266

Prof. dr. **EUGEN CAZIMIROVICI**

290832

TEHNOLOGIA LAMINĂRII



039398
B.C.U. - IASI

Editura BREN,
Bucureşti 2001



Copyright © BREN, 2001
Toate drepturile sunt rezervate editurii.

Adresa: EDITURA BREN
Str. Lucăceşti nr. 12, sector 6
Bucureşti
Tel/Fax: 223.43.47
637.21.55

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
CAZIMIROVICI, EUGEN
Tehnologia laminării / prof. dr. Eugen Cazimirovici – Bucureşti : Bren, 2001
p. ; cm.
Bibliogr.
ISBN 973-8143-61-6

621.77

Bun de tipar: 26.09.2001
ISBN 973-8143-61-6

IMPRIMAT ÎN ROMÂNIA
Tipar: BREN PROD s.r.l.

19. IUN. 2002

PREFAȚĂ

*Lucrarea **"TEHNOLOGIA LAMINĂRII"** își propune să prezinte celor cu preocupări în domeniul laminării, particularitățiile tehnologice ale proceselor de încălzire, laminare și racire pentru principalele tipuri de laminate și linii de laminare .*

Astfel această lucrarea ofera informații cu privire la tipurile de sortimente și semifabricate obținute prin laminare, pregătirea semifabricatelor în vederea laminării, tipurile de linii de laminare specifice fiecărui tip de produs laminat (cu exemple concrete din siderurgia românească), tehnologiile de laminare a semifabricatelor, profilelor, produselor plate și tubulare, cât și principalele tehnologii de fabricație a țevilor sudate.

*Având în vedere conținutul acestei lucrări, consideram că aceasta se **adresează unei palete largi de studenți, doctoranzi și specialiști cu preocupări în domeniul laminoarelor.** Astfel lucrarea este necesară în primul rând studenților din toate facultățile de Știința și Ingineria Materialelor, care se vor specializa în domeniul deformării plastice prin laminare, dar va fi utilă și inginerilor din cercetare, proiectare și exploatare, specialiști în domeniul deformării plastice prin laminoare.*

Autorul aduce și pe această cale sincere mulțumiri și totala gratitudine celor, prin a căror aport financiar, s-a reușit editarea acestei lucrări:

Domnului Prof.dr.ing.Volker Deutsch patronul firmei KARL DEUTSCH din Germania

Domnului ing.Raimund Zeman reprezentantul firmei KARL DEUTSCH în România

Domnului Ing. Ion Mănescu director general al S.C."CONSTAM GRUP" S.A. - Buzău

621.771
Lemmore

Cuprins

Prefaţa.....1

Cap.1. - Produse laminate şi semifabricatele destinate laminării.....3

1.1.- Produse laminate.....3
1.2.- Semifabricate destinate laminării.....8

Cap.2. - Pregătirea semifabricatelor în vederea laminării.....15

2.1.- Controlul de calitate al semifabricatelor.....16
2.2.- Defectele semifabricatelor.....17
2.3.- Îndepărtarea defectelor semifabricatelor.....24
2.4.- Tratamente termice primare aplicate semifabricatelor.....28
2.5.- Încălzirea laminatelor în vederea laminării.....29

Cap.3. - Laminarea semifabricatelor.....43

3.1.-Laminarea blumurilor şi bramelor.....43
3.2.-Laminarea ţaglelor şi platinelor.....54

Cap.4. - Laminarea profilelor.....59

4.1.-Noţiuni generale.....59
4.2.-Construcţia liniilor de laminare.....60
4.3.- Tehnologia de laminare.....66
4.4.- Defectele profilelor laminate.....88

Cap.5. - Laminarea produselor plate.....89

5.1.-Noţiuni generale.....89
5.2.- Construcţia liniilor de laminarepentru produse plate.....90
5.3.- Tehnologia laminării tablelor groase.....96

5.4.- Tehnologia laminării la cald a benzilor late.....100
5.5.- Tehnologia laminării la cald a benzilor înguste.....102
5.6.- Tehnologia laminării la cald a tablelor subțiri în foi.....104
5.7.- Tehnologia laminării la rece a benzilor late.....107
5.8.-Defectele produselor plate.....119

Cap.6. - Laminarea produselor tubulare.....121

6.1.-Noțiuni generale.....121
6.2.-Tehnologia de laminare la cald a țevilor.....122
6.3.- Tehnologia de laminare la rece a țevilor.....145
6.4.- Defectele de laminare ale produselor tubulare.....160

Cap.7.-Tehnologia de fabricare a țevilor sudate.....163

7.1-Noțiuni generale.....163
7.2.- Fabricarea țevilor prin formare și sudare la cald (procedeul Frez-Moon).....164
7.3. Fabricarea țevilor sudate pe generatoare formate la rece.....166
7.4. Fabricarea țevilor sudate elicoidal.....177

Bibliografie.....181

Capitolul 1.

Produse laminate şi semifabricatele destinate laminării

1.1.- Produse laminate

Din producţia de oţel a statelor cu o industrie siderurgică desvoltată peste 80% se prelucrează prin laminare. Astfel de exemplu, din producţia României de oţel a anului 2000 cifrată la 4,7 milioane de tone (locul 28 în lume), a fost pralucrată prin laminare o cantitate de circa 3,6 milioane tone respectiv 77,4 [1].

Tipurile principale de produse laminate şi semifabricatele din care acestea sunt obţinute sunt redate în figura 1.1 în care se prezintă şi fluxul genarel al producţiei de laminate.

Produsele obţinute prin laminare se împart în următoarele patru grupe:

- Produse lungi (profile);
- Produse plate;
- Produse tubulare;
- Produse cu destinaţie specială.

1.1.1.- Produsele lungi (profilele) au ponderă în momentul de faţa doar de circa 29.6% din volumul producţiei de laminate a României, pondera în continuă scadere din 1990 (când se cifra la 48,3%) şi pâna înprazent. O evolutie similara observându-se însă şi pe plan mondial.

Aceste produse se pot clasifica după urmatoarele criterii:

= destinaţia profilului, în:

– ***profile de uz general,*** în care sunt cuprinse profilele rotund, pătrat, lat, hexagonal, I, U, Z, T, cornier, etc.;

– ***profile speciale*** (fig.1.2) cum sunt sina C.F., şina de tramvai, şenila de tractor, armătura de mină, profilul de jantă, profilele H, sigma, omega, etc.

= forma secţiunii lor transversale, în:

– ***profile simple*** cum sunt profilele rotund, pătrat, lat, hexagonal, etc.;

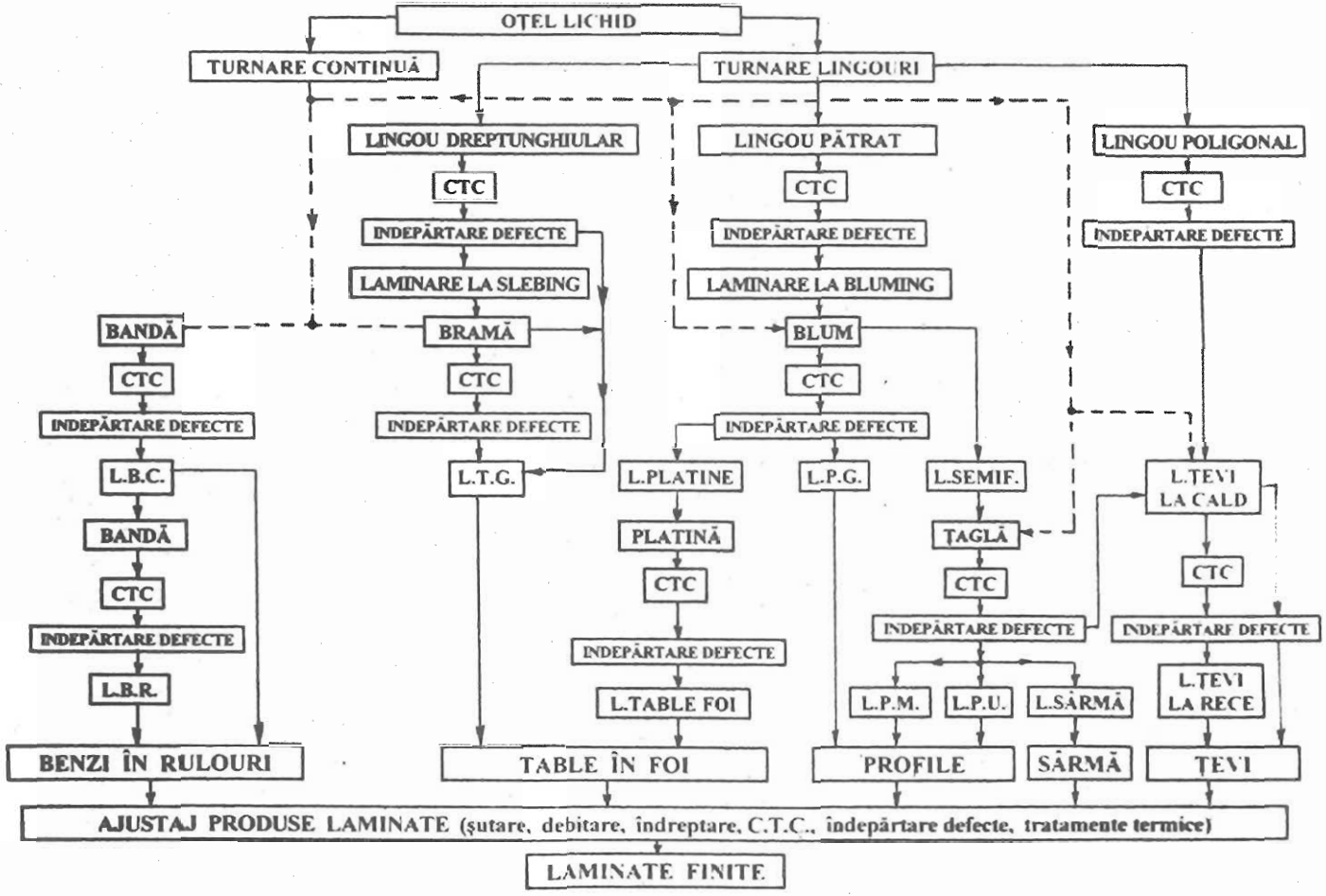


Fig.1.1. Fluxul general al laminării semifabricatelo

– ***profile fasonate*** sau cu aripi, ca profilele I, U, Z, T, cornier, sină CF, etc.

= masa unitară a profilului, respectiv după dimensiunile acestuia (tabelul 1.1), în profile ***grele***, profile ***mijlocii***, profile ***uşoare*** şi ***sârmă laminată.***

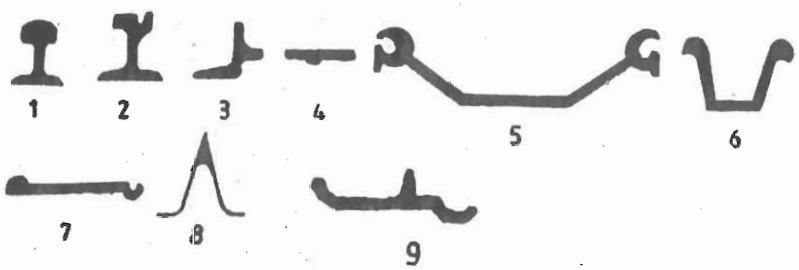


Fig.1.2.Unele din principalele tipuri de profile speciale:
1-Sină C.F.; 2-Sină de tramvai; 2-profil z pentru vagoane; 4-profil lat cu bulb; 5-profil palplanşă; 6-profil armătură de mină; 7- profil de jantă de autocamion; 8- profil pinten pentru senilă de tractor; 9-şenilă de tractor

1.1.2.- Produsele plate reprezintă grupa sortimentală în care sunt cuprinse tablele, şi benzile laminate la cald şi la rece, a căror ponderă în producţia de laminate a crescut continuu atât în România cât si pe plan mondial. Astfel daca în anul 1990 produsele plate reprezentau 51,8%, în momentul de fata, acestea au o pondera de circa 69,6% din volumul total de produse laminate [1].

Tablele în funcţie de grosimea lor se împart după unele norme în:

– ***table groase,*** când grosimea lor este peste 4 mm.
– ***table subţiri*** cu grosimi sub 4 mm.

sau după alte norme în:

– ***table groase,*** când grosimea lor este peste 4,75 mm.
– ***table mijlocii*** cu grosimi între 3…4.75 mm.
– ***table subţiri*** cu grosimi sub 3 mm.

In ceea ce priveşte lăţimea tablelor, aceasta variază între 2000…4500 mm., în cazul tablelor groase (STAS 437-87) destinate construcţiilor de maşini, recipienţilor sub prasiune şi construcţiilor navale, pentru care grosimile pot ajunge până la 150 mm., şi respectiv între 500…1000 mm. în cazul tablelor subţiri laminate în foi

Benzile în rulouri procesate pe laminoare continue, se pot clasifica în:

– ***benzi laminare la cald*** (STAS 9236-80), având grosimi cuprinse între 3…12 mm. şi lăţimi de 1000…1500 mm.;

– ***benzi laminare la rece*** (STAS 9150-80), având grosimi cuprinse între 0,3...3 mm. şi lăţimi de 1000...1500 mm. Dacă grosimea benzii laminată la rece este sub 0,3 mm.şi ajungând până la 0,005 mm., poartă numele de ***folie.***

Benzile înguste (sub 800 mm. lăţime) se obţin în general prin fâşiere din benzi late dar se pot obţine şi prin laminare pe laminoare continue sau pe caje singulare, în special în cazul benzilor din oţeluri aliate.

Tabelul 1.1

Clasificarea principalelor tipuri de produse lungi (profile)

Profilul	STAS	Interval dimensional mm.	Dimensiunile pe grupe de profile, mm.		
			profilre grele	profilre mijlocii	profilre uşoare
Rotund	333-87	d = 10...300	> 80	80...30	30...12 sârmă 16...5
Pătrat	334-87	a = 8...140	> 70	70...25	25...12
Lat	395-88	a = 5...50 b = 20...150	b > 150	150...50	50...12
Hexagonal	7828-71	a = 8...72	> 70	70...30	30...8
Cornier cu aripi egale	424-86	a = 20...200 g = 3...20	a > 120	120...50	50...15
Cornier cu aripi negale	425-80	a = 20...100 b = 30...150 g = 3...14	>(120x80)	120x80... ...60x40	<(60x40)
Profil U	564-86	h = 65...300 b = 28...100 d =3,9...14,4 t = 5,7...21,1	h > 120	120...80	80...30
Profil I	565-86	h = 80...400 b = 42...155 d = 5...10 t = 7...15,6	h > 200	200...80	–
Profil T	566-86	h= b=20...50 d = t = 3...6	–	–	50...20
Profil Z		h = 40...200 b = 40...87 d = 4,5...7,0 t = 6,5...7,0	h > 120	120...60	60...40
Şină C.F.		9,3...65 kg/m	> 30 kg/m	30...18kg/m	<18 kg/m

1.1.3.- Produsele tubulare, respectiv ţevile obţinute prin laminare, care au o ponedra varind între 10 si 15% din productia totala de laminate, ponderă ce variaza relativ putin de la un an la altul, în functie în special de nivelul productie si pretul petrolului pe plan mondial.

Produsele tubulare se pot clasifica după următoarele criterii:

= temperatura de laminare, în funcţie de care sunt:

– *ţevi laminate la cald* de uz general (STAS 404/1-87) cu diametre
– *ţevi laminate la rece* (STAS 530/3-87) cu diametre cuprinse între 8...168 mm. şi grosimi de perete de 1...14 mm.

= diametrul ţevii, în funcţie de care ţevile laminate se împart în:

– *ţevi capilare,* cu diametre sub 5 mm.;
– *ţevi cu diametre mici* - Ø 5...59 mm.;
– *ţevi cu diametre medii* - Ø 60...114 mm.;
– *ţevi cu diametre mari* - Ø 120...426 mm.;
– *ţevi cu diametre foarte mari* - Ø > 426 mm.

= raportul dintre diametrul şi grosimea peretelui ţevii (D / g), în funcţie de care ţevile laminate se împart în:

– *ţevi cu pereţi foarte groşi* - D / g < 5,5
– *ţevi cu pereţi groşi* - D / g = 5,5...9
– *ţevi cu pereţi normali* - D / g = 9,1...20
– *ţevi cu pereţi subţiri* - D / g = 20,1...50
– *ţevi cu pereţi foarte subţiri* - D / g > 50.

= destinaţia ţevilor, în funcţie de care acestea se împart în conformitate cu cele prezentate în tabelul 1.3 [2].

In afara sortimentelor de ţevi, prezentate în tabelul 1.3 , caracterizate de intervale dimensionale precise, se mai laminează şi o serie de ţevi cu dimensiuni atipice, destinate centralelor nucleare, pentru industria aeronautică şi chimică, pentru confecţionarea inelelor de rulmenţi, etc.

1.1.4- Produse laminate cu destinaţie specială se obţin în general prin procedee neconvenţionale de laminare. În această categorie intră urmatoarele:

– roţile monobloc, discurile şi bandajele roţilor pentru cale ferată;
– profilele periodice obţinute prin laminare longitudinală sau prin laminare transversală;
– bilele pentru mori sau rulmenţi;
– roţile dinţate, etc.

Tabelul 1.3

Clasificarea produselor tubulare laminate în funcţie de destinaţie

Destinaţia ţevii	Diametrul		Grosime perete	
	inch.	mm.	inch.	mm.
construcţii	1/8 ...20	10,2...508	0,063...2,362	1,6...60
schimbătoare de căldură	0,472...3,5	12...89	0,06...0,315	1,5...8
industria petrolieră:				
• pentru conducte	1/8 ...20	10,2...508	0,068...1,375	1,7...34,9
• burlane de tubaj	4½ ...20	114,3...508	0,205...0,635	5,21...16,13
• pentru extracţie	1,9...4½	48,3...114,3	0,125...0,27	3,18...6,88
• pentru prăjini	2,875...6,625	73...168,3	0,362...0,5	9,19...12,7
• prăjini grele	4,125...8	104,8...203,2	1,0625...2,5	27...63,5
instalaţii	0,689...5,543	17,5...140,8	0,06...0,5	1,5...12,7
la temperaturi ridicate	1/8 ...20	10,2...508	0,063...2,362	1,6...60
la temperaturi scăzute	0,315...20	8...508	0,039...1,968	1...50

1.2.- Semifabricate destinate laminării

În funcţie de grupele de produse laminate şi de gama tipo-dimensională a fiecărei grupe de sortimente se folosesc în vederea laminării, următoarele tipuri de semifabricate:

– ***semifabricate turnate:*** lingouri şi blumuri, brame, ţagle sau benzi turnate continuu;

– ***semifabricate laminate:*** blumuri, brame, ţagle, platine, sârmă, benzi şi ţevi, ultimele două folosindu-se ca semifabricate pentru laminarea la rece a benzilor şi ţevilor.

1.2.1.-Lingourile se obţin prin turnarea oţelului în stare lichidă în anumite forme din fontă, numite lingotiere, în vederea solidificării sale.

Folosirea lingourilor ca semifabricate pentru laminare, reprezintă o variantă tehnologică depăsită în momentul de faţă, dacă se are în vedere desvoltarea şi avantajele turnării continue.

Menţinerea însă a lingourilor ca semifabricate chiar şi la unele laminoare de construcţie mai recentă este justificată de următoarele considerente:

• posibilitatea obţinerii laminatului finit printr-o singură încalzire, care înseamnă economie de combustibil şi pierderi mai mici de oţel prin oxidare si şutări suplimentare apărute în cazul relaminărilor;

• posibilitatea obţinerii de laminate mult mai lungi, prin care se realizează creşteri corespunzătoare de productivitate ale liniei de laminare;

• prin evitarea reîncălzirii semifabricatelor se va reduce posibilitatea decarburării superficiale a oţelurilor susceptibile la acest defect, cum este cazul de exemplu cazul oţelurilor de rulmenţi sau de scule.

În funcţie de calitatea oţelului şi de destinaţia sa, lingourile pentru laminare pot fi direct conice şi invers conice (fig.1.3), cu secţiune pătrată, dreptunghiulară, poligonală sau rotundă şi cu masa variind între 1000 kg şi 10 t. la lingourile pătrate destinate laminării profilelor grele şi semifabricatelor pentru profile grele, mijlocii şi uşoare şi între 2,5 şi 50 t la lingourile dreptunghiulare pentru laminarea tablelor groase şi a semifabricatelor (bramelor) pentru table şi benzi

B.C.U. „M. EMINESCU" IAŞI

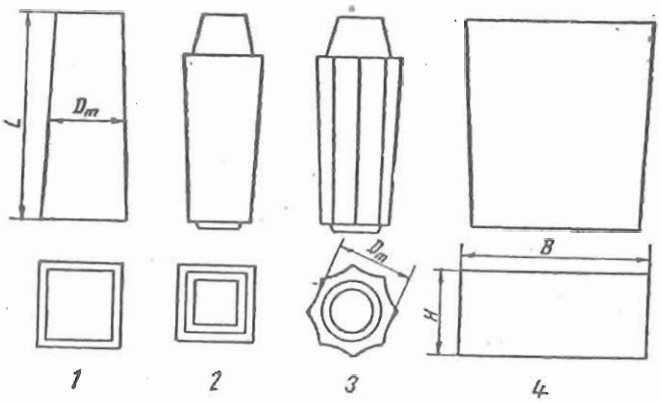


Fig.1.3. Diferite forme ale lingourilor turnate din otel:
1-direct conicecu sectiune patrata; 2, 3 si 4-invers conice cu sectiune patrata, octogonala si dreptunghiulara.

De obicei, lingourile direct conice se obţin la turnarea directă a oţelului necalmat, iar cele invers conice, la turnarea prin sifon a oţelului calmat.

La partea superioară a lingourilor invers conice, ca urmare a contracţiei oţelului în timpul solidificării, se formează un gol numit *retasură*.

Pentru prevenirea formării retasurii în corpul lingoului, care reprezintă în ultimă instanţă, un defect de turnare, şi o pierdere de oţel prin şutarea acestei zone din lingou, se prevede la partea superioară a lingoului o *maselotă*, care reprezintă un rezervor de oţel lichid şi din care se asigură umplerea acestor goluri de contracţie.

Volumul maselotei reprezintă de obicei 12...20% din volumul total al lingoului în funcţie de calitatea oţelului şi de condiţiile de turnare (temperatură şi viteză de turnare).

Lingourile cu secţiune .pătrată se folosesc ca semifabricate pentru laminoarele degrosisoare (bluminguri) în vederea obţinerii altor semifabricate cu secţiune mai mică (cazul blumurilor) şi pentru laminoarele de profile grele, în vederea obţinerii unor profile cu secţiune mare (şine sau grinzi) sau a unor profile (rotund, pătrat) din oţeluri aliate şi înalt aliate.

Lingourile cu secţiune dreptunghiulară se folosesc ca semifabricate pentru laminoarele degrosisoare (slebinguri) în vederea obţinerii altor semifabricate cu secţiune mai mică (brame) şi în unele cazuri la laminoarele de tablă groasă, pentru obţinerea unor table cu lăţimi şi grosimi mari.

Lingourile cu secţiune de formă poligonală sau rotundă se folosesc de obicei ca semifabricate pentru laminarea discurilor şi bandajelor roţilor de cale ferată.

Pentru obţinerea unor lingouri cu suprafeţe curate şi fără defecte, raportul între înălţimea şi latura medie a lingoului trebuie să fie cuprins între 2,5 şi 5, scăzând pe măsură ce latura medie a lingoului este mai mare şi oţelul este calmat (fig.1.4).

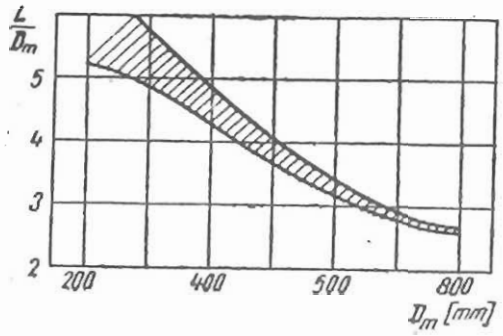


Fig.1.4. Variatia raportului L/D_m în funftie de latura medie a sectiunii lingoului [3]

Întrucât după solidificare lingoul trebuie să se extragă uşor din lingotieră, este necesar ca lingourile să prezinte o mică conicitate, care variază în general între 2 şi 4 % la lingourile mici cu latura medie $D_m < 800$ mm şi între 1 şi 2 % pentru lingouri mari cu $D_m > 800$ mm.

În cazul lingourilor cu secţiune dreptunghiulară, pentru asigurarea unei viteze de răcire aproximativ egală pe cele două direcţii ale secţiunii transversale, raportul laturilor secţiunii se recomandă a fi B/H = 1,5...3 (limita inferioară corespunzând lingourilor mari).

Calitatea lingoului de oţel depinde şi de modul în care are loc solidificarea, respectiv de condiţiile în care se evacuează căldura în timpul răcirii. Cu cât răcirea în timpul solidificării se face mai greu, cu atât zona columnară se întinde mai mult spre interiorul lingoului. În această situaţie dacă crusta de la suprafaţa lingoului este prea subţire, lingoul va fi susceptibil la apariţia de crăpături.

Dimensionarea lingourilor se efectuează în funcţie de la masa acestora (M), care la rândul ei va fi condiţionată de productivitatea (A în t/oră) impusă laminorului:

$$M = A \cdot \tau / 3600 = Q / n \cdot F_e \qquad (1.1)$$

în care: τ este timpul în care se poate lamina un lingou, în sec.;

Q – producţia anuală ce se doreşte a se realiza la laminorul luat în studiu;

n – numărul de lingouri ce se pot lamina în timp de o oră;

F_e – fondul efectiv de timp al laminorului în ore / an.

În funcție de masa lingoului se calculează în continuare latura medie a secțiunii sale transversale (H) în cazul lingourilor pătrate sau laturile medii ale secțiunii (H și B), în cazul lingourilor dreptunghiulare [4], iar în funcție de acestea se calculează în final și înălțimea lingoului (L):

- ***pentru lingoul pătrat***:

$$H = \sqrt[3]{\frac{M}{\gamma \cdot k_1}} \quad ; \qquad L = H \cdot k_1 \qquad (1.2)$$

- ***pentru lingoul dreptunghiular***:

$$B = \sqrt[3]{\frac{M \cdot k_2^2}{\gamma \cdot k_1}} \quad ; \qquad H = B / k_2 \; ; \qquad L = H \cdot k_1 \qquad (1.3)$$

în care: γ este densitatea oțelului în stare lichidă;

k_1 și k_2 – parametrii geometrici ai lingourilor:

$$k_1 = L / H \text{ , iar } k_2 = B / H.$$

Pentru acești parametrii geometrici, cât și pentru conicitatea lingourilor (i) și densitatea (γ) se dau valori informative în tabelul 1.4 [4].

Tabelul 1.4

Parame-trul	Forma lingoului	Oțel calmat	Oțel necalmat
k_1	Pătrată	2,6...3,1	3...3,5
	dreptunghiulară	1,5...2,5 valorile mici pentru oțel calmat și lingouri de dimensiuni mari	
k_2	dreptunghiulară	1,5...3,0 valorile mici pentru lingouri de dimensiuni mari	
i, în %	–	3...4	1,0...1,5
	–	7,1...7,3	6,5...6,9
γ, în kgf/dm^3	Pentru oțeluri aliate se recomandă următoarea relație, în funcție de compoziție : $\gamma = 7876 - 40 \cdot C - 16 \cdot Mn - 73 \cdot Si - 164 \cdot S - 117 \cdot P + 11 \cdot Cu + 4 \cdot Ni + Cr + 95 \cdot W - 120 \cdot Al$		

În cazul când oțelul este *turnat continuu*, în afara avantajelor de ordin economic (productivitate ridicată, manoperă redusă, scoatere de oțel mare etc.) se obțin și o serie de avantaje de ordin metalurgic cum sunt structură și compoziție omogenă, granulație fină, conținut mic de incluziuni nemetalice,

retasură şi segregaţie inexistente (se formează numai la sfârşitul turnării), precizie dimensională mare, defecte specifice procesului de laminare de asemenea inexistente etc.

Prin turnare continuă se pot obţine aceleaşi semifabricate ca şi în cazul laminării lingourilor pe laminoare degrosoare şi de semifabricate, respectiv blumuri, sleburi, ţagle, paltine şi chiar benzi.

1.2.2.-Blumurile conform STAS 436-80 , sunt semifabricate din oţel cu secţiune pătrată, având latura cuprinsă între 150...400 mm ± 5...10 mm şi lungimi variind între 1,5 ...6 m., obţinute prin laminarea lingourilor sau direct prin turnare continuă.

Muchiile blumurilor sunt rotunjite ca rezultat al condiţiilor de laminare, iar feţele laterale pot fi uşor concave sau convexe, cu suprafaţa striată sau punctată în funcţie de prelucrarea pa care a avut-o tăblia cilindrilor de lucru ai blumingului.

Blumurile se folosesc pentru laminarea în continuare a ţaglelor platinelor sau profilelor grele şi mijlocii. De asemenea blumurile sunt folosite şi ca semifabricate pentru forjare.

1.2.3.-Sleburile numite şi brame (conform STAS 436-80) sunt semifabricate din oţel cu secţiune dreptunghiulară, laminate la cald din lingouri sau turnate continuu şi destinate relaminării tot la cald în table groase sau benzi.

În ceea ce priveşte dimensiunile sleburilor STAS-ul dă următoarele limite:

- grosimea: $a \geq 70$ mm;
- lăţimea: $b \leq 1800$ mm;
- secţiunea transversală: $A = 196...4500$ cm^2;
- lungimea: $L = 2...10$ m.

În funcţie de mărimea secţiunii transversale se pot obţine şi celelealte extremităţi ale domeniului de variaţie a grosimii şi lăţimii sleburilor.

Astfel pentru:

$A = 196$ cm^2 şi $a = 70$ mm se obţine $b_{min} = 280$ mm,

iar pentru $A = 4500$ cm^2 şi $b = 1800$ mm se obţine $a_{max} = 250$ mm.

În mod practic intervalul de variaţie al dimensiunilor secţiunii transversale este mult mai îngust. Astfel, la laminorul slebing de la S.C."SIDEX" Galaţi se laminează sleburi cu grosime variind între 120 şi 300 mm (din 10 în 10 mm) şi lăţimea cuprinsă între 1150 şi 1600 mm (din 50 în 50 mm).

Şi în cazul sleburilor muchiile sunt rotunjite, iar feţele laterale pot avea o uşoară convexitate sau concavitate.

1.2.4.-Ţaglele sunt semifabricate obţinute prin laminarea blumurilor sau lingourilor mici şi pot avea secţiunea transversală de formă pătrată,

dreptunghiulară sau rotundă. De asemenea ţagle se pot obţine şi prin turnare continuă.

Ţaglele pătrate au latura (a) cuprinsă între 40 şi 140 mm ± 1,5...4,0 mm şi lungimi între 2 şi 12 m. (STAS 436-80).

Muchiile ţaglelor se rotunjesc cu o rază de racordare r ≤ 0,2.a, iar feţele laterale pot fi concave cu o săgeată maximă de 0,02 a.

Ţaglele pătrate se folosesc pentru relaminarea în profile mijlocii, usoare şi sârmă, cât şi ca semifabricate pentru forjare.

Ţaglele late (STAS 436-80) au grosimea cuprinsă între a = 35...70 mm şi lăţimea egală cu b = 140...280 mm. Şi în acest caz muchiile ţaglelor pot fi rotunjite iar feţele laterale uşor concave.

Ţaglele late se folosesc pentru relaminarea la cald în benzi înguste.

Ţaglele rotunde au diametrul cuprins între d = 80...350 mm cu toleranţe variind între ± 0,8 şi ± 6 mm şi lungimi de 3...9 m. (STAS 2881-80).

Ţaglele rotunde se folosesc pentru relaminarea în ţevi fără sudură.

1.2.5.-Platinele (STAS 6791-80) sunt semifabricate laminate la cald din blumuri, destinate relaminării în table subţiri în pachete, având secţiunea dreptunghiulară cu o grosime mult mai mică decât lăţimea şi cu suprafeţele uşor convexe.

Caracteristicile dimensionale ale platinelor sunt:

- lăţimea minimă: b_{min} = 235 mm;
- masa specifică:
  - grupa a-I-a: 14...18,5 kg/m;
  - grupa a-II-a: 18,6...33 kg/m;
  - grupa a-III-a: 33,1...72 kg/m;
- lungimea de livrare: max.6,5 m.

În funcţie de masa specifică şi de lăţimea minimă a platinei se poate determina grosimea maximă a acestora a_{max} = 7,63...39,3 mm.

1.2.6.-Bamda laminată la cald (STAS 9236-80) destinată relaminării la rece în benzi subţiri, şi pentru procesarea ţevilor sudate elicoidal, are grosimea cuprinsă între 3...6 mm. şi lăţimi de 1000...1500 mm. şi este livrată în rulouri cu masa de până 27 t , corespunzătoare unei , mase unitare de 18,6 kg/mm. lăţime de bandă.

Bamda semifabricat laminată la cald se poate livra şi fâşiată la lăţimi de la 100 mm. la 750 mm. pentru relaminarea la rece în benzi înguste sau pentru procesarea profilelor îndoite şi a ţevilor sudate pe generatoare.

1.2.7.-Ţevi semifabricat laminate la cald se folosesc pentru relaminarea la rece a ţevilor cu diametre de 8...80 mm. şi grosimi de perete de 0,1...15 mm., cu o precizie dimensională ridicată şi o calitate a suprafeţelor mult superioară ţevilor laminate la cald.

In general ţevile semifabricat destinate relaminării la rece au diametrul cuprins între 15...102 mm.

1.2.8.-Sărma semifabricat laminată la cald (STAS 9236-80) este destinată şi relaminării la cald a profilelor mici şi speciale pe microlaminoare.

Diametrul aceste sârme este cuprins în general între 10 şi 16 mm. şi se livrează sub formă de colaci cu masa cuprinsă între 100...1000 kg.

Capitolul 2

Pregătirea semifabricatelor în vederea laminării

În cazul lingourilor folosite ca semifabricate pentru laminare, prima operaţie de pregătire o reperazintă **striparea** acestora, care reprezintă scoaterea lingourilor din lingotiere.

După terminarea turnării unei şarje de oţel, trenul cu podurile de turnare se menţin pe locul de turnare până când procesul de solidificare al tuturor lingourilor s-a terminat. În continuare, trenul cu podurile de turnare trec în subsecţia de stripare, unde se execută operaţia de scoatere a lingourilor din lingotiere (cazul lingourilor invers conice) sau de scoatere a lingotierelor de pe lingouri (cazul lingourilor direct conice). Această operaţie se execută la cald cu ajutorul unui utilaj de construcţie specială numit pod rulant de stripare.

Podul rulant de stripare este înzestrat cu un mecanism format din două braţe articulate, un cleşte vertical şi un piston, care au posibilitatea atât de-a se deplasa pe verticală cât şi de a se roti independent unul de celelalte.

În cazul lingourilor invers conice, după ce se ridică maselotiera de pe lingou cu ajutorul braţelor articulate (fig.2.1, a) şi se depune pe vagonul de transport a utilajului de turnare spre secţia de pregătire, tot cu ajutorul braţelor articulate se imobilizează lingotiera, iar cu cleştele se prinde lingoul de maselotă şi se extrage din lingotieră (fig.2.1,b), depunându-se apoi pe vagonul ce le va transporta mai departe pe fluxul tehnologic.

În cazul lingourilor direct conice fazele operaţiei de stripare sunt următoarele:

- apucarea şi ridicarea lingotierei de pe lingou cu ajutorul braţelor articulate. Dacă lingotiera nu se desprinde de lingou, cu ajutorul pistonului se imobilizează lingoul şi apoi se ridică lingotiera (fig.2.1, c);
- desprinderea lingoului de reţeaua de turnare, prin imobilizarea podului de turnare cu ajutorul braţelor articulate şi ridicarea lingoului cu ajutorul cleştelui (fig.2.1,d).

După stripare lingourile sunt transportate fie în depozit, unde îşi continuă procesul de răcire, fie în subsecţia cuptoarelor de încălzire a laminorului degrosor (bluming sau slebing).

Încărcarea lingourilor în cuptoarele adânci de încălzire se efectuează de obicei în stare caldă (700-800°C), atât pentru scurtarea timpului de încălzire, cât şi pentru recuperearea căldurii înmagazinate în lingouri şi implicit reducerea consumului de combustibil şi de energie electrică.

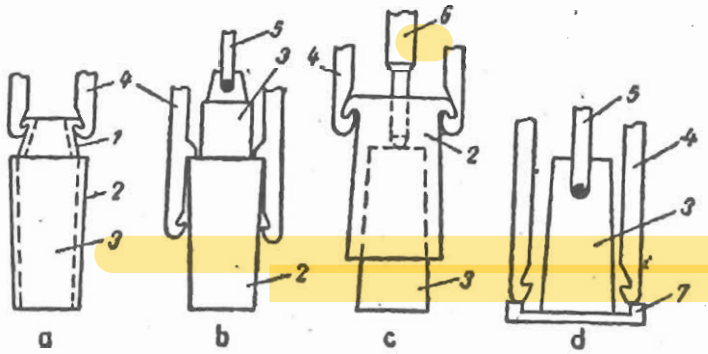


Fig.2.1.- Principiul stripării lingourilor invers conice (a, b) şi a lingourilor direct conice (c, d):
1 - maselotieră; 2 - lingotieră; 3 - lingou; 4 - braţe articulate; 5 - cleşte; 6 - piston; 7 - pod de turnare

2.1.- Controlul de calitate al semifabricatelor

In cazul laminării lingourilor sau a semifabricatelor turnate continuu, în blumuri şi ţagle, sau alte semifabricate ce urmează a fi reţeminăte, de obicei nu se execută nici un control, mai ales dacă acestea se introduc în fluxul de laminare în stare caldă, pentru a se recupera o parte din căldura ce o au înmagazinată şi a se reduce corespunzător timpul de încălzire şi consumul combustibil.

Dacă semifabricatele se găsesc în stare rece în depozitul laminorului, se recomandă efectuarea unui control vizual pentru depistarea defectelor de suprafaţă, care dacă nu sunt îndepărtate se vor transmite laminatelor finite, putându-le astfel rebuta, datorită pătrunderii prea adânc a defectelor sau a extinderii suprafeţelor acestora, prin laminare, făcându-se astfel imposibilă îndepărtarea lor fără afectarea configuraţiei sau dimensiunilor semifabricatului.

Dacă prescripţiile de calitate impuse produsului finit sunt foarte severe, semifabricatele şi în special cele obţinute prin laminare se vor supune şi unui control întern prin diferite procedee nedistructive, bazate pe variaţia unor proprietăţi fizice ale oţelului în zona defectelor.

Principalele procedee de control nedistructiv sunt următoarele:

• ***Controlul cu raze X sau γ***, care pot străbate grosimi ale semifabricatului de până la 500...600 mm., la o viteză de deplasare a acestuia de10...30 m/min.

Când în dreptul fascicolului de radiaţii apare un defect sub forma unei discontinuităţi de material, ca de exemplu o fisură sau o suflură, pe ecranul monitorului va apare o valoare mai mare a radiaţiei reziduale, ca urmare a faptului că în dreptul defectului, radiaţia a fost atenuată în măsură mai mică. Această metodă de control se poate aplica semifabricatelor din oţel, metale şi aliaje neferoase.

• ***Controlul cu ultrasunete,*** se realizează prin trecerea semifabricatului din oţel sau metale şi aliaje neferoase prin dreptul unei surse de ultrasunete, cu o viteză de până la 1 m/s. Ultrasunete străbat masa semifabricatului în linie dreaptă până la suprafaţa opusă care le reflectă şi întorcându-se, sunt captate de un traductor, care le transformă în impulsuri electrice înregistrabile pe un monitor. Când pe direcţia de propagare a undelor apare un defect, acesta va reflecta în mod diferit ultrasunetele, iar pe monitor va apare un impuls cu alte caracteristici decât cel înregistrat când semifabricatul este lipsit de defecte.

• ***Controlul cu curenţi turbionali*** se bazează pe reducerea intensităţii şi devierea acestora în dreptul unui defect de compactitate, cum ar fi de exemplu o fisură. Pentru acest control semifabricatul se introduce într-un câmp elactromagnetic, care face ca în masa semifabricatului să apară curenţi Foucault. Această metodă de control are avantajul că poate fi aplicată atât semifabricatelor din oţel cât şi celor din metale şi aliaje neferoase.

• ***Controlul magnetic,*** care constă în magnetizarea semifabricatului din oţel acoperit cu o pulbere sau pastă feromegnetică pe bază de pulbere de fier, tratată cu o substanţă luminiscentă, pentru a se sesiza mai uşor linile de forţă aparute pe suprafaţa semifabricatului. In dreptul unui defect interior, care nu este însă la o adâncime prea mare de suprafaţă, linile de forţă sunt deviate în sensul că ocolesc defectul şi astfel îl pun în evidenţă.

2.2.-Defectele semifabricatelor destinate laminarii

In urma controlului vizual sau nedistructiv prin diverse procedee, sunt depistate urmatoarele tipuri de defecte:

= *defecte de material* sesizate atât la lingouri cât şi în semifabricatele obţinute prin laminarea acestora;

= *defecte de încalzire* aparute ca urmare a nerespectării parametrilor tehnologiei de încalzire;

= *defecte de laminare* aparute ca urmare a nerespectăarii parametrilor tehnologiei de laminare a blumurilor, sleburilor sau ţaglelor;

2.2.1.-Defectele de material ale lingourilor din otel

Ca urmare a solidificării zonale a lingourilor, structura şi compoziţia acestora este neomogenă, dar în afară de acestea lingourile prezintă şi anumite defecte inerente, cum sunt retasura, porozitatea, sulfurile, segregaţia şi incluziunile nemetalice, care nu pot fi eliminate, dar pot fi limitate în mare măsură. În afară de acestea, la lingouri mai apar şi anumite defecte accidentale (interioare sau de suprafaţă), cum sunt liniile de umbră, fulgii, crăpăturile la cald, stropii reci, sudurile reci, scoarţele etc.

Retasura reprezintă un gol de contracţie care apare întotdeauna în lingourile din oţel calmat în zona în care s-a produs solidificarea ultimei cantităţi de oţel lichid din lingou. Volumul retasurii, care poate atinge 10..12 % din volumul lingoului, depinde de valoarea la care este menţinută temperatura lingoului în timpul solidificării, respectiv de temperatura şi de viteza de turnare.

Deoarece porţiunea din lingou ce conţine retasura nu este utilizabilă, se urmăreşte deplasarea ei cât mai sus spre capul lingoului şi obţinerea unei retasuri cât mai scurte. Pentru aceasta se recomandă menţinerea oţelului în stare lichidă în partea superioară a lingoului, un timp cât mai îndelungat. În acest scop se folosesc maselote căptuşite cu materiale refractare pentru izolare termică, sau se realizează încălzirea oţelului din maselotă şi izolarea suprafeţei libere a oţelului cu diferite prafuri exoterme sau chiar încălzirea cu arc electric (la lingouri foarte mari).

Dacă nu sunt respecatate condiţiile de turnare a lingourilor din oţel calmat, respectiv turnarea să se execute prin sifon la o temperatură mai joasă şi cu viteză mare, iar dacă conicitatea lingourilor invers conice este prea mică, va apărea şi în partea inferioară a lingoului un gol de contracţie numit *retasură secundară*

Îndepărtarea zonei din lingou ce conţine retasura se efectuează prin şutare, după laminarea.

Porozitatea reprezintă de asemenea goluri de contracţie dar foarte mici (microretasuri), care iau naştere în special în zonele unde dendritele apărute prin solidificare au avut condiţii pentru o dezvoltare foarte puternică. Microvolumele de oţel lichid rămase între aceste dendrite prin solidificare şi contracţie produc pori, care având suprafaţa neoxidată, pot fi sudaţi în timpul deformării plastice la cald, mărindu-se astfel compactitatea oţelului

Porozitatea va apărea cu atât mai accentuată, cu cât raportul dintre lungimea şi diametrul mediu al lingoului este mai mare, temperatura de turnare mai înaltă şi cu cât oţelul conţine elemente care măresc domeniul de temperatură al solidificării.

Sulfurile sunt goluri pline cu gaze ($CO+H_2+N_2$) care se degajează din oţeluf necalmat sau semicalmat, la care se provoacă "fierberea" oţelului în timpul procesului de solidificare, pentru a se reduce astfel procesul de formare

al retasurilor. De obicei sulfurile sunt dispuse ca o coroană marginală sub crusta lingoului, cât şi ca o coroană interioară în zona centrul a acestuia .

Pentru ca aceste sulfuri, care în cazul oţelului necalmat nu pot fi evitate, să nu se deschidă în timpul deformării la cald, prin crăparea crustei de la suprafaţa liungoului este necesar ca această crustă să fie de cel puţin 25 mm grosime. Pentru aceasta se recomandă ca turnarea oţelului să se efectueze la o temperatură relativ joasă şi cu o viteză de turnare mică.

Sulfurile nesudate reprezintă discontinuităţi în material, iar cele care sunt scoase la suprafaţă prin prelucrare mecanică (aşchiere) acţionează ca amorse de ruptură în timpul deformării.

Segregaţiile apar ca urmare a unei solidificări selective a oţelului din lingou şi a micşorării solubilităţii unor elemente din compoziţia chimică a oţelului, pe măsură ce temperatura scade. Astfel în lingou apar anumite zone cu un conţinut mai mare în elemente însoţitoare decât media acestora în oţelul lichid (segregaţii pozitive) şi zone cu o concentraţie mai mică decât această medie (segregaţie negativă).

În cazul oţelului necalmat segregaţia este puternic influenţată de intensitatea şi durata "fierberii" oţelului în lingotieră. În acest caz se formează un circuit ascendent-descendent al oţelului lichid care conduce la apariţia de segregaţie pozitivă în zona centrală şi de segregaţie negativă în zona marginală a lingoului. De asemenea, în zona centrală segregaţia este mai puternică pe măsură ce se apropie de capătul lingoului.

La oţelul calmat, la care "fierberea" oţelului lipseşte complet, are loc o mişcare descedentă a oţelului în zona marginală unde acesta este mai rece şi cu densitate mai mare şi o altă mişcare ascedentă în centrul lingoului, unde oţelul este mai cald. În felul acesta în zona centrală segregaţia este mai puternică pe măsură ce se apropie de capătul lingoului.

Ca urmare a prezenţei segregaţiei în masa lingourilor, proprietăţile plastice ale acestora vor fi neuniforme (plasticitatea materialului scăzând pe măsură ce concentraţia în elemente însoţitoare a oţelului creşte) şi ca atare comportarea la deformare a diferitelor zone ale lingoului nu va fi aceeaşi.

Segregaţia poate fi diminuată în primul rând prin efectuarea turnării la o temperatură cât mai apropiată de cea corespunzătoare curbei lichidus, cât şi prin aplicare unor tratamente termice de recoacere de omogenizare a lingourilor înainte de laminare.

Incluziunile nemetalice reprezintă produse ale reacţilor chimice ce au loc în special în timpul procesului de elaborare. Astfel apar în oţel oxizi, silicaţi, sulfuri, nitruri etc. (incluziuni endogene) sau particule de materiale refractare rezultate prin diferite procese de eroziune exercitate de către oţelul lichid (incluziuni exogene) şi care rămân înglobate în masa lingoului. Aceste incluziuni având în general rezistenţă mai mică decât materialul metalic

înconjurător, vor constitui discontinuităţi în masa oţelului, scăzându-i astfel rezistenţa în special la solicitări dinamice.

Pentru reducerea conţinutului de incluziuni nemetalice se recomandă folosirea de materiale refractare de calitate, executarea cât mai îngrijită a oalelor şi podurilor de turnare, cât şi conducerea procesului de elaborare astfel încât înaintea efectuării dezoxidării oţelului, conţinutul de oxigen să fie cât mai mic posibil.

Liniile de umbră apar în zona de transcristalizare a lingoului, deci în zona următoare crustei, sub forma unor dungi înguste şi lungi de câţiva milimetri ce au o culoare mai închisă decât masa metalică înconjurătoare. Aceste dungi reprezintă drumul parcurs printre cristale de anumite bule de gaz (spre capătul lingoului) în timpul solidificării, în care apoi a fost absorbit oţel lichid segregat.

Prin solidificarea oţelului impurificat, pe aceste traiectorii se obţine diferenţă de culoare faţă de masa de oţel înconjurător.

Aceste linii de umbră având proprietăţi diferite faţă de materialul înconjurător pot duce la rupere prin oboseală, în special dacă prin prelucrare mecanică (prin aşchiere) ajung la suprafaţa unor piese.

Crăpăturile la cald apar în timpul procesului de solidificare, putând fi verticale sau orizontale. Cele verticale apar în general pe suprafaţa exterioară de la baza lingoului, ca urmare a lipsei de rezistenţă a crustei marginale sub acţiunea presiunii create de oţelul lichid. cauza acestui defect o reprezintă turnarea efectuată cu viteză şi temperatură prea înaltă, care nu au permis realizarea unei cruste suficient de groase şi rezistente la suprafaţa lingoului..

Crăpăturile orizontale apar de asemenea pe suprafaţa lingoului şi se datoresc frânării contracţiei libere a oţelului solidificat în crusta marginală a lingoului, ca urmare a unor zone de aderenţă între lingou şi lingotieră .

Crăpăturile de pe suprafaţa lingourilor reprezintă defecte, care pot fi îndepărtate prin prelucrare mecanică (dăltuire sau polizare), dacă nu sunt însă prea adânci.

Stropii reci apar în cazul lingourilor turnate direct din oală (pe sus) ca urmare a faptului că jetul de oţel lovind placa pe care este aşezată lingotiera, se produc stropii care se solidifică în contact cu pereţii lingotierei. Aceşti stropi sunt prinşi în crusta marginală a lingoului, dar având suprafaţa oxidată, nu se mai pot suda, iar în timpul deformării plastice se desprind.

Sudurile reci şi scoarţele apar la parte inferioară a lingourilor turnate prin sifon (pe jos) ca urmare a pătrunderii bruşte a oţelului în lingotieră. În această situaţie oţelul poate adera pe preţii lingotierei răcindu-se şi oxidându-se sau va forma o crustă pe suprafaţa lingotierei, care de asemenea se oxidează. În continuare, oţelul lichid ridicându-se în lingotieră înglobează oţelul ce s-a

solidificat inițial, dar sudarea acestuia nu se mai produce datorită prezenței peliculei de oxizi.

În timpul deformării la cald aceste defecte exfoliază, putând să producă avarii sau accidente. Se recomandă deci depistarea acestor defecte și îndepărtarea lor înainte ca lingoul să intre în fluxul procesului de laminare.

Pentru evitarea aderării oțelului pe pereții lingotierelor acestea se ung cu gudron deshidratat sau grafit.

2.2.2.-Defectele semifabricatelor

La semifabricatele laminate, în afara defectelor de material care au existat în lingou și s-au menținut și după lamianare și care au fost prezentate mai sus, se întâlnesc și defecte datorate în general nerespectării tehnologiei de laminare. Astfel se întâlnesc defecte de încălzire (supraîncâlzirea, arderea și decarburarea oțelului), defecte de laminare (abateri dimensionale, defecte de formă, răsuciri, bavuri, suprapuneri, imprimare etc.) și defecte de răcire (fulgi).

Supraîncălzirea se produce datorită încălzirii oțelului (în vederea laminării la cald) la temperaturi înalte și menținerea la acese temperaturi un timp îndelungat.

Supraîncălzirea are-ca efect creșterea exagerată a grăunților oțelului, care determină înrăutățirea proprietăților mecanice și apariția crăpăturilor pe muchiile laminatului.

Efectele supraîncălzirii pot fi eliminate numai printr-un tratament temic de normalizare. Având în vedere însă că nu toate laminoarele dispun de posibilități pentru efectuarea unui astfel de tratament, este necesară o atenție deosebită pentru evitarea supraîncălzirii oțelului, deoarece fără aplicarea tratamentului termic după laminare, materialul se rebutează.

Laminarea semifabricatelor supraîncălzite se efectuează prin aplicarea unor reduceri pe treceri mici și cu un număr mai mare de răsturnări.

Arderea oțelului în timpul încălzirii pentru laminare, se datorește menținerii lui un timp îndelungat la temperaturi situate în apropierea curbei solidus a oțelului respectiv. În aceste condiții se produce o topire parțială sau totală a materialului intergranular, iar în golurile formate pătrunzând oxigenul din atmosfera cuptorului va produce oxidarea acestor zone. În consecință, coeziunea intercristalină se slăbește, iar rezistența oțelului scade foarte mult.

La evacuarea din cuptor a unui semifabricat ars culoarea sa este alb strălucitoare, iar în zonele arse se pot observa scântei sau chiar flăcări.

Semifabricatele din oțel ars reprezintă rebuturi și nu mai pot fi utilizate decât pentru retopire.

Decarburarea reprezintă micșorarea conținutului de carbon în zonele de la suprafața semifabricatului, care are ca efect reducerea valorilor proprietăților mecanice a acestor zone.

Procesul de decarburare depinde de temperatura de încălzire, timpul de menţinere la temperaturi înalte şi natura gazelor din atmosfera cuptorului. Pentru a se evita apariţia acestui defect se recomandă respectarea parametrilor de încălzire corespunzători oţelului. De asemenea se va reduce temperatura din cuptor de câte ori este necesară oprirea laminorului, pentru a se evita creşterea astfel a timpului de menţinere a semifabricatelor în cuptor. Se recomandă în acelaşi timp ca atmosfera cuptorului, pe cât este posibil, să nu fie oxidată.

În general adâncimea maximă admisibilă a stratului decarburat variază între 1,5 şi 2,5% din grosimea laminatului pentru oţelul de arcuri, sau între 0,25 şi 1,10 mm pentru oţelul de rulmenţi în funcţie de diametrul profilului laminat.

Abaterile dimensionale, faţă de cele prescrise prin standarde pentru fiecare tip de semifabricat, apar ca urmare a unei reglări necorespunzătoare a poziţiei cilindrilor sau a unei uzuri exagerate a acestora. Acest defect se poate preîntâmpina printr-o reglare corectă a cilindrilor sau prin schimbarea acestora în cazul unei uzuri pronunţate.

Defectele de formă se datoresc de asemenea unei reglări necorespunzătoare a cilindrilor (fig. 2.2, a,b) sau a montării greşite a ghidajelor de intrare sau ieşire ale cajei de laminare (fig.2.2, c), a neumplerii calibrului datorită secţiunii preaa mici a semifabricatului înaintea trecerii respective (fig.2.2, d).

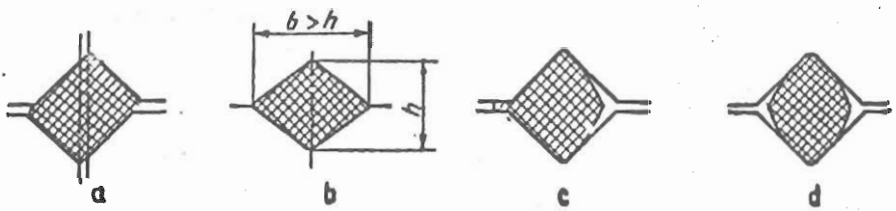


Fig.2.2.-Defecte de formă în cazul laminării unei ţagle pătrate

Dacă în cazul blumurilor şi sleburilor nu sunt prescripţii severe privind paralelismul între laturile secţiunii sau egalitatea diagonalelor secţiunii în cazul ţaglelor pătrate diferenţa maximă admisă între diagonalele secţiunii este de 0,6 din suma abaterilor la latura ţeglei, iar la ţaglele rotunde, ovalizarea exprimată prin diferenţa dintre două diametre perpendiculare, măsurate în aceiaşi secţiune nu trebuie să depăşească jumătate din toleranţa la diametrul respectiv.

Răsucirile şi curbările laminatului se datoresc unei încălziri sau reduceri neuniforme pe secţiunea acestuia, cât şi unei instabilităţi a laminatului în calibre cauzată de reglarea necorespunzătoare a ghidajelor de intrare ale cajei de laminare.

Şi pentru acest tip de defect, nu se dau valori maxime ale răsucirii admisibile, în cazul blumurilor sau sleburilor, deoarece acestea având

dimensiuni ale secţiunii foarte mari, apariţia răsucirilor este practic imposibilă.

În cazul ţaglelor şi platinelor, nu se admit curburi locale mai mari de 5 mm/m pentru ţaglele pătrate sau late şi 15-20 mm/m pentru platine.

Bavurile reprezintă un surplus de material ce apare pe una sau pe ambele feţe sau muchii diametral opuse ale semifabricatului ca urmare a folosirii la trecerea respectivă a unei secţiuni iniţiale a laminatului prea mari, sau aplicării unor reduceri prea puternice , care au ca efect intrarea surplusului de material în spaţiul dintre cilindri (în salt). De asemenea bavuri unilaterale şi cu lipsă de material în partea opusă a laminatului poate să apară şi din cauza unei reglări necorespunzătoare a ghidajului de intrare a laminatului în calibru (fig.2.3).

Acest defect nu se admite pe suprafaţa semifabricatelor deoarece la laminarea următoare se poate îndoi şi pătrunde în materialul profilului fără a se suda (datorită temperaturii mai scăzute pe care a avut-o bavura în comparaţie cu restul materialului şi a oxidării sale), generând astfel un nou defect. Acest tip de defect care apare pe lungimea laminatului sub aspectul unei fisuri longitudinale poartă denumirea de ***suprapunere*** (Fig.2.4).

Punerea în evidenţă a unei suprapuneri se face printr-o probă de refulare sau de răsucire, la care defectul se deschide.

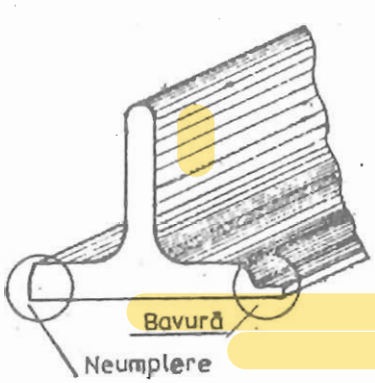


Fig.2.3.-Bavură unilaterală la un profil T

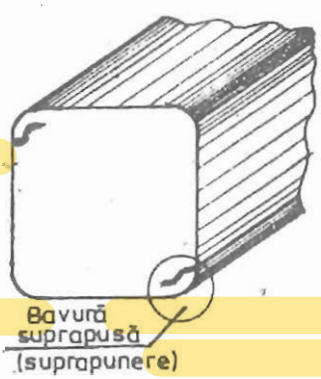


Fig.2.4.-Suprapunerea unor bavuri bilaterale la un profil pătrat

Imprimările care apar pe suprafaţa semifabricatelor se datoresc în special prezenţei stratului de oxizi pe semifabricat, care ne fiind îndepărtat înaintea procesului de laminare, lasă amprente sau chiar înglobări de oxizi, ce pot fi uneori foarte adânci în laminat.

Imprimările pot să apară şi când cilindrii de lucru prezintă un grad avansat de uzură şi ca urmare au o suprafaţă necorespunzătoare care de asemenea lasă amprente pe semifabricate.

Fulgii reprezintă fisuri intercristaline, care se produc după prelucrarea prin laminare la cald a unor mărci de oţeluri aliate sau cu procent ridicat de carbon, în cazul când răcirea s-a efectuat cu o viteză prea mare. Apariţia fulgilor este condiţionată de prezenţa în structura materialului a hidrogenului, care la anumite mărci de oţeluri aliate este reţinut în cantităţi mari.

Evitarea apariţiei fulgilor se realizează prin răcirea controlată în gropi de răcire sau cuptoare, a laminatelor din oţeluri susceptibile la apariţia acestui defect.

2.3.-Indepărtarea defectelor de pe semifabricate

Lingourile introduse în depozit cât şi semifabricatele laminate, care de obicei sunt expediate altor laminoare, sunt supuse după răcirea lor completă unei operaţii de control în vederea depistării în special a defectelor de suprafaţă.

Semifabricatele laminate trebuie să aibă suprafaţa lipsită de defecte şi fără incluziuni de zgură, nisip sau alte corpuri străine. Se admit totuşi semifabricatele necurăţate dacă defectele sunt izolate (afară de crăpături) şi sunt pe o adâncime, exprimată în mm, de maximum:

$(1 + 0{,}005 \cdot a)$ – pentru ţagle cu $a \leq 80$ mm;

$(2 + 0{,}005 \cdot a)$ – pentru blumuri şi ţagle cu $a > 80$ mm;

1 mm – pentru sleburi, ţagle plate şi platine pe partea lată;

2 mm – pentru sleburi şi ţagle plate pe marginile laterale;

5 mm – pentru platine pe marginea laterală;

$0{,}5 \cdot \Delta d$ – pentru ţagle rotunde (unde Δd este toleranţa admisă la diametru).

În cazul în care defectele au adâncimi mai mari, se vor înlătura prin curăţire numai longitudinală, în pantă lină pentru evitarea apariţiei suprapunerii de material în timpul următoarei laminări.

Depistarea defectelor este absolut necesară, deoarece defectele care nu au fost eliminate de pe suprafaţa lingourilor şi a semifabricatelor se transmit laminatelor finite, compromiţându-le calitatea.

În multe cazuri, defectul care s-ar fi putut înlătura uşor de pe lingou sau semifabricat, trecând în laminatul finit, îl poate transforma în rebut definitiv.

Înlăturarea defectelor de pe suprafeţele lingourilor şi a semifabricatelor din oţel, este o operaţie pe cât de grea pe atât şi de mare răspundere, şi care ocupă între 25 şi 40% din personalul secţiilor de laminoare şi de a cărei corectă executare depinde calitatea producţiei finite.

Adâncimea maximă de curăţire a defectelor se suprafaţă depinde de dimensiunile semifabricatului şi are următoarele valori (exprimate în mm):

- pentru blumuri, sleburi şi ţagle pătrate sau rotunde:
  - $0{,}5 \cdot \Delta d$ pentru dimensiuni ale laturii pe care este defectul, mai mari de 80 mm
  - Δd pentru dimensiuni ale laturii de 80…140 mm;
  - 5 % din dimensiune, pentru dimensiuni ale laturii de 140…200 mm;

– 6 % din dimensiune, pentru dimensiuni ale laturii de peste 200 mm;

- pentru țagle plate:
  – 6% din dimensiune pe partea lată;
  – 5% din dimensiune pe marginea laterală.

Îndepărtarea defectelor de pe suprafața lingourilor și a semifabricatelor se face atât în stare rece a acestora, cât și la cald, prin următoarele metode:

- curățirea prin dăltuire;
- curățirea prin polizare;
- curățirea prin așchiere (strunjire, rabotare, frezare);
- curățirea prin ardere superficială (flamare);
- curățirea prin atac chimic superficial (decapare).

Curățirea prin dăltuire se execută cu dălți penumatice și numai la lingouri sau semifabricate în stare rece.

Dălțile propriuzise sunt executate din oțeluri pentru scule aliate cu Cr și W, ascuțite cu unghiuri variind între 45 și 85° și cu o lățimea între 20...25 mm.

Cu cât oțelul ce urmează a fi curățit prin dăltuire este mai moale, cu atât unghiul de ascuțire trebuie să fie mai mic, deoarece la un unghi mic al tăișului dălții, productivitatea operației este mai mare, iar așchia care se formează este mai subțire.

Pentru curățirea prin dăltuire, lingourile și semifabricatele se depun pe: stative joase, pe care să se poată efectua răsturnarea cu ușurință a acestora în vederea îndepărtării defectelor de pe toate suprafețele. De pe suprafața unde urmează a se înlătura defectele prin dăltuire, în prealabil se va îndepărta cu perii de sârmă, oxizii (țunderul), praful, nisipul etc., iar după o exminare atentă a defectelor acestea se marchează .

Pentru a se evita ascunderea defectului în timpul operației de dăltuire, acesta se va efectua numai în direcția longitudinală a semifabricatului.

Dăltuirea se va executa astfel încât șanțul ce se realizază să aibă o pantă foarte lină, iar raportul între adâncimea și lățimea sa să fie de 1:6 În cazul unor rapoarte mai mici, aceste șanțuri pot deveni amorse de fisurare sau pot provoca suprapuneri de material în timpul laminării ulterioare.

Semifebricatul căruia i s-au îndepărtat complet defectele, se supune controlului final, prin care se verifică dacă s-au îndepărtat toate defectele și dacă nu s-au depășit dimensiunile locurilor de curățire, marcându-se în același timp eventualele zone care trebuiesc șutate, din cauză că au avut defecte ce nu au putut fi îndepărtate, sau care prin curățire necorespunzătoare este necesar a fi rebutate.

Curățirea prin polizare se efectuează în special la semifabricatele din oțeluri aliate și înalt aliate, care au duritate foarte mare sau la semifabricate (turnate sau laminate) care prezintă foarte multe defecte, dar pe suprafețe mici.

Pentru această operație de curățire, se folosesc polizoare manuale (electrice sau pneumatice), polizoare suspendate sau chiar mașini de polizat

automate, care sunt înzestrate cu discuri abrazive, cu un diametru cuprins între 150 şi 800 mm, o lăţimea de 20...75 mm şi viteze periferice de până la 75 m/s.

În ceea ce priveşte viteza discurilor abrazive, aceasta, trebuie astfel stabilită încât să asigure o productivitate maximă la un consum minim al discului. Pentru aceasta, cu cât materialul ce urmează a fi curăţat este mai dur, cu atât se vor întrebuinţa discuri mai moi (şi invers).

În cazul oţelurilor aliate cu tendinţă de călire în aer se vor evita supraîncălzirile locale ca urmare a unei presiuni prea mari asupra discului abraziv în timpul polizării. De asemenea în aceste cazuri se poate folosi şi polizarea umedă.

Înlăturarea defectelor se va efectua numai prin polizare transversală (faţă de axa semifabricatului), deoarece în caz contrar fisurile dispuse longitudinal se contopesc pe suprafaţa materialul cu rizurile produse prin polizare şi vor fi greu de depistat.

Curăţirea prin aşchiere se execută atât la cald, cât şi la rece pe maşini unelte speciale (strunguri, raboteze, freze) şi este avantajoasă în special în cazurile când trebuie să se îndepărteze un număr mare de defecte la fiecare semifabricat. La aceste maşini se pot efectua atât curăţiri locale, cât şi curăţiri totale ale semifabricatelor turnate sau laminate (cojiri) asigurându-se productivităţi foarte mari, având în vedere că aşchierea se realizează cu 4...12 cuţite simultan, fixate într-un cap rotativ al maşinii.

Principalele deficienţe ale curăţirii prin aşchiere sunt pierderile mari de material metalic care ajung până la 6% la aşchierea la cald şi până la 20% la aşchierea la rece (grosimea stratului de material îndepărtat varind între 5-15 mm) şi costul ridicat al utilajului. Acest procedeu de îndepărtare a defectelor superficiale fiind foarte scump se foloseşte numai la oţelurile aliate şi înalt aliate la care alte procedee de curăţire nu dau rezultate satisfăcătoare.

Curăţirea prin ardere superficială constă în arderea oţelului din zona defectului, cu flacără oxiacetilenică. Tehnologia de curăţire prin ardere are două faze: încălzirea semifabricatului şi curăţirea propriuzisă. În cazul curăţirii manuale această operaţie se execută cu un arzător (suflai). Într-un timp foarte scurt (câteva secunde), oţelul se încălzeşte local până la temperaturi suficient de înalte, încât să permită începerea fazei a doua a operaţiei, respectiv arderea (oxidarea) materialului din zona defectului printr-un jet de oxigen orientat aproape orizontal şi de-a lungul defectului. Dându-se o mişcare de avans arzătorului în lungul defectului. pe semifabricat va rămâne un şanţ cu suprafaţă netedă şi lucioasă. Pe marginea şanţului rămâne oţelul oxidat (ţunder), care a fost suflat în timpul curăţirii şi care se îndepărtează prin lovire, sau cu ajutorul unor perii de sârmă. Viteza curăţirii manuale ajunge până la 18 m/min, cea ce reprezintă o productivitate de 10-15 ori mai mare decât la curăţirea prin dăltuire.

În cazul unor mărci de oţeluri pentru care se impun restricţii foarte severe privind calitatea suprafeţei (oţelul pentru ţevi, pentru şuruburi etc.) se practică

curăţirea prin ardere superficială pe întreaga suprafaţă a semifabricatelor obţinute prin laminare. În acest scop se folosesc maşini speciale (de flamat) montate în general în fluxul laminorului bluning între caja de lucru şi foarfecele de şutare şi debitare.

La maşinile de flamat, blumul ajungând în stare caldă, are loc aprinderea imediată a oxigenului, care este suflat printr-un număr mare de duze amplasate astfel încât arderea să se efectueze simultan pe toate feţele laterale ale semifabricatului, în timp ce acesta se deplasează cu o viteză de până la 30 m/min. pe calea cu role.

Prin flamarea în flux se îndepărtează un strat de material cu o grosime de 3...10 mm., în care sunt cuprinse defectele de suprafaţă ale semifabricatelor laminate (blumuri), şi astfel pierderile de oţel sunt de circa 2...5%

Procedeul de curăţire prin ardere superficială este cel mai economic, asigură o îndepărtare totală şi de calitate a defectelor, se poate aplica în general la orice marcă de oţel, are productivitate înaltă, poate fi automatizat şi ca atare este foarte răspândită.

Curăţirea prin atac chimic superficial (decaparea) se aplică în special tablelor şi benzilor laminate la cald, care vor devini semifabricate pentru laminarea la rece.

Prin decapare se urmăreşte îndepărtarea oxizilor (ţunderului) formaţi pe suprafaţa tablelor sau benzilor în timpul încălzirii şi laminării la cald. În cazul oţelurilor, pe suprafaţa semifabricatelor se disting trei straturi de oxizi: un strat superior format din Fe_2O_3, unul mijlociu din Fe_3O_4 şi stratul inferior din FeO care are de altfel şi cea mai mare pondere ajungând până la 50...80%.

În cazul oţelurilor aliate şi înalt aliate pe lângă aceşti oxizi de fier în stratul de ţunder apar şi cantităţi mici (2-3%) de oxizi ai elementelor de aliere.

Decaparea oţelurilor se realizează de obicei în băi cu acizi (acid sulfuric, acid clorhidric sau acid azotic) în care au loc concomitent două procese şi anume, dizolvarea oxizilor şi desprinderea mecanică a stratului de oxizi de pe suprafaţa semfabricatului de către hidrogenul care se degajă în timpul procesului chimic de dizolvare a oxizilor. Acest al doilea proces decurge deosebit de intens în cazul decapării în soluţie de acid sulfuric.

Pentru decaparea benzilor din oţeluri carbon cât şi pentru majoritatea oţelurilor aliate (cu excepţia oţelurilor înoxidabile) se folosesc soluţii de acid sulfuric, concentraţia soluţiei varind în general între 12 şi 25%, iar temperatura băii este cuprinsă între 60 şi 100^0 C.

Durata decapării depinde de grosimea şi compoziţia stratului de oxizi şi de condiţiile în care are loc decaparea, respectiv de concentraţia şi temperatura băii de decapare, cât şi de saturarea soluţiei de sulfat feros şi variază între 15-20 min.

În băile de decapare se mai introduc şi anumite substanţe organice sau anorganice cu scopul micşorării consumului de acid, reducerii procesului de dizolvare a fierului pur, micşorării degajării de gaze, adaosuri ce poartă numele

de inhibitori şi care formând o peliculă pe suprafaţa oţelului decapat îl protejează împotriva corodării excesive.

După decapare tablele şi benzile sunt supuse unei spălări cu apă caldă şi apoi cu apă rece, după care se usucă prin suflare cu aer cald.

Decaparea cu acid clorhidric, tinde să înlocuiască decaparea cu acid sulfuric, ca urmare a avantajelor sale, dintre care se pot menţiona:

- decaparea este suficient de activă chiar la temperatura ambiantă, si intensitatea atacului chimic creşte foarte puternic pe măsură ce temperatura băii se măreşte (decaparea se efectuează în general la temperaturi de sub 50 ^{0}C);
- creşterea concentraţiei clorurilor de fier din soluţia de decapare nu micşorează activitatea procesului de decapare şi fiind solubile în apă se îndepărtează mai uşor în timpul spălării benzilor, decât sulfatul feros precipitat la decaparea în H_2SO_4;
- la aceiaşi concentraţie a băii de HCl cu cea de H_2SO_4 timpul de decapare scade de circa şapte ori (în general concentraţia soluţiilor de HCl pentru decapare este de 10...12 %) ;
- fragilitatea de decapare, caracterizată prin reducerea plasticităţii oţelului, produsă de difuzia hidrogenului în structura oţelului, este mult mai puţin întensă în cazul decapării cu HCl decât în cazul decapării cu H_2SO_4;

Pentru ca semifabricatele decapate (table sau benzi) să nu ruginească în timpul depozitării se vor unge după uscare cu un ulei de protecţie.

In cazul oţelurilor înoxidabile, decaparea benzilor se efectuează în două etape. Prima etapă constă în imersarea benzii în săruri topite, formate dintr-un amestec de NaOH şi $NaNO_3$ la temperaturi de 450...550 ^{0}C , iar următoarea etapă este o decapare într-o soluţie de H_2SO_4 (15...18% concentraţie şi o temeratură de 75...85 ^{0}C), sau un amestec format din 12...15% HNO_3 şi 3...5 % HF la 55...65 ^{0} C. După decapare banda se spală cu apă caldă şi rece şi se unge pentru protecţie pe timpul depozitării.

2.4.-Tratamente termice primare aplicate semifabricatelor

O cantitate destul de importantă de lingouri şi semifabricate din oţeluri aliate şi înalt aliate sunt supuse în special unui tratament termic de recoacere.

În funcţie de scopul urmărit, recoacerea lingourilor şi a semifabricatelor se efectuează în următoarele condiţii:

– pentru oţeluri cu procentul de carbon sub 0,81% (hipoeutectoide) încălzirea se va face la temperaturi ce variază între 860 şi 900°C (la oţelurile cu conţinut mic de carbon) şi 780-820°C (la oţelurile cu 0,6-0,8%C) cu scopul detensionării, înmuierii şi recristalizării structurii de turnare a lingourilor sau a celei de supraîncălzire a semifabricatelor, în vederea evitării crăpăturilor de încălzire sau laminare ulterioare;

– pentru oţeluri cu procent de carbon peste 0,81% (hipereutectoide) încălzirea se va face la o temperatură cuprinsă între 760 şi 820°C cu scopul

înmuierii şi detensionării lingourilor şi semifabricatelor în special atunci când acestea urmează a fi cojite la rece;

– pentru oţelurile aliate, în vederea înmuierii şi prevenirii apariţiei fulgilor în semifabricatele destinate laminării se practică o încălzire între limitele 650-720°C, în funcţie de marca oţelului;

– pentru oţelurile aliate şi înalt aliate cu conţinut mare de carbon, încălzirea se va face la o temperatură cuprinsă între 1100 şi 1150°C, cu scopul difuziei elementelor de aliere segregae, în special în cazul lingourilor grele cu neomogenitate chimică accentuată (recoacere de omogenizare).

Indiferent de tipul recoacerii, viteza de încălzire în general nu este limitată decât de posibilităţile cuptorului putând să ajungă la 60...100°C/h la lingouri mai mari.

Durata de menţinere la temperatura de regim variază între 6 şi 10 h pentru oţelurile aliate şi înalt aliate. Răcirea se realizează în cuptor până la 350-650°C în timp de 4-6 h în funcţie de calitatea oţelului, după care se continuă în aer până la temperatura ambiantă.

2.5.- Încălzirea laminatelor în vederea laminării

Toate oţelurile deformabile şi majoritatea metalelor neferoase se lamineză la cald, iar o încălzire corect executată şi uniformă pe secţiunea şi lungimea semifabricatului, se va resfrânge pozitiv asupra calităţii produselor finite obţinute prin laminare. De asemenea vor scădea forţele şi puterea de laminare ca urmare a creşterii plasticităţii şi micşorării rezistenţei la deformare a materialului metalic laminat, care în final vor asigura:

- reducerea consumului de energie pentru laminare;
- posibilitatea aplicării de reduceri mari şi micşorarea numărului etapelor de deformare (a numărului de treceri) şi creşterea productivităţii laminorului;
- o uzură normală a cilindrilor de lucru ai laminorului şi a sub-ansamblelor liniei de laminare.

Pentru realizarea deziderateloe menţionate, va fi necesar ca la stabilirea tehnologiei de încălzire să se ţină seama de următorii factori, dependenţi în ultimă instanţă de calitatea materialului metalic ce urmează a fi încălzit în vederea laminării:

– viteza de încălzire;
– temperatura de încălzire;
– durata de încălzire;
– atmosfera cuptorului de încălzire.

2.5.1.- Viteza de încălzire

Acest parametru al procesului de încălzire ţine seama în primul rând de cele două perioade distincte în care se efectuează încălzirea semifabricatelor destinate laminării, perioade caracterizate de intervalul de temperaturi în care are loc încălzirea. Astfel în cazul oţelurilor prima perioadă a încălzirii corespunde temperaturilor sub 700...800 ^{0}C iar cea de a doua la temperaturi superioare acestor valori.

In prima perioadă de încălzire, când temperatura iniţială a semifabricatului este scăzută, factorii care condiţionează valoare vitezei de încălzire sunt plasticitatea şi tensiunile existente în material, coeficienţii de dilatare şi conductivitate termică. Acest ultim factor este cel ce generează gradientul de temperatură dintre diferitele zone ale semifabricatului şi implicit apariţia tensiunilor termice generatoare de fisuri.

Astfel cu cât dilatarea termică cât şi tensiunile existente în material au valori mai mici iar coeficientul de conductivitate şi plasticitatea au valori mai ridicate, cu atât viteza de încălzire poate fi mai mare. In caz contrar, o plasticitate relativ redusă (creşterea importantă are loc la temperaturi de peste 600 ^{0}C), şi variaţiile de volum ce apar în domeniul temperaturilor corespunzătoare transformărilor structurale din oţeluri, suprapuse tensiunilor termice ce apar în materialul semifabricatelor, generate de conductivitatea redusă şi dilatarea accentuată a oţelurilor, pot uşor genera crăpături în semifabricatele supuse încălzirii cu viteze neadecvate.

Prin creşterea temperaturii semifabricatului, coeficientul de conductivitate termică scade în cazul oţelurilor carbon şi slab aliate şi creşte la oţelurile înalt aliate [5], astfel ca la temperaturi de 700...800 ^{0}C , conductivitatea termică are practic aceiaşi valoare îndiferent de tipul oţelului (Fig.2.5).

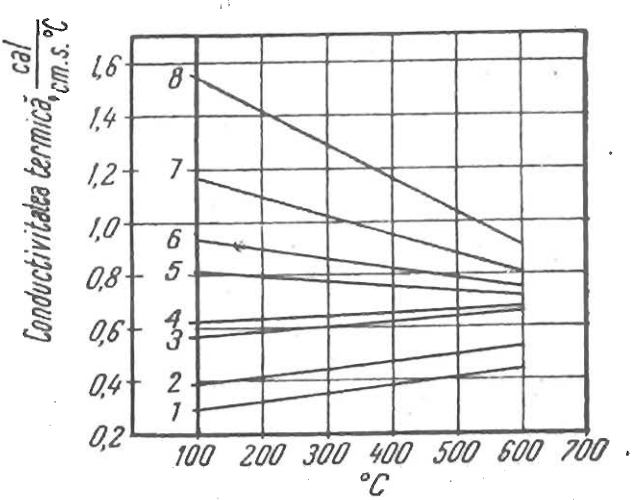


Fig.2.5 Variaţia coeficientului de conductivitate în funcţie de temperatură:
1-oţel manganos; 2-oţel inoxidabil austenitic; 3-oţel inoxidabil feritic; 4-oţel inoxidabil martensitic; 5-oţel mediu aliat pentru construcţii; 6-oţel pentru rulmenţi; 7- oţel slab aliat pentru construcţii; 8-fier armco

Coeficientul de dilatare termică, de asemenea depinde de compoziţia chimică şi temperatura oţelului laminat. Dacă creşterea temperaturii semifabricatului conduce, îndiferent de tipul materialului metalic încălzit, la creşterea coeficientului de dilatare, elementele ce intră în compoziţia oţelurilor pot avea influenţe diferite. Astfel de exemplu manganul şi nichelul din oţeluri măresc dilatarea termică a acestora, în timp ce cromul o micşorează [5].

Rezultă deci că în prima fază de încălzire a semifabricatelor în vederea laminării, viteza de încălzire este limitată în special de tensiunile termice şi structurale, în măsură cu atât mai mare cu cât şi gradul de aliere al oţelului este mai ridicat.

Dacă oţelul are o plasticitate ridicată la temperaturi scăzute, chiar dacă coeficientul lor de conductivitate este relativ scăzut, iar dilatarea mare (cazul de exemplu al oţelurilor de rulmenţi), se poate încălzi cu viteze ridicate fără a apare pericolul fisurării sau crăpării semifabricatelor în prima perioadă a procesului de încălzire. Astfel de oţeluri pot fi introduse direct în cuptoarele de încălzire chiar la temperaturi ale acestora de 1200 ^{0}C , fără o eventuală preîncălzire.

Viteza de încălzire la unul şi acelaşi material, depinde şi de dimensiunile semifabricatului. Asfel cu cât dimensiunile semifabricatului sunt mai mari cu atât viteza de încălzire va avea valori mai reduse, ca urmare a prezenţei în aceste semifabricate a unor tensiuni reziduale cu valori mai mari şi a unei neomogenităţi chimice şi structurale de asemenea mare.

In cea de a doua perioadă a încălzirii semifabricatelor din oţelurilor aliate în vederea laminării, deci la temperaturi de peste 700...800 ^{0}C, conductivitatea termică fiind ridicată, gradientul de temperatură pe secţiune redus şi plasticitatea relativ înaltă, viteza de încălzire poate fi mărită până la limita maximă ce o poate asigura cuptorul de încălzire.

Creşterea vitezei de încălzire în această perioadă este absolut necesară, nu numai pentru creşterea productivităţii cuptorului de încălzire, ci şi pentru reducerea la minimum a decarburării semifabricatelor şi a pierderilor prin oxidare, fenomene care încep tocmai de la temperaturi de circa 700 ^{0}C şi se intensifică pe măsură ce creşte temperatura şi timpul de încălzire.

Viteza de încălzire nu reprezintă însă o problemă în cazul încălzirii lingourilor introduse calde (700...750 ^{0}C) în cuptor şi a semifabricatelor din oţeluri carbon şi slab aliate.

In general viteza de încălzire a oţelurilor susceptibile la acest paremetru variază între 20...50 mm/h pentru lingouri introduse reci în cuptoare şi 25...60 mm/h pentru semifabricatele laminate. Aceaste valori înmulţite cu 0,5 din latura secţiunii lingoului sau semifabricatului, ne va da timpul necesar pentru încălzirea respectivelor semifabricate.

Pentru asigurarea unor viteze relativ mici de încălzire, în special în prima perioadă a încălzirii lingourilor reci din oţeluri aliate, se va scădea temperatura cuptoarelor adânci până la valorile recomandate în tabelul 2.1

Tabelul 2.1

Temperaturile maxime admise ale cuptoarelor adânci la încărcarea lingourilor reci

Grupa de oţeluri	Temperatura cuptorului, ^{0} C
Oţeluri mediu şi înalt aliate pentru construcţii	700…800
Oţeluri inoxidabile feritice	600…700
Oţeluri inoxidabile martensitice şi austenitice	500…600
Oţeluri de scule ledeburitice	400…500
Oţeluri manganoase	350…450

2.5.2 -Temperatura de încălzire

Pentru oţeluri sau diferite alte aliaje, temperatura de încălzire în vederea laminării se va alege în primul rând, în funcţie de compoziţia chimică a aliajului care condiţionează atât temperatura de topire cât şi plasticitatea şi rezistenţa sa la deformare. De asemenea temperatura de încălzire va depinde şi de structura şi proprietăţile ce se doresc a se obţine la laminatul finit.

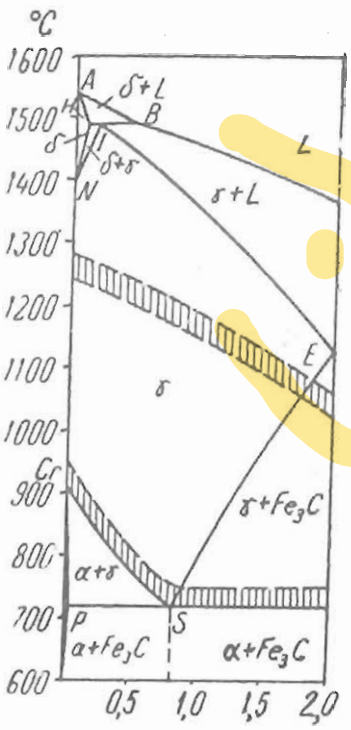


Fig.2.6.-Domenile de temperaturi de început şi sfârşit de laminare pentru oţelurile carbon

Pentru o primă apreciere a temperaturii de încălzire şi respectiv de început şi de sfârşit de laminare se folosesc diagramele de echilibru ale aliajului luat în studiu. Astfel pentru oţelurile carbon, folosind diagrama fier-cementită (fig.2.6), se obţine temperatura de încălzire, care va avea o valoare inferioară cu 100…250 ^{0}C faţă de punctul de pe linia solidus corespunzător concentraţiei în carbon a oţelului. La rândul ei temperatura de sfârşit de laminare va fi cu 20…50^{0}C superioară temeraturii punctelor de transformare Ar_3 pentru oţelurile hipoeutectoide şi respectiv Ar_1 pentru oţelurile hipereutectoide.

Temperatura de încălzire apreciată din diagramele de echilibru, în special în cazul unor oţeluri aliate sau a unor aliaje complexe se va definitiva la valori în plus sau în minus, în funcţie de următorii factori:

- prezenţa în masa de bază a aliajului încălzit a unor costituenţi care reduc plasticitatea sau coboară tempe-ratura de încălzire pentru evitarea apariţiei lor, cum este cazul de exemplu a prezenţei în masa de austenită a unor oţeluri aliate a unor carburi complexe sau a feritei δ;
- susceptibilitatea aliajului la creşterea granulaţiei la temperaturi ridicate, cum este cazul de

exemplu al oţelurilor inoxidabile feritice;

• necesitatea obţinerii unei granulaţii foarte fine sau a unei durităţi ridicate va face ca temperatura de început de laminare să fie mult coborâtă;

• susceptibilitatea unor oţeluri la decarburare de asemene va face ca temperatura de început de laminare să fie mai redusă.

Pentru principalele grupe şi mărci de oţeluri, temperaturile de început şi de sfârşit de laminare recomandate sunt date în tabelul 2.2

Tabelul 2.2

Temperaturile de început şi de sfârşit de laminare recomandate pentru unele grupe şi mărci de oţeluri

Grupe şi mărci de oţeluri	Temperatura de început de laminare, ^{0} C		Temperatura de sfârşit de laminare, ^{0} C
	lingouri	semifabricate	
Oţeluri carbon: -OL00...OL37; K_1...K_6	1240...1280	1200...1240	900...850
-OL 42...OL 70	1200...1240	1160...1200	850...800
Oţeluri carbon -OLC 10...OLC 25	1240...1280	1200...1240	900...850
de -OL C 30...OLC 45	1200...1240	1160...1200	850...800
calitate -OL C 50...OLC 60	1160...1200	1140...1180	800...750
pentru automate şi fosforos pentru piuliţe	1100...1140	1060...1100	820...780
Oţeluri aliate de cementare	1180...1200	1160...1180	850...800
Oţel aliat de îmbunătăţire şi de nitrurare	1160...1180	1140...1160	850...800
Oţeluri -Arc1; Arc2A; Arc5; Arc5A	1180...1200	1060...1100	850...800
pentru -Arc 3 ; Arc 4 ; Arc 6A	1160...1180	1060...1100	850...800
arcuri - Arc 6 ; Arc 10	1140...1160	1060...1100	850...800
Oţeluri pentru rulmrnţi Rul 1 ; Rul 2	1140...1160	1060...1100	850...800
Oţel beton	1160...1200	1140...1180	850...800
Oţeluri rezistente la coroziune şi refractare			
-10 AsMNC170; 7 NC180; 10 TNC180;	1180...1220	1160...1200	980...940
-7 C120; 13 C130;	1160...1200	1140...1180	900...860
-14 NC120; 15 SNC200; 15 SNC250;	1160...1200	1140...1180	1020...980
-40 SC90; 22 MNC130; (20...40)C130;	1140...1180	1120...1160	900...860
-10 C170; 7 TC170; 12 TC250;	1120...1160	1100...1140	760...720
Oţeluri carbon pentru scule:			
-OSC 7... OSC 8	1120...1160	1100...1140	850...800
-OSC 9... OSC 11; OSC 8M	1100...1140	1080...1120	820...780
-OSC 12... OSC 13	1080...1120	1060...1100	820...780
Oţeluri rapide			
- Rp 1... Rp 5 ; Rp 8	1180...1200	1140...1160	950...900
- Rp 6... Rp 7	1120...1140	1080...1100	950...900
Oţeluri pentru ţevi:			
-OLT 32...OLT 45; OLT 35K...OLT45K	1240...1280	1200...1240	900...850
-OLT 55...OLT 65;	1160...1200	1140...1180	800...750
-16Mo3; 14CMo4; 12CmoV3; 10MoC50	1180...1200	1160...1180	850...800
-40 M10; 44 M11; 43 MoM16	1160...1180	1140...1160	850...800

Dacă din anumite motive, va fi necesar să se încalzească în acelaşi cuptor şi în acelaşi timp mărci diferite de oţeluri, temperatura şi viteza de încalzire se va adopta în funcţie de oţelul cel mai pretenţios din acest punct de vedere, iar dacă se vor încălzi în acelaşi timp semifabricate de dimensiuni diferite dar din acelaşi oţel, regimul de încălzire se va adopta corespunzător semifabricatului cu masa cea mai mică.

2.5.3.-Durata de încălzire

Din punctul de vedere al duratei de încălzire a lingourilor şi semifabricatelor se disting două perioade şi anume:

. = prima perioada, care înglobează timpul necesar de atingere a temperaturii de încălzire prescrise pentru oţelul luat în studiu;

= a doua perioadă de menţinere la temperatura de încălzire, un timp ce variază în funcţie de secţiunea şi calitatea oţelului, între 0,3...4,0 ore.

Timpul de încălzire trebuie riguros stabilit deoarece un timp prea lung conduce la:

– creşterea exagerată a granulaţiei (defectul de supraîncălzire) cu repercursiuni nefavorabile asupra deformabilităţii materialului;

– apariţia topirii materialului intergranular (defectul de ardere) care produce rebutarea semifabricatului;

– se intensifică procesul de oxidare a semifabricatelor, conducând la înrăutăţirea calităţii laminatului şi la un consum sporit de oţel;

– creşterea zonei decarburate la oţelurile cu % C ridicat.

– reducerea productivităţii cuptorului de încălzire.

Stabilirea analitică şi cât mai precisă a timpului de încălzire este destul de anevoioasă în special din cauza numărului mare de factori care influenţează acest parametru al încălzirii.

O relaţie care ţine cont de unii din factorii ce influenţează durata de încălzire şi care dă rezultate satisfăcătoare pentru calculul timpului de încălzire a lingourilor este următoarea [5]:

$$\tau = \frac{k \cdot s^2 \cdot \gamma \cdot c_p \cdot (t_s - t_o)}{\lambda \cdot \Delta t} \qquad (2.1)$$

în care: k este un coeficient de formă a lingoului, pentru care se dau valori în diagrama din figura 2.7;

s – jumătate din valoarea laturii mici a lingouluui, în m.;

γ – greutatea specifică a oţelului lingou (v.tabelul 1.4), în t/m^3 ;

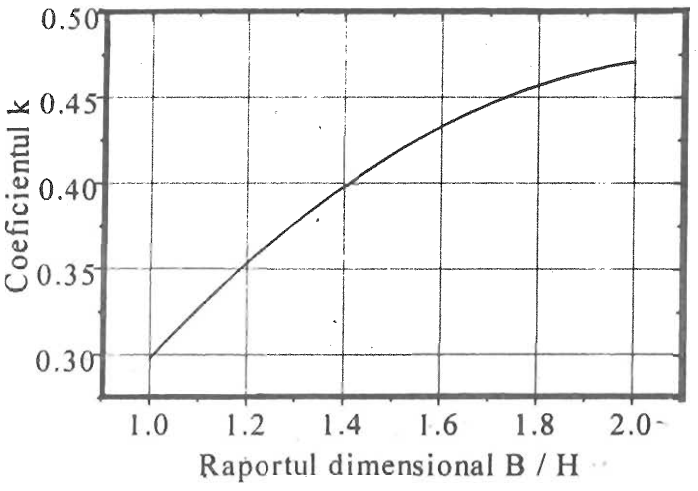
c_p–căldura masică a oţelului cu valori de c_p=0,11...0,12 kcal/kg,^{0}C;

t_s – temperatura la suprafaţa lingoului, în ^{0}C ;

t_o – temperatura iniţială a lingoului, în ^{0}C ;

λ – coeficientul de conductibilitate termică a oţelului, pentru care se dau valori în tabelul 2.3;

Δt – diferenţa de temperatură dintre suprafaţa şi centrul lingoului, care nu trebuie să depăşască 50 ^{0}C.



Fig,2.7-Variaţia coeficientului k în funcţie de dimensiunile lingoului date prin rapoartele B/H şi S/R :

B şi H sunt lăţimea şi respectiv grosimea lingourilor prismatice, iar S şi R sunt secţiunea şi raza lingourilor cilindrice.

Tabelul 2.3

Valori informative ale coeficientului λ

Grupa oţelului	λ, cal/m,h,^{0}C
Inoxidabil cu 6…8 %Ni şi 18…22 %Cr	14,4
Inoxidabil cu 23…27 %Ni şi 18…22 %Cr	11,2
Refractare cu: 13…15 % Ni şi 15…20 % Cr	11,2…13,3
56…78 % Ni şi 15…20 % Cr	14,4…14,8
35 % Ni şi 17 % Cr	14,9
25…30 % Cr	21,3
Oţeluri Cr - Si cu : 8…9 %Cr şi 2,3…3,5 %Si	14.4
1 %Cr , 0,71 % Si şi 1,03 % Mn	32,4
Oţeluri Cr-Ni-W cu 12…15 %Cr şi Ni şi 3%W	16,4
Oţeluri cu 1…25 % W	36,4…16
Oţeluri rapide	22

In general pentru stabilirea timpului de încălzire se folosesc o serie de relaţii empirice, care dau mai mult valori informative, dar suficient de acoperitoare pentru necesităţile practice.

Dintre relaţiile cunoscute pentru calculul timpului de încălzire se recomandă şi următoarele [6]:

- pentru încălzirea lingourilor şi semifabricatelor reci:

$$\tau = k_1 \cdot k_2 \cdot D^{1,5} \qquad (2.2)$$

sau o altă relaţie

$$\tau = k \cdot d \qquad (2.3)$$

- pentru încălzirea lingourilor introduse în cuptor în stare caldă:

$$\tau = c \cdot [7 - 0{,}006 \cdot (t - 200)] \qquad (2.4)$$

- pentru încălzirea semifabricatelor din oţeluri cu %C scăzut şi mediu în cuptoare cu propulsie:

$$\tau = (7 + 0{,}05 \cdot d) \cdot d \qquad (2.5)$$

în care: D şi d sunt grosimea lingoului sau a semifabricatului exprimate în m. şi respectiv în cm.;

t – temperatura lingourilor la introducerea lor în cuptor, în ^{0}C;

k_1 – coeficient al calităţii oţelului cu valorile: 10 pentru oţeluri carbon şi respectiv 20 pentru oţeluri aliate;

k_2 – coeficient al poziţiei lingoului în cuptor cu valorile:

- pentru lingouri singulare $k_2 = 1{,}4$;
- pentru lingouri situate la distanţe egale cu:
  - latura lingoului (D) $k_2 = 2$;
  - jumătate din latura lingoului $k_2 = 2{,}2$;
- pentru lingouri sau semifabricate încălzite în cuptoare cu propulsie $k_2 = 4$.

k şi c – coeficienţi ai calităţii oţelului cu următoarele valori:

- pentru oţeluri carbon hipoeutectoide: $k = 0{,}10...0{,}15$, $c = 1$
- pentru oţeluri carbon hipereutectoide şi slab aliate pentru construcţii de maşini: $k = 0{,}15...0{,}20$, $c = 1{,}1$
- pentru oţeluri mediu aliate pentru construcţii de maşini, scule, rulmenţi şi arcuri: $k = 0{,}20...0{,}25$, $c = 1{,}3$
- pentru oţeluri înalt aliate pentru construcţii de maşini şi inoxidabile feritice : $k = 0{,}25...0{,}30$, $c = 1{,}5$
- pentru oţeluri inalt aliate pentru scule şi inoxidabile martensitice şi austenitice: $k = 0{,}30...0{,}35$, $c = 1{,}8$
- pentru oţeluri rapide şi manganoase: $k = 0{,}35...0{,}40$, $c = 2$.

In general uzine şi secţiile de laminare îşi întocmesc pe baza experienţei proprii graficele de încălzire pentru oţelurile pe care le laminează. Astfel, de exemplu pentru încălzirea unor lingouri calde de 7...7,5 t în cuptoare adânci cu regeneratoare de căldură se recomandă, în funcţie de calitatea oţelului, timpii prezentaţi în tabelul 2.4.

Tabelul 2.4

Timpii de încălzire a unor lingouri calde de 7...7,5 t în cuptoare adânci cu regeneratoare de căldură [7]

Temperatura lingoului la intoducerea în cuptor, ^{0}C	Oţel necalmat	Oţel: calmat cu %C ≤ 0,3; carbon 0,31...0.5%C; slab aliat cu Mn şi Cr	Oţel: carbon 0,51...0.7%C; mediu aliat cu Mn şi Cr pentru automate	Oţeluri înalt aliate
700	3 h şi 35'	3 h şi 35'	4 h şi 05'	5 h şi 20'
750	3 h şi 15'	3 h şi 15'	3 h şi 45'	5 h şi 00'
800	2 h şi 45'	2 h şi 55'	3 h şi 20'	4 h şi 30'
820	2 h şi 25'	2 h şi 45'	3 h şi 10'	4 h şi 20'
850	2 h şi 10'	2 h şi 35'	3 h şi 00'	4 h şi 10'
870	2 h şi 05'	2 h şi 20'	2 h şi 40'	3 h şi 50'
890	1 h şi 55'	2 h şi 05'	2 h şi 30'	–
920	1 h şi 50'	1 h şi 55'	–	–

Pentru cele două perioade ale încălziri, respectiv sub şi peste 800 ^{0}C se recomandă următoarea împărţire (în procente) a timpului total de încălzire [5]:

	t ≤ 800 ^{0}C	t = 800...1200 ^{0}C
Oţel carbon	50...60%	50...40%
Oţel aliat	60...70%	40...30%

Perioadă de menţinere la temperatură constantă a lingourilor şi semifabricatelor, care urmează perioadei de încălzire, urmăreşte asigurarea timpului necesar pentru a se realiza următoarele:

– egalizarea temperaturii pe secţiunea semifabricatului, astfel ca să se evite diferenţe mari de temperatură între suprafaţă şi zona centrală, care ar genera tensiuni periculoase în timpul deformării, ce pot provoca fisuri sau crăpături, ca urmare a diferenţelor de plasticitate între zonele respective;

– omogenizarea chimică, în special în cazul lingourilor din oţel cu conţinut ridicat de carbon şi a oţelurilor aliate, prin difuzia spre zonele cu o concentraţie mai scăzută a sulfurilor şi a carburilor, prezente într-o cantitate mai mare, în special în zona superioară a lingoului, care s-a solidificat ultima. Ca urmare a acestei omogenizări chimice se va îmbunătăţii şi deformabilitatea oţelului

– difuzia spre exterior a gazelor dizolvate în unele oţeluri, cum sunt de exemplu cele pentru rulmenţi, la care în special prezenţa hidrogenului conduce la apariţia "fulgilor" .

Valori informaive ai timpilor de menţinere (de egalizare) se dau în tabelul 2.5.

In general se recomandă ca durata de menţinere la temperatura finală de încălzire să aibă o ponderă de 8...12 % pentru oţelurile carbon şi de 12...20 % pentru oţelurile aliate, din timpul total de încălzire.

Tabelul 2.5

Timpul de menţinere la temperatura de egalizare a lingourilor şi semifabricatelor [6]

Grupa de oţeluri	Timpul de menţinere, min.	
	lingouri	semifabricate
Carbon hipoeutectoide şi slab aliate pentru construcţii de maşini	40...80	20...60
Carbon hipereutectoide, mediu şi înalt aliate pentru construcţii de maşini	60...120	30...90
Carbon şi aliate pentru arcuri	60...90	30...60
Pentru rulmenţi	80...120	40...60
Carbon şi mediu aliate pentru scule	80...120	40...60
Înalt aliate pentru scule şi rapide *	60...90	40...60
Inoxidabile feritice	60...90	30...60
Inoxidabile martensitice **	90...120	40...90
Inoxidabile austenitice ***	120...180	40...90
manganoase	60...90	30...60

Timpii recomandaţi se referă la lingouri mai mici de 3,5 t şi semifabricate cu grosime sub 200 mm. Pentru dimensiuni mai mari timpul se prelungeşte cu 60...90 min. la lingouri şi 30...40 min la semifabricate

* Timpii de manţinere se referă la lingouri de până la 1000 kg ;

** Din timpii de manţinere doar 40...60 min. şi respectiv 20...30 min se vor afecta temperaturii finale de încălzire, restul se va folosi la o temeratură cu 100...150 ^{0}C sub cea finală;

*** Durata de menţinere se reduce sau se va mări cu 30...60 min. dacă raportul %Cr / %Ni este mai mare sau mai mic de 1,8

2.5.4.-Atmosfera cuptorului de încălzire

Compoziţia chimică a gazelor arse, care condiţionează împreună cu temperatura, admosfera cuptoarelor de încălzire a semifabricatelor destinate laminării, reprezintă unul din parametrii procesului de incălzire, care condiţionează în mare măsură şi calitatea produselor finite. Astfel în funcţie de compoziţia gazelor din încinta cuptoarelor de încălzire, corelată şi cu temperatura acestora pot avea loc, cu o intensitate mai mare sau mai mică, două procese deosebit de dăunătoare prin efectele lor asupra calităţii laminatelor din oţel, respectiv oxidarea şi decarburarea.

În funcţie de compoziţia gazelor din atmosfera cuptoarelor de încălzire aceasta poate fi de trei tipuri şi anume:

- atmosferă ***oxidantă*** când gazele de ardere au în compoziţia lor, într-un anumit raport, dependent de temperatura cuptorului, oxigen, dioxid de carbon şi vapori de apă;

• atmosferă *reducătoare* când gazele de ardere au în compoziția lor, într-un anumit raport, dependent de temperatura cuptorului, hidrogen, monoxid de carbon și metan;

• atmosferă *neutră* când gazele de ardere cu caracter oxidant sunt într-un raport determinat, tot în funcție de temperatură, cu cele cu caracter reducător, sau când în atmosfera cuptorului cu încălzire electrică sau indirectă, se introduc gaze inerte, cum ar fi de exemplu argonul.

Pentru determinarea caracterului atmosferei cuptoarelor se recomandă folosirea diagramei prezentată în figura 2.8. din care se poate stabili pentru anumite valori ale raportului CO_2 / CO valorile corespunzătoare ale raportului H_2O / H_2 necesar (și invers) pentru realizarea atmosferei dorite.

În cazul atmosferei oxidanre, gazele prezente, respectiv O_2 , CO_2 și H_2O, reacționează în primul rând cu fierul din compoziția oțelului supus încălzirii, oxidându-l la FeO ; Fe_3O_4 și Fe_2O_3 , oxizi care vor forma stratul de arsură de pe suprafața semifabricatelor încălzite.

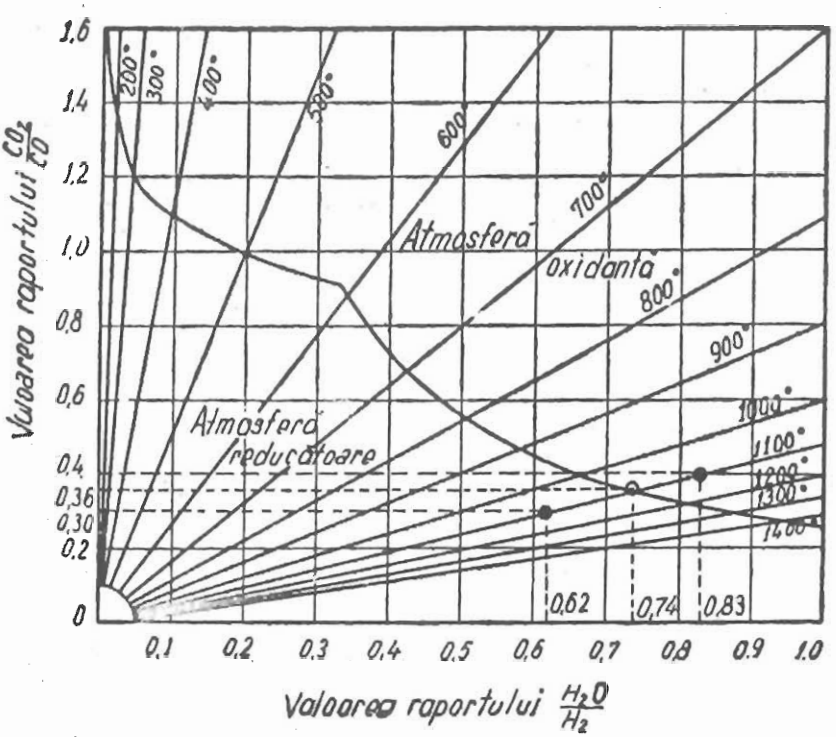


Fig.2.8.-Diagrama pentru determinarea caracterului atmosferei cuptoarelor de încălzire în funcție de compoziția și temperatura gazelor de ardere.

La o temperatură de circa 900 ^{0}C stratul de arsură este format din:

– stratul exterior din Fe_2O_3 cu o pondere de ~ 2 %;

– stratul intermediar din Fe_3O_4 cu o pondere de ~ 18 %;

– stratul interior, aderent de suprafața semifabricatului, din FeO cu

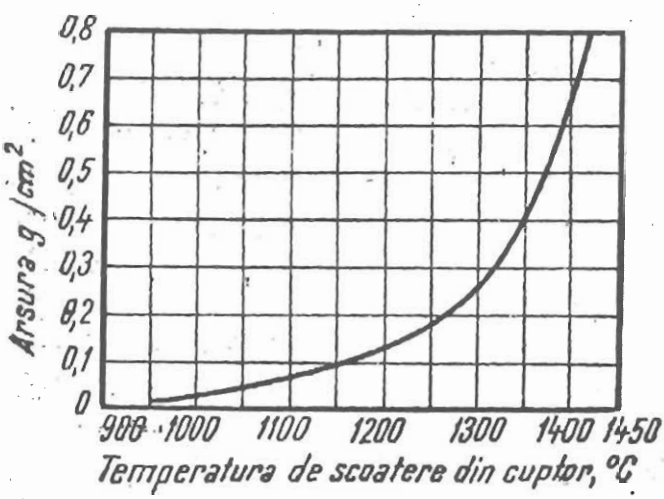
o pondere de ~ 80 % din grosimea stratului de arsură;

In acelaşi timp, în cazul unor categori de oţeluri cu %C ridicat, sau a unor oţeluri aliate, gazele oxidante reacţionează şi cu cementita din compoziţia oţelurilor oxidând carbonul sub formă de CO (proces de decarburare) şi astfel oţelul "sărăcind" în carbon în straturile de suprafaţă, acestea îşi vor înrăutăţi proprietăţile mecanice.

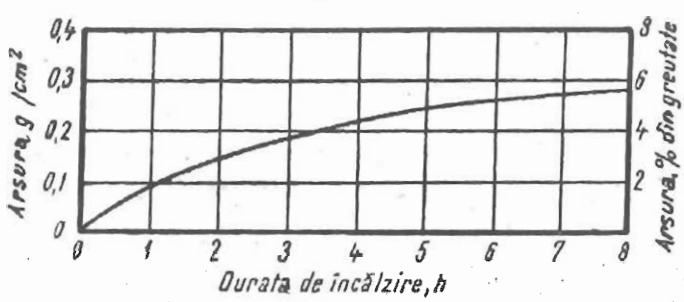
În mod practic atât oxidarea cât şi decarburarea încep să se producă în special când temperatura semifabricatului depăşeşte 700...800 ^{0}C. Sub aceste valori efectele acestor procese sunt nesemnificative.

Viteza de desfăşurare a acestor reacţii depinde în primul rând de temperatura şi compoziţia gazelor de ardere dar şi de compoziţia chimică a oţelului încălzit, durata încălzirii, tipul combustibilului folosit şi de cantitatea de aer intrată în cuptor ca aer de combustie, sau ca aer fals, datorită neetanşeităţilor.

Astfel cantitatea de arsură creşte foarte intens când temperatura semifabricatului depăşeşte 1150 ^{0}C (fig.2.9.a) şi de asemenea pe măsură ce timpul de încălzire este mai lung (fig.2.9.b).



a



b

Fig.2.9.-Variaţia cantităţii de arsură produsă pe semifabricat în funcţie de temperatura acestuia (a) şi timpul de încălzire (b)

In ceea ce priveşte procesul de decarburare, după cum se poate constata din figura 2.10 , la temperatura de 750 ^{0}C este practic inexistent, iar cea mai puternică acţiune asupra acestui proces, o au vaporii de apă la temperaturi ridicate.

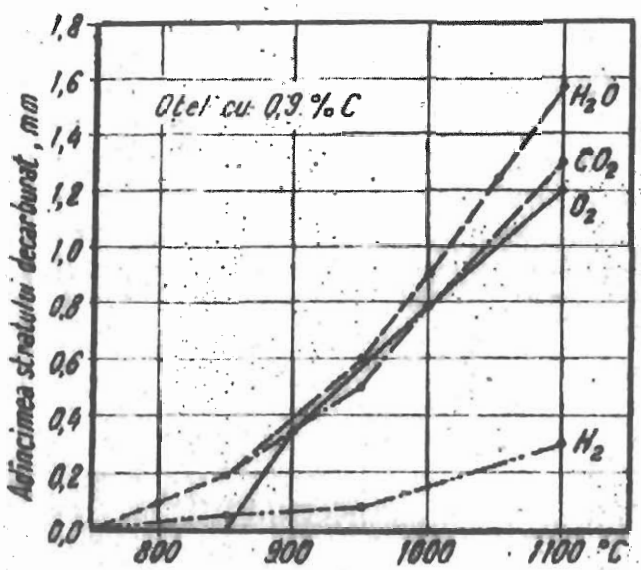


Fig.2.10.-Influenţă gazelor oxidante şi a hidrogenului asupra decarburării oţelului cu 0,9 %C, în funcţie de temperatură.

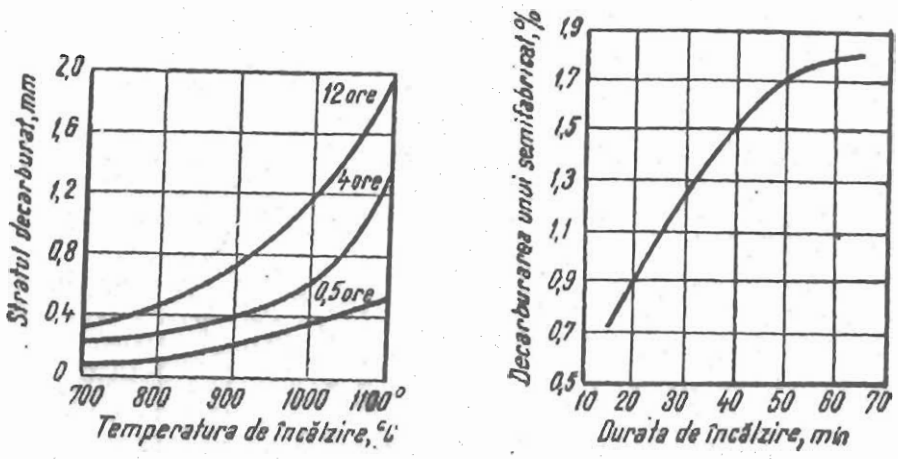
Influenţa temperaturii semifabricatului şi a timpului de incălzire asupra grosimii stratului decarburat se poate deduce din figura 2.11. Se constată asfel, că procesul de decarburare practic stagnează după un anumit timp de încălzire, ca urmare a faptului că stratul de arsură format pe suprafaţa semifabricatului, are un rol protector, împiedicând practic accesul gazelor decarburante spre suprafaţa semifabricatului dinoţel.

Excesul de aer, exprimat prin raportul dintre cantitatea de aer folosită pentru combustie şi cea necesară arderii complete a combustibilului, în cuptoarele de încalzire a semifabricatelor destinate laminării, are de asemenea o influenţă, ce nu poate fi neglijată, asupra compoziţiei şi respectiv tipului de admosferă din cuptor.

In general se poate admite că un coeficient de exces de aer subunitar asigură o atmosferă reducătoare, iar un coeficient de exces de aer supraunitar asigură o atmosferă oxidantă.

Excesul de aer întensifică procesele de oxidare şi decarburare în special în intervalul de valori ale coeficientului de exces cuprins între 0,7 şi 1,1 .La valori

mai mari de 1,1 oxidarea rănâne practic constantă, iar decarburarea scade până la un minim corespunzător unui coeficienti de exces de aer de 1,3.



a b

Fig.2.11.-Variaţia grosimii stratului decarburat de pe semifabricat în funcţie de temperatura acestuia pentru diferite durate de menţinere (a) şi de timpul de încălzire (b).

Din multitudinea cercetărilor efectuate privind condiţiile în care trebuie să se efectueze încălzirea semifabricatelor pentru laminare, astfel încât să se realizează o oxidare şi o decarburare cât mai redusă, a rezultat ca funcţionarea cuptoarelor de încălzire cu un coeficient de exces de aer subunitar $\alpha = 0,6...0,7$ asigură o oxidare relativ mică şi o adâncime redusă a zonei decarburate a semifabricatelor încălzite, iar la un coeficient de exces de aer foarte mare $\alpha > 1,3$ oxidarea creşte cu circa 20...25 % dar decarburarea scade cu 30...40 %, ca urmare a faptului că viteza procesului de oxidare este superioară celei a procesului de decarburare.

Capitolul 3
Laminarea semifabricatelor

3.1.-Laminarea blumurilor şi bramelor

Blumurile şi bramele (sleburile), semifabricate obţinute din laminarea lingourilor, sunt destinate relaminării în semifabricate de dimensiuni mai mici cum sunt ţaglele şi paltinele sau chiar în profile de dimensiuni mari (profile grele) şi respectiv în cazul bramelor relaminării în table groase şi benzi laminate la cald.

Cu toate că turnarea continuă a acestor semifabricate a căpătat în utimul timp o desvoltare foarte mare datorită multiplelor sale avantaje (v.cap.1) totuşi elasticitatea în producţie a acestor laminoare, respectiv rapiditate cu care se poate trece de la o dimensiune la alta de semifabricat, posibilitatea de a lamina cantităţi relativ mici de o anumită dimensiune de semifabricat sau marcă de oţel, fac ca laminarea semifabricatelor la bluming sau slebing să nu fie definitiv abandonată, ci din contra coexistenţa acestor două tehnologii de obţinere a semifabricatelor în aceiaşi unitate siderurgică este necesară.

3.1.1.-Componenţa laminoarelor

Blumingurile şi respectiv slebingurile, laminoarele ce asigură producţia de blumuri şi brame sunt concepute cu flux unidirecţional şi au în componenţă practic aceleaşi subsecţii, iar utilajele din dotarea acestora de asemenea sunt similare din punct de vedere constructiv.

Subsecţiile unui laminor bluming sau slebing sunt următoarele (fig.3.1):

- ***subsecţia de încălzire*** a lingourilor, care are în dotare următoarele utilaje principale:

– cuptoare adânci cu camere regeneratoare pentru încălzirea gazului şi aerului de combustie (constucţie mai veche) sau cu recuperatoare de căldură şi cu flacără întoarsă, cum este cazul cuptoarelor de ultimă generaţie. Cuptoarele adânci sunt dispuse în lungul liniei de laminare, pe unu sau două rânduri de o

parte şi de cealalta a liniei transfercarului sau perpendicular pe linia de laminare.

Într-o celulă a bateriilor de cuptoare adânci se pot încărca, în funcţie de dimensiunile lingourilor şi puterea termică a cuptorului între 8...20 lingouri care pot însuma o greutate de până la 200 t.

– poduri rulante cu cleşte vertical (Tiegler) pentru încărcarea şi respectiv descărcarea lingourilor în şi din cuptoarele adânci;

– poduri de ridicat şi deplasat bolţile cuptoarelor adânci;

– transfercarul pentru transportul lingourilor de la cuptoarele adânci la linia de laminare.

Transfercarele sunt automotoare şi pot circula pe o linie "dute-vino" sau pe o linie în circuit închis, cu o viteză de 2...8 m/s astfel ca să satisfacă ritmul de laminare care variază între 40...60 s. Ele pot fi cu un scaun basculant pe care se aşează lingoul în cazul liniei tip "dute-vino" sau sub forma unei patforme pe care se depune câte un lingou încălzit, în cazul liniei în cireuit închis.

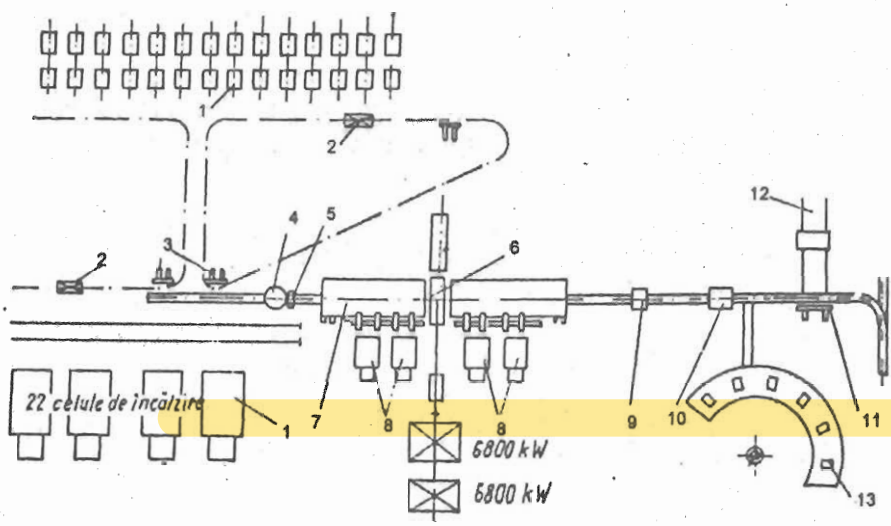


Fig.3.1.Schema de ansamblu a laminorului bluming ϕ 1300 mm.:
1-cuptoare adânci; 2-transfercar; 3-inpingător lingouri; 4-masă rotitoare; 5-cântar; 6-caja de lucru ; 7-căi cu role de deservire a cajei; 8-manipulatoare; 9-maşina de flamat; 10-foarfece de şutare şi debitare; 11-maşina de impins blumurile pe transportorul transversal; 12- transportor transversal; 13-colector de sutaje.

• ***subsecţia de laminare,*** care are în componenţă următoarele utilaje:

– dispozitivul de trecere a lingourilor de pe transfercar pe calea cu role principală a laminorului. Acest dispozitiv se foloseşte în cazul transfercarelor cu platformă şi este format dintr-un înpingător cu cremalieră cu o forţă de 25...100kN., acţionat de un motor electric prin intermediul unui reductor şi este amplasat la capătul căii cu role principale a laminorului şi perpendicular pe aceasta. Transfercarul cu lingoul încălzit se opreşte între acest dispozitiv şi calea cu role principală a laminorului şi prin împingere cu o viteză de 0,5...1,5 m/s. lingoul

este trecut de pe platforma transfercarului pe calea cu role. Dacă transfercarul este cu scaun basculant acest dispozitiv lipseşte din componenţa laminorului, lingoul fiind depus frontal direct pe calea cu role prin basculare.

– masa turnantă plasată pe calea cu role principală a laminorului, care are rolul de a roti în plan lingoul cu 180^0, în cazul când acesta nu a fost aşezat corespunzător pe calea cu role, respectiv cu cu baza sa mică spre caja de laminare;

– caja de laminare, care este de tip duo reversibilă, acţionată de motoare de curent continuu cu puteri de 6000...12000 kw .Această caja poate deforma lingouri de până la 15 t., în cazul blumingurilor sau 15...30 t. în cazul slebingurilor, asigurând astfel o capacitate anuală de producţie de 2...6 milioane tone. Acţionarea cilindrilor se face prin intermediul unei caje de angrenaj sau în cazul laminoarele moderne fiecare cilindru de lucru este acţionat individual de către un motor electric cu o putere de 4000...7000 kw., asigurându-le astfel turaţii reglabile între 0...120 rot/min., respectiv viteze de laminare de până la 8 m/s.

Caracteristica acestor laminoare este diametrul nominal al cilindrilor de lucru, care poate varia între:

- 850...1000 mm. la blumingurile uşoare;
- 1050...1150 mm. la blumingurile mijlocii;
- 1200...1500 mm. la blumingurile grele;
- 1150...1400 mm. la slebinguri.

La blumînguri se pot lamina şi brame de lăţime mai mică de 1000 mm.

In cazul slebingurilor se folosesc curent caje duo reversibile universale, care au pe lângă cilindrii orizontali au şi o pereche de cilindrii verticali, acţionaţi îndividual de câte un motor electric cu puterea de 2000...2500 kw. şi amplasaţi fie în faţa, fie în spatele cilindrilor orizontali. Se preferă de obicei prima variantă deoarece permite netezirea la ultima trecere orizontală a refulării marginilor produsă la trecerea anterioară printre cilindrii verticali.

Cilindrul superior al cajelor bluming sau slebing se poate deplasa pe verticală pâna la o distanţă faţă de cilindrul inferior de 1200 mm. la bluming şi până la 2100 mm. la slebing, cu o viteză de reglare de 100...250 mm/s. Pentru a se permite aceste deplasări, cilindrii blumingurilor şi slebingurilor sunt acţionaţi prin întermediul barelor de cuplare universale.

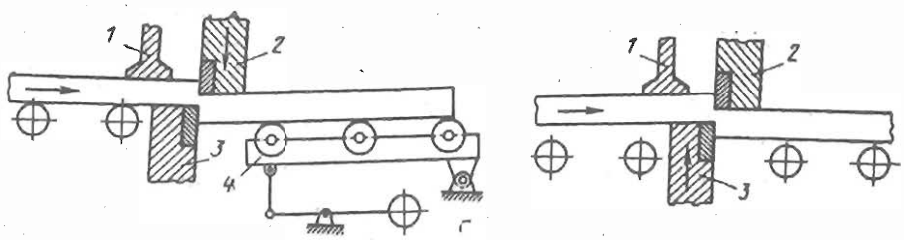
Cajele acestor laminoare sunt deservite atât în faţă cât şi în spate de manipulatoare puternice acţionate prin cremeliere, care execută următoarele operaţii:

- deplasarea transversală a laminatului de la un calibru la altul în cazul blumingului, sau pentru centrarea laminatului pe cilindrii în cazul slebingului;
- răsturnarea cu 90^0 a laminatului;
- îndreptarea laminatului, dacă a fost curbat ca urmare a unei deformări neuniforme cauzată în general de neuniformitatea temperaturii laminatului pe secţiune. Forţa necesară pentru o astfel de operaţie poate ajunge până la 1,5 MN.

• ***subsecţia de ajustaj*** care are în componenţă următoarele utilaje:

– maşina de flamat blumurile sau sleburile laminate, care arde cu oxigen simultan toate feţele laminatului pentru a îndepărta astfel eventualele defecte (înspecial fisurile şi crapăturile) apărute pe suprafaţa acestuia.

– foarfeca ghilotină de şutat şi debitat blumul sau brama laminată, amplasată tot pe calea cu role de evacuare a cajei, cu o forţă de tăiere de până la 20 MN (~ 2000t) şi cu posibilitatea de a executa 5...8 tăieturi / min. Aceste foarfece, acţionate hidraulic sau electromecanic, sunt de două tipuri (fig.3.2), respectiv cu tăiere de sus în jos (se deplasează cuţitul superior) sau cu tăiere de jos în sus (se deplasează cuţitul inferior). Tăierea de jos în sus este preferată datorită faptului că bavura ce rămâne în urma tăierii se formează în parte de sus a laminatului şi nu va împiedica deplasrea acestuia pe calea cu role sau pe paturile de răcire.



a b

Fig.3.2. Principiul taierii la foarfecele de sutare si debitare:
a-taiere cu actionarea cutitului de sus (2); b- taiere cu actionarea cutitului de jos (3):
1-tampon de reţinere a blumului; 4-cale cu role basculantă

Şutajele rezultate în urma tăierii laminatului cad sub foarfece pe un transportor cu plăci, care le deversează într-un vagon sau într-un buncăr, pentru a fi returnate la oţelărie.

– maşina de marcat semifabricatul prin poansonare cu numărul şarjei de oţel şi eventual indicativul uzinei producătoare.

– paturi de răcire a semifabricatelor, pentru cazul când acestea nu intră direct (în stare caldă) în fluxul altui laminor;

– stivuitor de blumuri sau brame pentru depozitare.

3.1.2.-Procesul tehnologic la bluming şi slebing este caracterizat de următoarele faze:

• ***Încălzirea lingourilor.*** Lingourile stripate sunt aduse în subsecţia de încălzire chiar pe podurile pe care s-a efectuat turnarea acestora, cu o temperatură pe cât posibil mai ridicată, în general cuprinsă între 600...1000 ^{0}C.

Încărcarea lingourilor în cuptoarele adânci se efectuează astfel:

– la cuptoarele adânci cu arzător central, lingourile se aşează în jurul acestuia (fig.3.3.a) la distanţe unele de altele cât şi faţă de pereţii cuptorului (minimă este de 0,5 din latura lingoului), astfel ca încălzirea să se realizeze cât mai uniform;

– la cuptoarele adânci cu arzător lateral, lingourile se aşează în lungul pereţilor diametrel opuşi arzătorului (fig.3.3.b), de asemenea la distanţe care să asigure o încălzire uniformă;

– lingourile direct conice se aşează direct pe vatra cuptorului, iar cele invers conice se vor aşeza cu maselota în sus, sprijinite de pereţii celulei, deoarece nu au stabilitate în poziţie vericală, din cauza bazei relativ mici a lingoului (fig.3.4);

– se va evita pe cât posibil întroducerea în acelaşi cuptor lingouri de dimensiuni diferite sau din oţeluri diferite;

– la încarcarea de lingouri reci, în general cu o temperatură sub 400 ^{0}C se va reduce în prealabil temperatura cuptorului până la 650...800 ^{0}C , în funcţie ce conţinutul de carbon sau de elemente de aliere, în timp ce pentru lingourile introduse în cuptor în stare caldă temperatura acestuia poate fi foarte ridicată (peste 1300 ^{0}C).

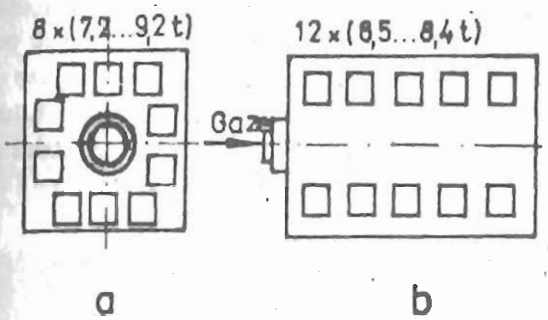


Fig.3.3.Modul de asezare a lingourilor în cuptoarele adânci cu arzator central (a) sau cu arzator frontal (b)

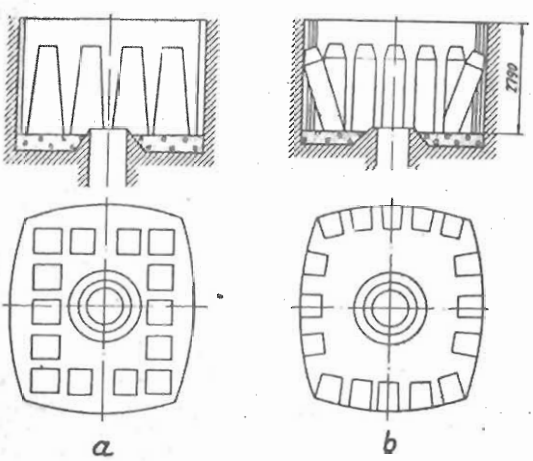


Fig.3.4.Modul de asezare a lingourilor direct conice (a) si invers conice (b) în cuptoarele adânci cu arzator central

După ce s-a terminat încărcarea unui cuptor, i se aşează bolta cu ajutorul unei macarale specializate pentru ridicarea şi depalasarea bolţilor, şi un timp de circa 15...20 minute nu se începe procesul de încălzire, pentru a se asigura o omogenitate a temperaturii pe înălţimea cuptorului.

Regimul de încălzire se va adopta în concordanţă cu calitaea oţelului lingourilor, iar cuptorul va trebui să aibă o temperatură mai mare cu circa

70...100 ^{0}C decât cea de încălzire a lingourilor (v.cap.2.5).

După parcurgerea întregului ciclu de încălzire lingourile se scot pe rând din cuptor cu ajutorul aceluiaşi pod rulant cu cleşte vertical (fără a se ţine permanent cuptorul cu bolta deplasată) şi se depun pe transfercar pentru a fi transportate la caja de laminare.

Dacă cuptorul se afla mai aproape de linia de laminare, podul rulant cu cleşte verical poate depune direct lingoul pe calea cu role sau pe scaunul basculant ce se găseşte la capul căii cu role principale a laminorului.

In general, pentru ca timpul de ritm al laminării să fie minim, în timp ce un lingou se lamineză următorul este în aşteptare pe calea cu role.

• ***Laminarea lingourilor la bluming*** se execută într-un număr impar de treceri, cuprins în general între 9...21 în funcţie atât de dimensiunile lingoului şi blumului cât şi de calitatea oţelului laminat, astfel ca blumul obţinut să părăsească caja în direcţia normală a fluxului.

In funcţie de mărimea blumingului depinde şi masa lingourilor ce se pot lammina, astfel ca să se evite deformarea superficială şi să se asigure o pătrundere corespunzătoare a deformaţiei spre zona centrală a laminatului. Acest deziderat se poare realiza dacă raportul dintre latura medie a lingoului şi diametrul de lucru al cilindrilor este cuprins între 0,35...0,52 [8].

Masa lingourilor ce se lamineză la bluminguri este următoarea:

- 2...4 t.. la blumingurile uşoare;
- 4...7 t. la blumingurile mijlocii;
- 7...14 t. la blumingurile grele;

Condiţiile în care are loc laminarea sunt caracterizate de următoarele particularităţi:

– **Reducerile** aplicate pe treceri depinde de anumiţi factori limitativi şi în general variază între 40...150 mm. Dintre schemele de repartizare a reducerilor pe treceri (fig.3.5), cele mai des practicate sunt [8]:

- pentru oţeluri carbon schemele de tip f şi g , caracterizate de reduceri cât mai mari, apropiate de valorile maxim admisibile, pentru a se asigura pătrunderea cât mai intensă a deformaţiei spre zona centrală a laminatului. Deci întreaga secţiune a laminatului se poate admite că va fi supusă deformării, numai atunci când raportul $l_c / h_m > 0,4$;

- pentru oţeluri aliate se recomandă o oarecare prudenţă în aplicarea reducerilor la primele treceri, pentru evitarea formării fisurilor sau a crăpăturilor cauzate de o deformabilitate scăzută sau a existenţei unei structuri cu diferite faze (cum este cazul oţelurilor inoxidabile austenito-feritice) caracterizate de deformabilităţi mult diferite. Astfel se pot aplica scheme de reduceri de tipul c sau e , iar la unele oţeluri la care după sfărâmarea structurii de turnare plasticitatea este suficient de ridicată se pot aplica chiar scheme de tipul a , b sau d.

In general, din punctul de vedere al reducerilor aplicate procesul de laminare al lingourilor este caracterizat de prezenţa a trei perioade distincte [8]:

- prima perioadă se caracterizează de sfărâmarea structurii de turnare, care se poate considera definitivată când secţiunea laminatului s-a redus până la 40...50 % faţă de secţiuea iniţială, cu aplicarea de reduceri relative medii de 10...12 % pentru oţeluri carbon şi de 7...10 % pentru oţeluri aliate;

- a doua perioadă este de prelucrare maximă a lingoului, secţiunea acestuia reducându-se până la 80...85 % faţă de secţiuea iniţială, cu aplicarea de reduceri relative medii de până la 25 % pentru oţeluri carbon şi de până la 20 % pentru oţeluri aliate;

- a treia perioadă este cea de sfârşit a laminării şi de asigurare a dimensiunilor cerute pentru semifabricat, la care reducerile absolute sunt mai mici ca în perioada a-II-a, menţinându-se totuşi valorile reducerii relative la nivelul celor din perioada a-I-a a procesului de laminare.

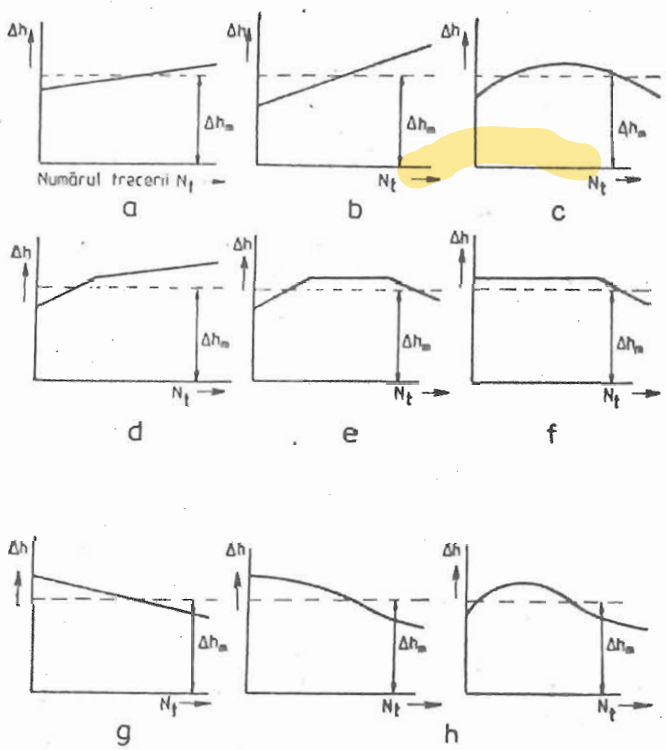


Fig.3.5.Repartizarea reducerilor pe treceri în functie de urmatorii factori limitativi: a.-unghiul de prindere; b-puterea motorului de actionare; c-plasticitatea otelului; d- plasticitatea otelului si puterea motorului la primele treceri si unghiul de prindere la ultimele treceri; e- plasticitatea otelului la primele si ultimele treceri si unghiul de prindere la trecerile de mijloc; f- unghiul de prindere la primele treceri si temperatura laminatului la ultimele treceri; g-reducerea unghiului de prindere datorita cresterii vitezei de laminare; h- rezistenta cilinrilor si puterea motorului în cazul slebingurilor.

– **Regimul răsturnărilor** se adoptă în astfel ca pe cele două direcţii pe care are loc deformarea secţiunii lingoului (h şi b) să se aplice un număr de treceri n_h şi respectiv n_b , între care să existe următoarele relaţii: $n_h = n_b + 1$, iar $n_h + n_b = n$ (n fiind numărul total de treceri în care se execută laminarea).

Pentru asigurarea unei productivităţi ridicate numărul răsturnărilor trebuie să fie cât mai mic, iar pentru asigurarea unei calităţi ridicate a blumurilor laminate trebuie ca răsturnările să se efectueze cât mai des.

La stbilirea numărului de răsturnări şi plasarea lor între treceri se va ţine seama de următoarele cerinţe [8]:

– raportul dintre lăţimea şi înălţimea laminatului nu trebuie să depăşească 1,3...1,5 la laminarea pe tăblia netedă a cilindrului şi respectiv 1,6...1,8 la laminarea în calibre, pentru asigurarea stabilităţii laminatuluu în timpul deformării şi a evitării apariţiei defectului de rombicitate. Dacă totuşi sunt depăşite valorile recomandate pentru raportul b / h defectul de rombicitate se poate evita prin aplicarea unor reduceri mai mici (max. 50...60 mm.);

– valoarea diferenţei dintre dimensiunile secţiunii laminatului (b_i–h_i), pentru care este necesară a se efectua răsturnarea, înspecial în cazul oţelurilor aliate trebuie sa fie mai mică decât suma reducerilor absolute ce se va aplica la următoarele două treceri.

– răsturnarea laminatului se recomandă a se efectua după a doua trecere, inaintea trecerii laminatului în calibrul următor şi obligatoriu înaintea ultimei treceri;

In general răsturnarea laminatului se efectueze după trecerile pare şi sunt în număr de 3...6 la laminarea oţelurilor carbon şi între 4...8 la laminarea oţelurilor aliate (tabelul 3.1).

Tabelul 3.1

Numărul recomandat al răsturnărilor în funcţie de numărul total de treceri şi tipul oţelului

Nr.trecerilor		9...11	13...15	17...19	21...23
Nr. rasturnărilor	Oţel carbon	3	4	5	6
	Oţel aliat	4	5	6	8

La laminarea oţelurilor aliate cu tendinţă ridicată la fisurare, ca urmare a apariţiei unor tensiuni termice, se va opri sau se va reduce debitul apei de răcire a cilindrilor pentru evitarea şocului termic la suprafaţa laminatului.

In cazul în care se doreşte o creştere a productivităţii laminoarelor bluming se practică laminarea în tandem a două sau chiar trei lingouri. Pentru realizarea acestui mod de laminare, lingourile sunt practic lipite unul de celălalt şi ca atare lingoul doi şi trei vor fi prinse între cilindrii la turaţia de regim a primului lingou. Prin acest mod de laminare se poate obţine un spor de producţie de 12...28 % , dar va fi posibil numai dacă laminorul dispune de o putere de acţionare a cilindrilor mult mai mare (12000 kw pentru laminarea în tandem la un laminor ϕ 1150 mm. faţă de 7000 kw. necesari la laminarea individuală) şi dacă distanţele dintre cajă şi maşina de flamat şi dintre aceasta şi foarfece sunt suficient de mari pentru a permite o lungime de două sau de trei ori mai mare de blum.

– **Regimul de viteză** la laminoarele bluming şi slebing, având în vedere că aceste laminoare sunt reversibile, este determinat în primul rând de condiţiile de prindere a laminatului între cilindii. Astfel prinderea se poate realiza în condiţii bune, la viteze periferice ale cilindrilor de lucru de 0,4...1,6 m/s, (în cazul unui laminor ϕ 1300 mm.), corespunzătoare unor turaţii ce pot varia între 10...40 rot/min. După efectuarea prinderii viteza de laminare creşte foarte repede la valoarea de regim, respectiv la circa 2...8 m/s. corespunzătoare unor turaţii ce pot varia între 50...120 rot/min. Spre finalul trecerii viteza de laminare va scăde la valori comparabile cu cele la care s-a efectuat prinderea (sau ceva mai mari, de până la 70...80 % din viteza de regim), pentru a se evita "aruncarea" laminatului prea departe de cajă şi creşterea astfel a timpilor pauză necesari întoarcerii laminatului pentru următoarea trecere. De asemenea trebuie precizat că viteza şi respectiv turaţia cilindrilor la prindere, la regim şi la ieşire a laminatului dintre cilindrii, creşte continuu de la prima la ultima trecere a procesului de laminare.

– **Cilindrii laminoarelor** bluming sunt de două tipuri din punctul de vedere al numărului calibrelor şi al modului lor de amplasare pe tăblia cilindrilor

Primul tip este caracterizat de amplasarea părţii netede (calibrul cu lăţime mare I) în zona centrală a cilindrului, iar calibrele următoare de o parte şi de cealalta a acesteia (fig.3.6.a), iar la al doilea tip, partea netadă este amplasată la o extremitate a cilindrului şi în continuare sunt în ordine restul calibrelor (fig.3.6.b).

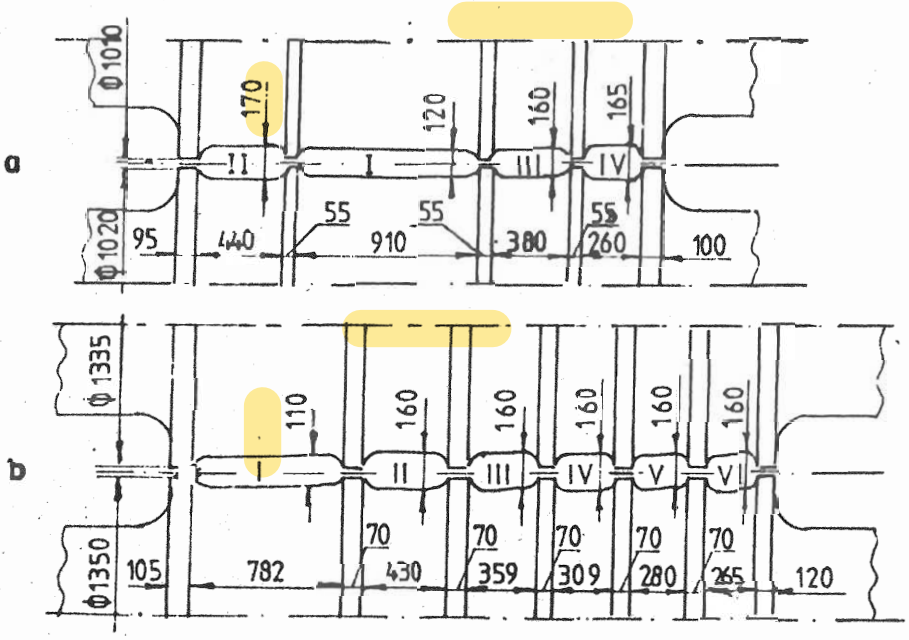


Fig.3.6.Variante de amplasare a calibrelor pe tablia cilindrilor de bluming

Avantajele primului tip de cilindrii pentru bluming, care sunt de altfel desavantajele celui de al doilea tip şi invers, sunt următoarele:

- diametrul maxim al cilindrilor se află în zona unde apar momentele maxime de încovoiere, deci cilindrii rezistă mai bine solicitărilor mari care apar la laminarea în primele treceri;
- lagărele pe care se sprijină cilindrii sunt încarcate mai uniform la apatiţia forţelor mari din timpul laminării în primele treceri, deci se vor şi uza mai uniform;
- arsura de pe suprafeţele lingoului, care se desprinde în special în timpul primelor treceri, nu ajunge în zona fusurilor.

Principalul desavantaj al laminării cu acest tip de cilindrii îl reprezintă o diminuare a productivităţii laminorului prin creşterea timpilor pauză ca urmare a încrucişării fluxului de laminare de la un calibru la altul. Acest tip de cilindrii se foloseşte cu precădere la laminoerele bluming, la care în planul sortimental există o ponderă destul de mare de brame.

Fără a se ţine cont de desavantajele celui de al doilea tip de cilindrii pentru bluming, aceştia au cea mai mare răspândire la laminaorele nou construite datorită faptului că pericolul apariţiei unor solicitări mari în zonele unde cilindrii au diametrul mai mic este evitat prin utilizarea unor oţeluri de calitate superioară la fabricarea acestor cilindrii.

Calibrele de pe cilindrii sunt tip cutie, în care se pot efectua mai multe treceri de laminare cu lăţire liberă, prin reglarea pe verticală a cilindrului superior al cajei.

Numărul de calibre ce se folosesc la laminarea unei anumite dimensiuni de blum depinde de numărul total de treceri şi de tipul cilindrilor cu care se efectuează laminarea şi variază între 3 şi 6 calibre (tabelul 3.2).

Tabelul 3.2

Nr.trecerilor	9...11	13...15	17...21
Cilindii tip a	3	3	4
Cilindii tip b	4	5	6

La laminoarele bluming se laminează în ultimul timp şi semifabricate fasonate "leader-pass" (fig.3.7) destinate relaminării pe caje universale a profilelor I cu tălpi paralele de dimensiuni mari cuprinse între 400...1000 mm.

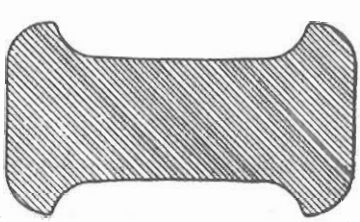


Fig.3.7.Forma semifabricatelor laminate la bluming pentru profile I cu talpi paralele

• ***Laminarea lingourilor la slebing*** nu diferă mult de modul de laminare la bluming, principalele deosebiri fiind următoarele [8]:

= reducerile pe treceri sunt mai mici datorită faptului că bramele având lăţimi mai mari vor apare implicit şi forţe de laminare mai mari. În general valoarea reducerilor absolute variază între 20...70 mm. la laminarea pe cilindrii orizontali şi 5...20 mm. la refularea lăţimii bramelor cu cilindrii verticali. În mod corespunzător numărul trecerilor în care se lamineză o bramă este mai mare şi variază între 15...23.

= în tot procesul de laminare se execută doar una sau două răsturnări după cum urmează:

– când laminarea se incepe cu lingoul având latura mare pe verticală (pe cant) se execută o singură răsturnare după 1...4 treceri de reducere cu cilindrii orizontali, după ce s-a obţinut dimensiunea necesară, la care prin adăugarea lăţirii ce va apare la următoarele treceri şi aplicarea reducerilor cu cilindrii verticali, să rezulte lăţimea finală cerută bramei.

– când laminarea se incepe cu lingoul având latura mare pe orizontală se execută o primă răsturnare după 4...6 treceri de reducere cu cilindrii orizontali, iar a doua după alte două treceri.

= cilindrii laminoarelor slebing nu au calibre, laminarea realizându-se pe tăblie netedă.

• ***Flamarea blumurilor sau bramelor.*** Această operaţie se execută în flux (maşina de flamat fiind amplasată pe calea cu role dintre caja de laminare şi foarfecele de şutare şi debitare), în special în cazul oţelurilor cu prescripţii de calitate severe.

Arderea oţelului de pe suprafeţele blumurilor sau bramelor se poate efectua pe o adâncime de 1,5...10 mm., în funcţie de defectele pe care aceste semifabricate le prezintă, folosindu-se oxigen la o presiune de 2...3 bari şi cu un consum de circa 10 Nm^3/t.

Viteză de deplasare a laminatului în timpul flamării este de 0,25...1,0 m/s., în funcţie de grosimea stratului ce trebuie ars de pe suprafaţa laminatului.

In cazul în care operaţia de flamare nu se execută, maşina de flamat se retrage transversal din flux, iar în zona respectivă sunt introduse o serie de role similare celor ale căii cu role ce deserveşte caja de laminare.

• ***Şutarea şi debitarea blumurilor sau bramelor.*** Având în vedere că în majoritatea cazurilor dintr-un lingou se obţine unul sau maxim două blumuri sau brame, operaţia de şutare şi debitare se realizează prin două sau trei tăieturi.

Prima tăietură reprezintă şutarea capului semifabricatului pentru îndepărtarea zonei în care s-a localizat retasura în cazul lingoului din oţel carbon calmat sau oţel aliat, sau prezintă defecte cauzate de neuniformitatea deformaţiei (despicarea axială a capului semifabricatului - defectul "gură de lup") în cazul oţelurilor carbon necalmate.

Pentru fixarea lungimii la care trebuie executată tăierea, laminoarele moderne sunt dotate cu instalaţii cu raze X , care determină sfârşitul retasurii sau al despicării. In lipsa unor astfel de instalaţii, şutarea se efectuează din aproape în aproape până dispare pata de o nuanţă mai închisă pe secţiunea tăieturii, ce caracterizează retasura.

Pentru fixarea lungimii de debitare în spatele foarfecelui este plasat un opritor reglabil.

Utima tăiere se execută pentru îndepărtarea capului posterior al semifabricatului care prezintă în general doar unele neuniformităţi ale suprafeţei frontale.

Prin şutare se pierd din masa laminatului cantităţi ce variază între 5 şi 20 %, în funcţie tipul oţelului laminat (tabelul 3.3).

Tabelul 3.3

Consumul de oţei la laminarea blumurilor şi bramelor

Semifabricatul	Sutaje, %	Consum de oţel t/t
Blum din lingou din oţel necalmat	5...7	1,075...1,100
Blum din lingou din oţel calmat	12...15	1,162...1,200
Bramă din lingou din oţel necalmat	10...14	1,136...1,190
Bramă din lingou din oţel calmat	16...20	1,220...1,281

După şutare şi debitare semifabricatele sunt marcate cu un dispozitiv de poansonat, care imprimă în pe capul blumului sau bramei anumite date de identificare. Această operaţie se execută automat la trecerea semifabricatului pe calea cu role.

In continuare blumurile pot merge mai departe pentru relaminare din acelaşi cald, la laminoarele de ţagle sau profile grele, iar bramele la laminoarele de benzi la cald.

3.2.Laminarea ţaglelor şi platinelor

Blumurilor laminate sau turnate continuu se relaminează în special pentru obţinerea ţaglelor (pătrate, late sau rotunde) şi în măsură mult mai mică pentru obţinerea de platine, deoarece laminoarele de table subţiri laminate la cald în foi, unde se folosesc platinele ca semifabricate sunt în marea lor majoritate dezafectate, iar dacă totuşi mai sunt în exploatare, platinele pentru aceste laminoare se obţin mult mai economic prin debitare din table sau benzi laminate la cald.

3.2.1.-Construcţia laminoarelor

Pentru laminarea ţaglelor se folosesc în momentul de faţă patru tipuri constructive de linii de laminare şi anume:

1 • *laminor continuu* format din două trenuri de laminare, cu câte 4...6 caje duo ireversibile, alternativ cu cilindrii orizontali şi verticali, cu diametrul cuprins între 700...950 mm. la trenul primul tren (degrosisor) şi respectiv 400...750 mm. la al doilea tren (finisor), caje acţionate individual prin intermediul unor caje de angrenaj. Acest tip de laminor poate fi completat şi cu încă un tren de laminare înaintea celui degrosisor, format în general din două caje tot duo ireversibile, care asigură secţiunea necesară de blum pentru trenul degrosisor prin laminarea unor blumuri de secţiune mai mare.

Un astfel de laminor se găseşte în exploatare şi la S.C."Siderurgica"- Hunedoara (fig.3.8);

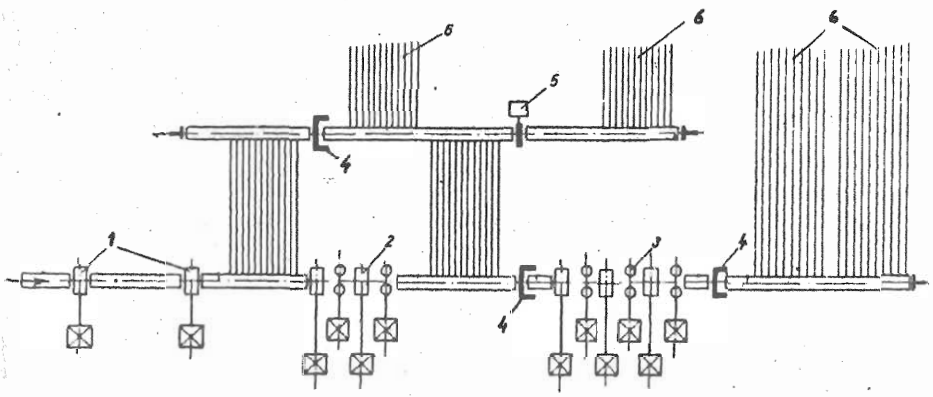


Fig.3.8.Schema de amplasare a cajelor la un laminor continuu de semifabricate:

1-caje degrosisoare; 2-trenul degrosisor continuu; 3-trenul finisor continuu; 4-foarfece de şutare şi debitare; 5-fierăstrau de şutare şi debitare; 6-paturi de răcire.

2 • *laminor semicontinuu* format tot din două trenuri de laminare, din care cel degrosisor are una sau două caje duo reversibile cu diametrul 800...950 mm., care lamineză ca un bluming uşor, iar cel finisor cu 4...8 caje duo ireversibile, alternativ cu cilindrii orizontali şi verticali, cu diametrul cuprins între 550...750 mm., şi cu acţionare individuală. Un astfel de laminor se găseşte în exploatare şi la S.C."COST"- Târgovişte (fig.3.9);

• *laminor discontinuu* format din două sau trei caje duo reversibile amplasate în tandem şi cu diametrul cilindrilor cuprins între 950...750 mm. Cajele laminează simultan dar independent una faţă de celelalte. Un astfel de laminor se găseşte în exploatare şi la S.C."ISCT"- Câmpia Turzii (fig.3.10);

• *laminor discontinuu* format din trei sau patru caje duo reversibile amplasate în linie sau o cajă degrosisore în tandem cu alte două trei caje amplasate în linie, care laminează ţaglele, în general, din lingouri din oţeluri aliate de dimensiuni mici sau din blumuri. Astfel de laminoare sunt specializate frecvent pentru laminarea platinelor, cum este de exemplu şi cazul laminorului de la S.C.SOCOMET-Oţelu Roşu (fig.3.11).

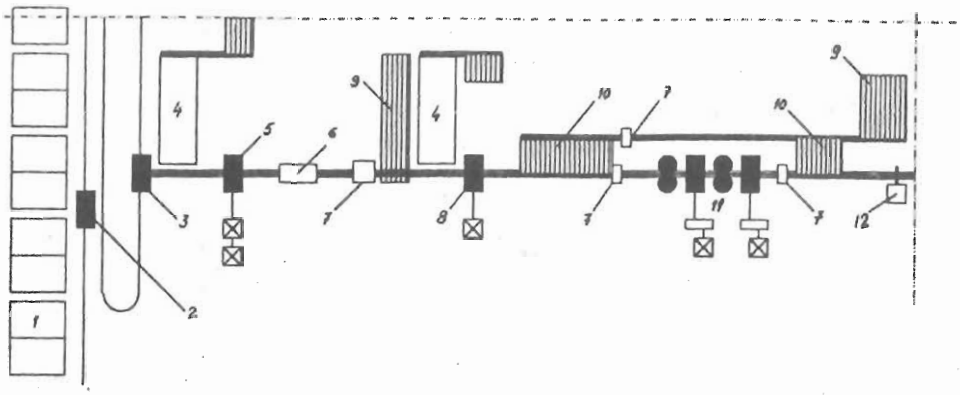


Fig.3.9.Schema de amplasare a cajelor la un laminor semicontinuu de semifabricate:

1-cuptoare adânci; 2-vagonet de aducere a lingourilor stripate; 3-transfercar; 4-cuptor de reâncalzire cu vatra pasitoare; 5-caja degrosisoare; 6-masina de flamat; 7-foarfece de sutare-debitare; 8-caja intermediara; 9-paturi de racire; 10 paturi pentru transport transversal; 11-trenul finisor; 12-fierastraie de sutare - debitare.

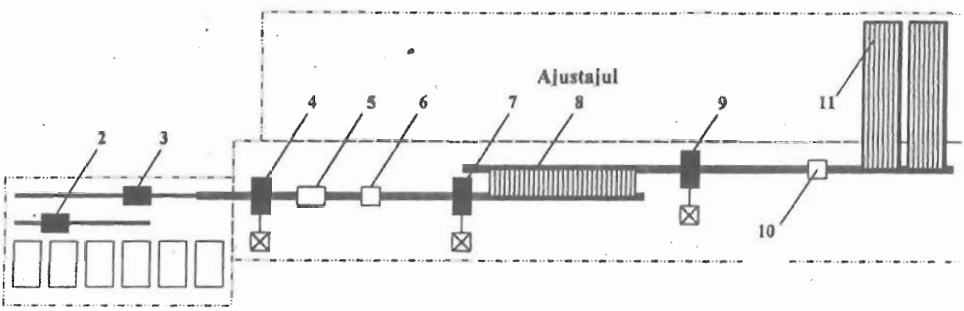


Fig.3.10. Schema de amplasare a cajelor la un laminor discontinuu de semifabricate, cu cajele în tandem: 1-cuptoare adânci; 2-podul de turnare cu lingourile stripate; 3-transfercar; 4-caja degrosisoare; 5-masina de flamat; 6-foarfece de şutare; 7-caja intermediara; 8-pat de transport transversal; 9-caja finisoare; 10-foarfece de şutare şi debitare; 11-paturi de răcire

Indiferent de tipul constructiv al laminorului acestea mai au în dotare şi următoarele utilaje de deservire:

– cuptoare adânci, în situaţia când respectivele laminoare nu sunt cuplate cu un laminor bluming sau cu o instalaţie de turnat continuu, care să-i furnizeze blumurile;

– maşini de flamat după prima cajă degrosisoare la laminoarele de tipul al doilea şi al treilea, când laminarea se efectuează din lingouri;

– manipulatoare în faţa şi spatele cajelor reversibile;

– dispozitive de răsturnat în faţa trenurilor continue;

– foarfece de şutare înaintea trenului finisor;

– foarfece volante sau fierăstraie de debitare amplasate, după trenul finisor;

– paturi de răcire cu transportoare transversale.

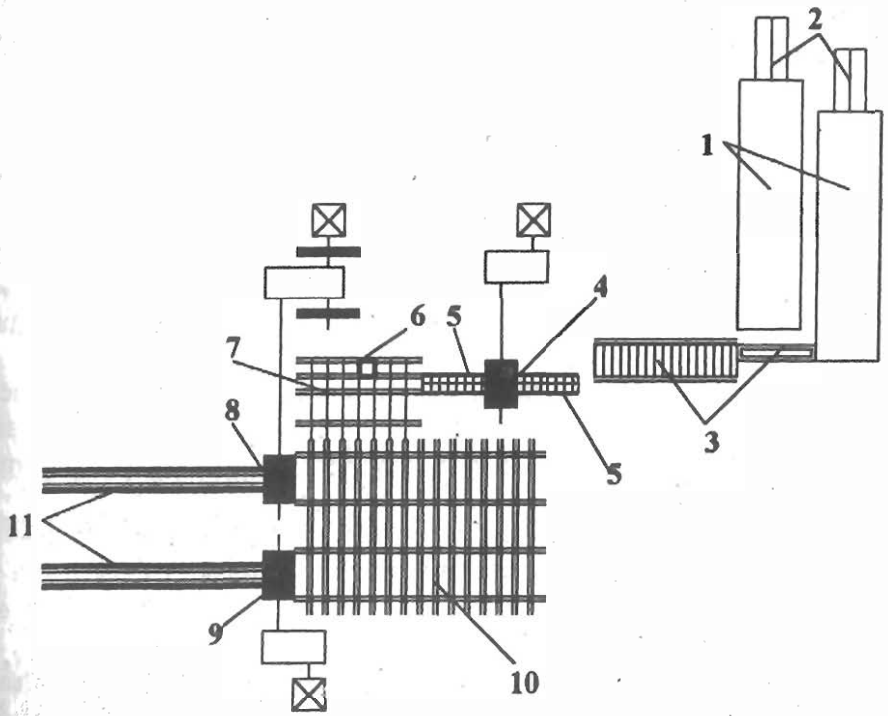


Fig.3.11. Schema de amplasare a cajelor la un laminor discontinuu de semifabricate, cu cajele în linie:

1-cuptoare cu propulsie; 2-împingatoare; 3-cale cu role; 4-caja degrosisoare trio; 5-masa basculanta; 6-foarfece de sutare; 7-10-transportor transversal; 8-caja finisoare trio; 9-caja de polisare duo; 11- căi cu role de evacuare spre ajustaj

3.2.2.-Tehnologia de laminare. Cu excepţia laminorului discontinuu cu cajele în linie, la celelalte tipuri de laminoare se disting practic trei fluxuri în funcţie de dimensiunile finale ale semifabricatelor obţinute prin laminare

– fluxul unu pentru laminarea blumurilor cu latura mai mare de 250 mm., care se obţin după cajele existente înaintea trenului degrosisor la laminoarele de primul tip sau după prima cajă degrosisoare la laminoarele de tipurile doi şi trei;

– fluxul doi pentru laminarea de blumuri şi ţagle cu latura cuprinsă între 250...120 mm. Acestea se obţin după trenul degrosisor la laminoarele de primul tip sau după a doua cajă intermediară la laminoarele de tipurile doi şi trei;

– fluxul trei pentru laminarea de ţagle cu latura cuprinsă între 70...110 mm., care se obţin după trenul finisor la laminoarele de tipurile unu şi doi sau după caja finisoare la laminoarele de tipul trei;

Laminarea propriu-zisă, se execută în următoarele condiţii:

- semifabricatul pe tot parcursul deformării va avea temperatura în intervalul recomandat în funcţie de calitatea oţelului laminat (v.cap.2.5);

- la cajele reversibile de la laminoarele de tipul doi şi trei laminarea se efectuează în calibre cutie pe principiul laminării la bluming, însă cu valori ale reducerilor care nu depăşesc în general 50 mm.;

- la trenul degrosisor de la laminoarele de tip unu, laminarea se efectuează în calibre după sistemul dreptunghi - pătrat (calibre cutie) sau romb - pătrat, cu aplicarea unor coeficienţi de alungire cuprinşi între 1,15...1,30 pentru sistemul de calibrare dreptunghi - pătrat şi respectiv 1,35...1,50 pentru sistemul romb - pătrat.

- la trenul finisor al laminoarelor de tip unu sau doi se foloseşte prectic numai calibrarea în sistemul romb - pătrat cu coeficienţi de alungire cuprinşi tot între 1,35...1,50

- la laminoarele discontinue cu cajele în linie se practică de obicei laminarea tot în sistemul de calibrare romb - pătrat pentru toate trecerile, sau eventual numai pentru caja degrosisoare, laminare se poate executa în sistemul de calibrare dreptunghi - pătrat.

- în cazul laminării ţaglelor rotunde trecerile degrosisoare se execută în sistemul de calibrare dreptunghi - pătrat, iar trecerile finisoare se va lamina în sistemul oval - pătrat cu o construcţie a calibrelor adecvată dimensiunii de ţaglă ce se lamineză.

Şutarea laminatului înaintea prinderii sale în trenul finisor este necesară pentru îndepărtarea zonei de cap care prezintă în general abateri de formă ale secţiunii, ca urmare a unor deformări neuniforme şi care ar îngreuna prinderea la prima trecere finisoare. Această operaţie se execută cu un foarfece fix pentru ţagle pătrate sau late, sau cu un fierăstrău circular pentru ţagle rotunde.

La ieşirea din trenul finisor sau după ultima trecere la caja finisoare, ţaglei i se şutează întâi capul anterior, după care acelaşi foarfece debitează din mers la lungimi optime întreaga lungime de laminat obţinută (astfel ca să nu rămână la sfârşit o ţaglă cu o lungime neconformă), lungimi ce variază în general între 6...12 m.

In cazul laminoarelor continie sau semicontinue de construcţie mai veche la care toate cajele trenurilor sunt numai cu cilindrii orizontali, pentru a se putea desfăşura procesul de laminare, indiferent se sistemul de calibrare adoptat, va fi necesar amplasarea după toate cajele cu număr impar a unor ghidaje de răsturnare (răsucire) a laminatului în deplasarea sa între caje, pentru a se asigura laminarea corespunzătoare a semilaminatelor dreptunghiulare sau rombice în calibrele pătrate.

Laminarea la ultima trecere la cele patru tipuri de laminoare menţionate mai sus se execută cu următoarele viteze:

Tipul laminorului	1	2	3	4
Viteza de laminare, m/s.	4...8	3...6	2...5	1...2

Capitolul 4

Laminarea profilelor

4.1.-Noţiuni generale

Profilele respectiv produsele lungi cum mai sunt numite, au o ponderă relativ mare în producţia de laminate din oţel a ţărilor cu industrie siderurgică desvoltată, dar ceea ce este specific acestei categorii de laminate, care conduce la existenţa unui număr mare de laminoare specifice, o reprezintă multitudine de sortimente şi dimensiuni de profile.

Astfel în momentul de faţă România dispune pentru laminarea produselor lungi şi a sârmei de un număr de 42 linii de laminare (în funcţiune sau conservare) după cum urmează:

- 5 laminoare de profile grele
- 9 laminoare de profile mijlocii
- 9 laminoare de profile uşoare
- 9 laminoare de sârmă
- 10 minilaminoare de profile mici laminate din sârmă

Pe lângă obţinerea formei şi dimensiunilor prescrise pentru un anume profil, prin laminare va trebui să asigure şi realizarea următoarelor scopuri:

– distrugerea structurii de turnare, pentru realizarea unei structuri omogene şi sudarea suflurilor a porozităţii şi fisurilor cu suprafeţele neoxidate (în cazul profilelor grele laminate direct din lingouri);

– asigurarea structurii şi proprietăţilor necesare prelucrărilor ulterioare;

– obţinerea laminatelor cu suprafeţe fără defecte sau tensiuni interne.

Produsele lungi indiferent de forma şi dimensiunile lor trebuie să îndeplinească următoarele cerinţe de calitate:

– toleranţe la dimensiuni cât mai strânse;

– răsucirea (torsionarea) sau curbarea laminatului cât mai mică;

– defectele de suprafaţă ca incluziuni nemetalice, oxizi, exfolieri, sau imprimări să nu fie pe o adâncime mai mare decât toleranţă admisă la dimensiunea profilului;

– profilele din oţeluri cu %C ridicat să nu prezinte o decarburare superficială peste valorile admise de standarde;

– să se asigura structura recomandată în funcţie de calitatea oţelului şi destinaţia profilului.

4.2.-Construcţia linilor de laminare

Laminoarele de profile se pot caracteriza în funcţie de:

• diametrul cilindrilor cajelor finisoare. În fucţie de acest parametru, principalele tipuri de laminoare şi diametrele corespunzătoare ale cilindrilor cajei finisoare sunt prezentate în tabelul 4.1:

Tabelul 4.1

Tipul laminorului	Diametrul cilindrilor, mm.
de şine şi grinzi: -caje duo	750...950
-caje universale	1300...1350
de profile grele	600...800
de profile mijlocii	350...550
de profile uşoare	250...350
de sârmă	250...300
minilaminoare	150...200

• modul de amplasare al cajelor şi al regimului de lucru al laminorului (tabelul 4.2):

Tabelul 4.2

Tipul laminorului	de profile grele	de profile mijlocii	de profile uşoare	de sârmă
liniar	•	•	•	•
semicontinuu	•	•	•	•
continuu	•	•	•	•
în serie	•	•	•	–
în zig-zag	–	•	•	–
universal	•	•	–	–
combinat	–	–	•	•

Laminoarele liniare pot fi compuse dintr-un număr de 3...9 caje trio, trio aparent, duo reversibile şi ireversibile, dispuse în unul două sau trei trenuri de laminare.

Pentru laminarea profilelor grele se folosesc în general linii formate din 3...4 caje duo reversibile (caja finisoare putând fi şi ireverfibilă, acţionată separat) amplasate într-o singură line, sau o cajă degrosisoare duo reversibilă şi un tren format din două caje trio şi cajă finisoare duo ireversibilă amplasate în linie (fig.4.1)

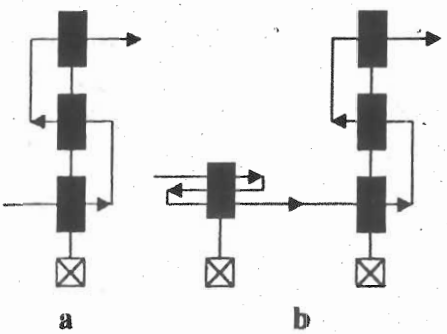


Fig.4.1. Laminoare liniare pentru profile grele: a-cu un tren cu cajele în linie b- cu două trenuri în tandem

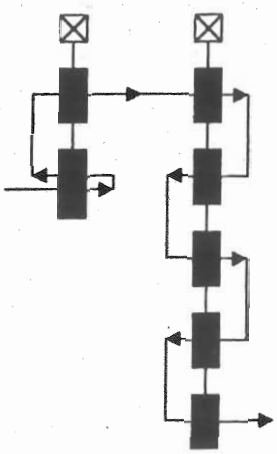


Fig.4.2. Laminor liniar pentru profile mijlocii sau uşoare

Pentru laminarea profilelor mijlocii, uşoare şi a sârmei se folosesc în general linii formate dintr-un tren degrosisor cu o cajă trio sau o cajă trio în linie cu o cajă duo, şi unul, două sau trei trenuri cu 3...7 caje trio aparent amplasate în tandem (fig.4.2).

In general laminoarele liniare au fost specializate în ultimul timp pentru laminarea oţelurilor aliate sau a unor profile cu complexitate ridicată, deoarece pentru laminarea profilelor din oţeluri de masă nu mai sunt rentabile ca urmare a vitezelor mici de laminare cu care lucrează (4...7 m/s), şi a dimensiunilor şi masei reduse a semifabricatelor respectiv a unor productivităţi mici. De asemenea laminarea cu viteze relativ reduse face ca viteza de răcire să fie mare, ceea ce conduce la diferenţe de temperatură mari între capetele laminatului şi implicit la variaţia dimensiunilor şi structurii laminatului pe lungime.

În cazul laminoarelor de profile grele, acestea sunt practic complet mecanizate, dar la laminoarele de profile mijlocii, uşoare şi de sârmă volumul de muncă manuală este important dacă se are în vedere că nu toate cajele pot fi dotate cu aparete de introducere şi ghidare a semilaminatului de la o cajă la următoarea.

Pentru laminarea profilelor grele şi mijlocii se construiesc în ultimul timp linii formate din 3...4 caje duo reversibile (eventual caje universale) şi o cajă finisoare duo ireversibilă amplasate în tandem, complet mecanizate şi care permit creşterea vitezei de laminare de la o cajă la alta (fig.4.3).

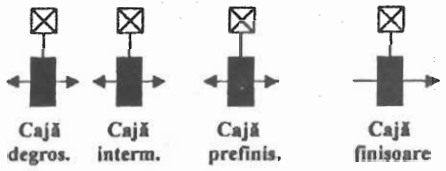


Fig.4.3.Laminor de profile grele cu patru caje reversibile amplasate în tandem

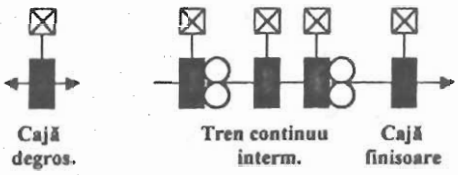


Fig.4.4.Laminor semicontinuu de profile grele sau mijlocii cu o cajă degrosisoare reversibilă şi trenul intermediar continuu

Laminoarele semicontinue au apărut din necesitatea creşterii vitezei şi producţivităţii laminoarelor liniare şi a îmbunătăţirii condiţiilor de muncă, respectiv a reducerii muncii manuale. Se întâlnesc în general următoarele tipuri constructive de linii de laminare:

• pentru profile grele şi mijlocii, liniile de laminare sunt formate dintr-un tren degrosisor cu una sau două caje duo reversibile (sau trio) în tandem, un tren intermediar continuu format din 2...8 caje universale alternativ cu caje duo şi o cajă finisoare duo sau universală (fig.4.4).

• pentru profile uşoare şi sârmă, liniile de laminare pot fi formate din următoarele trenuri de laminare:

- trenul degrosisor şi finisor continue, iar trenul intermediar de tip liniar (fig.4.5.a);
- trenul degrosisor şi intermediar continue, iar trenul finisor de tip liniar (fig.4.5.b);
- trenul degrosisor şi intermediar de tip liniar, iar trenul finisor continuu (fig.4.5.c).

Laminoarele continue sunt cele mai moderne şi se pot folosi pentru orişice tip şi dimensiune de profil. Răspândirea acestor laminoare se datorează următoarelor avantaje:

– viteză mare de laminare, care variază de la 10...15 m/s la profilele grele, la 45...100 m/s la laminarea sârmei, permite folosirea de semifabricate cu masă mult mai mare, care împreună şi cu viteze mari de laminare asigură o productivitate ridicată;

– excluderea totală a muncii manuale, mecanizarea şi automatizarea completă a liniilor de laminoare;

– investiţie specifică şi încărcarea specifică cu utilaje a liniilor de laminare este mult mai redusă ca urmare a amplasării compacte a cajelor de laminare;

– laminarea la temperaturi ridicate şi într-un interval relativ îngust de temperaturi (viteza de răcire fiind mai mică datorită vitezei mari de laminare) ceea ce atrage după sine valori mai mici ale forţelor si energiei de laminare şi o

uniformitate mai mare a proprietăţilor şi dimensiunilor pe lungimea laminatului.

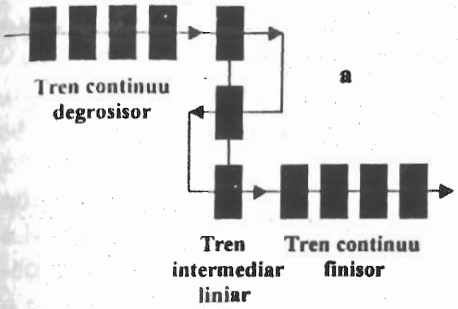
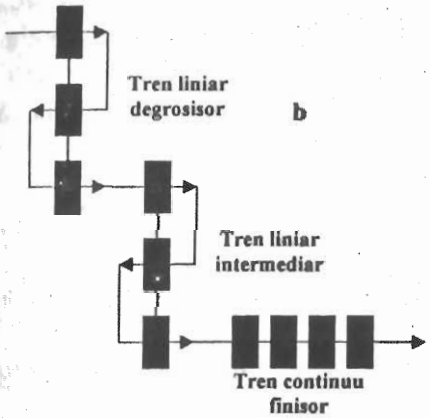
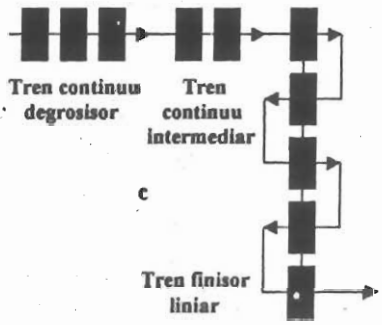


Fig.4.5.Laminoare semicontinue de profile uşoare sau sârmă





Laminoarele continue au un număr de caje egal cu numărul maxim de treceri necesar pentru laminarea profilului de dimensiune minimă din planul sortimental al laminorului, ajungându-se de exemplu la un laminor de sârmă pentru 3 fire de până la 36 de caje, din care trenul degrosisor cu 8 caje orizontale, două trenuri intermediare cu câte 6 şi respectiv 4 caje orizontale şi trei trenuri finisoare cu câte 6 caje alternativ verticale şi orizontale (fig.4.6).

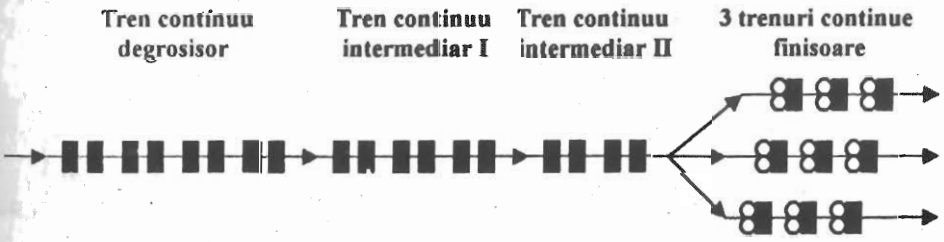


Fig.4.6 Scheme de amplasare a cajelor unui laminor continuu de sârmă, care laminează trei fire simultan

Numărul firelor care se pot lamina simultan la laminoarele continue este de:

- un fir pentru laminarea profilelor grele şi mijlocii;
- un fir sau două pentru laminarea profilelor uşoare;
- două, trei sau patru fire pentru laminarea sârmei.

O variantă a laminoarelor continue pentru profile uşoare sau sârmă o reprezintă şi laminoarele pentru laminarea fără sfârşit. Linia propriu-zisă de laminare nu diferă de cea a laminoarelor continue obişnuite, diferenţele constnd doar în prezenţă unor utilaje auxiliare specifice plasate între cuptorul de incălzire a semifabricatelor destinate laminării şi prima caje degrosisoare.La aceste laminoare, ţaglele la ieşite din cuptor trec printr-o instalaţie de desţunderizare după care sunt sudate cap la cap cu ţagla anterioară prin presare cu o forţă, pentru ţagla de □ 80 mm., de circa 0,25 MN, la o temperatură de circa 1100^{0}C. Sudarea se execută în timpul deplasării ţaglei în circa 10...25 sec. În continuare zona de sudură a taglei este debavurată prin aşchiere, iar ţagla cu dimensiuni sub □ 80 mm. intră într-o gropă de buclare, de unde trece printr-un cuptor tunel încalzit electric (inducţie) sau cu gaz, unde se reîncălzeşte până la 1150...1200^{0}C şi intră în prima cajă a laminorului.

Avantajele acestui mod de laminare sunt:

- procesul de prindere nu mai este influenţat de nici un factor, laminarea fiind în stadiul stabilizat în consecinţă se poate mări viteza de laminare;
- productivitatea laminării creşte cu circa 6 % ca urmare a lipsei timpilor pauză dintre ţagle;
- reducerea consumului de oţel ca urmare a eliminării şutării fiecărei ţagle la intrarea în trenul următor de laminare.

Acest procedeu a fost aplicat iniţial la laminoarele de profile uşoare şi sârmă, dar s-a extins şi asupra laminării profilelor mijlocii şi grele din ţagle cu latura de până la 250 mm., pentru care forţa de presare la sudare ajunge la 3,6 MN.

Laminoarele în serie sunt caracterizate de amplasarea în tandem a cajelor (în număr de 8...12 caje duo ireversibile, egal cu numărul trecerilor) pe mai multe linii paralele (pentru micşorarea lungimii halelor),.pe fiecare cajă executându-se doar o singură trecere, cu viteză din ce în ce mai mare de la o cajă la alta, ca urmare a acţionării individuale a cajelor şi a măririi distanţei dintre caje (fig.4.7). De asemenea gradul de mecanizare al acestor laminoare este avansat şi ca urmare timpii pauză se pot reduce în mare măsură.



Fig.4.7. Laminor în serie cu 12 caje amplasate în tandem pe trei linii paralele

Aceste tipuri de laminoare, realizate în special prin reconstrucţia laminoarelor vechi, se folosesc de obicei pentru laminarea oţelurilor aliate ca urmare a elesticităţii mari pe care o pot asigura.

Laminoarele în zig-zag sunt o variantă a laminoarelor în serie, la care pentru o utilizare mai bună a suprafeţelor halelor, ultimile caje ale liniei de laminare respectiv cajele trenului finisor sunt amplasat pe două linii paralele cu deplasarea laminatului în zig-zag (fig.4.8).

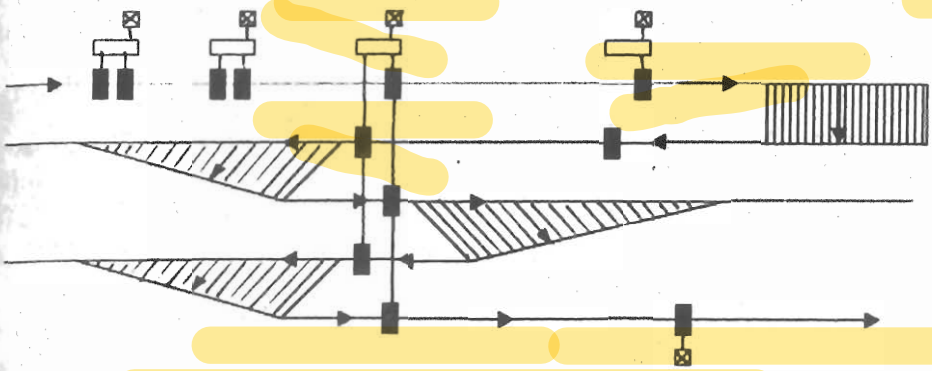


Fig.4.8. Laminor în serie cu 12 caje amplasate în zig-zag

Laminoarele universale se folosesc în special pentru laminarea profilelor grele şi mijlocii de tip **I** cu tălpi late, caracterizate de rapoarte b/h = 0,3...1 şi respectiv d/h = 0,05...0,14.

Aceste laminoare pot fi la rândul lor discontinue, semicontinue sau chiar continue şi au în componenţă pe lângă una sau două caje degrosisoare duo reversibile, 2...3 caje, alternativ caje universale şi caje duo de asemenea reversibile şi o cajă universală finisoare ireversibilă, precedată sau nu de către o cajă ireversibilă duo (fig.4.9).

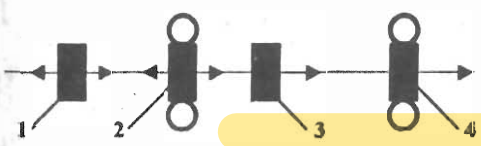


Fig.4.9.Laminor universal pentru profile I:
1-cajă degrosisoare duo reversibilă;
2-cajă pregătitoare universală reversibilă;
3-cajă de refulare; 4-cajă finisoare ireversibilă universală

Laminoarele combinate au apărut din necesitatea obţinerii la aceiaşi linie de laminare a unui game sortimentale, atât din punctul de vedere al formei, dimensiunilor şi calităţii oţelului cât mai largă, însă în cantităţi relativ mici care nu justifică existenţă mai multor laminoare specializate. Laminoarele combinate prezintă avantajul că se reduc mult timpii de staţionare necesari schimbării cilindrilor sau calibrelor pentru trecerea la alt sortiment. Aceste fapt este posibil prin amplasarea cajelor sau a grupurilor de caje în aşa fel, încât pregătirea unor

caje pentru laminarea sortimentului următor să se poată face în timpul laminării sortimentului în lucru.

Frecvent se întâlnesc laminoare combinate de profile mijlocii şi uşoare sau laminoare de profile uşoare şi sârmă

In cazul unui laminor de profile mijlocii şi uşoare, de exemplu ca cel prezentat în figura 4.10, format dintr-un tren degrosisor (A), două trenuri intermediare (B şi C) şi două trenuri finisoare (D şi E), se poate lamina doar cu unele din trenurile de caje, în funcţie de sortimentul dorit, prin una din variantele:

1. A→B→C→D sau A→B→C→E;
2. A→C→D sau A→C→E;
3. A→B→D

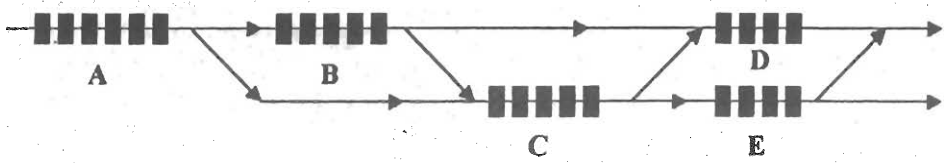


Fig.4.10.Amplasarea cajelor la un laminor continuu combinat cu 24 caje

4.3.- Tehnologia de laminare

Pentru laminarea profilelor cât şi a unor semifabricate (ţagle şi platine) laminate pe laminoare de profile grele fluxul tehnologic este prezentat în figura 4.11.

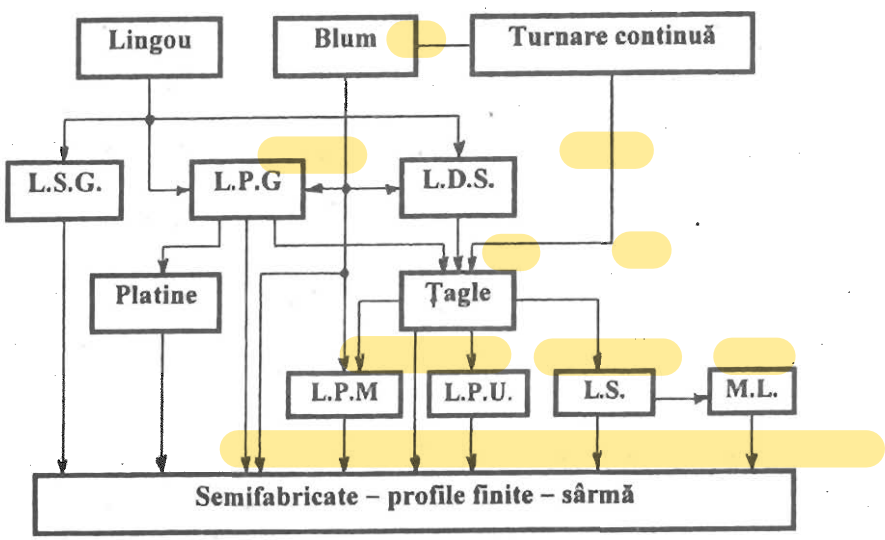


Fig.4.11.Fluxul tehnologic al laminării profilelor :

L.S.G-laminor de şine şi grinzi; L.P.G.-laminor de profile grele; L.D.S.-laminor degrosisor şi de semifabricate; L.P.M.-laminor de profile mijlocii; L.P.U.-laminor de profile uşoare; L.S.-laminor de sârmă; M.L.-minilaminor de profile fine

Procesul propriu-zis de laminare a profilelor trebuie să asigure atât forma, dimensiunile cât şi calitatea din punct de vedere structural, cerută acestora.

Forma finită a profilelor se asigură prin sistemele de calibrare specifice fiecărui tip de profil respectiv prin succesiunea formelor prin care trece laminatul de la forma şi dimensiunile semifabricatului şi până cele ale profilului finit, iar structura care va conferii laminatului finit proprietăţile cerute se va asigura prin condiţiile de deformare, respectiv temperatura laminatului şi gradul de reducere aplicat la ultimile treceri ale procesului de laminare cât şi prin viteza de răcire după laminare, pentru anumite mărci de oţel.

Pentru realizarea formei profilului, laminarea are în principal două etape distincte şi anume:

- obţinerea prin laminarea semifabricatului a unei prize, în general cu secţiune pătrată sau dreptunghiulară, care poate fi comună pentru mai multe forme şi dimensiuni de profile;
- laminarea prizei în calibre specifice profilului finit.

Prima etapă se realizează pe cajele degrosisoare şi intermediare, iar a doua etapă pe cajele finisoare ale laminorului. În cazul profilelor cu aripi pentru care numărul calibrelor specifice este reletiv mare (5...11), etapa a doua a procesului de laminare începe chiar de la cajele intermediare.

Pentru obţinerea prizei, semifabricatul (lingoul, blumul sau ţagla) se lamineză într-un număr de treceri (n), care trebuie să fie cât mai mic pentru ca productivitatea laminorului să fie cât mai mare şi care depinde de [8]:

– secţiunea semifabricatului (S_o);

– secţiunea prizei (S_n);

– gradul de reducere a secţiunii pe trecere, care depinde de sistemul de calibrare adoptat şi de caracteristicile de deformabilitate ale oţelului ce se lamineză, exprimat prin coeficientul de mediu de alungire (λ_{med}):

$$n = \frac{\ln S_o - \ln S_n}{\ln \lambda_{med}}$$

Sistemele de calibrare folosite curent pentru laminarea prizelor de finisor sunt următoarele (fig. 4.12):

- *sistemul dreptunghi - pătrat* (λ_{med} = 1,15...1,25), pentru prize pătrate sau dreptunghiulare de dimensiuni mari, necesare profilelor grele, laminate din lingouri sau blumuri;

- *sistemul romb - pătrat* (λ_{med} = 1,25...1,45), pentru prize pătrate de dimensiuni medii şi mici, necesare profilelor mijlocii, uşoare şi sârmei, laminate din blumuri sau ţagle;

- *sistemul oval - pătrat* (λ_{med} = 1,4...1,6), pentru prize pătrate sau rotunde de dimensiuni mici, necesare profilelor uşoare şi sârmei, laminate din ţagle.

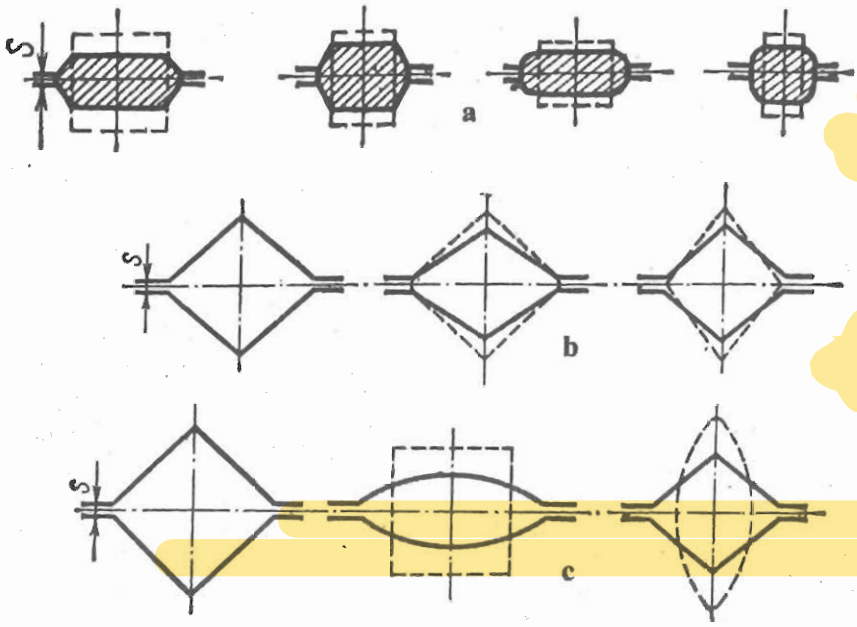


Fig.4.12. Sisteme de calibrare degrosisoare:
a-sistemul dreptunghi - pătrat; b-sistemul romb - pătrat; c-sistemul oval - pătrat

Trecerile finisoare pentru principalele tipuri de profile simple se lamineză în următoarea succesiune de calibre:

- **pentru profilul pătrat**: pătrat prefinisor - romb prefinisor - pătrat finisor;
- **pentru profilul rotund**: pătrat prefinisor - oval prefinisor - pătrat finisor;
- **pentru profilul hexagonal**: pătrat prefinisor - hexagon prefinisor - hexagon finisor;
- **pentru profilul lat**: laminare cu lăţire liberă pe cilindrii cu tăblie netedă cu un calibru sau două de refulare, pentru reglarea lăţimii profilului.

Forma şi succesiunea calibrelor pentru laminarea acestor profile simple cât şi pentru profilul cornier de dimensiuni mici este prezuntată în figura 4.13., din care se poate constata că din două prize obţinute din ţaglă de 70×70 mm., cu puţine modificări la trecerile intermediare (cajele 3...7) se pot lamina în final 11 tipodimensiuni de profile uşoare [9].

Pentru profilele cu aripi (cornier, profil I, U, T, Z, şina C.F., etc,) forma calibrelor este specifică fiecărui tip de profil iar numărul trecerilor depinde de dimensiunea profilului finit şi variază în general între următoarele limite:

Profilul	Cornier	I	U	T	Z	Şină C.F.
Nr.de treceri	4...6	7...11	5...9	4...7	6...7	6...10

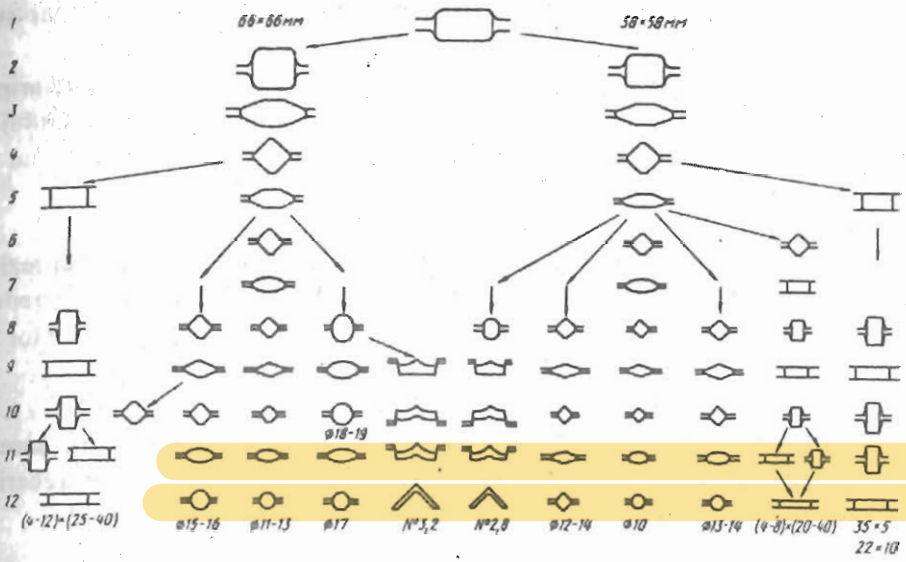


Fig.4.13.-Succesiunea calibrelor la trecerile intermediare şi finisoare pentru laminarea profilelor simple la un laminor de profile uşoare

Sistemele de calibrare folosite pentru laminarea principalelor sortimente de profile cu aripi sunt următoarele:

- pentru profilul cornier (fig.4.14).

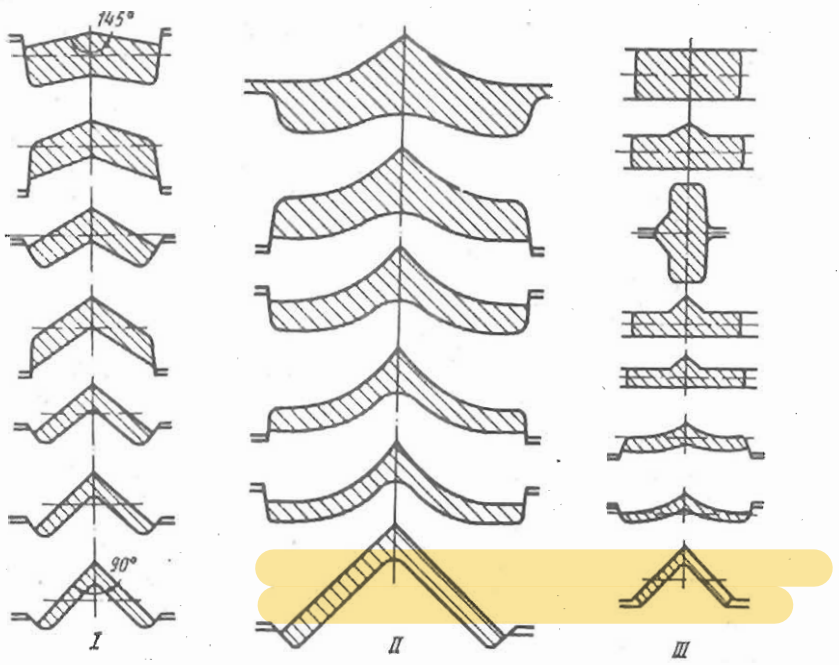


Fig.4.14.Principalele sisteme de calibrare prin care se lamineaza profilul cornier

Sistemele de calibrare folosite pentru laminarea profilului cornier sunt următoarele [8]:

I - cu calibre închise şi cu aripile drepte (metoda standard), la care aripile profilului se inchid treptat, începând cu prima trecere, cu valori ale unghiului de închidere proporţionale cu reducerile aplicate la grosimea aripii. La rândul lor aripile se calculează şi se lamineză ca un lat;

II - cu calibre închise şi cu aripile curbe (metoda flutura), care reprezintă o variantă a metodei anterioare, curbarea aripilor având rolul de a reduce adâncimea calibrului în tăblia cilindrilor, în special în cazul profilelor de dimensiuni mari;

III - sistem universal pentru laminarea în regim continuu, la care în primele treceri profilul se laminează ca un profil lat, iar în ultimile treceri se realizează îndoirea treptată a aripilor până la un unghi de 45^0.

• pentru profilul I (fig.4.15) se disting două stadii ale procesului de laminare:

1-spintecarea semifabricatului de formă dreptunghiulară şi obţinerea unui semilaminat cu o formă ce se apropie de cea a profilului, dar cu grosimi ale inimii şi tălpilor de peste 10 ori mai mari decât cele finale. Acest stadiu al laminării se caracteriză de o puternică neuniformitate a deformaţiei pe lăţimea calibrului;

2-transformarea semilaminatului obţinut în calibrul de spintecare, din aproape în aproape, cu valori ale reducerilor relativ uniforme, în profilul finit.

Pentru acest stadiu al laminării se folosesc următoerele scheme de calibrare:

a - cu calibre drepte şi închise, inima profilului fiind paralelă cu axa cilindrilor, iar deschiderea calibrului este la vârful tălpilor de aceiaşi parte, dar alternativ sus - jos.

Pentru profilele cu lungime mare a inimii, aceasta se poate lamina în primele treceri pregătitoare sub formă ondulată;

b - cu calibre înclinate, inima profilului formând un unghi cu axa cilindrilor, iar deschiderea la vârful tălpilor diametral opus este de asemenea alternativ sus - jos;

c - cu calibre drepte şi deschise la nivelul inimii, pentru primele treceri pregătitoare, urmate de laminarea pe caje universale, la care cilindrii orizontali deformează inima, iar cilindrii verticali deformează tărpile profilului. În acest caz reducerile sunt directe, ceea ce asigură uniformitatea deformaţiei pe elementele profilului. Această metodă de laminare se practică pentru profile cu dimensiuni mari, cu aripi late şi paralele.

Succesiunea trecerilor pentru laminarea după această metodă, la un laminor cu caje universale de tipul celui prezentat în figura 4.9 , este prezentată în figura 4.16

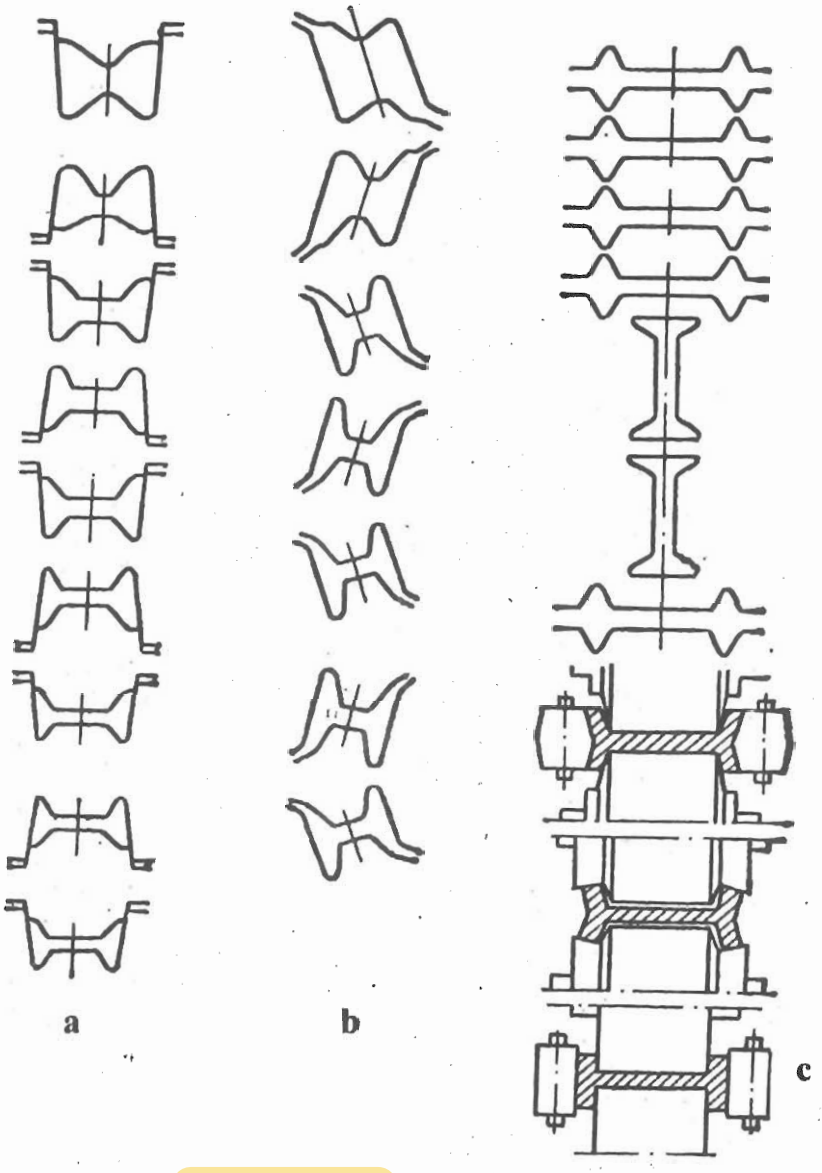


Fig.4.15.Principalele sisteme de calibrare pregatitoare prin care se lamineaza profilul I

• pentru profilul U (fig.4.17)se folosesc următoarele sisteme de calibrare [8]:

a - sisteme cu calibrare similare celor pentru profilul I pentru primele 2...4 treceri, calibre ce se folosesc atât pentru profilul I cât şi pentru profilul U de aceiaşi dimensiune a inimii, urmate de calibre cu aripi drepte, cu deschiderea numai în jos şi cu reducerea continuuă a înălţimii aripii închise până la dispariţia sa în calibrul finisor. Această metodă are avantajul ca se reduce parcul de cilindrii şi timpul afectat trecerii de la un profil la altul, la acelaşi laminor,

dar însa cresc forţele de laminare şi consumul de energie la trecerile în care trebuie să se reducă una din semiaripi.

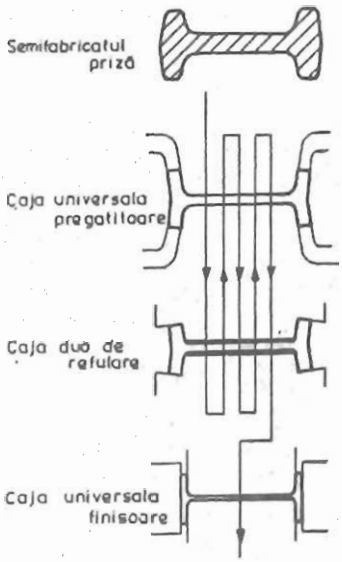


Fig.4.16.Succesiunea trecerilor la laminarea profilului I cu tălpi late pe un laminor caje universale

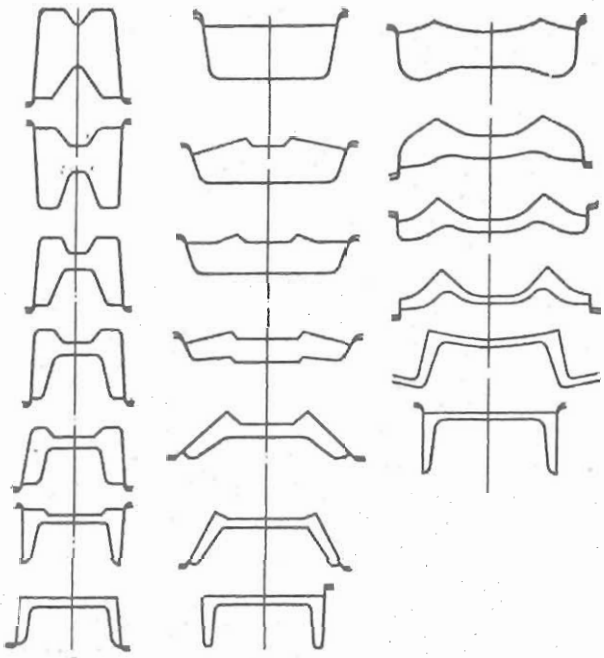


Fig.4.17.Principalele sisteme de calibrare prin care se lamineaza profilul U

O variantă a acestei metode este caracterizată de calíbre închise cu aripile drepte dar cu o înclinaţie mai mare (de până la 15%), toate cu deschiderea în aceiaşi parte (jos) şi cu tălpi auxiliare (false) de înălţime mai mică decât în cazul metodei anterioare şi cu inima curbată (fig.4.18);

b - sisteme cu calibrare de îndoire treptată a inimii şi tălpilor, fără curbarea lor. La această metodă valoarea reducerii la inima şi tălpile profilului este similară şi relativ uniformă la primele treceri, laminarea decurgând ca la un profil lat;

c - sistemul cu aripi desfăşurate şi curbe (metoda fluture sau W), la care profilul U este cunsiderat ca fiind format din două profile cornier cu câte una din aripi în continuare, formând inima profilului U. Inima profilului fiind de asemenea curbată, calculul dimensiunilor pe treceri ale laminatului este similar celui de la profilul cornier – metoda fluture.

• **pentru profilul şină C.F.** există o schemă de bază (fig.4.19) din care se obţin diferite variante în funcţie de numărul şi forma adoptată pentru următoarele tipuri de calibre pregătitoare:

= calibre de spintecare la nivelul tălpii profilului (fig.4.19 , calibrele 1 şi 2);
= calibrul de refulare a inimii profilului (calibrul 3);
= calibrul de spintecare a inimii profilului (calibrul 4);
= calibre pegătitoare normale (calibrele 5...n-1), care pot fi:

– cu inima profilului paralelă cu axa cilindrilor şi cu deschiderile tălpii şi capului (ciuperca) profilului în aceiaşi parte dar alternativ sus-jos de la un calibru la altul;

– cu inima înclinată faţă de axa cilindrilor şi cu deschiderea tălpii şi capului profilului în părţi diametral opuse şi tot alternativ sus-jos de la un calibru la altul (fig 4.19 calibrele 5...n-1);

= calibrul finisor cu deschidere mixta, resprctiv calibrul este închis la talpa si deschis la ciuperca.

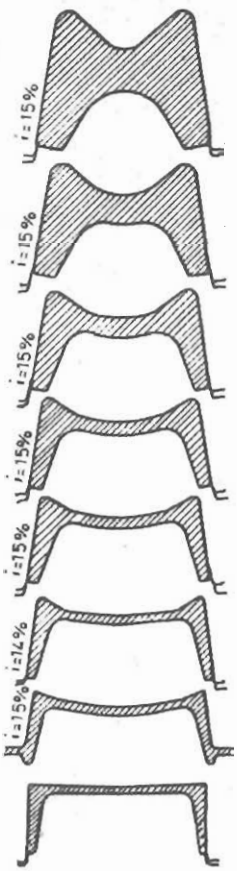


Fig.4.18.Succesiunea trecerilor la laminarea profilului U cu inima curbata

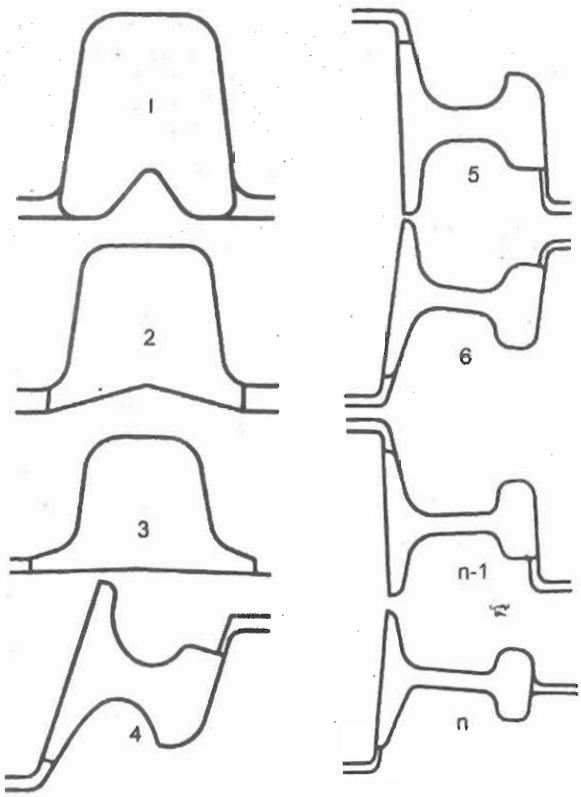
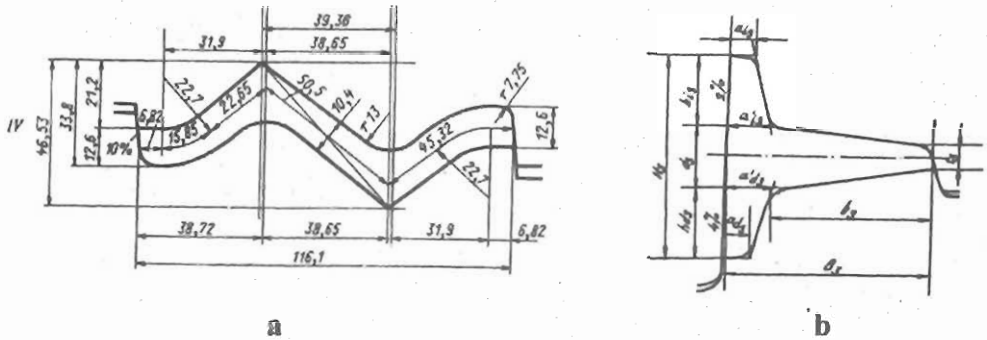


Fig.4.19.Succesiunea trecerilor la laminarea sinei C.F.

În ceea ce priveste profilul T , acesta se lamineză folosind o calibrare ce derivă din calibrarea profilului I, iar profilul Z se lamineză folosind o calibrare ce derivă din calibrarea profilului cornier (fig.4.20).



a b

Fig.4.20 Forma unor calibre pregatitoare pentru laminarea profilelor Z (a) si T (b)

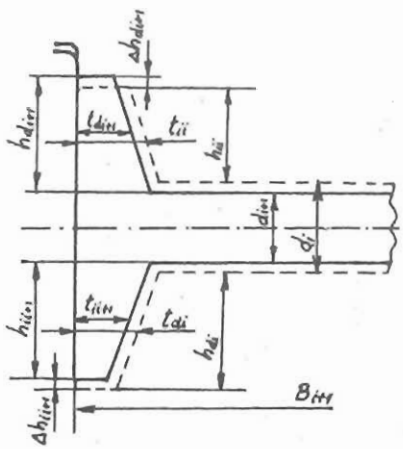


Fig.4.21.Dimensiunile laminatului la doua treceri consecutive pentru profilul I

La laminarea în calibrele specifice profilelor I şi U cât şi la calibrele pregătitoare normale pentru şina C.F. au loc următoarele tipuri de deformaţii (fig.4.21):

– reducerea directă a grosimii inimii profilului:

$$\Delta d = d_i - d_{i+1};$$

– lăţirea inimii profilului:

$$\Delta B = B_i - B_{i+1};$$

– reducerea directă laterală a grosimii tălpilor profilului în zona deschisă a calibrelor:

$$\Delta t_d = t_{i.i} - t_{d.i+1};$$

– alungirea tălpilor profilului în zona deschisă a calibrelor:

$$\Delta h_d = h_{d.i+1} - h_{i.i};$$

– reducerea indirectă laterală a grosimii tălpilor profilului în zona închisă a calibrelor:

$$\Delta t_i = t_{d.i} - t_{i.i+1};$$

– reducerea prin contragere a înălţimii tălpilor profilului în zona închisă a calibrelor:

$$\Delta h_i = h_{d.i} - h_{i.i+1}.$$

Operaţiile auxiliare, care se efectuează în timpul procesului de laminare, indiferent de tipul forma şi dimensiunile profileor sunt următoarele:

• ***transportul semifabricatului*** de la cuptorul de încălzire la prima cajă a laminorului sau între cajele laminorului amplasate în tandem se efectuează cu ajutorul căilor cu role acţionate în general individual la laminoarele de profile grele şi mijlocii, sau în grup la laminoarele de profile uşoare şi sârmă. In cazul laminoarelor liniare transportul laminatului de la o cajă la alta a aceleiaşi linie se realizează cu transportoare transversale cu lanţuri sau grinzi păşitoare;

• ***răsturnarea laminatului*** la introducerea dreptunghiului, a rombului, sau ovalului în pătrat şi respectiv a pătratului în oval şi a ovalului în rotund se efectuează cu:

– manipulatoare cu răsturnătoare la cajele degrosisoare duo reversibile a laminoarelor de profile grele;

– dispozitive de răsturnare cu tambur rotativ acţionat, prevăzut în interior cu role profilate, corespunzător formei secţiunii laminatului. Aceste răsturnătoare sunt amplasate la intrarea în cajele intermediare şi finisoare a laminoarelor liniare de profile grele sau în faţa primei caje a trenurilor de laminare continuu de profile grele şi mijlocii;

– ghidaje de răsturnare, amplasate între cajele laminoarelor continue, care în secţiunea de intrare au forma secţiunii şi poziţia laminatului corespunzătoare ieşirii din calibrul anterior, iar în secţiunea de ieşire a ghidajului forma secţiunii este rotită faţă de axa din secţiunea de intrare cu un unghi α ce depinde de distanţă dintre axele cilindrilor cajelor între care se plasează ghidajul (L), lungimea ghidajului (l) şi unghiul cu care este necesar a se efectua răsturnarea (α_r), conform relaţiei:

$$\alpha = l \cdot \alpha_r / L$$

Unghiul de răsturnare a laminatului este în general de 90°, cu excepţia răsturnării laminatului cu secţiune pătrată în vederea introducerii sale într-un calibru oval pentru care $\alpha_r = 45^0$

• ***şutarea*** capului laminatului la intrarea în prima cajă a fiecărui tren de laminare, cu ajutorul unor foarfece hidaulice sau electromecanice, pentru cazul laminatelor de dimensiuni mari, sau cu foarfece volante, pentru dimensiuni medii şi mici ale laminatelor.

Foarfecele volante execută tăierea în timpul deplasării laminatelor între trenurile laminoarelor continue. Aceste foarfece au şi rolul de foarfece de avarii, în sensul că, la apariţia unei avarii într-o zonă a liniei de laminare, foarfecele existent în amonte faţă de respectiva zonă, intră automat în funcţiune tăind tot laminatul în bucăţi, pentru ca acesta să nu mai ajungă în zona avariată.

• ***ghidarea laminatului*** la intrarea şi la ieşirea în şi din fiecare calibru pentru asigurarea prinderii şi conducerii corecte a laminatului în poziţia corespunzătoare sistemului de calibrare folosit. Această operaţie este asigurată de ghidaje, care pot fi cu fălci, între care se prelucrează forma secţiunii laminatului, sau cu role profilate, de asemenea în funcţie de forma secţiunii laminatului.

În cazul laminoarelor continue de profile uşoare sau de sârmă ce lucrează cu mai multe fire, conducerea capului ţaglei spre ghidajul prin care se realizează prinderea în unul din calibrele din prima cajă a trenului degrosisor se folosesc aşa numitele macaze cu tambur. După realizarea prinderii, macazul cu tambur execută o jumătate de rotaţie, când se laminează două fire simultan, o terime de rotaţie, când se laminează trei fire simultan, sau un sfert de rotaţie, când se laminează patru fire simultan şi prelund ţagla următoare o conduce în calibrul corespunzător, în care se terminase laminarea ţaglei anterioare, după care se rotaşte şi preia altă ţaglă, s.a.m.d.

Pentru laminoarele liniare de profile uşoare şi sârmă se folosesc şi ghidaje de întoarcere, care execută în acelaşi timp ghidarea laminatului de la o cajă la caja următoare şi formarea buclei între cajele respective. Aceste ghidaje sunt sub forma unor jghiaburi curbate, deschise spre exterior la partea superioară, care fac legătura între calibrul din care iese laminatul şi calibrul în care acesta trebuie să intre, permiţând după efectuarea prinderii, ieşirea liberă a laminatului din ghidaj, şi formarea buclei.

In cazul laminoarelor continue de profile uşoare şi sârmă între cajele trenului finisor se realizează conducerea şi buclarea controlată a laminatului cu ajutorul unor mese de buclare. Aceste mese de buclare sunt necesare pentru faptul că viteza de laminare fiind mare, posibilitatea reglării vitezelor la cajele consecutive în conformitate cu legea continuităţii (pentru a se evita tracţiunea în laminat, care ar putea rupe laminatul, sau apariţia unei bucle necontrolate ce poate produce avarii), este dificilă.

Mesele de buclare curbează laminatul în plan orizontal sau vertical formând bucla, care va fi reglată între un minim şi un maxim cu ajutorul unor traductori inductivi, capacitivi sau optici cu fotocelule, care vor comanda motorul cajei următoare de a mării viteza în situaţia când bucla creşte, sau de a reduce viteza în situaţia când bucla se micşorează faţă de o valoare prestabilită;

• ***debitarea la cald a laminatului*** finit la lungimi de livrare sau la multiplu a acestora în funcţie de lungimea patului de răcire, se realizează în cazul laminoarelor de profile grele cu ajutorul ferăstraielor cu disc rotativ şi cu sanie pentru avans transversal. Aceste ferăstraie execută tăierea fie prin aşchiere, fie prin topire locală în cazul oţelurilor aliate cu duritate ridicată, topire realizată prin incălzirea ce se produce la frecarea discului pe laminat.

Şutarea şi tăierea laminatului în mai multe bucăţi se execută simultan de mai multe ferăstraie, care se pot poziţiona la diferite distanţe unele de altele în

lungul căi cu role de evacuare a cajei finisoare a laminorului, cu ajutorul unor me-canisme de deplasare longitudinală.

Pentru şutarea şi debitarea la cald a profilelor uşoare se foloseşte un foarfece volant amplasat după ultima cajă finisoare, comandat de exemplu de o celulă fotoelectrică temporizată care "vede" capul laminatului ce a părăsit caja.

• ***răcirea laminatelor*** finite până la o temperatură cuprinsă între 60...100^{0}C , care se execută pe paturi de răcire amplasate în general de o parte şi de cealalta a căi cu role de evacuare a cajei finisoare a laminorului, după ferăstraiele sau foarfecele de şutare şi debitare. Pe lângă răcirea laminatelor paturile de răcire asigură şi transportul acestora spre ajustaj prin deplasarea transversală executată de diferite dispozitive cu lanţuri şi clicheţi, cu role înclinate în plan orizontal sau cu grinzi păşitoare.

Dimensiunile paturilor de răcire şi în special lăţimea acestora (B), se colerează cu productivitatea laminorului (Q) şi cu timpul maxim de răcire (τ_r) al sortimentului cu cea mai mare secţiune, conform relaţiei:

$$B = \frac{Q \cdot \tau_r}{m} - a$$

în care: m este masa laminatului cu lungimea corespunzătoare patului;

a - distanţa dintre axele a două laminate alăturate de pe pat (pasul laminatelor).

Răcirea laminatelor este foarte importantă pentru asigurarea calităţii cerută acestora, deoarece o răcire necorespunzătoare poate genera tensiuni interne în laminat, care pot produce curbări, torsionări sau chiar fisurarea sau craparea laminatelor. De asemenea răcirea prea rapidă a unor oţeluri aliate cu crom, sau cu crom, nichel şi molibden, cu dimensiuni ale secţiunii de peste 30...40 mm. poate creea condiţii pentru apariţia fulgilor în structura oţelului, defect ce conduce la rebutarea laminatelor.

În funcţie de calitatea oţelului laminat se folosesc următoarele metode de răcire a profilelor:

– răcirea în aer pe paturile de răcire pentru profilele din oţel carbon hipoeutectoid, oţeluri inoxidabile austenitice şi feritice şi oţeluri susceptibile la formarea fulgilor dar cu dimensiuni ale secţiunii sub 30 mm.;

– răcirea în gropi de răcire neîncălzite pentru profilele grele şi mijlocii din oţeluri slab aliate pentru construcţii sau pentru scule;

– răcirea în gropi de răcire preîncălzite pentru profilele uşoare din oţeluri slab şi mediu aliate sau din oţeluri mediu şi înalt aliate perlitice sau martensitice;

În cazul oţelurilor carbon hipereutectoide, racirea trebuie să fie accelerată în intervalul de temperaturi corespunzătoare punctelor de transformare $A_{r.cem}$ – $A_{r.1}$, pentru evitarea formării reţelei de cementită. Pentru aceste oţeluri se practică o răcire intensă cu apă în special în timpul laminării pe caja

prefinisoare şi finisoare a laminoarelor de profile grele şi mijlocii sau între cajele trenului finisor al laminoarelor continue de profile uşoare şi sârmă.

• ***ajustarea laminatului,*** care însumează următoarea serie de operaţii efectuate după răcirea profilelor:

– îndreptarea laminatelor pe maşini cu role;

– debitarea la lungimile de livrare cu ajutorul foarfecelor cu cuţite profilate pentru profile mijlocii şi uşoare sau cu ferăstraie cu disc pentru profilele grele şi în special pentru cele cu aripi;

– controlul vizual sau nedestuctiv al laminatelor, în funcţie de cerinţele normelor de calitate;

– îndepărtarea defectelor depistate în timpul controlului;

– marcerea şi eventual ambalarea laminatelor în vederea expedierii.

Din punct de vedere al tehnologiei de laminare apar şi unele particularităţi specifice în specia la laminarea sinelor de cale ferată şi a sârmei.

Şinele C.F. fabricate în momentul de faţă sunt în special cu masa unitară de 60-75 kg/m., având în vedere că durabilitatea în exploatare a sinelor creşte pe măsură ce masa unitară a acestora este mai mare. De exemplu s-a constatat că o sină de 65 kg/m. are o durabilitate de circa două ori mai mare ca o sină de 49 kg/m.

Materia primă folosită pentru laminarea şinelor sunt blumuri de 4…6 t (pentru a se obţine o şină brută de 60…90 m. lungime) din oţel aliat cu o rezistenţă la rupere de circa 880 N/mm^2 şi cu 0,8…1,7 %Mn, 0,5…0,8 %C şi 0,1…0,5 %Si, la care S şi P trebuie să fie sub 0,05% .

Unele firme producătoere de şine C.F. din SUA sau Japonia folosesc oţeluri aliate şi cu crom (0,7…3,5%), care măreşte rezistenţă la rupere a şinei finite până la 1200…1350 N/mm^2.

Pentru evitarea apariţiei fulgilor în şina finită se impune ca hidrogenul în oţel să nu aibă o concentraţie mai mare de 3 ppm. În acest scop blumurile nu se vor lamina dintr-un singur cald, în special cele turnate continuu, ci se vor răci lent până la 400...450^{0}C pentru a se asigura difuzia hidrogenului atomic spre exterior şi împiedicarea formării hidrogenului molecular, care are tendinţa de a difuza spre defectele de reţea unde prin acumulare va creşte presiunea producând fisuri (fulgi).

Încălzirea blumurilor din care se vor lamina şinele C.F. trebuie să fie cât mai uniformă şi ca atare se recomandă folosirea de cuptoare cu vatră păşitoare şi încălzire bilaterală, până la o temperatură de 1180…1200^{0}C.

Dacă laminarea se execută din blumuri laminate din lingouri, acestea se vor debita în două, corespunzător capului şi respectiv piciorului lingoului şi se vor încălzi în cuptoare diferite pentru a se cunoaşte poziţia şinei finite în lingou.

După încălzire blumurile se desţunderizează pe cale hidraulică pentru a se evita posibilitatea imprimării stratului de oxizi pe suprafaţa sinei finite în timpul laminării.

Laminarea şinelor este în general dificilă deoarece oţelul are o deformabilitate relativ redusă, cerinţele de calitate sunt ridicate iar profilul fiind asimetric, apare o puternică neuniformitate a deformaţiei, în special la primele treceri.

Laminarea se execută în general cu un coeficient mediu de alungire de 1,2...1,22 pentru trecerile pregătitoare şi 1,07...1,09 pentru trecerea finisoare, asigurându-se un coeficient total de alungire (coroiaj) de minim 20 pentru cazul laminării din lingou şi minim 8 pentru laminarea din blum turnat continuu.

În timpul trecerii finisoare se execută şi imprimarea pe inima profilului a următoarelor date:

– tipul şinei;

– o săgeată cu vârful spre maselota lingoului, dacă laminarea s-a executat din blumuri obţinute din lingouri;

– poziţia şinei în lingou (prin simboluri), respectiv dacă este din capul sau piciorul lingoului;

– simbolul uzinei producătoare;

– modul de elaborare a oţelului (electric sau în convertizor);

– marca oţelului şi numărulşarjei;

– tipul tratamentului termic sau al răciri aplicate (dirijată sau izotermă);

– anul şi luna laminării;

Inafara acestui procedeu clasic de laminare a şinelor C.F., firma franceză Socilor a pus la punct procedeul de laminare pe caje universale a şinelor, care are ca principal avantaj o temperatură mult mai uniformă pe elementele profilului, tensiuni interne mult mai mici şi o structură de asemenea mai uniformă.

Succesiunea trecerilor la laminarea după această tehnologie este redată în figura 4.22.

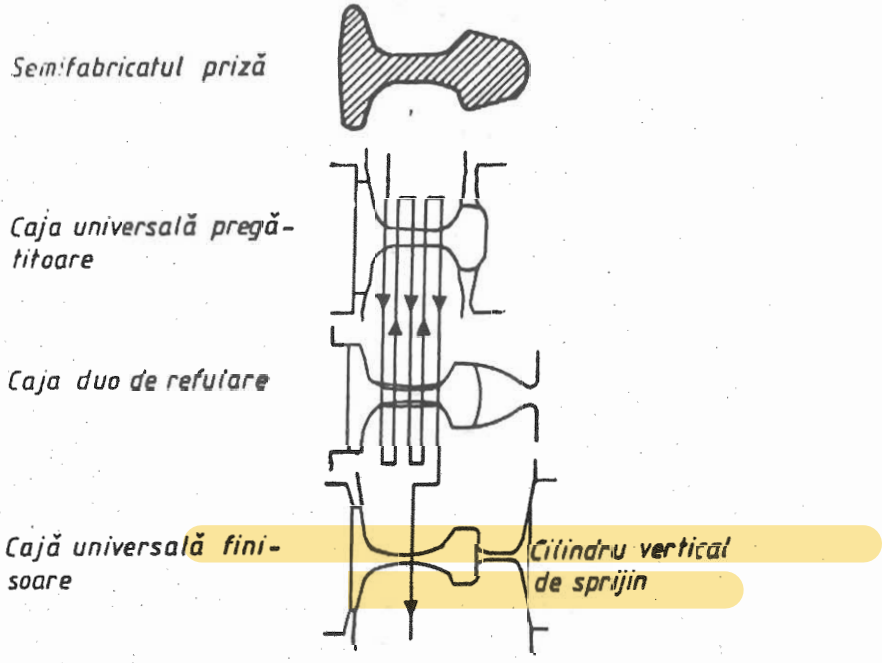


Fig.4.22. Succesiunea trecerilor la laminarea sinei de cale ferata pe caje universale

După laminare şinele sunt şutate şi debitate cu ferăstraie circulare şi răcite pe paturile de răcire ale laminorului în poziţie culcată.

Având în vedere că talpa sinei are raportul dintre perimetru şi secţiune mai mare decât ciuperca, se va răci mai repede şi ca atare sina se va curba în timpul răcirii. Pentru evitarea acestei curbări o primă măsură constă în aşezarea şinelor pe patul de răcire astfel ca ciuperca unei şine (mai caldă) să stea lipită de talpa şinei alăturate pentru a se uniformiza într-o oarecare măsură temperatura în secţiunea şinelor.

Tot datorită diferenţei de temperatură dintre elementele profilului şinei, transformarile structurale în acestea (care se produc cu variaţii de volum), vor avea loc în momente diferite şi vor contribui şi acestea la curbarea şinei. Rezultă deci că răcirea şinelor are practic trei perioade distincte:

- în prima perioadă se asigură răcirea sinei până la o temperatură superioară celei de transformare (900...760^{0}C), când talpa se răceşte mai repede ca ciuperca şi şina se va curba spre ciupercă;
- a doua perioadă corespunde atingerii temperaturii punctului de transformare (760...650^{0}C) de către talpă, la care şina se va curba spre talpă. Această curbare se menţine până când şi ciuperca travesează temeratura de transformare, când şina se va curba din nou spre ciupercă;
- a treia perioadă corespunde răcirii sub temperatura de transformare (650...100^{0}C) , cu curbarea şinei din nou spre talpă.

Şinele curbate după răcire se pot îndrepta la rece pe maşini de îndreptat cu role, dar această operaţie va conduce la apariţia unor tensiuni suplimentare în şine care pot genera fisuri. Pentru a se obţine totuşi şine drepte evitându-se operaţia de îndreptare, se practică contracurbarea la cald, imediat după laminare, a şinelor spre talpă cu o săgeată a cărei valoare depinde de temperatura de sfârşit de laminare şi de viteza de răcire în cele trei elemente ale profilului şinei. Săgeata acestei contracurbări va fi de circa 1200 mm. pentru o lungime de şină de 25 m. şi se realizează la o temperatură cuprinsă între 750...950^{0}C cu ajutorul unei maşini speciale (fig.4.23) cu două role orizontale (1) cu semiprofilul şinei (4) şi trei role cilindrice (2 si 3)

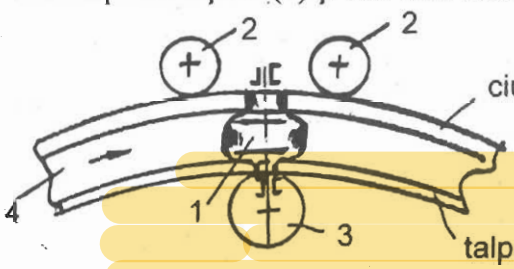


Fig.4.23. Principiul contracurbarii la cald a sinelor C.F.

Concentraţia ridicată în carbon a oţelului şinelor, coroborată cu viteza ridicată de răcire a şinelor pe paturile de răcire favorizează procesul de apariţie a fulgilor. Pentru evitarea acestei posibilităţi, răcirea şinelor în atmosfera halei laminorului pe paturile de răcire se va face doar până la o temperatură de 550...400^{0}C., iar în continuare răcirea se va efectua după o menţinere izotermă

de minim 2 ore într-un cuptor la temperatura de $600^0 \pm 20^0$C. Răcirea după această menţinere izotermă se va face în cuptorul de tratament sau într-o groapă de răcire într-un timp de 6...8 ore până la temperatura de 100...150^{0}C.

După ajustajul la rece al sinelor, care constă în şutări, debitări, îndrepatare pe maşini cu role, frezarea capetelor şi efectuarea găurilor la capete, acestea se supun tratamentului termic de călire, care în ultimul timp se realizează în toată masa profilului.

Călirea şinei se realizează în ulei de la o temperatură de 850...930^{0}C. şi este urmată de o revenire la 450...480^{0}C timp de circa 2 ore, obţinându-se o structură sorbitică cu o rezistenţă la rupere de 110...125 daN/mm^2 şi o duritate de 340...430 HB. Prin călire creşte şi rezistenţa la uzură a şinei de 1,9...2,5 ori, iar rezistenţa la oboseală de asemenea se măreşte de 1,5...2 ori.

În final toate şinele trec la controlul automat de calitate care constă în:

- detectarea în flux cu o viteză de circa 1 m/s. a eventualelor defecte interioare, în general mai mari de 1 mm. Acest control se efectuează cu 7...17 traductori cu ultrasunete, plasaţi după una din schemele prezentată în tabelul 4.3 şi figura 4.24. Fiecare traductor are un canal separat de înregistrare a poziţiei în şină, atât pe lungime cât şi pe secţiune, a tipului şi mărimii defectului;

Tabelul 4.3

Sistemul	Ciuperca		Inima		Talpa		Nr.captori
	oriz.	vert.	oriz.	vert.	oriz.	vert.	
I	2	1	2	1	–	1	7
II	3	3	3	1	–	2	12
III	6	1	8	–	–	2	17

- detectarea în flux, cu ajutorul unui defectoscop cu curenţi turbionali, de asemenea cu înregistrare, a eventualelor defecte de suprafaţă;
- verificarea corectitudinii formei profilului cu ajutorul a 8 unităţi leser (fig.4.25) şi rectinilităţii şinei cu alte 7 unităţi leser plasate în 2 plane perpendiculare.

In situaţia lipsei unui control automat al sinelor, verificarea acestora se va efectua conformitate cu STAS 1900-89 şi constă în următoarele:

– verificarea aspectului, dimensiunilor, forma şi recti-linitatea fiecărei şine, folosind şabloane;

– determinarea compoziţiei chimice şi a proprietăţilor pe câte o probă pentru şarje mai mici de 150 t. şi pe câte două probe pentru şarje mai maride 150 t. prelevate din ciuperca unei sine;

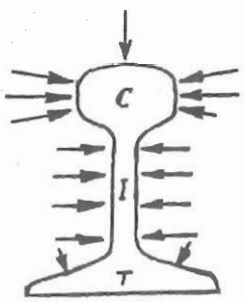


Fig.4.24.Pozitia traductorilor pentru controlul cu ultrasunete a defectelor interne a sinei

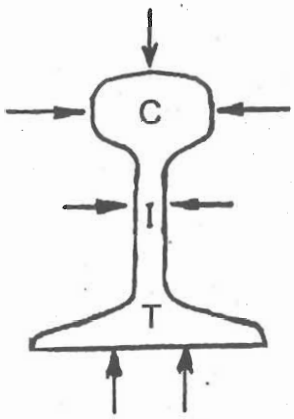


Fig.4.25.Pozitia captorilor pentru controlul cu leser a formei sinei

– încercarea la şoc a şinei, care se efectuează în general pe două probe, cu lungimea de 1300 mm., prelevate dintr-o şină. Probele se aşează pe două reazeme (prisme) dispuse la 1000 mm. distanţă şi în zona de mijloc a probei se aplică lovitura prin caderea liberă a unui brbec de o tonă greutate, de la o înălţime egală cu:

$$H = (0{,}105 \ldots 1{,}5)G \text{ , [m.]}$$

în care G este masa unitară a şinei.

De exemplu pentru o şină cu masa unitară de 60 kg/m înălţimea de la care trebuie să cadă berbecul este de 6,3…9 m. In urma acestei încercări probele nu trebuie să fisureze;

– control cu proba Baumann şi proba pentru depistarea fulgilor, pe două probe pentru şărje mai mici de 100 t., sau pentru fiecare multiplu de 100 t.

Laminarea sârmei se execută pe laminoare discontinue, semicontinue sau continue similare celor pentru profile uşoare, dotate însă cu maşini de formarea colacilor în locul paturilor de răcire.

Laminoarele moderne sunt numai continue şi pot lamina 2…4 fire simultan prin 22…24 caje amplasate după următoarele trei tipuri constructive:

- numai cu caje duo şi cu răsucirea laminatului la laminarea rombului şi ovalului în pătrat şi a pătratului în oval;
- cu caje orizontale şi verticale cel puţin în trenurile finisoare;
- cu blocuri finisoare şi tracţiune în fir.

Dintre acestea, laminoarele cu blocuri finisoare sunt cele care au în prezent cea mai mare utilizare şi sunt caracterizate de o construcţie diferită a cajelor finisoare comparativ cu cele ale laminoarelor convenţionale. La aceste laminoare se folosesc ţagle de 80…140 mm. latură şi se obţin colaci de sârmă de până la 2000 kg.

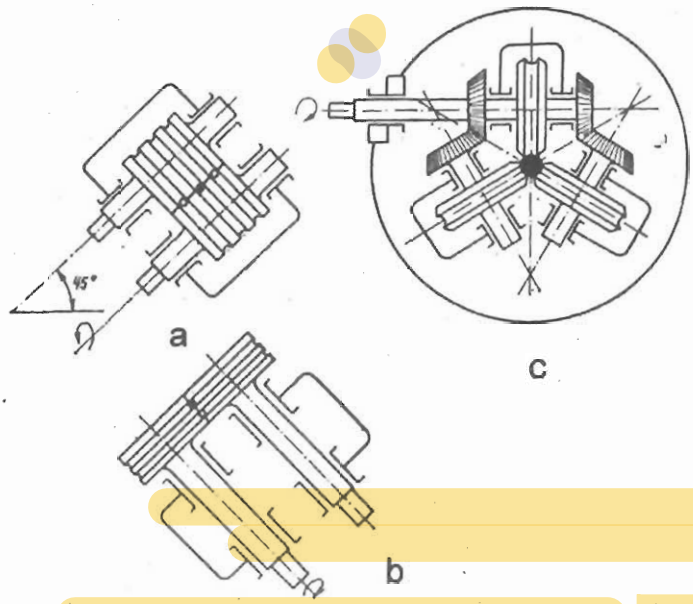
Se întâlnesc în principal următoarele trei tipuri constructive de blocuri finisoare:

– blocuri Schloemann - proiectate şi realizate în 1962 în Germania;
– blocuri Morgan - proiectate şi realizate în SUA;
– blocuri Kocks - proiectate şi realizate în 1960 în Germania;

Blocurile Schloemann au 10 caje (acţionate în grup cu excepţia ultimilor două) cu cilindrii de lucru tip calasic, dublu rezemaţi pe lagăre, ceea ce le asigură o construcţie robustă.

Cilindrii cu câte 5…20 calibre de *aceiaşi formă şi dimensiune*, au axele înclinate la unghiuri de 45^0, faţă de orizontală (fig.4.26.a) şi la 90^0 faţă de axele

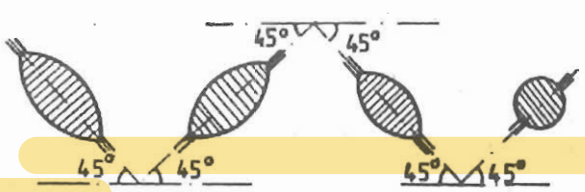
perecheii următoare de cilindrii. Diametrul cilindrilor creşte de la prima la ultima pereche în intervalul 232...262 mm. şi astfel fiecare pereche de cilindrii după restrunjire poate fi folosită la trecerea anterioară.



Fig,4.26 Tipurile de caje ale blocurilor finisoare:
a-tip Schloemann; b-tip Morgan; c-tip Kocks

Sistemul de calibrare folosit este oval-oval, umplut circa 80% (fig.4.27), la care gradul de reducere al secţiunii este practic acelaşi la toate trecerile, corespunzător unui coeficient mediu de alungire cuprins între 1,21...1,14, coeficient ce scade pe măsură ce diametrul sârmei finite este mai mare.

Trecerea de la o dimensiune la alta de sârmă se realizează prin schimbarea cilindrilor doar la ultimele două treceri şi nefolosirea uneia sau a mai multor perechi de cilindrii din restul cajelor din bloc, în funcţie de diametrul sârmei ce se laminează, iar cele rămase deplasându-se în locul celor scoase, în conformitate cu schema prezentată în tabelul 4.4.



Fig,4.27 Sistemul de calibrare oval - oval

Priza folosită pentru laminare este cu secţiune rotundă, cu un diametru de 15...17 mm., iar viteza maximă de laminare pentru sârma de diametru minim este de 60 m/s. Se pot lamina simultan 2...4 fire.

Tabelul 4.4

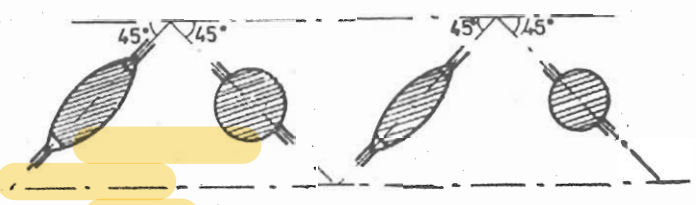
Modul de folosire a cajelor blocurilor Schloemann

ϕ sârmă	Nr. caje folosite	Cajele ce se scot	Dispunerea cajelor în bloc 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
5	10	–	
6	9	8	
6,5	8	7...8	
7	7	6...8	
8	6	5...8	
9	5	4...8	
10	4	3...8	
12	3	2...8	

Blocurile Morgan au 8 caje cu cilindrii de lucru aşezaţi în consolă pe lagăre, ceea ce le permite o mai bună accesibilitate în vederea reglării şi schimbării lor. Cilindrii sunt din carburi metalice, cu 1...2 calibre de aceiaşi formă şi dimensiune, au axele înclinate la unghiuri de 45^0, faţă de orizontală (fig.4.26.b) şi la 90^0 faţă de axele perecheii următoare de cilindrii. Diametrul cilindrilor creşte de la prima la ultima pereche în intervalul 150...200 mm.

Cajele sunt acţionate în grup, cu excepţia ultimilor două.

Sistemul de calibrare folosit este oval-rotund, ovalul fiind umplut circa 66% (fig.4.28), la care gradul de reducere al secţiunii poate ajunge la 24%, cu un grad de neuniformitate a deformaţiei, nu cu mult mai mare decât la sistemul oval-oval. Coeficientul mediu de alungire este cuprins între 1,25...1,20, coeficient ce de asemenea scade pe măsură ce diametrul sârmei finite este mai mic.



Fig,4.28. Sistemul de calibrare oval - rotund

Priza folosită pentru laminare este cu secţiune rotundă cu un diametru 11...14,3 mm., iar viteza maximă de laminare pentru sârma de diametru minim este de 80 m/s. Şi la aceste blocuri se pot lamina simultan 2...4 fire.

Laminoarele cu bocuri Kocks reprezintă o construcţie total diferită de soluţiile adoptate la laminoarele cu blocuri Schloemann sau Morgan, în sensul că laminorul este dotat cu trei blocuri, din care cel pregătitor cu 5 caje, intermediarul cu 10 caje şi finisorul cu 12 caje, fiecare cajă având câte trei cilindrii cu ϕ 290 mm. (fig.26.c), aşezaţi la 120^0 unul faţă de altul şi la 60^0 faţă de setul următor de cilindrii.

Sistemul de calibrare folosit este triunghi-triunghi-rotund (fig.4.29), la care gradul de reducere al secţiunii ajunge la circa 20% (coeficientul mediu de alungire fiind în jurul valorii de 1,25), iar laminatele având alternativ vârful secţiunii triunghiulare în sus şi în jos, se asigură o deformare uniformă pe şase direcţii.

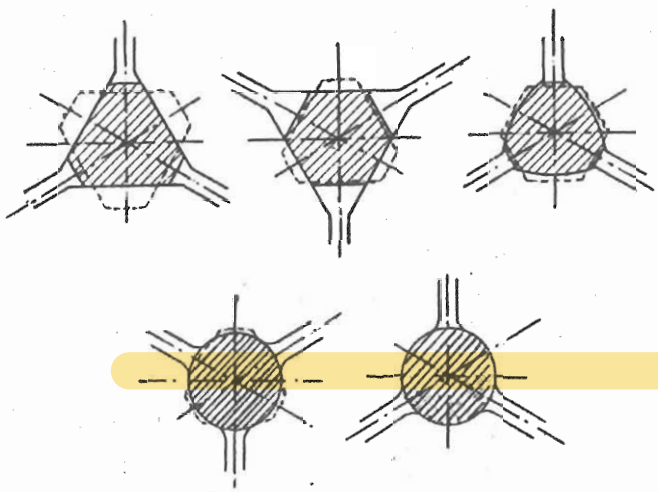


Fig4.29. Sistemul de calibrare triunghi-triunghi-rotund

Faptul că prin construcţie cajele au o rigiditate mult mai mare decât cajele convenţionale şi că laminarea se execută cu tracţiune în fir, precizia dimensională a sârmei obţinute este foarte mare.

Priza folosită pentru laminarea în blocul finisor este cu secţiune rotundă cu un diametru de 12,7...28,5 mm., din care se obţin sârme cu diametrul de 4,9...12,7 mm. în 12...7 treceri la viteze de până la 60 m/s.

La laminoarele cu blocuri finisoare, apar deosebiri şi în ceea ce privesc operaţiile tehnologice ce se desfăşoară după laminare. Astfel în cazul laminoarelor cu trenuri finisoare convenţionale, cu caje orizontale sau alternativ orizontale şi verticale, la care viteza maximă nu depăşeşte 30 m/s., sârma ce părăseşte ultima cajă finisoare este răcită cu apă sub presiune în contracurent, pentru reducerea oxidării şi uşurarea formării colacului, şi astfel intră în vârtelniţa de formare a colacului.

Pentru fiecare fir de laminare există două vârtelniţe cu coş rotativ tip Garrett pentru sârmă groasă (ϕ12...16 mm.) şi alte două vârtelniţe cu pâlnie rotativă tip Edenborn pentru sârmă subţire (ϕ 5...10 mm.).

Colacii formaţi ajung în continuare cu ajutorul unui transportor cu plăci la un transportor suspendat cu cârlige, care parcurgând un circuit de aproape 1000 m realizează răcirea colacilor de sârmă în timp de 30...70 min., în funcţie de masa lor, viteza transportorului şi temperatura mediului.

Colacii răciţi sunt preluaţi de pe cârligele transportorului de dispozitive cu braţe rotative şi apoi de poduri rulante care îi transportă în depozit

La răcirea sârmei în condiţiile menţionate, ne existând un control al temperaturii şi al vitezei de răcire, se poate produce ori o răcire insuficientă cu formarea, în cazul oţelului carbon de exemplu, a unei granulaţii austenitice mari şi implicit a unei perlite grosolane, ori o răcire prea rapidă, care ar duce la apariţa martensitei în structura sârmei. In ambele cazuri trefilarea unei astfel de sârme va fi dificilă sau chiar imposibilă

In cazul laminoarelor cu blocuri finisoare s-a modificat substanţial şi modul de răcire a sârmei, având în vedere că de aceasta depinde structura şi caracteristicile mecanice ale sârmei finite. De asemenea odată cu creşterea vitezei de laminare, temperatura finală a sârmei este din ce în ce mai mare, iar diferenţa de temperatură între capetele sârmei din colac se reduce la 10...20^{0}C , faţă de circa 50^{0}C la laminoarele continue fără blocuri finisoare şi 150...200^{0}C la laminoarele discontinue. Astfel s-au elaborat diferite procedee de răcire controlată a sârmei, care corelată cu temperatura finală de laminare şi gradul de reducere aplicat la ultima trecere să asigure structura necesară unei bune prelucrări ulterioare.

Prima încercare de răcire dirijată a sârmei după laminare s-a efectuat în 1960 în SUA.

Dintre procedeele cunoscute pentru răcirea controlată a sârmei laminate se pot menţiona:

• **Procedeul Schloemann** care asigură răcirea sârmei tot în trei etape:

– răcire sârmei înaintea blocului finisor până la o temperatură de 930...980^{0}C, cu apă sub presiune de 5 atm.;

– în a doua etapă, sârma ce iese din blocul finisor, cu o temperatură de 1000...1050^{0}C., trece prin 8 secţiuni de răcire cu apă la presiunea de 10 atm., din care la ultimele patru secţiuni, se asigură reglarea automată a debitului de apă, deci şi a vitezei de răcire, în funcţie de impulsul dat de un pirometru plasat la intrarea în formatorul de spire, unde temperatura sârmei trebuie să fie cuprinsă între 650...800^{0}C.;

– a treia etapă realizează răcirea în aer liniştit a sârmei pe o bandă transportoare cu plăci a spirelor răsfirate cu un pas δ.

Viteza de răcire în funcţie de temperatura mediului se asigură la circa 3...4^{0}C/s. prin reglarea pasului de aruncare (din plan vertical) a spirelor şi a vitezei transportorului. Viteza transportorului cu plăci (v_t), depinde la rândul ei şi de viteza de laminare (v) şi diametrul spirelor (D), conform relaţiei:

$$v_t = v \cdot \delta / \pi \cdot D.$$

După transportor, spirele de sârma cu o temperatură de circa 400^{0}C. cad pe dornul instalaţiei de formare a colacilor, ca şi în cazul procedeului anterior.

Variatia temperaturii sârmei între ultima caja a trenului intermediar si dispozitivul de formare şi aruncare a spirelor pe transportor este prezentata în figura 30.

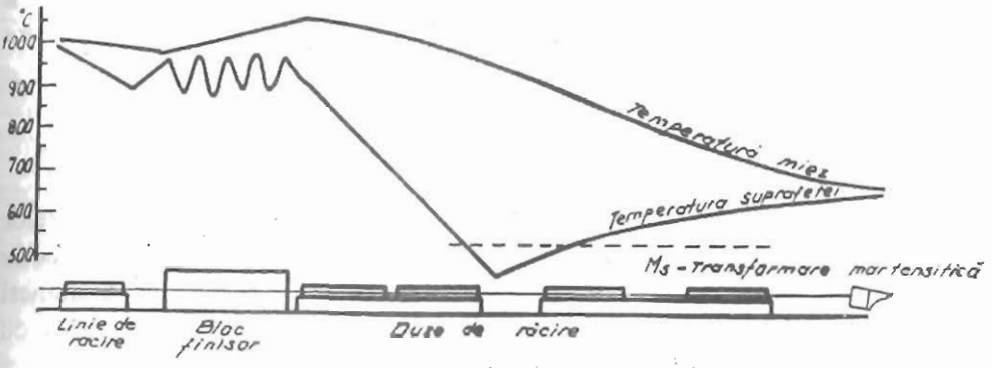


Fig.4.30. Variatia temperaturii sârmei în timpul racirii cu apa la procedeul Schloemann

• **Procedeul Stelmor** Sârma ce iese din blocului finisor trece în circa o secundă printr-un contracurent de apă sub presiune. Răcirea cu apă se face până la o temperatură de circa 780^{0}C pentru sârme din oţel cu %C ridicat şi până la 670...725^{0}C pentru sârme din oţel cu %C scăzut, prin reglarea debitului de apă.După această primă etapă de răcire sârma intră intr-un dispozitiv de formare şi aruncare în plan orizontal a spirelor pe un transportor cu plăci aflat în mişcare, ca şi în cazul procedeului de răcire Schloemann.

Pe transportor se realizează un evantai de spire asupra cărora se suflă aer de jos în sus, de la 3...4 ventilatoare, prin intermediul unor hote, pentru continuarea răcirii în condiţii cât mai uniforme. Pe această instalaţie de răcire controlată a sârmei se asigură o viteză de răcire, prin reglarea debitului de aer suflat, de circa 15^{0}C/s., până la temperatura de 300^{0}C cu care sârma ajunge la capul transportorului de spire.

După transportor spirele de sârmă cad pe un dispozitiv de colectare a acestora pe un dorn escamotabil, care se retrage odată cu presarea spirelor pentru formarea şi legarea colacului.

Prin acest procedeu de răcire sârma capătă o structură sorbitică cu perlită fină distribuită uniform, iar pierderile de oţel prin oxidare nu depăşesc 0,5%

• **Procedeul Demag** asigură răcirea spirelor de sârmă prin deplasarea lor cu un transportor vertical cu lanţuri şi cârlige dispuse pe circonferinţa puţului (gropii) de răcire. Spirele stau pe cârlige câte 8...15 în poziţie orizontală (în funcţie de viteza transportorului).

Pe toată înălțimea puțului de răcire se suflă aer de către un ventilator prin intermediul unor duze dispuse circular, cu un debit reglabil, astfel ca la baza puțului unde se află coșul de strângere a spirelor, acestea să aibă o temperatură de circa 350^{0}C. In continuare coșul cu spire trece la presa de strângere și legare a colacilor.

Acest procedeu are avantajul că dispozitivul de transport și răcire a spirelor de sârmă este foarte compact și poate fi montat și la linile de laminare existente, care nu sunt dotate cu instalații de răcire controlată a sârmei.

4.4.Defectele profilelor laminate

In afara defectelor prezentate în capitolul 2 pentru cazul semifabricatelor laminate, defecte care se întâlnesc și în cazul laminării profilelor, respectiv profile neumplute, dezaxate, răsucite sau curbate, bavuri, suprapuneri imprimări, zgârieturi, etc., mai sunt o serie de defecte specifice profilelor cu aripi, dintre care se pot menționa:

– aripile profilului cornier de grosimi diferite, ca urmare a reglării axiale necorespunzătoare a cilindrilor, sau a deplasării axiale a unui cilindru față de celălalt în timpul laminării;

– curbarea în sus sau în jos a inimii profilului I sau U , care se datorează montării prea sus sau prea jos a dălții ghidajului de ieșire;

– ondularea înimii profilului, ca urmare a unei deformări mult prea intensă a inimii în comparație cu deformarea tălpilor;

– ondularea tălpilor profilului, ca urmare a unei deformări mult prea intensă a acestora în comparație cu deformarea inimii;

– tălpi cu lungimi diferite, ca urmare a unei spintecări asimetrice sau a deplasării laterale a ghidajului de intrare față de axa calibrului (spre talpa care rezultă mai lungă);

Datorită unei încălziri necorespunzătoare a semifabricatelor sau a răcirii necontrolate a profilelor finite, pot apărea înafara fulgilor sau a defectelor de decarburare, care au fost prezentate în capitolul 2 și următoarele defecte de structură:

– structură grosolană, ca urmare a încălzirii semifabricatului la o temperatură ridicată și laminarea sa la ultimele treceri la temperaturi prea joase (sub A_{c3}) și cu reduceri mici;

– rețea de carburi, ca urmare a unei temperaturi de sfârșit de laminare ridicate și a unei viteze de răcire, până la temperatura transformării perlitice, prea mici;

– fisuri pe suprafața profilului în cazul oțelurilor cu tendință de călire în aer;

Capitolul 5

Laminarea produselor plate

5.1.-Noţiuni generale

Produsele plate au pondera cea mai mare în producţia de laminate din oţel a ţărilor cu industrie siderurgică desvoltată, depăşind în general 50%.

Sortimentele reprezentative de produse plate sunt următoarele (Fig.5.1):

- produse plate laminate la cald:

= table groase cu dimensiunile cuprinse între: (4…150)×(2000…4500) mm.;
= benzi late cu dimensiunile cuprinse între: (1,5…12)×(700…2200) mm.;
= benzi înguste cu dimensiunile cuprinse între: (1,0…4,0)×(20…150) mm.;
= table subţiri cu dimensiunile cuprinse între: (0,25…4)×(600…1400) mm.;

- produse plate laminate la rece:

= benzi late cu dimensiunile cuprinse între: (0,15…3)×(700…2200) mm.;
= benzi înguste cu dimensiunile cuprinse între: (0,2…3,5)×(20…150) mm.;
= folii cu dimensiunile cuprinse între: (0,002…0,1)×(700…1200) mm.

Semifebricatele folosite pentru laminarea produselor plate sunt (Fig.5.1):

- lingouri şi brame (sleburi) pentru laminarea tablelor groase;
- brame pentru laminarea la cald a benzilor late;
- brame înguste şi blumuri dreptunghiulare pentru laminarea la cald a benzilor înguste;
- platine pentru laminarea la cald a tablelor subţiri în foi;
- benzi laminate la cald pentru laminarea benzilor la rece;
- benzi laminate la rece pentru laminarea foliilor.

Bramele pot fi laminate la slebing sau turnate continuu. De asemenea şi banda semifebricat pentru laminarea benzilor la rece poate fi obţinută prin laminare la cald pe un laminor de benzi late sau turnată continuu.

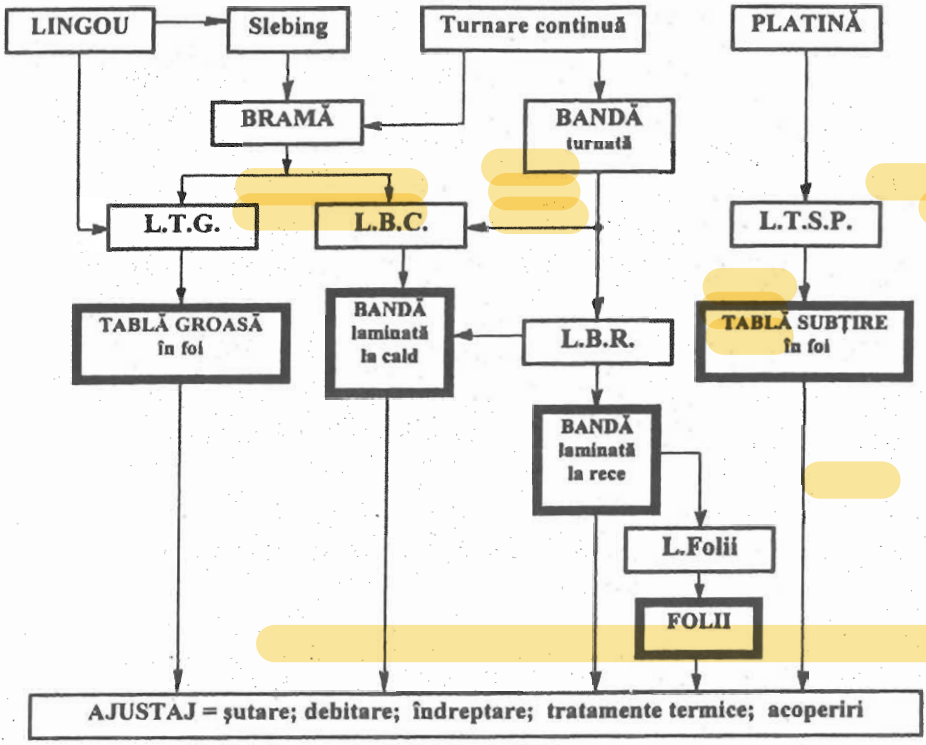


Fig.5.1 Fluxul general al laminarii produselor plane:
L.T.G.- laminor de tablă groasă; L.B.C. - laminor de benzi late la cald;
L.B.R.- laminor de benzi late la rece; L.T.S.P. - laminor de table subțiri în pachete

5.2.Construcția linilor de laminare pentru produse plate

Tipurile de laminoare reprezentative pentru laminarea produselor plate sunt următoarele:

• ***pentru laminarea tablelor groase***:

= laminoare liniare formate din una sau două caje duo sau cuarto reversibile, sau din o cajă trio Lauth cu sau fără o cajă duo reversibilă.

In cazul când laminorul are o singură cajă, aceasta poate fi deservită şi de câte o cajă de desțunderizare (Fig.5.2.a) , sau o cajă verticală de refulare, când este amplasată în fața cajei de lucru (Fig.5.2.b) sau de egalizare când este amplasată după caja de lucru (Fig.5.2.c).

Când laminorul are două caje prima este degrosisoare, iar următoarea finisoare şi pot fi amplasate în linie (Fig.5.3) sau în tandem (Fig.5.4). Şi în acest caz laminorul poate fi dotat şi cu o cajă verticală de refulare amplasată în fața cajei degrosisoare.

= laminoare semicontinue formate din una sau două caje degrosisoare cuarto reversibile şi un tren continuu finisor cu 4...6 caje cuarto ireversibile (Fig.5.5).

Această construcție s-a obținut în general prin reconstrucția laminoerelor vechi, pentru obținerea de producții ridicate de table cu grosini și lățimi relativ mici.

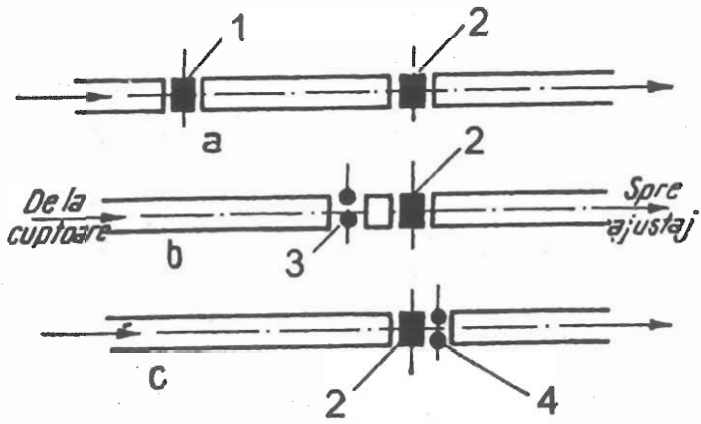


Fig.5.2. Laminoare pentru table groase cu o singură caja de lucru și cu caje auxiliare:
1-cajă de desțunderizare; 2-cajă de lucru; 3-cajă de refulare; 4-cajă de egalizare

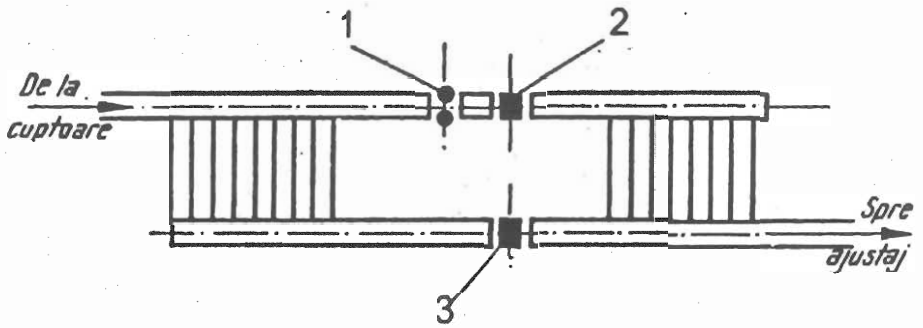


Fig.5.3. Laminor pentru table groase cu doua caje de lucru amplasate în linie:
1-cajă de refulare; 2-cajă degrosisoare; 3-cajă finisoare

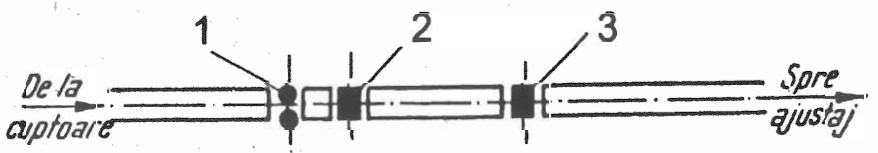


Fig.5.4. Laminor cu doua caje de lucru amplasate în tandem pentru table groase:
1-cajă de refulare; 2-cajă degrosisoare; 3-cajă finisoare

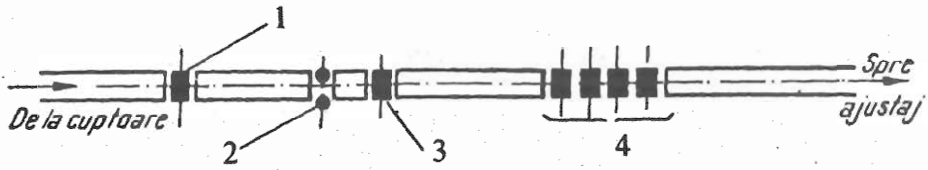


Fig.5.5. Laminor semicontinuu pentru table groase:
1-cajă de desţunderizare; 2-cajă de refulare; 3-cajă degrosisoare;
4- tren continuu de caje finisoare.

= laminoare continue formate dintr-un tren degrosisor continuu cu 3...4 caje cuarto ireversibile şi un tren continuu finisor cu 5...6 caje cuarto ireversibile (Fig.5.6). Aceste laminoare sunt destinate realizării unor producţii foarte mari de table în foi, dar într-o gamă sortimentală îngustă.

Atât în cazul laminoarelor semicontinue cât şi la laminoarele continue în faţa cajelor degrosisoare sunt amplasate caje duo de desţunderizare şi caje verticale de refulare.

Laminoarele semicontinue şi continue, practic nu se mai construiesc în ultimul timp din următoarele considerente:

– laminoarele cu caje cuarto în tandem au fost foarte mult perfecţionate şi pot asigura producţii de peste un milion de tone anual;

– laminoarele semicontinue şi continue sunt foarte puţin elastice din punctul de vedere al gamei sortimentale pe care o pot realiza;

– sortimentul de bază al laminoarelor semicontinue şi continue fiind format în general din table cu grosimi sub 12 mm. şi lăţimi cuprinse între 1600...2200 mm., acestea pot fi obţinute mult mai eficient pe laminoarele de benzi late la cald.

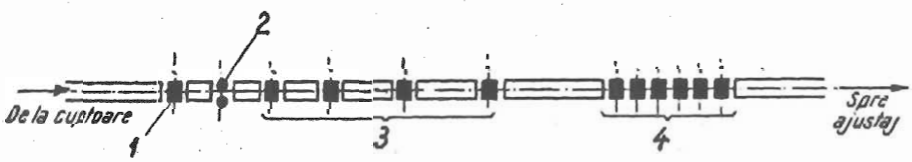


Fig.5.6. Laminor continuu pentru table groase
1-cajă de desţunderizare; 2-cajă de refulare; 3- tren continuu de caje degrosisoare;
4- tren continuu de caje finisoare.

• ***pentru laminarea la cald a benzilor late în rulouri***, care au o ponderă de până la 80...90% din producţia totală de produse plate, ca urmare a avantajelor ce le asigură (costuri de fabricaţie cu 7...10 % mai mici, precizie dimensională mare şi o calitate superioară a suprafeţei tablelor), se folosesc în general patru tipuri constructive de laminoare.

= laminoare semicontinue formate din o cajă de desţunderizare duo irever-sibilă, o cajă degrosisoare universală cuarto reversibilă şi un tren continuu finisor cu 4...7 caje cuarto ireversibile (Fig.5.7), toate cajele fiind amplasate în tandem.

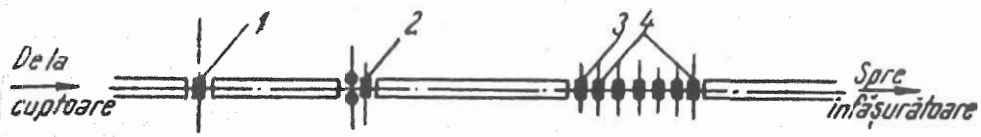


Fig.5.7. Laminor semicontinuu de benzi late:
1-caja de desţunderizare degrosisoare; 2-caja universală degrosisoare,
3- caja de desţunderizare finisoare, 4-tren continuu finisor.

= laminoare continue formate din o cajă de desţunderizare verticală, o cajă de desţunderizare orizontală duo ireversibilă, un tren continuu degrosisor cu caje cuarto universale ireversibile şi un tren continuu finisor cu caje cuarto ireversibile (Fig.5.8), toate cajele fiind amplasate în tandem.

Prima generaţie de astfel de laminoare a apărut în jurul anului 1960 şi avea în componenţă 4...5 caje degrosisoare şi 5...6 caje finisoare, pe care se laminau sleburi cu masă de 10...12 tone şi cu viteze la ultima cajă finisoare de 12...14 m/s.

A doua generaţie apare în jurul anului 1965 şi avea în componenţă 5...6 caje degrosisoare şi 6...7 caje finisoare pe care se laminau sleburi de până la 45 tone masă, cu viteze la ultima cajă finisoare de 20...22 m/s.



Fig.5.8. Laminor continuu de benzi late:
1-caja verticală de desţunderizare; 2- caja orizontală de desţunderizare degrosisoare;
3-trenul degrosisor cu caje universale; 4- caja de desţunderizare finisoare;
5-tren continuu finisor

Ultima generaţie de laminoare continue datează din jurul anului 1975, sunt conduse cu calculatoare de proces şi au în componenţă 2...3 caje degrosisoare şi 8...9 caje finisoare pe care se laminează sleburi cu masă de până la 60 tone şi cu viteze la ultima cajă finisoare de până la 30 m/s. Capacitatea de producţie a laminoarelor continue de benzi late la cald variază în general între 4...6 mil.t/an (faţă de 0,8...2 mil.t/an în cazul laminoarelor semicontinue).

= laminoare Stekel formate din o cajă degrosisoare cuarto universală reversibilă şi o cajă finisoare cuarto reversibilă ce laminează banda din rulou în rulou, acestea aflându-se pe tot parcursul laminării în cuptoare tip cameră dispuse în faţa şi spatele cajei (Fig.5.9).

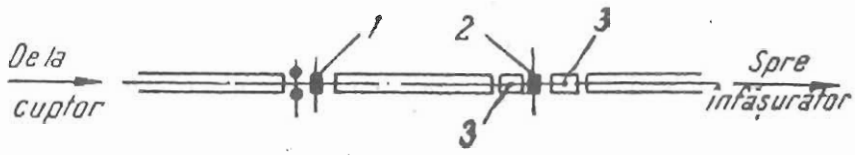


Fig.5.9.Laminor Steckel:
1-caja degrosisoare universală reversibilă; 2-caja finisoare tip Steckel;
3-cuptoare cu maşini de înfasurat banda în rulouri

Domeniul de utilizare al acestor laminoare este relativ limitat deoarece au capacităţi de producţie mici (300000...600000 t/an), iar calitatea suprafeţei benzii laminate este mai puţin corespunzătoare. Aceste tipuri de laminoare se folosesc în special pentru laminarea oţelurilor aliate caracterizate de domenii înguste de temperaturi de laminare;

= laminoare planetare formate din una sau două perechi de cilindrii de tragere a bramei din cuptor şi împingerea acesteia între cilindrii cajei planetare. După caja planetară urmează o cajă de netezire şi maşina de înfăşurat banda în rulou. In faţa cajei planetare există de obicei şi o cajă de refulare cu ajutorul căreia se reglează lăţimea benzii. Aceste laminoare au avantajul că realizează printr-o singură trecere o reducere a grosimii bramei semifabricat, de până la 90...95 %.

Capacitatea acestor laminoare nu depăşeşte în general 400000 t/an., iar oţelurile laminate pot fi de orişice tip, de la cel carbon la înalt aliate, dar cărora li se cer o maliabilitate ridicată.

• ***pentru laminarea la cald a benzilor înguste în rulouri*** se folosesc linii de laminate formate în general din un tren degrosisor continuu cu trei patru caje duo ireversibile, din care o cajă este cu cilindrii verticali pentru reglarea lăţimii benzii laminate, un tren intermediar (care poate să şi lipsească) care are practic aceiaşi componenţă ca şi trenul degrosisor şi un tren continuu finisor cu 4...6 caje cuarto. În faţa trenului finisor cât şi după fiecare două caje orizontale se mai amplasează căte o cajă verticală de refulare a lăţimii benzii (Fig.5.10).

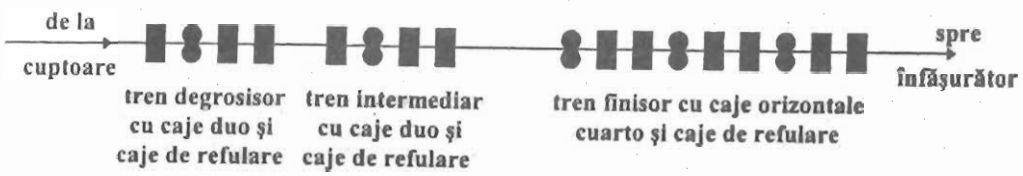


Fig.5.10. Laminor continuu pentru benzi înguste laminate la cald

• ***pentru laminarea la cald a tablelor subţiri în foi,*** laminate în pachete se folosesc laminoare liniare cu 3...4 caje acţionate în grup de un singur motor (Fig.5.11), din care prima cajă este degrosisoare şi în general este de tip trio, iar următoarele sunt de tip duo ireversibile pe care se execută trecerile intermediare şi finisoare.

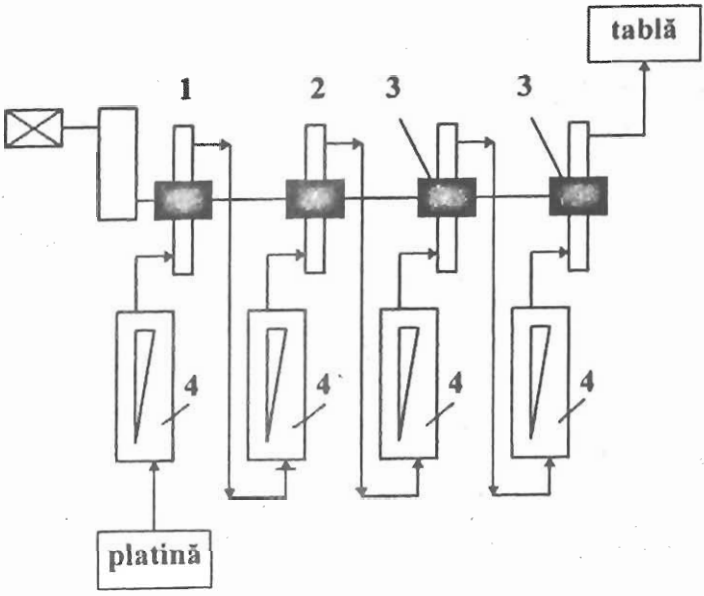


Fig.5.11. Laminor liniar pentru table subtiri laminate în foi:
1-caja degrosisoare, 2- caja intermediara, 3-caje finisoare, 4-cuptoare de încalzire

Fiecare cajă este deservită în faţă şi în spate de mese basculante şi de către un cuptor de încălzire a semilaminatelor, în general cuptor cu vatră păşitoare.

• ***pentru laminarea la rece a benzilor late în rulouri,*** se folosesc în special laminoare continue formate din 3...7 caje cuarto ireversibile amplasate în tandem, ce laminează rulouri de până la 45 t greutate, cu tracţiune în bandă (între caje) şi cu viteze de laminare la ultima cajă de până la 60 m/s. Aceste laminoare pot realiza producţii anuale de până la 2 mil.t.

Pentru producţii mici, dar cu o flexibilitate foarte mare în ceea ce priveşte gama sortimentală pe care o poate realiza, se folosesc şi laminoare cu o singură cajă cuarto reversibilă sau ireversibilă, care de asemenea laminează din rulou în rulou. Astfel de laminoare individuale se folosesc şi pentru laminarea benzilor înguste şi a foliilor.

Pentru laminarea benzilor din oţeluri înalt aliate şi în special pentru cele inoxidabile şi cele silicioase pentru electrotehnică, laminoarele sunt formate din o cajă degrosisoare cuarto ireversibilă cu laminare din rulou în rulou şi o caja

policilindrică în general de tip Sendzimir, care de asemenea lamineaza din rulou în rulou cu tracţiune în bandă dar cu valori superioare celor aplicate la laminoarele continue. In ultimul timp pentru aceste categorii de oţeluri s-au realizat şi laminoare continue formate din 4...5 caje Sendzimir, amplasate în tandem pentru laminare fără sfârşit, banda sudându-se cap la cap în amonte de trenul de laminare.

5.3.Tehnologia laminării tablelor groase

Dintre cele trei tipuri principale de laminoare pentru table groase (liniare, semicontinue şi continue), cele liniare cu două caje cuarto reversibile în tandem, au devenit soluţia cea mai folosită în industria siderurgică a majorităţii ţărilor cu o economie desvoltată. Aceste laminoare sunt dotate cu caje de mare rigiditate caracterizate de cilindrii de sprijin de diametre mari şi cu dispozitive hidrauluice de contracurbare a acestora, cât şi cu cadre foarte robuste şi pretensionate, care pot asigura coeficienti de rigiditate în jurul a 1000 t/mm.

Un astfel de laminor de 3300 mm. lăţimea tăbliei, funcţionează încă din 1966 la Combinatul Siderurgic "SIDEX"din Galaţi, unul din cele mai complexe şi performante lminoare de acest tip la momentul respectiv, cu o capacitate proiectată de 1 milion de t / an. Din anul 1980, la acelaşi combinat, intră în funcţiune al doilea laminor de tablă groasă de 4800 mm. lăţimea tăbliei cilindrilor.

Laminorul de 3300 mm. (Fig.5.12) poate lamina table cu grosimi de 4...150 mm. , lăţimi cuprinse între 800...3200 mm. şi lungimi de până la maxim 40 m., folosind brame cu dimensiuni cuprinse între (100...500)×(800...1900)×(1500...6000) şi masă de până la 23 t. De asemenea laminorul poate lamina tablele şi din lingouri plate cu masă de până la 30 t.

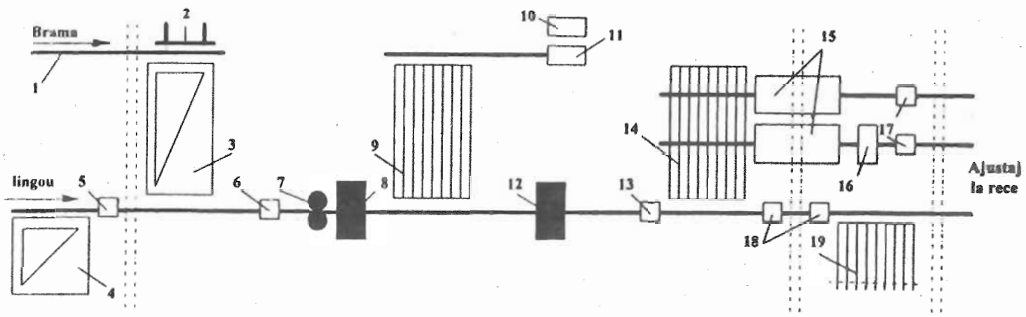


Fig.5.12. Schema laminorului de tablă groasă 3300 mm.

Bramele din depozit vin pe calea cu role 1 de alimentare a celor trei cuptoare cu propulsie 3 , (cuptoare cu cinci zone de încălzire şi cu o producţie specifică de 100 t/h), şi sunt introduse şi deplasate prin cuptor cu ajutorul împingătoarelor 2. În funcţie de lungimea bramelor acestea se încarcă în cuptor pe unul sau două rânduri.

În cazul folosirii lingourilor ca semifabricate, acestea sunt încălzite în cele 10 celule de cuptoare adânci, cu o capacitate nominală de 120 t., iar transportul de la cuptor la calea cu role principală a laminorului se efectuează cu ajutorul transfercarului 5.

Inainte de laminare bramele sau lingourile sunt supuse unui proces de desţunderizare hidraulică cu apă la o presiune de până la 120 atm., la instalaţia 6.

Laminarea propriu-zisă pe cele trei caje ale laminorului (caja de refulare cu cilindrii verticali 7 , caja degrosisoare cuarto reversibilă 8 şi caja finisoare cuarto reversibilă 12) se execută după mai multe scheme tehnologice, în funcţie în special de dimensiunile cerute tablei şi dimensiunile semifabricatului destinat laminării, scheme care diferă între ele în special prin modurile de laminare din faza degrosisoare. Aceste scheme de laminare sunt caracterizate de următoareole [10]:

- **schema L_1** (fig.5.13.a) asigură următoarea succesiune de operaţii:
  = treceri degrosisoare:
  – refularea marginilor laterale ale semifabricatului;
  – rotirea cu 90^0 a semifabricatului în vederea laminării transversale de lăţire;
  – laminare transversală de lăţire;
  – laminare longitudinală;
  = treceri finisoare:
  – laminare longitudinală până la grosimea finală;

- **schema L_2** (fig.5.13.b) asigură următoarea succesiune de operaţii:
  = treceri degrosisoare:
  – refularea marginilor laterale ale semifabricatului;
  – laminare longitudinală;
  = treceri finisoare:
  – laminare longitudinală până la grosimea finală;

- **schema L_3** (fig.5.13.c) asigură următoarea succesiune de operaţii:
  = treceri degrosisoare:
  – refularea marginilor laterale ale semifabricatului;
  – laminare longitudinală pentru lungirea semifabricatului;
  – rotirea cu 90^0 a semifabricatului în vederea laminării transversale de lăţire;
  – laminare transversală de lăţire;
  – rotirea cu 90^0 a semifabricatului în vederea laminării longitudinale;
  – laminare longitudinală;
  = treceri finisoare:
  – laminare longitudinală până la grosimea finală;

- **schema L_4** (fig.5.13.d) asigură următoarea succesiune de operaţii:
  = treceri degrosisoare:
  – rotirea cu 90^0 a semifabricatului în vederea laminării transversale de lăţire;
  – refularea capetelor semifabricatului;

– laminare transversală de lăţire;
– rotirea cu 90^0 a semifabricatului în vederea laminării longitudinale;
– laminare longitudinală;
= treceri finisoare:
– laminare longitudinală până la grosimea finală;

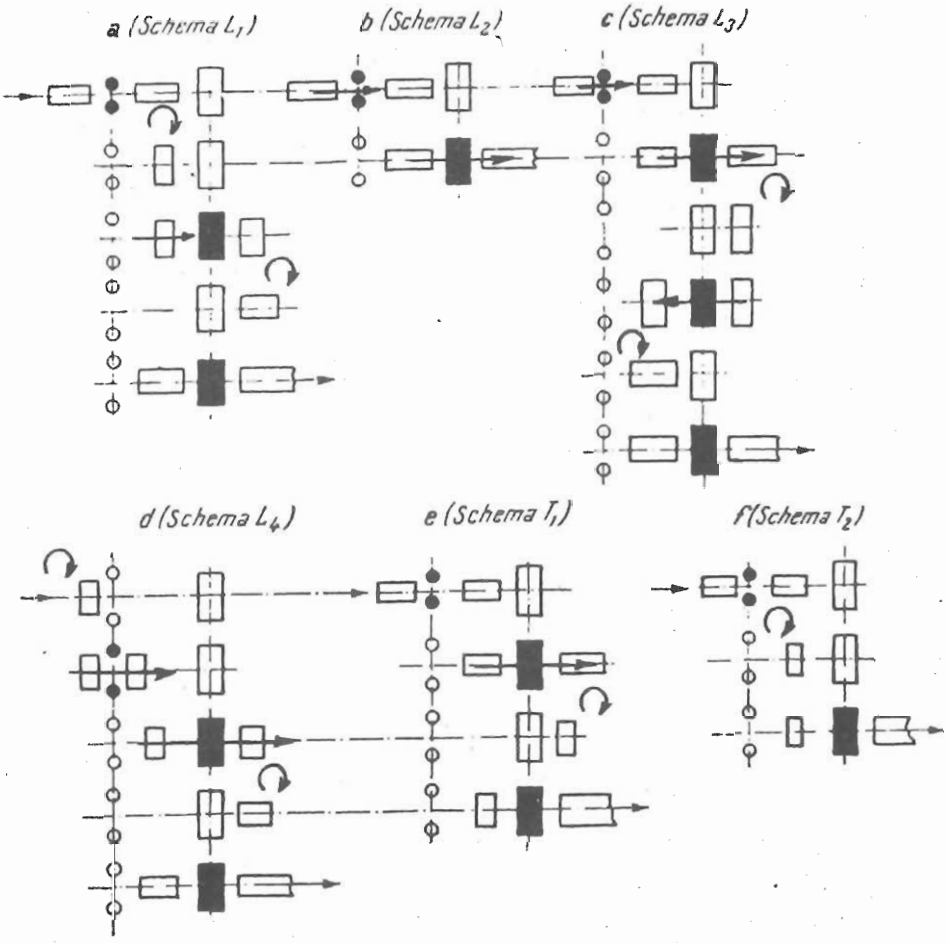


Fig.5.13. Schemele tehnologice pentru laminarea tablelor groase

• **schema T_1** (fig.5.13.e) asigură următoarea succesiune de operaţii:
= treceri degrosisoare:
– refularea marginilor laterale ale semifabricatului;
– laminare longitudinală pentru lungirea semifabricatului;
– rotirea cu 90^0 a semifabricatului în vederea laminării transversale de lăţire;
– laminare transversală de lăţire;
= treceri finisoare:
– laminare transversală până la grosimea finală;

• **schema T_2** (fig.5.13.f) asigură următoarea succesiune de operaţii:

= treceri degrosisoare:

– refularea marginilor laterale ale semifabricatului;

– rotirea cu 90^0 a semifabricatului în vederea laminării transversale de lăţire;

– laminare transversală de lăţire;

= treceri finisoare:

– laminare transversală până la grosimea finală;

Reducerile aplicate în timpul laminării au în general următoarele valori [8]:

- la prima trecere de refulare (în general o singură trecere) reducerea este de circa 30...50 mm. respectiv ε = 1,5...6 %, iar la refularea de după trecerile transversale reducerea absolută este de 15...25 mm.;

- la trecerile degrosisoare (longitudinale şi transversale) numărul trecerilor va fi impar, pentru a se asigura fluxul normal de laminare şi va depinde de valoarea gradului total de reducere ce se aplică la trecerile degrosisoare, pentru care se recomandă valori cuprinse între 45...80 % .

Reducerea maximă admisibilă ce se poate aplica depinde de factorii limitativi specifici laminării tablelor şi benzilor.

În general numărul trecerilor degrosisoare longitudinale este de 1...3 înaintea trecerilor transversale şi de 1...5 după trecerilor transversale, cu reduceri descrescătoare in intervalul 30...15 % , iar numărul trecerilor transversale este în general de 1...3;

- la trecerile finisoare reducerile relative vor fi tot descrescătoare în intervalul 45...10 % , iar numărul de treceri va fi de asemenea impar astfel încât să se asigure un timp de laminare practic egal sau cerva mai mic decât cel al laminării degrosisoare.

Tablele cu grosimi mai mari de 40 mm. se laminează numai pe caja degrosisoare, după care sunt scoase din flux pe patul de răcire 9 şi în continuare sunt şutate şi debitate la un foarfece ghilotină 10 sau cu flacăre oxiacetilenică pentru tablele cu grosimi de până la 150 mm., iar în final sunt stivuite cu ajutorul stivuitorului 11.

Tablele cu grosimi mai mici de 40 mm. se laminează în continuare la caja finisoare 12 până la grosimea finală, după care sunt trecute la operaţiile de ajustaj la cald, care cuprind şutare a şi debitarea ce se execută pe foarfecele 13 şi îndreptarea pe una din maşinile de îndreptat cu role 18 pentru table cu grosimea de 4...20 mm. şi respectiv cu grosimea 8...40 mm., după care tablele sunt scoase din flux pe patul de răcire 19.

Tablele cu grosimi de până la 40 mm., care necesită tratamente termice de normalizare sau de călire, trec după şutarea la cald pe patul de transport 14 de unde intră în unul din cuptoarele continue de încălzire tip tunel cu role 15.

Pentru călire se foloseşte primul cuptor, care are amplasată în continuare presa de călire 16.

Cuptoarele de normalizare sau de călire fiind amplasate în flux secundar pot fi alimentate atât cu table calde cât şi cu table reci.

B.C.U. „M. EMINESCU" IAŞI

Tablele tratate termic pot fi îndreptate la maşinile cu role 17 , după care trec in ajustajul la rece. In faţa maşinilor de îndreptat la cald sunt prevăzute instalaţii de stropire cu apă a teblelor pentru a se asigura acestora temperatura optimă de îndreptare.

In cadrul ajustajului la rece se efectuează operaţii de şutare şi debitare la dimensiunile de livrare, îndreptare, control vizual şi nedistructiv, îndepărtarea defectelor, cântărire şi stivuire în vederea expedierii.

În cazul laminoarelor la care lungimea tăbliei cilindrilor este mai mică decât lăţimea tablei ce se doreşte a se lamina prin treceri de lăţire, sau puterea de acţionare a cajei nu permite laminarea transversală, lăţirea se realizează prin laminarea în unghi a semifabricatului

Lăţimea după laminarea în unghi (B) în funcţie de lătimea iniţială (b), valoarea unghiului δ sub care se introduce laminatul între cilindrii şi coeficientul de reducere aplicat (μ), se calculează cu relaţia (Fig.5.14):

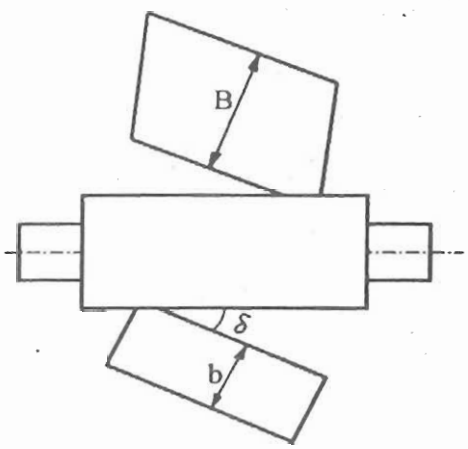


Fig.5.14.Laminarea în unghi a tablelor groase

$$B = b\frac{\mu}{\sqrt{1+(\mu^2-1)\sin^2\delta}}$$

Unghiul δ varíaza între 20...45^0 şi scade de la prima spre ultima trecere.

Odată cu scăderea unghiului δ lăţirea tablei va creşte

Pentru evitarea formei rombice a tablei, care ar conduce la necesitatea unor şutaje mai mari se va schimba după fiecare trecere colţul tablei cu care se realizează prinderea laminatului între cilindrii.

5.4.Tehnologia laminării la cald a benzilor late

Procesul tehnologic de laminare la cald a benzilor late din oţel se va analiza pe singurul laminor de acest tip existent în dotarea siderurgiei româneşti, respectiv laminorul continuu de benzi la cald 1700 mm. de la S.C."SIDEX" Galaţi (Fig.5.15).

Laminarea benzilor în rufouri la acest laminor se execută exclusiv din brame cu dimensiunile de (130...250)×(700...1500)×(3500...9500) mm., care în prealabil sunt curăţate de defectele de suprafaţă prin flamare în flux la slebing sau prin ardere locală la rece cu flacără oxiacetilenică şi eventual polisare manuală a acestor defecte..

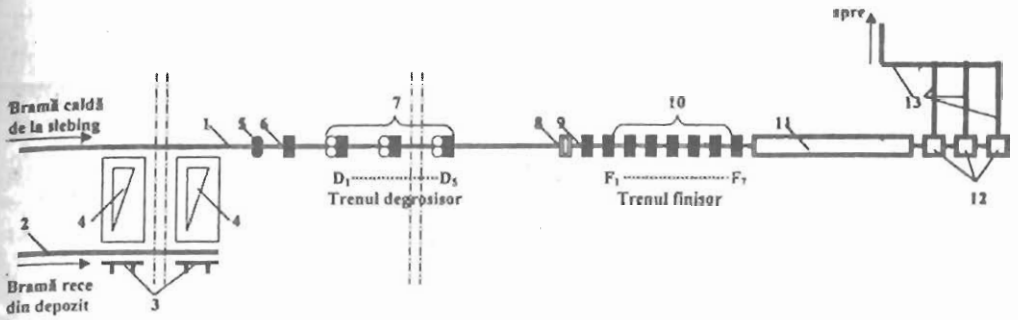


Fig.5.15. Amplasarea principalelor utilaje ale laminorului de benzi la cald de 1700 mm.

Laminorul fiind amplasat în continuarea slebingului ϕ 1150 mm., poate lamina atât brame calde, venite direct de la slebing pe calea cu role 1, deci fără reîncălzire, cât şi brame reci aduse din depozitul laminorului pe calea cu role 2 de alimentare a celor cinci cuptoare cu propulsie 4. Introducerea bramelor în cuptoare se realizează cu ajutorul împingătoarelor 3.

Încălzirea se realizează până la o temperatură de 1180...1250^{0}C pentru oţelurile carbon în timp de 1,5...3,5 ore în funcţie de grosimea bramei (pentru oţelul silicios - electrotehnic - temperatura de încălzire în vederea laminării ajunge până la 1350^{0}C).

După încălzire, bramele cad pe calea cu role principală a laminorului 1, care le transportă până la prima cajă a laminorului, respectiv caja de desţunderizare cu cilindrii vericali, unde se aplică o reducere absolută cu o valoare de 30...40 mm. Desţunderizarea continuă şi la o cajă duo orizontală, la care reducerea relativă de grosime variază între 5...20 %.

Procesul de desprindere mecanică a oxizilor de pe suprafaţa bramelor este asigurat şi de acţiunea apei cu o presiune de circa 150 atm., cu care se stropesc bramele.

Bramele desţunderizate trec la laminarea propriu-zisă în trenul degrosisor al laminorului, format din cinci caje cuarto universale ireversibile amplasate în tandem 7, la care se aplică reduceri crescătoare de la o trecere la alta în intervalul 15...50 %.

După cele cinci treceri degrosisoare, grosimea laminatului trebuie să fie de 20...40 mm., în funcţie de grosimea finală cerute benzii, ceea ce corespunde unei reduceri totale pe trenul degrosisor de circa 80%.

Având în vedere că după laminarea pe trenul degrosisor laminatul are o temperatură cuprinsă între 1030...1120^{0}C., iar pentru a se asigura temperatura optimă de sfârşit de laminare de 830...860^{0}C (care corelată cu reducerea aplicată la ultima căjă finisoare să asigure proprietăţile cerute benzii finite), laminatul va staţiona pe calea cu role dintre trenul degrosisor şi trenul finisor un timp ce variază între 70...95 s. pentru a se răci până la o temperatură de circa 950...1000^{0}C., cu care se recomană a intra în trenul finisor.

Înainte de a intra în trenul finisor, capul laminatului este şutat la foarfecele ghilotină 8 (pentru a se asigura o prindere uşoară a laminatului în prima cajă finisoare), iar laminatul va fi din nou desţunderizat pentru îndepărtarea oxidului secundar apărut în timpul staţionării între trenuri. Această operaţie se execută la o cajă duo orizontală 9 prin aplicarea unei reduceri de 5...10 %.

Trecerile finisoare se execută pe cele 7 caje cuarto ireversibile ale trenului 10, cu reduceri descrescătoare în intervalul cuprins între 55...10 %.

Laminarea se execută, în funcţie de grosimea finală a benzii laminate, cu o viteză de până la maxim 18 m/s., astfel ca laminarea pe trenul finisor să nu depăşească un timp de 80...90 s., pentru ca temperatura finală a benzii să nu coboare sub valoarea recomandată.

Între cajele trenului finisor sunt amplasate dispozitive de buclare în plan vertical a benzii, prin care se reglează vitezele cajelor astfel ca buclele formate să se menţină practic constante.

După ultima cajă finisoare este plasat un micrometru cu raze X , care acţionează asupra saltului dintre cilindrii ultimei caje finisoare, pentru a se menţine grosimea constantă pe toată lungimea benzii îndiferent de variaţia tempereturii benzii pe lungime.

Banda în continuare este supusă unei răciri controlate prin stropire cu apă în instalaţia 11, astfel ca la nivelul înfăşurătoarelor benzii în rulouri 12 , banda să aibă o temperatură cuprinsă între 550...680^{0}C , prin care se evită lipirea spirelor în rulou (pericolul existând când temperatura benzii depăşeşte 700^{0}C), dar şi apariţia unui efort prea mare pentru formarea spirelor (la temperaturi sub valorile recomandate).

În cazul oţelului carbon, realizarea acestor temperaturii recomandate poate asigura şi o structură corespunzătoare benzilor caracterizată de o cementită fină la limitele de grăunte.

Rulourile de bandă formate la una din cele trei maşini înfăşurat, sunt transportate în continuare cu ajutorul transportoarelor cu plăci 13, spre ajustajul laminorului sau depozitul de rulouri şi spre laminorul de benzi la rece.

Dacă se cer formate de tablă, în ajustajul laminorului există două linii de şutare şi debitare a benzilor din rulouri (pentru benzi cu gosime maximă de 12 mm. şi respectiv 6 mm.), iar dacă se cer benzi de lăţime mai mică există şi o linie de tăiere longitudinală pentru benzi cu gosime maximă de 12 mm. De asemenea pentru eventuale tratamente termice, în ajustajul laminorului se găseşte şi un agregat de normalizare continuu a rulourilor de bandă.

5.5.Tehnologia laminării la cald a benzilor înguste

Benzile înguste cu dimensiuni cuprinse între (1...10) × (65...500) mm., se laminează în special pe laminoare continue, deoarece masa lor unitară mică asigură o răcire foarte rapidă a benzii în timpul laminării.

Un laminor reprezentativ pentru laminarea benzilor înguste este cel existent în dotarea S.C."TEPRO"-Iaşi (Fig.5.16)

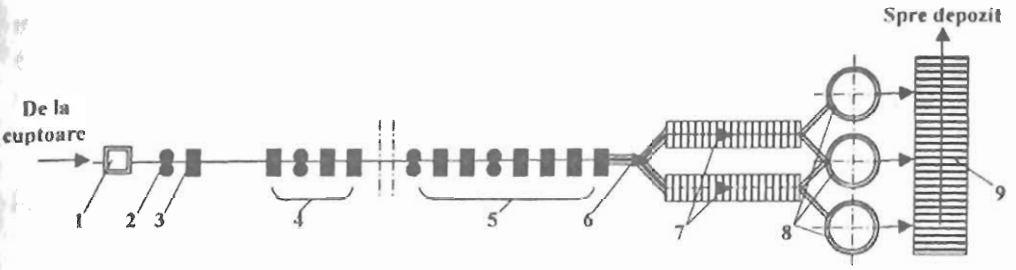


Fig.5.16. Amplasarea principalelor utilaje ale laminorului de benzi înguste la cald de 600 mm.

Pentru laminarea la cald a benzilor înguste se folosesc brame înguste, laminate la bluming sau turnate continuu, cu dimensiunile cuprinse între (100...200)×(200...450) mm. Dupa încalzirea acestor semifabricate în cele doua cuptoare cu propulsie ale liniei de laminare, se realizeaza destunderizarea lor hidaulica în instalatia 1 şi pe caja de refulare cu cilindrii verticali 2.

Laminarea degrosisoare se efectueaza la caja dou reversibila 3 într-un numar de 3...5 treceri şi se continuă pe trenul intermediar continuu 4 , format din trei caje duo orizontale ireversibile şi o caja de refulare cu cilindrii verticali pentru controlul lăţimii laminatului.

Dimensiunile finale ale benzii se obţin dupa laminarea (cu reduceri pe treceri continuu descrescatoare) pe trenul finisor 5 , format din sase caje cuarto ireveribile amplasate în tandem şi cu doua caje cu cilindrii verticali plasate înaintea cajeilor orizontale 1 si 3. Intre cajele orizontale se gasesc dispozitive de buclare a benzii şi mentinere constanta a buclelor formate.

La iesirea din ultima caja finisoare, banda trece printr-un ghidaj de rasturnare cu 90^0 şi cu un macaz 6 , banda este dirijeaza spre unul din cele doua transportoare cu placi 7 pe care se realizeaza racirea benzii.

De pe transportor banda intra în aparatul de antrenare ce o dirijeaza spre una din cele trei maşini cu tambur vertical 8 , pentru înfăşurat banda în rulou.

Înfăşurarea benzii în rulou se realizează cu o oarecare tracţiune, obţinută prin frânarea rolelor de ghidare a benzii, pentru ca ruloul să aibă spirele strânse.

Dupa terminarea formării ruloului, acesta este ridicat de pe tambur cu ajutorul unui dispozitiv hidraulic şi împins pe transportorul cu placi 9 , cu care ruloul este scos din flux, şi urmează a fi legat (ca să nu se desfacă spirele) şi trecut în depozit.

Aceste benzi înguste se folosesc la procesarea profilelor îndoite sau tevilor sudate.

5.6.Tehnologia laminării la cald a tablelor subţiri în foi

Obţinerea tablelor subţiri în foi prin tehnologia laminării în pachete, cu toate că este un procedeu depăşit din punct de vedere tehnic, se mai aplică încă în diferite uzine din ţară (S.C. " INTFOR" Galati , S.C."SOCOMET" Oţelu Roşu şi S.C."CIOCANUL" Nădrag) şi de peste hotare în special pentru laminarea tablelor subţiri din oţeluri aliate şi în cantităţi relativ mici.

Pentru laminarea tablelor cu grosimi cuprinse între 0,25...3,5 mm., fluxul tehnologic de fabricaţie este prezentat sintetic în figura 5.17., iar linia de laminare reprezentativă la care se aplică aceast flux este redată în figura 5.11.

În completarea acestui flux tehnologic sunt necesare următoarele precizări [7]:

- greutatea unitară a platinei (din care se obţine grosimea sa iniţială H_p) se calculează în funcţie de numărul foilor din pachet (n) şi dimensiunile finite (date în mm.) ale foilor de tablă ce se doreşte a se lamina (h × B × L), cu relaţia:

$$G_p = (8{,}1...8{,}8)\cdot n\cdot h\cdot L\cdot 10^{-3},\ kg/m$$

de unde

$$H_p = 128{,}2\cdot G_p / B_p,\ mm.$$

- lungimea de debitare a platinei (L_p) trebuie să fie cu 8...14% mai mare decât lăţimea finală (după şutare) a foilor de tablă, iar lăţime platinei variază între limitele date în tabelul 5.1;

Tabelul 5.1

Dimensiunile informative ale platinelor

Greutatea unitară, kg/m		10...14	14...72	57...72
Lăţimea B_p , mm.		185...205	235...250	260...300
Grosimea H_p, mm.	minimă	7	7	20
	maximă	10	40	35

- grosimea finală a pachetului de table se stabileşte cu o valoare ce rezultată din produsul dintre grosimea foii de tablă ce se doreşte a se obţine şi numărul foilor din pachet;
- coeficienţii medii de reducere pentru fiecare etapă de laminare variază între μ_{med}=1,1...1,3 ;
- cilindrii cajelor de laminare se încălzesc în prealabil la circa 200^0 C prin laminarea unor table rebutate sau fară pretenţii de calitate, începându-se cu table de lăţime mică şi grosime mare şi continuând pâna la table de lăţime maxima şi gerosime minimă;
- dupa încălzirea cilindrilior, se începe laminarea cu table de lăţime maximă şi se vor lamina în continuare, pe măsură ce tablia cilindrilor se uzează, table de lăţimi din ce în ce mai mici.

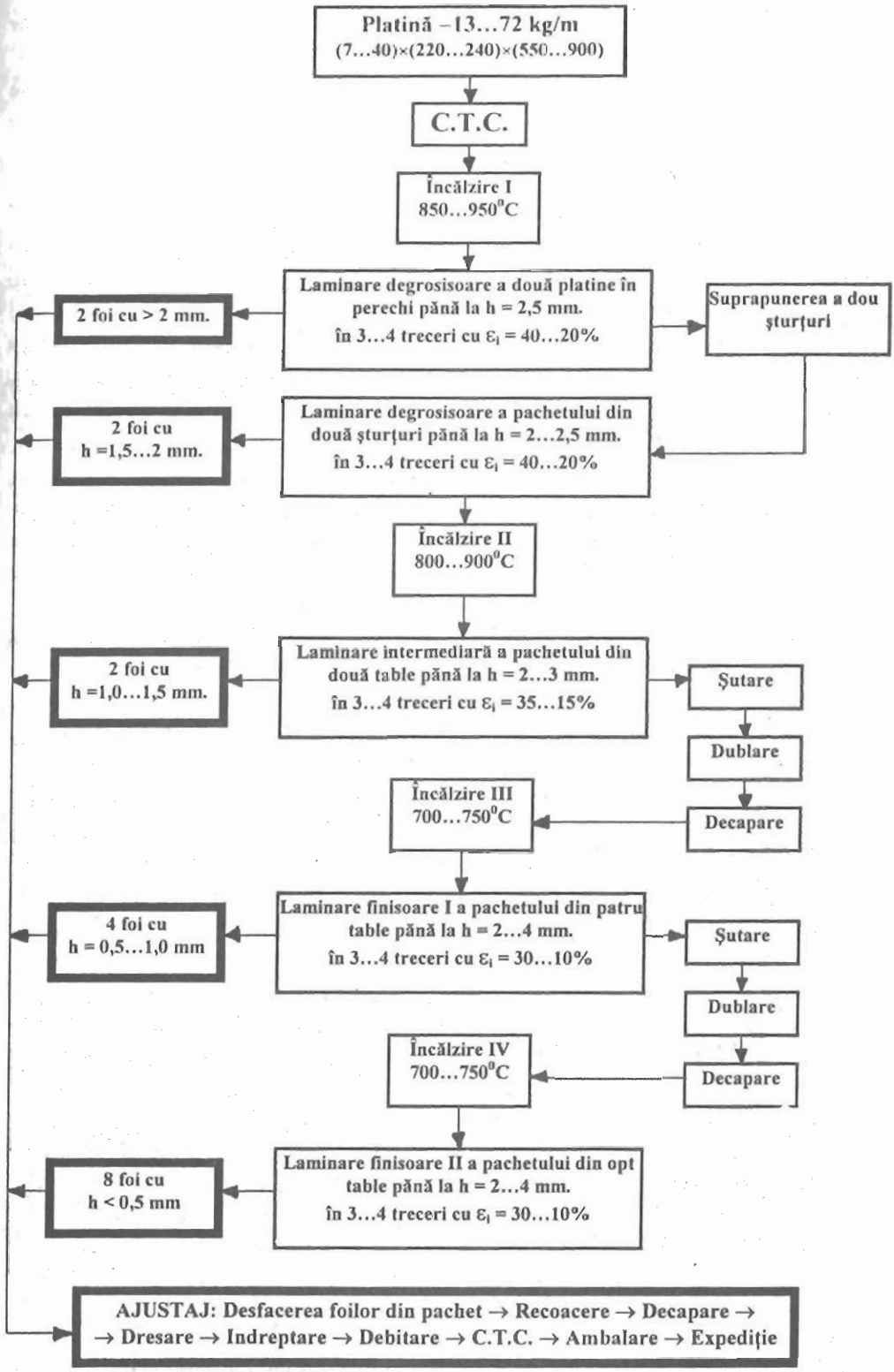


Fig.5.17.Fluxul tehnologic de laminare la cald a tablelor subţiri din oţel

Dupa un astfel de ciclu care însumează circa 600...700 t. platine, se vor schimba toţi cilindrii liniei de laminare;

• la laminarea tablelor în pachete este obligatoriu ca foile de tablă să se lipească între ele, pentru ca laminarea să se poata desfasura fară ca să se producă alunecări între table.

Lipirea tablelor se realizează ca urmare a îndepărtării oxizilor de pe suprafaţa acestora prin decapare şi a formării mai multor graunţi recristalizaţi de ferită comuni celor doua table în contact. Posibilitatea lipirii tablelor scade odată cu cât în compoziţia oţelului există un procent mai mare de elemente, care conduc la scăderea cantităţii de ferită din structură. De exemplu în cazul oţelurilor carbon întensitatea lipirii tablelor scade pe masura ce concentraţia carbonului creşte, ajungând ca lipirea să fie inposibila de realizat când %C ≥ 0,3;

• pe masuraă ce grosimea tablelor este mai redusă, lipirea acestora este cu atât mai bună cu cât şi temperatura de laminare este mai scazută;

• laminarea executându-se fară răcirea cu apa a cilindrilor, aceştia se dilată şi pentru a se evita obţinerea unor table cu grosime variabilă pe lăţime (mai subţire în zona centrală), cilindrii se slefuiesc cu o concavitate, la carei valoarea săgeţi la mijlocul tăbliei va fi cuprinsă între 0,4...0,15 mm. pentru lăţimi ale tăbliei cilindrilor de 900...1500 mm.;

• laminarea se execută la temperaturi de 700...950^{0}C şi cu o atmosferă reducătoare a cuptoarelor, pentru a se micsora cantitatea de arsură formată în timpul încalzirii;

• dupa laminarea pachetului de table la caja intermediară sau la prima cajă finisoare, acesta este desfăcut, prin deslipirea manuală a foilor de tablă, operaţie ce constă în smulgerea fiecarei foi din pachet, formându-se un nou pachet, dintr-un numar de foi corespunzator dimensiunilor cerute tablei finite.

Foile de tablă deslipite se sortează şi se asează cea mai lungă la partea inferioară a pachetului şi cea mai scurtă deasupra. Acest pachet este deplasat la foarfecele ghilotină unde i se suteaza capetele, apoi la dublatorul mecanic unde se realizează îndoirea pachetului în două, iar în final dupa decapare se reîncalzeşte pentru continuarea laminării;

• pachetul de tablă dublat se va introduce între cilindrii numai cu zona indoită, pentru a se evita eventuala desfacere a pachetului în momentul prinderii;

• dupa terminarea laminării la ultima cajă finisoare, pachetul de table se şutează la capete, i se deslipesc foile, care dupa stivuire trec în ajustaj unde se execută, în funcţie de cerintele privind calitatea tablelor finite, urmatoarele operaţii:

- recoacerea în cuptoare cameră sau tunel a stivelor de table plasate în mufle pentru evitarea oxidarii:

- decaparea tablelor dacă se cer table albe, sau dacă tablele urmează a fi zincate sau cositorite.;

- îndreptarea tablelor pe maşini cu role sau prin întindere;

- dresarea tablelor prin laminare la rece cu o reducere mica (0,5...3 %), prin care să se asigure un mic grad de ecruisare şi îmbunătăţirea caracteristicilor mecanice ale tablelor;

- şutarea şi debitarea tablelor la dimensiunile formatelor cerute;

- controlul final, ambalarea, marcarea şi expeditia tablelor.

5.7.Tehnologia laminării la rece a benzilor late

Benzile din oţel laminate la rece constituie materia primă pentru o serie de produse obţinute prin ambutisare ca de exemplu caroseriile auto, sau prin ştanţare ca de exemplu tolele pentru transformatori sau motoare electrice, cât şi pentru obţinerea ţevilor de dimensiuni mici, sudate pe generatoare.

Fluxul tehnologic complex pentru producerea tablelor şi benzilor laminate la rece (Fig.5.18) este caracterizat de următoarele cinci faze distincte:

– pregătirea semifabricatului deştinat laminării;

– laminarea propriu-zisă;

– tratamente termice intermediare şi finale ale benzilor laminate;

– dresarea şi ajustajul benzilor.

5.7.1. Pregătirea benzii semifabricat

Rulourile de bandă semifabricat destinată laminării la rece, obţinută prin laminare la cald sau prin turnare continuă, cu dimensiuni cuprinse între (1,5...6) × (700...2000) mm. şi masa de până la 30 t. (şi chiar peste), având pe suprafaţă un strat de oxizi, care va compromite calitatea benzii laminate la rece sau a tablelor debitate din aceste benzi, se vor supune unui proces de îndepărtare a oxizilor prin decapare în flux continuu.

Un agregat specific acestui proces, există şi la laminorul de benzi la rece 1700 mm. de la S.C.SIDEX Galaţi, agregat prezentat schematic în figura 5.19 şi la care succesiunea operaţiilor de pregătire a benzii semifabricat în vederea laminării la rece este următoarea [7]:

• aducerea ruloului din depozitul laminorului cu ajutorul unui pod rulant cu cleşte şi depunerea lui pe un transportor cu plăci care deplasează ruloul până la desfăşurătorul de bandă 1 al agregatului;

• şutarea capului benzii la foarfecele ghilotină 2;

• îndreptarea benzii pe maşina de îndreptat cu role 3;

• sudarea electrică prin presiune (cap la cap) a capului anterior al benzii ce va intra în fluxul de pregătire cu capul posterior al benzii anterioare, la instalaţia 4;

• rabotarea superioară şi inferioară a cordonului de sudură la nivelul grosimii benzii (5);

• desfăşurarea întregului rulou şi tragerea benzii prin intermediul rolelor 6 în acumulatorul de bandă 7 , din care se va alimenta baia de decapare în timpul

operaţilor anterioare care nu se pot efectua în flux continuu;

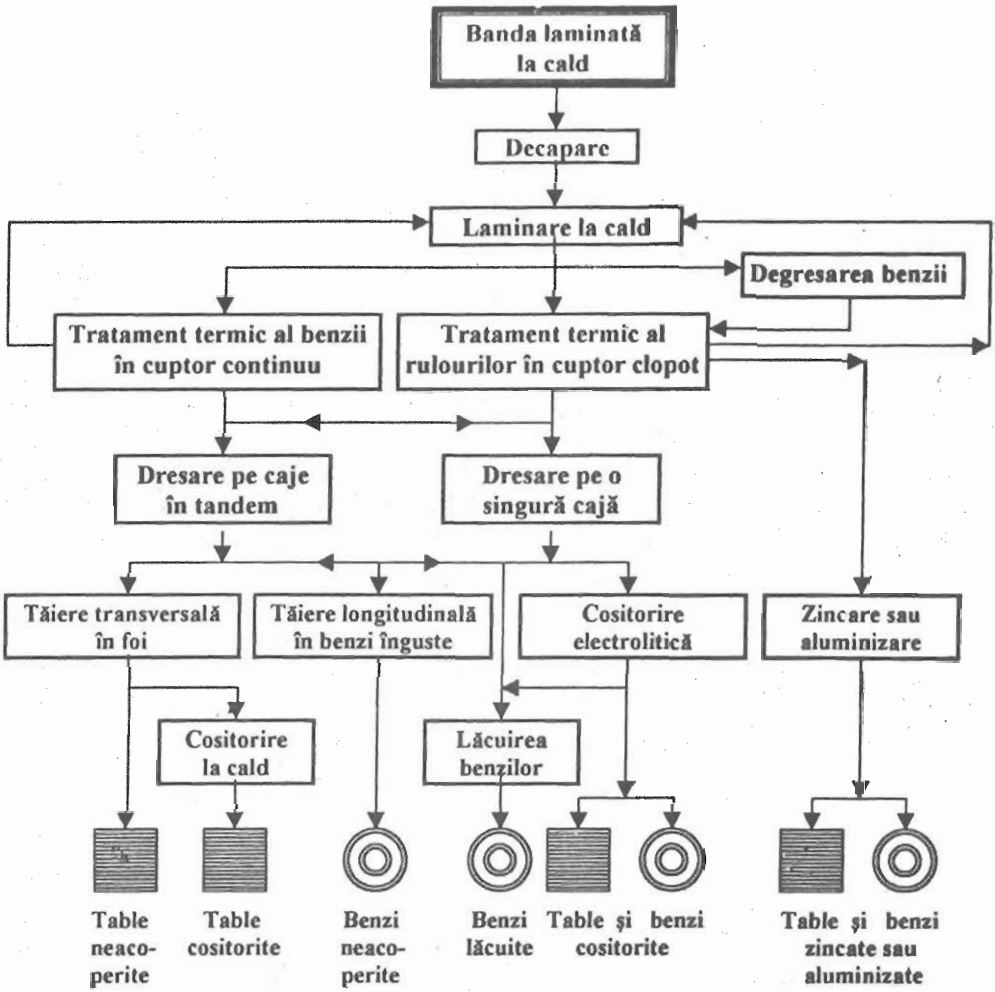


Fig.5.18.Schema fluxului tehnologic de obţinere a tablelor şi benzilor din oţel laminate la rece.

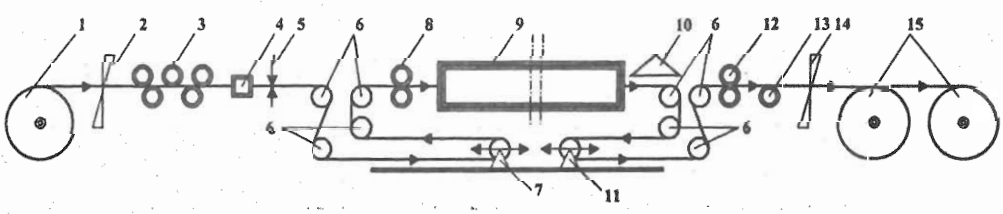


Fig.5.19. Componenţa agregatului de decapare continuă a benzilor din oţel

• îndepărtarea mecanică (parțială) a oxizilor de pe bandă prin trecerea acesteia printre rolele 8;

• decapare chimică în instalația 9, prin trecerea benzii prin cinci băi în cascadă, cu deversarea soluției în sens invers deplasării benzii, dintr-o baie cu concentratie în acid mai ridicată în baia alăturată cu o concentratie în acid mai scăzută.

Din prima baie, soluția de acid practic epuizată (concentrația sa fiind doar de 0,5...3 %) trece în instalația de regenerare în cazul decapării cu acid sulfuric, sau în instalația de neutralizare în vederea deversării în rețeaua de canalizare, în cazul decapării cu acid clorhidric.

Îm același timp în ultima baie se introduce soluție nouă cu concentrația prestabilită.

Condițiile decapării benzilor din oțel sunt redate în tabelul 5.2

Tabelul 5.2

în soluție de	H_2SO_4	HCl
concentația în acid a soluției, %	12...25	5...15
temperatura soluției, ^0C	85...95	ambiantă sau max 40^0
viteza benzii, m/min.	2...6	

Decaparea în HCl a căpătat o răspândire din ce în ce mai mare în ultimul timp, datorită următoarelor avantaje pe care le are față de decaparea în H_2SO_4:

– acțiunea de decapare este mult mai activă, chiar și la temperatura ambiantă, la care decaparea în soluție de H_2SO_4 practic nici nu poate avea loc;

– clorura feroasă ce se produce în timpul decapării benzilor din oțel fiind ușor solubilă în apă, ușurează foarte mult operația următoare de spălare a benzii, asigurând în același timp și o suprafață mult mai curată a acesteia;

– fragilitatea de decapare, având ca efect în special reducerea plasticității oțelului și care se produce ca urmare a difuziei în structura oțelului a hidrogenului atomic degajat în timpul procesului de decapare, apare în măsura mai redusa la decaparea cu HCl. Pentru preîntâmpinarea acestui fenomen se introduc în soluțiile de decapare anumiți inhibitori (dextrină, gelatină, clorură de sodiu, etc), care formează pe suprafața benzilor un strat protector sau reduc agresivitatea acidului asupra oțelului benzii. Eliminarea hidrogenului din structura oțelului se poate efectua și prin încălzirea rulourilor de bandă timp de 2...4 ore la o temperatură de 120...150 ^0C., sau printr-o depozitare mai îndelungată a rulourilor.

Decaparea în HCl prezintă și anumite desavantaje, cum sunt degajarea de vapori toxici de clor, imposibilitatea practică a regenerării soluțiilor uzate, necesitatea unor recipienți căptușiți cu ceramică sau cauciuc pentru transportul și depozitarea acidului, și preț de cost mai ridicat. Aceste desavantaje nu reduc totuși tendința înlocuirii decapării în H_2SO_4 cu decaparea în HCl.

Pentru decaparea oţelurilor înalt aliate antiacide, inoxidabile şi refractare, a căror oxizi se dizolvă greu în acizi, se practică decaparea în săruri topite, în următoarea succesiune de operaţii [11]:

= decaparea timp de 3...20 min. în săruri topite la 450...550^{0}C , formate din 80 % NaOH şi 20 % $NaNO_3$ sau 60...65 % NaOH 35...30 % $NaNO_3$ şi 5 % NaCl;

= spălarea benzii cu apă;

= pasivizarea şi albirea benzii timp de 3...5 min. la temperatura de 40...60^{0}C într-o soluţie cu 6...8 % HNO_3;

= spălarea benzii cu apă şi uscarea cu aer cald.

Pentru decaparea oţelurilor inoxidabile se pot folosi şi soluţii acide la o temperatură de 70...80^{0}C , formate din 17...20 % H_2SO_4 , 1,0...2,5 % HCl şi 1...2 % $NaNO_3$. După această decapare banda este supusă albiri într-o soluţie formată din 7...8 % H_2SO_4 şi 5...6 % HNO_3. Acet proces de decapare se efectuează în regim continuu cu o viteză a benzii mult mai mică însa decât în cazul decapării în săruri topite respectiv de 4...6 m/min. faţă de 20 m/min.

După decapare, în aceiaşi încintă, are loc şi spălarea cu apă rece şi apoi cu apă caldă a benzii, iar în continuare banda trece printe role din cauciuc, care elimină excesul de apă de pe aceasta, iar în final banda este uscată cu aer cald, cu un debit de 15000 m^3/h sub hota 10.

Banda este trecută în continuare în al doilea acumulator de bandă 11 de unde se vor alimenta următoarele operaţi discontinue:

– şutarea marginilor benzii (pentru îndepărtarea eventualelor fisuri apărute în aceste zone în timpul laminării la cald) cu foarfecele cu discuri 12;

– uleierea benzii (pentru evitarea oxidării în timpul depozitării), cu ajutorul rolei din pâslă 13;

– formarea ruloului cu o masă de până la 30...36 t. pe una din maşinile de înfăşurat banda 14.

La terminarea formării ruloului, banda este şutată de către foarfecele ghilotină 14 şi se începe formarea următorului rulou.

Ruloului obţinut i se aplică o bandă îngustă din oţel pe circonferinţa pentru evitarea desfacerii spirelor şi în final este transportat în depozitul intermediar al laminorului.

5.7.2. Laminarea benzii

Benzile din oţel laminate la rece se obţin pe linii de laminoare formate din [11]:

- 4...7 caje cuarto ireversibile amplasate în tandem ce laminează în regim continuu. Aceste linii de laminare sunt destinate realizării unor producţii mari de banda din otel , de 0,8...1,5 milioane t/an;
- o cajă degrosisoare cuarto reversibilă sau ireversibilă si o caja policilindrică pentru laminarea de benzi cu grosimi sub 0,5 mm. din oţeluri aliate greu deformabile (inoxidabile, refractare, silicioase);

• o cajă cuarto reversibilă sau ireversibilă pentru laminarea benzilor din oteluri carbon şi din unele oteluri aliate în cantităţi relativ mici, cu grosimi de peste 0,5 mm. şi într-o gamă sorimentală largă.

Tehnologia de laminare la rece a benzilor din oţel pe un tren continu cu mai multe caje cuarto amplasate în tandem, se va prezenta pentru cazul laminorului de 1700 mm. de la S.C."SIDEX" Galaţi, format din cinci caje cuarto ireversibile cu cilindrii de ϕ 585/1525×1700 mm.

Inaite de a se începe laminarea propriu-zisă, linia de laminare se va pregăti prin efectuarea urmatoarei succesiuni de operatii [7]:

– reglarea cajelor (a saltului dintre cilindrii) în conformitate cu reducerile ce se vor aplica în timpul laminarii;

– asezarea ruloului de bandă semifabricat pe desfăşuratorul de bandă al laminorului şi centrarea capului benzii pe axa de laminare;

– pregatirea înfăşuratorului de bandă pentru preluarea benzii laminate;

– pornirea laminorului şi relarea vitezelor (turaţilor) cilindrilor tuturor cajelor în concordanta cu legea laminarii continue ($v_i \cdot h_i$ = const);

– asigurarea temperaturii de regim a cilindrilor laminorului (~ 60^0C) prin stropire acestora cu emulsie încalzită;

– prinderea benzii printre cilindrii tuturor cajelor laminorului şi realizarea câtorva spire la maşina de înfăşurat banda în rulouri. Această operaţie se execută cu o viteză de 0,8...1,0 m/s şi fără ungere;

– fixarea tensiunilor între caje, cu valori crescătoare de la prima la ultima cajă în intervalul $\sigma = (0{,}2...0{,}8)\sigma_c$, prin creşterea turaţilor cilindrilor de lucru astfel ca $v_{i+1} \cdot h_{i+1} > v_i \cdot h_i$;

– pornirea instalaţiei de lubrefiere a benzii şi cilindrilor şi accelerarea turaţiei cilindrilor până la viteza de regim, care în funcţie de grosimea finală a benzii variază între 10...30 m/s pentru grosimi de 3...0,15 mm.

În cazul în care se consideră că cordonul de sudură realizat pe agregatul de decapare nu va rezista la solicitările din timpul laminării cu viteze ridicate, se vor reduce vitezele cajelor la nivelul de maxim 10...15 % din viteza de regim, pe perioada treceri celor unu sau două cordoane de sudură ale ruloului printre cilindrii laminorului (un rulou semifabricat pentru laminare la rece este format în general din două, trei rulouri de bandă laminată la cald, deci vor avea una sau două cordoane de sudură).

Viteza de laminare se reduce la valoarea minimă şi la sfârşitul laminării, respectiv când pe tamburul desfăşurătorului au mai rămas câteva spire, pentru a se evita lovirea şi chiar avarierea subansamblelor cajelor de către capul posterior al benzii la ieşirea dintre cilindrii.

Pentru ungerea şi răcirea benzilor din oţel laminate la rece se folosesc uleiuri minerale, uleiuri vegetale, amestecuri de uleiuri şi în special emulsii de uleiuri în apă în concentraţie de 1,5...3,5 %.

Agentul de ungere şi răcire este recirculat cu un debit de circa 2000 m^3/h, de o instalaţie ce asigură şi filtrarea şi încălzirea sau răcirea acestuia în funcţie de temperatura necesară cilindrilor de lucru ai cajelor laminorului.

Reducerilor pe treceri variază între 10...35%, cu valori crescătoare la primele trei treceri şi descrescătoare la următoarele, astfel încât să se asigure o încărcare cât mai uniformă a cajelor, respectiv valorile forţelor pe treceri să fie practic constante [12].

Reducerea totală pe cele cinci treceri ale laminorului (ε_{tot}), respectiv reducerea totală între două tratamente termice intermediare, depinde de grosimea benzii laminate (h) şi de oţelul acesteia şi variază între 45...90 %, conform celor prezentate în tabelul 5.3.

Tabelul 5.3.

Valori recomandate pentru reducerea totală la laminarea benzilor din oţel pe un laminor continuu cu cinci caje în tandem [7]

Oţelul laminat	cu %C scăzut	cu %C ridicat	de transformator	inoxidabil austenitic	inoxidabil feritic
ε_{tot}, %	80...90	40...60	50...70	60...80	70...80
h, mm.	0,3...0,39	0,4...0,69	0,7...0,99	1...1,99	2...3
ε_{tot}, %	85...80	82...71	72...60	67...50	56...45

Linile de laminare cu caje policilindrice (Fig.5.20) se folosesc la laminarea oţelurilor greu deformabile (cum sunt de exemplu linile pentru benzi electrotehnice de la S.C."COST" Târgovişte şi de benzi inoxidabile de la S.C."OŢELINOX" Târgovişte), deoarece permit aplicarea unor reduceri parţiale şi totale (între două tratamente termice de refacere a structurii şi îndepărtarea ecruisării) mult mai mari decât în cazul cajelor cuarto, datorită în special rigidităţii foarte mari a acestor caje.

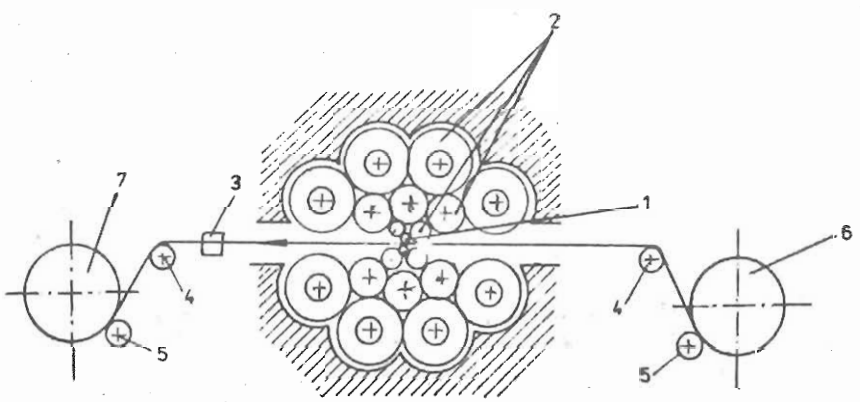


Fig.5.20. Schema cajei policilindrice cu 20 cilindrii:
1-cilindrii de lucru; 2-cilindrii de sprijin; 3-instalaţie de măsurare a grosimii benzii; 4, 5-role ale dispozitivului de aplicare a tensiunii de tractiune în laminat; 6-desfăşuratorul de banda; 7-înfăşuratorul de banda.

Astfel de exemplu o bandă din oţel inoxidabil austenitic cu 18 % Cr şi 9 % Ni se poate lamina de la grosimea iniţială de 3,2 mm. la cea finală de 0,25 mm. (reducerea totală de 92,2 %), fără tratament termic intermediar cu aplicarea de reduceri medii pe treceri de 18...22 %. Dacă aceiaşi bandă se laminează pe o cajă cuarto reducerile pe treceri nu pot depăşi 10...12% (deci numărul trecerilor practic se dublează) şi deasemenea nu se va putea lamina până la dimensiunea finală fără aplicarea unui tratament termic intermediar.

Pentru cazul oţelurilor inoxidabile feritice reducerile pe treceri se admit între 15...25 %., iar pentru oţelurile electrotehnice (silicioase) reducerea medie admisă pe treceri este de 20...30 % , în timp ce reducerea totală între două tratamente termice intermediare poate ajunge până la 95 % şi respectiv 80 %.

În cazul acestor oţeluri, care sunt caracterizate de valori ridicate ale plasticităţi, laminarea se va începe cu reduceri cât mai mari la prima trecere, respectiv de 30...40 % , pentru oţelul silicios şi de 20...30 % pentru oţelurile inoxidabile, după care reducerile sunt descrescătoare până la dimensiunea finală.

Tensiunea în bandă la laminarea pe cajele policilindrice variază între 100...250 N/mm^2, deci are valori superioare celor aplicate la cajele cuarto, ceea ce produce un efect benific asupra procesului de deformare.

Vitezele de laminare la cajele policilindrice cresc de la o trecere la alta, în general în intervalul 4...15 m/s., pe măsură ce grosimea benzii scade.

5.7.3. Tratamentul termic al benzilor laminate la rece

Tratamentele termice ce se aplică benzilor laminate la rece au ca principal scop îndepărtarea efectului ecruisării, apărut în timpul laminării, respectiv creşterea plasticităţii şi micşorarea corespunzătoare a durităţii şi limitei de curgere şi de rupere a oţelului benzilor, în vederea asigurării posibilităţii relaminării benzii la o grosime mai mică, sau pentru obţinerea proprietăţilor cerute benzilor finitesunt intermediare şi finale.

Pentru benzile din oţel carbon şi din unele oţeluri aliate tratamentul termic de "înmuiere" după laminarea la rece este recoacerea de recristalizare, (intermediară sau finală), care se poate realiza în utilaje discontinue (cuptoare verticale tip clopot pentru rulouri) sau continue (cu banda desfăşurată).

In cazul în care tratamentul termic de recoacere de recristalizare al benzilor în rulouri se realizează în cuptoare discontinue de tip clopot, capacitatea acestora este de circa 3...4 rulouri, cu o masă totală de până la 100...125 t.

Rulourile se aşează în stive pe stativul cuptorului într-o anumită ordine în funcţie de diametrul ruloului, tipul oţelului, grosimea şi lăţimea benzii, după cum este prezentat în tabelul 5.4.

După formarea stivei de rulouri, se aşeaza peste aceasta mufla cuptorului se etanşeizează şi se procedează la evacuarea aerului din interior prin introducere timp de 1...1,5 ore a gazului de protecţie format din 92...96 % N_2 şi 8...4 % H_2 cu o presiune de 20...30 mm. coloană de apă şi un debit de 20...25 $N.m^3/h$.

După terminarea acestei operații se așează cuptorul clopot peste mufla, se verifică etanșarea cuptorului față de stativ și se începe încălzirea indirectă a rulourilor prin arderea gazului metan.

Pentru cazul oțelului cu % C scăzut, pentru ambutisare, sortiment cu cea mai mare pondere în programul de producție al laminoarelor de benzi late la rece, tratamentul termic de recoacere de recristalizare se efectuează în următoarele condiții:

- temeratura de încălzire: 650...720^{0}C ;
- timpul de încălzire și menținere: 12...42 h pentru stive de 40...124 t.;
- timpul de răcire 40...50 h.

Tabelul 5.4.

Modul de așezare a rulourilor de bandă în stiva din cuptoarele tip clopot

Parametrii				Modul de așezre a rulourilor în stivă
constanți la toate rulourile din stivă			variabili	
Diam. ruloului (D)	Grosimea benzii (h)	Lățimea benzii (B)	Oțelul benzii	La baza stivei ruloul din oțelul cu timpul cel mai lung de tratament termic
Oțelul	h	B	D	D să scadă spre vârful stivei
Oțelul	h	D	B	B să scadă spre vârful stivei
Oțelul	B	D	h	h să scadă spre vârful stivei

La expirarea timpului de încălzire și menținere se oprește procesul de ardere și se ridică cuptorul clopot, care se și așează pe o altă stivă pregătită pentru încălzire.

După circa o oră de la ridicarea cuptorului de încălzire, se așează peste mufla, clopotul de răcire cu suflere de aer rece. In tot timpul răcirii până la o temperatură, măsurată în centul stivei de rulouri de 80...100^{0}C , pentru benzi mai late de 1450 mm. și de 110...130^{0}C , pentru benzi cu lățime mai mică de 1000 mm., nu se oprește insuflarea gazului de protecție.

Când temeratura stivei a coborât la valorile menționate mai sus, se oprește gazul de protecție, se ridică mufla, iar stiva se transportă cu ajutorul unui pod rulant în depozitul intermediar pentru continuarea răcirii în aer până la temperatura mediului ambiant.

In cazul în care laminorul este dotat cu un agregat continuu de tratament termic al benzii în fir desfășurat (Fig.5.21), operațiile ce au loc pentru efectuarea procesului de recoacere de recristalizare, sunt următoarele [13]:

- așezarea ruloului de bandă pe desfășurătorul 1 al agregatului;
- șutarea capului benzii la foarfecele ghilotină 2 în vederea sudării cu capul posterior al ruloului de bandă existent în agregatul de tratament termic (șutat în prealabil la același foarfece);
- sudarea electrică prin presiune, cap la cap a benzilor, prin rezistența proprie a acestora , la instalația 3;

• tragerea benzii prin instalaţia de degresare electrolitică 4 şi introducerea acesteia în buclatorul 5 , din care se va alimenta cuptorul de tratament termic 6;

• cuptorul de tratament termic pentru recoacerea de recristalizare 6 este format din următoarele cinci zone:

– zona I în care are loc încălzirea benzii cu tuburi radiante cu gaz metan sau cu rezistori electrici, la o temperatură de 730^{0}C;

– zona II în care are loc procesul de egalizare a temperaturii benzii;

– zona III în care are loc răcirea lentă a benzii până la temperatura de 480^{0}C prin insuflare indirectă cu aer;

– zona IV în care are loc răcirea rapidă a benzii până la temperatura de 100^{0}C cu apă ce circulă prin pereţii respectivei zone;

– zona V în care are loc răcirea finală a benzii până la temperatura ambiantă, prin suflare directă de aer rece;

In zonele I...IV procesul de încălzire şi răcire se desfăşoară în atmosferă de protecţie formată tot din azot şi hidrogen.

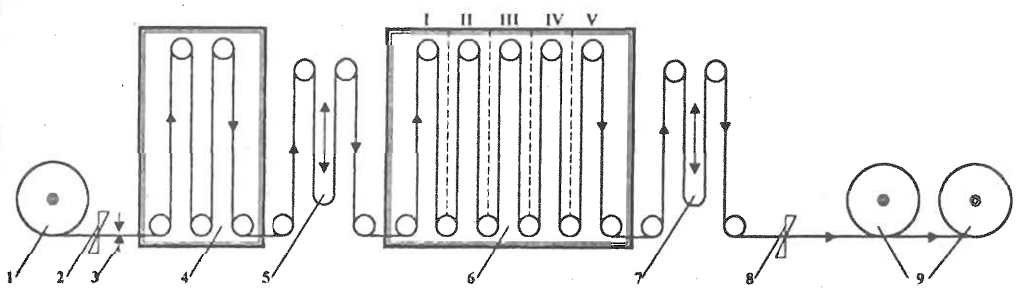


Fig.5.21.Agregat de tratament termic al bezilor în fir desfăşurat cu cuptoare verticale

Timpul total în care are loc tratamentul termic de recoacere de recristalizare variază intre 50...150 sec. în funcţie de calitatea oţelului şi dimensiunile benzii.

• tragerea benzii tratate termic în buclatorul 7 , din care se vor forma rulourile la unul din înfăşurătoarele 9;

• după terminarea formării ruloului, banda este şutată la foarfecele ghilotină 8 şi se continuă formarea următorului rulou la cel de al doilea înfăşurător, ce se găsea pregătit pentru preluarea benzii.

Pentru cazul benzilor din oţel inoxidabil austenitic, atât tratamentele termice intermediare cât şi cel final constă dintr-o călire de la temperatura de 1120...1150^{0}C , prin stropirea cu apă sub presiune, până ce temperatura benzii coboară sub 200^{0}C., Această operaţie are loc de obibei pe un agregat continuu, prin care banda se deplasează cu o viteză de 4...8 m/min., în funcţie de dimensiunile sale.

Benzile din oţel inoxidabil feritic şi martensitic se supun tratamentului termic de recoacere de recristalizare în atmosferă de protecţie la temeraturi de 760...780^{0}C, urmat de răcire lentă, pentru oţelurile martensitice şi răcire rapidă în intervalul de temperaturi 400...500^{0}C pentru oţelurile feritice.

În cazul benzilor electrotehnice pentru transformatori (cu 2,9...4,8 % Si şi max.0,08% C) tratamentele termice sunt mai complexe şi constă din următoarele [14]:

- tratamentele termice intermediare sunt recoacerile de recristalizare în atmosferă de hidrogen, efectuate la temperatura de 940...950^{0}C, urmate de răcire în cuptor (în atmosferă de hidrogen) până la 200^{0}C urmată de răcire în în aer până la temperatura ambiantă;
- tratamentele termice finale:

– recoacere de decarburare (în atmosferă de hidrogen) la temperatura de 940...950^{0}C, urmate de răcire în cuptor (în aceiaşi atmosferă de hidrogen a cuptorului), prin care se urmăreşte reducerea concentraţiei în carbon a oţelului până la 0,04...0,08%, având în vedere rolul de inhibator al carbonului în creşterea granulaţiei;

– recoacere finală în vid sau în atmosferă de hidrogen, la temperatura de 1140...1180^{0}C, urmate de răcire în cuptor (în atmosferă de hidrogen) până la 600^{0}C şi răcire în continuare în aer până la temperatura ambiantă. Prin acest tratament se asigură cresterea granulaţiei feritei şi formarea texturii necesare.

Benzile electrotehnice pentru maşini electrice (cu % Si sub 1,8) sunt laminate la rece fără recoacere intermediară până la o reducere totală de 80% , iar recoacerea finală se efectuează tot în două etape şi anume:

– prima recoacere la temperatura de 850^{0}C în atmosferă de protecţie din azot şi cu până la 40% hidrogen;

– a doua recoacere la temperatură înaltă (800...900^{0}C) folosindu-se şi în acest caz atmosferă de protecţie.

În cazul când tratamentul termic al benzilor electrotehnice se efectuează în rulou, pentru evitarea lipirii spirelor, suprafaţa benzii se acoperă cu talc sau oxid de magneziu.

După recoacerea înaltă, banda se curăţă de stratul de talc sau oxid de magneziu şi i se aplică o peliculă de izolaţie electrică, folosindu-se un agregat continuu, care depune pe bandă o soluţie de acid fosforic şi silicat de magneziu, soluţie care se usucă în continuare într-un cuptor continuu orizontal.

5.7.4. Dresarea benzilor laminate la rece şi tratate termic

Utilajul pentru această operaţie, care reprezintă o laminare la rece într-o singură trecere sau în două treceri ($\Delta h_1 = 0{,}7 \cdot \Delta h_{tot}$; $\Delta h_2 = 0{,}3 \cdot \Delta h_{tot}$), poate fi o singură cajă cuarto ireversibilă, sau două caje cuarto ireversibile în tandem, cu regim de lucru continuu.

Cilindrii de lucru trebuie să aibă duritatea de 95...100 unităţi Shore şi o convexitate de 0,04...0,08 mm., iar la cei de sprijin duritatea va fi de 50...80 unităţi Shore şi o săgeată de şlefuire zero.

Scopul pentru care se efectuează operaţia de dresare a benzilor după tratamentul termic de îndepărtare a efectelor ecruisării este următorul:

- ameliorarea proprietăţilor mecanice ale benzii, reduse în urma tratamentului termic aplicat după laminarea la rece, respectiv creşterea limitei de curgere, a rezistenţei la rupere şi a durităţii, scăzând însă doar în mică măsură valoarea alungirii la rupere;
- asigurarea planeităţii benzii;
- uniformizarea grosimii benzii;
- netezirea suprafeţelor benzii, în special în cazul când aceasta va fi supusă acoperirii metalice sau nemetalice;
- obţinerea în bandă a unor tensiuni remanente pentru preîntâmpinarea apariţiei liniilor de alunecare la prelucrarea prin ambutisare a tablelor debitate din bandă.

Condiţiile în care se execută dresarea pentru cazul benzilor din oţel carbon sunt următoarele:

= reducere totală aplicată este de :

– 0,8...1,2 % pentru oţelurile necalmate şi semicalmate;

– max. 2 % pentru oţelurile calmate

= tensiunea de tracţiune aplicată benzilor cu grosime de 0,5...1,5 mm. variază între 0,7...0,8 din limita de curgere a oţelului benzii;

= viteza maximă de laminare: 25 m/s.;

= temperatura de laminare: 30...40^{0}C., având în vedere ca la temperaturi de peste 50^{0}C scade ambutisabilitatea şi creşte susceptibilitatea la îmbătrânire a tablelor din oţeluri carbon pentru ambutisare;

= rugozitatea cilindrilor se alege în funcţie de valoarea rugozităţii cerută benzii finite, ştiut fiind faptul că 60...70 % din rugozitatea cilindrilor se regăseşte pe banda dresată. Pentru benzile finite laminate la rece, în stare recoaptă şi dresate, valorile rugozităţii admise sunt următoarele:

Calitatea suprafeţei tablelor	lucioasă	mată	rugoasă
Rugozitatea suprafeţei tablelor	≤ 0;75 îm.	0,75...2 îm	> 2 îm

= laminarea se poate executa cu ungere tehnologică pentru benzi lucioase, sau fără ungere tehnologică pentru benzi mate.

5.7.5. Ajustajul benzilor finite laminate la rece

Grupul de operaţii ce se execută în ajustajul laminoarelor pentru benzi finite laminate la rece, cuprinde: şutărea, debitarea transversală sau longitudinală (fâşierea) a benzilor, îndreptarea, controlul şi sortarea tablelor, uleierea , stivuirea, cântărirea, şi ambalarea tablelor în vederea expedierii.

Aceste operaţii se execută pe două tipuri de agregate de tăiere, care la rândul lor sunt diferenţiate în funcţie de grosimea tablelor şi lungimea de debitare.

Agregatele de tăiere transversală, de la care se obţin formatele de tablă cu lungimi între 800...6000 mm., au în general dotarea prezentată schematic în figura 5.22, iar agregatele de tăiere longitudinală de la care se obţin rulouri de bandă cu lăţimi cuprinse între 80...1550 mm , executând simultan 2...16 tăieturi (fâşieri) la un foarfece cu discuri sunt prezentate în schema din figura 5.23.

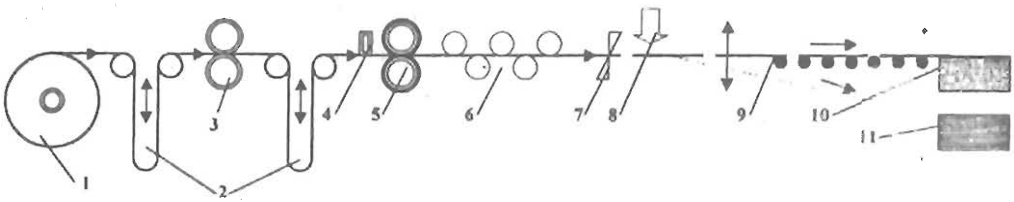


Fig.5.22 Agregat pentru tăiere transversală a formatelor de tablă din bandă laminată la rece:

1-desfăşurătorul de bandă; 2-acumulatori de bandă; 3- foarfece cu discuri pentru şutarea marginilor benzilor până la lăţimea cerută formatelor de tablă; 4-micrometru cu radiaţie pentru măsurarea grosimii benzii; 5-role acoperite cu pâslă pentru ungerea benzii; 6-maşină de îndreptat cu 17...21 de role; 7-foarfece ghilotină pentru debitarea la lungime a formatelor de tablă; 8-controlul vizula al calităţii suprafeţelor tablelor; 9-cale cu role cu macaz pentru sortarea tablelor; 10-stivuitor pentru table ce corespund calitativ; 11-stivuitor pentru table ce nu corespund calitativ

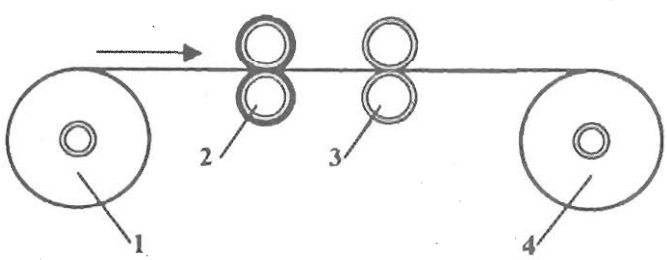


Fig.5.23 Agregat pentru tăiere longitudinală (fâşierea) rulourilor de bandă:

1-desfăşurătorul de bandă; 2-role acoperite cu pâslă pentru ungerea benzii; 3- foarfece cu discuri pentru şutarea marginilor şi debitarea longitudinală a benzilor; 4- înfăşurătorul benzilor obţinute prin fâşiere

5.8. Defectele produselor plate

Şi la produsele plate, table şi benzi, se întâlnesc practic aceleaşi defecte de material şi de încalzire ca şi la celelalte produse obţinute prin laminare (semifabricate sau profile) şi ca atare se va insista în cele ce urmează numai asupra defectelor specifice de laminare [15].

• ***Defecte de suprafaţă*** în care sunt cuprinse următoarele:

– imprimări de oxizi (ţunder) cauzate de o desţunderizare incompletă la laminarea la cald a tablelor sau benzilor;

– imprimări ale asperităţilor cilindrilor de laminare cauzate de o uzură accentuată a suprafeţelor acestora;

– zgârieturi provenite din frecarea tablei pe suprafaţa unor role de transport uzate şi care se rotesc cu o viteză diferită de cea a tablei;

– aderenţe sau lipsă de material metalic (găuri) apărute prin ruperi la desfacerea pachetelor de tablă subţire laminată în pachete;

– băşici pe suprafaţă benzilor sau a tablelor în urma difuziunii şi aglomerării în jurul unor incluziuni nemetalice sau a unor sufluri nesudate a unei cantităţi mari de hidrogen atomic cauzată de o supradecapare;

– albăstrirea benzilor laminate la rece şi recoapte, ca urmare a neetanşerii muflei în care se găsesc rulourile de bandă. Pentru remediere, banda din oţel carbon se va reîncălzi la 650^{0}C într-o atmosferă mai bogată în hidrogen (~7 %);

– afumarea benzilor sau a tablelor laminate la rece, ca urmare a existenţei urmelor de lubrefiant pe laminatele supuse tratamentului termic. Pentru evitare se va lamina la ultima trecere folosind numai apă sau apă cu o substanţă degresantă în locul lubrefiantului

• ***Abateri geometrice şi dimensionale (defecte de formă),*** dintre care se pot menţiona:

– grosime neuniformă pe laţimea tablelor sau benzilor, cauzata de:

* o reglare necorespunzatoare a pozitiei cilindrilor;
* încovoierea cilindrilor peste valoarea admisa;
* o slefuire a cilindrilor fara convesitate sau cu o convexitate prea mare;
* existenta unui gradient de temperatura prea mare pe lăţimea tablei sau benzii;

– grosime neuniformă pe lungimea tablelor sau benzilor cauzata de:

* un gradient de temperatura prea mare pe lungimea tablei sau benzii;
* valori prea mari ale tractiunii în laminat la laminoarele continue de benzi;

– grosimi ale tablelor sau benzilor în afara toleranţelor admise, cauzate de:

* o temperatura de laminare prea joasa sau de o uzura prea mare a cilindrilor de lucru ai laminorului încazul depăşirii tolerantei pozitive;
* aplicarea unor reduceri mai mari decât cele recomandate în schema de laminare sau de aparitia unui puternic efect termic al deformarii încazul depăşirii tolerantei negative;

– table laminate în foi cu formă rombică cauzata de:

* introducerea semifabricatului neparalel cu axa de laminare;
* laminarea unor semifabricate taiate oblic la sutare;
* nerespectarea modului de introducere a semifabricatului la laminarea în unghi;

– table laminate în foi cu capetele de lăţime mai mică decât cea din zona de mijloc, cauzata de:

* laminarea unor table de lăţime mare din brame înguste cu grosime şi lungime mare;
* laminarea pe cilindrii cu o convexitate prea mare;
* laminarea pe cilindrii supraîncalziti (convexitate termica);

– table sau benzi ondulate pe margini, defect cauzat de reduceri mai mari aplicate în zonele de margini decât în zona centrală, ca urmare a unor cilindrii de laminare concavi sau cu o sageată de încovoiere prea mare. Acest defect este însoţit şi de apariţia unor tensiuni de întindere în zona centrala, care pot depaşi rezistenţa la rupere a materialului provocând crapaturi;

– table sau benzi ondulate în zona centrală, defect cauzat de reduceri mai mari aplicate în această zonă decât în zonele de margini, ca urmare a unor cilindrii de laminare convexi sau a laminării cu reduceri prea mici (laminare într-un numar prea mare de treceri), care nu pot asigura forţa necesara obţinerii unei săgeţi de încovoiere, care să anuleze convexitatea cilindrilor. Acest defect este însoţit şi de apariţia unor tensiuni de întindere în zonele de margini ale benzii, care pot depasi rezistenta la rupere a materialului provocând crapaturi;

– table sau benzi curbate în plan orizontal din următoarele cauze:

* reglări necorespunzătoare a distanţei dintre cilindrii, respectiv existenta unui salt diferit la extremităţile tabliei cilindrilor;
* laminarea unor semifabricate cu grosime diferită a zonelor marginale;
* laminarea unor semifabricate cu un gradient mare de temperatura intre zonele de margine;

– table curbate în plan vertical ca urmare a:

* unui gradient mare de temperatura intre suprafetele bramei;
* laminarea cu cilindrii de lucru cu diametre diferite.

Capitolul 6

Laminarea produselor tubulare

6.1-Noţiuni generale

Datorită utilizării lor, practic în toate ramurile industriale, ţevile din oţel au o ponderăîntre 7...10 % din producţia mondială de oţel, variaţiile ce apar depinzând de conjuctura economică mondială privind extracţia petrolului şi de apariţia de noi materiale, care tind să înlocuiască ţevile din oţel în unele domenii cum sunt de exemplu transportul de lichide şi gaze la temperaturi şi presiuni scăzute.

Acest mod de variaţie al producţiei de ţevi din oţel se constată şi în industria siderurgică românească, unde în ultimii 10 ani ponderea ţevilor în raport cu producţia de oţel a scăzut de la 11 % la 8 % ceea ce a condus la o scădere şi a consumului de ţevi pe locuitor de la 50...60 kg în anul 1990 la cca. 25 kg în ultimii ani. Comparativ această scădere, în Uniunea Europeană, a fost de la 45 kg. la 28 kg. pe locuitor [1].

Ţevile din oţel se produc prin trei grupe principale de tehnologi:

- ţevi fără sudură laminate la cald, care la rândul lor se obţin prin următoarele procedee (Fig.6.1):
  - procedeul cu laminor duo automat (procedeul Stiefel);
  - procedeul cu laminor continuu (procedeul Foren);
  - procedeul cu laminor periodic (procedeul Pielger);
  - procedeul cu laminor cu trei cilindrii (procedeul Assel);
  - procedeul cu banc înpingător (procedeul Strossbank);
- ţevi fără sudură laminate la rece, care se obţin prin următoarele procedee:
  - procedeul cu laminor cu cilindrii calibraţi periodic, cunoscut şi sub denumirea procedeul KPW;
  - procedeul cu laminor cu role - procedeul KRW;

- țevi sudate, care la rândul lor se obțin prin următoarele procedee:
  - sudare longitudinală la cald sau la rece;
  - sudare elicoidală la rece.

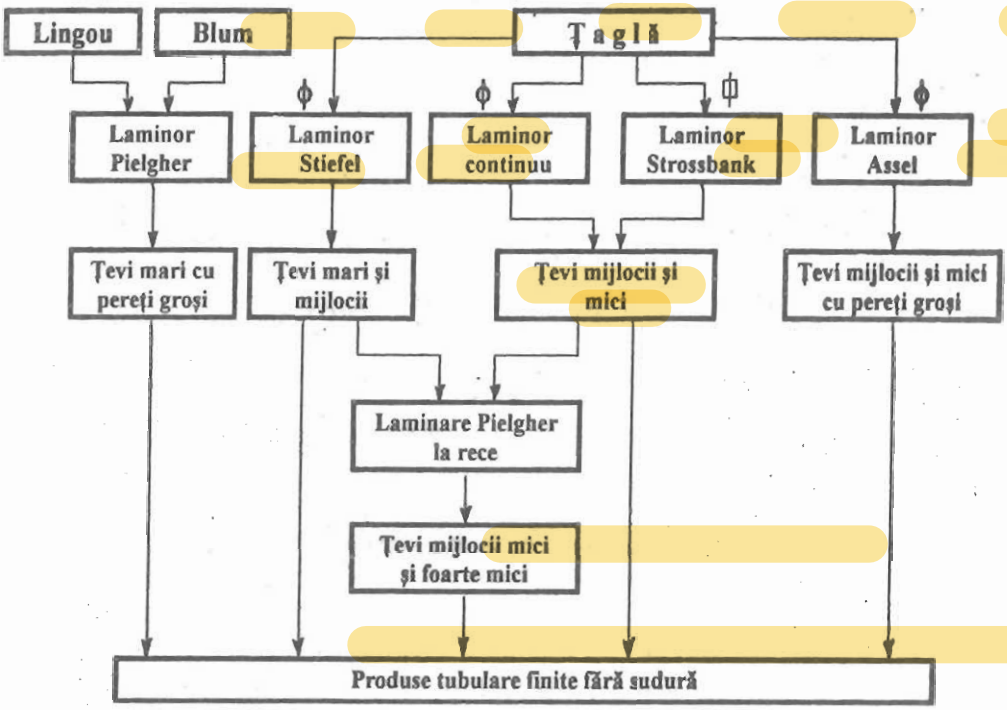


Fig.6.1. Procedeele de laminare la cald a țevilor fără sudură

6.2.Tehnologia de laminare la cald a țevilor

Fluxul general al laminării la cald a țevilor fără sudură este prezentat în figura 6.2, din care se disting următoarele faze comune tuturor precedeelor de fabricație:

- pregătirea semifabricatelor în vederea laminării;
- perforarea prin deformare plastică a semifabricatului și obținerea eboșului;
- laminarea eboșului;
- calibrarea și laminarea la reductor.

Diferențele între cele cinci procedee de fabricare la cald a țevilor fără sudură, se referă în special la modul prin care se laminează eboșul de țeavă obținut prin perforare, pentru ai reduce grosimea peretelui până la dimensiunile țevii finite.

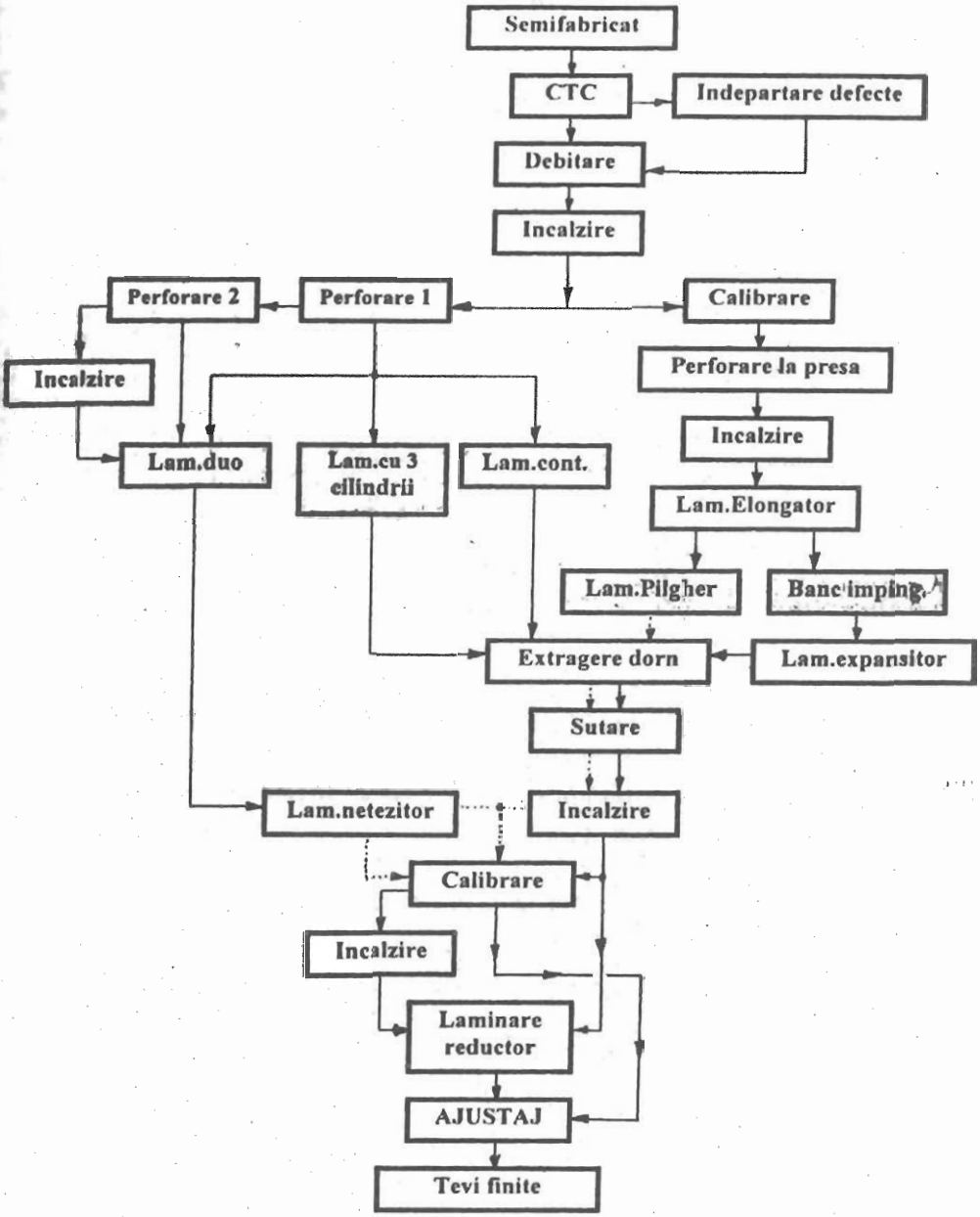


Fig.6.2.Fluxul general de obţinere a ţevilor fără sudură, laminate la cald.

6.2.1.Pregătirea semifabricatelor în vederea laminării

Debitarea *semifabricatelor* se execută după controlul de calitate al acestora, care pot fi ţagle rotunde sau pătrate, blumuri şi eventual lingouri rotunde sau poligonale în funcţie de dimensiunile ţevii finite şi procedeul de perforare şi laminare.

Semifabricatele se debitează la o lungime (L_s) calculată în funcție de dimensiunile țevii finite (diametrul D, grosimea peretelui g și lungimea L) și diametrul semifabricatului (D_s), cu relația:

$$L_s = 4 \cdot L \cdot (D - g) \cdot g / k \cdot D_s^2 \qquad (6.1)$$

în care: k este coeficientul ce ține cont de pierderile de oțel prin ardere în timpul încălzirii, cu valori cuprinse între 0,970...0,995.

Diametrul semifabricatului se adoptă de obicei cu o valoare cu ± 10 % diferită de valoarea diametrului țevii finite.

Lungimea de debitare se poate calcula , folosind și următoarea relația:

$$L_s = 1{,}03 \cdot m_t \cdot L / m_s \qquad (6.2)$$

în funcție de lungimea țevii finite (L) și masa unitară:

– a țevii finite: $m_t = 0{,}02466 \cdot (D - g) \cdot g$, în kg/m. (6.3)

și

– a semifabricatului: $m_s = 0{,}00617 \cdot D_s^2$, în kg/m. (6.4)

Debitarea se poate executa prin:

- tăiere la fierăstrău când se cer suprafețe de tăiere curate și perpendiculare pe axa semifabricatului și când calitatea oțelului nu permite folosirea altor metode de debitare. Această metodă de debitare se aplică relativ rar deoarece este puțin productivă (8...10 tăieturi pe oră) și costisitoare prin consumul sporit de discuri de tăiere, excutate din oțel rapid;
- tăiere la foarfece cu cuțite profilate în funcție de forma secțiunii semifabricatului, folosită în cazul oțelurilor cu rezistența la rupere de max. 450 N/mm^2. Suprafața de tăiere prin această metodă de debitare este alterată și crează dificultăti în momentul prinderii la perforarea prin laminare transversal elicoidală;
- spargere în cazul oțelurilor cu rezistența la rupere de peste 550 N/mm^2. Această operație se execută la o presă cu p forța de circa 16000 kN (Fig.6.3) după o prealabilă crestare pe o adâncime de 10...15 mm realizată tot la presă cu rol de amorsă de spargere.

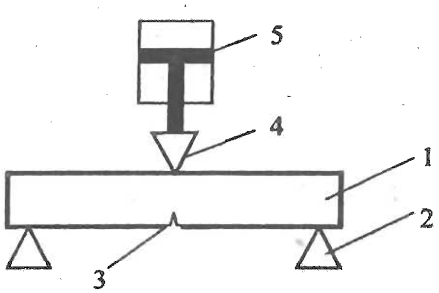


Fig.6.3. Principiul debitării prin spargere la presă :
1-semifabricatul; 2- reazeme prismatice; 3- crestătura; 4- puansonul de apăsare; 5- cilindrul hidraulic al presei.

Debitarea prin spargere este foarte productivă (~ 80 debitări pe oră), dar suprafaţa de rupere prezintă aşchi şi nu este perpendiculara semifabricatului ceea ce crează greutăti în momentul prindereii la perforare.

• tăiere cu flacăre oxigaz, la care gazul folosit poate fi metan, acetilenă, hidrogen sau amestec de propan cu butan. Această metodă de debitare este cea mai modernă, se poate aplica atât la oţeluri carbon cât şi la oţeluri aliate şi are o productivitate ridicată putând executa, chiar pe calea cu role de transport a semifabricatului, mai multe tăieturi simultan.

Încălzirea se efectuează în general în cuptoare cu vatră rotativă cu trei zone, plasate pe un unghi la cenrtu de 338...340^0 [7]:

– zona de preîncălzire în care semifabricatul se deplasează un timp de circa 75% din timpul total de încălzire (unghiul la centru de ~ 255^0);

– zona de încălzire în care semifabricatul se deplasează un timp de circa 15% din timpul total de încălzire (unghiul la centru de ~ 50^0);

– zona de egalizare în care semifabricatul se deplasează un timp de circa 10% din timpul total de încălzire (unghiul la centru de ~ 35^0);

Mai rar se folosesc şi cuptoare cu vatră înclinată, pe care semifabricatele se deoplasează prin rostogolire.

Temperatura de încălzire variază între următoarele limite în funcţie de calitatea oţelului:

– pentru oţeluri cu conţinut mediu şi scăzut de carbon şi slab aliate: 1200 - 1260^{0}C.;

– pentru oţeluri de rulmenţi: 1100...1150^{0}C.;

– pentru oţeluri înalt aliate, inoxidabile şi refractare: 1050...1220^{0}C.

Timpul de încălzire variază în funcţie de diametrul semifabricatului şi calitatea oţelului de la circa 80 min. la un semifabricat cu ϕ 100 mm. din oţeluri carbon sau slab aliate şi până la 700 min. la un semifabricat cu ϕ 350 mm. din oţeluri înalt aliate şi inoxidabile.

Atmosfera cuptoarelor se recomandă a fi uşor oxidantă pentru ca stratul de oxizi ce se formează să se desprindă fără greutate de pe suprafaţa semifabricatului (în atmosferă reducătoare stratul de oxizi este mai subţire dar mult mai aderent).

Incărcarea şi descărcarea semifabricatelor în şi din cuptor se face cu ajutorul unor maşini specializate cu cleşte orizontal.

Perforarea se execută prin laminare transversal elicoidală obţinându-se un semilaminat numit eboş, sau prin presare în urma cărei se obţine un semifabricat numit pahar.

In cazul perforării prin laminare transversal elicoidală, procedeu patentat de fraţii Mannesmann la 22.08.1886 [16], semifabricatul încălzit este adus cu ajutorul unei căi cu role până la instalaţia de amborare, care execută pe principiul ciocanului pneumatic o mică cavitate în centrul secţiunii capului semifabri-catului pentru a se asigura centrarea dopului în timpul perforării.

După amborare semifabricatul este adus in jghiabul de alimentare, din faţa cajei de perforare, de unde este împins în pâlnia (ghidajul) de intrare al cajei până se realizează prinderea între cilindrii, care pot fi tronconici, bitronconici sau în formă de disc (Fig.6.4).

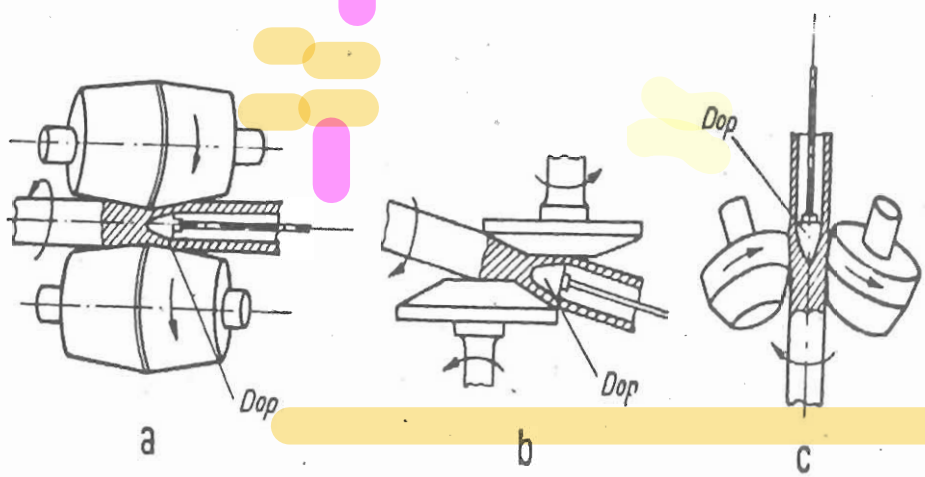


Fig.6.4.Principiul perforării prin laminare transversal elicoidală:
a-cu cilindrii bitronconici; b- cu cilindrii tronconici (ciupercă);
c- cu cilindrii în formă de disc.

Perforarea semifabricatului reprezintă efectul creşterii continue a reducerii transversale a diametrului semifabricatului pînă în dreprul draftului (secţiunea cu cea mai mică distanţă dintre cilindrii respectiv zona cilindrică de la mijlocul lungimii cilindrilor în cazul celor bitronconici), coloborată cu nepătrunderea deformaţiei spre centrul semifabricatului. Această neuniformitate a deformaţiei conduce la alungirea mai puternică a zonei periferice faţă de zona centrală a semifabricatului, producând cavitatea în semifabricat, care se adânceşte pe măsură ce acesta înaintează în focarul de deformare, apărând în acelaşi timp şi tensiuni de întindere axiale, care produc ruperi în material completând astfel apariţia cavităţii [17].

Odată cu scăderea temperaturii de laminare tendinţa de formare a cavităţii creşte, iar prin perforarea la o temperatură prea ridicată se produce o distrugere a zonei centrale a semifabricatului inaintea momentului oportun cu repercursiuni asupra calităţii suprafeţei interioare a eboşului şi respectiv a ţevii finite.

Formarea cavităţii este condiţionată şi de numărul cilindrilor cajei de perforare. În acest sens laminoarele perforator cu trei cilindrii sunt de preferat celor cu doi cilindrii, dar aceste laminoare au desavantajul că obţin ebose cu pereţi mai groşi decât la cajele cu doi cilindrii.

Lărgirea cavităţii formate şi uniformizarea diametrului acesteia se realizează de către dopul de perforare prezent în zona de deformare, care este

susţinut de o tijă portdop şi un lagăr ce-i permite rotirea şi deplasarea pe direcţia axei de laminare.

Menţinerea semifabricatului în timpul rotirii şi deplasării axiale în zona de deformare este asigurată şi de prezenţă a două liniale care închid astfel zona de deformare la partea superioară şi inferioară (Fig.6.5).

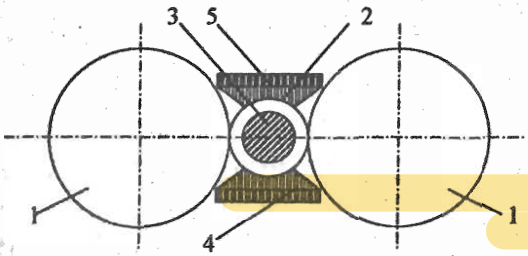


Fig.6.5. Secţiune prin zona de deformare în dreptul draftului: 1-Cilindrii de laminare; 2-eboşul de ţevă; 3- dopul de perforare; 4-linialul inferior; 5-linialul superior

Pentru realizarea perforării, trebuie asigurată în prealabil reglarea laminorului, care constă în fixarea următorilor parametrii, specifici perforării cu cilibdrii bitronconici, care este cel mai folosit procedeu [8, 17]:

– distanţa între cilindrii la draft (b), care se admite între limitele:

$$b = (0{,}93\ldots0{,}85)\cdot D_s ;$$

– poziţia dopuluiîn zona de deformare, respectiv distanţa cu cât vârful dopuluui depăşeşte secţiunea draftului înspre zona de prindere a cilindrilor:

$$k = L - \left(\frac{S_e}{\cos\alpha_2} + 0{,}5 \cdot d_d - 0{,}5 \cdot b \right) ctg\alpha_2 - l \qquad (6.5)$$

în care: L este lungimea totală a dopului de perforare;

S_e – secţiunea transversală a eboşului obţinut după perforare;

d_d – diametrul zonei cilindrice a dopului cu lăţimea l;

α_2 – unghiul conului de laminare al cilindrilor.

Poziţia dopului în zona de deformare trebuie foarte bine precizată pentru a se evita apariţia cavităţii în faţa dopului, care ar conduce la formarea de suprapuneri de material şi fisuri pe suprafaţa interioară a eboşului. Dacă dopul este prea în faţă se poate bloca laminarea datorită suprasarcinei pe dop, iar dacă dopul este prea în spate se obţine o reducere exagerată a grosimii pereţilor eboşului, acesta îşi măreşte foarte mult diametrul exterior şi se poate bloca între lineale;

– unghiul α_2 are valori de $\alpha_2 = 3\ldots8^0$ în timp ce unghiul conului de prindere este de $\alpha_1 = 2\ldots5^0$. Cu cât unghiul α_1 este mai mic cu atât prinderea semifabricatului se îmbunătăţeşte, şi cavitatea se formează mai repede, iar cu cât unghiul α_2 este mai mic creşte lungimea zonei pe care se realizează laminarea

pe dop a peretelui eboşului de ţeavă, obţinându-se un eboş mai uniform şi cu o calitate mai bună a suprafeţei sale exterioare;

– distanţa dintre lineale în dreptul draftului:

$$a = b\cdot(1+0{,}75\cdot\varepsilon_p\cdot D_e / D_s), \qquad (6.6)$$

în care ε_p este reducerea relativă a semifabricatului în secţiunea draftului:

$$\varepsilon_p = 1 - (b/D_s). \qquad (6.7)$$

Distanţa dintre lineale raportată la distanţa dintre cilindrii la draft (a/b), asigură valoarea ovalizării eboşului de ţeavă în timpul laminării. Valoarea ovalizării se recomandă a nu avea valori prea mari deoarece este pericolul apariţiei de crăpături pe suprafaţa interioară a ţevii. In general ovalizarea se va micşora cu atât mai mult cu cât creşte grosimea peretelui eboşului, şi cu cât plasticitatea oţelului este mai scăzută.

– unghiul de avans, respectiv unghiul dintre axa cilindrilor şi axa de laminare cu valori cuprinse între $\beta = 5\ldots12^0$. Cu cât acest unghi este mai mare, perforarea se produce mai repede, calitatea suprafeţei interioare a ţevii este mai bună, iar durabilitatea dopului de perforare creşte. În acelaşi timp însă prin mărirea unghiului ß creşte presiunea de laminare şi forţa pe dop. În mod practic $\beta = 5^0$ pentru ebosă cu grosimea peretelui de 30...40 mm, $\beta = 6\ldots7^0$ pentru ebosă cu grosime mare a peretelui (14...20 mm.), $\beta = 8^0$ pentru ebosă cu grosime medie a peretelui (8...14 mm) şi respectiv $\beta = 9\ldots10^0$ pentru ebosă cu pereţi subţiri (sub 8 mm.) ;

– coeficientul de alungire la perforator, care se adoptă în funcţie de tipul oţelului şi dimensiunile ţevii finite între următoarele valori [8, 17]:

• pentru perforarea într-o singură etapă:

- pentru oţeluri carbon şi slab aliate: $\lambda_p = 1{,}3\ldots4{,}8$;

- pentru oţeluri înalt aliate: $\lambda_p = 1{,}3\ldots3{,}5$;

• pentru perforarea în două etape, care se practică la laminarea ţevilor de diametre mari:

- în prima etapă se realizează perforarea propriu-zisă cu:

$$\lambda_p = 1{,}25\ldots2 ;$$

- în a doua etapă se realizează lărgirea perforării cu:

$$\lambda_p = 1{,}25\ldots3 ,$$

ceea ce corespunde unui coeficient total al perforării de

$$\lambda_{p\,tot} = 1{,}5\ldots5{,}8 .$$

Perforarea transversal-elicoidală se practică la procedeele de laminare cu laminor duo automat, cu laminor cu trei cilindrii şi cu laminor continuu.

Perforarea la presă, care se practică în general la procedeul de laminare cu cajă Pilger şi la procedeul cu banc împingător, şi pregătirea eboşului pentru deformarea în continuare, sunt execute în următoarea succesiune de operaţii:

• calibrarea semifabricatului cu scopul de a se obţine o teşire a muchilor ţaglelor pătrate şi a unei conicităţi pe înălţimea semifabricatului, corespunzătoare conicităţii matriţei de perforare, pentru asigurarea unei centrări bune a semifabricatului în matriţă şi evitarea astfel a obţinerii unui pahar excentric.

Calibrarea se execută prin presarea semifabricatului la o presă hidraulică cu o forţă de 4,00...4,60 MN., folosindu-se o matriţă cu acelaşi profilul interior (diametre şi conicitate) cu al matriţei de perforare.

Semifebricatul, de obicei cu secţiune pătrată (ţaglă,, blum sau lingou) se adoptă în general cu latura egală cu [17]:

$$a = (1{,}35...1{,}82)\cdot D_t ,$$

în care D_t este diametrul ţevii finite ce se va lamina.

• perforarea, fără a strapungerea zonei de fund a semifabricatului (Fig.6.6), care se execută în general la o presă verticală cu o forţă de 4...15 MN şi o cursă a de perforare de până la 2500 mm.., folosindu-se o matriţă cu o conicitate de 1:150 , pentru uşurarea extragerii eboşului pahar din matriţă.

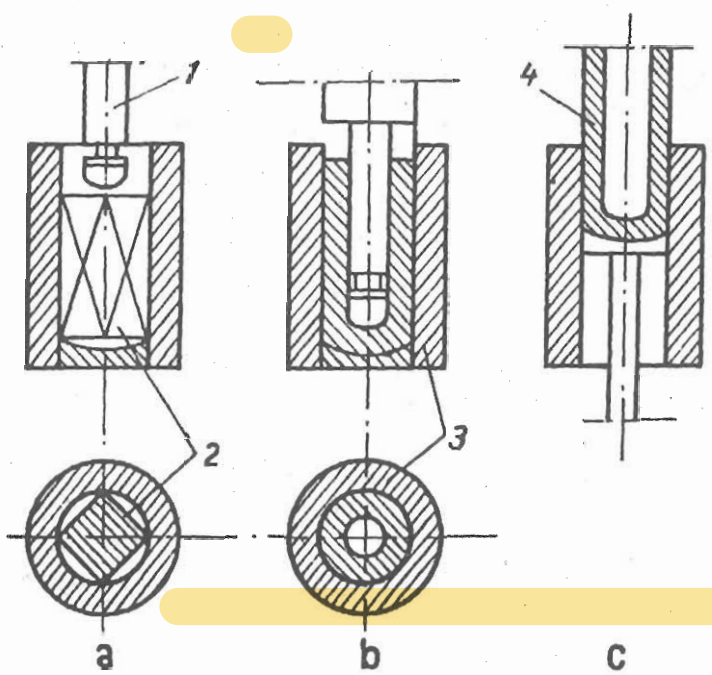


Fig.6.6.Schema perforării semifabricatelor la presă:
a-stadiul iniţial al perforării; b-sfârşitul perforării; c-extragerea eboşului-pahar: 1-dornul de perforare; 2-semifabricatul (ţagla);; 3-matriţa; 4-eboşul-pahar.

Matriţa se răceşte prin circulaţia apei între peretele şi cămaşa acesteia, iar dornul de perforare se răceşte prin stropire cu apă.

Diametrul şi lungimea dornului de perforare, în funcţie de dimensiunile ţevii finite (D_t şi g_t) se estimează pe baza relaţiilor [8]:

$$d_d = D_t - 2 \cdot g_t + (1{,}5 \ldots 2{,}5) \text{ mm.} ; \qquad L_d = (7{,}5 \ldots 8) \cdot d_d \qquad (6.8)$$

Coeficienţii de alungire realizati la perforarea prin presare sunt relativ mici (1,3...2,0) şi ca atare paharul obţinut este caracterizat de grosimi mari ale peretelui.

- reîncălzirea paharului la o temperatură de ≈ 1250^{0}C , operaţie care nu este întodeauna necesară;
- laminarea transversal-elicoidală pe dop a paharului la laminorul elongator, realizându-se coeficienţi de alungire de 1,5...1,8 prin micşorarea diametrului exterior şi a grosimii peretelui ţevii, în timp ce diametru interior, după laminarea la elongator este cu circa 5...10 mm. mai mare decât diametrul interior al paharului.

Pentru laminarea în continuare la caja Pilger, la laminorul elongator se realizează şi străpungerea fundului paharului, operaţie care nu se efectuează dacă semifabricatul este deformat în continuare la bancul împingător.

6.2.2.Laminarea ţevilor prin procedeul cu cajă duo automată

Tehnologia laminării la cald a ţevilor prin procedeul Siefel se va prezenta pentru cazul unui laminor de 6 inch., prezentat schematic în figura 6.7 (existent în dotarea S.C."PETROTUB" Roman şi S.C."Republica" Bucureşti).

Laminorul duo-automat este format dintr-o cajă duo ireversibilă cu cilindrii orizontali pe tăblia cărora sunt amplasate calibre ovale cu un raport între axe foarte apropiat de unu. (b/h=1,05...1,07).

Laminarea se execută în două-trei treceri în acelaşi calibru, pe dop (coeficientul total de alungire fiind de maxim 2,5), care se schimbă după fiecare trecere cu un altul de diametru mai mare cu circa 1...2 mm.. După fiecare trecere cilindrul superior al cajei se ridică, ţeava se readuce în faţa cajei se rotaşte cu 90^0 în jurul axei proprii, după care se coboară cilindrul în poziţia prestabilită şi se execută trecerea următoare. Pentru reglarea precisă şi rapidă a cilindrilor în poziţia de laminare , caja este dotată pe lagărele cilindrului superior cu un dispozitiv cu pană dublă ce se deplasează hidraulic în plan orizontal şi în sensul axei cilindrilor de lucru. Cajă de laminare este deservită şi de următoarele dispozitive:

- în faţa cajei:
  - un dispozitiv pneumatic de împingere a eboşului de ţeavă în vederea prinderii între cilindrii;

– un dispozitiv cu role şi pârghi pentru răsucirea ţevii cu 90^0 în jurul axei proprii;

– un dispozitiv cu cleşte pentru schimbarea dopurilor;

• în spatele cajei:

– un dispozitiv de menţinere şi reglare a dopului în zona de deformare;

– un dispozitiv cu braţe articulate, acţionate hidraulic pentru aruncare a ţevii laminate pe patul de transport prin rostogolire spre laminorul netezitor.

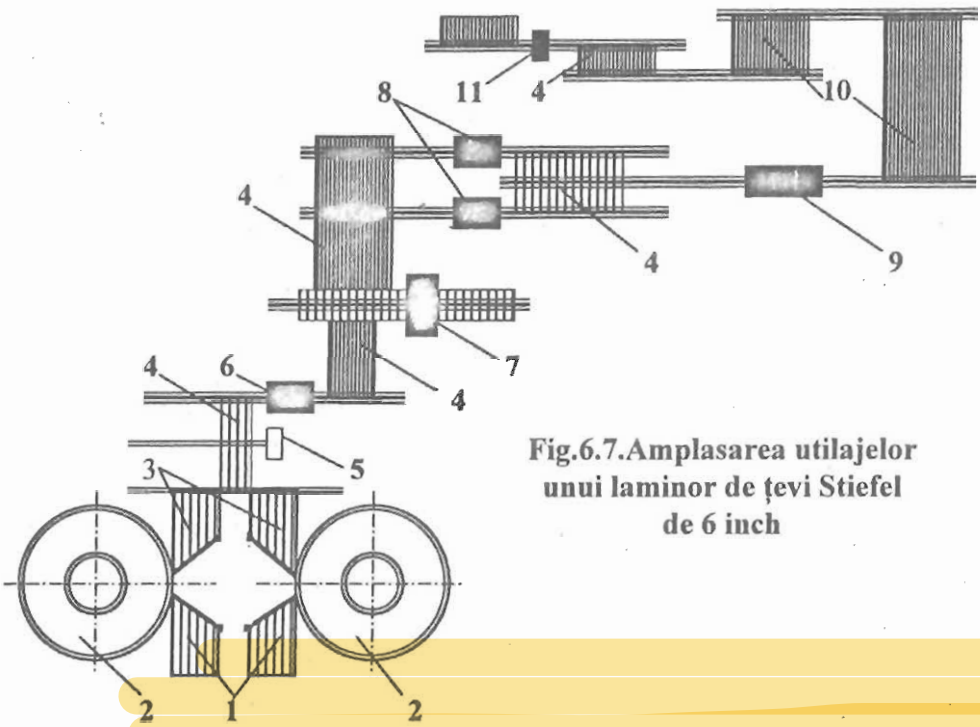


Fig.6.7.Amplasarea utilajelor unui laminor de ţevi Stiefel de 6 inch

Dopurile se poziţionează în zona de deformare astfel ca axa verticală ce trece prin centul calibrului să treacă şi prin mijlocul zonei cilindrice a dopului (dopul având două zone caracteristice, una tronconică şi alta cilindrică la bază, cu un diametrul corespunzător celui interior al ţevii).

In timpul laminării se răcesc cu apă atât cilindrii cât şi interiorul dopului şi tijei portdop.

După fiecare trecere, dopul pe care s-a efectuat laminarea se răceşte într-un bazin cu apă sărată. Prin evaporarea apei, pe dop rămâne depusă sare, care are rolul de a reduce coeficientul de frecare dintre dop şi peretele interior al ţevii în timpul laminării.

Temperatura eboşului de ţeavă înaintea laminării la caja duo-automată nu trebuie să fie mai mică de $1000^0\ C$, pentru a se realiza o reducere a grosimii peretelui în condiţii de bună deformabilitate a oţelului.

După laminarea la caja duo automată, ţeva are o grosime a peretelui prectic egală cu cea a ţevii finite şi un diametru exterior mai mare cu 2...20 mm., decât cel finit, în funcţie de numărul cajelor laminorului calibror.

In continuare, ţeava laminată la caja duo, se deplasează la una din cajele netezitor 8 , tot prin intermediul unui pat de transport transversal 4.

La cajele netezitor, se realizează prin laminare transversal-elicoidelă, cu cilindrii bitronconici cu un unghi de avans ß de $6...11^0$, netezirea suprafeţei exterioare şi interioare a ţevii, înlăturarea eventualelor ovalizări ale ţevii şi uniformizarea grosimii acesteia.

În timpul laminării la netezitor, care se execută tot pe dop, are loc o evazare a ţeavii, respectiv o creştere a diametrului exterior cu 5...6 % (grosimea peretelui rămânând practic constantă şi egală cu grosimea ţevii finite, iar lungimea ţevii reducându-se cu circa 3 %). Evazarea care are o valoare absolută de 1...12 mm., creşte pe măsură ce diametrul ţevii este mai mare şi grosimea peretelui este mai mică.

Laminarea la netezitor având o producţivitate redusă, linile de laminare sunt dotate cu două caje netezitor pentru ca această operaţie să nu reprezente un punct de strangulare în fluxul tehnologic al procesului de fabricaţie.

După laminarea la netezitor, ţeava se laminează în continoare la trenul continuu calibror 9 (sau reductor, de asemenea un laminor continuu), ultima operaţie de deformare la o linie cu laminor duo automat. Aceaste operaţii se aplică practic în aceleaşi condiţii indiferent de procedeul prin care se laminează eboşul de ţeavă obţinut prin perforare.

Prin laminarea la calibror se asigură precizia dimensională a diametrului exterior al ţevii finite, iar prin laminarea la reductor se obţin ţevi finite cu diametre exterioare mai mici

Laminorul calibror este format din 5...7 caje ireversibile amplasate în tandem şi cu regim de lucru continuu, acţionate în grup sau îndividual. Cilindrii cajelor sunt dispuşi cu axele la un unghi de 45^0 faţă de planul orizontal, iar între axele cilindrilor a două caje consecutive se formează un unghi de 90^0.

Pe tăblia cilindrilor este plasat un calibru oval cu raportul b/h ce scade de la prima spre penultima cajă în intervalul 1,10...1,05 , ultima cajă având calibrul perfect rotund.

Reducerea diametrului exterior al ţevii la calibror este descrescătoare de la prima la ultima trecere şi este cuprinsă în tre 1...3 mm. (1...5% din diametru), pe trecere (la ultima trecere reducerea diametrului este nulă). De asemenea laminarea se execută cu tracţiune în laminat (descrescătoare pe treceri) şi fără ghidaj interior.

Teava finită, obţinută după calibror, este trecută pe paturile de răcire 10 pentru răcire şi în final este îndreptată la rece pe o maşină cu role hiperbolice 11 , după care este trecută în ajustaj unde se execută şutarea şi debitarea ţevilor, refularea capului şi filetarea (în funcţie de destinaţia ţevilor), proba hidraulică, controlul de calitate, acoprtiri metalice sau nemetalice, etc.

6.2.3.Laminarea ţevilor prin procedeul cu laminor continuu

Instalaţile cu laminor continuu produc în general ţevi cu diametre sub 140 mm.şi sunt specializate pe un număr relativ mic de dimensiuni ale diametrului exterior dar cu o gamă largă în ceea ce priveşte grosimea de perete.

Tehnologia laminării la cald a ţevilor prin procedeul cu laminor continuu se va prezenta pentru cazul laminorului de 4,5 inch., prezentat schematic în figura 6.8 (laminor similar celui existând şi în dotarea S.C."SILCOTUB" Zalau).

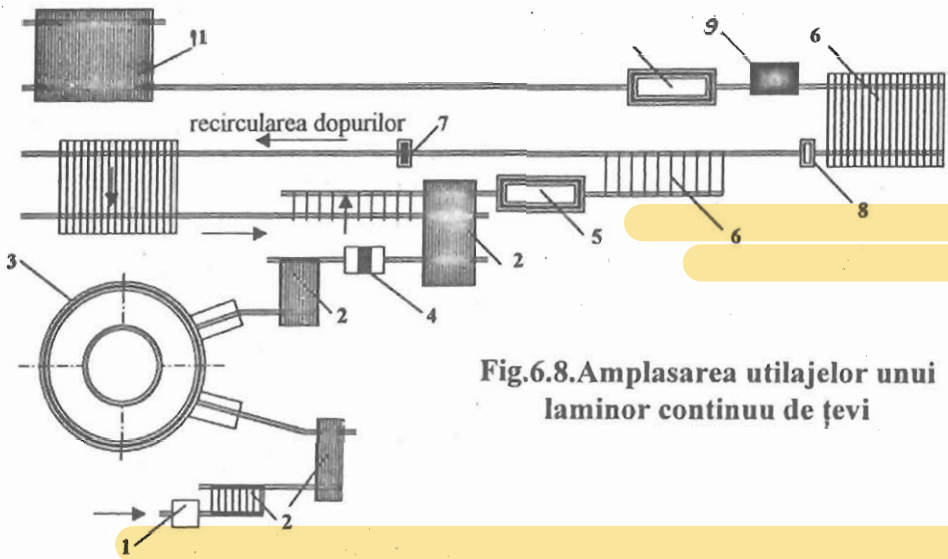


Fig.6.8.Amplasarea utilajelor unui laminor continuu de ţevi

Semifabricatul cântarit la cântarul din flux 1, este deplasat prin intermediul transportoarelor transversale 2 la cuptorul cu vatra rotativa 3. După încălzirea semifabricatului şi perforarea prin laminare transversal-elicoidală, la caja perforator 4 , eboşul oţinut este deplasat în continuare (în general prin rostogolire) prin intermediul paturilor de transport transversal 2 la trenul continuu de laminare 5.

In fata laminorului continu eboşul de ţeavă este blocat de un opritor excamotabil şi cu ajutorul unui dispozitiv hidraulic se introduce dornul pe care se va executa laminarea. Dornul a fost în prealabil răcit şi uns cu un lubrifiant pe bază de grafit sau fosfaţi.

Dornul cu o lungime mult mai mare decât eboşul se introduce în acesta în aşa fel încât capul său anterior sa depăşească capul eboşului cel puţin cu valoarea alungirii absolute a ţevii ΔL ce se va realiza în timpul laminării :

$$\Delta L = L_o(\lambda - 1)$$

în care: L_o este lungimea eboşului;

λ - coeficientul de alungire cu valori cuprinse între 2,5...7.

Eboşul împreună cu dornul se împinge pentru a fi prins între cilindrii primei caje tot cu ajutorul dispozitivului hidraulic cu care s-a introdus dornul în eboş.

Laminorul continuu este format din 7...9 caje duo ireversibile amplasate în tandem şi acţionate individual sau în grup. Cilindrii cajelor pot fi alternativ orizontali şi verticali sau înclinaţi la 45^0 faţă de orizontală şi la 90^0 faţă de perechea de cilindrii ai cajei anterioare.

Pe cilindrii este amplasat în general un singur calibru, rotund cu evazare spre salt sau oval şi cu un raport h / b ce creşte de la prima spre ultima cajă în intervalul 0,8...1,0. Calibrul rotund este preferat celui oval datorită faptului că prinderea eboşului în calibrul rotund are loc întâi pe părţile sale laterale şi în final pe zona de fund a calibrului, ceea ce conduce la îngreunarea deplasării materialului metalic pe direcţie transversală, acesta deplasându-se cu precădere în direcţie longitudinală mărind astfel alungirea ţevii. De asemenea calibrele rotunde asigură şi obţinerea unor ţevi cu dimensiuni precise , dar ca urmare a strângerii mai puternice ţevii pe dorn de către calibrele rotunde apar dificultăţi la extragerea dornului din ţeavă.

Reducerilor pe treceri, atât ale diametrului cât şi ale grosimii peretelui ţevii, sunt crescătoare la primele două treceri corspunzătoare unui coeficient de alungire ce variază între $\lambda = 1,2...1,55$ si a unui grad de reducere a grosimii peretelui de $\varepsilon_g = 30...45$ %, iar la următoarele treceri aceşti parametrii sunt continuu descrescători până la $\lambda_n = 1,02...1,005$ şi respectiv $\varepsilon_{g.n} = \varepsilon_{g.n-1} = 0$ %, la ultima cajă [8].

Laminarea se execută cu o viteză relativ mare, care creşte de la o cajă la alta (în concordanţă cu legea laminării continue: $v_i \cdot S_i = const.$) până la valori de 2...5 m/s la laminoarele cu acţionarea în grup a cajelor şi respectiv până la 3,5...6 m/s la laminoarele cu acţionare individuală a cajelor.

Tracţiunea în laminat este admisă pentru a se evita alunecarea ţevii pe dorn, dar cu valori moderate, deoarece laminarea cu tracţiuni mari produce o strângere puternică a ţevii pe dorn, îngreunând astfel extragerea dornului din ţeavă.

Cu excepţia ultimilor două treceri la care coeficientul de avans ($c_{..} = v_{i+1} \cdot S_{i+1} / v_i \cdot S_i$) este sub unitar ($c \sim 0,99$) producând astfel o evazare a ţevii prin comprimare axială între caje, uşurând astfel extragerea dornului din ţeavă, la celelalte treceri coeficientul de avans este descrescător între valorile 1,010... 1,005

După laminare, ţeava împreună cu dopul se deplasează prin intermediul unui transportor cu lanţuri 6 până la calea cu role a instalaţiei 7 de extragere a dornului, care funcţionează pe principiul bancului de tras cu lanţ Gall, care deplasează un cărucior cu cleştele ce prinde capul dornului, trăgându-l cu o forţă de până la 20 t.f. din ţeava, care este blocată de un opritor.

Dornurile extrase din ţeavă, cu o temperatură de 350...400^{0}C sunt răcite într-o baie cu apă până la temperatura de 70...100^{0}C sunt unse şi reintră în flux. In general laminoarele continue au circa 12...14 dornuri aflete simultan pe flux.

Ţevile din care s-au extras dornurile sunt şutate la capul anterior, deformat în timpul operaţiei de extragere a dornului, cu ajutorul unui fierăstrău circular 8 , sunt reîncălzite la o temperatură de 800...1100^{0}C într-un cuptor continuu tip tunel 9 , sau prin inducţie, după care se laminează la un laminor

reductor 10 cu 9...24 caje cu doi, trei sau patru cilindrii care formează calibrul rotund (Fig.6.9) prin care trece ţeava pentru reducerea diametrului.

Laminarea se execută fără ghidaj interior ("la gol"), grosimea peretelui varind relativ puţin. In general peretele ţevii se îngroaşe când raportul dintre grosimea peretelui (g) şi diametrul exterior al ţevii (D) este $g / D < 0,1$, deci în cazul ţevilor cu pereţi subţiri şi se subţiază în cazul ţevilor cu pereţi groşi ($g / D > 0,35$). Pentru ţevile cu pereţi de grosime medie ($g / D = 0,1...0,35$), variaţia grosimii peretelui depinde de reducerea aplicată în timpul laminării.

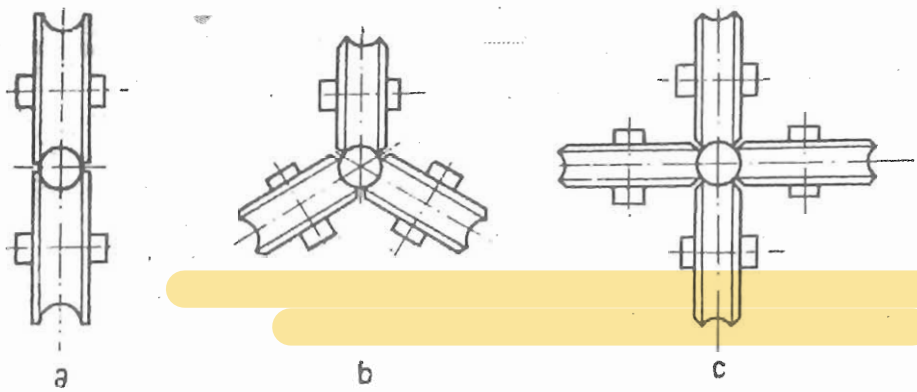


Fig.6.9. Dispunerea cilindrilor cajelor laminorului reductor:
a - cu doi cilindrii; b - cu trei cilindrii; c - cu patru cilindrii

Laminarea decurge în regim continuu cu viteze de până la 10...12 m/s, cu reduceri ale diametrului ε_i practic constante pe treceri (ε_i=3...5% la laminarea fără tracţiune în ţevă şi ε_i=7...12% la laminarea cu tracţiune în ţevă), cu excepţia primei treceri şi a ultimilor două la care reducerile diametrului au valorile [8]:

$$\varepsilon_1 = 0,5 \cdot \varepsilon_i = \varepsilon_{n-1} ; \qquad \varepsilon_n = 0$$

După laminarea la reductor ţevile trec pe patul de răcire 11 şi în continuare în ajustaj unde se execută aceleaşi operaţii care s-au menţionat în cazul procesării ţevilor cu laminor duo-automat

6.2.4.Laminarea ţevilor prin procedeul cu cajă Pilger

Instalaţile cu laminor Pilger produc în general ţevi cu caracteristici de rezistenta superioare si într-o gama dimensionala mult mai larga (ϕ 40...508 × 2,25...30 mm.) decât prin celelalte procedee de fabricare a tevilor fara sudura.

Tehnologia laminării la cald a ţevilor prin procedeul cu caja Pilger se va prezenta pentru cazul unui laminor de 20 inch., prezentat schematic în figura 6.10 (laminor similar existentând si în dotarea S.C."PETROTUB" Roman).

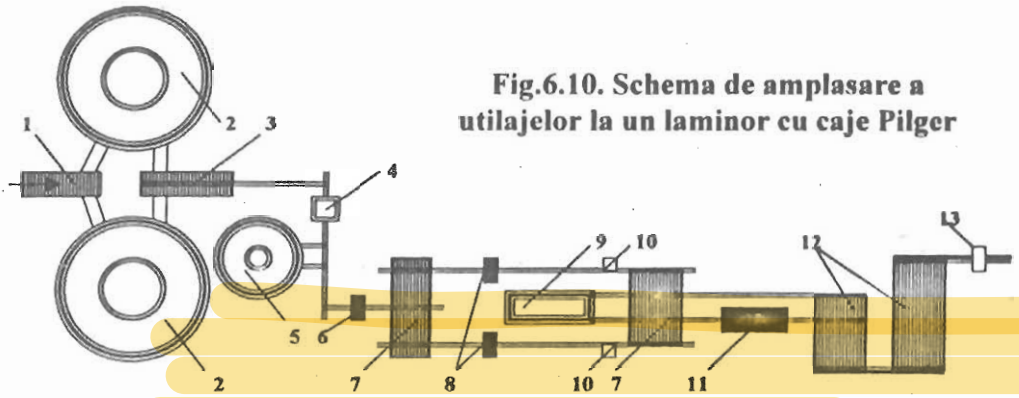


Fig.6.10. Schema de amplasare a utilajelor la un laminor cu caje Pilger

Semifabricatul (lingou, blum sau taglă în funcţie de mărimea laminorului) este adus pe masa de încărcare 1 a cuptoarelor cu vatră rotativă 2 , este încălzit si evacuat pe transportorul 3, este desţunderizat pe cale hidraulică şi este deplasat în continuare la o presă hidraulică verticală 4 , cu o forţa de presare de 8000...12000 kN unde se realizează perforarea, obtinându-se eboşul-pahar.

La această tehnologie se pot folosi şi semifabricate cu secţiune pătrată, care au un cost de fabricaţie mai redus decât al semifabricatelor cu secţiune rotundă. De asemenea la perforarea prin presare nu mai apar suprapuneri de material ca în cazul perforării prin laminare transversal-elicoidală.

Dacă eboşul are o temperatură prea joasă pentru executarea în condiţii bune a operaţiilor următoare din fluxul tehnologic de fabricatie, acesta se reîncălzeşte. la cuptorul 5.

In cazul ţevilor din oţeluri inoxidabile sau a unor oţeluri aliate cu destinaţie specială, ebosul-pahar obţinut prin perforarea lingourilor, se raceşte în vederea îndepărtării defectelor de suprafaţă prin cojire şi după aceia se reîncălzeşte .

La linile cu laminor Pilger, perforarea se poate executa şi prin laminare transversal-elicoidală, în care caz nu mai este necesară laminarea la laminorul elongator. Acest mod de perforare a semifabricatului se practică doar la laminoarele de dimensiuni mici.

Eboşul-pahar reîncălzit este deplasat până la laminorul elongator 6 unde i se introduce dopul (Fig.6.11) susţinut de o dornştangă a cărei cap posterior este la rândul său susţinut de un lagăr montat pe o sanie, prin intermediul căreia se deplasează pe direcţia de laminare şi se asigură regalarea în zona de deformare.

Elongatorul este un laminor cu cilindrii tronconici cu "creastă" (Fig.6.11) şi două liniale de tipul celor de la o cajă perforator, sau cu role libere (pentru închiderea calibrului şi susţinerea laminatului în zona de deformare), cu care se realizează o laminare transversal elicoidală a eboşului-pahar.

Unghiul de avans al cilindrilor este $\beta = 3...7^0$, iar alungirea ce se realizează corespunde unui coeficient $\lambda = 1,5...1,75$. Prin această laminare se obţine un eboş cu zona de fund perforată şi cu o precizie foarte mare a grosimii

peretelui. De asemenea prin laminarea la elongator se înlătură şi eventuala excentricitate a eboşului-pahar obţinută la perforarea prin presare.

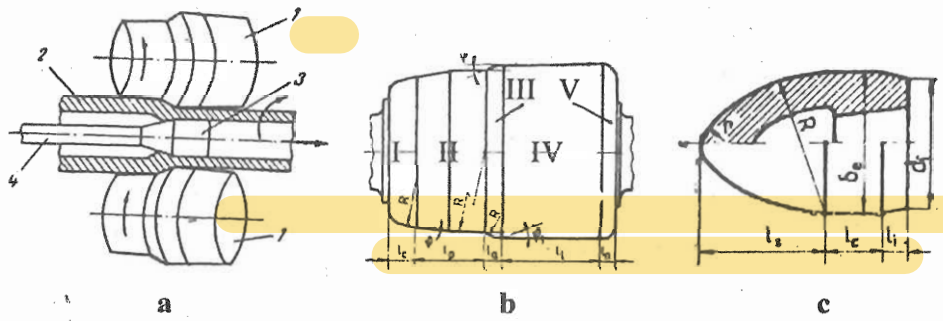


Fig.6.11.Zona de deformare (a), forma cilindrilor de lucru (b) şi a dopului (c) laminorului elongator:

1-cilindrii de lucru; 2-eboşul; 3-dopul; 4-tija portdop
I-zona de centrare a paharului; II-zona de lărgire a paharului şi de spargere a fundului acestuia caracterizată de unghiul $\varphi = 3...4^0$; III-zona de alungire a paharului (creasta) caracterizată de unghiul $\psi = 20...30^0$; IV-zona de laminare a paharului caracterizată de unghiul $\varphi_1 = 0...1^0$; V-zona de netezire a paharului.

Eboşul de ţeavă obţinut în urma laminării la elongator se deplasează prin rostogolirea pe patul de transfer 7 până în jghiabul de introducere a laminatului în una din cajele Pilger. Linile de laminare sunt înzestrate în general cu două caje de laminare Pilger, pentru a se asigura şi la operaţia de laminare o producţie specifică similară celorlalte operaţii din fluxul tehnologic de fabricaţie.

Din jghiabul de introducere a laminatului eboşul este ridicat cu ajutorul unui dispozitiv hidraulic până la nivelul axei de laminare al cajei, iar un alt dispozitiv de avans, introduce dornul în eboş şi astfel începe procesul de laminare.

Caja de laminare Pilger este duo ireversibilă cu cilindrii orizontali ce se rotesc în sens invers sensului în care are loc deformaţia principală de alungire a ţevii.

Pe cilindrii de lucru ai cajei este un calibru periodic cu secţiune rotundă, a cărei rază variază continuu pe circonferinţa cilindrului (Fig.6.12). Acest calibru este format pe circonferinţa cilindrului din două zone principale: *zona de lucru* şi *zona liberă*. La rândul ei zona de lucru pe care are loc laminarea ţevii se divide în trei părţi [8]:

– partea de prindere şi laminare a eboşului, delimitată de un unghi $\theta_p \leq 60...75^0$ şi cu o rază variabilă de la ρ_p la ρ_c;

– partea de calibrare, pe care se realizează dimensiunile finale ale ţevii şi care este delimitată de un unghi $\theta_c \leq 85...120^0$, şi cu o rază constantă ρ_c ;

– partea de ieşire a calibrului, delimitată de un unghi $\theta_i \leq 10...30^0$ şi cu o rază variabilă de la ρ_c la ρ_i, pe care ţeava este eliberată de acţiunea cilindrilor de

lucru şi care realizează o trecere treptată între partea de calibrare şi zona liberă a calibrului.

Zona liberă a calibrului, pe parcursul căreia are loc avansul eboşului între cilindrii, simultan cu rotirea acestuia cu 90^0 în jurul axei proprii, este delimitată de un unghi θ_l cu valoarea: $\theta_l = 360^0 - (\theta_p + \theta_c + \theta_i) = 155...165^0$ şi are o rază variabilă de la ρ_i la ρ_p

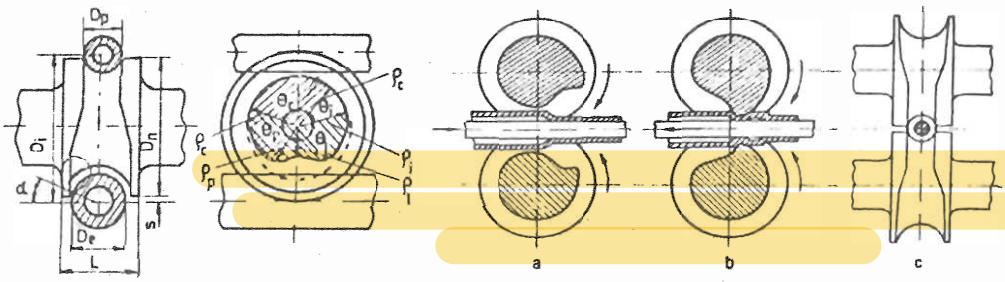


Fig.6.12. Forma şi zonele caracteristice ale cilindrilor cajei Pilger şi modul de laminare în momentul în care are loc avansul (a) şi când începe laminarea (b,c).

Laminarea pa caja Pilger, după cum rezultă şi din figura 6.13 , are loc în patru etape:

- **etapa I** - cilindrii prezintă deschiderea maximă a calibrului (zona liberă) permiţând introducerea eboşului (cu dornul în interior), sau efectuarea avansului cu un pas, simultan şi cu rotirea ţevii cu 90^0.

Avansul eboşului la fiecare tură a cilindrilor, în funcţie de grosimea peretelui ţevii are în general următoarele valori:

- 20...25 mm. pentru ţevi cu grosimea peretelui de 8...10 mm.;
- 25...40 mm. pentru ţevi cu grosimea peretelui de 15...25 mm.;

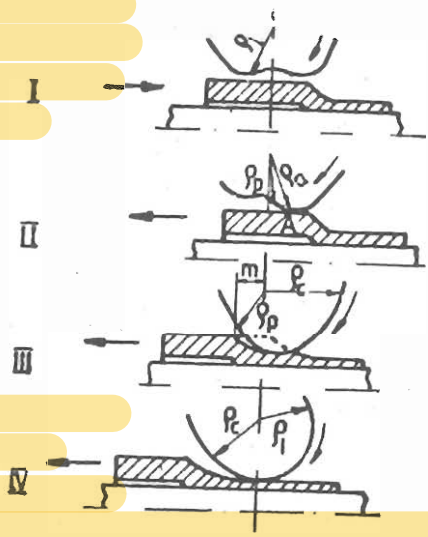


Fig.6.13.Etapele laminării pe cilindrii cajei Pilger

- **etapa II** - prinderea eboşului în punctul A , căruia îi corespunde raza ρ_a cu o valoare dată de inegalitatea $\rho_p < \rho_a < \rho_c$.

Odată cu această etapă începe procesul de laminare şi cilindrii de lucru vor imprima laminatului o mişcare înapoi;

- **etapa III** - se realizează reducerea diametrului eboşului pe lungimea de avans cu o valoare de până la 100...170 mm., ceea ce corespunde unui coeficient de alungire $\lambda = 8...15$, în funcţie de diametrul şi grosimea peretelui ţevii ce se lamineză. Deplasarea înapoi a eboşului continuă;

• **etapa IV** - laminarea continuă pe partea de calibrare a cilindrilor, obținându-se pentru tronsonul de țeavă corespunzător avansului, dimensiunile finale.

Laminarea se execută cu o turație a cilindrilor de lucru de la 30 rot/min. în cazul laminoarelor mari, până la 300 rot/min., în cazul laminoarelor mici.

Procesul de laminare continuă în același mod, pas cu pas până ce eboșul este laminat pe toată lungimea sa, cu excepția unei zone de cap de 300...750 mm. în funcție de diametrul cilindrilor și al eboșului.

După terminarea laminării la caja Pilger, se extrage dornul din țeavă, prin retragerea căruciorului dispozitivului de avans, iar țeavii i se șutează cu ajutorul unui fierăstrău 10, capul nelaminat.

Dornul folosit este scos din dispozitivul de avans și se rostogolește în jgheabul de răcire cu apă, iar pentru laminarea următoarei țevi se va folosi un alt dorn, preluat din jgheabul de răcire, dorn răcit și uns cu un lubefiant pe bază de grafit sau de fosfați.

In premiza că țeava nu va mai fi laminată în continuare la calibror sau reductor, de pe patul de transfer 7 se va deplasa direct la paturile de răcire 12 , după care țevile sunt îndreptate la mașina cu role hiperbolice 13.

Țevile ce se vor deforma în continuare la laminorul calibror 11 , se vor reîncălzi în prealabil la o temperatură de 900...950^{0}C, într-un cuptor continuu tip tunel sau într-un cuptor cu vatră înclinată pentru rostogolirea țevilor 9.

Calibrarea țevilor se execută pe un tren continuu de laminare cu 5...7 caje, similar celor prezentate la tehnologiile anterioare de laminare la cald a țevilor.

Calibrarea se poate executa și pe o singură cajă duo reversibilă, în mai multe treceri pe calibre rotunde, cu rotirea țevii cu 90^0 după fiecare trecere. În acest caz după calibrare se execută îndreptarea la cald (la 650...750^{0}C) a țevilor, printr-o singură trecere la o mașină de îndrepptat cu trei role hiperbolice.

Operațiile de ajustaj la rece, cu care se încheie procesarea țevilor obținute prin laminare, sunt similare cu cele menționate la tehnologiile prezentate în subcapitolele anterioare.

6.2.5.Laminarea țevilor prin procedeul cu cajă cu trei cilindrii

Instalațile cu laminor cu trei cilindrii (Assel) produc în general țevi cu pereți groși, cu un raport D/g de până la 12, cu o precizie dimensională ridicată (toleranțe ± 0,5% la diametru și 5...7% la grosimea de perete) și într-o gamă dimensională mai largă (ϕ 24...200 × 6...50 mm.) decât prin celelalte procedee de fabricare a țevilor fără sudură.

Tehnologia laminării la cald a țevilor prin procedeul cu cajă cu trei cilindrii se va descrie pentru cazul laminorului prezentat schematic în figura 6.14 (laminor similar existentând și în dotarea S.C." ARTROM" Slatina).

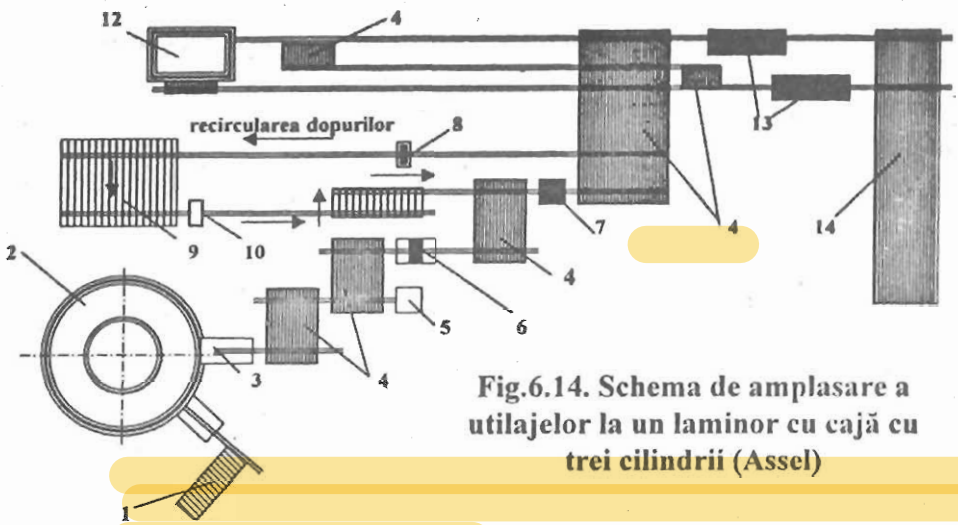


Fig.6.14. Schema de amplasare a utilajelor la un laminor cu cajă cu trei cilindrii (Assel)

Semifabricatele destinate laminării ţevilor prin acest procedeu sunt ţaglele cu secţiune rotundă, debitate şi aduse pe patul de alimentare 1 al cuptorului de încălzire cu vatră rotativă 2. In continuare, ţaglele încălzite la o temperatură de 1150...1200^{0}C , sunt evacuate din cuptor cu ajutorul unei maşini de descărcare cu cleşte orizontal 3 iar prin intermediul paturilor de trecere 4 sunt deplasate la instalaţia de amborare 5 şi apoi la operaţia de perforare executată prin laminare transversal-elicoidală pe o cajă cu cilindrii bitronconici 6 de tipul celei folosite şi la procedeul Stiefel.

În eboşul obţinut prin perforare se introduce dornul de laminare (cu o lungime de 8...12 m.) cu ajutorul unui dispozitiv cu sanie pentru depalasare şi reglare axială şi lagăr de susţinere şi asigurarea rotirii şi astfel eboşul cu dorn se împinge pentru a fi prins între cilindri cajei 7.

Caja de laminare are trei cilindrii dispuşi în vârfurile unui triunghi imaginar şi care sunt înclinaţi faţă de axa de laminare cu un unghi $\varphi = 6,5...7,5^0$ şi respectiv cu un unghi de avans $ß = 4,5...7,5^0$ (Fig.6.15), acţionaţi de un singur motor electric prin intermediul unui reductor de construcţie specială.

Cilindrii de laminare (Fig.6.16) sunt caracterizaţi de următoarele zone [8]:

– **zona I** - conul de prindere cu un u..ghi faţă de axul cilindrului $\alpha_p = 4...4,5^0$;

– **zona II** - coama cilindrului,pe care are loc reducerea maximă a grosimii peretelui eboşului, cu un unghi faţă de axa cilindrului $\alpha_c = 35...49^0$. Înălţimea coamei este sub 10 mm. pentru ţevi cu raportul $D/g \geq 6$ şi de 9...12,5 mm. pentru ţevi cu raportul $D/g < 6$, ceea ce asigură o reducere a diametrului exterior al ţevii de 25...40 mm., respectiv un coeficient de alungire de 1,3...3,5;

– **zona III** - conul de laminare cu un unghi faţă de axul cilindrului $\alpha_k = 6,5...7,5^0$, dar cu generatoarea sa paralelă cu axul ţevii;

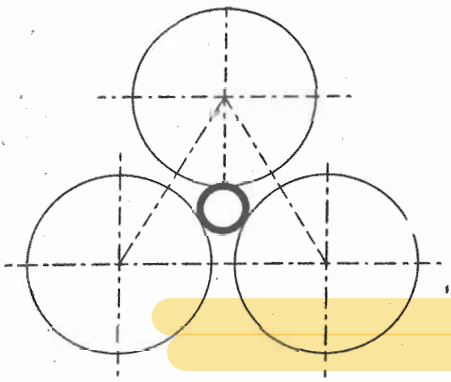


Fig.6.15. Schema de amplasare a cilindrilor laminorului Assel

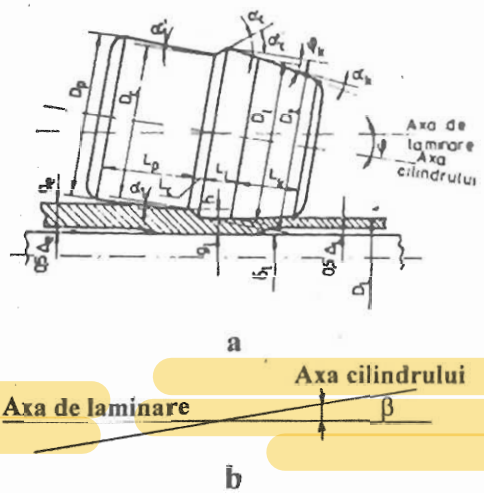


Fig.6.16.Forma cilindrilor (a) şi unghiul de avans ß (b) la laminorul cu trei cilindrii

– **zona IV** - conul de calibrare cu un unghi faţă de axul cilindrului $\varphi_k = 5...6^0$ la laminoarele moderne, pe care se realizează şi o mică evazare a ţevii ce va uşura operaţia următoare de extragere a dornului din ţeavă.

Distanţa dintre cilindrii laminorului Assel şi axa de laminare este reglată individual cu motoare electrice sincronizate, astfel ca deplasarea celor trei cilindrii să se facă simultan şi cu aceiaşi cotă.

Ţeava laminată intră între cilindrii cu viteza v_i şi iese dintre cilindrii cu o viteză mai mare şi egală cu $v_e = \lambda \cdot v_i$, ceea ce face ca dornul să se deplaseze cu o viteză de circa două ori mai mare ca a eboşului, apărând astfel alunecări între dorn şi ţeavă (λ fiind coeficientul de alungire al laminării).

După laminare se execută scoaterea dornului din ţeavă cu extractorul 8 , care este un dispozitiv similar cu bancul de deformare prin tragere la rece a barelor sau ţevilor, (cu o forţă de 250...300 kN). In continuare dornul este răcit şi lubrefiat pentru a reintra în flux, iar ţeava după o reîncălzire la temperatura de 1100^{0}C , într-un cuptor în general cu vatră păşitoare, se deformează la unul din cele două laminoare calibror 13. Se folosesc laminoare calibror (sau reductor) similare cu cele descrise la la procedeele prezentate mai sus, cât şi calibror cu o singură cajă cu trei cilindrii tronconici, dispuşi în acelaşi mod ca şi cilindrii cajei de laminare Assel, cilindrii (fig.6.17) caracterizati de următoarele zone [8]:

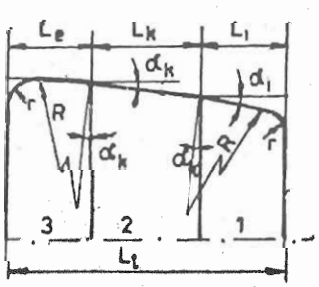


Fig.6.17. Forma cilindrilor laminorului calibror cu trei cilindrii

– **zona 1** - conul de prindere cu un unghi faţă de axul cilindrului $\alpha_p = 2...4^0$;
– **zona 2** - conul de calibrare cu un unghi faţă de axul cilindrului $\alpha_c = 6,5...7,5^0$;
– **zona 3** - conul de ieşire cu un unghi faţă de axul cilindrului $\alpha_i = 1...2^0$;

Cei trei cilindrii ai calibrorului sunt reglaţi cu un unghi dintre axul lor şi axa de laminare de $\varphi = 6,5...7,5^0$ şi un unghi de avans $\beta = 4,5...7,5^0$.

Caja calibror execută prin laminare transversal-elicoidală (fără dorn) o reducere a diametrului exterior al ţevii cu 1...3 mm., cu menţinerea constantă a grosimii peretelui, obţinută la laminarea pe cajă Assel.

După calibrare ţevile trec pe patul de răcire 14, iar de aici sunt duse în ajustajul la rece, unde se execută aceleaşi operaţii ca şi în cazul tehnologiei cu laminor duo-automat.

6.2.6. Deformarea ţevilor prin procedeul cu banc împingător

Instalaţile cu banc împingător (Strossbank) produc în general ţevi cu pereţi subţiri, într-o gama dimensionala relativ largă (ϕ 66...219 × 3...8 mm.)., ţevi cu o calitate ridicată a suprafeţei lor interioare şi destinate în general pentru construcţii şi instalaţii,

Deformarea la cald a ţevilor prin procedeul cu banc împingător se va prezenta pentru cazul liniei de procesare redată schematic în figura 6.18 (linie similară existentând şi în dotarea S.C."Republica" S.A. - Bucureşti şi S.C."PETROTUB" S.A - Roman, aflate însă în conservare).

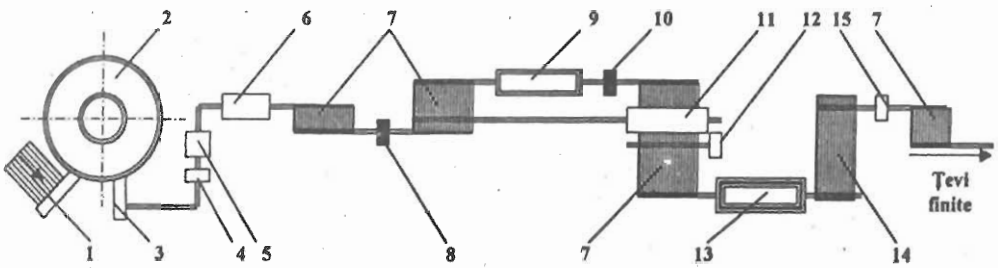


Fig.6.18. Schema de amplasare a utilajelor la un laminor cu banc împingător

Semifabricatele destinate laminării ţevilor prin acest procedeu sunt ţaglele cu secţiune pătrată cu latura egală cu a = (1,35...1,8)·D (în care D este diametrul ţevii finite), debitate şi aduse pe patul de alimentare 1 al cuptorului de încălzire cu vatră rotativă 2. In continuare, ţaglele încălzite la o temperatură de 1200...1280^{0}C , sunt evacuate din cuptor cu ajutorul unei maşini de descărcare cu cleşte orizontal 3 , iar în continuare sunt deplasate la presele de calibrat 4 şi de perforat 5, de unde în final se obţine eboşul-pahar în condiţiile prezentate în capitolul 6.2.1.

Eboşul obţinut prin perforare la presă este reîncălzit în cuptorul 6 la o temperatură de 1210...1250^{0}C , în funcţie de calitatea oţelului, cuptor care poate fi cu vatră rotativă sau înclinată, sau cuptor cu inducţie. În continuare prin intermediul patului de trecere 7 eboşul-pahar este alungit la laminorul elongator 8 , în condiţii similare cu cele prezentate la procedeul de laminare cu cajă Pilger, dar fără străpungerea fundului paharului. Coeficientul de alungire la această operaţie de laminare varind între 1,5...2,5.

Eboşul-pahar alungit şi cu un diametru exterior redus cu circa 35...40 mm este deplasat prin intermediul altui pat de trecere 7 , până în jghiabul de intrare al bancului împingător 9 , unde temperatura eboşului nu trebuie să fie sub1150^{0}C.

In faţa bancului împingător se introduce dornul în eboşul-pahar şi sprijinându-se pe fundul acestuia (cu o grosime de 35...55 mm.), este impins împreună cu eboşul prin filierele bancului, cu ajutorul unui dispozitiv cu cremalieră, care asigură o viteză de 2...5 m/s.

Pentru evitarea flambării dornului şi a tijei portdorn acestea sunt susţinute în axul filierelor bancului împingător de o serie de ghidaje fixe şi mobile, evitându-se astfel îndoirea dornului şi obţinerea unor ţevi excentrice.

Filierele bancului împingător, în număr de până la 25 pot fi fixe sau cu role reglabile împărţite în 5...6 grupe.

In cazul bancurilor cu filiere cu role (fig.6.19.a), filierele sunt împărţite în general în şase grupe a câte două filiere cu excepţia ultimei grupe, care are trei filiere, deci în total 13 filiere.

Prima filieră a fiecărei grupe este cu role cilindrice, iar celelalte au role calibrate. Dacă se folosesc numai role calibrate la toate filierele, acestea sunt în număr de 20...25, din care primele 15 filiere sunt fixe iar celelalte sunt reglabile.

Coeficienţii de alungire pe treceri (filiere) variază între 1,03...1,06 la prima şi la ultima filieră şi între 1,23...1,26 la celelalte filiere.

In cazul bancurilor cu filiere fixe (matriţe)-fig.6.19.b.reducerea diametrului eboşului este de 1,5...2 % la primele două filiere, de 2...3 % la filierele 3...n-2 , de 1,5 % la filiera n-1 şi de 1 % la ultima filieră, ceea ce corespunde la un coeficient mediu de alungire pe treceri de 1,09...1,11 şi respectiv unui coeficient total de alungire de 16...20.

Deformarea prin filiere fixe poate avea loc doar prin două filiere simultan, pentru a se evita apariţia unor forţe de împingere prea mari care ar putea produce spargerea de către dorn a fundului eboşului. Din această cauză

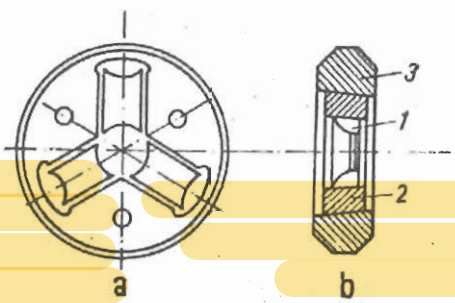


Fig.6.19.Aspectul filierelor cu role (a) şi fixă (b) pentru bancul împingător:
1-filiera propriu-zisă; 2- inel intermediar; 3- şaiba de sprijin

filierele fixe trebuie amplasate pe bancul împingător la anumite distanţe l_i bine stabilite, astfel încât imediat după ce capul posterior al ţeavi a ieşit de exemplu din filiera i–1 , capul ei anterior să intre în filiera i+1.

Distanţa l_i (Fig.6.20) se determină pe baza relaţiei volumului constant al ţevii între filierele i–1 şi i+1 :

$$V = S_{i-1} \cdot l_{i-1} = S_i \cdot l_i$$

de unde rezultă: $$l_i = (V / S_i) - \lambda_i \cdot l_{i-1} .$$

Acest calcul se efectuează din aproape în aproape admiţând distanţă dintre primele două filiere de circa 300 mm.

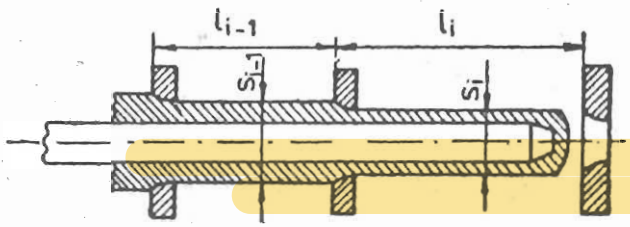


Fig.6.20.Schema de amplasare a filierelor fixe pentru deformarea prin două filiere simultan

La ultimile treceri se admite şi deformarea simultană şi în trei filiere, având în vedere reducerile mai mici aplicate şi creşterea rezistenţei oţelului ca urmare a răcirii.

Ţeava obţinută la bancul împingător se deplasează în continuare la caja expanzitor 10, unde prin laminare transversal-elicoidală se obţine o creştere a diametrului ţevii cu circa 3 % respectiv cu 1,5...4 mm., grosimea peretelui rămânând însă constant, ceea ce va permite o extragere uşoară a dornului din ţeavă. În acelaşi timp prin această operaţie se realizează şi o netezire a suprafeţei exterioare a ţevii.

Extragerea dornului din ţeave execută la instalaţia 11 , la care ţeava este imobilizată de către un dispozitiv mecanic sau hidraulic, iar dornul se trage din ţeavă cu o viteză de circa 1...1,5 m/s., prin prinderea gulerului acestuia de către o furcă montată pe un lanţ Gall fără sfârşit.

Pentru extragerea dornului se poate folosi şi o instalaţie de tipul bancului de tragere.

Ţeava eliberată de dorn, se deplasează în continuare la fierăstrăul circular 12 , pentru a i se şuta zona corespunzătoare fundului eboşului-pahar, după care se reîncălzeşte la o temperatură de 900...950^{0}C şi se deformează la laminorul continuu calibror sau reductor 13 , în aceleaşi condiţii ca şi la celelalte procedee de laminat ţevi la cald prezentate în subcapitolele anterioare.

În final ţevile se răcesc pe patul de răcire 14, sunt debitate la fierăstăul 15 şi trec în ajustaj unde se execută operaţiile menţionate şi în cazul celorlante tehnologii de laminat ţevi la cald.

6.3.- Tehnologia de laminare la rece a ţevilor

Laminarea la rece a ţevilor din oţel sau metale şi aliaje neferoase se execută pentru realizarea unuia din următoarele scopuri [19]:

- obţinerea unor ţevi cu dimensiuni mici (diametre D < 25 mm. şi grosimi de perete g < 3 mm., respectiv cu rapoarte D/g < 5 sau D/g > 28), care prin laminare la cald nu se pot realiza;
- realizarea de ţevi cu toleranţe dimensionale foarte restrânse;
- obţinerea unor ţevi cu proprietăţi mecanice ridicate, ca urmare a procesului de ecruisare ce are loc în timpul laminării la rece;
- obţinerea de ţevi cu o calitate superioară a suprafeţelor exterioară şi interioară.

Ţevile obţinute prin laminare la rece sunt destinate în general pentru: construcţii, sondeze geologice, procesarea inelelor de rulmenţi, cazane schimbătoare de căldură, cât şi pentru instalaţiile din industria chimică şi alimentară. Pentru aceste destinaţii se *laminează în general* ţevi cu diametrul exterior cuprins între 6...140 mm. şi o grosime de perete cuprinsă între 1...16 mm.

Fluxul tehnologic pentru realizarea ţevilor prin laminare la rece are următoarele faze principale:

– pregătirea ţevilor semifabricat destinate laminării la rece;
– laminarea la rece;
– tratamente termice intermediare şi finale;
– ajustarea, controlul şi expediarea ţevilor finite.

6.3.1. Pregătirea ţevilor semifabricat în vederea laminării la rece

Eboşele de ţeavă folosite ca semifabricat pentru laminarea la rece se obţin de la orişice procedeu de laminare la cald a ţevilor cât şi de la extrudare la cald şi au în general diametre cuprinse între 30...200 mm. şi grosimi de perete de 4,5...25 mm.

Pregătirea eboşelor de ţeavă destinate laminării la rece, constă în următoarele operaţii:

– **controlul de calitate al ţevilor**, se execută de obicei doar la ţevile cu destinaţie specială, având în vedere că ţevile finite laminate la cald, din care se obţin şi eboşele pentru laminarea la rece, sunt supuse controlului înainte de a fi livrate altei secţii sau altui beneficiar. Controlul de calitate al ţevilor destinate relaminării la rece se limitează în special la aspectul suprafeţei exterioare, având în vedere că orişice defect de suprafaţă existent pe eboş se va transmite şi ţevii finite laminate la rece, pe o suprafaţă mult mai mare;

– **tratamentul termic primar** de recoacere, ce se execută la o temperată deasupra punctului Ac_3 pentru oţelurile hipoeutectoide, sau deasupra punctului Ac_1 pentru oţelurile hipereutectoide, atunci când eboşul de ţeavă laminat la cald prezintă o structură de deformare la cald grosolană sau neomogenă sau un oarecare grad de ecruisare, ca urmare a unei temperaturi de sfârşit de laminare prea joasă.

La oţelurile cu până la 0,3 % C tratamentul termic de recoacere se poate înlocui cu o normalizare, care este şi mai productivă (viteza de răcire fiind mai mare) şi asigură şi caracteristici superioare de deformabilitate.

În cazul oţelurilor inoxidabile austenitice, pentru a se asigura caracteristicile de deformabilitate necesare laminării la rece, se aplică un tratament termic de punere în soluţie, prin care la încălzire se va realiza dizolvarea carburilor în masa de austenită, iar prin răcire bruscă nu se va mai produce precipitarea carburilor la limitele de grăunte, ceea ce asigură o bună capacitate de deformare la rece a oţelului.

– **îndreptarea eboşelor de ţeavă**, care în urma laminării la cald sau a tratamentelor termice primare nu prezintă o rectilinitate corespunzătoare operaţiilor următoare.

Îndreptarea ţevilor semifabricat destinate laminării la rece se efectuează în general pe maşini cu role hiperbolice, asigurându-se valori ale săgeţii sub 3 mm./m., la care nu se vor crea probleme privind intoducerea dornului pe care se va efectua laminarea, în interiorul ţevii.

Odată cu îndreptarea ţevilor semifabricat, prin îndoiri succesive în diferite plane se obţine şi un proces de îndepărtare mecanică (parţială) a ţunderului existent pe suprafaţă acestor ţevi.

– **debitarea ţevilor semifabricat** la lungimi corespunzătoare caracteristicilor laminoarelor, astfel ca lungimea iniţială a semifabricatului (după debitare) amplificată cu valoarea coeficientului de alungire realizat în timpul laminării, să nu dea o valoarea a lungimii ţevii laminate la rece mai mare decât permite spaţiul aferent laminorului, sau care să nu reprezinte un multiplu al lungimii de livrare al ţevii finite.

Debitarea se execută cu discuri abrazive dacă grosimea peretelui ţevii este sub 5 mm., sau prin aşchiere la grosimi de perete mai mari de 5 mm., cât şi în cazul ţevilor din oţeluri martensitice sau autocălibile, pentru a se evita apariţia unor eventuale fisuri ca urmare a încălziri locale din zona debitării.

– **prelucrarea suprafeţelor** exterioară sau interioară a ţevilor semifabricat destinate laminării la rece a unor ţevi, pentru anumite domenii de vârf ale industriei,care au prescripţii severe privind calitatea suprafeţelor. Această prelucrare este mecanică şi se realizează prin cojire, dacă stratul de material metalic ce trebuie îndepărtat de pe suprafaţă ţevii are o grosime de peste 1 mm. sau prin polizare pentru grosimi mai mici ale stratului de material ce trebuie îndepărtat. Operaţia de polizare se execută şi după cojire, când suprafaţa obţinută prin cojire nu prezintă gradul de prelucrare corespunzător cerinţelor.

Cojirea exterioară se realizează pe maşini specializate cu capete rotative cu mai multe cuţite aşchietoare, dar se pot folosi şi strunguri obişnuite pentru realizarea acestei operaţii.

Cojirea interioară (alezarea) se execută doar la ţevi cu diametrul interior de peste 40 mm., folosindu-se un alezor cu mai multe plăcuţe aşchietoare, care se roteşte şi avansează în interiorul ţevii prin intermediul unei tije portalezor.

Polizarea, prin care se îndepărtează eventualele ondulații de pe suprafețele țevilor semifabricat, cât și defectele cu adâncimi mai mici de 0,5 mm., se efectuează cu ajutorul unor discuri abrazive a căror viteze periferice trebuie să fie de peste 20 m/s. și în sens invers rotirii țevii ce se polizează.

– **decaparea** se aplică țevilor laminate la cald sau tratate termic, care nu au fost supuse unei prelucrări mecanice de suprafață și care prezintă pe suprafața lor un strat de oxizi (țunder). Această operație este în general discontinuă, se execută pe cale chimică și constă în imersarea pachetelor de țevi din oțeluri carbon și slab aliate, în băi cu soluții de acid sulfuric (concentrație 15...20 %) sau acid clorhidric (concentrație 18...25 %).

Temperatura soluțiilor de decapare este de max.75^{0}C pentru H_2SO_4 și respectiv max.40^{0}C pentru HCl , iar timpul de decapare variază între 15...50 min.

In cazul țevilor semifabricat din oțeluri inoxidabile și refractare, decaparea se efectuează ca și în cazul benzilor pentru laminarea la rece, în două etape respectiv o predecapare timp de 30...60 min. în săruri topite la 430...470 ^{0}C formate dintr-un amestec de 65...75 % NaOH, 20...30 % $NaNO_3$ și 3...5 % NaCl (băi Hooker), urmată de decaparea finală în soluții de acizi sulfuric sau clorhidric.

În cazul când stratul de oxid de pe suprafața țevilor semifabricat din oțeluri inoxidabile este relativ subțire decaparea se poate efectua și într-o singură etapă, folosindu-se diferite amestecuri de acizi (tabelul 6.1).

Tabelul 6.1

Caracteristicile unor soluții pentru decaparea oțelurilor inoxidabile [19]

Compoziția soluției	Temperatura băii, ^{0}C	Timpul de decapare, min.	
		cu predecapare	fără predecapare
5...10 % HNO_3 1...2 % HF	20...60	5...15	30...40
15...25 % HNO_3 20...50 % HCl	60...70	5...10	15...30
15...25 % H_2SO_4 20...50 % HNO_3	66...82* 21...60	5...15 –	30...40 30...40
* decaparea are loc în două etape cu spălare intermediară intensă			

Operația propriu-zisă de decapare a țevilor semifabricat laminate la cald este precedată de o spălare cu apă pentru indepărtarea eventualelor substanțe și materiale antrenate pe suprafața țevilor în timpul transportului sau depozitării și care ar putea contamina băile de decapare.

După decaparea chimică țevile semifabricat sunt supuse spălării intense cu apă curentă în două etape, și anume întâi cu apă rece și apoi cu apă caldă, urmată de depunerea purtătorului de lubrefiant, spălare din nou în aceleași două etape, lubrefierea și uscarea țevilor.

– **depunerea purtătorului de lubrefiant,** reprezintă operația prin care pe suprafața țevilor decapate și spălate se depune un film subțire de un anume

material cu o capacitate mare de aderenţă pe suprafaţa ţevilor şi care are şi proprietatea de a reţine pe suprafaţa sa lubrefiantul pentru deformare.

Pentru realizarea stratului purtător de lubrefiant, cel mai eficient şi mai des folosit material este fosfatul de zinc, iar operaţia de depunere se numeşte fosfatare.

Fosfatarea se aplică oţelurilor carbon şi aliate cu până la max. 5% Cr şi se realizează prin imersarea ţevilor timp de 7...10 min. pentru oţel carbon şi 15...30 min.pentru oţeluri aliate, într-o baie a cărei soluţie are temperatura de 65...75^{0}C şi următoarele compoziţii [19 , 20]:

A- acid fosforic	15...16 g/litru;	B- oxid de zinc	0,9...1,5 %
- monofosfat de zinc	35...27 g/litru;	- acid fosforic	0,8 %
- azotat de zinc	24...27 g/litru;	- acid azotic	1,2...1,8 %
- azotat de sodiu	~ 0,4 g/litru.		

Grosimea stratului de fosfat obţinut în urma acestui tratament chimic estede circa 12 μm

Pentru oţelurile înalt aliate cu minimum 10 % Cr purtătorul de lubrefiant este un strat de oxalat feros, care se obţine prin imersarea ţevilor timp de 10...15 min. într-o baie a cărei soluţie are temperatura de 45...65^{0}C şi următoarea compoziţii [21]:

- acid oxalic 24 g/litru;
- oxalat feros 12 g/litru;
- bicromat de potasiu 3,5 g/litru;
- clorură de sodiu 200 g/litru

Grosimea stratului de oxalat obţinut în urma acestui tratament chimic estede circa 7...15 μm.

Ca purtători de lubrefiant, în special la ţevile din oţeluri greu deformabile la rece, se mai folosesc (destul de rar însă) şi pelicule metalice de plumb sau cupru.

Plumbul se depune pe suprafaţa ţevilor prin imersarea acestora într-o baie de plumb topit, iar cuprarea ţevilor se realizează prin imersarea lor, timp de circa 4 min., într-o baie acidă de sulfat de cupru, încălzită la 20...40^{0}C.

– **lubrefierea** prin care se obţin valori reduse ale coeficientului de frecare în zona de contact dintre laminat şi cilindrii de lucru ai cajei de laminare.

Lubrefierea se poate executa direct la cajă în timpul laminării sau ţevile sunt aduse la caja de laminare cu un strat de lubrefiant depus prin imersarea în baia de lubrefiant, urmată de uscare.

Lubrefianţii frecvent folosiţi la laminarea la rece a ţevilor din oţel sunt următorii [19 ,20 , 21]:

– pentru ţevi din oţeluri carbon şi slab aliate

- pentru laminarea la caje cu cilindrii tip Pilger
  - 40...45 % ulei de ricin şi 60...55 % talc;
  - 50 % ulei mineral şi 50 % grafit
  - 60...80 % acizi graşi polimerizaţi şi 40...20 % talc ;
  - 70...80 % ulei de ricin şi 30...20 % oxid de zinc;
  - 85...90 % unsoare consistentă şi 15...10 % grafit;
  - 90 % săpun şi 10 % talc;

- 100 % parox (parafină oxidată cu aer la 140^{0}C în prezenţa catalizatorului MnO_4K prin care va creşte cantitatea de acizi graşi din parafină)

• pentru laminarea la caje cu role
- 80 % ulei de ricin şi 20 % oxid de zinc;
- emulsie din 5...20 % uleiuri minerale şi activatori în apă
- emulsie din 20% săpun cu 60 % grăsimi

– pentru ţevi din oţeluri inoxidabile
- 45...55 % parafină clorurată (cu 40...55 % clor) în amestec cu 20...40 % ulei mineral 3...4 % ulei de soia şi 1...2 % activator (sulfonat de bariu);
- ulei mineral cu 1...5 % disulfură de molibden;
- clorcauciuc şi parafină clorurată (în raport de 5/1) în tetraclorură de carbon sau percloretilenă ca solvent.

6.3.2. Laminarea la rece a ţevilor

Laminarea ţevilor la rece se realizează pe dorn pentru a se reduce:

• diametrul şi grosimea peretelui ţevii în cazul laminoarelor *Pilger* simbolizate KPW (Kaltpilgerwalzwerke) după germani sau HPT (Holodnaia Prokatka Trub) după documentaţia rusească.

• grosimea peretelui (în special) în cazul laminoarelor cu role simbolizate KRW după germani sau HPTR după documentaţia rusească.

Laminoarele tip Pilger sunt formate dintr-o cajă tip duo cu cilindrii neacţionaţi, rotirea lor fiind asigurată de mişcarea du-te-vino a cajei, prin intermediul unor roţi dinţate montate pe axele cilindrilor ce angrenează între ele iar cea de pe cilindrul inferior sau superior angrenând şi pe o cremelieră montată pe cadrul laminorului. Mişcare du-te-vino a cajei se realizată prin intermediul unui mecanism bielă-manivelă.

O variantă constructivă pentru acest tip de laminoare, în special în cazul laminoarelor pentru ţevi de diametre mari, este reprezentată în figura 6.21, la care mişcarea du-te-vino nu o mai realizează intreaga cajă, ci doar cilindrii cu lagărele laminorului.

In felul acesta masa în mişcare se reduce de circa trei ori, respectiv de la circa 20...25 t. la 7,3 t., de exemplu în cazul unui laminor tip HPT 120, deci pentru ţevi cu diametrul maxim de 120 mm.

In afara cajei de laminare, laminorul mai are în dotare şi un mecanism ce asigură avansul şi rotirea ţevii semifabricat, astfel:

– la poziţia extremă din spate a cajei, când cilindrii laminorului prezintă calibrul cu diametrul maxim, se realizează avansul şi rotirea ţevii semifabricat în jurul axei proprii, cu un unghi de 60...90^0. Valoarea avansului variază în funcţie de mărimea laminorului între 1...30 mm.

– la poziţia extremă din faţă a cajei, când cilindrii laminorului prezintă calibrul cu diametrul minim, se realizează din nou rotirea ţevii semifabricat.

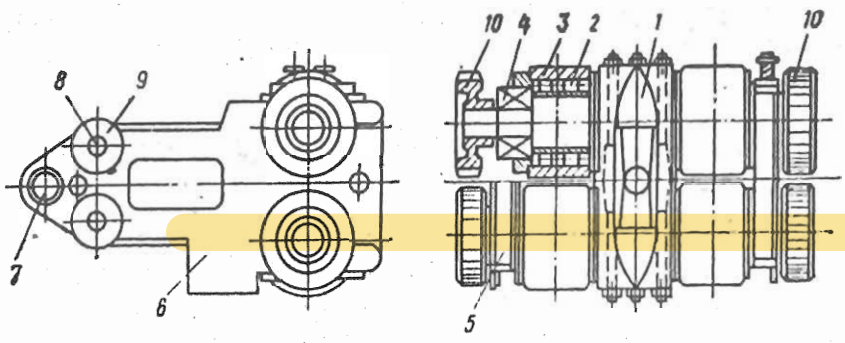


Fig.6.21.Caseta cu cilindrii de laminare a unei caje tip HPT:
1-cilidrii cajei; 2-3-lagăre cu rulmenţi ai cilindrilor; 4-lagăre cu role conice pentru preluarea solicitărilor axiale; 5-caseta în care se fixează rulmenţii 4; 6-rame în care se fixează întreg ansamblu cilindrii-lagăre; 7-bucşa în care se fixează biela mecanismului care asigură mişcarea du-te-vino a casetei cu cilindrii; 8-axul pe care se găsesc rolele 9 prin intermediul cărora caseta se deplasează pe ghidajele cajei; 10- roţi dinţate care angrenează cu cremalierele fixate pe cadrele cajei, asigurând rotirea cilindrilor.

Laminarea se execută printr-o cursă dublă (du-te-vino), între cilindrii laminorului, care au pe circonferinţă un calibru periodic corespunzător unui unghi de 185...214^0 şi un dorn conic, fix în zona de laminare (Fig.6.22), reducându-se atât diametrul, cât şi grosimea ţevii. Numărul de curse duble pe minut ale cajelor de tip Pilger variază în general între 55...240.

Reglarea diametrului exterior şi a grosimii peretelui ţevii finite la valorea cerută se realizează după laminarea şi măsurarea primei ţevi, prin deplasarea înainte sau înapoi a dornului în raport cu poziţia calibrului, prin intermediul unui surub de reglare a tijei portdorn, pentru reglarea grosimii peretelui şi prin modificarea distanţei dintre cilindrii pentru reglarea diametrului ţevii.

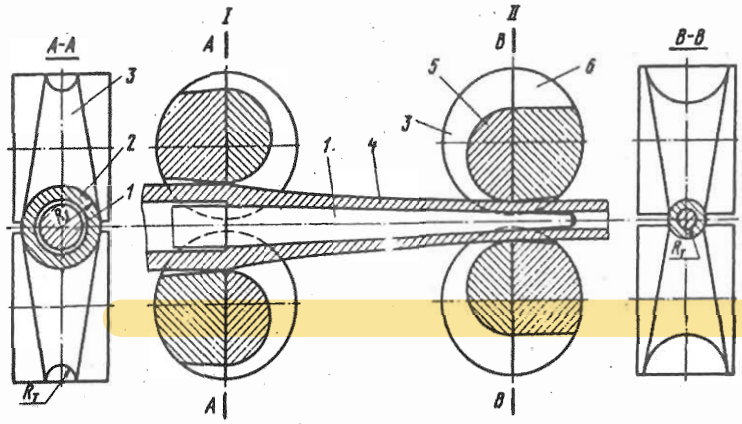
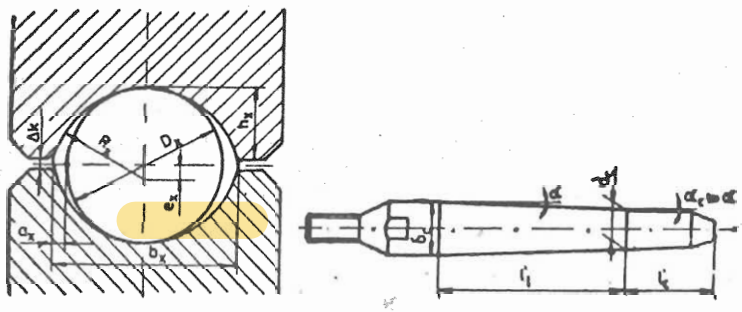


Fig.6.22.-Schema laminării la rece a ţevilor pe o cajă tip Pilger
I-secţiunea corespunzătoare poziţiei extreme din spate a cajei; II- secţiunea corespunzătoare poziţiei extreme din faţă a cajei: 1-dornul; 2-ţeava semifabricat; 3-calibrul periodic; 4-ţeava laminată pe parcursul unui ciclu; 6-cilindrul de lucru pe care este fixat calibrul 5; R_S - raza exterioară a semifabricatului; R_T - raza exterioară a ţevii laminate.

Valorile maxime ale reducerii pe parcursul unui ciclu sunt următoarele [8]:

- reducerea absolută a diametrului ţevii: $\Delta D = 20...35$ mm.
- reducerea relativă a grosimii peretelui ţevii: $\Delta g = 60...70$ %
- reducerea relativă a secţiunii ţevii: $\delta_S = 80...85\%$
- coeficientul de alungire: $\lambda = 2{,}5...4$.

Forma şi dimensiunile calibrului şi dornului între care are loc laminarea la cajele tip Pilger sunt prezentate în figura 6.23.



a b

Fig.6.23.- Forma şi dimensiunile calibrului (a) şi dornului (b) pentru cajele tip Pilger [8]:

$D_x = d_x + g_x$; $R_x = 0{,}5 \cdot D_x + e_x$; $b_x = D_x + [(2{,}5...0.2)$ mm.] ; $h_x = 0{,}5 \cdot [D_x - \Delta_k]$;

$a_x = 0{,}5 \cdot (b_x - D_x)$; $d_x = d_t + 2 \cdot (1 - x) \cdot tg\alpha - \Delta_k$; $\Delta_k = 0{,}3...1$ mm.;

$\delta_c = d_t + 2 \cdot l_l' \cdot tg\alpha$; $d_c = d_t$; $2 \cdot tg\alpha = 0{,}01...0{,}03$;

l_l' şi l_c' depind de lungimile corespunzătoare ale calibrului periodic.

Dimensiunile recomandate ale diametrului ţevii semifabricat în funcţie de diametrul ţevii finite se dau în tabelul 6.2, iar succesiunea trecerilor de la un diametru la altul se prezintă în figura 6.24 [8].

Tabelul 6.2

Dimensiunile recomandate pentru ţevile semifabricat destinate laminării la rece

ϕ ţavă finită, mm.	89	76	57	51	41	51	38	38	32	28	22
ϕ ţavă semifabricat, mm.	102	89	83			76	68	57			
ϕ ţavă finită, mm.	32	32	28	25	27	24	22	20	19	18	17
ϕ ţavă semifabricat, mm.	51	48		46	38				32		

Laminoarele cu role permit obţinerea de ţevi cu pereţi foarte subţiri (până la 0,1 mm.) şi cu un raport D/g de până la 150, prin deformarea foarte intensă a peretelui ţevii, reducerea de grosime ajungând până la 75 % şi o reducere foarte mică a diametrului exterior al ţevii, de doar 2...4 mm. În ansamblu reducerea de secţiune la laminarea pe caje cu role variază între 50...80%, ceea ce corespunde unui coeficientul de alungire de $\lambda = 2...5$.

Laminoarele cu role (Fig.6.25) sunt formate dintr-o bucşe cilindrică 3 ce se poate deplasa du-te-vino pe batiul laminorului, prin intermediul a patru role. In interiorul acestei bucşe-cărucior este montată bucşa 10 cu trei degajări la 120^0 în care se găsesc penele 13 şi plăcile de sprijin profilate 12 (5) , pe care rulează

rolele de lucru 11 , ce execută deformarea ţevii 2 pe dornul 4 fix, în timp ce bucşa separator 14 culizează în bucşa 10.

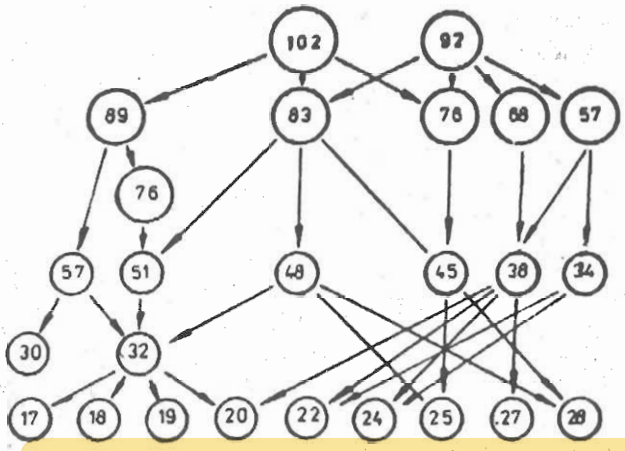


Fig.6.24.Succesiunea pe treceri a diametrului exterior al ţevilor laminate la rece

Atât bucşa cărucior, prin intermediul tirantului 8, cât şi bucşa separator prin intermediul prelungitorului tubular 6 şi 7, sunt antranate independent în mişcarea du-te-vino de la aceiaşi pârghie 9 şi de la mecanismul bielă manivelă 1.

Numărul de curse duble pe minut ale bucşei-cărucior variază în general între 60...130.

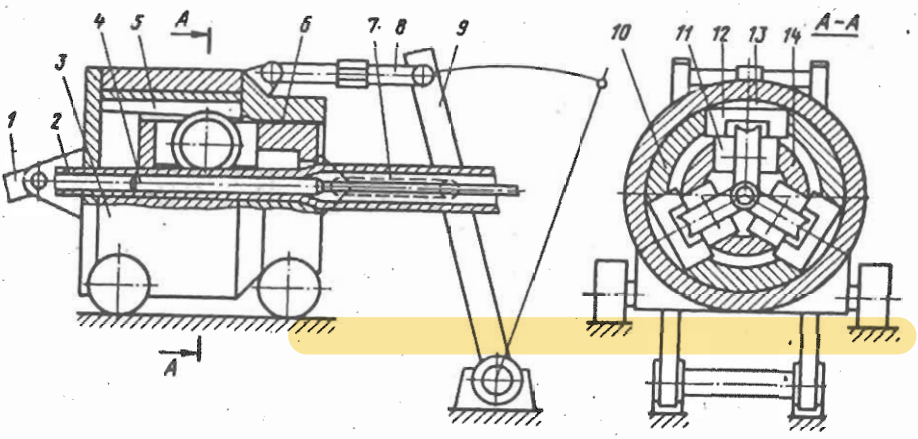


Fig.6.25.-Caja de lucru a unui laminor cu role

Diferenţa existentă între lungimea braţului pârghiei 9 la cărucior şi la bucşa separator, va conduce la apariţia unor viteze de deplasare diferite, a acestora, respectiv bucşa separator va avea o viteză practic jumătate din viteza bucşei cărucior. Ca urmare a acestei diferenţe de viteză între bucşa separator şi bucşa cărucior, rolele 11 vor parcurge intreg profilul plăcilor de sprijin,

deformând astfel ţeava pe dorn. Când rolele ajung la capul de cursă anterior, calibrul format de role are deschiderea maximă şi rolele nu mai sunt în contact cu ţeava. În acest moment ţeava semifabricat avansează cu un pas, iar inpreună cu dornul se şi roteşte cu un unghi de 60^0. Marimea avansului la o cursă a laminoarelor cu role variază între m =1,3…9 mm.

Modul în care se efectuează deformarea la un laminor cu role este prezentat în figura 6.26, iar forma şi dimensiunile principalelor scule de deformare ale laminoarelor cu role sunt redate în figura 6.27.

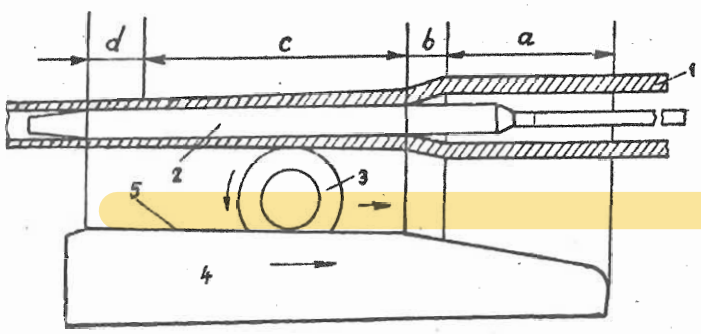


Fig.6.26.-Principiul deformării ţevii la un laminor cu role:
1-ţeava semifabricat; 2-dornul; 3-rola de lucru; 4-placa de sprijin;
a-zona de avans şi rotire a ţevii; b-zona de reducere a diametrului ţevii;
c-zona de reducere a grosimii peretelui; d-zona de calibrare

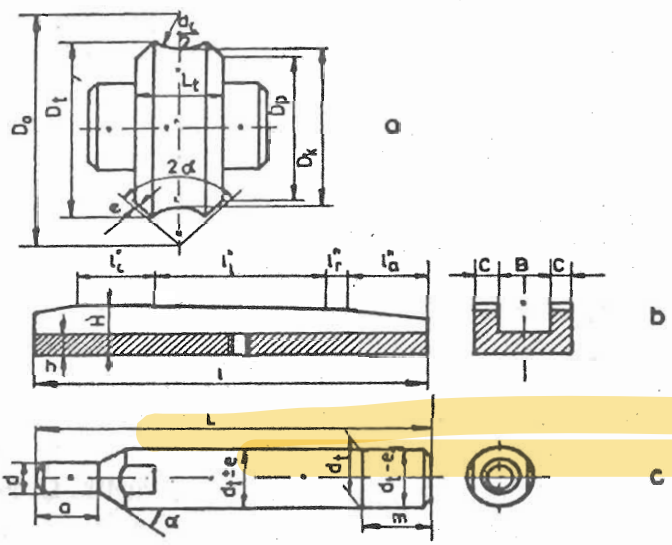


Fig.6.27.-Forma şi principalele dimensiuni ale sculelor de deformare ale laminoarelor cu 3 role:

a - rola de laminare: $D_k = D_o - d_t$; $D_t = D_o - 0{,}5 \cdot d_t - (0{,}5 \ldots 0{,}8$ mm.) ; $2\alpha = 120^0$; $L = 1{,}216 \cdot d_t$;

b- placa de sprijin: $l = L_{bc} / [1+(D_k/d_{fus})_{max}]$; $l_a'' = (0{,}2 \ldots 0{,}3) \cdot l$; $l_r'' = 10 \ldots 12$ mm.;
$l_i'' = 0{,}4 \cdot l$; $l_c'' = (4 \ldots 5) \cdot m \cdot \lambda$;

c- dornul: L = 280…650 mm.; m = 20…50 mm.; e = 0,02…0,1 mm.; $\alpha = 15 \ldots 30^0$

In afara acestor două tipuri constructive de caje pentru laminarea la rece a ţevilor, care au cea mai mare răspândire în uzinele producătoare de ţevi, au mai fost realizate şi date în exploatare (dar cu o răspândire relativ mică) şi următoarele tipuri de laminoare [19]:

– **laminorul tip Singer**, precursor al laminoarelor KRW, este format dintr-o casetă ce execută mişcarea alternativă du-te-vino (circa 150 curse/min.), în care sunt montate rigid trei role la 120^0.

Un astfel de laminor poate procesa ţevi cu pereţi de grosime cuprinsă între 0,6...2,5 mm., asigurând reduceri de secţiune (pe dorn) de până la 90%.

În timpul laminării diametrul interior al ţevii nu se reduce, ci din contra creşte într-o oarecare măsură.

Laminorul Singer asigură o precizie şi o calitate foarte bună a ţevilor însă într-o gamă dimensională mai îngustă.

– **laminorul tip Aetna-Standard,** conceput de de firma americană cu acelaşi nume, este caracterizat de prezenţa a două role profilate, ce asigură deformarea ţevii pe dorn şi alte două role de sprijin (ca în cazul cajelor cuarto), montate într-o casetă ce execută mişcarea du-te-vino (prin intermediul unui mecanism bielă-manivelă) în interiorul cadrelor fixe ale cajei.

Caracteristic acestui tip de laminor este şi faptul că se pot lamina simultan 2...5 ţevi, pentru care rolele calibrate corespunzătoare sunt montate pe câte un ax comun, la extremitate cărora se găsesc roţi dinţare, care prin angrenare asigură rotirea cilindrilor.

La acest laminor se pot asigura reduceri de secţiune de până la 85%, iar ţevile obţinute au o precizie dimensională ridicată ca urmare a rigidităţii mari a cajei laminorului.

– **laminorul planetar,** reprezintă o construcţie relativ complicată, similară celei pentru laminarea la cald a benzilor. Din această cauză laminoare planetare pentru procesarea la rece a ţevilor nu se întâlnesc decât foarte puţin în practica industrială, cu toate că pot realiza reduceri ale secţiunii de până la 90 %, iar ţevile laminate prezintă o precizie dimensională ridicată, ca urmare a rigidităţii mari a cajei de laminare.

Laminorul este format din doi cilindrii de sprijin de diametre mari ce se rotesc în sensul laminării, iar în jurul acestora se găsesc un număr de role identic calibrate, care se rotesc în sens invers sensului de laminare, asigurând fiecare deformarea pe dorn a ţevii, ca şi în cazul laminorului Pilger.

Laminarea este discontinuă, respectiv între două role consecutive există o mică perioadă de timp în care ţeava nu este supusă deformării. In acest timp se produce avansul şi rotirea cu 90^0 a ansamblului ţeavă-dorn.

– **laminorul cu role excentrice,** realizează o deformare transversal elicoidală pe dorn a ţevii semifabricat, prin intermediul suprafeţei interioare a două role ce se rotesc excentric în jurul ţevii, reducând din aproape în aproape diametrul şi grosimea peretelui ţevii, în timp ce aceasta avansează.

Rolele sunt defazate între ele cu un unghi de 180^0 şi prezintă pe suprafaţa interioară un anume profil, prin care se realizează deformarea (Fig.6.28).

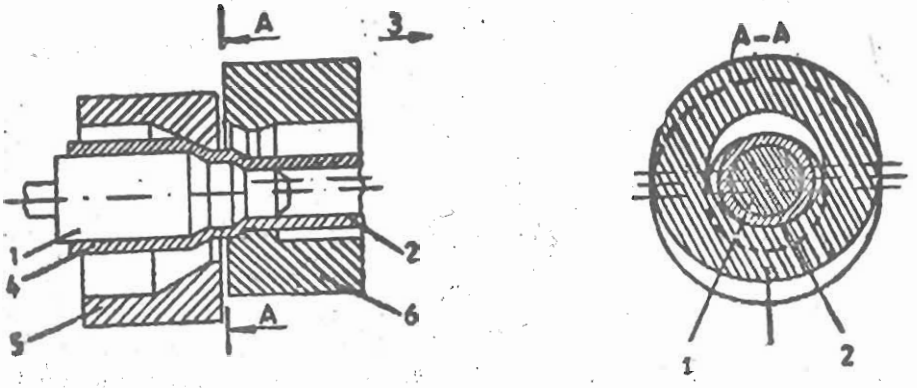


Fig.6.28.-Schema laminării la rece a ţevilor pe o instalaţie cu role excentrice:
1-dornul; 2-ţeava finită; 3-direcţia de laminare; 4-ţeava semifabricat;
5- prima rolă excentrică; 6- a doua rolă excentrică

– **laminorul tip Lodge-Shiple** (Fig.6.29), realizează tot o deformare transversal elicoidală a ţevilor între dorn şi trei role cu un profil tronconic în trepere, care se rotesc în jurul ţevii, reducându-i atât diametrul cât şi grosimea peretelui.

Ţeava este ţinută de la extremităţi de câte o mandrină, care asigură avansul longitudinal continuu al ansamblului ţeavă-dorn, în concordanţă cu rotirea rolelor de laminare

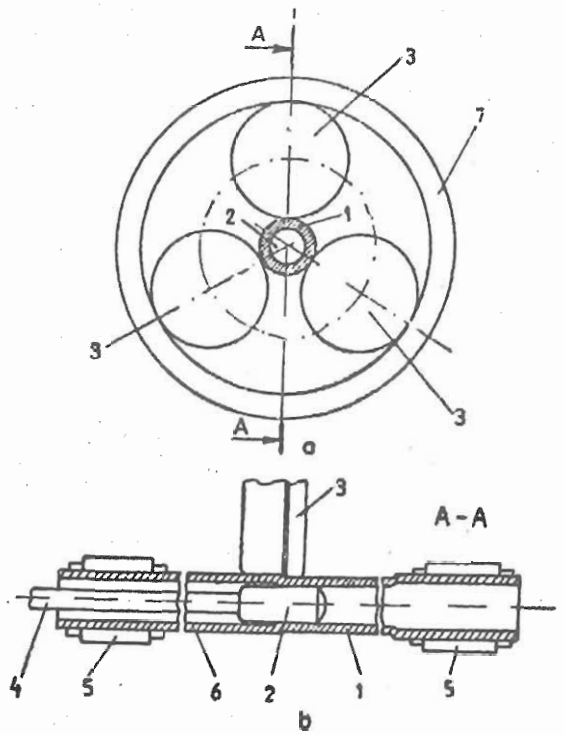


Fig.6.29.- Schema laminării la rece a ţevilor pe o instalaţie Logde-Shiple
1-ţeava finită; 2-dorul; 3-rolele de laminare; 4-tija portdorn;
5- mandrine de prindere a ţevii;
6-ţeava semifabricat

6.3.3.- Tratamente termice intermediare şi finale aplicate ţevilor laminate la rece

Tratamentele termice intermediare aplicate ţevilor laminate la rece, au scopul de a îndepărta starea de ecruisare a materialului, obţinută în urma deformării şi asigurarea acestuia caracteristicile de deformabilitate care să-i permită continuarea laminării la rece.

Pentru ţevile din oţeluri carbon, slab şi mediu aliate cât şi pentru ţevile din majoritatea metalelor şi aliajelor neferoase, tratamentul termic intermediar aplicat este recoacerea de recristalizare, care se realizează în cazul ţevilor din oţel printr-o încălzire la o temperatură înferioară punctului Ac_1 (650...710^{0}C).

În cazul oţelurilor inoxidabile austenitice, tratamentul termic intermediar este acelaşi cu cel aplicat ca tratament termic primar pentru ţevile semifabricat, respectiv tratamentul termic de punere în soluţie. Acelaşi tratament se aplică acestei grupe de oţeluri şi ca tratament termic final.

Pentru principalele mărci de oţeluri ce se lamineză la rece în ţevi, tratamentele termice primare, intermediare şi finale ce se recomandă a se aplica sunt prezentate în tabelul 6.3

Tabelul 6.3

Tratamente termice aplicate ţevilor din oţel laminate la rece [19]

Marca oţelului	Tipul tratamentului temic		
	primar	intermediar	final
OLT35, OLT35K, OLT45, OLT45K, 15Mo3	(N)	R_c, N, R_{in}	R_c, N, R_{in}, R_r
OLT35R, OLT45R	(N)	R_c, N, R_{in}	N
OLT65, 44Mn11	N, R_{in}, (R_g)	R_c, N	R_c, N, R_{in}, (N+R)
Rul 1, Rul 2	R_g	R_c	R_c, R_g
14MoCr10, 12MoCr22, 13VMoCr10	N, N +R, R_g	R_c, N, N+R	N+R
12MoCr50	N +R	R_c, R_{in}	N+R, C+R
20VNiMoCr120	R, C+R	R_c, C+R	C+R
10Ni35	N	R_c, R_{in}	N
2NiCr185, 2MoNiCr175, 12NiCr180, 10TiNiCr180, 10TiMoNiCr175	P_s	P_s	P_s
8TiCr170	R, R_{in}	R_r, R_{in}	R_{in}, R_{in}+R

N–normalizare (încălzire la Ac_3 + 30...50^{0}C - răcire în aer); R_c–recoacere completă (încălzire la Ac_3 +20...50^{0}C la oţelurile hipoeutectoide - răcire lentă sau încălzire la Ac_1 +20...50^{0}C la oţelurile hipereutectoide - răcire lentă); R_{in}–recoacere incompletă (încălzire la 740...800^{0}C-răcire lentă); R–revenire (încălzire sub Ac_1 a oţelurilor cu structură de călire); R_r–recristalizare; R_g–recoacere de globulizare (încălzire sub Ac_1 - răcire lentă); P_s–punere în soluţie; C–călire (încălzire peste Ac_3 - răcire bruscă)
Operaţiile trecute în paranteze au o frecvenţă de aplicare redusă

Incălzirea ţevilor în vederea tratamentelor termice se execută discontinuu în cuptoare cameră sau tip oală, cât şi în regim continuu în cuptoare tunel cu role.

Cuptoarele pot fi cu gaze naturale sau electrice, cu sau fără atmosferă de protecţie şi cu încălzire directă sau îndirectă.

6.3.4.- Ajustarea, controlul şi expediarea ţevilor finite

In cadrul fazei tehnologice de ajustare a producţiei de ţevi finite obţinute prin laminare la rece (dar şi la cald) sunt cuprinse următoarele operaţii:

• **îndreptarea** pe maşini cu role hiperbolice sau la prese cu excentric (prin contracurbarea ţevilor cu diametre mari şi foarte mari).

Prin indreptarea pe maşini cu role hiperbolice, pe lângă asigurarea rectinilităţii cerute ţevilor finite, se obţine şi reducerea eventualelor ovalizări şi rugozităţi ale acestora. De asemenea prin această îndreptare se obţine şi o îmbunătăţire a proprietăţilor mecanice ale ţevilor, în sensul că ţevilor în stare recoaptă rezistenţa le creşte, iar celor în stare ecruisată rezistenţa le scade într-o oarecare măsură.

• **şutarea şi debitarea** ţevilor finite se execută pentru:

– îndepărtarea capetelor ţevilor laminate care prezintă în general anumite defecte de configuraţie sau abateri dimensionale mari;

– îndepărtarea anumitor porţiuni din ţeavă cu defecte locale;

– obţinerea de probe pentru încercări mecanice sau tehnologice;

– asigurarea lungimii de livrare a ţevilor în concordanţă cu cerinţele standardelor sau comenzilor.

Pentru şutarea şi debitarea ţevilor laminate la rece se folosesc:

- maşini de retezat prin aşchiere, la care ţeava este fixă şi sculele aşchietoare se rotesc în jurul ţevii, sau în alte variante constructive, ţeava se roteşte şi sculele aşchietoare sunt fixe;

- ferăstraie cu discuri din oţel dandurate, cu bandă circulară sau cu bandă liniară, care realizează tăierea tot printr-un proces de aşchiere. Dintre acesrea, primul tip de ferăstraie sunt cele mai folosite, în timp ce celelalte tipuri se folosesc în special pentru prelevarea de probe, sau pentru ţevi profilate sau agabaritice.

Şutarea şi debitarea ţevilor la ferăstraie cu discuri se practică în general pentru diametre sub 168 mm. şi grosimi ale peretelui sub 6 mm.

În cazul ţevilor de diametre mici, debitarea acestora la lungimile de livrare se poate efectua şi cu ţevile legate în pachgete;

- ferăstraie cu discuri abrazive din carbură de siliciu (corindon), se folosesc din ce în ce mai mult pentru şutarea şi debitarea ţevilor cu diametra sub 100 mm. şi grosimi ale peretelui între 4,5...9 mm.

Debitarea cu discuri abrazive se practică de obicei pentru ţevi din oţeluri carbon moi şi inoxidabile austenitice şi se va evita la debitarea ţevilor din oţeluri cu conţinut ridicat de carbon, oţelurilor de scule şi oţelurilor autocălibile, deoarece temperatura în zona de tăiere depăşeşte valoarea punctului Ac_1, iar la răcire ca urmare a transformării martensitice pot apare fisuri.

După şutare sau debitare, indiferent de metoda folosită pentru tăiere, ţeva prezintă bavuri pe suprafaţa secţionată. Pentru îndepărtarea acestor bavuri, ţevile

sunt supuse operaţiilor de debavurare, care pentru ţevile de diametre mari se execută prin aşchiere, iar pentru ţevile de dimensiuni mici prin broşare.

• **acoperiri de protecţie**, care se practică în special contra coroziunii atmosferice ce poate apărea în timpul transportului sau depozitării ţevilor.

Acoperirea se execută pe suprafaţa exteioară şi eventul şi la interiorul ţevilor, cu anumite produse petroliere, grăsimi sau lacuri, prin imersarea ţevilor în băi cu respectivele produse încălzite la o temperatură de 40...65^{0}C, sau prin pulverizare, când se doreşte acoperirea doar a suprafeţelor exterioare ale ţevilor.

Pentru această acoperire se folosesc în general următoarele materiale:

- uleiuri minerale cu o grosime a stratului de 2...20 μm., pentru o perioada de max.15 zile de protecţie anticorosivă;
- lacuri anticolosive pe bază de smoale sintetice cu o grosime a stratului de 10...40 μm., pentru o perioada de 3...9 luni de protecţie anticorosivă;
- grăsimi minerale, animale sau uleiuri sigative cu o grosime a stratului de 10...20 μm., pentru o perioada de 6...12 luni de protecţie anticorosivă;
- săpunuri sau unsori minerale cu o grosime a stratului de 10...60 μm., pentru o perioadă de 6...24 luni de protecţie anticorosivă.

• **controlul tehnic de calitate** care se efectuează înaintea livrării pentru toate ţevile din lotul fabricat, sau pe probe prelevate doar din câteva ţevi din lot, în funcţie de cerinţele standardelor sau a cerinţelor stipulate în contractele dintre beneficiar şi fabricantul de ţevi.

Principalele tipuri de controale ce se efectuează şi proporţia acestora faţă de lot sunt prezentate în tabelul 6.4.

Tabelul6.4

Tipurile de controale şi volumul acestora pentr ţevile finite laminate la rece

Ce control se efectuează	Volumul de incercări
Aspectul ţevilor	Toate ţevile din lot
Dimensiunile ţevilor	Toate ţevile din lot
Masa ţevilor	Toate ţevile din lot, sau doar 5%
Compoziţia chimică a ţevilor	O probă pe lot
Încercarea la tracţiune: - la rece - la cald	 Două probe pe lot Două probe pe lot
Încercarea la rezilienţa	Două probe pe lot
Încercarea la presiune hidraulică	Toate ţevile din lot
Probe tehnologice	Toate ţevile din lot sau doar 5-10%
Control nedristuctiv	Toate ţevile din lot
Macrostructură	Două probe pe lot
Microstructură	Două probe pe lot
Proba de duritate	Două probe pe lot
Proba de calibilitate	O probă pe lot
Proba de coroziune intercristalină	Două probe pe lot
Determinarea stratului decarburat	Două probe pe lot

Pentru toate aceste verificări determinări şi încercări, în standardele de produs sau în caietele de sarcini, se dau detaliat modul de execuţie al controlului şi valorile maxime sau minime pentru mărimile măsurate sau determinate.

Probele tehnologice ce se efectuează pe eşiantoane prelevate din ţevi, au drept scop determinarea comportării ţevilor la diferite solicitări şi eventual punerea în evidenţă a unor defecte existente pe ţevi. Principalele probe tehnologice la care se supun eşantioanele prelevate din ţevile finite sunt următoarele (Fig.6.30):

– *încercarea de îndoire*, care se aplică ţevilor cu $\phi < 60$ mm. şi connstă în îndoirea în general cu 90^0 a probei din ţeavă pe un dorn cu diametrul de 1,5...5 ori mai mare ca diametrul ţevii, fără să apară fisuri în zona deformată;

– *încercarea de aplatisare*, se asplică ţevilor cu diametrul $D < 400$ mm.şi cu o grosime a peretelui $g < 0{,}15 \cdot D$ şi se realizează în două etape: în prima etapă proba de ţeavă se aplatisează până la cota $z \approx 1{,}09 \cdot g \cdot D/(0{,}09 \cdot D+g)$, pentru cazul ţevilor din oţel cu %C scăzut, iar în a doua etapă se continuă apaltisarea până la realizarea contactului dintre suprafeţele interioare ale probei de ţeavă. În prima etapă nu se admite nici un fel de fisuri sau crăpături în zona deformată, iar în urma efectuării şi a celei de a doua etapă a aplatisării, se verifică compactitatea peretelui ţevii, punându-se în evidenţă şi eventualele suprapuneri sau stratificări de material, sau altor defecte de suprafaţă;

– *încercarea de lărgire*, se execută în două variante şi anume:

- pentru eşiantoane lungi, cu $D < 150$ mm. şi $g < 9$ mm., se introduce în interiorul ţevii un dorn cu unghiul $\beta \leq 30^0$ pentru eşiantoane cu lungimea $L = 2 \cdot D$ sau cu unghiul $\beta > 30^0$ pentru eşiantoane cu lungimea $L = 1{,}5 \cdot D$.
- pentru eşantioane inelare cu $D > 18$ mm., $g > 2$ mm. şi lăţimea de 10...16 mm., lărgirea se realizează prin introducerea inelului pe un dorn din oţel cu conicitatea de 1:10 sau 1:20 .

Viteza de apăsare a dornului în interiorul ţevii sau a inelului pe dorn este de max.50 mm./min., iar lărgirea se execută până la atingerea diametrului D_u ce depinde de dimensiunile ţevii.

– *încercarea de răsfângere*, se execută la ţevi cu $D < 150$ mm. şi $g < 9$ mm., în două etape şi anume:

- răsfrângerea prealabilă prin presarea în interiorul eşantionului de ţeavă a unui dorn cu unghiul la vârf de 90^0, până la o adâncime L , ce depinde de dimensiunile ţevii;
- răsfrângerea de bordurare ce se realizează cu un alt dorn ce prezintă racordări cu raza r_b, care se presează perpendicular pe generatoarea ţevii până la diametrul D_b dat în standarde în funcţie de dimensiunile ţevii.

În ambele etape ale încercării dornurile se presează cu o viteză de 30...50 mm/min.

Prin această încercare se urmăreşte scoaterea în evidenţă a eventualelor defecte de pe suprafeţele exterioară sau interioară a ţevii.

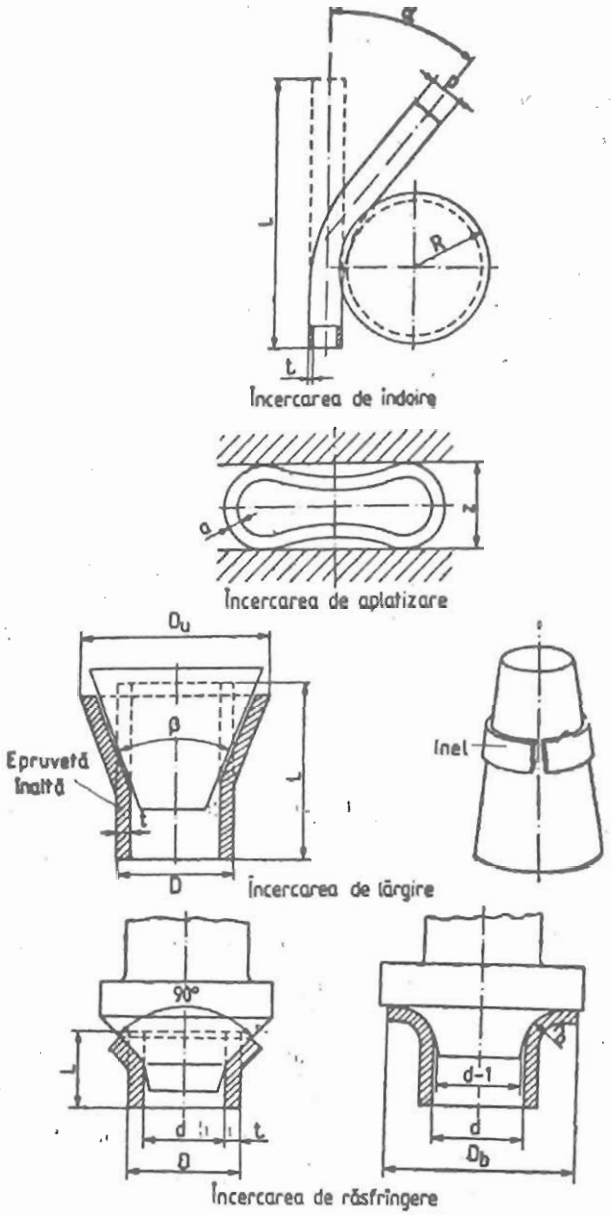


Fig.6.30.-Incercările tehnologice la care se supun ţevile laminate

6.4.- Defectele de laminare ale produselor tubulare

Principalele defecte care se întâlnesc frecvent, atât la laminarea la cald cât şi la laminarea la rece a ţevilor sunt cauzate în special de abaterile de la tehnologia de laminare stabilită, de reglări necorspunzătoare a cajelor de laminare, de folosirea unor scule de laminare uzate sau de calitate inferioară.

In afara abaterilor dimensionale, şi a aspectului necorespunzător al suprafeţelor ţevilor (prezenţa de rizuri, zgârieturi, imprimări de ţunder sau a aspectului de uzură a sculelor de deformare), defecte întâlnite practic la orişice produs laminat, în cazul laminării ţevilor la cald se întâlnesc şi următoarele defecte specifice:

– *bavură longitudinală* apărută la laminarea la caja duo automată (Fig.6.31), din cauza folosirii unui eboş de diametru mai mare decât lăţimea calibrului, a unei reglări necorespunzătoare a cilindrilor sau a ghidajelor cajei. Dacă bavura apărută la prima trecere nu este prea mare, poate fi netezită la trecerea următoare.

Bavurile se întâlnesc mai des la ţevile cu grosime mai mică a peretelui;

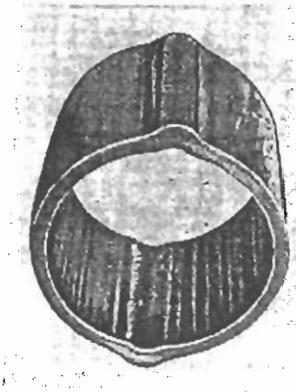


Fig.6.31.- Aspectul unei bavuri la o ţeavă laminată la caja duo-automat

– *suprapuneri interioare de material*, care apar în special la perforarea prin laminare, din cauza unei reduceri prea mari a semifabricatului înaintea contactului cu dopul şi formarea astfel a cavităţii înaintea dopului, sau a unei temperaturi prea ridicate a blocului semifabricat şi apariţia tendinţei de formare a cavităţii prea timpuriu. Alte cauze care pot conduce la apariţia suprapunerii interioare sunt şi o viteză prea mare de perforare sau un unghi de avans prea mic.

– *suprapuneri exterioare de material* apar în special în zonele în care s-au executat îndepărtarea prin dăltuire necorespunzătoare a defectelor de pe suprafaţa semifebricatului destinat perforării, respectiv realizarea unei dăltuiri prea adânci şi cu o lăţime prea mică.

– *flambarea transversală* (Fig.6.32) a ţevii, se obţine de obicei în cazul ţevilor cu pereţi subţiri, care se lamineză pe laminorul calibror sau reductor cu o reducere prea mare.

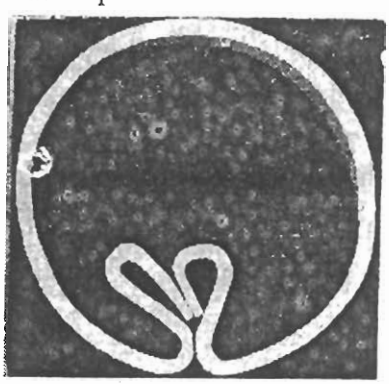


Fig.6.32.-Flambarea peretelui unei ţevi în timpul laminării la reductor

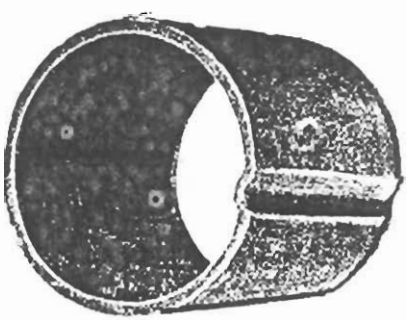


Fig.6.33.-Cută longitudinală la o ţeavă laminată la reductor

– *cute longitudinale* (Fig.6.33), apar tot la laminarea la calibror sau reductor din cauza unei reduceri prea mari la una din treceri, a lățimii unui calibru mai mică decât înălțimea calibrului anterior sau când gidajul de intrare al unui calibru este dezaxat față de calibru.

In cazul laminării la rece a țevilor pe laminoare tip Pilger sau pe laminoare cu role, principalele defecte specifice sunt următoarele:

– *ondulații pe suprafața exterioară*, apărute ca urmare a unui avans neuniform, prin aderențe între țeavă și dorn (laminare sacadată) sau din cauza unui avans prea mare în comparație cu lungimea zonei de netezire a calibrului.

– *suprapuneri longitudinale de material scurte și dispuse elicoidal*, cauzate de:

- pătrunderea materialului în saltul dintre cilindrii;
- lățimea prea mică a calibrului în una din zonele sale de lucru;
- neconcordanță între dimensiunile calibrului și ale dornului;
- avans prea mare sau neregulat.

– *suprapuneri de material spiralate pe suprafața exterioară a țevii*, cauzate de laminarea unor semifabricate cu proeminențe, obținute la trecerea anterioară de pe cilindrii ce prezentau adâncituri (exfolieri) locale;

– *solzi pe suprafața interioară a țevii*, apăruți din cauza unor semifabricate laminate la cald, care prezentau o rugozitate mare sau defecte pe suprafața lor interioară;

– *fisuri pe suprafața exterioară a țevii* dispuse la 45^0 față de axă, cauzate de:

- reducere prea mare aplicată oțelurilor cu o plasticitate redusă;
- efectuarea unui avans prea mare;
- o lățime prea mare a calibrului la laminarea unor țevi cu pereți subțiri;
- răcirea și ungerea insuficientă a zonei de deformare.

– *fisuri pe suprafața interioară a țevii* cauzate de:

- aplicarea unei reduceri a grosimii peretelui prea mică, în comparație cu reducerea aplicată la diametru țevii;
- folosirea unor țevi semifabricat cu grosime mare a peretelui și care prezintă la interior cute sau microfisuri;
- efectuarea necorespunzătoare a cojirii și polizării interioare a țevii.

– *crăparea sau spargerea țevii* la cap (înflorire) sau pe o lungime mare de la cap, cauzate de:

- aplicarea unui coeficient de alungire prea mare;
- ecruisarea capului țevii în urma debitării cu disc abraziv;
- existența unor fisuri în țeava semifabricat;
- laminarea unor țevi semifabricat care nu au fost debavurate după debitare;
- laminarea cu reduceri mari a oțelurilor cu plasticitate scăzută.

Capitolul 7

Tehnologia de fabricare a țevilor sudate

7.1-Noțiuni generale

După procedeul de fabricație, țevile sudate se împart în două grupe:

= țevi sudate pe generatoare din oțel carbon, slab, mediu și înalt aliat, cu diametrul cuprins între 6...1500 mm. și grosime a peretelui de 0,4...15 mm.

= țevi sudate elicoidal din oțel carbon, slab aliat sau inoxidabil, cu diametrul cuprins între 25...3000 mm. (frecvent până la 1600 mm.) și grosime a peretelui de 0,8...40 mm. (frecvent până la 20 mm.).

Pentru formarea țevilor ce urmează a fi sudate pe generatoare se disting următoarele procedee [22]:

– formarea prin deformarea benzii semifabricat, încălzită în prealabil într-un cuptor, prin tragere printr-o filieră. Acest procedeu practic nu se mai folosește în momentul de față;

– formarea prin deformarea benzii semifabricat între cilindrii profilați ai unor caje orizontale și verticale amplasate în tandem cu regim de lucru continuu;

– formarea prin deformarea tablei semifabricat la prese;

– formarea prin deformarea tablei semifabricat la mașini de roluit.

Procedeele de sudare a țevile pot fi împărțite (tabelul 7.1) în următoarele grupe [23]:

• sudarea prin presiunea marginilor, uneia asupra celeilalte, practicată în special la sudarea țevilor pe generatoare.

Pentru realizarea sudurii prin presiune, marginile zonei ce urmează a fi sudate se încălzesc până la o temperatură superioară celei de recristalizare a materialului metalic al țevii, temperatură ce va crește și ca urmare a presiunii de deformare, producându-se în final prin difuzie între marginile în contact sub presiune a unor grăunți comuni care vor realiza sudarea.

Încălzirea marginilor țevii ce urmează a fi sudate se realizează prin:

- trecerea benzii semifabricat printr-un cuptor continuu (țevi formate și sudate la cald - procedeul Frez-Moon);
- rezistența electrică de contact, procedeu patentat în 1932 de către norvegianul Francis Sönncheeni;
- inducție cu curenți de frecvență joasă (50...1000 Hz), medie (între 4 și 10 kHz) sau de înaltă frecvență (între 300 și 450 kHz);

• sudarea prin topirea marginilor ţevii, realizată prin [22]:

- fuziune cu gaz (sudură autogenă), aplicată pentru prima dată la o linie de fabricat ţevi sudate în 1910. Acest procedeu nu se mai foloseşte în momentul de faţă;
- arc electric cu electrod din oţel consumabil (se topeşte şi devine material de aport pe cordonul de sudură);
- arc electric între un electrod din wolfram neconsumabil şi marginile benzii din zona de sudură care se topesc şi asigură astfel material de aport pe cordonul de sudură;
- arc electric sub strat de flux (în baie de zgură);
- arc electric în mediu de gaz inert (procedeul TIG sau WIG);
- jet de plasmă şi flux de electroni.

Tabelul 7.1

Procedee de sudare a ţevilor

Sudură prin presiune la cald					
Sudură electrică	cu fascicol de electroni	în vid			
		în mediul ambiant			
	prin rezistenţă de contact	în curent continuu			
		în curent alternativ	cu frecvenţă industrială (50 Hz)		
			cu frecvenţă 120…700 Hz	cu contact glisant	
				cu electrozi rotativi	
	prin curenţi de înaltă frecvenţă	cu contact glisant			
		prin inducţie	cu inductor inelar		
			cu inductor longitudinal		
Sudură cu arc electric sub strat de flux	sudură longitudinală	cu un cordon de sudură			
		cu două cordoane de sudură			
	sudură elicoidală	cu un cordon de sudură			
		cu două cordoane de sudură			
Sudură cu arc electric în mediu de gaz protector	în mediu de gaz protector	cu argon	cu un singur arc		
			multiarc		
		cu heliu			
	cu cu flux electronic				
	cu plasmă	cu un singur arc	cu fascicol circular		
			cu fascicol alungit		
		multiarc			

7.2. Fabricarea ţevilor prin formare şi sudare la cald (procedeul Frez-Moon)

Prin acest procedeu se produc ţevi din oţel (cu 0,07...0,15%C) pentru instalaţii (conducte de gaz, apa sau abur) cu diametrul în general de 8...114 mm. şi cu grosimea de perete de 1,5...5 mm., folosindu-se linii continue, care cuprind următoarele sectoare de fabricaţie:

• sectorul de pregătire a benzii semifabricat, încare se execută următoarele operaţii:

– aşezarea ruloului de bandă pe desfăşurătorul liniei;

– îndreptarea benzii pe maşina de îndreptat cu role;

– şutarea capului posterior al benzii precedente şi a capului benzii curente la un foarfece ghilotină;

– sudarea cap la cap prin presiune a celor două benzi, formându-se o bandă continuă;

– rabotarea bavurii formate în urma sudurii;

– trecerea întregii benzi din rulou în acumulatorul de bandă, care asigură continuitatea proceselor de formare şi sudare.

In cazul ţevilor cu grosime mare de perete (g) marginile benzii semifabricat se vor rabota pe linia de pregătire, cu un unghi φ de o valoare precisă, astfel ca prin închiderea ţevii cele două feţe ale marginii benzii să fie paralele. Valoarea acestui unghi este dată de relaţia: $\operatorname{tg} \varphi = \pi(D - d) / 2g$, în care D şi d sunt diametrele exterior şi interior al ţevii.

• sectorul de încălzire a benzii semifabricat, care are în dotare un cuptor continuu, în general tip tunel, care are pe peraţii laterali ai zonei de încălzire arzătoarele cu gaz metan, astfel dirijate încât să asigure o încălzire a marginilor benzii la o temperatură cu circa 40...80^{0}C mai mare decât temperatura zonei sale centrale, respectiv până la 1340...1430^{0}C. Viteza cu care se deplasează banda prin cuptor este în general de 30...100 m /min.

La ieşirea din cuptor marginile benzii sunt suflate cu aer sub presiune de circa 0,1 atm., pentru îndepărtarea oxizilor şi creşterea temperaturii până la circa 1390...1480^{0}C, după care banda intră în cajele de formare (Fig.7.1).

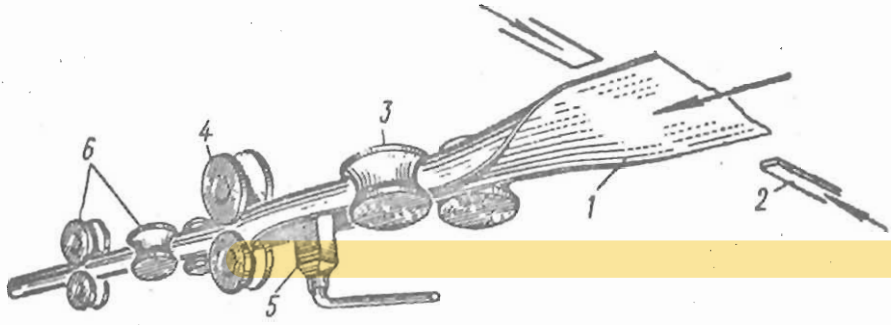


Fig.7.1. Schema formării şi sudurii la cald a ţevilor sudate pe generatoare: 1-banda semifabricat, 2-duză de suflare a aerului, 3-cilindrii cajelor de formare, 4-cilindrii cajei de strângere şi sudare, 5-duză de suflare a aerului sau oxigenului; 6-cilindrii cajelor laminorului reductor

• sectorul de formare şi sudare a ţevii este format dintr-un număr de 6...10 caje alternativ orizontale şi verticale, care din aproape în aproape formează ţeava cu o fantă, deci fără apropierea marginilor benzii în zona unde

se va realiza sudarea. După operaţia de formare a ţevii şi înaintea cajei ce realizează strângerea şi sudarea ţevii, marginile fantei sunt suflate din nou cu aer sau oxigen sub presiune (2...3 atm.), pentru curăţarea şi încălzirea suplimentară a zonei de sudare (până la 1480...1520^{0}C).

Caja de strângere a ţevii pentru realizarea sudării prin presiune asigură prin calibrarea pe care o are o reducere relativă a circonferinţei ţevii de circa 6...12%.

• sectorul de finisare a ţevii sudate, în care pentru îmbunătăţirea calităţii ţevii şi diversificarea gamei dimensionale de ţevi, se efectuează o laminare la un laminor reductor cu 10...24 caje. În continuare ţeava este răcită şi calibrată pe un laminor cu 3...5 caje amplasat în flux cu laminorul reductor, după care este debitată la lungimile de livrare cu ajutorul unui ferăstrău volant. În final ţevile trec în sectorul de ajustaj, unde se execută aceleaşi operaţii ca şi pentru ţevile laminate fără sudură, menţionate în capitolul 6.

7.3. Fabricarea ţevilor sudate pe generatoare formate la rece

7.3.1 Formarea ţevii între cilindrii profilaţi

Prin aceast procedeu de formare se procesează ţevi din oţel carbon cu diametrul de 8...600 mm. şi grosime de perete de 1...15 mm. şi ţevi din oţel inoxidabil cu diametrul de 6...120 mm. şi grosime de perete de 1,5...2,5 mm.

Pentru formarea ţevilor ce urmează a fi sudate pe generatoare se foloseşte o linie continuă formată din 5...11 caje acţionate, cu cilindrii orizontali în consolă (pentru diametre de ţeavă sub 76 mm.), sau sprijiniţi pe două lagăre (pentru diametre de ţeavă de peste 76 mm.), între care sunt plasate 4...8 caje neacţionate cu cilindrii verticali, care au rolul ghidării ţevii între cajele cu cilindri orizontali şi păstrarea profilului ţevii realizat în cajele orizontale (Fig.7.2). Cilindrii cajelor orizontale sunt profilaţi după una din următoarele metode (Fig.7.3) [18]:

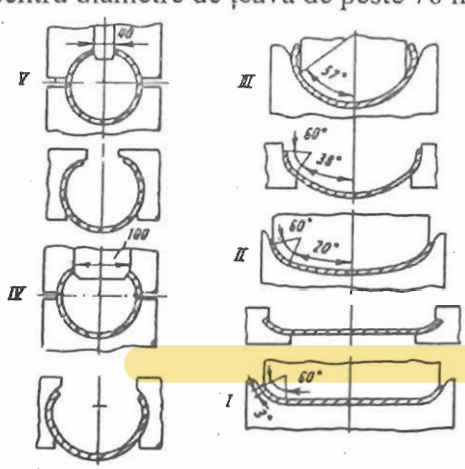


Fig.7.2. Schema de profilare a ţevilor cu ϕ 89...114 mm. pe 9 caje:
I, II, III, IV şi V caje orizontale;
1 , 2 , 3 şi 4 caje verticale

I– banda se profilează din aproa-pe în aproape în formă de arc de cerc cu rază variabilă ce scade continuu până la valoarea razei interioare a ţevii finite (r);

II– banda se profilează din aproa-pe în aproape cu o rază constantă, egală cu raza interioare a ţevii finite (r) şi cu zona centrală a benzii dreaptă, care se reduce ca lăţime până la zero la ultima tracere;

III– banda se profilează din aproape în aproape cu rază constantă, egală cu raza interioare a ţevii finite (r) şi cu zona centrală a benzii curbată cu o rază variabilă, care se reduce până la valoarea r la ultima tracere;

IV– banda se profilează din aproape în aproape cu rază constantă în zona centrală, egală cu raza interioare a ţevii finite (r) şi cu marginile benzii curbate cu o rază variabilă, care se reduce până la valoarea r la ultima tracere.

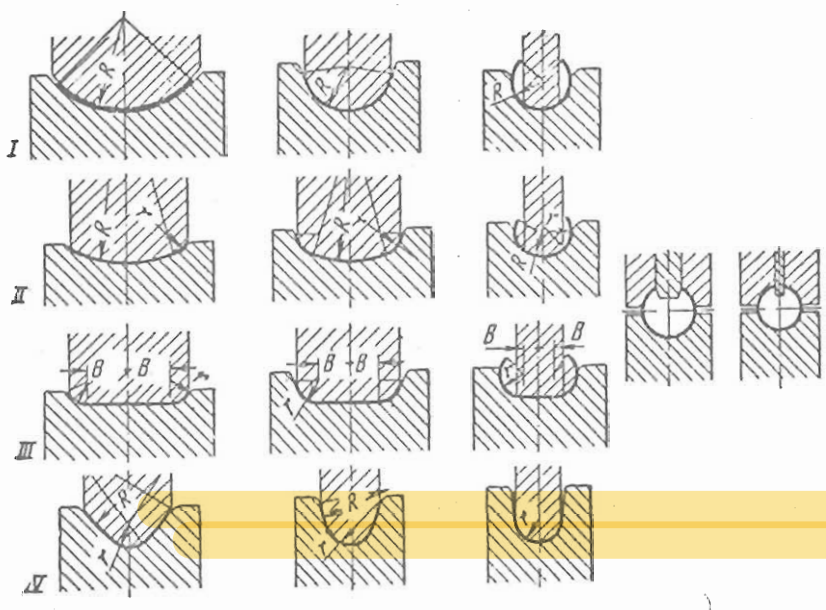


Fig.7.3. Metodele de profilare a cilindrilor orizontali ai cajelor de formare continuă la rece a ţevilor sudate pe generatoare

La alegerea uneia sau alteria dintre metodele de profilare menţionate se va ţine cont de următoarele:

– primul tip de profilare se foloseşte în general când gama sortimentală de ţevi este foarte mare;

– metoda de profilare II se foloseşte pentru ţevi cu pereţi subţiri şi cu un raport mic între grosimea peretelui şi diametrul ţevii, respectiv pentru ţevi cu diametrul de peste 150 mm.;

– metoda de profilare III se foloseşte pentru ţevi cu diametre mari;

– metoda de profilare VI se foloseşte în general pentru ţevi formate pe caje cu cilindrii în consolă.

Inainte de a intra în linia de formare, banda semifabricat este supusă unor operaţii de pregătire, realizate tot în flux continuu, similare celor prezentate mai sus pentru fabricarea ţevilor prin formare şi sudare la cald.

Ţeava obţinută la linia de formare trece în continuare la maşina de sudat pe generatoare, care este alcătuită în general din următoarele părţi principale:

- rolele de alimentare, ghidare şi presare a ţevii în timpul sudării;
- agregatul de sudare propriu-zisă;

- dispozitivele de debavurare a cordonului de sudură.

Procedeul de sudare aplicate la fabricarea ţevilor sudate pe generatoare este prin presiune, exercitată de rolele de strângere şi presare (presiunea exercitată de role fiind de 35...40 N), după ce marginele benzii au fost încălzite pe cale electrică, la o temperatură în jurul valorii de 1500^{0}C, prin una din următoarele metode:

• ***încălzirea prin rezistenţa*** zonei de contact a marginilor benzii, la care curentul electric, cu o densitate de până la 100 A/mm^2, este transmis în zona sudurii prin intermediul unei role de contact bipolară (Fig.7.4). Acest procedeu de încălzire a fost introdus pentru sudarea pe generatoare a ţevilor, în jurul anului 1930.

Temperatura (T) ce se realizează prin rezistenţa de contact, în zona de sudare se poate calcula cu ajutorul relaţiei:

$$T = \frac{I^2 \cdot R_c}{A \cdot F} \sqrt{\frac{l_c}{v}}$$

în care: I este intensitatea curentului, în A, care poate ajunge până la 40000 A;

R_c - rezistenţa de contact în zona de sudare, în Ω;

A - coeficient ce ţine cont de proprietăţile fizice ale oţelului ţevii;

F - aria suprafeţei de contact a zonei de sudură, în mm^2 ;

l_c - lungimea zonei de sudare în mm;

v - viteza de deplasare a ţevii în timpul sudării, în mm./s

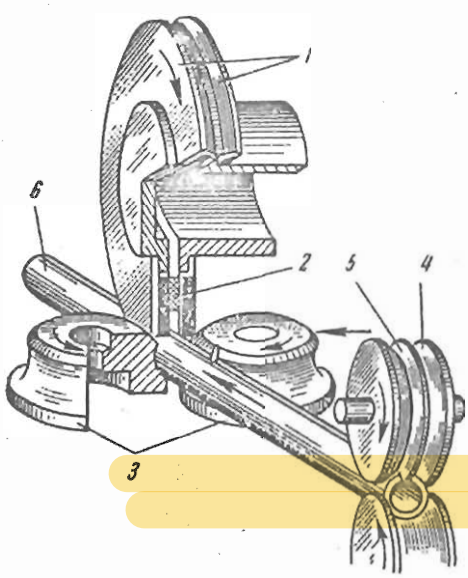


Fig.7.4. Schema de principiu a sudării prin rezistenţă de contact a ţevilor:
1-rola electrod de contact; 2-izolatorul dintre discuri; 3-rolele de strângere pentru sudare; 4-ultima pereche de cilindri de formare; 5-şaiba de ghidare a fantei; 6-ţeava finită

Prin acest procedeu de sudare se fabrică ţevi din oţel pentru instalaţii şi pentru transportul produselor petroliere, ţevi cu diametrul între 6...660 mm. şi grosimi ale peretelui de 0,4...20 mm., viteza de sudare fiind de 60...80 m/min.

• ***încălzire prin înducţie cu curenţi de frecvenţă medie*** se utilizează în general pentru ţevi sudate pentru construcţii şi conducte de apă şi gaze cu diametre cuprinse între ½...8" respectiv de 21,5...219 mm., şi cu grosimi de perete g = 1...10 mm., pentru care frecvenţele η de lucru sunt date în tabelul 7.2.

Tabelul 7.2.

g, mm.	1...4	3...7	5...10
η, Hz	8000	2500	1000

Inductorul se plasează înaintea rolelor de strângere, deasupra fantei

dintre marginile zonei de sudare a ţevii la o cotă de 1,5…2 mm. (Fig.7.5).

Câmpul electromagnetic, care apare la trecerea ţevii prin dreptul inductorului, provoacă curenţi turbionali în marginile zonei de sudare a ţevii, încălzindu-le foarte uniform până la temperatura necesară pentru sudare de 1370…1450^{0}C.

In general lungimea inductoarelor folosite la sudarea pe generatoare a ţevilor nu depăşeşte 500 mm.,

Presiunea exercitată de rolele de strângere în acest caz este de 40…50 N.

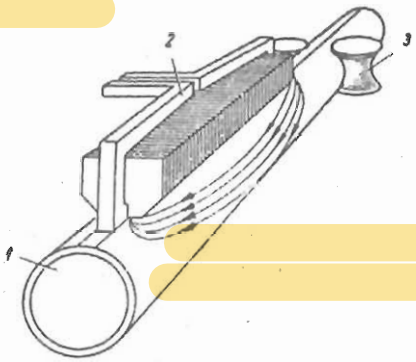
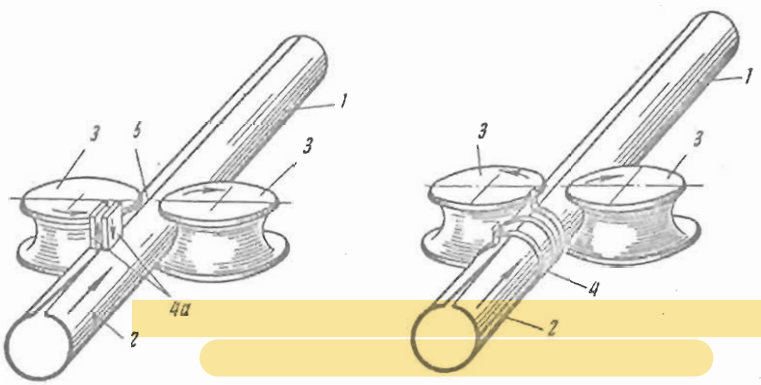


Fig.7.5. Schema de principiu a sudării ţevilor prin inducţie: 1-ţeva formată; 2-inductor liniar; 3-rolele de strângere (presare) pentru sudare

• ***încălzire prin inducţie cu curenţi de înaltă frecvenţă - radiofrecvenţă*** cu valori cuprinse între 300 şi 450 kHz. La acest procedeu de încalzire trecerea curentului electric în zona de sudare, se poate face conductiv prin intermediul unor contacte alunecatoare (Fig.7.6-a) dispuse de o parte si de alta a fantei ţevii formate (*procedeul Thermatool,* introdus în exploatare în anul 1956 de către firma New Rochelle Tool Corp.), sau inductiv (Fig.7.6-b) prin intermediul unor spire ce înconjoară ţeava (*procedeul Induweld* elaborat în comun de firmele Mannesmann-Meer AG şi Siemens-Schuckertwerke AG).



a b

Fig.7.6.-Schema plasării inductoarelor la sudarea prin inducţie cu curenţi de înaltă frecvenţă a ţevilor: 1-ţeva sudată; 2-ţeva formată cu fantă; 3-rolele de strângere şi sudare; 4 a-contacte alunecătoare; 4 b-inductor tip bobină; 5-punctul de sudare

In cazul procedeului conductiv, curentul de înaltă frecvenţă trece de la unul din contactele alunecătoare, superficial pe marginea fantei până la punctul

de sudare 5 (Fig.7.6.a), de unde trece pe cealalta parte a fantei până la al doilea contact alunecător.

Curentul circulând în sens contrar pe cele două margini ale fantei, cât şi pe circonferinţa ţevii, se produce o concentrare a curentului în punctul de sudare (densitatea de curent în punctul de contact este de 20...50 ori mai mare decât în cazul sudării prin rezistenţă de contact) şi creşterea temperaturii ca urmare a creşterii şi a rezistenţei electrice în acest punct.

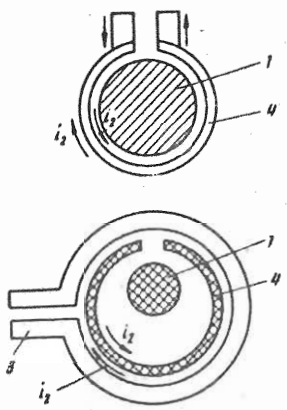


Fig.7.7.-Modul de plasare a impederului din ferită la sudarea ţevilor cu curenţi de înaltă frecvenţă: 1-impederului din ferită; 2-contactele alunecătoare; 3-spira inductor; 4-ţeava

In cazul procedeului iductiv, curentul de înaltă frecvenţă trece prin spirele bobinei de inducţie, şi dă naştere unui curent indus de înaltă frecvenţă, care trece de-a lungul fantei până în punctul de contact, cât şi pe circonferinţa ţevii, aceasta având astfel rolul înfăşurării secundare a unui transformator.

. Pentru îmbunătăţirea ranamentului procesului de sudare, în ambele procedee de încălzire şi sudare cu curenţi de înaltă frecvenţă se introduc în interiorul ţevii câte o bară din ferită numită impeder, pentru a se asigura o mai intensă concentrare a liniilor de forţă ale curentului în sona de sudare.(Fig.7.7)

Sudarea ţevilor cu curenţi de înaltă frecvenţă se practică în general pentru ţevi de construcţii cu diametrul de până la 168...219 mm., cât şi pentru ţevi - conducte pentru gaze şi produse petroliere cu diametre de peste 114 mm. şi grosimi de perete cuprinse între 0,5...8 mm.

7.3.2 Formarea la prese a ţevilor sudate pe generatoare

Acest procedeu de formare se practică pentru ţevi de diametre mari (de până la 1600 mm.) cu grosimi de perete de până la 40 mm.şi lungimi de 8...18 m, destinate magistralelor de gaze sau produse petroliere.

Materia primă pentru procesarea acestor ţevi o reprezintă tablele grose din oţel carbon şi slab aliat, laminate la cald cu dimensiuni de (5...40)× (2000...6000) mm. şi lungimi de 10...20 m.

Pregătirea acestor table, înainte de a intra în procesul de formare, constă din executarea următoarelor operaţii:

– şutarea simultană la un foarfece cu discuri (reglabile pe lăţime) a marginilor longitudinale ale foilor de tablă, corespunzător dimensiunilor necesare ţevii (lungimii circonferinţei) ce urmează a fi formată şi sudată;

– rabotarea marginilor tablei, pentru asigurarea paralelismului între suprafeţele de margine ale tablei şi realizarea unghiului de şanfrenare necesar

sudării. Această operație se poate realiza prin deplasarea foilor de tablă între role de ghidare (reglabile), printre cuțitele de rabotare fixe, montate pe cadre de asemenea reglabile, sau cu deplasarea cadrelor reglabile pe lățime, pe care sunt montate suporturile cuțitelor de rabotat, tabla fiind prinsă pe masa mașinii de rabotat prin electomagneți și cilindrii hidrauluic de înclemare;

– preîndoirea marginilor tablei, cu o rază de curbură corespunzătoare diametrului exterior al țevii ce urmează a fi formată la presă. Această operație se executată, pentru table semifabricat cu grosimi de peste 20 mm., la două prese, simultan la ambele margini longitudinale ale tablei, cu o forță reglabilă continuu până la valoarea maximă de 2000 t..

Cele două prese cu cadre (1) în formă de C (Fig.7.8.), sunt montate pe un batiu comun cu posibilitatea de reglare a distanței dintre ele, prin intermediul unor suruburi melcate. În partea de sus a cadrului se găsește un poanson fix (2), calibrat corespunzător îndoirii ce trebuie realizată, iar la partea inferioară este plasat cilindrul hidrauluic (4) cu un al doilea poanson calibrat (3). Îndoirea marginilor tablei (5) se face din aproape în aproape, tabla avansând cu un anumit pas după fiecare cursă de prasare executată simultan de cele două prese.

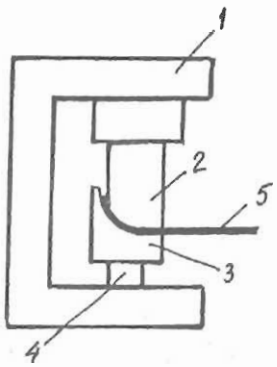


Fig.7.8.-Schema unei prese de preîndoit marginile tablei semifabricat

Pentru table semifabricat cu grosimi mai mici de 20 mm. îndoirea marginilor se poate executa continuu și simultan pe mașini cu două perechi de role cu un profil corespunzător razei cu care se îndoaie marginele tablei (Fig.7.9-a).

Formarea țevilor de diametre mari se poate realiza la prese dupa urmatoarele procedee:

– formarea țevii prin presarea tablei în forma de U (Fig.7.9-b). Pentru acest procedeu de formare a țevii, presa este formată din mai multa batiuri fixe (6...9 batiuri) plasate într-un cadru, iar la partea superioară a batiurilor sunt montați cilindrii hidraulici, de pistoanele cărora este prins poansonul de deformare 1, cu o lungime corespunzătoare lungimii țevii ce se formează.

La partea inferioară a batiurilor sunt amplasați cilindrii hidraulici de pistonul cărora sunt prinse rolele de presare laterală 2, care asigură și sprijinul tablei în timpul acționării poansonului, cât și o prismă deplasabilă pe verticală 3 de sprijin a tablei formate în U.

Tabla formată în U trece la următoarea operație de prasare, care se execută într-o matriță pentru obținerea țevii cu fantă longitudinală (Fig.7.9-c).

Matrița inferioară este fixă pe batiurile celor 6...9 prese (montate într-un cadru comun) ce compun instalația, iar matrița superioară este deplasabilă pe verticală prin intermediul suportului de matriță (ghidat pe verticală de montanții presei), asupra căruia acționează pistoanele cilindrilor hidraulici ai preselor.

Prin acest procedeu se pot forma 25...40 ţevi pe oră, în funcţie de dimensiunile acestora.

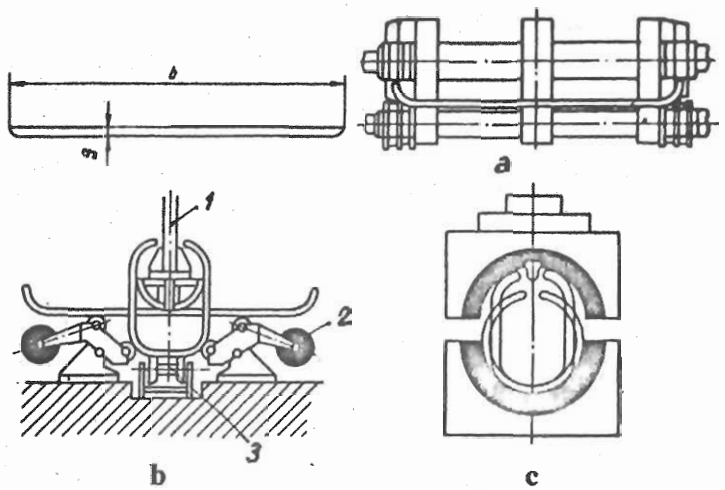


Fig.7.9.-Schema formării ţevii prin presarea tablei în formă de U

– formarea tevii prin presarea tablei în forma de C se execută la doua prese dispuse faţă în faţă, care sunt compuse fiecare din mai multe cadre cu cilindrii hidraulici, de pistoanele carora este prins (prin intermediul unui scut) poansonul profilat ce execută deformarea tablei pe o sabotă, deasemenea profilată, montată pe batiul instalaţiei.

La prima presă tabla semifabricat este deformată în formă de C prin îndoiri succesive a uneia din marginile tablei (Fig.7.10.poz.2...4) şi avansuri transversale realizate de un împingător lateral, iar la cea de a doua presă se realizează în mod similar curbarea celeilalte margini a tablei pâna se obţine forma de ţeavă cu fantă longitudinală (Fig.7.10.poz.5...7).

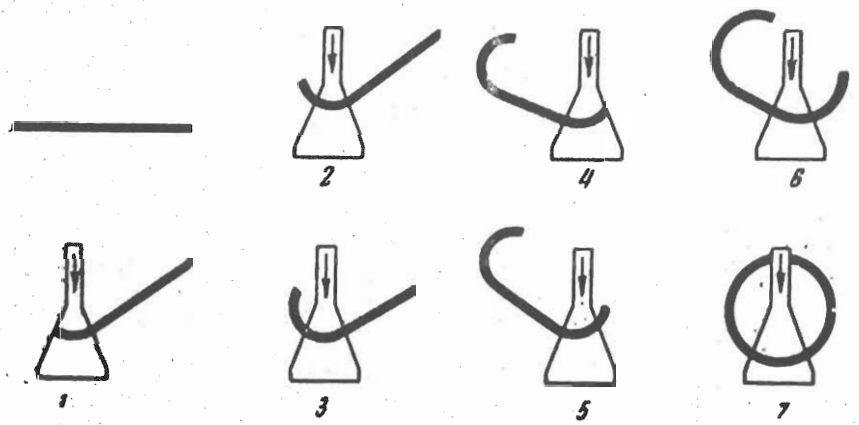


Fig.7.10.-Schema etapelor formării ţevilor prin presare în forma de C

– formarea ţevii prin presarea tablei în forma unei jumătăţi longitudinale de ţevă (Fig.7.11). Acest procedeu de formare se practică pentru obţinerea ţevilor de diametre mari folosindu-se table semifabricat de lăţime mai mică decât cea necesară asigurării întregii circonferinţe a ţevii.

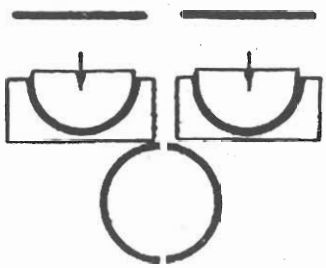


Fig.7.11.- Formarea prin presare tablei în forma unei jumătăţi longitudinale de ţevă

Formarea fiecărei jumătăti de ţeavă se realizeaza într-o matriţă fixă pe batiul unei prese dotată cu mai mulţi cilindrii hidraulici ce acţionează simultan asupra grinzii de care este montat puansonul cu un profil de semicerc.

Ţevile obţinute prin acest procedeu de formare vor necesita însă două cordoane de sudură pe generatoare.

Sudarea pe generatoare a ţevilor de diametre şi grosimi de perete mari formate la prese se execută prin topirea marginilor ţevii, cu sau fără aport de material pe cordonul de sudură, realizată prin arc electric cu electrod din oţel consumabil sau din wolfram neconsumabil, sub strat de flux sau în mediu de gaz protector, cât şi prin jet de plasmă sau flux de electroni.

Înaintea execuţării suduri propriu-zise ţeava este supusă unei sudări provizorii de prindere în câteva puncate, pentru menţinerea fantei la dimensiunile cerute de sudarea definitivă. Această operaţie ce se execută la o maşină specializată, dotată cu un grup de role radiale de strângere a fantei la dimensiunea necesară şi un cap de sudură cu arc electric sub gaz protector.

Sudarea cu arc electric sub strat de flux se aplică ţevilor mari cu diametre de până la 2500 mm. şi grosimi ale peretelui de până la 40 mm. din oţel carbon şi slab aliat, sudate pe generatoare sau elicoidal.

La acest procedeu de sudare (Fig.7.12) arcul electric format între una sau două sârme electrod (în funcţie de grosimea peretelui ţevii) şi marginile fantei existente pe ţeava 1, este acoperi în timpul sudării de o pulbere (fluxul), care curge din buncărul 5 pe fanta dintre marginele ţevii. În zona sudurii se află în interiorul ţevii (sub fantă) o placă de cupru 4, care menţine fluxul în fantă, asigură contactul electric cu ţeava şi nu permite scurgerea oţelului topit din zona de sudare.

Sârma electrod se desfăşurată de pe mosoarele 6 prin tragere de către o serie de role, care asigură şi îndreptarea electrodului.

Sub acţiunea arcului electric, cu o temperatură de peste 3000^{0}C, marginile fantei şi electrodul se topesc, formând o baia de oţel topit ce umple interstiţiul dintre marginile fantei realizând sudarea acestora şi formarea prin răcire a cordonului de sudură 2. Tot sub acţiunea căldurii degejate de arcul electric se va topi şi o parte din fluxul existent în zona arcului formând zgura 3,

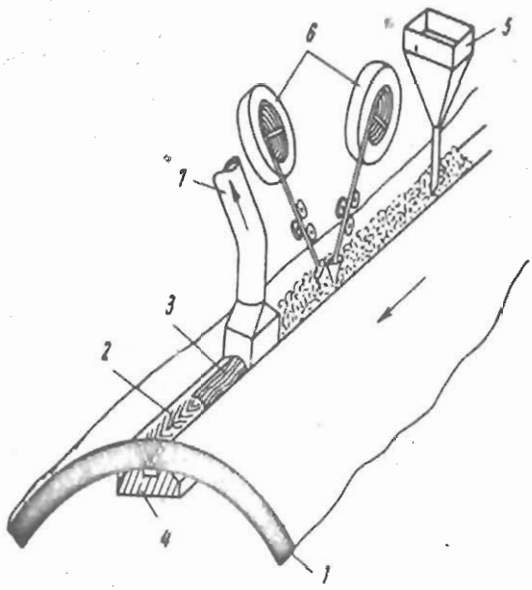


Fig.7.12.-Schema sudării pe generatoare a ţevilor cu arc electric sub starat de flux

care acoperă baia de metel topit protejând-o împotriva oxidării. Această zgură după răcire crapă uşor şi astfel se îndepărtează. Fluxul care nu se topeşte în timpul sudării este aspirat prin conducta 7 şi se recirculă.

Fluxurile folosite la acest procedeu de sudare au în general următoarea compoziţie:

42,5...46,5% SiO_2 ;
37...41% MnO ;
3...10% CaO ;
5...8%CaF_2 ;
0,5...3%MgO ;
≤ 5%Al_2O_3 ;
≤1,5%FeO .

In cazul ţevilor cu diametre şi grosimi de perete mari se va executa întâi sudarea pe interiorul ţevii şi apoi la exterior.

Sudarea cu arc electric în mediu de gaz protector se poate aplică şi ţevilor de diametre mari, dar de obicei acest procedeu de sudare se întâlneşte în special în cazul ţevilor cu diametre de 16...400 mm. şi grosimi de perete de 0,2...5 mm.din oţel carbon cu %C ridicat, cât şi al ţevilor din oţeluri înalt aliate cu Cr Mo şi Mn (inoxidabile şi refractare), care prin alte procedee nu pot fi sudate.

Ca mediu protector se foloseşte hidrogenul, heliul sau argonul, iar arcul electric, care poate fi realizat atât prin curent continuu cât şi prin curent alternativ, este asigurat între un electrod neconsumabil din wolfram şi marginile ţevii formate, dând naştere unei mici băi de oţel topit, care prin răcire formează un cordon ce uneşte marginile ţevii.

Gazul de protecţie are scopul de a proteja baia de oţel topit formată sub electrod împotriva oxidării şi de a stabiliza arcul electric format.

Intensitatea curentului necesar pentru sudare variază în general între 50...450 A, în funcţie de diametrul electrodului, care este cuprins între 1...6 mm. De exemplu pentru ţevi cu diametrul de 20...100 mm. şi grosimi de perete de până la 3,5 mm. se folosesc electrozi de ϕ 4 mm. şi intensităţi ale curentului de sudură de 250...300 A.

Capul de sudare pe generatoare a ţevilor, folosind arcul electric în mediu de gaz protector, este prezentat în figura 7.13 şi este compus din corpul capului de sudare 4, în interiorul căruia se găsesc conducta de alimentare cu gaz inert 5, care alimentează camera de gaz inert 6 de unde gazul este orientat spre zona

arcului electric prin duza ceramică 3, înconjurând electrodul de wolfram 1. Tot în interiorul capului de sudare mai sunt amplasate suportul portelectrod 2 şi conducta 7 de alimentare cu apa de răcire a suportului portelectrod.

Viteza de sudare prin acest procedeu este cuprinsă între 0,5...2 m/min.

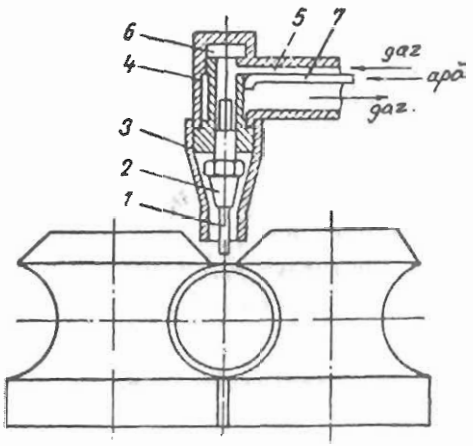


Fig.7.13-Schema capului de sudare cu arc electric în mediu de gaz protector

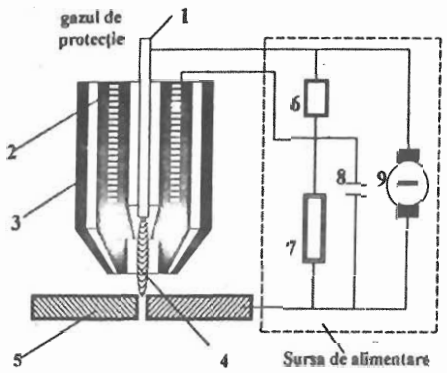


Fig.7.14.-Schema capului de sudare cu plasmă: 1-electrodul; 2-duză de cupru; 3-duza gazului de protecţie; 4-arcul electric suplimentar; 5-ţeava de sudat; 6-instalaţia de aprindere a arcului; 7-rezistor; 8-condensator; 9-generatorul de curent continuu

Sudarea ţevilor cu plasmă este similară procedeului de sudare cu arc electric cu electrod neconsumabil sub gaz protector, având însă o construcţie diferită a capului de sudare (fig.7.14), caracterizată de prezenţa unei duze din cupru, răcită cu apă, prin interiorul căreia trece electrodul de wolfram şi gazul puternic ionizat sub acţiunea arcului electric, care formează plasma (compusă din ioni pozitivi şi electroni), cu o temperatură de circa 3000^0C. Între duză şi electrodul de wolfram se formează un arc electric suplimentar, care are rolul de a menţine şi stabiliza arcul electric dintre electrod şi ţeavă, obţinându-se un cordon de sudură uniform fără denivelări sau discontinuităţi şi cu o viteză mai mare cu până la 200 % decât la alte procedee de sudare.

Gazul care formează plasma poate fi argonul, la care în cazul sudării oţelurilor inoxidabile, se mai adaugă şi până la 15% hidrogen.

În jurul duzei din cupru, prin duza 3 (fig.7.14), se introduce gazul de protecţie, care de obicei este tot argonul sau CO_2 în cazul sudării ţevilor din oţel cu un conţinut scăzut de carbon.

Acest procedeu de sudare se recomandă în special pentru cazul ţevilor de diametre mari cu o grosime a peretelui de peste 4 mm.

Sudura cu fascicol de electroni se bazează pe folosirea energiei cinetice a unor electroni liberi, care se concentrează într-un fascicol ce se deplasează în vid cu o viteză foarte mare, iar în momentul când atinge zona de sudură a ţevii

este brusc frânat în peretele ţevii şi cedează astfel energia pe care o are, producând încalzirea foarte rapidă (până la temeratura de topire), a marginilor ţevii.

Formarea fascicolului de electroni cu energie mare se realizează într-o instalaţie specială (Fig.7.15), vidată până la 10^{-4} mm.Hg , în care se găseşte un catod de wolfram 1, care încălzindu-se până la o temperatură de 1400...1650^{0}C emite electroni liberi. Catodul este plasat în focarul unui cap focarizator 2, care concentrează electronii într-un fascicol cu un diametru de acelaşi ordin de mărime cu diametrul orificiului anodului 3.

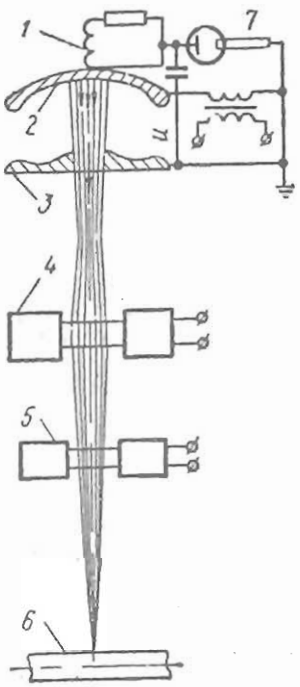


Fig.7.15.-Schema instalaţiei de sudare cu flux de electroni

Între catod şi anod se realizează o diferenţă de potenţial de câteva zeci de mii de volţi, care va asigura fascicolului de electroni o viteză şi o energie foarte mare.

Pentru mărirea în continuare a densităţii de energie în fascicolul de electroni, reglarea diametrului fascicolului, cât şi pentru focalizarea acestuia pe zona de sudură a ţevii 6, fascicolul de electroni trece prin una sau două lentile electromagnetice 4, care prin variaţia câmpului magnetic produc modificarea caracteristicilor fascicolului de electroni. Pentru asigurarea unei precise orientări a fascicolului de electroni în punctul de sudură, acesta trece şi printr-un deflector electromagnetic 5.

Alimentarea instalaţiei de sudare cu flux de electroni 7 se realizează de la o sursă de curent continuu de înaltă tensiune cu valori cuprinse între 10...220 kV.

Sudarea prin acest procedeu se poate aplica pentru ţevi din orice tip de oţel, metale şi aliaje neferoase cu grosimi ale peretelui de la 0,2 mm. în sus, cu viteze de sudare de 10 ori mai mari decât cele ale sudării cu arc electric sub gaz protector, şi cu un consum de energie 5...7 ori mai mic decât la sudarea cu arc electric. De asemenea sudarea cu fascicol de electroni se poate realiza şi fără o atmosferă de protecţie a cordonului de sudură.

7.3.3.-Formarea ţevilor la maşini de roluit

Formarea ţevilor de diametre mari prin roluire (fig.7.16) se realizează prin îndoirea succesiva a tablei semifabricat între trei sau patru cilindrii, cu o lungime de maxim 6...8 m.

Când roluirea se execută pe o maşina cu trei cilindrii tabla semifabricat se recomandă să aibă marginile preîndoite, iar în cazul folosirii maşinii cu patru cilindrii, această preîndoire a marginilor tablei nu mai este necesară.

Pregatirea tablei semifabricat în vederea formării ţevilor prin roluire se execută prin aceleaşi operaţii şi în acelesi mod ca şi în cazul formării ţevilor la prese.

Pentru preîntâmpinarea încovoierii cilindrilor inferiori, de diametru mai mic, aceştia sunt sprijiniţi în mai multe puncte pe lungime de către mai multe role.

Pentru formarea de ţevi cu diferite diametre se reglează cilindrul, superior la maşina cu trei cilindrii, şi respectiv şi cei inferiori laterali, la maşina cu patru cilindrii.

Formarea ţevilor cu o grosime a peretelui de până la 20 mm. se execută de obicei prin roluire la rece, iar ţevile cu grosimea peretelui mai mare de 20 mm. se execută prin roluire la cald. Acest procedeu de formare al ţevilor de diametre mari are o producţie specifică relativ mică, ce nu depăşeşte în general 10 ţevi formate pe oră.

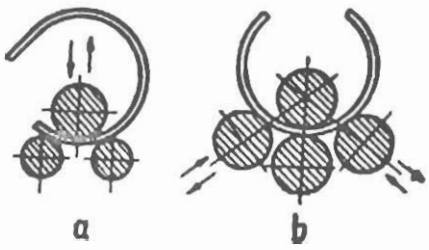


Fig.7.16.- Formarea ţevilor prin roluire pe maşini cu trei (a) şi patru cilindrii (b).

Ţevile formate prin roluire se pot suda prin aceleaşi procedee folosite şi în cazul ţevilor formate la prese.

7.4. Fabricarea ţevilor sudate elicoidal

Acest procedeu de fabricaţie se aplică în cazul ţevilor de diametre mari (de până la 3000 mm., frecvent însă până la 1600 mm.) şi cu o grosime a peretelui de până la 25 mm. folosite ca structuri de rezistenţă, pentru magistralele de transport a gazelor şi produselor petroliere, cât şi pentru termoficare sau irigaţii.

Principalele avantaje ale fabricării ţevilor sudate elicoidal, care au condus la o largă răspândire a acestui procedeu de procesare sunt:

– posibilitatea obţinerii de ţevi sudate din benzi cu o lăţime mai mică decât circonferinţa ţevii;

– realizarea unei game largi de diametre de ţevi dintr-o gamă restrânsă de lăţimi de bandă;

– realizarea de ţevi cu orişice lungime, cu diametre mari şi cu grosimi mici ale peretelui, la care raportul $D/g > 100$, ţevi care prin alte procedee nu se pot obţine;

– ţevile obţinute sunt drepte şi au forma perfect rotundă şi ca atare nu mai sunt necesare operaţiile de îndreptare şi calibrare;

– prin sudură elicoidală se măreşte rezistenţa la deformare în exploatare a ţevilor cu circa 20...40% , faţă de rezistanţa ţevilor sudate pe generatoare de aceleaşi dimensiuni;

– instalaţile de pregătire, formare şi sudare a ţevilor necesită spaţii producţive mult mai mici decât în cazul altor procedee de fabricaţie, putând fi uşor transportabile chiar la locul unde ţevile sunt utilizate;

– pentru aceiaşi producţie specifică personalul necesar pentru deservirea instalaţilor de formare şi sudare elicoidală a ţevilor este mult mai redus decât cel necesar altor procedee de fabricaţie;

Pentru formarea ţevilor se folosesc benzi laminate la cald cu o lăţime de maxim 2000 mm., iar sudarea se poate realiza prin curenţi de înaltă frecvenţă la liniile de ţevi cu diametre mici şi mijlocii şi prin arc electric sub strat de flux la liniile de ţevi cu diametre mari.

O linie de formare şi sudare elicoidală a ţevilor este prezentată în figura 7.17, din care rezultă ca banda semifabricat înainte de a fi spiralată pentru a forma ţeava, este supusă următoarelor operaţii de pregătire:

• aşezarea ruloului de bandă 1 pe desfăşurătorul instalaţiei şi introducerea capului benzii în maşina de sudat 2;

• sudarea cu arc electric sub zgură (cap la cap) a benzii noului rulou, cu banda existentă în procesul de formare şi sudare a ţevii. In prealabil cele două capete ce urmează a fi sudate sunt şutate la un foarfece ghilotină, iar după sudare, cordonului realiyat i se frezează gratul format. Instalaţia de sudare împreună cu suportul portfreză sunt montate pe un batiu independent care avansează odată cu banda trasă de rolele maşinii de îndreptat 3;

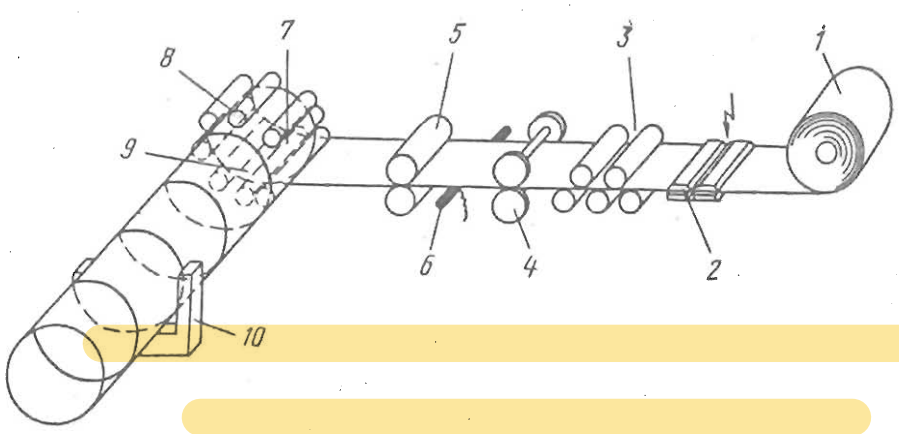


Fig.7.17.-Schema unei instalaţii de formare şi sudare elicoidală a ţevilor:

• după indreptare se execută şutarea marginilor benzii la un foarfece cu discuri 4 pentru obţinerea lăţimii exacta a benzii **B** corespunzătoare diametrului ţevii **D** şi unghiului spirei α (Fig.7.18), conform relaţiei: $B = L \cdot \cos\alpha = \pi \cdot D \cdot \cos\alpha$ în care **L** este lungimea circonferinţei ţevii;

• rabotarea marginilor benzii cu scule aşchietoare 6, sau curăţarea acestora cu perii de sârmă circulare, în cazul benzilor subţiri.

Toate utilajele ce execută operațiile de pregătire a benzii sunt montate pe un batiu comun care se poate deplasa pe o serie de role pentru a realiza unghiul α de formare a spirelor, unghi ce depinde de diamerul țevii ce se formează **D** și lățimea **B** a benzii semifabricat, conform relației: $\alpha = \text{arc cos}\,(0{,}3183 \cdot B / D)$.

Prin variația unghiului α se poate obține orișice diametru de țeavă din o bandă cu lățime constantă.

Creșterea unghiului α conduce la micșoraea valoarii tensiunii în cordonul de sudură, când asupra țevii se aplică o sarcină pe direcție axială. Valoarea optimă a unghiului α variaza în general între $40\ldots66^0$.

După pregătire, banda este introdusă, de către rolele de tracțiune 5, în instalația de formare (spiralare) a țevii, compusă din o serie de role exterioare (8) și interioare țevii (7), ce produc curbarea benzii și formarea spirelor cu un pas **p**, ce depinde lățimea benzii semifabricat și valoarea unghiului α, conform relației: $p = B / \sin\alpha$.

În funcție de grosimea benzii, rolele interioare 7 se pot regla, prin intermediul unor cilindrii hidraulici, în raport cu rolele exterioare 8.

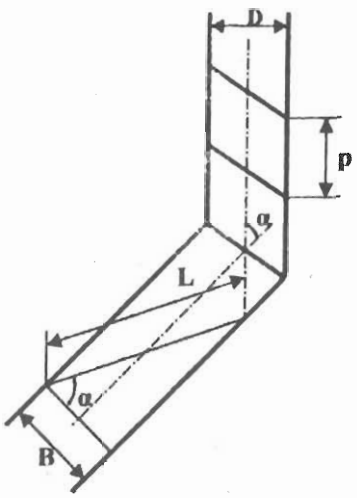


Fig.7.18.-Elementele geometrice ale țevii formate elicoidal

Pentru a se realiza în continuare sudarea în condiții cât mai bune, țeava formată nu trebuie să prezinte o distanță între marginile spirelor mai mare de 0,2...0,3 mm.

Sudarea țevii se realizează atât pe interior cu un singur cap de sudură, cât și la exterior cu unul (pentru benzi cu grosimea sub 10 mm.) sau două capete de sudare (pentru benzi cu grosimea peste 10 mm.), amplasate în tandem la distanța unui pas.

Sudarea se realizează cu arc electric sub strat de flux, cu o viteză v_s de până la 2 m/min., ceea ce asigură o viteză v de înaintare a țevii, care depinde tot de valoarea unghiului α, conform relației: $v = v_s \cdot \cos\alpha$.

Țeava finită înainte de a fi debitată la lungimea de livrare, cuprinsă în general între 8...14 m. se supune controlului în flux cu ultrasunete (10), a cordonului de sudură. Debitarea țevi se realizează tot în flux prin tăiere autogenă, după care țevile trec în ajustaj, unde se execută următoarele operații:

– evacuarea prin cădere liberă a fluxului din interiorul țevii, cu ajutorul unui dispozitiv de înclinare a țevii;

– șanfrenarea capetelor țevii, care se realizează în general prin așchiere pe o mașină specializată;

– controlul cordonului de sudură cu raze X pentru depistarea eventoalelor defecte care nu au fost sesizate la controlul cu ultrasunete;

– controlul ţevii la presiune hidraulică;

– protejarea ţevii contra coroziunii, prin bituminare sau acoperire cu diferite straturi izolante.

In cazul în care în loc de benzi se folosesc table laminate la cald, înainta de a intra în maşina de format şi sudat ţevi elicoidale, acestea vor fi supuse, la şutarea capetelor, sudarea câte două foi cap la cap, cu arc electric sub strat de flux, rabotarea marginilor şi în final sudarea tot cap la cap de tabla existentă în maşina de format şi sudat ţevi, asigurându-se astfel continuitatea procesului.

Pentru ţevi cu diametre cuprinse între 50...800 mm. şi grosimi ale peretelui sub 1 mm., procedeul de formare şi sudare elicoidală, este diferit într-o oarecare măsură şi constă în spiralarea benzii, dar cu marginile spirelor suprapuse, iar sudarea se realizează prin presare după încălzirea prin rezistenţă de contact cu curenţi de frecvenţă industrială sau cu curenţi de de înaltă frecvenţă (radiofrecvenţă), la care viteza de sudare poate ajunge până la 20 m / min.

Bibliografie.

1.- × × × - *Anuarul statistic*- Editat ICEM – 2000

2.- × × × - ***Catalogul de produse al S.C.Petrotub S.A. - Roman***

3.- Dobrescu L., Cazimirovici E., s.a. - ***Operaţii şi procese matalurgice***, Ed.Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1978.

4.- Cazimirovici E., - ***Calibrarea cilindrilor de laminare*** - Ed.Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1995

5.- Crafti A., Drăgan I., - ***Laminarea profilelor*** - Editura Tehnică, Buc.,1967

6.- Crafti A., ***Indrumătorul laminatorului*** - Vol.I- Ed. C.P.M.I.M, Buc.,1976

7.- Cazimirovici E., s.a. - ***Cartea laminoristului***- Editura Tehnică, Buc.,1987

8.- Cazimirovici E., Samoilescu S. - ***Calibrarea cilindrilor de laminare*** - Editura Tehnică, Bucureşti, 1987

9.- Litovcenko N.V.s.a.- ***Kalibrovka valkov sortovâh stanov*** - Izd.Metallurghia, Moskva, 1986

10.- Adrian M.- ***Laminarea la cald a tablelor şi benzilor*** - Editura Tehnică, Bucureşti, 1987

11.- Şeftel N.I.- ***Holodnaia prokatka listavoi stali*** - Izd.Metallurghia, Moskva, 1986

12.- Cazimirovici E.- ***Metodz de determinare a schemei de reduceri pentru laminarea la rece a benzilor din oţel.***- Rev.METALURGIA, nr.10/1972.

13.- Popescu G.M..- ***Tratamentul termic prin procedee al benzilor din oţel laminate la rece.*** - Sinteză documentară, CDPT-MIM, Buc.1970

14.- Cazimirovici E., Suciu M.V.-***laminarea materialelor metalice speciale***, Editura BREN, Buc. 2000, ISBN 973-9493-37-8.

15.- × × × - ***Atlas de defecte ale produselor laminate şi trase din oţel***- ICEM-CDPT-MIM, Buc.1967

16.- Cazimirovici E. - ***File din istoria universală a realizării şi dezvoltării laminoarelor.*** Rev. METALURGIA, nr.8/1999.

17.- Danilov F.A., s.a. - ***Laminarea ţevilor*** - Editura Tehnică, Bucureşti, 1964

18.- Moldovan I - ***Procedee moderne de fabricare a ţevilor*** - CP-MIM ,1985

18.- Rozov N.B. - ***Proizbodctvo trub*** - Izd.Metallurghia, Moskva, 1988

19.- Cuida O. - ***Fabricarea ţevilor de oţel prin laminare şi tragere la rece*** - Editura Tehnică, Bucureşti, 1991

20 - Stankevici V.A., s.a. - ***Holodhaia prokatka trub*** - Izd.Metallurghia, Moskova, 1982

21 - Rozov N.B. - ***Holodhaia prokatka stalnâh trub*** - Izd. Metallurghia , Moskova, 1977

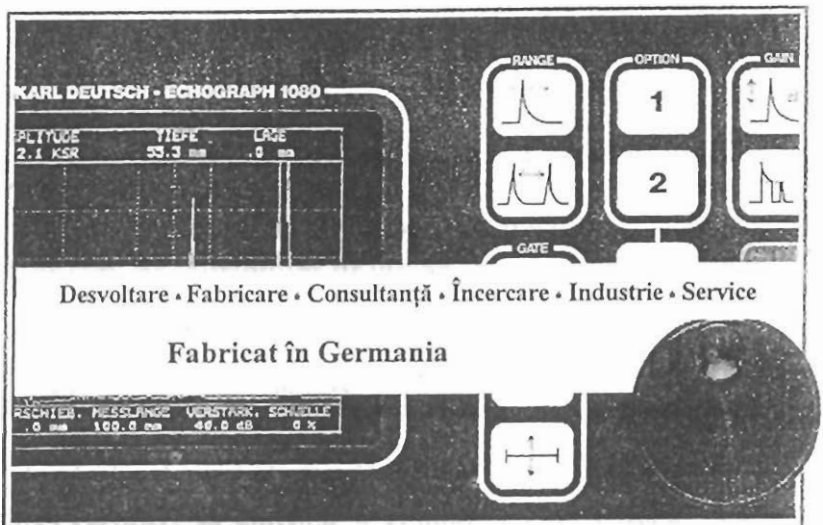
22 - × × × - ***Manualul inginerului metalurg*** - vol.II, cap.8.2, Ed.Tehnică, Buc., 1982

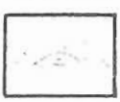
23 - Moldovan I, s.a. - ***Procedee moderne de fabricare a ţevilor sudate din oţel*** CP-MIM ,Bucureşt, 1985

24 - Schmidt D, s.a. - ***Stahlrohr Handbuch,*** (8 Auflage), Vulkan-Verlag, Essen,1977

KARL DEUTSCH

Aparate şi instalaţii pentru controlul nedestructiv al materialelor



 	Ultrasunete: - constatarea defectelor - supravegherea calităţii - măsurarea grosimii
	Pulbere magnetică / penetranţi: - detectarea fisurilor
	Sondă de potenţial: măsurarea adâncimii fisurilor
 	Inducţie magnetică / curenţi turbionari: sortare structuri măsurare straturi

50 ani
1949-1999

Firma KARL DEUTSCH, neaparţinând niciunui concern, se ocupă, de la apariţia sa în anul 1949, cu desvoltarea şi producerea aparetelor pentru control nedestructiv al materialelor. Caracterizate prin inovaţii continue şi siguranţa produselor, mărcile comerciale ECHOGRAPH, ECHOMETER, DEUTROFLUX, LEPTOSKOP şi VITOMETER FLUXA şi KD-CHECK, reprezintă astăzi o concepţie de vârf în intreaga lume. Experienţa tehnică în aplicaţi, cunoştiinţele teoretice şi know-how în privinţa tehnologiei de fabricaţie, acumulaste în peste 5 decenii, ca şi un management al calităţii conform standardelor, garantează şi pe viitor pentru aparatele şi accesorile firmei, cel mai înalt nivel al tehnicii şi o poziţie de vârf pentru calitate, siguranţă şi economie în funcţionare

REPERE ÎN EVOLUŢIA FIRMEI KARL DEUTSCH

1948 Prima participare la Târgul de la Hanovra cu prototipul **LEPTOSKOP**.
1949 La 13 mai, KARL DEUTSCH înfiinţează firma în Wuppertal.
1950 Începutul dezvoltării aparatelor de control cu ultrasunete, care după
1951 au apărut pe piaţă.
1956 Este prezentat aparatul RMG pentru măsurarea adâncimii fisurilor folosind curent alternativ, iar după încercări practice încununate de succes în
1957 apare prima comunicare.
1960 Sunt preluate în program aparatele **DEUTROFLUX** de control al fisurilor, care la început au fost de tip recipient cu vârtej cu pulbere magnetică uscată, iar din
1961 aparatele universale (**UH**), care din
1965 funcţionează cu magnetizare combinată cu curent alternativ prin bobina **DEUTRO**. Primele aparate complet tranzistorizate ale noii generţii **ECHOGRAPH** tip sertare electronice, pot fi livrate drept componente ale instalaţiilor automate
1966 Începe producţia proprie a mediului de control **FLUXA**.
1967 Noua clădire, Fabrica 1 pe Otto-Hausmann-Ring 101
1972 Descrierea primelor automate de control al fisurilor **DEUTROMAT KUR** cu sistem de transport contînu. În acelaşi an începe producţia unităţilor de rotire şi avans **VRE** pentru controlul ultrasonic al ţevilor fără" sudură pentru cazane energetice.
1973 Prezentarea primului aparat de control ultrasonic digital din lume **ECHOTEST**, în cadrul ICNDT din Varşovia
1976 Dezvoltarea primelor instalaţii ultrasonice din lume dirijate prin calculator, **ECHOGRAPH 1160**
1978 Noua clădire, Fabrica 2 pe Otto-Hausmann-Ring 201
1979 La ECNDT din Mainz este prezentată pentru prima dată tehnica ultrasonică **CS**
1981 La ECNDT din Viena este prezentată comunicarea despre controlul complet automat al fisurilor cu pulbere magnetică, **FLUXAMAT**
1983 La expoziţia WCNDT de la Moscova este prezentat primul defectoscop ultrasonic susţinut de microprocesor, **ECHOGRAPH 1030**. Simultan sunt furnizate aparatele **DEUTROFLUX – UHW** cu noua bobină **DEUTRO** îmbunătăţită.
1984 Lansarea aparatului de măsurat grosimi **ECHOMETER 1070** dirijat de un microprocesor.
1987 Intră în funcţiune instalaţiile ultrasonice **ECHOGRAPH 1150** echipate cu cea mai nouă tehnică de calcul.
1988 Apare aparatul digital **LEPTOSKOP 2015**
1990 Sistemul ultrasonic fără rotaţii **HRP** pentru ţevi şi bare, înlocuieşte generaţia **VRE**.
1992 Odată cu aparatul digital **ECHOGRAPH 1080** apare pe piaţă un defectoscop ultrasonic deosebit de uşor de deservit, iar puţin timp mai târziu îi urmează aparatul compact **ECHOGRAPH**.
1993 Au fost prezentate mediile de control **KD-Check** fără coloranţi AZO pentru metoda cu lichide penetrante. În acelaşi an este certificat de către RW TÜV sistemul de asigurare a calităţii implementat în firmă în conformitate cu **DIN ISO 9001**. Apar noi generaţii de aparate:
1994 Aparatul digital **LEPTOSKOP**, apoi
1995 Aparatul digital **VITOMETER** şi **RMG** iar în
1996 **DEUTROFLUX UWE** şi **UWS**.

Majoritatea inovaţiilor prezentate au fost patentate, toate fiind descrise în detaliu în revistele de specialitate sau în publicaţiile firmei. Aceste documente stau la dispoziţia celor interesaţi pentru a fi studiate.

KARL DEUTSCH Prüf-und Messgerätebau
GmbH & Co. KG
Adresa: Otto-Hausmann-Ring 101,
D-42115 Wuppertal
Adresa poştală: POBox 132354,
D-42050 Wuppertal
Tel.: (0202) 7192-0, Fax: (0202) 714932
e-mail info@karldeutsch.de

Reprezentanţa KARL DEUTSCH
Aleea Arubium Nr. 61 – 63
72400 Bucureşti s.2,
Tel.: (01) 241 23 25
Fax: (01) 241 23 20,
e-mail kdro @ beweb ro

CONSTAM GRUP BUZĂU

Tel. & Fax.: 038.717.616
Tel.: 038.722.552

Grupul de firme

CONSTAM

activează pe piața de materiale pentru construcții a orașului Buzău încă din anul 1997, asigurând beneficiarilor locali și din alte județe următoarele servicii:

prin firma CONSTAM METAL S.A.

- **Livrarea de produse metalurgice** (oțel beton, plase sudate, profile laminate, țevi și table brut laminate sau zincate);
- **Lubrifianți auto și industriali marca LUBRIFIN.**

prin rețeaua de magazine ale firmei CONSTAM S.A.

- **Comercializarea materialelor pentru finisaje în construcții** (gresie, faianță, tencuieli, vopseluri);
- **Comercializarea materialelor pentru instalații** (sanitare, termice și electrice).

prin firma PRO CONSTRUCT S.A.

- **Execuția de finisaje și instalații în construcții;**
- **Confecționarea de orice categorie de tâmplării cu geam termopan sau simplu, folosind profile din aluminiu sau PVC importate din Germania.**

prin firma MAN TRANSPORT S.R.L.

- **Execută transporturi de mărfuri interne și internaționale pentru încărcături între 1...22 tone** (între 3...98 m^3).

Pentru produsele comercializate și servicile prestate sunt promovate prețuri și condiții deosebit de favorabile clienților.

40.000 lei

B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI