

INSTITUTUL POLITEHNIC „GHEORGHE VIILEA”
TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MECANICĂ

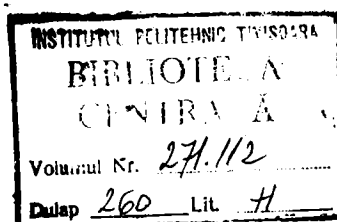
Ing. Aurel Ieremia

TEZA DE DOCTORAT

„Studiul mărimii durabilității șinelor de cale ferată”.

Conducător științific :
Prof. Dr. Doc. Ing. Aurel Ieremia

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA „POLITEHNICA”
TIMIȘOARA



TIMIȘOARA
1973

CUPRINS

- Introducere -	1
1.0. Aspecte ale complexității ginei.	2
1.1. Complexitatea calitativilor în gină.	2
1.2. Defectele ale ogăzii ginei în exploatare.	15
1.3. Caracterizarea și caracteristici ale ginelor în diferite țări.	20
2.0. Datele tehnice și fabricarea ginelor cu rezistență sporită la uzură.	32
2.1. Sinea placată.	37
2.2. Sinea din oțel cu rezistență ridicată la uzură prin tratament termic.	50
2.3. Sinea din oțel cu duritate naturală ridicată.	66
2.4. Considerații asupra procedeeilor de fabricare a ginei.	75
3.0. Studiul pentru fabricarea ginei placate.	75
3.1. Considerații tehnologice.	75
3.2. Principiul studii în baia de uzură.	82
3.3. Rezultate experimentale.	104
4.0. Studiul fabricării ginei din oțel cu Si.	122
4.1. Considerații teoretice.	122
4.2. Cercetări asupra oțelului cu Si.	134
4.3. Fabricarea ginei tip 49 din oțel cu Si.	150
4.4. Rezultate cu șine în exploatare.	181

5.0. Agregata unificata	186
6.0. Coordonata	189

INTERPRETARE

Creșterea rapidă a forțelor de producție și dezvoltarea economiei naționale, a ceea ce în evidență rolul considerabil al transporturilor care reprezintă sistemul circulator al țării, asigurând legăturile de producție și circulația valorilor materiale.

Funcțiile pe care le îndeplinesc transporturile în complexul economiei naționale impun dezvoltarea rețelei feroviare și exploatarea ei în condiții de regularitate și siguranță. Tracțiunea feroviară la noi în țară urmează să reprezinte în anul 1975 peste trei pătrimi din întregul trafic torontaru.

Tracțiunile direcțiile în care transporturile feroviare vor trebui să cunoască perfecționări deosebite în cadrul cincinalului sov. Nicolae Ceaușescu Secretarul General al C.C. al Partidului Comunist Român în raportul prezentat la Congresul al 8-lea a arătat că „în 1975 tracțiunea cu abur va fi practic înlocuită cu tracțiunea electrică și Diesel, se va începe electrificarea căilor ferate, se vor dubla noi linii magnetice”.

Îsporirea intensității transporturilor pe rețeaua de cale ferată pune o serie de probleme pentru materialele de cale spre soluționarea cărora s-au orientat o serie de forțe științifice intensificând activitatea de cercetare.

.. // ..

1.0. Anunțarea și angajarea școlilor.

1.1. Graficul evoluțiilor în sine.

În ultimile decenii dezvoltarea economică, a în-
pas creșterii nivelului volumului transporturilor în scopul
asigurării necesităților primare și ale produselor finite în lo-
curile de producție respectiv de utilizare adică al schim-
bului de mărfuri în general. Volumul traficului feroviar
de mărfuri, a crescut în intervalul 1951 - 1970 pe plan
mondial mai mult decât de două ori, iar în Europa de pe-
te trei ori.

Mărfuri		Miliarde t					1970 1951 %
Regiune	1951	1955	1960	1965	1970		
Total mondial	2222,0	2610,0	3338,0	4194,0	5015	222,7	
din care:							
Africa	38,1	47,6	56,5	77,0	99,3	260,6	
Asia	188,0	195,0	386,0	457,0	500,0	362,0	
America de Sud	28,6	28,5	31,9	37,9	43,8	153,1	
America de Nord	1053,0	1024,0	947,0	1147,0	1297,0	123,2	
Europa	951,0	1301,0	1901,0	2424,0	3048,0	320,5	
Oceania	12,2	13,9	20,6	20,6	27,2	223,0	

Evoluția traficului feroviar de mărfuri
pe plan mondial în intervalul 1951-1970.

Croșterea a fost posibilă datorită extinderii rețelei de cale ferată și intensificării parametrilor de transport. Aceștia se referă la, creșterea vitezei, sarcina pe osie, raportul sarcina sarcina pe osie și diametrul roții, greutatea trenurilor în special la marfă.

În țara noastră paralel cu dezvoltarea în ritm foarte ridicat a economiei naționale, s-a dezvoltat corespunzător și traficul feroviar de mărfuri, Volumul acestuia prezintă o evoluție ascendentă ajungând în 1970 la 43.045 mil to.km. fig.1 (2)

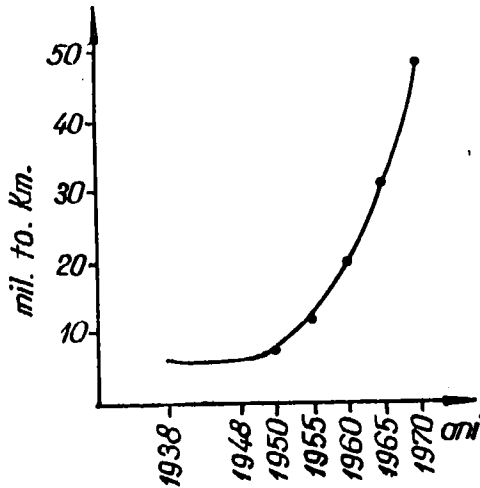


fig.1 evoluția traficului de mărfuri în R.S.R.

La această dinamică s-a ajuns în principal prin intensificarea parametrilor de transport și în mai mică

mişea prin creșterea lungimii liniilor ferate respectiv al densității lor pe km² de suprafață a țării, fig.2 (3).

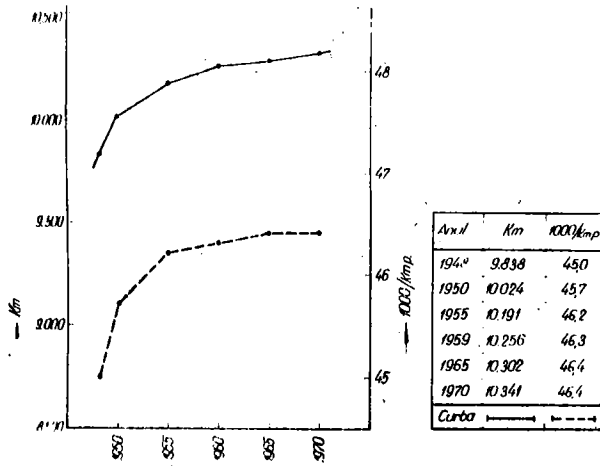


Fig.2. Creșterea lungimii liniilor ferate și a densității lor pe km² de suprafață a țării.

Corelate cu evoluția în timp a parametrilor de construcție și exploatare a căilor ferate pe plan mondial, eu evoluat și tipurile de șină, care pînă în anul 1820 cînd s-a produs prima șină laminată se executau din bare turnate sau forjate, fig.3 (4).

.. // ..

EVOLUȚIA TIPURILOR DE ȘINĂ

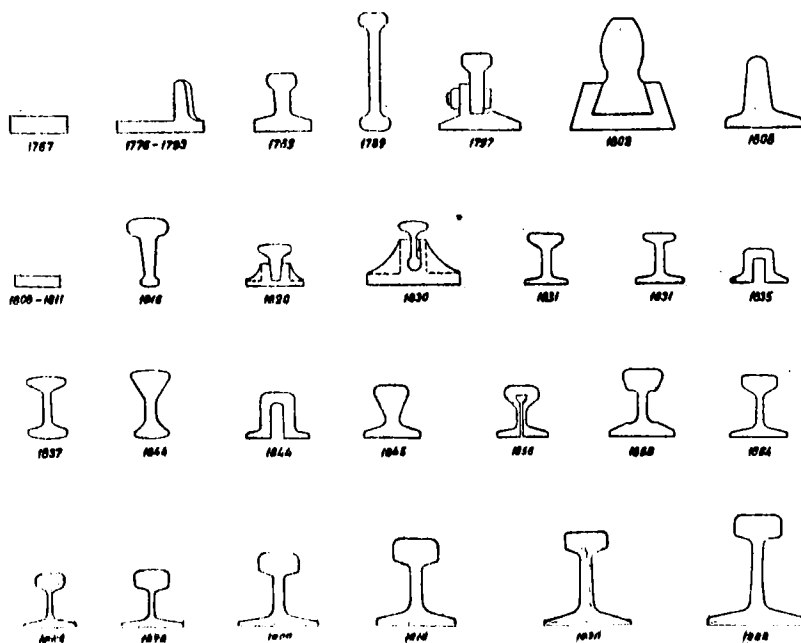


fig.3. Evoluția tipurilor de șină, de la începutul transporturilor până în zilele noastre.

În general șinele au fost fabricate pentru o durabilitate în cale de 18 - 20 ani. La dimensionare se ține seama de doi factori importanți și anume : uzura și solicitările dinamice. Acestea au constituit și constituie obiectul multor studii și cercetări în decursul anilor.

Una și legată de ea durabilitatea giurilor s-a dezvoltat pe măsura intensificării procesurilor de transport. Raportul între parametrii de funcționare ai materialului rulant și ai căii, cu timp să fie în permanent echilibru, prin evoluția calitatii și dimensiunii a șinelor. Intre diferitele elemente ale procedurilor de fabricație și a celor de exploatare apar relații de interdependență, ele se influențează reciproc, fig.4 (5).

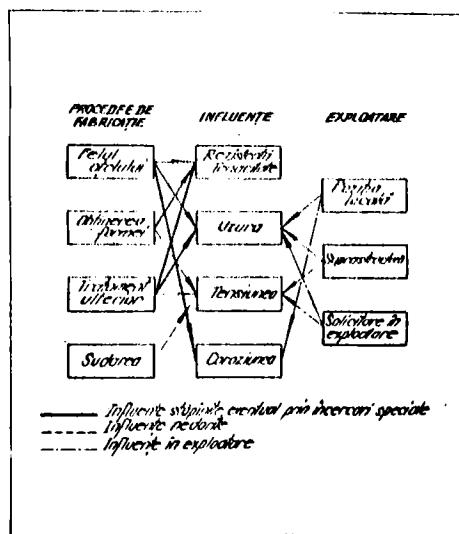
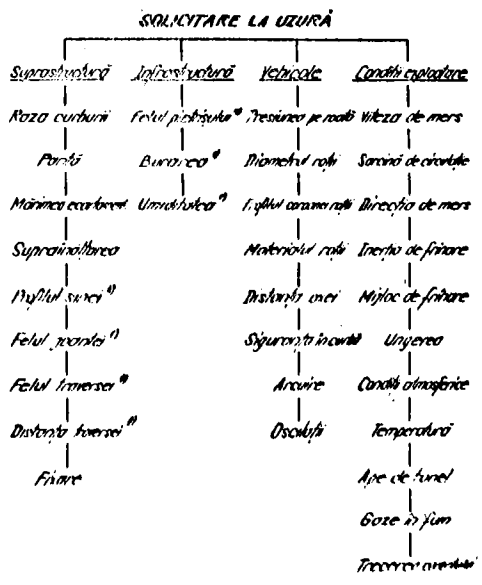


fig.4. Interdependența elementelor procedurilor de fabricație și exploatare.

Intre mijloacele principale pentru asigurarea unei durabilități a giurilor se remarcă în primul rând îmbunătățirea comportării la uzură. În literatura de ope-

calitatea și în relația statistică influențabile care acționează și direct asupra conștinții la uzură a unei șine, fig.5 (6).



* Înălțime supra șurții 4 mm.

fig.5. Elementele care concură la solicitarea la uzură a șinelor.

Din cele expuse, rezultă că pentru satisfacerea nivelului de transport este necesară o creștere substanțială a parametrilor de viteză, sarcină pe osie, raportul între sarcina pe osie și diametrul roții, greutatea trenurilor în special la marfă care au avut ca urmare sporirea solicitărilor în șine, tabela 2 (7).

Tabela 2

Nr. crt.	Parametru	U. M.	anul 1930	cincinalul 1971 - 75	%
1.	Sarcina maximă pe axie la locomotive	to	20,0	21,2	105
2.	Sarcina pe axie la vagoane de marfă.	to	16,0	20,0	125
3.	Răpordul între sarcina pe axie și diametrul roților la locomotive	Kg/mm	5,2	12,7	244
4.	Răpordul între sarcina pe axie și diametrul roților la vagoane.	kg/mm	8,9	11,8	132
5.	Viteza maximă la trenuri de călători	Km/h	120,0	160,0	133
6.	Viteza maximă la trenuri de marfă	Km/h	55,0	100,0	183
7.	Greutatea unui tren de marfă	to.	700	1300	187

variația parametrilor de bază la nivelul actualului cincinal față de anul 1930.

Creșterea solicitărilor efective în șină în baza solicitărilor actuale le-am determinat calculând valoarea presiunii maxime și a dimensiunilor suprafeței de contact între șină și roata de rulare, aplicând teoria stării de tensiune la plăcile în contact după Panamariov ș.a. (8).

La calcularea solicitărilor de contact se neglijează uzoara contactate a profilului bandașului roții și se consideră contactul roții și al șinei ca un contact a doi cilindri cu axe perpendiculare. Înainte de deformare

acești cilindri să se contacteze într-un punct. După deformarea roții și a plăcii contactul punctiform trece într-un contact de suprafață eliptică. Axa mare 2a a elipsei care reprezintă conturul suprafeței de contact se află pe generatoarea cilindrului mic și axa mică 2b pe generatoarea cilindrului mare (a roții).

Forțele care se transmit de la roată la șină

sunt :

$$P = \frac{200000 \cdot 0,012}{2}$$

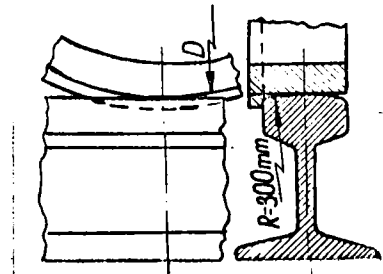


Tabela 3

Nr. Că	Tipul de locomotivă		Sarcină pe axele to	Sarcină pe roata to	Diametrul roții D (mm)
	Cu abur	Diesel, Electrică			
1	142000		18,60	9,30	1950
2	231000		17,20	8,60	1800
3	230000		17,20	8,60	1800
4	150000		16,25	8,12	1400
5		LE	21,00	10,50	1100
6		LDH	19,50	9,75	848
7		LDE	19,00	9,50	848

Tabela 3. Sarcina pe axie, roată și diametrul roții la locomotive C.F.R.

Rezultă determinarea presiunii maxime și a amplasare-
 lor așigurat de contact după tabelul 3 - a-cu determinând
 curbările principale ale roților și capului șinei și a-au
 obținut valorile :

$$\begin{aligned} K_{11} &= \frac{2}{D} = 0,01025 \text{ 1/cm} & K_{12} &= 0 \\ K_{21} &= 0,01120 & K_{22} &= 0 \\ K_{31} &= 0,01120 & K_{32} &= 0 \\ K_{41} &= 0,01426 & K_{42} &= 0 \\ K_{51} &= 0,01616 & K_{52} &= 0 \\ K_{61} &= 0,02360 & K_{62} &= 0 \\ K_{71} &= 0,02360 & K_{72} &= 0 \end{aligned}$$

Curbările principale ale capului șinei sînt :

$$\begin{aligned} K_{r1} &= \frac{1}{r} = 0,03330 \text{ 1/cm} \\ K_{r2} &= 0 \end{aligned}$$

Parametrul geometric Ω , care depinde de pozi-
 ția relativă a planelor de curbură principale ale corpu-
 rilor de contact și de valorile lor principale în punctul
 de contact inițial se determină prin relația :

$$\Omega = \sqrt{\frac{(K_{11}-K_{12})^2 + (K_{r1}-K_{r2})^2 + 2(K_{11}-K_{12})(K_{r1}-K_{r2})}{K_{11} + K_{12} + K_{r1} + K_{r2}}}$$

planele de curbură în cazul considerat fiind reciproce,

$$\cos \Omega = -1 \text{ și în acest caz}$$

$$\Omega_1 = \frac{K_{r2} - K_{r1}}{K_{r2} + K_{r1}} = \frac{D_1 - 2r}{D_1 + 2r} = 0,5280$$

$$\Omega_2 = 0,5000, \Omega_3 = 0,5000, \Omega_4 = 0,4900$$

$$\Omega_5 = 0,2940, \Omega_6 = 0,2750, \Omega_7 = 0,2730$$

valorile coeficienților Ωa , Ωb , și Ωp sunt extrase din
 tabela 4 (9) în funcția de parametrul geometric .

Tabela 4

Ω	n_a	n_b	n_p
0,1894	1,141	0,8837	0,9918
0,2207	1,168	0,8860	0,9890
0,2545	1,193	0,8872	0,9853
0,2913	1,233	0,8871	0,9805
0,3314	1,274	0,8856	0,9746
0,3755	1,322	0,7822	0,9669
0,4245	1,381	0,7565	0,9571
0,4795	1,456	0,7273	0,9440
0,4914	1,473	0,7216	0,9409
0,5036	1,491	0,7156	0,9376
0,5161	1,511	0,7086	0,9340
0,5291	1,532	0,7019	0,9302
0,5423	1,554	0,6949	0,9262

Tabela 4. Valorile numerice ale coeficienților a , b , p din formulele care dau valorile numerice ale elipsei și a presiunii maxime.

antfel pentru Ω respectiv rezultă

$$n a_1 = 1,5520, \quad n b_1 = 0,7019, \quad n p_1 = 0,9302$$

Surse curburilor principale ale suprafeței corpurilor în contact este :

$$\sum K_1 = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 0,04555 \text{ 1/cm}$$

$$\sum K_2 = 0,04450 \text{ 1/cm} \quad \sum K_3 = 0,04450$$

$$\sum K_4 = 0,04755 \text{ 1/cm} \quad \sum K_5 = 0,05146 \text{ 1/cm}$$

$$\sum K_6 = 0,05690 \text{ 1/cm} \quad \sum K_7 = 0,05690 \text{ 1/cm}$$

Considerând alegem modul de elasticitate pentru oțelul de piatră și oțelul puțin $E = 2,10^7 \text{ N/cm}^2$ și coeficientul lui Poisson $\mu = 0,30$ constanta elastică combinată a materialelor care vin în contact este :

$$\mu = 2 \frac{1-\mu^2 E}{E} = 0,91 \cdot 10^7 \text{ cm}^2/\text{N}.$$

Coordonatele centrului eliptic rezultă din relațiile :

pentru semidiametrul mare a elipsei :

$$a = na \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{3P}{\Sigma K}}, \quad na = \sqrt{\frac{2}{\pi} (1 + \frac{B}{A}) D} \quad (73) \quad (7)$$

pentru semidiametrul mic a elipsei :

$$b = nb \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{2P}{\Sigma K}}, \quad nb = \sqrt{\frac{2}{\pi} (1 + \frac{A}{B}) (K-D) \sqrt{1-e^2}} \quad (74) \quad 7$$

din calculul semidiametrelor rezultă valorile :

$a_1 = 1,03 \text{ cm}$	$b_1 = 0,456 \text{ cm}$
$a_2 = 0,862 \text{ cm}$	$b_2 = 0,4215 \text{ cm}$
$a_3 = 0,862 \text{ cm}$	$b_3 = 0,4215 \text{ cm}$
$a_4 = 0,810 \text{ cm}$	$b_4 = 0,4425 \text{ cm}$
$a_5 = 0,816 \text{ cm}$	$b_5 = 0,549 \text{ cm}$
$a_6 = 0,759 \text{ cm}$	$b_6 = 0,518 \text{ cm}$
$a_7 = 0,735 \text{ cm}$	$b_7 = 0,518 \text{ cm}$

.. // ..

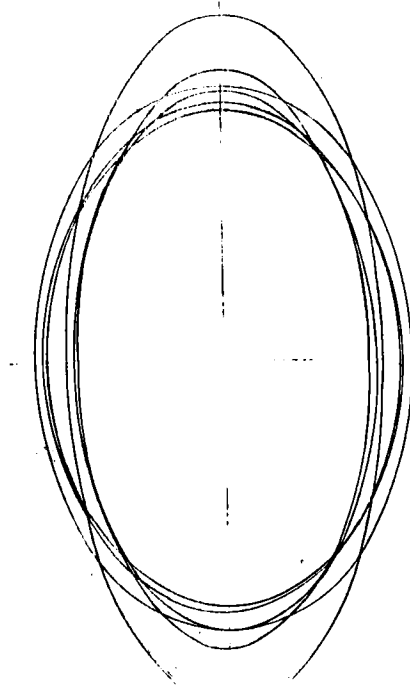


fig.7. Elipticele de contact roată-șină.

Valoarea presiunii maxime între roată și șină rezultă din relația :

$$p_0 = n p \frac{1}{H} \sqrt{\frac{3}{2} \left(\frac{\sum K}{2} \right)^2 P} \quad (75) \quad (7)$$

unde
$$n p = \frac{1}{n a \times n b}$$

din calculul presiunii maxime între roată și șină rezultă următoarele valori :

$$\begin{aligned}
 P_{01} &= 94200 \text{ N/cm}^2 & P_{02} &= 85000 \text{ N/cm}^2 & P_{03} &= 86000 \text{ N/cm}^2 \\
 P_{04} &= 89700 \text{ N/cm}^2 & P_{05} &= 11,9800 \text{ N/cm}^2 & P_{06} &= 12,1500 \text{ N/cm}^2 \\
 P_{07} &= 119500 \text{ N/cm}^2.
 \end{aligned}$$

reprezentând și însoțind histograma valorile presiunilor maxime față de roată și altele rezultate a creșterii substanțiale a acestor valori.

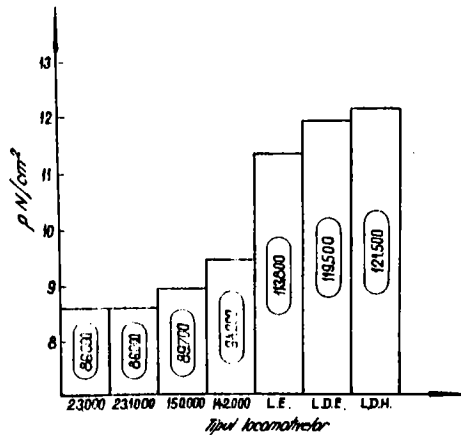


Fig.3. Histograma presiunilor de contact între roată și șină la locomotive de tip vechi și nou.

Din histogramă rezultă clar creșterea valorilor presiunii specifice a roților pe șină la tipurile noi de locomotivă și ca o consecință și o creștere importantă a sollicitării în șină.

Pe lângă aceasta este de luat în considerare și creșterea forței aderente la locomotivele de tip nou.

.. // ..

Pe creșterea solicitării în pini este necesar să se plătească aerul și de fapt, cu puțin creșterea permeabilității vitezei s-a putut vedea indicele intensiv care prin mărirea numărului de treceri are o influență directă asupra solicitării în pini.

1.2. Defecțiunile axului și a șinei în exploatare.

Între cauzele care împun înlocuirea șinelor din cele sunt și defectele din capul șinelor. Acestea apar ca urmare a unor solicitări deosebite. Astfel în curbe efortul datorită forței centrifuge este preluat de muchia interioară a ciuperii șinelor exterioare ca urmare a împingerii buzei bandajului și așine atunci când viteza trenului este mai mare decât cea pe care o poate prelua suprafașterea șinei exterioare, respectiv este mai mare decât viteza de echilibru. Acestora i se suprapune solicitarea la suprafașță care în naștere prin aceea că roata deși rulează pe ciuperca șinei, buza bandajului în contact cu șina are o viteză periferică mai mare în raport cu viteza existentă pe suprafașța de așinare, fig.9 (10)

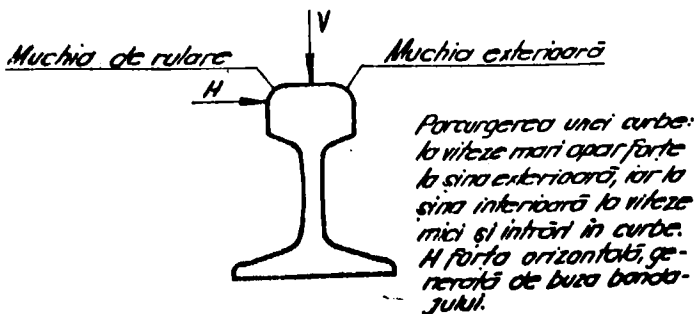


Fig.9. Starea solicitărilor șinelor în curbe.

Faza rularii cu alunecare pe suprafața de rulare
se poate distinge și astfel. Într-un stadiu mai avansat
aschizarea defectă pot duce la desprinderea de șchia din
suprafața de rulare a șinei, fig.10 (10)

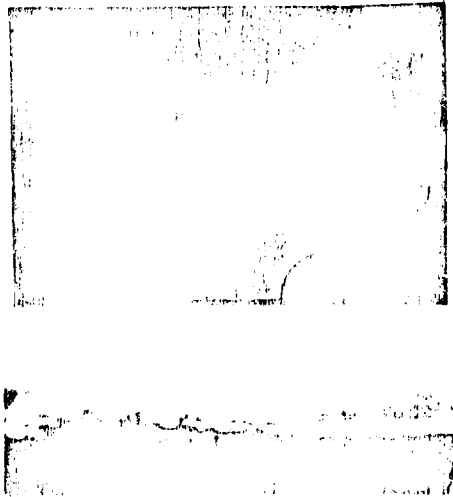


Fig.10. Defecte ale capului șinei ca urmare
a rularii cu alunecare.

Același solicitare există la muchia de conducere
a șinei interioare în cazul când viteza trenului este mai
mică decât viteza de echilibru. În panta trebuie ținut cont
pe lângă fenomenele de uzură generate de alunecare la por-
nă și frînare și de forțele mai importante care apar ca
urmare a variației vitezei, accelerarea respectiv decelera-
rea maselor care trebuie preluate de ciuperca șinelor.

la traversarea schimbătoarelor și încrucișărilor forțele cresc cu viteza a solicitărilor dinamice ce iau naștere atât în direcția orizontală cât și verticală. Ele se formează din atingerea bazei bandajului când vehiculul parcurge o nișoare de șerpuitură.

La distanțarea trenului prin schimbător pe o altă linie, fiecare ori se dirijează cel puțin de două ori, în acest timp baza bandajului se sprijină de fiecare dată de ciuperca șinei exterioare. Dacă trenul încetează să se balanseze atunci acest contact se produce de mai multe ori. Prin aceasta pot lua naștere în ciuperca șinei deformări care duc la formarea de bavuri, bavură care la rîndul ei este îndepărtată de baza bandajului atunci când aceasta ajunge în contact cu ciuperca șinei, fig.11.

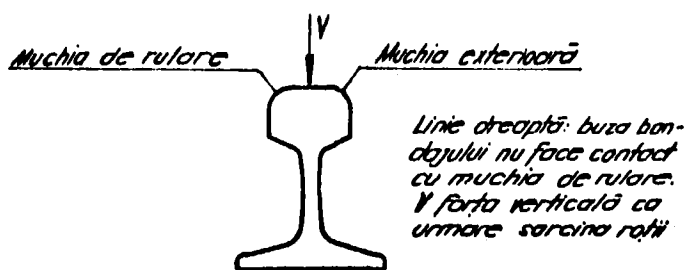


Fig. 11. Cauza apariției stivei în aliniament.

În porțiunile de linie puternic solicitate se constată de asemenea lozuri de contact, exfolieri, mai ales la suchia de rulare, dar și pe suprafața de rulare respectiv la marginea ciupercii. La cercetarea unor asemenea tronsoane de glăd apar coșuri care ajung pînă la 7 - 9 mm. fig.12 (10)

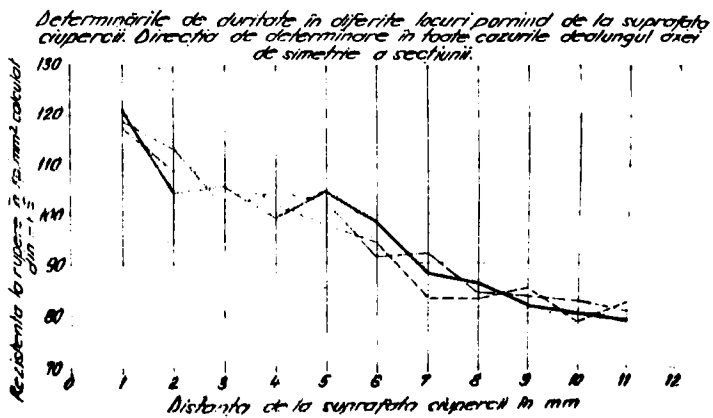


Fig.12. Variația durității pe adâncime la ciupercii glăzilor puternic solicitate.

Rezistența la rupere echivalată cu valorile de duritate determinate, pornind de la o șină care inițial a avut la suprafață $\sigma_r = 800 N/mm^2$ pot ajunge la valori de $1100 - 1200 N/mm^2$.

1.3. Caracteristicile caracteristici ale șinelor la diferite țări.

1.3.1. Preocuparea cu privire la comportarea șinelor la exploatare este permanentă în toate țările având în vedere că șina este un element important în siguranța transporturilor feroviare. Astfel în literatura de specialitate (11) se prezintă date recente asupra comportării șinelor în exploatarea căilor ferate Englese.

Se menționează că ruperile de șină au dus la deraieri. Din 29 ruperi care au constituit cauza deraierilor începând din ¹⁹⁹⁰ 1953, în 13 cazuri ruperile au provenit din noua de colinare. În mai toate cazurile ruperile manifestate ca o rupere de oboseală, au pornit de la o fisură amorfă și în final s-au manifestat ca ruperi fragile. Pentru diminuarea acestor ruperi s-a acționat prin următoarele măsuri :

- Înlocuirea joantelor colizate prin joante scdate și în acest scop până în ²⁰¹⁰ 1970, au fost executate peste 300.000 suduri prin procedul alumino-termic și peste 854.000 de suduri prin presiune.

- S-a îmbunătățit înima la diferite tipuri de șine.
- Se face un control sistematic al căii printr-un control ultrasunete îmbunătățit.

- În locurile unde șinele sunt defectate datorită patinării se fac reparații prin sudură locală după experiența Căilor Ferate Federale Germane (DB) și a Căilor Ferate Franceze (SNCF).

De reținerii controlul căi ginele la B.R. cu ca rezistență normală $f_r = 700 \text{ N/mm}^2$.

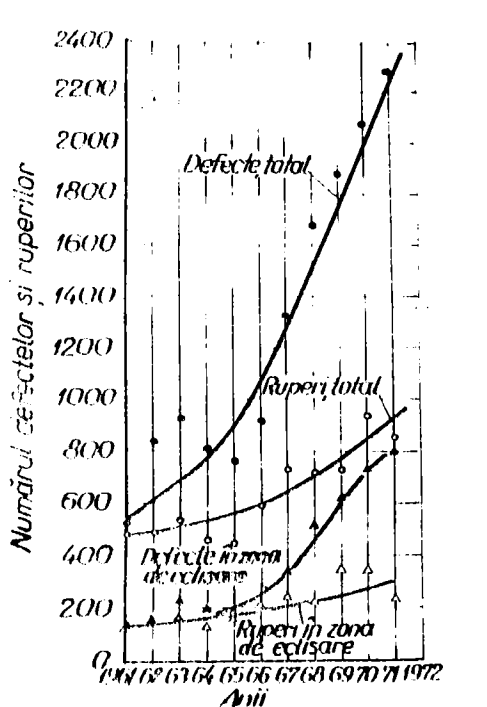


Fig.13. Numărul defectelor și ruperilor la ginele căilor ferate Engleza pe ani.

1.3.2. În timp ce la B.R. gina B.S.11 cu rezistența minimă de 700 N/mm^2 constituie calitatea normală, Căile Ferate Germane (D.R.) (13) din 1961 până în prezent au introdus în cale în cea mai mare măsură ține de calitate cu rezistență sporită la uzură—după normale UIC 860.

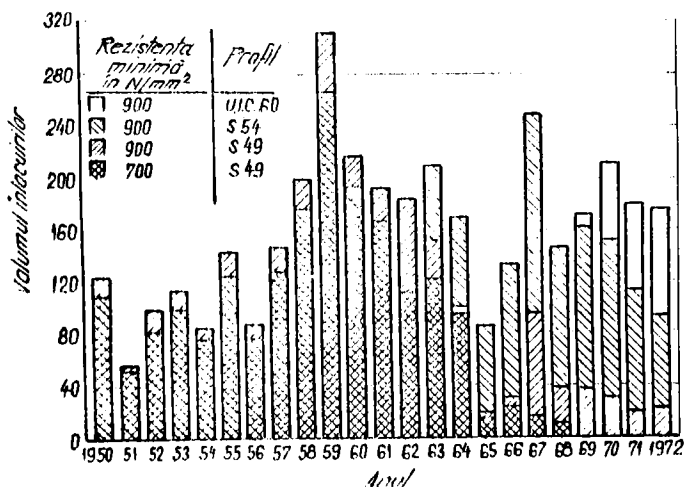


Fig.14. Volumul încălzuirilor de șină pe calitate și tipuri la Căile Federale Germane.

Astfel din liabile principale de categoria I-a în prezent 50 % este formată din șină cu rezistență sporită la uzură și se preconizează cu aceste linii să fie complet trecute pe șină rezistente la uzură. În ce privește tipul de șină se preconizează ca 70 % din totalul acestor linii să fie echipate cu șină tip UIO.60 iar 30 % cu șină tip B 54.

Oțelul este fabricat după procedeele : convertor cu oxigen, procedeu electric și procedeu B.M. Se urmă-

repte a de asigurarea unui comportament cât mai scăzut de hidrogen prin mijlocul spărilor la alburare sau prin vidarea oțelului. De asemenea se mai folosește și procedeul de a răci șinele după lămurare. Se impune la șinele din calitate rezistentă la uzură un control sistematic pentru a asigura lipsa fulgilor.

Comparând defectele și ruperile care apar la șinele S 49 de calitate normală cu cele de calitate rezistente la uzură se constată că în cazul liniilor mai încărcate cu trafic, la șinele cu rezistență sporită la uzură nu în aceeași măsură se poate pune în evidență o diferență netă defectelor și ruperilor.

Prin mijloci adecvate atât la fabricarea cât și la sudarea și prin utilizarea șinei S54 de calitate rezistentă la uzură s-au obținut la esența liniei rezultate pozitive în ce privește reducerea continuă a defectelor și ruperilor. Pe esența liniei se preconizează în viitor trecerea la șine tip UIC 60 prin care se conțenează o îmbunătățire radicală a situației.

Pentru o încărcare de 100.000.000 to, raportul dintre uzura șinelor de calitate normală cu uzura șinelor de calitate rezistentă la uzură este de : 1:0,7 pentru linie dreaptă în peltier și de 1:0,4 pentru linii în curbe și rampe. Iată în considerațiune relația de preț a acestor calități de șine, rezultă și pentru linia dreaptă o superioritate a șinelor rezistente la uzură față de șinele de calitate normală.

Între diferitele calități de oțel și diferitele procedee de fabricație la șinele rezistente la uzură nu

S-au constatat deseori defectele în comportarea la uzură.

La aceste șine nu se mai produc aproape de loc defecte ca striviri ale suprafeței, ruperi ale muchiilor ș.a., care s-au manifestat în mod frecvent la șinele cu rezistență la tracțiune de minima 700 N/mm^2 .

Rate de învâzătorit oă de cîtiva ani la Căile Ferate Germane se face înlocuirea și cu șine a căror rezistență minimă la tracțiune este de 1.100 N/mm^2 .

1.3.3. La căile ferate Elvețiene (S.B.B.) (13) se disting trasee foarte diferite ale căilor, de la șes cu linii rectilinii la linii de deal și multe cu multe curbe la care se ajunge pînă la vaze de 200 m și rampe cu declivități pînă la 27 % .

Ca urmare a creșterii importante a puterii de tracțiune a locomotivelor și a creșterii traficului zilnic a rezultat un efect negativ asupra duratei șinelor.

În timp ce problema uzurii a fost rezolvată prin utilizarea de oțeluri de șină rezistente la uzură după normele UIC 860 grupurile B și C și printr-o ungere eficientă a bazei bandajului, pe calea Gottthard s-a produs într-o frecvență ridicată defectul caracteristic de exfoliere.

Prin utilizarea de oțeluri cu rezistență mărită s-au obținut durabilități de 2 pînă la 2,5 ori mai mari. Ca urmare a experimentelor dobîndite în funcție de înălțare și traseul liniei se utilizează următoarele calități de șine :

- pe 11.11 principalele cu intensități medii de circulație de până la 10 mil.to/aa cu raze sub 500 m. și o calitate B după normele UIC 050 în rest calitate normală,

- pe 11.11 principalele cu intensități medii de circulație de peste 15 mil.to/aa în linii drepte și în curbe cu raze peste 350 m, și o calitate cu rezistență la uzură de calitate B după UIC 050,

- în 11.11 cu raze sub 350 m. și o încălcare de peste 15 mil.to/aa și al. speciale din oțel Cr - Mn. Astfel în funcție de 11.11 și încălcare se folosesc toate tipurile de oțel de la cel oblicuit la cel mai rezistent.

1.3.4. În R.U.A. (14) , din statistice cu privire la defectele în vago locomotivă din 1960 se remarcă o creștere a rapoartelor și falciurilor premature. Acestea sînt puse pe seama sarcinii mari pe osie și în parte mijloacelor limitate pentru întreținerea suprastructurii.

La jonctiuni îmbinate cu eclise se prezintă defecte în unele ghiși, iar la jonctiunile sudate se remarcă defecte în ce privește duritatea capetelor. Mai apar defecte în oțelul de răsă datorită unor cauze metalurgice și alte defecte datorită tehnicii de sudare.

Se menționează că între cauzele comportării necorespunzătoare a ghișilor este folosirea la turnarea oțelului a lingărilor direct conice, ceea ce predispune la retacuri, segregări și incluziuni nemetalice grosolane.

Se menționează ca o posibilitate de ameliorare a calității, folosirea lingărilor invers conice cu ma-

neloabă, sau o distribuție însoțită constant, și vidarea oțelului. Pentru evitarea unor defectelor ce apar la capetele șinelor datorită unor solicitări mari, se prevede un profil special de uzură la șinele din tipurile 58, 66 și 70 kg/ml. Acestea nu deosebesc de tipurile UIC mai ales prin raza mică la curba de conducere a șinei. O altă îmbunătățire se referă la curățarea șinelor în curba de 1:14 față de 1:40. Liniile de contact se deplasează punctul de contact la mijlocul părții de rulare și tensiunile de contact ridicate care provoacă exfolieri se diminuează. Se menționează că nu s-au folosit șine tratate termic fără a obține rezultate deosebite.

1.2.5. La Șinele Ferate Franceze (S.N.C.F.) (15) se arată că anual se folosesc 140.000 - 160.000 to șină, acestea se repartizează uniform pe profile de tip 50 kg/ml și 60 kg/ml. În ce privește calitatea oțelului 90 % este șină din oțel normal și 10 % din oțel calitate B după UIC 860. Se mai menționează că sensibilitatea la rupere fragilă nu prezintă o problemă. Încercarea la șoc conform normelor UIC 860 care de fapt nu sunt adoptate condițiilor de exploatare suficiente.

Dintre problemele care apar anual, 30 - 40 % sunt legate de sensibilitatea la rupere fragilă a oțelului, la care mai mult de jumătate se referă la șine cu o vechime mai mare de 15 ani. Pentru a preveni ruperea la oboseală datorită incluziunilor metalice se face controlul ultrasonic după metoda Balve prin care se verifică și se

clasează toate ținele în funcție de incluziunile care apar. De ultimă șină cu incluziuni proeminente, în general searcă reprezintă 0,05 până la 0,1 % din total controlat. Cu timpul înlocuirea șinelor condiționate de rușeri la obsoala s-au redus foarte mult, astfel ca la S.N.C.F. problema rușerilor în obsoala se consideră rezolvată.

În ceea ce privește uzura problema apare numai în zone limitate. În acestea se utilizează ține de calitate B după UIC 860.

1.2.6. Exploatarea șinelor ferate ale ^{DUSE} U.N.C.F. (16) se caracterizează printr-un trafic ridicat. Aceasta are influență directă asupra uzurii șinei și a întreținerii infrastructurii. Cercetare statistică, durată în funcționare a diferitelor tipuri de șină, a permis stabilirea unor norme pe tipuri de șină, până la obligativitatea unui control riguros și înlocuirea șinelor cu defecte.

S-au constatat un număr foarte mare de șină și s-au stabilit valori în % din total controlat, șine eliminate pe tipuri și zone încărcare.

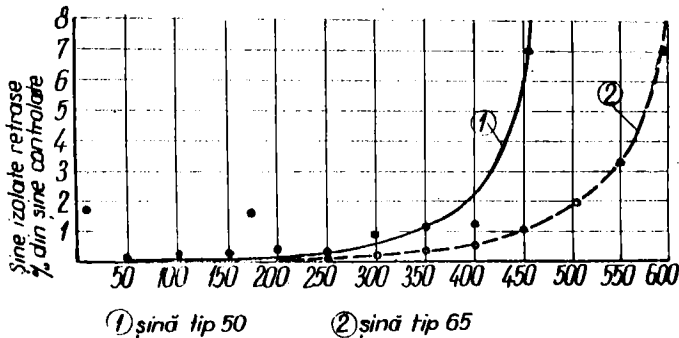


Fig.15. Șine izolate retrase din circulație, în funcție de creșterea tonajului suportat, în % din șine examinate, pe tipuri.

În funcție de determinările făcute s-au stabilit criteriile pentru gruparea și dotarea diferitelor linii cu tipuri de șină adecvate. Astfel s-au stabilit ca limite : pentru șina tip 50 până la 65 mil.to.brute, pentru șina tip 65 până la 500 mil.to.brute. În funcție de aceste limite se fac refacerile. La șinele fabricate U.R.S.S. pentru îmbunătățirea calității la șină se folosesc următoarele mijloace :

...// ...

- analiza compoziției la carbon
- utilizarea de oțeluri aliate
- obținerea calității metalurgice
- utilizarea șinelor tratate termic.

Caracteristicile șinelor tratate termic și netratate sunt conform tabelului 5

Tabelul 5

MĂRIMEA	U.M.	SINE TRATATE		SINE NETRATATE	
		valori limită	media	valori limită	media
Rezistență la rupere	N/mm ²	1180 - 1420	1280	880 - 1040	980
Limita de curgere	N/mm ²	710 - 1060	922	490 - 630	560
Alungirea	%	6 - 15	9,6	4 - 9	7,3
Duritatea	HB	331 - 385	347	245 - 270	260

Proprietățile mecanice la șinele U.R.S.S. tratate termic și netratate.

În general la căile ferate U.R.S.S. în speci-
ficul de exploatare s-au evidențiat din punct de vedere
calitativ șinele tratate termic, după cum rezultă din
fig.16.

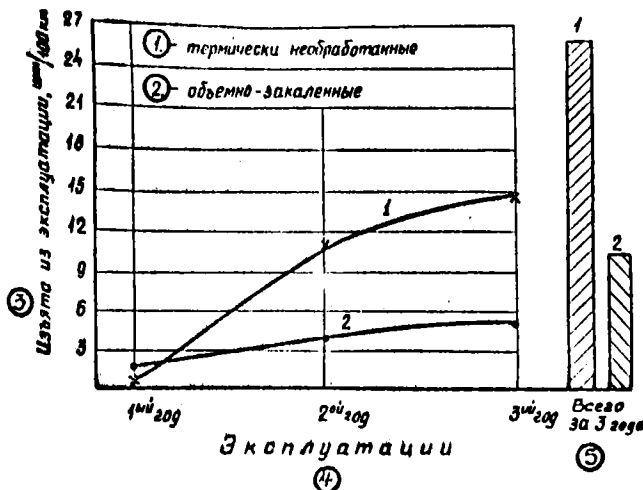


Fig.16. Dinamica scoaterii în intervalul de trei ani de serviciu a șinelor (trafic cea.55-60 mil.to/an).

Pentru C.F.R. am analizat comportarea șinelor în cale fiind sursa de diferitele țări furnizoare : URSS, R.P.Polonă, R.S.F.I. și producția internă. Am urmărit scoaterile de șine defecte bucăți la 100 km.cale și la 10 mil.to.bruto trafic anual raportat la 100 mil.to.bruto mărfuri trecute de la începutul montării șinelor.

Comportarea cea mai bună au avut-o șinele cu rezistență ridicată fabricație U.R.S.R. la care scoaterea din cale a fost în medie de 4,5 buc/100 km. Se remarcă

Avantajele șinelor cu rezistență specifică în cauză. Durabilitatea raportată la șina U.R.S.S. este pentru șina R.S.F.S. de 1:0,55, pentru șina R.C.R. de 1:3,25 iar pentru șina R.P.P. de 1:3,1.

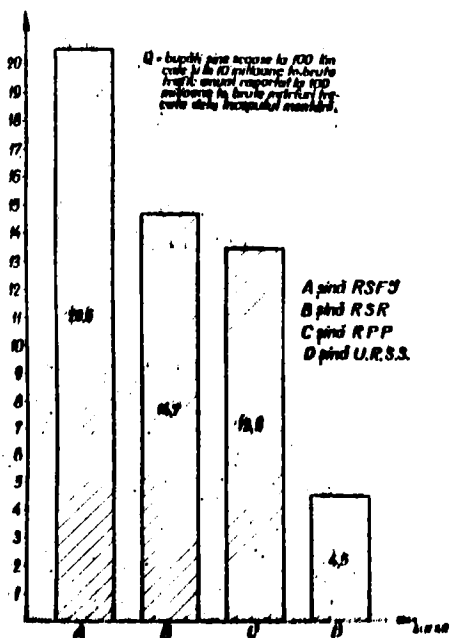


Fig.17. Caracteristicile globale de rezistență în exploatarea a șinelor tip 49 pe rețeaua G.P.P. în anul 1969, pe diferite surse de aprovizionare.

2.0. Metoda pentru fabricarea șinelor cu rezistență sporită la uzură.

Preocupările pentru prelungirea duratei în exploatare a șinelor, în ultima perioadă au fost mai intense ținând seama că prin modificarea parametrilor de exploatare, durata de funcționare a șinelor s-a redus la jumătate în unele puternic solicitate chiar mai mult.

Cerințele de lucrări de întreținere și refaceri ale liniilor au crescut concomitent cu influența directă asupra rentabilității exploatării transportului pe cale ferată. Abordând problema uzurii prin studii laborioase Ros (14) a reușit să determine o corelație între uzura șinelor și rezistența lor la suprafețe respectiv duritatea, fig.18.

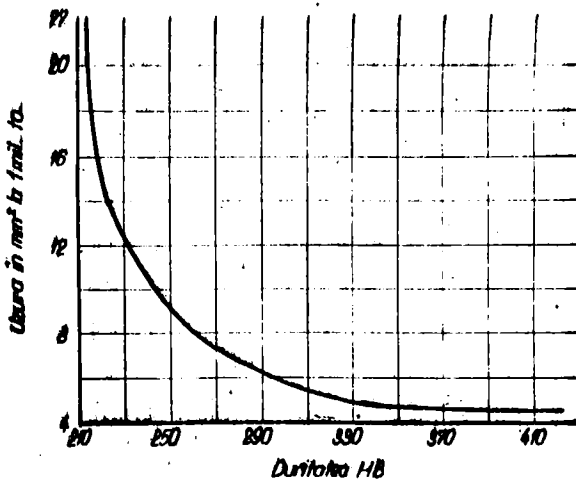


Fig.18. Diagrama pentru corelarea uzurii și durității șinelor respectiv rezistența la suprafețe a șinelor.

După profilul din figura rezultă că șinele obținute au rezistențe de minim 700 N/mm^2 prezintă o uzură de peste $22 \text{ mm}^2/\text{mil.to.}$

Pentru îmbunătățirea caracteristicilor șinelor pe cale ferată la decursul timpului s-au dezvoltat trei metode de bază :

- Producerea șinelor cu rezistență sporită la uzură prin placarea capului șinei (ciupercă) cu oțel dur ce alături de restul șinei fiind din oțel tenace.

- Producerea de șine cu rezistență ridicată la uzură prin aplicarea unui tratament termic la ciupercă, la capete, pe toată lungimea capului și călirea volumetrică a întregii șine.

- Producerea șinelor din oțel cu conținut ridicat în carbon cu duritatea mărită (obținută pe cale naturală din laminare) și prin fabricarea unor șine din oțeluri aliate cu unul sau mai multe elemente de aliere care să le confere unele caracteristici adecvate.

Remarcă că, s-a acționat concomitent și asupra profilului șinei, după cum reiese din fig.19 și 20.

.. // ..

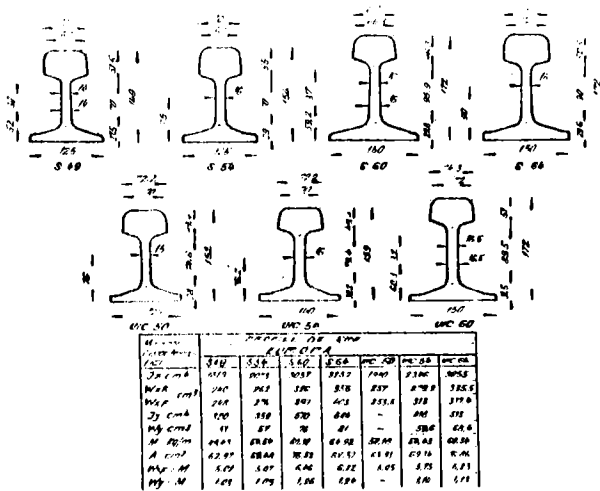
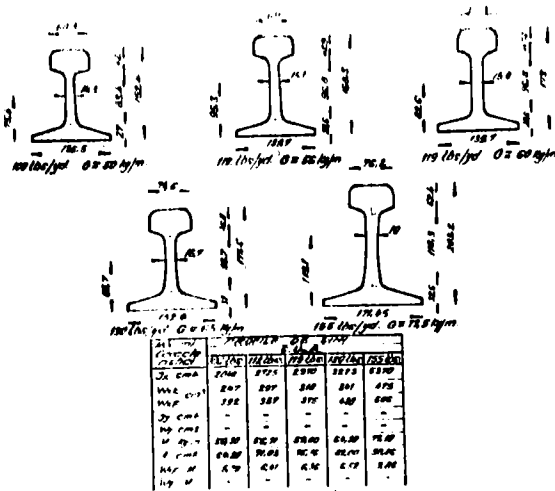


Fig.19. Evoluția profilului șinelor în Europa.



Sinurile fabricate în Europa se clasifică în următoarele categorii : (15)

a - șine de calitate normală deosebită și stocard, cu rezistență la rupere σ_r min. 700 N/mm².

b - șine de calitate normală sau semi-rezistente la uzură, cu rezistența la rupere σ_r min. 800 N/mm².

c - șine dure cu rezistență mare la uzură, cu rezistență la rupere σ_r min. 900 N/mm².

d - șine dure tratate termic pe ciupercă sau în întregime, cu rezistența la rupere σ_r min. 1200 N/mm².

e - șine placcate cu oțel dur în ciupercă, cu rezistență la rupere în ciupercă σ_r min. 1100 N/mm².

Pentru satisfacerea acestor cerințe normale internaționale UIC 16 prevede următoarele compoziții chimice și caracteristici mecanice :

tabelul 8

Calitate și procedeu	Compoziție chimică %				
	C	Mn	Si max.	P max.	S max.
CALITATE NORMALĂ					
Thomas	0,33-0,55	0,7-1,20	0,35	0,08	0,05
Bessemer	0,40-0,60	0,8-1,20	0,35	0,06	0,06
Siemens Martin	0,4-0,55	0,8-1,20	0,35	0,05	0,05
Electric	0,4-0,60	0,8-1,20	0,35	0,04	0,04
conv. open	0,4-0,60	0,8-1,20	0,35	0,05	0,05
CALITĂȚI NATURALE DURE					
A	0,6-0,75	0,8-1,3	0,50	0,05	0,05
B	0,5-0,70	1,3-1,7	0,50	0,05	0,05
C	0,45-0,65	1,7-2,10	0,40	0,03	0,03

pentru plăci de calitate curentă rezistența la rupere a plăcii este cuprinsă între :

$$\sigma_{r 200} = 850 \text{ N/cm}^2 \text{ la o alungire de minim 14 \%}$$

Pentru plăci dure limita minimă a rezistenței la rupere $\sigma_{r 200}$ a plăcii valoarea maximă este :

$$\sigma_{r \text{ min.}} = 900 \text{ N/cm}^2 \text{ la o alungire minimă de 10 \%}$$

Toți dimensiunile și sunt norme specifice care diferă de cele convenite pentru Europa.

.. // ..

2.2. Aliajul fierului.

Aliajul fierului este utilizat în ciupercă și în restul
din această parte, fiind pe lângă procedeul de pudraj
s-a introdus procedeul de fuziune prin convertizorul Besse-
mer. În literatură se prezintă șine de acest fel din anul
1871, fig.21.

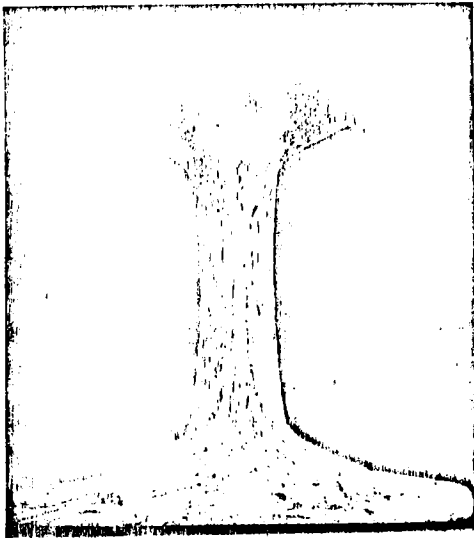


Fig.21. Șină plocată cu oțel de fuziune
în ciupercă și pudrat în rest.

Acest procedeu are ca scop să confere ciupercii
șinei solicitată direct la uzură, o rezistență superioară
la solicitare menținând concomitent pentru restul
profilului un nivel de rezistență, care să asigure o durată

solicitarea complexă a plăcilor în exploatare. Procedul se
 tine constă din sudarea în pachete a barelor din fier pentru
 sau bare din oțel de uzină prin forjare și apoi acest se-
 semifabricat se lăsa cu grijă cu anumite precauțiuni. În de-
 cursul timpului s-au mai introdus și alte procedee pentru
 obținerea semifabricatului pentru țina placată și anume,
 turnarea succesivă în aceeași lingotieră întâi oțel dur
 apoi oțelul moale, lingoul se prelucra ulterior prin for-
 jare în bloc, fig.22.

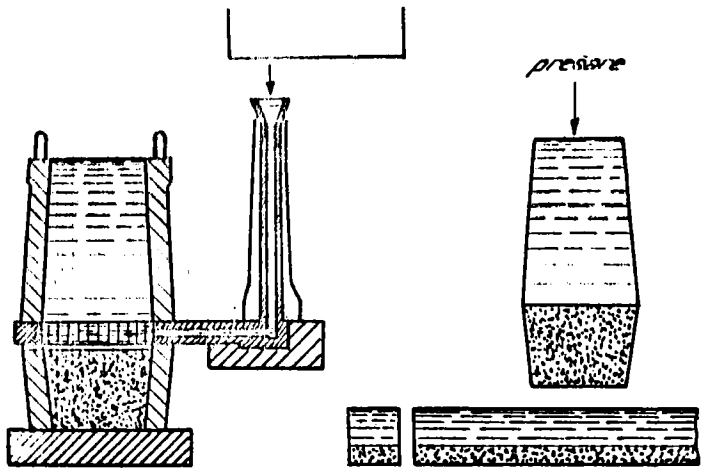
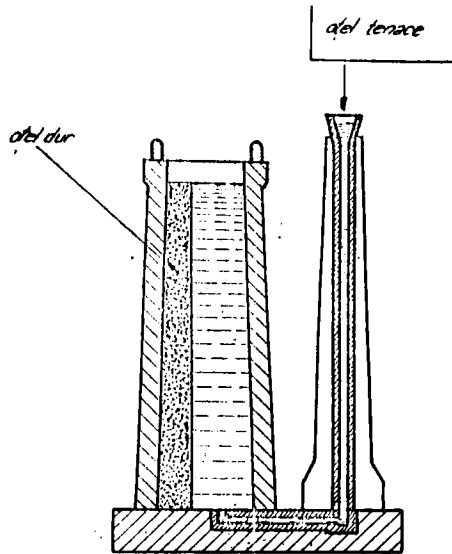


Fig.22. Turnarea și prelucrarea semifabricatului după procedul Melan.

... din oțel dur ... și ...

din oțel tenace, fig.23.

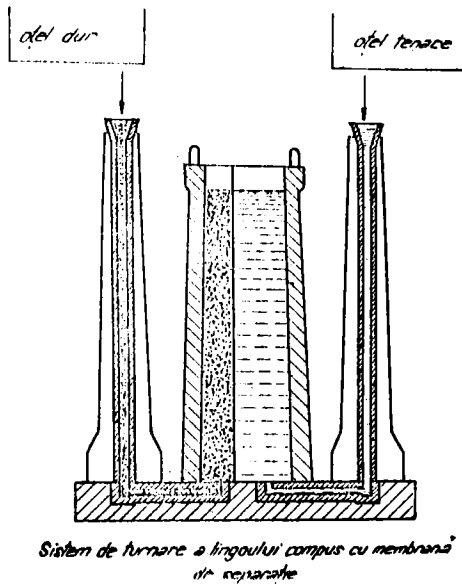


Turnarea lingoului compus fără tablă de separare

Fig.23. Domiciliu realizat cu placă în coșulă.

Toate aceste procedee pe lingi cu erau foarte scumpe mai aveau dezavantajul că nu era asigurată corespunzător împăntrunderea celor două calități de oțel și ca stare prezentou mai puțină siguranță în exploatare.

În intervalul 1927 - 1931 s-au făcut cercetări de către firma Klöckner care a realizat lingoul compus prin turnarea prin sifon simultan în aceeași lingotieră a două calități distincte de oțel. Turnarea trebuie reglată în așa fel încât oțelul să se ridice simultan la același nivel în cele două părți.



**Fig.24. Sistemul Klückner pentru realizarea
amalgamului.**

Pentru separarea celor două calități de oțel se montează o membrană de tablă perforată într-un anumit fel care se topește și asigură la planul de separație o inter-
mătrundere corecționatoare.

Lingoul se laminează după un anumit regim, res-
pectiv plan de treceri. Acest procedeu care a fost brevetat
impune amenajări speciale și dotări la cuptoare de diferite
capacități de amestec instalării de turnare adecvate, toa-
te implică măsuri deosebite și riscuri de rebuturi.

In cadrul prezentei teme am studiat un procedeu original pentru placarea şinei. In general procedeele de placare sînt legate de cheltuieli de fabricaţie mai mari decît cele ale şinelor obişnuite, ceea ce a frînat dezvoltarea şi utilizarea acestui tip de şine.

Caracteristicile şinei placoate sînt redată în tabela 7.

	COMPOZIȚIA CHIMICĂ					CARACTERISTICI MECANICE	
	%C	%Mn	%Si	%O	%P+S max	σ _r kg/mm ²	Alungire %
Ţel cald	0,60-0,70	0,20-0,30	0,20-0,35	0,75-1,00	0,030	110-130	8-11
Ţel rece	0,25-0,35	0,47-0,85	< 0,40	—	0,030	50-60	14-18

Compoziția chimică și caracteristicile mecanice ale şinei placoate.

Alina placabil realizată în Germania la Osnabrück, pe lângă caracteristicile prezentate în tabela 7, are și următoarele caracteristici structurale și mecanice : 19

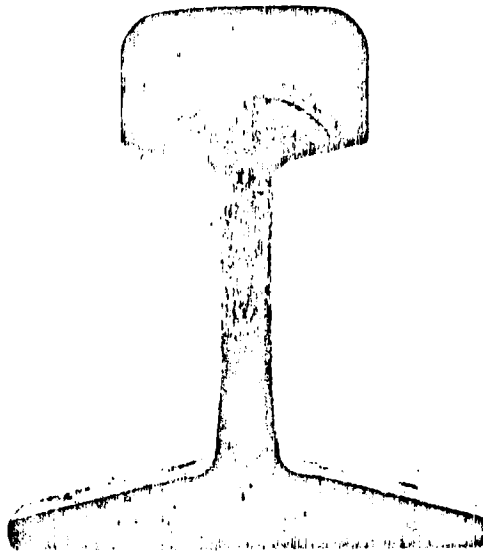


Fig.25. Microstructura șinei placate.

Microstructurile diferitelor zone distincte, la probele din fig. 26, 27, 28.

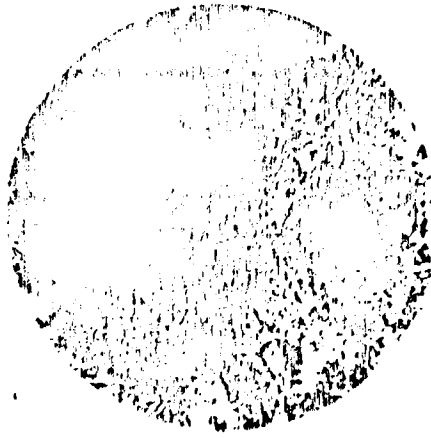


Fig.26. Structura în zona coplei șinei.

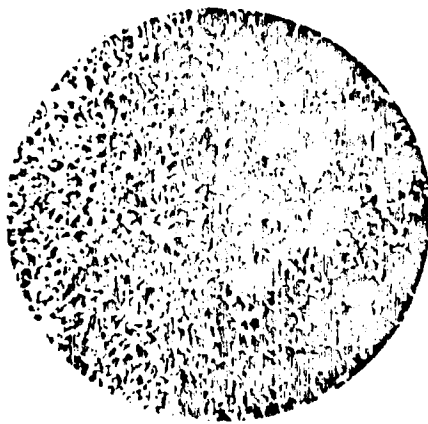


Fig.27. Structura în zona de tranziție.



Fig.28. Structura în zona tenace inimă și talpă.

Caracteristicile mecanice din zona placată a capului șinei prezintă valori diferite de cele ale șinelor obișnuite, fig.29.

.. // ..

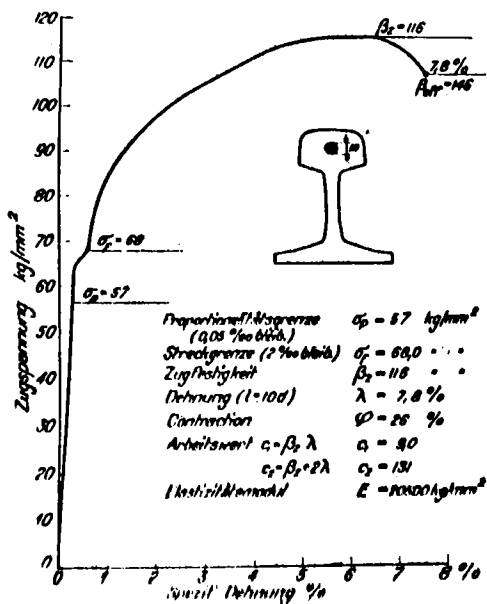


Fig.29.Încercare de tracțiune la șina placată.

Se remarcă o alungire mică de 7,8 % la $\sigma_c = 69 \text{ kg/mm}^2$ și $\sigma_r = 1160 \text{ N/mm}^2$ proba de tracțiune este prelevată din capul șinei.

Valorile de rezistență realizate sunt mici pentru partea placată.

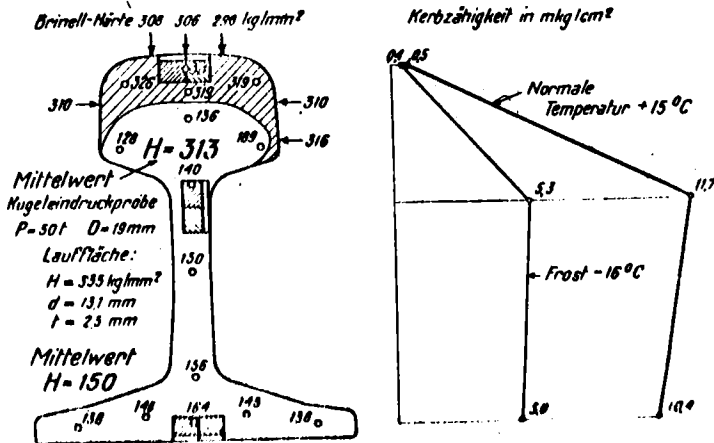


Fig.30. Duritatea Brinell și reziliența pe zone.

Se remarcă valori scăzute la partea placată în comparație cu valorile șinelor obișnuite.

Valorile încercării la șoc sunt comparabile cu cele ale șinelor normale, fig.31.

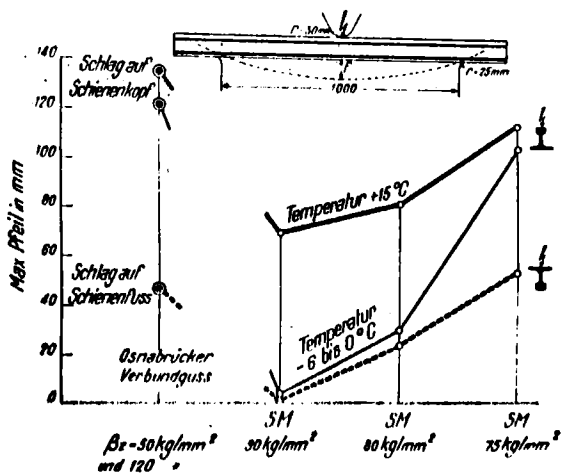
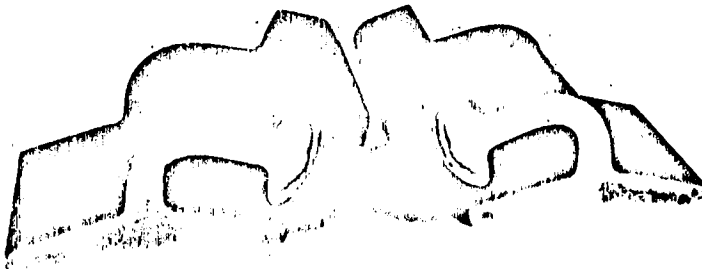


Fig.31. Valorile încercării la șoc.

Pentru a de monstra tenacitatea inimii se pre-
sintă încercarea de pliere a șinei, fig.32.

.. // ..



**Fig.32. Incercarea de pliere a inimei
șinei placate.**

Rezultatele în exploatare, după literatură (18)
sunt pozitive. Față de alte procedee prezintă unele avan-
taje ca :

- oțelul aliat este plasat strict în zona de
uzură restul fiind un oțel obișnuit,
- calitatea oțelului posibil de placat în ciuper-
că asigură o bună comportare la uzură,

.. // ..

- șevalele susceptibile defectelor sunt din oțel
tampon,

- se asigură posibilitatea de joantare prin su-
dură.

Olaele de acest tip sunt recomandate pentru no-
duri de mare circulație, nu s-au extins pe linii curente.

2.2. Șina din oțel cu rezistență ridicată
la uzură prin tratament termic.

O altă metodă de producere a șinelor cu rezistență ridicată la uzură, este tratamentul termic al șinelor după laminare.

Se aplică următoarele procedee :

- călirea părții de rulare la capete ;
- călirea părții de rulare pe toată lungimea șinei ;
- călirea întregii mase a șinei (volumetric).

.. // ..

2.2.1. Călimrea capetelor șinelor. (19)

Călimrea capetelor șinelor se execută din temperatura de laminare, prin încălzirea capetelor cu arzătoare cu gaz sau încălzirea prin curent de înaltă frecvență.

Călimrea din temperatura de laminare în jurul a 1075°K se execută fixându-se dispozitive speciale de stro-pire la capetele șinelor aflate pe patul de răcire, fig. 33.

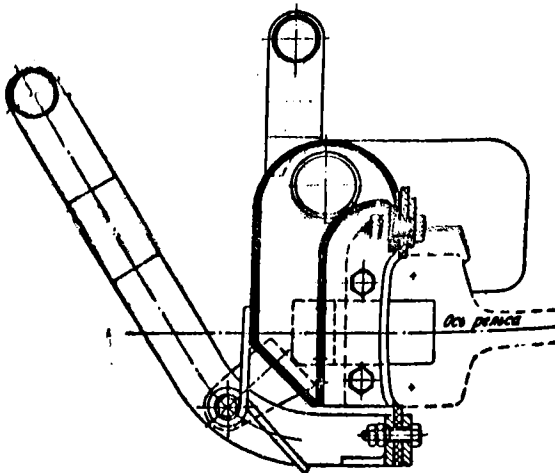


Fig.33. Dispositiv de răcire cu apă a șinelor pentru călimrea capetelor din căldura de laminare.

Regimul de răcire este stabilit în funcție de

conținutul de carbon al oțelului și de temperatura șinelor. În mod curent sunt stabiliți următorii parametri pentru tratament : lungimea activă de stropire 50 - 60 mm, durata ridicării până la 50 secunde, adâncimea stratului călit după structură este de 4 - 6 mm, duritatea pe suprafața de rulare 320 - 400 HB.

Printr-o cercetare sistematică s-a stabilit că prin această metodă de tratament se produc modificări structurale și ale caracteristicilor mecanice chiar până la 30 mm adâncime de la suprafața de rulare. Alegerea parametrilor de tratament sunt legați de obținerea unei durități minime de 300 HB care corespunde unei rezistențe σ de 900 - 1050 N/mm². Șinele cu această rezistență au și o reziliență corespunzătoare. Ridicând duritatea la 380 - 400 HB reziliența scade, însă are încă valori mai ridicate decât șina netratată. În normele țărilor care aplică asemenea tratament se prescriu valorile durităților între 300 și 400 HB. Aceste limite sunt corelate cu posibilitățile de exploatare. Variația durității pe adâncime este redată în fig. 54.

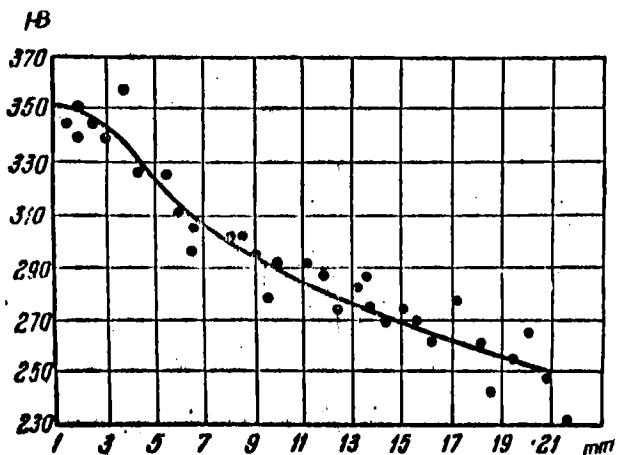


Fig. 74. Variația durității în funcție de adâncimea de la suprafața de rulare.

Se remarcă din figură că trecerea se face continuu până la o adâncime de circa 20 mm. Acesta este favorabil întrucât nu apar tensiuni însemnate în material. Structura în zona de duritate maximă este sorbitică, asigurând la o rezistență de $\sigma = 1050 - 1100 \text{ N/mm}^2$ o alungire de $\epsilon = 10,2 - 13,0 \%$. Cu toate aceste caracteristici structurale și mecanice favorabile se menționează că pe lângă o îmbunătățire substanțială a rezistenței la strivire a capetelor, în această zonă apar fisuri, crăpături și

știrbituri care ce diminuează din eficiența îmbunătățirii
șinelor. Un alt defect care face ca procedeul să nu fie
eficient este denivelarea care apare în zona de tranziție
între partea caldă și rece care în timpul exploata-
rii se amplifică. Acest procedeu își pierde din eficiență
și legat de metoda de realizarea joantelor sudate.

2.2.2. Tratamentul termic pe toată lungimea șinii. (19)

Tratamentul termic al capului pe toată lungimea
șinei a fost abordat în S.U.A. apoi în Anglia, Franța, Ger-
mania și s-a dezvoltat în U.R.S.S. Atât procedeul Zand-
berg cât și procedeul Sadrin (URSS) prevedeau tratamentul
cu căldura de laminare.

Instalația de tratament este dispusă transver-
sal pe patul de răsire susținută de o grindă cheson. Se
asigură o presiune de aer de 600 mm. c.a. care pulverizează
și apa. Se pot trata simultan 3 bucăți de șină de 18 m.
Operațiile de introducere a șinelor, așezarea dispozitivu-
lui de răsire, introducerea și pulverizarea apei se fac
automat. Temperatura scade de la 800°C la 500 - 550°C.
Durata răcirii este de 90 secunde, fig.35.

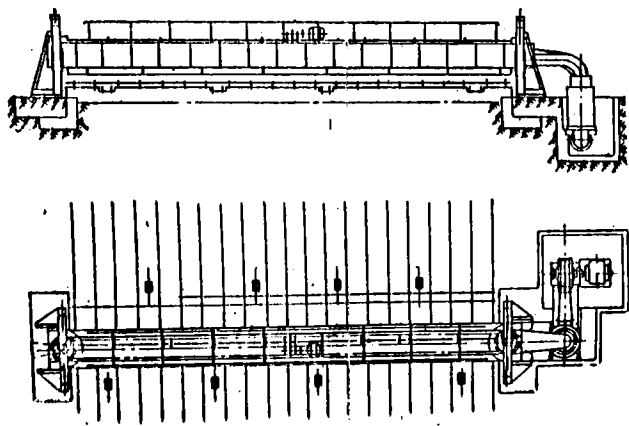


Fig.35. Instalația automată pentru tratamentul capului șinei din căldura de lăcătuare.

În general prin acest tratament s-a obținut o creștere de rezistență de la 700 N/mm^2 cu circa 25 - 30 % dar o scădere a alungirii cu 40 - 50 %. În condițiile actuale acest sistem de tratament nu asigură caracteristicile și productivitatea necesară. Procedul a evoluat în continuare, fig. 36, 37, 38, 39.

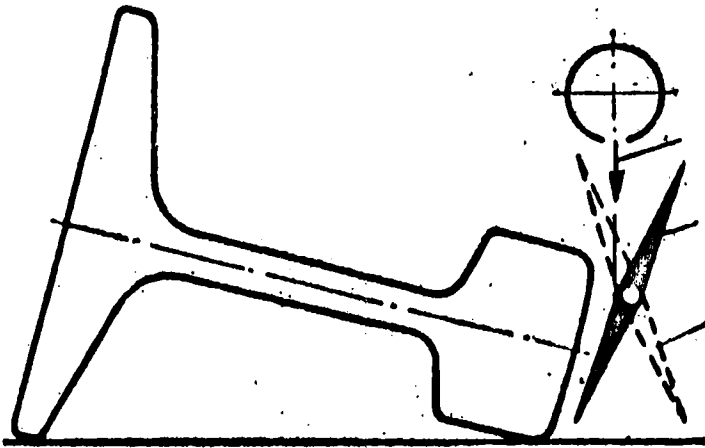


Fig. 36. Schema dispozitivului de rdoire cu apă a capului șinei. (20)

După metoda prezentată s-au obținut rezultate superioare însă nu s-a putut asigura o omogenitate în întreaga șină.

Dispozitivele de odire s-au perfecționat în continuare.

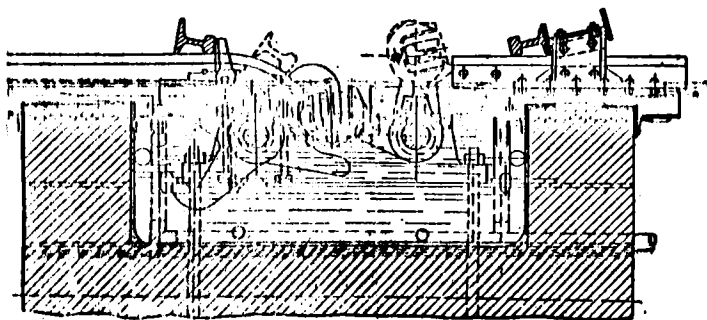


Fig. 37. Schema construcției unui dispozitiv
pentru călătoria capului șinei prin
scufundare în apă.

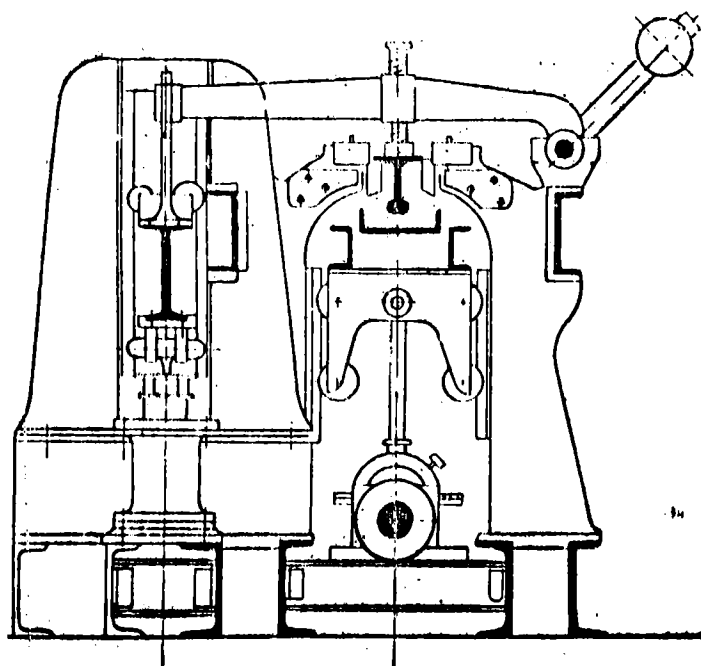


Fig. 58. Scheme unei mașini de călit capul șinei prin scufundare în apă și prindere prin talpă.

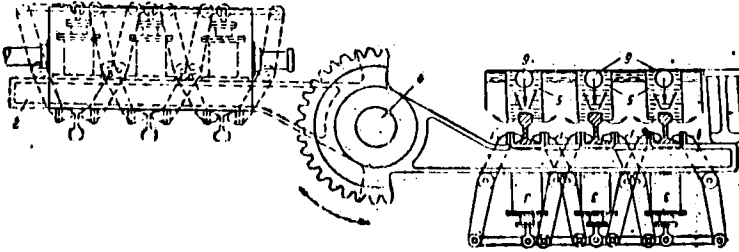


Fig. 39. Schema unei instalații de oțelire simultană a trei Ține prin prindere la talpi, scufundare și stropire cu apă. (21)

Rezultatele obținute prin dispozitivele prezentate au fost mai bune dar datorită faptului că la toate se folosește căldura de laminare constantă caracteristicilor depinde de aceasta și implică un câmp mai larg de toleranțe la curățare respectiv la rezistența la uzură.

Pentru a se stabili procesul de tratament s-a trecut la reînălțarea Ținelor într-un cuptor special cu

vatră cu role care asigură o temperatură impusă pentru obținerea constantei pe toată lungimea șinei, fig.40 (22).

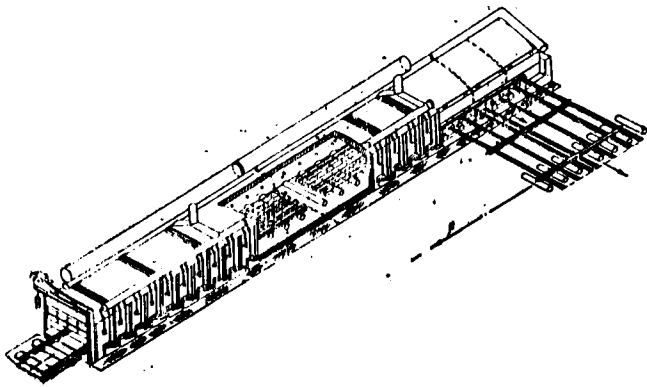


Fig.40. Cuptor cu vatră cu role pentru încălzirea șinelor în vederea tratamentului capului.

Odată cu adoptarea cuptorului de încălzire s-a perfecționat și instalația de tratament, care e compusă din 8 - 12 caje cu cilindri de ghidare și băi de răcire între ele, după tratament șine are o alungire mică care poate fi rectificată prin îndreptare la rece ulterior, fig.41.

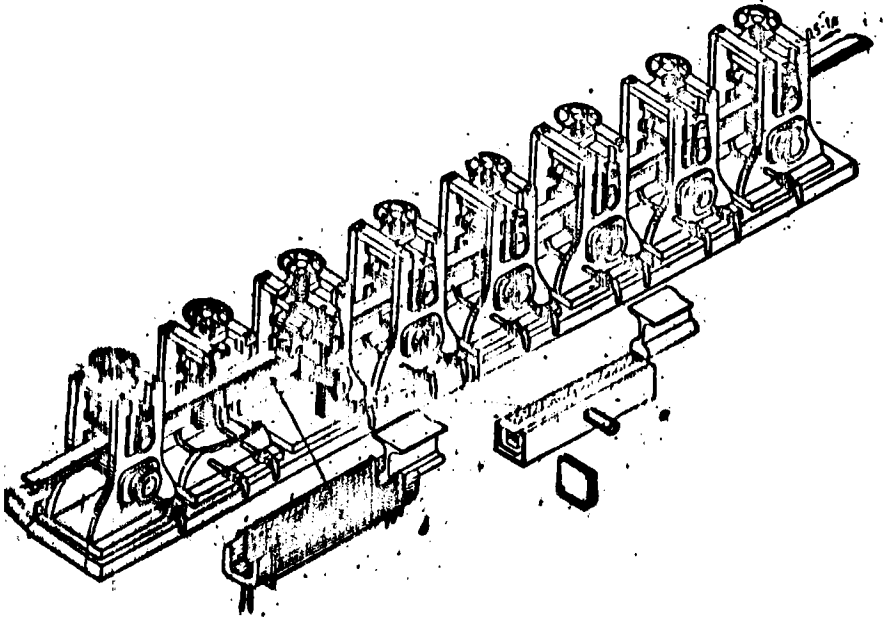


Fig.41. Instalația de călire cu 3 uaje și
băi de răcire cu apă și stropire.
(22).

Compoziția chimică a oțelurilor ce se tratează
este redată în tabela 8 (19)

Tabela 8

FELUL OȚELULUI	COMPOZIȚIA CHIMICĂ %				
	C	Mn	Si	P _{max.}	S _{max.}
NORMAL	0,57-0,66	0,70-0,80	0,15-0,20	0,035	0,04
CU REZIST.	0,63-0,73	0,8-1,2	0,15-0,35	0,035	0,04

Caracteristicile mecanice ce se obțin pentru
sona tratată sunt σ_r 950 - 1200 N/mm² iar alungirea
 $\delta = 14 \%$.

Pentru călirea capului șinei se mai folosește
și sistemul de încălzire prin inducție care în ultimul
timp a luat o dezvoltare importantă în unele țări produ-
cătoare de șini. La acest procedeu s-a ajuns la viteze de
avans de 85 m/minut respectiv la o productivitate de
3,5 - 6,0 to. pe zi și instalație pentru șina tip 49.

2.2.5. Călirea volumetrică a șinelor.

O altă variantă de tratament termic al șinelor este călirea volumetrică. Se aplică la oțeluri carbon dar mai ales la oțeluri aliate. Instalația constă dintr-un agregat de încălzire al șinei și dispozitive pentru călire șinei, fig.42.

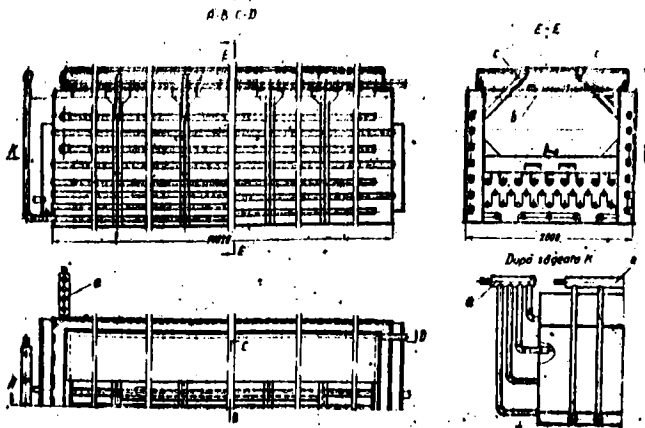
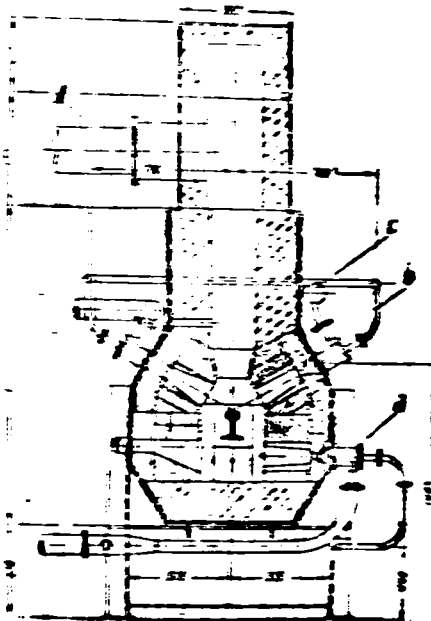


Fig.42. Agregat pentru călirea volumetrică a șinelor.



**Fig. 48. Instalație de calire valvetrică
pentru șină.**

Tehnologia de tratament prevede :

- temperatura de încălzire a șinelor într-un
cuptor cu gaze °C. 900 - 920
- durata de încălzire min. 9 - 11
- menținerea în aer s. 30 - 70
- temperatura de calire a șinei în ulei °C . 850 - 850
- temperatura uluiului pentru calire °C. . . 90 - 110
- durata calirii min. 5 - 6
- temperatură de revenire °C 400 - 500
- menținerea la revenire, etc. 2

Deși prin tratament termic se obțin rezultate pozitive în ceea ce privește caracteristicile mecanice respectiv rezistența la uzură, trebuie însă menționat că producerea de șlăci aliate și tratate termic prezintă anumite implicații în tehnologie, îngreunează ajustarea șinelor, (la îndreptat pe suprafața cu role și prese, de asemenea la frezare și găurire) ceea ce le mărește la de peste două ori prețul.

2.3. Şine din oţel cu duritate naturală ridicată.

Această categorie cuprinde şinele care se utilizează cu proprietăţile lor obţinute direct din laminare, într-un proces tehnologic adecvat fără a se aplica tratamente termice deosebite. Ceea ce le deosebeşte de celelalte categorii de şină este în principal compoziţia chimică. Ele se pot împărţi în două subgrupe şi anume :

- şine din oţel cu conţinut ridicat de carbon
- şine din oţel aliat cu diferite elemente ca : Mn, Cr, Ti, V, Mo etc.

Mărirea durabilităţii acestor şine prin diminuarea uzurii se datoreşte în principal influenţei favorabile a elementelor de aliere asupra structurii respectiv duritatea şi rezistenţa la rupere care au o corelaţie directă cu rezistenţa la uzură.

Compoziţia chimică a acestor oţeluri impune unele măsuri speciale în tehnologia de elaborare a oţelului, laminarea şi răcirea după laminare cu implicaţiile respective.

În această categorie de şine principalul defect metalurgic care poate apărea sînt fulgi în special în cazul şinei (23) sub forma caracteristică de fisuri, fig. 44.



Fig.44. Reprezintă secțiune de grăină tip 49 kg/ml atacată și în care s-a scos în evidență defectul caracteristic fulgi.

Pentru elucidarea cauzelor formării fulgilor s-au făcut studii laborioase din care s-au concretizat 12 ipoteze posibile.(24).

Dintre acestea cea mai unanim acceptată (25) este ipoteza care se bazează pe existența unui conținut ridicat de hidrogen atomic, care se dispune în zona interstițială dintre grăunții cristalini și presiunea care în naștere depășește local rezistența la rupere a

oțelului și se manifestă sub formă de fisuri, evidențiate în fig.44.

Fulgii în capul șinei dau naștere la ruperea în șine, deoarece de la aceste fisuri șina fiind solicitată în exploatare la oboseală și creează petele de oboseală în interiorul șinei care după un anumit număr de cicluri duc la rupere.

Defectul acesta a fost studiat în mod sistematic, ajungându-se la concluzia că se datorește prezenței fulgilor (23) fig.45.

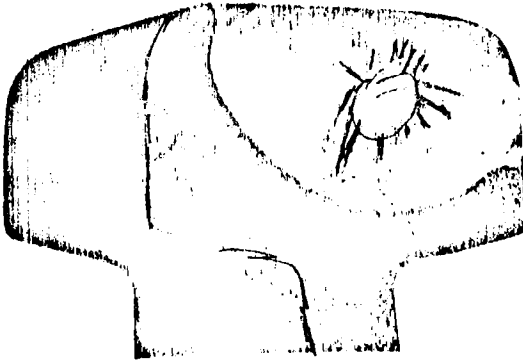


Fig.45. Rupere caracteristică la oboseală generată de prezența fulgilor.

Pentru profundificarea fulgilor în șină, având în vedere ipoteza hidrogenului sunt mai multe cii prin care se acționează pentru profundificarea lor. În acest sens se prevede măsuri speciale la elaborarea oțelului pentru a-l obține cât mai sărac în gaze. La încălzirea lingourilor se prescrie un regim care să favorizeze difuziunea hidrogenului. După laminare în general se prevede răcirea încetă a șinelor de la temperatura de 873°K până la cca. 400°K .

Această răcire se face în cuptoare sau sub clopoște speciale, fig. 46 și 47.

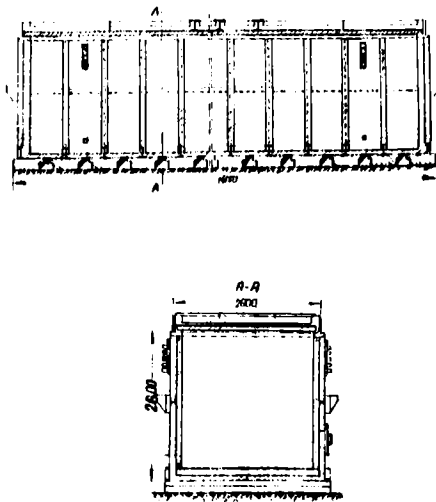
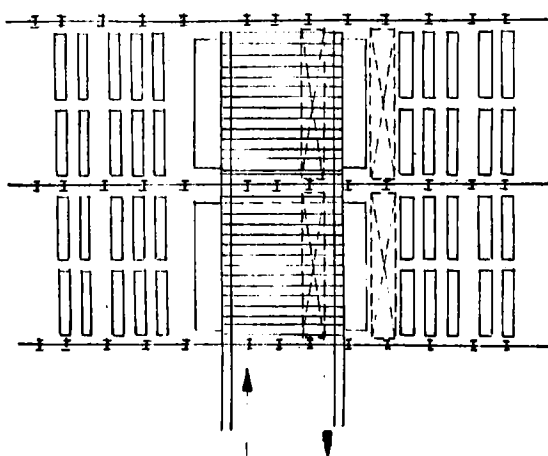


Fig.46. Cuptor pentru răcirea șinelor.



*Fig.47. Ansamblu de cupatoare pentru răciria
șinelor.*

Pentru a se simplifica această tehnologie greoaie și cu implicațiile deosebite care le aduce, s-au făcut experimentări și s-a trecut la vidarea oțelului în oala de turnare.

În general uzinele care au aplicat acest procedeu prin care s-a ajuns la un conținut de sub $3 \text{ cm}^3/100 \text{ g. hidrogen}$ în oțel au eliminat pericolul de formare a fulgilor și în acest mod s-a simplificat procesul tehnologic clasic.

.. // ..

Șinele din oțel cu conținut ridicat de carbon se fabrică în U.R.S.S., S.U.A. și Japonia, tab.9.

tabelul 9

	Compoziția chimică %					
	C	Mn	Si	P max.	S max.	As max.
<u>I</u>	0,69-0,82	0,75-1,05	0,13-0,28	0,035	0,045	0,15
<u>II</u>	0,67-0,80	0,75-1,05	0,13-0,28	0,035	0,045	0,15
<u>III</u>	0,56-0,75	0,60-1,00	0,15-0,30	0,060	0,06	-

Compoziția chimică a oțelurilor de șină cu conținut ridicat de carbon.

Rezultatele în exploatare cu aceste tipuri de șine după datele comunicate sunt bune. Problema fabricării acestor șine este legată de o tehnologie mai complexă.

În general în Europa s-au experimentat șinele din oțel aliat cu Mn și Cr. Unele mărci au fost îmbunătățite cu Ti, V sau Ni., tabela 10.

tabelul 10

	Compoziția chimică %							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	V	P _{max.}	S _{max.}
1	0,60-0,75	0,7-1,0	0,15-0,35	-	-	-	0,05	0,05
2	0,50-0,65	1,4-1,7	0,15-0,35	-	-	-	0,05	0,05
3	0,45-0,60	1,7-2,0	0,15-0,30	-	-	-	0,03	0,03
4	0,30-0,45	0,7-1,0	0,17-0,28	2,5-3,2	-	0,1-0,2	0,035	0,045
5	0,60-0,70	0,6-0,9	0,13-0,28	0,6-1,0	0,6-1,0	-	0,025	0,025

Tehnologia de elaborare și laminare a șinelor din oțel aliat este mult mai complexă, cu riscuri de re-
but. Scosterea la asomena calității se evoluează la 70 %.
Aceasta și prețul oțelului influențează direct asupra
prețului șinelor. Rezistența la rupere a acestor oțeluri
se situează în domeniul 850 - 1250 N/mm² la o alungire
8 - 10 %. În general asemenea șine se folosesc în funcție
de calitate la curbe cu raze mici și la rupere.

2.4. Considerații asupra procedurii de fabricarea șinelor.

Fabricarea șinelor de cale ferată este un proces complex având în vedere faptul că șina este un laminat nesimetric cu proprietăți deosebite care se folosesc direct în construcția și exploatarea liniilor ferate, în condiții de deplină siguranță și eficiență economică.

În cadrul prezentei teze mi-am propus de a realiza variante de șină cu cele mai puține implicații în producție și cele mai bune rezultate în exploatarea căilor ferate.

Din cele expuse rezultă că fabricarea șinelor din oțeluri aliate mai pretențioase prezintă dificultăți importante în procesul tehnologic necesitând suprafețe și instalații suplimentare mari și costisitoare. O situație similară este și la procesul tehnologic pentru producerea șinelor tratate termic la care indiferent de metoda folosită este necesar să se realizeze o secție specială pentru tratamente echipată cu un utilaj complex. În cazul tratamentului în apă sau ulei se impune construirea de captoare speciale de încălzire care să evite deformările ce nu mai pot fi îndreptate după tratament. Aceleași condiții trebuie să fie asigurate și la instalațiile de tratament propriu-zis. În această situație am orientat cercetările mele spre două direcții care să nu aducă implicații deosebite în procesul tehnologic. Am studiat posibilitățile de obținere a șinelor placate printr-un procedeu original și de realizarea unor șine cu rezistență la uzură dintr-un oțel

posibil de elaborat în cupatoare Siemens Martin și care să
se încadreze la nivelarea în tehnologia cât mai apropiată
de cea obișnuită fără dotății suplimentare și fără a spo-
ri sensibil costurile de fabricație.

3.0. Studiul pentru fabricarea șinei placate.

După cum am arătat una din căile de a obține șine cu rezistență ridicată la uzură este metoda șinei placate. Cu șine placate, în cale se obțin durabilități ridicate, mai ales în curbe și puncte mult solicitate. Din acest punct de vedere ar fi indicată folosirea acestei șine, dar întrucât în țară nu se produce, asigurându-se exclusiv din import nu s-a extins ca utilizare. Din acest motiv am considerat util să abordez un studiu al fabricării unui asemenea tip de șină.

3.1. Considerațiuni tehnologice.

Tehnologia curentă în uzinele specializate pentru fabricarea acestui tip de șină prevede realizarea lingoului placat prin turnarea simultană a celor două calități pentru care este necesar ca în dotarea oțelăriei să existe un cuptor electric de mică capacitate care să asigure oțelul dur necesar, de asemenea amenajări pentru pregătirea turnării de lingouri placate, ca : pregătirea membranei de separare, poduri cu duble intrări și duble sifoane, macarale adecvate pentru turnări combinate cu oale distanțate.

Este de precizat că această metodă este brevetată și trebuie tratată ca atare. Pornind de la considerațiile enumerate în studiul prezent am preconizat o metodă

.. // ..

de placare originală care fără investiții deosebite și implicații în tehnologia de laminare să asigure realizarea produsului.

În principiu mi-am propus ca laminarea să fie executată din semifabricate placate prin metoda sudării în baie de zgură.

Pentru a asigura condiții optime de experimentare am ales tipul de șină ușoară 13,75 kg/ml care are un profil și calibrare asemănătoare cu șina grea tip 49 kg/ml.

Pentru realizarea blumului placat s-au ridicat o serie de probleme și anume :

- Pe ce principii să stabilesc raportul secțiunii și calculul lor pentru determinarea secțiunilor pentru început.

- Din oțel să se execute partea placată.

- Considerentele și elementele care determină alegerea procedurii de sudură.

La stabilirea secțiunilor blumului placat am admis una din legile fundamentale ale prelucrării prin deformări plastice și anume „Legea Invariabilității, sau a constanței volumului” după care în timpul și după deformare volumul rămâne o mărime constantă.

Notînd cu B , H , L și b , h , l dimensiunile unui paraleliped elementar înainte și după deformare rezultă :

.. // ..

$$V = B \cdot H \cdot l = b \cdot h \cdot l = \text{const. sau } \frac{B}{b} \cdot \frac{H}{h} \cdot \frac{l}{l} = 1.$$

Printr-un calcul se rezultă clar că se menține raportul secțiunilor în cadrul secțiunii de bază raportată la aceeași lungime, fig.49.

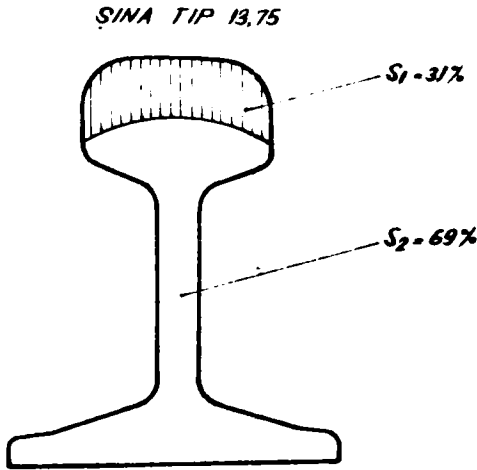


Fig.48. In această figură s-au stabilit suprafețele S_1 placată = 31 % și S_2 de bază 69 %. Determinarea suprafețelor s-a făcut prin planimetrare.

In cadrul secțiunii S_2 este cuprins și metalul de sport din rostul tehnologic pentru sudură.

Cu aceste date s-au calculat secțiunile pentru fabricatul plăcii, plecând de la lungimea inițială de 1000 mm., fig.49.

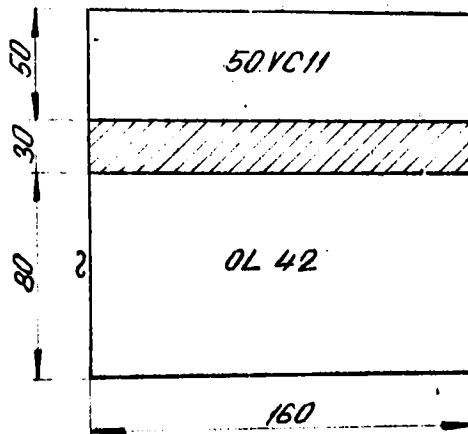


Fig.49. Reprezintă secțiunile de placare,
de bază și rostul tehnologic pen-
tru sudură de 30 x 160 mm.

Alegerea oțelului pentru placare s-a făcut du-
pă literatură și prospectele unor firme furnizoare de
asemenea șină. Compoziția chimică a oțelurilor ce compun
o asemenea șină este conform tablei 11.

Tabela 11.

	COMPOZIȚIA CHIMICĂ					CARACTERISTICI MECANICE	
	%C	%Mn	%Si	%Cr	%P+S max	σ_r Kgf/mm ²	Alungire ₂ %
Oțel dur	0,60-0,70	0,70-0,80	0,20-0,35	0,75-1,00	0,080	110-130	8-10
Oțel tenace	0,25-0,35	0,47-0,85	< 0,40	—	0,100	50-60	14-18

**Compoziția chimică a oțelurilor
ce compun șina placată.**

Pentru încercare am folosit două mărci de oțel care se laminază în mod curent. Un oțel aliat care pe lângă Crom ca element de aliere de bază am considerat necesar să folosesc în aliere și Vanadiu care să asigure o finisare înaintată a structurii. Cel de al doi-

În oțel este un oțel carbon obișnuit de tipul oțelului Q142 care asigură o tenacitate corespunzătoare. Compoziția chimică a celor două oțeluri este prezentată în tabela 12.

<i>Compoziția chimică și rezistența la rupere</i>								
<i>Tipul</i>	<i>C %</i>	<i>Si %</i>	<i>Mn %</i>	<i>P %</i>	<i>S %</i>	<i>Cr %</i>	<i>V %</i>	<i>σ_r kg/mm²</i>
<i>ciupercă</i>	0,53	0,20	0,77	0,020	0,018	1,10	0,17	125
<i>inimă și talpă</i>	0,20	0,15	0,57	0,044	0,017	-	-	42

Alegerea miroilor de oțel prezentate în tabela 12 a fost determinată de faptul că ele sînt calități curente și se încadrează în limitele oțelurilor utilizate și experimentate de uzine consacrate în fabricarea a asemenea tip de șine.

Sudarea pentru asamblarea semifabricatului placat se poate face în trei moduri : manual, sudură automată sub flux și sudură în baze de șură. Am ales ultimul procedeu pe următoarele considerente :

- 2.a - se realizează cu economii de manoperă și materiale ;
- 2.b - se reduce numărul de operații principale în comparație cu procesul de sudare manual cu arc electric descoperit și sub strat de flux :
- întoarcerea după 5-6 straturi
 - curățarea zgurei după fiecare rând de suduri
 - scobirea rădăcinii cordonului de bază după prima introducere
 - tratament termic intermediar
- 2.c - procedoul are o productivitate a muncii foarte ridicată. (cantitatea de metal depus pe o oră în baie de zgură se ajunge la un electrod la cea.27 kg iar la mașini cu ajutorul fuzibil la cea.400 kg/h față de 2,7 la sudura normală.
- Se diminuează mult consumul de materiale și energie electrică.
- 2.d - tehnologic
- în comparație cu alte procedee de sudare electrică în baie de zgură se caracterizează printr-o viteză mai mică de încălzire a zonei de influență termică, asigură o menținere mai îndelungată a acestei zone la temperatura de formare a austenitei urmată de o răcire lentă în zona transformării martensitice.

3.2 Principiul sudării în baie de zgură cu
simele electrice.

Procesul de sudare se bazează pe topirea metalului de bază și a simelelor electrod sub o baie de zgură lichidă.

Schematic principiul sudării electrice în baie se poate reprezenta ca în fig.50,

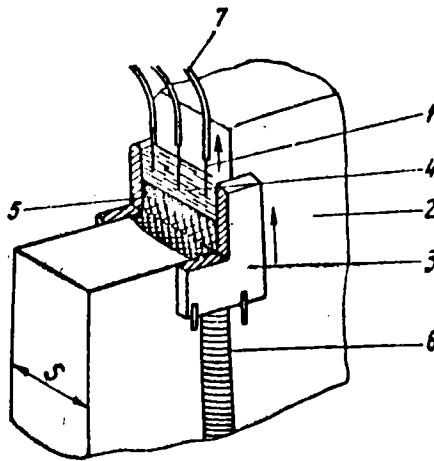


Fig.50. Schema de principiu a procedurii de sudare electrică în baie de zgură.

unde spațiul închis în care se introduc simelele electrod 1 și fluxul de sudare este format de plăcile 3 prin care circulă apa de răcire și marginile pieselor 2 care urmează

să să se sudeze.

Prin conectarea curentului de sudare și punere în funcțiune a avansului sârmei electrod se formează un arc electric între sirmă și placa de bază a creuzetului. Căldura degajată de arcul electric topește fluxul formînd o baie de zgură lichidă 4. După topirea fluxului arcul electric se înscă și fenomenul de descărcare electrică prin arc încetează. Curentul de sudare continuă să treacă de la electrod la piesă prin baia de zgură topită și prin baia de metal. Datorită rezistenței sale electrice mari baia de zgură topită se încălzește puternic conform efectului Joule-Lentz. Curentul electric trecînd fără întrerupere prin baia de zgură o menține la o temperatură superioară celei de topire a metalului de bază și a sârmei electrod datorită cărui fapt produce topirea acestora. Astfel baia metalică 5 este formată de marginile pieselor de sudat care se topesc împreună cu metalul topit din electrod.

În contact cu părțile mai reci ale piesei și cu plăcile de formare, metalul topit se solidifică, formînd cusătura 6 și realizînd în acest fel îmbinarea pieselor. Sudarea se desfășoară pe verticală de jos în sus. Nivelul băii metalice se ridică continuu, pe măsură ce se completează cu metal topit din sârmele electrod și din metalul de bază. Plăcile de formare 3 rîcite cu apă, preîntîmpină scurgerea zgurei și a băii de metal deplasîndu-se, uneori,

.. // ..

pe suprafața celor două piese pe măsură ce se formează cusătura cusătura sudată. Sârma electrod antrenată de un mecanism de avans se introduce vertical între piese printr-un ajutor de ghidare curbat 7. Numărul sirmelor electrod variază în funcție de grosimea pieselor care se sudază.

Pentru reducerea numărului acestor sirme (maximum trei sirme) se asigură o mișcare orizontală alternativă a sirmelor de-a lungul secțiunii transversale, denumită pendulare (26).

La sudarea electrică în baie de zgură sursele principale de încălzire o constituie căldura degajată la trecerea curentului electric prin zgura lichidă. Cantitatea de căldură degajată în baia de zgură în unitatea de timp este dată de relația

$$Q = 0,24 I^2 R_z$$

în care : I este intensitatea curentului în Amperi

R_z este rezistența zgurei în Ω .

Prin vîrfurile electrodului trece cea mai mare cantitate de curent.

Distribuția temperaturii în baia de zgură și metal este redată în fig.51. Se remarcă maximum temperaturii care se realizează în baia de zgură.

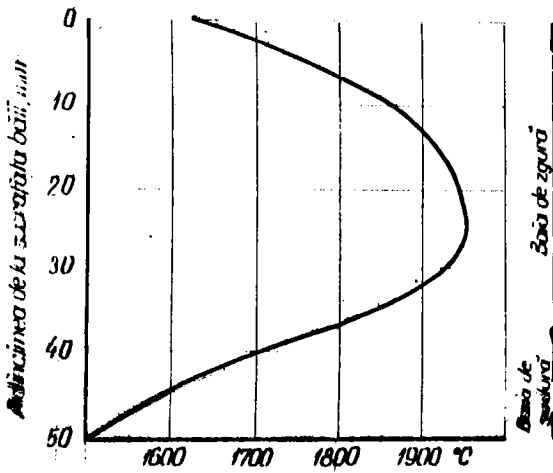


Fig.51. Repartizarea temperaturii în baia de zgură și metal măsurată în axa electrodului $I = 500 \text{ A}$ și $U = 50 \text{ V}$.

.. // ..

In fig.52 se prezintă repartizarea căldurii la sudarea plăcilor cu o grosime de 160 mm.

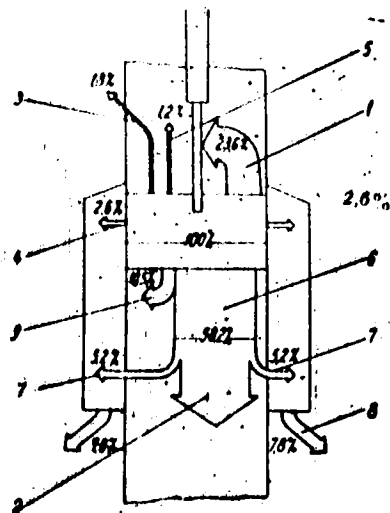


Fig.52. Repartizarea căldurii :

- 1 - căldura folosită pentru topirea electrozilor
- 2 - transmiterea căldurii în masa metalului de bază
- 3 - căldura folosită pentru preîncălzirea muchiilor prin radiația băii de zgură
- 4 - căldura pierdută de la baia de zgură în plăcile de formare
- 5 - pierderile de căldură prin radiații
- 6 - căldura folosită pentru topirea metalului de bază
- 7 - căldură pierdută în baia de metal
- 8 - cantitatea totală de căldură pierdută în plăcile de formare
- 9 - căldura folosită pentru încălzirea băii de metal.

Procese metalurgice, care au loc la sudarea
electrică în baia de zgură.

La sudarea electrică în baie de zgură, compoziția chimică finală a metalului sudurii și proprietățile acestuia sînt determinate de compoziția materialelor inițiale și de mersul reacțiilor metalurgice în procesul de sudare, adică de reacția între metalul lichid, zgură și faza gazoasă.

În funcție de caracterul și de direcția acestor reacții, compoziția efectivă a metalului sudurii poate diferi, în măsură mai mare sau mai mică, de cea calculată, determinată după regula de substituție.

Pentru determinarea compoziției teoretice calculate a sudurii se folosește formula :

$$[M]_t = \gamma [M]_b + (1 - \gamma) [M]_{el}$$

unde : $[M]_t$ = valoarea concentrației teoretice a elementului însoțitor dat în metalul sudurii în %

$[M]_b$ = concentrația acestui element însoțitor în metalul de bază în %

$[M]_{el}$ = idem în metalul electrodului în %

γ = proporția metalului de bază în metalul sudurii în %.

Diferența între compoziția efectivă a sudurii determinată pe baza analizei chimice și compoziția calculată :

$$\Delta[M] = [M]_s - [M]_t$$

permite să se aprecieze gradul de trecere a unui anumit element însoțitor în metalul sudurii în cursul sudării.

adică să se aprecieze direcția și intensitatea reacțiilor metalurgice. Cunoștința cantității elementelor însoțitoare trecute în timpul sudării electrice prin baie de zgură, ne poate conduce în mod corect, mersul proceselor metalurgice și alege în mod concret materialele de adăos și regimurile de sudare pentru obținerea unor suduri cu compoziția chimică și cu proprietățile necesare.

În timpul sudării electrice în baie de zgură metalul topit al electrozudului, suprafața vâii metalice lichide, precum și suprafața topită a metalului de bază sînt spălate continuu de curenți de zgură lichidă.

Reacțiile cele mai importante între zgură și metal, în timpul sudării electrice în baie de zgură sînt reacțiile Manganelui, Siliciului și Carbonului precum și ale elementelor însoțitoare, dăunătoare, ale Sulfului și Fosforului. Conținutul acestor elemente în sudură determină, în mare măsură, rezistența metalului sudurii și posibilitatea obținerii unei îmbinări sudate de calitate superioară, fără crăpături și pori.

Intensitatea reacțiilor ca și direcția lor este determinată de numeroși factori dintre care cei mai importanți sînt :

- concentrația elementelor în metalul lichid și a oxizilor lor în zgură
- temperatura în zona reacției
- mărimea suprafeței și durata contactului între masele de metal și de zgură care intră în reacție.

Le rindul ei, concentrația elementelor în metal și în zgură este determinată de materialele inițiale, de compozițiile sârmei-electrod și ale fluxului, precum și de gradul de rafinare a băii de zgură, adică de frecvența completării cu porții noi de flux.

Temperatura și condițiile contactului sînt în funcție de regimul de sudare electrică în baie de zgură.

Aceste particularități principale ale reacțiilor metalurgice la sudarea electrică în baie de zgură a oțelurilor s-au avut în vedere la stabilirea și găsirea soluției optime care a dat rezultatele cele mai bune.

Technologia sudării în baie de zgură realizată.

a) Parametrii regimului de sudare :

- diametrul sârmei-electrod : $\varnothing 3$ mm
- numărul de sârme-electrod : 3
- durata de staționare a electrod. în poz. extreme : 5 sec.
- viteza de deplasare transversală a sârmei-electrod :
- viteza de avans a sârmei-electrod : 220 m/h.
- lungimea liberă a electrodului : 60-80 mm.
- curentul de sudare : 450 A
- tensiunea de sudare : 44 - 48 V.
- adîncimea băii de zgură : 20 - 30 mm.
- felul curentului și polaritatea lui : c.a.
- viteza de sudare :
- intensitatea cu care se răcesc plăcile de formare :

b) Influența parametrilor regimului de sudare asupra formei și dimensiunilor cusăturii :

- diametrul sârmei electrod a fost ales de $\varnothing 3$ mm având în vedere avantajul unui coeficient de topire mare ca și faptul că sârma este suficient de rigidă pentru a-și menține poziția în rost la o lungime liberă de 60 - 80 mm.

- intensitatea curentului de sudare este dependentă de viteza de avans a sârmei electrod, fig.53.

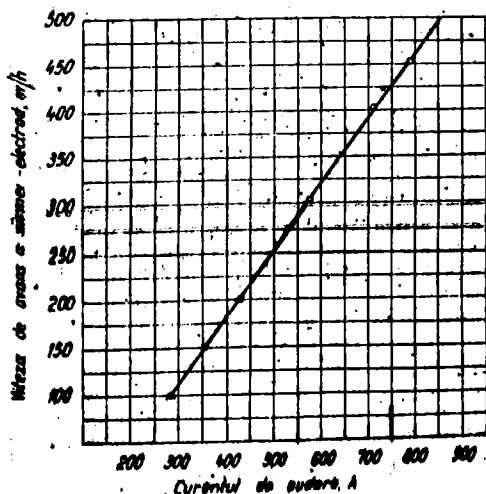


Fig.53. Relația dintre viteza de avans a sârmei și intensitatea curentului de sudare (27).

Din Fig.53 s-a ales pentru $I_B = 450$ A o viteză de avans a câștii electrod de 220 m/h. S-a avut în vedere și posibilitatea apariției fisurilor de cristalizare determinată de viteza critică de avans a câștii electrod.

Viteza critică variază în funcție de compoziția chimică și grosimea metalului de bază după Fig.54.

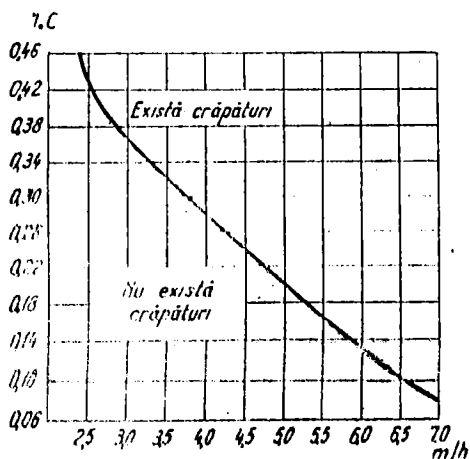


Fig.54. Variația vitezei critice de avans a câștii electrod pentru fiecare milimetru din grosimea metalului de bază, în funcție de conținutul său în carbon.(29)

- Tensiunea de sudare. Am ținut cont de faptul că pentru oțelurile cu conținut ridicat de carbon (peste 0,2%)

cu creșterea lășii la cuscitură crește și participarea metalului de baie la formarea cusăturii. În această situație cusătura va avea un coeficient mai mare de carbon, iar pericolul de formarea a fisurilor va spori, cu toată creșterea coeficientului de formă. Influența tensiunii asupra dimensiunilor cusăturii se explică prin modificarea puterii sursei de curent la o viteză de sudare constantă. În cazul de față tensiunea optimă a fost de 44 - 48 V.

- Lungimea liberă a electrodului reprezintă distanța dintre vârful ajutorului și suprafața baie de zgură. Creșterea lungimii libere peste anumite limite poate deranja stabilitatea procesului de sudare, datorită faptului că sîrmă înclinată-se foarte mult, se topește înainte de a veni în contact cu baie de zgură, caz în care se formează un arc electric, iar stropii de metal și zgură sînt înproșcați. În o lungime liberă mică ajutorul se apropie de baie de zgură ~~suprafața~~ ~~ilustrat~~. Lungimea liberă optimă găsită este de 60 - 80 mm.

- Adîncimea baie de zgură pentru cazul de față a fost găsită optimă între 20 - 30 mm. La adîncimi mai mari s-a constatat reducerea coeficientului de formă datorită reducerii lășimii cusăturii ca și o răcire puternică a baie care poate conduce la nepîtrunderi.

- Numărul de sîrme electrod a fost ales 3 deoarece în acest fel s-a obținut o lășime cît mai uniformă a cusăturii pe întroaga ei secțiune.

.. // ..

- Felul curentului de sudare. Am ales c.a. și o
marșă cu tendința unei de marș în gol ca fiind mai rațio-
nal deoarece apariția arcului electric conduce la deran-
jarea stabilității procesului de sudare și la formarea de-
fectelor în cordonul de sudură.

- În vederea corectării parametrilor regimului
de sudare s-au efectuat următoarele încercări :

100 mm.

Ø sferă - 3 mm
nr. electr. - 1 AN 348 A.
lung. lib. a arc el. 100 mm.
durata cursei de pendulare - 8 - 12 sec.
temporizare - 4 - 5 sec.
dist. între margini - 6 mm (șină de ghidare).
temp. apă 40 - 60°C
I₀ - 600 - 650 A.
tens. - 40 - 42 V.

140 mm.

I₀ - 600 - 800 A.
U - 60 V.
nr. electr. - 1 -
sferă : Ø 10 M 1. Ø 3 mm.
fondant Z 41
temporizare 5 sec.
dist. sferă - patină 10 mm.
pendulare 7 sec.
vit. de avans 96 m/h.

010 - 001

Ua. = 54 - 56 V. Incaputul sud.

vit. avans. şuvi - 100 - 200 m/h

dist. el. 60 - 96 mm.

timp de staţ. la capete 5 sec.

Industria

Tona. 52 - 55 V.

vlt. avans. electr. 220 - 240 m/h

dist. între electr. 96 mm.

timpul de staţ. 5 sec.

Din încercările făcute au rezultat concluzia :

- încaputul sudării s-a făcut cu viteză mică 80 - 100 m/h cauză pe măsura formării băii se măreşte progresiv până la 240 m/h.
- adâncimea optimă a băii de zgură, este de 20 - 30 mm, în timpul sudării se face controlul continuu al ei,
- temperatura de preîncălzire în perioada de stabilizare a procesului de sudare se alege de $423^{\circ}\text{K} - 473^{\circ}\text{K}$ având în vedere conţinutul ridicat în C (0,60 - 0,75) astfel ca ea să fie superioară temperaturii la care austenita subrăcită a oţelului respectiv începe să se transforme în martensită,
- adâncimea de topire a metalului de bază, am urmărit să fie minimă (3 - 4 mm) prin micşorarea tensiunii şi a curentului de sudare, pentru a reduce dilatarea metalului depus,
- contracţia transversală pe înălţimea sudurii

11000 mm, ca să se evite în condiţiile problemelor re cu un coeficient de dilatare. În partea de jos a

a font de 30 mm iar în partea de sus 40 mm. Rezultatele încercărilor cu răsărit oil, contracția transversală reprezentată în partea de jos a îmbinărilor oca.3 mm iar în partea de sus mai mult, aproximativ 10 mm, egal cu mărimea diferenței între rostul din partea inferioară și cel din partea superioară a îmbinării. Dimensiunile adoptate pot fi considerate corecte.

După sudarea blumului placat nu este necesar să i se aplice nici un tratament termic, având în vedere că se încălzește la temperatura de deformare și se laminează.

Fluxul pentru sudarea electrică în baie de zgură.

Fluxul folosit la sudarea electrică în baie de zgură, având o anumită conductibilitate electrică, trebuie să asigure nu numai desfășurarea proceselor metalurgice în direcția necesară, dar și obținerea unui metal depus dens și să corespundă de asemenea unei serii de condiții cu caracter tehnologic.

Proprietățile tehnologice ale fluxului pentru sudarea electrică în baie de zgură, sînt determinate, în mare măsură, de caracterul variației conductibilității electrice și a viscozității zgurii în funcție de temperatură.

Mărirea conductibilității electrice a zgurii ușurează mult amorsarea și desfășurarea stabilă a procesului de sudare. De aceasta depinde în mare măsură și cantitatea de căldură care se degajă în zona sudării și prin

urmare, viteza topirii electrodului și mărirea topirii marginilor.

Viscozitatea zgurii trebuie să se încadreze în anumite limite. Zgura prea fluidă și lungă va duce la scurgerea băii și la tulburarea procesului de sudare. Zgura prea viscoasă, greu fuzibilă sau scurdă, duce la formarea așa numitelor creștături la marginile sudurii.

Dacă nu există încă suficiente date cu privire la relațiile între conductibilitatea electrică, viscozitatea zgurii și temperatură, pentru sistemele cu mai mulți componenți, alegerea compozițiilor optime ale zgurilor se face pe cale experimentală. Astfel am obținut o stabilitate mărită a procesului de sudare prin reducerea conținutului de SiO_2 și mărirea conținutului de MnO . CaF_2 Fluorina folosită în proporție de 13 - 19 % a dus la mărirea conductibilității electrice a zgurii și la reducerea viscozității ei.

Din experiențele făcute a rezultat că proprietățile tehnologice cele mai bune pentru suduri lungi și cu întrebuințarea unor glisiere de formare le au fluxurile AN - 8 și AN - 22 a căror compoziție chimică este redată în tabela 13. .

Folosirea acestor fluxuri prin care s-a realizat o aliere suplimentară a metalului sudurii cu mangan și siliciu s-a dovedit eficientă având în vedere conținutul mărit de Carbon al materialului de bază.

tabelul 13

Compoziția chimică a Marca Fluxului	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	FeO	CaF ₂	S	P
AN - 8	33	11	21	4	5	pînă	13	pînă	pînă
	1	1	1	1	1	la	1	la	la
	36	15	26	7	7	1,5	19	0,15	0,15
AN - 22	18	19	7	12	11,5	pînă	20	pînă	pînă
	1	1	1	1	1	la	1	la	la
	21,5	23	9	15	15	1,0	24	0,05	0,05

Tabla 13.

.. // ..

Laminarea blumului în piñă s-a făcut pe o linie de profile miglonid de tip 430 cu tren de grosor 650 dintr-o cañă și trenul finilor din trei cañe trio și o cañă duo. Schema acestei linii și a fluxului tehnologic sînt redată în fig.55.

SCHEMA FLUXULUI TEHNOLOGIC

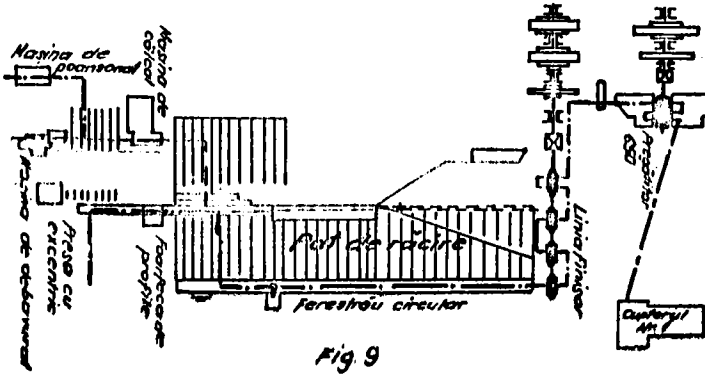


Fig.55. Schema fluxului tehnologic.

Problemele studiate în mod deosebit la această linie au fost : comportarea la încălzire a blumului, realizarea unei echipe speciale pentru a nu diminua prin alun-gire stratul dur și comportarea blumului pe tot timpul la-minării în calibrele fasonate.

.. // ..

La încălzire nu s-a observat nici un defect ca deformări, decarburare, desprindere sau alte defecte ale blumului. Pentru a preveni aceste defecte blumul s-a aşezat cu partea din oţel tenace spre zona de încălzire mai intensă.

Pentru a distinge zona dură am marcat blumul la unul din capete printr-o creştătură.

Prin încredinţări de planuri de trecere la degrosişor cu blumari obişnuite marcate special, am stabilit în prealabil planul de treceri în scopul asigurării repartişării materialului dur în ciuporcă.

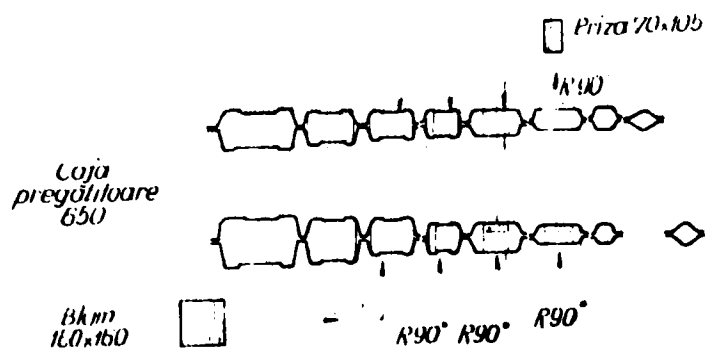


Fig.56. Varianta 1 pentru obţinerea prizei.

.. // ..

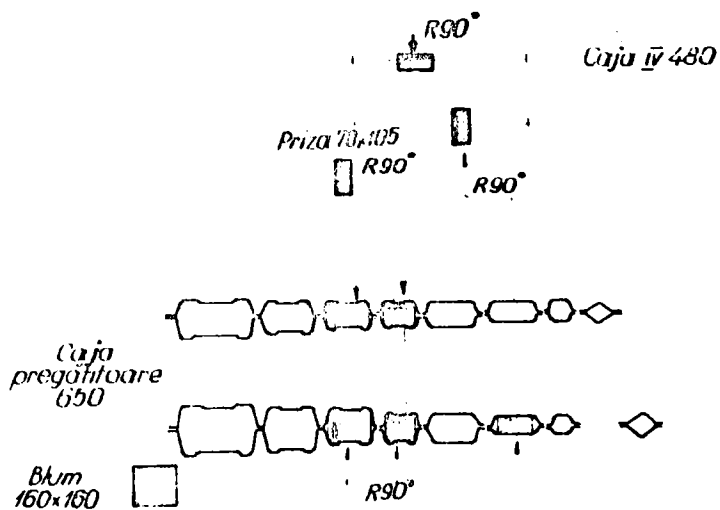


Fig. 97. Varianta 2 pe abia obținerea prizei.

.. // ..

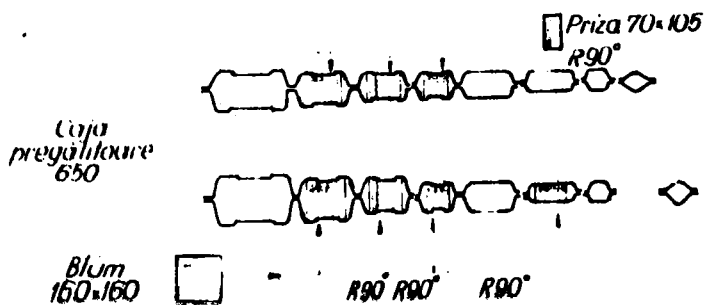


Fig.58. Varianta 3 pentru obținerea prizoi.

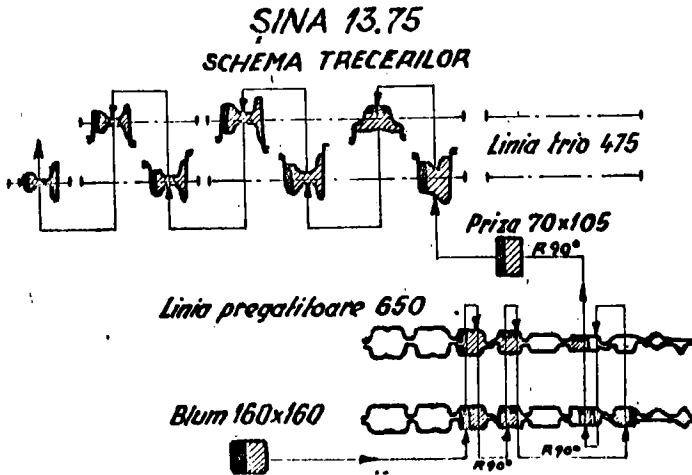


Fig.59. Schema finală pentru laminarea prizei și a șinei.

Intrucît oțelurile componente ale blumului sunt laminate în mod curent nu a mai fost necesar să se studieze domeniul de plasticitate.

După laminare oțelul dur a fost repartizat corespunzător în ciupercă, fig.60.

.. // ..

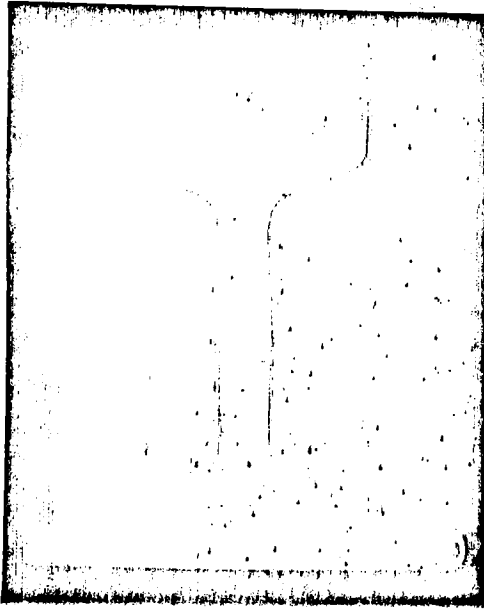


Fig.60. Secțiune prin șina plăcată realizată.

Pentru compararea rezultatelor obținute cu cele din literatură la produse similare am făcut cercetări de laborator al căror rezultat le redau în continuare.

.. // ..

3.3. Rezultate experimentale.

3.3.1. Încercarea la întindere.

Rezultatele încercării la întindere pe epruvete prelevate din zona placată sunt comparabile cu cele din literatură și datele firmelor furnizoare de asenenaș placă.

Pentru încercările mecanice și cercetări metalografice epruvetele s-au luat conform schemei din fig.61.

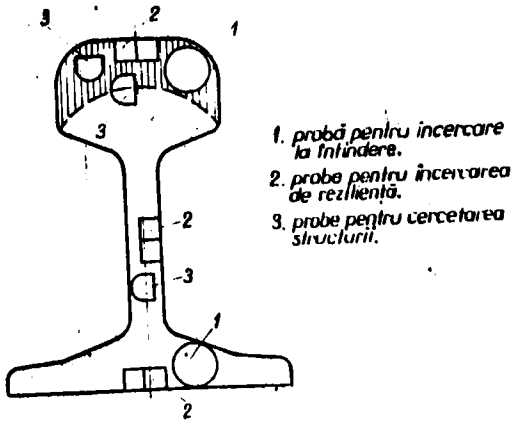


Fig.61. Schema pentru prelevarea epruvetelor pentru încercări mecanice și cercetări metalografice :

- 1 - epruvete pentru încercare la întindere
- 2 - epruvete pentru reziliență
- 3 - probe metalografice.

Rezultate obținute (29) la încercarea la întin-

dere :

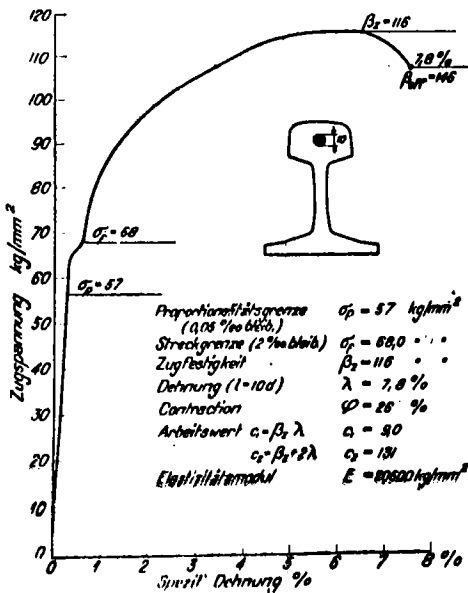


Fig.62.

Prescripțiile pentru încercarea la întindere prevăd σ_r 1100 - 1300 N/mm² și A 8 - 10 %, pentru partea dură și σ_r 420 - 600 N/mm² și A 14 - 18 % pentru partea tenacă.

Rezultatele plinelor laminate se prezintă în tabelele 13a și 14.

Tabela 13a

Nr. crt.	$\bar{\sigma}$ N/mm ²	A%
1	1250	10,2
2	1240	9,0
3	1220	10,0
4	1260	8,5
5	1240	9,0
6	1260	8,5
7	1230	10,0
8	1260	8,5
MEDIA	1245	9,21

Rezultatele încercării la întindere pe epruvete prelevate din partea dură a

Tabelul 14

Nr crt.	σ_r N/mm ²	A%
1	420	34
2	420	32
3	460	34
4	460	33
5	460	34
6	470	33
7	450	32
8	460	33
MEDIA	456	33

Rezultatele încercării la întindere pe epruvete prelevate din gine partea neplăcată.

... 77 ...

3.3.2. Incercări de reziliență.

Incercările de reziliență au confirmat calitatea bună a produsului realizat, tabela 15.

Tabela 15

Nr. crt.	J/cm ²		
	Partea plucată	Partea tenace	
		înmă	talpă
1	20,0	121,0	130,0
2	24,0	118,0	180,0
3	22,0	141,0	120,0
4	20,0	139,0	158,0
5	21,0	123,0	174,0
6	22,0	135,0	200,0
7	23,0	150,0	195,0
8	14,0	142,0	188,0
MEDIA	22,0	134,0	168,0

Rezultatele încercărilor de reziliență a șinei plucate. Probele au fost prelevate din cele trei zone ale șinei.

Rezultatele Supercării la reziliență sînt superioare comparativ cu cele din literatură.(29). Astfel la probele preluate din ciupercă valoarea rezilienței este de patru ori mai mare decît la șini similare în literatură.

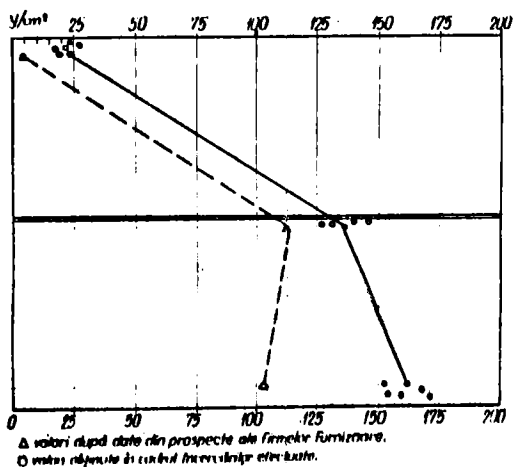


Fig.63. Valori comparative ale rezilienței.

- valori obținute la șinele placate în uzine consacrate producătoare (2).
- valori obținute la șinele încercate.

3.3.3. Instanțierea de duritate.

Pentru a cunoaște omogenitatea din punct de vedere al durității, am făcut determinări de duritate conform fig.64.

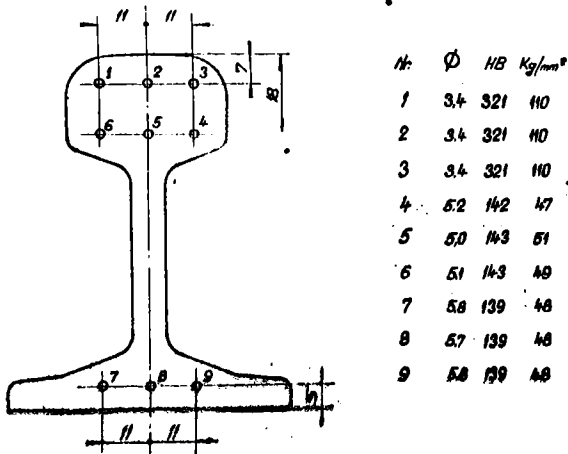


Fig.64. Determinări de duritate la șina plăcată laminată experimental.

Rezultatele înregistrate sînt în concordanță cu rezultatele din literatură (29).

.. // ..

3.3.4. Încercarea de îndoire.

Una din încercările care se fac în mod curent la şinele placate pentru a verifica tenacitatea părţii neplacate, este plierea inimii, fig.65.

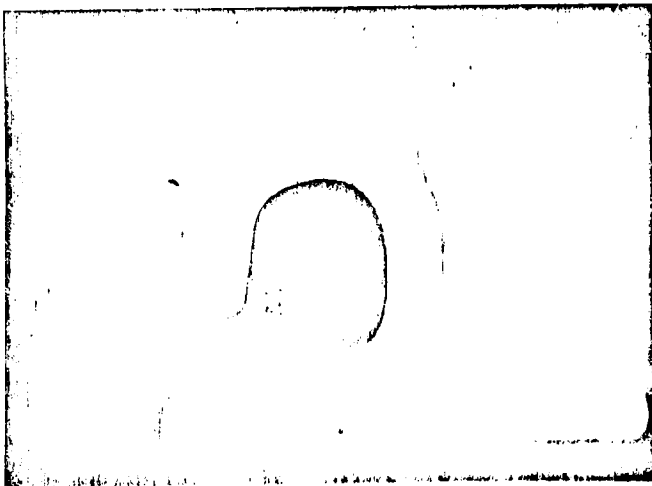
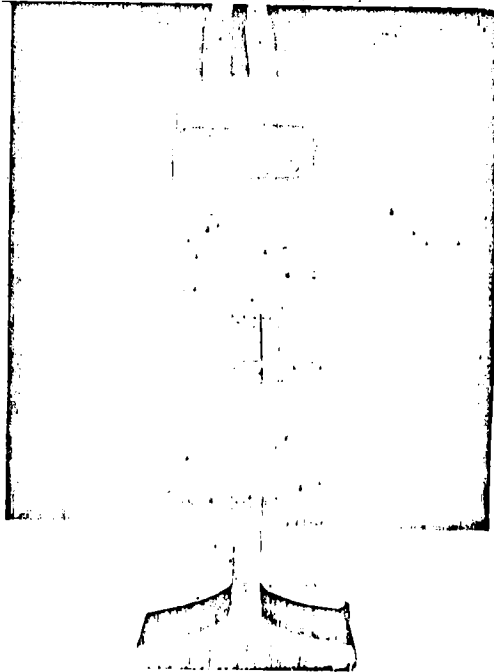


Fig.65. Şină placată cu inimă pliată.

.. // ..

**3.3.5. Controlul anatomic al îmbinării
plinei placate.**

Examinarea ținei s-a efectuat cu ajutorul unui palpator normal cu două secțiuni (emisie și separat recepție) amplasat conform fig.66.



**Fig.66. Schema examinării ultrasonice
a ținei placate.**

Factorită ducăsalui în plexiglas echivalent cu unu de 75 mm în oțel, impulsul de emisie a fost scos în stînga ecranului osciloscopice, primul impuls notat în fig.66 cu P_1 este impulsul de intrare în gîni și distanța măsurată pe ecran reprezintă drumul străbătut de unde longitudinale de la oscilator la suprafața superioară a gînei prin plexiglas (echivalent 75 mm oțel).

Al doilea impuls notat cu C reprezintă impulsul reflectat de peretele opus al cîupercii gînei (conf.fig.1 C).

Al treilea impuls notat cu P_2 reprezintă ecoul repetat al impulsului de emisie, în capul de plexiglas.

Al patrulea impuls notat cu f, reprezintă impulsul reflectat de partea inferioară a tălpii gînei.

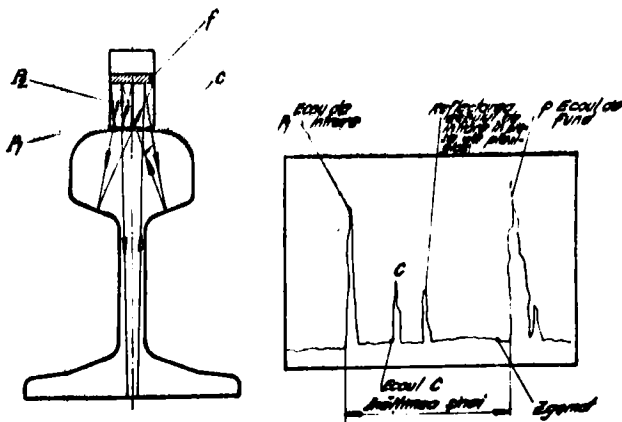
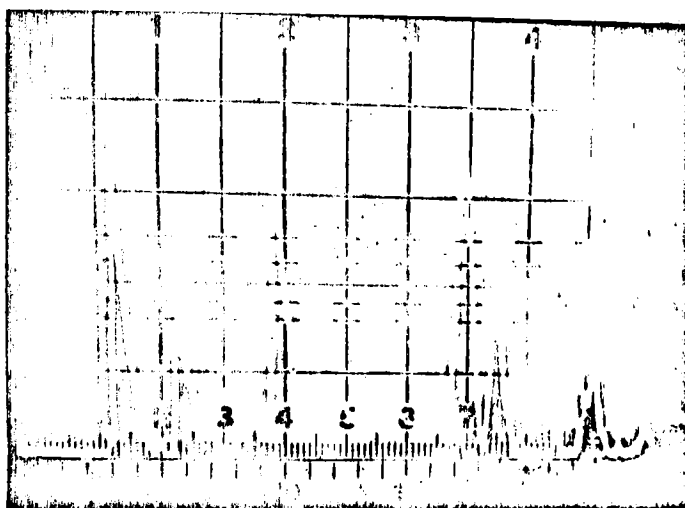
Celelalte impulsuri de înălțime mică reprezintă un zgomot de fund datorat cuplajului și difuziei ultrasunetelor în materialul gînei.

Distanța (măsurată pe ecran) cuprinsă între impulsul de intrare și ecoul de fund, reprezintă limitele semnalului de selecție

- scala aparatului este etalonată pe 100 mm oțel
- palpatorul folosit este de tip S.DWT cu frecvența de 4MHz .

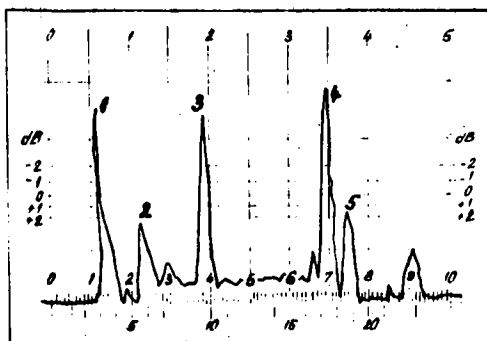
.. // ..

Oscillograma examinării şinei o prezint în fig.67.



.. // ..

Duplicatia la oscilograma din fig.67.



- 1 Impulsul de intrare în material.
- 2 Impulsul reflectat de la peretele opus cusperei șinei (unda C din selecția drumului undelor acustice)
- 3 Impulsul provenit de la ecoul repetat al corpului de plexiglas din construcția palpatorului SEB 4 T
- 4 Impulsul provenit din reflexia undelor longitudinale de la talpa șinei.
- 5 Impulsul provenit din transformarea undelor longitudinale în unde transversale la incidență critică, pe pereții inimei șinei.

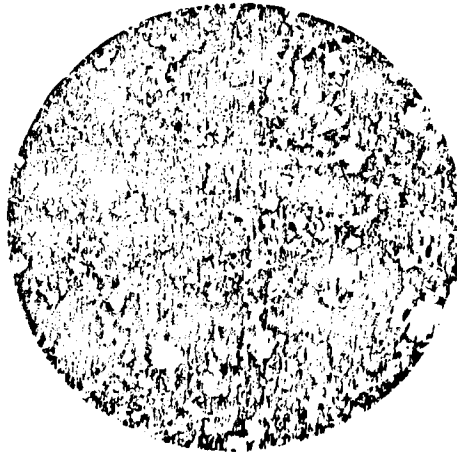
Fig.67/a.

- 1 - Impulsul de intrare în material.
- 2 - Impulsul reflectat de la peretele opus cusperei șinei (unda C din selecția drumului undelor acustice).
- 3 - Impulsul pornit de la ecoul repetat al corpului de plexiglas din construcția palpatorului SEB 4 T.
- 4 - Impulsul pornit din reflexia undelor longitudinale de la talpa șinei.
- 5 - Impuls primit din transformarea undelor longitudinale în unde transversale la incidență critică, pe pereții inimei șinei.

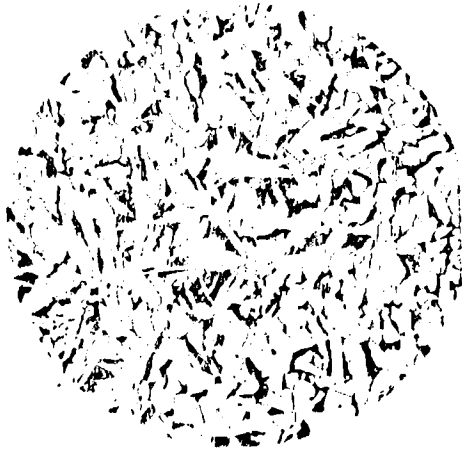
În concluzie din examinarea oscilogramei rezultă că țina nu prezintă defecte.

3.3.6. Examinarea microstructurii.

Microstructurile ținei placate examinate la mărirea de 100 x se prezintă ca în fig. 68, 69, 70.



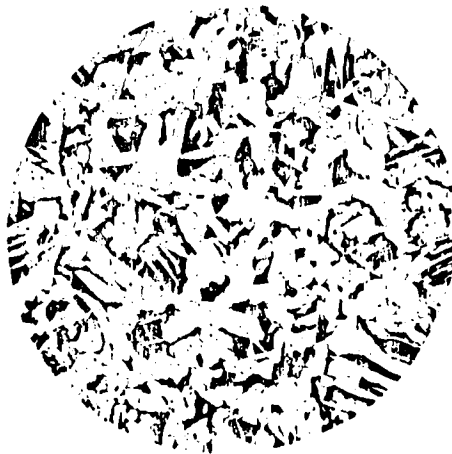
.. // ..



Din analiza structurii părților cercetate rezultă (în fig.68) în structură un fond perlitic aceasta prezentându-se fin lamelar, parțial globulizată, granulația avînd o mărime de 6 - 8 în medie 7.

Structurile reprezentate de fig.69 și 70 sînt ferite-perlitice, în care perlita dispusă în granule și parțial la limita granulelor de ferită este fin lamelară, granulația este de mărimea (7,8).

În zona de placare (transiție de la oțelul dur la oțelul tenace).Fig.71 și 72.Înterpenetrarea și legătura între cele două calități de oțel este mult mai bine realizat decît la çina fabricată și prezentată de furnizorii străini. (29).



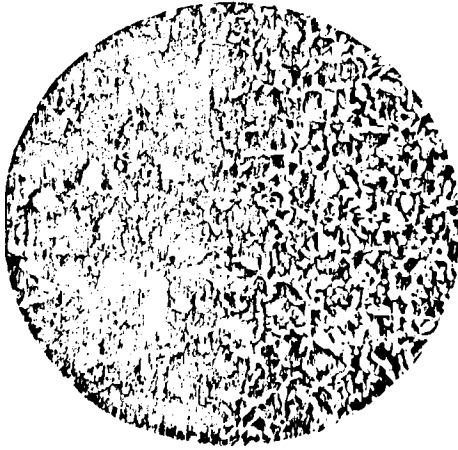


Fig.71. Structura în zonă de placare realizată la țina laminată prin sistemul propus în teză.

.. 11 19

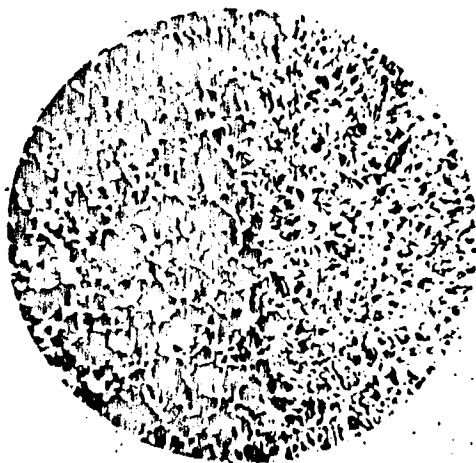


Fig.72. Structura șinei placate în zona de placare după furnizori străini (29).

In fig.71 se remarcă structura de bază preponderent ferito-perlitică care asigură tenacitatea preconizată.

Structura părții rezistente la uzură este mai favorabilă față de structura prezentată în fig.72 (29) deoarece este pur perlitică lipsită total de ferită. Formația

lamelilor de perlită fiind foarte compactă asigură o rezistență ridicată la uzură.

În concluzie procedeul poate fi dezvoltat și extins. În acest scop ar fi necesar să se doteze un sector pentru pregătirea unor anemone blumuri, cu mașină de sudură în baie de apă de capacitate mare cca. 400 kg. metal depus pe oră. În această situație se pot pregăti blumuri pentru laminarea a 1000 - 1200 to șină placată lunar echivalând la o producție anuală de cca. 12.000 to șină ceea ce revine la 120 km, cale pentru șina tip 49.

4.0. Stadiul fabricării șinei din oțel cu Si.

4.1. Considerațiuni teoretice.

Uzura șinelor în exploatare depinde, din punct de vedere al materialului, de microstructură. În primul rând rezistența la uzură este favorizată de o structură grob-granulară. Dintre constituienții structurali, cei cu duritate mai mare acționează în sensul sporirii rezistenței la uzură. În oțelurile perlitice, ferita care este mai puțin dură face ca șina să fie puțin rezistentă la uzură. S-a constatat experimental că pînă la un conținut de 5 % ferită în structura șinei rezistența ei la uzură nu crește în mod sensibil. Abia dacă ferita soade în proporții mai mici ca 5 % începe să se facă simțită în exploatare creșterea la uzură a șinelor.

Creșterea durității feritei, prin aliere sau prin deformare la rece are deasemenea o acțiune favorabilă asupra rezistenței la uzură. În ceea ce privește perlita, forma lamelor de cementită și distanța între ele sînt cele care determină creșterea rezistenței la uzură, favorabile fiind în acest sens lamelele bine individualizate, în pachete compacte și cu distanțe cît mai mici între ele. La o absență totală a feritei în structură, distanța între lamelele perlitice determină rezistența la uzură a șinelor.

Oțelul carbon, în stare laminată, răcit normal în aer liber, pentru a avea în structură ferita în proporție foarte redusă (5-7 %) ar trebui să aibă un conținut de

carbon foarte mică decât aproape de cel eutectoidic 0,81 %. Pentru solicitările complexe la care este supusă șina în cale, acest oțel foarte sensibil la supraîncălzire, deși din punct de vedere al rezistenței la uzură ar prezenta pe lângă avantajul structurii dur perlitice și acela al unei granulații mărite, datorită tenacității sale scăzute nu este adecvat.

În vederea obținerii microstructurii corespunzătoare rezistenței la uzură și totodată și a celorlalte proprietăți necesare șinelor de cale ferată, s-a luat în considerare anumite elemente de aliere care în cantități nu prea mari să confere oțelului toate caracteristicile cerute.

În fig. 73, 74 și 75 sînt redată diagramele binare ale fierului cu manganul, cromul și siliciul, elemente care vor fi analizate în privința influenței lor asupra proprietăților oțelurilor.

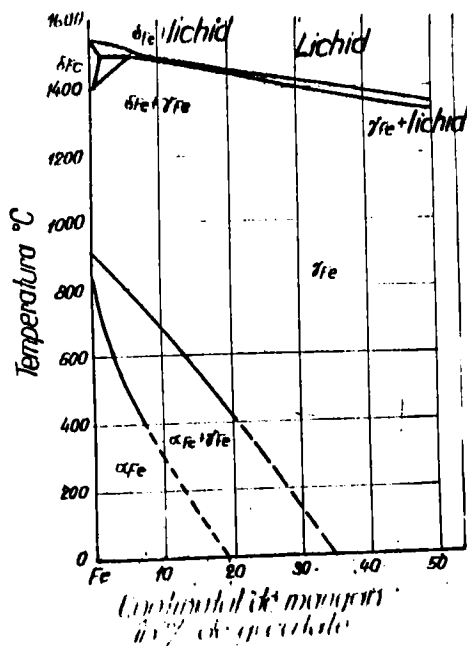


Fig. 73. Diagramă binară Fe - Mn.

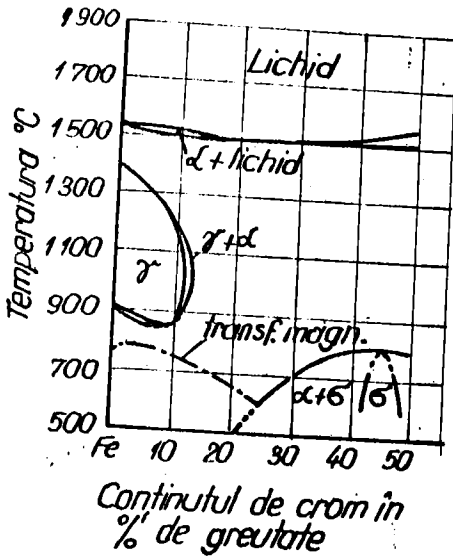


Fig.74. Diagrama binară Fe - Cr.

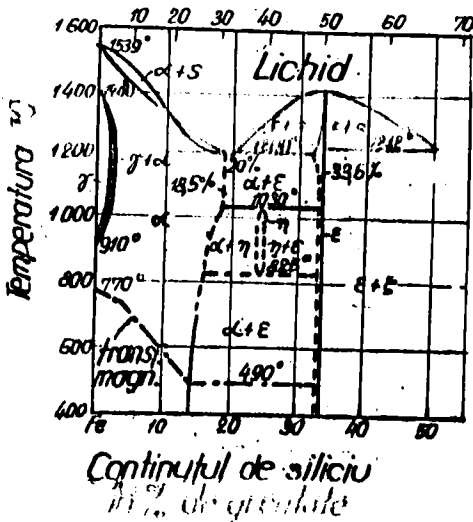


Fig.72. Diagrama binară Fe - Si.

Manganul acționează asupra caracteristicilor oțelului pe de o parte prin însușirea sa de a lărgi domeniul iar pe de altă parte prin participarea sa la formarea carburilor.

Limita de solubilitate a carbonului în cristalele mixte este mărită de mangan iar punctul perlitic este deplasat spre conținuturi de carbon mai mici și la temperaturi mai scăzute. În carbura de fier Fe_3C , manganul poate lua locul atomului de carbon astfel încît în oțel avem o carbură mixtă $(Fe, Mn)_3C$. Față de conținutul mediu de mangan într-un oțel, în carburi aceasta este de patru ori mai mare așa încît forța este constituită din cristale mixte Fer-Mangan cu foarte puțină participare a acestuia din urmă.

Transformarea austenitei în perlită, în oțelurile cu mangan este mai înceată decît în oțelurile carbon, intrucît prin deplasarea transformării la temperaturi mai scăzute, constanta de difuzie care determină de fapt cinetica transformării devine și ea în mod corespunzător mai mică la aceste temperaturi.

Adăusul de mangan în oțeluri acționînd asupra transformărilor austenitei la răcire, la fel ca și o creștere a vitezei de răcire, aceste oțeluri vor avea o perlită mai fină și o cantitate mai redusă de ferită preentectoidă.

În zona structurilor intermediare, viteza de transformare, este în cazul oțelurilor cu conținut scăzut de carbon mai mare decît în zona perlitică, iar în cazul oțelurilor cu conținut mai ridicat de carbon mai mic. Causa con-

tei comportări din ferite constă în faptul că la conținuturi mai mici de carbon, transformarea începe atât în zona perlitică cât și în cea intermediară cu separarea feritei pe când la oțelurile cu conținut mai ridicat de carbon cu separarea cementitei. În timp ce separarea feritei preeutectoidă în zona perlitică condiționează o îmbogățire a carbonului și manganului în austenită, în zona intermediară această îmbogățire nu se mai produce. La separarea carburilor în zona perlitică se produce o micșorare a conținutului de mangan în austenită prin care se favorizează formarea feritei și prin aceasta a perlitiei. În zona structurilor intermediare se separă numai carburi mai sărace în mangan, masa de bază își menține conținutul de mangan și prin aceasta viteza de transformare apare micșorată.

Viteza mărită de dizolvare a carburilor în austenită deasupra temperaturii de transformare a oțelurilor cu mangan determină sensibilitatea lor la supraîncălzire. La oțelurile carbon, la aceeași temperatură mai rămân reziduuri de carburi nedizolvate care împiedică creșterea granulelor. Prin mărirea parametrilor rețelei cristaline de către mangan, aceasta acționează deasemenea în sensul creșterii sensibilității la supraîncălzire. Adăugarea de elemente care formează carburi mai greu solubile (vanadiu, titan, etc.) micșorează sensibilitatea la supraîncălzire a oțelului cu mangan, conferindu-i în același timp și o rezistență mărită la uzură.

Manganul mărește rezistența feritei mai mult de-

cît cromul dar mult mai puțin decît siliciul. În fig.76 este arătată după (30) influența elementelor de aliere asupra rezistenței feritei.

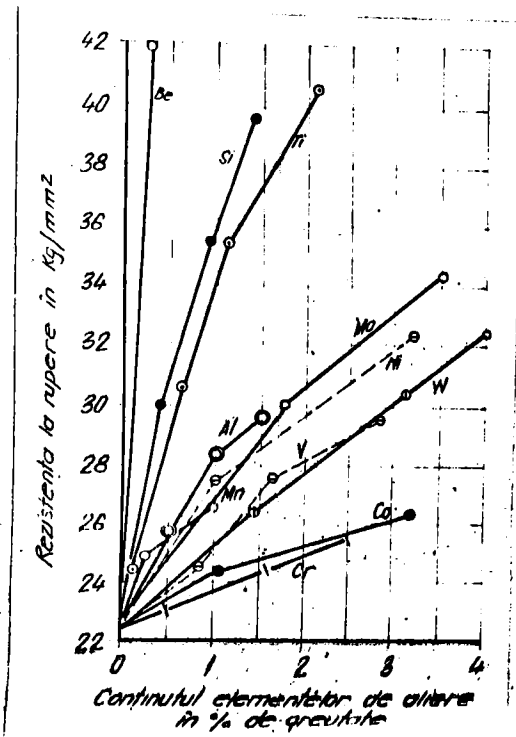


Fig.76. Influența elementelor de aliere asupra rezistenței feritei.

Creșterea rezistenței feritei este condiționată de solubilitatea elementului respectiv, de includerea atomului otrein în rețeaua cristalină a fierului, ca și de diferența între structura cristalină a elementului față de fierul α și în sfârșit de schimbarea și repartizarea electronilor liberi și de legătură.

Un conținut de mangan mai mic de 1,5 % mărește în anumită măsură rezistența oțelului, mărește proporția de perlită în structură, dar pentru valori ale rezistenței peste 900 N/mm^2 conținutul de carbon necesar este încă ridicat, astfel că la laminarea șinei în condiții normale apare încă riscul unei structuri de supraîncălzire. La conținuturi mai ridicate de mangan, așa cum este prescris pentru șinele rezistente lauzură cu rezistența peste 900 N/mm^2 , chiar dacă conținutul de carbon este mai redus, șinele trebuie supuse unui tratament termic pentru a folosi avantajele alierii și a putea fi montate în cale fără riscul de a se rupe la solicitările curente.

Cromul ca element de aliere al oțelurilor îngustează domeniul γ și ceea ce este caracteristic pentru acest element este îndeosebi tendința de a forma carburi de tipul $(\text{Fe, Cr})_3\text{C}$, $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$ și $(\text{Cr, Fe})_{23}\text{C}_6$. Punctul perlitic este deplasat de crom către conținuturi mai scăzute de carbon și temperaturi mai ridicate. Din această cauză adăusul de crom acționează în aceeași direcție ca și creșterea conținutului de carbon.

Viteza maximă de transformare în zona perlitică este deplasată de crom către temperaturi mai ridicate și spre durate mai mari pînă la începerea transformării. La oțelurile cu crom, zona structurilor intermediare apare în diagrama T.T.T. distinct de zona perlitică.

Intru cît oșorul nu coboară sensibil punctul A_3 , nu va influența nici poziția punctului martensitic, de-

mai solizute dacă in austenită au fost complet disolvate carburile.

Oa și toate elementele care formează carburi, cromul favorizează stabilitatea la revenire a oțelurilor.

Prin formarea de carburi și prin favorizarea creșterii proporției de perlită, duritatea și rezistența oțelului cu crom crește foarte puțin, mărită față de un oțel cu acelaș conținut de carbon și aceeași viteză de răcire. Proprietățile mecanice la un oțel cu 1 % Cr sînt puțin diferite de acelea ale unui oțel carbon similar. Sensibilă este însă influența sa asupra finisării granulelor, datorită dizolvării carburilor la temperaturi înalte, care se manifestă prin valori mai ridicate ale rezilienței.

Oțelurile aliate cu circa 1 % crom pentru șine se găsesc in normele vechi germane, la care conținutul de carbon era de 0,45 - 0,55 % avînd rezistența peste 900 N/mm². Rezistența la uzură a acestor șine, datorită conținutului scăzut de carbon nefiind mulțumitoare, la acelaș conținut de crom s-a ridicat conținutul de carbon la 0,60 - 0,75 % însă acest oțel putea fi utilizat numai pentru ciuperca șinei placate.

Siliciul face parte din elementele care îngustează domeniul γ al oțelurilor. El este solubil in proporții mari in fierul α . Astfel la 1200°C fierul α disolvă pînă la 18 % siliciu iar la temperatura ambiantă pînă la 14 %. Siliciul reduce solubilitatea carbonului in fierul γ . El deplasează punctul perlitic spre conținuturi mai scăzute

de carbon și spre temperaturi mai ridicate. La un conținut de 4 % Si punctul eutectoidic apare la un conținut de carbon de ca. 0,45 % și la temperatura de 1123°K. Acțiunea grafitizantă a siliciului poate apărea și la oțelurile hipereutectoide și chiar la cele hipoeutectoide de la un conținut de siliciu de 1 % și 0,7 % C iar la un conținut de 4 % chiar la 0,1 % C. Se consideră că siliciul micșorează coeficientul de difuziune a carbonului atât în fierul δ cât și în fierul α . Din câte se cunoaște siliciul nu pare a avea o influență sensibilă asupra transformării austenitei la răcire față de oțelurile carbon, maximul zonei perlitice în diagrama T.T.T. se suprapune peste acel al zonei structurilor intermediare. Călibilitatea oțelului este mărită prin adăugarea de siliciu. Micșorarea vitezei critice de răcire de către siliciu însă nu se datorește schimbării temperaturii de transformare ci influenței acestuia asupra difuziunii carbonului și cristalizării feritei.

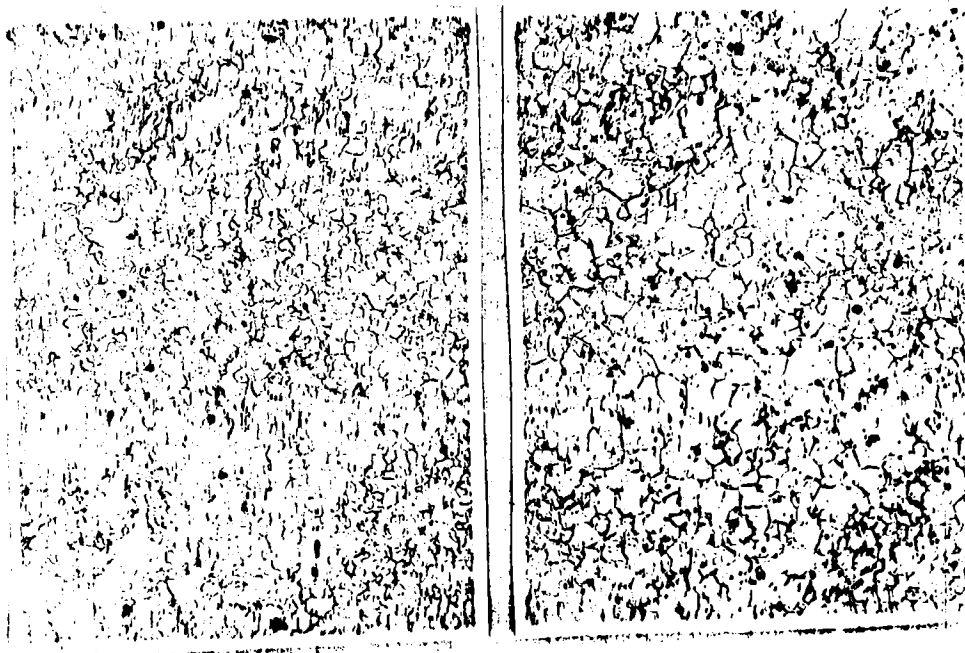
Oțelurile cu siliciu se caracterizează printr-o formă deosebită a stabilității la revenire, datorită difuziunii reduse a carbonului și a îngreunării de către el a formării și dezvoltării cementitei.

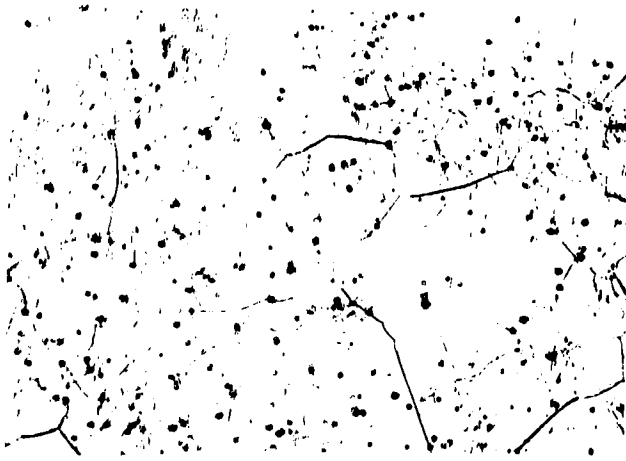
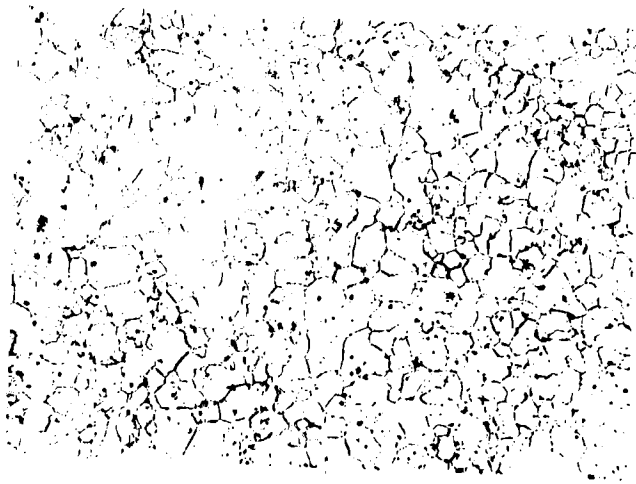
La oțeluri cu conținut mai ridicat de siliciu apare și o carbură de fier și siliciu care însă nu a fost complet definită până în prezent.

Din cauza punctului A_2 mai ridicat al oțelurilor cu siliciu, apare o creștere a granului în urma recristalizării, dar aceasta nu poate fi atribuită unei sensibili-

lități la supraîncălzire a lui. Dimpotrivă prin interacțiunea siliciului cu azotul oțelului ar putea deveni mai puțin sensibil la supraîncălzire. Pentru a demonstra aceasta, din oțelul cu conținut de C 0,63 % și Si 0,79 % s-au studiat modificările granulelor de austenită la un microscop pentru temperaturi ridicate.

In figurile 77, 78, 79 și 80 este prezentată creșterea mărimii granulelor de austenită la oțelul cu siliciu la temperaturi de 800, 900, 1000 și 1050°C. Se vede că abia la 1000°C putem vorbi de o creștere importantă a granulelor de austenită care la 1050°C devin grobe. Practic numai la această temperatură ar putea apărea fenomenele de supraîncălzire.





După cum s-a arătat în fig.76 siliciul mărește considerabil durabilitatea feritei, mai mult decât ori care din elementele uzuale de aliere. Micșorarea coeficientului de difuziune a carbonului prin siliciu favorizează stabilitatea lamelulei de perlită. Acestea acționează favorabil în direcția creșterii rezistenței la uzură a oțelurilor cu siliciu, proprietate folosită de altfel și în cazul unor oțeluri de scule.

Din acest punct de vedere s-ar părea că oțelul cu siliciu constituie materialul adecvat pentru șinele cu rezistență ridicată la uzură, preferabil oțelului cu mangan care are o influență mai slabă asupra durificării feritei și a cărei oxidare pot fi de cele mai multe ori aduse într-o formă potrivită prin tratament termic sau oțelului cu crom, care mărește numai foarte puțin rezistența oțelului.

4.2. Caracteristicile rezistenței oțelului aliat cu Si.

În urma studiului necesităților căilor ferate în problema ginderilor de rezistență opoziți la uzură am analizat situația pe o perioadă mai lungă luând în considerare o situație statistică globală pe 1000 șarje. În principal s-a urmărit stabilirea variației rezistenței la rupere care după cum am concluzionat în capitolele anterioare este în strânsă corelație cu rezistența la uzură. Din analiza acestor date rezultă că ponderea mare a șarjelor fabricate în țară cu rezistența sub 800 N/mm². Pentru a îmbunătăți substanțial rezistența la uzură ponderea mare a șarjelor trebuie să depășească rezistența la rupere de 900 N/mm². În acest context pentru a stabili domeniul de compoziție chimică al mărșii de oțel cu Si, m-am folosit de formulele pentru determinarea caracteristicilor mecanice în funcție de titlul în carbon fictiv. Formula a fost aplicată ținând cont că oțelul conține pe lângă fier numai C, Mn, Si, P și S. În acest caz formula este :

$$\sigma_r = 0 + \frac{1}{2} (Si + Mn) + \frac{1}{2} (S + P). \quad (31).$$

Legătura între titlul în carbon fictiv și rezis-

Rezistența la rupere a oțelului, funcție de titlul fictiv în carbon

C _f %	σ _r daN/mm ²	C _f %	σ _r daN/mm ²
0,1	32	0,6	69
0,2	38	0,7	80
0,3	46	0,8	90
0,4	54	0,9	99
0,5	61	1,0	106

S-au determinat astfel limitele pentru C, Mn, Si, P și S prezentate în tabela nr.17.

%				
C	Mn	Si	P _{max.}	S _{max.}
0,6-0,77	0,60-0,95	0,50-0,80	0,035	0,040

care asigură caracteristicile mecanice σ_r 900-1060 N/mm²
Al min 10 %

Pentru o verificare a acestor caracteristici am elaborat cinci probe experimentale la un cuplor cu inducție de capacitate 150 kg.

.. // ..

Cuptorul este reprezentat schematic în fig.82.

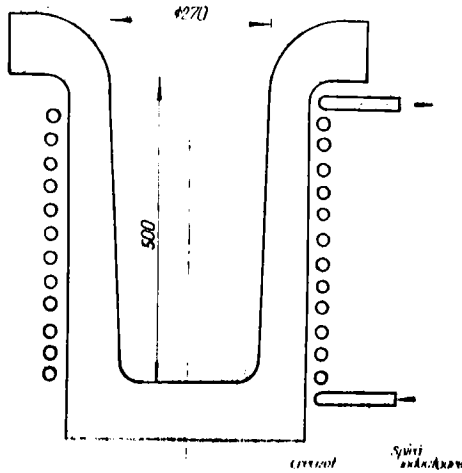


Fig.82. Cuptor cu inducție.

parametrii cuptorului fiind :

- tip M.G. P. 102 URSS
- capacitatea pînă la 150 kg.
- frecvența 2,5 kHz

Curentul de înaltă frecvență necesar pentru alimentarea cuptorului este produs de un generator monofazat de 100 Kw - 750 V, 2950 rotații/min., antrenat de un motor asincron trifazat de 125 Kw, 380 V, 50 Hz, cu care formează corp comun.

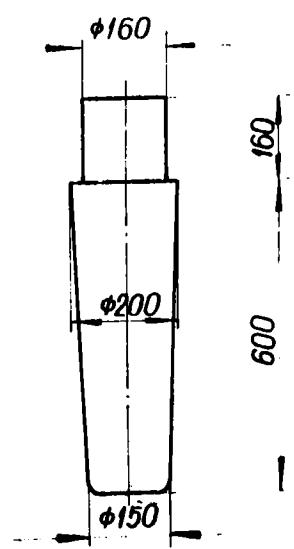
.. // ..

Crouzetul cuptorului se stampoează din cuarțită de diferite granulatii și marșalită, avînd ca liant acid boric. Încăleștirea se făcuse din bucăți de țagle calitatea Ol. 70, cu dimensiunile de 70/70 mm avînd lungimea de 500 mm. Pentru formarea șirei se încălzește bucăți de sticlă sparte.

La terminarea topirii cînd temperatura oțelului lichid a atins 1530° C se făcuse alierea acestuia cu siliciu și mangan, după care se golit cuptorul.

Oțelul l-am turnat direct în lingotieră prin intermediul unui jghiab lung de 500 mm prevăzut cu un orificiu de scurgere de 18 mm.

Lingoul turnat are dimensiunile arătate în fig. 83.



Lingou invers conic de 150 Kg.

.. // ..

Compoziția chimică și caracteristicile mecanice ale celor cinci șarje sunt redată în tabelul nr.18.

Șarja	%					σ _f N/mm ²	A. %
	C	Mn	Si	P	S		
A	0,74	0,8	0,70	0,025	0,030	93,1	11,0
B	0,75	0,92	0,75	0,026	0,032	96,8	10,5
C	0,65	0,91	0,71	0,024	0,031	89,8	12,0
D	0,70	0,91	0,81	0,025	0,029	93,5	11,2
E	0,76	0,89	0,80	0,028	0,034	95,9	10,4

Lingourile turnate le-am prezentat în semifabricate și apoi în profil ø 25 mm.

Din aceste bare am prelevat probe pentru determinarea caracteristicilor necesare stabilirii tehnologiei de laminare a șinelor și a definirii oțelului din punct de vedere metalurgic.

S-au determinat :

- domeniul de plasticitate
- punctele de transformare.

Determinările pentru evidențierea domeniului de plasticitate s-au efectuat prin două metode : răzuire la

cald și întindere monoaxială la cald. Incercările s-au făcut pe o mașină de torsionat la cald construcție ICEM. Schema acestei mașini este redată în fig. 84 - 85 și mașină de tracțiune



Fig. 84.

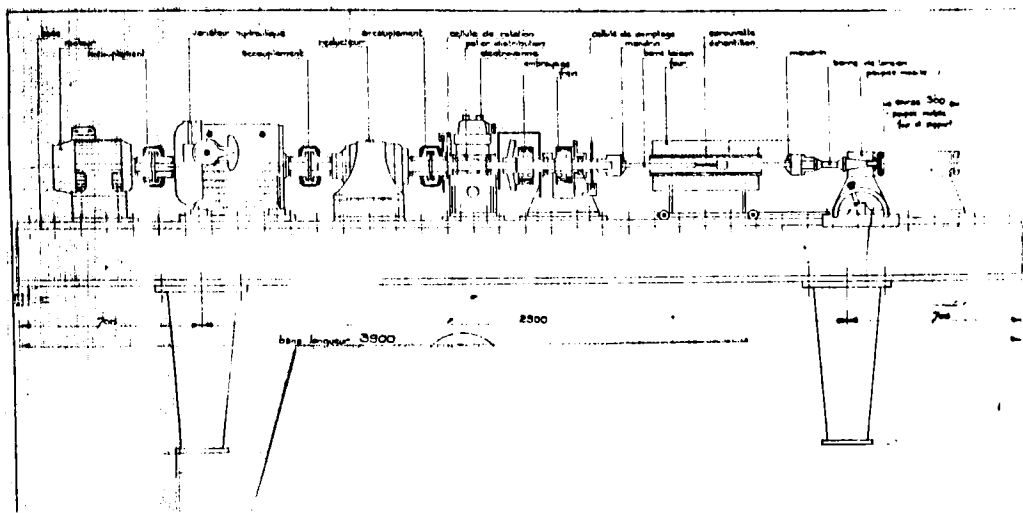


Fig. 05.

Determinările pentru evidențierea plasticității și a rezistenței la deformare s-a făcut prin această metodă în intervalul $973^{\circ}\text{K} - 1473^{\circ}\text{K}$.

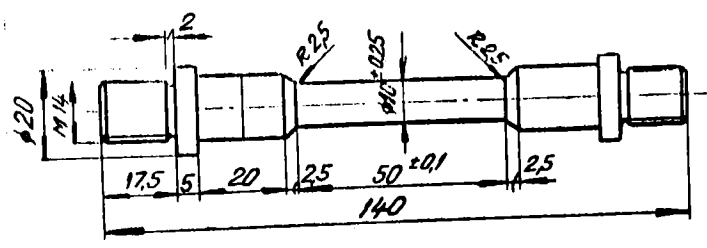
Încălzirea tuturor epruvetelor s-a făcut la 1473°K și apoi s-au răcit la temperatura de încercare urmărindu-se prin aceasta condiții asemănătoare cu cele din tehnologia de laminare.

.. // ..

Compoziția chimică a oțelului din care s-au făcut epruvetele este redată în tabela 19.

Tabelul 19

Compoziție chimică				
C	Si	Mn	P	S
0,65	0,81	0,91	0,024	0,031



Torsiunea la cald s-a efectuat cu o viteză de deformare corespunzătoare a 150 r.p.m. Forma și dimensiunile epruvetei pentru încercarea la torsiune sunt prezentate în fig. 86.

.. // ..

Tabela 20.

Nr. curent	Altezi	Temp. de incalzire	Nr. de răsuciri	Mădala	Mădala maximă	Mădala	Temp. de incalzire în aer
1	33	700	21		485		45"
2	32	700	21	21	430	429	32"
3	31	700	21		432		30"
4	30	750	25		385		45"
5	29	750	25	25	385	386	70"
6	28	750	24		388		68"
7	27	800	30		336		19"
8	25	800	36	33	311	315	109"
9	47	800	32		298		32"
10	24	850	33		268		12"
11	23	850	36	35	283	278	23"
12	40	850	36		283		25"
13	21	900	47		220		46"
14	20	900	42	44	224	231	23"
15	31	900	44		269		16"
16	16	950	56		170		17"
17	38	950	53	58	187	177	13"
18	46	950	60		185		13"
19	15	1000	58		139		14"
20	4	1000	62	61	141	142	11"
21	13	1000	63		145		10"
22	12	1050	82		122		13"
23	11	1050	88	85	120	122	14"
24	48	1060	86		124		13"
25	8	1100	64		110		10"
26	7	1100	69	67	107	108	10"
27	36	1100	68		107		14"
28	6	1150	65		93		11"
29	5	1150	63	64	86	95	17"
30	42	1150	66		93		25"
31	3	1200	76		72		14"
32	1	1200	70	72	72	72	9A"
33	24	1200	70		72		15"

Variația numărului de răsuciri la încercarea la
 torsiune este redată în tabela nr.20 și reprezentate în
 fig.87.

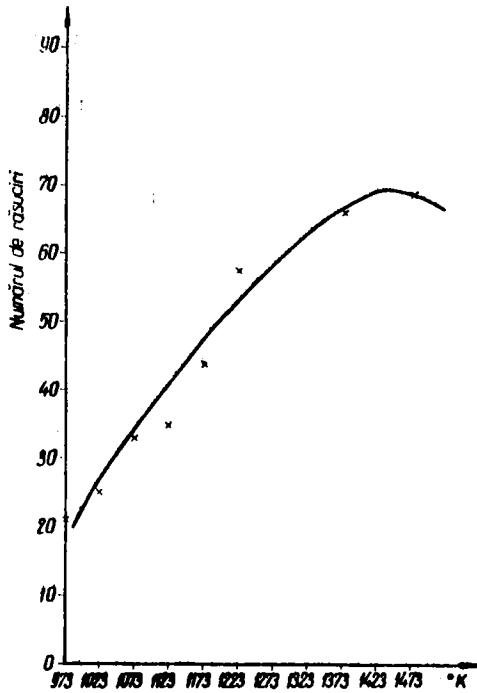


Fig. 87. Variaćia numărilor de răsućiri în funcćie de temperatură la încercarea la torziune.

Din examinarea diagramei reiese că plasticitatea maximă a oțelului cercetat este mai accentuată începînd de la temperatura de 1223°K fiind maximă la 1423°K după care numărul de torniuni pînă la rupere încep să scadă ceea ce dovedește că începe să se distrugă integritatea structurală a materialului.

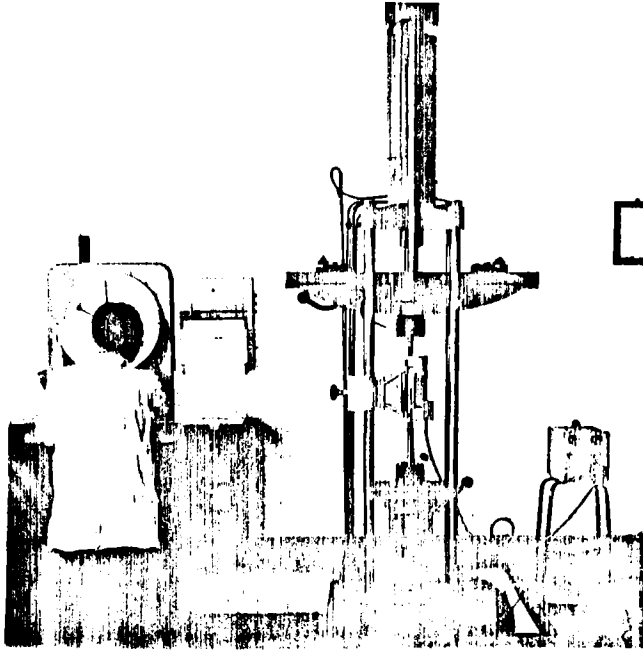
11 // 00

Incererile pentru determinarea plasticității
prin metoda tracțiunii monoaxiale s-a efectuat pe o mașină
de tracțiune tip Anslar echipată cu un captor pentru
înclinarea epruvelelor



Fig. 88. Epruveta pentru încercarea la
tracțiune monoaxială.

.. // ..



**Fig.89. Mașina de încercat cu cuptor
pentru încălzirea eprubetei.**

Rezultatele încercării sunt prezentate în tabela 21.

Nr. crt.	Temperatura °K	Contractia relativă $\frac{d_0 - d}{d_0}$ %
1	1073	66
2	1123	70
3	1173	74
4	1223	78
5	1273	81
6	1323	84
7	1373	87
8	1423	89
9	1473	85
10	1523	77

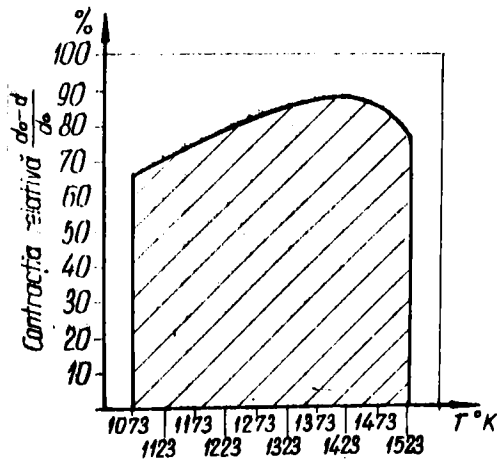
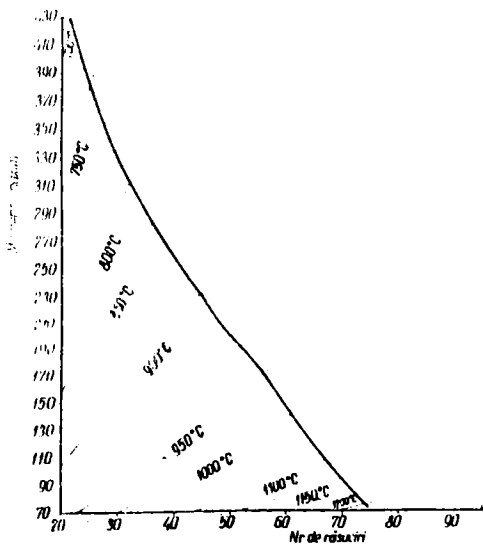


Fig. 60. Diagrama de plasticitate a otelului ca funcție de temperatură.

Conținutul de fosfor este puțin sensibil față de
condițiile de fabricație datorită scurtei durate de plas-
ticitate.

Dependința rezistenței la deformare prin metoda
tracțiunii la cald

Rezistența la tensiune este proporțională cu
valoarea rezistenței la deformare plastice, citirea momen-
tală pe curba de tensiune s-a făcut la determinarea număru-
lui de răsariri pentru evidențierea plasticității, redată
în fig. 21.



precizia și deformabilitatea acestui tip de
oțel este caracteristică procesului de laminare în domi-
niu de temperatură 1375 - 1475°K.

Rezultă și stabile limitile în care se admite de-
formarea cu fieră: determinarea punctelor de transformare
ale oțelului folosind un dilatometru de tipul Lincois.

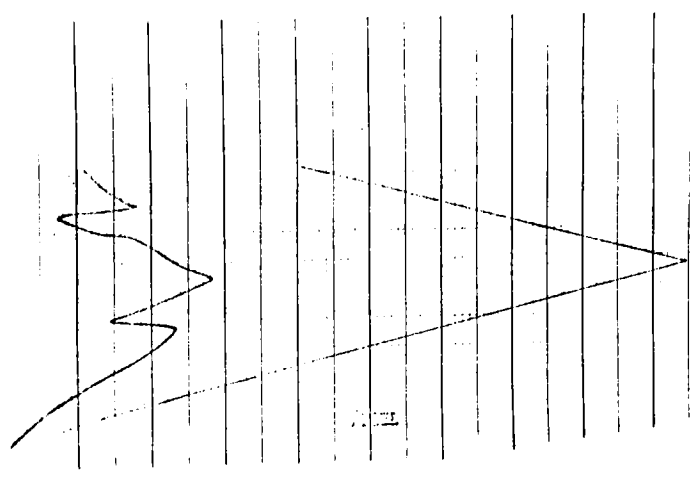


Fig. 92. Valorile dilatărilor liniare în
funcție de temperatură.

.. // ..

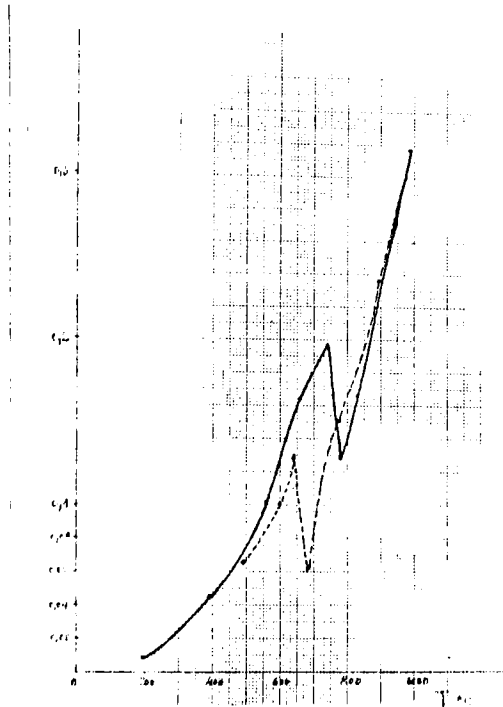


Fig.99. Punctele de transformare caracteristice oțelului cu Si reprezentate în diagrama clasică.

Având în vedere că punctul A_{C3} este situat la temperatura de 1020°K și având în vedere că laminarea începe la o temperatură de 1450°K pentru a cuprinde domeniul favorabil de plasticitate la primele treceri făcute care necesită o deformabilitate cât mai bună, temperatura de sfârșit de laminare se va situa deasupra punctului A_{C3} .

.. // ..

1. ...
 2. ...
 3. ...
 4. ...
 5. ...
 6. ...
 7. ...
 8. ...
 9. ...
 10. ...

Table 22

Element	C %	H %	N %	O %	S %	Ca %	Mg %	Co %	Fe %
Carbon	4,17	0,72	0,29	0,168	0,030				
Hydrogen	0,72	0,81	0,30	0,040	0,070				
Nitrogen	0,29	2,30	1,30	0,030	0,040				
Oxygen		20,50	0,70	0,050	0,040				
Sulfur		50,20		0,010	0,030	2,80	3,10		
Calcium		4,0					89,5	2,80	3,0

...
 ...
 ...

Tabel 23

Material	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Fe ₂ O ₃ %	P %	S %	CaF ₂ %	CO ₂ %	total %
Kar	1,50		92,0	10					5,50	100
Minerco	1,52	4,63	0,14		93,48	0,18	0,05			100
Fluorina	5,20						0,20	96,3	2,30	100
Dominiti	1,45	2,71	50,93	37,11	1,35				6,45	100

Nama Bahan-bahan yang
 digunakan pada pembuatan semen Portland adalah sebagai berikut:
 1. Bahan-bahan dasar yang digunakan adalah kapur, gamping, tanah liat, dan sebagainya.
 2. Bahan-bahan tersebut dicampur dan diproses dalam suatu pabrik semen.
 3. Setelah selesai diproses, maka akan dihasilkan semen Portland yang siap pakai.
 4. Semen Portland ini akan digunakan untuk berbagai keperluan konstruksi.
 5. Semen Portland ini akan digunakan untuk berbagai keperluan konstruksi.

	Greutate	Pondere
Alumina	0	20
Forfuzina	2	15
Topirea	1	30
Fierberea cu minerou	1	00
Topirea finală	0	35
Deoxidarea	0	15
Alumina	0	5

Pentru calculul deșurii încălzirii metalice considerăm că aproximativ vor fi adăugate la deoxidare 15 feromangan și 0,5 % ferossiliciu. Aceasta ar însemna conținutul de carbon al băii (fără a lua în considerare arderea)

$$0,065 \cdot 1,00 = 0,065 \%$$

Prin uzura furnitei de deoxidare oțelul din baie va trebui să aibă un conținut de carbon de

$$0,05 - 0,06 = 0,59 \%$$

Pentru a obține o viteză de decarburare de 0,40 % C/oră în timpul perioadei de fierbere cu minerou de 1 oră și de 0,30 % C/oră în timpul fierberii liniștite de 35 minute este necesar un conținut în carbon de

$$0,40 \times 1 + 0,30 \times \frac{35}{60} = 0,57 \%$$

Așfel, la topire conținutul de carbon al băii va trebui să fie

$$0,59 + 0,57 = 1,16 \%$$

Deci din încălzirea totală, în momentul topirii băii rămâne în aceasta 70 % din conținutul inițial de car-

hou, va fi necesar ca la încălzirea să avem un conținut de carbon de

$$\text{La } 100 \text{ kg} = 1,67 \%$$

Hobând cu x proporția de fontă și cu s cea de fier vechi în încălzirea vom avea

$$x + s = 100$$

$$4,17 x + 0,22 s = 1,67 \cdot 100$$

de unde $x = 36,71 \%$

$$s = 63,29 \%$$

Pentru simplificarea vom considera că se vor în-...
câna 37 % fontă și 63 % fier vechi.

Compoziția medie a încălzirii calculată la 100 kg va fi :

Tabekul 24

	Cantitatea kg	Conținutul în %				
		C	Si	Mn	P	S
oport fontă	37	1,543	0,266	0,107	0,062	0,011
oport fier vechi	63	0,138	0,119	0,315	0,025	0,031
Compoziție medie	100	1,681	0,385	0,422	0,087	0,042

De program să obținem la topire o așchiu cu următoarea compoziție oxidică : 29 % SiO_2 , 2,5 % CaO , 45,5 % CaO , 7,2 % MgO , 10 % FeO , 4 % FeO și 3 % Al_2O_3 . Temperatura va fi 1500°C . Reacția cu siliciul se oxidează complet în timpul topirii. Pentru determinarea concentrației rezonabile de mangn și fier facem uz de monograme anexate. Fig. 94 și Fig. 95 (34).

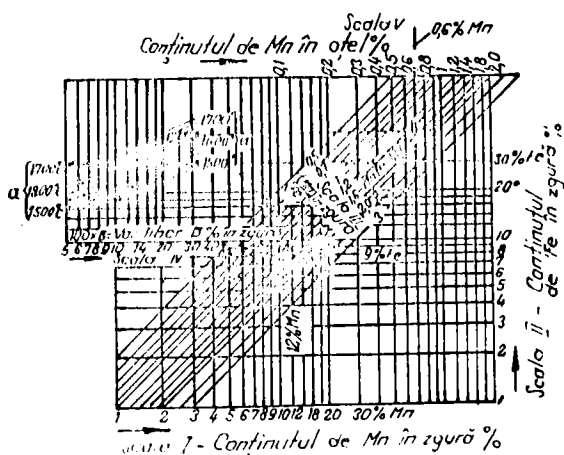
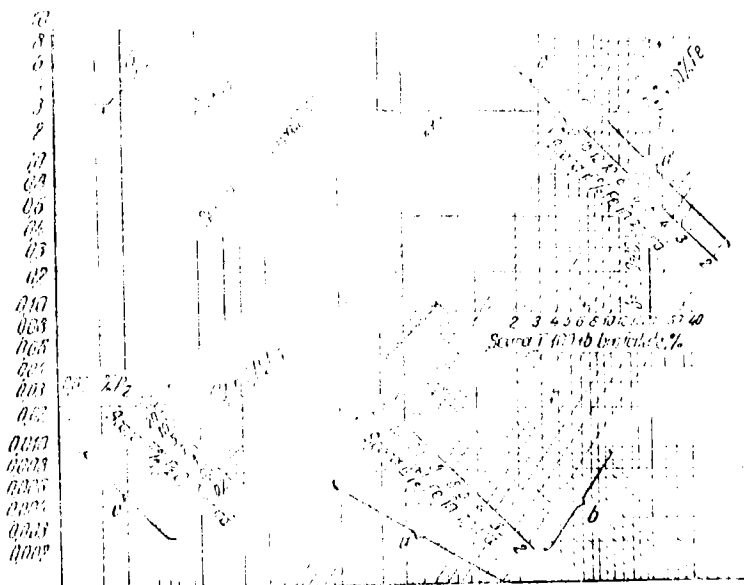


Fig. 94.



Notă: În figura de față este reprezentat un fascicul care rămâne în oțel în funcție de compoziția sa și temperatura băii.

8) În concentrația sulfurului în fierul topit
 se regăsește relația de repartiție la topirea în ș de din
 aliajului metalic

coeficientul de repartiție a sulfurului

$$\frac{(\Sigma S)}{[S]} = \frac{(S)_G}{[S]} + \frac{(S)_{Mn}}{[S]}$$

Pea diagramole (Fig.95)(34) în condițiile aduse

obținem:

$$\frac{(S)_{Mn}}{[S]} = 1,25$$

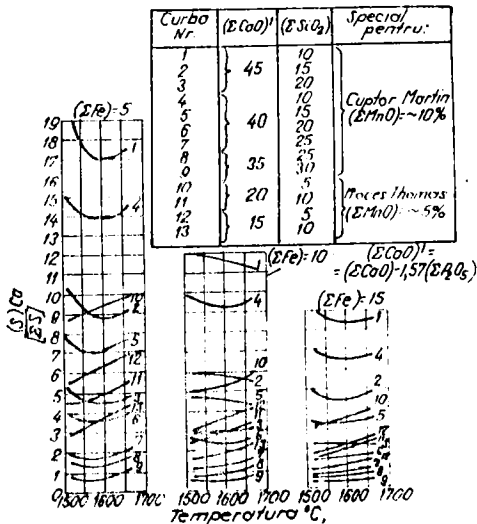


Fig. 95.

Pea diagramole (Fig.97)(34) obținem $K_D = 0,102$

$$\frac{(S)_{Mn}}{[S]} = \frac{[S]}{K_D} = \frac{0,2}{0,102} = 1,96$$

data:

$$y = 1,85 + 1,36 = 3,21$$

$$[g] = \frac{\frac{1000}{1000} \cdot [5]}{100 + 3,21} = \frac{1000 \cdot 0,042}{100 + 9,3 \cdot 2,1} = \frac{41,57}{128,89} = 0,032$$

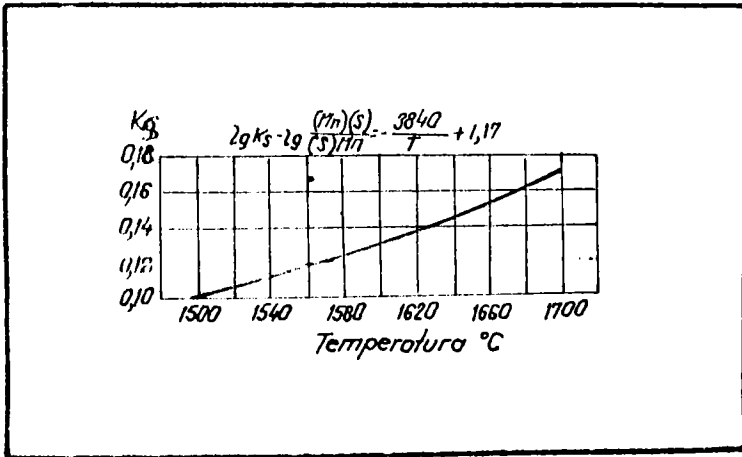


Fig. 97.

Andarea elementelor în circuitul metalic în perioada încălzirii și a topirii este

.. // ..

tabelul 2b

	C	Si	Mn	P	S	
Conținutul mediu în fier, în aluză %	1,681	0,385	0,477	0,087	0,062	
Conținutul în fier în lapte %	1,160	orne	0,200	0,018	0,034	
Conținutul în fier în lapte Kg	0,521	0,385	0,222	0,069	0,008	1,20%

de 100

100

100

$$0,521 = 100 \times \frac{1,160}{100} \times \frac{1,20}{100}$$

$$1,160 = \frac{0,521 \times 100}{1,20} = 43,416$$

$$0,521 \times 100 = 52,1$$

cu totalul de 100, este

$$52,1 + 47,884 = 100$$

$$100 - 52,1 = 47,884$$

Dolomită 3,0,5. 0,0145	- 0,021
Var X. 0,015	- 0,015 X
<hr/>	
Total	1,460 + 0,015 X

Conținutul de CaO :

Din dolomită 3,0,5. 0,5093	-
Din var X 0,92	- 0,92 X
<hr/>	
Total	0,76395 + 0,92 X

Formula a avea la topire o basicitate $\frac{\sum CaO}{\sum SiO_2} = 1,0$
 con unml de var în timpul topirii va fi de

$$\frac{0,76395 + 0,92 X}{1,460 + 0,015 X} = 1,0$$

$$X = 2,0072 \text{ kg.}$$

Astfel totalul oxizilor în zgură va fi

tabelul 26

Oxidul	În încălțăminte	Din impurități	Din ballă	Din dolomită	Din var	Σ
SiO ₂	0,825	0,632		0,022	0,031	1,510
P ₂ O ₅	0,158					0,158
Al ₂ O ₃		0,142		0,036		0,178
CaO				0,764	1,920	2,684
MgO			0,065	0,556	0,020	0,641
MnO	0,270					0,270
MnS	0,021					0,021
TOTAL	1,274	0,774		1,378	1,971	5,462

Din colonetă obținem

$$0,020 \frac{70}{100} = 0,018 \text{ Kg.FeO și } 0,002 \text{ kg.O}_2$$

Dacă adăugăm că 1 % din ferul vechi este Fe_2O_3 din acesta

$$0,030 \frac{70}{100} = 0,567 \text{ kg.FeO și } 0,063 \text{ kg.O}_2$$

$$\text{În total FeO} = 0,567 + 0,018 = 0,585 \text{ kg.}$$

Conținutul de FeO al zgurei fiind 10 % greutatea totală a zgurei va fi $\frac{5,468 \times 100}{90} = 6,070 \text{ kg.}$

Diferența de $0,608 - 0,585 = 0,023 \text{ Kg.FeO}$ provine din oxidarea încălzirii deși din încălzură se oxidează

$$0,023 \frac{70}{100} = 0,018 \text{ kg.FeO}$$

Conținutul zgurii la topire :

Tabelul 27

SiO_2	P_2O_5	Al_2O_3	CaO	MgO	MnS	MnO	FeO	Σ
1,510	0,158	0,178	2,684	0,641	0,021	0,270	0,608	6,070
24,85%	2,59%	2,92%	44,20%	10,6%	0,36%	4,46%	10,02%	100%

Cele de mai sus fiind calculate pentru 100 kg. în-
obucitură pentru fabricația totală de 20.500 kg. vom avea

$$20.500 \times 0,59 = 12.095 \text{ kg. fier vechi}$$

$$20.500 \times 0,37 = 7.735 \text{ fontă solidă}$$

$$\frac{20.500}{100} \times 2,0872 = 427 \text{ kg. var.}$$

Compoziția chimică obținută o prezint în tabe-
la nr.23.

	C %	Si %	Mn %	P %	S %
Utel sină cu Si	0,63	0,79	0,78	0,019	0,012

Oțelul s-a turnat în lingouri de tip 3050 kg. în-
vers conic cu manșetă, prezentat în fig.90.

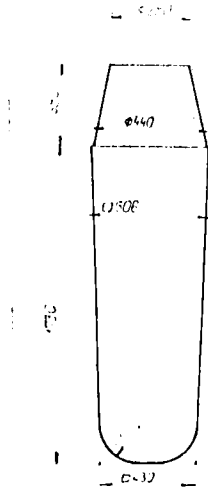


Fig. 98. Lingou inver. conic de 3,05 to.

Fig. 99. Lingou inver conic de 3,05 to.

Realizarea ginei. am făcut-o pe o linie grea duo
80) ma dispusă ca în fig. 99.

.. // ..

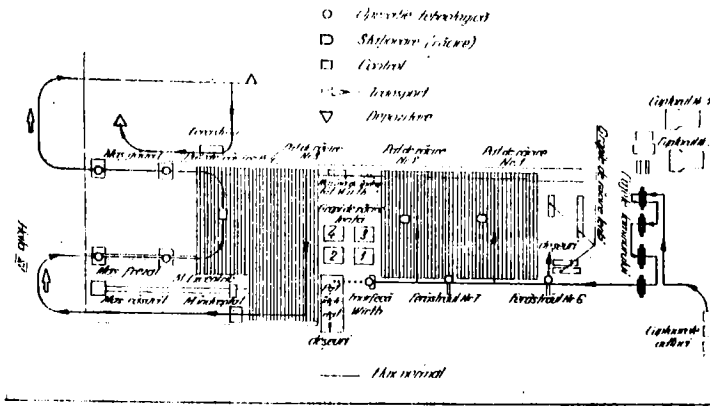


Fig. 99. Amplasarea și fluxul la linia duo 800.

SCHEMA PRINCIPALĂ TEHNologică

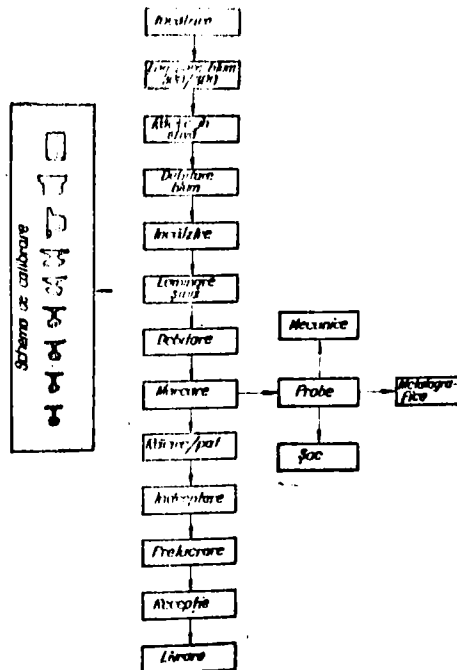


Fig. 100. Schema procesului tehnologic.

TECNOLOGIA DE FABRICATIONA ȘINTELOR

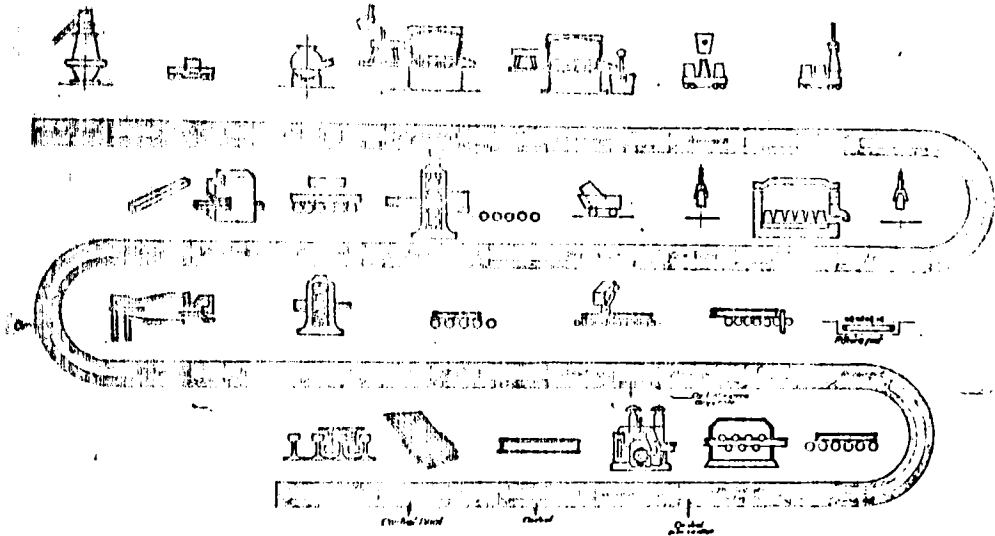


Fig.101. Fluxul tehnologic general pentru fabricarea șinei.

Pentru a verifica tehnologia comparativ cu cea curentă la laminarea șinei normale, am laminat șină în două etape, întâi am laminat lingoul în blumuri de 300/300 mm care s-au răcit în stivă.

În etape a doua am laminat din blumuri de 300/300 mm șină tip 49 conform procesului tehnologic din fig. 101. Această scindare a procesului de laminare s-a făcut în scopul reproducerii cât mai fidele a situației actuale. Față de procesul tehnologic al șinei normale s-au aplicat prescripții speciale numai la încălzirea lingourilor, datorită faptului că prezența siliciului în oțel diminuează

conductibilitatea până la 1173°K.

Schimb pentru laminarea șinei

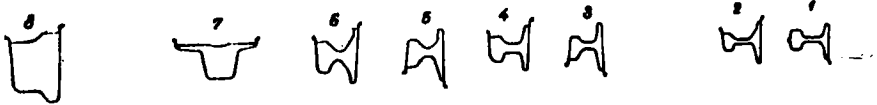


Fig.102. Schema de calibrare folosită la laminarea șinei 49 din oțel cu Si.

Alinierea și ajustarea șinelor s-a făcut normal fără a prezenta dificultăți deosebite.

4.3.3. Încercările de probă.

Pentru a defini calitatea șinelor laminate din oțel cu Si au făcut o serie de încercări prevăzute în norme și încercări speciale, rezultatele acestor încercări au confirmat calitatea corespunzătoare a tuturor loturilor de șini tip 49 laminate.

4.3.3.1. Determinarea caracteristicilor mecanice.

Aceste caracteristici au fost determinate pe probe normale. Probele au fost prelevate din mai multe locuri, rezultatul încercărilor este redat în tabela nr.29.

Nr.	Rezistența la tragere N/mm ²	Alungirea %	Știrirea %
1	90,5	13	19
2	92,0	11	20
3	93,0	12	19
4	90,0	10	18
5	93,6	12	21
6	92,0	11	19
7	91,0	12	21
8	90,5	11	17
9	91,5	11	18
10	91,0	13	22
11	92,0	10	19

După cum rezultă din cele prezentate toate încercările se situază peste $\sigma_r = 900 \text{ N/mm}^2$ iar alungirile se situează peste 10 %. Prin aceste rezultate se confirmă calitatea corupcătoare a oțelului pentru etapa actuală cu cerințele transporturilor feroviare.

.. // ..

4.3.3.2. Încercarea la șee.

În conformitate cu prescripțiile din norme, au executat și încercări la șee pe cupoane de 1500 mm cu un berbec de 1000 kg. de la înălțimea de 5 m respectiv 3 m conform normelor STAS.

La toate cupoanele s-a procedat la fel, executându-se oite două lovituri de la cinci metri și apoi cu oite trei lovituri s-a adus cuponul la o săgeată de 100 mm. Rezultatele sunt redată în fig.103, 104, 105 și 106.

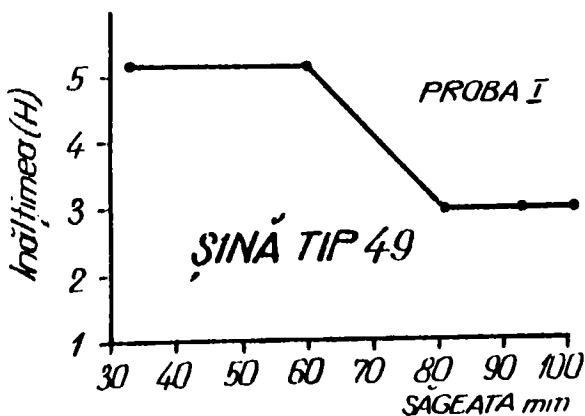


Fig.103. Lat I.

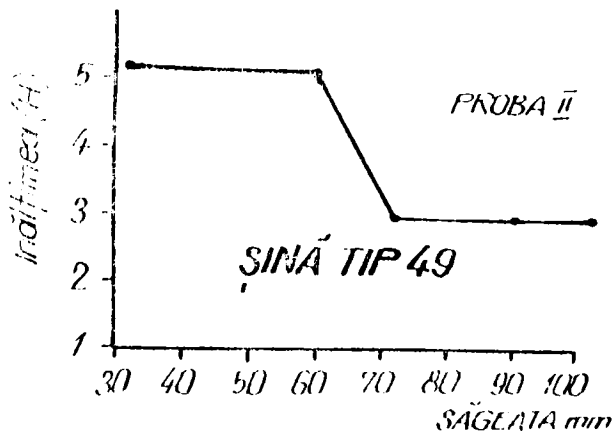


Fig. 100. T. 5. 2a.

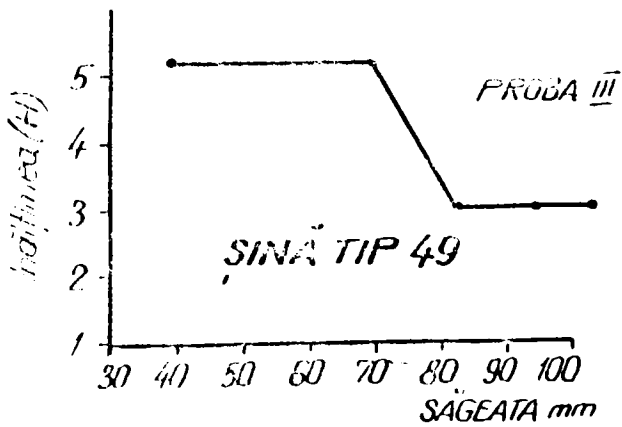


Fig. 100. T. 5. 2b.

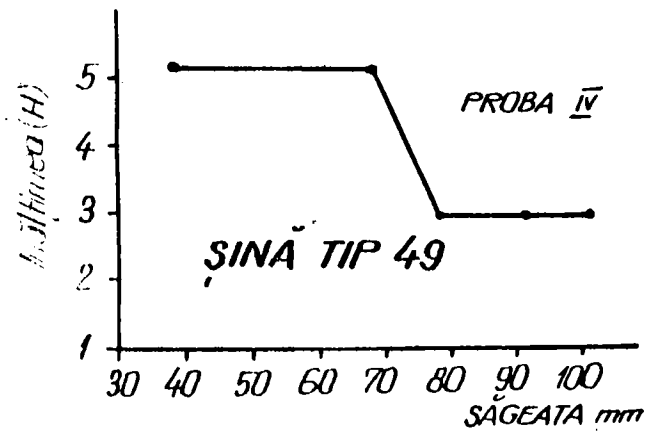


Fig.106. Iab IV.

In Fig.107 sunt rodote trei din cupoanele in-
 oncate, pe adutcea se vede că nu su apărut nici un fel
 de deteriorări.

.. // ..

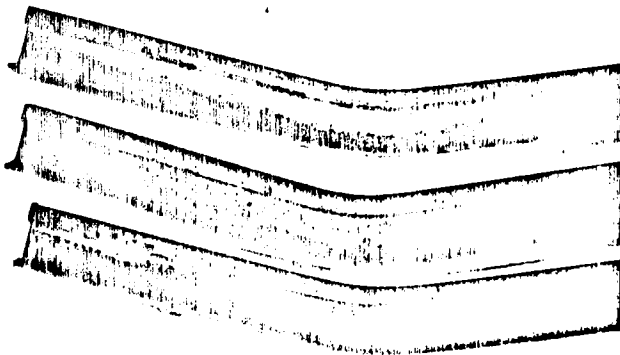


Fig.107. Trei capace de gîă încercate la șoc.

În concluzie și această probă a corespuns întru totul după normă.

4.3.3.3. Verificarea macrostructurii .

În continuare se prezintă și oțeva din rezultatele la controlul macrostructurii prin amprente Baumann.

.. // ..

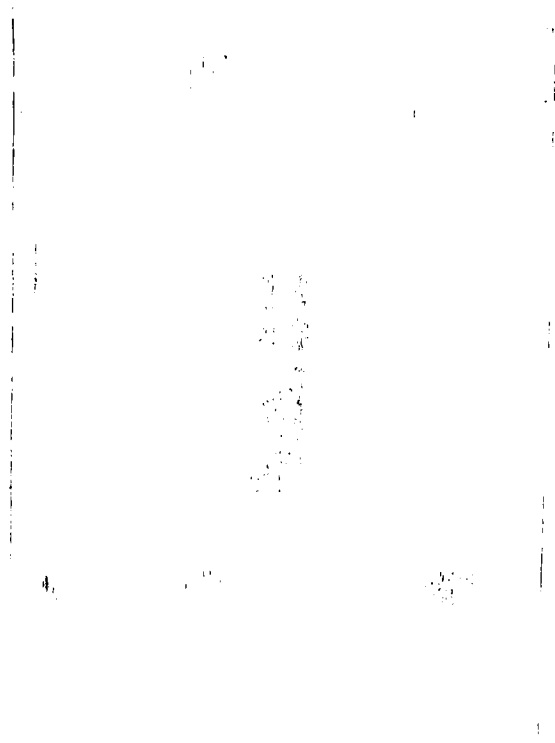


Fig. 108. Amprontă Bawmann după coupon
de șină laminat.

.. // ..



**Fig.109. Amprentă Daumann după coupon
șină laminat.**

Si aceste rezultate satisfac intru totul prevederile normelor CEAS și internaționale pentru șinele normale.

In continuare prezint încercările speciale care s-au executat și rezultatele obținute care de asemenea confirmă calitatea șinelor produse.

.. // ..

4.3.3.4. Caracteristici cu privire la uzură.

Șinele în exploatare sunt supuse la două solicitări principale : solicitări dinamice de încovoiere și solicitări la uzură prin frecare, ultimele fac obiectul prezentei teze.

Intrucât sînt mai cunoscute metodele prin care se obține o anumită duritate respectiv rezistență la tracțiune am căutat corelația între acestea și rezistența la uzură.

Deși gîm reproducerea întocmai a fenomenelor complexe care duc la uzura șinei nu este posibilă, dar simplificîndu-le se pot asemăna cu suficientă aproximație cu o frecare uscată oțel pe oțel. În acest scop ținînd seama de recomandări și rezultate din literatură (35) am luat în considerare frecarea unei roți pe o piesă dreptunghiulară de dimensiunile redată în fig.109.

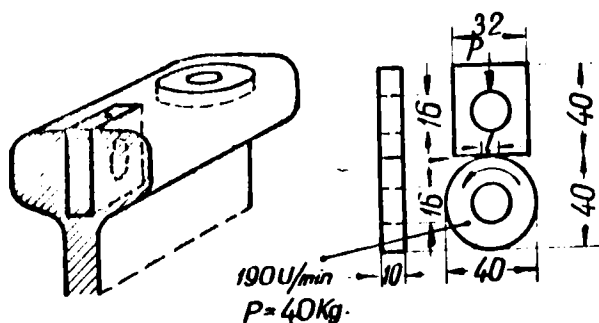


Fig.109. Modul de prelevare, locul și dimensiunile epruvetelor de încercare la uzură.

Acastă încercare prevede apăsarea epruvetei octogonale deasupra epruvetei rotunde care se rotește cu 190 r.p.m. Forța de contact a celor două epruvete este de 40 kg. Se urmărește și se înregistrează energia consumată în dj la 1 mm^3 de metal uzură pentru a determina lucrul mecanic specific A în $\text{dj}/1 \text{ mm}^3$ metal uzat.

Tabela 13.

Nr. crt.	dj/mm^3	Nr. crt.	dj/mm^3
1	43	11	805
2	49	12	820
3	52	13	900
4	58	14	910
5	320	15	890
6	500	16	915
7	680	17	920
8	690	18	990
9	750	19	980
10	760	20	9770

În tabela 13 sînt redate valorile obținute la încercările de uzură prin stabilirea lucrului mecanic specific pentru uzură șinei cu $\sigma_{\text{max}} = 750 \text{ N/mm}^2$ nr.1 - 4 inclusiv și a șinei din otel cu σ_{r} peste 900 N/mm^2 nr.5 - 20 inclusiv.

Acosta rezultate le prezint în fig.110.

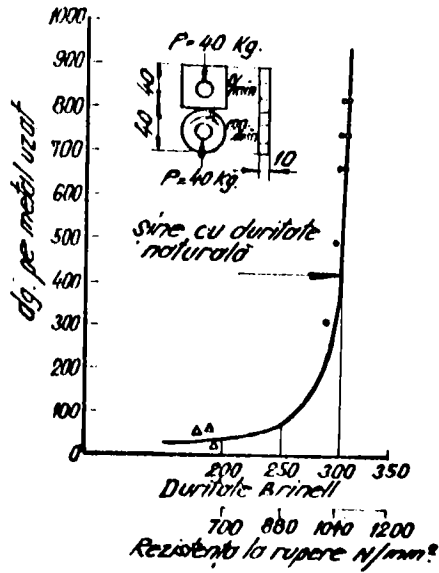


Fig.110. Graficul reprezentând energia specifică consumată în raport cu duritatea respectiv cu rezistența la rupere.

Pentru a ilustra mai bine comportarea la această încercare eu redat în figura 111 două probe distincte, una reprezentând oțelul standard cu minim 700 N/mm^2 și cealaltă oțelul cu Si.

.. // ..

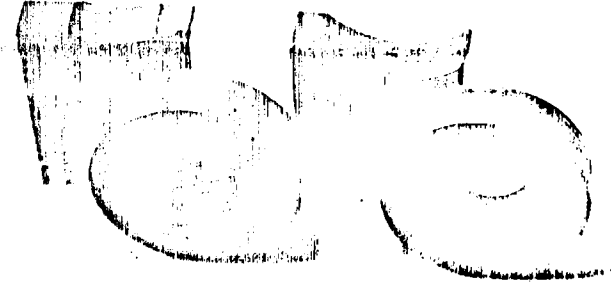


Fig.111. Două probe de uzură.

În figura 112 ambele perechi de probe sunt din oțel cu Si. Din aceste ultime două figuri se distinge clar rezistența la uzură mult sporită la ștelul cu Si care su-
pus la regim egal ca durată și solicitare cu oțelul stan-
dard.

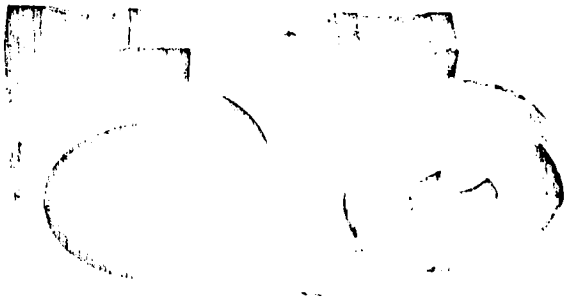


Fig.112. Două probe de uzură.

.. // ..

Microstructura diferită a materialului celor două categorii de șine determină comportarea lor diferită la încercarea de uzură prin frecare. Materialul șinei normale prezintă separațiunii pragmate de ferită la limita granulelor, fig.113

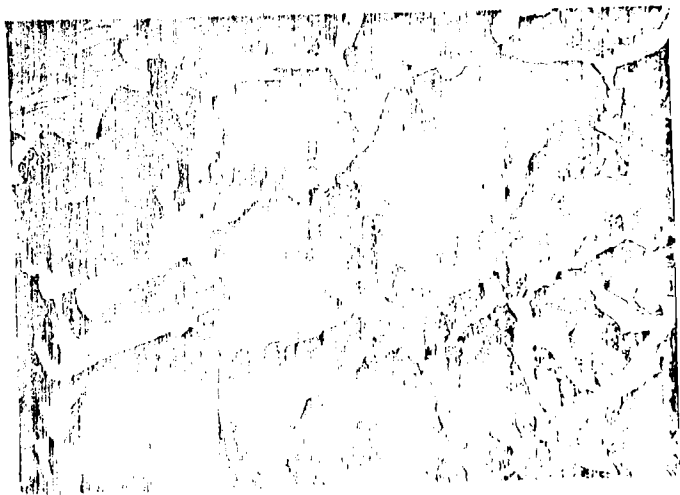


Fig.113. Microstructura șinei normale x 500.

Distanța între lamelule de perlită la mărirea x 500 este bine pusă în evidență. În cazul șinei cu Si separații de ferită aproape că nu mai apar, iar distanța între lamelule perlitei nu mai poate fi observată la mărirea x 500, fig.114.

.. // ..

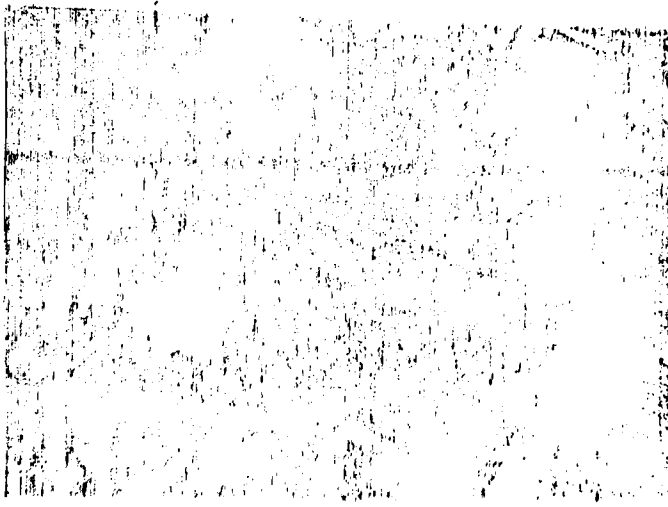


Fig.114. Microstructura șinei din oțel
cu Si x 500.

Microstructura probelor care au fost încercate
la usură din șină normală fig.115 și din șină cu siliciu
fig.116.

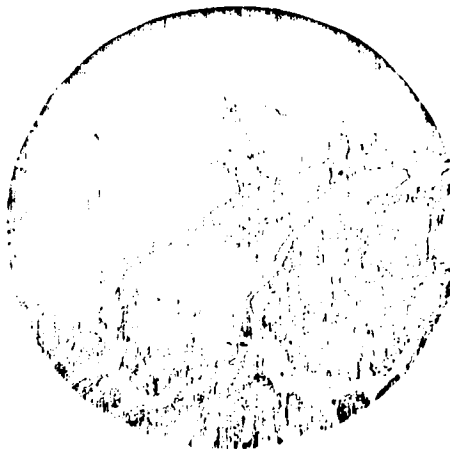


Fig.115. Microstructura din zona de usură
la șina normală.



Fig.116. Microstructura din zona de uzură
la şina din oţel cu Si.

pute în evidenţă diferenţa între comportarea lor la acce-
să în
tă încercare. Astfel proba din şine normale granulele apar
deformate. Atât ferita intergranulară cât şi perlita dato-
rită fondului feritic au cedat presiunii rolei, s-au alun-
git în direcţia de rotaţie a ei şi apoi anumite părţi ale
granulelor s-au rupt, ceea ce a dus la uzura avansată a
probei.

În aceleaşi condiţii şi parametrii de încercare
proba din şine cu Si are uzură mult mai redusă, granulele
în microstructură nu apar deformate, au rămas aproape in-
tregi fenomenul fiind similar unei simple apariţii de ab-
raziune.

.. // ..

4.3.3.5. PREZENTAREA STRUCTURII.

După cum s-a arătat la cap.4.1. considerațiuni, influența Si în compoziția chimică a oțelului este favorabilă realizării unei structuri care îmbunătățește rezistența la uzură a șinei. Astfel în fig.117 se prezintă structura oțelului de șină cu conținut ridicat de Si. Se remarcă faptul că ferita se găsește în cantitate foarte mică în proporție de 0,9 - 1 %.

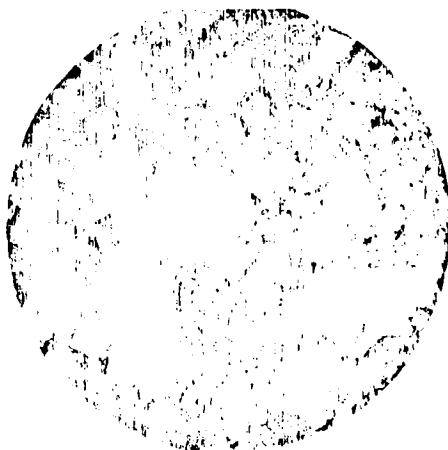


Fig.117. Structura șinei cu Si 100 x.

.. // ..

Forma perlitei se reanereă mai bine la mărimea de 500 x și se distinge clar că este o perlită lamelari cu lamellele deosebite ceea ce pe lângă mărimea cristalului și cantității mici a feritei contribuie la durificarea oțelului respectiv creșterea rezistenței la uzură a șinelor, fig. 118.



Fig.118. Forma perlitei în structura oțelului cu Si x 500.

.. // ..

4.3.3.6. Incarcarea la pulsație a oțelului cu Si.

Pentru a defini mai complet din punct de vedere al calității șina cu Si, am efectuat încercări la pulsator. Încercările cu cupoane de șină s-au efectuat la C.S.I.O. Timișoara pe un pulsator special construit pentru șină. În buletinul de încercări cu nr. 5903 din data de 29.XI.1972 al C.S.I.O. se precizează :

„Șină neoxidată... avind compoziția chimică (conform buletin CBR): 0,63 % C, 0,79 % Si, 0,78 % Mn, 0,019 % P și 0,012 % S au rezistat fără să se rupă, pînă la 2.142.000 pulsații în următoarele condiții de încercare :

- distanța între reazeme : 1200 mm
- forța maximă : 21 tf.
- forța de bază : 1 tf.
- frecvența pulsațiilor : 300/minut
- $G = \frac{P \cdot l}{I} = 26,3 \text{ kgf/cm}^2$.

Pe baza acestor rezultate se poate afirma că și din punct de vedere al încercărilor dinamice șina cu Si este corespunzătoare.

Șinele din oțel obișnuit (standard) se consideră necesar să reziste înainte de a prezenta ruperi la un număr minim de pulsații de 1.800.000. Am efectuat și această încercare, din punct de vedere al funcționalității produsului are o importanță deosebită. Proprietatea de rezistență ridicată la solicitări dinamice, este favorizată de compoziția chimică aleasă a materialului.

4.4. Rezultate cu șini în exploatare.

În afară de încercările curente de laborator și de probe speciale, pentru a verifica comportarea practică în exploatare a șinei fabricate am montat în calea uzinală șini cu S1 în paralel cu șină normală.

Având la dispoziție un relief foarte accidentat am dispus la uzina unde s-a făcut încercarea de o linie în pantă foarte mare, cu declivitatea 51 ‰. Profilul căii este redat în fig. 82. Șinele s-au montat în paralel pe cele două fire și s-a vădit de pantă unde trenul pierdea din energia sa cinetică, frecarea roților locomotivelor este mai intensă, ceea ce mărește efectul de uzură, în cazul nostru apreciat cu peste 20 ‰. Pe această linie trafi-

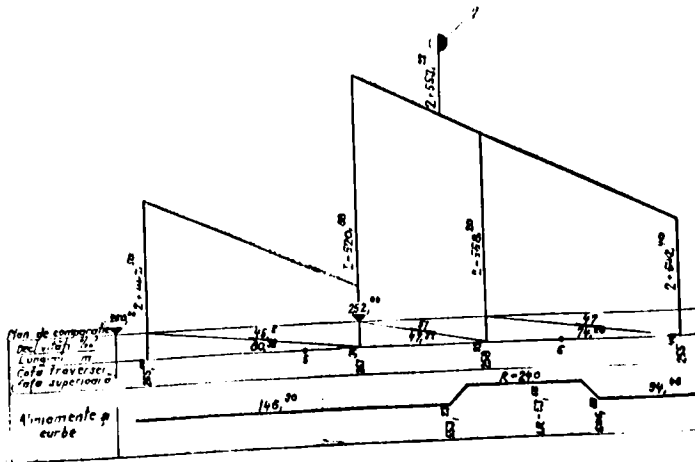


Fig. 119. Profilul liniei pe care s-a executat încercarea.

cul anual este în jurul a 11,3 milioane to. După ce pe lî-
ria au trecut peste 4,5 milioane tone, şinele au fost scoa-
se din cale. Profilul şinelor scoase din cale a fost compa-
rat cu cel iniţial, constatîndu-se uzurile din fig.120 şi
fig.121.

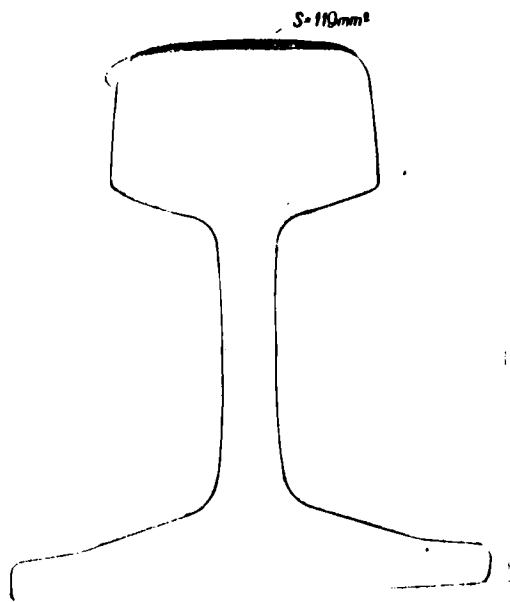
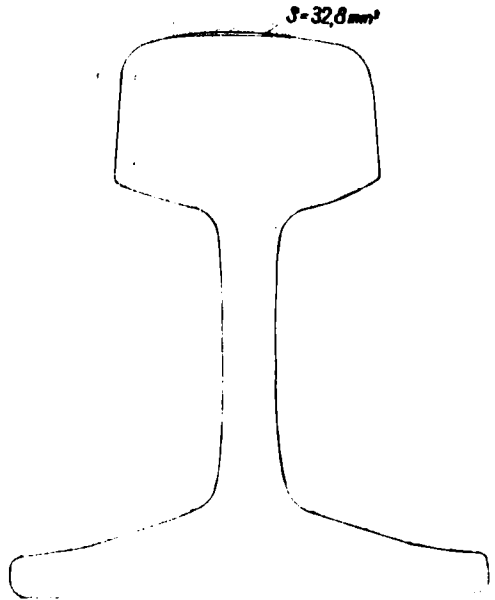


Fig.120. Secţiune de şină tip 49 calitate
normală, partea haşurată repre-
zintă uzura.

.. // ..



**Fig.121. Secțiune de șină tip 49 din oțel
cu Si, partea hașurată reprezintă
uzura.**

În șina normală s-a înregistrat o reducere de secțiune de 119 mm^2 ceea ce revine $26,6 \text{ mm}^2 / 1 \text{ mil.to.}$, iar la șina cu siliciu s-a înregistrat o reducere de secțiune de $32,8 \text{ mm}^2$ ceea ce reprezintă $7,3 \text{ mm}^2 / 1 \text{ mil.to.}$

Reportind uzura celor două șine care au fost solicitate în mod egal în exploatare, rezultă că uzura șinei cu Si reprezintă minim $27,4 \%$ din uzura șinei normale. În fig.122 și fig.123 se prezintă cupoane din șină normală precum și din șina cu siliciu scoase din cale.

.. // ..

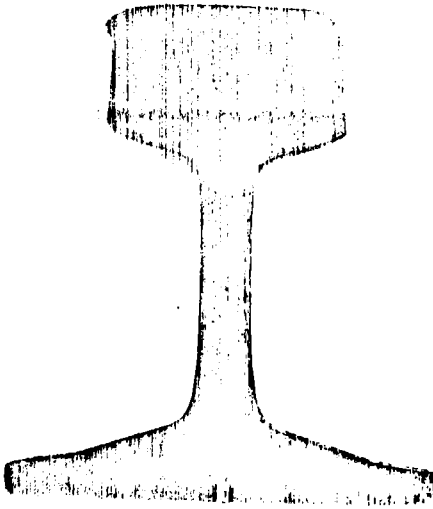


Fig.122.

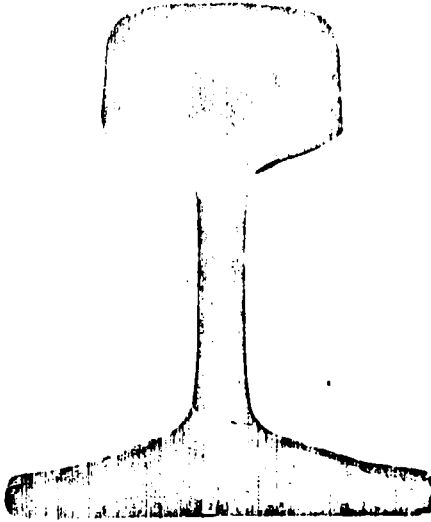


Fig.123.

Se observă uzura vizibilă produsă la ciuperca
șinei normale și uzura redusă a ciupercii șinei cu sil-
cia.

5.0. Aspecte economice.

Mărirea capacității de transport pe cale ferată, ca urmare a dezvoltării impetuoase a economiei naționale, înseamnă mărirea indicilor intensivi la maxim posibil. Aceasta implică solicitări sporite ale șinei de cale ferată și în special solicitare la uzură. Astfel în literatura de specialitate se menționează unele porțiuni de cale în care datorită uzurii intense, șinele necesită să fie înlocuite la intervale de 8 luni sau în cazuri deosebite chiar de 6 luni.

Cicluul de înlocuire a șinei respectiv al refacției este determinat de durabilitatea lor. Având în vedere că din totalul cheltuielilor pentru refacerea liniilor prețul șinei reprezintă cea.85 %, apare în mod pregnant necesitatea îmbunătățirii durabilității. După datele din literatură (36 - 50) se cunoaște că șina tratată termic prin diferite procedee are prețul de cost legat de complexitatea procesului tehnologic de tratament, îndreptare și prelucrare finală la rece, de circa două ori mai mare ca prețul șinei normale.

De asemenea oțelul de basă pentru șinele din oțel aliat este cu 50 - 80 % mai ridicat decât la oțelul obișnuit, iar scoaterea finală a produsului este mai scăzută fiind evaluată la maximum 70 % (51 - 65).

.. // ..

Ținând cont de aceste elemente prețul șinelor
aliante raportat la cel al șinelor normale este de 2,8 ori
mai ridicat. Este de remarcat că pentru trecerea la fabri-
carea uneia sau alteia din aceste calități de șină, sînt
necesare lucrări importante de investiții. Nivelul acestor
investiții se ridică la 250 - 300 milioane lei și se ref-
lectă în prețul de cost respectiv de vînzare al șinei.

În urma cercetărilor și a experimentărilor efec-
tuate, s-a putut contura domeniul șinelor cu Si, care a
fost amplasat pe diagrama din fig.124

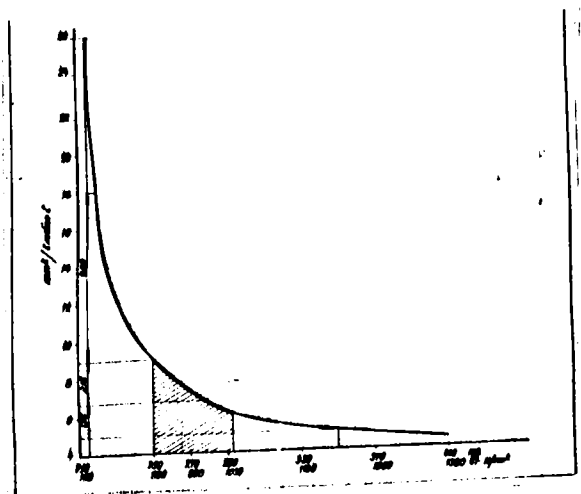


Fig.124. Comportarea la uzură a șinelor
de diferite calități.

.. // ..

Din figură se desprinde că șinele cu Si la limita inferioară au o uzură sub $9 \text{ mm}^2/1 \text{ mil.to. parcurs}$. De aici rezultă că prin adaptarea șinei cu Si ținând seama și de alți factori, raportul de uzură es de $\frac{26,6}{9} = 2,95$, deci șina cu Si este de 3 ori mai durabilă decât șina normală cu rezistența la rupere minimă 700 N/mm^2 .

Prețul șinei cu Si este cu eca.10 % mai ridicat decât șina normală fiind influențat de scuterea mai redusă.

Având în vedere normele de deviz pentru refacția unui km de cale, în care șina reprezintă 98,078 to. a 3.632 lei/to. și cu o pândere de 87,5 % din costurile de refacție, rezultă că prin utilizarea șinei din oțel cu Si se economisește pentru 1 km cale :

$$\frac{98,078 \times 3,632}{87,5} \times \left(1 - \frac{1}{2,95} \right) = 255.304 \text{ lei}$$

La o producție anuală de 80.000 to. economia va fi de :

$$\frac{80.000}{98,078} \times 255.304 = 209.000.000 \text{ lei}$$

Prin decalarea refacțiilor ca urmare a unui spor de durabilitate mărit se economisesc și 43.800 to. de metal în acelaș interval.

6.0. Introducere

1.- Constatăm cu dezvoltarea impetuoasă a economiei naționale și dezvoltării și transportului feroviar. Necesitatea de mărire a capacității de transport în special în țările noastre sunt legate în principal de creșterea indicelui intensiv. Aceasta duce la solicitări sporite ale șinelor și în mod deosebit la solicitări la uzură. Se impune deci tot mai mult utilizarea șinelor cu rezistență sporită la uzură.

2.- Șinele cu rezistență sporită la uzură, respectiv cu durabilitate ridicată se realizează prin trei procedee principale: laminarea șinei din oțel aliat, laminarea șinei placată cu oțel dur în ciupercă, laminarea șinei și apoi efectuarea unui tratament termic al capului sau integral.

3.- Din toate acestea se propune procedeul prin care se realizează șinele din oțel aliat cu mangan de calitate ridicată, deoarece este și cel mai eficient din punct de vedere al costurilor de fabricație și cu o tehnologie mai puțin complicată, șine din oțel cu Si.

4.- Eficiența înaltă pentru fabricarea șinelor plătate este comparabilă cu obținerea unui produs de calitate. Problema care este necesară să fie rezolvată pentru a putea fi aplicată industrial, este asigurarea unei instalații de sudură în baze de zăbură de foarte mare productivitate. Aceasta va trebui să asigure și costuri cât mai mici la realizarea blazului placat.

5.- Posibilități de îmbunătățire tehnologică al oțelului la nivelurile de producție și de distribuție tehnologice opozite cu implicarea și măsurarea impactului asupra calității producției.

6.- Analiza a legăturii stricte între caracteristicile mecanice și structurile ale oțelului de șină și rezistența la uzură.

7.- Se demonstrează prezența faptului că o structură perlitică în oțel favorizează rezistența la uzură. De asemenea, din încercările de uzură realizate cu, laelele perlitei din oțel se poate observa că rezistența la uzură este mai mare decât în cazul oțelului cu structură bainitică.

8.- În cazul oțelului cu structură perlitică și laelele de uzură, siliciul favorizează această structură în cea mai mare măsură apare ca cel mai indicat element.

9.- Siliciul are de asemenea un efect pozitiv asupra durității oțelului și în cazul în care conținutul de siliciu este mai mare decât 0,5% în oțel, se poate observa că rezistența la uzură este mai mare decât în cazul oțelului cu conținut de siliciu mai mic.

10.- Șinurile din oțel cu siliciu corepondente la solicitările în uzură prezintă o rezistență la uzură de 2 - 3 ori mai mare decât în cazul oțelului.

11.- Fabricarea șinilor din oțel cu siliciu nu diferă esențial de tehnologia actuală putând fi realizată cu actualele dotări.

12.-- Sfera cu Siliciu pe lângă faptul că satisface condițiile planului cu rezistență sporită la uzură este avantajoasă și ca profit diferind din acest punct de vedere cu un spor de până la 10 % față de șinsle normale.

13.-- Din punct de vedere economic șina din oțel cu Siliciu are o durabilitate mai mare asigură în exploatarea căilor ferate, fiind seama de un nivel posibil de producție, ^{se face} economii estimate la 209.000.000 lei și circa 43.800 tone metal.

14.-- Programul fabricarea unor șine mai mari din oțel cu Siliciu care să se monteze în cale sub supraveghere pentru a confirma, la scară industrială avantajele tehnice și economice arătate.

BIBLIOGRAFIE

- Nicolae Ceaușescu - Raportul Comitetului Central al Partidului Comunist Român cu privire la activitatea P.C.R. în perioada dintre congresul al IX-lea și congresul al X-lea și sarcinile de viitor ale partidului - Congresul al X-lea al P.C.R. Editura Politică București - 1969.
1. - x.x x - Viața economică 1971.
 2. - x x x - Anuarul statistic R.S.R. 1971, 1972.
 3. - A.Nanu - Tehnologia metalelor vol.III Prelucrarea metalelor prin căldură și lucru mecanic - Timișoara 1957.
 4. - - United States Steel The Making Shaping and Treating of Steel.
 5. - Künzler - Banctähle der Welt. Vol.1 pag.412
 6. - Iancu Drăgan - Issledovanie vlieniya rejima objatii priholodnoi priematko na magnitnie i stepeni sovopreivstva teksturi transformatornoi stali.- Dizertație de candidat în st. tehnică, Moscva - 1963.
 7. - A.Lie - Cercetări asupra comportării șinelor de cale ferată în exploatare.
 8. - H.D.Pononariov ș.a. - Calculul de rezistență în construcția de mașini. Vol.2 pag.425.
 9. - Tonif Tripča - Teoria proceselor siderurgice.Buc.1962.
 10. - Albrecht Geiss - Verfahren zur Verfertigung von Schienenhüpfen.
 11. - G.W.Norland și R.J.Allen - Semnificația defectelor la șină de cale ferată.
 12. - W.Münch - Comportarea oțelului pentru șine de cale ferată în căile ferate germane (DR).
 13. - G.Schumacher - Performanțe actuale ale oțelurilor pentru șine de cale ferată.
 14. - K. Schoenberg - Performanțele actuale ale oțelurilor americane pentru șine de cale ferată.
 15. - M.Vinet - Experiențe SNCF cu oțeluri pentru șine de cale ferată.
 16. - A.F.Zolotarsky și I. R.Kousin - L'augmentation de la solidité et de la fiabilité des rails aux Chemins de Fer d'URSS.

17. - x x x - Britische Schienentagung in London, Stahl und Eisen, 1973 pag.987.
18. - Bericht nr.75 - Die Osnabrücker Verbundguss-Schienen der Klöckner-Werke sept.1963.
19. - P.I.Poluhin - Prohatka i Termičeskaia Obrabotka koleov. 1963.
20. - L.N.Rapojin, B.D.Galraov, ș.a. - Probleme de producție și corectare a șinelor de C.F. Moscova 1960.
21. - Bericht Nr.101 - Die thermisch behandelte Schiene Hissawerk - Maximilianshütte.
22. - P.T.Dedeșan - Încălzirea și introducerea nemetalizării și sorbitizării șinelor pe întreaga lor lungime la uzina „Ozerjinski” - Oțelul 1961 nr.10.
23. - W.Heller - Zur Wirkung von Wasserstoff in Schienen Stahl und Möglichkeiten eines Wasserstoff armen Hochleistungs-Stahl und Eisen 1972, nr.19 pag.934.
24. - V.Dubovii - Eisen v Stali - Moscova -Metalurgizat - 1955.
25. - E.Houdremont - Handbuch der Sonderstahlkunde.
- 1 26. - N.Impescu ș.a. - Udarea sub strat de flux în baie de zgură și în medii protectoare.
- 2 27. - A.Ieremia - Cercetări pentru fabricarea șinei placate - Comunicare - Baza de Cercetări Tehnice a Academiei RSR Filiala Timișoara - 1961.
28. - A.Ieremia ș.a. - „Procedeu și instalație pentru obținerea bramelor compuse” Certificat de autor nr.51.840/1969 invenție.
29. - M.Trăsculescu ș.a. - Studiul metalelor și tratamente termice, îndrumător de laborator Timișoara 1969.
30. - V.Walla - Bazele practice ale Metalografiei Oțelului, traducere din limba Cehă Editura tehnică 1954.
31. - A.Nanu - Tehnologia Materialelor. Editura Didactică și Pedagogică București 1972.

- 32.-M.Ros - Prufung in Laboratorium und Erfahrung mit Einstaff, Zweistaff - und warmbehandelten Schienen. Internationale Schienentagung- Budapest, Sept.1935.
- 33.-M.Truşculescu - Studiul Metalelor - Bucureşti 1971
- 34.-I.M.Oijicov - Laminarea - Editura Tehnică 1955
- 35.-I.M.Oijicov - Procese de Reformare Plastică a Oţelurilor Aliate. Editura Tehnică Bucureşti 1969.
- 36.-M.L.Zarovscinsky - Laminarea Oţelului - Editura Tehnică 1951.
- 37.- x x x - Ponte și oţeluri (colecția de standarde) Editura Tehnică - Bucureşti 1973.
- 38.-A.Geleji - Bildsame Formung der Metale in Rechnung und Versuch, Academic Verlag Berlin 1960.
- 39.-M.Adrian ș.a. - Laminarea oţelului, Ed.Tehnică Bucureşti 1960.
- 40.-A.I.Telikov ș.a. - Laminare, Ed.Tehnică Bucureşti 1961.
- 41.-A.Rău - Elaborarea Oţelurilor, Bucureşti 1963.
- 42.-K.F.Trubin și T.I.Oics - Metalurgia Stali - Moscova 1951.
- 43.-V.V.Sveikin și V.A.Ttiogunov - Tehnologia Prokatnogo Proisvodosta Moscova 1956.
- 44.-S.Wusatowski - Bazele Laminării, Ed. Tehnică, Bucureşti 1972.
- 45.-V.P.Bahtinov - Kalibrovka Prokatnih Valkov Moscova 1953.
- 46.-L.Genze - Le Lamings du fer et de l'acier Dunod Paris 1921.
- 47.-H.Hoff - Grundlagen des Walzverfahrens, Dusseldorf 1955.

48. - V.D. Strechanin - Defectii Proiectiei Stali - Moscova 1954.
49. - G.N. Diater - Metalurgie Alcoolicii, Ed. Tehnică București 1970.
50. - N. Gani - Proprietățile Metalicilor și Metode fizice de control, București 1967.
51. - x x x - Metals handbook - Vol. I. 1961
52. - G. Chalmer G.A. - The physical structure of metals. London 1960.
53. - V. Atarova - Structura Metalicilor, București 1953
54. - I.I. Frenkel - Introducere în teoria metalelor, București 1955.
55. - W. Hume-Rothery - Elements of structural metalurgy London 1952.
56. - A.H. Cottrell - Theoretical structural metalurgy London 1953.
57. - G.A. Canconco - Bazele Metalurgiei Fizice, Edit. Tehnică București 1952.
58. - G. Buzdugan - Realitatea materialelor, București 1954.
59. - x x x - Incercări și analize de metale. Coordonarea științifică. Ac. St. Buzdugan - 1959.
60. - S.P. Gulakov - Tratatul tehnic al oțelului București 1962.
61. - x x x - Defectoscopia nedestructivă a materialelor (sub redacția lui Nazarov T.S.) București 1964.
62. - N. Iu. Tsiac - Tehnologiile negrevo stali. Moscova 1962.
63. - x x x - Incercările Metalicilor (colecție Stas) București 1965.
64. - x x x - Metals Handbook, heat treating Cleaning and finishing. Ohio 1964.
65. - H. Adrian - Elaborarea, prelucrarea la cald și tratamentul termic al oțelurilor aliate (studiu de sinteză) ONIT-I.I.M. - 1963.