

C U P R I N S

Introducere	5
Cap. I. - IMPORTANȚA APARATULUI DE CALI ÎN DEZVOLTAREA TRANSPORTULUI DE CALI ÎN RATA	
1.1. Considerații generale	7
1.2. Descrierea aparatului de cale	7
1.2.1. Mecanismul	8
1.2.2. Inimă	8
Cap. II. - INTERACȚIUNEA ÎNȚRE APARATUL DE CALI ȘI MATERIALUL RULANT	
2.1. Considerații teoretice	9
2.2. Ipotezele calculului de rezistență pentru reперele de rulare ale aparatului de cale.	
2.2.1. Reperul de rulare considerat grindă pe modiu elastic	12
2.3. Circulația materialului rulant pe aparatul de cale	13
2.3.1. Forțele de ghidare care acționează asupra reperelor de rulare	17
2.3.2. Forțele conducătoare care acționează asupra reperelor de rulare	20
2.3.3. Uzura reperelor de rulare ale aparatului de cale ș.....	21
Cap. III - APARATUL DE CALI FĂRĂ JOANT	
3.1. Condiții de realizare	22
3.2. Tratamentul termic superficial al reperelor de rulare	
3.2.1. Conerșități	23
3.2.2. Tratamentul termic superficial al reperelor de rulare	2
3.3. Aparatul de cale fără joante; influența joantei asupra materialului rulant	31

3.4. Cercetări privind sudarea prin topire intermediară și presiune a reperelor de rulare de la aparatele de cald	34
3.4.1. Principalele caracteristici ale procedurii de sudare electrică prin presiune	34
3.4.2. Sintetizarea cunoștințelor actuale în domeniul sudării prin topire intermediară și presiune; expunerea planului științific al cercetării efectuate	42
3.4.2.1. Regimul de sudare cu presiune specifică de refulare $p_{sp} = 3,5 \text{ kgf/cm}^2$	4
3.4.2.2. Regimul de sudare cu presiune de refulare $p_{sp} \geq 4 \text{ kgf/cm}^2$	48
3.4.3. Cercetări privind influența regimului de sudare prin topire intermediară și presiune a reperelor tratate termic superficial..	50
3.4.4. Cercetări asupra transformărilor din zona influențată termic în diverse regimuri de temperatură studiate prin stimulatorul termic	57
3.4.5. Incercări pentru determinarea rezistenței la uzură	59
3.4.6. Determinarea și măsurarea tensiunilor interne	63
3.4.6.1. Generalități	63
3.4.6.2. Determinarea stării din laminare	7
3.4.6.2.1. Determinarea eforturilor unitare sub coroană	60
3.4.6.2.2. Determinarea eforturilor unitare în inimă și în zonele (tururilor de eclisare)	70

3.4.2.3.	Determinarea eforturilor unitare in talpă	73
3.4.3.	Incerări efectuate in zona de- formată plastic a acului flexibil 49 sudat cap la cap prin țepire intermediară și presiune cu șina normală	73
3.4.4.	Determinarea stării de tensiune in urma tratamentului termic su- perficial și sudurii cap la cap.....	78
3.4.4.1.	Metoda templeului crestă	81
3.4.4.2.	Procedeul de anihilare a tensiunilor	85
3.4.4.3.	Analiza suprapunerii tensiu- nilor remanente cu cele din ex- ploatare	88
3.4.4.4.	Incerări suplimentare pentru determinarea tensiunilor interne ...	89
3.4.4.5.	Determinări experimentale ale deplasărilor datorită variații- lor de temperatură	100
Cap. IV.	CONSIDERANT TEORETIC ȘI EXPERIMENTAL IN URMA CERCETĂRIILOR EFECTUATE	
4.1.	Teoria aparatului de cale fără jeante ...	105
4.2.	Calculul tensiunilor remanente pe baza deformațiilor	105
4.2.1.	Determinarea teoretică	107
4.2.2.	Calculul numeric	109
4.2.3.	Reducerea relației pentru cazul elementului marginal	111
4.3.	Imbunătățiri aduse aparatului de cale....	112
4.4.	Condiții tehnice pentru execuția și montarea în cale a aparatului de cale fără jeante	112
Cap. V.	CONSIDERANȚII CONOMICE	115
Cap. VI.	CONCLUZII	119
Cap. VII.	BIBLIOGRAFIE	123

I N T R O D U C Ț I E

Lucrarea de față cuprinde rezultatele unor cercetări inițiate în domeniul sudării șinelor de cale forată de rectoratul academieian Corneliu Mițoși și continuate sub conducerea științifică a tovarășului membru corespondent al Academiei R.S.R. Dr. Ing. Traian Sălișman .

Menționez că în cercetările efectuate m-am bucurat de sprijinul Institutului de Sudură și Încercări de Materiale din Timișoara, precum și de catedra de tehnologia sudării și utilaj pentru sudare și catedra de rezistența materialelor de la Institutul Politehnic din aceeași localitate precum și de catedra de rezistența materialelor de la Institutul Politehnic Iași, instituții față de care m-am aliniat activitatea de specializare în domeniul sudării metalelor din anul 1955.

În ultimile decenii, sudarea a avut o influență hotărâtoare nu numai asupra concepțiilor constructive și asupra tehnologiei de fabricație, în domeniul în construcția de mașini și utilaj industrial, dar a modificat orientarea în perspectivă a întregii industrii metalurgice. Cunoștințele câștigate la sudarea oțelurilor carbon și mai ales la sudarea oțelurilor slab aliate cu rezistență mare stau astăzi la baza noilor principii metalurgice de elaborare și prelucrare ulterioară a oțelurilor , cu importante cunoștințe asupra procesului tehnico.

În complexul multidirecțional de aplicare a sudării metalelor, cu realizarea unor îmbinări având însușiri comparabile sau chiar egale cu cele ale materialelor de bază, nesudate, procedeul de sudare electric prin presiune cu topire intermediară se remarcă prin simplitatea lui și avantajul unei automatizări. Îmbinările sudate cu acest procedeu au calități superioare celor obținute cu alte procedee de sudare. Toate aceste caracteristici fac ca sudarea electrică prin presiune cu topire intermediară să asigure o productivitate ridicată. Acest procedeu a permis realizarea liniei de cale forată fără joante. Iată cum prin sudare, se face linia continuă , se suprimă colisoarele și joantele, cu mari avantaje pentru circulație, cu economie de material și de întreținere cu numeroase avantaje și pentru materialul rulant.

Teoria căii fără joante cu explicarea forțelor care se produc la variațiile de temperatură și efectele pe care acestea le produc a fost fundamentată de profesorul emerit C.C. Teodorescu.

În cazul aplicării acestui procedeu tehnologic la sudarea reperelor de rulare ale aparatelor de cale (acele și contraacele macazului, aripile și vîrfurile inimii), în condițiile în care suprafața de rulare este îmbunătățită printr-un tratament termic de călire superficială, rămîn deschise anumite chestiuni, pe care îmi permit să le consider de fond, cum sînt :

- dependența zonei influențată termic de parametrii electro-termici și mecanici ai sudurii cap la cap (regimul de sudare "moale" și "dur")
- comportarea la uzură și abecală a îmbinărilor sudate cu reperi tratați termic superficial; efectul tensiunilor rezonante asupra capacității portante a produsului la sarcinile materialului rulant.
- determinarea corelației necesare între diferențele de temperatură și deplasările capetelor libere ale aparatului de cale, în așa fel ca acest cadru cu joante sudate să fie stabil la sarcinile exterioare.

Acstea se datorează faptului că șocul termic, caracteristicile procedurii de sudare prin presiune cu topire intermediară, modifică compoziția chimică și, în consecință, structura metalurgică a oțelurilor, provocînd tensiuni rezonante în îmbinarea sudată, elemente care creează condiții favorabile ruporii fragile.

În lucrarea de față mi-am propus să mă ocup de unele aspecte ale sudurii cap la cap prin topire intermediară și presiune ale reperelor de rulare tratați termic superficial ale aparatului de cale și influența lor asupra înoușirilor mecanice în concordanță cu spectrul de sollicitare determinat de factorii externi.

La elaborarea lucrării m-am bucurat de sprijinul și grija Institutului de Sudură și Încercări de Materiale Timișoara și a Centralei de Construcții Căi Ferate București. Aplicarea rezultatelor obținute se datorează muncii și atenției acordate de Întreprinderea Aparatură Cale Buzău, Secției L-3 Buzău și altor unități cu care am colaborat.

Mai exprim și pe această cale recunoștința mea tuturor acolora, fără de care nu puteam elabora această lucrare.

NICOLAE ION ȘU

Cap. I. IMPORTANȚA APARATULUI DE CALI ÎN DEZVOLTAREA TRANSPORTULUI ÎN CALEA FERATĂ.

1.1. Considerații generale.

Cresțerea intensității traficului feroviar și a sarcinilor pe osie, modernizarea tractiunii și a materialului remorcat, necesitatea sporirii vitezelor peste 120 km/oră au determinat administrațiile de cale ferată să reconsidere concepția constructivă asupra structurii căii, aplicând soluții care să corespundă cerințelor actuale și de perspectivă ale traficului feroviar. În transportul feroviar, intră în interacțiune următoarele elemente : materialul rulant, frecvența de circulație, și calea ferată.

În elementul calea ferată piesa importantă o formează aparatele de cale. Asupra acestei piese, care asigură schimbarea direcției de mers a materialului rulant, toate administrațiile de cale ferată elaborează și dezvoltă cercetări pentru modernizarea ei. Semnificativ de amintit este faptul că, aparatul de cale, necesar inițial în minele de sare și cărbune a fost construit din lemn (1) . De altfel , evoluția aparatului de cale este legată intrinsec de a căii ferate în special. Astăzi, pe aparatele de cale circulează materialul rulant în trafic de mare viteză și intensitate. În ideea dotării transportului feroviar cu aparate de cale moderne s-a reprofilat și specializat Întreprinderea de Aparate de Cale Duzău din cadrul Ministerului Transporturilor și Telecomunicațiilor , pentru care s-au acordat importante fonduri de investiții în vederea construirii de noi capacități și extinderii celor existente. Cîteva date sînt semnificative pentru mutațiile capacităților de producție : în anul 1963 se fabricau la Bocșa și Duzău 14 . 000 tone aparate de cale anual, iar în anul 1973 la Întreprinderea de Aparate de Cale Duzău s-au fabricat 25.000 tone , ajungînd în prezent la 30.000 tone.

Într-o eștiștinută muncă de cercetare și execuție de prototipuri, s-a ajuns ca importul tipurilor moderne de aparate cale să se sisteze din țări ca : Austria, R.F. Germania, R.I. Polonia și în anul 1968 aparatul de cale românesc să cunoască o ascensiune în ceea ce privește modernizarea lui.

1.2. Descrierea aparatului de cale.

Aparatul de cale reprezintă o construcție din profile de cale ferată și organe de asamblare care se montează pe traverse. Un aparat de cale se compune din următoarele

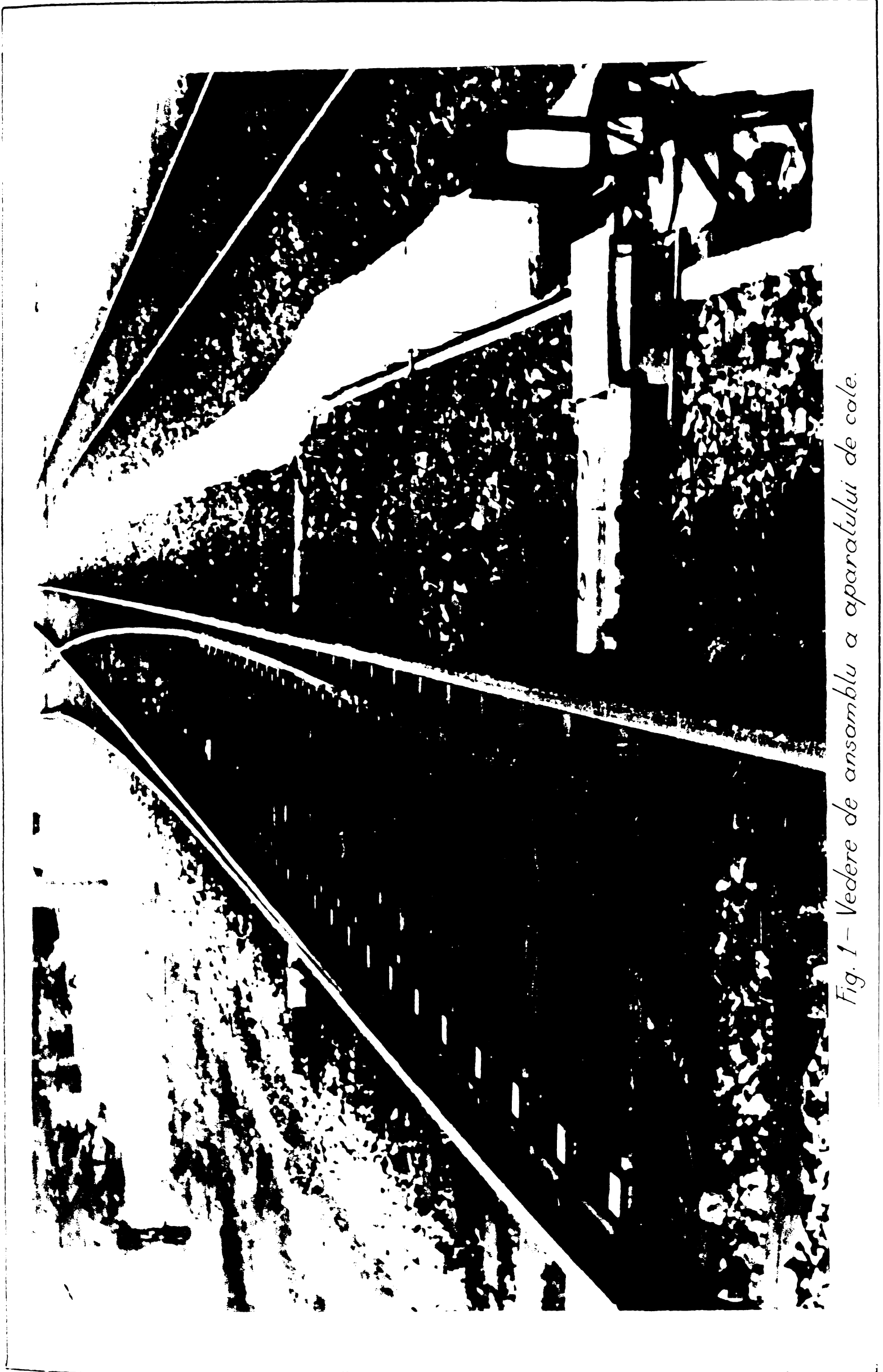


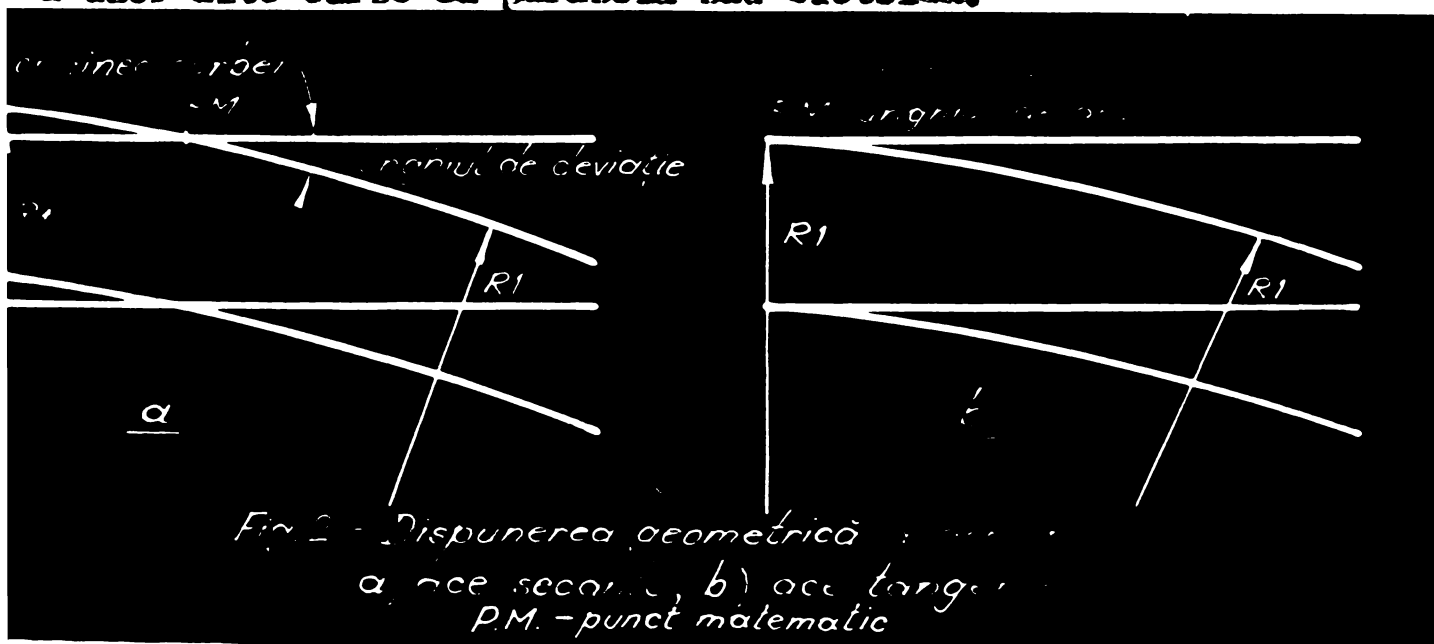
Fig. 1 - Vedere de ansamblu a aparatului de cole.

subansamblu : uncăz, aparat de manevră sau electrosecanism, fixator de vîrf, bare de acționare, inimă, contrașini și material sărunt de asamblare și prindere. (Fig. 1.)

Se stabilește denumirea de reper de rulare pentru : ace, contraace, aripi, vîrfuri, șini de legătură.

Condițiile de execuție, livrare, recepție, montare în cale și exploatare sînt stabilite conform standardelor, normelor și instrucțiunilor de serviciu C.F.R. deoarece aparatul de cale concurează nemijlocit la siguranța circulației, el este supus reglementării prin Uniunea Internațională de Căi Ferate, iar pentru țările membre ale C.A.S.R.-ului prin Organizația O. .J.R. .

1.2.1. Uncăzul este prevăzut cu piese mobile denumite ace, prin manevrarea cărora se realizează dirijarea materialului rulant pe linia directă sau deviată. Acele uncăzului pot fi drepte sau curbe. Acele drepte au avantajul că se pot utiliza atât pentru abateră la stînga cît și pentru abateră la dreapta, însă au dezavantajul că unghiul dintre ace și contraace are o valoare ridicată cuprinsă între $1^{\circ} \dots 2^{\circ}$, ceea ce determină reducerea vitezei de circulație. Acele curbe pot fi secante sau tangente cu contraacul. (Fig. 2.) Acele curbe tangente la contraace permit atacul cu viteza maximă admisă de raza curbei și în prezent se recomandă pentru calea ferată. Raza curbei acului este aceeași cu a șinelor de legătură pentru a micșora cît mai mult posibil șocurile materialului rulant. Acest sistem permite viteze ridicate și posibilitatea de introducere a unor alte curbe ca parabola sau clotoida.



1.2.2. Inimă este formată din vîrf, pone, aripi ,

plăci și piese de fixare - asamblare. Acest subsamblu al aparatului de cale se realizează în prezent constructiv în următoarele variante :

- din elemente demontabile (aripi din șine normale și virfuri din șină plină)
- din elemente demontabile cu virf bloc
- turnată monobloc

Cap. II. INTERACȚIUNEA DINTRE APARATUL DE CALĂ ȘI MATERIALUL RULANT.

2.1. Considerații teoretice.

Principiul care stă la baza transportului pe calea ferată este circulația ghidată a materialului rulant pe o cale ferată din șine. Acest principiu care a fost respectat de la primele încercări ale căilor ferate și pînă în prezent, în aparență este foarte simplu. Circulația pe calea ferată a ridicat însă numeroase probleme a căror soluționare a necesitat dezvoltarea unei noi ramuri a tehnicii, care se poate intitula "TEHNICA CIRCULAȚIEI PE CALEA FERATĂ".

În primii ani din istoria căilor ferate, simțul tehnic al constructorului a condus la soluționarea justă a unor probleme ale căii legate de modul de construcție al materialului rulant. Odată cu dezvoltarea căilor ferate, au crescut și cerințele referitoare la calitatea de mers, confort, reducerea uzurii crescînd vitezele de circulație și sarcinile pe esie. A fost necesar să se adîncască studiile asupra circulației și ghidajul roților. Sarcina tehnicii de circulație pe calea ferată este de a stabili acțiunea reciprocă dintre materialul rulant și cale cu obținerea concluziilor capabile să determine construcția corespunzătoare a materialului rulant și a căii.

Interacțiunea roată-șină oferă posibilitatea cunoașterii eforturilor care acționează asupra căii în timpul circulației, stabilirii pericolului de deraiere al materialului rulant și a modului de degradare a căii; se furnizează de asemenea elemente pentru calculul uzurii pieselor și rezistenței de mers. În ceea ce privește materialul rulant se pot determina forțele exterioare care acționează asupra roților de rulare și, ceea ce este important calitatea de mers (2).

Teoria circulației vehiculelor pe calea ferată are la bază cunoștințe de cinematică, statică și dinamică. În practică se pune întrebarea dacă rezultatele studiilor teoretice întreprinse în acest scop pot fi verificate direct. Prin măsurători în laborator și în exploatare, pentru determinarea forțelor care se produc între roată și carcasa roșului de rulare, s-a stabilit că deși în calcule se fac ipoteze simplificatoare, se poate ajunge la determinarea eforturilor reale în circulație și se pot obține concluzii aplicabile în practică (2) .

Dezvoltarea circulației pe calea ferată în ultimile decenii este concretizată în sporirea considerabilă a traficului în concordanță cu sporirea sarcinilor pe osie și a vitezelor de circulație. De la sarcina pe osie de 3 tone și un diametru al roții de 1.300 mm. , s-a ajuns în prezent la vehicule cu sarcini pe osie de 20 ... 25 tone la locomotive și 25 ... 40 tone la vagoane. Vitezele de circulație au crescut și mai mult în sensul că nivelul de 160 km/oră se întâlnește curent la căile ferate din Japonia, Franța, R.F. Germania, Italia.

2.2. Ipotezele calculului de rezistență pentru reперele de rulare ale aparatului de cale.

La calculul de rezistență se fac următoarele ipoteze (Fig.3.) :

- reperul de rulare se consideră ca o grindă de lungime finită și se calculează într-o secțiune suficient de departată de joantă ; în acest plan influența joantei nu se resimte, iar joanta se calculează separat.
- reперele de rulare se calculează la încovoiere considerându-le grinzi așezate pe un pat continuu (balastul căii) elastic. Traversole sînt așezate relativ atît de aproape una de alta, iar patul pe care sînt așezate traversole este atît de elastic încît diferența dintre mărimea săgeții reperului în secțiunea din dreptul traversolei și aceea din secțiunea dintre traversole, de obicei nu depășește 0,1 mm.

În realitate, reперele de rulare sînt așezate pe un pat cu întreruperi, adică pe traversole izolate, care nu reprezintă un pat elastic continuu, ci rezonanțe elastice separate,

întrucît reperele de rulare au de fapt reazeme pe lățimea traversei și respectiv a plăcii de prindere. Eroarea provocată de această ipoteză considerată este maximă 5% (3) .

- la calculul solicitării reperelor de rulare datorită unui sistem de sarcini, se consideră valabilă legea suprapunerii efectelor, adică eforturile unitare și deformațiile totale într-o secțiune oarecare se obțin prin însumarea eforturilor și deformațiilor datorită fiecăreia din forțe, ținându-se seamă de semnul lor.
- calculul se efectuează în ipoteza că terasamentul este corespunzător și stabil, stratul de balast are dimensiunile prescrise și că uzura tuturor elementelor nu depășește toleranțele admisibile, iar materialul rulant este în stare normală privind aparatul de rulare.
- forțele verticale se consideră în principiu aplicate în planul de simetrie al reperului de rulare ; dacă forțele sînt aplicate în afara planului de simetrie se ține seamă de excentricitatea punctului de aplicare al fiecăreia forțe.
- axia montată se consideră că nu se desprinde de reperul de rulare în timpul mersului.
- se presupune că balastul rezistă încovoierii cadrului format de reperul de rulare și traversă , nu numai în planul orizontal, ci și în plan vertical. În realitate, reperul de rulare la o anumită distanță de față și spatole roții care se rostogolește, se curbează ; la această încovoiere se opune numai greutatea proprie de frecarea traverselor de balast, adică forțe minime care de fapt nu pot împiedica cadrul aparatului de cale pe traverse să se deplaseze pe verticală.
- în calcule se neglijează greutatea proprie a aparatului de cale, a materialului mărunt de prindere și a traverselor, datorită influenței cu totul neînsemnată a greutății acestora asupra eforturilor efective preluse de materialul rulant.

- pentru determinarea eforturilor unitare în reperele de rulare ale aparatului de cale datorită sarcinilor verticale în mișcare se consideră că în reata dispusă în dreptul secțiunii care se examinează acționează sarcina maximă a convoiului, iar în rețele vecine cu aceasta acționează sarcini medii.

2.2.1. Reperul de rulare considerat grindă pe mediu elastic.

Grinzile pe mediu elastic sînt grinzi rezemate pe toată lungimea lor pe un mediu continuu și elastic, adică mediul se deformează sub sarcină și revine odată cu înălțurarea ei. Aceste grinzi se asimilează cu acelea care au un număr infinit de rezeme elastice așezate foarte aproape unele de altele (4).

Calculul grinzilor pe mediu elastic se face conform ipotezei lui Winkler, astfel :

$$p = k_1 \cdot y \quad (1)$$

în care :

- p - presiunea dintre grindă și mediul de rezemare în daN/cm^2 .
- y - săgeata grinzii în cm.
- k_1 - coeficientul caracteristic mediului de rezemare al terenului densizat și modulul terenului care reprezintă presiunea ce se produce echivalentă cu o tasare egală cu unitatea și exprimat în daN/cm^2 .

Ecuația diferențială a liniei elastice a unei grinzi de secțiune constantă situată pe un mediu elastic și supusă la sarcini ce cresc în planul principal de inerție al secțiunii ei transversale este următoarea (Fig.4.) :

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + ky = q(x) \quad (2)$$

în care :

- E - modulul de elasticitate al materialului grinzii
- I - momentul de inerție al grinzii
- $q(x)$ - sarcina distribuită pe grindă, inclusiv greutatea proprie a grinzii.

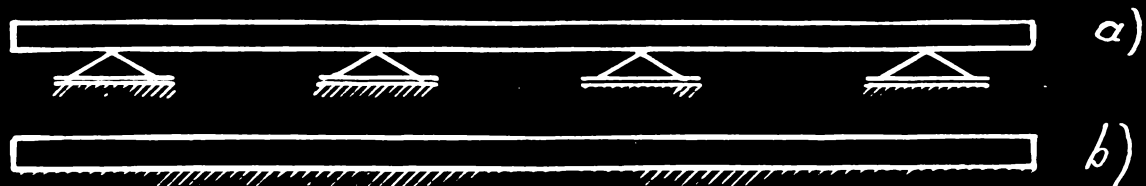


Fig. 3 - Ipotezele de calcul privind rezemarea reperelor de rulare
 a - grindă pe reazeme elastice
 b - grindă rezemată pe pat elastic continuu

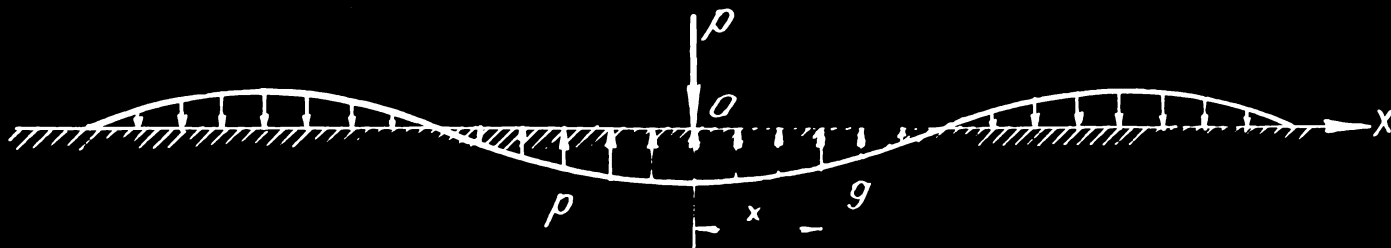


Fig. 4 - Grindă omogenă situată pe un mediu elastic supusă la sarcini ce lucrează în planul principal de inerție al secțiunii ei transversale.

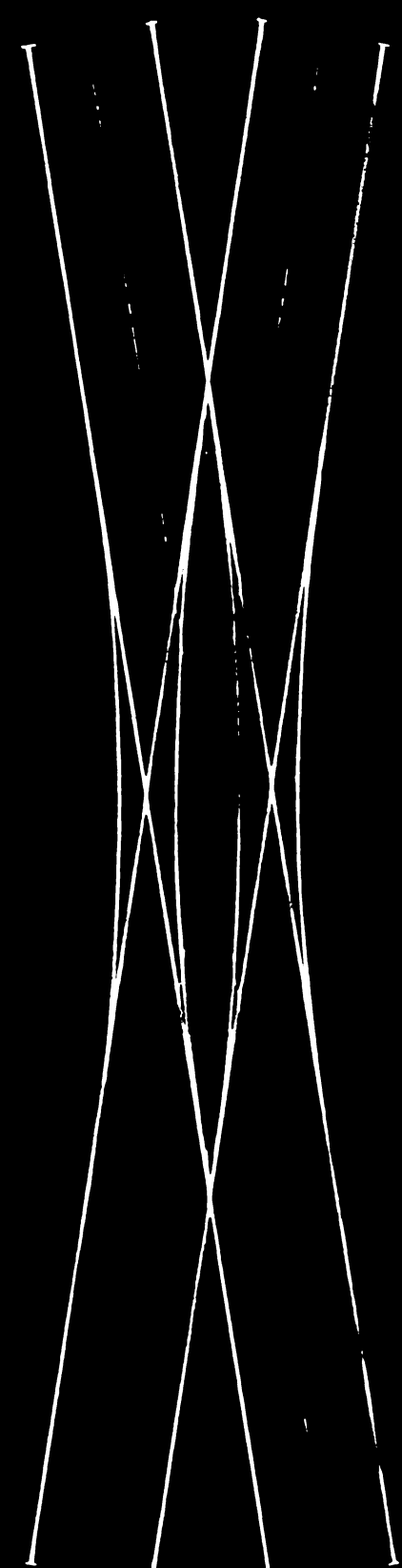
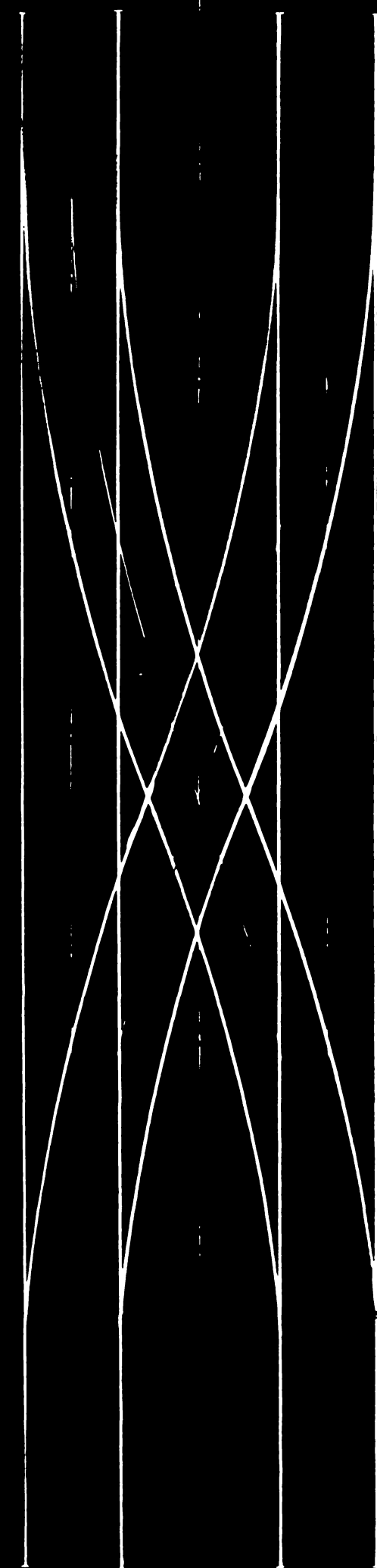
10

1000

1000

1000

1000



de sudare cap la cap prin topire intermediară și presiune a apărut și s-a dezvoltat tehnica liniei ferate fără joante.

Prin sudura cap la cap cu topire intermediară și presiune se realizează linia continuă, se suprimă ocășele și joantele obținând mari avantaje pentru circulație, cu economie de material și cu reducerea șocurilor transmise materialului rulant. Teoria care explică forțele ce intră în joc care să ofere mijlocul de a calcula temperaturile la care se produc forțele maxime a întârziat să se formuleze. Ca în numeroase alte cazuri, experiența merge înaintea teoriei, stabilește faptele, pune probleme, pe care teoria încearcă să le rezolve folosind experiența acumulată (3).

Deși, problema forțelor ce interzică neuniformității nu este încă complet lămurită și nu s-au tras încă toate concluziile teoretice care să fie confruntate cu experiența, o altă problemă a atras atenția și anume stabilitatea căii sub acțiunea acestor forțe. În adevăr, la temperaturi ridicate au apărut deformații mari care au condus la fenomenul de instabilitate. Calea a părăsit aliniamentul drept luând o formă curbă, ondulată. Pierderea de stabilitate se poate manifesta în plan vertical și orizontal determinând forma denumită " ".

În acest context al căii fără joante se înscrie și prezenta lucrare unde ipotezele de calcul sînt diferite față de calea fără joante și anume :

- calea nu este dreaptă și de lungime infinită, ci o combinație rigidă între calea dreaptă și curbă dar de lungime finită (Fig. 5.)
- legătura șinelor cu traversolele este complet rigidă
- patul de balast este un mediu elastic pînă la o anumită limită, peste care se adătează și traversolele alunecă în patul de balast.

Asupra repartizării reacțiunii balastului se admit două ipoteze :

- reacțiunile sînt distribuite continuu pe toată suprafața aparatului de cale
- reacțiunile sînt foarte concentrate aplicate în dreptul traverselor.

Forțele care se produc în cale la variațiile

de temperatură și efectele pe care acestea le produc, adică deplasarea diferitelor puncte ale șinelor sînt tratate în lucrare (3) a regretatului profesor emerit C. C. Teodorescu și lucrarea (19) a academicianului G. B. Blagi.

Caracteristic oșilor ferate este faptul că materialul rulant se învîrte datorită unui joc întors. Acest fel de înscriere (conducere) se întîlnește sub denumirea de tehnica de circulație pe calea ferată sau conducerea în coartament. La oșile ferate obișnuite se produce înscrierea în coartament prin faptul că pe oșile două șine care se distanțiază la o anumită distanță între ele, circuli materialului rulant ale oșilor roți sînt prevăzute pe partea interioară cu bandajaj (șine).

Pentru evidențierea eforturilor care se nasc la circulația pe calea ferată respectiv pe curba aparatelor de cale (pe direcția deviată) se remarcă trei poziții: intrarea în curbă, înscrierea și mișcarea pe curbă și ieșirea din curbă.

În curbă, mișcarea materialului rulant este compusă din: o translație paralelă cu axa tangentă la momentul dat și o rotație în jurul polului de rotație.

Într-o linie curentă, înscrierea materialului rulant pe aparatele de cale prezintă particularitatea că roperile de rulare nu sînt înclinare în $1/20$ cu axele verticale spre interiorul coartamentului din considerente constructive și tehnologice deosebite. În figura 7 se prezintă înscrierea materialului rulant pe contraghiul curbei a unei țevuri de cale. Se constată că pentru a ușura și a face posibilă înscrierea în curbă, contraghiilor aparatelor de cale se stabilesc anumite jocuri în funcție de valoarea razei curbei. În tabelul 1, sînt indicate elementele necesare și necesare pe contraghiu în funcție de raza curbei aparatului de cale.

Tabelul 1

Nr. crt.	Raza aparatului de cale	Jocurile ecartorului (mm)	Jghiul de rulare W (mm)	Șuruburile jacheburilor P (mm)	Șuruburile jacheburilor Q (mm)
1	500	10,2	41	8,6	$1,87 + 1,67 = 3,54$
2	375	10,2	41	8,6	$1,62 + 1,2 = 2,82$
3	214	10,2	44	11,6	$1,67 + 1,67 = 3,34$
4	100	16,2	50	11,6	$1,90 + 1,90 = 3,80$

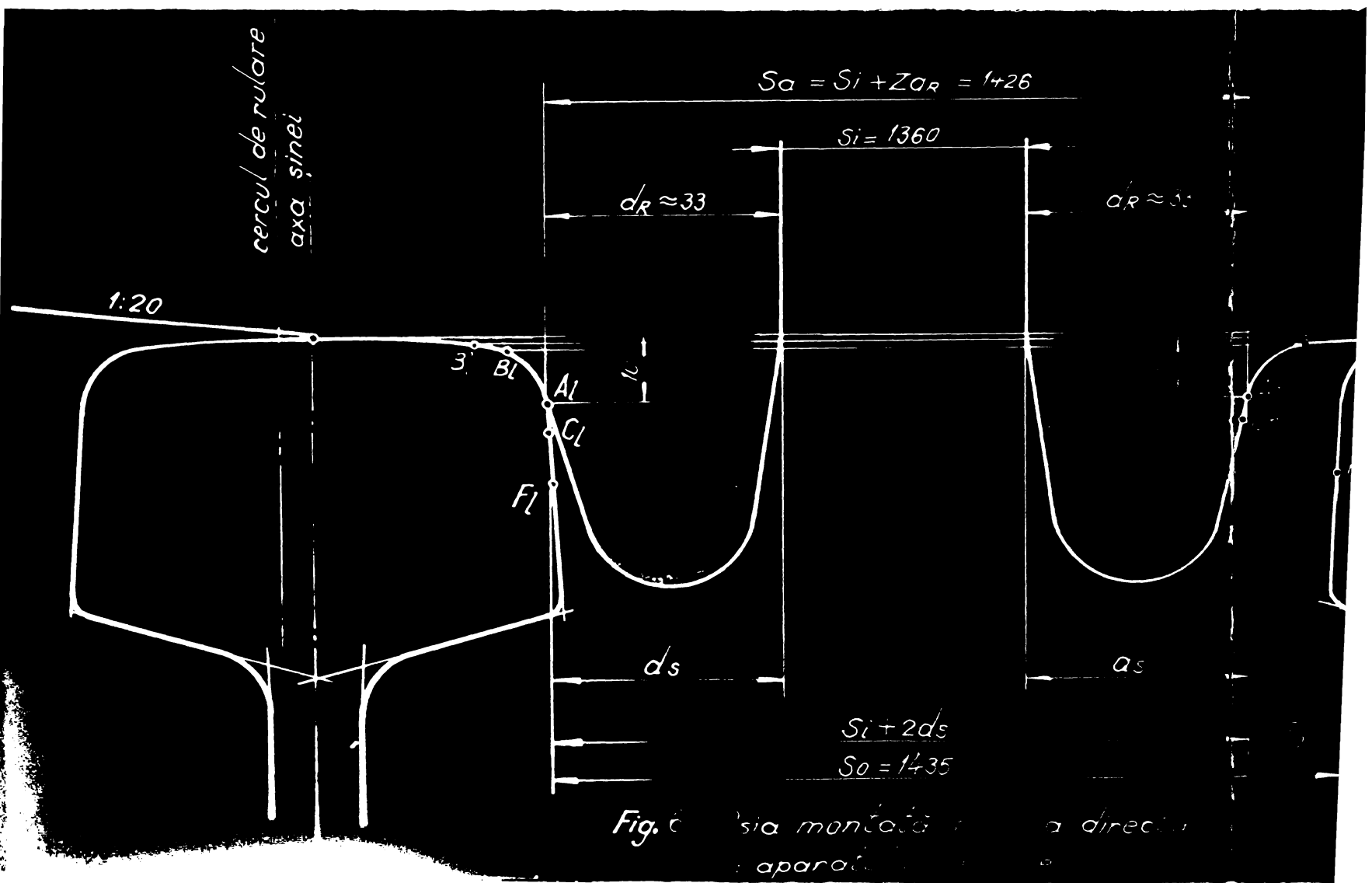


Fig. c) șia montată în direcția aparatului

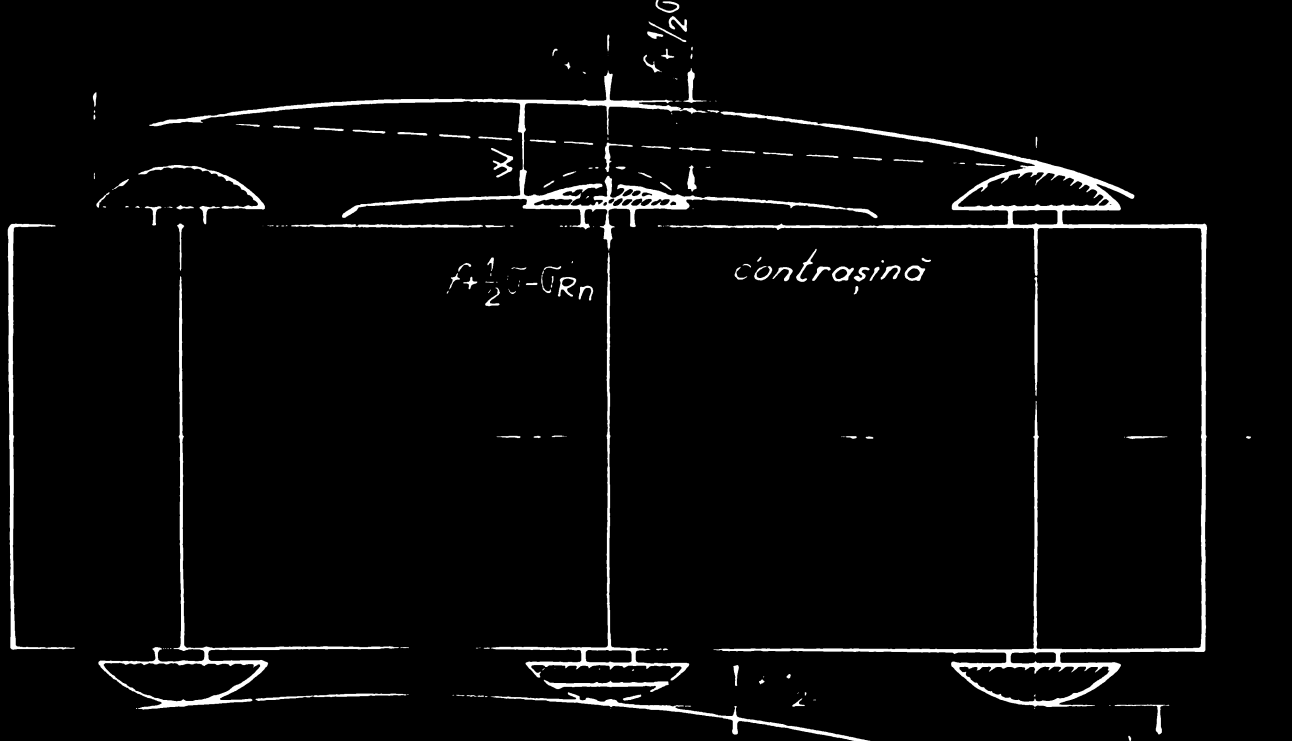
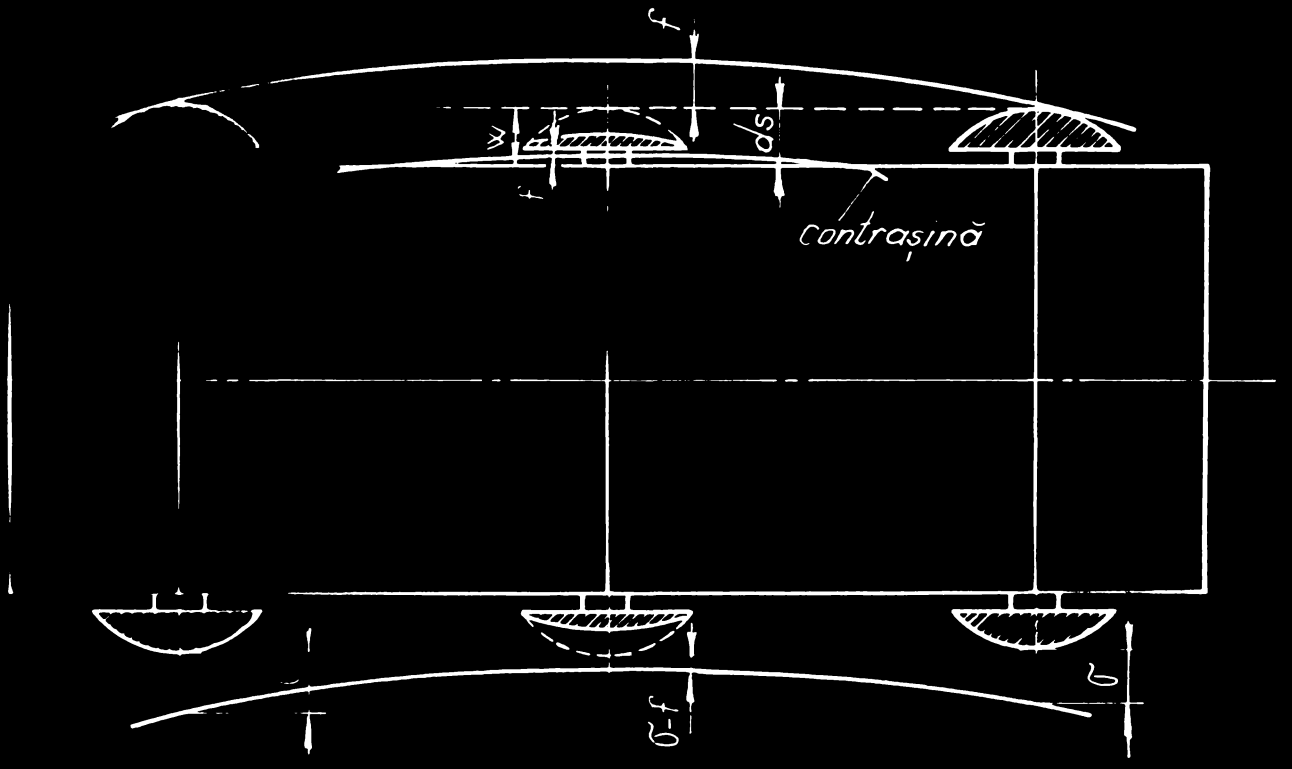
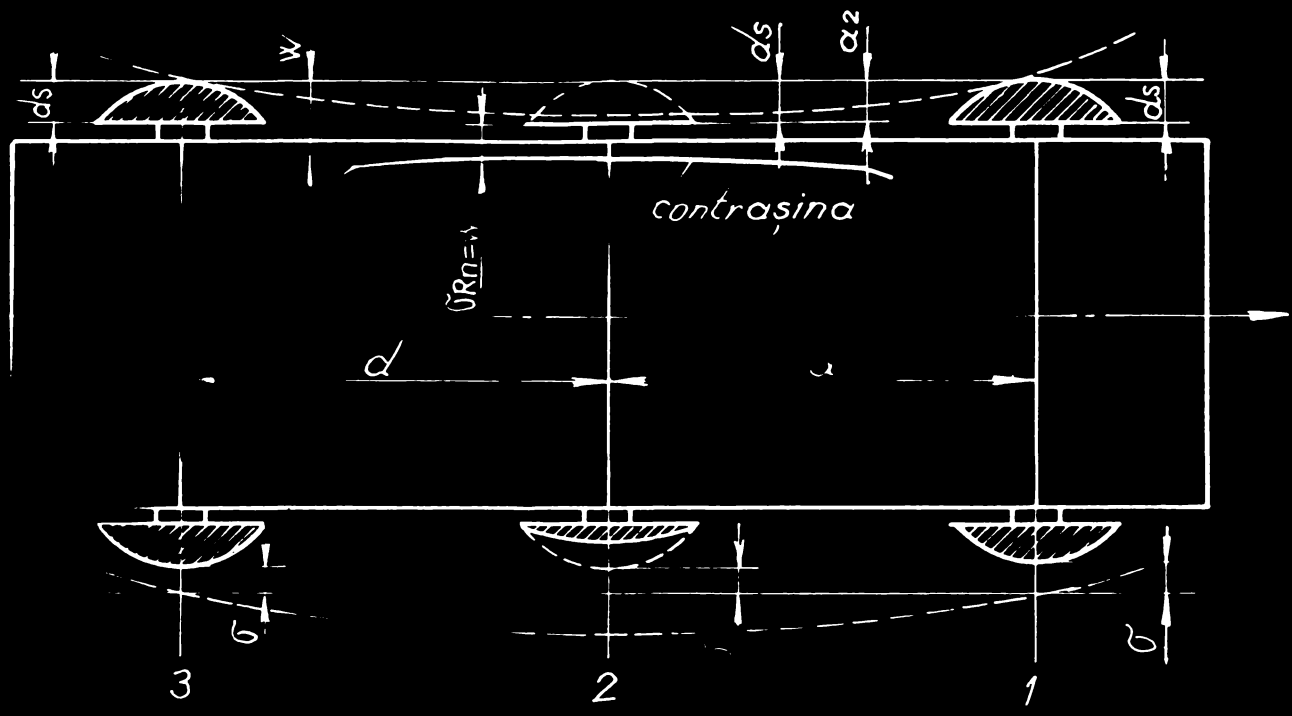


Fig. 7. Diagrama unui element de cale

Jgheburile de rulare pe aparatele de oale se clasifică astfel în funcție de condițiile geometrice de înscriere ale materialului rulant :

- W_1 - jgheab de rulare la inimile simple măsurate între vîrf și aripă
- W_2 - jgheab de rulare la contrașine măsurat între șina de rulare și contrașină
- W_3 - jgheab de rulare la inimile duble măsurat între șina aripă cotită și vîrf.

Acste tipuri de jgheaburi de rulare sînt indicate schematic pentru anumite tipuri de aparate de oale în Fig. 8.

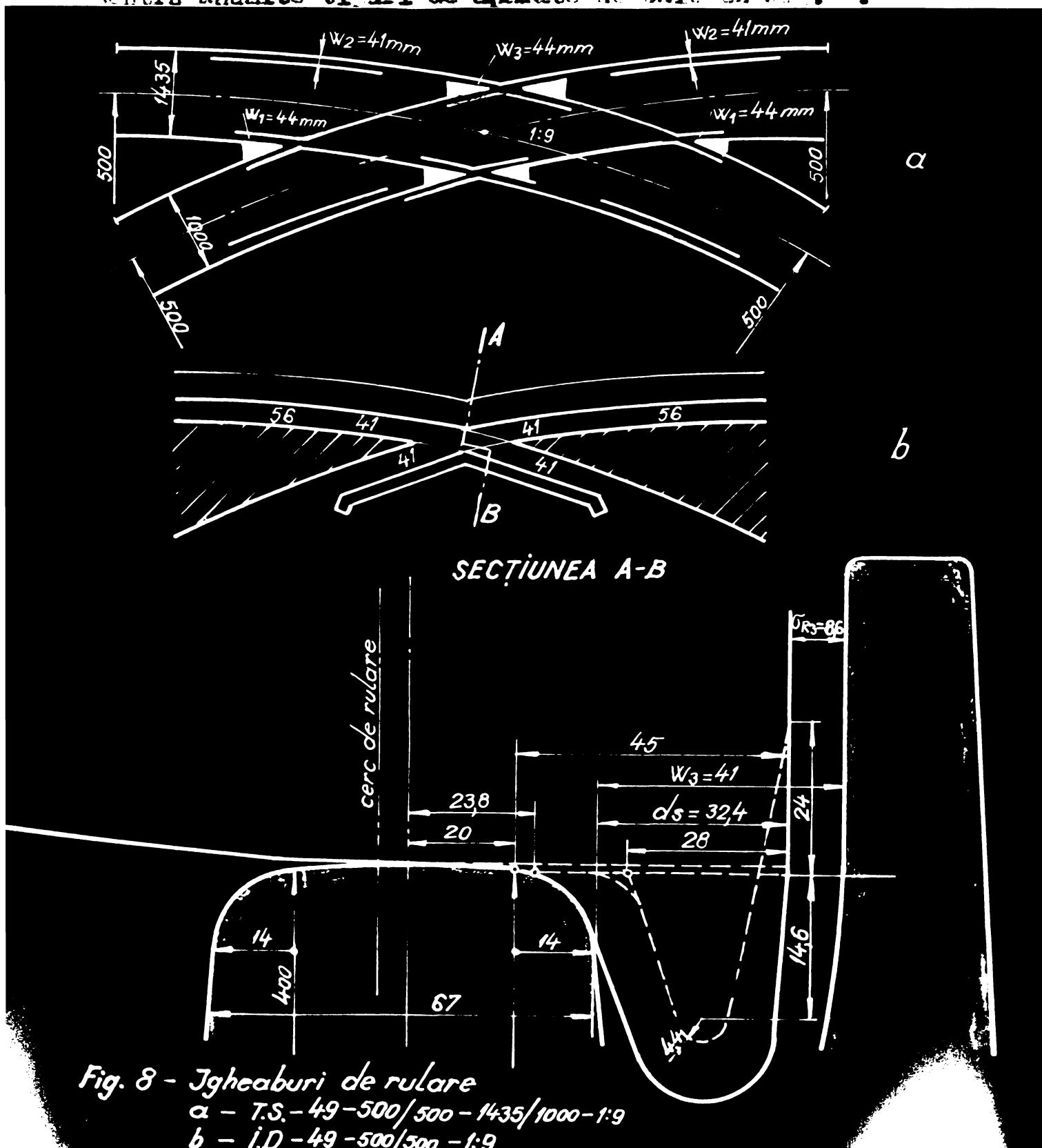


Fig. 8 - Jgheaburi de rulare
 a - T.S. - 49 - 500/500 - 1435/1000 - 1:9
 b - I.D. - 49 - 500/500 - 1:9

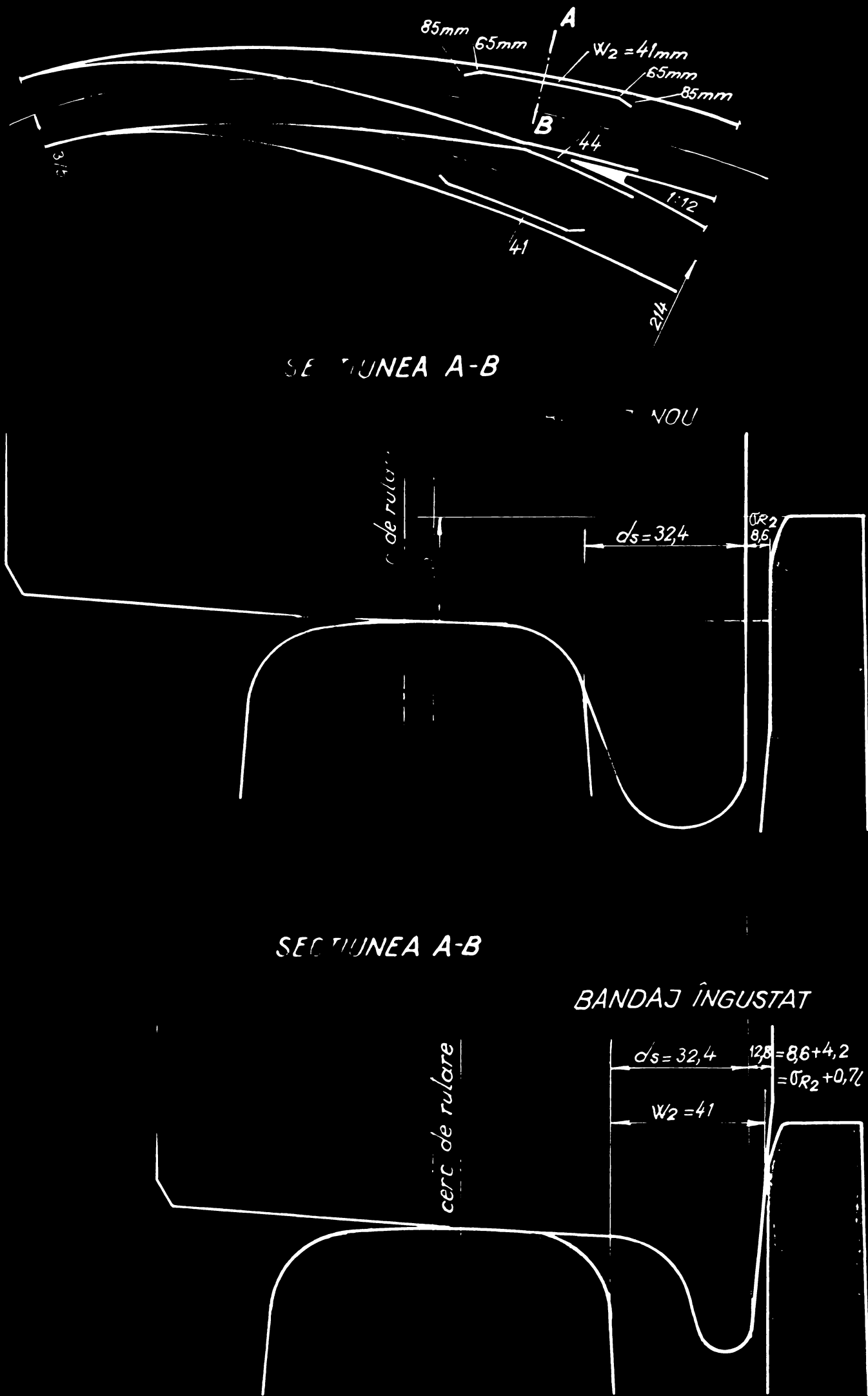


Fig. 3 - Jocul C₁ la jgheabul de rulare W₂
 la aparatul de ca. e S-49-375/214 - 1:12 - 1435

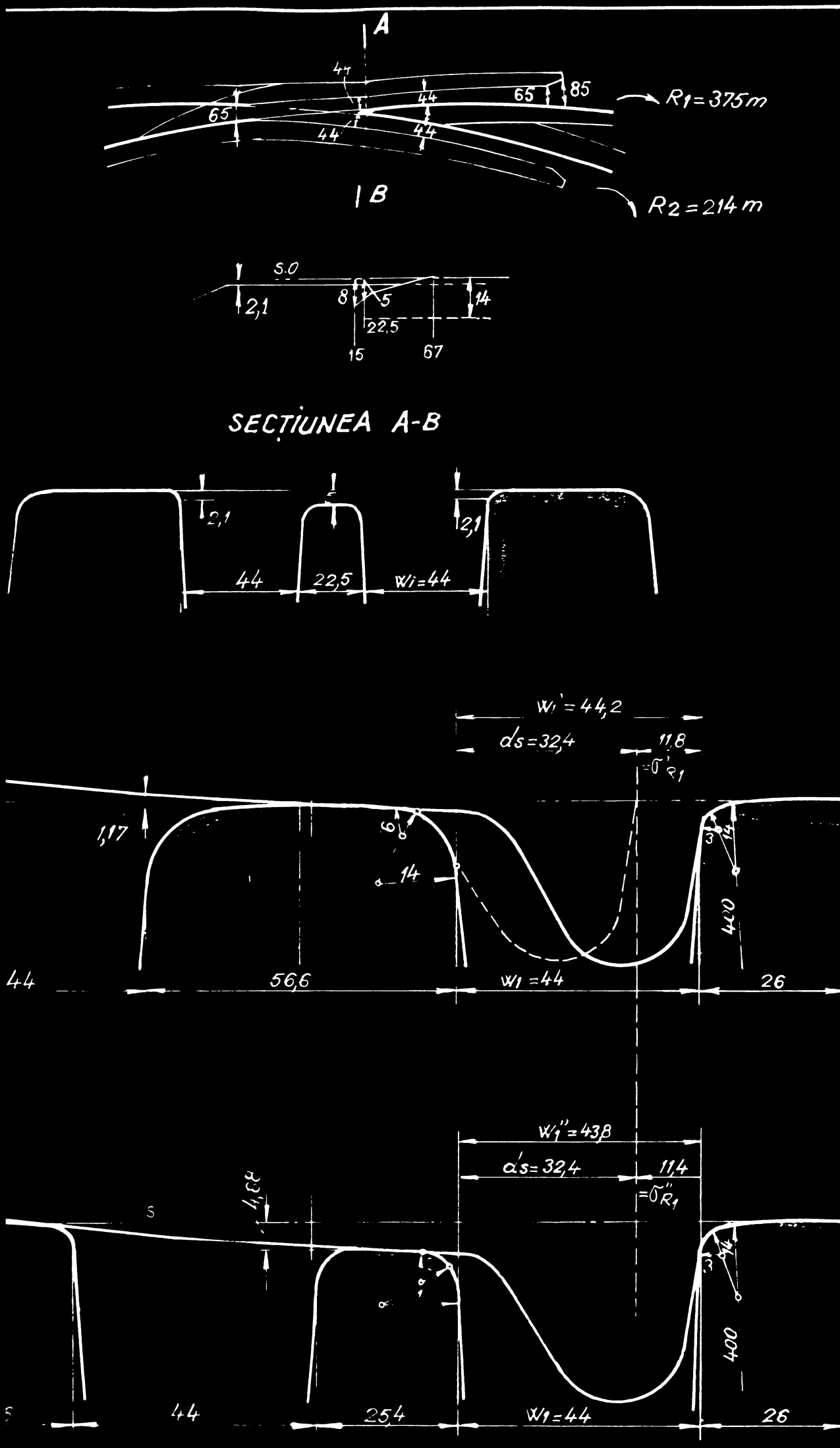


Fig. 10 - Focus R_1 pentru viza pînă a bandajului, fără uzură. - Cazul 1

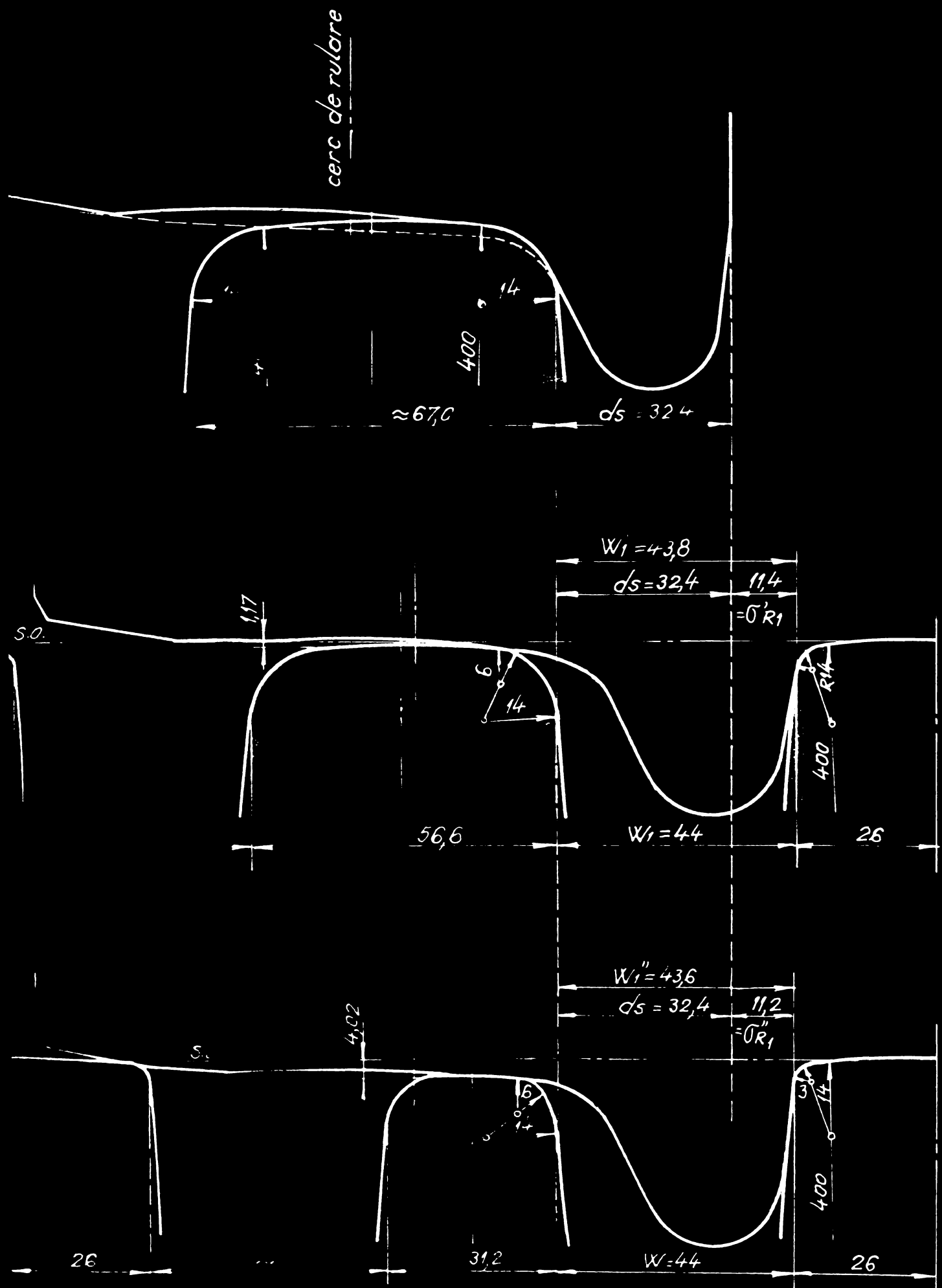
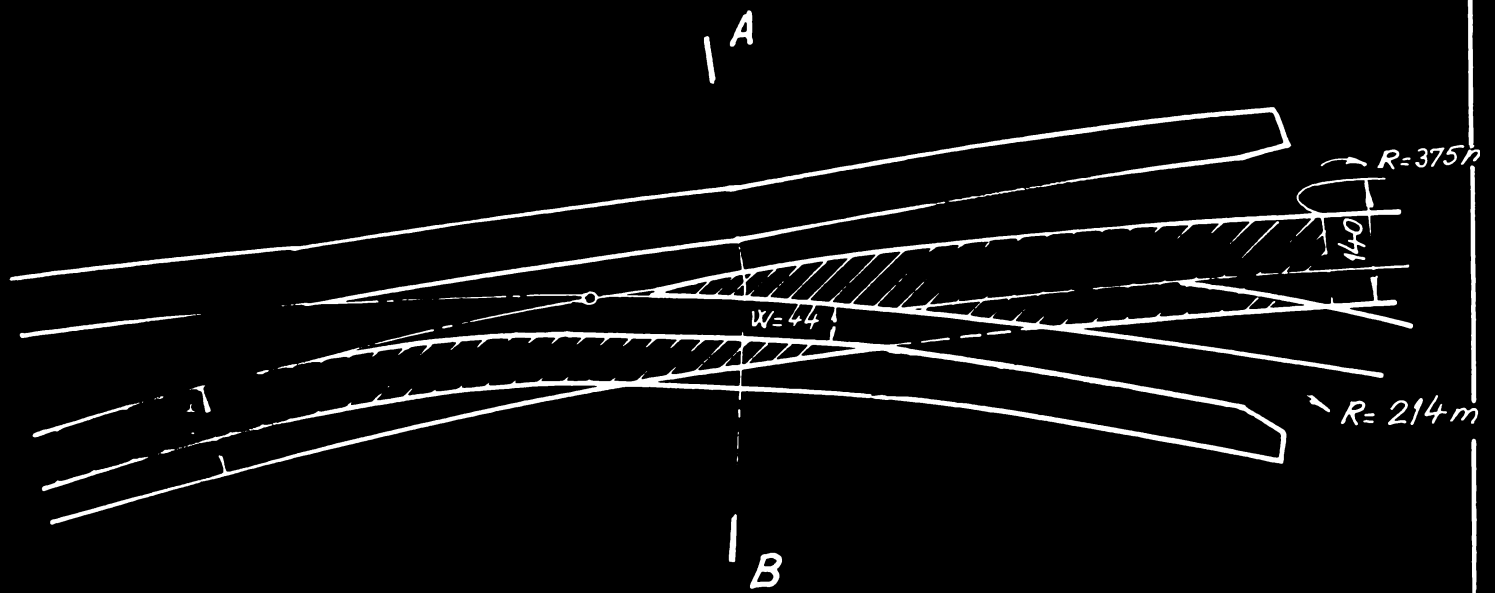


Fig. 1. Cercul R_1 pentru buza pînă a bandajului cu telere de rulare ale roții uzate. — Cazul 3



SECTIUNEA A-E

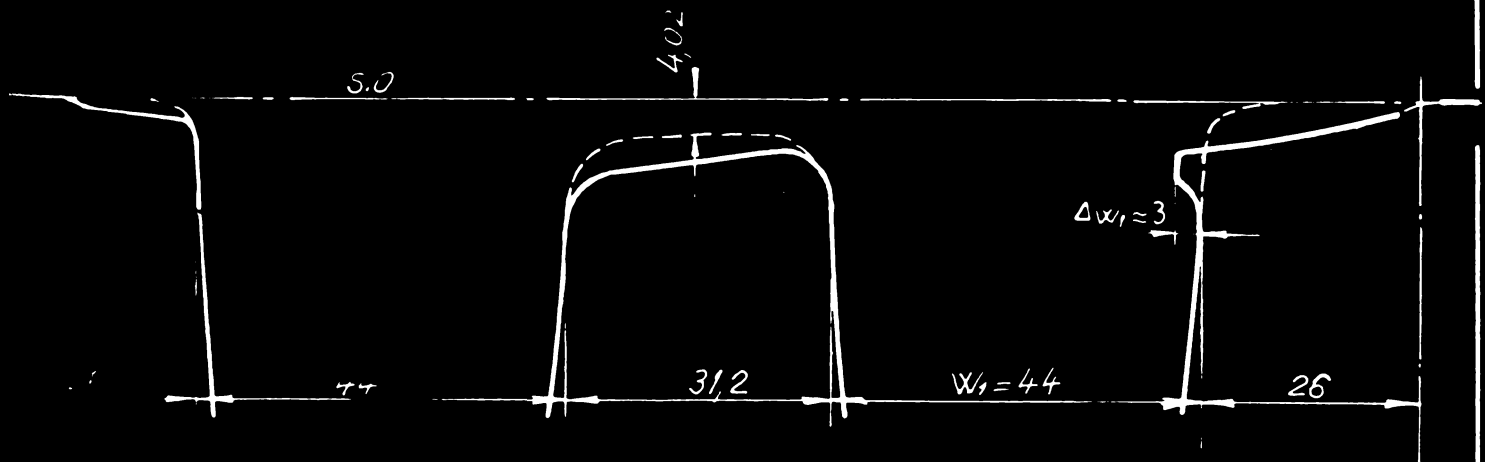


Fig. 1. Locul \bar{k}_1 pentru baza cună și
parabolului și înălțimea uzor. Cazul 4

De aceea sînt trei categorii de jocuri ale jgheabului de rulare și anume J_{R1} , J_{R2} , J_{R3} . În figurile 9, 10, sînt indicate variațiile măririi jgheaburilor și ale jocurilor acestora pentru diferitele situații de înscriere a materialului rulant pe aparatele de cale.

Se remarcă faptul că prin rulare, reperele aparatului de cale formează îndeechii în zona inimilor la jgheaburile de rulare bavuri care reduc lățimea jgheaburilor cu mărimea $\Delta W_1 = 3 \text{ mm}$. Cel mai defavorabil caz este uzura inimilor într-un singur sens și anume pe linia directă. Aceste bavuri se pot reduce prin aplicarea unui tratament termic superficial al suprafețelor de rulare al reperelor componente de la aparatul de cale (32) .

Asupra geometriei conducerii materialului rulant de aparatele de cale s-au determinat măririle jgheaburilor și jocurile acestora pentru materialul rulant din paroul C.C.R.(9) Aceste date s-au obținut din activitatea de urmărire a comportării în exploatare a aparatelor de cale.

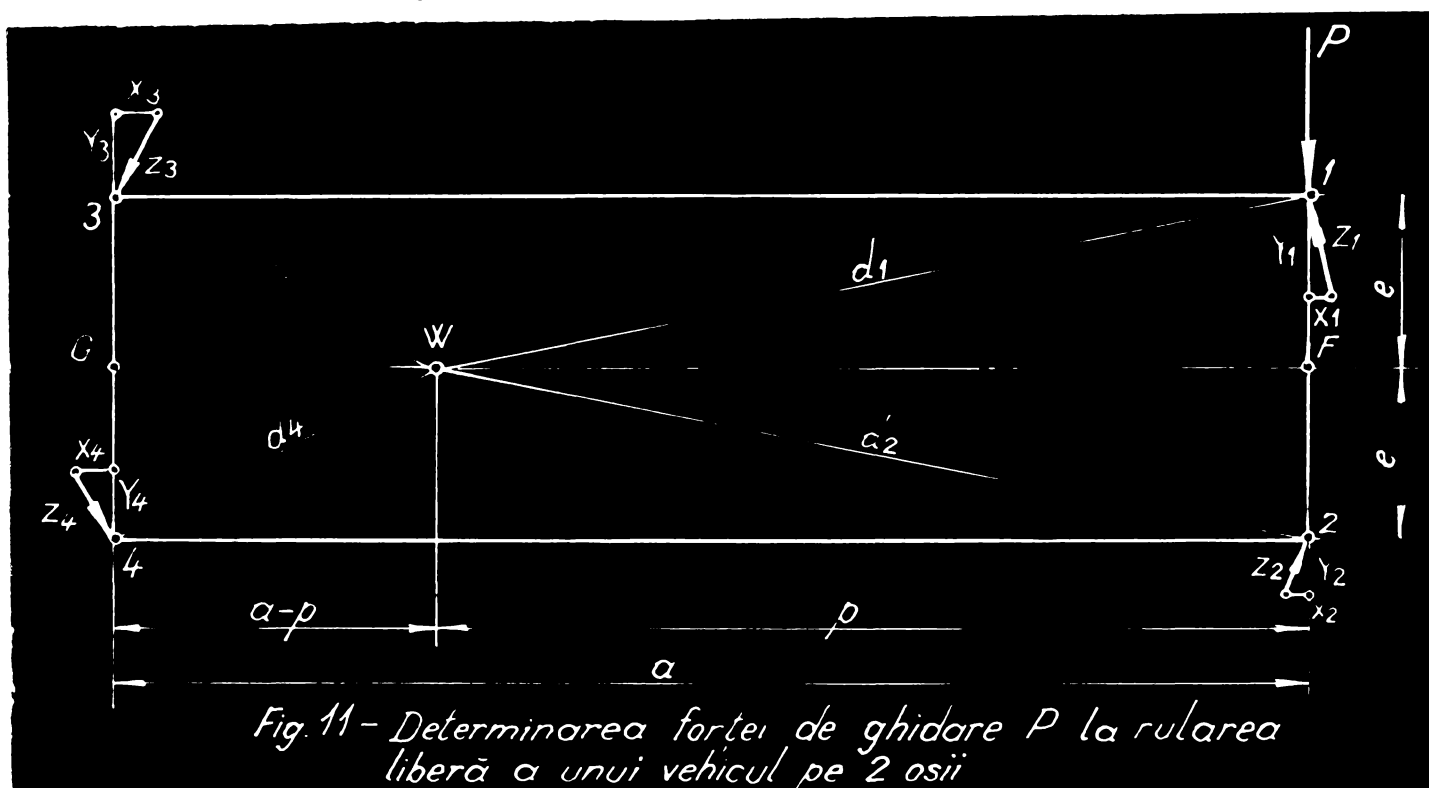
2.3.1. Forțele de ghidare care acționează asupra reperelor de rulare.

Scopul conducerii în contact este să se determine forțele care acționează între materialul rulant și reperul de rulare avînd în vedere rezistențele admisibile și siguranța contra deraierii. Materialul rulant ar circula ca un autovehicul de la sine pe un arc de cerc, dacă osiile sale ar fi dispuse radial. Cum acest fapt nu este posibil, materialul rulant este obligat să circule într-un arc de cerc ca urmare a acțiunii a cel puțin o forță de ghidare (de îndreptare) P care acționează aproximativ orizontal și radial între flancul cercului reperului de rulare și baza bandajului. Forța P depinde de următoarele măriri (Fig.11.) :

- sarcina perpendiculară pe roată
- distanța dintre cercurile de rulare ale osilor montate
- ampatamentul materialului rulant
- raza curbei aparatului de cale
- înclinarea bazei bandajului
- înclinarea bandajului roții

BIBLIOTECA POLITEHNICĂ TIMIȘOARA	
A	
I	
Vol.	337.135
Data	12 Lit. 4

- coeficientul de frecare μ pentru frecarea de alunecare dintre roată și reperul de rulare în punctul de ruginare al roții
- coeficientul de frecare μ_s pentru frecarea de alunecare dintre baza bandajului și flancul coroanei reperului de rulare la punctele de presiune ale bazei bandajului.
- caracteristicile materialului rulant și viteza de circulație



Acoste mărind se influențează reciproc în mare măsură, irezistă variații mari coeficienții de frecare precum și capacitatea de cedare a cadrului aparatului de cale; de aceea pentru forța de ghidare nu există determinată o relație funcțională de formă :

$$P = f (\dots, a, R, \mu, \mu_s, V) \quad (3)$$

Calculul forței P ar putea fi posibil numai pentru un anumit caz dat și reclami un consum ridicat de timp, iar rezultatul rămâne și atunci încă nesigur din cauza diferitelor ipoteze inevitabile. Totuși, este posibil să se determine un volum de calcul relativ redus, făcând următoarele simplificări :

- axele forțe ale ecartamentului se află situate în poziții plan și sînt rigide în direcția orizontală și verticală
- asupra coroanei acționază numai forțe orizontale și verticale
- toate forțele orizontale acționează în planul aparatului de cale

- forțele verticale au aceeași valoare la toate roțile
- forțele orizontale sînt forțe de frecare în punctele de sprijin ale roții
- forțele de ghidare acționează în punctele de îndreptare - ghidare ale roților și perpendicular pe axa vehiculului
- între flancul coroanei și buza bandaajului nu acționează forțe de frecare
- coeficientul de frecare este independent de sarcinile pe roată, de viteza de rulare și de viteza de alunecare a roții
- nu intervin forțe dinamice
- nu intervin forțe centrifuge
- asupra vehiculului nu acționează forțe exterioare în afară de forțele de ghidare

Aceste simplificări nu sînt verificate în totalitate în practică, însă pe baza acestora se ajunge la formule relativ simple, care pot da forțele de ghidare la un ordin de mărime atît de precis încît este posibilă în general o comparare corespunzătoare a diferitelor categorii de material rulant.

Rezolvarea este în majoritatea cazurilor dificilă din cauza particularităților produse de osiile care se acționează reciproc, bandaaje îngustate, dispozitive de reducere, întrucît materialul rulant și aparatolo de cale nu sînt rigide și, ca urmare a capacității de împingere laterală a osiilor se poate întîmpla ca să ruleze pe șină în poziție blocată mai mult decît două roți. În acest caz sistemul este static nedeterminat și această chestiune poate fi rezolvată prin ipoteze asupra proprietăților elastice ale materialului rulant și cadrului aparatului de cale. Forțele de ghidare devin cu atît mai mari cu cît se faflă mai multe osii aranjate în însoțirea în curbă. De exemplu, în un boghinu cu trei osii fără posibilitatea deplasării laterale se obține o forță de ghidare $F = 0,32 Q$, care se poate reduce la $0,46 Q$ introducînd jocuri laterale (70). Această metodă a început să se aplice în proiectarea axratelor de cale în sensul că în afară de dimensionarea geometrică se face și determinarea forțelor de ghidare care acționează asupra reperului de rulare (10). În aceste condiții s-a trasat diagrama forțelor de ghidare în

funcție de materialul rulant și caracteristicile aparatului de cale (fig. 12)

2.3.2. Forțele conducătoare care acționează asupra reperelor de rulare.

Proiectantului și constructorului de aparate de cale le revine sarcina să aprecieze forțele laterale pe care le prezintă reperele de rulare ale aparatului de cale. Din figura 11 se constată că forțele laterale Y intervin la fiecare roată a unei osii montate care nu este dispusă radial; în afara acestora, intervin și forțele de ghidare.

Forța orizontală totală transversală pe axa liniei care acționează asupra unui reper de rulare la o roată conducătoare este denumită forță conducătoare F .

$$F = P + Y \quad (4)$$

Dar $F < P \quad (5)$

$$F = P - \mu \frac{P}{d_1} = P - \epsilon \frac{P}{d_1} \quad (6)$$

Forțele care acționează radial spre exterior sînt considerate pozitive. Deoarece r/d_1 este egală cu unitatea, relația 6 se poate scrie :

$$F = P - \mu \cdot P \quad (7)$$

- pentru vehiculul pe două osi la rulare liberă cînd coeficientul de frecare este egal cu 0,25, se obține :

$$F = 0,588 P - 0,25 P = 0,339 P \quad (8)$$

Această forță acționează pe șina de la stură exterioară a curbei la roata 1, radial spre exterior; la șina interioară, la roata 2 acționează însă deosebita forță Y_2 . De aceea, sub prima osie, pe ambele șine de leghitură acționează forța laterală îndreptată radial spre exterior. Pentru vehiculul pe două osi se obține :

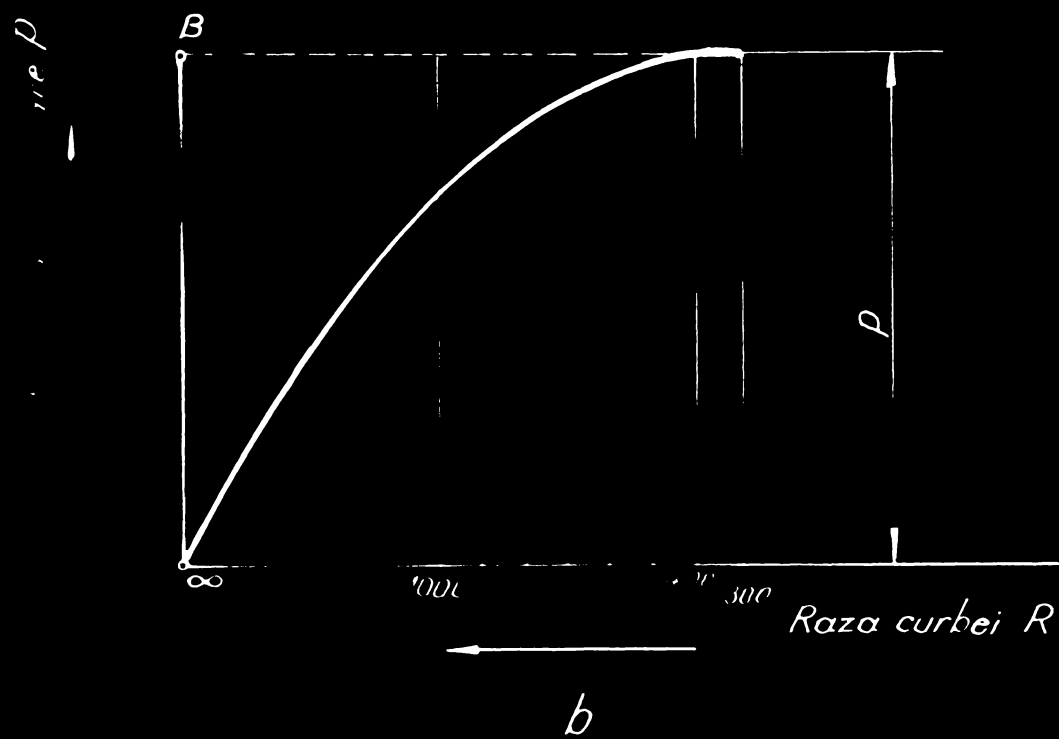
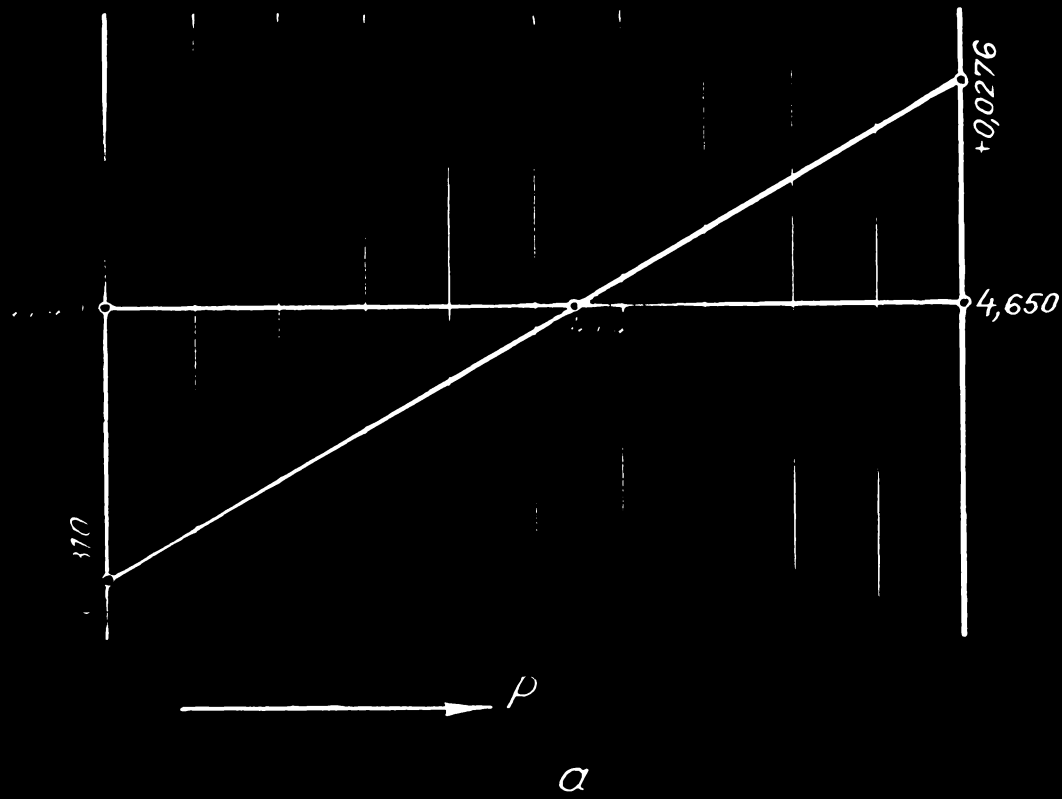


Fig. 12

- a - Rezolvarea ecuației de determinare a forței de ghidare prin încercări și interpolare lineară.
 b - Dependența forței de ghidare de raza curbei a staratului de cale.

$$G = 0,589 Q - 0,5 Q = 0,089 Q \quad (9)$$

Deci partea din forța de ghidare pe care o are de suportat șina de legătură este de aproximativ 15,3 %. În aceleași condiții se poate face calculul și în cazul rulării în diagonală.

2.3.3. Uzura reperelor de rulare ale aparatului de cale.

Tehnica circulației pe calca ferată reclamă necesitatea proiectării aparatelor de cale și a oșii în general în așa fel încât uzura reperelor de rulare și a șinei de cale ferată să fie cât mai mică. (1, 7, 8, 11, 12).

Uzura intervine la toate roțile materialului rulant între cercul de rulare și suprafața de rulare precum și la suprafața și flancul interior al fiecărui reper de rulare. Aceasta se referă în primul rând la uzura care intervine la rulara obișnuită în linie dreaptă și pe curbă și în al doilea rând la uzura suplimentară ou mult mai mare determinată de alunecarea transversală a roților care rulează în curbă; ultimul tip de uzură este mai mic cu cât unghiul de atac este mai redus. S-ar crede în primă instanță că această uzură s-ar elimina dacă toate axile vehiculului ar fi dispuse radial; normal acest caz nu poate fi posibil în construcția materialului rulant. Uzura flancului de rulare este direct proporțională cu unghiul de atac și forța de ghidare F . Se poate considera ca o unitate de măsură pentru uzura totală, produsul P . Pentru exemplificare se poate compara rulara liberă comparativ cu dispunerea în diagonală a unui vehicul cu $a = 4,5 \text{ m}$ și $Q = 10 \text{ tone}$ care rulează într-o curbă cu $R = 200 \text{ m}$. În rulara liberă roata extindează din față produce un unghi de atac :

$$\alpha = \frac{4,5}{200} = 0,0225 \text{ radian} \quad (10)$$

$$E_f = \sum (r \cdot \alpha) = 5.890 \cdot 0,0225 = 132,1 \text{ kgf}$$

la rulara în diagonală pentru un joc la ecarterment de 10 mm $F = 5370 \text{ kgf}$, $F = 5.150 \text{ kgf}$, $\alpha = 0,0135 \text{ radiani}$ și $\alpha_E = 0,00403 \text{ radiani}$.

Inlocuind se obtine :

$$= 5.370 \cdot 0,0135 + 5.150 \cdot 0,00903 = 119 \text{ kgf radian} \quad (12)$$

Dupa cum se constata valoarea la rulara libera este cu :

$$100 \frac{\epsilon_f - \epsilon_s}{117} = 15\% \quad (13)$$

mai mare ca la rulara in diagonala. De aici, se constata ca celelalte conditii fiind egale, uzura dintre roata si reperul respectiv la rulara libera este mai mare ca la rulara in diagonala.

Observatiile prezentate la cap. I si II au clarificat si pozitioneze aparatul de cale in suprastructura caili din punct de vedere al rolului functional pe de o parte, iar de de alta sa evidentieze spectrul larg de solicitari la care s-au supuse reperele de rulare. Evident, se concluzioneaza solicitari si deformatii in domeniul plastic si elastic.

Cap. III . APARATUL DE CALA DIN JANT

3.1. Conditii de realizare.

In cap.II s-au prezentat influentele care se exercita asupra jantelor caili si ale aparatului de cale asupra materialului rulant si a durabilitatii in exploatare a celor doua sisteme. Reperele de rulare ale aparatului de cale prezinta uzura prematura sub actiunea solicitarii materialului rulant, amenajata astfel la siguranta circulatiei.

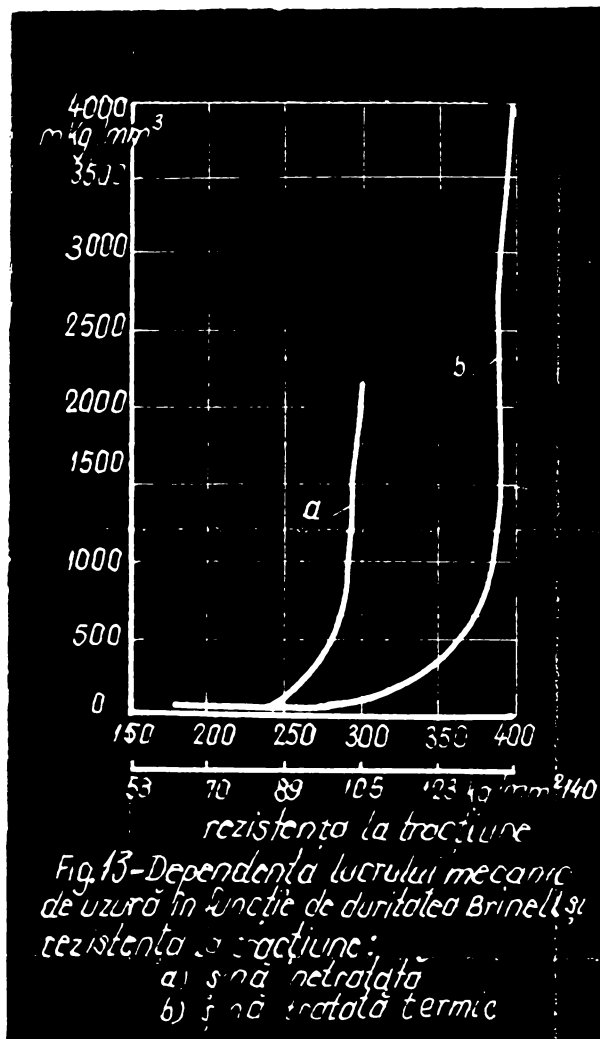
In vederea rezolvării acestei situatii, in cadrul actiunilor de modernizare a aparatelor de cale sint fara noastra , s-a intrerpus cauzarea rezistentei la uzura a reperele de rulare prin tratament termic utilizand acestora o ligaz si curentii de inalta frecventa (13, 14). Acest tratament termic se caracterizeaza comparativ cu materialul tratat termic prin urmatoarele:

- creșterea rezistenței la rupere la tensiune și reducerea alungirii

Procedeele de tratament termic prin inducție a fost vetat in țara și patentat in principalele țări industriale ca sint Japonia, U.A., Anglia, obtinând in septembrie 1971 nota de cur la Salioul Internațional de la Viena.

- Obținerea unui strat superficial îmbunătățit termic stabil în tendința de exfoliere sau smulgere sub circulație.

Evitarea acestui ultim efect se obține prin trecerea descendentă a rezistenței de rupere la tracțiune și a alungirii de la stratul îmbunătățit termic la oel de bază, deoarece în caz contrar printr-o trecere bruscă se favorizează smulgerea stratului superficial ca urmare a fenomenelor complexe care au loc în timpul rulării la contactul roată-șină, datorită forțelor indicate caș. II. În figura 13 se prezintă comparativ avantajele tratamentului termic la reperete de rulare în stare tratată termic sau netratată.



Această diagramă s-a elaborat pe baza determinării lucrului mecanic efectuat la uzură abrazivă comparativ între componentele tratate termic și netratate termic superficial.

Mărimea mecanică măsurată a fost lucrul mecanic.

3.2. Tratamentul termic superficial al reperelor de rulare.

3.2.1. Generalități.

În țara noastră sînt standardizate axarea de cale tip 40 și 49 și sînt în curs de introducere tipurile 54 (de tranziție) și 60. Caracteristicile geometrice ale secțiunilor transversale ale șinelor 40 și 49 precum și pont tipurile 54 și 60 sînt indicate în standardele și figele U7 în vigoare. După cum este cunoscut, pe reperetele de rulare ale aparatului de cale, ca și pe linia normală, se aplică tratamentul termic

INSTITUTUL POLITEHNIC
TIMIȘOARA
BIBLIOTECA CENTRALĂ

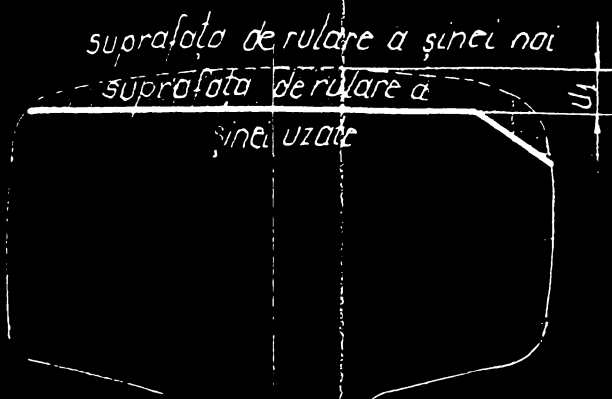


Fig. 14 - Secțiune transversală prin șină cu uzură verticală

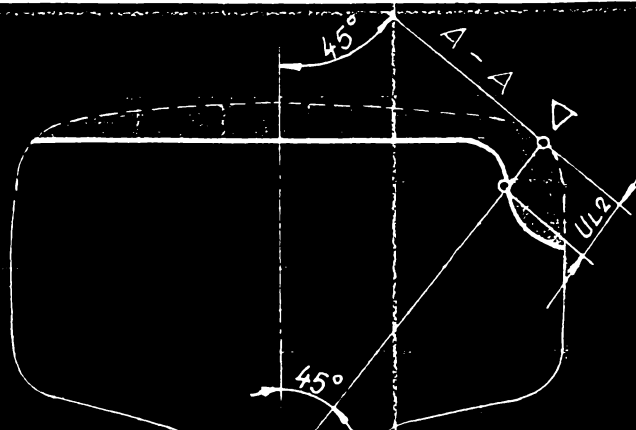


Fig. 15 - Secțiune transversală prin șină cu uzură verticală și uzură laterală (UL_2)

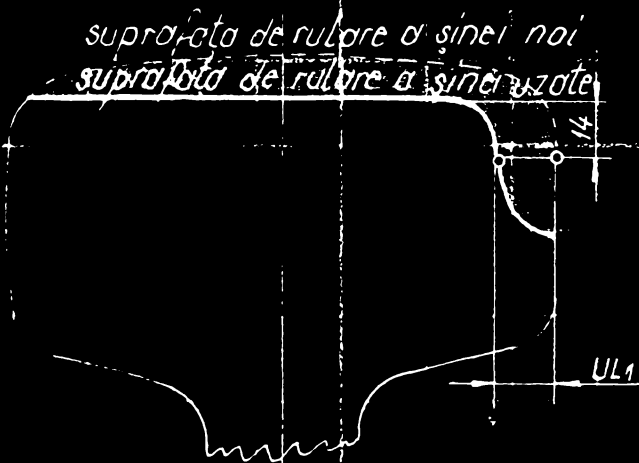


Fig. 16 - Secțiune transversală prin șină cu uzură verticală și cu uzură laterală (UL_1)



Fig. 17 - Secțiune transversală prin șină cu uzură verticală și cu uzură laterală (UL)



Fig. 18 - Măsurarea lungimii căii la șină nouă și la șină uzată

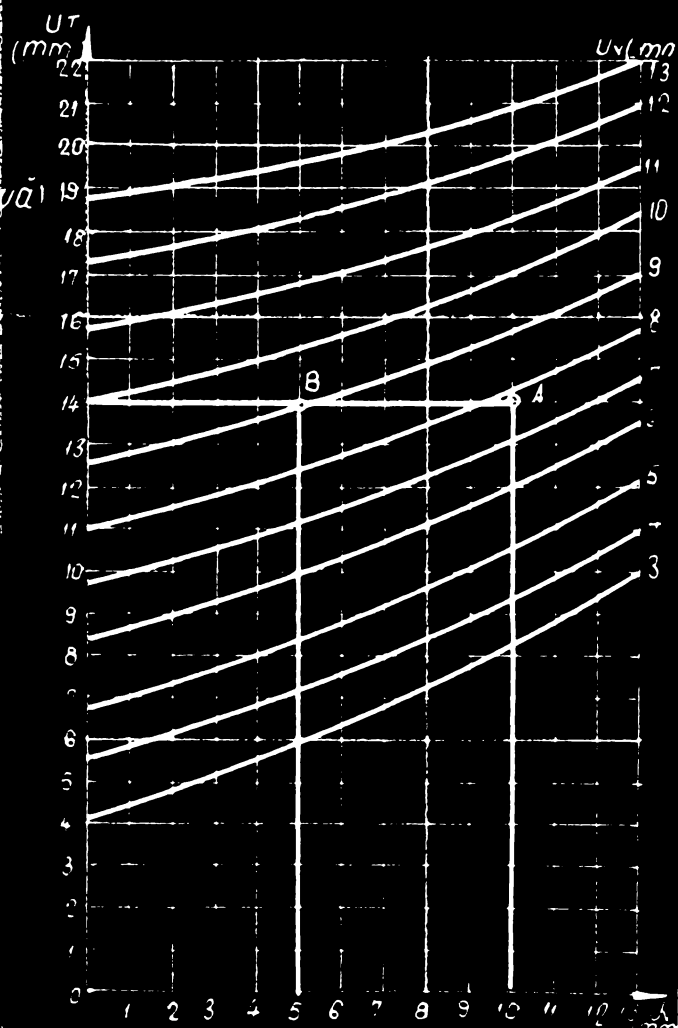


Fig. 19 - Ecuația dintre derechile de uzură și UL la uzură totală admisă a șinei și de rulare

produceo uzura prezunțată a cercanai pe suprafața de rulare și respectiv pe fața laterală activă; cînd uzura cercanai întrece limitele admise, reperul de rulare respectiv trebuie înlocuit. De asemenea, prin producerea uzurii feței laterale active a cercanai, are loc creșterea lărginii ocortamentului. Uzura cercanai este exprinsă prin uzura verticală (U_v) care reprezintă (fig. 14) distanța măsurată în lungul axei de simetrie a reperului de rulare nouzat, între suprafețele de rulare ale șinei noi și suprafața de rulare a șinei uzate (71.).

Alte măriri care caracterizează uzura cercanai sînt următoarele :

- uzura laterală (U_{L2}) care reprezintă (fig. 15) distanța măsurată pe direcția $\Delta-\Delta$ între profilul inițial și cel uzat al șinei.
- distanța dintre profilul inițial și cel uzat al cercanai șinei măsurată în lungul unei drepte paralele cu suprafața de rulare a șinei uzate și care este situată la 14 mm. sub această suprafață (U_{L1}) (fig. 16)
- prin distanța dintre profilul inițial și cel uzat al cercanai șinei măsurată pe dreapta paralelă cu planul tangent comun la suprafețele de rulare ale celor două șine uzate, situată la 14 mm sub acest plan (U_L) (fig. 17) .

Dacă se admite că suprafața de rulare a cercanai șinei uzată este situată într-un plan paralel cu talpa șinei și că profilul feței paralele corespunde profilului bandajului nou, atunci este suficient ca pentru caracterizarea uzurii cercanai șinei să fie cunoscute uzura verticală U_v și uzura în cele trei forme de exprimare a uzurii laterale prezentate mai sus U_{L1} , U_{L2} , U_L . Avînd în vedere că distanța U reprezintă în cazul uzurilor verticale U_v egale la cele două fire de șină din același profil transversal precum și cantitățile care se reduc sau măresc lărgimea căii la stabilirea elementelor geometrice ale secțiunilor transversale prin șină, avînd diferite grade de uzură, s-a preferat raportarea acestora la perechea de valori U_v și U_L .

Momentele de inerție I_x și I_y pentru uzura verticală U_v variază aproximativ liniar cu uzura laterală U_L . Dacă uzura normală U_T se limitează la 14 mm pentru fiecare reper de rulare se pot prezenta pentru situațiile cînd U_L este egal cu 13 mm, că aria secțiunii transversale a șinelor de lațtură -

se reduce cu cea. 10% față de aria secțiunii neuzate, momentul de inerție I_x se reduce cu cea. 17,5%, momentul de inerție I_y cu 10% față de valorile inițiale. Neluând în considerație faptul că verticalele care trec prin punctele de măsurare N și N_1 (Fig. 18) sînt decalate între ele atunci, reperul de rulare care are perechile de valori U_v și U_L în afara dreptunghiului determinat de axele de coordonate și dreptele U_T egal cu 14 mm și U_L egal cu 10 mm, trebuie să fie scos din cale cînd $U_T > 14$ mm sau necesită corectarea lărgimii căii cînd $U_T < 14$ mm. În Fig. 19 se prezintă legătura dintre perechile de valori U_T și U_L raportată la uzura totală admisă pentru reperele de rulare ale aparatului de cale. Uzura reperele de rulare reprezintă un parametru determinat în exploatare fiind direct proporțional cu presiunea de contact. (30, 31)

fenomenul de frecare la interacțiunea roată-sină este caracterizat prin rostogolire, alunecare și șoc; se poate aprecia că este o frecare mixtă semiuscă. Aceste forțe de frecare sînt determinate de forțele de coeziune moleculară ale pieselor în contact, care produce o distrugere a suprafețelor respective. Procașea internă ce rezultă în urma deformării la șoc depinde de amplitudine, fiind considerat ca un fenomen anelastice (15.).

Frecarea internă în metale este mult influențată de deformarea plastică. Mecanismele sînt foarte complexe și depind de mai multe variabile, cum sînt: mărimea deformării plastice, metoda prin care se produce deformarea metalului, puritatea acestuia, frecvența vibrației și timpul ce se scurge între deformare plastică și măsurarea frecării interne (3, 37).

Teoria dezvoltată ^{de} Neohler, Granate și Luchio presupune că frecarea internă ce depinde de amplitudine este determinată de un histeresis tensiune - deformație specifică, care apare datorită ireversibilității fenomenului de sculșore a liniilor de dislocație din barierele alcătuite de către impurități. O capacitate de amortizare ridicată prezintă o importanță categorică pentru reperele de rulare ale aparatului de cale, întrucît limitează amplitudinea vibrațiilor la rezonanță, reducînd astfel posibilitatea ruperii prin oboseală. În cazul reperele de rulare de la aparatul de cale apare uzura prin oboseală (ciuvituri) caracterizate sub denumirea de "pitting".

Din cercetările întreprinse în diferite țări (16) privind mărirea rezistenței la uzură și obosală a reperelor de rulare, rezultă că cele mai recomandate soluții sînt următoarele:

- tratamentul termic superficial
- utilizarea oțelurilor de calitate cu elemente de aliere corespunzătoare

3.2.2. Tratamentele termice superficiale ale reperelor de rulare.

În întreprinderea de Aparate Cale Duzau a fost realizată o instalație de tratament termic superficial a reperelor de rulare de la aparatul de cale. În privința soluției constructive a instalației s-a ales varianta cu piesă mobilă și dispozitiv de încălzire fix (Fig. 20).

Pe baza rezultatelor obținute cu această instalație s-a stabilit că pentru un anumit reper de rulare există o relație între următorii parametri :

- viteza de deplasare a piesei
- temperatura medie a cuptorului de preîncălzire
- amestecul de aer-apă la răcire
- temperatura sistemului de încălzire pentru atingerea stării de transformare
- timpul pentru revenire

Împrietățile mecanice și chimice ale reperelor de rulare de la aparatul de cale sînt reglementate de norme internaționale și indicate în tabelul 2

TABELUL 2

Tipul coborîșilor nume internațional	Rezistența de rupere la tracțiune kg. mm ²	σ	δ_5	Mn %	S_{max} %	S_{max} %
UIC 860 V	70 - 85	0,40 - 0,55	$\leq 0,35$	0,80 - 1,20	0,05	0,05
DTL 918254 BL2	80 - 95	0,45 - 0,63	0,10 - 0,50	0,80 - 1,30	0,05	0,05
UIC 860 VA	≥ 90	0,60 - 0,75	$\leq 0,50$	1,30	0,05	0,05
UIC 860 VB	≥ 90	0,50 - 0,65	$\leq 0,50$	1,70	0,05	0,05
UIC 860 VC	≥ 90	0,45 - 0,60	$\leq 0,50$	1,70 - 2,10	0,03	0,03

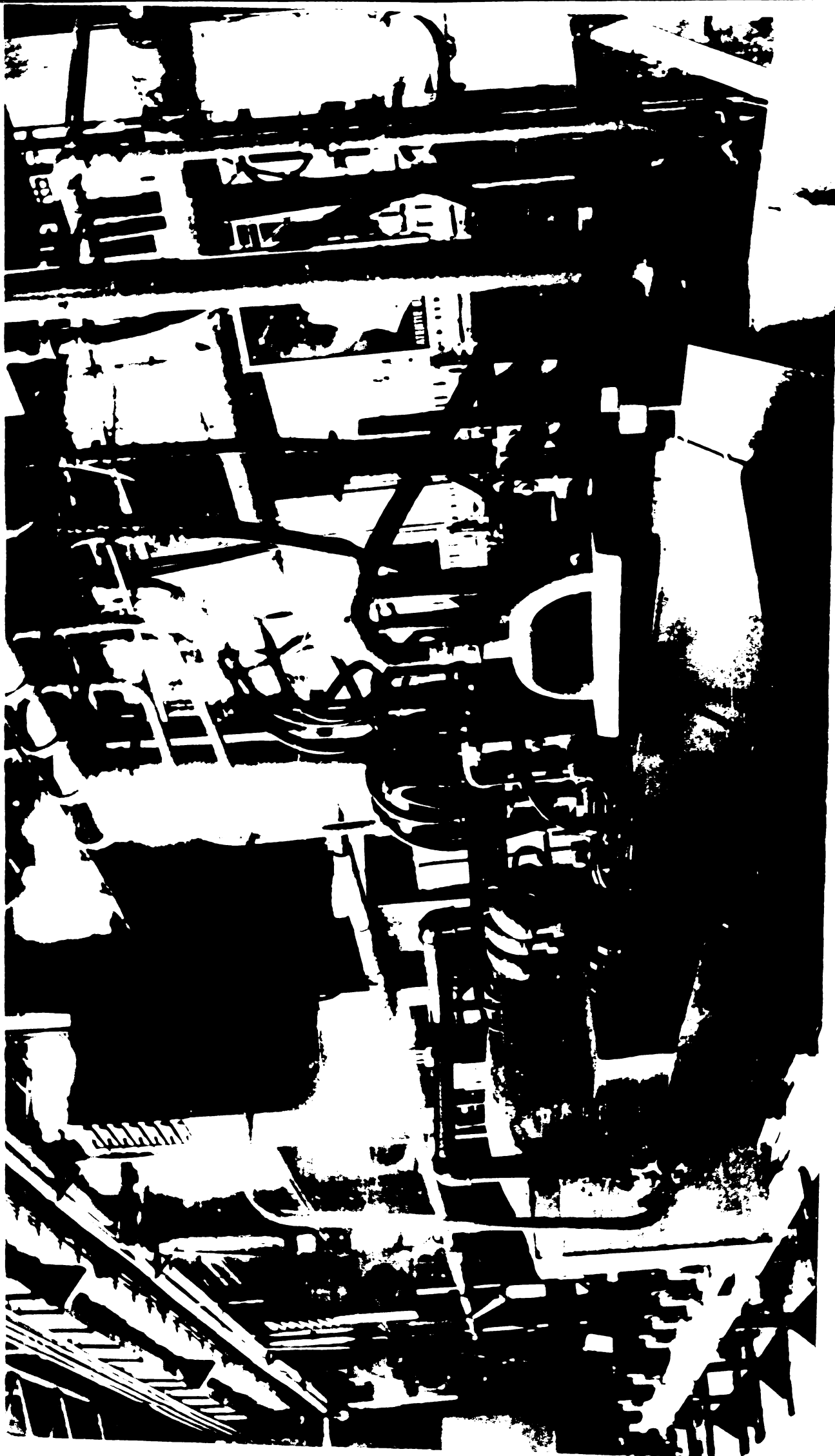


Fig. 20 - Instalatia de tratament termic superficial.

Cu toate caracteristicile mecanice care prezintă valori ridicate pentru oțelul utilizat la execuția reperului de cale, datorită condițiilor specifice din exploatare apar uzuri intense care pot fi atribuite unei limite de curgere reduse. În țara noastră, rep rolo de rulare se elaborează conform calității U.I.C. 8:0 V din tabelul 2.. Determinante pentru rezultatul corespunzător în urma aplicării tratamentului termic superficial sînt variațiile de temperatură ale procedurii tehnologice, respectiv curba caracteristică de oălibilitarea oțelului. (Fig.21, 21a, 21b, 21c). Ca temperatură de austenitizare, se consideră temperatura corespunzătoare obținerii adîncimii maxime de oălire fără să se determine o supraoălire la 900°C . Timpul critic de răcire măsurat pînă la 500°C este mai mare cu 2 secunde, duritatea martensitei fiind de $H_V = 430 \text{ kgf/mm}^2$. Temperatura la începerea formării martensitei este de 290°C . Transformarea completă ferito-perlitică se realizează la procesul de răcire sub temperatura de 500°C după 12 secunde. Duritatea scade cu reducerea vitezei de răcire de la $H_V = 330$ la 210 kgf/mm^2 . Ferita pre-austenitică se separă la un proces de răcire care este obținut după 4 secunde de la temperatură de 500°C . În fig. 21 a se prezintă procesul de răcire la distanțele frontale de 2, 10, 20, 35 și 80 mm în adîncime .

În fig. 22 se prezintă variația în timp a procesului de încălzire și răcire a coroanei reperelor de rulare în trei puncte amplasate pe verticală pe axa de simetrie a acestora. Pentru obținerea acestei variații, coroana reperului de rulare a fost acoperită de o rețea de măsurarea durității în cea. 100 de puncte; unind punctele cu aceeași duritate s-au obținut curbele din fig. 22 în cazul unei răcirii continue pînă la 180°C . Din fig. 22 se constată următoarele :

- peste duritatea $H_V - 5 = 700 \text{ kgf/mm}^2$, s-au obținut valori individuale pînă la duritatea $H_V-5 = 750 \text{ kgf/mm}^2$ care corespunde unei zone de carburare .
- linia durității $H_V-5 = 700 \text{ kgf/mm}^2$ este determinată de efectul răcirii rapide ; structura metalografică conține cea. 93% martensită, 3% structură intermediară de trecere, 3% perlită și maxim 1% ferită.
- linia durității $H_V-5 = 350 \text{ kgf/mm}^2$ indică următoarea structură : cea. 10% structură intermediară de trecere cea.85%perlită și 5% ferită

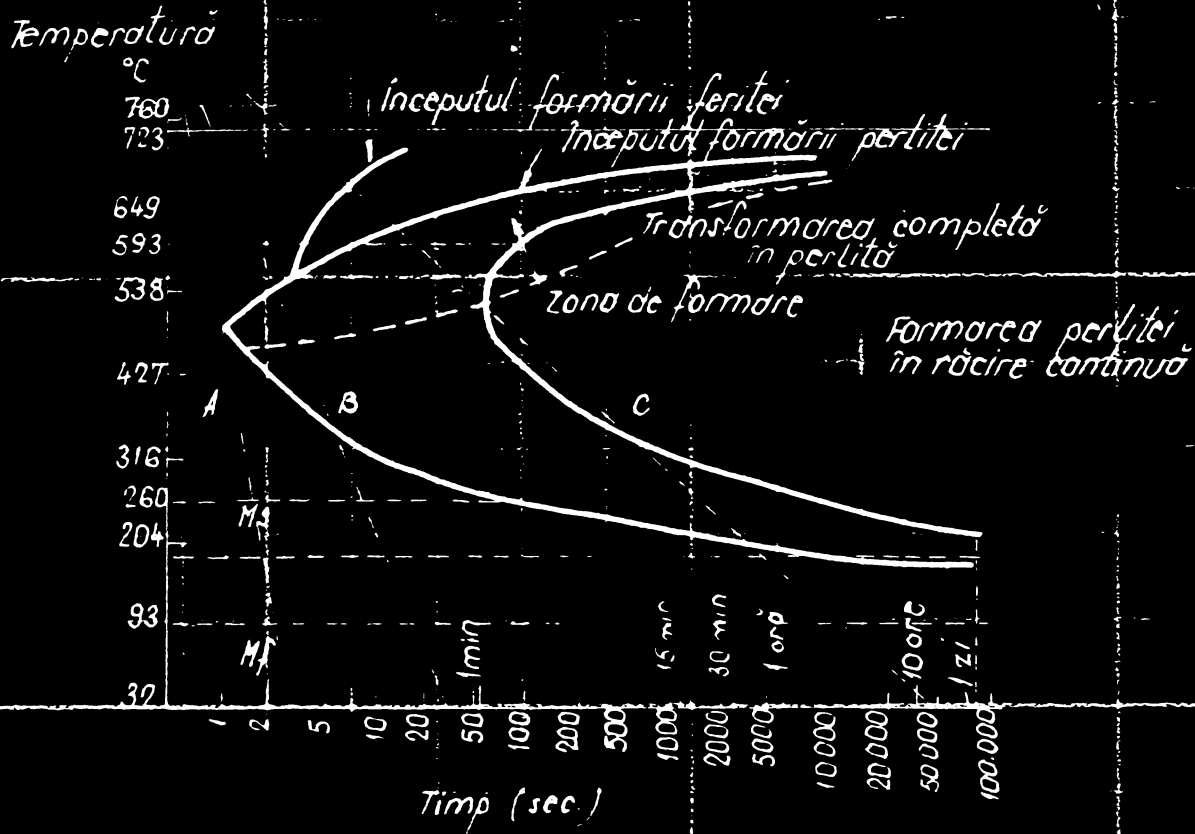


Fig.21 - Diafragmele TTT pentru otelul calitativ UIC-860V de transformare izotermă și răcire continuă. A, B și C - Linii de răcire cu viteze variabile suprapuse pe diafragmele TTT.

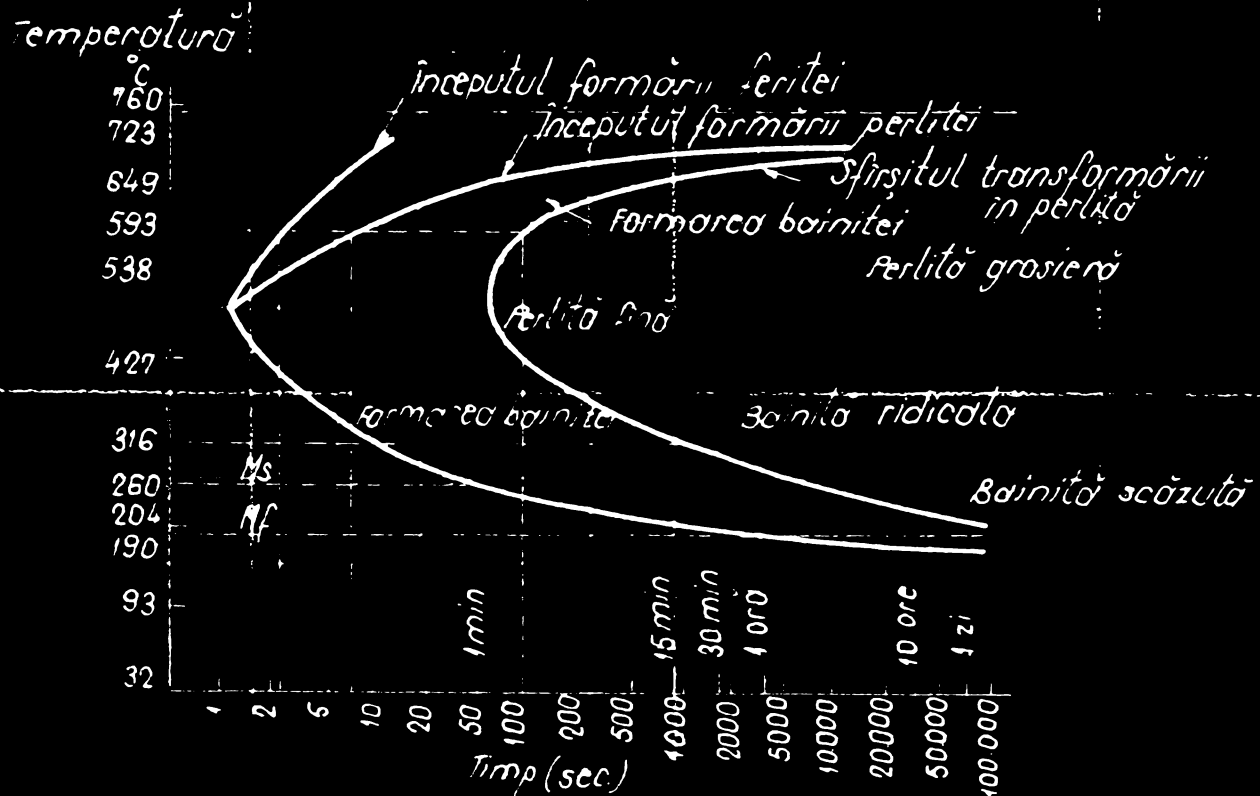


Fig.21 - Diaograma TTT pentru otelul calitativ UIC-860V cu exemple de structuri obținute prin răcire rapidă și menținere la diferite temperaturi.

Ms - începutul formării martensitei
Mf - sfârșitul formării martensitei

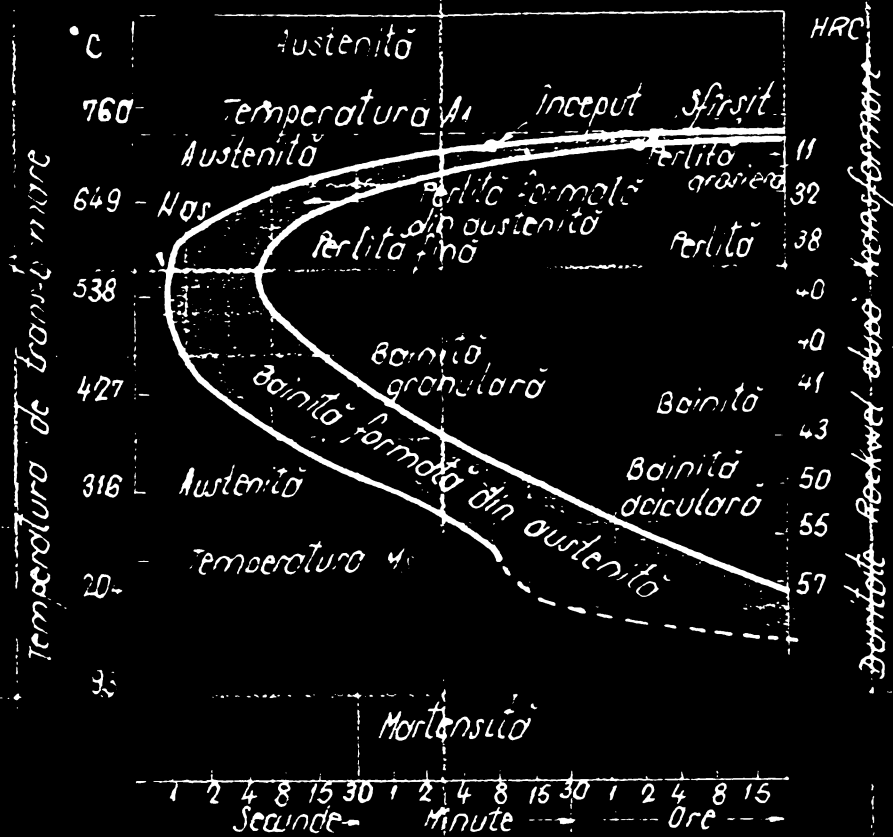


Fig. 21^a Diagrama de transformare izotermică pentru descompunerea austenitei într-un oțel-carbon eutectoid.

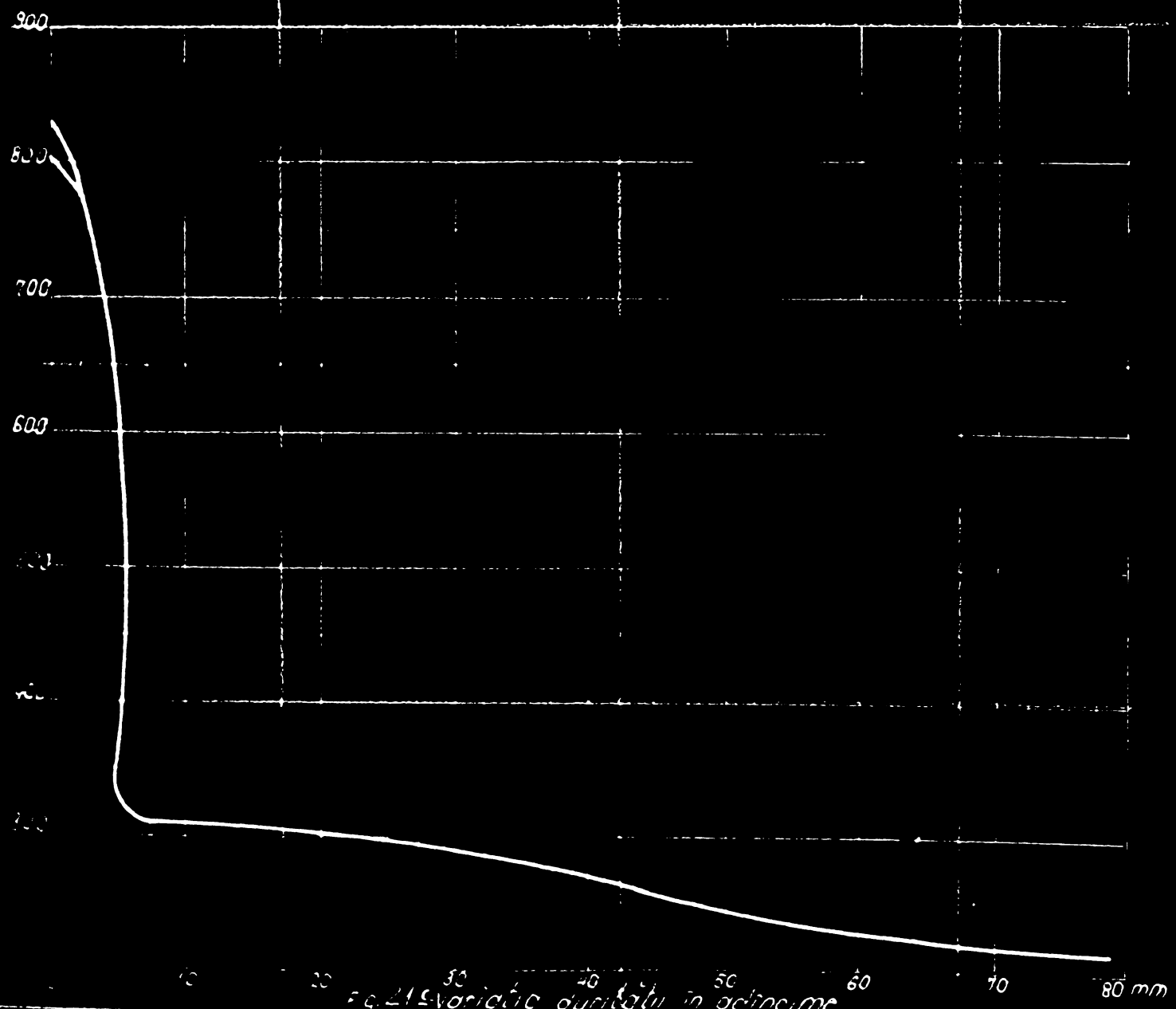


Fig. 21^b Variația durității în acinișme



Fig. 22 - Variația în timp a procesului de încălzire și răcire determinată cu pirometre încoștrate în cele 3 puncte (a; b; c).

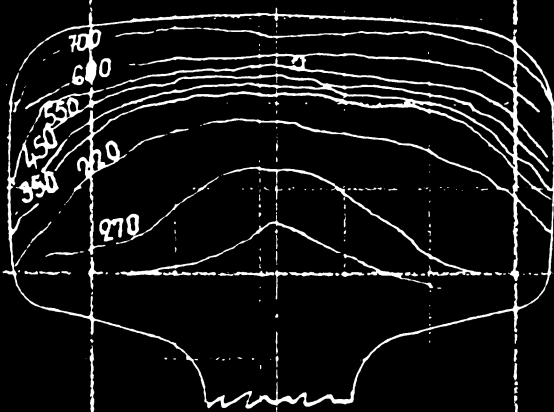


Fig. 23 - Variația duntății Hv5 de secțiunea transversală a coroanei tratată termic superficial în cazul unei răcirii continue la 150°

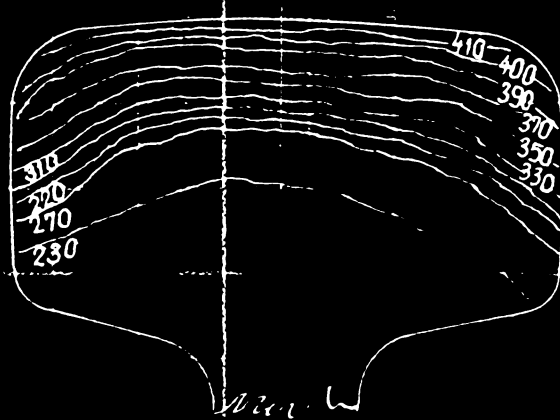
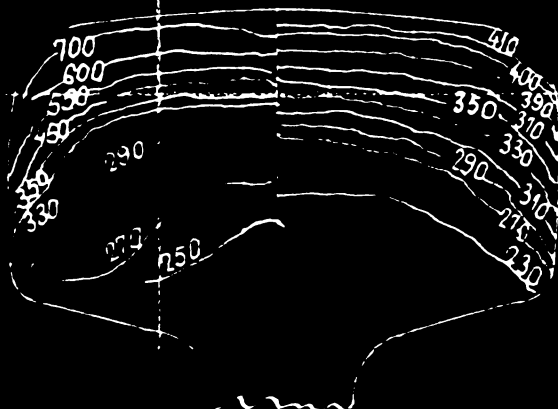


Fig. 24 - Variația duntății Hv5 de secțiunea transversală a coroanei în cazul unei răcirii cu revenire ulterioară



Comparație între cele două regiuni de tratament termic aplicat

- linia durității HV-5 = 330 kgf/mm² corespunde deja timpului de răcire de 12,5 secunde cu următoarea structură metalografică : 5% perlită, 94% ferită și perlită.

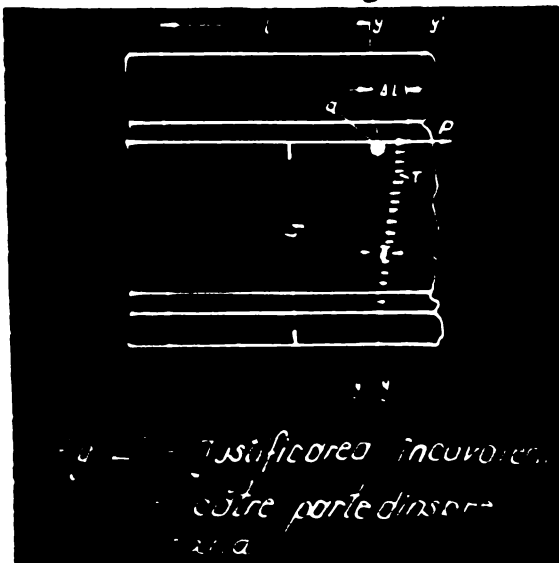
Linii de nivel care scad în densitate în continuare corespunde structurii cu un conținut în creștere de ferită.

—au încercat și alte reglaje tehnologice prezentate prin variația durității în fig. 23 și 24. Din fig. 24 se constată următoarele :

- linia durității HV-5 = 450 kgf/mm² nu este continuă și corespunde unei zone decarburate
- linia HV-5 = 200 kgf/mm² până 270 kgf/mm² la adâncimea de 15 mm corespunde unei rezistențe de tracțiune de 91 ... 94 kgf/mm².

Experimentele efectuate pe instalația respectivă au arătat că atunci când procesul de răcire trece prin domeniul de temperatură de la 900°C ... 500°C în timp de 9 ... 10 secunde se obține o duritate de HV-5 = 350 kgf/mm² (13).

După tratamentul termic, datorită încălzirii diferențiate a coroanei și a suprafețelor de răcire de dimensiuni variabile se produc tensiuni interne care după răcire determină încovoieră reperului de rulare la o săgeată de 100 ... 150 mm la 15 m lungime. Această încovoieră care se provoacă în direcția dinspre coroană, este cauzată de inegalitățile repartizării masei de material în corană, inimă și talpă, care înmănușează cantități diferite de căldură și încalzează în același timp, molizul de răcire în proporții diferite . Astfel coroana păstrează mai mult căldura și în același timp are o suprafață de răcire mai mică decât inima și talpa. Acest fenomen de încovoieră se justifică prin calcul al deformației. (fig.25)



Coroana la temperatura de încălzire a reperului de rulare primește o deformație termică :

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t \quad (14)$$

în care :

$\alpha = 12,7 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$ coeficientul de dilatație pentru oțel.

$$\Delta t = t_1 - t_0 \text{ (} ^\circ\text{C)} \quad (15)$$

in care :

- t_1 - căldura în grade Celsius în coroana șinei
- t_0 - căldura (temperatură) în stare inițială
- l - din relația 14 este lungimea cuponului sau reperului de rulare.

Se calculează din deformarea coroanei forța de alunecare astfel :

$$\Delta l = \frac{l_1 \cdot \sqrt{\quad}}{\quad} = \frac{10 \cdot 7.000}{2,1 \cdot 10^9} = 0,035 \text{ cm} \quad (16)$$

$$\text{care cu : } \sqrt{\quad} = \frac{F}{E} \quad (17)$$

devine :

$$\Delta l = \frac{l_1 \cdot F}{E \cdot F} \quad (18)$$

de unde :

$$F = \frac{\Delta l \cdot E \cdot F}{l_1} = \frac{0,035 \cdot 2,1 \cdot 10^9 \cdot 31}{10} = 0,21 \cdot 10^7 \text{ kg/cm}^2 \quad (19)$$

in care :

- F - forța de alunecare produsă prin deformarea tornică
- E - modulul de elasticitate al oțelului
- F - 31 cm^2 - suprafața coroanei reperului de rulare.

Deformarea tornică în coroană determină încoercirea spre talpă. Forța F provenită din deformarea tornică acționează concomitent cu forța de alunecare față de inima reperului de rulare astfel încât dreapta $X - Y$ se înclină în direcția $Y' - Y''$. Deformarea maximă a inimei are loc imediat sub coroană în punctul a , fiind egală cu dilatarea tornică Δl .

Tensiunea de alunecare (33, 34, 35) se calculează din modulul de alunecare C , coeficientul lui Poisson $\mu = 0,3$ pentru oțel și modulul de elasticitate .

$$\tau = \gamma \cdot C \quad (20)$$

Pentru un oțel cu rezistența de rupere la

tracțiune de 80 kgf/cm^2 limita de elasticitate admisibilă este de $40 \dots 43 \text{ kgf/cm}^2$. În acest caz tensiunea de alunecare

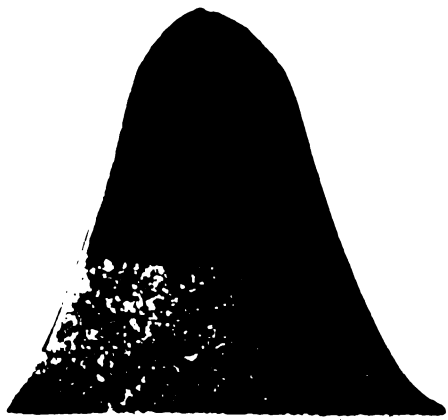
rezultată din deformația termică depășește cu mult domeniul elasticității. La răcire, dreapta $\sigma' - \epsilon'$ ar trebui ca din punctul a să revină în poziția inițială, astfel încât din forțele de compresiune produse din deformarea termică să se genereze forța de strivire în coroană. Din această cauză, în tendința de a reveni la lungimea inițială se produce încovoierea forțată a reperului de rulare în sens invers în spre coroană. Un rener de rulare rectiliniu se poate obține dacă răcirea se face concomitent în coroană, inimă și talpă. Instalația existentă realizează această răcire concomitentă în următoarele condiții tehnologice :

- temperatura de austenitizare se limitează în domeniul $800 \dots 900^\circ\text{C}$ pentru a diminua tensiunile termice la răcire.
- pentru răcirea corespunzătoare a mediului de răcire (apă + aer) temperatura acestui amestec este de $40 \dots 50^\circ\text{C}$.
- duritatea în zona superficială este cuprinsă între $HV-5 = 380 \dots 420 \text{ kgf/cm}^2$ (adică $H_{70} = 38,9 \dots 42,4 \text{ kgf/cm}^2$) pînă la o adîncime de $\dots 8 \text{ mm}$.
- pe suprafața de rulare și pe recordările coroanei pe o adîncime de $5 \dots 8 \text{ mm}$ structura este sorbitică cu martensită fină și uniformă, apoi urmează o structură formată dintr-o rețea discontinuă de ferită pe fond de perlită fină; prin această structură se obține o trecere lină, de la o sorbită de călire la materialul de bază, realizîndu-se o zonă influențată termic în adîncime de $14 \dots 18 \text{ mm}$ (13).
- eventualele curburi reduse obținute după răcire se redresează prin procedeul mecanic.

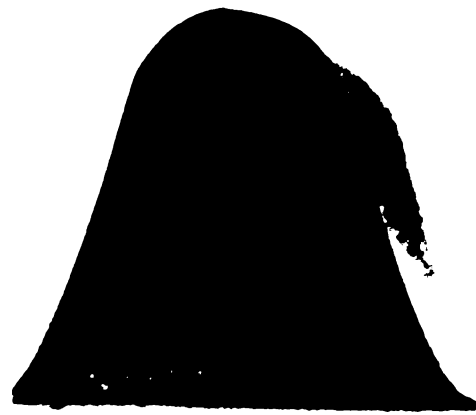
În figurile 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 sînt indicate rezultatele tratamentului termic superficial cu revenire aplicat diferitelor repere de rulare ale aparatelor de cale.



Fig 26 - Secțiune transversală prin
coroana sinei normale 49 tratată
termic superficial (este vizibilă delu-
mitarea stratificată a zonelor influ-
ențate termic.)

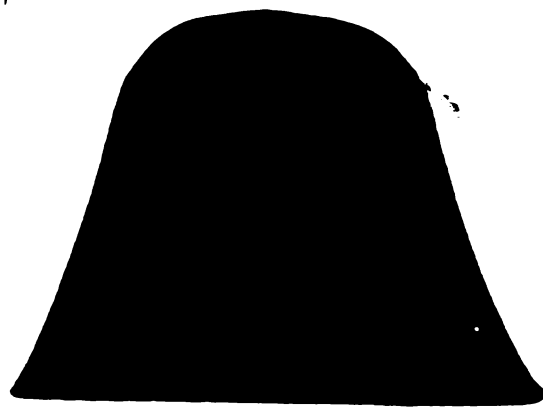


Proba 3/1



Proba 3/2

Proba 3/3



Proba 3/4



Fig 27 - Secțiuni transversale prin vîrfurile de inimă 49 tratate termic
superficial

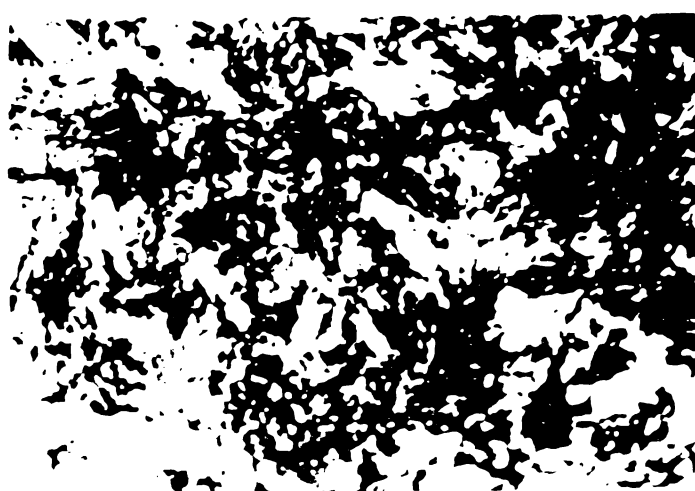
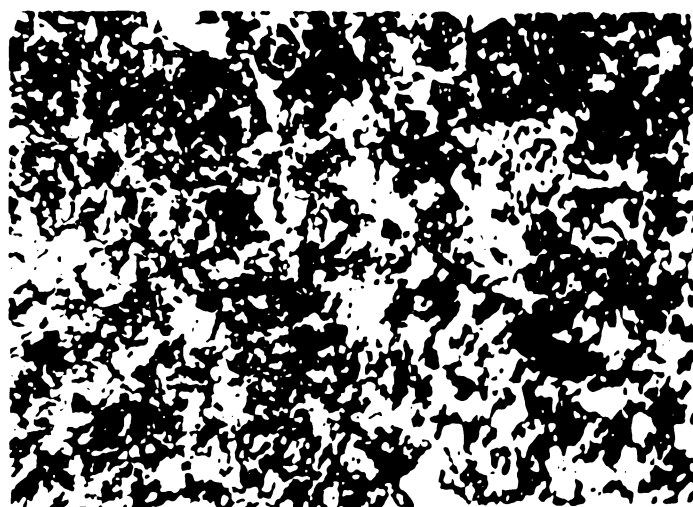
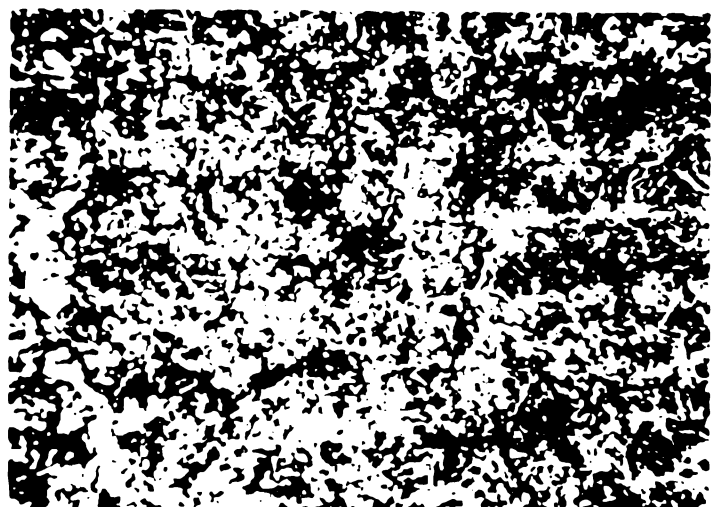
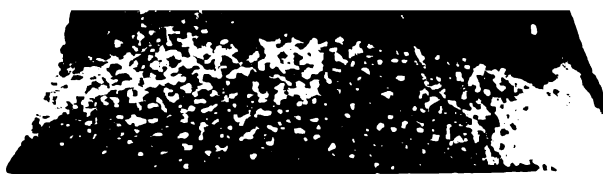
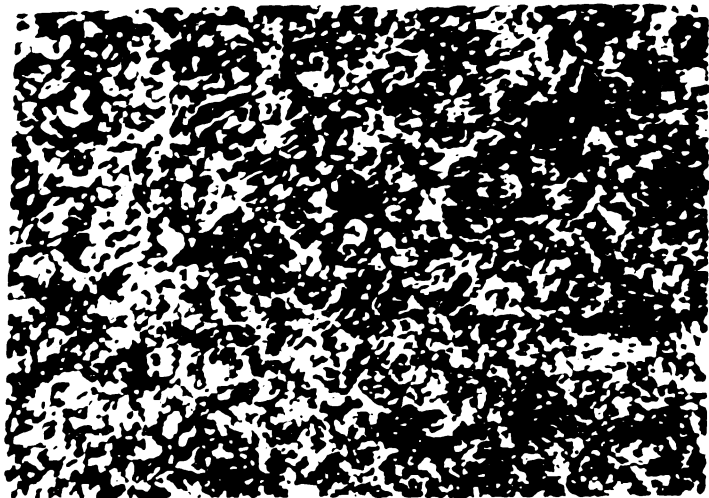
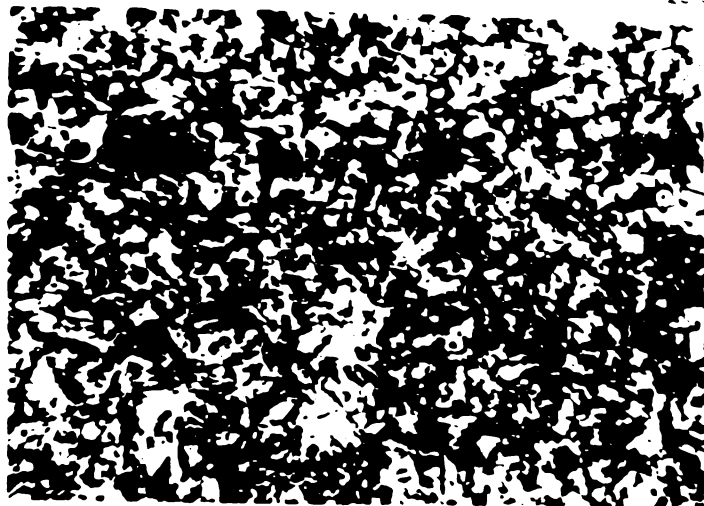


Fig. 29 - Structurile metalografice prin vîrfurile inimii 49 tratat termic superficial (proba 3/4)

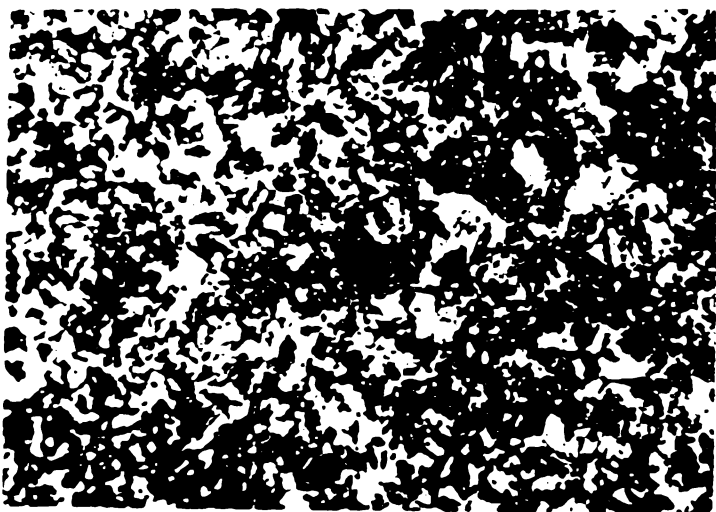
la 2 mm adincime x200



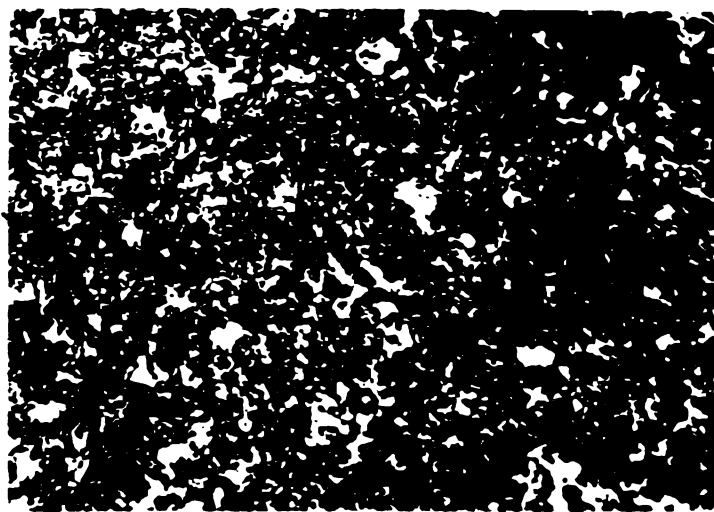
la 5 mm adincime x200



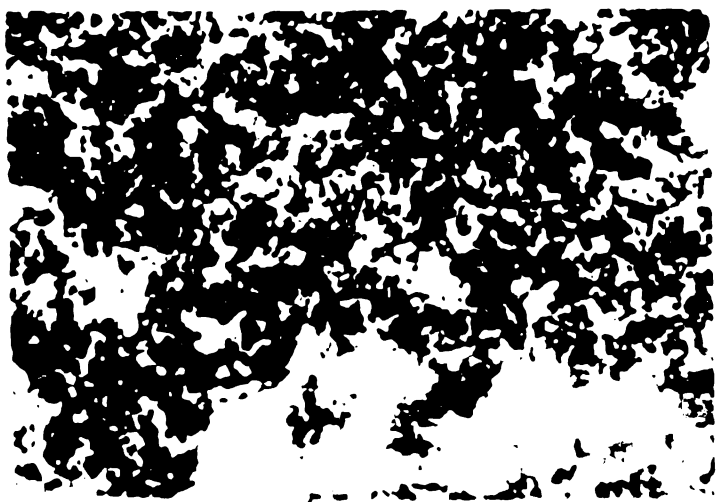
la 15 mm adincime x200



la 18 mm adincime x200



la 25 mm adincime x200



materiul de bază x200

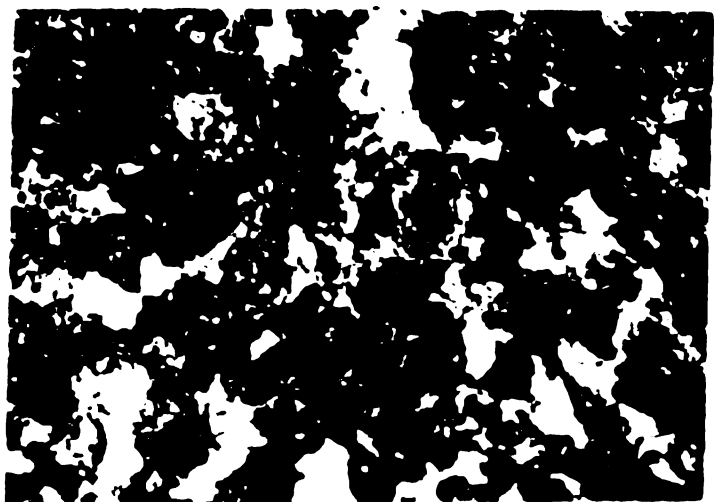
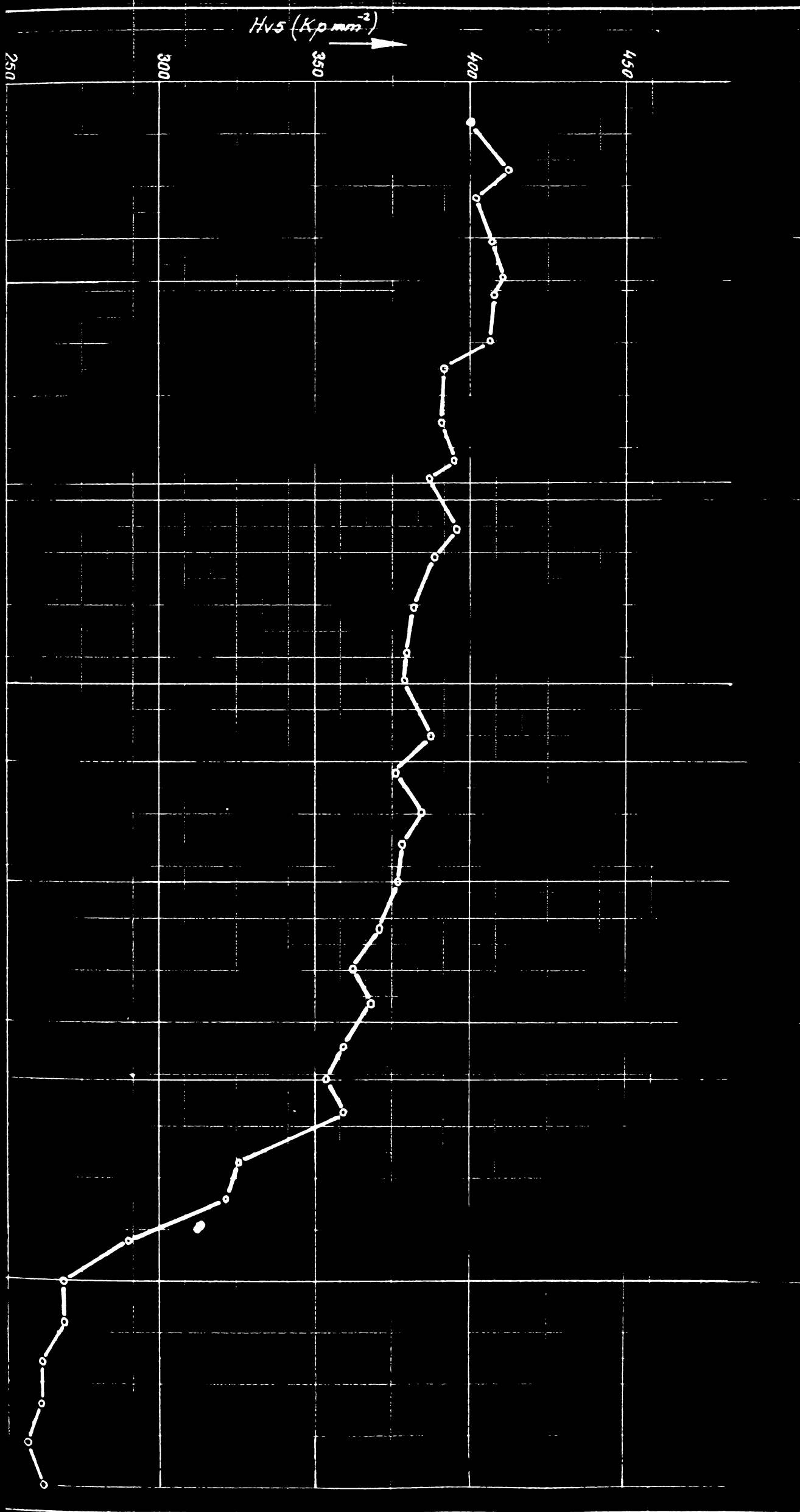


Fig 30 - Structurile metalografice prin virful Inimii 49
tratat termic superficial (proba 3/3)



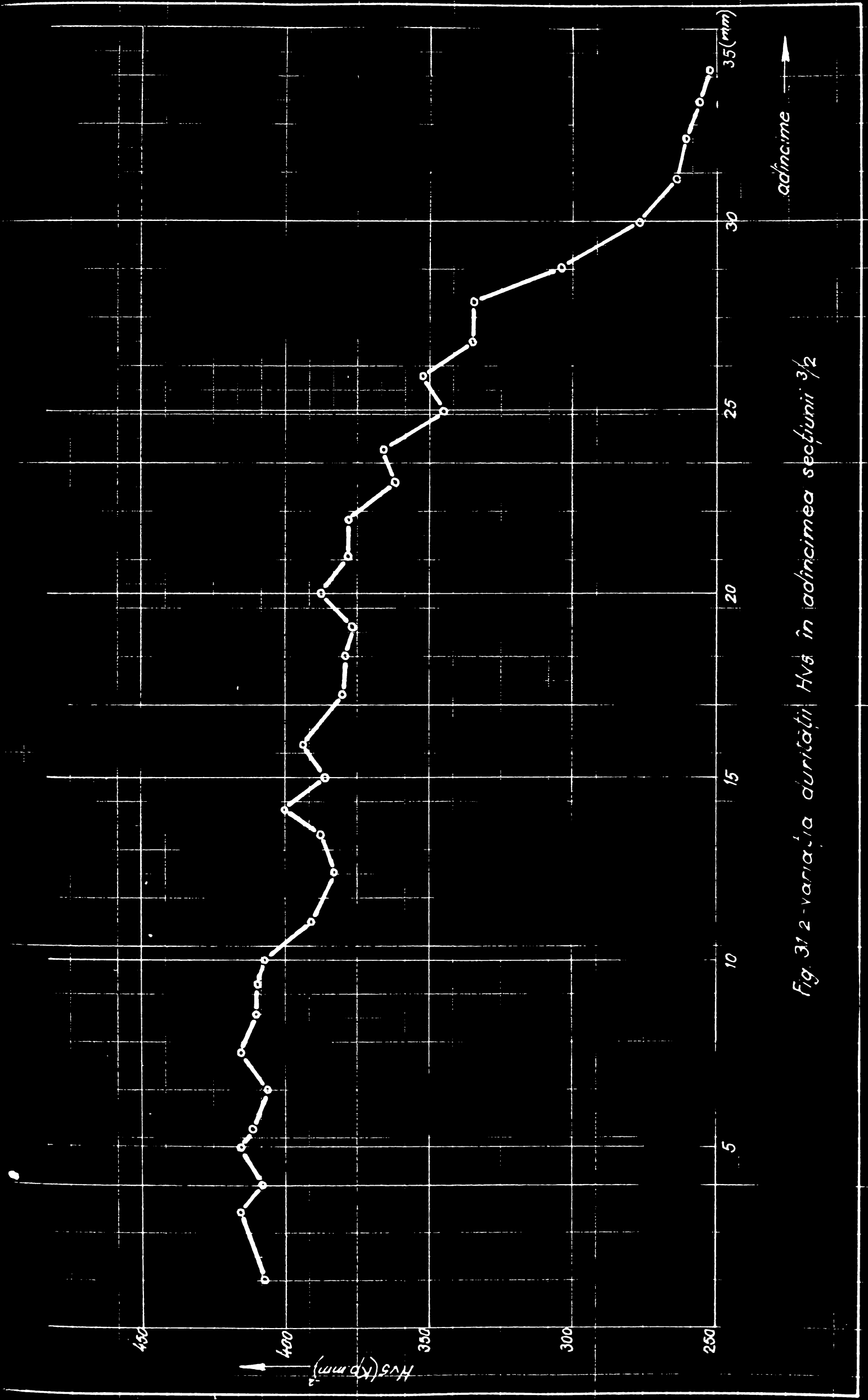


Fig. 31 2 - variația durității Hv₅ în adincimea secțiunii 3/2

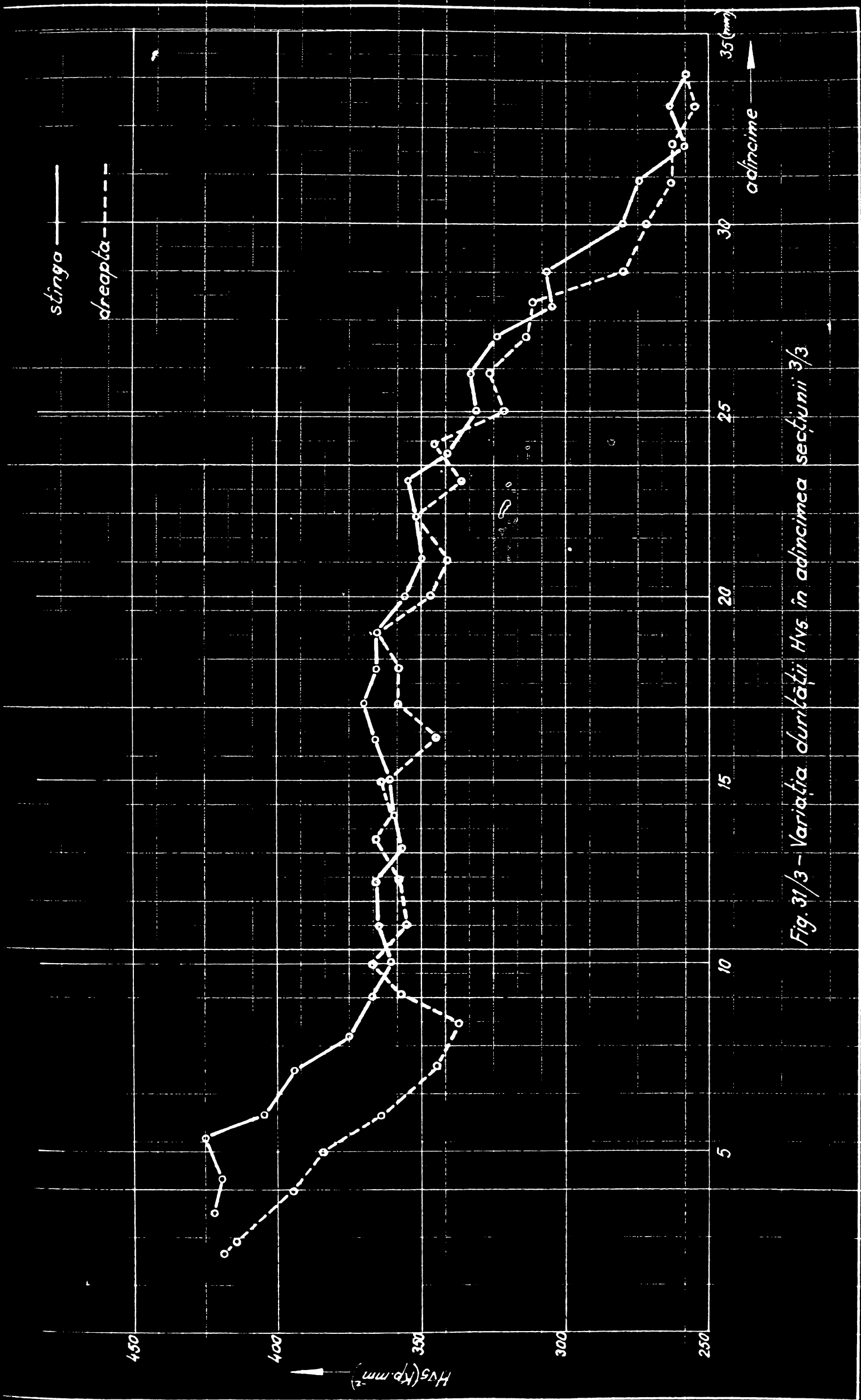


Fig. 31/3 - Variația durității Hv_5 în adincimea secțiunii 3/3

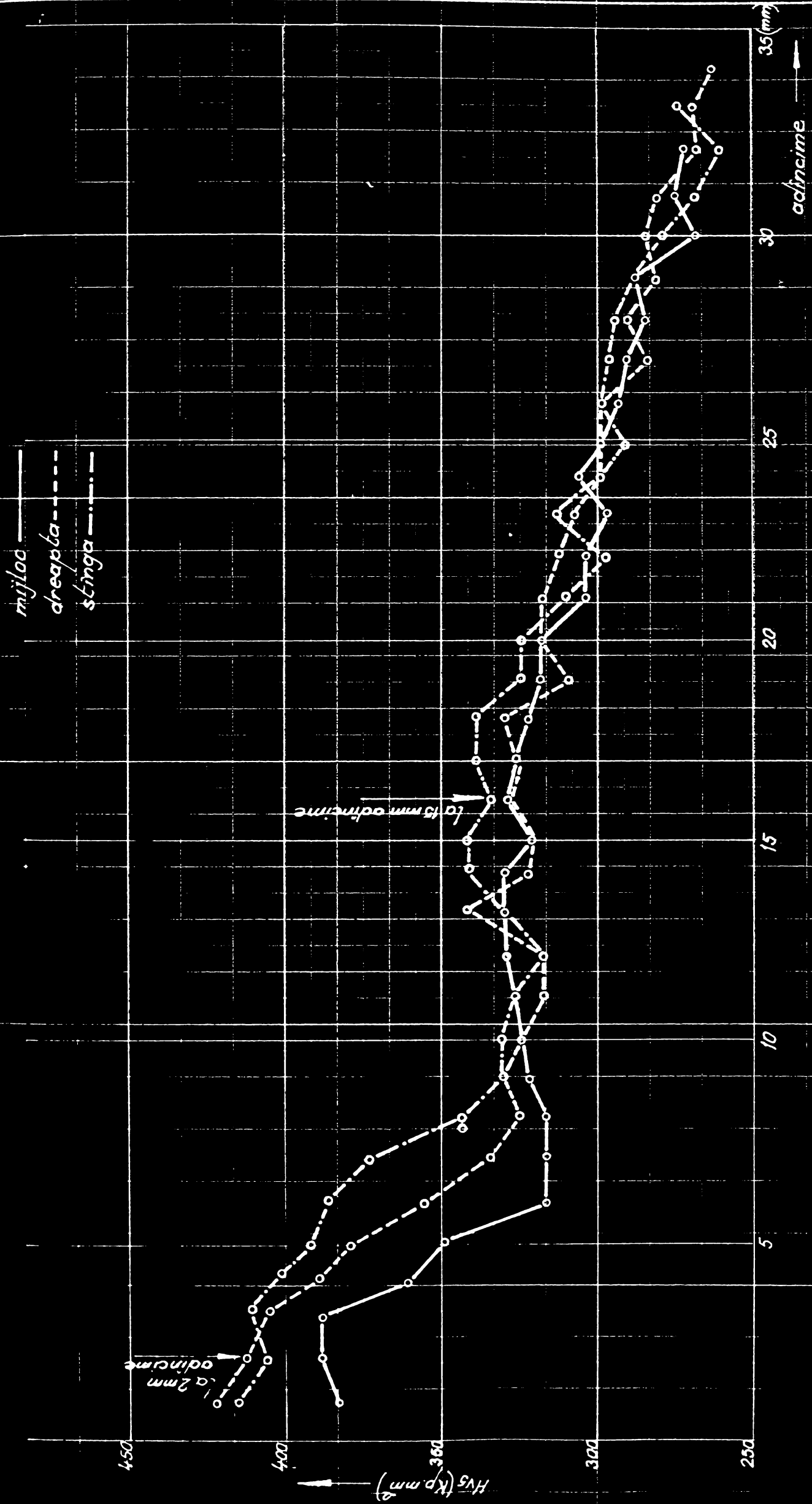


Fig. 31/4 - Variația durezza HV5 în ochrăime secțiunii 3/4

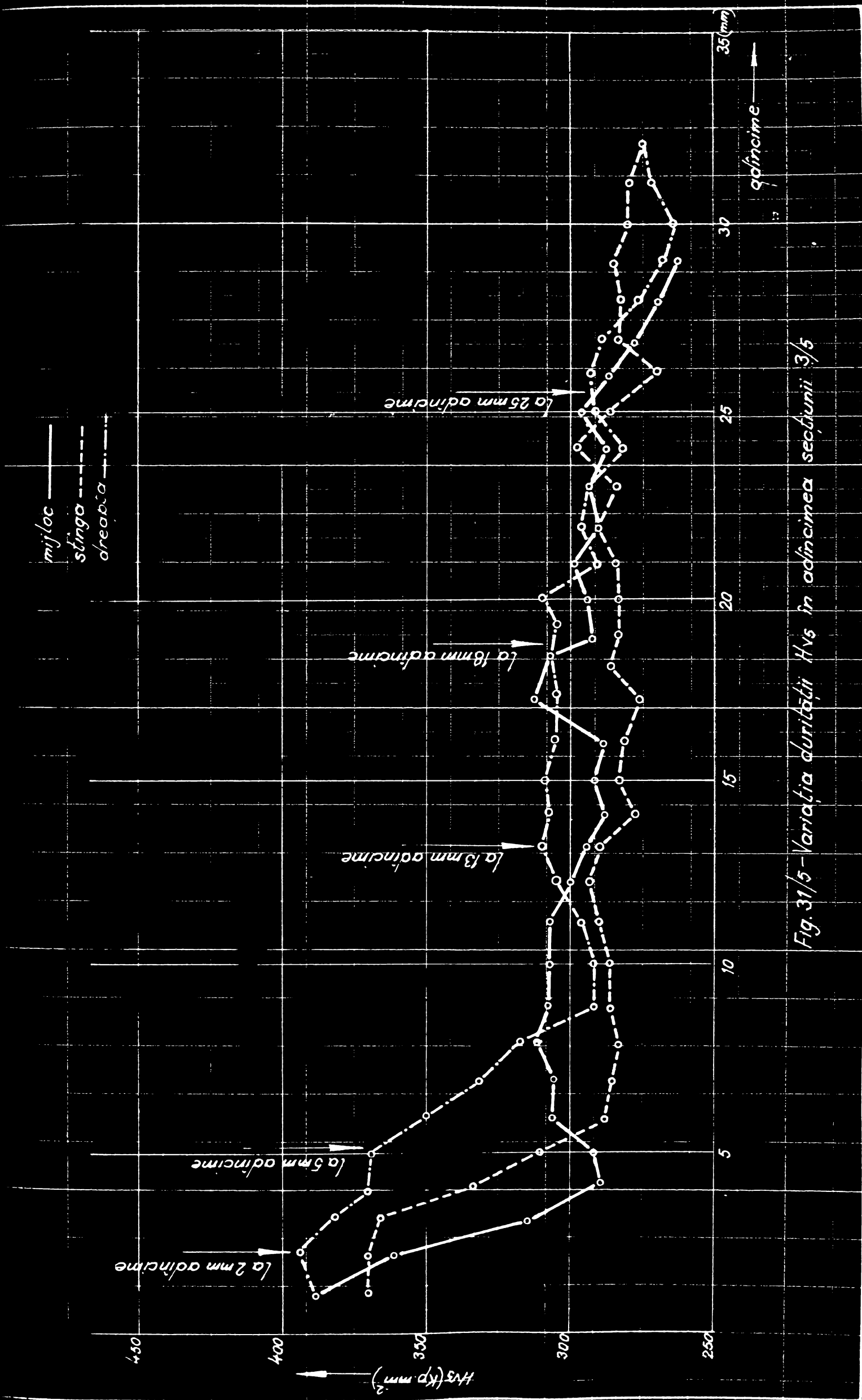


Fig. 31/5 - Variația durezzaⁱⁱ Hv₅ în adîncimea secțiunii 3/5

3.3. Aparatul de cale fără joante ; influența joantei asupra materialului rulant.

In timpul circulației, calca și aparatul de cale sînt solicitate de materialul rulant prin acțiunea forțelor verticale și orizontale. Aceste două categorii de forțe se prezintă într-o manieră diferită în raport cu capacitatea de rezistență a aparatului de cale și anume :

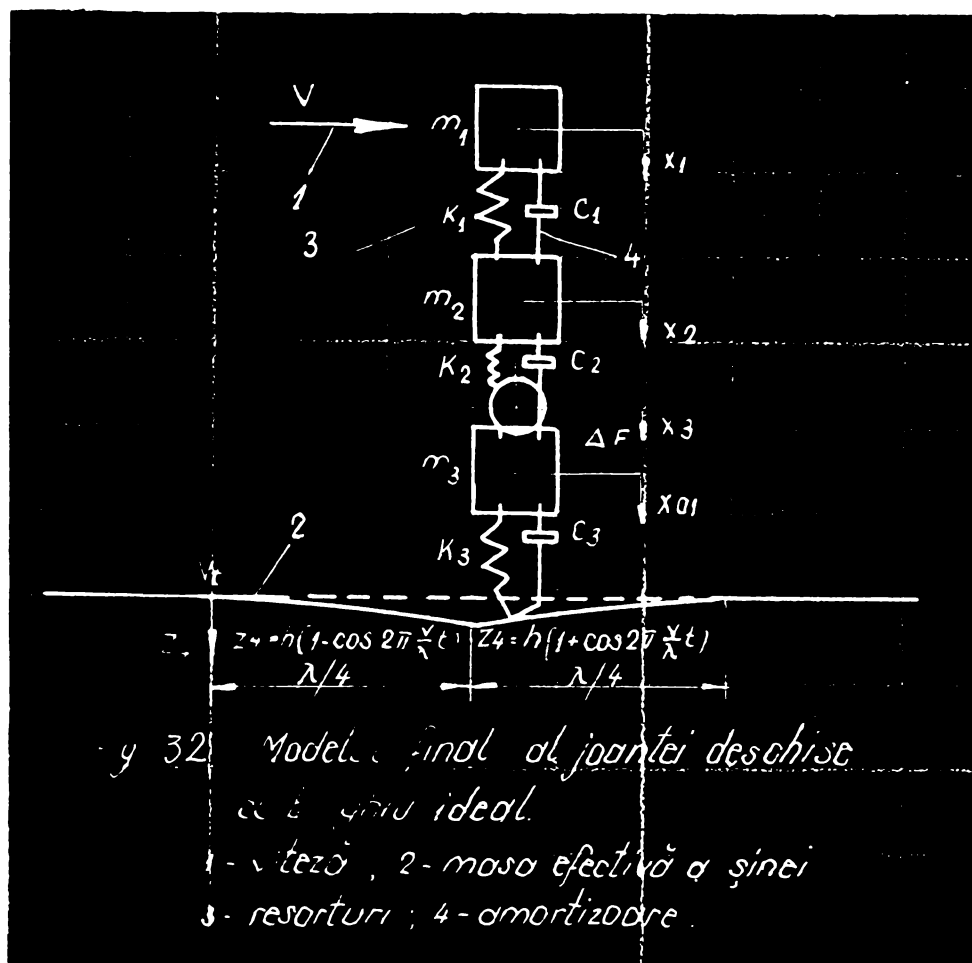
- forțelor verticale, importante ca valoare de acționare, li se spun reperele de rulare cu rezistență admisibilă de regulă superioară acestora.
- forțelor transversale mai reduse ca mărime li se spun elementele aparatului de cale (cadrul rular de rulare - traversă) cu o rezistență relativă în planul transversal.

Prima categorie de forțe (1) caracterizează nivelul de oboseală al elementelor aparatului de cale, iar a doua stabilitatea acestuia. In aceste condiții s-a fundamentat și experimentat sub aspectul stabilității calea și aparatul de cale cu permit circulația cu viteze maxime de 300 km/oră fără modificări profunde în concepția lor. (2), 26, 27). Inzole curbilor impuse de aceste viteze conduc însă la trasee onduroase din punct de vedere economic și greu de realizat din punct de vedere al configurației terenului.

Asigurarea confortului călătorilor, care este o condiție tot atât de importantă ca și aceea a stabilității aparatului de cale, conduce la impunerea razelor minime admisibile.

In circuitul căii sudate, aparatul de cale reprezintă o piesă cu întreruperi ale rulării datorită joantelor. Acestea sînt determinate de îmbinările subansamblurilor componente : meaz, inimi, contrașini, și ai de legătură. Dacă tratamentul termic superficial al reperelelor de rulare rezolvă îmbunătățirea rezistenței la uzură și oboseală, sudarea cap la cap prin topire intermediară și presiune aduce o îmbunătățire a rezistenței de cale a aparatului de cale, creșterea gradului de confort și economie de metal cu reducerea corespunzătoare a cheltuielilor de exploatare.

Joantele constituite pentru aparatul de cale una din cele mai dificile dereglabilități pentru circulația materialului rulant cu viteze ridicate cu masa nesuspendată (rele. (72) Masa nesuspendată a materialului rulant influențează sarcinile dincolo pe roți, efect care poate fi prevăzut și calculat. Modelul utilizat reprezintă cel al unui bogăciu ideal alcătuit din masa și sprijinirea pe șabotele și amortizoare (Fig.32)



Modelul inițial al joantei normale nesudate reprezintă două prize ancorate pe o sâc a elastică articulată în ele cu modul de elasticitate moment de inerție I și masa m, cunoscută. Elasticitatea sistemului de rezonanță este caracterizată de modulul E. Modelul final cuprinde ansamblul bogăciu - roți - joantă. Se presupune că prizele neflexibile care alcătuiesc scartamentul sînt rezorusc de rulare ale aparatului de cale, de masa M_p , iar aspectul deformații lor se apropie pe o porțiune de două metri de variația cosinusului. Caracteristicile acestei joante sînt :

- lungimea $l/2$
- tasarea h
- unghiul de înclinare $\gamma = \frac{h}{\lambda}$ (21)

Momentul critic se produce atunci când roata oncolă pe rost (joantă) astfel încît pe fiecare capăt de grinzi acționază câte o forță $F/2$. Valoarea lui n_0 se deduce admitînd ipoteza că deformația fiecărei grinzi sub forță dinamică $F/2$ este aproape identică cu deformația produsă la aceeași forță $F/2$ aplicată static. În consecință, vitezele în diferite puncte de-a lungul grinzilor sînt proporționale cu deplasările. Calculînd energiile cinetice ale sistemului real și ale modelului teoretic folosind expresia curbei de deformație a grinzilor pe mediu elastic se ajunge la formula finală a masei roperului de rulare :

$$n_0 = \frac{3}{4} \sqrt[3]{\frac{m}{\frac{K_F}{4LI}}} \quad (22)$$

în care :

K_F - rigiditatea pe care o întîmpină roata atunci când întîlnește al doilea capăt de la joantă,

m - masa grinzii pe unitate de lungime

Această formulă reprezintă o situație intermediară între cele două cazuri extreme posibile :

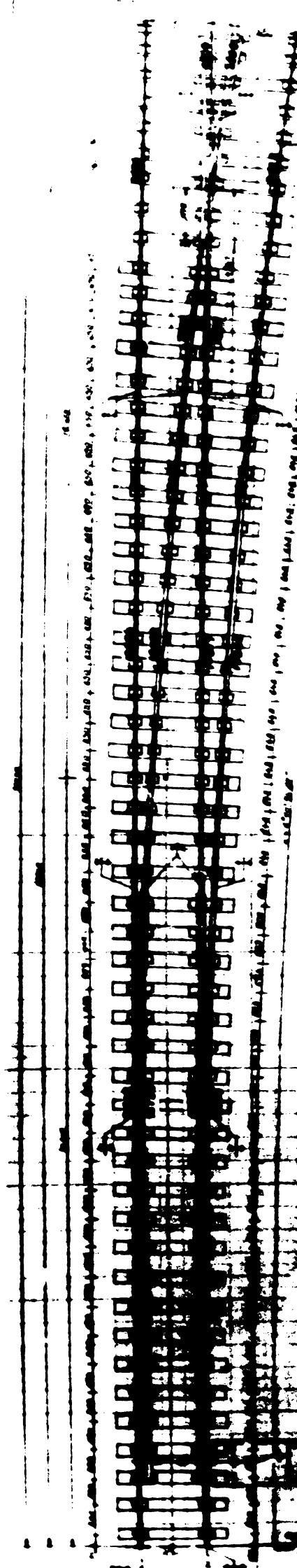
- dacă grinzele sînt independente iar roata acționează pe un capăt liber formula devine :

$$n_0 = 0,30 \sqrt[3]{\frac{m}{\frac{K_F}{4LI}}} \quad (23)$$

- dacă se consideră grinzele solidarizate încît să poată fi înlocuite cu una singură formula devine :

$$n_0 = 1,89 \sqrt[3]{\frac{m}{\frac{K_F}{4LI}}} \quad (24)$$

Această relație caracterizează aparatul de cale fără joante. Relația a fost determinată prin similitudine în anul 1972 pe un aparat de cale -49-70/1:5 în greutate de 300 kg. față de cel în stare normală de 8 tone pe baza următoarelor relații stabilite în anul 1959 (72) .



Nota: as care se detaliaza prin substructura
 continutului de la 1.000.000.000
 pentru la constructii
 pentru 1.000.000.000.000
 pentru 1.000.000.000.000
 pentru 1.000.000.000.000
 pentru 1.000.000.000.000
 pentru 1.000.000.000.000
 pentru 1.000.000.000.000
 pentru 1.000.000.000.000
 pentru 1.000.000.000.000
 pentru 1.000.000.000.000
 pentru 1.000.000.000.000

Anexe: 1.000.000.000.000
 Anexe: 1.000.000.000.000
 Anexe: 1.000.000.000.000
 Anexe: 1.000.000.000.000
 Anexe: 1.000.000.000.000
 Anexe: 1.000.000.000.000
 Anexe: 1.000.000.000.000
 Anexe: 1.000.000.000.000
 Anexe: 1.000.000.000.000
 Anexe: 1.000.000.000.000
 Anexe: 1.000.000.000.000

Valorile calculate pentru m_0 în aceste trei formule sînt următoarele : 125 kg/m , 21 kg/m , 123 kg/m, astfel că se va lua pentru m_0 o valoare medie de 100 kg/m .

Se admite că, unsele sînt în repaus atunci cînd materialul rulant atinge joanta în timpul $t = 0$. Înaintea acestui moment, forța dintre m_3 și m_0 este echivalentă cu forța statică F_0 . Mărima forței F este determinată de efectul dinamic.

Analizînd teoretic comportarea materialului rulant pe un aparat de cale cu joante normale și joante sudate se constată următoarele :

- cu joante normale efortul pe roată este de 250 KN
- cu joante sudate efortul pe roată este de 140

La aparatele de cale cu joante sudate, efectul dinamic produs de materialul rulant se apreciază că este cu 40% mai redus decît la cele cu joante normale. Rezultă că eliminarea jantelor aparatelor de cale prezintă o comportare avantajoasă, reducînd efectele nefavorabile mai sus prezentate. (21.33)

3.4. Cercetări privind sudarea prin topire intermediară și presiune a rotoarelor de rulare de la aparatele de cale.

3.4.1. Principalele caracteristici ale procedurii de sudare electrică prin presiune.

La sudarea electrică prin presiune, încălzirea pieselor pentru sudat se face pe principiul efectului Joule, fiind maximă în zona de contact dintre cele două piese care se sudează. Concentrarea căldurii în zona respectivă este accentuată de măsurile răcite cu apă ale majorității mașinilor de sudat, dar ea este totodată diminuată de conductibilitatea termică a pieselor de sudat. În cazul unei accelerații mașini de sudat, gradientul de temperatură scade pe măsura creșterii conductibilității termice a metalului din care sînt executate piesele pentru sudat. În mod evident, mărima temperaturii pieselor permite micșorarea forței de refulare utilizată la realizarea unei îmbinări sudate. Pentru multe metale se pot obține în principiu suduri avînd aceluși calități mecanice, utilizînd fie o forță de refulare relativ mare la o temperatură relativ scăzută, fie o forță de refulare relativ mică la o temperatură ridicată.

Din punct de vedere al temperaturilor la care se încălzesc piesele de sudat și a tehnologiei de încălzire a lor, procesele de sudare electrică prin presiune se împart în două categorii și anume :

- sudarea în stare solidă
- sudarea cu topire intermediară

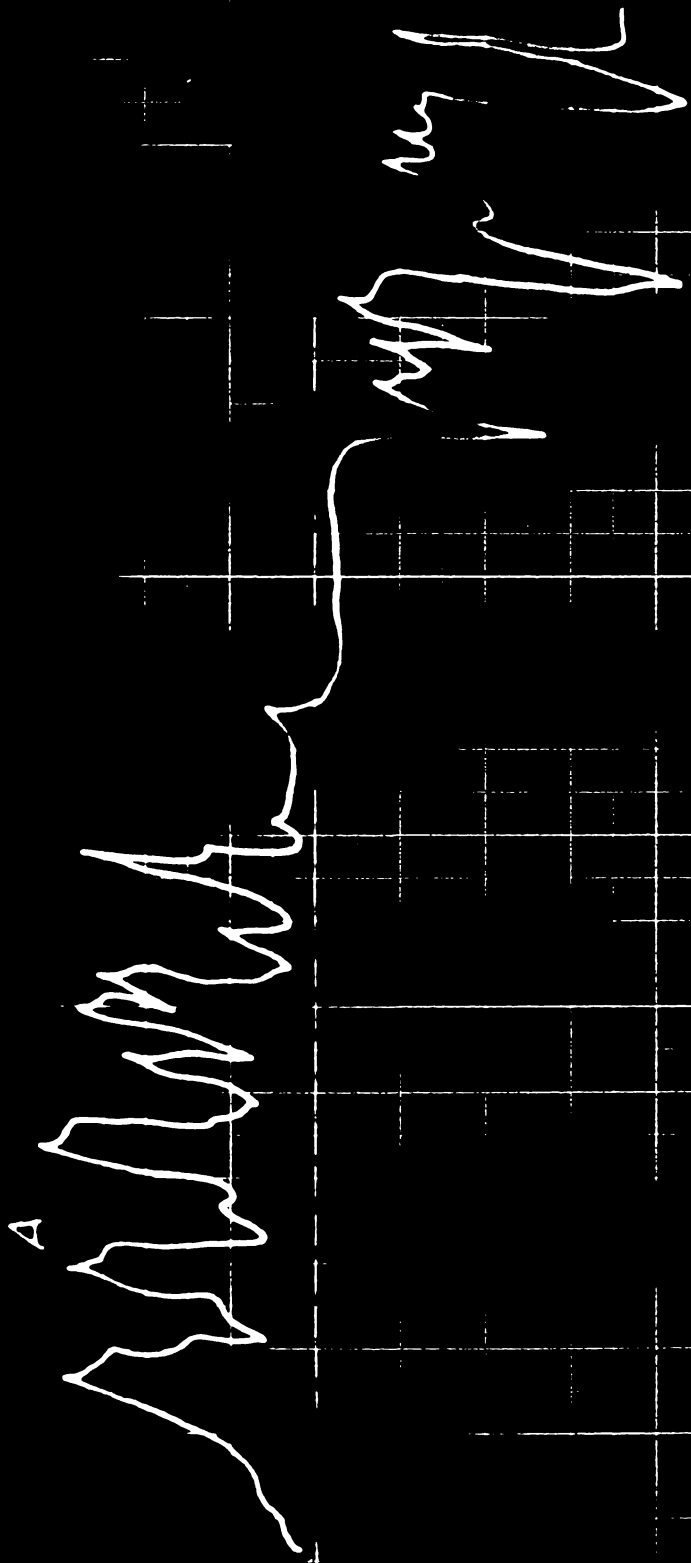
Pentru evidențierea mai clară a contribuțiilor aduse în domeniul sudării electrice cu topire intermediară se face în continuare o succintă reamintare a consecințelor actuale.

Sudarea în capete prin topire intermediară se caracterizează prin aceea că, în cursul operației de sudare, între capetele pieselor de sudat se menține un contact electric slab (rezistență de contact ridicată), datorită cărora metalul dintre suprafețele de contact se încălzește până la temperatura de topire. După cum se știe, sudarea prin topire intermediară are două variante : sudarea prin topire directă și sudarea cu preîncălzire. În ambele cazuri fazele de topire și regulare sînt esențiale în determinarea calității sudurii. Din acest motiv, atenția a fost concentrată asupra acestor faze, respectiv asupra parametrilor de sudare care le determină.

Pentru realizarea fazei de topire, cele două piese de sudat, se apropie una de alta cu viteză redusă, fiind a li se aplică o forță importantă. Prin aceasta, între capetele pieselor de sudat se creează suprafețe de contact locale, distribuite întâmplător în funcție de rugozitățile suprafețelor frontale, care într-un interval de timp foarte scurt se încălzesc până la temperatura de topire a metalului pieselor.

Furnarea și dezagregarea punților de metal topit prin apropierea continuă a pieselor de sudat este însoțită de o intensă încălzire locală a capetelor pieselor, respectiv de încălzirea zonelor vecine suprafeței de contact a efectului de conductibilitate termică și a efectului Joule - Lenz.

Expulzarea punților de metal topit din interstițiul dintre piese, creianți pe suprafețele frontale ale acestora, creșterea umplute parțial cu metal topit, a căror adâncime este în funcție de puterea electrică consumată în timpul operației de topire. Procesele de dezagregare ale punților metalice de metal topit previne între capetele pieselor de sudat o suprafețe, care împiedică



B

I2

Fig. 34 - Ostiogrammele tensiunii și curentului de sudare, la sudarea prin topire intermediară.

precizie, care împiedică accesul aerului în acest spațiu. În același timp, oxidarea particulelor metalice supraîncalzite care rezultă prin distrugerea punților și arderea carbonului din metalul topit provoacă o reducere a continuității de oxigen, a atmosferei dintre capetele pieselor de sudat.

O întrerupere în faza finală a proceselor de dezagregare a punților ar avea ca rezultat o ^{anulare} adunare a efectelor de protecție aritate mai sus, chiar dacă întreruperea este de foarte scurtă durată. Din acest motiv, intensitatea și continuitatea topirii influențează calitățile îmbinării sudate. Condiția unei topiri stabile este ca viteza de apropiere a pieselor de sudat (viteza saniei mobile a mașinii de sudat V_S) să fie egală cu viteza de tăpire a lor V_p . Din cele menționate rezultă că etapa de tăpire are rolul de a înclăzi capetele pieselor și de a curăți suprafețele frontale de impurități și oxizi metalici. Studiul proceselor fizico-chimice care au loc la formarea și dezagregarea punților de metal topit, la sudarea prin tăpire intermediară și presiune a preocupat pe mai mulți cercetători (73, 74, 75, 76).

Acești autori s-au ocupat în special cu determinarea cantitativă a presiunii vaporilor metalici considerând că presiunea ridicată a acestora determină distrugerea violentă a punților de metal topit.

Învălnarea lunginii arcurilor care se amestecă între capetele pieselor la sudarea prin tăpire intermediară se poate face făcând scocă, răsucirea curentului și tensiunii de sudare. (fig. 34). (17). La trecerea curentului prin sare, între capetele pieselor există punți de metal topit. În momentul dezagregării punții, tensiunea atinge un maxim. Acercșarea unei descărcări electrice în arc este posibilă numai după dezagregarea tuturor punților și se poate produce o arc electric va arde până la închiderea întrerupătorului dintre piese, ca urmare a apropierii lor. Lungimea arcului, plecând de la această ipoteză se poate determina într-o primă aproximație cu relația :

$$L_{arc} = V_{Top} \cdot t_a \quad (26)$$

în care :

V_{Top} - viteza de apropiere a pieselor care se topesc

t_a - durata de ardere a arcului.

Cu această relație, care are desigur un caracter orientativ s-au determinat pentru L_{arc} valori de $(1 \dots 5) 10^{-3}$ m.

Speștrul de emisie al unui corp solid încălzit este un speștru discontinu. Astfel apariția unor linii clar trasate într-un speștru de emisie indică prezența unor descărcări în arc. Fiecare linie corespunde unei anumite frecvențe de emisie a atomului sau moleculei excitate. Sensibilitatea ridicată a metodei speștrale, face posibilă și depistarea descărcărilor în arc de mică intensitate și scurtă durată, care apar în timpul topirii continue. Din speștrele obținute experimental s-a observat că, odată cu mărirea tensiunii de mers în gol a transformatorului, crește în măsură importantă intensitatea și numărul liniilor speștrale. Aceasta se explică ușor prin aceea că, mărirea tensiunii secundare a mașinii de sudat în capete determină mărirea densității de curent în contacte și drept urmare, durata de existență a fiecărui contact elementar se micșorează. Totodată, scade probabilitatea existenței simultane a mai multor contacte (puști de metal topit) (74).

Etapa de topire este urmată de aceea de refulare, caracterizată prin aceea că se accelerează brusc mișcarea saniei mobile, adică prin apropierea cu viteză mare a celor două piese care se sudează. Prin refulare se închid craterole formate la topire, se elimină metalul lichid dintre piese și se obține deformarea plastică necesară realizării sudurii. După trecerea unui anumit timp de la declansarea refulării, se întrerupe alimentarea transformatorului de sudare, adică încălzirea piesei. Acest timp trebuie să fie neapărat mai mare decât cel necesar închiderii spațiului dintre capetele piesei de sudat pentru a împiedica pătrunderea oxigenului din aer în interstiiul dintre piese. Prin reconectarea transformatorului de sudură la timpul potrivit și pentru o durată determinată, se poate realiza și un tratament termic al îmbinării sudate aspect important pentru obiectul prezent în lucrări. (51).

În vederea realizării prin topire intermediară a unei îmbinări sudate cu anumite caracteristici mecanice, s-au stabilit, pe baza unor observații experimentale, limitele de variație ale diferiților parametri de sudare. Din punct de vedere al fenomenului fizic, procesul de sudare prin topire intermediară ar fi complet determinat de aspectul câmpului termic și de forța de refulare.

Din corelarea acestora ar rezulta deformarea plastică a pieselor care se sudează. Din punct de vedere tehnologic este dificil urmărirea câmpului termic și determinarea analitică a deformărilor plastice. Din acest motiv se urmăresc anumite variații definite ca parametri de sudare, care permit aprecierea încălzirii pieselor (a câmpului termic din ele) și deformarea plastică a lor. Astfel, în prezent câmpul termic din piese se apreciază cu :

- lungimea pieselor între contactele electrice
- intensitatea curentului electric prin piesele de sudat la profundețurile lor și durata profundețurii
- intensitatea curentului electric prin piesele de sudat la topirea lor
- viteza de apropiere a pieselor la topire
- scurtarea piesei la topire

Deformația plastică a pieselor se apreciază cu :

- forța de refulare
- viteza de refulare
- scurtarea la refulare
- durata menținerii curentului electric prin piesele de sudat, după declanșarea refulării

Alegerea unor valori numerice pentru diferiții parametri de sudare se face în funcție de caracteristicile pieselor de sudat (dimensiuni, formă contur, material) și de caracteristicile pe care le imprimă îmbinărilor sudate (rezistență mecanică la sollicitări statice, dinamice, schimbări structurale , etc.)

Dezupra modelării fizice a sudurii prin topire intermediată a pieselor de diferite dimensiuni, în sensul căsării unor relații între dimensiunile liniare ale pieselor și parametrii de sudare se pot face următoarele precizări :

- densitatea de curent la topire, necesară sudurii pieselor trebuie să crească odată cu micșorarea secțiunilor lor, aceasta realizându-se prin mărirea vitezei de apropiere a pieselor în cursul topirii; trebuie reținut că, odată cu mărirea vitezei de topire , căldura furnizată în piese scade.
- la piesele de secțiune mare și profil complicat este

necesară o variație corespunzătoare în timp a unor parametri ca : viteza de apropiere a pieselor la topire, tensiunea secundară a transformatorului de sudare.

- repartizarea deformației în volumul pieselor este neregulară; la o lungime suficientă deformația maximă se realizează în centrul îmbinirii adică în suprafața de contact a celor două piese care se sudază.
- proprietățile mecanice ale sudurilor se îmbunătățesc dacă, înainte de refulare, pe suprafețele frontale ale pieselor de sudat se formează un strat de metal lipit uniform repartizat.

Din cele expuse privind procedoul de sudare prin topire intermediară se concluzionează următoarele :

- pentru realizarea unei îmbiniri sudate cu calitate comparabilă cu ale metalului sau aliajului metalic din care sînt confecționate piesele care se sudază, trebuie respectate condițiile de bază : suprafețele care sînt în contact în îmbinirea sudată trebuie să fie perfect curate și să fie aduse la o distanță de ordin de mărime a parametrilor rețelei cristaline a metalului sau aliajului metalic care se sudază.
- curățirea perfectă a suprafețelor se asigură de un strat protector între metalul încălzit la temperaturi apropiate de punctul de topire și pelicula de oxizi care se formează în mod inevitabil; acest strat protector, trebuie să fie continuu topit și de o grosime de 1 ... 1,5 μm pentru a putea fi evacuat complet prin refulare împreună cu pelicula de oxizi.

Se a văzut deasupra că, aducerea suprafețelor care vin în contact la distanțe de ordinul de mărime al parametrilor rețelei cristaline, se face prin deformarea plastică a pieselor de sudat, aceasta fiind asigurată de interacțiunea dintre câmpul termic în regiunea capetelor și forța de refulare. În acest sens, este interesantă corelarea potrivită între câmpul termic și forța de refulare în vederea realizării defor-

cauției plastice necesare aducerii suprafețelor în contact la distanță de același ordin de mărime cu parametrii rețelei cristaline.

Din acest punct de vedere există următoarele posibilități extreme :

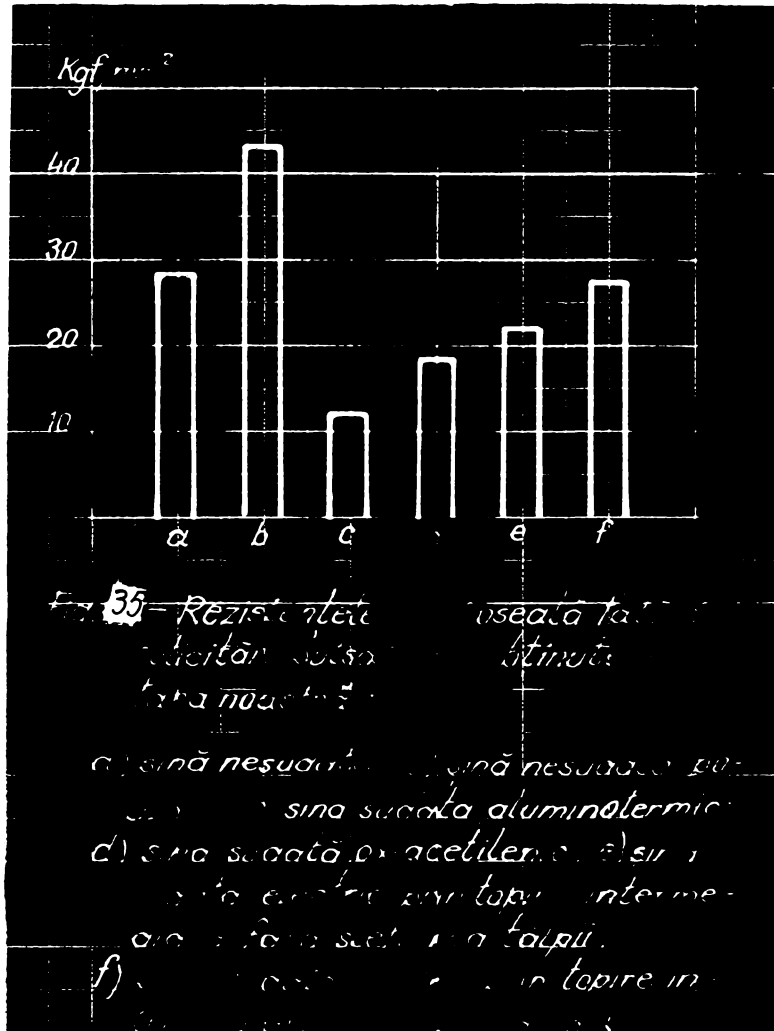
- câmp termic extins asigurat de o încălzire lungă și o forță de refluxare redusă, element care determină regiunii "moale" de sudură;
- câmp termic puțin extins asigurat de o încălzire de scurtă durată și forță de refluxare mare, elemente care constituie regiunii "dur" de sudură.

În cazul regiunii dur se mai observă următoarele : câmpul termic este puțin extins în lungul barelor, însă, cu valori temperaturilor trebuie să fie egale spre capetele pieselor, cu cele de la regiunii moale. Dacă nu se realizează acest lucru, deformarea impusă de forța de refluxare mare conduce la fisurări în vecinătatea imediată a sudurii. Compensarea încălzirii limitate de timpul scurt de încălzire se face prin strălucirea curentului de sudură.

Din cele expuse rezultă că , un regim moale înseamnă din punct de vedere tehnologic timp de încălzire lung, curent de sudare și forță de refluxare relativ mici, iar un regim dur înseamnă timp de încălzire scurt, curent de sudare și forță de refluxare relativ mare. În mod evident, între aceste două situații extreme pot exista o mare varietate de tehnologii intermediare. Rezultă că la sudarea prin presiune cu topire intermediară realizarea îmbinării este tehnologic posibilă într-o gamă largă de parametri .

Academicianul Corbăliu Mihail (1887 - 1969) a fost preocupat în problema sudurii șinelor de cale ferată încă din anul 1950, cu prezentări în aceea vreme, în primul rând pentru călele de rulare realizate o instalație de sudat șine cu procesul electric prin presiune cu topire intermediară numită " TAMBUS ". În aceeași perioadă s-au întreprins unele cercetări privind determinarea însușirilor fizico-mecanice ale șinelor de cale ferată sudate prin diferite procedee. Rezultatele cercetărilor (19, 23, 25 ,24) au dovedit superioritatea procedurii de sudare prin topire intermediară fapt, confirmat

mai târziu și de cercetările efectuate în S.U.A., U.R.S.S.,
Sovietia, Franța, Austria, R.F.G.



În Fig. 35 sînt redată rezistențele la oboseală
obținute cu diferitele procedee de sudură și modul de prolu-
care al sudurii.

Problema industrializării țării noastre după
cel de-al doilea război mondial în general și problema
modernizării transportului feroviar în special, au impus și
construirea căii fără joante care a însemnat mărirea vitezei
de circulație a trenurilor, reducerea cheltuielilor de între-
ținere a căii ferate, reducerea uzurii materialului rulant și
totodată mărirea confortului călătoriei cu trenul.

Încercările privind sudarea șinelor de cale
ferată au fost reluate în cadrul secției de sudură a Centrului
de Cercetări Tehnice al Academiei R. R. (în prezent Insti-
tutul de Sudură și Încercări de Metale) de către Acad. G. Miklog
pe etape 1954 - 1955. Lucrările inițiate de domnia sa în acest
colectiv au fost desființate să stea la baza construirii căii
ferate cu șine sudate, continuată apoi de Acad. al Academiei R. R.

Dr. Ing. Traian Săldăgean.

3.4.2. Sintetizarea cunoștințelor actuale în domeniul sudării prin topire intermediară și presiune ; expunerea planului statistic al cercetărilor efectuate .

Din cele expuse în cap. precedente rezultă că îmbinarea sudată prin presiune este uruarea apropierei pieselor la distanțe de ordinul de marime al parametrilor rețelei lor cristaline. Calitatea îmbinărilor sudate este cu atât mai bună cu cât ele conțin mai puține defecte datorate unor elemente străine metalului din care sînt realizate piesele (oxizi, impurități). Aproximarea pieselor la distanțele amintite se realizează prin deformarea lor plastică ca urmare a presiunii lor. Scopul deformății este distrugerea și eliminarea peliculelor de oxizi, gaze și alte impurități de pe suprafața pieselor. Din acest motiv, ea este dependentă de temperatura pieselor și deci a impurităților de pe suprafețele lor frontale, de presiunea mediului înconjurător, de natura materialului pieselor, respectiv a impurităților și de forma, mărimea secțiunii transversale a pieselor de sudat.

Studiile efectuate de diferiți cercetători în domeniul sudării electrice prin topire intermediară se ocupă cu următoarele aspecte ale problemei :

- determinarea pe cale experimentală a tehnologiei de sudare a pieselor din diferite metale, în așa fel încît încheierile sudurilor să corespundă construcției în care sînt folosite.
- conceperea utilajelor care să asigure realizarea amănunțori regimuri de sudare.
- elucidarea fenomenelor fizice care însoțesc faza de topire.
- determinarea încheierilor fizico-mecanice ale sudurilor realizate prin topire intermediară în comparație cu acelea ale metalului de bază.

- a observat că, în general calitățile îmbinărilor sudate se îmbunătățesc atunci când deformarea plastică a pieselor crește, fără a exista precizie asupra acesteia și a modului de realizare. Deformarea plastică poate fi considerată ca o măsură a energiei introduse în piese (căldură + lucru mecanic de deformare) în vederea sudării lor.

În cazul îmbinărilor de placă care sînt supuse la sollicitări de obicei este necesar ca îmbinările lor să fie uniforme pentru întreaga secțiune. Pentru aceasta este necesar ca energia introdusă prin sudare să fie aceeași în toate unghiurile de vîlcuri și la distanțate de planul sudurii. Adăugînd că, deformarea plastică a pieselor care se sudază este o măsură a acestei energii trebuie asigurată o corelație corectă între repartizarea forței de refulare și aceea a câmpului termic, încît deformarea plastică să fie cît mai omogenă în plane paralele cu planul sudurii. Această corelație va trebui să țină seama și de profilul pieselor de sudat, atunci cînd ele difere de formele simple. Reperetele de rulare ale aparatului de cale prezintă o formă complexă pentru sudarea cap la cap. Ele au coroana tratată termic superficial și forșează suprastructura aparatului de cale prin eliminarea jeantelor mari prin stabilirea tehnologiei de sudare cap la cap prin topire intermediară și presiune. Literatura de specialitate conține un volum suficient de date privind sudarea șinelor, dar în ele nu se menționează indicații referitoare la tema cercetată, astfel încît cercetările efectuate privind sudarea cap la cap prin topire intermediară și presiune a reperelor de rulare tratate termic ale aparatului de cale sînt cuprinse într-un plan statistic dependent de următorii factori și nivele ale acestora (20) :

Factorul A : ordinea operațiilor (CIOP)

- nivelul 0 : sudarea cap la cap a șinelor normale laminate (variante 0)
- nivelul A1 : sudarea cap la cap a șinelor tratate termic (variante I-a)
- nivelul A2 : sudarea cap la cap și apoi tratamentul termic (variante a II-a)

Factorul B : forța de refluxare (PDRB)

- **nivelul B1** : forță de refluxare relativ mică ($p_{sp} = 3,5 \dots 4,5$ kgf/cm²)
- **nivelul B2** : forță de refluxare relativ mare ($p_{sp} > 6$ kgf/cm²)

Factorul C : starea de tensiune determinată de tratamentul termic superficial și sudura cap la cap. (STN)

- **nivelul C1** : tensiuni rezanente în cazul variantei I-a
- **nivelul C2** : tensiuni rezanente în cazul variantei a II-a

În legătură cu alegerea nivelurilor factorilor sînt necesare următoarele precizări :

- în factorul A - nivelul 0 este considerat ca element de comparație, deoarece față de caracteristicile șinelor normale se vor verifica și compara datele obținute; acest nivel nu se va include în combinațiile de tratamente statistice ce s-au folosit.
- nivelele A1 și A2 s-au ales ca posibilități extreme posibile care fiind combinate cu nivelele B1 și B2 au permis realizarea unor rezinuri de sudare limită; prin aceasta s-a micșorat numărul tratamentelor planului statistic.
- în factorul C - , nivelele C1 și C2 evidențiază influențele favorabile și nefavorabile reciproce între tratamentul termic superficial și sudura cap la cap.

În mod normal numărul tratamentelor unui plan statistic se determină prin produsul nivelelor factorilor. În cazul de față acest număr este de 6, excluzînd nivelul 0 al factorului A. Avînd în vedere faptul că se pune problema determinării unei deforșării plastice minime necesare cu o mare influențată termic redusă, pentru a nu dizimua efectul tratamentului termic superficial-

al al reperelor de rulare, ale căror lungimi în stare necudată variază între 5 ... 9 m, tratamentele rezultate din combinațiile A2 + B1 și A2 + B2 s-au olininat în mod lesie. Ele ar fi condus la o nouă influențată termic exagerată cu anihilarea tratamentului termic superficial și necesitatea aplicării unui tratament termic superficial ulterior.

Corectările au încercut și s-au desfișurat testind următoarele tratamente :

- T1 = A1 + B1 + C1 - care a determinat regimul moale de sudare
- T2 = A1 + B2 + C1 - care a determinat regimul dur de sudare

Rezultatele obținute din testarea celor două tratamente s-au aplicat la sudarea șinei normale tip 49. Deoarece înoușirile sudurilor au fost mai bune în cazul regimului dur de sudare, s-a eliminat tratamentul A1 + B1 + C1 (regimul moale). Utilajul de sudare pentru prima etapă de corectări a fost instalația TAURUS cu o forță maximă de rulare de 35 tf., iar ulterior instalația UMAX - 50 cu o forță maximă de rulare de 50 tf. Instalația UMAX-50 a fost importată în anul 1973 și pusă în funcțiune în cadrul Întreprinderii Aparato de Cale Buzau în anul 1975 - fapt ce a permis testarea factorului B pentru nivelele : B11 = 3,5 krf/cm², B12 = 4,5 krf/cm², B13 = (... 7,5 krf/cm², rezultind tratamentele :

$$T3 = A1 + B11 + C1$$

$$T4 = A1 + B12 + C1$$

$$T5 = A1 + B13 + C1$$

Dependenta repartizării forței de rulare pe secțiunea reperelor de rulare de profilul acestora s-a corectat în cazul șinei normale tip 49 și 40 și a șinei ac tip 49 deforma-tă plastic în șină normală tip 49 fără gârzi de celisare.

Aparatele de cale cu reperele de rulare tratate termic superficial se librecază pe subanabile unită-ților de mentaj, unde în condițiile tehnologice stabilite în baza rezultatelor prezentate se subează cap la cap, formind un cadru care se montează pe traverse și apoi direct în cale.

In vederea reducerii la minimum posibil a zonei influențată termic s-a testat și înălțirea rețetăii de sudură durată cu îndesare, având în vedere posibilitățile de regulare ale mașinii UNM-50.

$$T_0 = A1 + B13 + C1 + \dots$$

In asemenea condiții, a fost necesară prelucrarea statistică a caracteristicilor descrise pentru toate materialele folosite rezultatele fiind prezentate în tabelul nr.3.

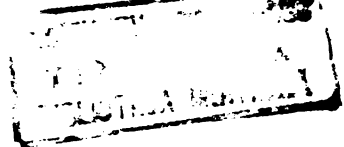
Tabelul 3

Caracteristica cercetată	valoarea medie %	Dispersia %	valoarea medie (g/cm ²)	Dispersia
C	0,49	0,030	-	-
Co	0,65	0,023	-	-
Mn	0,84	0,080	-	-
Si	0,20	0,030	-	-
S	0,006	0,0065	-	-
P	0,002	0,0078	-	-
Fr	-	-	76,8	82,7

A fost necesară și stabilirea legăturii între compoziția materialului utilizat pentru rețetă de sudare și rezistența de rupere în tracțiune a acestora.

3.4.2.1. Rețeta de sudare cu presiune
specifică de reglare $p_{op} = 3,5 \text{ kg/cm}^2$

Rezultatele măsurătorilor de duritate sunt prezentate în tabelul 4. Atât din tabelul 4 cât și din fig. 7c se constată o diferență semnificativă în zona sudurii între cele două variante în sensul că se amplifică efectul durității în cazul variantei a I-a.



Tabelul 4

Cupoane tehnologice varianta I ^a				Cupoane tehnologice varianta II ^a	
Nr. crt.	Seria	Hv.5	Nr. crt.	Seria	Hv.5
CUPON A	1	402	1	7	402
	2	305	2	7	305
	3	390	3	7	401
	4	338	4	7	390
	5	410	5	7	388
CUPON B	6	390	6	8	412
	7	328	7	8	408
	8	387	8	8	396
	9	349	9	8	390
	10	399	10	8	400
CUPON C	11	387	11	9	401
	12	331	12	9	390
	13	279	13	9	399
	14	391	14	9	391
	15	388	15	9	388

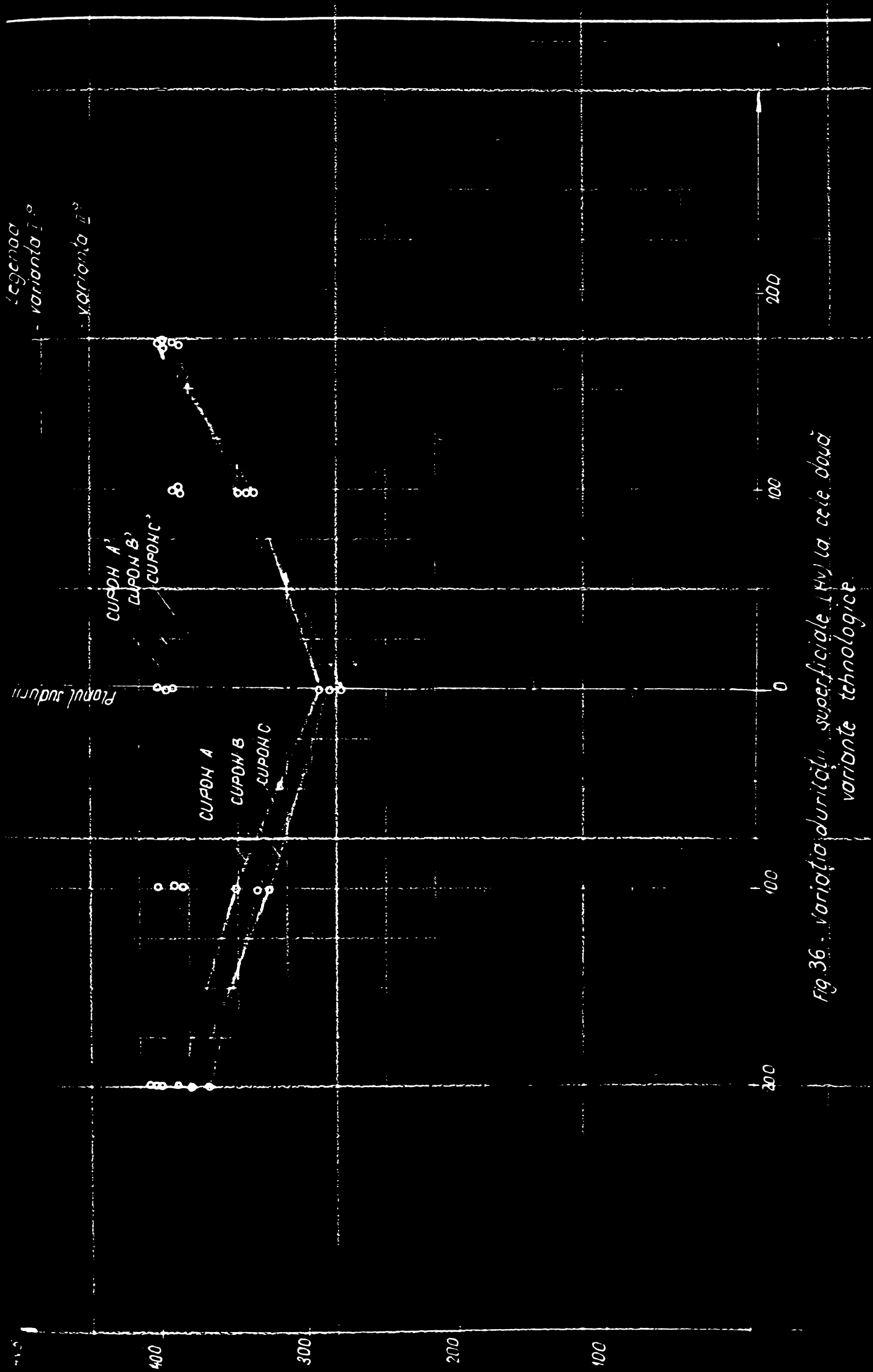


Fig.36 - variația durezza_{sup} (Hv) la cele două variante tehnologice

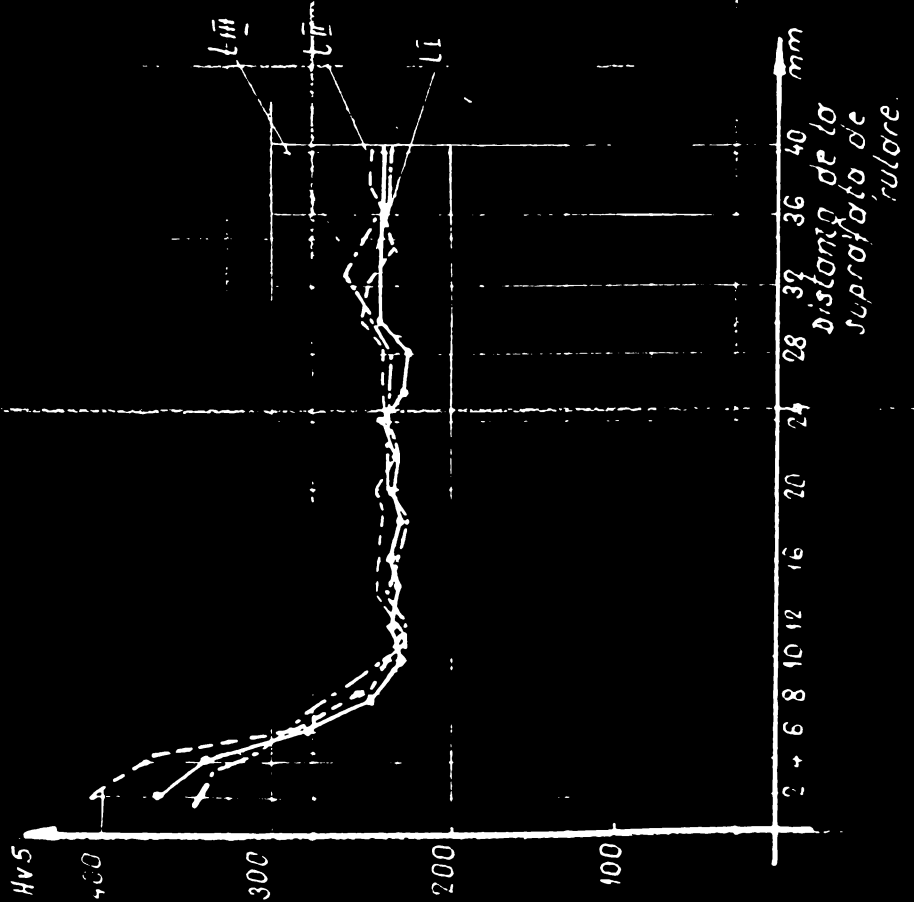


Fig. 37 - Variația a HV5 în funcție de distanța de suprafața de măsurare.



Fig. 43a - Microstructura subzonei I extindere ac
1,72 mm. de la suprafața de rulare

x 500



Fig. 43b - Microstructura subzonei II extindere
de 1,27 mm de la subzona I

x 500

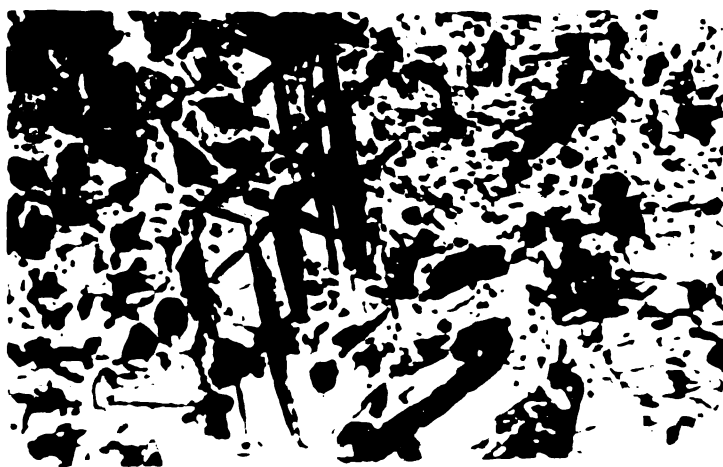


Fig. 43c - Microstructura subzonei III (extindere
de 2,74 mm de la subzona II)

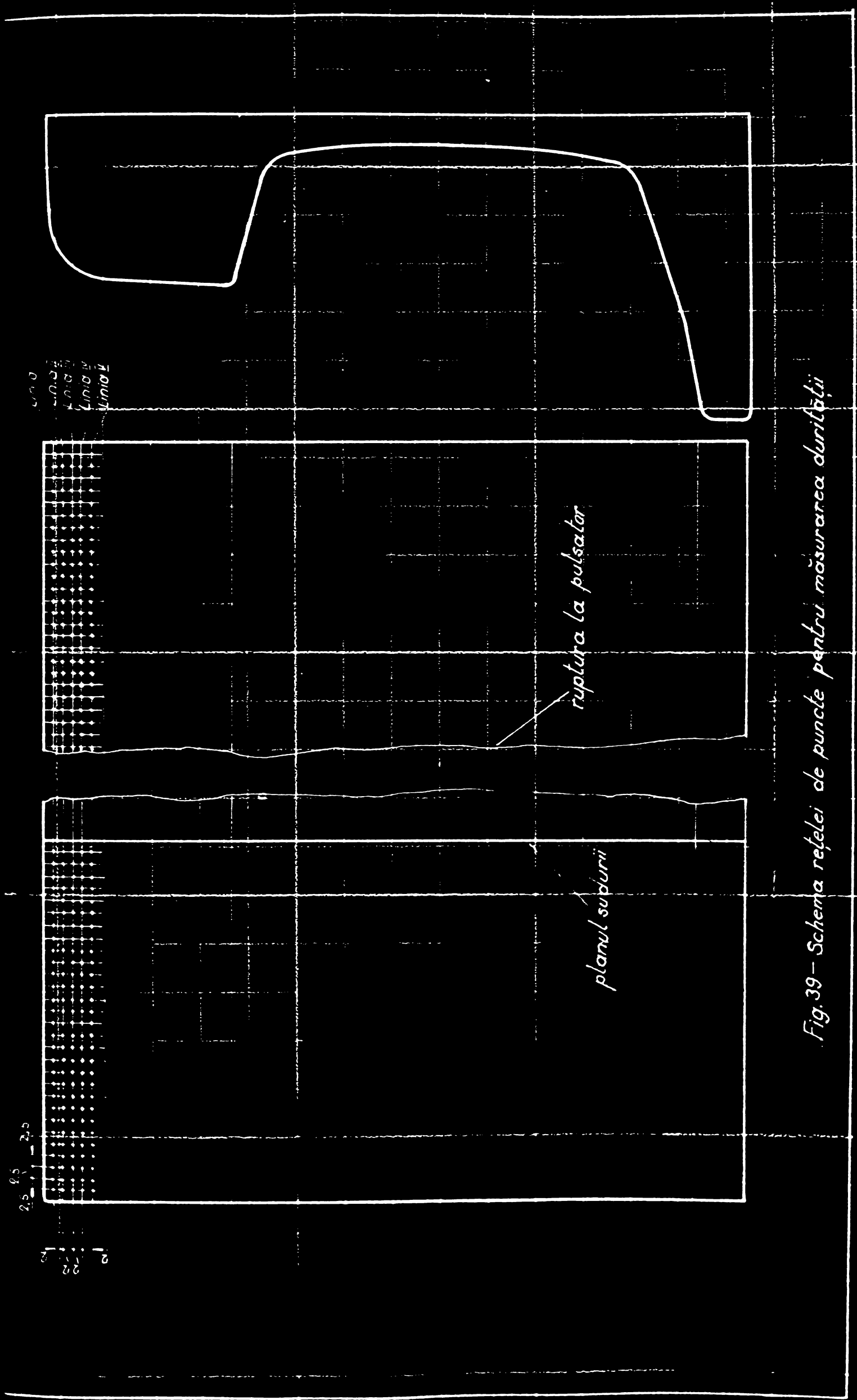
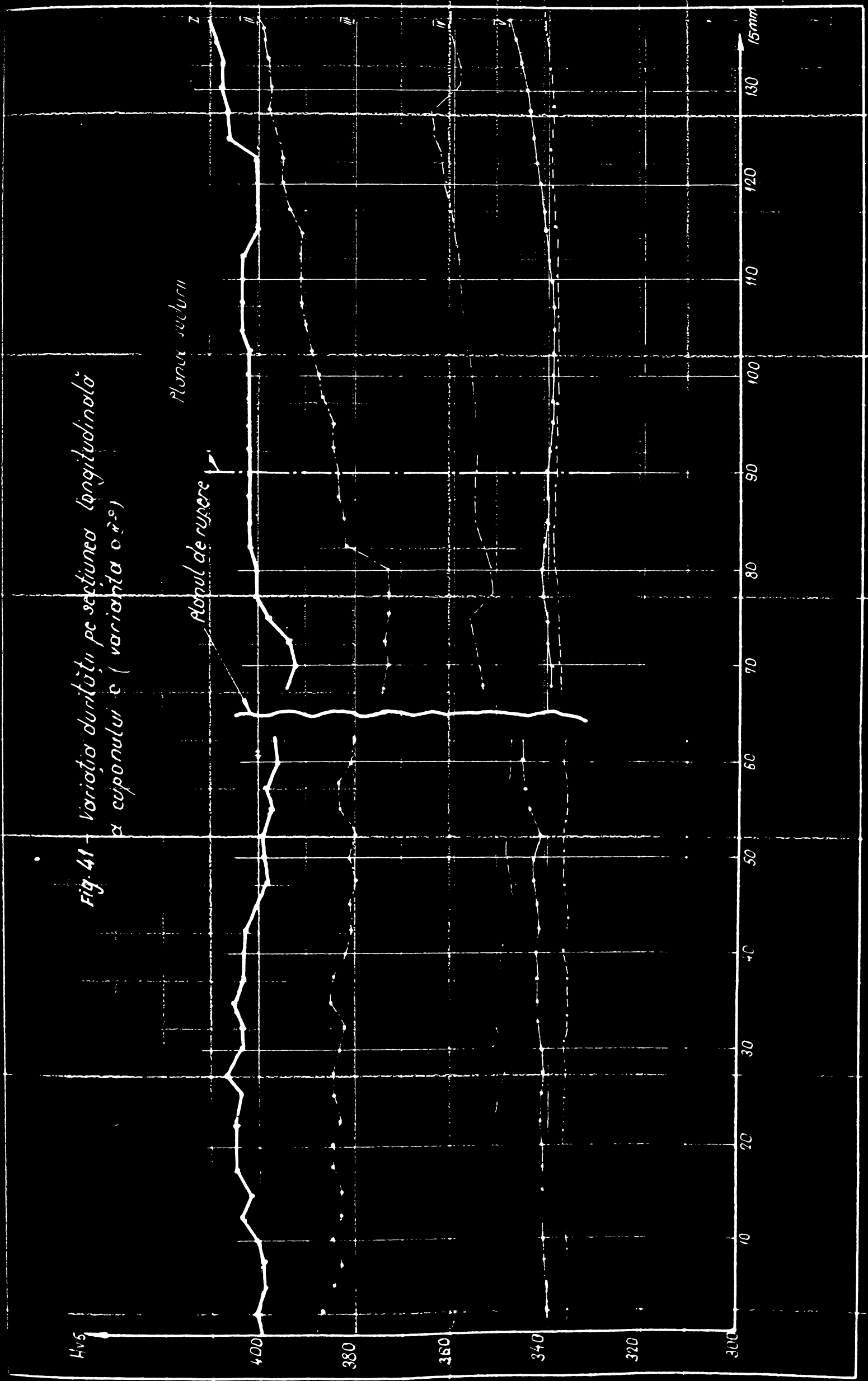


Fig. 39 - Schema rețelei de puncte pentru măsurarea durității

Fig. 41 - Variația durității pe secțiunea longitudinală
a cuponului ϵ (varianța $0,75^\circ$)



Influența modului de realizare a îmbinărilor sudate asupra însușirilor de duritate s-a urmărit și pe secțiuni longitudinale prin suduri, determinându-se adâncimea de călire prin analize microstructurale. (fig.37,38a,38b,38c).

fectul călirii se resimte pînă la o adîncime de cea. (... 7 mm. Această concluzie este în concordanță cu analiza microstructu- rală din care a rezultat că zona călită poate fi împărțită în trei subzone care totalizează o extindere de 6 ... 7 mm.

Măsurătorile de duritate pe secțiuni longitudinale prin suduri sau făcut conform fig.39 pe cupoane înainte și după ce au fost încercate la oboseală. (fig.40,41)

Determinarea rezistenței la oboseală s-a făcut prin supunerea la încovoiere pulsatorie cu următorii parametri :

- forța maximă P 23,5 ... 25, tf.
- forța de bază p 1 tf.
- distanța între rezeme 1200 mm
- solicitarea la oboseală 29 ... 31
tf/mm².
- frecvența pulsațiilor 300 /minut

In tabela 4/1 sînt prezentate rezultatele încercărilor precum și rezultatele calculului statistic privind mediile și limitele de confidență pentru cele două categorii de îmbinări la o încredere de 95%.

In figurile 42, și 43 sînt prezentate cupoanele rupte la pulsator pentru fiecare mod de realizare al sudurii. Deoarece mediile rezultatelor experimentale în cele două variante tehnologice au valori relativ apropiate s-a testat statistic dacă există sau nu diferențe semnificative între mediile celor două populații, adică dacă din punct de vedere al comportării la oboseală (valorile medii ale rezultatelor) există sau nu o diferență semnificativă între reperele călitate și apoi sudate, respectiv reperele sudate și apoi călitate.

Testînd ipoteza $\mu_1 = \mu_2$ în care μ_1 și μ_2 fiind mediile celor două populații alternativ și $\mu_1 \neq \mu_2$ pentru $\sqrt{s_1^2} \neq \sqrt{s_2^2}$ ($\sqrt{s_1^2}$ și $\sqrt{s_2^2}$ fiind varianțele celor două populații) s-a constatat că asumîndu-se un risc de $\alpha = 5\%$ ipoteza $\mu_1 = \mu_2$ nu poate fi refuzată.

Tot

Cantón 13				Cantón 15			
Limite inferior	Limite superior	Nr pulsaciones	valor medio de conf. individual	Nr cuppon	F max (tf)	Valor medio individual	Nr pulsaciones
			(kgf/mm ²)				
1	23,5	29,0	645.000	1	23,5	678.510	1
2	23,5	29,0	444.410	2	23,5	405.520	2
3	25,0	31,0	451.410	3	24,5	942.630	3
4	24,0	30,0	278.940	4	25,0	149.040	4
5	29,0	31,0	199.040	5	25,0	224.700	5
6	26,0	32,0	480.000	6	26,0	397.000	6
7	26,5	32,5	440.000	7	26,5	420.000	7
8	25,0	31,0	491.000	8	25,0	480.000	8
9	26,0	32,0	510.000	9	26,0	505.000	9
10	25,5	31,0	595.000	10	25,5	610.000	10
Total 13				Total 15			
620.340				110.340			
506.280							



Fig. 42 - Cuponul A (varianta I-a) rupt la pulsator ($\bar{\sigma} = 29 \text{ Kgf/mm}^2$); $n = 636.000$ pulsații



Fig. 43 - Cuponul A (varianta I-a), rupt la pulsator ($\bar{\sigma} = 29 \text{ Kgf/mm}^2$); $n = 675.510$ pulsații

Deși pe baza încercărilor la oboseală efectuate se poate trage concluzia că, comportarea la oboseală a reperelor de rulare nu este influențată de faptul că tratamentul termic de călire superficială este aplicat înainte sau după sudare.

Acoste determinări experimentale pe două regiuni tehnologice în cele două variante permit următoarele concluzii :

- din punct de vedere al uniformității încusirilor de duritate, respectiv a continuității rezistenței la uzură de-a lungul reperului de rulare (inclusiv îmbinarea sudată) este mai avantajoasă aplicarea tratamentului termic de călire după sudarea șinelor.
- din punct de vedere al rezistenței la oboseală, este indiferent dacă tratamentul de călire se aplică înainte sau după sudarea reperelor de rulare.
- având în vedere faptul că tehnologia este eficientă sudarea reperelor în prealabil călitate se consideră utilă determinarea unui regim de sudare cât mai dur care aplicat pieselor călitate să afecteze în măsură mică proprietățile obținute prin tratamentul termic superficial, în condițiile menținerii în limite admise a rezistenței la oboseală.

3.4.2.2. Regimul de sudare cu presiune specifică de refulare $p_{sp} \geq 4 \text{ kg/cm}^2$.

Acest regim tehnologic a fost realizat pe instalația UMT-50. Regimul de sudare cu presiune specifică de refulare de $3,5 \text{ kg/cm}^2$ a evidențiat faptul că, în cazul variantei I-a tratamentul termic superficial de călire este intens afectat pe o lungime de cea. 50 ... 70 mm de o parte și de alta a plăului sudurii. Acest fenomen se caracterizează printr-o reducere a durității la nivelul aceluia cu materialul de bază al reperului de rulare și este generată de ciclul lung de sudare cu o zonă de preîncălzire și țopire ridicată care nu poate fi înlăturată de valoarea redusă a forței de refulare. Noul regim cu presiune specifică de refulare de 6 kg/cm^2 a fost testat pentru a vedea în ce măsură va rușina sau asomona regimul domeniului de sudare a durității reperelor călitate și deci în principal se va determina oportunitatea variantei I-a

S-au aplicat următoarele regimuri de sudare :

a/ - regim cu preincalzire :

- numărul de cicluri de preincalzire.....20
- durata unui ciclu de preincalzire242
secunde
- curentul de preincalzire22...2!
KA
- curentul de topire 7000 A
- scurtarea la topire 20 mm
- presiunea specifică de refulare.....4,5...
kgf/cm²
- scurtarea la refulare19... 20
mm

b/ - un regim fără preincalzire (prin topire directă)

- curentul de topire7000 A
- scurtarea la topire25 mm
- presiunea specifică la refulare.....7,5 kgf/cm²
- scurtarea la refulare20 mm

Influența acestor regimuri de sudare s-a urmărit din același punct de vedere ca și în punctul 3.4.2.1.

În Fig. 44 se prezintă dispersia durității în secțiune transversală. Se constată că tratamentul termic superficial a reușit să confere oarecărui reperului de rulare o duritate constantă cu excepția unor maxime la curba IV-jalie kgf/cm². Încercările de absoalți s-au efectuat cu următorii parametri : distanța între reacece 1200 , selicitatea... 29,2 kgf/cm² la o frecvență de 300/minut.

Rezultatele obținute sînt indicate în tabelul 5, din care se observă următoarele :

- în cazul reperelor oțluite, dispersia rezultatelor este acceptabilă
- rezistența la absoalți a reperelor oțluite și necudate can la oare se situează între 2 și 28,4 kgf/cm²

Determinarea unei medii statistice și a unor

Tabelul 5

nr	40 normale				foane 40 tratate				superficial	
	P_{max} (tf)	σ (gf/mm ²)	ur	lips	P_{max} (tf)	hgt mm	ur	ur	Obs.	
1	18,0	30,0...30,9		rupta	17,5...18,0	29,2...30,0			rupta	
2	17,5	29,2...30,0		rupta	17,5...18,0	29,2...30,0			rupta	
3	16,0	26,7...29,2		rupta	16,0...16,5	26,7...27,5			nerupta	
4	17,0	28,4...29,2	884.540	rupta	16,0...17,0	26,8...28,4	2.010.000		nerupta	
5	16,5	27,5...28,4	2.010.000	nerupta	16,0...17,0	26,8...28,4	2.010.000		nerupta	

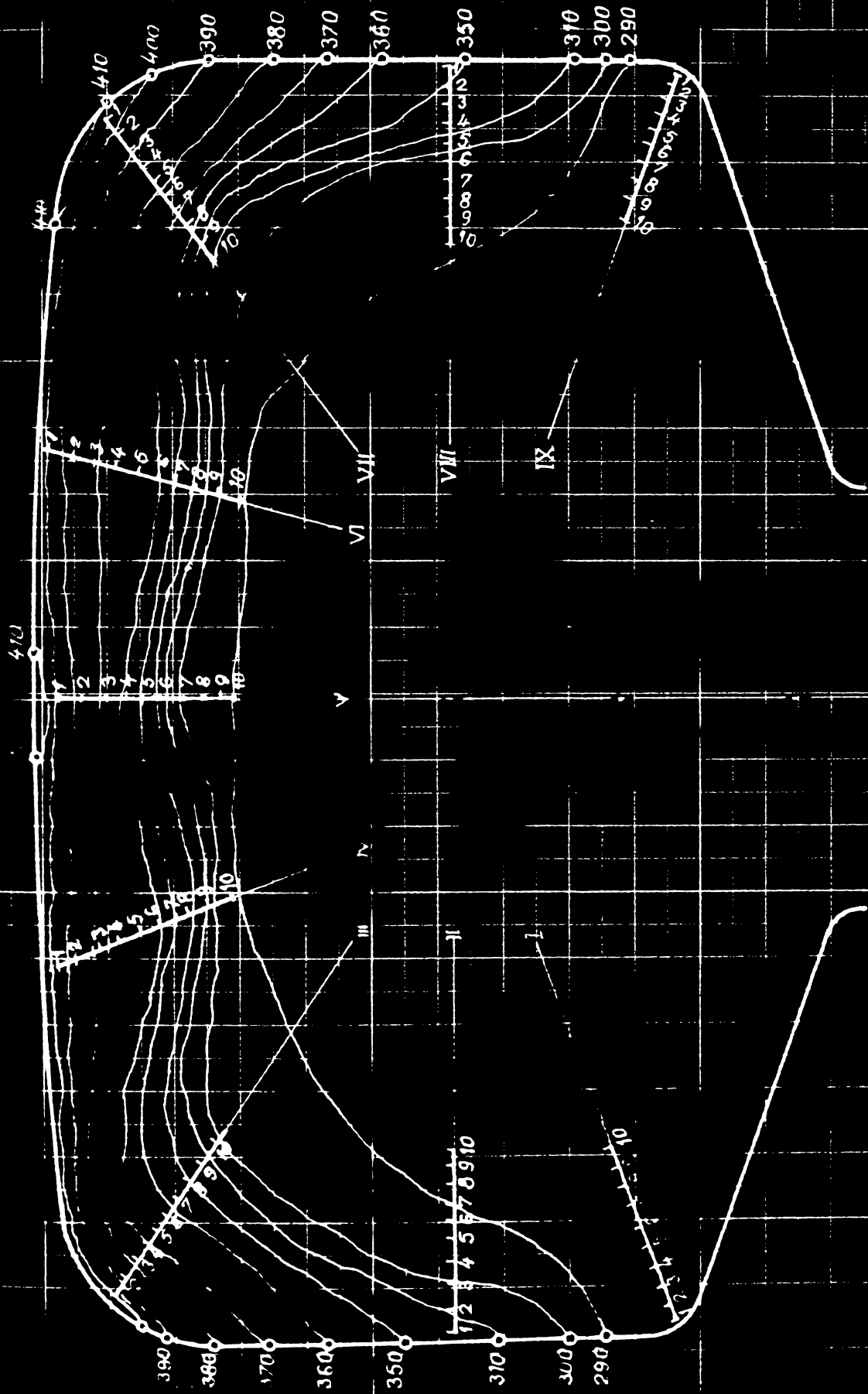


Fig. 44 - Limita de duritate constantă în secțiunea transversală a cuperei șinei tip 40 înaltă termic superficial

intervalo de confidentență s-au considerat semnificative. Se constată totuși neuniformitatea caracteristicilor fizico-mecanice în aceste variante determinată de anumite dereglări ale tehnologiei de tratament termic.

Pe acest considerent, s-au refăcut probele pentru a constata în urma rezultatelor obținute și indicații privind tehnologia de tratament termic.

3.4.3. Cercetări privind influența rezistenței de sudare prin topire intermediară și apropierea a reperelor tratate termic superficial.

Verificările și experimentările au fost efectuate conform planului statistic inițial stabilit comparativ cu reperu netratat termic, iar rezultatele obținute sînt prezentate în tabelele 6, 7 și 8. Pentru a obține informații asupra influenței reciproce a tratamentului termic superficial și sudării cap la cap, încercările de rezistență pentru verificarea la sarcini dinamice s-au efectuat pe epruvete prelevate longitudinal și transversal în zona sudurii și din cernul cupoanelor de probă conform Fig. 45. Încercarea la obosală s-a efectuat pe un pulsator de 50 tf. tip IUP - lee aplicându-se metoda sarcinii progresive a lui Locatti. Fiecare epruvetă metodă, rezistența la obosală se determină prin încercarea unei singure epruvete. Fiecare epruvetă a fost supusă unor încercări variabile periodice în trepte, după un ciclu pulsant pozitiv. Sarcina de încercare a fost variată progresiv în trepte în așa fel ca la fiecare solicitare s-a menținut un număr constant de cicluri. Încercarea s-a dirijat astfel încît la prima treaptă s-a produs o tensiune sub limita de obosală preocupată. Trecutele următoare s-au îndreptat la o solicitare care crește constant. Numărul de cicluri pe treaptă a fost ales arbitrar după determinarea numărului de trepte de încercare și optimarea numărului total de cicluri pînă la rușor. La încercarea de obosală (27) prin metoda sarcinii progresive a lui Locatti se consideră valabili potențialitățile cumulative, care admită că prin încercarea totalului la diverse trepte de solicitare la fiecare treaptă se consumă din capacitatea de rezistență o anumită cantitate proporțională cu raportul dintre n - numărul de cicluri pe treaptă și N - numărul total de cicluri la care rezistă dacă ar fi încercată pînă la rușor

Analiza chimică a cupulelor tehnologice

Nr crt	Varianta tehnologică de realizare a cupulelor de probă	Numărul cuponului de probă	Carbon (%)	Siliciu (%)	Mangan (%)	Sulf (%)	Fosfor (%)	Observații
1	17-a	1	0,46	0,21	0,94	0,031	0,013	
2		2	0,54	0,12	0,89	0,024	0,029	
3		3	0,53	0,24	0,86	0,024	0,010	
4		4	0,47	0,25	0,91	0,035	0,013	
5		5	0,54	0,16	0,84	0,020	0,026	
6	7-a	2	0,54	0,21	0,88	0,020	0,020	
7		3	0,46	0,19	0,91	0,020	0,023	

Rezultatele încercărilor de duritate după metoda vickers pe
felii longitudinale decca. 200 mm. lungime prelevate din
corpuri eusecnelor tehnologice, în poziții cu distanțe
variabile decca. 3 mm. adâncime de la față a acestora.

(ETAPEA A II^o)

nr.	Varianta tehnologică de realizare a eusecnelor de probă	Numărul cuponului	Numărul de încercări pe folii	Duritatea vickers Nv 30/15	Observații
1	I ^a	3	1	257	
2			2	276	
3			3	266	
4		4	1	278	
5			2	276	
6			3	314	
7			4	262	
8			5	277	
9			6	271	
10			7	268	
11			8	271	
12			9	280	
13			10	276	
14		5	11	223	
15			12	231	
16			13	276	
17			14	249	
18			15	260	
19			16	334	
20			17	242	
21		18	263		
22	II ^a	2	1	326	
23			2	222	
24		2	3	325	
25			4	230	
26			5	280	
27		3	1	246	
28			2	271	
29			3	220	
30		1	1	223	
31			2	232	
32		3	3	251	
33			4	223	
34			5	299	
35		3	6	220	
36			7	223	
37			8	233	

700000000
(ETAPA a II-a)

Rezultatele încercărilor mecanice pe dipoare tehnologice

Varianta tehnologică de realizare a cuponului de probă	Numărul cupoanelor de probă	Numărul de cpruvete	Încercări mecanice						Observații												
			În corpul cuponului			În zona sudurii															
			Rezistența de rupere la tracțiune (kgf/mm ²)	Alungirea la rupere δ ₅ (%)	Rezistența KCU ₂ (kgf/cm ²)	Rezistența de rupere la tracțiune (kgf/mm ²)	Alungirea la rupere δ ₅ (%)	Rezistența KCU ₂ (kgf/cm ²)													
1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	2	2	84,77	16	2,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	3	3	73,00	14	3,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	4	4	-	-	-	-	-	1,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	5	5	79,00	16	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6	6	77,71	16	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	7	7	-	-	-	-	-	2,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	8	8	72,61	20	3,88	-	78,53	19,4	2,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	9	9	-	-	6,88	-	79,63	10,0	4,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	10	10	-	-	-	-	-	2,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	11	11	79,63	16	3,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	12	12	82,16	15,2	3,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	13	13	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	14	14	77,26	18	4,25	-	74,39	15	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	15	15	79,64	15,2	3,63	-	77,71	10	7,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	16	16	-	-	-	-	-	2,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

pe treapta respectivă de sollicitare, adică $\sum \frac{d_n}{N} = 1$

O altă condiție adițională de Lecatti este aceea de cunoaștere a curbei Wöhler $\sigma = f(N)$ pentru un metal asemănător cu acela care se încearcă (27). Amescind curba de oboseală Wöhler determinată de I. S. I. M. Timișoara pe un număr corespunzător de probe de șine normale tip 49 fabricate de C. . Reșiț din țoțel calitate conform STAS 1900 - 67, care au fost supuse la încercări de încovoiere pulsantă, a rezultat o rezistență la oboseală de 20 kgf/cm^2 . (21, 22). În fig. 46, se indică curba Wöhler presupusă (în cazul de față cunoscută pe o diagramă semi-logaritmică pentru șinele normale tip 49 determinată de I. S. I. M. Timișoara). Această diagramă a servit drept criteriu de comparație cu regiunile tehnologice aplicate de sudare în varianta I-a și a II-a. Concluziile încercărilor efectuate sînt următoarele :

- nu s-au constatat structuri Widmannstätten, s-au de supraîncălzire accentuate a prizei zone influențate termic
- nu s-au observat defecțiuni ale fibrelor de laminare în zonele de refulare
- există o concordanță între valorile durităților determinate pe probele longitudinale și transversale cu structurile determinate la analiza metalografică și cu valorile reziliențelor
- procesul de tratament termic superficial aplicat , a realizat zone de călire la nivelul durității necesare cu o adîncime a stratului călit corespunzător dispus sub o formă continuă atât pe centrul cercului cît și pe lungimea liniei mediane . (Fig. 47, 48).

S-au efectuat și cercetări în detaliu care permit selecția laminatelor pentru reperele de rulare ale aparatului de cale destinate tratamentului termic superficial și sudurii cap la cap. În acest scop au fost supuse la probe de îndoire sub sarcină progresivă cuprind tehnologie pînă la atingerea sarcinii maxime de 90 tf. la o distanță între roaze de 1200 mm , obținîndu-se o săgeată medie de 70 mm fără a se produce fisurarea laminării sudate.

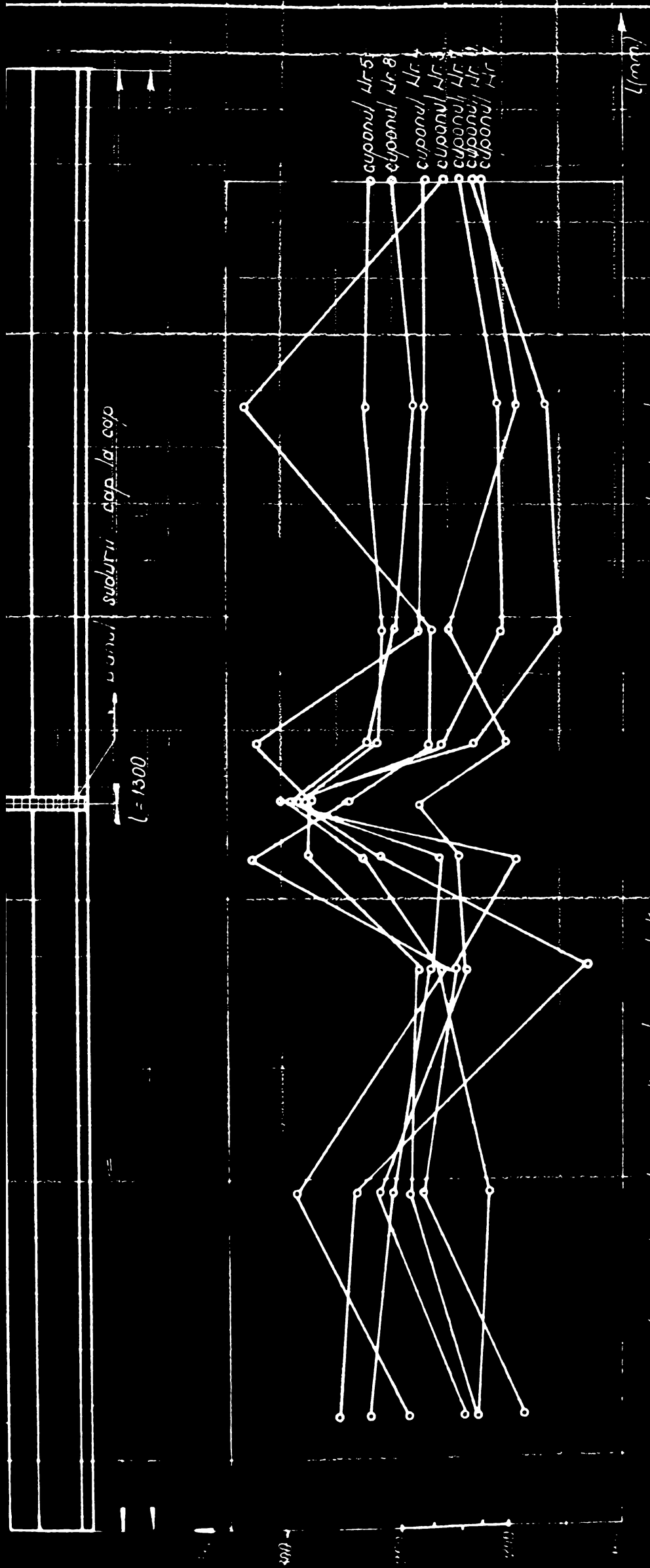


Fig. 45- Probele de material ale stâlpiilor în zona cotei pentru cupoanele tehnologice.
 din zona nr. ord. 49 sudurii cap la cap. Probele inițiale mediana și preserie,
 probele de serie în formă de T (varianta 1 și 2) și 3, 4, 4.2.

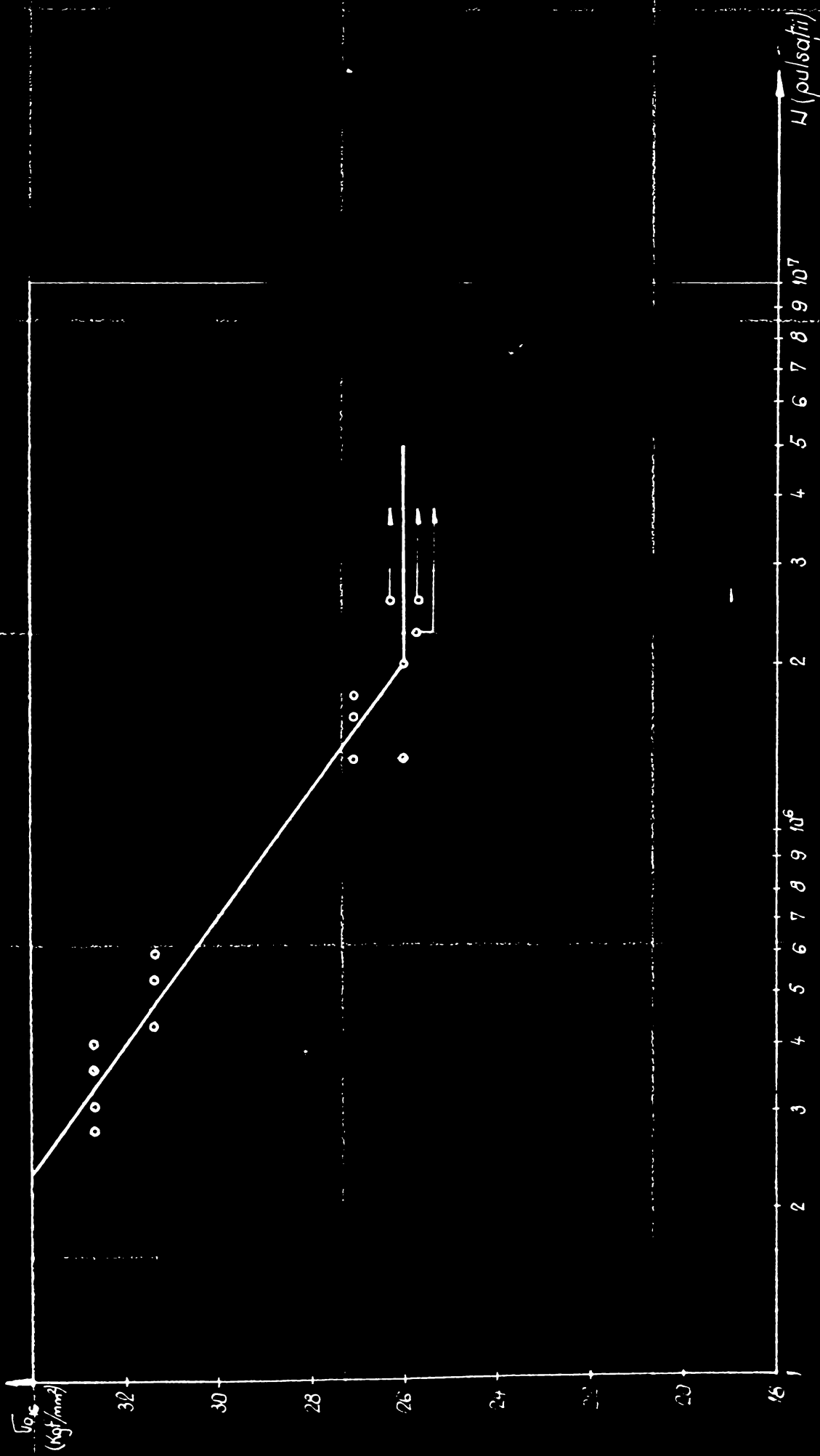


Fig. 46. Curba Wöhler pentru șinele normale tip 49 determinată de I.S./M. Timișoara

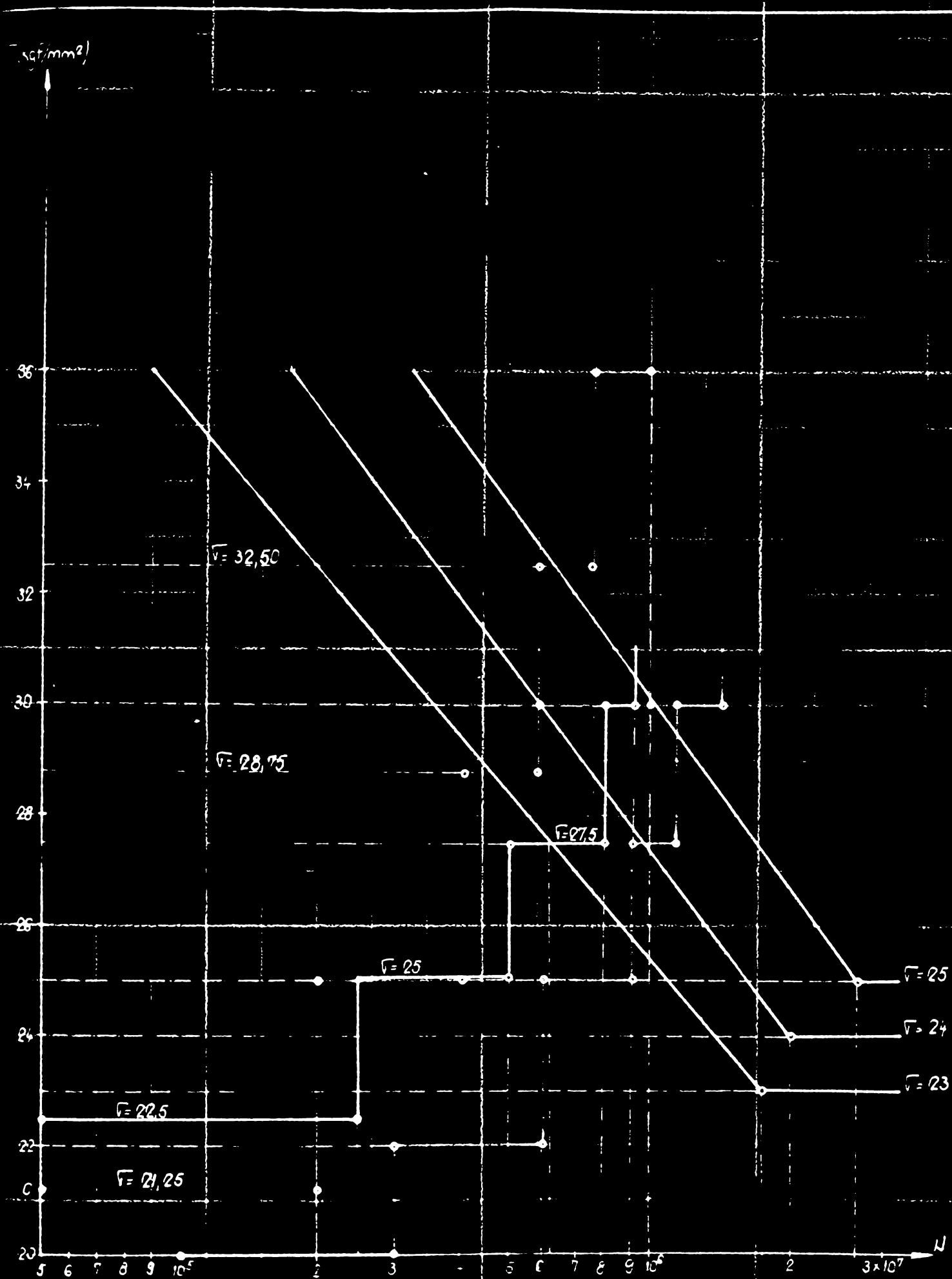


Fig. 47. Reprezentarea solicitărilor de încercare la oboseală în trepte după metoda Locati pentru:

a — cuponul tehnologic nr. 1 variantă B-a

b — cuponul tehnologic nr. 3 variantă B-a

c — cuponul tehnologic nr. 2 variantă B-a

(a se învedea curbele de încercare și intersecția acestora cu diagramele de oboseală prezente)

CUPONUL TEHNOLOGIC Nr. 2
METODĂ DE FABRICAȚIE

CUPONUL TEHNOLOGIC Nr. 2 SUDAT CAP LA CAP
NETRATAT TERMIC

CUPONUL TEHNOLOGIC Nr. 2 SUDAT CAP LA CAP
METODĂ DE FABRICAȚIE




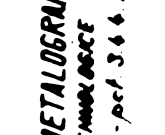


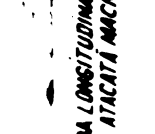

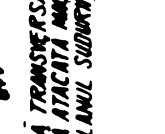





				 8- PLANUL SUDURII (INIMA) (PUNCTAJ 3)	 9- ZONA SUPRANCALZITA (INIMA) (PUNCTAJ 2)	 10- ZONA NORMALIZATA (CORDANA) (PUNCTAJ 7 & 8)	 11- ZONA NORMALIZATA (CORDANA) (PUNCTAJ 8)	 12- ZONA SUPRANCALZITA (CORDANA) (PUNCTAJ 2)	 13- ZONA SUPRANCALZITA (CORDANA) (PUNCTAJ 2)	 14- ZONA NORMALIZATA (CORDANA) (PUNCTAJ 8)	 15- PLANUL SUDURII (CORDANA) (PUNCTAJ 2 & 3)	 16- ZONA SUPRANCALZITA (CORDANA) (PUNCTAJ 2)	 17- ZONA NORMALIZATA (CORDANA) (PUNCTAJ 8)	 18- PROBA LONGITUDINALA DIN CORDANA ATACATA MACROSCOPIC (IN PLANUL SUDURII)	 19- PROBA LONGITUDINALA DIN CORDANA ATACATA MACROSCOPIC (IN PLANUL SUDURII)	 20- PROBA TRANSVERSALA DIN INIMA ATACATA MACROSCOPIC (IN PLANUL SUDURII)	 21- PROBA TRANSVERSALA DIN TALPA ATACATA MACROSCOPIC (IN PLANUL SUDURII)	 22- CASURA SUDURII LA OBIOSCALA	 23- PRUBA TRANSVERSALA ATACATA MACROSCOPIC (IN PLANUL SUDURII)	 24- PLANUL SUDURII (CORDANA) (PUNCTAJ 2 & 3)	 25- ZONA SUPRANCALZITA (CORDANA) (PUNCTAJ 2)	 26- ZONA SUPRANCALZITA (CORDANA) (PUNCTAJ 2)	 27- PLANUL SUDURII (INIMA) (PUNCTAJ 3)	 28- ZONA SUPRANCALZITA (INIMA) (PUNCTAJ 8 & 9)	 29- ZONA NORMALIZATA (INIMA) (PUNCTAJ 7 & 8)
---	---	---	---	---	---	--	--	--	---	--	--	---	--	--	---	---	--	--	--	--	---	--	--	---	--

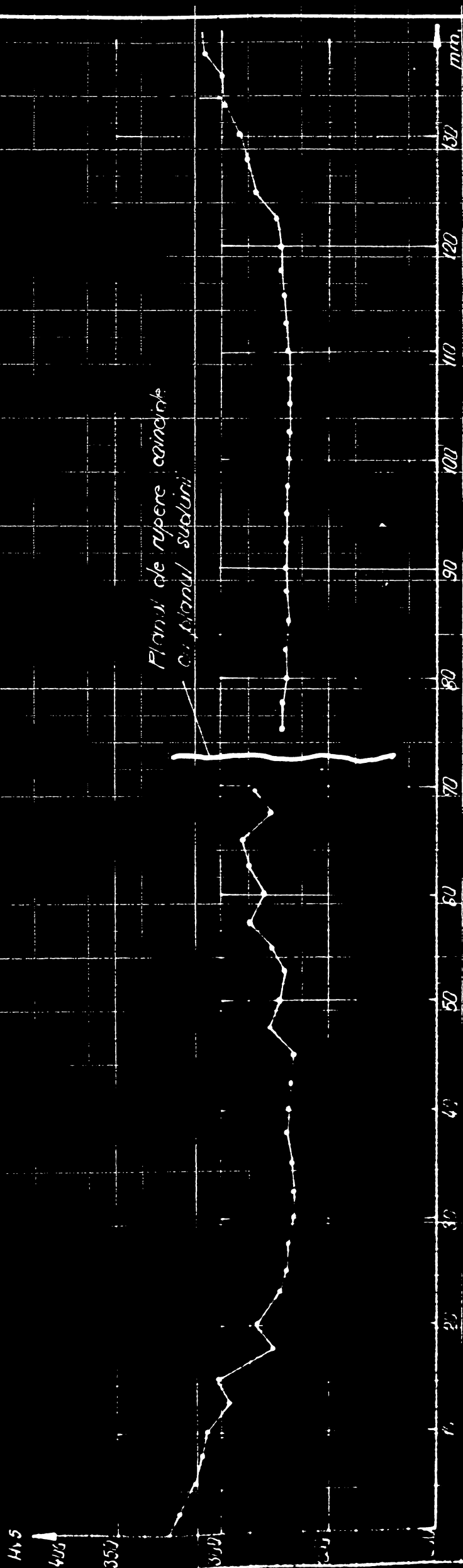
Fig. 108-EXAMENUL METALOGRAFIC AL PRODUSURILOR TEHNOLOGICE (ETAPA 2-a) - pag. 3 & 4.1

Incercările de duritate au arătat influența tratamentului termic conform diagramei din figurile 49,50. Prin aplicarea unei presiuni specifice de refulare cuprinsă între 6 ... 7,5 kgf/cm^2 s-a obținut rezistențe la oboseală cuprinse între 23,7 ... 20 kgf/cm^2 , fapt care arată că rezultatele sînt cu 8% mai mari față de valorile obținute pe cupoane tehnologice sudate cap la cap și netratate termic (Fig.51). La aceste rezultate, se confirmă și valorile rezistenței de rupere la tracțiune care au prezentat alungiri între 14 ... 15% pe epruvete cu lungimea $L_0 = 5 d$; alungirea ridicată indică o bună ductibilitate a metalului realizată ca urmare a procesului de detensionare a cupoanelor sudate. Epruvete de tracțiune s-au prelevat numai din talpi deoarece din coroaie tratată s-au preluat probe pentru analize metalografice și determinări de durități (Fig.54,55). Din Fig.55 se constată următoarele :

- stratul de călire a fost constituit din structuri normale dar, zona afectată de tratamentul termic în unele porțiuni au avut adîncimi mai mari.
- trecerea de la stratul superficial spre mijlocul coroanei este progresivă de la sorbită de călire plus martensită de călire pînă la structura de bază; acest fapt este confirmat de duritățile determinate pe probe transversale.

Îmbunătățirea rezistenței la oboseală cu con. 8% aduce o contribuție în domeniul influenței factorilor metalografici asupra acestei caracteristici mecanice dominante a oțelurilor slab aliate tratate termic supuse șocurilor și uzurii. În cazul unei durități ce depășește 37 HR_C, o structură sorbitică produsă dintr-un tratament termic conduce la proprietăți de oboseală mai bune decît o structură cu aceeași duritate obținută printr-un tratament de îmbunătățire. Rezistența la oboseală în cazul durității de 40 HR_C este foarte mult influențată de modul de prelucrare a suprafețelor rotoarelor de rulare privind evitarea muchiilor ascuțite și de prezența incluziunilor preluate din faza de elaborare a oțelului. În acest scop, din studiile întreprinse, toate muchiile rotoarelor de rulare se vor prelucra cu o rază minimă de 1,5 mm. Prezența unui strat de decarburare pe suprafață poate reduce substanțial

Fig. 49. Variația densității la 2 mm în subrațoare
 în funcție de adâncime și înălțimea



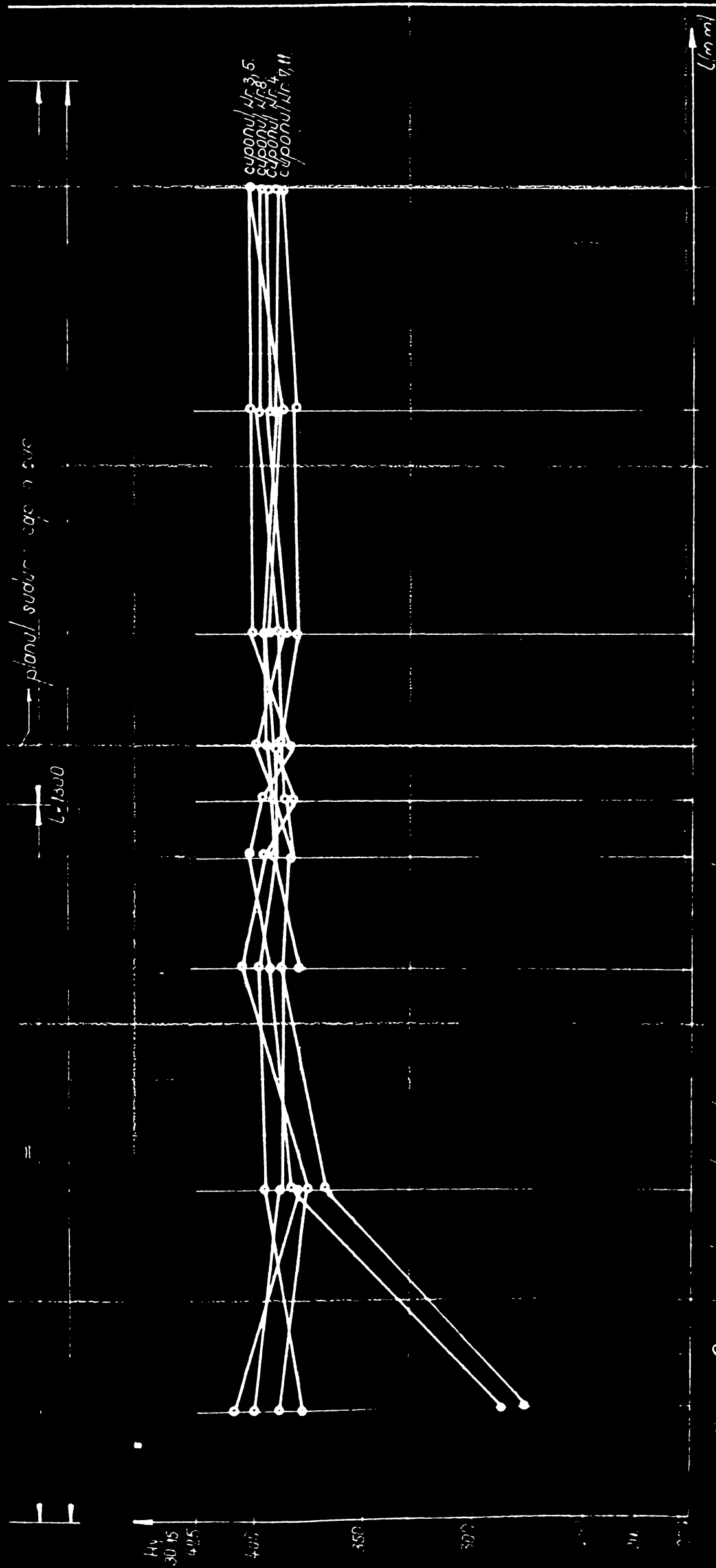


Fig. 50 Căminele de comunicație și înălțimea stărilor pentru
 diferite stări de sarcină și poziția stărilor cap. or. în fața
 și în spatele stărilor termice pentru ca să nu fie stărilor

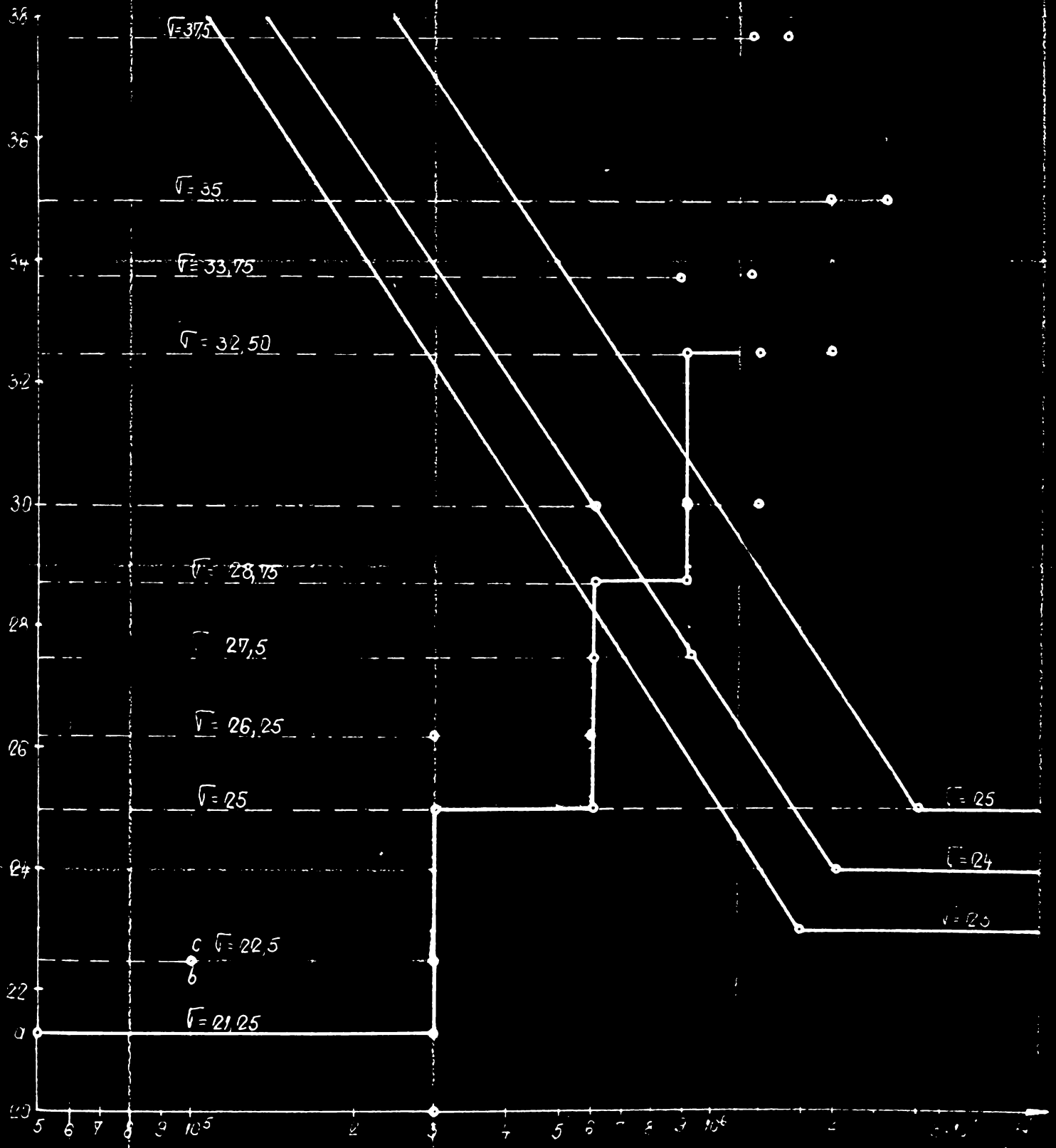
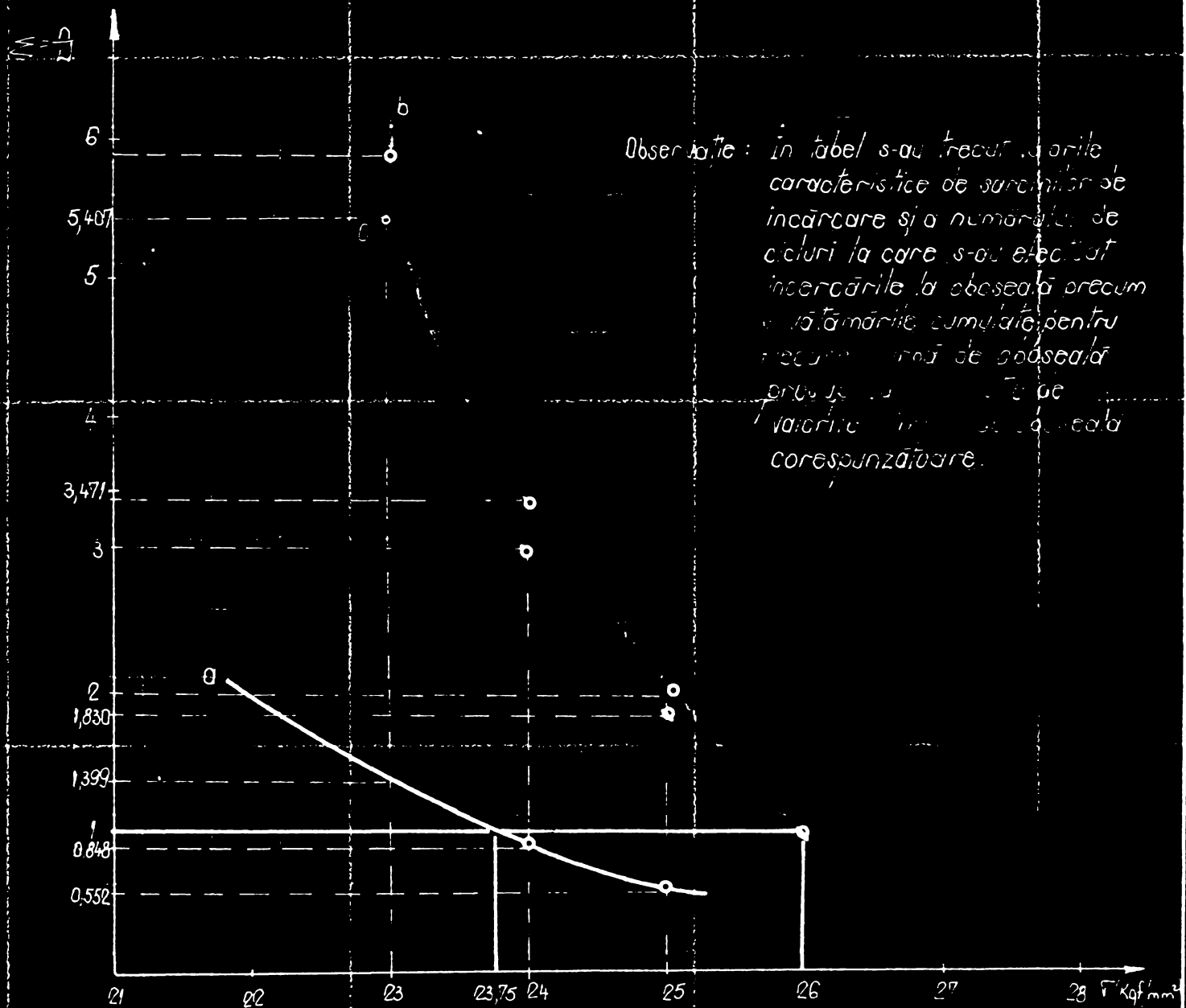


Fig. 51 - Reprezentarea solicitărilor de încercare la abscisă în trepte după metoda Locati conform pct. 3.4 + 2.

- a - ———— - oțelul tehnologic Lr 8 sudat și tratat termic
- b - ———— - oțelul tehnologic Lr 12 sudat și tratat termic
- c - ———— - oțelul tehnologic Lr 11 sudat și tratat termic

scara pentru curbele de încercare și înțelegerea și aplicarea de lucru



Observație: în tabel s-au trecut valorile caracteristice de sarcini de încărcare și a numărului de cicluri la care s-au efectuat încercările la oboseală precum și sătămările cumulate pentru fiecare probă de oboseală pentru a se putea face de valorile în funcție de valoarea corespunzătoare.

Fig. 52 - Reprezentarea solicitărilor de încercare la oboseală în trepte prin metoda Locati pentru cupoanele tehnologice conform pct. 3.4.2.

- a - cuponul tehnologic Nr.9 sudat și tratat termic
- b - cuponul tehnologic Nr.11 sudat și netratat termic
- c - cuponul tehnologic Nr.10 sudat și netratat termic

Nr. probă	Varianta Tehnologică	Tensiunea de încercare	Treapta	Sarcina aplicată		Nr. de cicluri	$\bar{\sigma}$ (Kgf/mm ²)	Curba $\bar{\sigma} = 23$		Curba $\bar{\sigma} = 24$		Curba $\bar{\sigma} = 25$	
				P_{min} (H)	P_{max} (H)			N	$\frac{H}{N}$	N	$\frac{H}{N}$	N	$\frac{H}{N}$
8	I	21,25	I	5	17	300.000	21,25	∞	0	∞	0	0	0
5	II	25,00	II	5	20	300.000	25,00	$1,14 \cdot 10^6$	0,263	$1,7 \cdot 10^6$	0,176	$2,55 \cdot 10^6$	0,118
9	III	28,75	III	5	23	300.000	28,75	$0,52 \cdot 10^6$	0,576	$0,82 \cdot 10^6$	0,336	$1,2 \cdot 10^6$	0,230
8	IV	32,50	IV	5	26	134.000	32,50	$0,24 \cdot 10^6$	0,560	$0,4 \cdot 10^6$	0,336	$0,66 \cdot 10^6$	0,204
11	-	22,50	I	5	18	300.000	22,50	∞	0	∞	0	∞	0
11	-	25,00	II	5	20	300.000	22,00	$1,14 \cdot 10^6$	0,263	$1,7 \cdot 10^6$	0,176	$2,5 \cdot 10^6$	0,120
11	-	27,50	III	5	22	300.000	27,50	$0,69 \cdot 10^6$	0,435	$1,05 \cdot 10^6$	0,254	$1,6 \cdot 10^6$	0,151
11	-	30,00	IV	5	24	300.000	30,00	$0,41 \cdot 10^6$	0,731	$0,64 \cdot 10^6$	0,468	$1,02 \cdot 10^6$	0,292
11	-	32,50	V	5	26	300.000	32,50	$0,24 \cdot 10^6$	0,750	$0,4 \cdot 10^6$	0,450	$0,66 \cdot 10^6$	0,456
11	-	35,00	VI	5	28	300.000	35,00	$0,14 \cdot 10^6$	0,740	$0,28 \cdot 10^6$	0,450	$0,44 \cdot 10^6$	0,682
11	-	37,50	VII	5	30	90.000	37,50	$0,086 \cdot 10^6$	0,750	$0,14 \cdot 10^6$	0,440	$0,28 \cdot 10^6$	0,425
12	-	22,50	I	5	18	300.000	22,50	∞	0	∞	0	∞	0
12	-	26,25	I	5	21	300.000	26,25	$0,9 \cdot 10^6$	0,333	$1,35 \cdot 10^6$	0,222	$2,5 \cdot 10^6$	0,146
12	-	30,00	I	5	24	300.000	30,00	$0,4 \cdot 10^6$	0,750	$0,6 \cdot 10^6$	0,468	$1,03 \cdot 10^6$	0,291
12	-	33,75	I	5	24	300.000	33,75	$0,18 \cdot 10^6$	0,666	$0,31 \cdot 10^6$	0,300	$0,54 \cdot 10^6$	0,555
12	-	37,50	I	5	30	218.000	37,50	$0,052 \cdot 10^6$	0,655	$0,15 \cdot 10^6$	0,450	$0,21 \cdot 10^6$	0,400

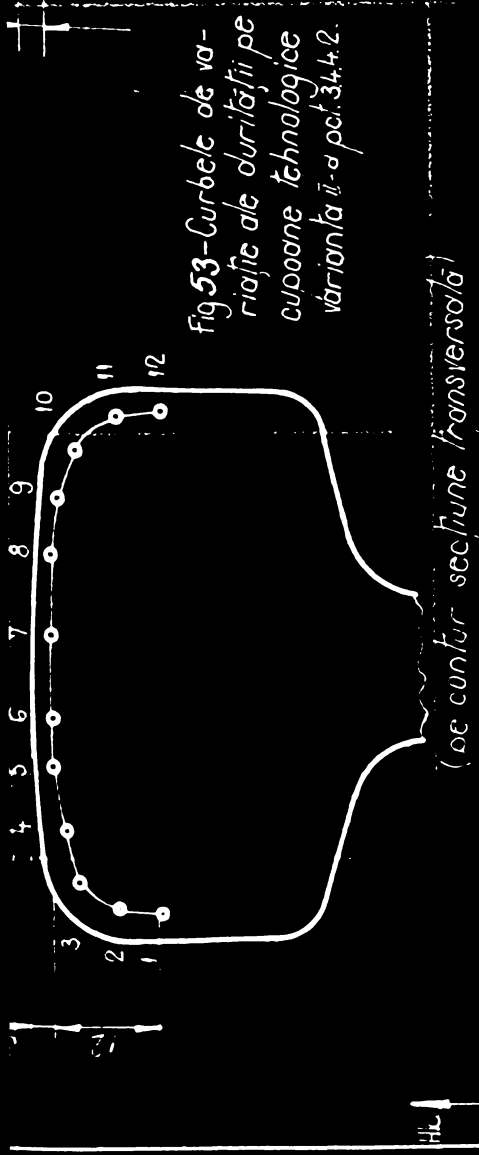


Fig. 53 - Curbele de variatii ale obrității pe cupoane tehnologice variația II-a pct. 3.4.2.

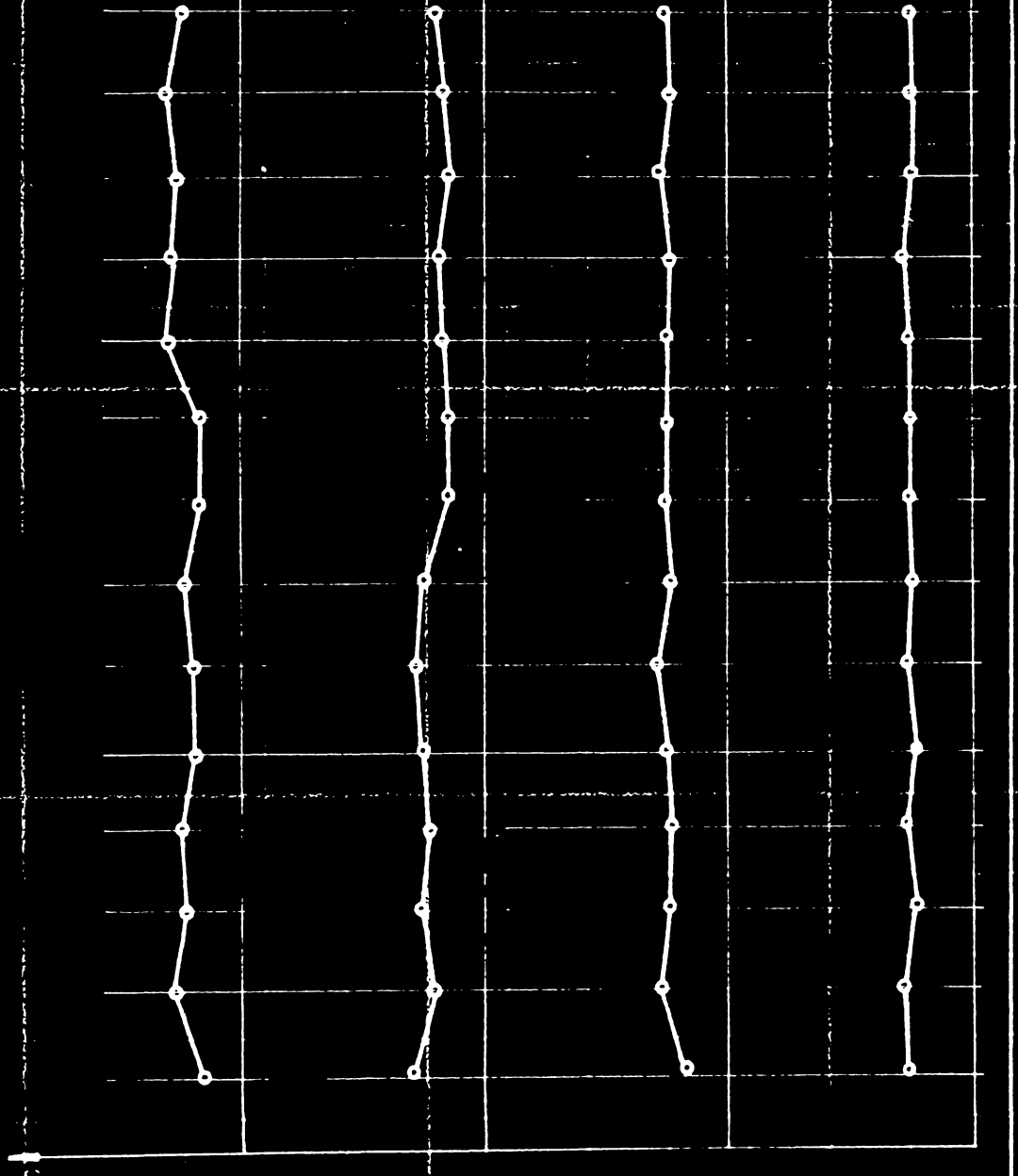
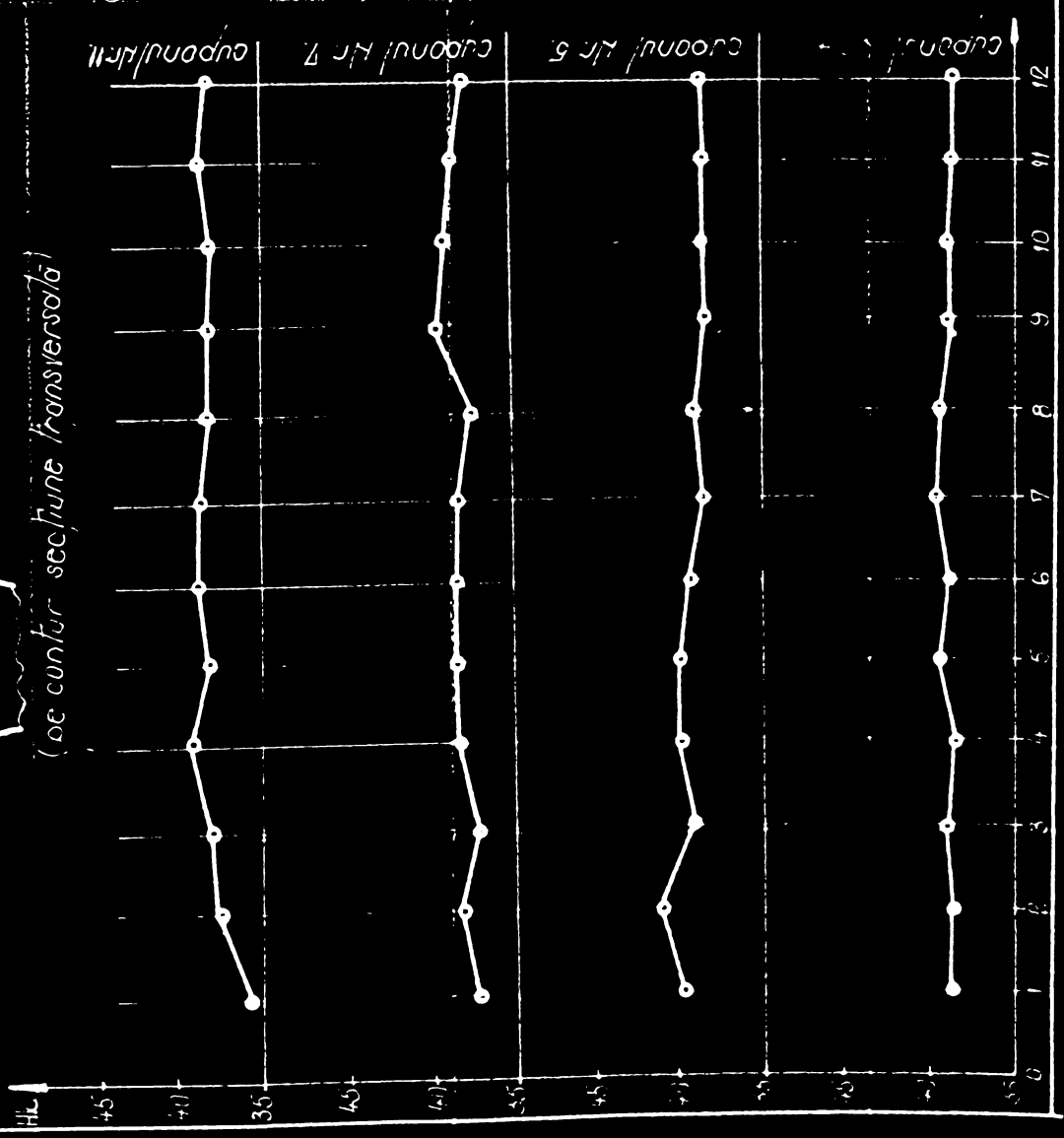
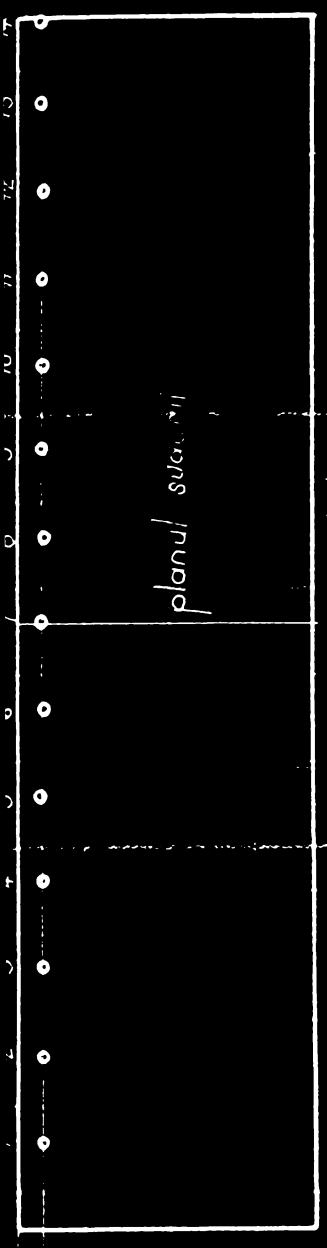




Fig. 54 - Rezultatele încercărilor de rezistență la tracțiune, alungire și reziliență.

Nr. cupon	Marcarea epruvetei în treapta de probă	Rezistența de rupere la tracțiune (Kgf/mm ²)	Alungirea (%) δ ₅	Reziliența Kcm/2 (Kgfcm/cm ²)	Locul de prelevare a epruvetei
3	1.3	83	20	—	talpă, corp aripă
3	2.3	82,5	20,5	—	talpă, corp mijloc
3	3.3	80,5	16,5	—	talpă, sudură mijloc
4	1.4	81,5	18	—	talpă, corp, aripă
4	2.4	79	20	—	talpă, corp mijloc
4	3.4	82	16	—	talpă, sudură mijloc
5	1.5	79	20	—	talpă, corp, aripă
5	2.5	79	19	—	talpă, corp, mijloc
5	3.5	80,5	18	—	talpă, corp, sudură
3	3.4	—	—	8,5	talpă, aripă, sudură
4	4.4	—	—	7,8	talpă, corp, sudură
5	5.4	—	—	10,8	talpă, corp, sudură

CUPON TEHNOLOGIC Nr. 3



1- FIBRAJ LONGITUDINAL (CORDANA)



2- FIBRAJ TRANSVERSAL (CORDANA)



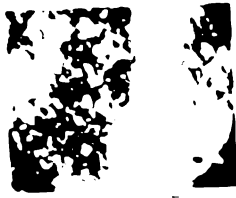
3- SECȚIUNE LONGITUDINALĂ (CORDANA)



4- SECȚIUNE LONGITUDINALĂ (CORDANA)



5- STRUCTURĂ MARGINALĂ (MARTENSITĂ DE REVENIRE)



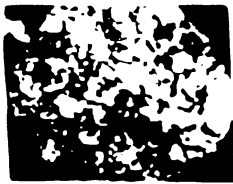
10- STRUCTURĂ LA 8mm ADÂNCIME (REȚEA CONTINUĂ DE FERITĂ)



6- STRUCTURĂ LA 3mm ADÂNCIME (MARTENSITĂ CU TROOSTITĂ)



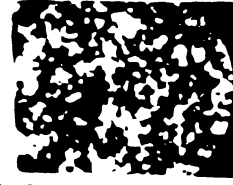
11- STRUCTURĂ LA 10mm ADÂNCIME (TROOSTITĂ)



7- STRUCTURĂ LA 4mm ADÂNCIME (MARTENSITĂ SCĂDE ȘI CRESTE TROOSTITĂ)



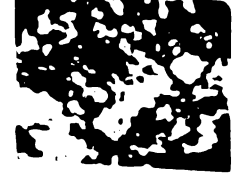
12- STRUCTURĂ LA 12mm ADÂNCIME (PERLITĂ-FERITĂ)



8- STRUCTURĂ LA 5mm ADÂNCIME (MARTENSITĂ SCĂDE ȘI CRESTE TROOSTITĂ)



13- STRUCTURĂ LA 14mm ADÂNCIME (FERITĂ)



9- STRUCTURĂ LA 6mm ADÂNCIME (MARTENSITĂ SCĂDE ȘI CRESTE TROOSTITĂ)



14- STRUCTURĂ DE BAZĂ (REȚEA SUBTIRE DE FERITĂ PE FOND DE PERLITĂ LAMELARĂ)

CUPON TEHNOLOGIC Nr. 4

15- FIBRAJ LONGITUDINAL (CORDANA)



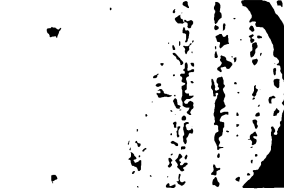
16- SECȚIUNE TRANSVERSALĂ (CORDANA)



17- SECȚIUNE LONGITUDINALĂ (CORDANA)



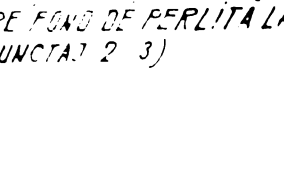
18- SECȚIUNE LONGITUDINALĂ (CORDANA)



19- STRUCTURĂ MARGINALĂ (MARTENSITĂ ȘI TROOSTITĂ)



20- STRUCTURĂ DE BAZĂ (REȚEA SUBTIRE DE FERITĂ PE FOND DE PERLITĂ LAMELARĂ PUNCTAJ 2-3)



CUPON TEHNOLOGIC Nr. 5



21- FIBRAJ LONGITUDINAL (CORDANA)



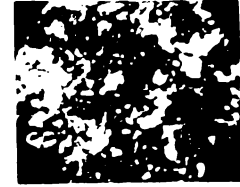
22- SECȚIUNE TRANSVERSALĂ (CORDANA)



23- SECȚIUNE LONGITUDINALĂ (CORDANA)



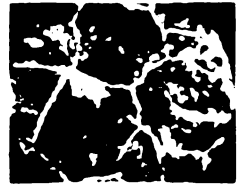
24- SECȚIUNE LONGITUDINALĂ (CORDANA)



25- ZONĂ DE ÎNTRERUPERE A CAL. SUPERFICIALE (FERITĂ SUBTILĂ)



26- DECARBURARE MARG.



27- STRUCTURĂ DE BAZĂ (REȚEA SUBTIRE DE FERITĂ PE FOND DE PERLITĂ LAMELARĂ PUNCTAJ 1-3)

Fig. 55 - EXAMENUL METALOGRAFIC AL PROBELOR TEHNOLOGICE (etapa I) varianta II^a pct 3442

din rezistența la oboseală. Această observație este valabilă și în cazul prezentei unei cantități reduse de constituenți de transferare necarburizantă. Rezistența la oboseală pe direcția transversală a oțelului pentru reperele de rulare poate fi diminuată prin reducerea prezentei incluziunilor, deoarece concentrarea tensiunilor în incluziuni poate fi destul de mare în cazul în care o incluziune alungită este orientată transversal pe tensiunea principală maximă, fapt confirmat pe diferite loturi de cupoane tehnologice pe reperele de rulare tip 48 și 49 care au prezentat de la elab. are aceste defecte.

O eliminare aproximativ completă a incluziunilor prin topire sub vid conduce însă din faza de elaborare la creșterea considerabilă a rezistenței la oboseală. (38, 39, 40, 41, 42, 43, 44,).

Ținând seama de faptul că din punct de vedere tehnologic în fabricația aparatelor de cale este mai economică varianta I-a s-a considerat ca necesară obținerea unui regim de sudare "dur" caracterizat printr-o anumită influență termică care să afecteze în proporții reduse proprietățile fizico-mecanice obținute prin tratamentul termic superficial și care să asigure aceeași comportare la oboseală ca și regimul de sudare aplicat în mod curent la sudarea cap la cap a șinelor de cale ferată ; acest regim de sudare a fost determinat la timpul său tehnici pentru asigurarea comportării optime la oboseală a șinei ferate fără joante (17), utilizat și în cazul prezentei luării drept criteriu de comparație.

Măsurătorile de duritate pe amă mediană a cercului reperului de rulare tratată termic superficial înainte de sudare au prezentat o variație cuprinsă între 38,9 ... 40,7 HRB. Experimentările de sudare cu două regimuri diferite din punct de vedere al regimului de încălzire și al presiunii de rulare pe instalația UTAK-5e au condus la următoarele :

- regim normal cu preîncălzire
 - numărul ciclurilor de preîncălzire 20
 - durata unui ciclu de preîncălzire (sarcină + pauză) 2+3 secunde

- tensiunea secundară de cure în cel a transformatorului de sudură.....4, JV
 - curentul de profundețire.....22...25 KA
 - curentul la topire 7 KA
 - scurtarea la topire18...20 m
 - scurtarea la refulare18...19 m
 - forța specifică la refulare..... 1 kg/cm^2
- regim dur cu profundețire minimă necesară pentru declanșarea topirii
- numărul ciclurilor de profundețire... 1 ...1 secunde
 - durata unui ciclu de profundețire (cercină + pauză)2+2 secunde
 - tensiunea secundară de cure în cel a transformatorului de sudură.....7,1 V
 - curentul de profundețire22 ... 25 KA
 - scurtarea la topire 25 m
 - scurtarea la refulare 19 ... 20 m
 - forța specifică de refulare..... $7,5 \text{ kg/cm}^2$.

Pentru determinarea extinderii zonelor în care sudarea afectează însușirile de duritate transmise de tratamentul termic superficial, s-au efectuat măsurători de duritate pe ambele medii a cercului pentru a verifica constanța procesului tehnologic de tratament termic. (Fig. 56, 57).

În fig. 57 se constată că în regimul de sudare dur, în zona învecinată sudurii datorită unei zone influențată termic redusă, lumina tratată termic superficial este diminuată cu cea. 15 mm de o parte și de alta a planului sudurii, pe când în regimul moale zona influențată termic este de 25 mm de o parte și de alta a planului sudurii.



l (mm.)

Fig. 56 Coroziile de coroziune indusă în timpul utilizării în condiții normale de cuponurile nr. 1, 2, 3, 4, 5 sublate în regim normal de lucru în condiții normale de coroziune și oxidare în condiții normale de coroziune.

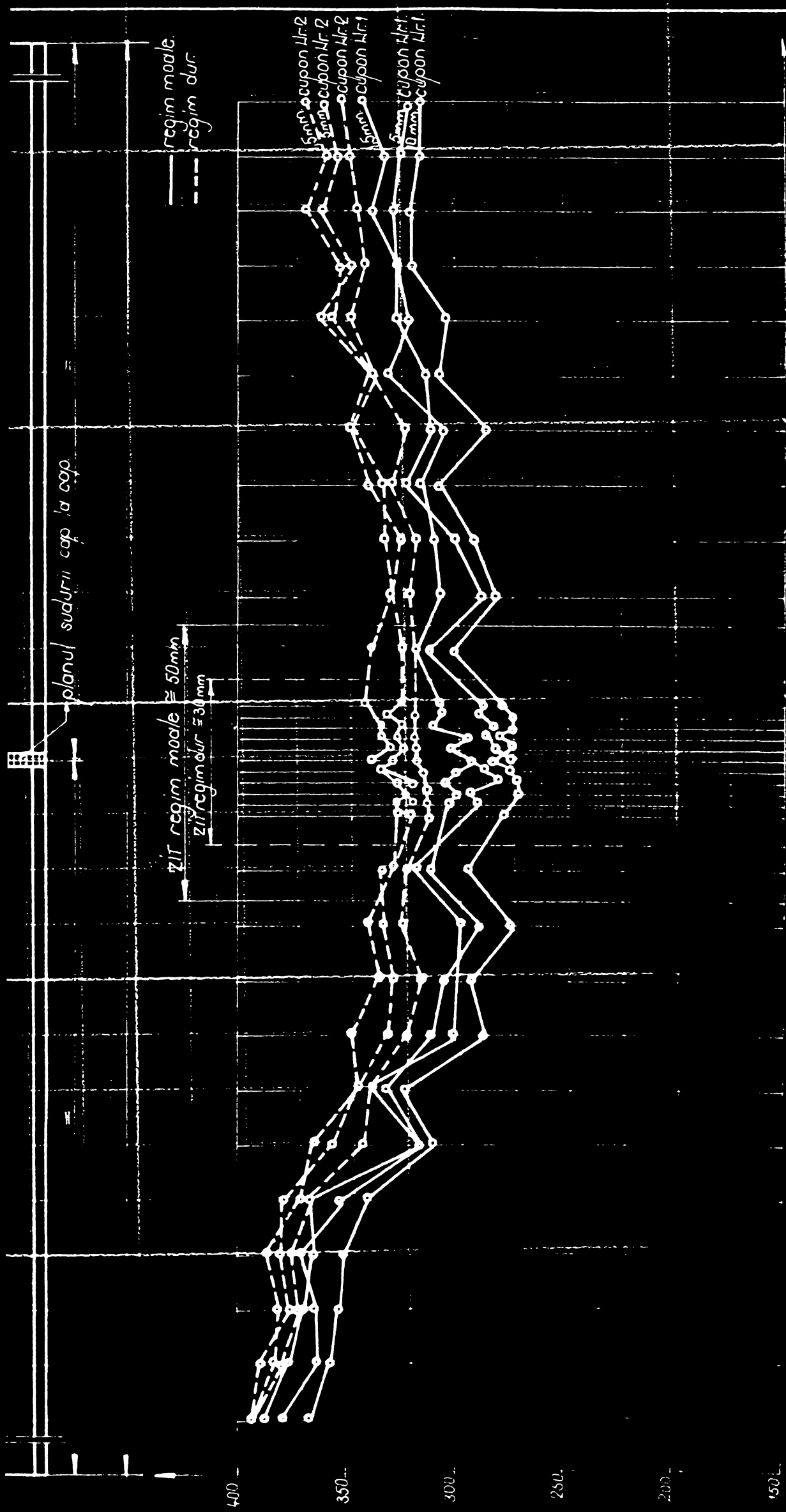


Fig. 57-Curbele de curvare ale durității pe secțiunile lungi și scurte pentru cupoane tehnologice din șina normală Nr. 2 suble în regim moale și respectiv în regim dur, determinate la abincășire 15, 5 și 10 m m

Macrostructurile cupenselor tehnologice verificate prezintă regiunile de sudare diferențiate prin presiunea specifică de rulare după forma de repartizare a fibrelor precum și a zonei influențată termic redusă a regiunii dur față de regiunea moale (Fig. 58). Încercarea la oboseală pe repere de rulare 40 și 49 prezintă că s-a atins pentru ambele (reperele de rulare) tip 40 rezistența la oboseală de 23 kgf/cm^2 , iar pentru reperele tip 49 - de 20 kgf/cm^2 . Locul ruperilor cupenselor tehnologice a fost în exclusivitate în afara planului sudurii, astfel:

- la regiunea moale locul rupei variază la o distanță de 10 ... 20 mm de planul sudurii măsurată pe coroană
- la regiunea dur locul rupei variază la o distanță de 25 ... 35 mm de planul sudurii măsurată pe coroană..

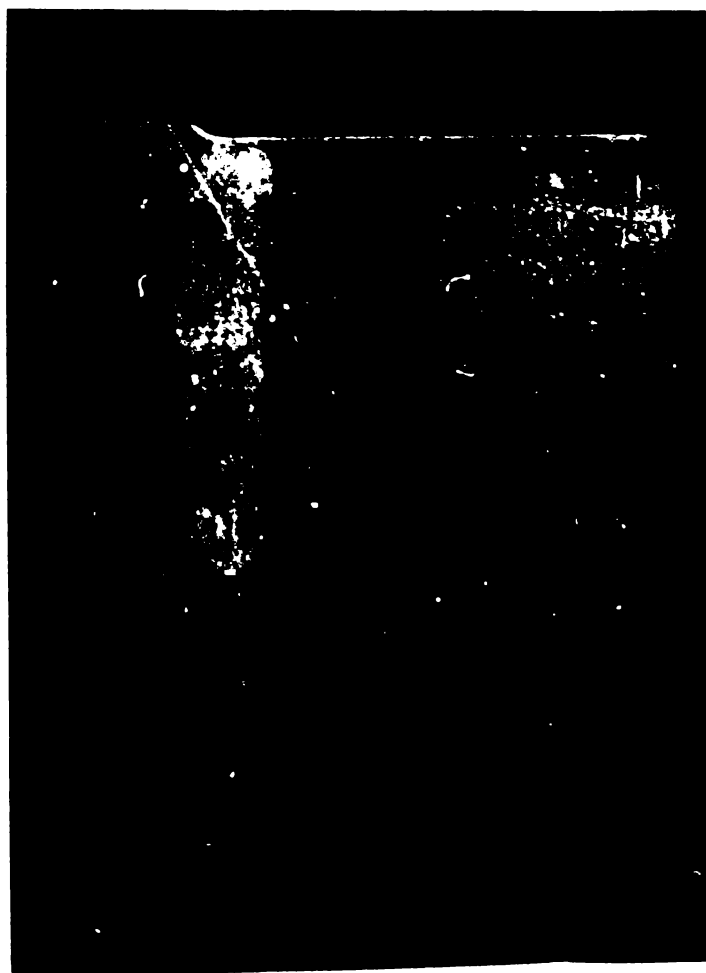
Pentru o încredere $\gamma = 95\%$ intervalele de încredere pentru numărul de cicluri până la rupere în cele două regiuni sînt:

$$N_{I \text{ moale}} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ cicluri}$$

$$N_{II \text{ dur}} = 2,21 \cdot 10^6 \text{ cicluri}$$

Rezultă că nu sînt diferențe statistice semnificative din punctul de vedere al comportării la oboseală între cupensole tehnologice realizate în cele două regiuni.

În afara planului statistic de tratament testat, în scopul realizării unei tehnologii care să afecteze puțin tratamentul termic superficial, s-a procedat pe un lot de cupensole tehnologice din oțel normal tip 40 tratate termic superficial sudate în regiune dur $\sigma_{0,2} = 100 \text{ kgf/cm}^2$ astfel: după sudarea propriuzisă și debavurarea coroanelor, cupensul a fost strîns din nou în bucuri și înălțat prin curentul electric din circuitul secundar al transformatorului timp de 2 ... 2,5 minute pînă la temperatura de $950 \dots 1000^\circ \text{C}$ după care s-a efectuat o nouă rulare cu o forță de 35 tf. La o forță de strîngere de 70 tone. Măsurătorile de duritate pe coroană prezintă o reducere cu ca. 30% a lungimii zonei de sudare a durității iar măsurările mecanice pe eșantioane prelevate din coroana inferioară și talpă au arătat următoarele:



b

Fig. 158. Microstructure of the metal in the weld joint.
a - metal of the weld joint
b - metal of the base metal

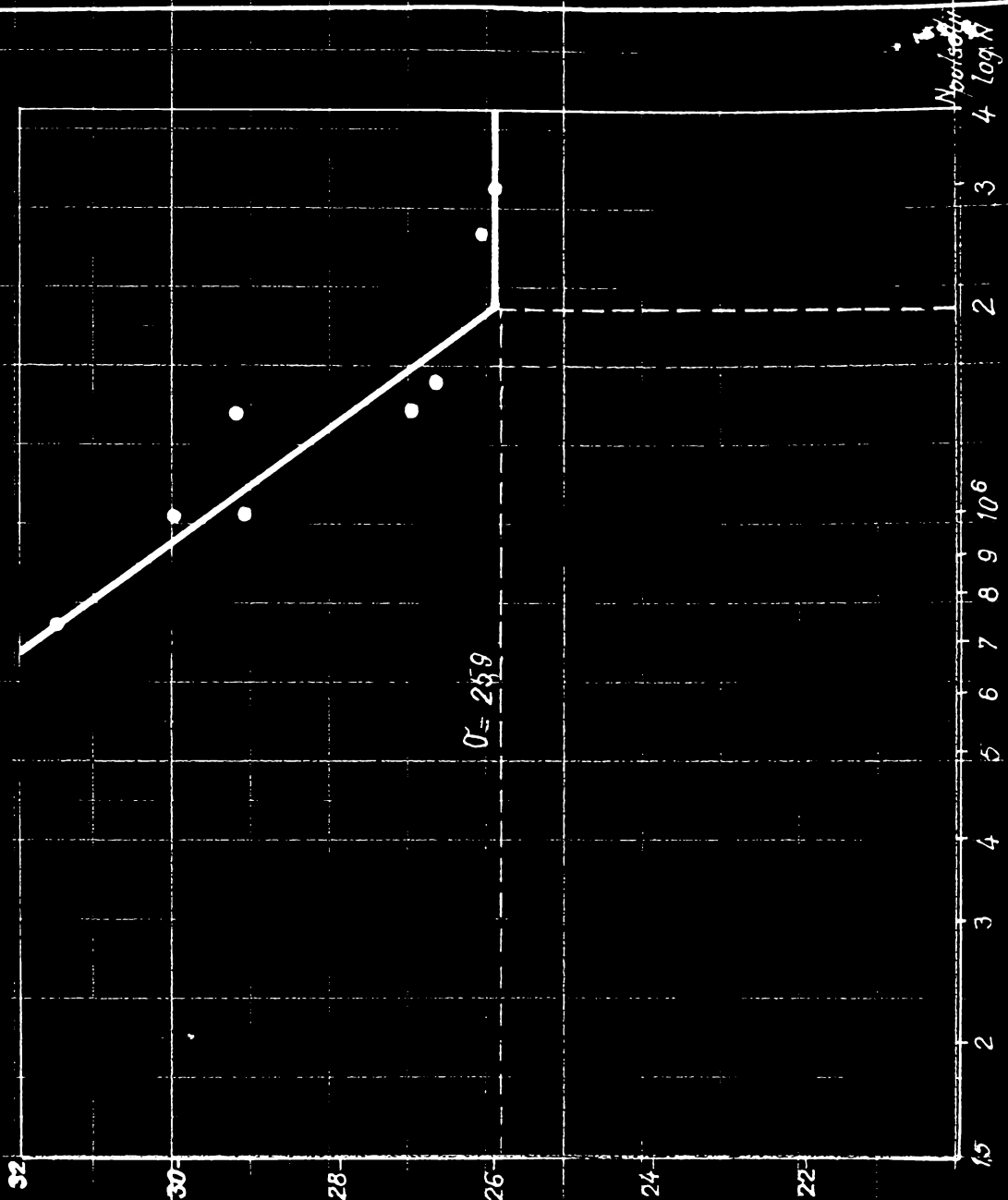
- toate epruvetele din carcasă s-au rupt în zona metalului de bază
- epruvetele decupate din inimă s-au rupt în zona metalului de bază și una în planul sudurii. Aceoași situație s-a produs și cu epruvetele prelevate din talpă.
- la examinarea suprafețelor care s-au rupt în planul sudurii și în zona materialului de bază nu s-au descoperit defecte din oclădere.
- în zona neafectată de tratamentul termic (inimă și talpă) în planul sudurii, duritatea maximă este de 290 HB față de aceeași inimă a metalului de bază 250 HB.
- epruvetele longitudinale din carcasă au prezentat o îmbunătățire apreciazabilă a microstructurii îmbinării și a zonei influențată termic, planul de separație devenind greu perceptibil.
- încercările la absoalid s-au situat în limita medie de 25 ,9 kgf/cm².
- încălzirea și a doua refluxare înălțată cu deșvirare (rumulația) (robă din planul sudurii și din ZIT; caracteristică este creșterea cantității de fierită în cuștura propriuză și distribuție ei pe o lățime mult mai mare, fapt explicabil că la încălzirea a doua răcoirea se produce lent, contribuind astfel la repartizarea uniformă a acestuia.
- elementul otutectoid din structură este reprezentat prin sorbită.

Această metodă termomecanică utilizată pentru prima dată la ardarea unei-jeante de călă de cale ferată , prin rezultatele prezentate în tabelul 12, cu o îmbunătățire ulterioară a sistemului de debavurare direct pe masa mașinii de sudat va determina o optimizare tehnologică cu conștința îmbunătățirii competitivității în exploatare.

cașca cap prin topire intermediară și presiune încălzire repetată și presată

Nr. crt.	Starea tehnologică	Rezistența la rupere la încălzire		Rezistența la unghi		Ștrăbucimea		La locul de cupere		Alungirea relativă la încălzire %						
		Kgf/mm ²	%	Kgf/mm ²	%	%	în 30 sec.	Ciuperca	inimă	Ciuperca	Talpa	Talpa	inimă			
1	Metoul de baza al șinei în stare inițială	81,1	100	42	100	253	100	330	27,33	-	30	88	11	85-11	50	-
2	Sudura varianta 1 în încălzire repetată și presată	90	110	46	110	16	65	43	24	15	-	3 7,5	3 7,5	3-7,5	3-7,5	6,5

Nr. crt.	Poziția cusăturii epruvetei	Reziliența Kgfm/cm ²			Reziliența medie (Kgfm/cm ²)	
		1	2	3	ciuperca	talpa
1	în cusătură	1,4	1,9	1,2	-	1,5
2	"	0,7	2,5	1,0	1,4	-
3	"	2,0	0,9	1,0	1,3	-
4	"	1,2	1,4	-	-	1,12
5	"	2,3	0,9	1,1	1,43	-
6	"	3,1	2,9	-	3,0	-
7	la 2 mm de la planul sudurii	1,9	1,4	2,0	-	1,77
8	"	1,4	1,5	0,9	1,27	-
9	"	1,2	2,6	2,5	2,1	-
10	la 5 mm de la planul sudurii	2,6	1,7	2,5	-	2,27
11	"	2,0	2,7	2,7	2,47	-
12	"	1,6	3,2	2,0	2,27	-
13	la 18 mm de la planul sudurii	1,3	2,6	2,5	-	2,13
14	"	2,6	2,7	2,5	2,60	-
15	"	3,1	3,1	3,1	-	3,10



3.4 4. Cercetări asupra transformărilor din zona influențată termic în diverse regimuri de temperatură studiate prin simularea termic.

Sudarea cap la cap prin topire intermediară și presiune a roperelor de rulare de la aparatul de cale, reprezintă un complex de transformări structurale determinate de cele două acțiuni termice cu tendințe de anihilare sau diminuare reciprocă, tratamentul termic superficial și sudarea cap la cap, așa cum s-a prezentat la punctul 3.4.3. Metodele de investigație asupra schimbărilor ce au loc în zona influențată termic s-au perfecționat cu timpul (21).

Cercetările întreprinse în cadrul prezentei lucrări caută să rezolve următoarea întrebare esențială: geometria piesei de sudat și modificările care intervin în zona influențată termic, să se determine regiunile tehnologice de sudare. Prin această se obține restrângerea zonei influențate termic utilizând presiuni specifice de rulare ridicată, concluzie de la punctul 3.4.3. Interesează pentru garantarea siguranței în exploatare a produsului să se producă modificări în zona influențată termic care să nu dăuneze însușirilor fizico-mecanice ale îmbinării sudate. În special se urmărește să se elimine din zona influențată termic constituenții fragili, evitându-se astfel ruperea casantă adică fără deformarea îmbinării care este cel mai periculos fenomen în construcțiile sudate (45) .

—) considerat necesar să se studieze direct influența ciclurilor termice asupra îmbinărilor sudate cap la cap pe epruvete prelevate din roperile de rulare ale aparatului de cale, pe o instalație indicată schematic în fig. 59. Variația însușirilor mecanice ale îmbinării sudate cap la cap în funcție de ciclurile termice a fost studiată în momentul retrivit în 1 erarea (17) din bibliografie. În cadrul celor două variante tehnologice analizate este necesară investigația transformărilor structurale parțiale produse de tratamentul termic superficial al coronei. Scopul este de a determina modificările ce intervin în zona influențată termic și consecințele asupra caracteristicilor fizico-mecanice. În instalația indicată în fig. 59, parametrii ciclurilor termice pot

fi variați în limite largi, astfel ca se reproduc fidel condițiile termice de la tratamentul termic sau de la sudare; corespunzător și microstructura epruvetelor, se obține o imagine globală a comportării oțelului roșului de rulare în procesul tehnologic de tratament termic superficial și sudare cap la cap. Rezultatele obținute sînt indicate în fig. 60 și tabelele 14, 15 și 16. Incercările de tracțiune au fost analizate prin metoda statisticii intenționale. În aceste tabele se prezintă următoarele :

- prin aplicarea tratamentului termic superficial rezistența de rupere la tracțiune crește de la 85,2 kgf/mm^2 la 105,1 kgf/mm^2 .
- alungirile cresc progresiv cu creșterea temperaturii în intervalul $400^\circ \dots 500^\circ\text{C}$.; în starea tratată termic alungirile sînt duble față de starea netratată, această diferență tinzînd să se anuleze la temperatura de $350 \dots 200^\circ\text{C}$.
- prezența martenșitei conferă duritățile ridicate corespunzătoare rezistenței de rupere a tracțiunii
- înedizarea metalului inițial tratat termic la diverse temperaturi are drept consecință anularea tratamentului termic în ZIT-uri cu lungimi variabile în funcție de presiunea specifică de rulare microstructura martenșitică trece în perlită fiind la 400°C , care se globulizează și în cele din urmă se cristalizează la temperatura de 350°C .

Utilizînd valorile medii determinate pentru rezistența de rupere la tracțiune în corespundență cu temperaturile respective s-au trasat curbile din fig. 61. Alina curbelor pentru starea tratată și netratată termic este progresiv descrescătoare cu măsura creșterii temperaturii; microstructurile sînt indicate în dreptul fiecărei trepte de temperatură. În legătură cu apariția constituenților de călire s-a determinat viteza critică de răcire corespunzătoare celei minime stabilități la care în oțel apar martenșita. Maximal este elementul de aliere cu oțelul rușilor de rulare care provoacă cea mai accentuată scădere a vitezei critice de răcire determinată

Rezultatele încercărilor de tracțiune la
cald pe epruvete tratate termic

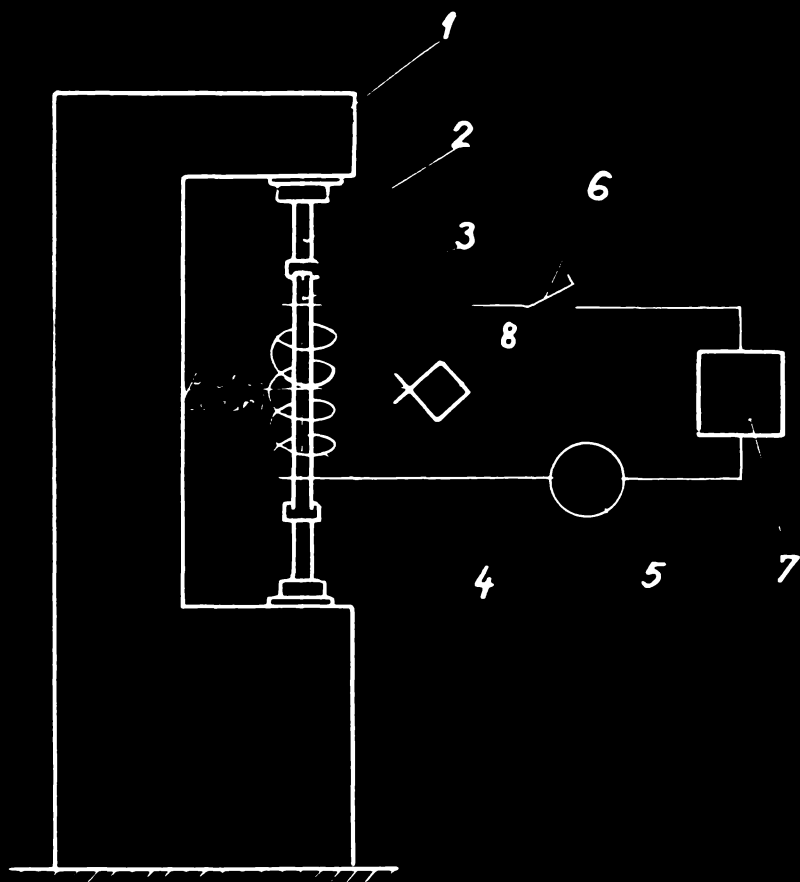
Tabelul 13

Nr epruv	Diametr (mm)	Secc (mm)	Temp (°C)	K _{pc} (Kgf)	σ _c (Kgf/mm ²)	K _{pr} (Kgf)	σ _r (Kgf/mm ²)	Alungirea %	Starea
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	8,6	572	720	—	—	5900	103,5	14,0	Tratat
12	—	—	—	—	—	6400	112	16,8	—
13	—	—	—	—	—	6050	105,5	14,5	—
14	—	—	—	—	—	6100	106	12,8	—
15	—	—	—	—	—	6200	108,5	13,1	—
16	—	—	—	—	—	6350	110,5	11,1	—
17	—	—	—	—	—	6280	110,0	13,2	—
18	—	—	—	—	—	6100	106,0	12,3	—
19	—	—	—	—	—	6230	108,8	12,2	—
20	—	—	—	—	—	6180	107,5	12,0	—
21	—	—	—	—	—	6190	107,7	12,2	—
22	—	—	—	—	—	6300	110,0	13,0	—
411	10,1	801	+80	4500	56,2	4940	61,5	39,0	Tratat
412	—	—	—	4500	56,2	4800	59,9	28,0	—
413	—	—	—	4600	57,5	4900	61,2	23,0	—
414	10	78,5	—	4370	55,9	4600	58,7	32,6	—
415	10	78,5	—	4550	58,0	4780	61,3	31,2	—
416	—	—	—	4420	56,4	4650	59,4	32,4	—
417	—	—	—	4500	57,5	4740	60,6	26,8	—
418	—	—	—	4380	56,1	4620	59,1	27,4	—
419	—	—	—	4420	56,3	4660	59,4	30,6	—
420	—	—	—	4560	58,1	4820	61,5	32,4	—
421	—	—	—	4400	56,2	4650	59,3	28,2	—
422	—	—	—	4480	57,2	4720	60,2	29,2	—
423	—	—	—	4580	58,4	4800	60,5	31,5	—
424	—	—	—	4480	57,0	4640	59,2	29,7	—
425	—	—	—	4600	58,8	4750	60,8	34,8	—
611	10	875	650	460	5,8	1880	23,8	49,4	Tratat
612	—	—	—	490	6,2	1760	22,4	44,6	—
613	—	—	—	480	6,1	1720	21,8	50,4	—
614	—	—	—	470	6,0	1835	23,2	48,4	—
615	—	—	—	494	6,3	1780	22,8	48,2	—
616	—	—	—	455	5,8	1680	21,5	46,5	—
617	—	78,5	—	480	6,1	1725	22,0	47,8	—
618	—	—	—	446	5,7	1760	22,5	46,3	—
619	—	—	—	444	6,3	1780	22,7	49,7	—
620	—	—	—	470	6,0	1680	21,5	48,8	—
621	—	—	—	464	5,9	1720	21,8	50,3	—
622	—	—	—	480	6,1	19,50	24,1	49,5	—
623	—	—	—	470	6,0	18,20	23,1	48,6	—
624	—	—	—	455	5,8	19,70	25,2	46,3	—
625	—	—	—	485	6,2	17,80	22,8	48,2	—
811	98	78,4	—	380	4,83	54,0	6,8	56,8	—
812	10	78,5	—	360	4,94	55,0	7,2	59,6	—
813	99	76,9	—	420	5,5	54,0	7,1	65,2	—
814	10	78,5	—	410	5,3	53,8	6,9	58,4	—
815	—	—	—	450	5,8	59,0	7,5	62,6	—
816	—	—	—	396	5,2	52,5	6,7	60,5	—
817	—	—	—	420	5,4	55,0	7,0	59,4	—
818	—	—	—	410	5,3	54,0	6,9	62,1	—
820	—	—	—	480	6,2	62,5	8,0	60,2	—
826	—	—	—	394	5,1	52,0	6,6	60,4	—
827	—	—	—	440	5,7	58,0	7,4	61,6	—
822	—	—	—	425	5,5	56,5	7,1	60,3	—

Rezultatele încercărilor de tracțiune
la cald pe epruvete netratate termic

Tabelul Nr. 14

Nr.	Dimensiuni mm	Secțiune mm ²	Temp. °C	Alungirea % (a ₁)	σ_c (kgf/mm ²)	σ_{tr} (kgf/mm ²)	σ_r (kgf/mm ²)	Alungirea %	Clasă
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
81	50	—	—	—	422	50	125	—	Netratat
82	—	—	—	—	420	—	121	—	—
83	—	—	—	—	4250	841	150	—	—
84	—	—	—	—	4300	850	131	—	—
85	50	—	—	—	—	—	—	—	—
86	—	—	—	2000	417	2500	49,5	15,4	—
87	—	—	—	2100	424	2540	50,2	16,1	—
88	—	—	—	—	—	—	—	—	—
89	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90	—	—	650	390	777	1360	271	20,0	—
91	—	—	—	420	837	1240	220	21,0	—
92	—	—	—	—	—	—	20,3	21,5	—
93	—	—	—	—	8,26	1370	273	23,3	—
94	—	—	—	—	780	1360	272	20,9	—
95	8	502	85	—	38	—	—	—	—
96	—	—	—	200	3,3	—	—	—	—
97	—	—	—	200	3,5	—	—	—	—
98	—	—	—	190	3,8	340	65	60,3	—
99	—	—	—	—	40	39,0	78	69,2	—
100	—	—	650	—	—	—	—	—	—
101	—	—	—	18	—	—	—	—	—
102	—	—	—	190	—	—	—	60,3	—



- 1- Mașina de încercat la tracțiune 20-20.
- 2- Bacul de prindere
- 3- Epruveta
- 4- Inductorul
- 5- G.E.F. 8000 Hz, 125 Kw
- 6- Întrerupător
- 7- Tablou de comandă și reglare
- 8- Aparat pentru măsurarea temperaturii și a rezistenței electrice

Fig. 59 - Schema instalației pentru simularea ciclurilor termice

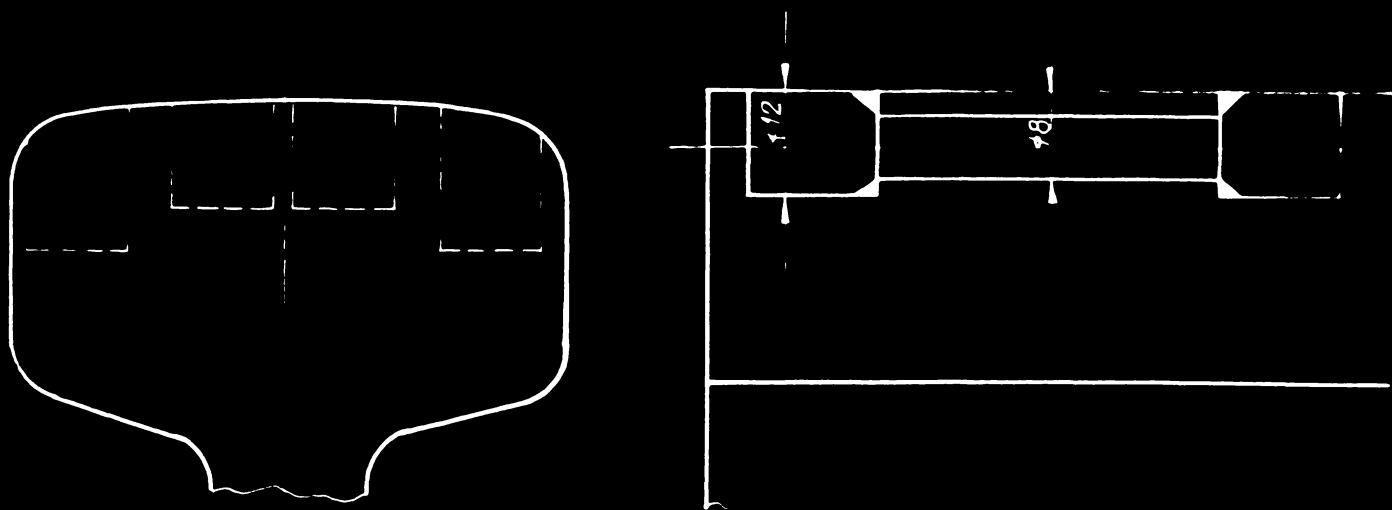


Fig. 59 - Dispoziția prelevării epruvetelor pentru încercări mecanice simulații la cicluri termice

trănit termic
nătrăbit termic

59,6

50,4

87,2

28,8

20 100 200 300 400 500 600 700 800

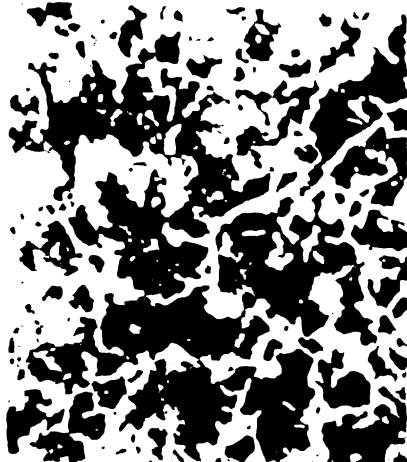
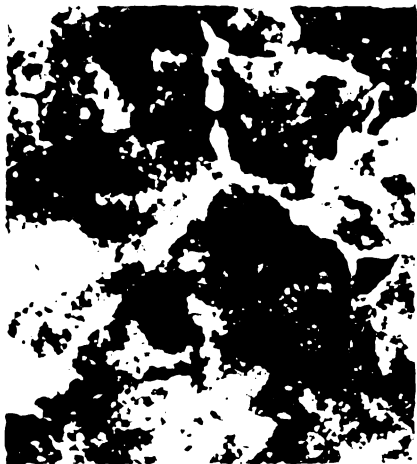


Fig. 81. Variația rezistenței la rupere și microstructurile corespunzătoare ale oțelului pentru reperele de ruare ale aparatului de caie în funcție de temperatura de încălzire ($\times 200$)

Tabelul Nr 15

		Valoarea centrală (x ₂)	Frecvența (f)	x ₁ · n ₁	x ₁ - \bar{x}	(x ₁ - \bar{x}) ² · n ₁
1	59	59	1	59	1	1,21
2	59	60	6	348,0	-0,1	0,06
3	61	61	8	488,0	+0,9	3,24
4	62	62	1	62,0	1,9	14,44
Total			15	894,5		18,95

Tabelul Nr 16

	Stare (temperatură °C)	Microstructura	
		Netratat termic	Tratat termic
1	400	perlită cu granuli mici	perlită cu granuli mici
2	450	perlită cu granuli mici	perlită cu granuli mici
3	650	grăunți mari de perlita	perlita fină
4	650	perlita omogenă	perlita omogenă, perlita cu granuli mari, granulați 5...8 din recristalizare

la nivelul temperaturii de 250° . In afară de fenomenele prezentate, normalizarea produsă de ciclurile termice departajează net cele două variante tehnologice studiate în sensul că inflexiunea zonei normalizate se poate face prin aplicarea unor presiuni specifice de refulare ridicată sau un nou tratament termic superficial local al îmbinării sudate cu căldura reziduală de la sudare. Din diagrama Fig. 1 s-a obținut un punct de intersecție între varianta tratat termic și netratat termic, a cărei explicație se va prezenta în cele ce urmează.

La procedurile de sudare prin topire intermediară și presiune, alegerea forței de refulare se face în funcție de secțiunea pieselor de sudat și de presiunea de refulare. De astăzi de calcul se bazează pe ipoteza că forța de refulare se repartizează uniform pe secțiunea piesei de sudat adică presiunea specifică este constantă pe toate elementele de suprafață ale secțiunii transversale a pieselor de sudat. Din acest motiv presiunea specifică este dată numai în funcție de materialul piesei de sudat nefiind indicată cel puțin de ordin calitativ măsură referitoare la alegerea presiunii în funcție de forma și mărimea secțiunii pieselor de sudat.

In realitate, ipoteza repartiției uniforme a forței de refulare pe secțiune este valabilă numai în cazul secțiunilor relativ mici sub 1000 cm^2 având un contur simplu (cerc, pătrat). La secțiunile mai mari cu profil complicat presiunea specifică de refulare nu mai este constantă pe secțiune, neuniformitatea respectivă crescând cu secțiunea pieselor și cu complexitatea profilului lor. Din tratamentele efectuate pe varianta I-a tehnologică, analiza variației durității în secțiune longitudinală pe probe realizate cu diferite forțe de refulare, s-a constatat o micșorare a valorilor maxime măsurate în zona influențată termic odată cu creșterea forței de refulare.

Această observație confirmă ipoteza că în cazul rezinului dur, prin mărirea forței de refulare se elimină metalul supraîncălzit și se produce o recristalizare a metalului îmbinării.

3.4.5. Incercări pentru determinarea rezistenței la uzură.

In cap. 2 sînt prezentate forțele care acționează asupra cadrului operativului de cale. In afară de forțele

prezentate, mai acționează :

- forța de tracțiune pe care o dezvoltă locomotiva pentru deplasarea trenului și care se transmite axii în sens opus mișcării (20).
- forța de frinare care soliciită caloa accidental și acționează în sens contrar sensului de mers.
- variația temperaturii care determină în jeante forțe de natură termică.

Contactul dintre bandaj și suprafața de rulare se poate considera partea de mijloc a bandajului cu care roata este în contact, de formă cilindrică, neglijinți conicitatea redusă a roții; corecția are formă cilindrică de minor de cea înaltă contactul se realizează între doi cilindri cu axe perpendiculare. Înainte de producerea deformațiilor, acești cilindri se află în contact într-un punct. După deformația roții, a corecției și reperului de rulare, contactul punctiform se transformă într-un contact pe o suprafață cilindrică.

Pe baza unui număr mare de încercări s-a pus în evidență existența unei corelații dintre rezistența materialului la uzură abrazivă și duritatea suprafețelor respective. Uzura prin obosală este determinată de unele solicitări ciclice a suprafețelor de contact urmate de deformația plastică în rețeaua atomică a stratului superficial, de fisuri, ciupituri sau exfolieri (30,31). În general, se consideră că distrucția suprafeței de frecare prin obosală este produsă de starea de tensiune variabilă a unor contacte punctiforme sau liniare de rostogolire, alunecare sau asociate între ele. Cercetările întreprinse în acest scop au elucidat originea de obosală a pitingului, stabilindu-se că numărul de cicluri în care diagrama S-N devine asimptotică nu este mai mică de 10^7 cicluri pentru fonta și oțeluri, rezistența corelativă fiind rezistența la oclupire.

Supuse la solicitările cele mai dificile, acțiunea diferiților agenți chimici, abrazivi, termici, reperole de rulare ale aparatului de cale suportă un fenomen intens de uzură, ceea ce are ca urmare aducerea lor rapidă într-o stare imposibilă funcționării normale. Frînările și accelerațiile bruște cauzate la punerea roții pe suprafața de rulare, în

existența pulberilor, a agenților chimici amplificați procesul de uzură.

Un caz de uzură importantă a cărei cauză nu este deplin lămurită e constituie uzura ondulatorie. Aceasta se observă ca o turtire locală pe oțiva sau adâncime față de nivelul de bază, fără ca sub aceasta să existe crăpături sau fisuri. Sub acțiunea solicitărilor ciclice, pe suprafața coroadelor roților de rulare se produc micro-fisuri înconjurate de o rețea fină; în cazul defectelor mai mult dezvoltate pot apărea și fisuri transversale. Aceste defecte apar la intervale regulate de ca. 400 mm (51) constituind uzura ondulatorie cu lungime de undă mare.

Pe baza acestor considerații s-a realizat un dispozitiv de încercare la uzură suprapusă cu obosală de contact și însoțirea conform fig. 3. Adaptarea respectivă cu sistemul tachet - roată arc eliptică și dinamometrul transmise în condiții de laborator pe roțomobile oscilante situația solicitării din exploatare.

Condițiile de încercare sînt :

- forța de ardere 500 kgf
- diametrul roții tachetului..... 12 mm
- materialul roții 175 ... 185 HB
- frecvența 10 curse simple/
minut
- interval de experimentare..... $5,247 \cdot 10^5$ Tr
- pruvete plate 8.10.300 prolovnate
din oțel cu aliajul
ardurii la mijloc

Înainte de încercare fiecare pruvetă și roți au fost verificate cu un comparator și profile raf pentru care s-au obținut diagramele inițiale ale stării de rugozitate. Pruvetele s-au luat în următoarele condiții :

- din reperele sudate cap la cap
- din reperele varianta I-a în ro. în male
- din reperele varianta I-a rep. dur
- din reperele varianta II-a

Încercările efectuate au furnizat măsuriri nu numai în ceea ce privește complexitatea fenomenului de uzură complexă dar și în legătură cu întreaga îmbinare și zona acestuia dispusă la influența termică. Rezistența la uzură și adâncimea de pătrundere s-au determinat pe bază de viteză de uzură principală care se produce în urma frecării suprafeței de rostogolire. Uzura îmbinării (joantei), deformarea plastică respectiv deteriorarea în timp se produce sub acțiunea presiunii rolei. Prin măsurătorile de uzură efectuate s-au obținut prin compararea valorilor medii profilului longitudinal uzat al epruvetei. Pentru cele patru cazuri s-au măsurat șase de secțiuni. Diferența între valorile a două măsurători raportată la volumul secțiunilor verificate au determinat o abatere medie pătratică egală cu 0,0221 mm. Cu o probabilitate ridicată, se poate considera că eroarea maximă este egală cu

$$Q_{\max.} = 2,5\sqrt{\quad} = 0,05525 \text{ mm} \quad (2.)$$

De aici rezultă că eroarea maximă probabilă în măsurarea uzurii este de : 0,055 mm. Această precizie este suficient de apropiată pentru necesitățile experimentului dat. În urma acestor încercări s-au constatat următoarele :

- pentru prima categorie de probe planul sudurii și ZIT prezintă uzura mai pronunțată decât restul suprafeței.
- pentru a treia categorie de probe, se reduce deosebit față de prima categorie, iar față de a doua uzura ZIT este mai restrânsă.
- pentru a patra categorie de probe, uzura se reduce substanțial și planul sudurii se comportă ca și restul suprafeței.

Din cele arătate rezultă că încercările de laborator pentru determinarea uzurii sub acțiunea sarcinii de rostogolire nu reproduc complet acele sarcini la care sînt expuse reperele de rulare în condițiile de exploatare. Astfel înscit din rezultatele cercetărilor se pot trage numai concluzii comparative nepuțin obținute variațiile longitudinale și transversale ale uzurii pe cercand. Totuși, determinările acestora

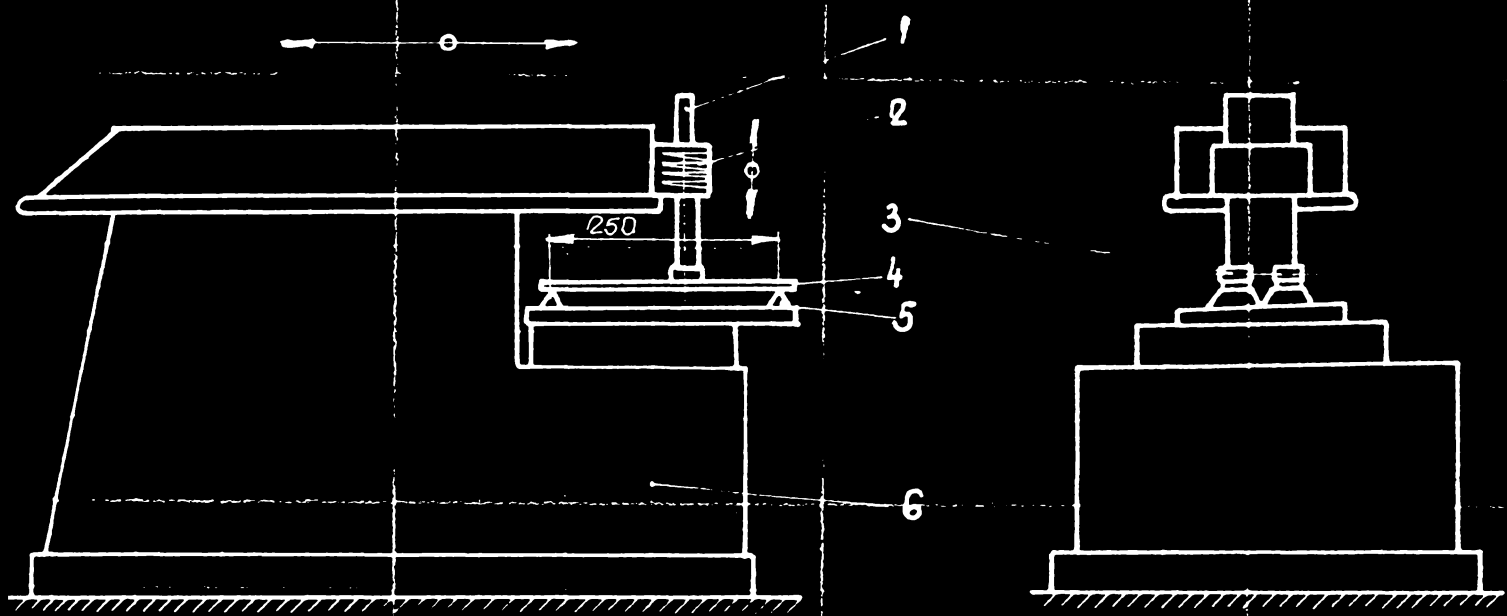


Fig.62 - Dispozitie de incercare la uzura

- 1 - tacet
- 2 - resort elastic
- 3 - role
- 4 - reproducere de incercare
- 5 - rezeme
- 6 - baza masinii-unelte

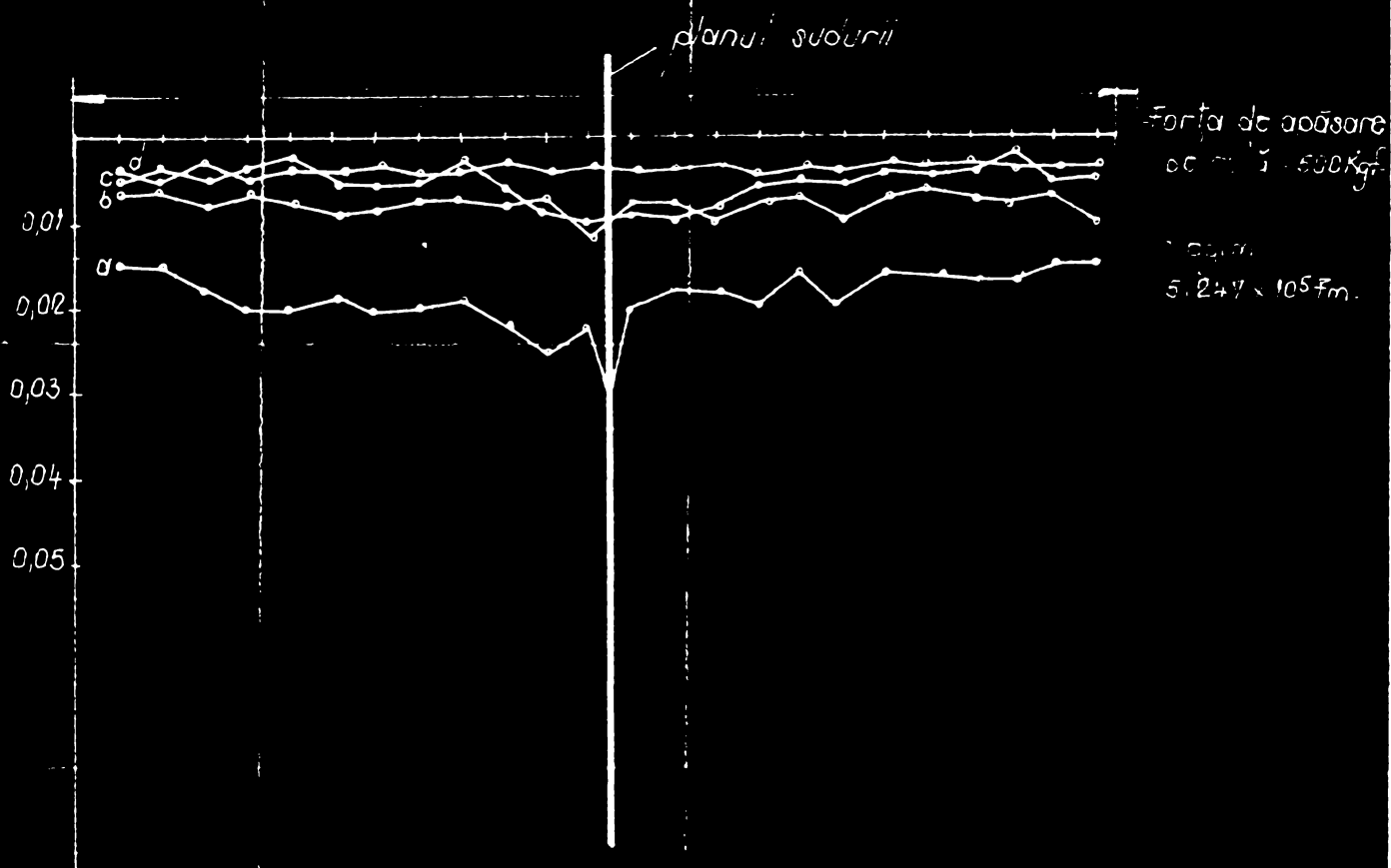


Fig.63 Diagramele de uzura pe epruvete

- a - epruveta din sina normala sudata cu aliaj
- b - epruveta din sina normala varianta 1
- c - epruveta din sina normala varianta 2
- d - epruveta din sina normala varianta 3

constituie o orientare utilă în ceea ce privește viteza relativă de formare a adânciturilor chiar și atunci când în exploatare viteza de formare a acestora este mult mai mare datorită presiunilor care acționează asupra lor (Fig. 63)

3.4.0. Determinarea și măsurarea tensiunilor interne.

3.4.0.1. Generalități

În Cap. 8 s-a prezentat starea teoretică de tensiune în reperele de rulare ale aparatului de cale. Starea de deforțare și tensiune la solicitările de contact pentru corpurile elastice a fost fundamentată de H. Hertz și completată prin lucrările [33, 34, 35, 36, 37, 38].

În procesul tehnologic de sudare cap la cap prin topire intermediară și presiune a reperele de rulare tratate termic superficial de la aparatele de cale se creează următoarele suprașururi de tensiuni interne rezonante pe tensiunile generate de sarcinile exterioare, astfel :

- tensiuni de laminare
- tensiuni de tratament termic superficial
- tensiuni de sudare cap la cap.

De ridicată este problema clară de rezistență a materialelor privind verificarea, cu trei aspecte și anume :

- geometric - reprezentat de studiul deforțărilor legate de forma și dimensiunile reperului de rulare.
- fizic - determinat de legătura dintre eforturile unitare și deforțările stabilite experimental; în baza acestei relații se determină legea de distribuție a tuturor eforturilor unitare pe secțiune și se ajunge la calculul eforturilor unitare.
- static - generalizarea pentru orice tip de aparat de cale a ecuațiilor de echilibru între forțele exterioare și momentele care acționează.

Aceste trei aspecte sînt valabile, considerînd aparatul de cale ca un cadru asupra cîruia acționează materialul rulant și celelate forțe exterioare. În cele ce urmează se prezintă investigațiile întreprinse în acest sens, avînd în vedere că

metodele mecanice necesare determinării tensiunilor interne nu dau cele mai concludente indicații întrucât reproductibilitatea lor nu este tocmai fidelă.

Noțiunea de tensiune rezanentă este într-o anumită măsură convențională, avînd sens numai dacă corpul se consideră ca un întreg; dacă din corp se separă un element cele devin eforturi exterioare în raport cu elementul.

Eforturile rezanente într-un corp solid elastic se pot produce (15, 4) în trei cazuri diferite și anume :

a/ - prin nepotriviri de dimensiuni la montaj ;aceste eforturi apar în cazurile cînd părțile structurale ale unei construcții sînt asamblate în mod voit pentru a asigura un anumit ajustaj. exemplu:prinde-rea contraacelor și a șinelor pe plăci,curbarea reporelor de rulare la raza și după tangenta de intersecție a aparatelor de cale.

b/ - prin deformare plastică; aceste eforturi apar ca urmare a schimbării formei materialului datorită deformării plastice prin laminare sau forjare.

S-a constatat că în laminatele rezultate prin tehnologia de rulare în comparație cu laminatele trase, eforturile rezanente au valori mai mici și că distribuția acestora este determinată în mare parte de ultima trecere. Deasemenea, s-a ajuns la concluzia că unghiul de atac al laminorului are un efect determinant asupra efortului rezanent de suprafață. Exemplu :toate reperele de rulare ale aparatului de cale și zona forjată a acului flexibil. Rezultatele experimentelor în privinta laminării arată că la temperaturile ridicate decât cele prescrise ale profilelor pentru reporele de rulare ale aparatului de cale și în cazul cînd raza de coroiaj are valori ridicate, caracteristicile mecanice se îmbunătățesc conform tabelului 17.

Numărul amplasării	Gradul mediu de răscoală %	Temperatura carnului în natură (°C)	Limita de pro- portionalitate (kgf/mm ²)	σ _c		
				Limita de ingere (kgf/mm ²)	Limita de tiner (kgf/mm ²)	Limita de tiner (kgf/mm ²)
46	9	890	10,35	10,7	37,6	280
33	11	990	10,7	20,1	37,6	280
24	14	1020	11,02	20,0	37,6	280

c/ - prin variații de temperatură ;aceste eforturi se produc în următoarele situații :

- regim termic variabil (cazul tratamentului termic superficial al reperelor de rulare care imprimă o repartizare neuniformă a căldurii în piesă)
- dilatația termică (cazul eforturilor interne din reperele aparatului de cale supus la variații de temperatură)
- trecerea de la starea elastică la starea plastică (cazul forjării acului flexibil)

La ultima trecere, în procesul tehnologic de laminare demultă faza de finitizare când se obține forma definitivă a profilului, temperatura variază între 920 ... 990°C. La această temperatură, limita de curgere a materialului este redusă. Răcirea de la această temperatură se realizează într-un loc închis, ferit de curenți reci de aer, pe un ștand de răcire unde laminatele sînt așezate una lângă cealaltă pe muchiile laterale. În aceste condiții, viteza medie de răcire obținută este în așa fel că răcirea completă să se facă după ca. 8 ore. Aceasta se poate considera drept o normalizare. Între vitezele de răcire ale diferitelor puncte ale profilului în secțiune transversală sînt diferite esențiale datorită repartizării neuniforme a masei în secțiune. Deoarece la răcirea completă întreg sistemul de tensiuni trebuie să fie în echilibru, ne putem aștepta ca în inimă și talpă să se producă tensiuni de compresie. Majoritatea materialului documentar în legătură cu această chestiune se referă la eforturi remanente rezultate din procesul de fabricație, deci la eforturile ce rezultă din laminare, răcire și îndreptare (42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50). Se poate considera că eforturile de laminare sînt nule din cauza temperaturii ridicate la care se face laminarea, în schimb eforturile remanente care apar în reperul de rulare în timpul răcirii au valori considerabile. În fig. 4 se prezintă curba eforturilor longitudinale în șina normală 49 în situația neîndreptată și îndreptată după laminare.

Pentru a verifica dacă eforturile remanente persistă

după aplicarea sarcinilor exterioare în exploatare (49)
 s-au efectuat probe la obosală pe secțiune de șină normală.
 Șina cu eforturi rezistente cunoscute a fost supusă la solici-
 tări exterioare alternative de 200 kgf/cm^2 până la 2000 kgf/cm^2
 la un nivel de 2 . 10 cicluri simetrice, fără să se constate
 o schimbare a stării de eforturi rezistente. Eforturile rezan-
 nente produse în exploatare au fost studiate Mayer și Gross
 prin încercări insuficiente pentru a trage concluzii generale,
 dar au condus la următoarele rezultate :

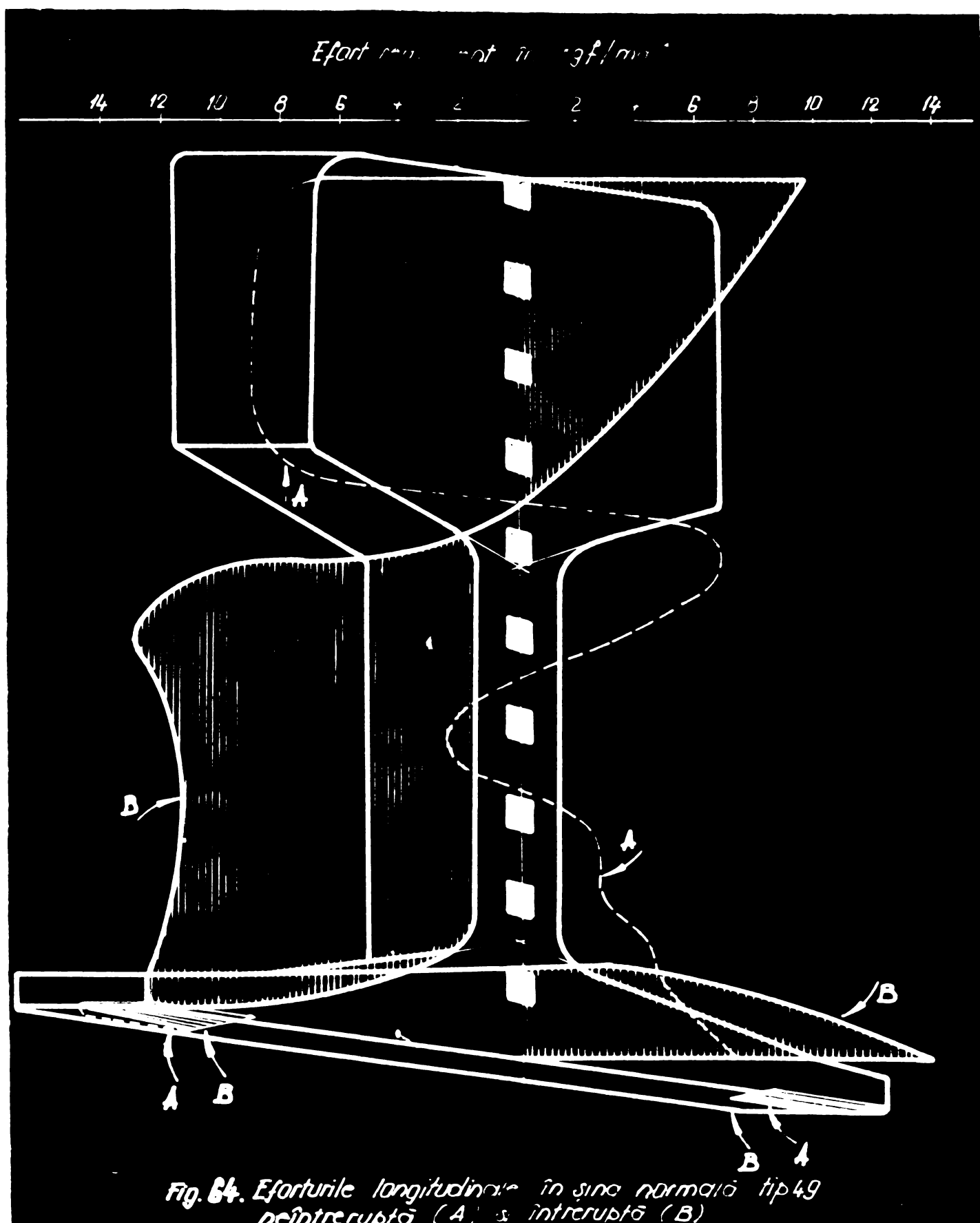


Fig. 64. Eforturile longitudinale în șină normală tip 49
 neîntreruptă (A) și întreruptă (B)

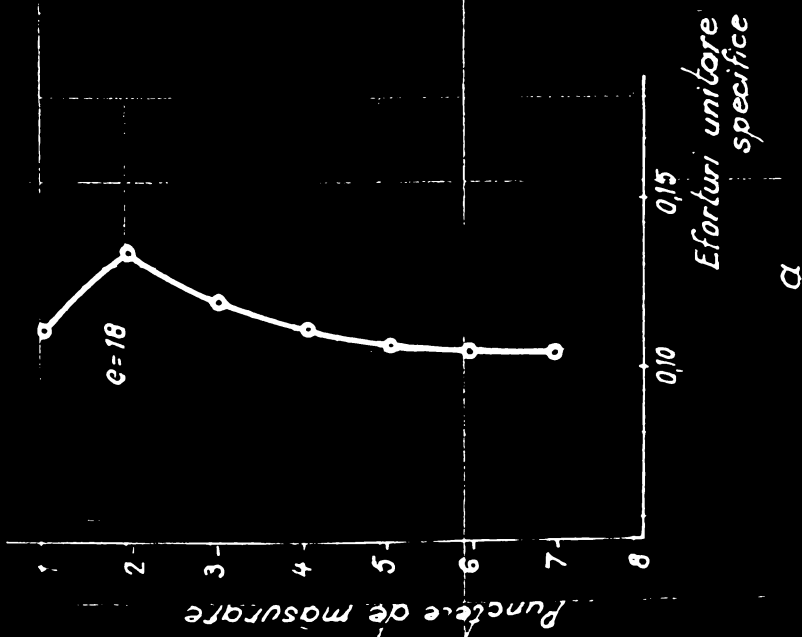


Fig. 65 - Determinarea eforturilor unitare sub coroana

α - repartizarea eforturilor unitare verticale specifice pe înălțimea inimii la excentricitatea maximă

b - relația între mărimea eforturilor unitare specifice verticale maxime sub coroană în funcție de excentricitate

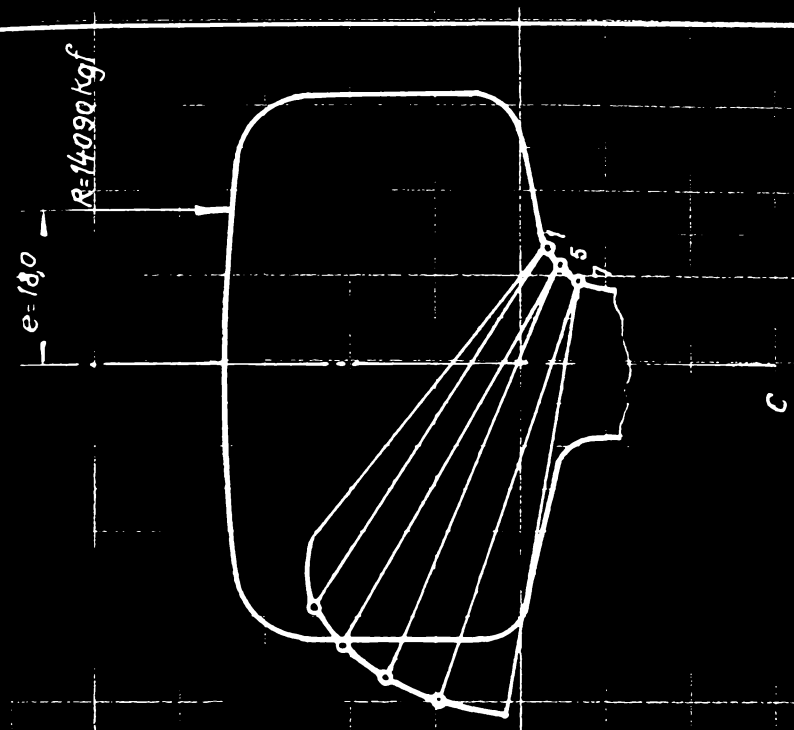
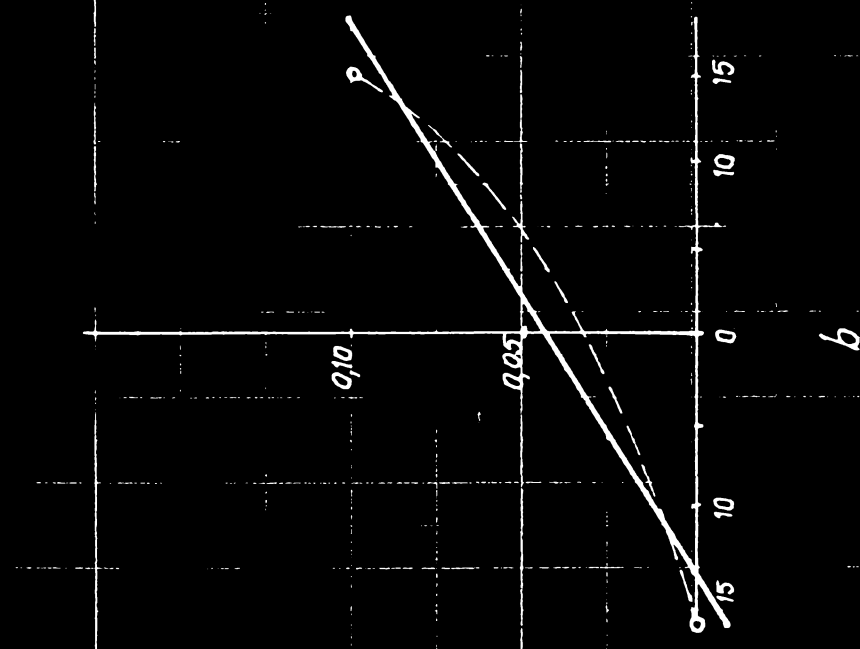


Fig. 66 - Diagrama eforturilor unitare sub coroană.

- eforturile ridicate se dezvoltă în coroana șinei, în puncte în care eforturile dinamice efective produse sub sarcina din exploatare sînt mai mici decît limita de curgere a oțelului.
- repetarea sau inversarea eforturilor dinamice care însoțesc trecerea roților în zona unde se produc exfolieri nu este suficient de ridicată pentru a indica o rupere la obosală; în această zonă s-au constatat deformări remanente acumulate suficient de mari.
- rezultatul măsurătorilor arată că exfolierea poate fi rezultatul ductibilității materialului datorită unei curgeri plastice excesive și unor deformări remanente mari, precum și a oboselii materialului datorită sarcinilor pulsatorii. După răcirea completă, în orice punct al reperelor de rulare se constată o stare triaxială de tensiuni. În același timp, se dezvoltă o deformare plastică în planul de simetrie; apariția acestor deformări plastice este determinată de faptul că în anumite zone temperatura lor în procesul răcirii scade mai lent decît temperatura celorlalte zone.

Intr-o asemenea stare curbată, profilele laminate nu pot fi utilizate; de aceea se efectuează îndreptarea la rece pe mașini speciale cu role. Aceasta operație se realizează prin aplicarea unei forțe mai mari decît limita de curgere a materialului. Eforturile obținute se adaugă la tensiunile remanente inițiale, fiind dispuse tot într-un sistem triaxial.

3.4.2. - Determinarea stării din laminare .

Calculul de rezistență se compune din următoarele părți principale : determinarea forțelor, calculul eforturilor unitare efective produse de aceste forțe, compararea eforturilor unitare efective din calcul cu valorile admisibile. Din partea de calcul a fost prezentată în cap. 2 .

La partea doua a calculului în momentul începerii cercetării de față și pînă în prezent, literatura de specialitate prezintă date incomplete de natura imposibilității de a crea un cadru de calcul analitic. De aceea pentru

aprecierea rezistenței diferitelor elemente ale profilului șinei normale, șinei ac, șinei pline au folosit datele statistice existente în țara noastră la scoaterea izolată din cale din cauza diferitelor ruperi sau defecțe pentru laminatoarele realizate de S.S. Reșița pe etapa 13 ... 1974.

Observațiile asupra scoaterii din cale din cauza ruperilor și a defecțelor arată că aproape toate cazurile atît în cadrul aparatului de cale cît și în linia curentă, șinele se rup sub acțiunea eforturilor unitare locale datorită eforturilor unitare verticale care se produc în inimă și eforturilor unitare transversale din talpă. În foarte mici excepții toate ruperile analizate au fost provocate de oboseală.

Apr. deosebite de o serie de organe de mașini, care prezintă același caracter de rupere, reperiile de rulare lucrează într-un regim instabil și sub o stare de tensiune complexă. Pentru asemenea condiții de lucru, nu s-au determinat încă rezistențele admisibile. Imposibilitatea de a aprecia prin calcul rezistența reperelor de rulare a determinat recurgerea la încercări de oboseală în laborator pentru care în baza multiplelor încercări efectuate s-a determinat pentru șina normală 49 valoarea de 26 kgf/cm^2 .

Studiul de laborator al stării de tensiune nu permite să se aprecieze în mod concret comportarea reperului de rulare, deoarece în laborator nu este posibil să se realizeze condițiile extrem de complexe din exploatare.

3.4.1.2.1. - Determinarea eforturilor unitare sub coreană.

Din fiecare tratament aplicat pe etape de cercetare a procesului tehnologic de sudare s-au determinat eforturile unitare sub coreana centraacelor, șinelor de legătură tip 47. La o excentricitate $e = 18 \text{ mm}$ de aplicare a forței verticale $R = 14.090 \text{ kg}$, la o distanță între reazeme de 50 mm , forța s-a realizat pe o presă verticală de încoviere statică. Determinarea eforturilor s-a efectuat cu un montaj simplu de tractoare dispuse în zona de recordare a coreanei cu inima.. În fig. 6566 s-a redat repartizarea eforturilor unitare verticale specifice pe înălțimea inimii marcându-se și valoarea maximă.

Variația mărimii efortului unitar vertical sub coroană are loc după o linie curbă. Pentru simplificare, cu aproximație redusă am considerat variația eforturilor în funcție de excentricitate după o linie dreaptă. Ecuația acestei drepte pentru e exprimat în centimetri este :

$$\sqrt{\sigma_{sp}} = - 0,052 - 0,042 e \quad (27)$$

În această relație obținută pe cale experimentală este necesar să se introducă corecția pentru influența catodică a impreciziei de execuție a profilului laminat. Corecția se face pe baza următoarelor considerații :

- primul membru exprimă mărimea efortului unitar vertical sub coroană determinat de forța aplicată excentric. Din teoria rezistenței materialelor, efortul unitar vertical poate fi considerat cu un grad suficient de precizie invers proporțional cu rădăcina cubică din valoarea rigidității coroanei la încovoiere în plan vertical și cu grosimea inimii în locul cel mai solicitat. Corecția totală determinată pentru secțiunea transversală a șinei normale tip 49 este de 1,035.
- al doilea membru din formula obținută arată influența momentului de torsiune aplicat pe coroană asupra mărimii eforturilor unitare verticale de sub coroană; aceasta are o rigiditate la încovoiere mai mare repartizând solicitarea pe o lungime mai mare a inimii. Coeficientul de corecție se consideră egal cu raportul suvei momentelor ecuatoriale de inerție ale coroanei dintre cel efectiv laminat și cel proiectat. Cunoscând abaterile relativ reduse de laminare ale șinei normale 49 și cele efectiv măsurate pe cupoanele verificate s-a obținut un coeficient de 0,996. Întrucât eforturile unitare produse de momentul de torsiune din coroană se repartizează pe grosimea inimii (), în același mod ca și eforturile unitare normale într-o grindă supusă la încovoiere, influența devierilor în grosimea inimii de la valorile teoretice se pot aprecia prin pătratul raportului între grosimea reală a inimii și aceea teoretică. Coeficientul de corecție rezultat este 1,1. Cu ajutorul coeficienților de corecție calculați rezultă relația finală pentru

profilul teoretic :

$$\sqrt{\sigma}_{sp} = - 0,054 - 0,04 \text{ e} \quad (28)$$

Efortul unitar se produce la excentricitatea maximă în ipoteza că roata materialului rulant reazomă pe coroană la o distanță de 10 mm de la partea laterală. Atunci, pentru un kg de forță aplicată se obține :

$$\sqrt{\sigma}_{sp_{max.}} = - 0,151 \text{ kgf/cm}^2 \quad (29)$$

Corecția pentru grosimea medie a coroanei privind membrul al doilea din formulă devine : la coroană 0,994 și la inimă 1,104.

$$0,994 \cdot 1,104 = 1,098 \quad (30)$$

Corecția pentru al doilea membru are valorile de 0,807 la coroană și 1,218 la inimă

$$0,807 \cdot 1,218 = 1,05 \quad (31)$$

În această situație relația devine :

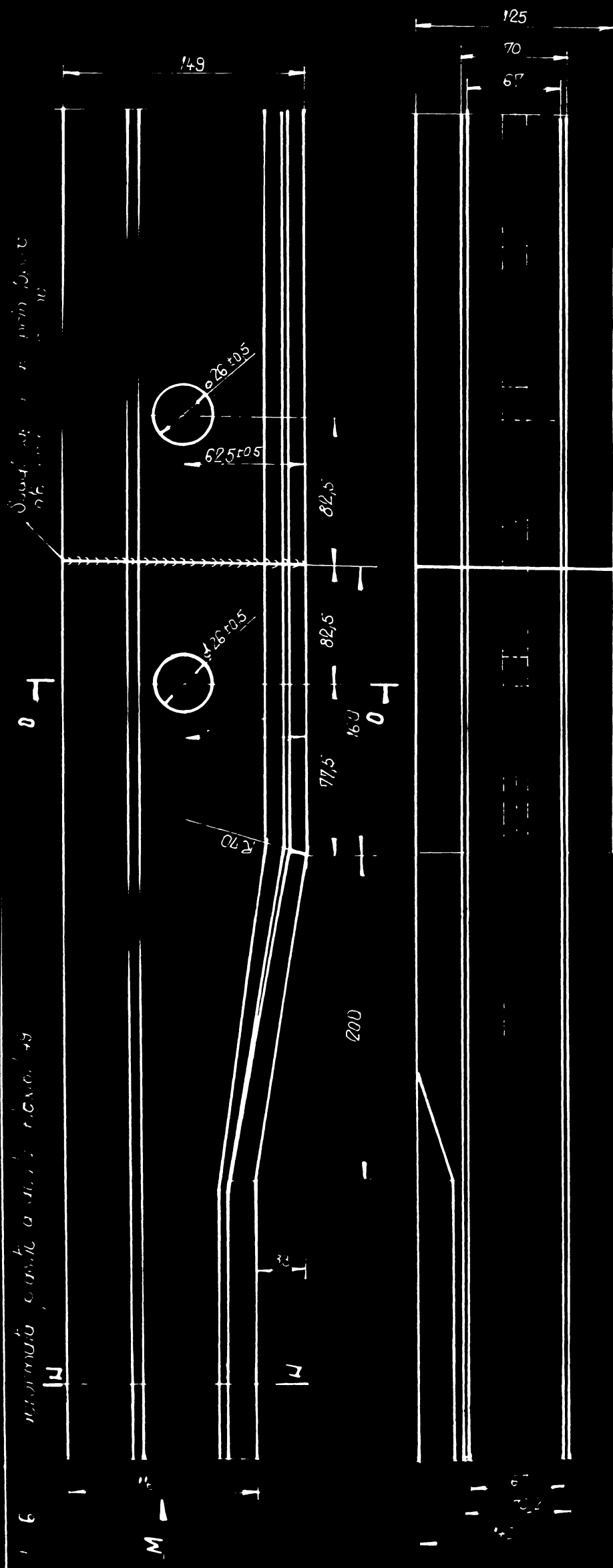
$$\sqrt{\sigma}_{sp} = - 0,054 \cdot 1,098 - 0,04 \cdot 1,05 \text{ e} \quad (32)$$

Pentru o exprimare mai sugestivă a distribuției eforturilor verticale de compresiune în fig. 66 s-a redat curba corespunzătoare obținută pe cale experimentală. Punctele de măsurare ale eforturilor unitare s-au transpus de pe șină pe desen cu ajutorul pantografului și profilografului.

3.4.2.2. - Determinarea eforturilor unitare în inimă și în zona șașurilor de eolizare

Aceste determinări s-au efectuat în special în zona acului flexibil 49 deformată plastic în șina normală 49 care se sudează apoi cap la cap prin topire intermediară și presiune cu șina normală tip 49. Pentru asigurarea acestei îmbinări se prevede prinderea cu două eolise scurte cu două șași. (Fig. 7).

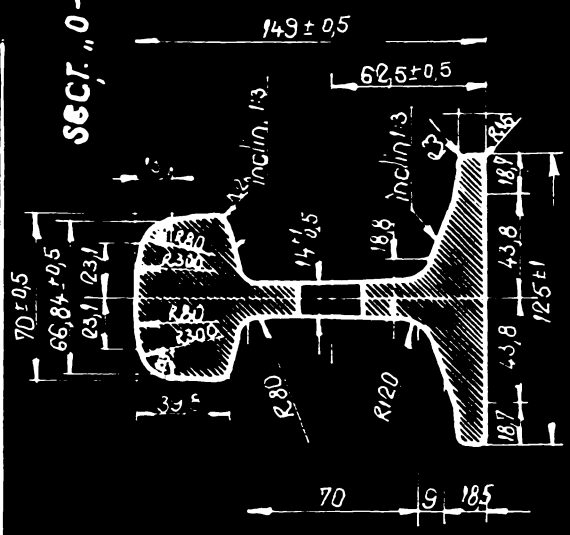
În cercările s-au efectuat ca și în cazul precedent cu o instalație statică. Capătul cuponului de șină 49 deformat plastic din șina normală s-a introdus într-un sistem de prindere lateral care reproduce tensiunea eoliselor.



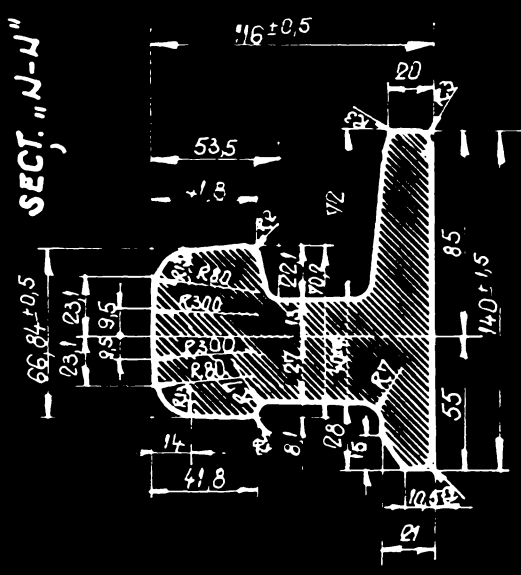
Distanca de 26 mm entre os centros

6. MONTADO COM O ANEL R.C.V.O. 49

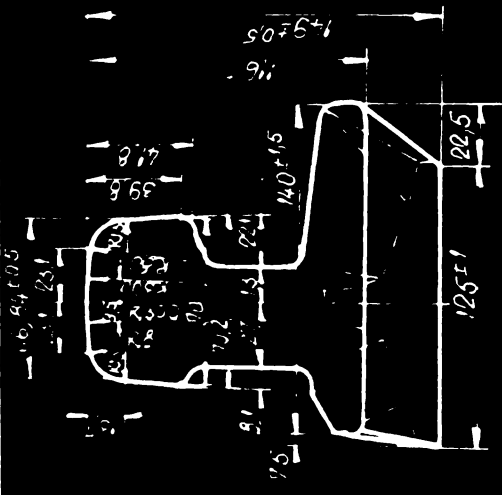
SECT. "0-0"



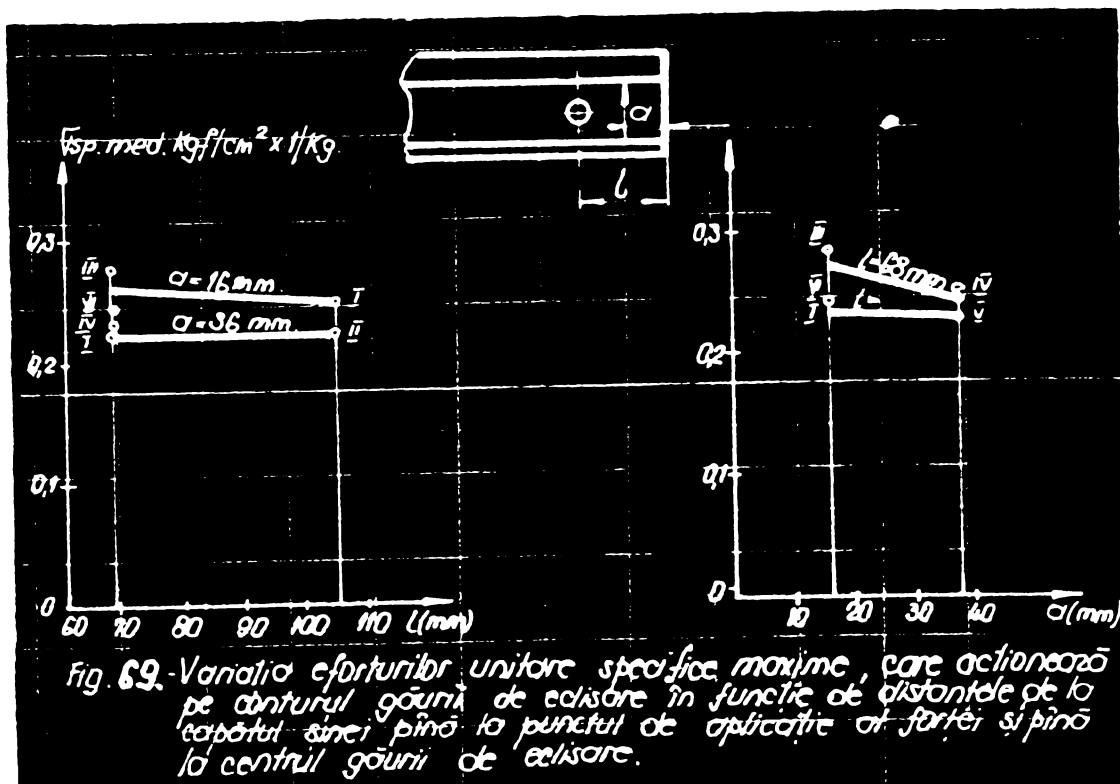
SECT. "N-N"



VEDERE DIN "M"



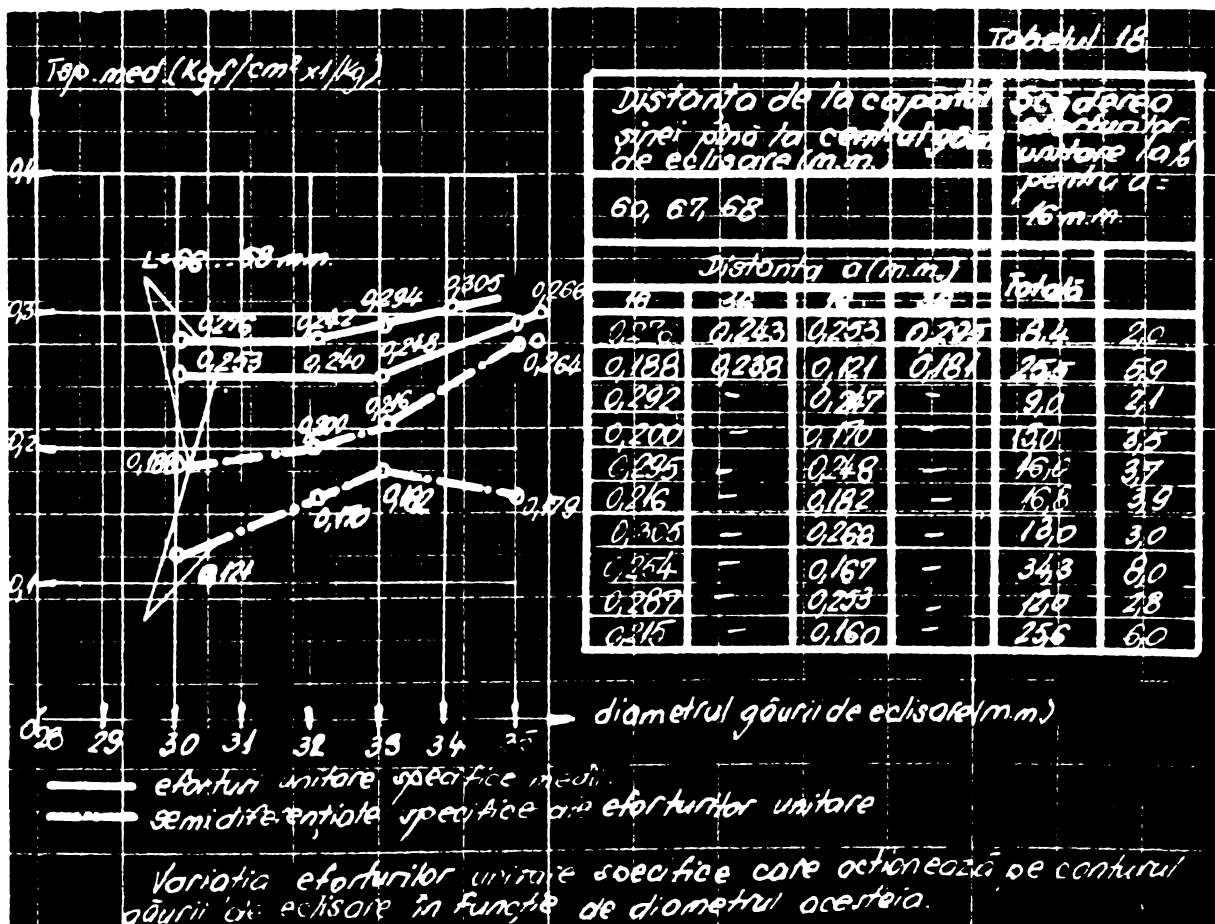
copul acestei determinări a constat în stabilirea influenței distanței de la capătul frontal al cuponului până la mura de eclisare asupra mării eforturilor unitare de întindere care se dezvoltă pe conturul acesteia. În afară de aceasta, s-au determinat eforturile unitare în interiorul profilului slabit prin gaura de surub; aceasta a permis să se stabilească valoarea coeficientului de concentrare a eforturilor unitare determinată de prezența gaurilor de eclisare. Curbele experimentale caracteristice de repartizare ale eforturilor unitare pe conturul găurii de eclisare sînt prezentate în fig. 68. Eforturile maxime de întindere apar în majoritatea cazurilor în aceleasi puncte de pe conturul găurii de eclisare situate în apropierea liniei ce trece prin centrul găurii de eclisare și înclinate sub un unghi de 45° față de axa șinei mai ales în punctele cele mai apropiate de coroană. Cercetarea influenței poziției sarcinii la capătul șinei și a distanței de la capătul acesteia pînă la centrul găurii de eclisare asupra eforturilor unitare maxime de întindere s-a efectuat cu eforturile unitare specifice medii, adică cu semisumele eforturilor unitare în punctele cele mai sollicitate, măsurate la capetele opuse ale generatoarei suprafeței interioare a găurii raportate la un lăf verticală aplicată la capătul șinei. Aceasta este necesară deoarece joantele de intrare și ieșire de pe aparatul de cale se eclisază normal cu restul căii nu prin sudură, pentru permiterea scoterii și înlocuirii aparatului de cale. Curba de variație a valorilor maxime ale eforturilor unitare specifice în funcție de distanța între centrul primei găurii de eclisare și capătul șinei pentru diametrul găurii de eclisare de 30 mm este rodată în fig. 69.



In cazul acțiunii neuniforme a ecliselor, eforturile unitare pe conturul găurii de eclisare pot fi mult mai mari pe o parte a inimii sinei decât față de cealaltă. Aprecierea gradului de neuniformitate a acțiunii asupra inimii s-a făcut după mărimile semidiferențelor eforturilor unitare raportate la unitatea momentului de torsiune aplicat la capătul sinei. Semidiferențele specifice sînt mai sensibile la variația găurii de eclisare decât semisumele specifice. In tabelul 18 s-au adoptat următoarele notații convenționale :

- d - diametrul găurii de eclisare (mm)
- $\sqrt{\sigma_{sp}}$ - semisuma specifică a eforturilor unitare în $\text{kgf/cm}^2 \cdot 1/\text{kg.cm}$
- $\Delta\sqrt{\sigma_{sp}}$ - semidiferența specifică a eforturilor unitare în $\text{kgf/cm}^2 \cdot 1/\text{kg.cm}$.

Din figura și tabelul 18 se constată că îndepărtarea găurii de eclisare de la capătul sinei duce la scăderea semisumei specifice a eforturilor unitare și a semidiferenței acestora. Cupoanele cercetate cu gaură de eclisare mai îndepărtate de capăt sînt mai puțin sensibile la acțiunea neuniformă a ecliselor în cazul cînd $l = \dots$ cm. Creșterea diametrului găurii de eclisare în intervalul cercetat al variației cotei l duce la creșterea eforturilor unitare specifice.



Rezultatele măsurării eforturilor unitare în inima șinei 49 deformată pe o anumită porțiune în șina normală 49 nesălbăbită de găurilo de eclisare arată că zona eforturilor unitare locale determinată de tensiunea ecliselor pe cerceana șinei în capătul acesteia se întinde pe o distanță de oca. 150 mm. Partea principală a eforturilor unitare care apar pe conturul găurii de eclisare este determinată de eforturile unitare principale ale încovoierii șinei sub acțiunea forței transversale. Existența găurilor de eclisare determină concentrarea eforturilor unitare în inima șinei. Valorile medii ale coeficientului de concentrare sînt redată în diagrama din fig. 69 din care se constată că majorarea diametrului găurii de eclisare determină creșterea coeficientului de concentrare.

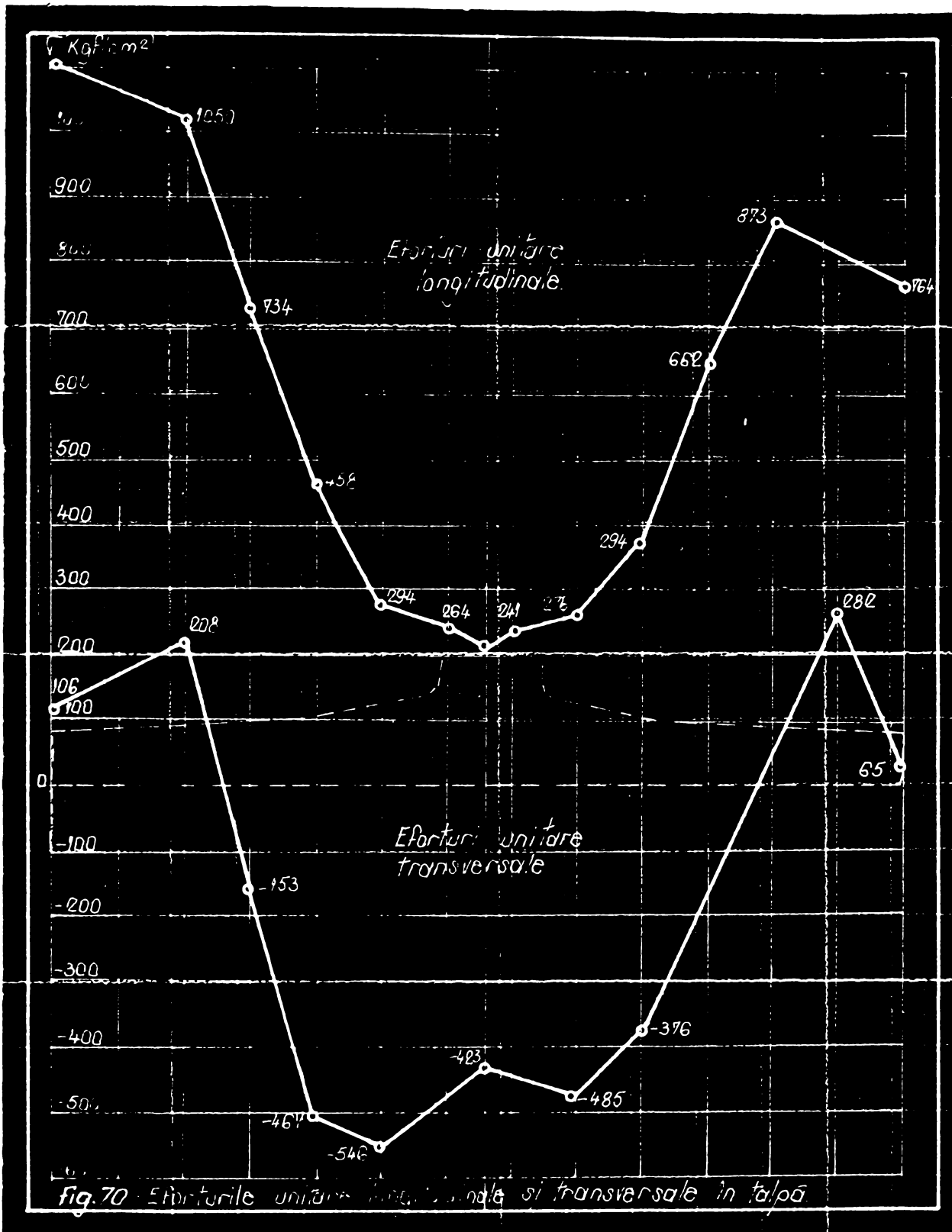
3.4.0.2.3. - Determinarea eforturilor unitare în talpi.

Eforturile unitare în talpi s-au măsurat pentru cazul cînd sarcina a fost aplicată pe muchiile tălpii șinei. Presa de încărcare și sistemul tensometric au fost aceleași ca și în cazul măsurării eforturilor unitare în inima șinei. Sarcina a fost aplicată pe fețele superioare ale tălpii, iar eforturile unitare s-au măsurat pe fața inferioară. Eforturile unitare normale transversale maxime pe fața inferioară a tălpii șinei care duc deseori la ruperi transversale, apar în punctele situate aproximativ într-un singur plan vertical cu punctul de îmbinare a racordării inimii cu suprafața superioară a tălpii. Prelucrarea datelor obținute arată că eforturile unitare la partea inferioară sînt inverse proporționale cu patratul grosimii în acel loc. (Fig. 7e).

3.4.0.3. - Încercări efectuate în zona deformată plastic a acului fătăxibil 49 sudat cap cap prin topire intermediară și presiune cu șina normală 49.

La punctele 3.4.0.2.1. , 3.4.0.2.2., 3.4.0.2.3. s-au prezentat determinările stării de tensiune în regimul static de sollicitare.

Cuosecînd influența sollicitărilor în stare dinamică asupra reperelor de rulare ale aparatului de cale, am considerat necesară det. ruinarea rezistenței la oboseală în poziție de



aplicare a sarcinii înclinată față de axa de simetrie a profilului, pentru a avea o concordanță cu condițiile de solicitare în exploatare ale acestui reper de rulare- acul flexibil.

S-a determinat rezistența la oboseală pe cupoane tehnologice de ac flexibil 49 sudate cap la cap prin tupire intermediară și presiune cu sîmă normală 40 în regimuri diferite obținându-se valori cuprinse între 24,8 și 27 kgf/mm^2 prin metoda sarcinii progresive locatti.

Pentru stabilirea sarcinilor de încărcare în poziție înclinată s-au avut în vedere rezultatele obținute în poziție

verticală de solicitare, care au fost superioare limitei admise de 24 kgf/mm^2 . Inițial, s-au făcut măsurători tenso-electrice pe cupoane tehnologice amplasate în poziție oblică pe masa pulsatorului, pentru a determina stările de efort în zona deformată plastic atât în regiune statică cât și în regiune dinamică sub diferite sarcini de încărcare determinate pentru anumite unghiuri înclinare.

Am considerat că prin determinarea valorilor rezistenței la oboseală pentru condițiile de solicitare la pulsator a cupoanelor tehnologice de ac flexibil sudate cap la cap, se asigură stabilirea unor valori ale limitei de rezistență la oboseală care pot fi folosite cu certitudine în raport de nivelul de solicitare al aparatului de cald.

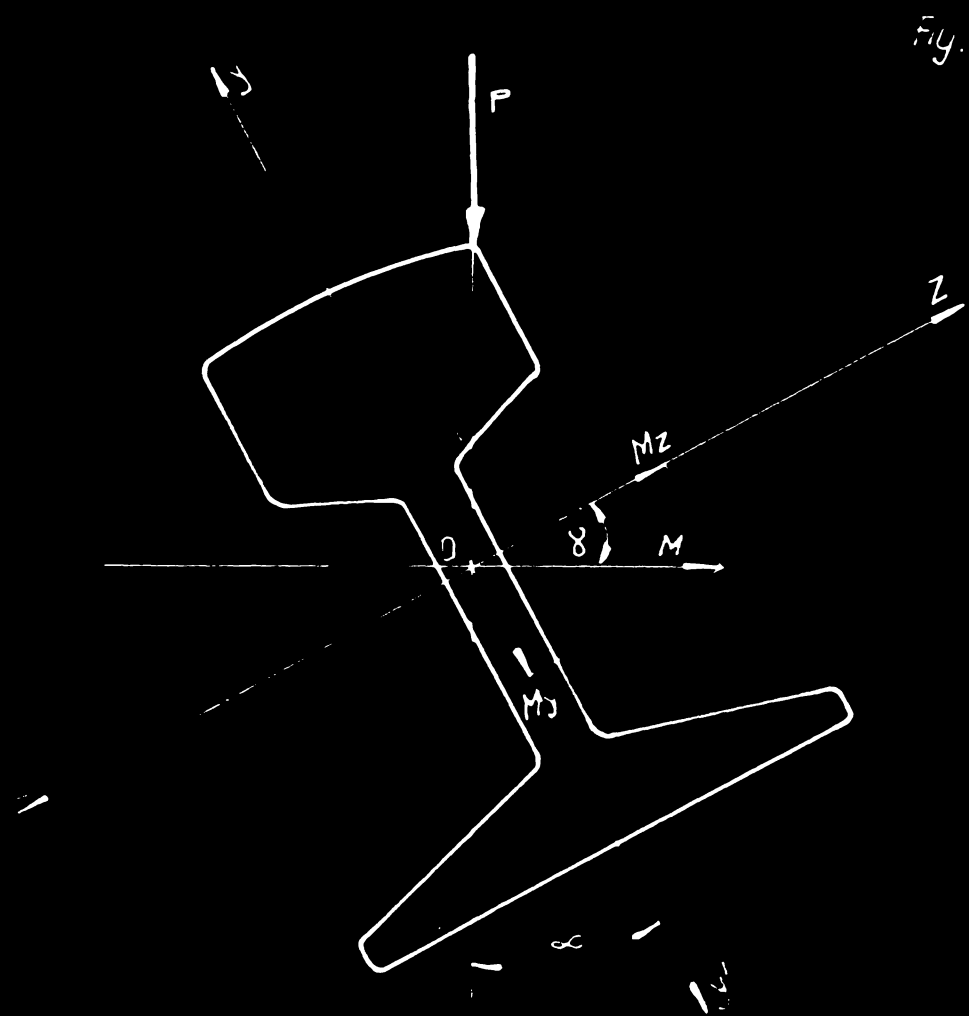
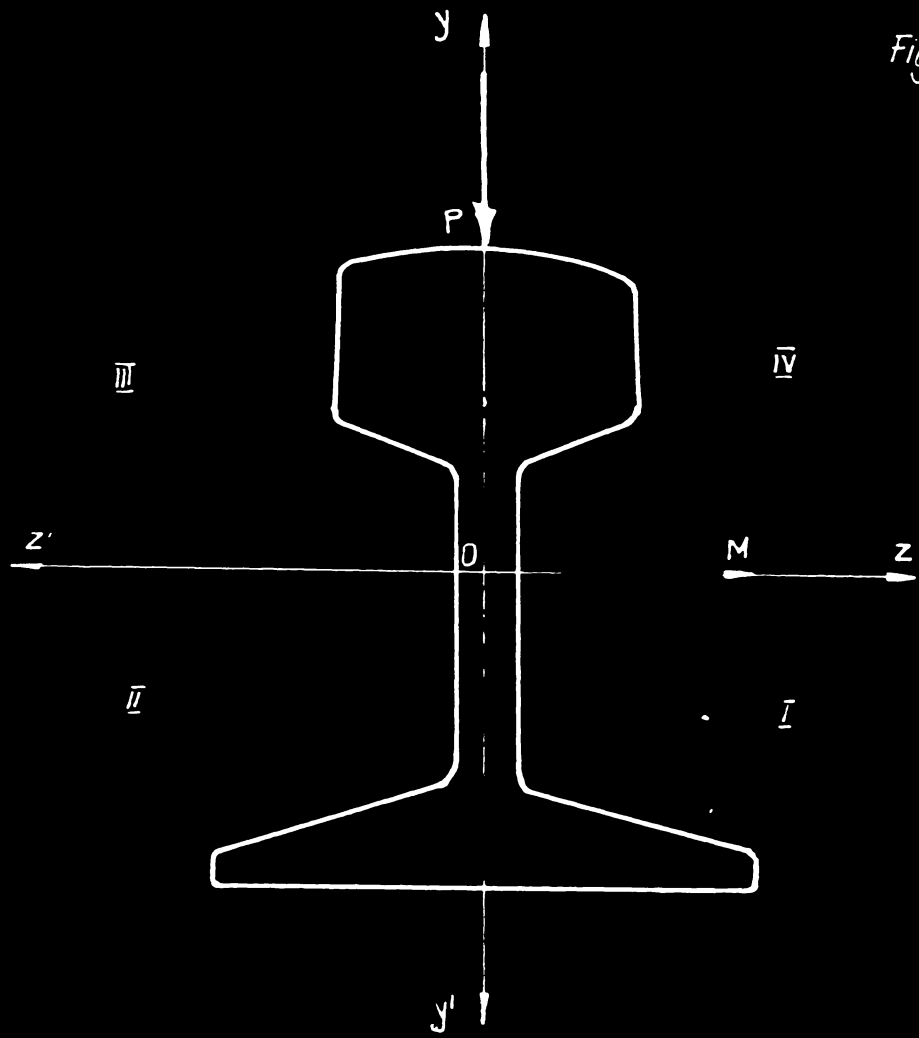
Cupoanele de probă de sine ac deformat plastic și sudat, formează o grindă omogenă așezată pe două rezeme și încărcată la mijloc cu sarcinile stabilite. În cazul când grinda deformată plastic este așezată în poziție înclinată, forța aplicată nu se află în planul principal de inerție al profilului, producând astfel o încheiere obligă a profilului. Fig. 71.

Se consideră o secțiune a profilului de sine ac în zona deformată unde i se cunosc axele principale de inerție Ox și Oy conform fig. 71 a. În poziția înclinată fig. 71b forța verticală de încărcare va determina un moment încovoitor care va avea o înclinare față de axa principală OZ . Aceasta se descompune în componentele M_y și M_z . Aplicând succesiv relația lui Navier se obține într-un punct oarecare al secțiunii alese :

$$\sigma' = \frac{y \cdot M_z}{I_z} = \frac{y \cdot M \cdot \cos \alpha}{I_z} \quad (33)$$

$$\sigma'' = \frac{z \cdot M_y}{I_y} = \frac{z \cdot M \cdot \sin \alpha}{I_y} \quad (34)$$

Prin suprapunerea efectelor celor două momente în sistemul de coordonate ales xOy , componenta M_z produce efortul de întindere σ' iar componenta M_y produce efortul de compresiune σ''



71. Partea verticală (a) și înclinată (b) de la figura 71. a. și b. sunt supuse acțiunii unei forțe P și a unui moment M.

Se obține :

$$\sigma = \sigma' - \sigma'' = \frac{y \cdot M_z}{I_z} - \frac{z \cdot M_y}{I_y} \quad (35)$$

S-au stabilit tensiunile pe trepte înfud pentru prima treaptă tensiuni inferioare rezistenței la ebescală pentru cupoane tehnologice încărcate cu sarcini verticale și talpa în poziție orizontală; variația tensiunilor pe treaptă s-a lăsat de la 2,5 kgf/mm² la 3,75 kgf/mm². În stabilirea tensiunilor de solicitare în planul sarcinilor de încărcare s-a procedat la o reducere a tensiunilor remanente prin forjarea în matrită a profilului de ac în sină normală, prin relaxare termică. În cursul procedurii de relaxare termică, deformarea specifică totală este dată de relația :

$$\epsilon_0 = \epsilon + \epsilon_p + \epsilon_0 \quad \text{în care :} \quad (36)$$

ϵ_0 - deformarea totală

ϵ - deformarea specifică elastică

ϵ_p - deformarea specifică plastică

ϵ_0 - deformarea prin depășirea limitei de curgere în timpul încălzirii.

Cu tot numărul mare de formule existente și ipoteze propuse nu s-a reușit să se stabilească o relație care să poată satisface orice proces de relaxarea eforturilor unitare (50,52, 53,54).

Avind în vedere că teoria relaxării este valabilă numai pentru perioade de mentinere a tratamentului termic de detensionare, ea nu poate fi folosită pentru întreg ciclul dat, mai ales cunoscind faptul că în perioada de ridicare a temperaturii, tensiunile interne scad în cea mai mare parte. Parametrii care stabilesc starea de tensiune a unui corp supus unui ciclu de încălzire sînt :

- variația limitei de curgere cu temperatura
- variația modului de elasticitate cu temperatură
- variația caracteristicii de curgere lentă cu temperatură.

În acest mod de reducere a tensiunilor remanente după forjar.

s-a procedat la o încălzire volumetrică a cupanselor de probă cu o viteză de 200°C pe oră la o temperatură maximă de 600°C , durata de mentinere o oră și viteză de răcire $250 \dots 300^{\circ}\text{C./oră}$. Tratatamentul termic nu a afectat structura, dar a atenuat tensiunile interne în proporție de 70%.

Prin încercările în poziție oblică am obținut o verificare în concordanță cu condițiile de exploatare a rezistenței la oboseală, permițând determinarea și cunoașterea eforturilor admisibile micșorate cu ajutorul cărora se pot calcula reperele de rulare ale aparatului de cale. Pe baza valorilor stabilite pentru tensiunile pe trepte s-au determinat sarcinile de încărcare și momentele încovoietoare pentru poziția cu talpa în plan orizontal; apoi, s-a înclinat sistemul de prindere cu unghi anumit față de axa orizontală a secțiunii (FIG. 72). S-a considerat cazul că unghiul de 30° față de axa de simetrie determină momentul maxim pe care-l poate prelua secțiunea față de axa orizontală cu relațiile de calcul nr. 33, 34, 35. Pentru a avea o comparație a sarcinilor de încărcare și a variației acestora cu unghiul de înclinare s-au făcut determinări și pentru valorile de 20° și 25°

Stabilind tensiunile pe trepte s-au calculat momente încovoietoare pentru poziția înclinată la 30° pentru distanțe între roazem de 300 mm și 1000 mm. În plus s-au efectuat și măsurători tensoelectrice sub sarcina statică în mijlocul cuponului sudat cap la cap și deformat plastic la dimensiunea profilului de șină normală 49. În tabelul 15 sînt redată rezultatele obținute.

Momentul încovoietor produs în secțiunea înclinată a profilului este:

$$M_1 = \frac{F_{\text{max}} \cdot l}{4} = \frac{30.000 \cdot 80}{4} = 720.000 \text{ N}\cdot\text{cm}. \quad (37)$$

În cazul unghiului de 30° , eforturile corespunzătoare acestui moment sînt:

$$\sqrt{I - III} = M_1 \left(\frac{\cos}{W_x} - \frac{\sin}{W_y} \right) \quad (38)$$

Se va realiza o probă de încercare și a momentelor încovoiere pentru poziția orizontală și poziția verticală la 30°
 determinarea pentru o variație constantă a tensiunilor pe treapta de $\Delta\sigma = 25 \text{ Kg/mm}^2$ pentru cuponul de șina nr 49

acelorași plăci se sudat cap la cap prin țopire intermediară și presiune cu șina normală 49

Distința între cearse $l = 1200 \text{ mm}$

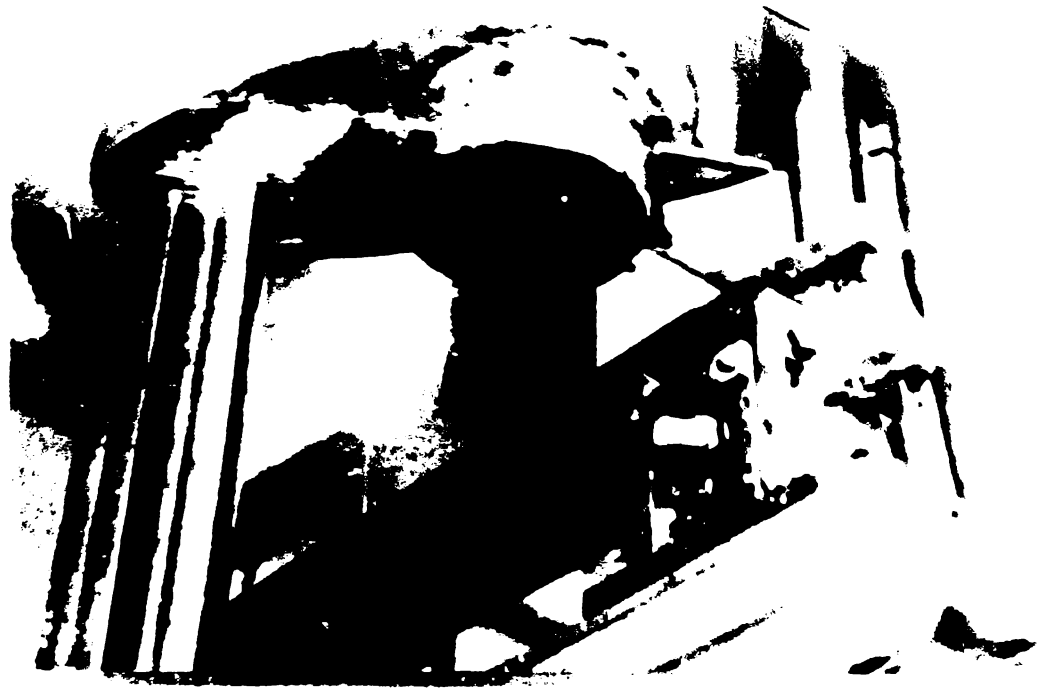
Nr	Cădere P_0 (kg/cm ²)	Cădere P_0 (kg/cm ²)	Cădere P_0 (kg/cm ²)	Moment încovoiator M_1 (kg.cm)	Eforturi unitare (kg/cm ²)		Rezonanță	Moment încovoiator M_2 (kg.cm)	Deplasare f (mm)	Încercare P_{30} (kg)
					σ_1	σ_2				
I	1250	10	300.000	1083	2940	1857	205.000	6,8		
II	1500	12	360.000	1303	3528	2235	243.000	8,1		
III	1750	14	420.000	1716	4116	2100	280.000	9,4		
IV	2000	16	480.000	1735	4700	2965	302.000	10,7		
V	2250	18	540.000	1950	5280	3330	364.000	12,2		
VI	2500	20	600.000	2170	5870	3700	404.000	13,4		
VII	2750	22	660.000	2300	6460	4070	444.000	14,7		
VIII	3000	24	720.000	2650	7050	4400	486.000	16,2		
IX	3250	26	780.000	2820	7640	4820	523.000	17,5		

Măsuratori tensometrice sub sarcină statică prin încărcare la diferite nivele sub sarcină constantă aplicată în mijlocul cuponului de șina nr 49 deformat plășile sudat cap la cap pentru țopire intermediară și presiune cu șina normală 49

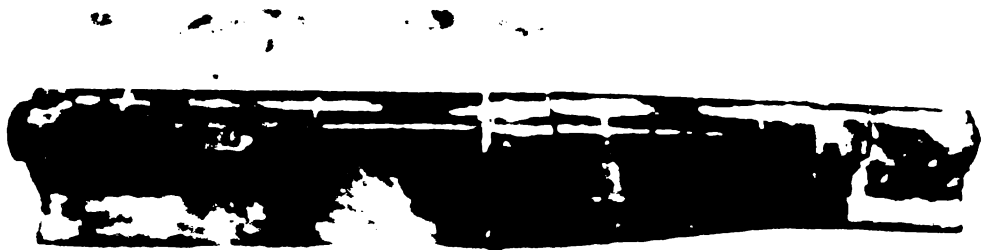
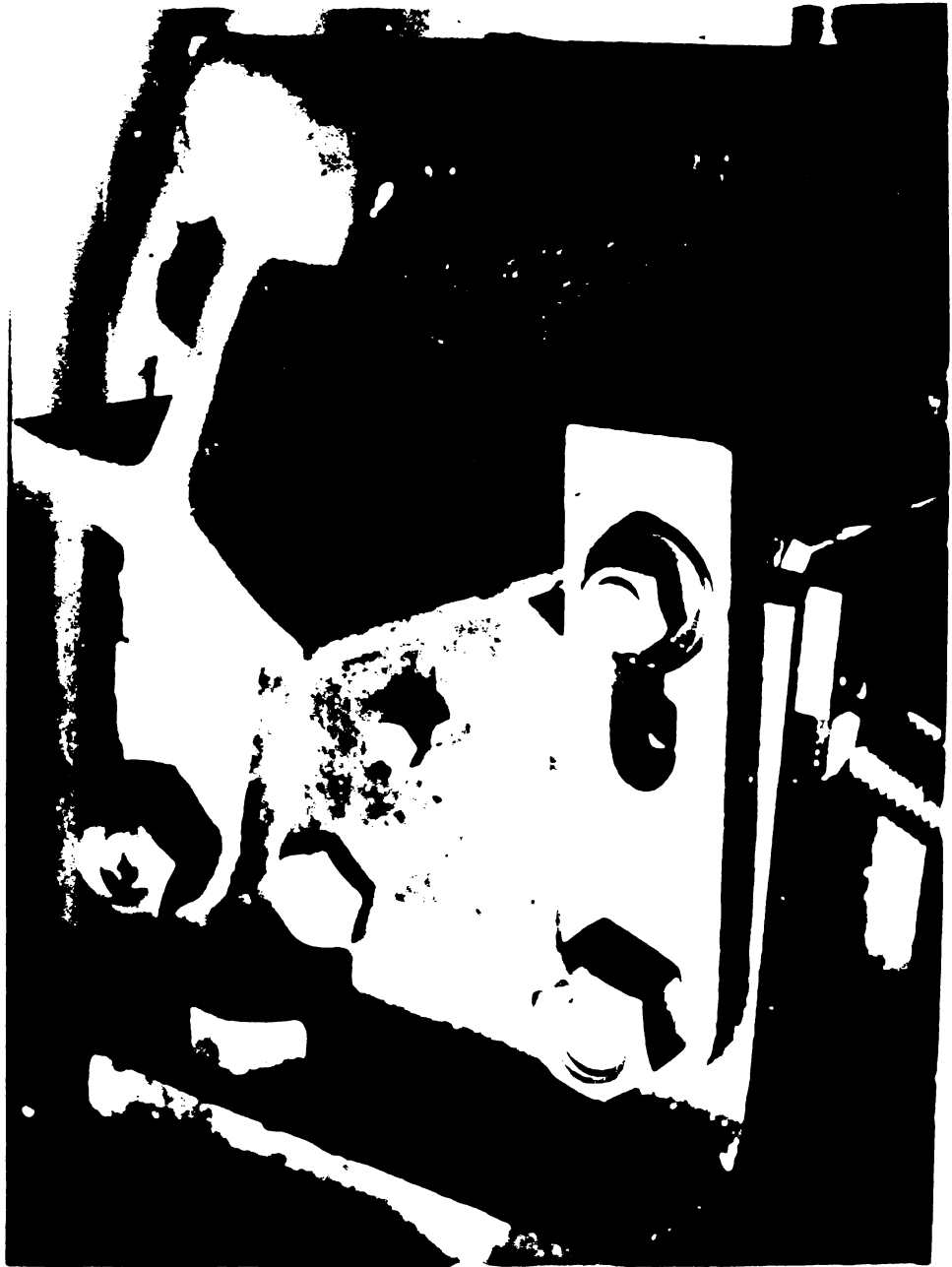
Nr	Cădere P_0 (kg/cm ²)	Eforturi unitare (kg/cm ²)	
		σ_1	σ_2
I	1250	2167	3265
II	1500	1974	3391
III	1730	1396	3630
IV	1655	1785	3475
V	1660	1701	3486
VI	1550	1896	3255
VII	1525	1638	3202
VIII	1705	1764	3585
IX	1785	1730	3748

Plan de încărcare pentru un cupon de probă

Nr	Numărul crl treptei	Forța maximă (kg)	Numărul de cicluri pe treapta	Total cicluri	Obs.
1	I	68	200.000	—	
2	II	81	200.000	400.000	
3	III	94	200.000	600.000	
4	IV	107	200.000	800.000	
5	V	12,2	200.000	1.000.000	
6	VI	13,4	200.000	1.200.000	
7	VII	14,7	127.000	1.327.000	rupt



*Fig 72. Verificarea rezistenței
la oboseală în poziție in-
clinată a cuponului teh-
nologice de oc flexibil 49
sudat cap la cap*



$$\sqrt{II - IV} = M_1 \left(\frac{\cos \alpha}{V_z} + \frac{\sin \alpha}{V_y} \right) \quad (39)$$

Inlocuind se obtine :-

$$\sqrt{I - III} = M_1 \left(\frac{0,800}{240} - \frac{0,500}{51} \right) = \quad (40)$$

$$= M_1 (3,3 \cdot 10^{-3} - 9,8 \cdot 10^{-3}) = 720.000 (-,44 \cdot 10^{-3}) =$$

$$= -720 \cdot ,44 = -4,537 \text{ kgf/cm}^2$$

iar pentru :

$$\sqrt{II - IV} = M_1 \left(\frac{0,800}{240} + \frac{0,500}{51} \right) = \quad (41)$$

$$= M_1 (3,3 \cdot 10^{-3} + 9,8 \cdot 10^{-3}) = 9475 \text{ kgf/cm}^2$$

Fortul maxim este in limita valorilor determinate pentru rezistentele de rupere la tractiune efectuate din corpul cupoanelor de sina ac. In urma acestor probe s-au obtinut urmatoarele valori pentru rezistenta la oboseala : 1,25; 15,9; 17,75; 1,5; 17,2 kgf/mm². Din aceste rezultate se constata ca rezistenta la oboseala determinata in trepte in pozitie inclinata la 30° fata de axa verticala este mai mare de 2/3 din limita de oboseala determinata in pozitie verticala - element care va fi luat de acum inainte in calculul de dimensionare si verificare al reperele de rulare ale aparatului de cale.

3.4.0.4. - Determinarea stării de tensiune in urma tratamentului termic superficial și sudurii cap la cap.

In procesul tehnologic de tratament termic superficial reperul de rulare se incalzeste din nou, considerand prima incalzire aceea de la laminare. Astfel, se eliberează in același timp o parte a tensiunilor interne și corespunzător cu noua incalzire și răcire sub acțiunea dușului final de răcire cu viteză ridicată diferențiată pentru diferitele puncte ale secțiunii transversale, se creează noi tensiuni.

se modifică deci în mod nedeterminat starea de tensiune inițială, cu atât mai mult dacă socotim posibilă în același timp și modificarea în acest interval a parametrilor tehnici. În acest fel, apare o stare de detensionare după tratamentul termic superficial, cu valori mult mai mari și care coincide cu starea precedentă numai în ceea ce privește caracterul acesteia. Acest proces tehnologic produce prin dilatarea locală a zonei superficiale un spectru de tensiuni remanente de compresie la suprafață și de întindere la interior (13).

Tensiunile remanente se măresc de câteva ori în orice punct al reperului de rulare producându-se o tensiune remanentă de cca. 15 kgf/cm^2 precum și o tensiune generată de sarcina utilă de cca. 10 kgf/cm^2 , acționând în aceeași direcție. Durabilitatea reperelor de rulare ale aparatului de cale tratate termic superficial se determină așa cum s-a indicat în cap. 3 în raport cu rezistența la oboseală, fapt pentru care apariția tensiunilor remanente având în vedere solicitările din exploatare în continuă creștere, poate reduce într-o anumită măsură această caracteristică. Pe baza acestor considerente, corectarea tensiunilor remanente a fost strict necesară, combătând o practică incorectă în corectare, conform căreia tratamentul termic superficial elaborează concluzii referitoare la tehnologia propriuzisă pe baza înregistrării în exclusivitate numai a structurii metalografice.

În actualul studiu de dezvoltare a tehnicii s-au imaginat diverse metode pentru determinarea tensiunilor remanente caracterizate prin aceea că fiecare pornește de la o stare inițială cu anumite aproximații limită, ceea ce de la început arată că metodele elaborate nu ating o rezolvare ce poate fi considerată pe deplin satisfăcătoare.

Metodele elaborate pentru determinarea stării triaxiale de tensiune pot fi împărțite în două grupe :

- încercări fără deteriorarea materialului
- încercări cu deteriorarea materialului

Metodele fără deteriorarea materialului prezintă avantajul de a determina tensiunile interne fără descompunerea formei geometrice, asigurând repetarea încercărilor pe același material; în schimb neputându-se pătrunde în interiorul corpului ele se pot utiliza numai pe suprafața acestora. Astfel, tensiunea se rezolvă numai în o stare plană, ceea ce nu corespunde situației tridimensionale discutată mai sus.

Metoda prin difracția X , ultrasunetelor, măsurării durității prezintă inconvenientul principal că implică aparatură specială, avînd caracter strict de laborator, rezultatul cercetărilor depinzînd de diverși parametri.

Metodele de deteriorarea materialului, între care și aceea a eliberării tensiunilor remanente, prin îndepărtarea succesivă a straturilor de material, prezintă inconvenientul că nu oferă posibilitatea repetării măsurătorilor și că, rezultatul se referă în principal la tensiunile echivalente monoaxiale apreciate ca valoare medie corespunzătoare porțiunii de material înlăturat.

Din analiza acestor metode se desprinde ideea că nu este posibilă determinarea precisă a stării de tensiune remanentă triaxială, ci numai pe părți respectiva stare de tensiune mono și biaxială care totalizate ulterior pot oferi o reprezentare aproximativă ce caracterizează starea reală a tensorului inițial.

La orice îndepărtare de strat de material apare o stare suplimentară de tensionare corespunzătoare noilor condiții limită, care într-o măsură necontrolabilă modifică atât componentele principale ale câmpului de tensori cît și orientările lor principale. În consecință, este necesar a se alege componentele principale ale tensorului tensiunii, urînd a fi determinate și în ce domeniu să se admită aproximația. Adoptîndu-se ca principală-componentă stării monoaxiale, s-a demonstrat prin îndelungate experimentări că valoarea relativă a tensiunilor interne de 10 kgf/mm^2 adoptată de altfel cu mult ani în urmă de administrațiile de căi ferate, este corespunzătoare șinelor laminate folosite în mod curent (57, 1, 04). În ceea ce privește însă starea spațială de tensiuni interne, la care s-au inclus tensiunile apărute în urma tratamentului termic superficial, metodele elaborate nu se pretează la o aplicare practică, fiind necesară o aparatură complicată de laborator și minuțioase observații, în afară de faptul că impun numeroase aproximații.

Acestor lipse de metodă univocă pentru controlul tensiunilor remanente unități cu dificultatea efectuării metodelor de control cu caracter de laborator, s-a căutat a i se da o rezolvare mai simplă, cu aproximație tolerabilă, dar rea-

lizabilă la nivelul producției.

3.4. .4.1. - Metoda templetului crestat.

Această metodă destrucitivă se bazează pe măsurarea deformației elastice apărută ca urmare a modificării stării de echilibru a tensiunilor în părțile rămase ale reperului după prelucrare. Obținerea stării de dezechilibru se realizează prin tăierea în benzi sau templete, iar măsurarea deformației elastice se face cu instrumente obișnuite de măsură. Determinarea tensiunilor remanente se reduce la rezolvarea sistemului de ecuații :

$$\nabla^2 (\sigma_x \cdot \delta + \sigma_y \cdot \delta + \mu \cdot \sigma_z) = 0$$

$$\sigma_x^x + \sigma_y^x = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_x \cdot \delta + \sigma_y \cdot \delta \quad (42)$$

$$\epsilon_z = -1/\mu (\sigma_z - (\sigma_x + \sigma_y)) \quad (43)$$

În care :

- σ_x, σ_y și σ_z - sînt tensiunile remanente în șini
- σ_x^x, σ_y^x - sînt tensiunile în templetul tăiat
- $\sigma_x \cdot \delta, \sigma_y \cdot \delta$ - sînt tensiunile suplimentare în templet
- μ - coeficientul Poisson și modulul de elasticitate al oțelului din șină.

Metoda decupării templetului se bazează pe măsurarea deformațiilor elastice apărute pe suprafața sa. Tensiunile remanente se determină prin relațiile următoare :

$$\sigma_z = 1/(1-\mu^2) (\epsilon_z + \mu \cdot \epsilon_x) \quad (44)$$

$$\sigma_x = 1/(1-\mu^2) (\epsilon_x + \mu \cdot \epsilon_z) \quad (45)$$

$$\sigma_z = \epsilon_z \quad (46)$$

Se obține deformații cu privire la tensiunile remanente numai pe suprafața ceea ce ne permite aprecierea influenței unei serii de factori tehnologici din exploatare.

Cea mai simplă și ușor realizabilă în condiții uzinale este o singură tăiere de templeuri și anume de-a lungul inimii. Mărima tensiunilor remanente se apreciază după îndepărtarea sau apropierea muchiilor tăieturii, întrucât aceste variații sînt influențate de masina momentelor de încovoiere provocate de tensiunile remanente în pozițiile situate pe ambele părți ale tăieturii longitudinale. Netînd cu h deschidera tăieturii se obține relația :

$$h = y_1 + y_2 = \frac{l^2}{2} \left(\frac{M_1}{I_1} - \frac{M_2}{I_2} \right) \quad (47)$$

în care :

M_1 și M_2 - momentele provocate de tensiunile remanente pe ambele părți ale tăieturii

y_1 și y_2 - săgețile de încovoiere ale aceluiași porțiunii

I_1 și I_2 - momentele de inerție

$l = 400$ mm - lungimea tăieturii pentru cazul efectuat)

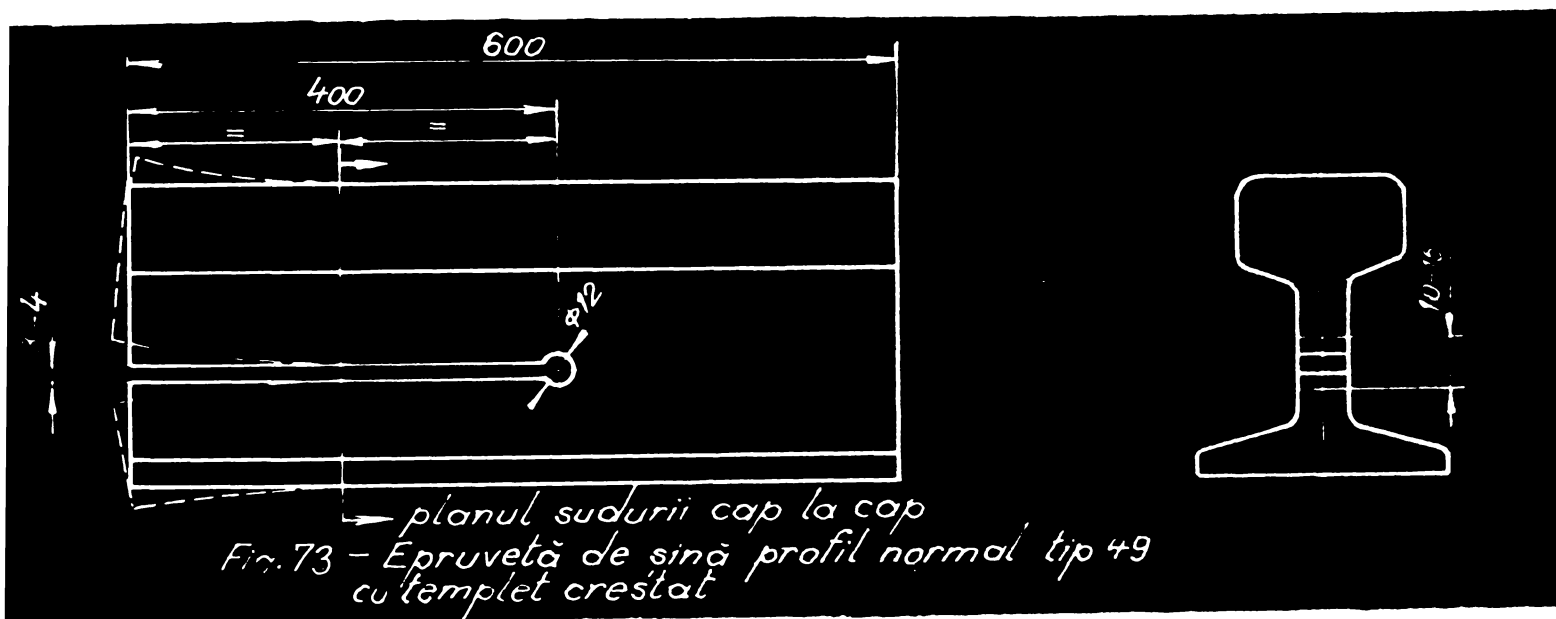
Cunoscînd săgețile de încovoiere, momentele de inerție, se pot determina momentele de încovoiere și respectiv mărimea tensiunilor remanente.

Tensiunile remanente variază sub acțiunea sarcinii rotilor în funcția de rostogolire mai ales în zona coroanei unde tensiunile inițiate de întindere se transformă în tensiuni de compresie. Dacă reperul de rulare este tratat termic superficial, aceste tensiuni de întindere inițială de la suprafața de rulare se mențin în timp îndelungat pînă la trecerea unui anumit ciclu de încălzire. Considerînd reperul de rulare tratat termic superficial drept o grindă necompoză aloduită din straturi cu diferite limite de curgere solicitată la încovoiere sub acțiunea rotilor, tensiunile remanente din straturile mai reduse (considerînd că încovoierea este plastică) pot avea același semn ca și tensiunile de lucru prin aceasta explicîndu-se de ce tensiunile de întindere de pe suprafața de rulare se micșorează și chiar se transformă în tensiuni de compresie.

S-a efectuat calculul pentru sina normală tip 49 în varianta I-a , a II-a, sina plină 49 tratată termic superficial destinată virfurilor inimilor sudate cap la cap în regiunea moale.

Rezultatele obținute sînt redată în tabelul 21 .

Deoarece, s-a urmărit evidențierea tensiunilor remanente provocate de tratamentul termic și sudura cap la cap planul sudurii s-a dispus în mijlocul tăieturii de 400 mm (fig. 73) , iar comparațiile s-au făcut cu o sină tip 49 tratată și netratată termic superficial.



Conform datelor din tabelul 20, se obține :

$$I_{x1} = \int_0^{7,55} y_1 \cdot dA_1 = 202,7 \text{ cm}^4 \quad (48)$$

$$I_{x2} = \int_0^{7,33} y_2 \cdot dA_2 = 637,3 \text{ cm}^4 \quad (49)$$

Acelor valori le corespund momentele :

$$M_1 = 2,0 \cdot 10^4 \text{ kg.cm.} \quad (50)$$

$$M_2 = 1,32 \cdot 10^4 \text{ kg.cm.} \quad (51)$$

$$y_1 = (40^2 \cdot 2,0 \cdot 10^4) (2,1 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 202,7) = 0,77 \quad (52)$$

$$y_2 = (40^2 \cdot 1,32 \cdot 10^4) (2,1 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 637,3) = 0,57 \quad (53)$$

$$h = y_1 + y_2 = 1,38 \quad (54)$$

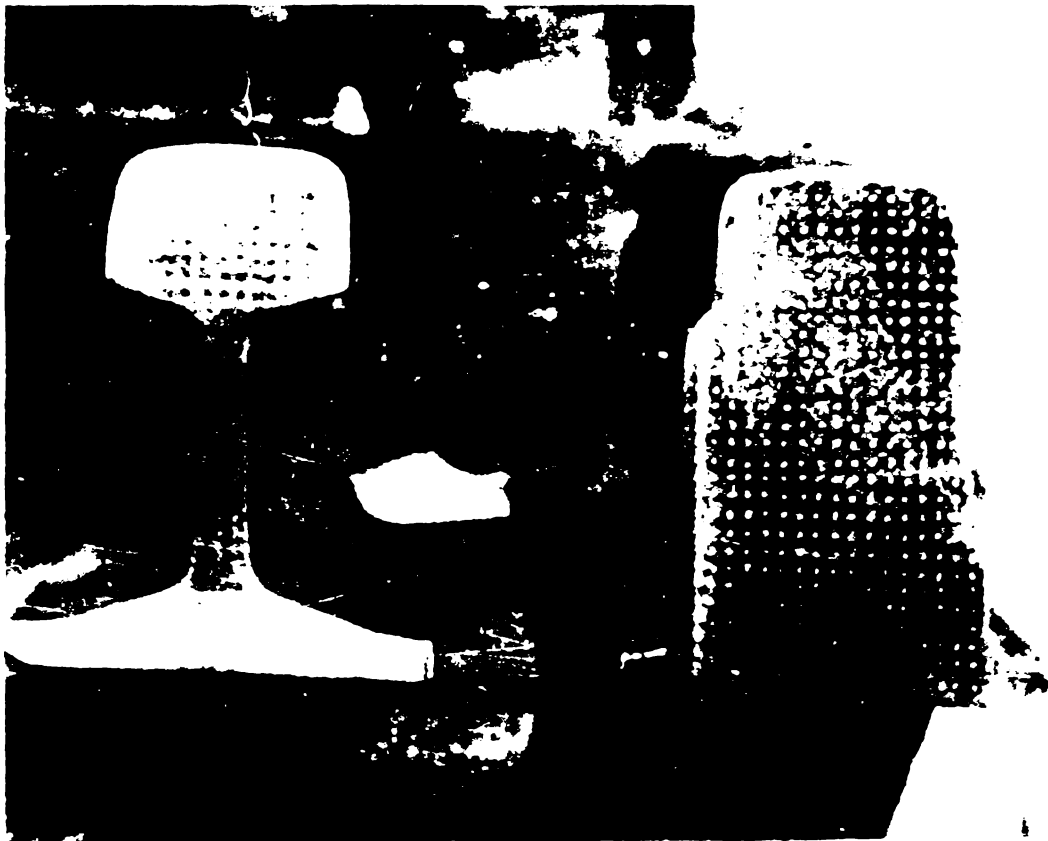
Nr crt	Proba	Distanța de la centru de greutate (cm)		La ciupercă	La talpa	Aria secțiunii cm ²		
		La ciupercă	La talpa			A ₁	A ₂	A ₃
1	Șină normală 49 varianta I-a	7,57	7,33	33,96	29,01	62,1		
2	Șină normală 49 varianta II-a	7,57	7,33	33,96	29,01	62,9		
3	Șină plină 49	8,0	6,9	63,13	59,37	122,5		

Tabelul Nr. 21

Nr crt	Varianta tehnologică	Încercarea de rezistență la îndoire		Încercarea de rezistență la oboseală pe pulsator (Kgf/mm ²)	Tensiuni proprii, valoarea medie din două și trei măsurători (Kgf/mm ²) Prafili de măsurare Punctele de măsurare.	Observații
		Rezistență la rupere la îndoire	Săgeata (mm)			
1	I-a	$\frac{69 \cdot 131}{115}$	$\frac{15-56}{36}$	26 $\alpha = 0,13$	-22,6 ; 11,0 ; +18,2	
2	I-a	$\frac{67 \cdot 126}{111}$	$\frac{13 \cdot 65}{24}$	25,8 $\alpha = 0,15$	18,3 ; +6,3 ; -26,0	
3	Șină normală 49 sudată cab la cap	≥ 80	2,15	24 $\alpha = 0,2$	22,5 ; -6,0 ; -24,3	



Acceasi metodă de calcul s-a aplicat și pentru profilul de șina plină. Indiferent de varianta tehnologică, valorile săgeților de încovoire pentru porțiunile despărțite prin tăieturi sînt cuprinse între ... și un deci o depărțare totală de 14 mm în timp de în cazul șinelor pline valorile sînt cuprinse între 0,4 ... 0,5 mm. Comparatia constă din aceea că nu ne putem aștepta la încovoieri de valori practice în cazul profilului de șina plină. Din aceasta constatare teoretică s-a avut în vedere re proiectarea constructivă și funcțională a inimilor aparatului de cale în sensul obținerii unei forme optime, soluție prezentată în partea finală a lucrării. În ceea ce privește starea de tensiune volumetrică din calculele de mai sus, se desprinde concluzia că în urma sudurii cap la cap și a tratamentului termic sînt importante tensiunile interne în lungul reperelor de rulare sub a căror acțiune se produce încovoirea, în timp ce tensiunile care se manifesta în secțiunile transversale reprezintă numai stări biasiale de o influență redusă. Pentru evidentierea acestei concluzii pe fața transversală a doua repere șină normală și șină plină s-a trasat o rețea de puncte conform fig. 74. După aplicarea tratamentului termic nu s-au constatat deformări ale rețelei trasate fapt care confirmă punctul de vedere cu privire la starea plană de tensiuni interne în secțiunea transversală, care are o contribuție practic nulă în raport cu starea de tensiune volumetrică. La șinile tip 49 realizate în ambele variante tehnologice, în timpul efectuării tăieturii longitudinale s-a observat un spect care a apărut în totală contradicție cu calculele prezentate. Astfel, în timpul prelucrării canalului cu freză disc de 3,5 mm grosime, cele două porțiuni coroana și talpa, în loc să se depărteze așa cum se justifică prin calcule, din contră se apropie tinzînd să anuleze canalul; talpa șinei a rămas orizontală fără a prezenta încovoire. Pentru a da posibilitatea porțiunii superioare tratată termic de a se încovoia liber, s-a înlăturat complet porțiunea din talpă, în aceasta situație măsurîndu-se o săgeată de 4,3 mm la extremitatea cuponului de șină normală. Repetînd canalura pe alt cupon, începînd de la mura # 12 mm, și de la extremitate, freza disc s-a rupt după o pro. rosare decca. 40 mm, evident sub acțiunea forțelor de compresiune eliberate și dezvoltate în zona extremă. Explicatia acestui fenomen a stăut în o



*Fig. 74 - Retele ortogonale de puncte
pe șina normală și plină 49.*

revizuire a tehnologiei de tratament termic și a calculului efectuate. În comparație cu alte administrații de cale ferată la care se aplică tratamentul termic cu o procurbare inițială se justifică valorile momentelor de încovoiere M_1 și M_2 de $2,00 \cdot 10^6$ și $1,32 \cdot 10^6$ kgf/cm foarte mari de același ordin de mărime cu a modului de elasticitate.

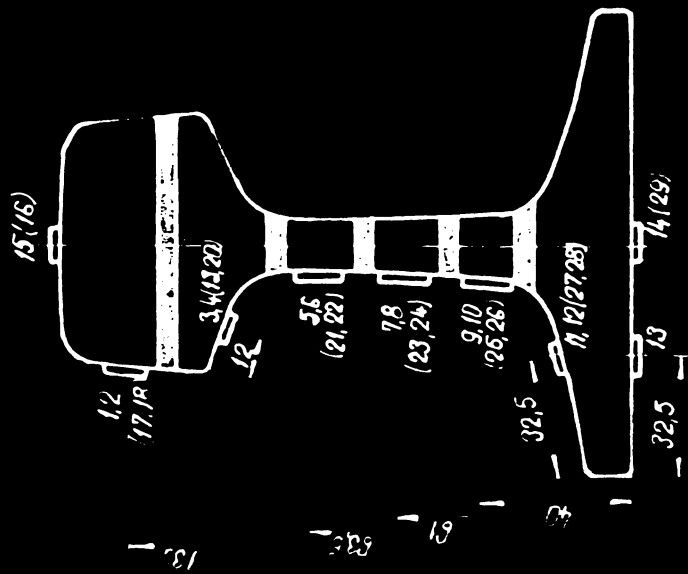
În baza celor arătate, pentru cercană s-a obținut momentul de încovoiere $M_1 = 1,23 \cdot 10^6$ kgf/cm, căruia îi corespunde o săgeată de 0,47 cm. Într-urmasă, înălțimea totală de deformație devine :

$$h = y_1 + y_2 = 4,9 \text{ mm} \quad (55)$$

Săgeata dezvoltată în talpă s-a aproximat ca fiind practic nulă, deoarece talpa nu a suferit deformații. Diferențele constatate în ceea ce privește sensurile de încovoiere și valorile apărute după crestare au fost explicate prin calcule confirmate de practică (tabelul 22) .

3.4.6.4.2. - Procedoul de anihilare al tensiunilor.

Pentru determinarea tensiunilor remanente în sens longitudinal s-a aplicat procedoul lui Mayer (49). Din cupeane de lungimi egale, la prima anihilare a tensiunilor s-a tăiat o bucată de 200 mm lungime cu jeanta sudată la mijloc, care prin a doua anihilare a fost tăiată în cinci felii paralele cu axa longitudinală (fig.75). Tensiunile de recul libere după aceste secționări s-au măsurat cu ajutorul traductoarelor de rezistență. În tabelele 23 și 24 se prezintă tensiunile remanente longitudinale din îmbinările sudate în cele două variante comparative cu o jeantă normală de șină 49. Tensiunile măsurate perpendicular față de axa longitudinală a reperelor nu s-au luat în considerare, deoarece sînt în mod exclusiv tensiuni de compresiune care nu au influență negativă asupra aspectului general al stării de sollicitare de la îmbinările sudate. Se poate considera mult mai critică starea de sollicitare care apare la varianta I-a unde, tensiunile remanente de compresiune la fața inferioară a talpii șinei se transformă ca urmare a căderii în tensiuni remanente de întindere de mărime $18,2 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$.



Exfolien la o doua
inhalare si expirator

Exfolien la prima inhala
si expirator.

15	16	17	18						
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
139	140	141	142	143	144	145	146	147	148
149	150	151	152	153	154	155	156	157	158
159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
169	170	171	172	173	174	175	176	177	178
179	180	181	182	183	184	185	186	187	188
189	190	191	192	193	194	195	196	197	198
199	200	201	202	203	204	205	206	207	208
209	210	211	212	213	214	215	216	217	218
219	220	221	222	223	224	225	226	227	228
229	230	231	232	233	234	235	236	237	238
239	240	241	242	243	244	245	246	247	248
249	250	251	252	253	254	255	256	257	258
259	260	261	262	263	264	265	266	267	268
269	270	271	272	273	274	275	276	277	278
279	280	281	282	283	284	285	286	287	288
289	290	291	292	293	294	295	296	297	298
299	300	301	302	303	304	305	306	307	308
309	310	311	312	313	314	315	316	317	318
319	320	321	322	323	324	325	326	327	328
329	330	331	332	333	334	335	336	337	338
339	340	341	342	343	344	345	346	347	348
349	350	351	352	353	354	355	356	357	358
359	360	361	362	363	364	365	366	367	368
369	370	371	372	373	374	375	376	377	378
379	380	381	382	383	384	385	386	387	388
389	390	391	392	393	394	395	396	397	398
399	400	401	402	403	404	405	406	407	408
409	410	411	412	413	414	415	416	417	418
419	420	421	422	423	424	425	426	427	428
429	430	431	432	433	434	435	436	437	438
439	440	441	442	443	444	445	446	447	448
449	450	451	452	453	454	455	456	457	458
459	460	461	462	463	464	465	466	467	468
469	470	471	472	473	474	475	476	477	478
479	480	481	482	483	484	485	486	487	488
489	490	491	492	493	494	495	496	497	498
499	500	501	502	503	504	505	506	507	508
509	510	511	512	513	514	515	516	517	518
519	520	521	522	523	524	525	526	527	528
529	530	531	532	533	534	535	536	537	538
539	540	541	542	543	544	545	546	547	548
549	550	551	552	553	554	555	556	557	558
559	560	561	562	563	564	565	566	567	568
569	570	571	572	573	574	575	576	577	578
579	580	581	582	583	584	585	586	587	588
589	590	591	592	593	594	595	596	597	598
599	600	601	602	603	604	605	606	607	608
609	610	611	612	613	614	615	616	617	618
619	620	621	622	623	624	625	626	627	628
629	630	631	632	633	634	635	636	637	638
639	640	641	642	643	644	645	646	647	648
649	650	651	652	653	654	655	656	657	658
659	660	661	662	663	664	665	666	667	668
669	670	671	672	673	674	675	676	677	678
679	680	681	682	683	684	685	686	687	688
689	690	691	692	693	694	695	696	697	698
699	700	701	702	703	704	705	706	707	708
709	710	711	712	713	714	715	716	717	718
719	720	721	722	723	724	725	726	727	728
729	730	731	732	733	734	735	736	737	738
739	740	741	742	743	744	745	746	747	748
749	750	751	752	753	754	755	756	757	758
759	760	761	762	763	764	765	766	767	768
769	770	771	772	773	774	775	776	777	778
779	780	781	782	783	784	785	786	787	788
789	790	791	792	793	794	795	796	797	798
799	800	801	802	803	804	805	806	807	808
809	810	811	812	813	814	815	816	817	818
819	820	821	822	823	824	825	826	827	828
829	830	831	832	833	834	835	836	837	838
839	840	841	842	843	844	845	846	847	848
849	850	851	852	853	854	855	856	857	858
859	860	861	862	863	864	865	866	867	868
869	870	871	872	873	874	875	876	877	878
879	880	881	882	883	884	885	886	887	888
889	890	891	892	893	894	895	896	897	898
899	900	901	902	903	904	905	906	907	908
909	910	911	912	913	914	915	916	917	918
919	920	921	922	923	924	925	926	927	928
929	930	931	932	933	934	935	936	937	938
939	940	941	942	943	944	945	946	947	948
949	950	951	952	953	954	955	956	957	958
959	960	961	962	963	964	965	966	967	968
969	970	971	972	973	974	975	976	977	978
979	980	981	982	983	984	985	986	987	988
989	990	991	992	993	994	995	996	997	998
999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008

Dispozitia tradusoare de temperaturi solicitate
la compresie
I rectunghiulara
II rectunghiulara

Tabelul 22

Nr. crt.	Drogul cator	Reperul	Procedee tehnologice	Tensiuni remanente (Kgf/mm ²)				Deschiderea Dh (mm)	Obs.
				Ciuperca	Inimă	Mijlocul tălpii	Muchiile tălpii		
1	Uzina AZOVSTAL	Șină R-50	Laminat neîndreptat	-5	+2	+2	-5	-14	
			Laminat înareptat	-5	+5	+11	-5	-0,6	
2	Uzina AZOVSTAL	Șină R-50	Tratat termic C.I.F. cu încovoiere prealabilă	-5	-7	+8	-8	+15	
3	C.S. Reșița + U.M. Buzău	Șină tip 49 normală	Tratat termic C.I.F. fără încovoiere prealabilă	-10	-26	-26	-9	+4,5	
4	U.M. Buzău	Șină tip 49 normală	Tratat + sudat (ambele variante) fără încovoiere prealabilă	—	—	—	—	+4,8	

Obs. - Datele pentru șină bină nu s-au trecut, fiind reduse

Tabelul 23

Tensiunile remanente din cuponul tehnologic varianta I^a

Nr. traduct.	Efortul (Kgf/mm ²)	Nr. traduct.	Efortul (Kgf./mm ²)	Nr. traduct.	Efortul (Kgf/mm ²)
1	- 7,65	9	+ 14,80	17	+ 9,86
2	- 10,47	10	+ 6,47	18	+ 1,16
3	+ 3,92	11	+ 22,34	19	- 10,85
4	- 10,88	12	+ 5,93	20	- 11,21
5	- 11,45	13	+ 19,79	21	+ 5,80
6	- 7,40	14	+ 4,07	22	- 5,02
7	- 7,90	15	rupt	23	- 0,25
8	- 7,82	16	+ 4,97	24	- 6,89

Tabelul 24

Tensiunile remanente în şina normală 49

Nr. traducto- rului	Efortul (Kgf/mm ²)	Nr. traducto- rului	Efortul (Kgf/mm ²)
1	+ 1,73	11	- 13,19
2	+ 2,04	12	- 6,86
3	+ 1,23	13	- 6,63
4	- 24,15	14	- 0,46
5	- 14,64	15	+ 2,79
6	- 4,18	16	- 2,97
7	- 10,03	17	rupt la debitare
8	- 5,28	18	+ 6,43
9	- 5,76	19	+ 4,43
10	- 6,72	20	+ 1,31

3.4.4.3. - Analiza suprapunerii tensiunilor remanente cu cele din exploatare.

In cele ce urmează sînt redate următoarele aspecte :

- influența tensiunilor de întindere la încoavirea mijlocului tălpii reperului de rulare în comparație cu rezistența la oboseală.
- starea de solicitare de întindere - compresiune a inimii șinei în comparație cu limita de curgere.
- starea de solicitare a coroanei în funcție de tensiunile provocate de sarcinile din exploatare.
- influența sarcinii de șec datorită roților materialului rulant și al încreierii acestuia.

Pentru examinarea suprapunerii tensiunilor remanente care acționează asupra șinei normale tip 49 se dau următoarele indicații : (4, 47, 48) :

- tensiuni termice :
 - vara (- 10 ... 12 kgf/cm^2)
 - iarna (+ 10 ... 11 kgf/cm^2)
- tensiuni în marginile tălpii datorită montării în curbă.
 - pentru $R = 300 \text{ m}$ (± 8 ... $\pm 9 \text{ kgf/cm}^2$)
- tensiuni în exploatare în talpa șinei sub sarcina de rulare , în aliniament pentru o sarcină pe osie de 22 tf. ... 11 kgf/cm^2
- forța conducătoare :
 - pentru $R = 500 \text{ m}$, sarcina pe osie 10 tf., $V=90 \text{ km/oră}$, $P = 5,2 \text{ tf.}$
 - pentru calea forată fără joncte, coeficient de balast $C = 2 \text{ kgf/cm}^3$, $R_{\text{șină}} = 70 \text{ kgf/cm}^2$, $Q_{\text{reată}} = 10 \text{ tf.} \dots P = 5 \text{ tf.}$

Calcululele necesare determinării ordinului de mărime al eforturilor care se obțin sub sarcină în principalele repere de rulare ale aparatului de cale sînt indicate în fig.76 și lucrările 50,59

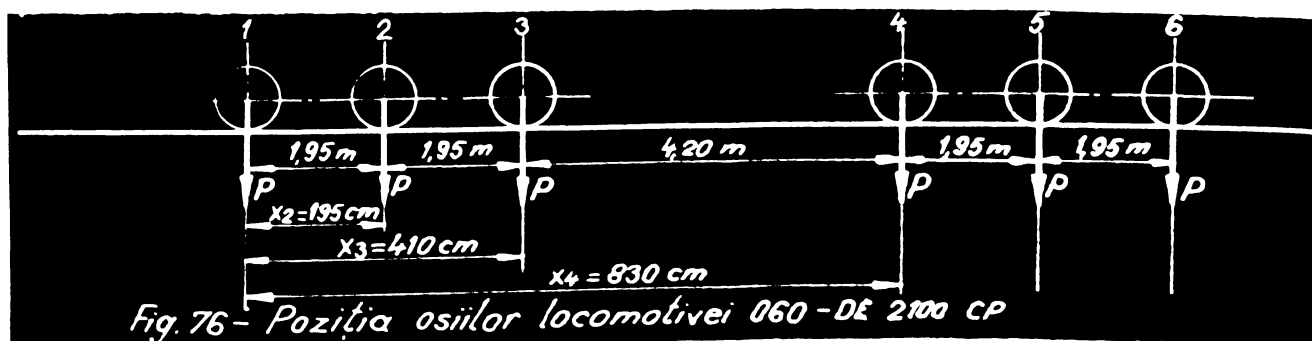


Fig. 76 - Poziția osiilor locomotivei 060 - DE 2100 CP

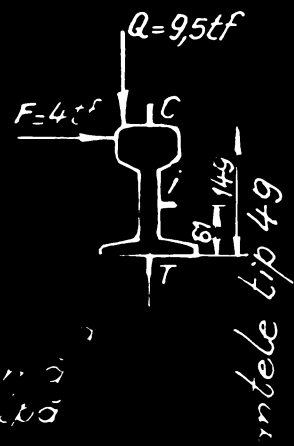
s-a ales ca vehicul de cale ferată locomotiva LD - 0 0 - DA-2100 CP care a fost utilizată și în alte determinări care se vor prezenta în cuprinsul acestei lucrări.

Prin suprapunerea măsurilor tensiunilor respective s-a obținut reprezentarea din fig. 77. Tensiunile rezanente sînt suprapuse din coreană (la suprafața de rulare), la mijlocul inelului și la mijlocul tălpii. Această măsură a condițiilor limită a fost aleasă pentru a demonstra cînd amuse se obține, s-au este depășită sarcina admisibilă în planul sudurii cap la cap.

Asupra aparatului de cale acționează atât forțele cu acțiune permanentă (de montaj, provocate de variațiile de temperatură și tensiunile rezanente din procesele tehnologice anterioare) cît și sarcina de scurtă durată datorită materialului rulant. Din fig. 77 în varianta I-a, suprapunerea tensiunilor de întindere longitudinală provocate de sarcina de exploatare în talpa șinei reprezintă 37 kgf/cm^2 , adică nu este atinsă limita de curgere de $45 \dots 50 \text{ kgf/cm}^2$.

În varianta a II-a, în talpa jonctelor sudate acționează tensiuni rezanente de compresion care influențează favorabil rezistența îmbinării sudate prin suprapunerea cu tensiunile de întindere care acționează datorită sarcinilor din exploatare. Suprapunerea tensiunilor longitudinale de întindere în talpa șinei în varianta I-a, inclusiv amplitudinea tensiunii datorită sarcinii din exploatare (cea. 10 kgf/cm^2), atinge în timpul temperaturii sudate valoarea medie de $32,5 \text{ kgf/cm}^2$. Această tensiune medie, ca și valoarea maximă în cazul tensiunii provocată de temperatură și de exploatare considerată și ținînd seama de tensiunile rezanente măsurate nu depășește limita de rezistență admisibilă a oțelului pentru reperi de rulare al aparatului de cale, care este de 48 kgf/cm^2 .

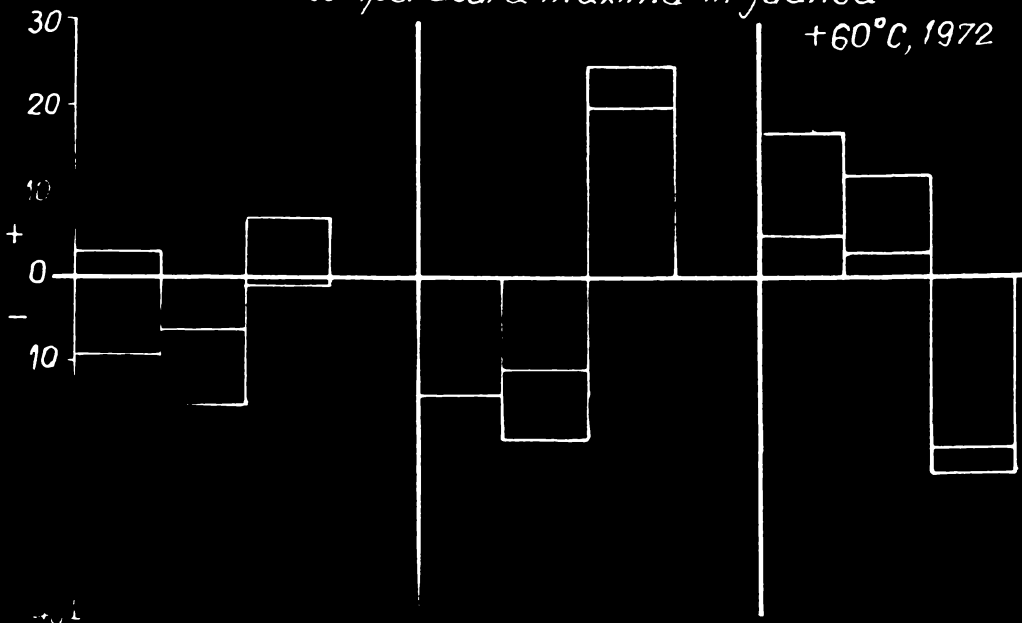
În lucrarea (46) se precizează că mărirea în continuare a sarcinii exterioare în concordanță cu depășirea limitei de curgere mai mult de 20%, va conduce la anihilarea tensiunilor rezanente și la o deformare plastică, însă nu la rupere; aceasta apare numai atunci cînd limita de curgere de 55 kgf/cm^2 corespunzătoare cu rezerva de deformare este depășită cu aproximativ 50%. În cazul celor două variante studiate tensiunile rezanente în inel și în talpa șinei nu depășesc 11 kgf/cm^2 , la care adăugînd amplitudinea tensiunii datorită sarcinii din



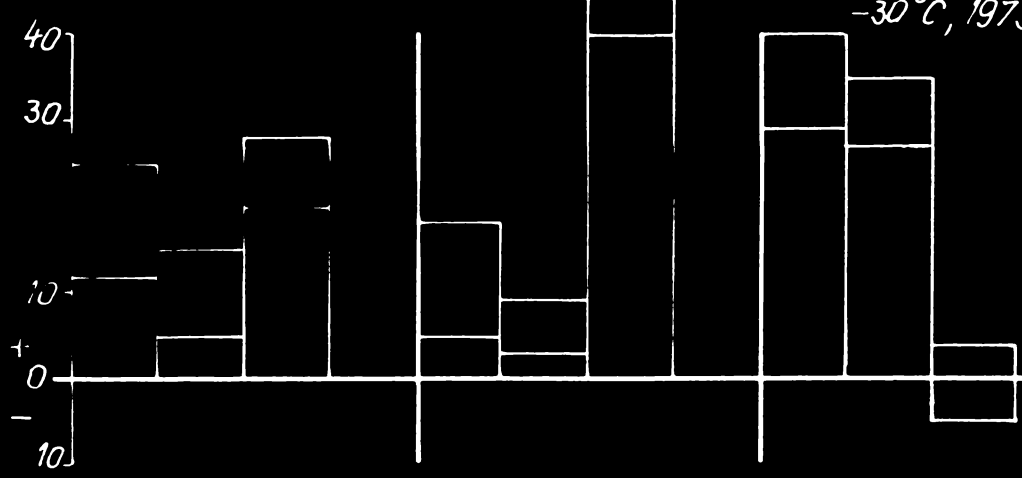
in
alpa

antele tip 49

Vara - temperatura maximă în joantă
+60°C, 1972



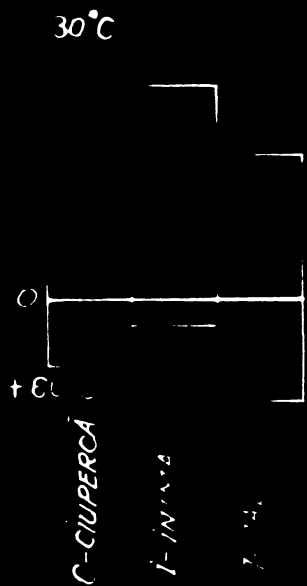
Iarna - temperatura minimă în joantă
-30°C, 1973



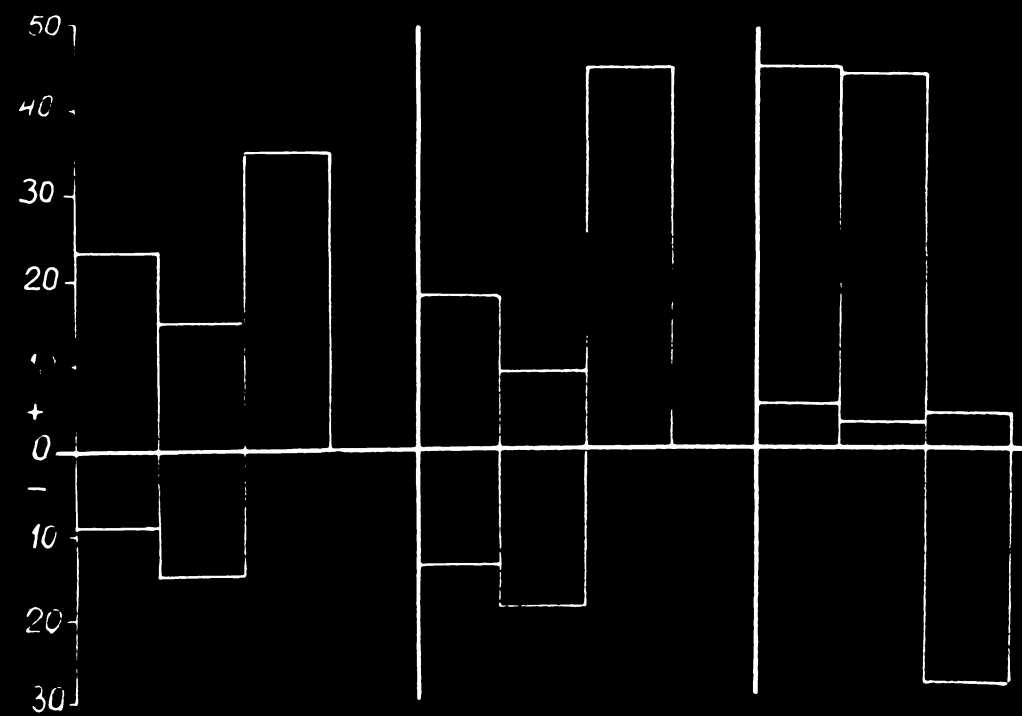
~
fara
SARCINA
Q

C-CIUPERCA
I-INTA
T-TALPA

Subrapunerea tensiunilor longitudinale in 1972



C-CIUPERCA
I-INTA
T-TALPA



JOANTE 49 NECALITE. JOANTE 49 VARIANTA I-a JOANTE 49
VARIANTA II-a

VARIANTA

Fig.77 - Tensiunile longitudinale suprapuse pe
antena 49, cauzate de tempera-
tura de instalare

exploatare, de cea. 10 kgf/cm^2 , se obține o valoare cu mult sub limita de curgere.

Din măsurătorile efectuate la această apreciere a suprapunerii tensiunilor în inima șinei, valoarea decisivă o au nu valorile maxime ci amplitudinile tensiunilor provocate de sarcina din exploatare, durata și frecvența acestora.

Defectele din osfoamă șinei, cum sînt fisurile transversale cu caracter de oboseală sau exfoliere, sînt provocate după experiența diferitelor administrații de cale ferată inclusiv CFR, de tensiunile longitudinale, tangențiale, datorită sarcinii din exploatare și nu de tensiuni rezanente. Tensiunile tangențiale maxime sub roată (pentru sarcină de 12 tf./roată și raza roții de 500 mm) sînt de ordinul a 20 kgf/cm^2 și apar în șinele netratate termic superficial pînă la o adîncime de maxim 7 mm de la suprafața de rulare. Dacă în același timp acționează și tensiunea longitudinală de compresiune, atunci se micșorează tensiunea tangențială. Datorită acestui fapt, tensiunile tangențiale provocate în interiorul cerceanei reperului de rulare la joantele sudate, de roata care se rostogolește, sînt mai mici decît la șinele netratate termic superficial ca urmare a tensiunilor rezanente de compresiune care acționează. Același lucru este valabil și la reperatele de rulare cu șosana netratată termic superficial cu aceeași stare rezanentă de solicitare la compresiune. În legătură cu apariția rupei fragile, am examinat acțiunea tensiunilor rezanente din joantele sudate la aplicarea sarcinii de șos în exploatare.

Cu toate că, după concepția actuală a tehnicii, temperaturile joase, sarcinile de șos și stările multi-axiale de solicitare sînt considerate ca factori influenți principali ai apariției rupei fragile, influența tensiunilor rezanente nu a fost încă pe deplin lămurită; este clar că influența stării multi-axiale de tensiune poate fi foarte mare. Întrucît măsurătorile efectuate asupra tensiunilor rezanente s-au făcut numai în sensul a două axe, aprecierea de fond multi-axială de solicitare după călire și sudare este lipsibilă. Am constatat o anumită creștere sensibilă a tensiunilor longitudinale de întindere.

În aceste condiții, se analizează după (52, 53), care acceptă pentru oțelurile de șine, în ipoteza unor microfisuri ruperea la tensiuni de întindere principale

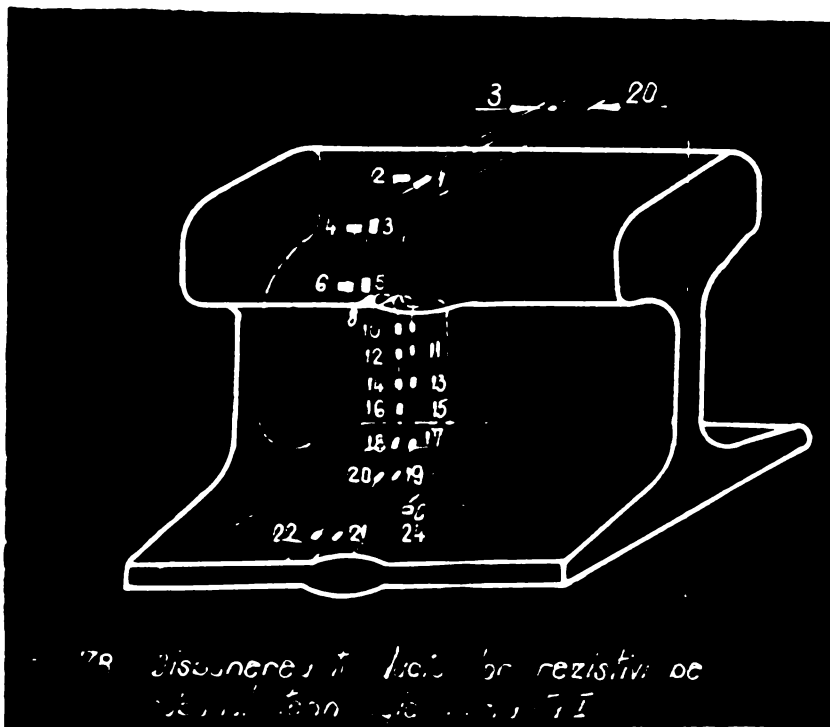
maxime de cea. 8e kgf/mm².

Suprapunerea tensiunilor rezanante peste cele de montaj, termice și de exploatare, demonstrează o absență valoare a tensiunilor de întindere principale ca și a tensiunilor care acționează în sens longitudinal, cu să se atinge în nici un caz. Trebuie avut în vedere că, dacă roțile nu sînt absolut circulare este posibilă o creștere considerabilă a tensiunilor principale. Dacă calculele (53) efectuate asupra unui vagon complet încărcat cu săgeți de excentricitate ale roții $f = 2 \text{ mm} \dots 6 \text{ mm}$, au rezultat la viteza maximă de 100 km/oră tensiuni de 23,7 kgf/mm² și respectiv de 42,75 kgf/mm².

În caz de suprapunere al acestor eforturi provocate de șocul din exploatare cu celelalte tensiuni rezanante (termice, montaj), se obține în comparație cu jeantele tratate termic superficial, pericolul mai mare de rupere fractură în varianta I-a în zona tălpii cu tensiune maximă de 8e kgf/mm². Față de un asemenea rezultat, este necesar să se regîndă că săgeata excentricității roților materialului rulant este limitată la 2 mm ca și starea de tensiune; prezența unei fisuri se consideră ca un caz limită care periclitează siguranța circulației atât pentru jeantele normale, cît și pentru cele tratate termic superficial și sudate cap la cap.

3.4.4.4. - Încercări suplimentare pentru determinarea tensiunilor interne.

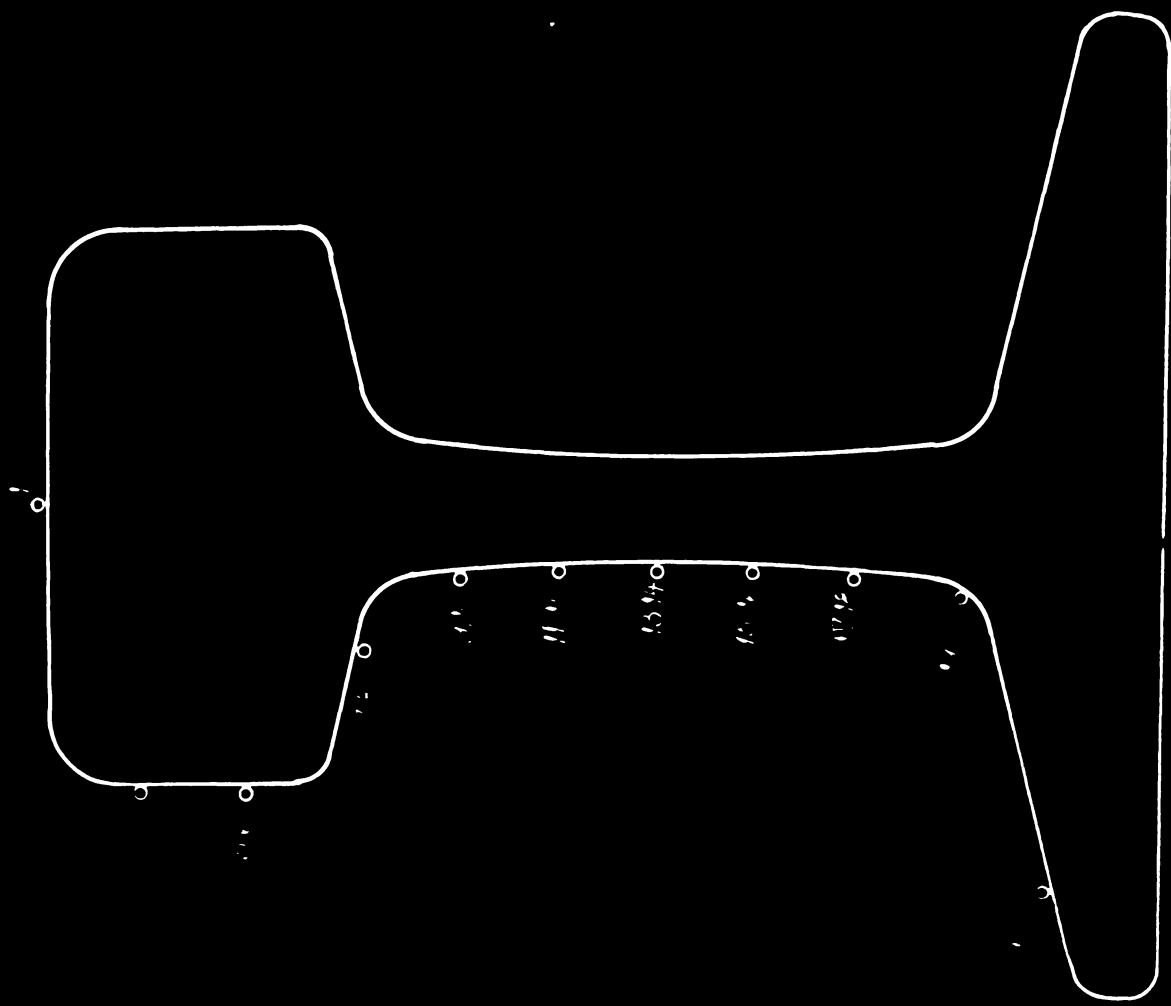
În cazul variantei I-a s-a utilizat metoda electroextensometrică cu traductor rezistiv cu bază de masură σ , așa după montajul indicat în Fig.78.



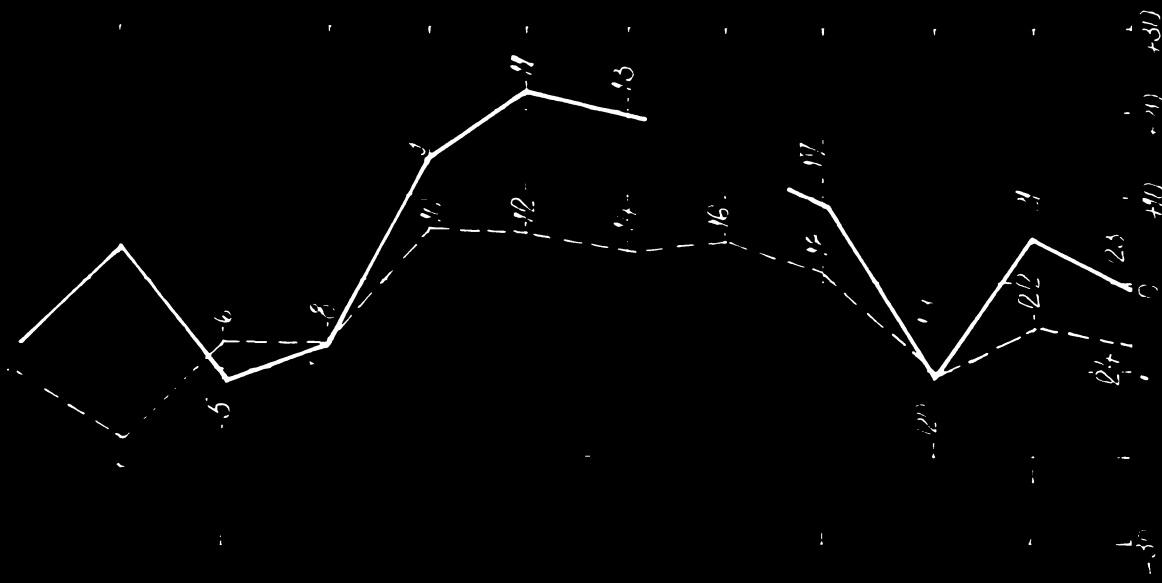
După prisma citire a rezistenței, s-a decupat cuponul tehnologic, înfapt fiecare traductor să rămână fixat pe buclăți de metal de dimensiuni le. 12. 3 mm, prin aceasta relaxându-se parțial toate tensiunile rezăuate. Efectuându-se o nouă verificare a rezistenței și calculând diferența dintre cele două cicluri s-au obținut valorile din fig.79. Din examinarea distribuției tensiunilor pe centrul repelului de rulare, se remarcă faptul că amplasarea echidistanță a traductoarelor pe verticală deși asigură comoditatea decupării, nu este cea mai utilă pentru investigații, deoarece zonele cu variații mari ale tensiunii, atât ca valoare cât și ca semn. În zonele de răzădare cercană - iniial, respectiv tală - iniial (fig.79).

Pentru a crea baze de comparăție prin aceeași metodologie s-au determinat tensiunile rezăuate în contraincui aparatului de cale. În cazul variantei a II-a, eforturile unitare în regim de sollicitare statică și dinamică s-au determinat prin încercări pe pulsator, efectuându-se măsurători tensometrice pentru determinarea eforturilor efective pe tală la 100 mm distanță de planul sudurii. (tabelul 20 și fig.80).

Măsurătorile directe în cale le-au apreciat mult mai exacte, deoarece cerclează condițiile de sollicitare reală în exploatare la diferite viteze și sarcini, pentru amănute caracteristici ale aparatului de cale și ale stării acestuia. Prin prelucrarea datelor rezultate prin măsurători se determină atât starea de eforturi cât și sarcinile care acționează în exploatare. În acest mod se efortă posibilitatea să se analizeze influența anumitor parametri constructivi ai aparatului de cale și materialului rulănt punând în discuție anumite ipoteze concrete, reale de calcul. Se apreciază că este pentru prima dată când aparatul de cale se consideră ca o construcție metalică în tot conținutul lui, în așa fel ca pe baza măsurătorilor difecte să se punge la actualul sistem de a adăuga anumite rezătanente, viteze și sarcini pe osio, în mod empiric. Se apreciază că această metodologie de tratare a aparatului de cale privind starea de eforturi efective va conduce la o raționalizare cu profunzime rezultată de fizic, optimizare constructivă și tehnologică. Pentru verificarea în exploatare a traductoarelor tehnologice cercetate s-a realizat un prototip 40-300-1:1 cu ace flexibile trăute (ca în superficial și



10. Diagram showing the distribution of stress in a cross-section of a beam under bending moment.



11. Diagram showing the distribution of stress in a cross-section of a beam under bending moment.

Tabelul Nr. 26

Rezultatele de măsurare ale valorii eforturilor unitare la diferite sarcini de încărcare a cuponului tehnologic varianta II-a. - Distanța între reazeme $l=1200$ mm.

Nr. crt.	Sarcina de încărcare (t)	Efortul unitar calculat (Kgf/mm ²)	Efortul unitar măsurat (Kgf/mm ²)
1	5	506,81	379,05
2	10	1013,62	985,60
3	15	1520,43	1386,00
4	17	1723	1611,75
5	20	2027,24	1932,00
6	23	2331,33	2253,30
7	25	2534,05	2495,85
8	26	2635,42	2605,05
9	30	3040,86	2714,25

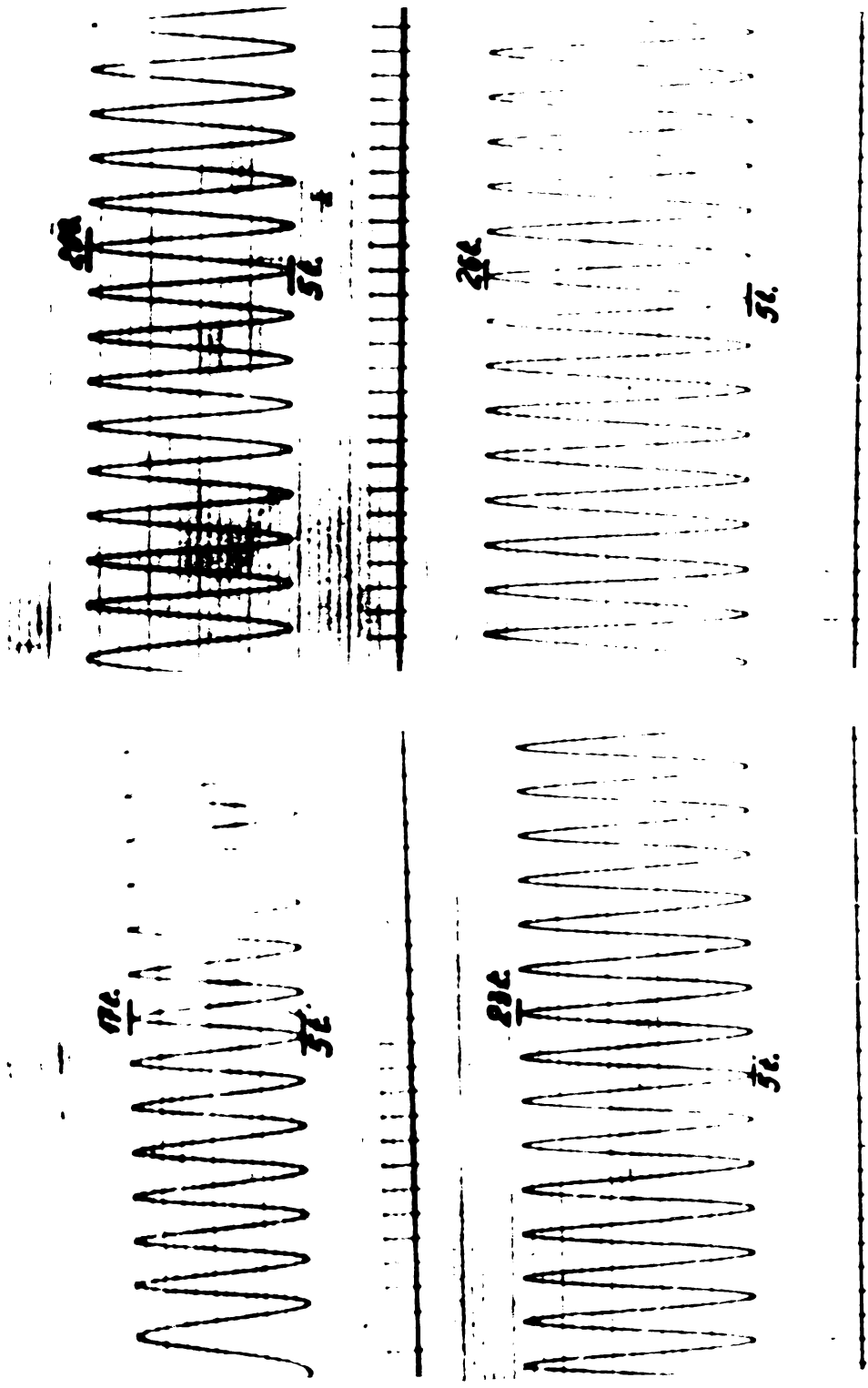


Fig. 80 - Oscilograma spectrului de tensiuni determinată la solicitări dinamice pe un cupon tehnologic - varianta II-a

sudate cap la cap prin topire intermediară și presiune în regiile dur cu $p_{sp} = 0,1 \text{ kgf/cm}^2$. Celelalte joante ale schimbătorului de cale sînt normale, urînd ca în etapa imediat următoare de încercări să se realizeze un aparat de cale cu joante complet sudate.

În cuprinsul schimbătorului de cale sînt arătate zone care necesită verificare așdunțită din cauza consecințelor grave pe care le-ar avea cedarea acestora în exploatare. Aceste zone sînt :

- a. - începutul vârfului acului
- b. - acul rezază în trei puncte intermediare astfel încît din punct de vedere static este o grindă continuă cu secțiune variabilă . Din cauza prelucrării acului se produce un număr variabil momente de inerție, și rotirea axelor principale de inerție, în așa fel încît solicitările produse în materialul rulant asupra acestui reper de rulare sînt complexe pe lîngă încovoierea în cele două planuri, presupunîndu-se și răsuciri înecunante. Din această cauză, imperfecțiunile de rezonanță orizontale pe pantă, pot avea efecte a căror valoare nu poate fi determinată prin calcul. Determinarea experimentală a acestora se poate face aplicînd un număr de transductoare în cîteva secțiuni caracteristice ale acului flexibil și creînd anumite denivelări cunoscute ale punctelor de rezonanță de la prototip, denivelări de același ordin de mărime cu cele maxime care apar în exploatare. Această experimentare trebuie făcută inițial pe un schimbător de cale cu trafic foarte redus, pentru a se putea executa măsurătorile fără a stîrji exploatarea, pe o linie cu circulație intensă în vederea determinării influenței vitezei și a tocajului asupra acestei secțiuni.
- c.- în zona de deflexiune plastică a acului și de sudare cap la cap cu sine normală tip 49 pot apare concentrații importante de eforturi atât prin prelucrare cît și din sudare, inclusiv tratamentul termic superficial, așa cum s-a prezentat la punctele anterioare.

Studiul acestei zone comportă următoarele :

- determinarea eforturilor unitare maxime reale în câteva secțiuni din jurul sudurii și a schimbării pe secțiuni precum și frecvența de apariție a diferitelor valori ale acestor eforturi unitare sub circulație.
 - simultan cu această fază este necesar să se ridice curba rezistenței la oboseală a îmbinării respective.
 - cercetarea spațiului de solicitare cu curba rezistențelor la oboseală pentru determinarea duratei de funcționare a îmbinării.
 - determinarea stării de eforturi în îmbinare datorită deformației plastice, sudurii și tratamentului termic.
- d. - studiarea influenței zonei de racordare a porțiunii deșurte a zonei de deformație plastică prin modificarea acesteia.
- e. - sisteme de primiere și roșecare al contracului pe placă.
- f. - în zona aripiilor iniții de încurucigare, reșta are de parcurs în cel distanța dintre aripi și vârful iniții. Din cauza retiturilor se produce deteriorări în punctele de impact. Înșurucarea directă a acestora nu se poate face cu mijloacele de care se dispune în prezent, însă s-ar putea rezolva un alt fenomen produs și anume accelerațiile punctelor de impact produse de lovitură reșilor. Optimizarea construcției iniții simple reprezintă o realizare care se va prezenta în cadrul acestei lucrări.

Pentru compararea rezultatelor s-au preluat date și de la două schimbătoare de cale cu aceeași mărime a rezei și tangentei dar din fabricația normală, currentă.

La schimbătorul indicat, ca parte de experimentare s-au dispus tradițional cele două pe fiecare fir plasate în stulele de trecere de la secțiunea normală a ginei 49 la secțiunea roșud a acului tip 49. Măsurătorile s-au efectuat

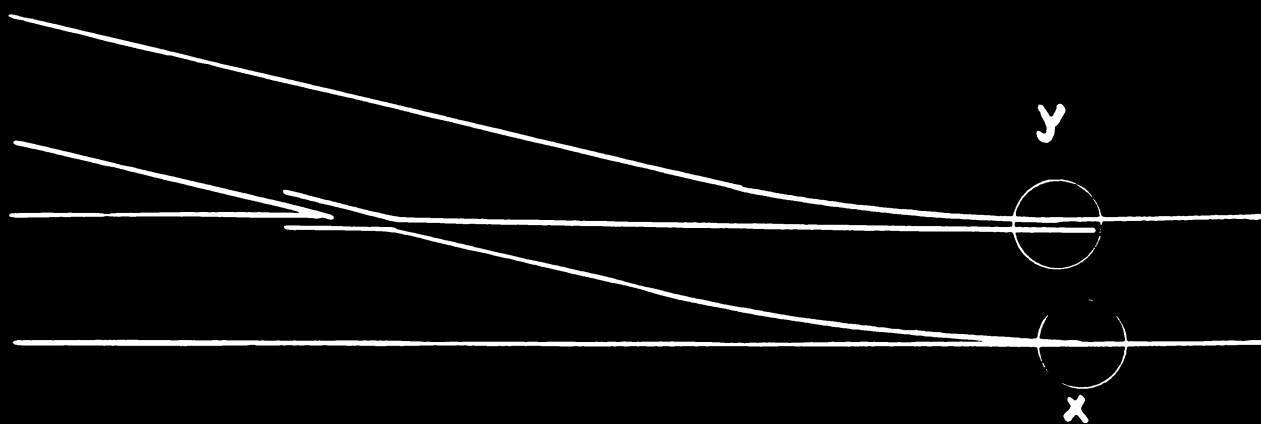
in ambele pozitii pe linia directă și deviată sub sarcina unei locomotive LDE - 0-0 - DA - 2100 CP de 114 tf (fig. 83)

Pozitia sarcinilor statice este indicată în fig. 81. :

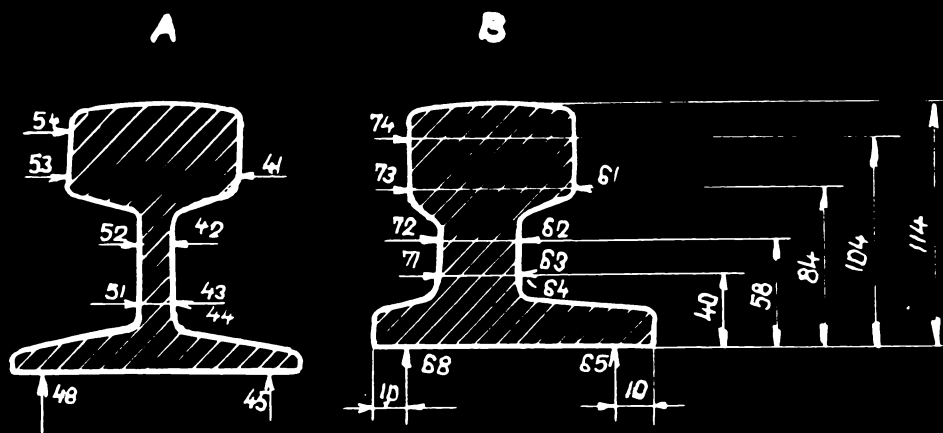
- poz. I-a - locomotiva în secțiunea B (B_1)
- poz. II-a - locomotiva în secțiunea A (A_1)
- pozitia III-a - oala I-a a locomotivei la mijlocul distanței AB.

Cu ajutorul valorilor obținute prin măsurători s-au trasat diagramele de distribuție transversale ale deformațiilor specifice în cele două secțiuni admitind ipoteza variației liniare a acestora. Diagramele s-au trasat între punctele opuse pe cele două fețe laterale, fiind posibilă determinarea înclinării axei neutre la cele două secțiuni din fig. 82a și 82b. Se reamărește înclinarea diferită a axei neutre pentru cele două secțiuni. În secțiunea d, în punctele de racordare ale porțiunii înclinante la talpa cu porțiunea orizontală a șinei de înălțare redată la nivel pe abateră, deformația specifică maximă la le m de marginea tălpii este de $950 \mu\epsilon$, ceea ce corespunde unui efort unitar de cea. 2100 kgf/cm^2 . Extrapolând la marginea tălpii, efortul unitar este de cea. 2350 kgf/cm^2 ; ambele valori sînt obținute numai la încercarea statică. O situație asemănătoare este și la extremitatea cecălită a porțiunii de racordare unde deformația specifică măsurată este de $840 \mu\epsilon$ tot la le m de la margine, ceea ce corespunde unui efort unitar maxim de cea. 2000 kgf/cm^2 . Tăgă de eforturile unitare de întindere măsurate în celelalte puncte, care sînt mult mai mici nedepășind 700 kgf/cm^2 , aceste puncte din zona de racordare prezintă efortul ce se impune a fi luat în considerare.

Pentru ridicarea nivelului obsecală a zonei de deformație plastică a oalilor se îndreaptă să se realizeze pe cât posibil înclinarea în absența înclinării a axei neutre plecînd de la valoarea $\sigma_{max} = 2350 + \dots$, unde \dots este un spor datorită solicitărilor dinamice care poate fi evaluat la 30% urînd ca valoarea efectivă a coeficientului de impact ce intervine la diferite viteze să fie determinată ulterior prin executarea unor măsurători în m. în drumule. Pentru o aprofundare a determinării eforturilor în zona de trecere de la șina cu talpă la șina durabilă s-au făcut traducătoare suplimentare. În urma măsurătorilor efectuate în regim static,



DETALIUL „X”



DETALIUL „Y”

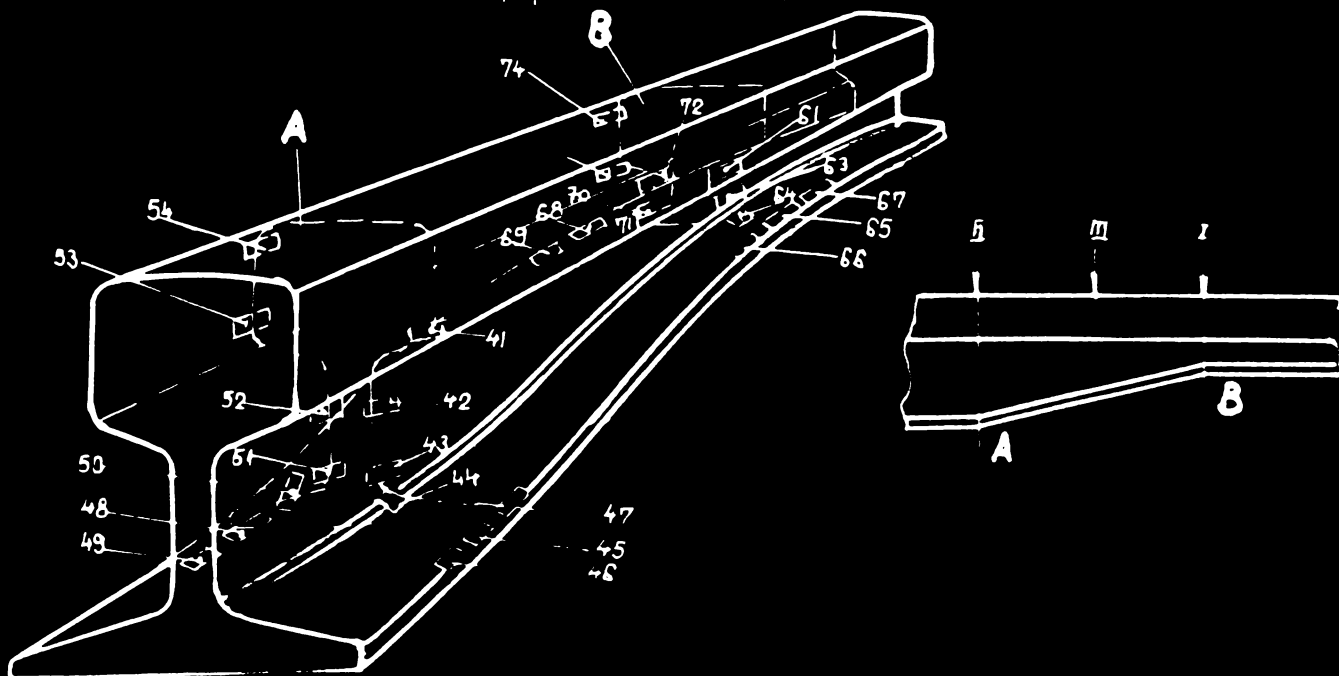
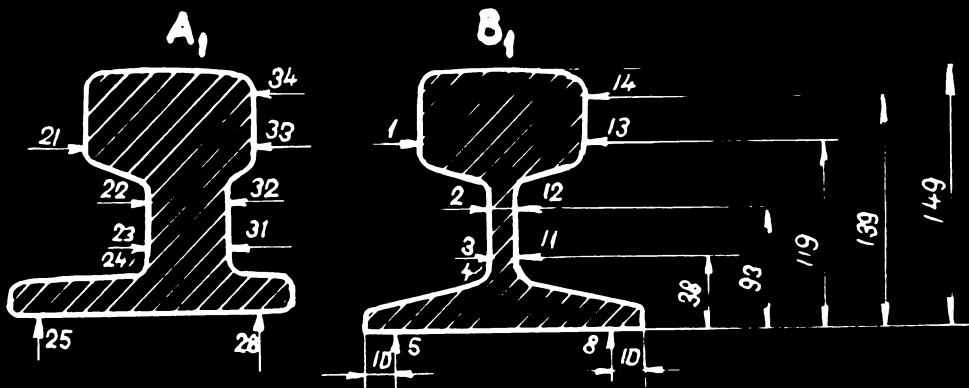
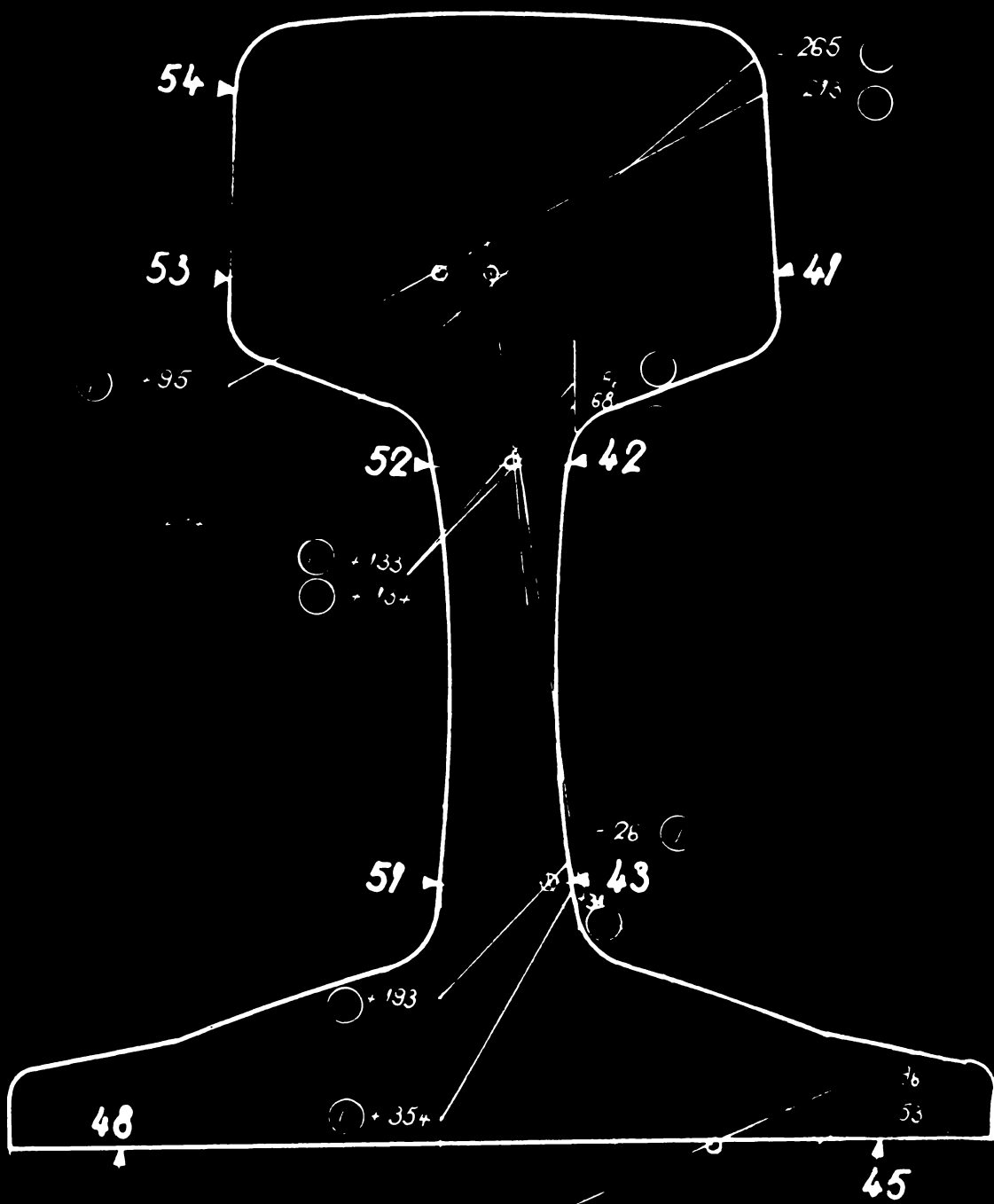


Fig. 81 - Distribuția temperaturii în zona deformată a acului flexat (Fig. 80)



la şina normală 43

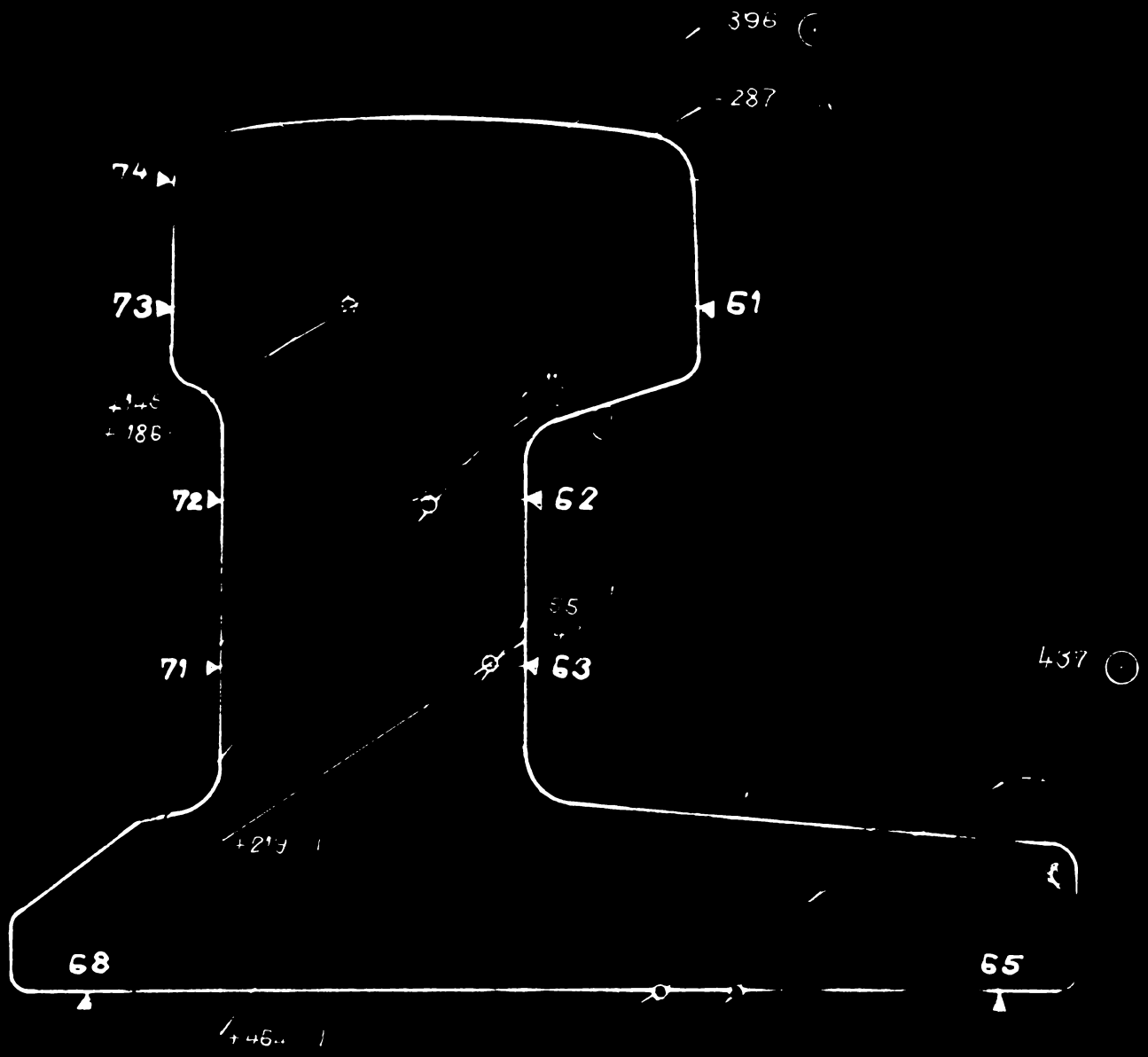


Fig 82b - Determinarea pozitiei axei neutre
la 1000



eforturile unitare maxime au rezultat în zona deformații plastice, pe abateri, având valorile de + 1890 daN/cm² (la marea 312 și - 1890 daN/cm² la marea 322, ceea ce determină un efort unitar total de 2450 daN/cm².

Valorile cele mai mari au apărut în zona de deformare plastică la schimbarea de secțiune unde la partea exterioară se ajunge la :

$$\sqrt{312} = 2,1 \cdot 1275 = 2700 \text{ kgf/cm}^2 \quad (5)$$

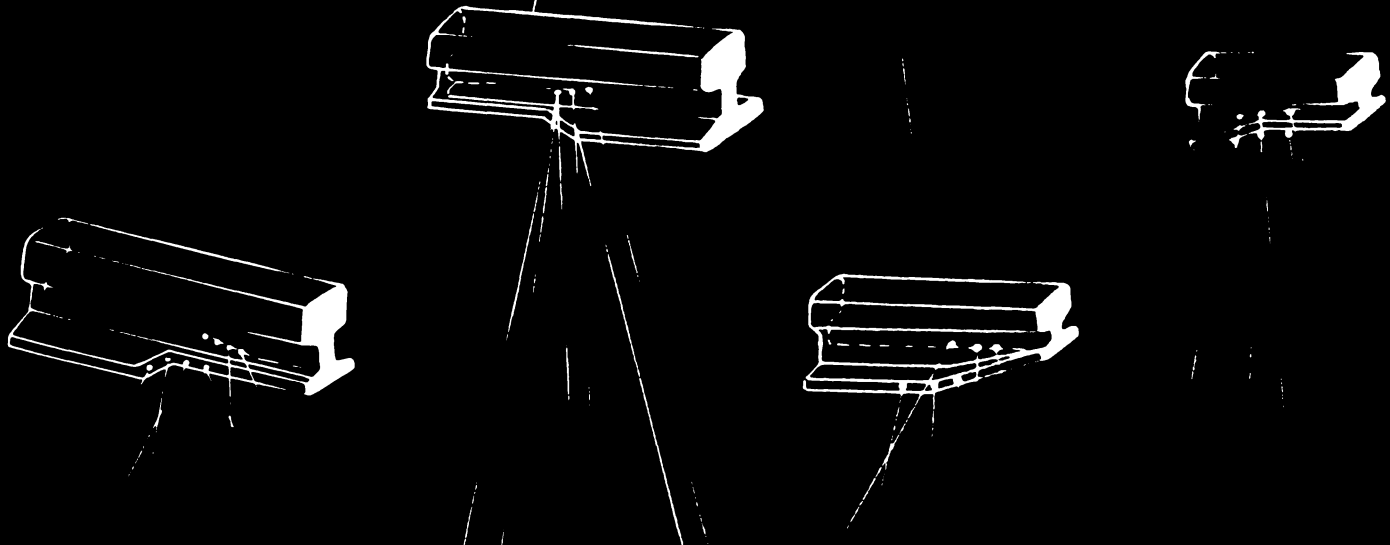
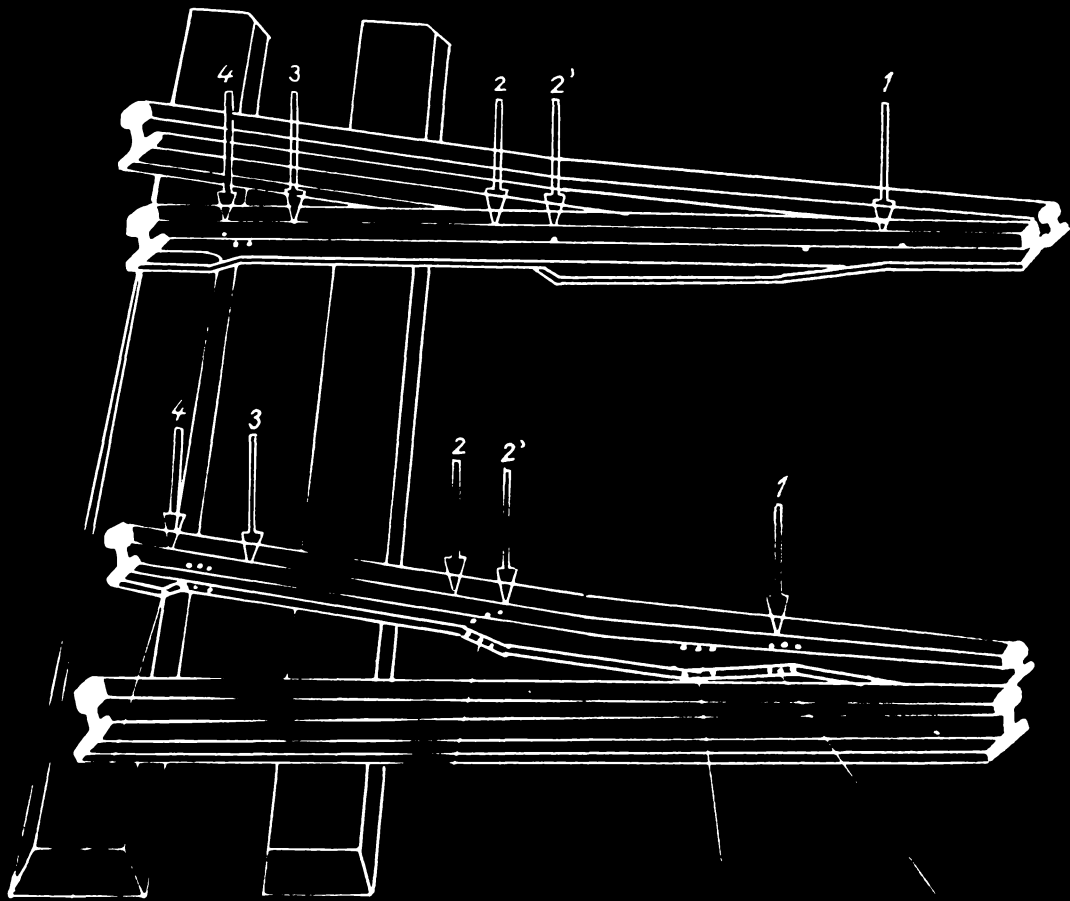
și în zona de deformare elastică, în recordarea dintre virful acului unde efortul unitar ajunge la :

$$\sqrt{115} = 2,1 \cdot 1275 = 2750 \text{ kgf/cm}^2 \quad (57)$$

Pentru a da o imagine de ansamblu asupra repartizării eforturilor unitare maxime în fig. 34 s-a prezentat schematic partea elastică a schimbătorului de cale cu amplasarea traductoarelor și poziția primei osii locomotivei, extrăgându-se sub formă de raport valorile deformațiilor maxime cu numărul de poziție al osii locomotivei de probă.

Pentru adâncirea și verificarea rezultatelor obținute, încercările s-au efectuat și cu trenuri în circulație, urmărindu-se ridicarea spectrului de solicitare atât la schimbătorul de cale propriu-zis cât și a altor schimbătoare de cale din fabricația curentă, aceasta reprezentând cazul din exteriorile de cuperare ale axului de lucru în angrenajele ale aparatelor de cale. Pentru primul aspect, variația eforturilor unitare sesizată prin instalațiile electrotermistice a fost înregistrată prin oscilograf. Pentru al doilea aspect, ridicarea spectrului de solicitare s-a făcut cu un aparat de clasificare valori, prevăzut cu 1 centuri care sarcină unui deceniu de valori capabile să numere de câte ori valoarea efortului unitar a coincis cu valoarea deconstrucției de curent de înclucție.

Salutând aspectul aleatoriu al valorii eforturilor unitare, volumul înregistrărilor a fost destul de mare (caz. 200 de convoaie) ceea ce corespunde unui număr de aproximativ 15.000 de valori de virfuri ale efortului. În acest fel o evaluare statistică a solicitărilor aparatelor de cale devine posibilă și respectiv cunoașterea și aspectul comportării în exploatarea a unei instalații aparate de cale de același tip. În ceea ce privește în s-a făcut o prelucrare exhaustivă a valorilor înregistrate, ce s-a realizat mai întâi o parte comi-



122	124	125	126	221	223	321	323
112	114	115	116	211	213	311	313
$\frac{+800}{3}$	$\frac{+800}{3}$	$\frac{+370}{3}$	$\frac{+370}{3}$	$\frac{175}{1}$	$\frac{230}{1}$	$\frac{+40}{1}$	$\frac{520}{1}$
$\frac{-540}{2}$	$\frac{-540}{2}$	$\frac{+1275}{2}$	$\frac{+1275}{2}$	$\frac{+220}{1}$	$\frac{-235}{3}$	$\frac{360}{3}$	$\frac{+875}{3}$
						$\frac{425}{3}$	$\frac{+1020}{3}$
							$\frac{-360}{3}$

		-23	+26	522	622
				512	612
		$\frac{+160}{2}$	$\frac{+160}{2}$	$\frac{+100}{3}$	$\frac{+100}{3}$
		$\frac{+40}{4}$	$\frac{+40}{4}$	$\frac{+110}{11}$	$\frac{+110}{11}$
		$\frac{+195}{2}$	$\frac{+195}{2}$	$\frac{+825}{11}$	$\frac{+825}{11}$

Fig. 64 - Masurarea stărilor la 12 zile după montajul în poziție
 osier Nr. 14 L.D.B. care are o lungime de 12,5 m.

derată reprezentativă, urmărindu-se în special stabilirea unei metodologii. Pentru a nu încălca programul de măsurători s-a făcut o triere a punctelor în care se execută măsurătorile în regim dinamic; astfel punctele în care eforturile unitare erau în limite admisibile au ^{fost} evident selectate.

În notațiile utilizate la încercările în regim dinamic aceste trunchete care corespund la poziția traductoarelor nr. 313, 322, 312, 322 s-au marcat astfel :

XAE - schiubătorul de cale nr. E, acul din abateră A, traducterul dinpre exteriorul căii C.

XII - idem , traducterul dinpre interiorul căii I.

XDI și XDI - același schiubător de cale, însă acul de pe firul direct C.

Lin examinarea oscilogramelor înregistrate s-au desprins următoarele :

- solicitările acului produse de aceeași locomotivă diferă ca mărime în funcție de sensul de atacare al locomotivă. În abateră, solicitările sînt mai mari cînd locomotiva atacă acul pe la vîrf în timp ce pe direcția solicitările sînt mai mici cînd este atacat pe la căloși.

Cale case căii ale locomotivă solicită în mod diferit acul în funcție de sensul de atacare și de poziția acului. În acul atacat pe la vîrf în abateră prima cauză a primei boții produse solicitările sînt cele mai mari; în atacarea acului de la căloși cauză a treia produce solicitările cele mai mari; în acul pe direcția, situația se prezintă invers (tabellele 26 și 27).

- locomotiva solicită în mod diferit acul atunci cînd circulă izolat față de acul sînt război un sens. În trecerea locomotivă izolat, influența crederii vitezei de circulație este evidentă, în timp ce în trecerea în sensul aceasta influența nu se mai face simțită.

Eforturile unitare cele mai mari se sînt totdeauna produse de locomotivă. Uneori sarcinile încercare și în special cele pe drum căii produce aceste eforturi unitare maxime.

- prima cauză a locomotivă produse la trecerea în abateră e puternică înclinația în plan orizontal a acului. Influența acestei înclinații este cu atât mai mare cu cît raza curbei aparatului de cale este mai mică,

Zona nr	Linia directă			Linia în opera			Linia directă			Linia în opera			Linia directă			Linia în opera		
	E1	EII	EIII	E1	EII	EIII	E1	EII	EIII	E1	EII	EIII	E1	EII	EIII	E1	EII	EIII
1	-101	0	-116	-4	-	-	-106	-56	-457	-112	-	-124	-	-	-	-	-	-
2	-39	+24	-1	+149	-	-	-36	-9	-46	-34	-13	-25	-	-	-	-	-	-
3	+58	-18	-	-	-	-	+99	+155	+127	+91	-165	+122	-	-	-	-	-	-
4	-25	19	-	-	-	-	-89	-155	-133	-62	-169	-134	-	-	-	-	-	-
5	+60	+164	+70	+160	-	-	+80	+145	+118	+66	+146	+107	-	-	-	-	-	-
6	+110	+260	+125	+250	-	-	+146	+240	+207	+112	+250	+82	-	-	-	-	-	-
7	+110	+315	+135	+322	-	-	+191	+286	+224	+124	+301	+223	-	-	-	-	-	-
8	+59	+144	-	+150	-	-	+88	+167	+144	+78	+163	+100	-	-	-	-	-	-
9	+110	+244	+128	+240	-	-	+146	+296	+260	+143	+290	+191	-	-	-	-	-	-
10	+76	+195	+92	+141	-	-	+106	+211	+183	+103	+197	+128	-	-	-	-	-	-
11	+80	-140	+85	+176	-	-	-88	+186	+161	+89	+196	+124	-	-	-	-	-	-
12	26	26	-40	-8	-	-	-36	-1	-52	-30	-27	-53	-	-	-	-	-	-
13	95	15	115	210	-	-	-119	-205	-199	-98	-248	-182	-	-	-	-	-	-
14	140	-20	125	222	-	-	-176	-391	-281	43	-393	-255	-	-	-	-	-	-
21	-69	20	20	30	-	-	-	-100	-125	-85	-100	-110	-	-	-	-	-	-
22	20	20	20	20	-	-	20	-55	-65	-25	-60	-60	-	-	-	-	-	-
23	20	20	20	20	-	-	+55	0	0	+35	0	+20	-	-	-	-	-	-
24	20	20	20	20	-	-	20	20	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-
25	+84	-14	+81	-	-	-	+75	0	+30	+75	+30	+95	-	-	-	-	-	-
26	+70	15	+65	-	-	-	+60	-20	+5	+65	0	+45	-	-	-	-	-	-
27	+114	+54	+120	+42	-	-	+115	+35	+70	+100	+70	+125	-	-	-	-	-	-
28	20	20	+330	+125	-	-	+305	+195	+295	+295	+290	+300	-	-	-	-	-	-
29	+135	+75	+235	+121	-	-	+245	+80	+135	+260	+105	+195	-	-	-	-	-	-
30	20	-140	-220	-124	-	-	+260	+180	+230	+235	+190	+280	-	-	-	-	-	-
31	20	20	20	20	-	-	+95	+40	+55	+85	+45	+70	-	-	-	-	-	-
32	20	20	50	12	-	-	-30	10	-35	-25	-20	-20	-	-	-	-	-	-
33	20	20	120	25	-	-	-115	-20	-55	100	-40	-125	-	-	-	-	-	-
34	20	20	20	20	-	-	+265	-60	-120	-240	-85	-200	-	-	-	-	-	-

ZONAY

Tableul nr. 26
(continuare)

Zona Nr.	Linia directă				Linia în obâtere				Linia directă				Linia în obâtere			
	E1		E11		E1		E11		E1		E11		E1		E11	
	E1	E11	E1	E11	E1	E11	E1	E11	E1	E11	E1	E11	E1	E11	E1	E11
41	-	-	-213	-266	-	-	-	-	-280	-400	-282	-412	-249	-424	-404	-404
42	-	-	-86	-88	-	-	-	-	-65	-56	-71	-96	-61	-96	-96	-96
43	-	-	-26	+93	-	-	-	-	-26	+30	-10	+10	-	+10	-5	-5
44	-	-	+165	+216	-	-	-	-	+175	+171	+160	+250	-	+250	+170	+170
45	-	-	-96	53	-	-	-	-	-65	-50	-65	-65	-55	-90	-71	-71
46	-	-	-188	-125	-	-	-	-	-175	-120	-140	-130	13	-200	-165	-165
47	-	-	+373	+667	-	-	-	-	+330	+520	+365	+591	+310	+580	+425	+425
48	-	-	+458	+826	-	-	-	-	+520	+770	+525	+780	+32	+845	+680	+680
49	-	-	+193	+354	-	-	-	-	+190	+310	+190	+350	+101	+330	+245	+245
50	-	-	+134	+135	-	-	-	-	+55	+190	+50	+180	+45	+190	+50	+50
51	-	-	+35	+294	-	-	-	-	+90	+235	+65	+331	+54	+329	+89	+89
52	-	-	+61	+85	-	-	-	-	+65	+64	+29	+108	+26	+106	+41	+41
53	-	-	-396	-287	-	-	-	-	-431	-292	-425	-286	+25	-310	-491	-491
54	-	-	-112	-78	-	-	-	-	110	-88	-106	-92	-107	98	-161	-161
55	-	-	-55	-47	-	-	-	-	-55	-47	-30	-56	-31	-57	-61	-61
56	-	-	-190	-55	-	-	-	-	-190	-77	-130	-78	171	131	-145	-145
57	-	-	-437	-298	-	-	-	-	-492	-342	-355	-407	-378	-409	-421	-421
58	-	-	-334	-225	-	-	-	-	-351	-245	-249	-303	-266	-304	-314	-314
59	-	-	+990	+482	-	-	-	-	+952	+488	+864	+484	+861	+486	-	-
60	-	-	+822	+356	-	-	-	-	+797	+358	+706	+357	+742	+352	+381	+381
61	-	-	+838	+465	-	-	-	-	+793	-	+736	+469	+711	+464	+411	+411
62	-	-	+464	+219	-	-	-	-	+450	+207	+393	+203	+404	+204	+311	+311
63	-	-	+262	+124	-	-	-	-	+282	+113	+243	+122	+131	+121	+141	+141
64	-	-	+185	+145	-	-	-	-	+260	+121	+219	+128	+155	+126	+141	+141
65	-	-	+15	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+51	+51

ZONA X

fiind eforturile unitare care apar la marginile tălpăi interioare sînt de semn contrar. (fig.85).

În aceeași figură se reproduc o porțiune de oscilogramă și amplasarea variației eforturilor unitare în cele două tractoare de la talpa interioră în trecerea locomotivei în abateră. Se constată că la trecerea primei osii, eforturile unitare sînt de semn contrar. De aceeași oscilogramă s-a trecut și variația oscilometrică și semidiferenței eforturilor unitare din cele două tractoare. Semisuma celor două valori dă o indicație asupra înălțimii în plan vertical, iar semidiferența amplitudinea înălțimii în plan orizontal.

Prin urmare se poate face construcția relației matematice variațiilor oscilometrică și ale semidiferenței pun în evidență sub aspect calitativ înălțimile în cele două plane perpendiculare. Se observă că valoarea semidiferenței în dreptul primei osii prezintă un maxim absolut, în timp ce valoarea oscilometrică care este proporțională cu înălțimea în plan vertical are aceeași valoare în dreptul fiecărei osii.

- analizînd sollicitările care apar sub primul boghină al locomotivei cînd aceasta trece cu viteze diferite peste arcurile de oale atîrnînd roul pe la călești, s-a constatat că sub prima oală se produce o creștere rapidă a sollicitărilor de la viteza de 75 km/oră în sus. Raportînd creșterea efortului unitar la creșterea vitezei se obține pentru prima oală :

- de la 0 ... 75 km/oră

$$\Delta \sigma / \Delta V, V = 75 : 75 = 4 \text{ kg/cm}^2 / \text{km/oră}$$

- de la 75 ... 100 km/oră

$$\Delta \sigma / \Delta V, V = 100 - 75 = 25 = 30 \text{ kg/cm}^2 / \text{km/oră}$$

față de creșterea medie care este de :

- de la 0 ... 100 km/oră

$$\Delta \sigma / \Delta V, V = 100 : 100 = 12,5 \text{ kg/cm}^2 / \text{km/oră}$$

Deci se extrapolează, păstrîndu-se raportul pe ultima porțiune se obține :

- pentru $V=110$ km/oră

$$\sigma = 2300 + 45 \cdot 45 = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

- pentru $V=140$ km/oră

$$\sigma = 4000 + 20 \cdot 30 = 4700 \text{ kg/cm}^2$$

Tabelul Nr 27

Acul pe linia directă atacat pe la călcii

Viteza (Km/oră)									
Osia	5	10	28	49	50	75	95	101	—
1	2000	2050	1950	2250	2250	2300	3050	3250	—
2	1750	1700	1700	1950	2100	2100	2350	2250	—
3	1900	1950	2000	2100	2100	2300	2750	3200	—
4	1400	1450	1650	1450	1450	2050	2450	2750	—
5	1150	1150	1300	1200	1100	1650	1900	2200	—
6	1500	1500	1500	1700	1700	1550	2000	2500	—

Acul pe linia directă atacat pe la vîrf

Viteza (Km/oră)									
Osia	5	10	25	40	50	75	90	93	98
1	1650	1700	1550	1400	1400	1600	1750	2000	2100
2	1300	1300	1400	1150	1100	1250	1400	1450	1550
3	1750	1750	1900	1600	1600	1750	1850	2000	2200
4	1450	1450	1650	1300	1300	1400	1550	1750	2000
5	1200	1200	1250	1100	1100	1000	1150	1450	1650
6	1550	1550	1550	1400	1400	1400	1500	1700	1750

Acul pe linia deviată atacat pe la cap

Viteza (Km/oră)									
Osia	5	10	22	34	45	50	—	—	—
1	1480	1480	1525	1750	1800	1980	—	—	—
2	900	975	1050	850	1125	1150	—	—	—
3	2250	2375	2400	2400	2475	2475	—	—	—
4	1450	1525	1600	1675	1925	2075	—	—	—
5	700	650	600	725	875	850	—	—	—
6	1675	1700	1800	1750	1800	1900	—	—	—

Acul pe linia deviată atacat pe la călcii

Viteza (Km/oră)									
Osia	5	10	21	36	45	50	—	—	—
1	2400	2475	2575	2600	2600	2600	—	—	—
2	600	600	600	600	600	600	—	—	—
3	1625	1775	2050	2000	1925	1900	—	—	—
4	1125	1300	1400	1475	1900	2150	—	—	—
5	300	400	500	550	525	600	—	—	—
6	1625	1650	1825	1875	1875	1780	—	—	—

Se constată că peste 75 km/oră, gradientul efortului unitar produs de osia a doua devine mai mare decât cel provocat de prima osie :

$$\Delta\sigma/\Delta v = 450 : 5 = 90 \text{ kg/cm}^2/\text{km/oră} \quad (58)$$

Valorile găsite din exploatare nu pot fi luate însă în considerație, decât după o prealabilă determinare în exploatare în condițiile de viteză sporită. În aceste date se poate determina spectrul de solicitare. În tabelul 27 și fig. 8, deoarece numărul de convulsii nu a fost același în ambele cazuri, pentru a putea trasa două histograme comparative s-a făcut o corecție, a valorilor din coloana 4 a tabelului 27, punând condiția ca ordonatele domeniului de frecvență cea mai mare a solicitărilor să fie egale. În alte cuvinte, se amplifică numărul corespunzător solicitărilor fiecărui domeniu din coloana 4 cu coeficientul :

$$q = 2827 : 920 = 3,025 \quad (59)$$

Se obțin astfel valorile corectate în tabelul respectiv. Ambele histograme trasate cu aceste serii de valori sînt reprezentate în fig. 8c. Examîndu-le se constată cu ușurință că schimbătorul de cale prototip este solicitat mai ușor decât cel din fabricația curentă în ceea ce privește mărimea și frecvența eforturilor unitare maxime și minime, cît și din punct de vedere al solicitărilor la oboseală. În urma prelucrării datelor apar anumite eforturi cu valori ridicate în zona de racordare spre virful acului ; la traductorul II au eforturi unitare minime de + 2504 daN/cm² pentru viteza locomotivei de 100 km/oră atînat pe la virf și de + 2540 daN/cm² pentru aceeași viteză, dar atînat pe la călești. Eforturi unitare mari au rezultat și în traductoarele u 115 și 155 în jurul valorii de 2.000 daN/cm².

Analizînd variația eforturilor unitare în funcție de viteză nu se constată o creștere a acestora odată cu creșterea vitezei, ci o oscilație a lor în jurul unei valori medii. Acest lucru se explică prin creșterea componentei orizontale a forței ce acționează asupra unui elastic, datorită creșterii cu viteza a forței centrifuge, creștere care modifică starea de eforturi cu valoarea maximă de 2 Jo kg/cm² la traductorul II atînat pe la călești.

Au rezultat eforturi unitare de întindere numai în contragîna pe alături în căleștile 313 și 315,

Fig. 10. 20. 20. 20.

312 și 322 la trecerea locomotivei
cu atacarea acului pe la virf, în abateri.

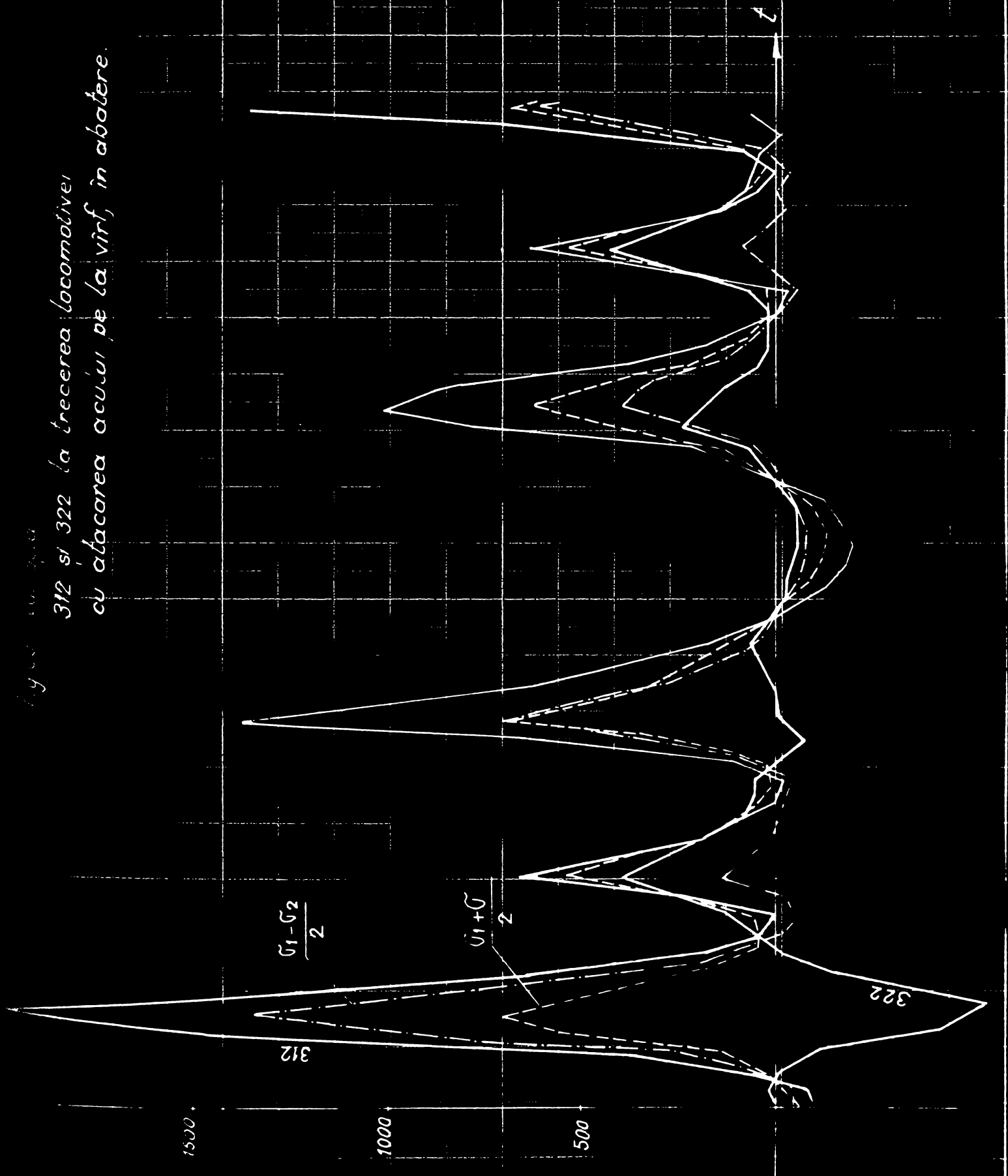
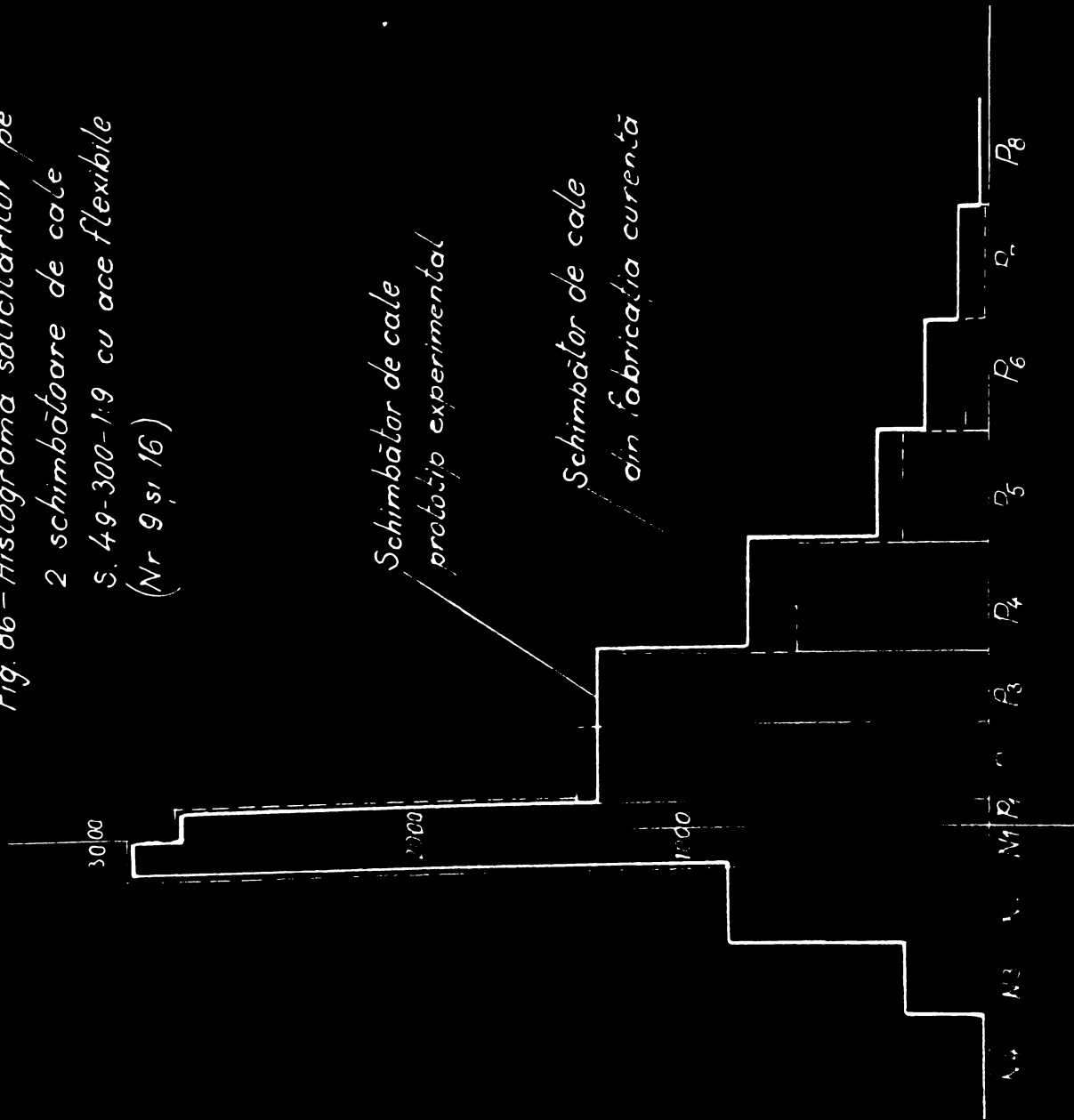


Fig. 86 - Histograma solicitărilor pe
2 schimbătoare de cale
S. 49-300-1.9 cu ace flexibile
(Nr 9 și 16)



Tabelul 28

Nr crt.	Cantor	Domeniu	Numărul de solicitări numerice		Nr. de solicitări corectate
			9 Bartolomeu	16 Buzău	
1	N4	sub -400	0	1	12
2	N3	-400 ... -250	0	193	589
3	N2	-250 ... -150	164	571	1743
4	N1	-150 ... -50	2827	926	2827
5	P1	50 ... 150	2646	879	2683
6	P2	150 ... 250	2719	846	2582
7	P3	250 ... 400	2432	838	2558
8	P4	400 ... 550	2397	623	1901
9	P5	550 ... 700	863	361	1102
10	P6	700 ... 850	257	214	653
11	P7	850 ... 1000	19	101	308
12	P8	peste 1000	2	25	76

printr-o variație direct proporțională cu viteza, efortul maxim nedeșugind 1500 daN/cm^2 la viteza de 50 km/oră cu atașul spre vîrf, viteză limită plafon pentru raza 300 .

S-au efectuat și determinări ale eforturilor unitare pe vîrfurile ininiilor de încrucișare obținînd valori de 1400 daN/cm^2 și accelerații verticale și orizontale ridicate, de maximo $1,2 \dots 2,7 g$ pentru cele orizontale și $20 \dots 25 g$ pentru cele verticale. Aceste determinări la ininiile de încrucișare au creat posibilitatea raționalizării forței constructive a acestui subsamblu de la aparatul de cale permițînd realizarea cu joante sudate.

Stabilirea fermei curbei Wöhler prin care s-a determinat rezistența la oboseală a cupenelor tehnologice corectate la $2,1 \cdot 10^7$ cicluri de solicitări Constante precum și a colectivului de solicitări pentru eforturile transferabile produse de convensiile reale în circulație ale trenurilor servesc la estimarea duratei de viață a aparatelor de cale la nivelul tehnologic pentru modelul prototip realizat și investigat în cadrul acestei lucrări. Evident, generalizarea rezultatelor se va face numai după aplicarea experimentării pe mai multe modele. Colectivul de solicitări determinat în explicație este compus din eforturi unitare de diferite mărimi avînd un efort unitar maxim σ_{max} și un efort minim σ_D . Cu aceste date s-a stabilit expresia curbei Wöhler pentru rama înclinată :

$$N_{oc} = N_A \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_D} \right)^{-6,22007} \quad (10)$$

În situația cînd toate valorile din colectivul de solicitare ar fi superioare efortului σ_D , rezolvarea duratei de viață s-ar face prin relația de mai sus. În situația cînd toate valorile din colectivul de solicitare ar fi inferioare lui σ_D , înclinarea respectivă ar avea durabilitatea nelimitată. În realitate, eforturile determinate în zona deformații plastice și sudate cap la cap prin topire intermediară și presiune, reprezintă un colectiv de solicitare de eforturi mai mari și mai mici decît σ_D . Stabilirea în acest caz a durabilității este posibilă îned prin folosirea unor metode deosebite de calcul, în care se iau în considerare atât vîntările provocate de eforturile superioare lui σ_D cît și cele provocate de eforturile inferioare ale σ_D .

Calculul durabilității în acest caz se desfășoară astfel :

- pentru efortul maxim din colectivul de solicitări $\sqrt{\sigma_{max}}$ se determină numărul de cicluri de solicitări N_0 pe curba Wöhler utilizând relația :

$$N_0 = N_A \left(\frac{\sqrt{\sigma_{max}}}{\sqrt{\sigma_D}} \right)^{-K} ; K = 6,22007 \quad (1)$$

- datele obținute se înlocuiesc în relația :

$$N = N_0 \left[\frac{\sum h_i}{\sum_{i=1}^m (h_i \cdot X_i^k) + \left(\frac{\sqrt{\sigma_{max}}}{\sqrt{\sigma_D}} \right)^{k-1} \sum_{i=m+1}^m (h_i \cdot X_i^{(2k-1)})} \right] \quad (2)$$

Realizând calculele, s-a obținut $N = 13,75392 \cdot 10^6$ cicluri de solicitări corespunzătoare colectivului de solicitări maxim determinat. Se menționează că, N cuprinde solicitări de toate marimile prezente în spectrul de solicitare. Cu valoarea obținută pentru N se poate evalua durata de viață în ani astfel :

- garniturile trenurilor de marfă au în medie 100 teci, fiecare teie producând o oscilație transversală a reperelor de rulare ale aparatului de cale montate cap la cap.
- pe linia Rimnicu-Varșeț - Iuzău circulă în prezent cea. 40 de perechi de trenuri în 24 de ore care produc deci :

$$2 \cdot 40 \cdot 100 = 8.000 \text{ cicluri de solicitări}$$

Durata de viață în ani se calculează cu

relația :

$$n_a = \frac{N}{8000 \cdot 365} = 4,7 \text{ ani} \quad (3)$$

La riscul unei repetiții menținem că această durată este calculată în situația unei solicitări defavorabile, situație înăi perfect posibilă. Această afirmație se bazează pe faptul că în general trenurile de marfă au în componență cea. 100 teci, lungimile garniturilor fiind limitate de lungimea utilă a liniilor din stații.

3.4.6.4.5. - Determinări experimentale ale deplasărilor datorită variațiilor de temperatură.

Din punctul de vedere al calculului de rezistență se consideră că, în calea ferată a cărei lungime este suficient de mare, calea fără jeante în regiunea de mijloc se produce solicitări de compresiune sau de tracțiune provocate de variațiile de temperatură considerate practic constante. Temperatura de montare a șinelor considerată drept neutru reprezintă mărimea care împarte în jumătate amplitudinea anuală a temperaturilor. Partea mai mică care produce în șine efortul de compresiune se determină pe baza condițiilor de stabilitate a căii. Partea de amplitudine care produce în șine eforturi de întindere se verifică pe baza condiției ca efortul total produs de temperatură și cel datorită acțiunii materialului rotant să nu depășească limita de curgere a oțelului din care sînt confecționate șinele, eventual sub această limită dacă se ține seama de sudura șinelor sau alți factori care ar fi fost luați în considerare.

Calculul căii fără jeante a fost elaborat

(3) admitînd următoarele :

- calea este dreaptă și de lungime infinită
- legătura șinelor cu traversalele este complet rigidă
- patul de balast este un mediu elastic pînă la o anumită limită peste care se admite că traversalele alunecă în patul de balast

Asupra repartizării reacțiunii balastului la deplasarea șinelor se admit două ipoteze :

- reacțiunile sînt distribuite continuu în lungul căii
- reacțiunile sînt foarte concentrate aplicate în dreptul traversalelor.

chibățitul de cale simplu 40-500-1:0 analizat în cadrul acestei lucrări, cu jeantele sudate reprezintă un caz special al căii fără jeante în sensul că are următoarele particularități și :

- reprezintă o caleană de caleu drept și curb care lucrează simultan
- între cadrul drept și cadrul curb nu sînt alunecări
- este de lungime finită

Celelalte ipoteze de la calea fără jeante se respectă referitor la legătura șinelor cu traversalele și rezistența

patului de balast.

Cadrul drept este considerat la separatul de cale linia dreaptă iar cadrul curb linia deviată.

Schimbătorul de cale prototip are în componența sa următoarele joante (Fig. 67) :

- între contrasaul de 14.240 mm și șina de legătură de 10.990 mm joantă cu rest închis
- între contrasaul de 14.212 mm și șina de legătură de 10.8 mm joantă cu rest închis
- între acul de 7.700 mm și 4.950 mm sudură cap la cap
- între acul de 12.750 mm și șina de legătură de 10.880 mm joantă cu rest închis
- între acul de 12.750 mm și șina de legătură 10.873 mm joantă cu rest închis
- între șina de legătură de 10.900 mm și contrasaul de 8.070 mm joantă cu rest închis
- între șina de legătură de 10.887 mm și aripa de 10 mm joantă cu rest deschis
- între șina de legătură 10.813 mm și aripa de 10 mm joantă cu rest închis
- între șina de legătură de 10.800 mm și contrasaul de 8.020 mm joantă cu rest închis.

În total sînt două duduri cap la cap marcate cu litera S și opt joante cu rest închis marcate cu litera R. Resturile închise s-au realizat prin execuția reperelor de rulare cu abateri de $\pm 0,5$ mm la lungime și suruburi de strîngere cu abatere de $\pm 0,2$ mm față de măsurirea din eclise și din inima șinilor. La joantele de intrare și ieșire, schimbătorul de cale este loant prin eclise. Restul de la intrare în stație Durau a fost notat cu nr.1. și respectiv cu nr.2 și 3, resturile de ieșire. Pe tălpile reperelor de rulare, în partea laterală a restului 1 au fost marcate cîte două puncte, cîte unul pe fiecare contrasaul. În acest fel, sînt două serii : unul pe firul curb dreapta și unul pe firul drept stînga, dispuse la echidistanță față de axa longitudinală a căii drepte.

Reperul pentru măsurarea deformărilor este format dintr-un fir de sîrmă cu diametrul de 0,15 mm care s-a întins transversal peste cele două contrasaul. De o parte și de alta a căii, la o anumită distanță de siguranță față de patul de balast s-a fixat cîte o tijă metalică într-un strat de beton. Înălțimea de acest reper s-a făcut măsurătorile de

temperatură și deflăntii. Măsurătorile au început pe data de 01.01.1972 până la 31.12.1974, zilnic de două ori dimineață la ora 3,00 și după amiază la ora 15,00. Aparatul de cale a fost sub circulație supus decalajelor dinamic, șocurilor, și acțiunilor atmosferice, măsurându-se cele două variabile temperatura și deplasarea și-au obținut trei (3) perechi de valori pentru cele două variabile.

Pentru că aparatul de cale este un caz special, cele două variabile măsurate s-au măsurat în sfârșitul fiecărei luni de observație, pe principiul teoriei profecțiilor lui Cauchy. Teodorescu privind calculul deplasărilor, considerând acțiunile, reacțiunile concentrate în dreptul traverselor astfel :

- rezistența pe care o opune balastul traverselor variază cu deplasarea
- balastul are o comportare elastică până la o anumită valoare limită R a forței K cu care traversa împinge în balast după care traversa alunecă, forța rămânând constantă.

Deplasarea capătului liber este dată de relația :

$$U_1 = \frac{K \cdot R}{2} + \frac{Q_1 \cdot a}{2} \left(\frac{Q_1}{R} - 1 \right) \quad (4)$$

în care :

$$Q = \frac{R}{E \cdot A \cdot \alpha} \quad (5)$$

12700 kgf - un alou aceasta valoare mai mare decât 500 kgf determinată pentru linia curentă de cale, rezistența la alunecare a traversii aparatului de cale este mai ridicată (lungimi diferite de traverse, îngrijire și curățare atentă a aparatului de cale comparativ cu linia curentă).

Verificând această marșă cu deplasările măsurate, am constatat că alegerea acestei mărimi este corectă. În relația (4) celelalte mărimi reprezintă :

$K = 4 \cdot 10^4$ os/kgf - coeficientul de căl

$E = 2,1 \cdot 10^6$ kgf/cm² - modulul de elasticitate

$A = 2,97$ cm² - aria secțiunii centrale

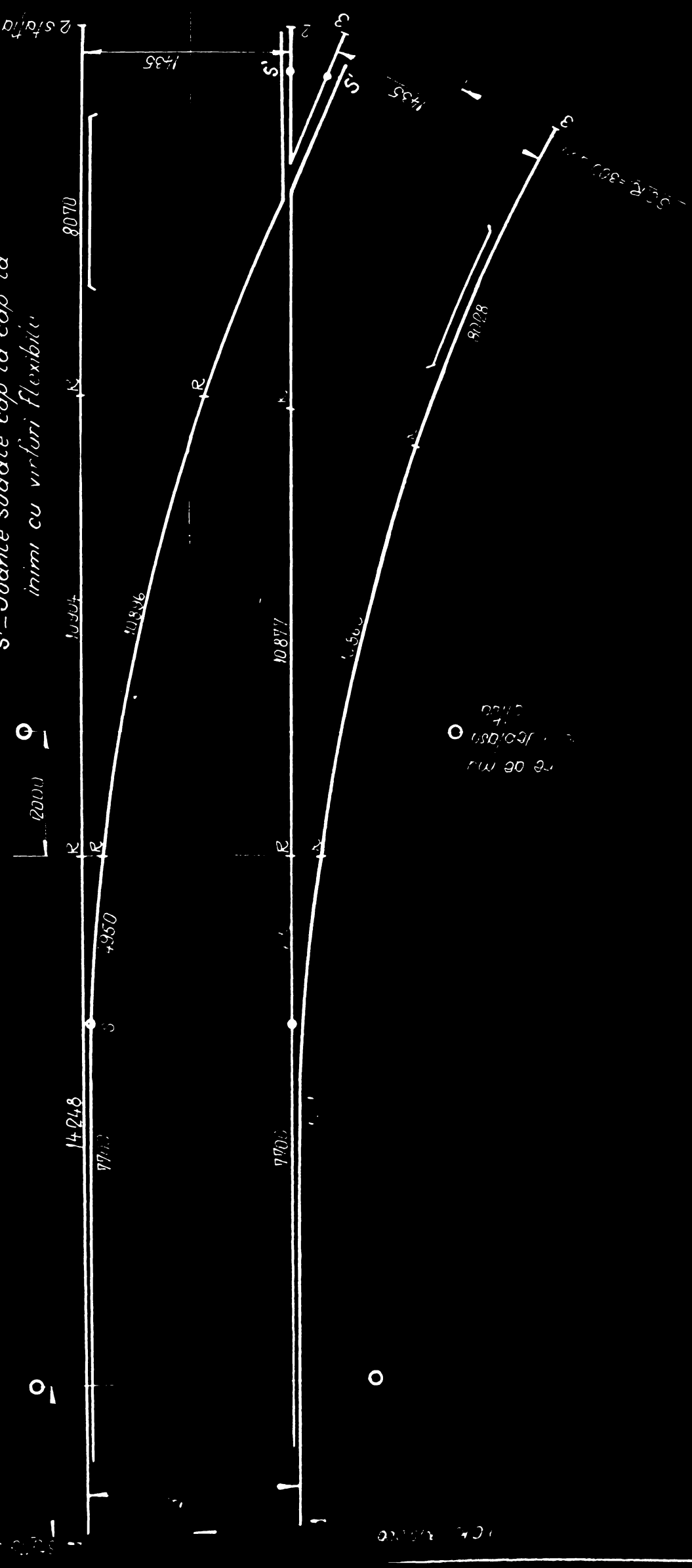
$a = 10$ cm - distanța medie între traverse

$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ - coeficientul de dilatare a oțelului

$R = 12 \dots 25$ kgf/cm - reprezintă rezistența balastului în condițiile staționare și dinamice pe ploacă cu un unghi de strângere de 3 ... 15%

Fig. 87 - Sursele geometrice și dimensiunile și greutatea și poziția centrului de greutate al navei în diferite poziții ale capului și în diferite poziții ale navei.

S - Joante sudate cap la cap.
 A - Joante cu rost închis.
 S' - Joante sudate cap la cap la înălțimi cu virfuri flexibile.



Temperatura de montaj a schimbătorului prototip a fost de $+ 20^{\circ}\text{C}$. Variabilele se notează cu :

- diferența de temperatură ... $(\theta^{\circ}\text{C})$
- deplasarea capetelor libere ... U_i (cm)

Frecvența grupată a deplasărilor capetului liber în funcție de variația temperaturii este indicată în tabelul 25.

Indiferent de apăsare, intrusit intervalul de timp privind măsurările a fost relativ redus, nu se poate face o apreciere a legăturii dintre cele două variabile mai cu seamă că atât la margini cât și la centru frecvențele sînt variate și neregulate. Deci, pronunțarea asupra naturii funcției $U_i = f(\theta_i)$ deocaredata nu se în putea cuprinde întregul; totuși cele două variabile sînt legate una de cealaltă ceea ce dovedește valoarea ridicată a corelației dintre ele. Pe cînd variația de temperatură oscilează, deplasarea crește și scade urmărind oscilația temperaturii își măsoară progresiv mărimea.

Fiecare pereche de valori ale celor două variabile reprezintă față de cele două axe coordonatele unui punct. Grupa de măsurători din tabelul 29 reprezintă o mulțime de puncte; în acest caz se va folosi metoda statistică de înlocuire a colectivului de valori prin caracteristicii lui simple. Aceste marimi sînt :

- valorile medii

$$U_{sm} = \frac{\sum_{i=1}^{i=366} U_{si}}{N} \quad (66)$$

$$\theta_{sm} = \frac{\sum_{i=1}^{i=366} \theta_{si}}{N} \quad (67)$$

- abaterile medii pătratice

$$a_{U_i}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=366} (U_{si} - U_{sm})^2}{N}, \quad a_{\theta_i}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=366} (\theta_{si} - \theta_{sm})^2}{N} \quad (68)$$

- coeficientul de corelație care caracterizează intensitatea legăturii dintre cele două variabile

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{i=366} (U_{si} - U_{sm})(\theta_{si} - \theta_{sm})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=366} (U_{si} - U_{sm})^2 \sum_{i=1}^{i=366} (\theta_{si} - \theta_{sm})^2}} \quad (70)$$

Valorile medii sînt coordonatele centrului de greutate ale sistemului de puncte. Serviciu pătratelor abaterilor

re rezintă momentele de inerție față de axele care trec prin centrul de greutate, iar abaterile pătratice sînt totuși razele de inerție ale sistemului de puncte . În expresia coeficientului de corelație, la numărător este momentul centrifugal care prezintă distribuția punctelor N față de cele două axe. Datele prelucrate sînt trecute în tabelul nr. 30. Toate valorile sînt cuprinse într-o oală de probabilitate însoțită în dreptunghiul abaterilor medii care se dău după un caz general de trei ori abateroa medie pătratică. (fig. 88) Valorile sînt mai numeroase în apropierea centrului de greutate acolo unde frecvența este mai mare ; către margini frecvența este mai mică. Din oală de probabilitate numai 2,54 % au reprezentat mării în exteriorul acesteia, fapt care a permis construcția ei pe baza relațiilor următoare :

$$I_1 = \frac{\pi a^3 b}{4} ; \quad I_2 = \frac{\pi a b^3}{4} \quad (71)$$

Urmăriind comportarea schimbătorului de cale în construcția realizată sub variațiile de temperatură și măsurând deplasările, se obține un mijloc de a cunoaște și determina legea de variație și de calcul ale caracteristicilor ale aparatului de cale respectiv.

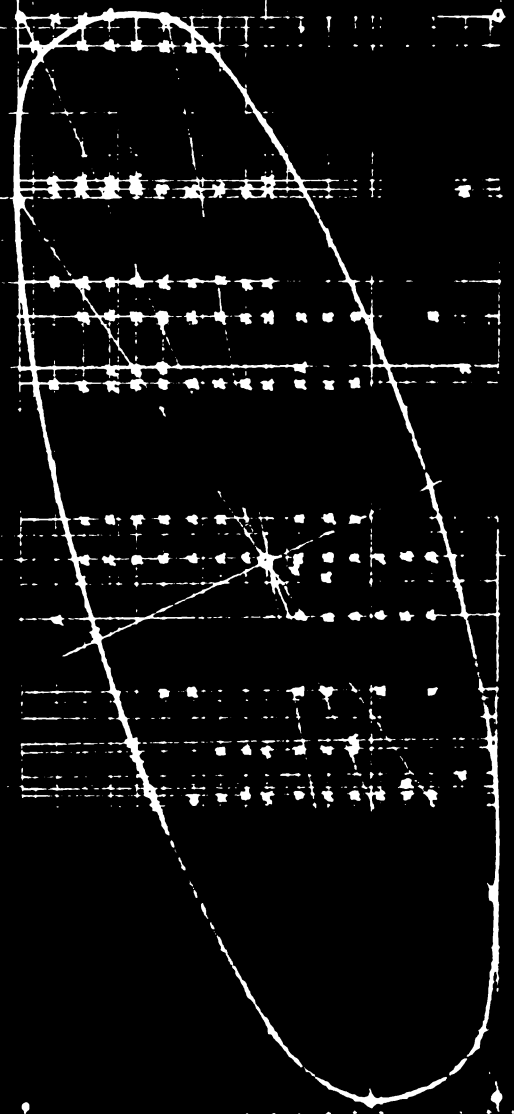
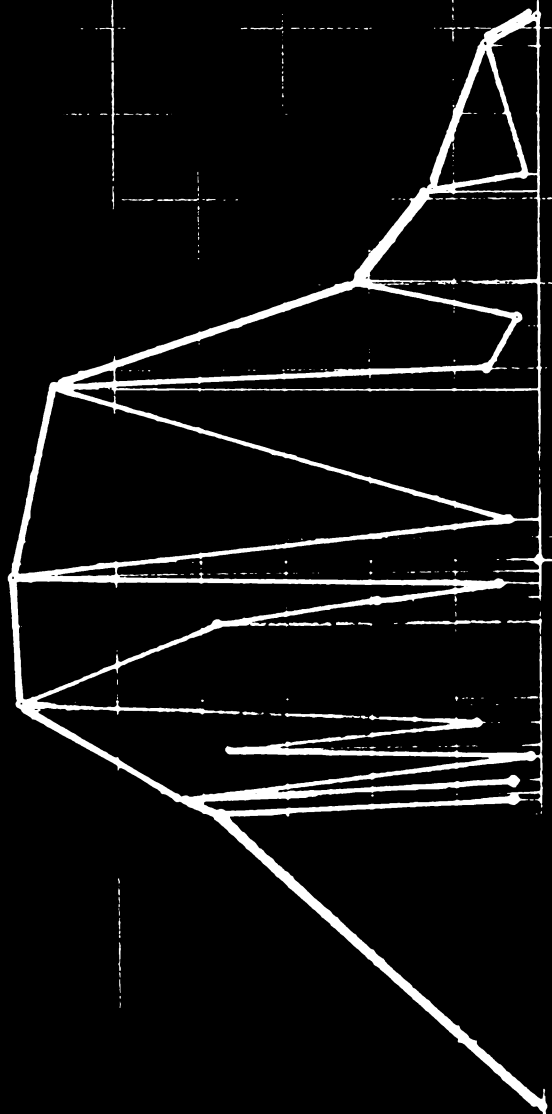
Datele experimentale prezentate pe arata că nu putem avea o exprimare simplă, funcționării a acestei legături numai în funcție de temperatură, ei trebuie ținut seama și de celelalte variabile care influențează fenomenul.

Apariția și efectuării măsurătorilor pe un timp mai îndelungat, distribuția variabililor măsurate se regularizează. Coeficientul de corelație $r = 0,87$, indică decizia $0,7 < r < 0,9$, relația este apropiată, corelația înaltă pentru cele două variabile θ și U_0 .

Coeficientul de corelație de $r = 0,87$ determină continuarea experimentărilor în noi categorii, constatînd cu tot intervalul de timp relativ scurt al experimentărilor, creșterea în timp a deplasării. Aceasta se poate explica ca o urmare a deformațiilor permanente care se acumulează în urma repetării măsurătorilor; de aici va rezulta care este temperatura la care se vor produce deformații elastice reversibile și capabile să anuleze sarcina.

1	(30 x 14) / 366	(30 x 10) / 366	391 / 366	845 / 366	195 x 9,4	184
2	(3 x 1,4087) / 366	(3 x 1) / 366	0,83 / 366	66,9 / 366	0,93 x 8,2	75 /
3	(3 x 1,4146) / 366	(3 x 2) / 366	0,84 / 366	52,7 / 366	0,92 x 7,3	67 /
4	(3 x 1,4180) / 366	(x 3) / 366	0,73 / 366	39 / 366	0,87 x 6,2	54 /
5	(20 x 1,4156) / 366	(20 x 4) / 366	0,88 / 366	27,6 / 366	0,94 x 5,3	50 /
6	(1 x 1,6100) / 366	(1 x 5) / 366	0,56 / 366	18,2 / 366	0,75 x 4,25	3,2 /
7	(29 x 1,7100) / 366	(29 x 6) / 366	0,44 / 366	10,6 / 366	0,64 x 3,3	21 /
8	(6 x 1,8200) / 366	(6 x 1) / 366	0,28 / 366	5,1 / 366	0,53 x 2,25	1,2 /
9	(48 x 1,9500) / 366	(48 x 8) / 366	0,14 / 366	1,61 / 366	0,4 x 1,25	0,5 /
10	(30 x 2,3) / 366	(30 x 10) / 366	0,025 / 366	0,59 / 366	0,05 x 0,62	0,031 /
11	(4 x 2,46) / 366	(4 x 11) / 366	0,015 / 366	2,99 / 366	0,12 x 1,92	0,2 /
12	(4 x 2,7) / 366	(49 x 12) / 366	0,12 / 366	7,4 / 366	0,11 x 2,95	0,3 /
13	(3 x 2,9) / 366	(9 x 13) / 366	0,41 / 366	13,9 / 366	0,64 x 3,7	2,35 /
14	(45 x 3,4) / 366	(45 x 14) / 366	1,01 / 366	22,5 / 366	1 x 4,8	4,8 /
15	(5 x 3,46) / 366	(5 x 15) / 366	1,24 / 366	32,9 / 366	1,1 x 5,7	6,3 /
16	(11 x 3,9) / 366	(11 x 16) / 366	2,39 / 366	45,7 / 366	1,52 x 6,8	10,4 /
17	(2 x 5,95) / 366	(2 x 17) / 366	2,55 / 366	59,9 / 366	1,6 x 9,8	12,5 /
18	(4 x 4,3) / 366	(10 x 18) / 366	3,71 / 366	73 / 366	1,94 x 8,5	16,4 /
19	(1 x 4,6) / 366	(1 x 19) / 366	4,9 / 366	94 / 366	2,2 x 9,5	21,5 /
20	(5 x 0,5) / 366	(5 x 20) / 366	6,9 / 366	124 / 366	2,65 x 11,2	30,0 /
21	(2 x 0,57) / 366	(2 x 22) / 366	11,0 / 366	156 / 366	3,3 x 12,5	41,5 /
22	(4 x 0,663) / 366	(4 x 24) / 366	18,5 / 366	190 / 366	4,5 x 13,8	59,0 /
23	(1 x 1,53) / 366	(7 x 26) / 366	26 / 366	276 / 366	5,1 x 16,6	89,0 /
24	(3 x 1,84) / 366	(3 x 28) / 366	37 / 366	350 / 366	6,1 x 18,8	104,0 /
25	(2 x 4,55) / 366	(2 x 30) / 366	50 / 366	428 / 366	7,1 x 20,5	149,0 /
26	(1 x 11,9) / 366	(1 x 34) / 366	90 / 366	605 / 366	9,5 x 24,5	235,0 /
27	(2 x 14,3) / 366	-(2 x 2) / 366	0,77 / 366	129 / 366	0,85 x 11,4	9,8 /
28	(1 x 22) / 366	-(1 x 14) / 366	0,98 / 366	540 / 366	0,90 x 23,0	23,0 /
29	5,37	9,2786	274,1575 / 366 = 0,865 ²	3451,99 / 366 = 3,1 ²	857,081	r = 0,87

12



$B_{im} = 9,2756^\circ C$ $\delta_{\sigma} = 3,31 = 93\%$

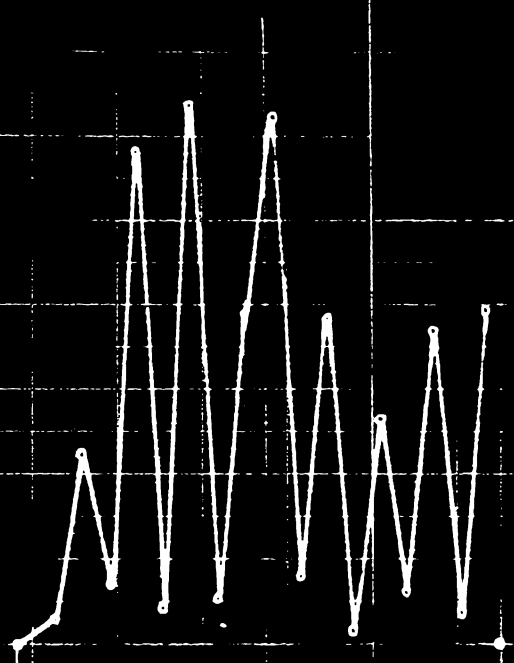
$30 U_1 = 3 \times 0,865$

$U_{im} = 0,865$

Fig. 88 Histogramul numărului de puncte în diferite poziții ale sistemului de greutate și distribuția normală a acestor puncte.

Nota:

- B_{im} și B_{im} sunt amplitudinile centrului de greutate al sistemului de puncte.
- Q_{im} și Q_{im} sunt numărurile de inerție față de axele de referință prin centrul de greutate al sistemului de puncte.



Scara:
 $1^\circ = 1/2 \text{ cm}$
 $1 \text{ mm. amplitudine} = 40 \text{ mm.}$
 $\text{frecvența } f = 2 \text{ mm.}$

Cap. IV. - CONSIDERANTE TEORETICE SI EXPERIMENTALE
REZULTATE IN URMA CERCETARILOR EFECTUATE

4.1. - Teoria aparatului de cale fără joante .

Având în vedere corelația înaltă între cele două variabile, prezentată la punctul 3.4.4.5. se consideră că se poate determina ecuația legăturii dintre acestea în ipoteza că aparatul de cale este un cadru într-un sistem static nedeterminat rezemat pe n traverse (n este cunoscut din proiectul aparatului de cale) în domeniul elastic și plastic, la încărcare și descărcare. Aceasta va arăta rezistența cadrului aparatului de cale fără joante la variație de temperatură și sub circulația tremurilor. De asemenea, se va putea evidenția modul în care circulația materialului rulant poate să influențeze procesul de anulare a tensiunilor termice în aparatul de cale eliberat temperat din dispozitivele de prindere și proporția din acestea care rămân în reperele de rulare ale aparatului de cale din cauza prezenței forțelor de frecare a tălpilor de rezonanță pe plăci, precum și determinarea experimentală a caracteristicilor neelastice ale cadrului aparatului de cale fără joante.

4.2. - Calculul tensiunilor rezanente pe baza deformațiilor.

Metoda de determinare a tensiunilor rezanente în baza căreia repartizarea lor se calculează pe baza deformației în timpul îndepărtării materialului prin diferite procedee, este destul de cunoscută și a fost utilizată în prezența lucrare. Această metodă, se aplică în cazul formelor cu simetrie și repartizare uniformă a tensiunilor, fiind mai puțin cunoscute posibilitățile și limitările ei din punct de vedere al calculului sau măsurării în cazul unei corectii sau repartizării de tensiuni complexe. Cunoștând rezultatele cercetării întreprinse pe reperele de rulare ale aparatului de cale, se prezintă în cele ce urmează posibilitățile de calcul simplificat, utile pentru determinări comparative ale tensiunilor rezanente din reperele de rulare prelucrate prin tehnologii diferite. Această lucrare prin calcul s-a elaborat în cadrul Atelierului de Proiectare Aparat de Cale Uzau din cadrul Centralei de Construcții și Ferate - Ministerul Transportului și Telecomunicațiilor.

Tensiunea reziduală se evidențiază printr-un tensor. Într-o anumită valoare înseamnă a dimensiunii longitudinale comparativ cu dimensiunea transversală a reperului de rulare se presupune că una din direcțiile principale este în totdeauna paralelă cu axa longitudinală, iar celelalte două sînt tangente la traiectoriile dispuse perpendicular de la suprafața cersanei reperului de rulare, s-au cel puțin tangente la suprafețele principale aproximativ paralele cu suprafața exterioară. Tensiunea principală longitudinală își menține direcția, iar celelalte două direcții sînt perpendiculare pe acestea formînd un sistem de referință spațial.

Se cunoaște că pe suprafața de rulare a cersanei, tensiunea principală a direcției normale a tensorului se anulează. În inimă și talpă, datorită grosimilor relativ mici (cu excepția sinei pline pentru virfuri), tensiunile perpendiculare din interior rămîn mici comparativ cu tensiunile principale în direcție longitudinală, normale pe aceasta, dar în plan orizontal. În schimb, în sercană, aceste tensiuni se pot mări pînă la o valoare însemnată mergînd spre mijlocul acesteia. Rezultă că starea de tensiune reziduală este suficient de complicată. Condiția de echilibru se exprimă astfel :

- în secțiunile transversale perpendiculare pe direcțiile principale rezultanta forțelor care acționează este nulă; în cazul cersanei perpendiculară pe axa longitudinală se obține următoarea relație :

$$\int_{A_0} dA = 0 \quad (72)$$

în care :

- dA - elementul suprafeței A în secțiunea transversală
- M - momentul față de orice axă este deosebit de mic

$$\int_{A_0} dA = 0 \quad (73)$$

- t - distanța între elementul de suprafață dA și axa t în suprafața A_0 a cersanei.

În cazul reperelor de rulare de la aparatul de cale, condiția de echilibru prezentată sub formă unei integrale scolare se poate aplica la inimă și la talpă.

4.2.1. - Determinarea teoretică.

În cele ce urmează, se prezintă deducerea prin calcul a relației pentru determinarea tensiunilor echivalente unei monoaxiale la detașarea prin sectionare a materialului perpendicular pe axa de simetrie. (fig. 89, 90). În aceste figuri s-au făcut următoarele notări :

- ξ, η - variabilele de integrale
- x - înălțimea secțiunii transversale după detașarea materialului din cercană
- $y_{af}(x)$ - funcția profilului secțiunii transversale a reperului de rulare.
- z - lungimea de bază a măsurării săgeții de încoaviere.

Se impune determinarea tensiunii monoaxiale echivalente pe direcția z notat cu $\bar{\sigma}_m = f(\xi, \eta)$, care constituie o funcție necunoscută pe suprafața tensiunii transversale. Această tensiune se consideră repartizată simetric pe secțiune. Baza de calcul e constituie însoțirea acestor tensiuni pe suprafața respectivă. În cursul detașării prin sectionare a stratului din cercană, la tensiunea inițială $\bar{\sigma}_m$ se adaugă o tensiune de compensare care apare sub acțiunea forțelor exterioare în stare de deformare remanentă cu amplitudine constantă conform observației experimentale dedusă în lucrare. Deci, :

$$\bar{\sigma} = \bar{\sigma}_m + \bar{\sigma}_k \quad (74)$$

În fiecare secțiune transversală rămasă din materialul cercanei sînt valabile următoarele ecuații care prezintă condiția de echilibru pentru forțe și momente :

$$\int_{-x}^x \int_{-y}^y (\bar{\sigma}_m + \bar{\sigma}_k) d\xi d\eta = 0$$

$$\int_{-x}^x \int_{-y}^y (\bar{\sigma}_m + \bar{\sigma}_k) \xi d\xi d\eta = 0 \quad (75)$$

Deoarece ξ este axă de simetrie, momentul în direcția axonanta nu se ia în considerație fiind suficientă integrarea după direcția y față de jumătatea de profil. Tensiunea $\bar{\sigma}_m$ este în funcție de săgeata curbării reperului de rulare sub sarcina de explatare și coordonata ξ .

Înălțimea variază în funcție de înălțimea x a secțiunii transversale rămasă în reper. Aceasta în modificarea în procedeele

departării stratului se măsoară pe cale experimentală cu ajutorul acestei funcții de deformare; mărimea Δz se deduce prin rezolvarea numerică a celor două ecuații de mai sus. Inițial se determină funcțiile tensiunii de compensare. Deformarea se calculează prin procedeul detașării unui strat conform fig. 91., respectiv cu relațiile de mai jos :

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta z}{\rho} &\approx \frac{z}{\rho} & \text{și} & \quad \frac{u}{z} \approx \frac{z}{2\rho} \end{aligned} \right\} \quad (75)$$

În sistemul de coordonate fixat, punctul $z = 0$, deoarece deplasarea stratului se realizează pe suprafața superioară concențrică cu fibra neutră care își modifică permanent poziția. Mărețea de încovoiere se măsoară de asemenea în raport cu fibra interioară. În acest fel, deformarea $\epsilon_0(x)$ a fibrei interioare va fi de asemenea o funcție de înălțimea x rezultată după detașarea stratului pe o parte a secțiunii transversale; deci, deformarea inaxială se obține astfel :

$$\epsilon(x) = \epsilon_0(x) + \rho(x)\epsilon \quad (77)$$

în care :

- ρ - săgeata în sens longitudinal

Funcția ϵ_0 este necunoscută, însă nu se urmărește determinarea acesteia deoarece în cursul calculelor se va elimina. Precizăm, că măsurând pe ρ s-ar putea obține informații în continuare în legătură cu celelalte componente ale tensorului de tensiune.

$$\rho = \frac{1}{2} \approx \frac{u}{2} \quad (78)$$

Valoarea încovoirii U în sistemul de coordonate fixat la mijlocul reperului de rulare în partea de jos a punctului $z = 0$, este considerat pozitiv, deoarece, tensiunea remanentă pozitivă existentă în stratul detașat de sus provine dintr-o încovoiere de același semn; în consecință, în raport de tensiune de compensare pe baza legii lui Hooke, se obține următoarea relație :

$$(79)$$

Substituind acest raport în ecuațiile de echilibru și efectuând integrarea după direcția x , a cărei limită superioară este funcție de profil $z(x)$, se obține :

$$\int_0^x \left[\int_0^y \bar{I}_m(\xi, \eta) d\eta + \frac{2}{z^2} u(x) \xi \cdot y(\xi) + \bar{K}_0(u)(x)(\xi) \right] d\xi = 0$$

$$\int_0^x \left[\int_0^y \bar{I}_m(\xi, \eta) d\eta + \frac{2}{z^2} u(x) \xi^2 \cdot y(\xi) + \bar{K}_0(x) \xi y(\xi) \right] d\xi = 0 \quad (80)$$

Ecuația obținută este valabilă pentru fiecare valoare a mării fixe și prin urmare se poate exprima mărimea \bar{I}_m prin derivata mării x . Înainte de aceasta derivatele momentelor au următoarea expresie :

$$M'_0 = \frac{d}{dx} \int_0^x y(\xi) \cdot d\xi = y(x)$$

$$M'_1 = \frac{d}{dx} \int_0^x \xi \cdot y(\xi) d\xi = x y(x)$$

$$M'_2 = \frac{d}{dx} \int_0^x \xi^2 y(\xi) d\xi = x^2 \cdot y(x) \quad (81)$$

După calcularea derivatelor, substituirea funcțiilor corespunzătoare și eliminarea funcțiilor în x se obține :

$$\bar{I}_m(yx) - \frac{xyM_0 - M_1y}{M_0^2} \int_0^x \bar{I}_m(\xi) y(\xi) d\xi - \frac{M_1}{M_0} \bar{I}_m(y) +$$

$$2 \frac{E}{z^2} \left[u^2 \left(M_2 - \frac{M_1}{M_0} \right) + u \left(x^2 y - \frac{2M_1 M_0 x y - M_1 y}{M_0^2} \right) \right] \quad (82)$$

Împărțind această ecuație prin y și efectuând toate operațiile se obține :

$$\bar{I}_m(x) = -2 \frac{E}{z^2} \left\{ u(x) \frac{M_0(x) - M_0(x)}{M_0(x)} + u'(x) + \frac{M_1(x) M_0(x) - M_1^2(x)}{y(x) [M_0(x) - M_0(x)]} \right\}$$

$$+ \frac{1}{M_0(x)} \int_0^x \bar{I}_m(\xi) y(\xi) d\xi \quad (83)$$

Coordonatele centrului de greutate sînt :

$$\bar{x} = \frac{M_1(x)}{M_0(x)} \quad (84)$$

Ca rezultat al calculului se obține următoarea ecuație :

$$\bar{I}_m(x) = -2 \frac{E}{z^2} \left[u(x) \left(M_2 - \frac{M_1}{M_0} \right) + u'(x) \left(x^2 y - \frac{2M_1 M_0 x y - M_1 y}{M_0^2} \right) + \frac{1}{M_0(x)} \int_0^x \bar{I}_m(\xi) y(\xi) d\xi \right] \quad (85)$$

4.2.2. - Calculul numeric.

Drept variabilă este rațional ori în locul mării x a secțiunii rămase să se utilizeze presiunea elementului detașat.

sau :

$$a = x_0 - x \tag{87}$$

deci :

$$-da = dx$$

$$u'(x) = - \frac{du}{da} \tag{88}$$

In același mod se procedează cu variabila de integrare :

$$x_0 = \xi + \alpha \tag{89}$$

sau :

$$\alpha = x_0 - \xi \tag{90}$$

deci :

$$d\xi = -d\alpha \tag{91}$$

dacă :

$$\xi_0 = 0 \longrightarrow \alpha = x_0 - \xi$$

$$\xi = x \longrightarrow \alpha = x \tag{92}$$

Se cunoaște că tensiunea reziduală este în echilibru față de secțiunea transversală inițială :

$$\int_0^x \gamma_m \gamma d\xi = \int_0^x \gamma_m \gamma d\xi + \int_0^x \gamma_m \gamma d\xi = 0 \tag{93}$$

Prin urmare, modificând și limitele de integrare se obține :

$$\int_0^x \gamma_m \gamma d\xi = \int_0^{x-\alpha} \gamma_m \gamma d\xi = - \int_0^\alpha \gamma_m \gamma d\xi \tag{94}$$

Înlocuind în ecuația determinată se obține :

$$\gamma_m(x) = -2 \frac{E}{\sigma} \left[u(x) \gamma - \alpha \gamma - \frac{1}{\sigma} \int_0^\alpha \gamma_m \gamma d\xi \right] \tag{95}$$

In stare inițială, deformarea $u(x)$ și integrala sînt nule. Valoarea lor este componentă numai în cazul detectării unui element. În calculul numeric integrat se poate folosi aproximația indicată în fig. 02.

$$\gamma_m(x) = -2 \frac{E}{\sigma} \left[u(x) \gamma - \alpha \gamma \right]$$

in care :

- j - corespunde variabilei de integrare x
- i - înlocuiește indicii n și este corespunzător cu variabilele x sau a
- \bar{y}_j - tensiunea medie referitoare la paralelogramul j cu grosimea Δx
- \bar{y}_j - lățimea medie a stratului j cu grosimea Δx

Cu notațiile simplificatoare relația devine :

$$\bar{\tau}_i = A_i \cdot \Delta u_i - B_i \cdot u_i - C_i \sum_{j=0}^i \bar{y}_j \cdot \bar{y}_j \quad (97)$$

in care :

$$A = 2 \frac{E}{Z^2} \cdot \frac{M_{2i} - M_{1i} \cdot S_i}{y_i (X_i - S_i)} \cdot \frac{\Delta}{\Delta x}$$

$$B = 2 \frac{E}{Z^2} (X_i - S_i) ; \quad C = \frac{\Delta x}{M_{0i}} \quad (98)$$

Valorile funcțiilor A_1 , B_1 și C_1 se calculează prin momentele determinate prin măsurarea suprafețelor cu planimetrul pe pragurile profilului.

4.2.3. - Deducerea relației pentru cazul elementului marginal .

In această situație, ecuațiile se amplifică cu H_2 , respectiv H_1 și totalizând se obține :

$$M_2 \int_0^x \bar{m} y d\bar{y} - M_1 \int_0^x \bar{m} y d\bar{y} + \int_0^x (M_0 M_2 - M_1^2) = 0 \quad (99)$$

Pentru exprimarea mrimii \bar{m} se calculează derivata în x și folosind notațiile derivatelor momentelor M_0 , M_1 și M_2 , se obține :

$$\bar{m} y x = \frac{M_2 M_1 - M_1^2}{M_1^2} \cdot \frac{dM_2}{dx} - \frac{dM_1}{dx} + \frac{d(M_0 M_2 - M_1^2)}{dx} = 0 \quad (100)$$

substituind în ecuații derivatele momentelor se obține :

$$\bar{m} y x = \frac{M_2 M_1 - M_1^2}{M_1^2} \cdot \frac{dM_2}{dx} - \frac{dM_1}{dx} + \frac{d(M_0 M_2 - M_1^2)}{dx} = 0 \quad (101)$$

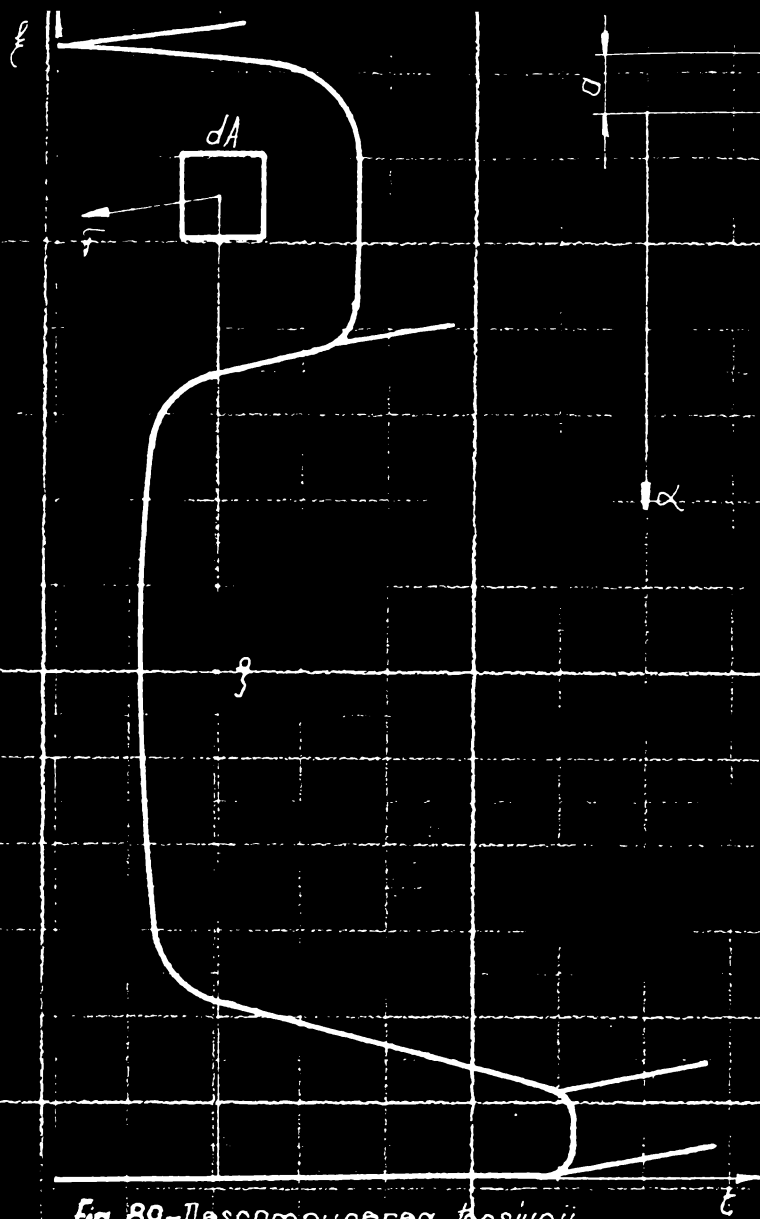


Fig. 89 - Descompunerea tensiunii longitudinale în curbură.

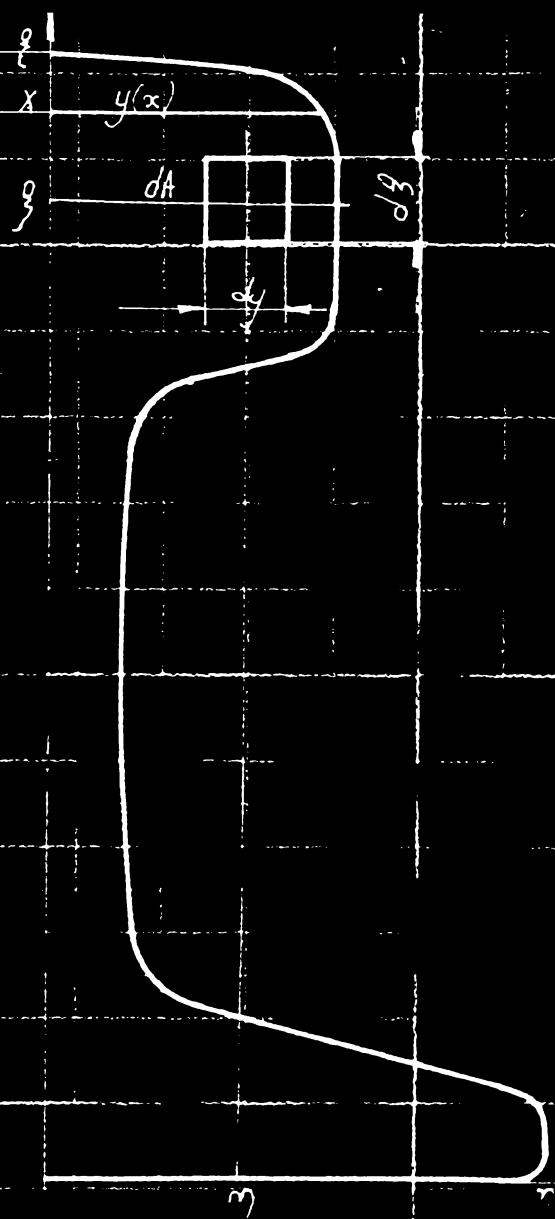


Fig. 90 - Tensiunea echivalentă undei maxime a la deplasare, prin secțiunea cu curbură reperului de referință.

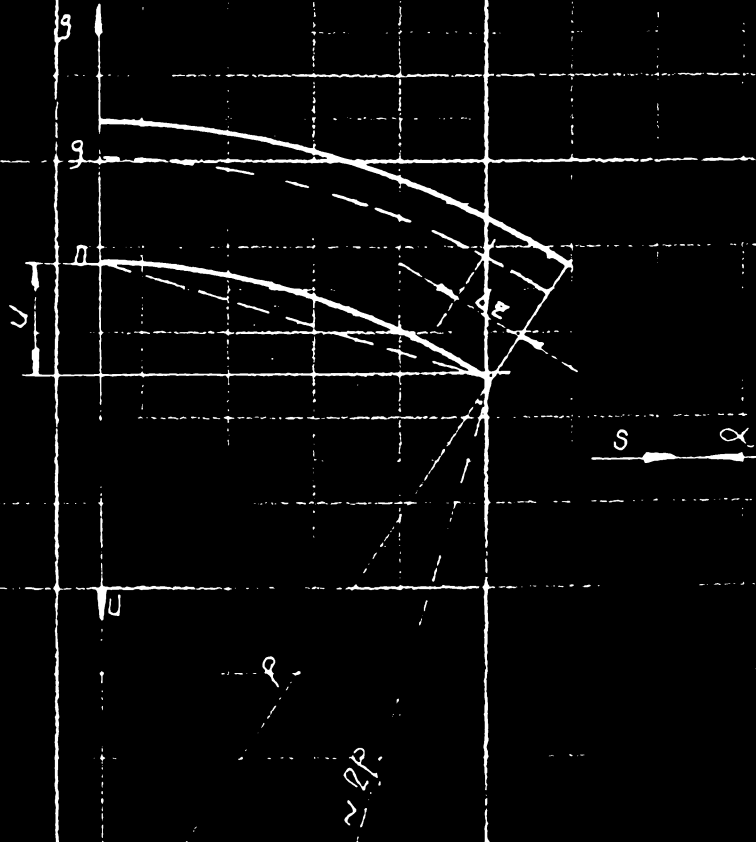


Fig. 91 - Deformarea elastică a reperului, de rotire sub sarcina din curbură

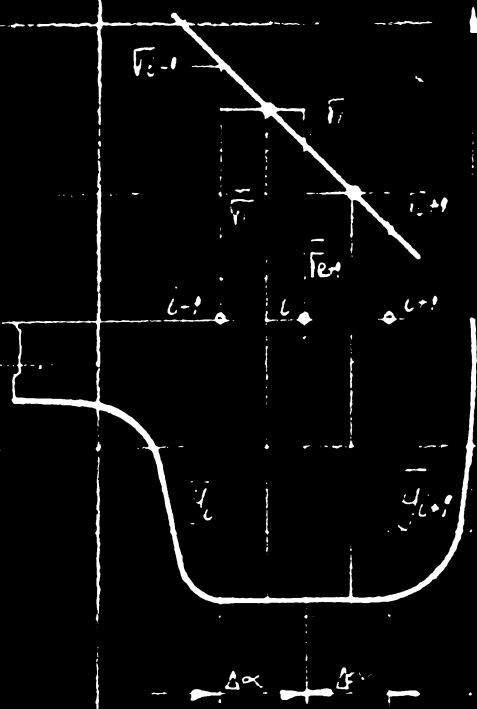


Fig. 92 - Reprezentarea tensiunii echivalente în curbură

Pentru calculul numeric se adoptă ca variabilă înălțimea secțiunii transversale detașată de coordonate (a, d) :

$$\bar{v}'_{k_0} = - \frac{d\bar{v}_{k_0}(a)}{da} \quad \text{și} \quad d\xi = -d\alpha$$

$$\bar{v}_m = \frac{d\bar{v}_{k_0}}{da} \cdot \frac{M_1 - M_0 \frac{M_2}{M_1}}{y_i(x - \frac{M_2}{M_1})} + \bar{v}_{k_0} \frac{M_0 x - M_1}{M_1} - \frac{x}{M_1} \int_0^a \bar{v}_m y dx \quad (102)$$

În ecuații timp utilizând notații simplificată se obțin :

$$\bar{v}_m = - A_i \cdot \Delta \beta_i + B_i \cdot \xi_i - C_i \sum_{j=1}^L \xi_i \cdot \bar{Y}_i \quad (103)$$

unde :

$$A_i = \frac{E}{\Delta \alpha} \cdot \frac{M_{0i} \frac{M_{2i}}{M_{1i}} - M_{1i}}{y_i(x_i - \frac{M_{2i}}{M_{1i}})} \quad ; \quad B_i = \frac{E(M_{0i} \cdot x_i - M_{1i})}{M_{1i}} \\ C_i = E \frac{x_i}{M_{1i}} \Delta \alpha \quad (104)$$

4.3. - Tehnicități aduse aparatului de cale.

Cunoscînd spectrul de solicitare al roților de rulare de la aparatele de cale determinate experimental de pe un model în exploatare, în scopul reducerii joantelor, eliminării acestora prin sudarea cap la cap și a fabricării suprafeței de impact a materialului rulant, s-au proiectat și realizat în cadrul Întreprinderii de Aparat de Cale două aparate de cale cu inimi simple și duble cu vîrfuri mobile conform figurilor 93 și 94.

În aceste prototipuri care se află în exploatare de peste patru ani, au permis prin comportarea corespunzătoare să aducă realizarea imediată a aparatelor de cale destinate caracteristicilor superioare privind sarcina pe osie și vitezele ridicate de exploatare. Uzurile măsurate prezintă o viteză de degradare de 4 ... 5 ori mai redusă decât în cazul inimilor simple și duble cu vîrfuri din oțel și discontinuități în rulare.

4.4. - Conștii tehnice pentru construcția și montarea în cale a aparatelor de cale fără joante.

Conștii tehnice de laborator obținute pe un aparat tehnologic conform planului de tratament, testat pe un banc de încercare a unui prototip de achiziție de cale din oțel, au permis cu următoarele caracteristici constructive : oase flexibile, inimi simple cu vîrf mobil, teste roților de rulare tratate termic superficial și sudate cap la cap prin topire internă.

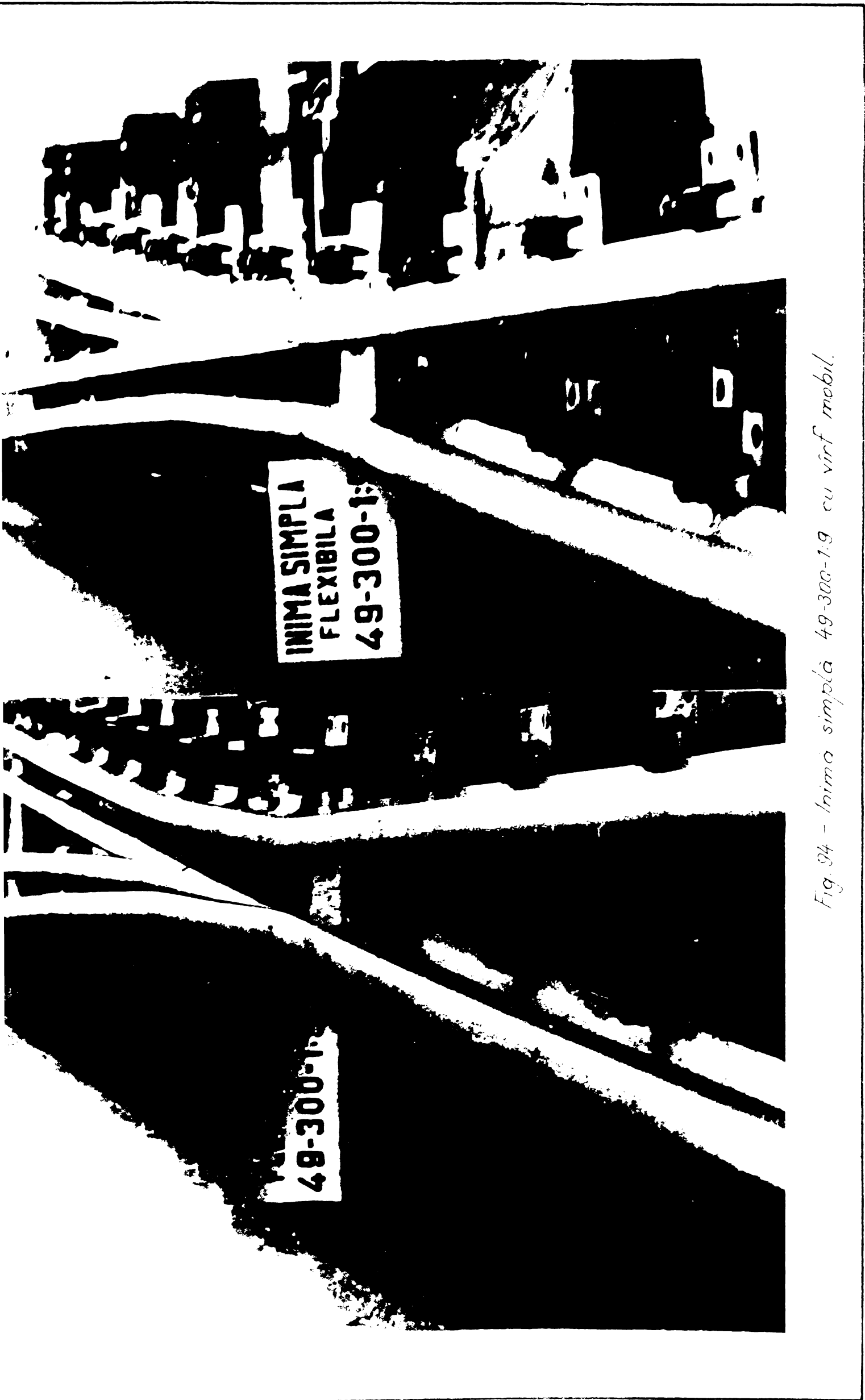


Fig. 94 - Inimă simplă 49-300-19 cu virf mobil.

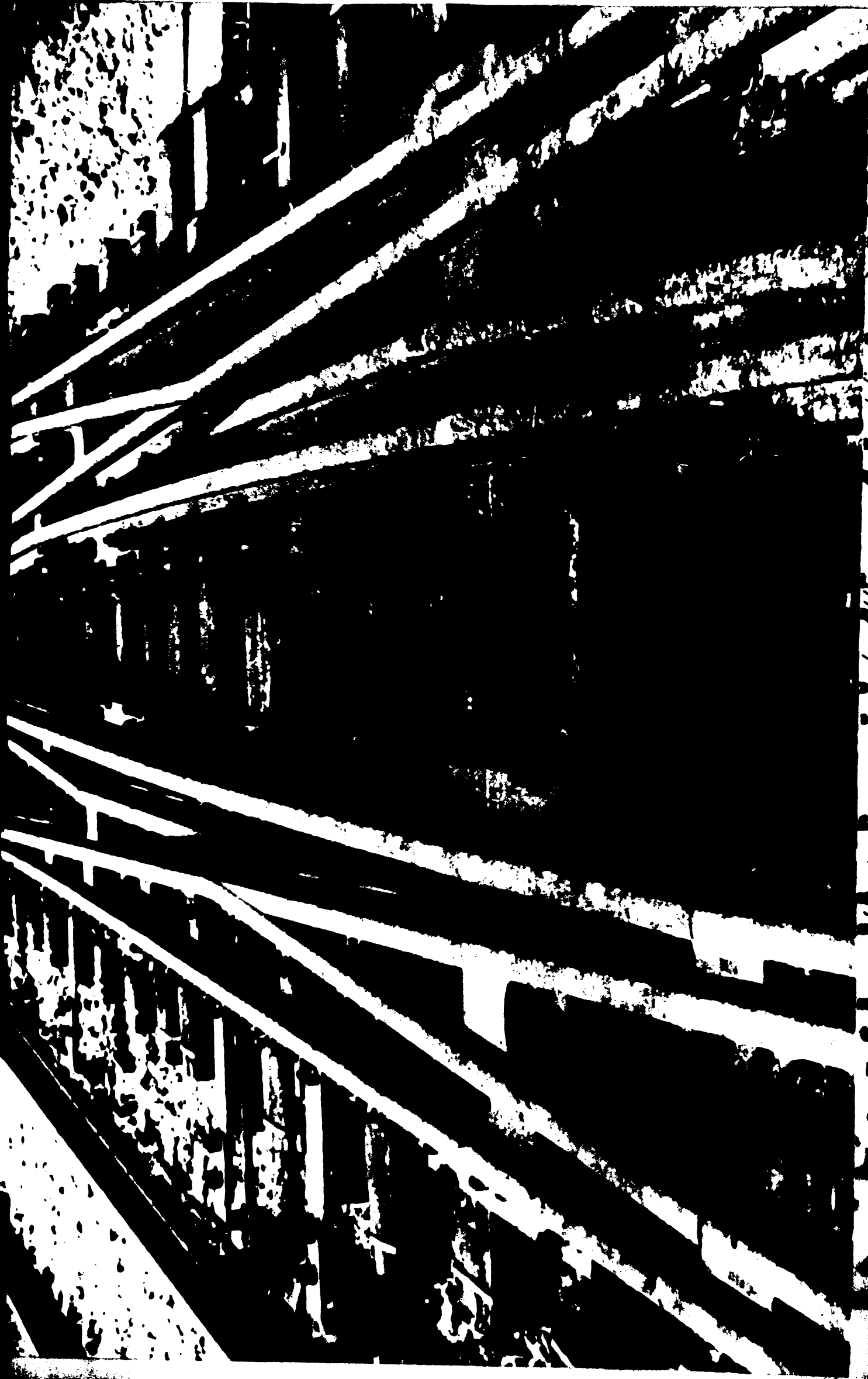


Fig. 93 - Troncare della - jondume cu pispile delle cu vint, mobile 10-100-1:9

diară și prosime, jeante izelante lipite pe șinele de legătură. In fig. 95 se prezintă aparate de cale în poziția de montaj pe traverse în afara căii. Această variantă tehnologică s-a apreciat a fi proba de experimentare privind faptul că s-au efectuat sudurile cap la cap în regim dur cu o instalație mobilă, având în vedere condițiile posibile de manevrabilitate ale părților componente ale acestui prototip. Facile tehnice necesare realizării acestui prototip sînt următoarele :

- pentru toate reperele de rulare s-a efectuat un control ultrasonic înainte și după tratamentul termic superficial
 - socele flexibile ale macazului și vîrfurile inițiale s-au sudat cu oezile în întreprindere pe o instalație fixă
 - s-au montat sub ferul de panouri prefabricate subansamblate schimbătorului de cale : macazul, șinele de legătură , înșira cu șinele de rulare.
- toate reperele de rulare au fost dimensionate în funcție de încălzirea în căleu și adămurile termice de termite și răfăcarea la sudare(18 mm pentru fiecare capăt).
- remanința prin geometrie și construcții acest schimbător de cale nu va prezenta resturi, în exploatare se vor crea două uzuri :
 - reperele de rulare își modifică lungimea într-o singură direcție prin variația temperaturii (cazul 1 din fig.9)
 - reperele de rulare își modifică lungimea în direcții opuse cu variația temperaturii (cazul 2 din fig.9)

Din această figură se desigur următoarele :

- în cazul 1 , în afara de o bună întreținere a schimbătorului de cale și a barei fixăterului de macaz nu sînt necesare măsuri de protecție suplimentare.
- în cazul 2 , pentru a se reduce modificările de lungime șinele căii normale se sudază în afara schimbătorului la o lungime de 200 m .

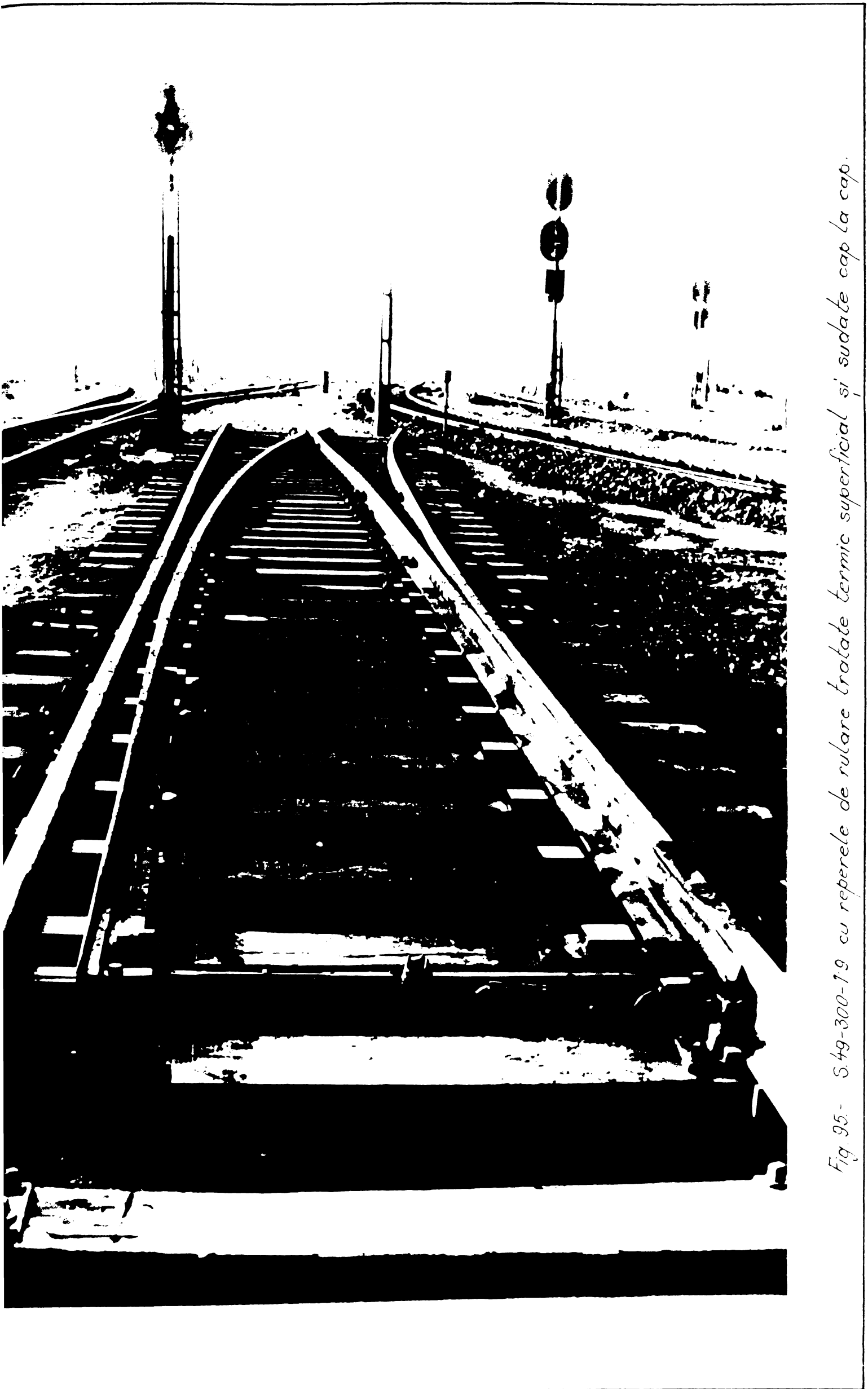
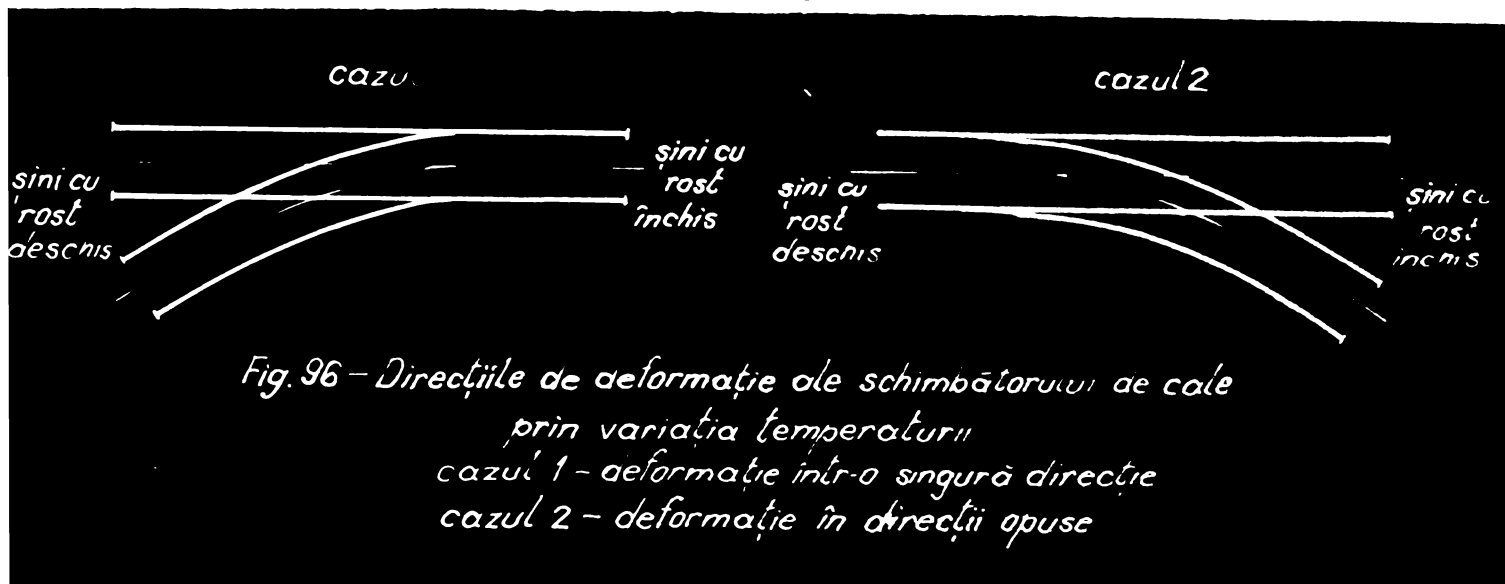


Fig. 95.- S.49-300-1.9 cu reperatele de rulare tratate termic superficial și sudate cap la cap.

De remarcat că în cazul aplicării variantei a doua, reperele de rulare se sudează cap la cap în hala de fabricație a aparatelor de cale, fiind încomodă încărcarea pe vagono platformă speciale.

- înainte de sudare se verifică poziția corectă a capetelor și reperelor de rulare



- se controlează și se verifică funcționarea acelor flexibile și a vârfului uebil prin acționarea fixăterului de vîrf înainte și după sudare pentru asigurarea forței corespunzătoare de înăvîrîre.
- toate jeantole se așază la echer.
- șinole de bășătură de pe firul direct sînt prevăzute cu jeante izelante lipite pentru asigurarea centralizării electrodinamice.
- sudurile reperelor de rulare încep de la intrul în sensul spre începutul și sfîrșitul schimbăterului.
- sudarea se poate efectua la temperatura de 5 ... 30°C
- toate îmbinările sudate se debavurază pe coarșni și se polizează.
- se notează într-o foaie de măsurători toate caracteristicile sudurii pentru fiecare jeantă, inclusiv temperatura mediului ambiant și a reperului de rulare.
- schimbăterul de cale complet sudat se introduce în cale printr-o ripare atentă fiind așezat pe un strat de balast compact de 30 cm grosime sub talpa traversei; prin această ripare se asigură ventilația la echer a jeantolei, poziția reciprocă a vârfului acelor și funcționarea corespunzătoare a fixăterului de macaz.

- schimbătorul de cale complet sudat situat la capătul unui trensoa sudat sau între două trensoane sudate fără joante, trebuie să fie separat de acesta prin panoul tambon cu lungime de 12 ... 30 m cu eclise normale la capete și cu rosturile de dilatare complementare.
- se montează elementele fixe pentru măsurarea deformațiilor cadrului schimbătorului de cale și se organizează în exploatare evidența ocupării care se ține ca și pentru calea sudată cu verificarea și reglarea de 4 ori pe an a jocurilor fixătearelor de vîrf; se va proceda la slăbirea organelor de asamblare pe plîsei pentru operația de detensionare a cadrului aparatului de cale.

Înă în momentul terminării lucrărilor de corectare, din lucrarea de față, nu s-au semnalat deficiențe în modelele experimentale ; acestea urmează a fi supuse unei supravegheri pe timp de încă doi ani pentru a se putea aplica intensități diferite ale traficului și variații diferite de temperatură , a înregistrării uzurilor și deformațiilor.

Cap.V. - CONSIDERAȚII ECONOMICE .

Aparatele de cale cu reperole de rulare tratate termic superficial și sudate cap la cap prin țepire intermediară și presiune prezintă avantajul reducerii efectului dinamic al roților și îmbunătățirii concomitente a rezistenței la uzură , a poziției geometrice, reducînd în final cheltuielile de întreținere și exploatare. Această nouă fabricație a aparatului de cale va determina o reparație a tehnologiei furnizorului și beneficiarului pe produs. Noua construcție a schimbătorului de cale elimină piesele indicate și reconditionările prin încălzire prin sudură electrică la anumite intervale pe an, introducînd tratamentul termic superficial și sudarea cap la cap prin țepire intermediară și presiune a reperolelor de rulare.

Situația comparativă a elementelor economice influențate în construcția schimbătorului de cale în vîntată rezultată în prezenta lucrare și fabricația curentă existentă, se prezintă în cele ce urmează :

- pentru prima etapă de introducere a schimbătoarelor de cale, reperolele de rulare tratate termic superficial

și sudate cap la cap seria de fabricație este de 1700 buc./an.

- proiectul unui 49-300-119 din fabricația curentă este 85 mil lei, corespunzător unei reușite nete de 11.500 lei.

- prin introducerea noii construcții se obțin 1250 kg metal /buc. schimbător de calor.

Având în vedere această influență hotărâtoare a fazei de concepții (cercetare - proiectare) asupra competitivității de masă și asupra valorii de întreținere a produsului, am utilizat ca metodologie " analiza valorii " (77) . Pentru aceasta am tratat următoarele :

- funcțiile produsului prin aplicarea principiilor :
concepția funcțională, concepția integrată, dubla dimensiune și echilibrul între cost și valoarea de întreținere (fig.97 și tabelul 34) .
- calculul pantei " a " și a estimatului " " .

Unul din criteriile utilizate în analiza valorii în valoarea proiectării raționale a produselor este obținerea unui estimator cât mai mic ; cu alte cuvinte, obținerea unei proporționalități cât mai perfecte între ponderile funcțiilor în valoarea de întreținere și în pretul de cost . Din diagrama prezentată în fig. 98 este evident că micșorând pretul de cost al unei funcții se micșorează și pretul de cost total al produsului și prin aceasta crește automat ponderea în costuri a funcțiilor al căror pret de cost nu sa modificat. Aceasta este o altă cauză din care unul puncte de sub droapță pot trece deasupra ei fără a li se modifica totuși cu nimic mărimea absolută a costurilor. În al doilea rând criteriul minimizării estimatorului " " trebuie aplicat concomitent cu criteriul maximizării raportului între valoarea de întreținere și costul produsului; ori mărind valoarea de întreținere a unei funcții se micșorează ponderea în valoarea de întreținere totală a funcțiilor rămase ne schimbate. Pe baza datelor din diagrama fig. 98 și cunoscând că proiectul unitar mediu al materialului pentru elementele care reduc masa netă a schimbătorului de calor este de 4 lei/kg se obține :

$$1250 \text{ kg/schimbător} \times 4 \text{ lei/kg} = 5.000 \text{ lei/schimbător}$$
$$K = 1,05 - \text{coeficient privind competitivitatea de transport.}$$

NOMENCLATORUL DE FUNCȚII
ALE PRODUSULUI
SCHIMBĂTOR DE CALE SIMPLU
S-49-300-1:9

Nr. crt.	Funcția	Unitatea de măsură
1	durabilitate	2 lune sau ani
2	asigurarea inserției libere ghidate a materialului rulant cu anumite caract. r. și de viteză și sarcini pe sec.	curba Heimann + Vogel.
3	rezistența la socuri, vibrații, șocuri concentrate și uniform distribuite	Frecvență, amplitudine.
4	asigurarea unei poziții înalte	dimensiuni în mm.
5	stabilitate - rigiditate în funcție	dimensiuni în mm.
6	deplasarea convergenței a axelor cu curbă în m.	curba de manevrare
7	mentenanță	-
8	fiabilitate	-

Fig. 97. Matricea pătrată a ponderii funcțiilor în valoarea de întrebuințare.
 sensul de comparare

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	0	1	0	0	1	0
2	0	1	0	0	0	0	1	0
3	1	1	1	1	0	1	1	1
4	0	1	0	1	0	0	1	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	0	1	0	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	1	0
8	1	1	0	1	0	0	1	1

Funcții
funcții

5 | 7 | 2 | 6 | 1 | 3 | 8 | 4

TABELUL Nr.31.

NOMENCLATORUL DE FUNCȚII
ALE PRODUSULUI
SCHIMBĂTOR DE CALE SIMPLU
S-49-300-1:9

Nr. CT	Funcția	Unitatea de măsură.
1	durabilitate	2
2	asigurarea inserției libere ghidate a materialului rulant cu anumite caracteristici de viteză și sarcini pe ax	tone sau ani
3	rezistența la socuri, vibrații, șocuri concentrate și unghiuri distribuite	curba Heilmann + Vogel
4	asigurarea unei vibrații regulate	frecvență, amplitudine
5	asigurarea izolării de zgomot	dimensiuni în mm.
6	asigurarea convergenței a axelor cu înclinare	dimensiuni în mm.
7	menținerea	curba de menținere
8	fatiga	-

Fig. 97. Matricea pătrată a ponderii funcțiilor în valoarea de întreținere sensul de comparare.

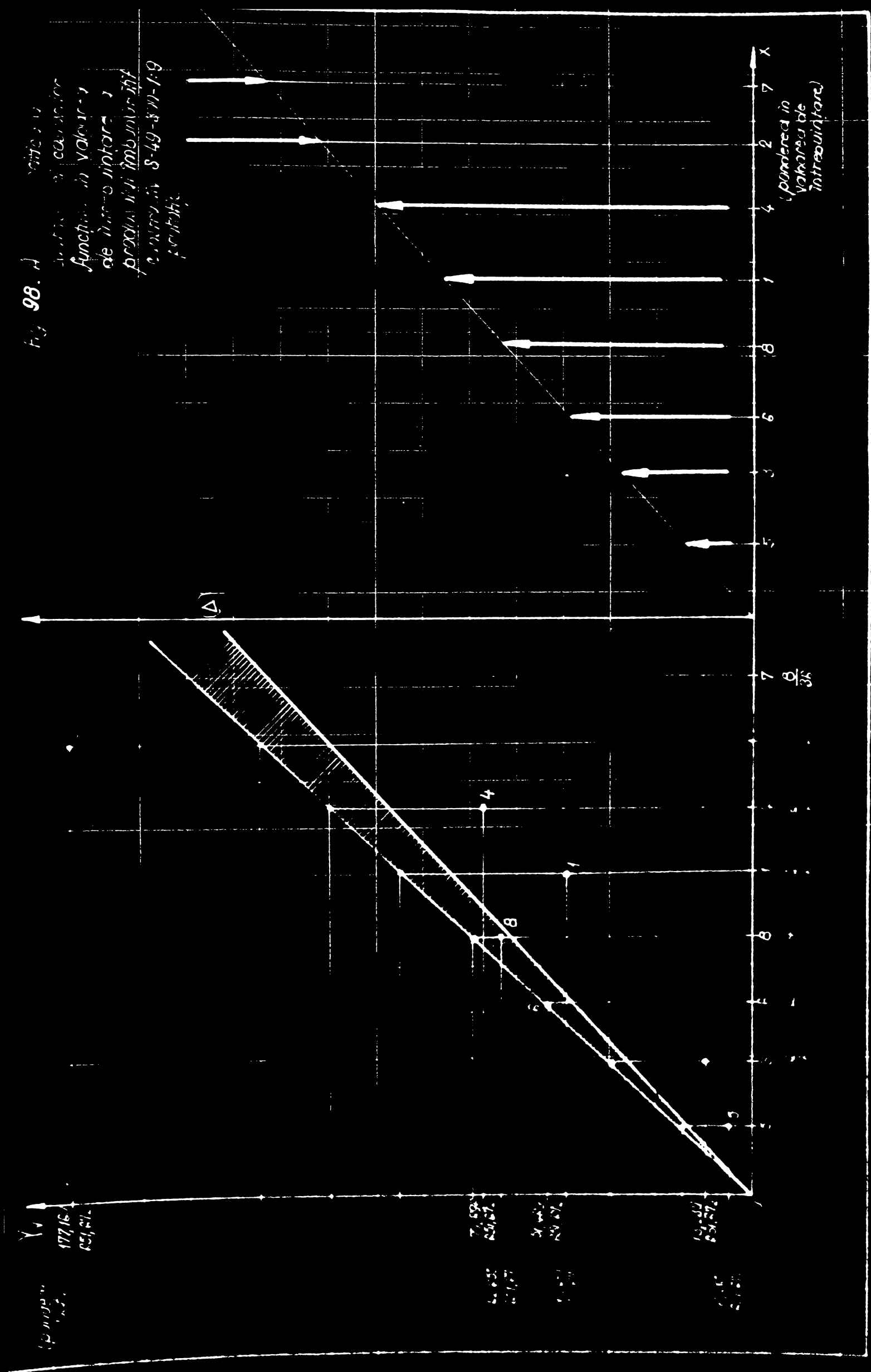
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	0	1	0	0	1	0
2	0	1	0	0	0	0	1	0
3	1	1	1	1	0	1	1	1
4	0	1	0	1	0	0	1	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	0	1	0	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	1	0
8	1	1	0	1	0	0	1	1

Pondere
funcții

5 7 2 6 1 3 8 4

Fig 98. A

Funcția de cost
 în funcție de
 producția
 (costul în funcție de
 cantitatea produsă)



5000 lei/schimbător x 1,05 = 5250 lei/schimbător

Pentru prelucrarea reperelor ce intervin, a tratamentului termic superficial și a sudării cap la cap sunt necesare 50 de ore pe bucată schimbător la un cost mediu al erei de execuție lei.

50 ore/schimbător x lei/oră = 300 lei/schimbător

- pentru prelucrările ce se elimină sunt necesare 110 ore

110 ore/schimbător x lei/oră = lei/schimbător

- reducerea cheltuielilor de rețea aferente consumului de energie electrică și a cheltuielilor de fabricație ale secțiilor productive se ia în raport cu coeficientul de execuție al masei de execuție :

$c_1 = 1,49$ - coeficientul de cheltuieli generale ale secției de fabricație aplicate asupra valorii masei de execuție

$c_2 = 0,3$ - coeficientul de cheltuieli generale al întreprinderii.

- o rețea = (100 - 300) (1,49 + 0,3) = lei/schimbător

- reducerea cheltuielilor pentru .D.V.-urile necesare prelucrărilor mecanice

- valoarea .D.V.-urilor noi introduse pe schimbătorul de cale este de 40 lei.

- valoarea .D.V.-urilor necesare prelucrării reperelor ce se elimină din schimbătorul de cale este de 120 lei.

- o .D.V. = 120 - 40 = 80 lei

- reducerea cheltuielilor de întreținere curentă (tragere la contact și la nivel, îndrețuirea prin sudare electrică a arșurilor și virfurilor) pentru schimbătorul de cale cu reperele de rulare tratate termic superficial și jonctele sudate este în proporție de 50%, adică 500 lei/an și schimbător

- operația de matrițare se evaluează la 100 lei/bucată, adică :

$$4 \text{ buc.} \times 100 \text{ lei/buc.} = 400 \text{ lei/schimbător.}$$

Având aceste date precum și rezultatele obținute din calcularea în exploatare a reperelor de rulare tratate termic superficial pe de o parte, iar pe de altă parte calcularea costului de fabricație se consideră că durata în exploatare a unui schimbător de cale cu rețerle de rulare tratate termic superficial și uscate cap la cap prin tețivă intermediară și presiune este de trei ori mai mare față de un schimbător din funcționarea actuală.

- economia de timp de un schimbător de cale în stare de funcționare în situația constructivă prezentată în lucrare este de :

$$c \text{ total} / \text{schimbător} \text{ și cu } = 220 + 200 + 200 - 100 = 520 \text{ lei}$$

- economia anuală determinată în producția de serie este :

$$c \text{ total} / \text{an} = 520 \text{ lei} \times 100 \text{ buc.} \times 3 = 156.000 \text{ lei/an}$$

Decarece din întreaga producție de aparate de cale numai 1700 buc/an sînt destinate liniilor axiale de cale viteză care se vor executa în tehnologia și forma constructivă prezentată se obține :

$$c \text{ total, final} / \text{an} = 520 \text{ lei} \times \frac{1700}{100} = 88.400 \text{ lei/an}$$

Aparatul de cale realizat în această formă constructivă și tehnologică poate fi oferit în condiții competitive la export. Din datele furnizate de unitățile de comerț exterior diferiți beneficiari din Vest au solicitat aparate de cale rezistente la uzură destinate marilor viteze în nivel de ca. 100 ... 150 km./an; toate cererile au fost refuzate deoarece nu este asigurată fabricația în țara noastră. În această situație, în cazul exportării acestor aparate se poate realiza

un apart valutar de :

$$150 \text{ buc./an} \times 14.000 \text{ lei} = 2.100.000 \text{ lei/an}$$

Economia totală finală pe an calculată se reduce în primul rând de cost al furnizorului și beneficiarului de aparate sale, în sensul că la primul se reduce cheltuielile de producție iar la al doilea se reduce cheltuielile de exploatare ale acestui produs. La furnizor se creștea disponibilitatea unor mijloace fixe prin eliminarea operațiilor din fabricația acestor aparate de cea. 1.000 milioane și tot la același nivel se vor face investiții pentru laborator specific sudării, tratamentului termic și personal calificat adecvat noilor necesități.

La beneficiar se impun următoarele măsuri :

- actualizarea atelierelor de sudură ale oțelului mare și va extinde sfera de activitate la cea. 20 milioane pe întreaga rețea de cale ferată a oțelului și va conserva și sudarea aparatelor de cale, în afara sudurii oțelului fără jante.
- extinderea, dotarea și modernizarea acestor activități de sudură necesită o investiție de cea. 5.000.000 lei care reprezintă mașinile mobile de sudat, aparate, dispozitive, etc.

Apertura veniturilor de investiții necesare noii fabricii la economia totală se obține :

$$t_r = \frac{8}{25} = 0,32 \text{ ani.}$$

În consecință, investițiile necesare se constituie din suma necesităților anterioare, având în vedere obținerea a 2.125 tone metal necesitări /an din care se mai pot realiza cea. 200 buc. aparate de cale sau alte necesități ale economiei naționale.

Cap. VI - CONCLUZII

Încercările de laborator la nivelul de sudură au demonstrat că prin aplicarea intermediului și procesului de sudare se realizează tratate termice superioare și aparatură de cea. este în concordanță corespunzător cu condițiile tehnice ale sudurii, dar o necesitate a întregii economii naționale în superstructura oțelului

determinată de viteza și sarcina pe axie a materialului rulant. Aprecierea definitivă a rezistenței la uzură și eșeculă a jante-
lor sudate ale aparatului de cale executate după diferite varian-
te se va face în urma verificării în exploatare.

Dintru încercarea în exploatare a diferitelor va-
riante de sudare se ține seama în mod deosebit de rezistența la
eșeculă.

Din rezultatele măsurării durității și a uzurii
rezultă că varianta a II-a ar fi **favorabilă**, deoarece tratamentul
termic superficial după sudare rezolvă uzura în zona influențată
termic acolo unde duritatea se reduce în mod evident la nivelul
corespunzător a metalului de bază. Această variantă prezintă
avantaje limitate și anume :

- după sudarea cap la cap a reperelor de rulare
a căror lungime poate varia de la 20 ... 100 m
se face tratamentul termic superficial, montarea
și expedierea pentru montarea în cale; această
tehnologie este dificilă pentru că face imposibilă
expediția și montarea aparatului de cale la
beneficiar.
- varianta I-a (cu încălzire repetată și înlocuire)
prezintă caracteristica corespondențelor ale rezis-
tenței la eșeculă la nivelul reperelor sudate
de 2 ... 20 kg/cm^2 , cu o fisie redusă a zonei
influențată termic. Este de așteptat că prin
instalarea unor mașini de sudat de mare putere și
forță de refluxare (7 ... 8 kg/cm^2) această fisie
să se reducă dimensional reprezentând un pra,
interceptibil la acțiunea materialului rulant.
În cazul acestei variante tehnologice, încercarea
de realizarea durității prin tratament termic
ulterior la obținerea rezistenței a sudurii, nu prezintă
interes pentru aplicare.
- un mare interes pentru aprecierea nivelului
tensiunilor rezonante reprezintă tensiunile care
acțiunează în direcție longitudinală și pentru de-
terminarea lor trebuie aplicată metode destruc-
tive (îndepărtarea treptată longitudinală a stru-
rilor de metal și măsurarea să vîi de încoșare
și a deforării longitudinale permițînd determinarea

cu suficientă precizie a valorilor medii ale
tensiunilor rezanente .

Lucrarea acordă atenție concluziei și fundamentării formulaelor
de calcul pentru tensiunile rezanente pe baza experimentelor
efectuate. Aceste relații de calcul propuse, sînt suficiente de
bine fundamentate pentru cazul în care direcția tensiunii prin-
cipale este paralelă cu axa longitudinală a reperului de rulare
și are o structură rezanentă tensionată simetric față de axa
verticală , astfel fiind posibilă obținerea unor valori medii
ale tensiunilor rezanente în prezinca structurilor îndoită .
Se menționează că tensiunile medii rezanente pe lățimea sec-
țiunii reperului de rulare nu reprezintă o caracteristică sufi-
cient de expresivă a acestei stări. Pe lățimea secțiunii îndoite
în talpă , după cum au arătat determinările efectuate, tensiunile
rezanente pot atinge în partea de mijloc la ... 10 kg/cm^2 ;
este de așteptat ca influența negativă a tensiunilor rezanente
asupra rezistenței la oboseală să fie determinată de valorile
maxime ale tensiunii care împreună cu sarcinile exterioare pot
contribui la apariția și dezvoltarea concentratorului de
tensiune.

- o concluzie importantă pentru prize date
confirmată experimental este faptul că pe lățimea
reperului de rulare tratat termic și oțelul
aceleiași stări tehnologice (laminat și prolu-
orat prin uschire) dispersarea valorilor ten-
siunilor rezanente este foarte mică iar trata-
mentul termic superficial și sulfurii cap la cap
prin topire intermediară și prezinca răcoare con-
siderabil această dispersare. Injoritatea tensi-
unilor din reperele de rulare în stare inițială
se eliberează în procesul tratamentului termic
superficial și al sulfurii cap la cap. Tensiunile
redușe după laminare și îndoire influențează
foarte puțin asupra tensiunilor și defurării
ajutate cu uscare a tratamentului termic super-
ficial și al sulfurii cap la cap.
- pentru concretizarea spectrului complet al ten-
siunilor se preciază că lucrarea descrie o
sarcină limitată a unei oțelării următoare

utilizând franjele MDR.

- pentru cazul aparatului de cale, prin determinările variațiilor caracteristicilor de lungime pe fibrul direct și deviat în funcție de temperatura și sarcinile exterioare se poate determina teoria aparatului de cale fără joante.
- în această contribuție științifică se adaugă prelunghirea duratei de serviciu a aparatelor de cale precum și economie de ca. 25.000.000 lei/an din care peste 2.000 tone metal economisit, în condițiile de organizare adecvate a fabricației și echipării, aspecte complet realizabile în cadrul Ministerului Transporturilor și Telecomunicațiilor, cunoscutul că are în subordine directă furnizorul și beneficiarul acestui produs.
- se dezvoltă o activitate nouă de urmărire fabricației la furnizor și beneficiar la un nivel științific ridicat privind sudarea cap la cap prin topire intermediară și presiune, creându-se astfel toate premisele pentru obținerea unui aparat de cale cu va produs 150 ... 300 km/oră la sarcini de ca. 25 ... 27 tone. Se vor extinde experimentele pe construcția schimbătoarelor speciale pentru siderurgia și metalurgia la nivelul de 50 ... 100 tone survină/ceas și 15 - 25 km/oră.

Cap. VII . - BIBLIOGRAFIE

1. - ROUSS, R. - Les appareils de voie aux grandes vitesses
Révue (Générale des chemins de fer.
Juillet - Août 1970
2. - N. IONESCU, C. HALAHIU, - Application de la résistance
dans les appareils de voie (article daté de la revue
Revue des Chemins de fer).
3. - C.C. TEGDORANU - L'usure des rails sans joints sous l'influence
de la température
4. - LI BIAN J. - L'optimisation de la structure des lignes
ferées et perfectionnement des appareils pour
la réalisation de vitesses élevées de circulation et de
charges élevées de trafic.
In - Les techniques de l'automobile
1966, N° 5.
5. - N. IONESCU - Stabilisation de la dérivée de la loi
élastique d'une poutre soumise à une charge
variable; application aux appareils de voie
des appareils de voie (article de pré-
sentation).
6. - D. NOCANU, N. ENA, R. BURADA, H. DRAT - Calculs de résistance
pour des problèmes spéciaux du chemin de fer.
7. - BAUTLOU M. - Les conditions géométriques du contact
rail. Révue (Générale des chemins de fer.
Juillet - Août 1975.
8. - M.A. FRED'HOFF - La stabilité des voies en long
M.C. JAIN rail de section. Révue Générale des chemins
de fer, Février - Partie 1966
9. - N. IONESCU - Théorie du matériel roulant sur les appareils
de voie; rapport de la commission de recherche
scientifique - I. P. Bucuresti - Faculté de
matériel roulant - 1966
10. - Atelier de - Détermination des forces de traction et
Projetare Apar- l'usure du matériel roulant sur
rate Cale Drumu appareils de voie (un itinéraire)
11. - CILBERT - Untersuchungen über die Beanspruchung
des Schienenmaterials. In: Die Eisenbahn 1966.

12. - **CHIRAN, C.** - Suprastructura otilor ferate în R.P.G.-
Darmstadt - 1975
13. - **N. IONESCU, V. IAFAR** - Verificarea rezistenței în uzură și
abuzarea a reperelor întese solicitate ale
aparaturilor de cale. În Revista Otilor
Ferate Nr.2./1976
14. - **NICULESCU C.** - Rezultate semiindustriale obținute prin
tratamentul termic inductiv la aparatele
de cale tip 49. În Revista Otilor Ferate
Nr.1./1976.
15. - **GEORG I., DIETZ, Jr.** - Metalurgia mecanică - 4. Tehnică
1976.
16. - **BALVAȘ, R.** - Călea sudată. În: Ingineria d'Informații
Techniques de la DT Nr.4/1976
17. - **CLARA BOJORA** - Cercetări privind influența deformațiilor
plastice asupra calității sudurilor reali-
zate prin presiune în capete - teză de
doctorat 1976
18. - **N. IONESCU** - Import tehnic privind deplasarea pentru
specializare la diferite administrații de
cale ferată din : R.P. Polonia (1976),
R.P. în cehoslovacia (1977), Austria (1977),
R. Germania (1976), R. Cehoslovacia (1978)
Iugoslavia (1978), R. Germania (1979), R. S.
Cehoslovacia (1979) (pe intern)
19. - **MELIOSI, C.** - Studiu comparativ ale diferitelor procedee
de sudare aplicate șinelor de cale ferată
Revista sudură, anul VII, nr.4. Decembrie.
20. - **T. BALACAN** - Statistici în sudură-CZu (21.79133)-
Sistemul documentare -OMIT-MIT sudură
3/1979
21. - **T. ALACAN** - Probleme fizice și metalurgice la sudarea
cu arc electric al șinelor. Editura
Academiei R. S. R. - București 1965.
22. - **T. SAIAȘAN, MVA, S.** - Câteva probleme ale sudării prin
topire intermediară a șinelor de cale fe-
rată cu suduri de coliere. Teză și cer-
cetări de metalurgie Nou 12 Nr.1/1977.
Editura Academiei R. S. R.

23. - ¹MICLOSI, C. - T. ALAIAN, BORZA C., INTRAMU, H., NOCA S. - Cercetări privind sudarea șinelor de cale ferată. Lucrările sesiunii științifice a Institutului de Cercetări Căi Ferate din București. V. 197 M.C.T.-C.D.I.T. - București 1968.
24. - T. ALAIAN, C. BOARNA, NOCA S. - Determinarea curbei de încălzire în cazul încrețirii la obosală a șinelor de cale ferată. Centrul de Cercetări Tehnice din Timișoara al Academiei R. Române, Timișoara 1969 (pentru uz intern)
25. - CRULI TEANU S. - Încrețiri la obosală în cazul șinelor sudate. A II-a Conferință de sudură și încrețiri de metale - Timișoara 1961.
26. - ANI -1945 - Cumulative Damage on Fatigue
27. - MADANAN T - ONCE ALA HETALURIC - d. Tehnică 1962
28. - S.I. OMIPO - Bazele tracțiunii electrice d. M.T. - C.D.I.T.
29. - IERUSOV M.N. - Tendințe actuale în dezvoltarea științei asupra rezistenței la uzură a materialelor. Conf. a III-a internațională Moscova 1958, vol. II p. 2 - 1.
30. - CRUDU M.J. - Contribuții la studiul influenței tensiunilor normale inițiale asupra distrugerii statice și prin ocupitură a contactelor punctiforme. Tez. de doctorat - Institutul Politehnic Iași - 1967.
31. - AV L. M. - Studiul actual al cercetărilor în domeniul uzurii, evoluția necesităților asupra frământării studiilor și cercetării metalurgice Nr. 12. Nr. 1/1968
32. - M. ICHIM M. g.a. - Raport de invenție Nr. 52295/24186
33. - MIHAIAN J. - Dezvoltarea aluziunii șinelor. Comunicare între teorie și practică. închișura București Nr. 1, nr. 10/1967 p. 355 - 361.
34. - XXX - Les essais de prettement et d'usure des matériaux machine moderne 1967, Doc. p. 33-4
35. - XXX - Les essais de frottement et d'usure des matériaux machine moderne, 1964. Sb. P. 401-452
36. - RATTU M g.a. - Considerații asupra tensiunilor de contact la imprimări asferă-plan. Studii și Cercetări Metalurgice te. 13, nr. 1, 1968 p. 103-112.

37. - RĂTEU M. ș.a. - Memoriu tehnic. studiul esportării la unghi al orănelor de masini. Academia R.P.R. Centrul de Cercetări Tehnice Timișoara, 1973.
38. - DORIN ON A - Friction losses and shear value, phenomena in the mechanical wear of metals, wear, vol. 11 nr. 1, 1966, p. 29-40
39. - TABER T. - The Hardness of metals. Oxford Univ. press 1951
40. - NEEMAN C. - Die plastische Verformung uniaxialer stabförmiger Einzelkristalle, Z. f. angew. Physik, nr. 494 p. 5.
41. - ODJEROV A.V. - Studierea și încercarea prin sudură a șinelor de cale ferată traducere din I. I. I. Institutul Național de cercetări științifice de la Șile (Serate)
42. - HIRSH B. - Dare de seamă finală din septembrie 1977 asupra tensi nr. 422a Zurnit "Ingenieur". Tensiuni reziduale în șinele de cale ferată.
43. - ILARIE NEACI C. - Dare de seamă asupra deformației în 1977 asupra sudurii șinelor - 15 pct. 1 Zurnit "Ingenieur"
44. - HILL R V - V. NISSE H - Influența sudurii prin rezistență electrică de contact și aluminotermaică asupra proprietăților mecanice ale oțelului de șine. "Archiv Ingenieurwesen" Nr. 3, 1975 p. 5. p. 351 - 39
45. - G. ALA AL - Executarea sudurii șinelor cu conținut ridicat de carbon. Import prezentat la constituirea a V-a cu privire la tehnica sudurii și încercarea materialului în șinele de cale ferată.
46. - HAY R C. - Tensiuni reziduale în șinele de cale ferată. "Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens" 1973 nr. 10 p. 236 - 242
47. - YAJOUJA J și HAY R - Tensiunile reziduale din șinele de cale ferată "International Railway" nr. 6-1 5 nr. 1 p. 1. - 11.
48. - DUS R. - Determinarea tensiunilor reziduale în șinele sudate prin aluminotermaică; clasificare undă elastică 1977, nr. 10 p. 471-47
49. - HA Y. - Perfecționarea șinelor de cale ferată. "Ingenieurwissenschaften" 2/1973 nr. 7 p. 374 - 384

50. - ISMANN J. - Analiza teoretică a funcționării cizperii
șinelor în locul de aplicare a sarcinii
"Isenbalntechische Rundschau" 14,1971,
nr.8 p.25 ... 34.
51. - N. IONESCU ș.a. - Determinarea rezistenței la oboseală a
acelor și virfurilor flexibile de la aparatele
de cale tratate termic superficial și sudate
cap la cap (articol în pregătire)
52. - SCIBANI V - Noi procedee de încercare a materialului
și a îmbinărilor sudate în construcții salate
mari. "Carillon Colloquioitteilum" 1957
ediție specială.
53. - POPP - Cu privire la acțiunea de șoc a reților ma-
terialului rulant care nu sînt absolut circu-
lare. "Archiv für Isenbalntechische" 1952
nr.1. p.12 - 27
54. - NOWAKI W - Dinamica sistemelor elastice - traducere din
1. poloneză - d. Tehnică 1970
55. - D.R. MOCANU - Fenomenul MEER și aplicațiile lui în tona-
metrie - d. Tehnică 1973.
56. - D.R. MOCANU - Studiul deformațiilor și al eforturilor
unitare prin metoda MEER. Institutul Central
de Cercetare Tehnică - 1970.
57. - HANDEL, HENYU - Construcția șii torato .S.I. 1970
58. - S. DOBREA ș.a - Sudarea prin presiune - d. Tehnică 1970
59. - S.S. T. GABR Ș. ș.a. MOCANU - Îmbinări sudate
d. Tehnică 1972
60. - T. ALAN AL. ,VL. STICHI I - Automatizarea proceselor tehnice
- d. Tehnică - 1970
61. - STICHI I ,STI - Sudarea prin topire a oțelurilor
aliante - d. Tehnică 1970
62. - HENYU ȘI AL. - Rezistența materialelor - d. Tehnică 1974
63. - HANDEL ȘI AL. - Grunc de șaguni vol.1 - d. Tehnică 1974
64. - HANDEL ȘI AL. - Ocure și vibrații vol. I, II, III
d. Tehnică 1972
65. - V. VITTORETI, C. BALAN, ȘI AL. - Mecanica teoretică
- d. Tehnică - 1970
66. - DOURGHI MOCANU - La fatigue des assemblages soudés en acier.
In: Revue de la soudure, Bolia nr.4.-1974

7. - BOLLANI C - Incercarea existentei la etecali cu inotrea-
re pre-recatid. in: Ingegneria meccanica- Italia
19 nr.1/1970
8. - N. IONCU - T. J. 49-190-1:3 cu inimile duble cu virfuri
mobile.
Revista /1970
9. - I. Zagarescu - Locomotive cu setoare termice - d. Tehnica 1973
70. - A. P. A. . . . - Insurditati ale uzurii rotoarelor de rulare
(uz intern) in cale.
71. - N. IONCU - "Institutul Politehnic - Bucuresti - si o
" scolaritate odii la rulare la nivelul 11-0".
72. - C. I. IAN, A. S. - Noutati tehnice si metode de lucru
M. LIBANU, . N. svari si aplicatii
Automatizarea svari, -1973
73. - Fedotov, U. . . - O druzura rasuata pri neperforarea
ternoata, I. A. aplicatiilor.
Automatizarea svari, 1-1977
74. - Hideo Ando, - studii cu flash welding tehnologia de cietta
Shuji Maeta co. II / III 370 - 0
75. - Neumann, H - Entwicklung und praktische Anwendung
Möglichkeiten der widerstand stumpfbohrer-
sach schweissen und chveiden, 11-1973
76. - X - Analiza Valorii
Academia Stefan C. M. - 1978