri cresc, însă, nu de două ori (în comparație cu deformațiile provocate printr-o singură sudură) ci mai puțin. Astfel de cusături apropiate, sau straturi de sudură suprapuse pot fi considerate ca o cusătură unică, însă executată cu o energie liniară majorată, ca de exemplu:

unde:

$$Q'_n = m_{1,2} \cdot Q_n \quad (5.60)$$
$$2 > m_{1,2} > 1$$

La grinzile principale, tip cheou cînd inimile se sudează cu talpa superioară prin cusătură de colț, pe ambele părți:

$$m_{1,2} = 1 + \frac{(k+t)t_i}{A_s} \quad (5.62)$$

in care:

A_s - suprafața secțiunii transversale a zonei deformațiilor plastice creată de cusătura de colț, care se determină cu relația:

$$A_s = \frac{1}{\frac{1}{A} + \frac{(Z')^2}{I} - \frac{\epsilon_c}{\mu Q_n}} = \frac{1}{\frac{1}{A} + \frac{(Z')^2}{I} + \frac{340}{Q_n}} \quad (5.63)$$

Cea de a doua expresie, corespunde cazurilor cînd grinda este alcătuită din oțel cu conținut redus de carbon.

Pentru secțiunile dezvoltate însă, de tip cheson (cazul grinzilor principale din oțel Cl.37) suprafața secțiunii transversale a zonei elasto-plastice, A_s (fig. 5.46) se poate determina cu suficientă precizie, folosind relația

$$A_s \approx - \frac{\mu Q_n}{\epsilon_c} \approx \frac{Q_n}{340} \quad (5.64)$$

respectiv:

$$m_{1,2} = 1 + \frac{340(k+t)t}{Q_n}$$

De exemplu, la îmbinarea cu sudură de colț a inimilor ($t_1=8$ mm) cu talpa superioară ($t=10$ mm):

$$A_s = \frac{Q_n}{340} = 10,448 \text{ cm}^2$$

respectiv:

$$m_{1,2} = 1 + \frac{340(k+t)t}{Q_n} = 1,14356$$

Sau în cazul grinzilor principale cu secțiunea tip cheson, cînd îmbinările de colț dintre inimi și talpa superioară se fac cu sudură automată sub flux, bilateral, iar îmbinările dintre inimi și talpa inferioară de asemenea cu sudură de colț, însă numai în exterior, folosind relațiile de mai sus se obține:

$$\Delta_{cg} = \frac{2(3,55 \cdot 10^{-6})}{A} \left[7250 \cdot k^2 \left(2 + \frac{(k+t)t}{A_s} \right) \right]$$

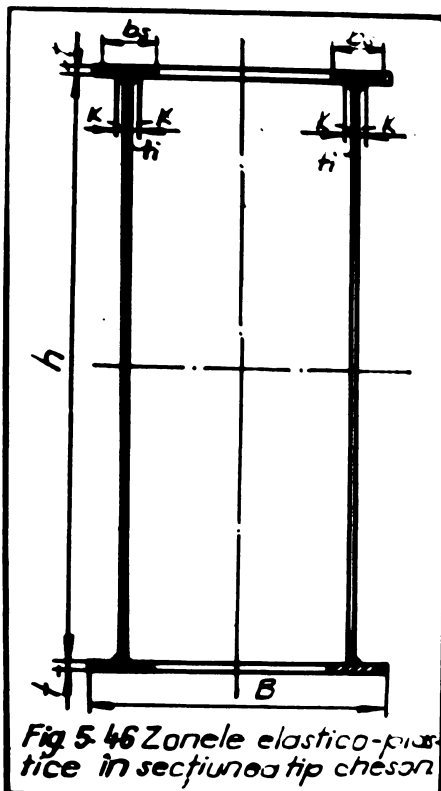


Fig 5.46 Zonele elasto-plastice în secțiunea tip cheson.

respectiv:

$$\Delta L = \Delta_{cg} \cdot L$$

Iar săgeata:

$$f = \mu \cdot z_n \cdot \frac{z'}{y} \cdot \frac{L^2}{8} = 301,75 \cdot 10^{-6} \left[42,647 K^2 + (k + t_i) t \right] \frac{z'}{I} \cdot L^2$$

Informațiile grinzii cu secțiune tip cheson, din sudarea nervurilor de rigidizare transversale se pot determina cu relații analoage, dacă cusăturile transversale se înlocuiesc cu cusături longitudinale echivalente, distribuite pe întreaga lungime a grinzii.

In acest caz:

$$\Delta_{cg} = \mu' \frac{z_n}{A} \cdot \frac{B}{a_v} \quad (5.65)$$

și:

$$C = \mu' \cdot z_n \cdot \frac{z'}{y} \cdot \frac{B}{a_v} \quad (5.66)$$

in care:

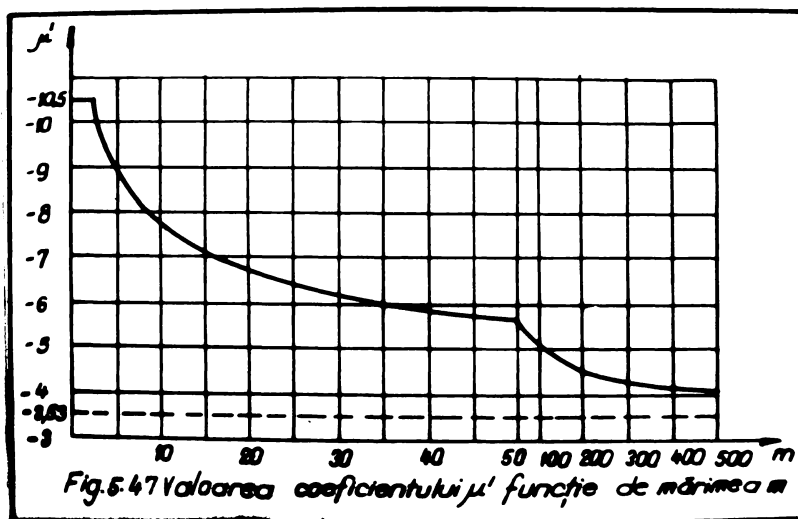
μ' - mărime variabilă (-10,5 ← -3,53) funcție de mărimea m (fig. 5.47):

$$m = 0,125 \cdot 10^6 \left(\frac{2 + \frac{t_n}{t}}{z_n} \right) \cdot \frac{A}{V_s} \quad (5.67)$$

in care:

t - grosimea elementului pe care ^{se} sudează nervura transversală (cu preponderență grosimea inimii și mai puțin a tălpilor);

t_n - grosimea nervurii.



După valoarea lui m din graficul prezentat în fig. 5.47 se determină coeficientul μ'

Cînd nervura de rigidizare transversală se sudază bilateral, adică atunci cînd zona elastico-plastică se suprapune peste zona elastico-plastică a primei cusături, se introduce același coeficient $m_{1,2}$ ca și pentru cusăturile longitudinale.

5.5 Capacitatea de lucru a îmbinărilor sudate cap la cap și de colț la grinzile principale

Capacitatea îmbinărilor sudate, respectiv a grinzilor principale sudate, de a rezista la sarcini care acționează în condiții de exploatare asigurînd rezistența, stabilitatea și durabilitatea necesară, este determinată de acele particularități care le deosebesc de grinzile principale în soluție nituită, sau îmbulonată. Dintre acestea de remarcă:

- legătura organică a diferitelor elemente ale grinzilor principale, asigurînd o stare de monolit;
- existența în grinzile principale a stării de tensiuni și a deformațiilor create prin sudare, modificînd repartizarea tensiunilor ce îau naștere din sarcina exterioară;
- neomogenitatea proprietăților materialului în zona îmbinărilor sudate, care influențează starea de rezistență a grinzilor principale la acțiunile exterioare.

În proiectarea grinzilor principale pentru podurile rulante, problema fundamentală este alegerea celor mai raționale forme constructive. La acest desiderat se adaugă proprietățile materialelor folosite și posibilitățile de reglare a proprietăților în diferite zone ale materialului prin mijloace tehnologice. Starea de tensiuni trebuie să asigure capacitatea maximă de lucru a îmbinărilor.

La alegerea formei constructive se mai ține seama, și de posibilitățile asigurării unei precizii suficiente, fără ca deformațiile din sudare să influențeze capacitatea portantă a grinzilor principale.

Deoarece starea de tensiuni a grinzilor principale este determinată nu numai de tensiunile datorită sarcinii exterioare, ci și de cîmpul de tensiuni create prin procesul sudării, posibilitățile de reglare ale tensiunilor c.esc. Deci, modificările stării de tensiuni pot fi realizate nu numai prin modificarea formelor constructive ci și prin tensiunile rezanante suplimentare, rezultate din procesul de sudare.

Starea de tensiuni, creată prin procesul de sudare

este echilibrată în interior; suma tuturor tensiunilor din sudare este egală cu zero. În consecință acestea nu modifică valorile eforturilor care iau naștere în grinda principală prin acțiunea sarcinii exterioare

Tensiunile rezanente din sudare sînt repartizate astfel încît în zona învecinată cusăturii acționează tensiuni de tracțiune, în general egale cu limita de curgere. Aceste tensiuni determină și valoarea tensiunilor în celelalte părți ale elementului sudat, tensiuni care în general sînt de compresiune (fig. 5.48).

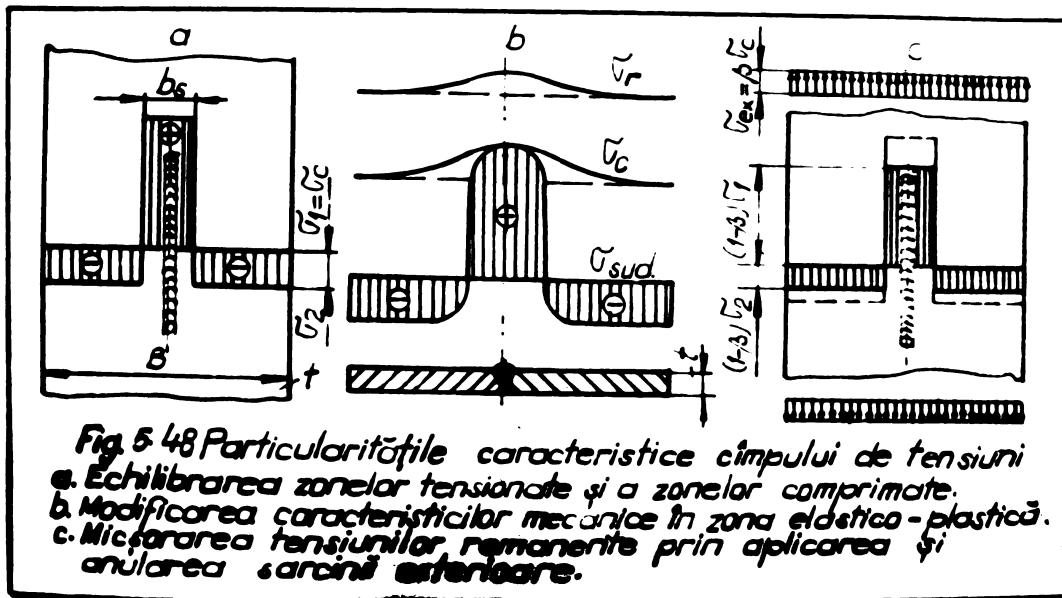


Fig. 5.48 Particularitățile caracteristice cîmpului de tensiuni
 a. Echilibrarea zonelor tensionate și a zonelor comprimate.
 b. Modificarea caracteristicilor mecanice în zona elasto-plastică.
 c. Micșorarea tensiunilor rezanente prin aplicarea și anularea sarcinii exterioare.

Deoarece apariția tensiunilor rezanente de sudare este provocată prin deformațiile plastice, care s-au produs în zona învecinată cusăturii în procesul de încălzire concentrată și a răcirii la sudare, atunci simultan cu apariția în zona învecinată cusăturii a tensiunilor maxime de tracțiune, metalul acestei zone capătă o limită majorată de curgere și, într-o măsură mult mai mică o limită majorată de rezistență (fig. 5.48b).

Atingerea de către tensiunile rezanente de sudare a limitei de curgere în zona învecinată cusăturii, conduce la faptul că la aplicarea unei sarcini exterioare de tracțiune în zona învecinată cusăturii se produce numai creșterea deformațiilor plastice, fără creșterea tensiunilor. Intreaga sarcină este suportată de restul secțiunii, adică de aria obținută prin scăderea din aria totală a ariei A_p a zonei elasto-plastice (învecinată cusăturii). În mod corespunzător, la îndepărtarea sarcinii exterioare tensiunile de tracțiune din zona învecinată

cusăturii se micșorează; și în același raport se micșorează tensiunile remanente de compresie în restul secțiunii (fig. 5.48c).

Din cele de mai sus, rezultă că evaluarea influenței tensiunilor remanente de sudare asupra rezistenței grinzilor principale, acestea nu pot fi considerate separat de alte tensiuni, ca de exemplu de tensiunile provocate de forțele exterioare și fără a se ține seama de modificările proprietăților materialului în locul de acțiune a diferitelor tensiuni remanente de sudare.

În afară de tensiunile remanente de sudare, în cursul sudării iau naștere și tensiuni reactive (tensiuni care constituie reacțiunile legăturilor, sau întăririlor exterioare sau interioare, care dispar odată cu cauza care le-a provocat), care de esență pot constitui o parte componentă a stării de tensiune totale.

Tensiunile reactive se echilibrează prin reacțiunile legăturilor și acționează în zonele metalului de bază care nu a primit în cursul sudării nici un fel de modificări ale proprietăților inițiale.

5.5.1 Determinarea analitică a tensiunilor remanente de sudare și a tensiunilor reactive

I. Calculul tensiunilor remanente de sudare

Calcululele pentru determinarea deformațiilor care iau naștere la sudare [32] permit și calculul tensiunilor care rămân după sudare.

În cazul sudării cap la cap a unei tălpi sau a unei inimi (fig. 5.49) în zona învecinată sudurii iau naștere tensiuni remanente de tracțiune (σ_1) egale în valoare cu limita de curgere (σ_0), iar în rest, tensiuni de compresie (σ_2) - fig. 5.49b)

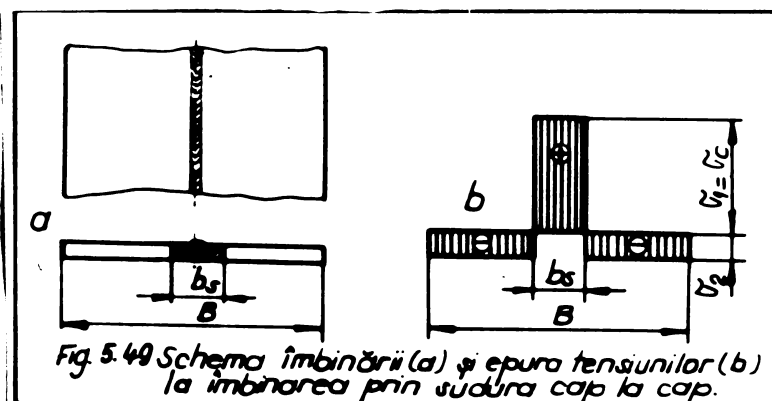


Fig. 5.49 Schema îmbinării (a) și epura tensiunilor (b) la îmbinarea prin sudura cap la cap.

Lățimea sonai b_s , în suprafața limitelor cărora au loc tensiunile de tracțiune, poate fi determinată aproximativ, din expresia 5.63, și anume:

$$b_s = \frac{A_s}{t} = \frac{1}{\alpha} \frac{1}{\frac{1}{A} - \frac{\epsilon_c}{\mu \cdot Z_n}} \quad (5.68)$$

Iar tensiunile de compresie ($\tilde{\sigma}_2$) pe întinderea restului secțiunii pot fi determinate cu relația:

$$\tilde{\sigma}_2 (B - b_s) = \tilde{\sigma}_c \cdot b_s \quad (5.69)$$

din care rezultă:

$$\tilde{\sigma}_2 = \tilde{\sigma}_c \frac{b_s}{B - b_s} = \tilde{\sigma}_c \frac{A_s}{A - A_s} \quad (5.70)$$

Substituind pe A_s cu valoarea sa, se obține:

$$\tilde{\sigma}_2 = E \epsilon_c \frac{1}{\frac{A}{A_s} - 1} = E \epsilon_c \frac{1}{A \left(\frac{1}{A} + \frac{\epsilon_c}{\mu \cdot Z_n} \right) - 1} \quad (5.71)$$

ținând seama de :

$$\frac{\mu \cdot Z_n}{A} = \Delta_{cg}$$

se obține:

$$\tilde{\sigma}_2 = E \frac{\mu \cdot Z_n}{A} = E \cdot \Delta_{cg} \quad (5.72)$$

În cazul secțiunii tip obosca a grinzilor principale, în ordinea de asamblare-sudare avem de a face cu poziții nesimetrice a cusăturilor sudate față de centrul de greutate al secțiunii.

De exemplu, în prima fază de sudare a tălpii (1) cu inima (1) cusătură sudată are o poziție nesimetrică față de centrul de greutate a secțiunii (fig. 5.5e). În acest caz epurarea tensiunilor va fi constituită din tensiunile de compresie uniform distribuite:

$$\tilde{\sigma}_{med.} = E \cdot \Delta_{cg} \quad (5.73)$$

și din tensiunile de încovoiere:

$$\tilde{\sigma}_{iz} = E \cdot \Delta_{iz} \quad (5.74)$$

Tensiunile totale în fibra situată la distanța s față de axa neutră, vor fi:

$$\tilde{\sigma}_2 = \tilde{\sigma}_{med.} + \tilde{\sigma}_{iz} = E (\Delta_{cg} + \Delta_{iz}) \quad (5.75)$$

Valorile deformațiilor (Δ_{cg} și Δ_{iz}) după cum s-a mai arătat pot fi exprimate prin relația 5.56, respectiv:

$$\Delta_{iz} = \epsilon \cdot z = \mu \cdot Z_n \frac{z \cdot z'}{I}$$

și în consecință pentru o fibră situată la distanța s de axa neutră:

$$\sigma_2^v = E \cdot \mu \cdot \rho_n \left(\frac{1}{A} + \frac{z z'}{J} \right) \quad (5.76)$$

În acest fel, tensiunile remanente din fibrele extreme ale secțiunii, sînt:

$$\sigma_2^{v'} = E \cdot \mu \cdot \rho_n \left(\frac{1}{A} + \frac{H \cdot z'}{2I} \right) \quad (5.77)$$

$$\sigma_2^{v''} = E \cdot \mu \cdot \rho_n \left(\frac{1}{A} - \frac{H z'}{2I} \right) \quad (5.78)$$

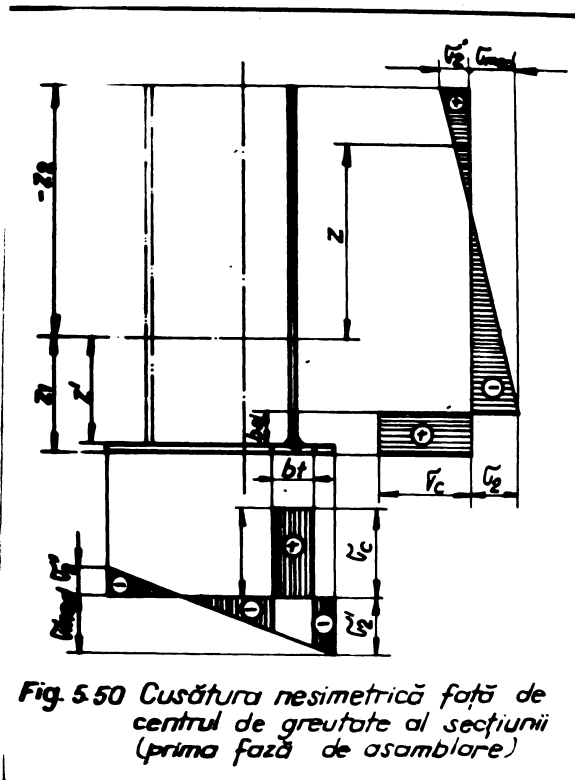


Fig. 5.50 Cusătura nesimetrică față de centrul de greutate al secțiunii (prima fază de asamblare)

Dacă se ține seama că, coeficientul μ are semnul (-) atunci tensiunile σ_2^v vor fi întotdeauna de compresie, iar tensiunile $\sigma_2^{v'}$ pot fi atât de compresie (la valorile mici ale mărții z' - distanța cusăturii la centrul de greutate a secțiunii), cât și de tracțiune (la valorile mari ale lui z').

Tensiunile $\sigma_2^{v'}$ conținut să existe pe marginea mmăi în cazul cînd distanța cusăturii de la margine este mai mare decît jumătătinea tonei tensiunilor de tracțiune, adică:

$$\frac{H}{2} - z' > \frac{1}{2} \cdot b_s \quad (5.79)$$

După datele de mai sus, tensiunile pe marginea exterică a inimii, a cărei distanță față de centrul de greutate al secțiunii este $s = -z_2$, sînt:

$$\sigma_2^{v''} = E \cdot \mu \cdot \rho_n \left(\frac{1}{A} - \frac{z_2 \cdot z'}{I} \right) \quad (5.80)$$

iar tensiunile la marginea tălpii, a căror distanță față de axa neutră este $s = +z_1$ vor fi:

$$\sigma_2^{v'} = E \cdot \mu \cdot \rho_n \left(\frac{1}{A} + \frac{z_1 \cdot z'}{I} \right) \quad (5.81)$$

Tensiunile de compresie $\sigma_2^{v'}$ acționează pe lățimea tălpii egală cu $B = b_s$, iar tensiunile $\sigma_2^{v''}$ pe înălțimea inimii

egală cu $H = b_{s1}$.

Acceptând repartizarea energiei liniare q_2 ca fiind proporțională cu grosimile inimii și a tălpii și cu numărul direcțiilor fluxului termic din acestea, se poate scrie:

$$b_{s1} = \frac{t_i}{t_i + 2t} \cdot \frac{A_1}{t_i} = \frac{A_s}{t_i + 2t} \quad (5.82)$$

$$b_t = \frac{2t}{t_i + 2t} \cdot \frac{A_s}{t} = \frac{2A_s}{t_i + 2t} \quad (5.83)$$

cu $t_1 = t$:

$$b_{s1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{A_s}{t} \quad b_t = \frac{2}{3} \cdot \frac{A_s}{t}$$

Aceleași relații de calcul sînt valabile pentru determinarea tensiunilor și în restul fazelor de asamblare-sudare ale grinzii principale cu secțiune tip cheon.

Tensiunile remanente atît la îmbinările cap la cap ale inimilor sau ale tălpilor cît și la îmbinările secțiunii tip cheon se micșorează ca urmare aplicării și îndepărtării unor sarcini exterioare.

De exemplu, dacă o parte din îmbinarea sudată cap la cap (a unei inimii sau a unei tălpii) este supusă unor sarcini exterioare de întindere, tensiunile remanente din acea parte sînt reduse. Și anume, îndepărtarea forței de tracțiune duce la micșorarea tensiunilor remanente de tracțiune cu valoarea tensiunilor provocate de forța aplicată.

Dacă însă grinda principală tip cheon, este supusă unei sarcini de încovoiere, zona învecinată cusăturii tălpii inferioare nefiind în stare să suporte o sarcină suplimentară de tracțiune (deoarece $\tilde{\sigma}_1 = \tilde{\sigma}_0$), în această zonă se produc deformații plastice de alungire, iar la descărcare tensiunile remanente $\tilde{\sigma}_1$ se micșorează cu valoarea tensiunilor sarcinii exterioare. În zona comprimată a tălpii superioare, la încărcare nu se produc deformații plastice și tensiunile $\tilde{\sigma}_1$ nu se modifică în zona învecinată sudurii tălpii superioare. Ca rezultat al modificării tensiunilor numai în zona învecinată sudurii tălpii inferioare, după înlăturarea sarcinii, grinda rămîne încovoiată.

Dacă încărcările următoare provoacă tensiuni cu valoare mai mică, mărimea tensiunilor remanente nu se modifică și grinda se deformează complet elastic. Dacă o încărcare însă ar provoca tensiuni mai mari decît în cazul primei încărcări, ar apare noi deformații plastice și tensiunile remanente s-ar modifica.

Tensiunile remanente de sudare se pot modifica nu numai sub acțiunea forțelor exterioare ci și sub acțiunea unor sarcini termice.

De exemplu, încălzind uniform elementul tensiunile remanente pot fi micșorate ca urmare faptului că, cu mărirea temperaturii limita de curgere se reduce.

Înfini seama de legătura care există între σ_c și temperatură, încălzind materialul pînă la o temperatură mai mică decît $T_0 = 500^\circ\text{C}$, limita de curgere nu se reduce și în consecință nu se pot reduce, respectiv nu se pot anula tensiunile. Numai încălzind materialul peste temperatura $T_0^\circ\text{C}$ limita de curgere va începe să se micșoreze pronunțat, reducîndu-se corespunzător tensiunile din material pînă la o valoare corespunzătoare limitei de curgere reduce.

În cazul încălzirii materialului pînă la temperatura $T_0 = 600^\circ\text{C}$ (cînd materialul își pierde proprietățile de elasticitate și limita de curgere se adoptă convențional egală cu zero) tensiunile remanente se anulează în întregime și nu mai apar la răciră ulterioară uniformă.

În realitate însă, ca urmare faptului că relația reală a mărimii σ_c funcție de temperatură diferă de cea adoptată în mod convențional, precum și urmare faptului că încălzirea, respectiv răciră, nu este strict uniformă, tensiunile remanente încep să dispară la o temperatură mai joasă decît T_0 , în schimb într-o anumită măsură se păstrează la o temperatură de încălzire mai ridicată decît T_0 .

Se remarcă însă că anularea tensiunilor remanente de sudare pe calea încălzirii duce la o carecare reducere a rezistenței oțelului și la anularea ecruisării din zonele învecinate cusăturilor.

Reducerea temperaturii elementului sudat nu modifică starea sa de tensiune deoarece la reducerea temperaturii, limita de curgere crește și în consecință nu poate provoca apariția deformațiilor plastice din cauza cărora s-ar fi putut reduce tensiunile remanente.

II. Calculul tensiunilor reactive

Cînd elementele de sudat sînt încastrate și scurtarea lor provoacă prin sudare devine imposibilă, în ele apar tensiuni care în mod convențional se numesc tensiuni reactive. Mărirea acestora se poate determina aproximativ, dacă se cunoaște distanța dintre punctele de fixare (l) și scurtarea care ar

putea fi obținută de elementele de sudat, în lipsa încastrărilor.

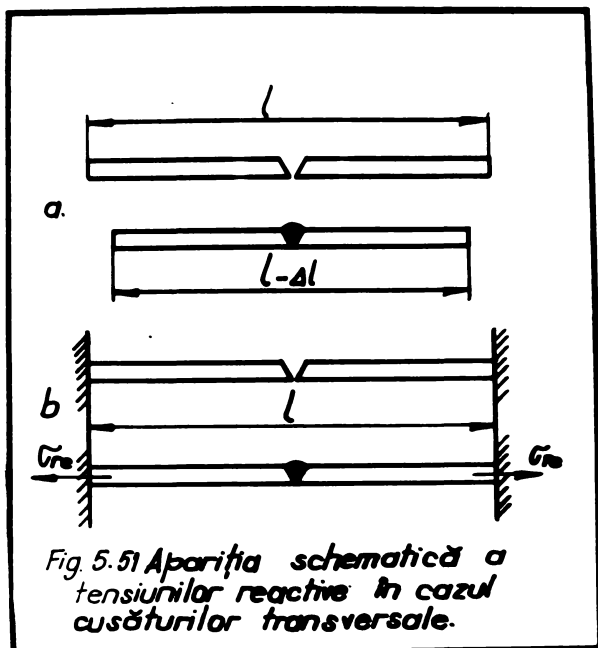


Fig. 5.51 Apariția schematică a tensiunilor reactive în cazul cusăturilor transversale.

În cazul grinzilor principale apar frecvente asemenea cazuri. De exemplu, sudându-se cap la cap două elemente libere se produce o scurtare (Δl); lungimea l devenind $l - \Delta l$.

Dacă însă cele două elemente se fixează în capete fără posibilități de scurtare, atunci în elemente, iau naștere tensiuni maxime tensiuni reactive (σ_{re}) a căror valoare se poate determina cu ajutorul expresiei:

$$\sigma_{re} = -\frac{\Delta l}{l} E \leq \sigma_c \quad (5.84)$$

Pentru Δl constant, tensiunile σ_{re} sînt cu atît mai mari cu cît distanța l este mai mică.

Dilatația termică (Δl) se poate exprima:

$$\Delta l = -10,5 \cdot 10^{-6} \frac{\alpha n}{\epsilon} \quad (5.85)$$

Dilatația Δl se produce în zona rostului, scurtîndu-se elementele la răcire. În lipsa rostului se produce același fenomen, deoarece marginile se încălzesc pînă la temperaturi atît de ridicate încît materialul își pierde proprietățile elastice, formîndu-se o zonă nerезistentă, ca și în cazul rostului la îmbinarea cap la cap. În lipsa rostului, dilatația termică se produce datorită deformațiilor plastice de compresie în zona îmbinării cap la cap, iar după sudare elementele se scurtează cu mărimea Δl (fig. 5.51).

În cazul unui rost oarecare mai mic, scurtarea se produce pe seama rostului și pe seama deformațiilor plastice de compresie, în total producîndu-se scurtarea Δl .

În acest fel, tensiunile reactive de tracțiune, dirijate transversal pe cusătură, au valoarea:

$$\sigma_{re} = 10,5 \cdot 10^{-6} E \frac{\alpha n}{\epsilon \cdot l} \quad (5.86)$$

5.6 Transportul și depozitarea grinzilor principale. Montarea grinzilor

Transportul grinzilor principale la constructor și la locul de funcționare, respectiv depozitarea acestora constituie o problemă complicată privind deformațiile ce pot să apară. În uzina constructoare, grinzile principale se transportă numai suspendate în traverse.

Grinzile principale la beneficiar în general se transportă pe vagoane și numai în cazuri excepționale pe trailere.

În cazul transportului pe vagoane, grinda principală în direcție longitudinală este supusă unor puternice șocuri de tamponare (la o accelerație de 2.g) și la solicitări transversale în curbe datorită forței centrifuge.

Pentru transportul pe C.F., în trafic intern și internațional al grinzilor principale care depășesc platforma vagonului, sau gabaritul arătat în STAS 4992-68, JCM 77a/1965 prevede obținerea unui avis de principiu înainte de execuție.

În vederea obținerii avisului de transport, printre altele se cere greutatea grinzii principale, cetera exactă a centrului său de greutate, precum și valoarea, respectiv locul lăstării dacă este cazul.

Grinzile principale cu lungimea $L \leq 29$ m se fixează pe suportți, iar grinzile principale cu $L > 29$ m se fixează pe platformă prin intermediul a două axone rotitoare, admitând presiunea maximă 30 tf/l axonă.

Documentația de transport a grinzilor principale, pe lângă desenele de înșărcare, mai este însoțită de calculele privind reducările interne și externe ale extremităților, ancorajele longitudinale și transversale, săgeata la capete etc. Pe baza unei astfel de documentații se solicită avisul de transport de la ATSe.

Montarea grinzilor principale la beneficiar, potrivit prescripțiilor tehnice EI-76 din colecția ISCIR, se face de o întreprindere montatoare autorizată în acest sens, pe baza unui plan de montaj prin care se arată ordinea și succesiunea operațiilor de îmbinare.

Forțarea grinzilor principale, sau a altor elemente pentru a le aduce în poziția corectă de montaj nu este admisă.

După montarea definitivă la beneficiar grinzile principale se supun unor încercări statice și dinamice după care podul valent se autorizează pentru funcționare de către ISCIR.

6. ASPECTE ECONOMICE

Prin noua concepție constructiv-tehnologică, a grinzilor principale pentru podurile rulante tipizate „Sitiția 77”, s-au realizat economii însumate în proiectare, în execuție și în consumul de metal, energie electrică și manoperă.

6.1 Economie realizată prin proiectare

În proiectare, economiile s-au realizat pe următoarele două căi principale:

- 1) Prin folosirea calculatoarelor electronice, la calculul de dimensionare și verificare a grinzilor principale;
- 2) Prin elaborarea documentației de execuție în mod centralizat, într-o formă mult simplificată.

6.1.1 Economie realizată în proiectare prin folosirea calculatoarelor electronice

Dat fiind specificul de lucru al podurilor rulante, grinzile principale sînt ansamble care sînt supuse celor mai puternice și variate solicitări. Din această cauză, dimensionarea și verificarea lor impune calcule de rezistență foarte laborioase.

În condiții normale de proiectare timpul necesar pentru calculul de dimensionare și verificare cu rigla de calcul al unei grinzi principale aparținînd unui pod rulant cu sarcină medie și cu o deschidere, inclusiv prelucrarea datelor de calcul provenite de la mecanisme și instalația electrică, este după cum urmează:

	PRME	CMP
- pentru un inginer șef - proiect cu salariul 4.020 lei/lună	2 zile	4 zile
- pentru un inginer calculator cu salariul 2.800 lei/lună	3 zile	5 zile
- pentru un inginer proiectant cu salariul 2.640 lei/lună la PRME, respectiv 2.070 lei/lună la CMP	4 zile	6 zile

Tipizarea făcîndu-se pentru 10 sarcini nominale, încadrate în cîte două grupe de funcționare (II și III) și pentru 7 deschideri de bază la PRME, respectiv pentru 9 sarcini nominale aparținînd podurilor rulante cu 1 cirlig și cu 2 cirlige încadrate fiecare în cîte 3 grupe de funcționare (II, III și IV)

și cu 8 deschideri de bază, însumând că numărul variantelor de poduri rulante calculate este:

$$N_{C.PRME} = 10 \cdot 2 \cdot 7 = 140 \quad (7.1)$$

respectiv:

$$N_{C.CMP} = 9 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 8 = 432 \quad (7.2)$$

Dacă elaborarea calculului de rezistență s-a făcut într-o perioadă de o lună pentru PRME și de 3 luni pentru CMP, de către:

- un inginer șef - proiect cu salariul 4.020 lei/lună, cu participare de numai 40 % din perioada de elaborare;
- un inginer calculator cu salariul 2.800 lei/lună, cu participare de 50 % din perioada de elaborare;
- un inginer proiectant cu salariul de 2.640 lei/lună pentru PRME și 2.430 lei/lună pentru CMP, cu participare de 80 % din perioada de elaborare;
- un desenator tehnic cu salariul de 2.070 lei/lună, cu participare de asemenea de 80 % din perioada de elaborare, rezultă:

$$0,4 \cdot 4020 + 0,5 \cdot 2800 + 0,8(2640 + 2070) = 6776 \text{ lei} / 140 \cdot PRME \quad (7.3)$$

respectiv:

$$3[0,4 \cdot 4020 + 0,5 \cdot 2800 + 0,8(2430 + 2070)] = 19.824 \text{ lei} / 432 \cdot CMP \quad (7.4)$$

Deci, dacă elaborarea calculului de dimensionare și verificare a unei grinzi principale pentru un pod rulant de mărime medie cu rigla de calcul a costat:

$$C_{I.PRME} = \frac{4020 \cdot 2}{26} = 309,23 \text{ lei} / PRME \quad (7.5)$$

respectiv:

$$C_{I.CMP} = \frac{4020 \cdot 4}{26} = 618,46 \text{ lei} / CMP \quad (7.6)$$

atunci elaborarea aceluiași calcul de dimensionare și verificare, pentru aceleași grinzi principale, însă cu ajutorul calculatoarelor electronice a costat:

$$C_{C.PRME} = \frac{6776}{140} = 48,4 \text{ lei} / PRME \quad (7.7)$$

respectiv:

$$C_{C.CMP} = \frac{19.824}{432} = 45,8 \text{ lei} / CMP \quad (7.8)$$

Diferența:

$$E_{C.PRME} = C_{I.PRME} - C_{C.PRME} = 260,83 \text{ lei} / PRME \quad (7.9)$$

respectiv:

$$E_{C.CMP} = C_{r.CMP} - C_{C.CMP} = 572,57 \text{ lei} /_{CMP} \quad (7.10)$$

reprezintă economia realizată prin folosirea calculatoarelor electronice la calculul de dimensionare și verificare a unei singure construcții metalice PRME, respectiv CMP.

Pentru toate variantele de construcții metalice tipisate, prin efectuarea calculului cu calculatoare electronice, s-a realizat o economie după cum urmează:

$$EC_{PRME} = N_{C.PRME} \cdot E_{C.PRME} = 36516,20 \text{ lei} \quad (7.11)$$

respectiv:

$$EC_{CMP} = N_{C.CMP} \cdot E_{C.CMP} = 247350,24 \text{ lei} \quad (7.12)$$

Pe de altă parte, dacă calculul de dimensionare și verificare a construcției metalice cu ocazia tipisării „Ediția 77” s-ar fi făcut cu rigla de calcul, atunci un singur inginer șef-proiect ar fi lucrat:

$$\frac{140 \cdot 2}{250} = 1,12 \text{ ani la PRME}$$

respectiv:

$$\frac{432 \cdot 2}{250} = 6,9 \text{ ani la CMP}$$

sau un singur inginer proiectant ar fi lucrat:

$$\frac{140 \cdot 4}{250} = 2,24 \text{ ani la PRME}$$

respectiv:

$$\frac{432 \cdot 6}{250} = 10,37 \text{ ani la CMP}$$

Așa dar, rezultă clar că în cazul efectuării calculului de rezistență cu rigla de calcul, unul sau mai mulți ingineri ar fi fost blocați timp foarte îndelungat, neputând fi folosiți la elaborarea altor proiecte.

6.1.2 Economia realizată în proiectare prin elaborarea documentației de execuție în mod centralizat într-o formă mult simplificată

Tipisarea construcțiilor metalice pentru peștile rulate „Ediția 77” s-a făcut centralizat într-o formă nouă, mult simplificată, cu largi posibilități tehnologice de execuție.

Documentația tehnică de execuție s-a elaborat funcție de unitățile factori:

La PRME:

1. Sarcinile nominale (N_Q), în număr de 10, încastrate fiecare în câte două grupe de funcționare (II și III).
2. Deschiderile de bază (N_{Lb}), în număr de 7 și deschiderile derivate (N_{Ld}) în număr de 30.
3. Ce, sau fără cabină de comandă.
4. Ampatamentul podurilor rulante.
5. Mărima roților de rulare.

La CMP:

1. Sarcinile nominale (N_Q) în număr de 9, încastrate în câte 3 grupe de funcționare (II; III și IV).
2. Deschiderile de bază (N_{Lb}), în număr de 8 și deschiderile derivate (N_{Ld}) în număr de 35.
3. Pozițiile cabinei de comandă (N_{Pc}), în număr de 3; la centru (CC), lateral stânga (CLS), sau lateral dreapta (CLD).
4. Pozițiile coșului de vizitare (N_{cv}), în număr de 2; coș lateral stânga (CS), sau coș lateral dreapta (CD).
5. Apariile mecanismului motor (N_{Lm}) în număr de câte cel puțin 2 pentru fiecare sarcină.
6. Compartamentul cărucioarelor (N_3), în număr de 2; 3 sau 4, pentru fiecare sarcină.
7. Ampatamentul podurilor rulante etc.
8. Mărima roților de rulare ale podurilor rulante.
9. Tipul de lubrifiere a grinzilor principale cu grinșile de capăt.

Așa dar:

- pentru fiecare ansamblu de construcție metalică s-a întocmit câte un desen reprezentativ cu cote fixe în cifre și cu cote variabile literare;

- în cazul unor ansamble CMP, în care tabelul cu valorile cotelor literare nu au putut fi prezentate pe același desen (grinda principală, grinșile de capăt, pedestalul, suportul mecanismului motor), tabelele au fost prezentate pe câte o planșă separată;

- desenul ansamblului general de asamblare a fost prezentat pe o singură planșă, iar pentru CMP valorile cotelor literare, pentru fiecare sarcină nominală în parte, au fost prezentate pe câte o altă planșă.

La PRME decât se ține seama numai de primii doi factori, numărul variantelor de construcții metalice proiectate ($N_{P.PRME}$) este:

$$N_{P.PRME} = 2 \cdot N_Q (N_{Lb} + N_{Ld}) = 740 \quad (7.13)$$

Iar la CMP, ținând seama de primii 5 factori, numărul variantelor de construcții metalice ($N_{P,CMP}$), este :

$$N_{P,CMP} = 3N_Q (N_{L.b} + N_{L.d}) N_{PC} \cdot N_{CV} + N_Q \cdot N_{M.m} \cdot 3 + 3N_Q \cdot N_E = 7074 \quad (7.14)$$

Deci în condiții normale de proiectare, costul mediu al unui proiect de construcție metalică PRME se consideră 8000 lei, iar al unei construcții metalice CMP 20000 lei, atunci costul a 740 variante, respectiv a 7074 variante, este după cum urmează:

$$C_{P,PRME} = N_{P,PRME} \cdot 8000 = 5,92 \cdot 10^6 \text{ lei} \quad (7.15)$$

$$C_{P,CMP} = N_{P,CMP} \cdot 20.000 = 141,48 \cdot 10^6 \text{ lei} \quad (7.16)$$

În realitate, costul tipisării construcțiilor metalice „Ediția 77” în cele 740, respectiv în 7074 variante, inclusiv calculul de dimensionare și verificare, a fost după cum urmează:

$$C_{P,PRME}^{77} = 179.907 \text{ lei} \quad (7.17)$$

respectiv:

$$C_{P,CMP}^{77} = 610.144 \text{ lei} \quad (7.18)$$

Diferența:

$$E_{P,PRME} = (C_{P,PRME} + EC_{PRME}) - C_{PRME}^{77} = 5,7766 \cdot 10^6 \text{ lei} \quad (7.19)$$

respectiv:

$$E_{P,CMP} = (C_{P,CMP} + EC_{CMP}) - C_{CMP}^{77} = 141,1172 \cdot 10^6 \text{ lei} \quad (7.20)$$

reprezintă economia realizată prin înlocuirea calculului făcut până în prezent cu rigla, prin calculul efectuat cu calculatoarele electronice, respectiv economia realizată prin elaborarea documentației în mod centralizat, într-o formă mult mai simplificată.

Elaborarea documentației tehnice de execuție în forma amintită, aduce înseamnă economii, și în ce privește consumul de cale (din import).

De exemplu, necesarul de cale pentru construcțiile metalice ale podurilor rulante tipisate în „Ediția 77” a fost:

$$C_{PRME}^{77} = 45 \text{ m}^2$$

respectiv:

$$C_{CMP}^{77} = 150 \text{ m}^2$$

Deci se consideră că pentru documentația tehnică de execuție a unei singure construcții metalice de mărime medie și asemănătoare, cantitatea necesară de cale (C), este :

$$C_{PRME} = 40 \text{ m}^2 \quad \text{respectiv:} \quad C_{CMP} = 70 \text{ m}^2,$$

atunci rezultă că pentru numărul variantelor $N_{P.PRME} = 740$, respectiv $N_{P.CMP} = 7074$, cantitatea necesară de calc ar fi:

$$NC_{PRME} = N_{P.PRME} \cdot C_{PRME} = 29.600 \text{ m}^2 \quad (7.21)$$

$$NC_{CMP} = N_{P.CMP} \cdot C_{CMP} = 495.180 \text{ m}^2 \quad (7.22)$$

Diferența:

$$D_{C.PRME} = NC_{PRME} - C_{PRME}^{77} = 29.555 \text{ m}^2 \quad (7.23)$$

respectiv:

$$D_{C.CMP} = NC_{CMP} - C_{CMP}^{77} = 495.030 \text{ m}^2 \quad (7.24)$$

reprezintă economia de calc, realizată prin noua formă de elaborare simplificată a documentației tehnice de execuție.

Hirtia calc, fiind un produs deficitar din import, tipisarea construcțiilor metalice, inclusiv a grinzilor principale „Ediția 77” printre altele, își are marele merit că reduce importul, sarcină de mare importanță pentru proiectanți.

6.2 Economie prin execuție

Tipisarea construcțiilor metalice pentru podurile rulante „Ediția 77” s-a făcut în strinsă colaborare cu tehnologii uninelor constructoare, ceea ce conferă acțiunii, o proiectare constructiv-tehnologică.

Ca urmare concepției moderne, constructiv-tehnologice se pot realiza economii în execuția grinzilor principale, prin:

1. Folosirea pe scară largă a profilelor Iași, în locul profilelor laminate la cald, sau în locul profilelor alcătuite din tablă îndoită la Abkant.
2. Alcătuirea podestelor de circulație din table cu lățimi modulate.
3. Concepția într-o soluție mai economică a unor subansamble.
4. Naționalizarea execuției unor cusături sudate care să permită aplicarea și extinderea sudării automate și semiautomate.

6.2.1 Folosirea pe scară largă a profilelor din tablă îndoită

refilele în general sînt întrebuintate în diferite

scopuri, mai ales datorită formei lor. În asemenea cazuri, se reconstituie acel profil care satisface pe deplin scopul, asigurând eficiența maximă. Ori, cum profilele laminate la cald în general sînt mai grele acestea au fost înlocuite cu profile din tablă realizate prin îndoire, la întreprinderea metalurgică Iași. Înlocuirea s-a făcut, în deosebi la:

- nervurile de rigidizare transversale și longitudinale;
- consolele de susținere a pedestelilor;
- parapetier, suport captatori etc.

Chiar dacă la prețul de cumpărare al acestor profile nu există diferență prea mare, greutatea subansamblelor alcătuite din profile îndoite din tablă relativ subțire, este mai redusă.

6.2.2 Alcătuirea pedestelilor de circulație din table cu lățimi modulate

Datorită lățimilor variabile ale profilelor de tip Iași, care alcătuiască parapetierul, lățimea tablelor de pedest se-a putut modula cu modul de 250 mm; adică în foarte multe cazuri, tabla laminată la 1 m lățime a putut fi așezată pe console fără a mai necesita creiere, tăiere și ajustare. Lățimile derivate 750 mm și 500 mm se realizează din lățimea de 1 m prin tăiere automată cu originea a unei bucăți de 250 mm, sau de 500 mm, respectiv prin înădirea prin sudare cap la cap a tablei cu lățimea de 1 m cu ote o bucată de tablă de 250 mm sau de 500 mm. Așadar, cu aceste lățimi se pot realiza pedestele folosind la maximum tabla laminată, realizîndu-se ca fel coeficientul de utilizare al materialului la valoarea sa ideală, 1.

6.2.3 Concepția constructiv-tehnologică într-o soluție eficientă a unor subansamble

Dintre subansamblele concepute cu maximum de eficiență și care se montează (în atelier sau la montaj) direct pe grinziile principale, se prezintă:

- pedestul;
- suportul cale-cărușier-cablu;
- balustrade etc.

Pedestul de circulație pe care ^{se} amplasează aparatul electric de comandă, respectiv care susține mecanismul motor și la care se suspendă cabina de comandă, în vechea soluție pe toată deschiderea podului rulant era la nivelul pedestului me-

canismului motor (fig. 6.1). În retipizarea construcțiilor metalice „Ediția 77”, podestul pe toată deschiderea, exceptând cele două zone de capăt cu mecanismele motoare, s-a ridicat la nivelul tălpii superioare a grinzii principale, la care s-a sudat. În acest fel lățimea podestului a putut fi redusă cu lățimea echivalentă disponibilă a tălpii grinzii principale, realizându-se o reducere a greutății, în medie cu 60 %.

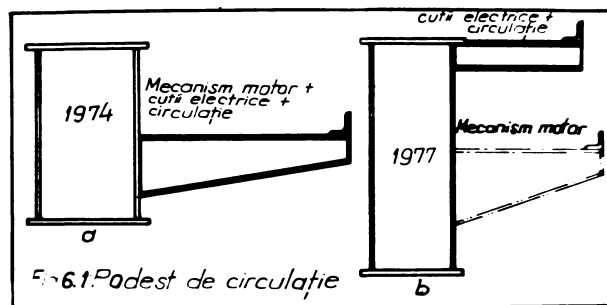


Fig. 6.1. Podest de circulație

Suportul cablu-flexibil este alcătuit din montanți și brațe care susțin calea de rulare a cărucioarelor port-cablu pentru alimentarea cu energie electrică a căruciorului, (fig. 6.2).

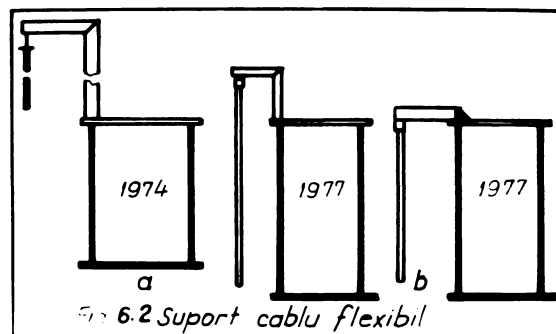


Fig. 6.2. Suport cablu flexibil

Pînă la retipizarea „Ediția 77” suportii cablu-flexibil se sudau de ~~asupra~~ grinzii principale, cu buclele lăsate pînă la nivelul podestului (fig. 6.2a), necesitînd montanți foarte înalți. Cu ocazia retipizării „Ediția 77”, lăsîndu-se buclele să cadă alături de grindă (în exteriorul ei), înălțimea montanților s-a redus foarte mult, în unele cazuri putîndu-se renunța la ei (fig. 6.2b). În acest fel s-a putut realiza o reducere a greutății, de asemenea în medie cu 60 %.

Balustrade la podest a suferit o schimbare, în sensul că nu fixează prin șuruburi ci prin sudură, iar mîna curentă

nu mai este alcătuită din țeavă 32/4 mm, ci din țeavă 25/2,5 mm. In acest fel greutatea s-a redus în medie cu 50 %.

6.2.4 Raționalizarea execuției unor cusături sudate care să permită aplicarea și extinderea sudării automate și semiautomate

Tot pe linia economiei de metal, realizată prin execuție, este de remarcat utilitatea studiului menționat la paragraful 5.2, prin care s-au stabilit parametri și condițiile de sudare automată sub flux fără prelucrarea muchiilor. In acest fel se pot realiza toate îmbinările cap la cap ale tălpilor și inimilor, respectiv îmbinările de colț ale tălpilor cu inimile, exceptând îmbinările de colț, de sub șină care se sudează cu prelucrare în prealabil.

De asemenea prin noua ordine de asamblare-sudare, sudarea manuală a nervurilor de rigidizare s-a înlocuit prin sudarea semiautomată în mediu de bioxid de carbon.

In cele ce urmează se va scoate în evidență eficiența înlocuirii sudării manuale cu electrozi înveliți (SME) prin sudarea automată sub flux (SAF), respectiv prin sudarea semiautomată în mediu de CO₂ (MAG) la realizarea grinzilor principale

Costul (manoperă + materiale de adăos) sudării grinzilor principale la un pod rulant 25tf - 25m, prin procedeul de sudare manuală cu arc electric respectiv prin procedeul de sudare automată sub flux combinat cu sudarea în corp

Tabelul 6

Nr. crt.	Elementele secțiunii	Procedeul de sudare	Timpul necesar	C O S T U L					
				Mater. de adăos nec.		Manoperă		Mater. de adăos în manoperă	
			m/m	Kg/m	lei / Kg.	lei / m	lei / m	lei / m	lei / element
1	Tăpile								94,4278
2	Inimile	SME (Y8)	30	0,620		5	4,0796	9,0796	196,11936
3	Cadrela transversale				6,58				290,5472
4	Tălpi + inimă								1688,6772
5	Nervurile longitudinale	SME (Δ5)	18	0,417		3	2,7438	5,7438	1102,8
6	Nervurile transversale								1502,578
7	Tăpile	SAF (Y8)	7	0,73	4,99	1666	2,6946	5,865	60,996
8	Inimile				2,745		2,0038		126,684
9	Cadrela transversale	MAG (Y8)	9	0,03524 0,2475	15,115 5,75	1,5	0,5326 1,423	3,4556	110,579
10	Tălpi + inimă	SAF (Δ5)	5	0,26 0,35	4,99 2,745	0,8333	1,2974 0,86	3,09	605,64
11	Tălpi + inimă								158,22
12	Nervuri longitudinale	MAG (Δ5)	8	0,0313 0,2475	15,115 5,75	1,333	1,473 1,423	3,229	309,884
13	Nervuri transversale								422,363

al unui pod rulant de mărime medie, 25 tf - 25 m (tabelul 6.1).

Dacă se admite categoria de încadrare a lucrărilor de sudare constantă (10 lei/h) și dacă prețul materialelor de adaos (MA) folosite, este: 6,580 lei/kg. electrozi înveliți; 4,990 lei/kg. sursă S.1011/4mm; 2,745 lei/kg. flux PSA 37; 7,75 lei/kg. CO₂, conform „Normativelor unificate pe IICR, de timp de ramă pentru lucrări de sudare electrică NR 34/1977” costul alcătuit din manoperă și materiale de adaos, în cazul realizării prin procedeul clasic de sudare manuală cu electrozi înveliți (SM), respectiv prin procedeul modern de sudare automată sub flux (SAF) și semiautomată în medie de CO₂ (MAG) se arată în tabelul 6.1.

Din datele prezentate în tabelul de mai sus, rezultă că prin înlocuirea procedeeului clasic de sudare manuală cu electrozi înveliți la grinzile principale ale podului rulant sus menționat, cu procedeul de sudare automată sub strat de flux la sudarea cap la cap a tălpilor, inimilor, și cadrelor transversale de rigidizare, respectiv la sudarea de colț automată sub flux a tălpilor cu inimile și la sudarea de colț în mediu de CO₂ a nervurilor longitudinale și transversale cu inimile, se realizează o reducere a costului privind manopera și materialele de adaos, după cum urmează:

- Costul manoperei se reduce cu 63,89 %;
- Costul materialelor de adaos se reduce cu 5,73%.

În ansamblu costul manoperei și al materialelor de adaos pe metru linie se reduce cu 37,12 %, iar costul raportat la cele două grinzii principale ale podului rulant studiat se reduce cu 63,2 %. În plus, rezultă că pe aceeași suprafață de lucru, cu același efectiv producție crește, iar calitatea cusăturilor s-a îmbunătățit sensibil.

7. CONSIDERATII FINALE

Tema de doctorat cuprinde rezultatul a 26 ani de cercetare, proiectare și execuție a structurilor sudate în general și al grinzilor principale pentru podurile rulante în special.

Pe baza elementelor stabilite în lucrare, se pot trage următoarele concluzii și recomandări care pot duce la soluții eficiente din punct de vedere al consumului de metal, a energiei electrice și a manoperei.

7.1 Cu privire la optimizarea secțiunilor tip cheson pentru grinzile principale ale podurilor rulante

7.1.1 Optimizarea secțiunilor pentru grinzile principale PRIME

a) Primele poduri rulante monogrină cu electropalan, cu sarcini și deschideri relativ reduse aveau grinda principală din profil laminat la cald „I” expandat sau neexpandat.

Odată cu solicitarea unor poduri rulante cu sarcini și deschideri mărite, grinda principală din profil „I” nu a făcut față condițiilor de rezistență și stabilitate, trebuind să fie înlocuită cu grindă stabilă în ambele planuri.

Deci o primă optimizare a secțiunii grinzii principale s-a făcut prin înlocuirea profilului „I” cu o secțiune tip cheson, asigurând rezistența și stabilitatea necesară în ambele planuri.

b) Secțiunea cheson clasic a avut dezavantajul sudurii de colț dintre inimi și tălpi. Înlăturarea acestui dezavantaj s-a făcut prin folosirea unor profile „I” secționate longitudinal (după axa longitudinală) al căror capete se sudau cap la cap cu cele două inimi ale secțiunii. Această soluție însă, prezenta un alt dezavantaj; tăierea și îndreptarea profilului „I”, necesita manoperă multă.

c) Dezavantajele menționate la punctele a și b s-au înlăturat prin înlocuirea tălpii inferioare cu două profile speciale „T95” din oțel O1.52. În acest fel solicitarea suplimentară a tălpii inferioare, ca urmare însoțirii locale, este compensată prin diferența de rezistență a oțelului O1.52 față de oțelul O1.37.

Agadar, optimizarea actuală secțiunii constă în primul rând în folosirea profilurilor speciale drept talpi inferioare și fiindcă talpa acestor profile este orizontală, se pot folosi roți de rulare cilindrice (în locul roților conice), cu uzură redusă. Și în al doilea rând, secțiunea chesonului are o lățime constantă, căruia port-electropalan se realizează într-o singură tipodimensiune.

Dacă însă deschiderile podurilor rulante monoghidă cu electropalan se vor extinde la 31 m (cazul podurilor rulante de uz general), atunci se propune încă oel puțin două lățimi de secțiuni, în care ocazional coartamentul roților va trebui să fie reglabil.

7.1.2 Optimizarea secțiunilor tip cheson pentru grinșile principale CUP

a) Optimizarea secțiunilor tip cheson pentru grinșile principale CUP s-a făcut cu scopul de a realiza caracteristici geometrice superioare, cu consum redus de metal în limitele unei bune funcționări a podurilor rulante.

Măsurarea caracteristicilor geometrice ale secțiunilor optimizate s-a făcut pe seama formei și a dimensiunilor elementelor ce alcătuiesc secțiunea. În ce privește forma secțiunii, față de viteza de translație a podului rulant până la 100 m/min., aceasta s-a adoptat cu raportul dintre înălțimea inimii și lățimea tălpilor de 2-2,08, raport care conform literaturii tehnice de specialitate grupează secțiunile folosite între chesoanele înalte și semilate, considerate ca fiind cele mai economice.

b) În ce privește măsurarea caracteristicilor geometrice pe seama îngroșării elementelor ce alcătuiesc secțiunea, s-a dovedit (3) că majorarea momentului de inerție la aceeași secțiune se obține nu pe seama îngroșării tălpilor ci pe seama măririi înălțimii inimilor.

c) Pentru simplificarea calculului, cu ajutorul datelor din literatura tehnică, toate elementele secțiunii s-au exprimat funcție de înălțimea h (3). Derivând greutatea elementelor ce alcătuiesc secțiunea (3, varianta A), în raport cu înălțimea (dG/dh), s-a obținut ecuația înălțimii optime pentru cele două cazuri: a) când secțiunea este consolidată cu nervuri de rigidizare transversale (3.65) și b) când secțiunea, pe lângă nervurile de rigidizare transversale are și nervuri de rigidizare longitudinale (3.66). Având în vedere că în greutatea obținută din elementele care alcătuiesc secțiunea, trebuie adunată și

restul încălărilor ce acționează asupra grinzii, înălțimea calculată se dublează. Înălțimea de calcul stabilită prin varianta B(3), sau C(3), s-a obținut mai mult pe seama rezistenței și a săgeții limită și mai puțin pe seama greutateii minime.

d) Secțiunile optimizate ale grinzilor principale CMP au fost preluate și la podurile rulante cu graifăr, la podurile rulante de turnare și în general la toate podurile rulante cu sarcină echivalentă până la 80 tf. Deci, reducerea consumului de metal, nu s-a limitat numai la podurile rulante de uz general ale căror grinzi principale sînt tratate în teza de doctorat, ci s-a extins aproape la toată producția națională de poduri rulante.

7.2 Cu privire la calculul de dimensionare și verificare a grinzilor principale pentru podurile rulante

a) Calculul de dimensionare și verificare a grinzilor principale, în exclusivitate s-a făcut cu ajutorul calculatoarelor electronice, acestea înlocuind rigla de calcul. Prin calculul modernizat s-au realizat însemnate economii în proiectare și în același timp precizie de calcul superioară.

b) Retipisarea construcțiilor metalice pentru podurile rulante „Ediția 77” făcîndu-se îndată după ce prin norme internaționale de specialitate s-a redus valoarea coeficienților de siguranță, limita de rezistență $\sigma_s = 1500 \text{ daN/cm}^2$, a putut fi mărită la $\sigma_s = 1600 \text{ daN/cm}^2$, reprezentînd o creștere de 6,7 %; în acest fel dimensionarea elementelor de rezistență s-a putut face mai economic, materialul folosindu-se la întreaga sa capacitate.

c) Încadrarea construcțiilor metalice pentru podurile rulante în grupele de funcționare, cu ocazia retipizării „Ediția 77” s-a făcut într-un mod diferențiat; este prima tipisare la care coeficientul dinamic la ridicare γ s-a determinat pe baza unor date reale, aferente grupelor de funcționare. Într-un fel s-a putut stabili încărcarea reală a grinzii principale; la alegerea secțiunilor în concordanță cu grupele de funcționare, nu apar supradimensionări în cadrul aceluiași subcîni.

d) După cele mai recente norme tehnice naționale și internaționale, deforșia elastică și rigiditatea dinamică nu mai este limitată. Această nelimitare, de asemenea a dus la reducerea consumului de metal, întrucît la grinzile principale ale podurilor rulante cu deschidere peste 22 m.

e) Cea metoda de calcul la obosaală a grinzilor principale s-a înlocuit cu o nouă metoda de calcul a rezistenței în exploatare după cele mai recente prescripții tehnice din FEM, care țin seama de grupa de funcționare în care este încastrată grinda principală, de posibilitățile de amorsare ale unor fisuri și de condițiile de exploatare.

f) De asemenea, s-a înlocuit calculul de verificare a stabilității locale a inimilor (voalarea) făcute după vechiul STAS 763/1-71, cu calculul din prescripțiile tehnice FEM.

Din efectuarea calculului de rezistență în exploatare și de verificare a stabilității locale ale inimilor după noile prescripții tehnice FEM s-a tras următoarea concluzie: Construcțiile metalice ale podurilor rulante ce fac parte din ultimele grupe de funcționare și în deosebi cele cu deschidere maximă prezintă o ușoară subdimensionare, în timp ce grinzile principale ale podurilor rulante încastrate în primele grupe de funcționare și mai ales cu deschideri mici, sînt supradimensionate. Așa se explică faptul că în unele țări puternic dezvoltate, pentru proiectarea construcțiilor metalice aparținînd podurilor rulante siderurgice, s-au elaborat norme speciale (Franța).

g) Pentru verificarea calculului de dimensionare și verificare, s-au făcut măsurători electrotenzometrice pe grinzile principale tipizate ca și pe alte grinzi aparținînd altor poduri rulante. Cu ocazia măsurătorilor electrotenzometrice, s-au avut în evidență în general valori ale rezistențelor măsurate mai mici decît valorile rezistențelor calculate, ceea ce înseamnă că materialul încă mai dispune de o creștere rezervă ce poate fi folosită fără a se depăși limitele stabilite prin standarde și norme de specialitate. Așa cum s-a arătat, se propune a se lua în calculul secțiunii și nervurile de rigidizare longitudinale, respectiv, chiar și gîna de rulare, iar talpa superioară în compensație se poate subția (nu mai puțin însă de 6 mm.). În acest fel, repartizarea eforturilor în elementele ce ocupă secțiunea ar fi mai uniformă, iar efortul din talpa inferioară ar scădea, lucru deosebit de valoros avînd în vedere că efortul unitar admisibil din talpa inferioară întotdeauna este mai mic decît efortul unitar admisibil din talpa comprimată.

7.3 Cu privire la elaborarea documentației tehnice de execuție în mod centralizat și simplificat

a) Modul centralizat și simplificat de elaborare a documentației de execuție a grinzilor principale pentru toate

gama pedurilor rulante tipizate a dus la realizarea unor însemnate economii de proiectare și de elaborare a tehnologiei de execuție.

b) Noul mod centralizat oferă posibilitate de specializare atât în proiectare cât mai ales în execuție.

c) Ca urmare a eficienței sale, modul centralizat și simplificat, este adoptat și la alte tipizări de construcții metalice din familia instalațiilor de ridicat.

d) În ce privește execuția, prin retipizare s-a îmbunătățit condițiile unei producții de serie, putându-se organiza linia tehnologică de fabricație și putându-se mări gradul de utilizare tehnologică, respectiv specializându-se personalul care deservește aceste linii.

7.4 Ca privire la proiectarea constructiv-tehnologică cu largi posibilități tehnologice de execuție

Conceptia grinzilor principale și ale subsansamblelor aferente lor, s-a făcut ținând seama de capacitatea tehnică a uzinei de construire, privind mecanizarea și automatizarea proceselor de sudare.

a) Îmbinările cap la cap ale tălpilor și inimilor se fac prin sudură automată sub flux, deasupra unui dispozitiv în care pernele de flux sînt așezate la distanțele 9; 10; 11; 12 m. În scopul măririi productivității muncii și tablele de la mijlocul deschiderii s-au conceput la lungimile 9; 10; 11 și 12 m. În această concepție, sudurile de îmbinare a cîte 3 buci de tablă, pot fi realizate concomitent cu două automate de sudat sub flux.

b) S-a revizuit și s-a sistematizat controlul cu raze x a îmbinărilor sudate cap la cap, stabilindu-se diferențiat clasa de calitate și lungimea necesară de controlat.

c) Ca urmare a studiului privind aplicarea sudării automate sub flux fără prelucrarea muchiilor și ca urmare a experienței îndelungate, s-a renunțat la prelucrarea muchiilor inimilor cu excepția muchiei din dreptul șinei de rulare.

d) Profilele din tablă îndoită, în anumite limite dimensionale, au înlocuit profilele laminate la cald, realizându-se însemnate reduceri ale consumului de metal.

e) Cîteva din subsansamblele aparținătoare grinzilor principale CNP (pedestul, balustradele, suportii cablu flexibil etc.) s-au conceput într-o nouă variantă, realizându-se, de asemenea însemnate economii de metal.

7.5 Perspective de cercetare, pe baza rezultatelor obținute în prezenta teză

Având în vedere că pe plan național este prima lucrare de acest fel, cercetările trebuiesc continuate în următoarele direcții:

a) Stabilirea prin măsurători electrotensometriche sau fotoelastice a solicitărilor în plan orizontal la care sînt supuse grinziile principale în timpul dezarării - frînării, respectiv în timpul tamponării. Funcție de rezultatele acestor măsurători, există probabilitatea îmbunătățirii raportului ρ .

b) Urmărirea cu perseverență a modului de comportare al unor tronsoane de grindă principală reproduse la scara 1:1 care sînt în curs de încercare la oboseală, simulind condițiile de funcționare reală ale podurilor rulante.

c) Înlocuirea integrală, în mod eșalonat a laminatelor din oțel O1.37 cu laminatate din oțel O1.52 la elementele portante ale grinziilor principale.

8. CONTRIBUTII ORIGINALE

Avind în vedere că proiectul de alektuire și proiectare constructiv-tehnologică a construcțiilor metalice, inclusiv a grinzilor principale pentru podurile rulante de us general cu consum redus de metal și cu largi posibilități tehnologice de execuție „Ediția 77” în cadrul Institutului a fost încredințată autorului tezei de doctorat, lucrarea, exceptând elementele definitorii și relațiile de calcul clasice, aparține autorului.

Dintre principalele contribuții originale, se evidențiază următoarele:

8.1 Optimizarea secțiunilor tip cheson, pentru grinzile principale

a) La grinzile principale PRME elementul hotărâtor în optimizare îl constituie introducerea în secțiune a celor două profile speciale „195” din oțel O1.52, care alektuiesc talpa inferioară de rulare a căruciorului port-electropalan. În acest fel s-a realizat o repartizare uniformă a eforturilor unitare corespunzător calității materialelor din care este alektuită secțiunea. În plus, tălpile profilului fiind drepte, s-a eliminat o forță componentă (specifică roților de rulare conice) care soliciță mecanismul de deplasare.

b) La grinzile principale GMP, optimizarea secțiunilor se referă la forma secțiunii exprimată prin raportul „p” și la dimensiunile elementelor care alektuiesc secțiunea.

Pornind de la ideea reducerii consumului de metal prin stabilirea unei anumite forme a secțiunii s-a determinat o valoare optimă a raportului „p”, care asigură în același timp și funcționarea podurilor rulante în deplină securitate. De asemenea, analitic exprimând greutatea fiecărui element al secțiunii și apoi derivând greutatea în raport cu înălțimea ei s-au obținut cele două ecuații ale înălțimii optime; ecuația (3.65) pentru cazul consolidării secțiunii cu nervuri de rigidizare transversale și ecuația (3.66) pentru cazul în care pe lângă nervurile de rigidizare transversală, mai sînt și nervuri de rigidizare longitudinale.

Curiosind înălțimea optimă a secțiunii tip cheson și admitînd anumite relații între elementele care compun secțiunea, s-au stabilit relații matematice prin care se pot determina elementele secțiunii funcție de înălțimea optimă.

8.2 Modernizarea calculului de dimensionare și verificare a grinzilor principale pentru podurile rulante

a) Este prima tipisare la care grinzile principale s-au încadrat diferențiat în grupele de funcționare, respectiv coeficientul dinamic γ s-a determinat pe baza unor date reale, aferente grupelor de funcționare, evitând supradimensionările în cadrul aceleiași sarcini.

b) S-a modernizat calculul de verificare a rezistenței în exploatare și de determinare a stabilității locale a inimilor după cele mai recente prescripții tehnice naționale și internaționale.

c) S-au făcut măsurători electrotenace, comparând valorile rezistențelor calculate cu valorile de calcul ale acestora; făcând interpretările de rigoare, se constată necesitatea prinderii în secțiunea de calcul a nervurilor de rigidizare longitudinală, putându-se astfel reduce grosimea tălpii comprimate și în consecință se poate reduce greutatea grinzilor principale.

d) În cadrul metodologiei de calcul modernizat s-au redus cele 4 faze de calcul la o singură fază (fig.8.1): aceasta datorită relațiilor stabilite între elementele care alcătuiesc secțiunea.

8.3 Elaborarea centralizată și simplificată a documentației de execuție

a) Intocmirea centralizată și simplificată a desenele de execuție pentru grinzile principale este una dintre căile moderne de economisire a timpului în proiectare și execuție, respectiv a materialelor folosite în proiectare. Un singur desen (format A_0) reprezintă forma și dimensiunile (în litere sau cifre) a tuturor grinzilor principale, la care se atașează câte un desen la o scară redusă cu valoarea cotelor literare pentru fiecare sarcină de bază și derivatele sale, respectiv pentru toate deschiderile.

b) Modul de prezentare descris la punctul a are o importanță deosebită pentru producția de serie a grinzilor principale.

8.4 Modificări de îmbunătățire constructiv-tehnologică ale unor subansamble aferente grinzilor principale

Reducerea consumului de metal, s-a făcut, și pe

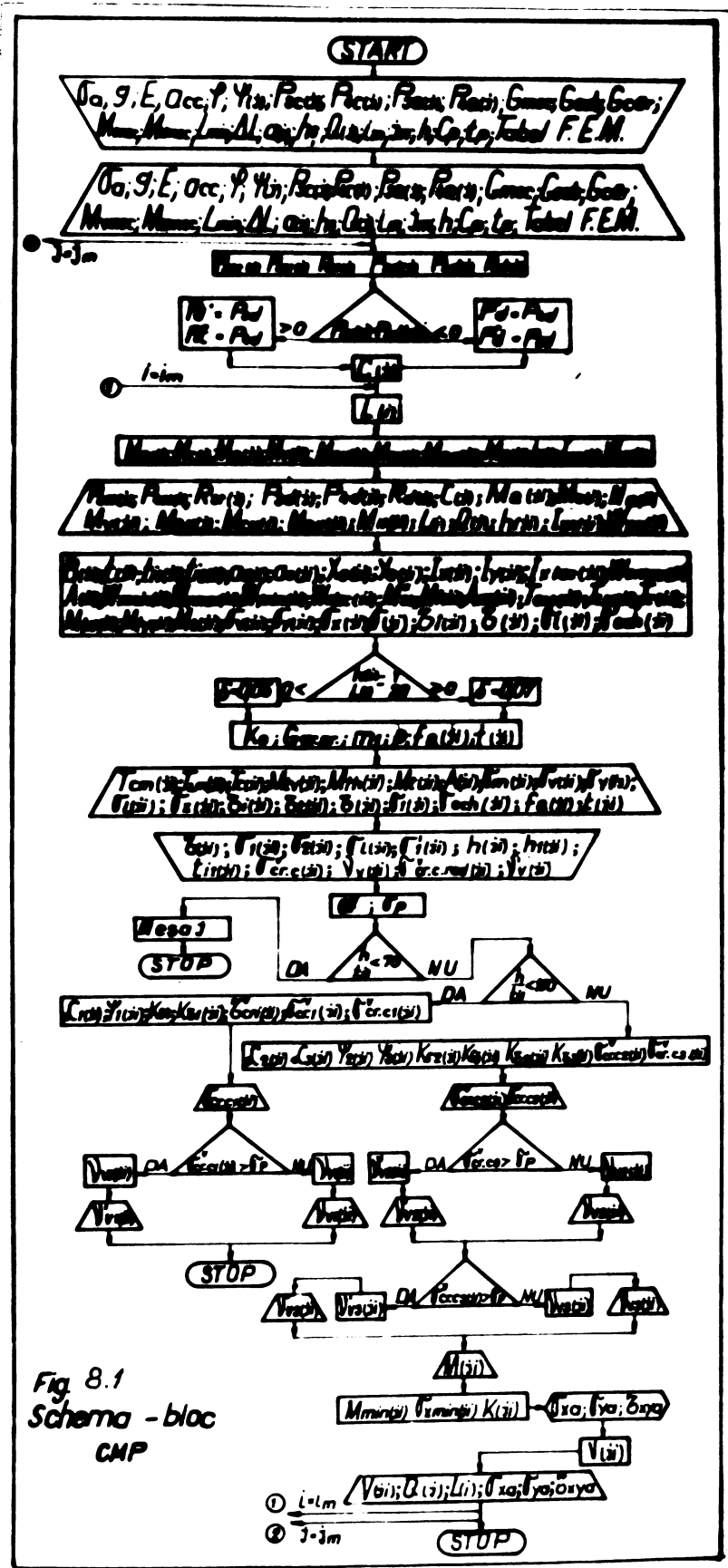


Fig. 8.1
Schema - bloc
CMP

INSTITUT TEKNIK
 SURABAYA
 SURABAYA

sau unor modificări constructiv-tehnologice, cum ar fi:

a) Podestele, la care, prin modularea tablelor și folosirea profilelor din tablă îndoită s-a redus consumul de metal cu aproximativ 50 %.

b) Balustradele, la care prin înlocuirea, în cadrul liniei de rezistență, a montanților și a sistemului de fixare prin guruburi cu fixarea prin sudură, s-a redus consumul de metal cu aproximativ 55 %.

c) Suportul cablu flexibil, la care prin reducerea înălțimii montanților, iar în unele cazuri, prin reducerea lor totală, s-a înregistrat o reducere a consumului de metal de aproximativ 60 % etc.

Economia de metal realizată prin reproiectarea construcțiilor metalice pentru podurile rulante „Ediția 77”, într-o concepție eficientă, constructiv-tehnologică (3) și după o metodologie modernă de calcul (4) este remarcabilă.

Economia de metal (%) realizată prin reproiectarea construcțiilor metalice tipizate „Ediția 77” pentru podurile rulante monogrindă cu electropalan (PRME) Tabelul 8.1

CM ^(m)	4			7			10			13			16			19			22			
	1974	1977	Δ%	1974	1977	Δ%	1974	1977	Δ%	1974	1977	Δ%	1974	1977	Δ%	1974	1977	Δ%	1974	1977	Δ%	
CM 1,00	0,60	0,385	35,8	0,87	0,553	36,2	1,17	0,80	31,6	2,00	1,160	42	2,47	1,946	21,4	-	2,546	-	3,140	-	3,140	-
CM 1,25	-	0,415	-	0,555	-	0,80	-	1,36	-	1,946	-	2,546	-	2,546	-	-	-	-	-	-	-	-
CM 1,60	-	0,42	-	0,635	-	0,93	-	1,305	-	2,00	-	2,635	-	2,635	-	-	-	-	-	-	-	-
CM 2,00	0,60	0,42	30	0,91	0,635	30,2	1,17	0,93	20,5	2,06	1,15	31,3	2,48	2,00	19,5	-	2,635	-	3,39	-	3,39	-
CM 2,50	-	0,47	-	0,72	-	1,10	-	1,605	-	2,005	-	2,835	-	2,835	-	-	-	-	-	-	-	-
CM 3,20	0,80	0,47	21,6	0,91	0,82	10	1,26	1,13	10,5	2,10	1,723	18	2,55	2,18	15	-	2,92	-	3,65	-	3,65	-
CM 4,00	-	0,53	-	0,885	-	1,36	-	1,805	-	1,805	-	1,805	-	1,805	-	-	-	-	-	-	-	-
CM 5,00	0,60	0,60	0	1,09	0,99	8,2	1,63	1,37	16	2,21	1,92	12,2	2,73	2,61	8	-	3,27	-	3,985	-	3,985	-
CM 6,30	-	0,685	-	0,728	-	1,95	-	2,08	-	2,728	-	3,468	-	3,468	-	-	-	-	-	-	-	-
CM 8,00	-	0,735	-	0,771	-	1,685	-	2,185	-	2,865	-	3,726	-	3,726	-	-	-	-	-	-	-	-

Observații: 1. Numerele din tabel, corespunzătoare anilor 1974 și 1977, respectiv tipurilor de construcții metalice reprezintă greutatea construcției metalice în tone.

2. Semnul - din coloana 1974 înseamnă că tipul construcției metalice respectivă a fost în anul 1974.

La construcțiile metalice și de exemplu, economia de metal se cifrează la 22% (tabelul 3.1). Pe lângă economia de metal realizată cu ocazia retipizării, s-au diversificat sarcinile nominale (de la 4 tf la 10 tf) și deschiderile (de la 17 m la 22 m).

*Economia de metal în % realizată prin reproductarea construcțiilor metalice
Tipul 77 pentru podurile rulante de uz general (GMP)* Tabelul 3.2

Tip	10	13	16	19	22	25	28	31
CM 12					2304,6	3804,0	5502,3	8202,4
CM 13					2302,3	3802,1	5502,3	8202,3
CM 14					2302,8	3802,7	5502,6	8202,5
CM 15					2302,0	3802,5	5502,5	8202,2
CM 16					2302,3	3802,2	5502,0	8202,2
CM 17					2302,5	3802,0	5502,8	8202,6
CM 18					2302,5	3802,0	5502,9	8202,3
CM 19					2302,2	3802,3	5502,9	8202,3
CM 20					2302,3	3802,6	5502,4	8202,5
CM 21					2302,6	3802,7	5502,7	8202,3
CM 22					2302,3	3802,7	5502,7	8202,3
CM 23					2302,5	3802,4	5502,6	8202,4
CM 24					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 25					2302,6	3802,6	5502,6	8202,8
CM 26					2302,5	3802,6	5502,6	8202,7
CM 27					2302,5	3802,7	5502,6	8202,5
CM 28					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 29					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 30					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 31					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 32					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 33					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 34					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 35					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 36					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 37					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 38					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 39					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 40					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 41					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 42					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 43					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 44					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 45					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 46					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 47					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 48					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 49					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 50					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 51					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 52					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 53					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 54					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 55					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 56					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 57					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 58					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 59					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5
CM 60					2302,4	3802,5	5502,8	8202,5

*Numararea din tabel corespunde anilor 1974 și 1977, respectiv
tipurilor de construcții metalice, reprezintă greutatea construcției
metalice, în tone.*

La construcțiile metalice ale podurilor rulante de uz general, economia de metal realizată cu ocazia retipizării „tipul 77” se ridică la 24% (tabelul 3.2).

Economia de metal realizată prin retipizare, raportată la producția anuală (a întreprinderii mecanice dincoară), reprezintă peste 6000 tone metal.

Din cantitatea de metal economisit în decursul unui singur an, se estimează confecționarea construcțiilor metalice pentru 500 poduri rulante de tipul celor din producția curentă.

Concomitent cu reducerea consumului de metal, contribuțiile originale au dus la o pronunțată diminuare a masei și a energiei electrice, respectiv la o calitate superioară a grinzilor principale pentru podurile rulante prin care să fie competitive pe plan mondial.

ANEXA I

STANDARDE COMPLEMENTARE, PRIVIND PROIECTAREA SI UZINA-
REA GRINZILOR PRINCIPALE PENTRU PODURILE RULANTE

1. STAS 6919-64 Poduri rulante electrice monogrindă pentru sarcini pînă la 5 tf.

2. STAS 800-68. Poduri rulante. Caracteristici și dimensiuni principale.

Ambele standarde (1), (2) au stat la baza stabilirii noilor caracteristici și dimensiuni cu ocazia retipizării construcțiilor metalice pentru podurile rulante „Ediția 77”.

3. STAS 9773-74. Construcții metalice. Intocmirea desenelor.

4. STAS 105-76. Desene tehnice. Reprezentarea și notarea vederilor, secțiunilor și rupturilor în desenul industrial.

5. STAS 735-74. Reprezentarea și notarea sudurilor.

6. STAS 9398-73. Imbinările sudate prin topire ale oțelurilor. Clase de execuție.

7. STAS 6662-74. Formele și dimensiunile rosturilor la sudarea manuală cu arc electric și cu gaze.

8. STAS 6726-75. Imbinări sudate. Formele și dimensiunile rosturilor la sudarea oțelurilor cu arc electric acoperit.

Standardele (3); (4); (5); (6); (7); (8) au stat la baza elaborării documentației de execuție.

9. STAS R.8542-70. Alegerea oțelurilor pentru construcțiile metalice.

10. STAS 437-73. Table groase. Dimensiuni.

Standardele (9) și (10) au servit la stabilirea claselor de calitate a oțelurilor folosite la elementele grinzilor principale cu diferite grosimi.

11. STAS 1125-76. Sudarea metalelor. Electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor.

12. STAS 1126-76. Sudarea metalelor. Sime de oțel pentru sudare.

13. STAS 9477-73. Fluxuri pentru sudarea oțelurilor.

Standardele (11); (12) și (13) au servit la stabilirea calității necesare pe care trebuie să o aibă materialele de sudare prescrise în realizarea grinzilor principale.

14. STAS 767-77. Construcții civile și industriale. Construcții metalice nituite. Prescripții de execuție.

15. STAS 768-66. Construcții civile și industriale. Construcții din oțel sudate. Prescripții de execuție.

16. STAS 10564-76. Mieroa metalelor cu oxigen și cu plasmă. Clase de calitate ale tăieturilor.

17. Normativul GECAS C.105.68.

Pe baza standardelor (14); (15) și (16), respectiv pe baza normativului (17), s-au prescris condițiile de execuție ale grinzilor principale.

18. STAS 5930-70. Suruburi pășuite cu cap hexagonal. Dimensiuni.

19. STAS 4071-69. Piulițe precise.

20. STAS 4373-77. Piulițe hexagonale joase.

21. STAS 1388-72. Saibe plate pentru metal.

22. STAS 7666-77. Saibe Grover.

Standardele (18); (19); (20); (21) și (22) reprezintă prescripții tehnice, privind organele de asamblare prin șuruburi pășuite.

RELATII DE CALCUL POLOSITE LA DIMENSIONAREA SI
VERIFICAREA GRINZILOR PRINCIPALE PRME [79]

II.1 Date de calcul

$$G_{elp} = G_{c\ddot{a}r} + G_{el} \text{ (daN)} \quad (\text{II.1})$$

$$R_{st} = G_{elp} + Q \text{ (daN)} \quad (\text{II.2})$$

$$R_d = f \cdot G_{elp} + \psi Q \text{ (daN)} \quad (\text{II.3})$$

$$f = 1,0$$

$$\psi = 1,1 + 0,0025Vr \approx 1,15$$

$$P_d = \frac{R_d}{4} \text{ (daN)} \quad (\text{II.4})$$

II.2 Momente incovoietoare - fig. II.1a -.

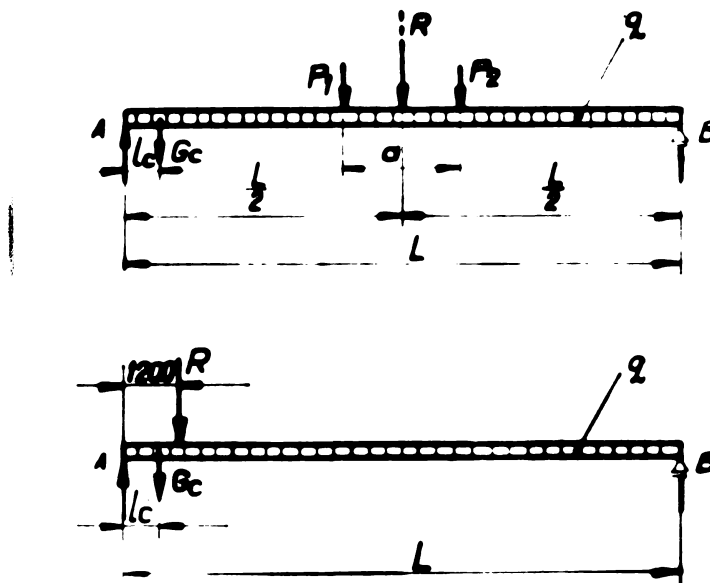


FIG. I. Incovoierea grinzii principale PRME.

a) In plan vertical:

$$M_{V} = \psi \left(\frac{qL^2}{8} + \frac{G_c \cdot l_c}{2} \right) + R_d \cdot \frac{L}{4} \text{ (daNcm)} \quad (\text{II.5})$$

b) In plan orizontal:

$$M_H = \frac{1,5 \cdot \alpha_{cc}}{2 \cdot g} \left(\frac{qL^2}{8} + \frac{R_{st} \cdot L}{2} + G_c \frac{l_c}{2} \right) \text{ (daNcm)} \quad (\text{II.6})$$

II.3 Momente de torsiune - fig. II.2 -.

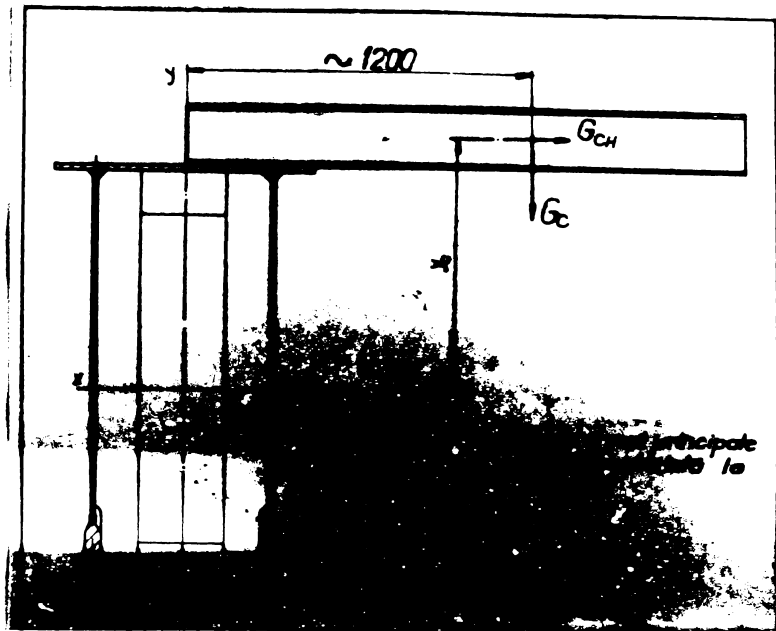
a) In plan vertical

$$M_{tv} = G_c \cdot 120 \text{ (daNcm)} \quad (\text{II.7})$$

b) In plan orizontal

$$M_{tH \text{ ches}} = \frac{R_d}{10} (\gamma_G - 1,3) + 1,5 \frac{\alpha_{cc} \cdot G_c \cdot \gamma_c}{g} \text{ (daNcm)} \quad (\text{II.8})$$

$$M_{tH-profil} = R_H \left(\frac{h}{2} - t_{med} \right) \quad (daNcm) \quad (II.9)$$



II.4 Forțe tăietoare - fig. II.1 -.

a) In zona centrală cu căruciorul la mijlocul deschiderii (fig. II.1a).

$$T_M = \frac{R_d}{2} + \frac{G_c \cdot l_c}{L} \quad (daN) \quad (II.10)$$

b) In zona de capăt cu căruciorul, de asemenea, la mijlocul deschiderii:

$$T_{AM} = \frac{R_d}{2} + 2 \cdot \frac{L}{2} + \frac{G_c(L-l_c)}{L} \quad (daN) \quad (II.11)$$

c) In zona de capăt, cu căruciorul la capăt (fig. II.1b).

$$T_A = R_d \left(\frac{L-120}{L} \right) + 2 \cdot \frac{L}{2} + \frac{G_c(L-l_c)}{L} \quad (daN) \quad (II.12)$$

II.5 Secțiunea și caracteristicile sale geometrice

II.5.1 Suprafața secțiunii transversale (fig. II.3).

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \quad (cm^2) \quad (II.13)$$

In care:

$$A_1 = 36 \cdot t \quad (cm^2)$$

$$A_2 = 1,2 \cdot h \quad (cm^2)$$

$$A_3 = 59,6 \quad (cm^2)$$

$$A_4 = 10,2 \quad (cm^2)$$

II.5.2 Centrul de greutate în raport cu axa x-x:

$$Y_G = \frac{A_1 \left(\frac{t}{2} + h + 9,5 \right) + A_2 \left(\frac{h}{2} + 9,5 \right) + 176}{A} \quad (cm) \quad (II.14)$$

$$y_{G1} = (9,5 + h + t) - y_G \quad (\text{cm}) \quad (\text{II.15})$$

II.5.3 Momentul de inerție al secțiunii în raport

cu axa $z-z$:

$$I_x = 2I_{x,195} + 2 \frac{t_i \cdot h^3}{12} + A_3 (y_3 - 2,8) + A_2 \left[y_{G1} - \left(t + \frac{h}{2} \right) \right]^2 + A_1 \left(y_{G1} - \frac{t}{2} \right)^2 + A_4 (y_G - 0,9)^2 \quad (\text{cm}^4) \quad (\text{II.16})$$

II.5.4 Momentul de inerție al secțiunii în raport

cu axa $y-y$:

$$I_y = \frac{1}{12} (t \cdot 36^3 + t_p \cdot l_p^3) + (A_2 + A_3) \cdot 12,8^2 \quad (\text{cm}^4) \quad (\text{II.17})$$

II.5.5 Modulul de rezistență al secțiunii în raport

cu axa $x-x$:

$$W_{x,max} = \frac{I_x}{y_G} \quad (\text{cm}^3) \quad (\text{II.18})$$

$$W_{x,min} = \frac{I_x}{y_{G1}} \quad (\text{cm}^3) \quad (\text{II.19})$$

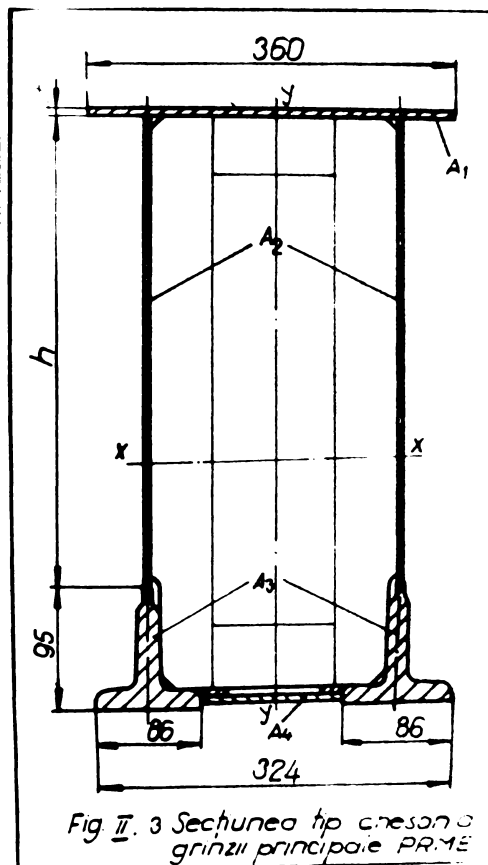


Fig. II. 3 Secțiunea tip cneson a grinzii principale PRME

II.5.6 Modulul de rezistență al secțiunii în raport

cu axa y-y:

$$W_{y.max.} = \frac{I_y}{17,1} \quad (cm^4) \quad (II.20)$$

$$W_{y.min} = \frac{I_y}{18} \quad (cm^4) \quad (II.21)$$

II.5.7 Modulul de rezistență polar:

$$W_{p.profil}^{min} = \frac{1,5}{3 \cdot h} [(h-2t) t_i^3 + 2 \cdot b \cdot t^3] \quad (cm^3) \quad (II.22)$$

$$W_{p.ches}^{min} = 2 \cdot A_m \cdot t_i \quad (cm^3) \quad (II.23)$$

II.5.8 Momentul static al semisecțiunii în raport

cu axa x-x:

$$S_x = (Y_G - 9,5) t_i + (Y_G - 2,8) A_3 \quad (cm^3) \quad (II.24)$$

II.6 Determinarea și verificarea eforturilor unitare-

fig. II.4 -.

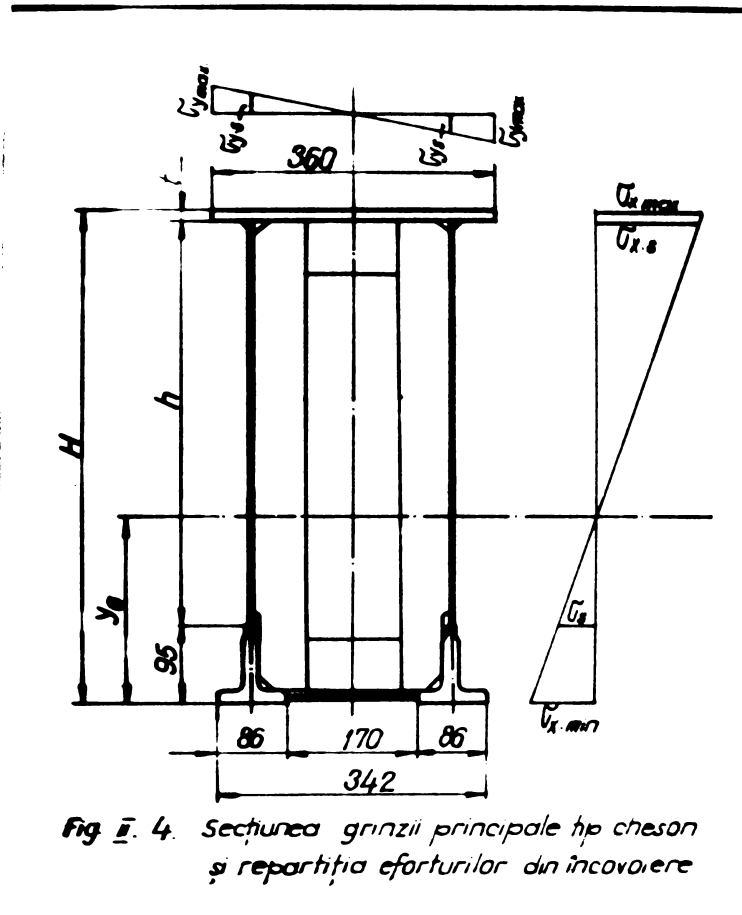


Fig. II.4. Secțiunea grinzii principale tip cheson și repartiția eforturilor din încovoiere

II.6.1 Eforturile unitare normale:

$$\sigma_{x,max} = \frac{M_v}{W_{x,min}} \quad (daN/cm^2) \quad (II.25)$$

$$\sigma_{x,min} = \frac{M_v}{W_{x,max}} \quad (daN/cm^2) \quad (II.26)$$

$$\sigma_{x.s} = \frac{\sigma_{x.max} (h + 9,5 - \gamma_G)}{h + t + 9,5 - \gamma_G} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II. 27})$$

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{x.min} (\gamma_G - 9,5)}{\gamma_G} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II. 28})$$

$$\sigma_{y.max} = \frac{M_H}{W_{y.min}} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II. 29})$$

$$\sigma_{ys} = \frac{13}{18} \sigma_{y.max} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II. 30})$$

$$\sigma_{y.min} = \frac{M_H}{W_{y.max}} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II. 31})$$

II.6.2 Eforturile unitare locale - fig. 4.3 și fig.4.4.

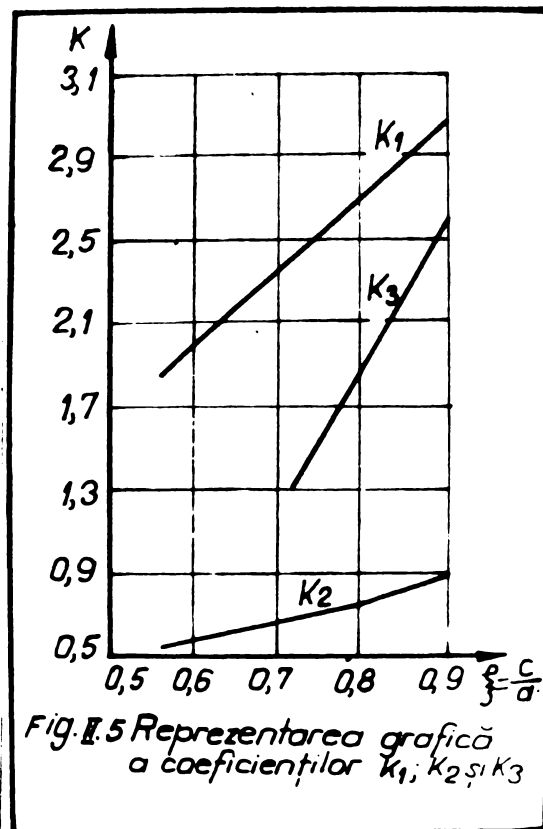
a) Efortul unitar normal în dreptul inimii profilului

[41], datorită încovoierii tîlpii în planul x-s:

$$\sigma_{lx} = \pm \frac{K_1 \cdot Pd}{t_a^2} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II. 32})$$

b) Efortul unitar normal în dreptul inimii profilului, datorită încovoierii locale a tîlpii, în planul y-s:

$$\sigma_{ly}^c = \pm \frac{K_2 \cdot Pd}{t_a^2} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II. 33})$$



e) Efortul unitar normal la marginea liberă a tălpii profilului, datorită încovoierii locale a tălpii în planul x-z:

$$\sigma_{ly}^i = \pm \frac{K_3 \cdot Pd}{t_m^2} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II.34})$$

Valoarea coeficienților K_1 , K_2 și K_3 se determină funcție de raportul:

$$\xi = \frac{c}{a}$$

din curbele prezentate în fig. II.5.

II.6.3 Eforturile unitare tangențiale.

a) Din încovoiere:

$$\tau_{v,\text{profil}} = \frac{T_M \cdot S_x}{t_i \cdot I_x} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II.35})$$

$$\tau_{v,\text{ches}} = \frac{T_M \cdot S_x}{2t_i \cdot I_x} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II.36})$$

În relația II.36:

$$t_i \cong a \quad (a \text{ grosimea sudurii de colț})$$

b) Din torsiune:

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_p^{\text{min}}} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II.37})$$

$$\tau = \tau_v + \tau_t \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II.38})$$

II.6.4 Eforturile unitare compuse.

$$\sigma_{c1} = \sigma_{x,\text{max}} + \sigma_{y,\text{max}} \leq 1,1 \cdot \sigma_a \quad (\text{II.39})$$

$$\sigma_{c2} = \sigma_{x,\text{min}} + \sigma_{y,\text{min}} \leq 1,1 \cdot \sigma_a \quad (\text{II.40})$$

$$\sigma_{c3} = \sigma_{x,\text{min}} + \sigma_{y,\text{min}} + \sigma_\ell \leq 1,2 \cdot \sigma_a \quad (\text{II.41})$$

$$\sigma_{sc} = \sigma_{xs} + \sigma_{ys} \leq \sigma_{as} \quad (\text{II.42})$$

II.6.5 Verificarea eforturilor unitare din tălpi.

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma_{\ell_x}^2 + (\sigma_{x,\text{min}} + \sigma_{\ell_y}^c)^2 - (\sigma_{x,\text{min}} + \sigma_{\ell_y}^c) \sigma_{\ell_x}} \leq \sigma_{a1} \quad (\text{II.43})$$

$$\sigma_2 = \sigma_{x,\text{min}} + \sigma_{\ell_y}^i \leq \sigma_a \quad (\text{II.44})$$

II.6.6 Eforturile unitare echivalente:

$$\sigma_{\text{ech.I}} = \sqrt{(\sigma_{x,\text{max}} + \sigma_{y,\text{max}})^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_a \quad (\text{II.45})$$

$$\sigma_{\text{ech.II}} = \sqrt{(\sigma_{x,\text{min}} + \sigma_{y,\text{min}} + \sigma_\ell)^2 + 3\tau^2} \leq 1,1 \sigma_a \quad (\text{II.46})$$

II.7 Determinarea deformației elastice (săgeții)

a) - Din sarcina nominală:

$$f_Q = \frac{R_{st} \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (\text{cm}) \quad (\text{II.47})$$

b) Din sarcina uniform repartisată:

$$f_2 = \frac{5 \cdot Q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \quad (\text{cm}) \quad (\text{II.48})$$

$$f = f_a + f_2 \quad (\text{cm}) \quad (\text{II.49})$$

c) Contrastăgata (f_c):

$$f_c = \frac{f_a}{2} + f_2 \quad (\text{cm}) \quad (\text{II.50})$$

Observatii:

- Săgeata din cabina laterală se neglijează;
- Contrastăgata, tehnologic se consideră: $f_c = L/1000$

II.8 Determinarea rigidității dinamice (t_a - timpul de amortisire al oscilațiilor):

$$t_a = \frac{\ln(2 \cdot f_a)}{P \delta} \quad (\text{s}) \quad (\text{II.51})$$

in care:

$$P = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{K_0}{m_1}} \quad (\text{Hz}) \quad (\text{II.52})$$

$$m_1 = \frac{17}{35} \cdot \frac{G_{gr.pr}}{g} + \frac{G_{el.p}}{g} \quad (\text{daN}) \quad (\text{II.53})$$

$$K_0 = \frac{48 \cdot E \cdot I_x}{L^3} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{II.54})$$

δ -decrementul logaritmic

-Cind:

$$\frac{h}{L} > \frac{1}{18} \longrightarrow \delta = 0,05$$

-Cind:

$$\frac{h}{L} \leq \frac{1}{18} \longrightarrow \delta = 0,07$$

$G_{gr.pr}$ - greutatea de calcul a grinzii principale, (daN).

II.9 Verificarea stabilității generale [3]

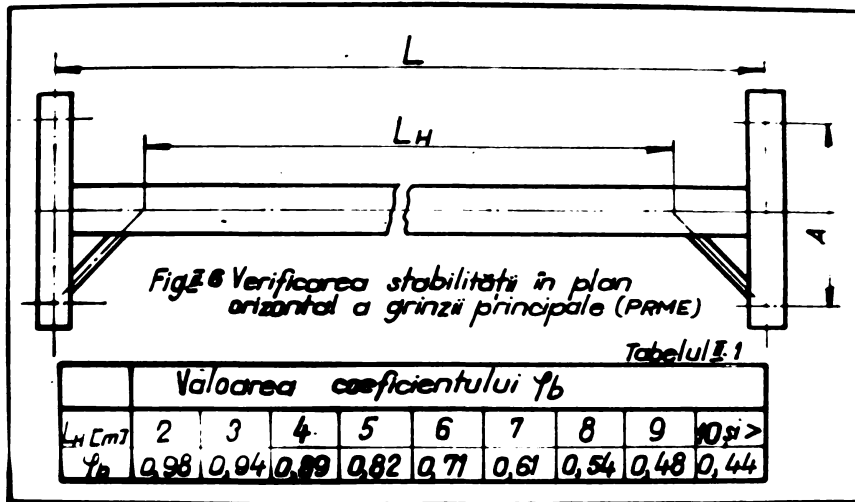
- Grinda principală profil „I” (fig. II.6).

$$\sigma_{st.profil} = \frac{M_x}{\varphi_b \cdot W_{x.min}} \leq \sigma_a \quad (\text{II.55})$$

in care:

$$M_x = R_{st} \cdot \frac{L}{4} + Q \cdot \frac{L^2}{8} \quad (\text{daNcm}) \quad (\text{II.56})$$

φ_b - coeficientul, funcție de deschiderea neconsolidată, I_{y2} (tabelul II.1).



II.10 Verificarea stabilității locale (voalare a inimii) [3c] :

$$F = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq \frac{1}{C_v} \quad (II.57)$$

în care:

$C_v = 1,4$ pentru solicitările dinamice

$$\sigma_{cr} = K_\sigma \left(\frac{t_i}{h}\right)^2 \cdot 10^7 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (II.58)$$

K_σ - vezi tabelul 27 din STAS 763/1-71, funcție de

$$\gamma = c \frac{b}{h} \left(\frac{t}{t_i}\right)^3$$

c - vezi tabelul 28 din STAS 763/1-71, pentru grinzi nesudată continuu:

$$c \approx 15 \cdot t$$

$$\tau_{cr} = \left(1,25 + \frac{0,95}{\alpha^2}\right) \left(\frac{t_i}{\alpha_v}\right)^2 \cdot 10^7 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (II.59)$$

în care:

α - ~~latura mare a panoului~~
latura mică a panoului

II.11 Verificarea stabilității locale (voalare)

a tălpii.

În conformitate cu art. 7.3.3. din STAS 763/1-71,

cînd:

$$\frac{B}{t} \sqrt{\frac{\sigma}{\sigma_a}} \leq 75$$

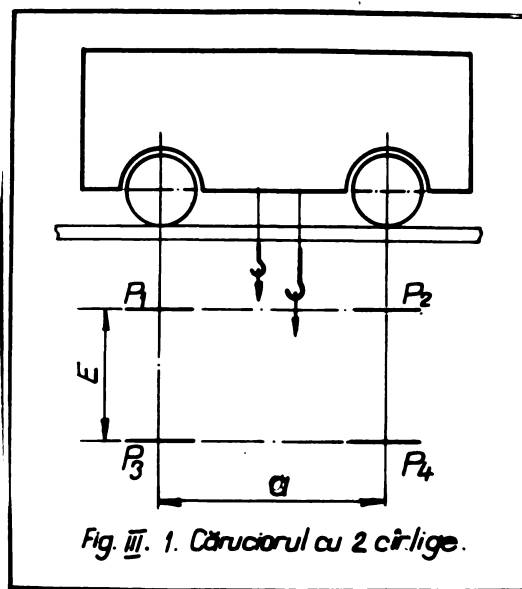
stabilitatea locală a tălpii este asigurată, nefiind necesară verificarea ei.

Observația:

Construcțiile metalice ale podurilor rulante mono-grindă cu electropalan, retipărate în „Ediția 77”, fiind încadrate în grupele de funcționare relativ mici (II și III) nu s-a impus calculul de verificare al rezistenței în exploatare (oboseală) a grindelor principale.

RELATII DE CALCUL FOLOSITE LA DIMENSIONAREA
SI VERIFICAREA GRINZILOR PRINCIPALE CMP

III.1 Presiunile pe roțile căruciorului - fig.III.1



Observație:

In calcule s-au folosit presiunile roților dinspre
podestul de circulație, P_3 și P_4 .

a) - Presiunile, fără coeficienți dinamici [79]

$$P_{3st} = P_{3c} + P_{3q} \quad (daN) \quad (\text{III. 1})$$

$$P_{4st} = P_{4c} + P_{4q} \quad (daN) \quad (\text{III. 2})$$

$$R_{st} = P_{3st} + P_{4st} \quad (daN) \quad (\text{III. 3})$$

b) - Presiunile, cu coeficienți dinamici:

$$P_{3d} = \gamma P_{3c} + \gamma P_{3q} \quad (daN) \quad (\text{III. 4})$$

$$P_{4d} = \gamma P_{4c} + \gamma P_{4q} \quad (daN) \quad (\text{III. 5})$$

$$R_d = P_{3d} + P_{4d} \quad (daN) \quad (\text{III. 6})$$

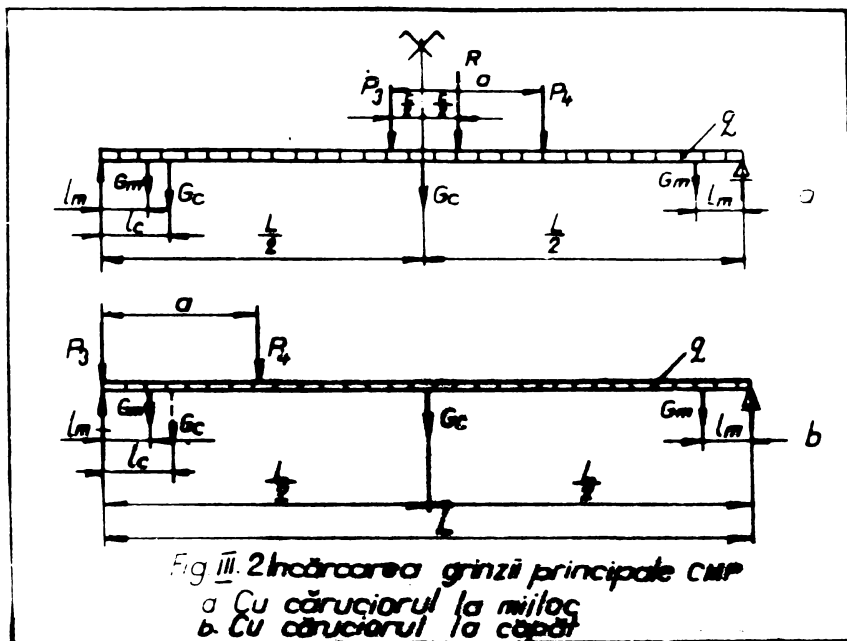
III.2 Forțe orizontale de inerție:

$$Q_H = 1,5 \frac{Q \cdot C_{cc}}{g} \quad (daN) \quad (\text{III. 7})$$

$$G_{cH} = 1,5 \frac{G_c \cdot C_{cc}}{g} \quad (daN) \quad (\text{III. 8})$$

$$G_{mH} = 1,5 \frac{G_{mec} \cdot C_{cc}}{g} \quad (daN) \quad (\text{III. 9})$$

$$R_H = 1,5 \frac{R_{st} \cdot C_{cc}}{g} \quad (daN) \quad (\text{III. 10})$$



$$M_{q2} = \psi \frac{q \cdot L^2}{8} \quad (\text{daNcm}) \quad (\text{III.11})$$

$$M_{Gc} = \psi \frac{G_{cH} \cdot L}{4} \quad (\text{daNcm}) \quad (\text{III.12})$$

$$M_{\text{mecv}} = \psi \cdot G_{\text{mec}} \cdot L_m \quad (\text{daNcm}) \quad (\text{III.13})$$

$$M_{R3} = \frac{R_d \cdot (L-c)^2}{4 \cdot L} \quad (\text{daNcm}) \quad (\text{III.14})$$

$$c = \frac{\min \{P_{3,4}\} \cdot a}{R_d} \quad (\text{cm})$$

$$M_v = M_{q2} + M_{Gc} + M_{\text{mecv}} + M_{R3} \quad (\text{daN}) \quad (\text{III.15})$$

$$M_{qH} = \frac{q_H \cdot L^2}{8} \quad (\text{daNcm}) \quad (\text{III.16})$$

$$M_{GcH} = \frac{G_{cH} \cdot L}{4} \quad (\text{daNcm}) \quad (\text{III.17})$$

$$M_{\text{mecH}} = G_{\text{mecH}} \cdot L_m \quad (\text{daNcm}) \quad (\text{III.18})$$

$$M_{R4H} = \frac{R_H \cdot (L-c)^2}{4 \cdot L} \quad (\text{daNcm}) \quad (\text{III.19})$$

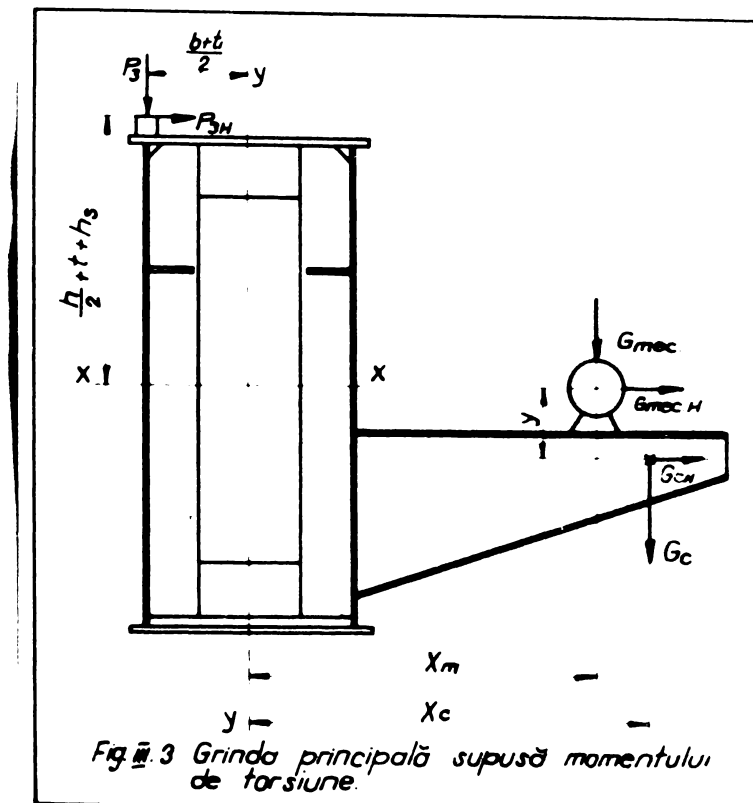
III.4 Momentul din încovoierca locală:

$$M_{il} = \frac{P_{(3,4)}^{max} \cdot d \cdot a_v}{4} \quad (daNcm) \quad (III.21)$$

in care:

a_v - distanța dintre două nervuri de rigidizare transversală.

III.5 Momentul de torsiune - fig.III.3 -



a) In plan vertical:

$$M_{tV} = \frac{P_{(3,4)}^{max}}{2} (b + t) - (X_m + X_c)(G_c + G_{mec}) \quad (daNcm) \quad (III.22)$$

b) In plan orizontal:

$$M_{tH} = P_{(3,4)H}^{max} \left(\frac{h}{2} + t + h_s \right) + G_{cH} \left(\frac{h}{2} - y \right) \quad (daNcm) \quad (III.23)$$

y - distanța de la axa $x-x$ la centrul suspendării cabinei de comandă, mecanismul motor in general, găsindu-se la nivelul axei $x-x$.

III.6 Forțele tăietoare (fig.III.2)

a) Cu câruciorul la mijlocul deschiderii:

$$T_c = \varphi \frac{G_c}{2} + P_{3d} \frac{c-L}{2L} + P_{4d} \frac{L+c-2a}{2L} \quad (\text{daN}) \quad (\text{III.24})$$

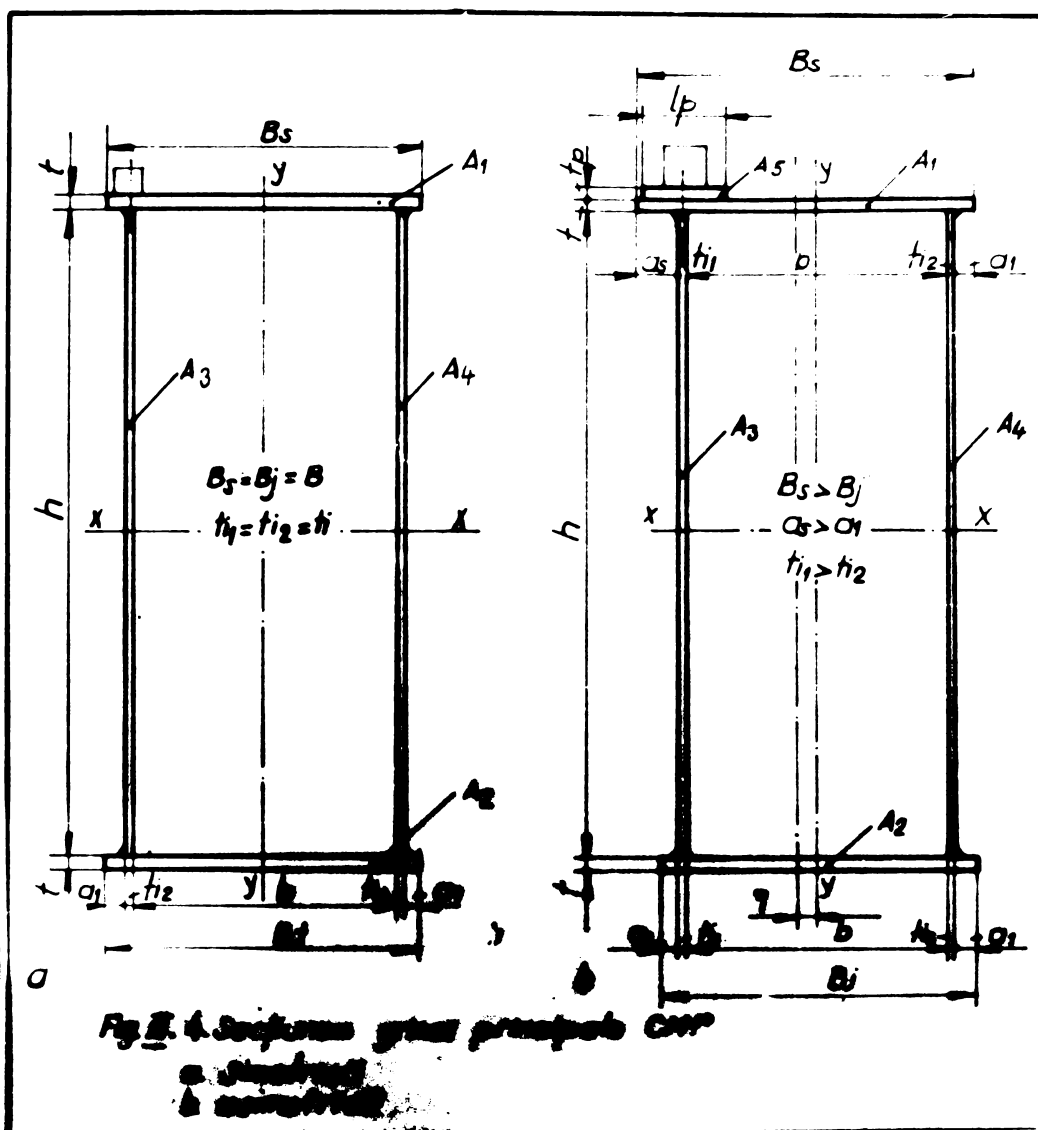
b) Cu cãruciorul în capãtul deschiderii:

$$T_{LM} = \varphi \left(\frac{2L}{2} + G_c \frac{L-200}{L} + G_{mec} \right) + P_{3d} + P_{4d} \frac{L-a}{L} \quad (\text{daN}) \quad (\text{III.25})$$

III.7 Secțiunea și caracteristicile sale geometrice.

a) Suprafața secțiunii transversale (fig.III.4)

$$A = h(t_{i1} + t_{i2}) + t(B_s + B_i) \quad (\text{cm}^2) \quad (\text{III.26})$$



b) Determinarea centrului de greutate:

$$\eta = \frac{A_1(b + 2t_{i2} + 2a_1) + A_2(b + 2a_1 + t_{i1} + t_{i2}) + A_3(t_{i1} + 2b + 2t_{i2} + 2a_1)}{2A}$$

$$+ \frac{A_4(t_{i2} + 2a_1) + A_5(t_{i1} + 2b + 2t_{i2} + 2a_1)}{2A} \quad (\text{cm}) \quad (\text{III.27})$$

Observație:

Peșă de axa x-x deplasarea centrului de greutate fiind foarte mică, se neglijează.

c) Momente de inerție:

- În raport cu axa x-x:

$$I_x = \frac{(t_{i1} + t_{i2})h^3}{12} + \frac{t \cdot B}{2}(h+t)^2 \quad (\text{cm}^4) \quad (\text{III.28})$$

- În raport cu axa y-y:

$$I_y = \frac{t \cdot B^3}{6} + h \left[t_{i1} \left(\frac{b + t_{i1} - \eta}{2} \right)^2 + t_{i2} \left(\frac{b + t_{i2} + 2\eta}{2} \right)^2 \right] \quad (\text{cm}^4) \quad (\text{III.29})$$

d) Module de rezistență:

$$W_x = \frac{2I_x}{h+2t} \quad (\text{cm}^3) \quad (\text{III.30})$$

$$W_{y\max} = \frac{I_x}{\frac{B}{2} - \eta} \quad (\text{cm}^3) \quad (\text{III.31})$$

$$W_{y\min} = \frac{I_y}{\frac{B}{2} + \eta} \quad (\text{cm}^3) \quad (\text{III.32})$$

e) Momentul de inerție local, în raport cu axa x-x

(fig. III.5):

$$I_{x\text{loc}} = \frac{t_{i1} \cdot h^3}{12} + \frac{1}{3} B \cdot t \left(\frac{h+t}{2} \right)^2 \quad (\text{cm}^4) \quad (\text{III.33})$$

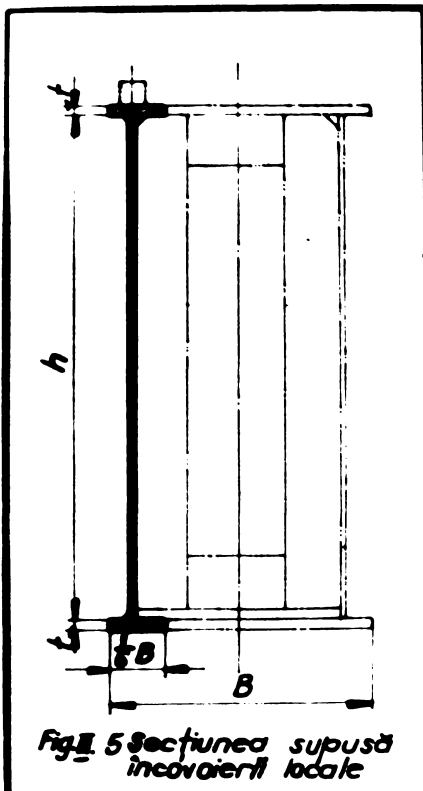


Fig. 5 Secțiunea supusă încovoierii locale

f) Modul de rezistență

local:

$$W_{x\text{loc}} = \frac{2I_{x\text{loc}}}{h+2t} \quad (\text{cm}^3) \quad (\text{III.34})$$

g) Momentul static al semi-secțiunii față de axa x-x:

$$M_{x\text{st}} = \frac{B \cdot t (h+t)}{2} + \frac{t_{i1} \cdot h^2}{4} \quad (\text{cm}^3) \quad (\text{III.35})$$

h) Suprafața transversală a miezului secțiunii:

$$A_m = \left(b + \frac{t_{i1} + t_{i2}}{2} \right) (h+t) \quad (\text{cm}^2) \quad (\text{III.36})$$

III.8 Determinarea și verificarea eforturilor unitare:

a) Eforturi unitare normale:

$$\sigma_v = \frac{M_v}{W_x} \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.37})$$

$$\sigma_{il} = \frac{M_{il}}{W_{xloc}} \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.38})$$

$$\sigma_x = \sigma_v + \sigma_{il} \leq \sigma_a \quad (\text{III.39})$$

$$\sigma_{y_{max}} = \frac{M_H}{W_{y_{min}}} \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.40})$$

$$\sigma_{y_{min}} = \frac{M_H}{W_{y_{max}}} \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.41})$$

$$\sigma_{max} = \sigma_x + \sigma_{y_{max}} \leq 1,1 \sigma_a \quad (\text{III.42})$$

b) Eforturi unitare tangențiale:

$$\tau_i = \frac{T_c \cdot M_{xst}}{(t_{i1} + t_{i2}) I_x} \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.43})$$

$$\tau_{tv} = \frac{M_{tv}}{(t_{i1} + t_{i2}) A_m} \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.44})$$

$$\tau_{tH} = \frac{M_{tH}}{(t_{i1} + t_{i2}) A_m} \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.45})$$

$$\tau = \tau_i + \tau_{tv} + \tau_{tH} \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.46})$$

c) Efortul unitar din capătul inimii, de sub șină:

$$\tau_{ti} = \frac{T_{LM}}{t_{i1} \cdot h_c} \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.47})$$

h_c - Înălțimea inimii grinzii principale, la îmbinarea ei cu grinda de capăt.

d) - Efortul unitar din presiunea locală:

$$\sigma_l = \frac{R_{(3,4)}^{max} d}{t_{i1} [2(h_s + t) + 50 \text{ mm}]} \leq \sigma_a \quad (\text{III.48})$$

e) Efortul unitar echivalent:

$$\sigma_{lch} = \sqrt{(\sigma_x + \sigma_y)^2 + \tau_l^2 - (\sigma_x + \sigma_y) \tau_l + 3 \tau^2} \leq 1,1 \sigma_a \quad (\text{III.49})$$

III.9 Determinarea deformației elastice (săgeții):

a) Din sarcina mobilă:

$$f_q = \frac{R_{st} (L - a) [3L^2 - (L - a)^2]}{2,48 \cdot E \cdot I_x} \text{ (cm)} \quad (\text{III.50})$$

b) Din sarcina uniform repartizată:

$$f_q = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \text{ (cm)} \quad (\text{III.51})$$

c) Din greutatea cabinei de comandă:

$$f_{Gc} = \frac{5,35}{h} (L - 175) \quad (\text{cm}) \quad (\text{II.52})$$

d) **Contrasăgeata:**

$$f_c = \frac{f_Q}{2} + f_Q + f_{Gc} \quad (\text{cm}) \quad (\text{III.53})$$

Observație:

Uzinele constructoare, își croiesc contrasăgeata la aproximativ $L/1000$.

III.10 Determinarea rigidității dinamice [81; 82]

$$t = \frac{\ln(2 f_Q)}{P \cdot \delta} \quad (\text{s}) \quad (\text{III.54})$$

în care:

$$P = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{K_0}{m_1}} \quad (\text{Hz}) \quad (\text{III.55})$$

$$m_1 = \frac{17}{35} \frac{Gr \cdot gr \cdot pr}{g} + \frac{G_{c\ddot{a}r.}}{2g} \quad (\text{daN}) \quad (\text{III.56})$$

$$K_0 = \frac{48 \cdot E \cdot I_x}{L^3} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (\text{III.57})$$

Cînd:

$$\frac{h}{L} > \frac{1}{18} \longrightarrow \delta = 0,05$$

Cînd

$$\frac{h}{L} \leq \frac{1}{18} \longrightarrow \delta = 0,07$$

Gr.gr.pr. - greutatea de calcul a grinzii principale (daN);

III.11 Verificarea stabilității locale (voalare)

a inimii grinzii principale - fig. III.6 [80]

III.11.1 După prescripțiile din STAS 763/1-71.

$$\text{Cînd: } 70 \leq \frac{h}{t_i} < 150$$

inimile trebuie consolidate numai cu nervuri de rigidizare transversale.

$$\text{Cînd: } \frac{h}{t_i} > 150$$

inimile trebuie consolidate și cu nervuri de rigidizare longitudinale.

a) **Cazul consolidării numai cu nervuri de rigidizare transversale (fig. III.6a)**

$$F_1 = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{cr.1}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{l.cr.1}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr.1}} \right)^2} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (\text{III.58})$$

$C_v = 1,4$ pentru cazul solicitărilor dinamice

$$\tilde{\sigma}_{cr.1} = K_0 \left(\frac{t_{ii}}{h} \right)^2 \cdot 10^7 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.59})$$

K_0 - vezi tabelul 30 STAS 763/1-71, funcție de:

$$\gamma = 2 \frac{15 \cdot t}{h} \left(\frac{t}{t_{ii}} \right)^3$$

Dacă, $\tilde{\sigma}_1 \neq 0$ și $a_v/h > 0,8$, respectiv dacă: $\tilde{\sigma}_1/\tilde{\sigma}$ au valori mai mari decât valorile reprezentate în tabelul 29 STAS 763/1-71, valoarea lui K_0 se ia din tabelul 27 (aceleași STAS).

$$\tilde{\sigma}_{lcr.1} = K_1 \left(\frac{t_i}{a_v} \right)^2 \cdot 10^7 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.60})$$

Dacă $a_v > 2h$, în formula (III.60) se introduce $a_v = 2h$

Dacă raportul $\tilde{\sigma}_1/\tilde{\sigma}$ are valori mai mici decât valorile prevăzute în tabelul 29, valoarea coeficientului K_1 se ia din tabelul 31, în formula (III.60) introducându-se $a_v/2$ în loc de

$$\tilde{\sigma}_{cr.1} = \left(1,25 + \frac{0,95}{\alpha^2} \right) \left(\frac{t_i}{d} \right)^2 \cdot 10^7 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.61})$$

α - ~~latura mare a panoului~~
latura mică a panoului

d - latura mică a panoului (a_v sau h).

b) Casul consolidării inimilor cu nervuri de rigidizare transversale și longitudinale.

Rigidizările longitudinale, față de talpa superioară s-au pus la 0,25 h. Prin urmare, rigidizările longitudinale împart inimile în două panouri:

- panoul comprimat, cuprins între talpa superioară și nervura de rigidizare longitudinală;

- panoul întins (parțial comprimat) cuprins între nervura de rigidizare longitudinală și talpa inferioară.

- Panoul comprimat - fig. III.6b.

$$F_2 = \frac{\tilde{\sigma}}{\tilde{\sigma}_{cr.2}} + \frac{\tilde{\sigma}_p}{\tilde{\sigma}_{lcr.2}} + 1,4 \left(\frac{\tilde{\sigma}}{\tilde{\sigma}_{cr.2}} \right)^2 \leq \frac{1}{C_v} \quad (\text{III.62})$$

$$\tilde{\sigma}_{cr.2} = K \frac{1}{1 - \frac{h_1}{h}} \left(\frac{t_i}{h_1} \right)^2 \cdot 10^7 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (\text{III.63})$$

Pentru:

$$\tilde{\sigma}_p \neq 0 \quad K = \frac{(1 + \alpha_1^2)^2}{4\alpha_1^2}$$

$$\alpha_1 = \frac{a_v}{h_1}$$

Dacă $\alpha_1 > 2$, în relația (III.63) se introduce $\alpha_1 = 2$.

$$\sigma_{lcr.2} = K' \frac{(1 + \alpha_1^2)^2}{\alpha_1^2} \left(\frac{t_{i1}}{a_v} \right)^2 \cdot 10^7 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad \text{(III.64)}$$



Valoarea lui K' se ia din tabelul 32 STAS 763/1-71.

$\sigma_{cr.2}$ se determină cu relația (III.62) considerând

$a = 0,25 \cdot h$

- Panoul întins - fig. III.6c -

$$F_3 = \sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr.3}} + \frac{\sigma_{l1}}{\sigma_{lcr.3}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr.3}} \right)^2} \leq \frac{1}{C_v} \quad \text{(III.65)}$$

în care:

$$\sigma_{l1} = 0,4 \cdot \sigma_l \quad \text{și} \quad \sigma_1 = 0,5 \cdot \sigma_x$$

$$\sigma_{cr.3} = \frac{1,14}{\left(0,5 - \frac{h_1}{h} \right)} \left(\frac{t_{i1}}{h} \right)^2 \cdot 10^7 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad \text{(III.66)}$$

$\sigma_{lcr.3}$ se determină cu relația (III.60), valoarea coeficientului K_1 luându-se din tabelul 31 STAS 763/1-71 pentru $\gamma = 0,8$, înlocuind pe a_v/h cu $4/3 \cdot a_v/h$

$\sigma_{cr.3}$ - se determină cu relația (III.62), considerând $d=0,75.b$.

II.11.2 După prescripțiile tehnice din STI

a) Expresia generală pentru determinarea efortului critic de comparație la voalare, este: [76;83;84;86]

$$\sigma_{cr.c}^v = \frac{\sqrt{\sigma_{ix}^2 + 3\sigma^2}}{\frac{1+\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_{ix}}{\sigma_{cr}^v} + \sqrt{\left(\frac{3-4}{4} \cdot \frac{\sigma_{ix}}{\sigma_{cr}^v}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}^v}\right)^2}} \quad (daN/cm^2) \quad (III.67)$$

in care:

σ_{ix} - efortul unitar normal de calcul in muschia inimii, in raport cu axa x-x;

σ - efortul unitar tangențial de calcul;

σ_{cr}^v - efortul unitar normal critic la voalare, avind valoarea:

$$\sigma_{cr}^v = K_{\sigma} \cdot \sigma_R^E \quad (daN/cm^2) \quad (III.68)$$

σ_{cr}^v - efortul unitar tangențial critic la voalare, avind valoarea:

$$\sigma_{cr}^v = K_{\sigma} \cdot \sigma_R^E \quad (daN/cm^2) \quad (III.69)$$

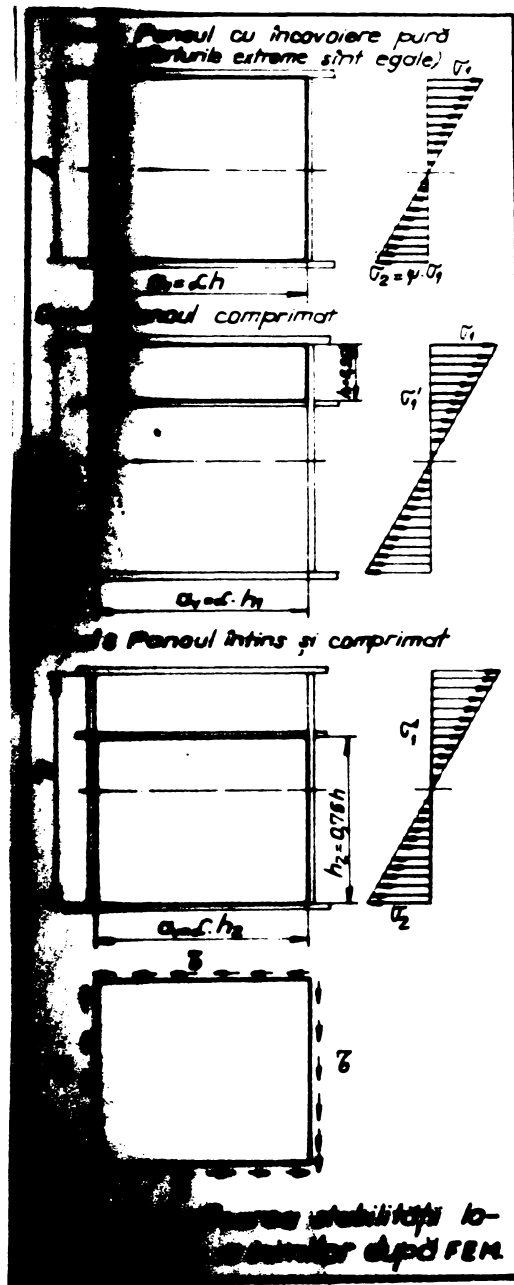
σ_R^E - efortul unitar normal de referință alulcr, care, in cazul oțelului Ol.37, are valoarea:

$$\sigma_R^E = 18980 \left(\frac{t_i}{h}\right)^2 \quad (daN/cm^2) \quad (III.70)$$

b) Coeficientul de siguranță la voalare s-a calculat cu relația:

$$V_1 = \frac{\sigma_{cr.c}^v}{\sqrt{\sigma_{ix}^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{ix} \cdot \sigma_y + 3\sigma^2}} \quad (III.71)$$

In ce priveste cazurile de voalare a inimii, ele sînt reprezentate în fig. III.7.



$$\alpha_1 = \frac{d_v}{h} \geq 1$$

$$\psi_1 = \frac{\tilde{\sigma}_2}{\tilde{\sigma}_1}$$

$$K_{\sigma_1} = 23,9$$

$$K_{\sigma_1} = 5,34 + \frac{4}{\alpha_1^2}$$

$$\alpha_2 = \frac{d_v}{h_1} \geq 1$$

$$\psi_2 = \frac{\tilde{\sigma}_1'}{\tilde{\sigma}_1}$$

$$K_{\sigma_2} = \frac{8,4}{\psi_2 + 1,1}$$

$$K_{\sigma_2} = 5,34 + \frac{4}{\alpha_2^2}$$

$$\alpha_3 = \frac{d_v}{h_2} \geq 1$$

$$\psi_3 = \frac{\tilde{\sigma}_2'}{\tilde{\sigma}_1'}$$

$$K_{\sigma_3} = 15,87 + \frac{1,87}{\alpha_3^2} + 8,6\alpha_3^2$$

dacă $\sigma_{cr,c}^v > \tilde{\sigma}_p$ ($\tilde{\sigma}_p \approx 0,8 \tilde{\sigma}_c$), se înlocuiește cu $\sigma_{cr,c,redus}^v$ (vezi tabelul de la pag. 92, F.II).

În acest caz, coeficientul de voalare ψ_v devine:

$$\psi_v = \frac{\sigma_{cr,c,redus}^v}{\sqrt{\tilde{\sigma}_{ix}^2 + \tilde{\sigma}_e^2 - \tilde{\sigma}_{ix} \cdot \tilde{\sigma}_e + 3\tilde{\sigma}_e^2}} \quad (III.72)$$

care, nu poate depăși valoarea coeficientului $\psi_v = 1,4$ (vezi art. 1.4.3 pentru cazul I F.II).

Observații:

- Normele DIN, țin seama și de presiunea locală $\tilde{\sigma}_l$, în care caz:

$$\tilde{\sigma}_{cr,c}^v = \frac{\sqrt{\sigma_{ix}^2 + \sigma_{el}^2 - \sigma_{ix} \cdot \sigma_{el} + 3\tau^2}}{\frac{1+\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_{ix}}{\sigma_{icr}} + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{el}}{\sigma_{elcr}} + \sqrt{\left(\frac{3-\psi}{4} \frac{\sigma_{ix}}{\sigma_{icr}} + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{el}}{\sigma_{elcr}}\right)^2 + \left(\frac{3}{\sigma_{cr}}\right)^2}} \quad (daN/cm^2) \quad (III.73)$$

in care:

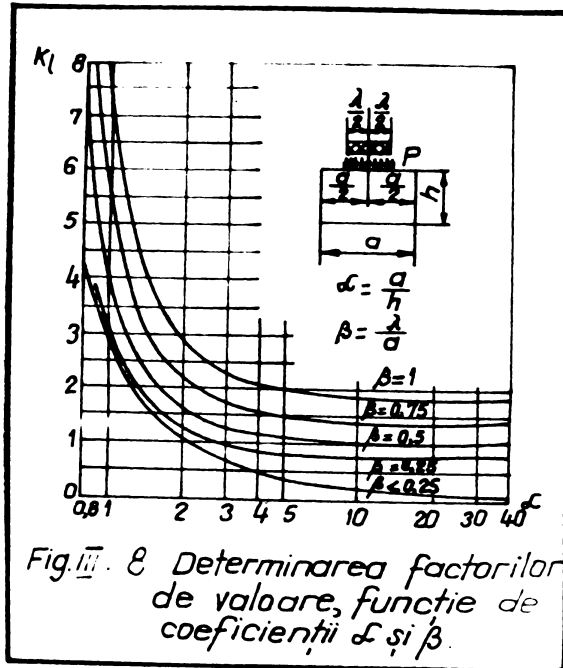


Fig. III. 8 Determinarea factorilor de valoare, functie de coeficientii α și β .

$$\sigma_{cr} = \frac{K_1 l}{\beta} \cdot \sigma_R^{VE} \quad (daN/cm^2) \quad (III.74)$$

$$\beta = \frac{\lambda}{a_v}$$

K_1 - coeficient de von-lare, care se determină din reprezentarea grafică fig. III.8, funcție de α și β . După aceste norme, verificări s-au făcut doar la câteva cazuri;

- La nici una dintre variante, valoarea admisibilă nu a fost depășită.

III.12 Verificarea stabilității locale a tălpii [30]

Luându-se aceeași condiție, ca și în cazul grinzilor principale P.N.3 (pot. II.10):

$$\frac{b}{t} \sqrt{\frac{f}{\sigma_a}} < 75$$

rezultă că stabilitatea tălpilor este asigurată.

III.13 Dimensionarea și verificarea nervurilor de rigidizare

a) Nervurile de rigidizare transversale

Lățimea:

$$b_r \geq \frac{h}{30} + 40 \text{ (mm)} \quad (III.75)$$

Grosimea:

$$t_r \geq \frac{b_r}{15} \text{ (mm)} \quad (III.76)$$

Verificarea nervurilor de rigidizare transversale:

$$I_{r,tr} \geq 3 \cdot h \cdot t_r^3 \text{ (cm}^4) \quad (III.77)$$

in care:

I_p - momentul de inerție al nervurii, față de suprafața inimii.

b) Nervurile de rigidizare longitudinală

Lățimea (b_r) și grosimea (t_r) acestora, poate fi egală sau mai mică decât a nervurilor de rigidizare transversală.

Verificarea nervurilor longitudinale se face, punând condiția ca momentul de inerție (I_{rl}) al acestora să fie cuprins între următoarele valori:

$$1,5 \cdot h \cdot t_{ij}^3 \leq I_{rl} < 3,5 \cdot h \cdot t_{ij}^3 \quad (\text{III.78})$$

III.14 Calculul de verificare al rezistenței în exploatare (oboseală) după prescripțiile tehnice din PE: [76; 86; 56; 74]

a) Coeficientul de asimetrie

$$k = \frac{\sqrt{\sigma_{x.min}}}{\sqrt{\sigma_{x.max}}} \quad (\text{III.79})$$

in care!

$\sqrt{\sigma_{x.min}}$ și $\sqrt{\sigma_{x.max}}$ sînt eforturile unitare normale de calcul, minime, respectiv maxime în secțiunea de mijloc a grinzii principale.

Pentru determinarea efortului $\sqrt{\sigma_{x.min}}$, oțuziorul gal (fără sarcină) se aduce în poziția extremă. În acest caz la mijlocul deschiderii, momentul covolter este:

$$M_{V.min} = M \left[\frac{2L^2}{8} + \frac{Gc \cdot L}{4} + Gm \cdot l_m - P_{2c} \frac{Cl}{2} \right] (daN/cm^2) \quad (\text{III.80})$$

in care:

M - coeficientul de majorare, funcție de grupa de funcționare - vezi tabelul 7 - 1.34, pag. 26 PEI).

$$\sqrt{\sigma_{x.min}} = \frac{M_{V.min}}{W_x} (daN/cm^2) \quad (\text{III.81})$$

Verificarea rezistenței în exploatare (oboseală) s-a făcut, ținînd seama de starea plană a eforturilor. În acest caz, în materialul de bază, respectiv în cusăturile sudate trebuie să se fie respectată următoarea condiție:

$$V = \left(\frac{\sqrt{\sigma_{x.max}}}{\sqrt{\sigma_{x.a}}} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{\sigma_{y.max}}}{\sqrt{\sigma_{y.a}}} \right)^2 - \frac{\sqrt{\sigma_{x.max}} \sqrt{\sigma_{y.max}}}{|\sqrt{\sigma_{x.a}}| |\sqrt{\sigma_{y.a}}|} + \left(\frac{\tau}{\tau_{xya}} \right)^2 \leq 1,0 \quad (\text{III.82})$$

in care:

$\sqrt{\sigma_{x.max}}$ și $\sqrt{\sigma_{y.max}}$ sînt eforturile unitare norma-

le maxime de calcul după cele două axe ale secțiunii transversale;

τ - efortul unitar tangențial maxim de calcul;

σ_{xa} ; σ_{ya} ; τ_{xya} - sînt eforturile unitare admisibile în exploatare (în oboseală) determinate în funcție de grupa de funcționare (II; III ...), coeficientul de asimetrie (k') și în funcție de coeficientul de amorțire al crăpăturilor (tabelul 1.45, VE20) $|\sigma_{xa}|$ și $|\sigma_{ya}|$ - valorile în modul a lui σ_{xa} și σ_{ya}

II.15 Calculul cusăturilor sudate la grinzile principale CMP

Cusăturile sudate ale grinzilor principale se verifică cu relațiile prezentate în tabelul II.1.

Calculul principalelor cusături sudate la grinzile principale CMP		Relații de calcul	
Nr. crt.	Schema îmbinării și sările	Relații de calcul	
1		$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$ $\sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$ $\tau_{xy} = \frac{Q_y}{h} G_y$ $\tau_{yx} = \frac{Q_x}{b} G_x$ $\tau = \frac{Q}{h \cdot b}$ $\tau_{max} = \sqrt{\tau^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 0,8 \tau_0$	
2		$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \leq \sigma_0$ $\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \leq \sigma_0$ $\tau_{xy} = \tau_{yx} = \frac{Q}{h} G_y \leq 0,8 \tau_0$ $\tau_{yx} = \tau_{xy} = \frac{Q}{b} G_x \leq 0,8 \tau_0$ $\tau = \frac{Q}{h \cdot b}$	
3		$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \leq \sigma_0$ $\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \leq \sigma_0$ $\tau_{xy} = \tau_{yx} = \frac{Q}{h} G_y \leq 0,8 \tau_0$ $\tau_{yx} = \tau_{xy} = \frac{Q}{b} G_x \leq 0,8 \tau_0$	
4		$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \leq \sigma_0$ $\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \leq \sigma_0$ $\tau_{xy} = \frac{Q_y}{h} G_y \leq 0,8 \tau_0$ $\tau_{yx} = \frac{Q_x}{b} G_x \leq 0,8 \tau_0$ $\tau = \frac{Q}{h \cdot b}$ $\tau_{max} = \sqrt{\tau^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 0,8 \tau_0$	
5		$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$ respectiv $\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \leq \sigma_0$ $\tau_{xy} = \frac{Q_y}{h} G_y$ respectiv $\tau_{yx} = \frac{Q_x}{b} G_x \leq 0,8 \tau_0$ $\tau = \frac{Q}{h \cdot b}$ $\tau_{max} = \sqrt{\tau^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 0,8 \tau_0$ $\tau_{max} = \sqrt{\tau^2 + 3\tau_{yx}^2} \leq 0,8 \tau_0$	

INSTITUTUL POLITEHNIC
TIMISOARA
BIBLIOTECA CENTRALA

B I B L I O G R A P I E

1. Nicolae Ceaușescu : Convintare la Consfătuirea națională a cercetării științifice și proiectării - 25 octombrie 1974. Rezoluția Conferinței naționale a cercetării științifice și proiectării.
2. Nicolae Ceaușescu : Convintare la Consfătuirea de lucru la Comitetul Central al Partidului Comunist Român, consacrată activității în domeniul proiectării și construcțiilor industriale - 23 septembrie 1976.
3. Nicolae Ceaușescu : Consfătuirea de lucru la Comitetul Central al Partidului Comunist Român, consacrată activității în domeniul cercetării științifice și proiectării tehnologice - 2 octombrie 1976.
4. Nicolae Ceaușescu : Raportul Comitetului Central cu privire la activitatea Partidului Comunist Român în perioada dintre Congresul al XI-lea și Congresul al XII-lea și sarcinile de viitor ale partidului.
 - Programul - directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic în perioada 1981-1990 și direcțiile principale până în anul 2000.
5. Daranov G.M. ș.a. : Tehnologia producției surselor de construcții. Indetelstve „Maşinostroenie” Moskva 1966.
6. Bagiu Ioniță : Studiu cu privire la Organizarea fabricației mașinilor și instalațiilor de ridicat la întreprinderea mecanică Mișcoara. Fază de dezvoltat. Institutul Politehnic „Traian Vuia” Mișcoara.
7. Belenov H. M. : Asistența materialelor, București, Editura tehnică, 1956.
8. Boguslavskii E.P. : Metalocășie construcții grupopedicilor Mașini scarașeni Moskva, 1961.
9. Efimov G. : Maști proiectivării, Moskva, 1966.
10. Ernst Hellert : Die Hebesenke Band I, II și III, FRIDR. VIEWEG SOHN, BRAUNSCHWEIG, 1960.

11. Paltus Fr. : Prvky, ocelových konstrukcí, Praha, Nakladatelství československé akademie Ved., 1962.
12. Pluturcă Șt. ș.a.: Indreptar pentru construcții metalice. Editura tehnică, București, 1964.
13. Sobberg H.K.: Construcții metalice ale mașinilor de ridicat și transportat (traduceri din limba rusă) IOT, București, 1965.
14. Gregor A. : Der praktische Stahlbau. Berechnung des statisch bestimmten Tragwerke. Berlin Verlag für Bauwesen, 1960.
15. Heinrich S. : Mașini de ridicat și transportat. București, Editura tehnică, 1960.
16. Ionescu Gheorghe: Tehnologia construcțiilor sudate. Sditura de stat didactică și pedagogică, București, 1962.
17. Indin H.D. : Metaliceschie construcții Moskva, 1957.
18. Ligocenco H.K.: Avarii metaliceskih construcții zdani i soorujenii. Izdatelstvo literatury po stroitelstvu Leningrad 1969.
19. Malisius R. : Schumpfungan, spannungen und Risse beim Schweißen.
20. Mateescu Dan: Înălțimea optimă a grinzilor sudate cu inimă plină simplă rezecate. Minigoara, I.P.T. Tom 5 (19), 1960.
21. Mateescu Dan: Construcții metalice. Exemple de calcul. București, Editura didactică și pedagogică, 1962.
22. Mateescu Dan: Calculul sudurilor sudate. Institutul Politehnic Iași: nic Traian Vuia Minigoara, 1975.
23. Melhardt A. H.: Imbinări sudate supuse la solicitări statice și variabile. Proiectare - calcul - execuție. Traducere din limba germană, IOT, București, 1957.
24. Mocanu D. R.: Cu privire la dimensionarea prevăzută în STAS 763 - 1966 pentru cusăturile laterale ale imbinărilor sudate. Standardizarea nr. 7-1969.
25. Mocanu D.R. : Construcții la studiul distribuției eforturilor unitare în imbinările sudate prin cusătură de colț. Tesă de doctorat I.P. Iași.
26. Babanov K.K.: Metaliceschie construcții, Moskva, Gostroisdat, 1963.
27. Negoițescu Șt. Controlul măsurilor și construcțiilor sudate. Institutul Politehnic "Traian Vuia", Minigoara. Institutul de subingineri Iași, 1978.

28. Neumann Al. : Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure, Teil I u II. VEB Verlag Technik Berlin, 1955.
29. Neumann Al. : Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure, Teil III. Maschinen und Kesselbau, VEB Verlag Technik, Berlin, 1968.
30. Neumann Al. : Probleme în legătură cu rezistența la oboseală a îmbinărilor sudate. Traducere din limba germană, IDT, București, 1962.
31. Nicolaiev A.G. : Svarđi construcții Maghiz, Moskva, 1962.
32. Skerblom O.N. : Proiectarea constructiv-tehnologică a construcțiilor sudate. Traducere din limba rusă. IDT, București, 1965.
33. Otręcho S.A. : Elemente de construcții, București GHD, 1950.
34. Pop Gavrilă : Sudarea și tăierea metalelor cu gaze la OMI, IDT, 1958.
35. Pop Gavrilă : Sudarea electrică aplicată la OMI, IDT, 1959.
36. Pop Gavrilă : Tăierea autogenă cu oxigen, IDT, 1962.
37. Pop Gavrilă : Pregătirea tehnologică la operații de sudare, IDT, 1963.
38. Pop Gavrilă : Sudarea cu arc electric acoperit la OMI, Constatările de sudură și însereări de metale. Baza Academiei R.P.R., Filiala Timișoara, 1956.
39. Pop Gavrilă : Oboseala elementelor componente la construcțiile metalice ale macaralelor. Influența diferiților factori asupra rezistenței la oboseală a acestora. Sesiunea comunicărilor IOMI, București 22-23 iunie 1964.
40. Pop Gavrilă : Calculul săgeții provenită din sudură la grinziile podurilor rulante și consecințele acesteia. Sesiunea comunicărilor IOMI București 22-23 iunie 1964.
41. Pop Gavrilă : Concepție nouă în construcția metalică a podurilor rulante electrice monogrindă. Sesiunea de comunicări tehnico-științifice IOMI - Timișoara, 1968.
42. Pop Gavrilă : Criterii de stabilire a tipurilor de îmbinări sudate în construcții de mașini și de ridicat. Sesiunea de comunicări tehnico-științifice IOMI - Timișoara, 1968.
43. Pop Gavrilă : Calculul și concepția construcțiilor metalice pentru podurile rulante tipizate. Sesiunea de comunicări tehnico-științifice, IOMI - Timișoara, 1978.

44. Pop Gavrilă : Alegerea optinii și calculul principalelor îmbinări sudate la construcțiile metalice ale podurilor rulante. Cursuri CNIT, vol.9, 1972.
45. Pop Gavrilă : Alcătuirea prin sudare a grinzilor principale de egală rezistență. Cursuri CNIT, vol.9, 1972.
46. Pop Gavrilă : Posibilitatea folosirii oțelurilor slab alia-te (09.02 și 17.13) la construcțiile sudate pentru mașini de ridicat. Cursuri CNIT, vol. 9, 1972.
47. Pop Gavrilă : Influența tensiunilor remanente asupra rezistenței la oboseală a îmbinărilor sudate la structurile de rezistență a mașinilor de ridicat, CNIT, vol. 8, 1972.
48. Pop Gavrilă : Normă de control în construcțiile sudate pentru mașinile de ridicat, CNIT, vol.10, 1972.
49. Pop Gavrilă : Reducerea consumului de metal prin re-proiectarea structurilor sudate de tip cheson pentru podurile rulante. Sesiunea de comunicări științifice. Institutul Politehnic "Gheorghe V. V. Bălan Vula" Facultatea de Mecanică, Timișoara, 1979.
50. Pop Gavrilă : Retipizarea construcțiilor metalice pentru podurile rulante. A II-a Conferință de construcții metalice, cu participare internațională. Institutul Politehnic "Gheorghe V. V. Bălan Vula" Facultatea de Construcții Timișoara, 1979.
51. Pop Gavrilă : Calculul îmbinărilor sudate în construcțiile metalice ale podurilor rulante. Buletinul de informare tehnică 1/71. ICPEHR - Timișoara.
52. Pop Gavrilă : Sfaturi pentru realizarea unor construcții sudate după o concepție rațională - cazuri concrete - (extras din ghidul sudurului electric - Franța). Buletin de informare nr. 14, septembrie 1978, ICHEARTU - Timișoara.
53. Pop Gavrilă : Despre avarii în construcțiile metalice sudate, Buletinul de informare nr. 12, 13 - 1979, CCSTIERTU Timișoara.
54. Pop Gavrilă : Alegerea oțelurilor pentru construcțiile metalice ale podurilor rulante - după FEM - . Buletinul de informare nr. 16 - 1979 CCSTIERTU Timișoara.

55. Popescu V. : Construcții metalice industriale. București. Editura tehnică, 1978.
56. Popinescu M. : Contribution au calcul des assemblages soudés aux sollicitations statiques et à la fatigue, simples et composés fondés sur des recherches expérimentales. Bulletin Institutului Politehnic Iași, Tom. XIV, 1968.
57. Popovici Vladimir, Tehnologia construcțiilor sudate, Editura Științelor Institutului Politehnic Timișoara, 1967.
58. Roșu Daniel : Alcătuirea eficientă a barelor și grinzelor metalice. Teză de doctorat, Institutul Politehnic Timișoara.
59. Sălăgean Tr.: Fenomene fizice și metalurgice la sudarea cu arc electric a oțelurilor. Editura Academiei R.P.R., 1963.
60. Sălăgean Tr.: Oțeluri pentru structuri sudate. Editura Științelor Timișoara, 1974.
61. Sălăgean Tr.: Sudarea cu arc electric. Editura Științelor Timișoara, 1977.
62. Seferian D.: Metallurgie de la soudure. Dunod, Paris, 1969.
63. Surgeanu I.: Electrozi și filouri pentru sudare.
64. Sarlău Constantina: Tensiuni și deformații în îmbinări și construcții sudate. Cursuri ONIT, vol. 8, 1972.
65. Sarlău Constantina: Salaria verticală cu arc în mediu de dioxid de carbon cu forțarea dirijată a cusăturii. Lucrare de doctorat, Institutul Politehnic „Traian Vuia” Timișoara.
66. Sarlău Constantina: Mașini și construcții sudate (pentru cubingineri) micrografia Institutului Politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1977.
67. Sarlău Constantina; ș.a.: Cercetări privind sudarea automată sub flux a îmbinărilor cap la cap și de colț la ansamble sudate pentru mașini de ridicat. Contract I.R. - I.P. „Traian Vuia” Timișoara, 1975.
68. Sarlău Constantina; ș.a.: Cercetări privind realizarea eficientă a îmbinărilor de colț. Comunicare. Universitatea din Brașov, 1980.
69. Schimpke/Korn/Ruge: Berechnen und Entwerfen der Schweisskonstruktionen, 1969 Springer - Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg.

70. **Smilovici și Killian** : Indrumător pentru îmbinări sudate.
Editura tehnică, București, 1962.
71. **Podarescu C.G., Mocanu D.R., Baga M.** : Imbinări sudate. Editura tehnică, București, 1972.
72. **Podarescu C.G., Mocanu D.R.** : Calculul și încercarea îmbinărilor sudate. Ediția II, Editura tehnică, București.
73. **IIS/IIW** : Formules de calcul des assemblages soudés. Doc. IIS/IIW. 239-64 (Ex. Doc. 2 - 156-63)
74. **IIS/IIW** : Comportement et fatigue sous flexion plane de poutres composées par soudage. Doc. IIS-IIW-XV-339-73.
75. **IIS/IIW** : Guide fondamental pour la conception des constructions soudées en acier. Doc. IIS/IIW-IV-341-73.
76. **x x x** : **PM (MEDANA ION BURZURENIE DE LA TRANSECTION)**. Regles pour la calcul des appareils de levage. 2^o Edition - Decembrie 1970.
77. **Colecția ISCIR** : - **G₁-76**. Prescripții tehnice pentru proiectarea, construirea, montarea, exploatarea și verificarea macinulelor, mecanismelor de ridicat și dispozitivelor auxiliare. Oficial de informare documentară, București, 1977.
78. **Colecția ISCIR** : - **G₂₀-70**. Instrucțiuni tehnice pentru stabilirea calității îmbinărilor sudate cap la cap controlate prin radiații x sau gama la instalații mecanice sub presiune și de ridicat. Editura tehnică, București, 1971.
79. **STAS 8290-72** : Instalații de ridicat. Principii de calcul pentru construcția metalică.
80. **STAS 763/L-71** : Construcții civile, industriale și agricole. Prescripții pentru proiectarea construcțiilor metalice.
81. **GOST 7131-64** : Краны мостовые. Технические требования. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Издательство „Техника” Киев - 1970.
82. **CSN 27003-1970** : **NAVROVARI OCELOVYCH KONSTRUKCI JERANE VIPOCET PODLE METODU STAVICI.**
83. **TGL.13470** : Stählen, Stahltragwerke der Hebezeuge. Berechnung, Bauliche Durchbildung.
84. **T.N.13500** : Stählen, Stahltragwerke. Berechnung, Bauliche Durchbildung.

85. DIN 15018 : Krane. Grundrisse für stahltragwerke. Berechnung.
86. DIN 4114 : Stahlbau, Stabilitätsfälle. Berechnungsgrundlagen Richtlinien.
87. B. S. 2573 : SPECIFICATION FOR PERMISSIBLE STRESSES IN WELDS. Part.1.1966.Structures.
88. Răspunsul VI.: Măsurarea și unificarea - componente de bază ale planificării producției industriale. OPTIMAL 1/1973.
89. Hibos Cheorghis ș.a.: Anale matematice ale teoriei fiabilității. Editura Dacia, Cluj-Napoca 1976.

C O N T I N U T U L

	PAGE
INTRODUCERE	1
1. STADIUL ACTUAL PRIVIND REDUCEREA CONSUMULUI DE METAL PRIN REALIZAREA EFICIENTA A GRINZILOR PRINCIPALE PENTRU PODURILE RULANTE	3
1.1 Causale consumului mărît de metal la construcțiile metalice ale podurilor rulante	3
1.2 Implicațiile care au decurs din construcțiile metalice grele ale podurilor rulante	4
1.3 Tendințe noi în realizarea, cu consum redus de metal, a grinzilor principale pentru podurile rulante	4
2. FACTORII CARE DETERMINA CALITATEA DE REZISTENȚĂ ÎN CHEARĂ ȘI FIABILITATEA GRINZILOR PRINCIPALE PENTRU PODURILE RULANTE	6
2.1 Clasa de utilizare	6
2.2 Starea de încărcare	7
2.3 Grupa de funcționare	9
2.4 Clase de ridicare	9
2.5 Coeficienți dinamici	10
2.5.1 Coeficientul dinamic la translația podului rulant ψ	10
2.5.2 Coeficientul dinamic la ridicare ψ	11
2.6 Cazurile de amorsare posibilă a fisurilor la îmbinările sudate, aparținând grinzilor principale	12
2.7 Fiabilitatea grinzilor principale ale podurilor rulante	12
3. CONCEPȚIA EFICIENTĂ A GRINZILOR PRINCIPALE PENTRU PODURILE RULANTE	14
3.1 Elemente hotărâtoare în alcătuirea eficientă a secțiunii tip cheșon	18
3.2 Înălțimea optimă a grinzilor principale (GMP), cu consum minim de metal	24
3.2.1 Determinarea înălțimii optime a secțiunii grinzii principale	24
3.3 Optimizarea secțiunilor tip cheșon pentru grinzile principale ale podurilor rulante	32

	202a
3.3.1 Optimizarea secțiunilor tip cheșon pentru grinzile principale PRM	32
3.3.2 Optimizarea secțiunilor tip cheșon pentru grinzile principale CKP	34
3.4 Stabilirea formei și dimensiunilor geometrice ale grinzilor principale	40
3.5 Raportul dintre înălțimea grinzii principale (h) și deschiderea podului rulant (L)	42
4. PROIECTAREA CONSTRUCȚIV-TEHNOLOGICĂ A GRINZILOR PRINCIPALE CU SECȚIUNE TIP CHEȘON PENTRU PODURILE RULANTE TIPIZATE	44
4.1 Incadrarea grinzilor principale ale podurilor rulante, privind proiectarea și execuția, în prevederile standardelor și normelor în vigoare	44
4.2 Încălziri care acționează asupra grinzilor principale	45
4.2.1 Încălziri permanente	46
4.2.2 Încălziri temperare	46
4.2.3 Încălziri excepționale	49
4.2.4 Gruparea încălzirilor	51
4.3 Materiale folosite la grinzile principale ale podurilor rulante, în construcție sudată	52
4.3.1 Alegerea materialelor de bază destinate grinzilor principale	52
4.3.2 Alegerea materialelor de ados pentru sudarea grinzilor principale	57
4.4 Calculul de dimensionare și verificare a grinzilor principale	60
4.4.1 Calculul de dimensionare și verificare a grinzilor principale PRM	60
4.4.2 Calculul de dimensionare și verificare a grinzilor principale CKP	65
4.4.3 Calculul cusăturilor sudate la grinzile principale	73
4.4.4 Măsurătorile electrotensometrice aplicate grinzilor principale	80
5. REALIZAREA PRIN SUDARE A GRINZILOR PRINCIPALE PENTRU PODURILE RULANTE	88
5.1 Alcătuirea eficientă a secțiunii grinzilor principale	88

	MMa
5.2 Studiu privind aplicarea sudării automate sub flux la îmbinările cap la cap și de colț ale grinzilor principale	91
5.2.1 Cercetări privind tehnologia de sudare subflux sub flux a îmbinărilor cap la cap fără prelucrarea muchiilor	92
5.2.2 Cercetări privind tehnologia de sudare subflux sub flux a îmbinărilor de colț fără prelucrarea muchiilor	106
5.3 Tehnologia de pregătire, asamblare-sudare și control aplicată în realizarea grinzilor principale	121
5.3.1 Asamblarea-sudarea grinzilor principale FME	124
5.3.2 Asamblarea-sudarea grinzilor principale CIP	129
5.3.3 Asamblarea-sudarea grinzilor principale cu grinzile de capăt	138
5.3.4 Controlul îmbinărilor sudate aparținând grinzilor principale	141
5.4 Calculul deformațiilor la principalele îmbinări sudate ale grinzilor principale	145
5.5 Capacitatea de lucru a îmbinărilor sudate cap la cap și de colț la grinzile principale	150
5.5.1 Calculul tensiunilor remanente de sudare și a tensiunilor reactive	152
5.6 Transportul și depozitarea grinzilor principale. Montarea grinzilor	158
6. ASPECTE ECONOMICE	159
6.1 Economie realizată prin proiectare	159
6.1.1 Economie realizată în proiectare prin folosirea calculatoarelor electronice	159
6.1.2 Economie realizată în proiectare prin elaborarea documentației de execuție în mod centralizat într-o formă mult simplificată	161
6.2 Economie prin execuție	164
6.2.1 Folosirea pe scară largă a profilelor din tablă îndoită	164
6.2.2 Alegerea podestelor de circulație din tablă cu lățimi modulate	165
6.2.3 Concepția constructiv-tehnologică în soluție eficientă a unor subansamble	165
6.2.4 Raționalizarea execuției unor cusături sudate care să permită aplicarea și extinderea sudării automate și semiautomate	167

7. CONSIDERATII FINALE	169
7.1 Cu privire la optimizarea secțiunilor tip cheson pentru grințile principale ale podurilor rulante	169
7.1.1 Optimizarea secțiunilor pentru grințile principale PRR	169
7.1.2 Optimizarea secțiunilor tip cheson pentru grințile principale CMP	170
7.2 Cu privire la calculul de dimensionare și verificare a grinzilor principale pentru podurile rulante	171
7.3 Cu privire la elaborarea documentației tehnice de execuție în mod centralizat și simplificat	172
7.4 Cu privire la proiectarea constructiv-tehnologică cu largi posibilități tehnologice de execuție	173
7.5 Perspective de cercetare pe baza rezultatelor obținute în prezenta lucrare	174
8. CONTRIBUTII ORIGINALE	175
8.1 Optimizarea secțiunilor tip cheson pentru grințile principale	175
8.2 Modernizarea calculului de dimensionare și verificare a grinzilor principale pentru podurile rulante	176
8.3 Elaborarea centralizată și simplificată a documentației de execuție	176
8.4 Modificări de îmbunătățire constructiv-tehnologică ale unor subansamble aferente grinzilor principale	176
ANEXA I. STANDARDS COMPLEMENTARE, NEVIND PROIECTAREA SI UZINAREA GRINZILOR PRINCIPALE PENTRU PODURILE RULANTE	181
ANEXA II. RELATII POLOSITE LA DIMENSIONAREA SI VERIFICAREA GRINZILOR PRINCIPALE PRR	183
ANEXA III. RELATII DE CALCUL POLOSITE LA DIMENSIONAREA SI VERIFICAREA GRINZILOR PRINCIPALE CMP	192
BIBLIOGRAFIE	206