

MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÎNTULUI
INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA"
TIMIȘOARA

ING. EUGENIU C. CRIVIANU

STUDII ASUPRA EFICIENȚEI UNOR NOI
MATERIALE ȘI TEHNOLOGII ÎN CONSTRUCȚIA
MASINILOR DE RIDICAT ȘI TRANSPORTAT

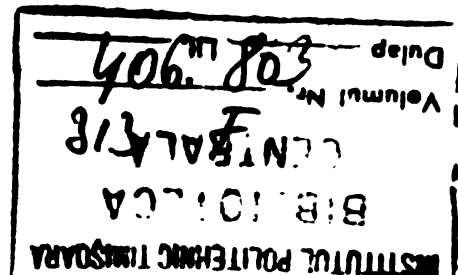
BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICĂ"
TIMIȘOARA

TEZA DE DOCTORAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC

PROF. DR. DOCENT ING. AUREL NANU

- 1 9 8 0 -



C U P R I N S

	Pag.
Cap. 1. Introducere.	1
Cap. 2. Stadiul actual al studiilor și cercetărilor în domeniul tehnologiilor și materialelor utilizate în construcția mașinilor de ridicat și transportat.	3
2.1. Direcții de cercetare și efectele economice ale soluțiilor adoptate.	3
2.2. Considerații generale asupra cutiilor de viteză și a reductoarelor a mașinilor de ridicat și transportat.	4
2.2.1. Generalități.	4
2.2.2. Prescripții de fabricație.	5
2.3. Analiza critică a sistemului actual de fabricație a roților dințate și a pinioanelor la Intreprinderea Mecanică Timișoara.	9
2.4. Propuneri privind sistematizarea fabricației roților și a pinioanelor, restrîngerii sistemului calităților de material și aplicarea de tehnologii noi în fabricație, din punct de vedere a tratamentului termic.	10
2.5. Aprecieri privind stadiul actual, pe plan mondial, a aplicării tratamentului termic de suprafață la roțile dințate aparținînd reductoarelor.	13
2.6. Considerații asupra alegerii oțelurilor și fontelor pentru călirea superficială.	33
Cap. 3. Cercetări fundamentale și experimentale a călirii superficiale a roților dințate.	35
3.1. Alegerea metodei optime de tratament termic superficial a roților dințate.	35
3.1.1. Posibilități de călire superficială a flanoului dintelui.	39
3.1.2. Experiențe în călirea cu arzătoare a gurilor de dantură.	40
3.1.3. Incercări de călire prin inducție a gurilor de dantură în domeniul frecvenței lor medii.	43
3.1.4. Călirea superficială a roților dințate cu bandaj, de gabarite mari.	46
3.1.5. Considerații asupra construcțiilor corecte din punct de vedere a călirii superficiale circulare.	50

	Pag.
3.2. Stabilirea parametrilor tehnologici principali.	59
3.3. Determinarea unui sistem de calcul pentru trecerea pe calculatorul electronic a parametrilor tehnici și tehnologici ai călirii superficiale.	65
3.4. Generarea pe calculatorul electronic a tehnologiilor de turnare, formare și tratamente termice a roților dințate și a roților de rulare călite superficial.	89
3.5. Metode de calcul a roților dințate ținând cont de influența călirii superficiale asupra construcției angrenajelor.	109
3.6. Cercetări și experimentări pentru evitarea defectelor la căliri superficiale cu arzătoare a roților dințate.	112
3.7. Determinarea deformațiilor la roțile dințate a reductoarelor călite superficial.	120
3.8. Influența tratamentului termic anterior călirii superficiale, asupra variațiilor dimensiunilor de bază a roților dințate.	125
3.9. Controlul materialului din punct de vedere a posibilităților de fisurare pentru oțelurile propuse de a fi călite superficial cu flacără.	136
3.10. Rezultatele încercărilor Concluzii.	148.
Cap. 4. Tehnologii și materiale noi la fabricația roților de rulare.	158
4.1. Considerații generale asupra roților de rulare.	158
4.1.1. Generalități.	158
4.1.2. Prescripții de fabricație ale roților de rulare.	159
4.1.3. Defecte în exploatare a roților de rulare.	159
4.1.4. Tendințe mondiale în fabricația roților de rulare.	160
4.2. Determinarea parametrilor tehnologici.	161
4.2.1. Alegerea tipului de tratament termic.	161
4.2.2. Stabilirea adâncimii optime a stratului călit.	161
4.2.3. Determinarea materialului cel mai eficient pentru roțile de rulare.	164
4.2.4. Încercări privind parametrii optimi ai regimului de călire.	169
4.3. Cercetări experimentale și aplicative.	170

	Pag.
4.3.1. Instalații originale pentru realizarea cercetărilor.	171
4.3.2. Stabilirea standului de încercări din punct de vedere constructiv și funcțional.	177
4.3.3. Etalonarea instrumentelor de determinare a condițiilor de încercări experimentale.	181
4.3.4. Considerații privind construcția arzătoarelor și determinarea unei metode de călire cu preîncălzire.	182
4.4. Condiții experimentale.	183
4.4.1. Arzătoare originale.	185
4.4.2. Temperatura de încălzire.	186
4.4.3. Tehnologia călirii superficiale cu flacăra a roților de rulare pe mașina tip 660.	187
4.5. Posibilități de îmbunătățire a tehnologiilor și materialelor.	187
Cap. 5. Tehnologii de vîrf în construcția mașinilor de ridicat și transportat.	191
5.1. Folosirea maselor plastice ca înlocuitor al metalului la fabricația unor tipuri de role de cablu sau roți de rulare, de diametre reduse.	191
5.2. Durificarea superficială a tijelor lungi prin acoperire cu crom dur.	195
5.3. Călire superficială a căilor de rulare a rulmenților mari.	199
Cap. 6. Încheiere.	201
Cap. 7. Bibliografie.	205

C A P I T O L U L 1

I N T R O D U C E R E

Congresul al XII-lea al Partidului Comunist Român dezbătând documente de cea mai mare actualitate pentru dezvoltarea viitoare a țării, pentru înfăptuirea Programului partidului, de edificare a societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintarea României spre comunism, a trasat și liniile directoare de industrializare a țării pentru etapa 1981-1985.

Ținând cont că industrializarea se desfășoară în condițiile în care pe plan mondial sursele de materii prime și energetice sînt limitate, că accesul la acestea este din ce în ce mai anevoios, apare ca necesară orientarea cercetărilor spre lărgirea bazei tehnologice pentru gospodărirea economică și punerea în valoare a tuturor resurselor materiale și energetice a țării.

În acest sens am considerat de cea mai mare importanță economică, adoptarea unor soluții tehnologice moderne, de mare randament, cu consumuri materiale și energetice reduse care să conducă la restructurarea și modernizarea actualelor tehnologii, mari consumatoare de energie.

În baza cercetărilor care fundamentează prezenta lucrare au stat o multitudine de experimentări ale căror rezultate au fost utilizate pentru definirea soluțiilor tehnologice în scopul obținerii unor eficiențe economice cît mai superioare, în așa fel încît să se aducă o contribuție cît mai substanțială la rezolvarea problemelor majore ale Întreprinderii Mecanice Timișoara, precum și a industriei constructoare de mașini din țara noastră.

Este important de subliniat că în construcția mașinilor de ridicat și transportat acest subiect nu a fost încă tratat și că modul de soluționare a problemelor ridicate de rezolvarea sa, a pus în permanență în prim plan obținerea de efecte economice cît mai ridicate prin soluții prioritare, cu caracter universal de aplicație în construcția de mașini.

x x x

Această lucrare aduce deci o contribuție în ansam-

blul tehnologiilor necesare construcției de mașini, completând un domeniu rămas evident în urmă. S-a urmărit, ca în condiții științifice, justificate riguros de studii și experiențe întreprinse dealungul unui deceniu, să aducă precizări noi și originale în construcția mașinilor de ridicat și transportat, dându-se indicații utile și necesare pentru optimizarea unor tehnologii.

Lucrarea scoate în evidență necesitatea de a aborda problemele tehnologice prin prisma abandonării unor tehnologii "clasice" și înlocuirea lor cu altele mai puțin convenționale, inovatoare și motivate economic, prin eficiența lor.

Rezultatele obținute, prin aplicarea acestora în ultimii doi ani la întreaga producție a Intreprinderii Mecanice Timișoara, consider că justifică soluțiile alese la tratarea lucrării.

x x x

Teza cuprinde 205 pagini, organizate în 7 capitole, cu 248 reprezentări grafice și 167 titluri bibliografice.

Din bibliografie, 153 titluri au fost studiate în ediție originală, cuprinzând realizări din țările cu experiență înaintată în domeniul cercetat: URSS, RFG, Anglia, Franța, SUA și Japonia.

Pentru cercetările fundamentale și experimentale a fost necesar proiectarea și realizarea a 8 utilaje, 4 standuri de încercări, 12 dispozitive complexe, 26 scule specifice, experimentarea extinzându-se asupra a 33 de materiale, prin 1150 eșantioane realizate și trecute prin filiera probelor tehnologice, materializându-se prin fișe și cartele individuale, prelucrate pe calculatorul electronic.

x x x

Autorul exprimă și pe această cale nemărginita sa recunoștință profesorului și pedagogului dr. doc. ing. Aurel Nanu, șeful catedrei de tehnologie mecanică, pentru indicațiile prețioase, sprijinul permanent și atent acordat pentru a duce la bun sfârșit lucrarea de față.

Ç A P I T O L U L 2

STADIUL ACTUAL AL STUDIILOR SI CERCETARILOR IN DOME- NIUL TEHNOLOGIILOR SI MATERIALELOR UTILIZATE IN CONSTRUCTIA MASINILOR DE RIDICAT SI TRANSPORTAT

2.1. Direcțiile de cercetare și efectele economice ale soluțiilor adoptate.

Din cauza caracterului limitativ a acestei lucrări, pe baza unor studii preliminare, am selectat numai acele tehnici de fabricație, a căror efect economic este maxim, astfel încât acestea să-și aducă contribuția la scăderea cheltuielilor de producție, prin creșterea productivității muncii, reducerea ciclului de fabricație și micșorarea volumului de muncă investită.

În acest scop, la specificul Întreprinderii Mecanice Timișoara, am considerat oportun în rezolvarea acestor probleme, aplicarea următoarelor soluții tehnice :

1. Utilizarea de oțeluri carbon de calitate și slab aliate de îmbunătățire, în locul oțelurilor de cementare, la fabricarea roților dințate și a pinioanelor de la cutiile de viteză din fabricația I.M.T., cu aplicarea tehnologiei de tratament termic de călire superficială în locul cementării.

2. Înlocuirea tratamentului clasic volumetric de îmbunătățire a roților dințate ale reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat, a utilajelor metalurgice și miniere, prin tratamentul de călire superficială, cu eliminarea operației tehnologice de rectificare a danturei.

3. Durificarea superficială pe o anumită adâncime, a suprafeței active a roților de rulare din oțel carbon, cu determinarea raportului optim între adâncimea și duritatea stratului călit în scopul prelungirii vieții în exploatare a roților.

4. Călire superficială a căilor de rulare a rulmenților mari - diametru minim 2000 mm - de la utilajele metalurgice și miniere, în vederea eliminării importului.

5. Durificarea prin cromare continuă a tijelor infinite de lungi, în vederea protejării și durificării stratului

superficial, de la automacaralele grele, cu ajutorul unei puteri instalate foarte mici.

Bineînțeles, că aceste căi de ridicare a eficienței economice nu constituie un cadru închis, domeniul de cercetare fiind mult mai vast și cu un pronunțat caracter dinamic, variabil în timp și în concordanță cu evoluția mondială a crizei de material și energie.

Soluțiile alese sînt o consecință firească a studiilor și experimentărilor făcute și reprezintă aportul propriu, precum și viziunea personală în vederea rezolvării problemelor de studiu propuse, în varianta de eficiență economică maximă.

2.1.1. Dat fiind, domeniul vast și diversificat care cadrează subiectele de ansamblu a lucrării, nu a fost posibil de a se da o rezolvare integrală a tuturor problemelor legate de optimizarea economică a întregii producții a Intreprinderii Mecanice Timișoara.

2.1.2. Eficiența economică a noilor tehnologii propuse a fi aplicate în construcția mașinilor de ridicat și transportat care formează obiectul acestei lucrări se redau în tabelul 2.1.

Tabel 2.1.

1. Călirea superficială a roților dințate ale cutiilor de viteză și ale reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat.	6.131.672 lei
2. Durificarea superficială a suprafeței active a roților de rulare.	3.624.000 lei
3. Călirea superficială a căii de rulare și a roților rulmenților mari.	1.500.000 lei
4. Durificarea prin cromare a tijelor infinit-lungi.	760.800 lei

2.2. Considerații generale asupra cutiilor de viteză de la mașinile de ridicat și transportat.

2.2.1. Generalități

Prin cutie de viteză se înțelege un mecanism cu mai multe angrenaje de roți dințate cu un raport de demultiplicare

variabil, în sistemul de transformare al unei mașini, cu ajutorul căruia se poate schimba turația, respectiv turația de lucru sau de deplasare a mașinii [157].

În acest context, se vor trata atât aspecte legate de fabricația cutiilor de viteză ale motostivuitoarelor cât și cele legate de fabricația reductoarelor de viteză ale podurilor rulante și macaralelor.

Se va insista asupra influenței tratamentului termic aplicat roților dințate și pinioanelor, precum și asupra căilor și posibilităților de îmbunătățire a tehnologiilor.

2.2.2. Prescripții de fabricație.

Având în vedere calitatea materialului și duritatea prescrisă în situația inițială se executa un tratament termic de carburare a roților dințate a cutiilor de viteză.

Tabel 2.2.

Material	Recoacere de normalizare	Carburare	Călire I	Recoacere interimară	Călire II	Revenire
21TMC 12	900-920 °C	890-910 p u	900-920 aer	-	860-890 u	170-200 aer
18MoCN13	860-890 °C	880-900 u p	820-850 u	650-690 c	800-820 u	170-200 aer
21MoMC12	830-860 °C	870-890 u p	820-850 u	650-680 C	810-830 u	170-200 aer

u - ulei p - pachet

Tratamentul termic care se aplică oțelurilor din care erau executate roțile dințate și arborii pinion ale reductoarelor este redat în tabelul 2.3.

Tabel 2.3.

Material	Recoacere de îmbunătățire	Recoacere de normalizare	Călire	Revenire
	tempe- ratura răcire °C	tempe- ratura răcire	tempe- ratura răcire	tempe- ratura răcire
OLC 45	680-700 cup- tor	830-850 aer	830-850 apa ulei	550-650 aer
40C10	680-720 "	840-870 "	830-860 "	450-600 "
35MS12	680-720 "	870-900 "	870-900 ulei	540-640 "

Reductoarele de viteză pentru podurile rulante și macarale implică următoarele tipuri de roți dințate (tab.rezumativ):

Tabel 2.4

Reper	Desen	Material	Fe- lul dant.	Dantura		Z	Mn	Duri- ta- tea HB	Ob.
				D. max. mm	L. mm				
Roată dințată	R1-160-5	35MS 12	dr.	270	65	72	3,5	285	
"	"	R2-200-8	OLC 45	dr.	270	85	72	3,5	230
"	"	R2-320-6	"	dr.	552	110	73	7	230
"	"	R3-125-8	35MS 12	dr.	140	25	64	1,75	285
"	"	R3-180-6	"	dr.	236	55	63	3,5	285
"	"	R3-200-8	OLC 45	dr.	237	70	63	5	230
"	"	R3-250-8	35MS 12	dr.	430	65	59	7	285
"	"	R3-400-6	"	dr.	432	85	74	5,5	285
"	"	R3-450-7	"	dr.	515	125	60	8	285
"	"	R3-560-7	"	dr.	789	185	83	9	285
"	"	(3-630-8	"	dr.	963	180	82	9	285

După cum este cunoscut [88] roțile dințate sînt solicitate pe flancuri la uzură și la baza dinților la încovoiere. Uzura poate apărea în două forme, fie sub formă de uzură prin alunecare, fie sub formă de "pitting". Rezistența la uzură prin alunecare crește odată cu valoarea durezzații superficiale pînă la HRC=58. O creștere mai mare a durezzații nu mai produce o micșorare importantă a uzurii. Rezistența la uzură fără formare de pitting denumită rezistența la rostogolire, crește după relația :

$$K_d = C_k \left(\frac{HB}{100} \right)^2 \text{ kg/cm}^2 \quad (2.1)$$

și conform diagramei din fig.2.1

C_k este un coeficient care are, funcție de material, valorile din tabelul 2.5.

Tabel 2.5

Materialul utilizat	C_k
Oțel carbon tratat termic	12,9 - 11,5
Oțeluri pentru îmbunătățire	14,8 - 12,5
Oțeluri călitate	13,7 - 11,5
Fonte cenușii	6,4 - 7,4
Oțel turnat	15,0 - 16,5

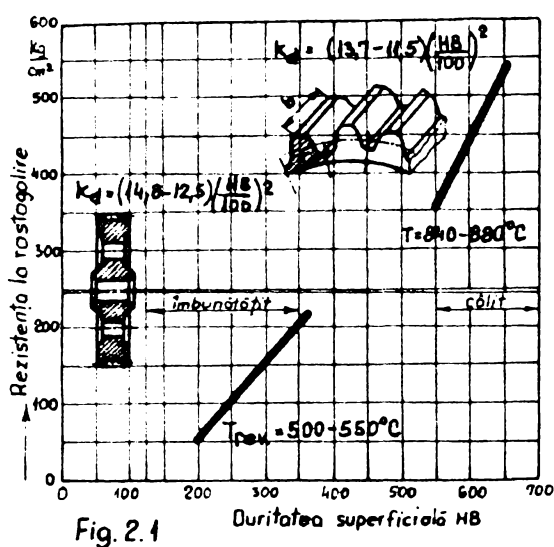


Fig. 2.1

Pentru evitarea fenomenului "pitting" adâncimea durificată trebuie să fie de 12 - 14 mm. În calculul roților dințate, rezistența la aplicările de presiune pe flancuri (la presiuni de contact sau rostogolire) P se poate calcula cu formula :

$$P = 4,7 \tau_{adm}^2 b \cdot d_1 \frac{1}{1+i} \cdot 10^{-6} \text{ kg} \quad (2.2)$$

în care :

τ_{adm} - tensiunea admisibilă a presiunii de contact în kg/cm^2 .

b - lățimea danturii în mm.

d_1 - diametrul primitiv al roții dințate în mm.

i - raportul de transmisie roata - pinion.

Valorile unui τ_{adm} se pot determina după diagrama din fig.2.2 din care se remarcă că valoarea acestuia crește considerabil odată cu călirea superficială a flancurilor.

Rezistența P_1 la solicitările de încovoiere se calculează cu formula :

$$P_1 = C \sigma_{adm} b m \text{ kg} \quad (2.3)$$

σ_{adm} - tensiunea admisibilă la încovoiere ce apare în piciorul dintelui

b - lățimea dintelui în cm

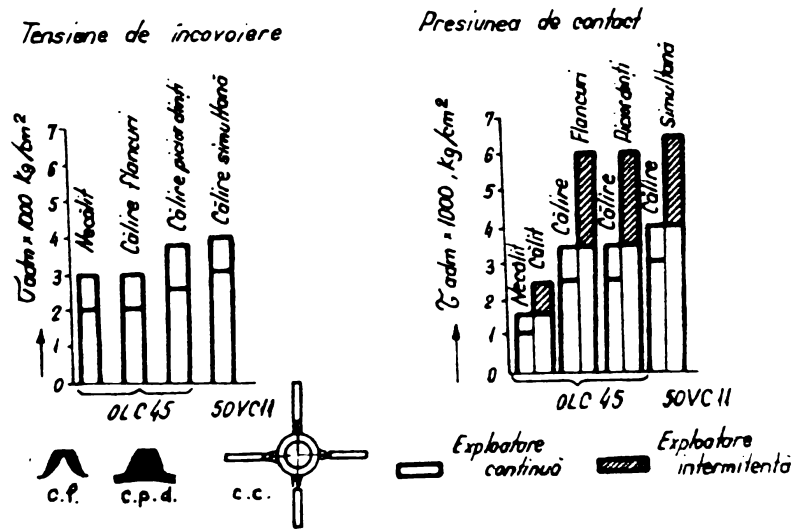


Fig. 2.2 Influența metodei de călire superficială cu flacăra asupra tensiunii admisibile la încovoiere σ sau la uzura prin rostogolire γ .

m - modulul

C - coeficientul de formă, care poate avea următoarea valoare (tabel 2.6) în funcție de numărul de dinți z.

Tabel 2.6

z	11	13	15	17	19	22	30	50	∞
C	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47

Tot din fig.2.2 se poate vedea că valoarea lui σ_{adm} crește față de starea necălită numai atunci când este călit și piciorul dinților.

Din cele de mai sus rezultă că la călirea numai a flancurilor dinților nu se obține față de starea necălită nici o creștere a rezistenței bazei dinților la încovoiere, în schimb se produce o importantă ridicare a rezistenței la presiunea de contact deci la micșorarea apariției fenomenului "pitting".

Călirea atât a flancurilor cât și a piciorului dinților, deci metoda călirii pe contur sau simultană, produce o creștere atât a rezistenței la presiunea de contact a flancurilor dinților cât și a rezistenței la încovoiere a bazei dinților.

2.3. Analiza critică a sistemului actual de fabricație al roților dințate și al pinioanelor la I.M.T.

La I.M.T. roțile dințate și pinioanele se executau din 6 calități de material, înglobând atât oțeluri de cimentare cât și de îmbunătățire, fiecare calitate atrăgând după sine regimuri diferite de tratament termic. Diversitatea de regimuri de tratament termic conducea la o exploatare dificilă a agregatelor de încălzire și la o lungire a ciclului de tratament, prin apariția unor timpi neproductivi destinați încălzirii și răcirii cuptoarelor, ducând la consumuri specifice energetice mari.

Conducerea procesului de tratament termic de cimentare trebuie să fie făcută, cu o atenție deosebită, pentru asigurarea corelației dintre variația durității în adâncime a stratului și duritatea miezului, atunci când piesa este supusă la oboseală prin solicitări de încovoiere.

Ingroșarea stratului mărește pericolul ruperii la oboseală, deoarece provoacă și majorarea tensiunilor de compresiune la suprafață. Creșterea durității este deosebit de eficientă față de solicitările la compresiune prin contact, dar reduce rezistența la oboseală prin încovoiere.

De aceea pentru piesele cementate supuse la oboseală prin încovoiere este indicat un strat subțire combinat cu un miez de duritate medie, și când prevelează oboseala prin compresiune se impune un strat mai adânc și o duritate mai mare a miezului, iar în cazul unor solicitări combinate acești factori trebuie echilibrați.

Aceasta explică și faptul că la roțile dințate, stratul călit trebuie să aibe o adâncime variabilă, de valoare maximă în jurul diametrului de rostogolire și minimă la rădăcina dintelui, evident mai ușor de realizat în cazul călirilor superficiale.

Apariția și a unor solicitări de șoc, impune mărirea rezistenței miezului și a tenacității stratului, necesitându-se călirea miezului, prin utilizarea oțelurilor cu carbon mai ridicat și mai bogat aliate.

La reductoarele de viteză de la podurile rulante, pentru execuția roților dințate și pinioanelor se foloseau

materiale de îmbunătățire însă la durități scăzute, care să permită prelucrări mecanice ulterioare.

2.4. Propuneri privind sistematizarea fabricației roților și pinioanelor, restrângerea sistemului calităților de material și aplicare de tehnologii noi de fabricație, din punct de vedere al tratamentului termic.

Având în vedere cele relatate la pct.2.3, părerea noastră este că aplicarea tratamentului termic de cementare la fabricația roților dințate și a pinioanelor din cutiile de viteză ale motostivuitoarelor nu este o soluție tehnologică optimă, fiind un procedeu tehnologic depășit (condițiile actuale) cu un ciclu lung și costuri ridicate, iar performanțele pretinse pieselor nu justifică aplicarea lui.

Deasemenea nu este justificată economic folosirea oțelurilor aliate, deoarece parametri funcționali prevăzuți de proiectant nu fundamentează costul materialului, demonstrându-se în această lucrare, că roțile pot fi realizate prin folosirea oțelurilor carbon (OLC 45).

Pentru sistematizarea fabricației am clasificat roțile dințate și pinioanele în 5 categorii, funcție de dimensiunile și parametri funcționali.

Astfel :

- Clasa A cuprinde roțile dințate cu un diametru pînă la 200 mm; din această clasă:

- Clasa A₁ cuprinde roțile dințate din cutiile de viteză aferente motostivuitoarelor,

- Clasa A₂ cuprinde roțile dințate ale reductoarelor cu diametru sub 200 mm.

- Clasa B cuprinde roțile dințate cu un diametru peste 200 mm pînă la 964 mm.

- Clasa C cuprinde pinioanele și arbori pinion. Din această clasă:

- Clasa C₁ cuprinde arbori pinion din cutiile de viteză a motostivuitoarelor,

- Clasa C₂ cuprinde arbori pinion ai reductoarelor.

Tabel 2.7

Clasa A		Clasa B		Clasa C	
1	2	1	2	1	2
M20.3.7	R3.80.6	R1.160.5	M20.2.1/A	R1.160.8	
M20.3.8	R3.80.8	R1.160.6	M20.3.6/A	R2.200.9	
M20.3.9	R3.80.7	R1.160.7	M20.2.3	R2.200.7	
M20.3.10	R3.125.6	R2.200.6	M60.02.02.04	R2.250.7	
M20.3.3.1	R3.125.8	R2.200.8	M60.02.02.05 A	R2.250.9	
M60.02.02.06	R3.125.10	R2.250.6	M32.2.1.3	R2.320.9	
M60.02.02.07	R3.140.8	R2.250.8	-	R2.320.7	
M60.02.02.08	R3.140.5	R2.320.6	-	R2.320.7	
M60.02.02.09	R3.160.8	R2.328.8	-	R2.80.9	
M60.02.02.10	R3.160.10	R3.140.10	-	R3.80.11	
M60.02.02.01	R3.200.10	R3.160.6	-	R3.125.9	
-	-	R3.160.8	-	R3.125.8	
-	-	R3.180.6	-	R3.125.7	
-	-	R3.180.8	-	R3.180.8	
-	-	R3.180.10	-	R3.140.9	
-	-	R3.200.6	-	R3.140.7	
-	-	R3.200.8	-	R3.160.9	
-	-	R3.250.6	-	R3.180.9	
-	-	R3.250.1	-	R3.180.7	
-	-	R3.180.8	-	R3.180.5	
-	-	R3.320.6	-	R3.200.11	
-	-	R3.320.7	-	R3.200.9	
-	-	R3.320.8	-	R3.200.7	
-	-	R3.400.6	-	R3.200.5	
-	-	R3.400.7	-	R3.200.9	
-	-	R3.400.8	-	R3.250.10	
-	-	R3.450.6	-	R3.250.4	
-	-	R3.450.7	-	R3.320.9	
-	-	R3.450.8	-	R3.320.10	
-	-	R3.560.6	-	R3.400.9	
-	-	R3.560.7	-	R3.400.10	
-	-	R3.560.8	-	R3.400.11	
-	-	R3.630.6	-	R3.450.9	
-	-	R3.630.7	-	R3.250.10	
-	-	R3.630.8	-	R3.450.11	

Continuare Tabel 2.7

Clasa A		Clasa B		Clasa C	
1	2	1	2	1	2
-	-	-	-	-	R3.560.9
-	-	-	-	-	R3.560.10
-	-	-	-	-	R3.560.11
-	-	-	-	-	R3.630.9
-	-	-	-	-	R3.630.10
-	-	-	-	-	R3.630.11

Deasemenea la pot.2.2 (prescripții de fabricație) sînt indicate 6 calități de oțel menite a fi folosite în fabricația roților dințate și a pinioanelor.

Considerăm că folosirea unui sortiment atît de variat pentru execuția unor piese cu o funcționabilitate asemănătoare este exagerat și funcție de clasificarea făcută în tabelul 2.7 propunem restrîngerea calităților de oțel utilizate la următoarele calități:

- Clasa A₁ și C₁, afectînd roțile dințate și pinioanele cutiilor de viteză de la motostivitoare să folosească oțel marca 41MoCr11.C.S., (STAS 10677-76).

- Clasa A₂ și B afectînd roțile dințate ale reductoarelor de viteză, să folosească oțel marca OLC 45 C.S.(STAS 10677-76).

- Clasa C₂ efectuînd pinioanele reductoarelor de viteză să păstreze marca de oțel 40Cr10 C.S. (STAS 10677-76).

La toate aceste oțeluri se va efectua un tratament termic de călire superficială.

Compozițiile chimice ale acestor oțeluri sînt notate în tabelul 2.8 .

Tabel 2.8

Calitatea	C	Si	Ms	Cr	Ni	Mo
41MoCr11 C.S.	0,3-0,37	0,17-0,37	0,4-0,8	0,9-1,3	-	0,15-0,30
OLC 45 C.S.	0,43-0,49	0,17-0,37	0,5-0,8	-	-	-
40Cr10 C.S.	0,38-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	-	-

Se poate observa că toate aceste oțeluri propuse de noi sînt oțeluri de îmbunătățire. La baza acestei alegeri a stat și indicațiile din literatura de specialitate [93] unde se arată că oțelurile cementate nu dețin proprietăți de elasticitate în stratul cementat pe cînd oțelurile îmbunătățite chiar dacă se cîlesc în totalitate (străpuns) la durități în jur de 50 HRC vor avea o elasticitate foarte ridicată.

Un alt criteriu care ne-a făcut să ne formăm aceste opinii a fost și faptul că deformările care au loc la călirea superficială sînt de ordinul 0,02-0,03 mm pe cînd la cementare sînt mult mai mari (1 - 1,8 mm).

Rezultatele verificărilor de rezistență la roțile dințate din oțeluri de îmbunătățire, răcite în ulei, au dat în cazul călirii superficiale rezultate similare cu valorile roților cementate.

2.5. Aprecieri privind stadiul actual, pe plan mondial, a aplicării tratamentului termic de suprafață la roțile dințate aparținînd reductoarelor.

2.5.1. Tendința modernă în construcția cutiilor de viteză și a reductoarelor este folosirea pentru roți dințate a oțelurilor îmbunătățite aliate sau nealiate, călite prin procedeul de durificare superficială, ridicîndu-se astfel încărcarea specifică a dinților [100].

Dimensiunile reductoarelor trebuie micșorate, randamentul necesar trebuie transmis prin forțe mai mari, la viteze de rotație cît mai mici [151].

Dimensionarea reductoarelor va fi condiționată de limitele de securitate în funcționare, pentru evitarea ruperilor de dinți, a formării porilor prin coroziune (limita Pitting), a supraîncărcării de coroziune și a limitei de uzură în timp [13], [14].

Pentru încărcarea admisibilă a dinților hotărîtoare este limita cea mai joasă dintre acestea (fig.2.3) A [121], B [91].

Unde: a_1 și a_2 este limita de uzură; b_1 și b_2 limita de încărcare de coroziune (sau de gripaj); c_1 și c_2 limita Pitting; d_1 și d_2 limita ruperii dintelui; e_1 și e_2 delimitînd

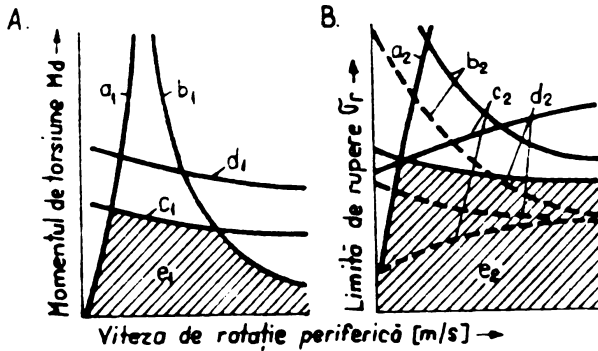


Fig. 2.3

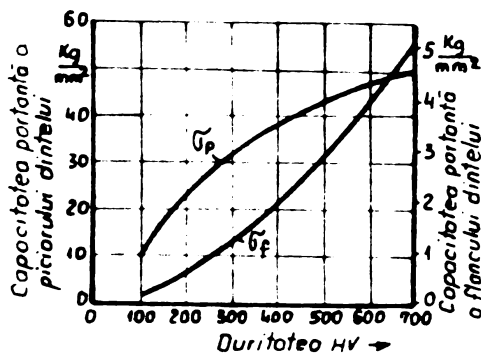


Fig. 2.4

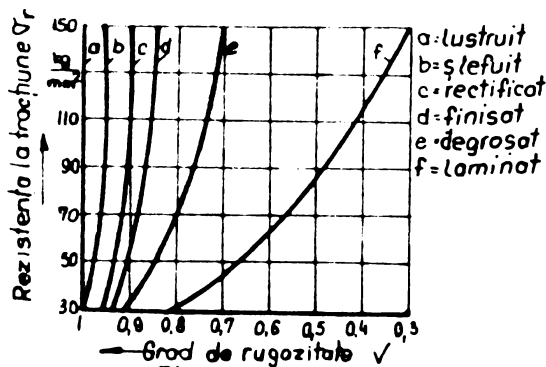


Fig. 2.5

șate și se deplasează spre valori mai înalte, cu creșterea modului.

2.5.2. Felul prelucrării mecanice înainte și după călire influențează capacitatea portantă a piciorului dintelui (fig.2.5) [68].

În normele DIN 003900 se prevede la o duritate de HV 595 kg/mm², corespunzător la HRC = 53 o rezistență a piciorului dintelui de bD=29 kg/mm². Reprezentând valorile de rezistență la oboseală (fig.2.6) pentru materialul CK 45, obținem un domeniu de dispersie neobișnuit de larg a datelor

domeniului de funcționare fără defecte; curbele întrerupte fiind probe necălite, iar ambele continue reprezentând probele călite.

Capacitatea de încărcare a flancurilor dinților reprezentată prin coroziunea în puncte (curbele c₁ și c₂), scade cu creșterea vitezei periferice la roțile dințate

nerectificate și se ridică cu creșterea vitezei periferice la roțile dințate rectificate și călite superficial, concomitent în creșterea preciziei de execuție [137].

În principiu cu cât duritatea este mai mare, cu atât capacitatea portantă a flancului și piciorului dintelui este mai ridicată [33]. Dependența capacității portante față de duritate, pentru o roată dințată cu m=5, z=25, b=30 mm, se redă în figura 2.4. Punctul de întâlnire a ambelor curbe depinde de dimensiunile roții din-

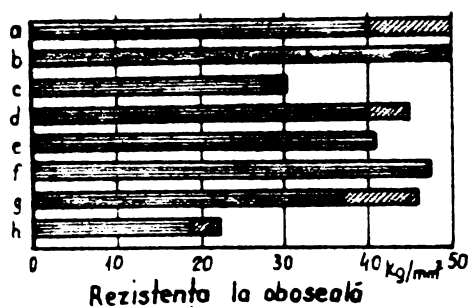


Fig. 2.6

portante a piciorului dintelui a unor roți dințate călite superficial din materialul : a = C45 îmbunătățit, b = 42 Cr Mo4

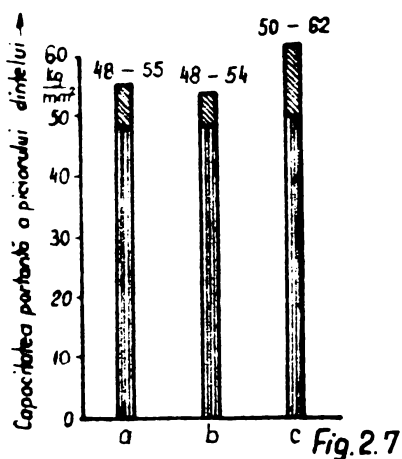


Fig. 2.7

oțel carbon nealiat, asemănător oțelului românesc OLC 45. Analiza chimică publicată a oțelului este: 0,4% C, 0,3% Si, 0,72% Mn, cu valori de 0,03 pentru P și S. Surprinzător la aceste rezultate este modulul mare - 16 - pentru călirea superficială în rotație și lățimea mică a dintelui de 30 mm la un număr de

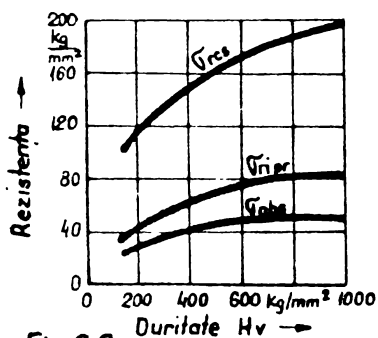


Fig. 2.8

numai 14 dinți. Valorile de duritate măsurate la piciorul dintelui indica 670 HV (58 HRC) iar pe partea frontală 700 HV (59,5-62,8 HRC). Roțile tratate în acest fel, în practica uzinală europeană, în mod sigur ar cauza greutatea la călire și rectificare (fig. 2.8). Valorile rezistenței la încovo-

furnizate de diferiți autori:

a [15], b [54], c [70], d [80], e [93], f [106], g [110], h [116]. (Roțile dințate sînt călite prin flacără oxiacetilenă pînă sub piciorul dintelui).

2.5.3. În fig. 2.7 se redă cercetările Institutului Politehnic din Aachen [32] pentru determinarea valorii capacității

portantă a piciorului dintelui la roți dințate călite superficial din oțelurile CK 45 și 42 Cr Mo4 și cel cementat din marca 16 Mn Cr este mică.

2.5.4. Cercetările recente japoneze [2], [3] se referă la duritatea și mărimea rezistenței la oboseală a unui

oțel carbon nealiat, asemănător oțelului românesc OLC 45. Analiza chimică publicată a oțelului este: 0,4% C, 0,3% Si, 0,72% Mn, cu valori de 0,03 pentru P și S. Surprinzător la aceste rezultate este modulul mare - 16 - pentru călirea superficială în rotație și lățimea mică a dintelui de 30 mm la un număr de

numai 14 dinți. Valorile de duritate măsurate la piciorul dintelui indica 670 HV (58 HRC) iar pe partea frontală 700 HV (59,5-62,8 HRC). Roțile tratate în acest fel, în practica uzinală europeană, în mod sigur ar cauza greutatea la călire și rectificare (fig. 2.8). Valorile rezistenței la încovo-

iere la oboseală a roților astfel călite superficial, depășesc cu 100% valorile unei roți necălite. Se afirmă în publicațiile japoneze [1] că 60% a acestei creșteri se datorește creșterii

tensiunii interne de compresiune la piciorul dintelui pe suprafața secțiunii solicitate și 40% prin creșterea rezistenței datorită durității mai mari.

2.5.5. Cercetările americane [61], [62], [55], [147] dau date de calculație pentru capacitatea portantă a piciorului dintelui (valoarea tolerată) în dependență cu duritatea. Aceste date se referă la roțile dințate realizate din materiale normalizate și îmbunătățite, cu luarea în considerare a diferitelor procedee de călire. Valorile admisibile pentru capacitatea portantă a piciorului dintelui la călirea superficială circulară sînt mai joase decît cele determinate după experiențele europene.

Valorile de comparație [146] pentru rezistența la oboseală a piciorului dintelui admit $40-48 \text{ kg/mm}^2$ la o duritate corespunzătoare sub baza dintelui de 52-59 HRC și de 32-40 kg/mm^2 la o duritate de 54 HRC [94], [22], [146], [153].

Date de referință valoarea relativ mică a solicitării admisibile în piciorul dintelui de $15-20,5 \text{ kg/mm}^2$, în cazul călirii superficiale circulare numai pînă la cercul de divizare.

2.5.6. Mărimea capacității portante a piciorului dintelui este influențată de diferite stări de tensiuni [122] a căror modificări, suprapuneri și deplasări în decursul procedoului de călire superficială, precum și a altor solicitări ulterioare sînt variabile în timp. Primer înșă sînt dependente în felul și mărimea lor de rezistență și duritatea materialului [123].

2.5.7. Independent de calitatea oțelului, rezistența la solicitarea alternantă crește cu creșterea durității și atinge la HV 530 (HRC 50) o

valoare maximă (Fig. 2.9) [106].

2.5.8. Dacă construcția cutiilor de viteză permite dimensionarea prin calculul de rezistență la oboseală, atunci înălțimea posibilă a reductorului poate să fie considerabil

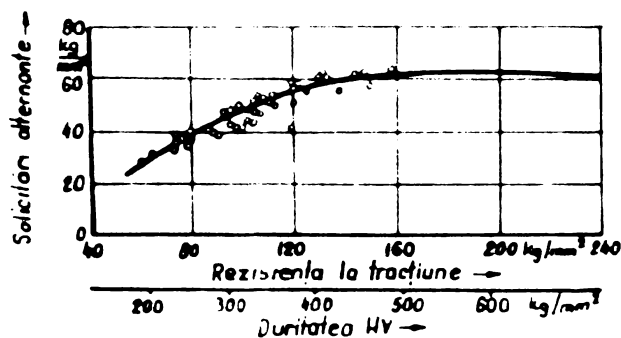


Fig. 2.9

mai mare, în strictă dependență de alegerea materialului prin caracteristicile mecanice obținute în urma tratamentului termic de călire superficială [49].

În calcul de dimensionare se va ține cont de următo-
rii coeficienți :

- coeficientul dinamic - q_D -
- coeficientul lățimii dintelui pentru solicitarea în piciorul dintelui - $q_{\beta B}$ -
- coeficientul lățimii dintelui pentru solicitarea flancului dintelui - $q_{\beta F}$ -
- coeficientul de încărcare, a piciorului dintelui - q_{tB} - și a flancului - q_{tF} - la repartizarea sarcinii pe mai multe perechi de dinți, sub considerația rigidității dinților, a preciziei de angrenare, a acoperirii profilului și a încărcării pe lățimea dintelui
- coeficientul materialului de ungere - Y_s - care ține cont de presiunea de ungere, de diferitele tipuri de uleiuri, de vâscozitatea uleiurilor
- coeficientul de viteză - Y_v -
- coeficientul de rugozitate - Y_r -
- coeficientul de mărime, care ține cont de influența dimensiunilor roților dințate asupra rezistenței piciorului și a flancului danturii - Y_g -.

2.5.8.1. La calcularea presiunii lui Hertz [50], toți coeficienții pot fi cuprinși într-o cifră sintetică, a siguranței contra formării porilor de coroziune - SG - , și care trebuie să fie mai mare decât coeficientul de siguranță acceptat - SG_{min} - .

În acest caz presiunea de rostogolire dată de Strickback [123] se determină cu :

$$k_s = \frac{p^2}{Y_{\omega}^2} \quad \text{kg/mm}^2 \quad (2.4)$$

sau

$$k = 2,86 \frac{p^2}{E} \quad \text{kg/mm}^2 \quad (2.5)$$

în care presiunea lui Hertz va avea valoarea :

$$p = \frac{P}{b \cdot d} \cdot \frac{\mu + 1}{\mu} \cdot y_c \cdot y_{\omega} \cdot y_l \leq P_{\text{admisibil}} \quad (2.6)$$

unde:

P este forța periferică aplicată la cercul de divizare, b este lățimea dintelui, d este diametrul cercului de divizare, μ este raportul numărului de dinți; y_c este coeficientul punctului de rostogolire, y_{ω} este coeficientul materialului și y_l coeficientul lungimii dintelui.

2.5.8.2. Presiunea lui Hertz se poate calcula din ecuația (2.6) [99] sau din monograma (fig.2.9.a) construită

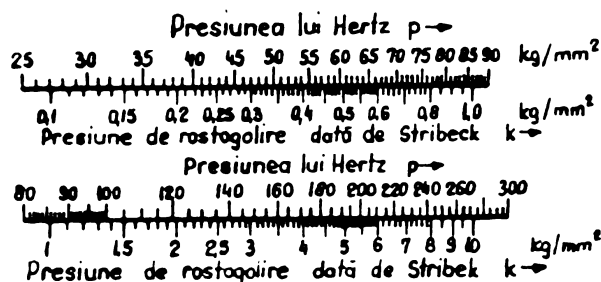


Fig. 2.9a

pentru roți dințate de reductoare [95].

Mai mulți constructori de reductoare din străinătate [91] admit pentru coeficientul k_0 valoarea de 3,5-3,8 kg/mm^2 pentru roți dințate din materialul

39 MoC 11, oălite superficial și rectificate. Dacă roțile dințate nu sînt oălite superficial, ci numai îmbunătățite, o presiune de rostogolire de 0,8 kg/mm^2 trebuie privită ca o valoare înaltă [93].

În tabelul 2.9 se prezintă conform normelor DIN 39990, și în concordanță cu lucrările lui Henriot [51], [50], valori a coeficientului de șoc, pe grupa de elemente de antrenare.

Tabel 2.9

Elemente de antrenare	Grupa	Mărimea șocului	Coeficient de șoc
Avansul la mașini unelte. Benzi rulante. Palane de sarcini mici. Reductoare de turbine. Pompe centrifuge.	I	Fără șocuri	1,1 - 1,25

406-803
213 F

Continuare Tabel 2.9

Elemente de antrenare	Grupa	Mărimea șocului	Coefficient de șoc
Antrenări principale mașini unelte. Tamburi de cabluri pentru mașini de ridicat. Compresoare multipistoane. Ventilatoare de mine.	II	Socuri ușoare	1,4
Presa de ambutisat. Caje de laminare. Excavatoare cu cupe. Pompe de randament mare.	III		1,5
Cutia de viteză automobile.			1,9

În construcția de reductoare în general, și în special la roți dințate mari, presiunea de rostogolire trebuie privită și în funcție de rugozitatea și calitatea de execuție a danturii. De exemplu la o rugozitate mai mică de $1 \mu\text{m}$ cu o așezare absolut paralelă a angrenajului, s-ar putea admite și o valoare de $0,8$ până la $1,0 \text{ kg/mm}^2$ la o roată necălită, cu un tratament termic de îmbunătățire, la un diametru mic ($\varnothing 100$), din materialul 33 MoC 11 [81].

Experiențele efectuate au demonstrat că la scară industrială, la o producție de serie, se poate atinge numai o capacitate portantă a flancului de dinte de $0,4-0,5 \text{ kg/mm}^2$ [7].

Un institut superior din străinătate [112], comunică pe baza cercetărilor, pentru oțelul C45N în stare normalizată, o presiune de rostogolire de $1,5 \text{ kg/mm}^2$. Asemenea rezultate, într-o funcționare practică se pot obține numai la roți dințate mici, în stare rectificată cu o rugozitate foarte bună, cu imaginea completă și o ungere foarte favorabilă.

2.5.8.3. Pentru calculul tensiunii de încovoiere a piciorului dintelui, se folosește forța periferică maximă rezultată din forța nominală și periferică a celei mai mici lățimi de dinte a unei perechi de roți, și ținând cont de coeficientii de șoc, cei dinamici, de lățimea dintelui și sarcină:

$$F_B = \frac{f_0}{b} \cdot q_{st} \cdot q_D \cdot q_\beta \cdot B \cdot q_{tB} \text{ kg} \quad (2.7)$$

unde :

f_0 este forța periferică nominală, b este lățimea dintelui, q_{st} este coeficientul de șoc, q_D este coeficientul dinamic, $q_{\beta B}$ este coeficientul de lățime pentru solicitarea în piciorul dintelui, q_{tB} este coeficientul părții de sarcină pentru solicitarea în piciorul dintelui.

Forța periferică maximă calculată, se va introduce în ecuația pentru calculul tensiunii de încovoiere a piciorului dintelui raportat la un modul normal și multiplicat cu coeficienții de formă a dintelui, cu unghi de teșire și gradul de acoperire :

$$\sigma_b = \frac{f_B}{b} \cdot q_k \cdot q_s \cdot q_{\beta} \quad \text{kg/mm}^2 \leq \sigma_{b_{\text{admisibil}}} \quad (2.8)$$

Această relație (2.8), este comparabilă cu cea stabilită de Henriot [51].

2.5.8.4. Henriot distinge pentru solicitările de șoc trei trepte de încărcare. În normele DIN și EN sînt efectuate și alte subdivizări [92].

Coeficientul dinamic q_D este însemnat de Henriot cu K_{LB} și apare ca coeficient de durată în exploatare care va lua în considerație numărul total al alternanțelor de sarcină respectiv punctele de atac a sarcinii asupra dinților roții încercate. O alternanță a sarcinii de 10^7 pentru o încărcare la oboseală nu este considerată ca suficientă, de autor.

Încercările pulsatorii sînt de mulți cercetători străini, respinse [16], [47], [138], pe motiv că sînt străine practice, deoarece mulți coeficienți de influență rămîn neconsiderați, și unele proprietăți intrinseci se schimbă cu solicitările. Este certă dependența coeficientului de șoc de regimul de lucru și de durata de serviciu.

2.5.8.5. Rezistența piciorului dintelui este un indice a securității contra ruperilor la oboseală și trebuie deci să fie în concordanță cu valoare atît cu coeficientul dinamic cît și cu felul încărcării și prin aceasta cu coeficientul de șoc [59].

Alegerea potrivită a mărimii modulului permite, în cadrul unui domeniu prestabilit a numărului de dinți o creștere optimă a capacității portante a flancurilor și picioarelor dinților. Capacitatea portantă a flancului de dinte este influențată mai puțin de modul, în schimb capacitatea portantă a piciorului este o funcție a modulului.

2.5.9. În lucrările sale Albert [4] nu exclude posibilitatea că prin construcția unui profil de dinte optim, solicitările în piciorul dintelui și în flancul dintelui se pot echilibra reciproc. Forma dintelui influențează în acest caz mărimile tensiunilor apărute.

2.5.10. Unele cercetări publicate în străinătate [96], [97] demonstrează influența formei crestăturii, reprezen-

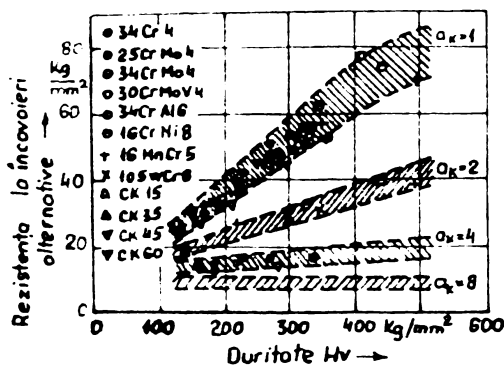


Fig. 2.10

tată prin cifra de formă o_k (fig. 2.10), chiar dacă aceste experiențe se referă la bare rotunde, influența formei este indiscutabil în dependență cu duritatea și rezistența la încovoiere alternativă.

Dacă se acceptă teza că roțile dințate sînt părți constructive crestate, materialul de bază poate fi ales după probe crestate, iar reziliența va fi un indice pentru com-

portarea materialului sub influența virfurilor de tensiune, în baza unei stări de tensiune multiaxiale în opoziție cu solicitările la încovoiere prin șocuri.

2.5.11. Curbele izocrome (fig. 2.11) arată că tensiunile cele mai mari se formează pe crestătura dintelui între

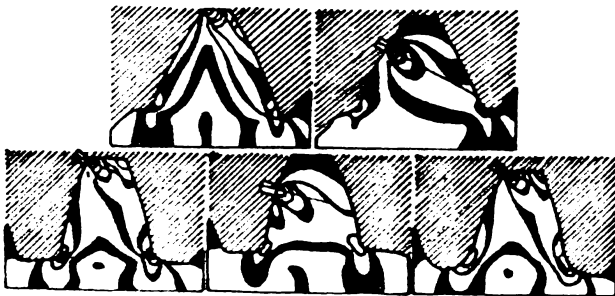


Fig. 2.11

flancul și baza dintelui.

Cu cît este mai ascuțită forma crestăturii, cu atît mai mari vor fi în acel loc virfurile tensiunii, independent de faptul că forța atacă în cercul de divizare sau pe capul dintelui [48].

2.5.12. O racordare a razei dintelui de $0,3 \times$ modul și o rotunjire de $0,8 \times m$ a piciorului dintelui se arată în lucrările publicate de Feltkamp [32] va duce la o creștere a rezistenței la oboseală cu 90%. Aplicarea acestor măsuri este limitată totuși de scăderea capacității portante, datorită micșorării secțiunii dintelui cu creșterea înălțimii danturii.

2.5.13. Se cunoaște [98] influența stării de structură și a temperaturii de transformare asupra rezilienței

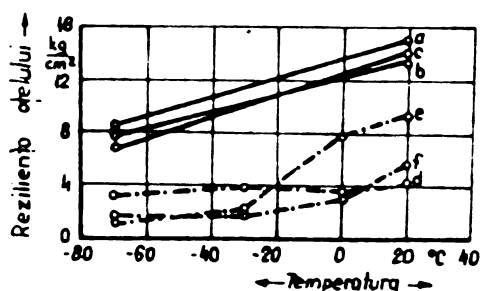


Fig. 2.12

(fig.2.12, tabel 2.10, pentru 50 Vc 11). S-a dovedit de asemenea că la oțelul marca 42 Cr Mo4 [112] structura primară înainte de revenire influențează reziliența (fig.2.13 tabel 2.11), care crește mai mult cu componenta de martensită rezultată din starea ferito-

perlitică.

Tabel 2.10

Curba	Tratament termic	Starea structurii	σ_b	$\sigma_{0,2}$	HV
a	820°C, 20 min/apă 635°C, 2 h/aer	martensită revenită	105,0	95,7	325
b	830°C, 20 min/apă 635°C, 2 h/aer	martensită revenită	104,8	94,9	322
c	830°C, 20 min/310°C 1000 s/aer; 620°C, 2 h/aer	structură inter. inferioară	104,5	91,4	321
d	830°C, 20 min/500°C 14 h/aer	structură inter. superioară	102,9	78,6	307
e	830°C, 20 min/635°C 1200 s/aer	Perlită	103,0	67,9	305
f	830°C, 20 min/650°C 220 s/400°C, 800 s/aer	structură mixtă	103,0	63,5	303

Tabel 2.11

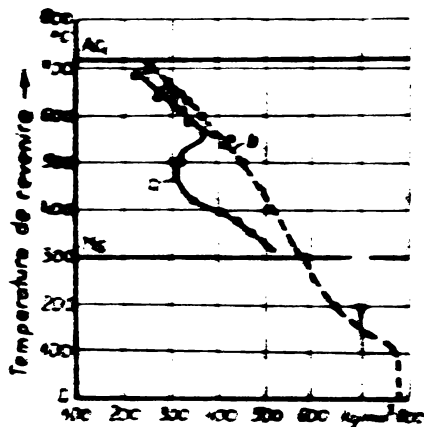


Fig. 2.13

Puntele din din- gramă	Părți de structură Martensită	Structură inter- mediară.	Perită + Perlită
a	50	-	50
b	80	-	20
c	50	50	-
d	80	20	-
e	98	-	-

La materialul 42 Cr Mo4 se arată [115], [127], că la o componentă de martensită mărită există o tendință crescândă în reziliență, chiar dacă valorile durităților au fost egale înaintea revenirii. Probele din acelaș material, revenite la o rezistență egală, arată la o componentă maximă de martensită înainte de revenire, cea mai înaltă reziliență, la un domeniu de revenire de 120 - 180°C [121].

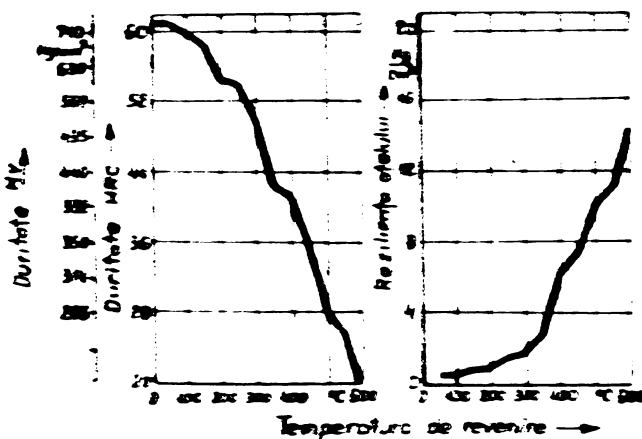


Fig. 2.14

Se poate presupune deci că dacă un oțel îmbunătățit nealiat - OLC 45 - ar arăta aceeași tendință ca și materialul 42 Cr Mo4, atunci pierderea de duritate ar putea conduce la o capacitate portantă a piciorului dintelui mai mică și chiar la o reziliență mai joasă (fig.2.14).

2.5.14. Cercetările mai recente a lui Fronius și Friedrich [34] arată că se pot obține rezultate apropiate ca valori a capacității portante, călind superficial prin procedeul circular oțeluri cu compoziție chimică diferită (fig. 2.15). Unde: a = este un oțel marca 42 Cr Mo4 îmbunătățit de modul 4, b este un oțel nealiat C 45 îmbunătățit de modul 6, c este un oțel nealiat și netratat termic C 45 de modul 5, d este un oțel nealiat și netratat de modul 3, e este un oțel

aliat calitatea 35 Mn Si 5 îmbunătățit de modul 4 iar f este

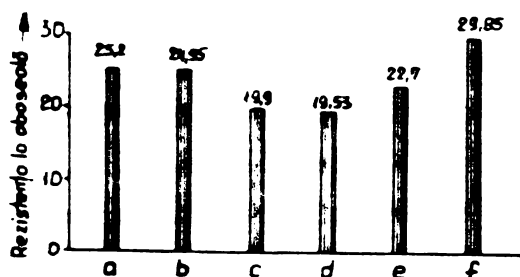


Fig. 2.15

un oțel aliat 20 Mn Cr 5 cementat de modul 4.

Conform autorilor [34] oțelurile calitatea 42 Cr Mo4 normalizat și C 45 îmbunătățit, ating aproape aceeași valori de rezistență la oboseală; valoarea obținută în cazul unei roți dințate cementate din materialul 20 Mn Cr 5 nu

este prea mare comparativ cu roata dințată din materialul 42 Cr Mo4 sau C 45 călitate superficial până sub piciorul dintelui.

2.5.15. În lucrările publicate [52] de Institutul de Construcții ușoare din Pirna (R.F.G.), în urma experimentării unor materiale, limitate totuși ca număr și mărci de oțeluri, se precizează dependența solicitărilor alternante de duritatea materialelor.

2.5.16. La călirea pătrunsă, în pelicula exterioră a dintelui, conform cercetărilor lui Rose și Bühler [113] se formează mai repede martensita decât în miez.

Pe baza acestor cercetări au fost stabilite cinci diferite grupe de tensiuni de modificare, eșalonate conform cantității austenitei transformate sub 450°C . Grupa întâia a fost denumită "tensiune termică" și se formează la diametre mari și oțeluri ușor modificabile; grupa cinci se formează la diametre mici și oțeluri ce urmează să fie călitate prin pătrundere, adică lanșe la modificări.

Ordinea de mărime a grupelor de tensiuni și efectele lor se schimbă esențial cu intensitatea mijlocului de călire. Repartizarea tensiunilor este mai dificilă de reprezentat, deoarece tensiunilor termice propriu zise, li se opune limita de curgere la cald, variabilă a materialului, la care cu rezistența crescândă la temperatură, tensiunile de compresiune la marginile pieselor călitate superficial, descreșc spre interior. Mai este de remarcă și faptul că de la operația de încălzire și până la călire, tensiunile de întindere și cele de compresiune alternează de la plus la minus de mai multe ori.

2.5.17. Datele furnizate de Razim [114] precizează și influența restului de austenită în stratul marginal, exterior al suprafeței piesei. Astfel capacitatea portantă a flancului de dinți este influențată de austenita reziduală care se pare contracționează formării punctelor de coroziune, deoarece este sub influența tensiunilor de compresiune a martenitei. La presiuni pe flancuri crescînde restul de austenită se transformă, în special la sarcini prin șoc, în martenită. În fundul dintelui însă prezența austenitei reziduale, micșorează capacitatea portantă a piciorului dintelui, ceea ce reiese și din cercetările lui Tolasch [152]. O durificare prin ecruisare ulterioară a fundului de dinte, ar elimina acest inconvenient, dar, deși este posibilă din punct de vedere tehnic, nu este justificată din punct de vedere economic. Evident crește și rezistența la oboseală prin întărirea stratului superficial, și prin duritate mărită cresc și tensiunile interne. Este de remarcat că tensiunile interne în mare parte se descompun imediat, după ce domeniul de deformării plastice a ajuns în apropierea limitei de curgere.

2.5.18. Cercetarea caracteristicii de reziliență "ak" de multe ori clarifică, cât de mult influențează diferențele de structură sau tratamentul preliminar al materialului. Așa de exemplu reziliența la un grad mare de forjabilitate este cu mult mai mare, fără ca celelalte caracteristici tehnice a materialului să se fi schimbat esențial.

În fig.2.16 se redă reziliența oțelului 41 MoC 11 după revenire la aceeași duritate în funcție de structura

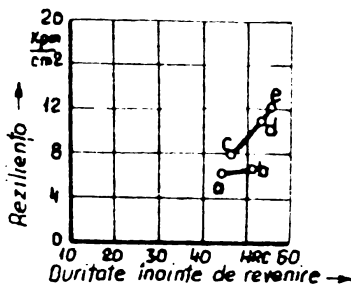


Fig. 2.16

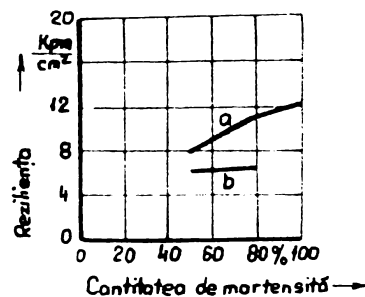


Fig. 2.17

înainte de revenire [8] ; în fig.2.17 apare reziliența oțelului 50 Vc 10 în diferite stări de structură [12] și a influenței temperaturii de transformare respectiv a temperaturii de revenire în funcție de duritate în cazul: a = transformare izotermică și b = pentru martensita revenită.

2.5.19. Bandel, Grabhof și Kroll [15] nu au găsit nici o dependență între rezistența la oboseală și reziliență.

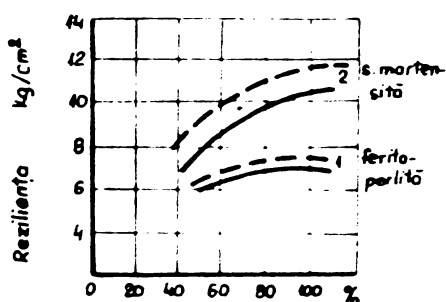


Fig. 2.18

Legat [69] însă a dovedit că la oțelul marca 42 Cr Mo4 structura primară, înainte de revenire influențează foarte mult reziliența (fig.2.18), care crește mai mult cu componenta de martensită, decât cu o stare ferritico-perlitică.

2.5.20. Thauscher și Bucholz [140] prescriu pentru călirea superficială a dinților de roți cu module mici, oțeluri de cementare. Ei cer o călire cu păstrarea conturului sau măcar o călire cu contur asemănător, asigurată prin proprietățile de calitate a oțelului. Este propus oțelul CK 53, căruia în loc de vanadiu, se aliază titan, pentru formarea granulației fine și obținerea proprietăților de cementare.

Pentru roți dințate mici și module foarte mici, prin acest material, solicitările la care sînt supuse roțile, vor fi asigurate, dar va exista întodeuna pericolul unei deplasări necontrolabile a limitei de cementare, cu nediferențierea durității spre interior. La piesele cu diametre mici, oțelul de cementare de multe ori nu corespunde cerințelor, așa că în locul unei căliri cu păstrarea conturului, se obține o călire adîncă sau chiar de pătrundere. Invers la un diametru de piesă de peste 200 mm, există tendința ca oțelul să primească numai un strat foarte subțire călit la suprafață.

2.5.21. S-a încercat de a alia borul la diametre mari de piese pentru a mări duritatea în adîncime la oțelul nealiat CK 45 [70]. Borul dizolvat conduce la o călibilitate mai mare, în special la oțelurile cu carbon sub 0,6%, dar produce și un efect dezavantajos la deformare la cald, prin formarea unui eutectic fier - bor - carbon. Acest fapt este valabil

în special pentru oțelurile cu un conținut de carbon de peste 0,3%. La oțelurile de cementare aceste efecte laterale nefavorabile ale borului dizolvat, nu se pot observa la borul legat. Se presupune că acționează compoziția de bor - azot. La topirea șarjelor unice pentru industria de automobile se face uz de această observație.

Pentru a determina cauzele durității neomogene și necorespunzătoare la oțelul CK 45 nealiat, trebuie reconsiderate mărimile parametrilor respectivi. Astfel se poate presupune că temperatura de austenitizare este egală pe toată secțiunea de dinte de la cap la piciorul dintelui; fiecărei șarje îi este caracteristică o viteză specifică de răcire, cu o modificare completă a austenitei în trepte în martensită, care rămâne mărimea ei absolută, constantă [117]. Condițiile de răcire pe dinte sînt însă diferențiate. Pe capul dintelui și în special pe ambele capete a lățimii dintelui entalpia, prin influența bilaterală în baia de călire, este rapid descărcată. Deasemenea secțiunea minimă pe capul dintelui, în comparație cu baza dintelui, face ca mijlocul de călire să acționeze mai intensiv, și o cantitate mai mică de căldură trebuie descărcată supracritic [121].

Aceeași calitate de oțel poate să aibă, de la șarjă la șarjă, diferențe în mărimea vitezei critice de răcire. Acest fapt poate determina ca la o șarjă leneșă la transformare - CK 45 - în ciuda condițiilor de răcire diferențiate susmenționate, între capul și piciorul dintelui, să se atingă la baza dintelui o viteză de răcire supracritică, adică austenita din fundul dintelui să se modifice în treaptă martensitică.

2.5.21.1. Presiunea admisibilă pe flancurile dinților după E.J. Wellauer [153] arată o dependență între rezistența și duritatea obținută nu numai la oțelurile călite superficial ci și la oțelurile îmbunătățite. Nu sînt însă precizate și nici reprezentate valorile necesare ale adîncimii de călire.

2.5.22. Intervalele de timp mai îndelungate între publicațiile apărute, încercările experimentare limitate la unicate și serii mici și acestea executate în anumite condiții specifice, neprecizate însă întodeauna, nu sînt recomandabile

pentru o comparație nemijlocită între rezultate. De aceea ar fi o greșeală a se întrebuița ca bază de calcul anumiți parametri și coeficienți apăruiți în diferite publicații.

În strictă dependență de rezultatele primare a experiențelor, am încercat de a izola un parametru sau altul pentru a găsi numai repercursiunea lui specifică. Pe de altă parte, încercările publicate cuprind foarte des parametri diferiți, în condiții specifice neclarificate suficient, la care trebuie să se aștepte pe cât posibil rezultatele globale și fundamentale. Trebuie luat în considerație și procesul tehnic de dezvoltare, la un moment dat, nu numai ca proces tehnologic dar și în întrebuițarea unor materiale noi cât și a procesului de elaborare și execuție.

Astfel dacă luăm în considerație valorile capacității portante în piciorul dintelui la materialul 41 MoC 11, putem constata că după călirea superficială prin rotație cu flacără, se poate obține o rezistență la oboseală de 40 - 46 kg/mm². În normele DIN pentru o astfel de calitate de oțel se propune ca bază de calculație, la o duritate de 615 HV o rezistență la oboseală de 35 kg/mm². Această valoare ținând cont de experiențele efectuate în perioada 1977-1979, în Întreprinderea Mecanică Timișoara la construcția mașinilor de ridicat și transportat, este mult prea mică.

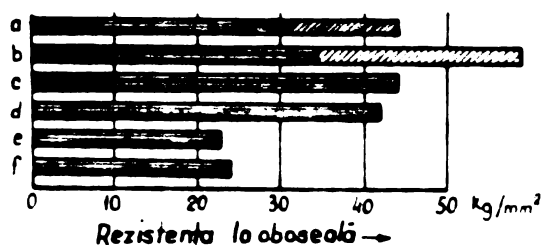


Fig. 2.19

2.5.23. În fig.2.19 se redă sintetic rezistența la oboseală a roților dințate realizate din oțelul 41 MoC 11 (transpusă în această reprezentare pe baza echivalenței analizei chimice și a caracteristicilor mecanice) în funcție de diferite publicații: a [149], b [154], c [155], d [139], e [123], f [115].

Pentru clarificarea problemei, redăm în tabelul 2.12 valorile capacității portante în piciorul dintelui pentru oțelurile pretabile la tratamentul termic superficial și experimentate pe perioadă îndelungată în cadrul roților dințate aparținând reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat.

Tabel 2.12

Material	Determinări experimentale		Determinări teoretice	
	Cap. portantă în piciorul dintelui kg/mm ²	Duritatea la baza dinte- lui HRC	Cap. portantă în piciorul dintelui kg/mm ²	Duritatea la baza dinte- lui HRC
OLC 45	35-45	55-60	45-60	55-60
36MS12	38-45	55-60	48-52	60
41MoC11	40-45	58-62	45-48	62
41CN12	45-50	58-62	48-54	62
45CN12	40-45	60-62	50-55	61-63
50Vc10	42-55	62-64	52-58	62-65

O concluzie remarcabilă ce se degajă din analiza datelor din tabelul 2.12 este aceea că se pot obține valori convenabile a capacității portante în piciorul dintelui și la materiale nealiat (OLC 45) călite superficial pînă sub piciorul dintelui.

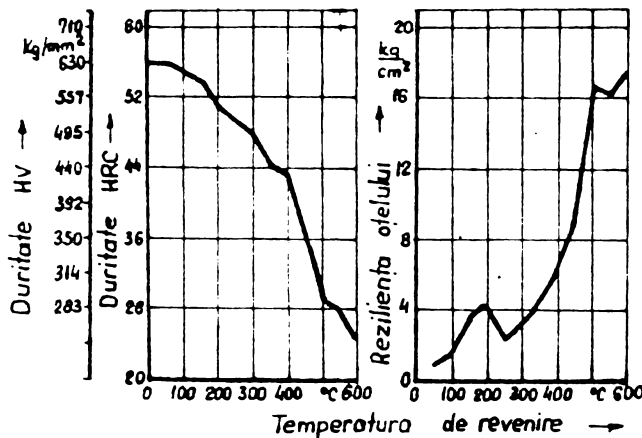


Fig. 2.20

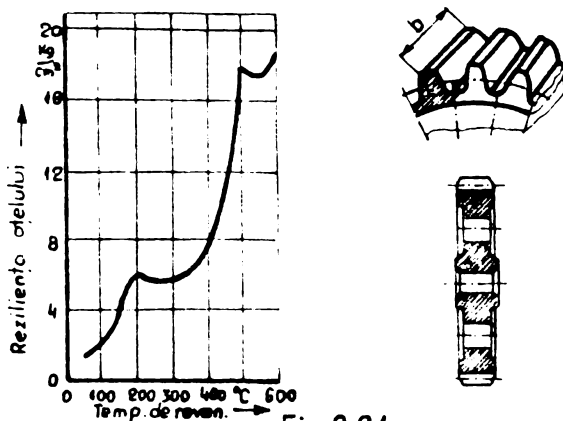


Fig. 2.21

2.5.24. Experiențele efectuate cu oțelul OLC 45, cu călire în apă cu permis să se obțină o duritate de 50 HRC la piciorul dintelui la o temperatură de revenire de 300°C. La această duritate probele au arătat o reziliență a stratului călit superficial de 3 kg/mm² (fig.2.20).

2.5.25. Extinderea experiențelor pe probă din materialul 40C10 (fig.2.21) au dus la obținerea unei durități necesare de 50-52 HRC la o temperatură de revenire de 200°C, cu o reziliență măsurată de 4 kg/mm².

O urcare a temperaturii de

revenire cu 50°C de la 200 la 250°C ar putea să scadă valoarea rezilienței la jumătate.

2.5.26. Redăm în fig.2.22 și tab.2.13, duritatea și reziliența unor oțeluri cercetate, în dependență de temperatura de revenire.

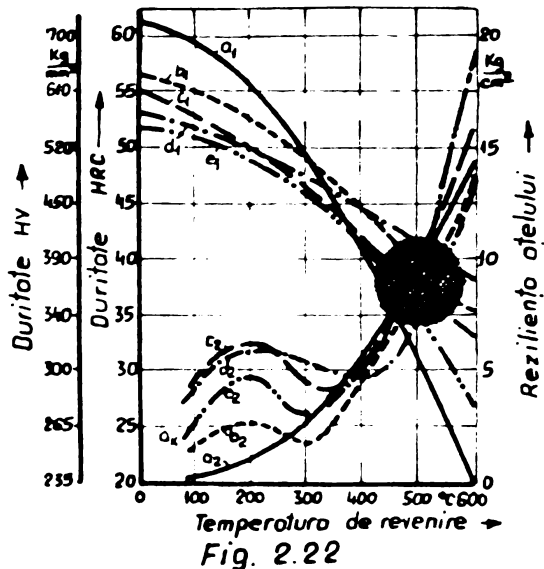


Fig. 2.22

Tabel 2.13

Curbele	Materiale	Valori optime		
		HRC	kg/mm ²	TOC revenire
a ₁ a ₂	01C 45	35,5	7,75	450
b ₁ b ₂	36MS12	38,0	9,3	510
c ₁ c ₃	41MoC11	38,5	9,0	490
d ₁ d ₂	41CN12	40,0	10,0	550
e ₁ e ₂	40C10	38,5	9,3	505

Dacă la aceste oțeluri se determină valorile optime între duritate și reziliență, se constată că acestea se găsesc plasate într-un câmp restrâns, pentru toate oțelurile (fig. 2.22), limitat orizontal de liniile de temperatură de 440 - 560°C și vertical prin limitele de reziliență de 10 - 7,5 kg/cm² corespunzător durității de 40 respectiv 36 HRC.

Însă dacă aceste valori ar fi prescrise pentru roțile dințate călite superficial, capacitatea portantă obținută în piciorul dintelui ar fi insuficientă pentru o bună funcționare a reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat.

De aceea în baza studiilor și cercetărilor efectuate s-au determinat solicitările admisibile în piciorul dintelui (tab.2.14) și capacitatea portantă a flancurilor de dinți (tab.2.15).

În acest caz duritatea necesară la piciorul dintelui a trebuit să fie un compromis între rezistența la oboseală maximă, prelucrabilitate optimă, la un proces de execuție cât mai economic.

Tabel 2. 14

Starea materialului	Duritatea superficială HB	HRC	Tensiunea admisibilă în piciorul dintelui $\sigma_{ap\ cal}$	Valori de comparație HRC	Valori de comparație σ_{ap} kg/mm ²
Oțel normaliz.	140	-	13-17,5		8
Oțel îmbun.	180	-	17,5-23		10
Oțel îmbun.	300	-	25,0-32		13
Oțel îmbun.	450	-	30,0-41		18
Oțel cementat	-	55	38-45		19
Oțel călit superficial pentru rotație pînă sub piciorul dintelui cu 2 mm.		54	31-40	52-59	40-48
Idem pînă sub cercul de divizare		54	15	9,5	
Oțel turnat în miez 300		53	26-30		14

Tabel 2.15

Material	Duritatea superficială - minimă - HB	HRC	Tensiuni în flancul dintelui - admisibilă - σ_{a+cal} kg/mm ²	$\sigma_{a+exp.}$ kg/mm ²	HRC	Valori de comparație σ_{afc}
Roți dințate din mat. de imb.	180		12-13	45-49	-	-
	240		15-16	56-60	-	-
	300		17-19	64-79	-	-
	360		21-23	79-87	-	-
	400		24-27	91-104	-	-
Roți dințate din mat. de cement.		55	26-28	98-106	-	-
		60	28-32	106-121	-	-
Roți dințate călite prin flacără		50	24-27	91-104	57-58	25-30
Fontă cu rez. la tracțiune						
15 kg/mm ²			7-8	26-30	-	-
20 kg/mm ²			9-10	34-38	-	-
25 kg/mm ²			10-12	38-45	-	-

2.5.27. Cu creșterea rezistenței pe flancul și la baza dintelui în funcție de creșterea durității, se va mări și rezistența la oboseală, și implicit solicitarea la încovoiere în piciorul dintelui (fig.2.23).

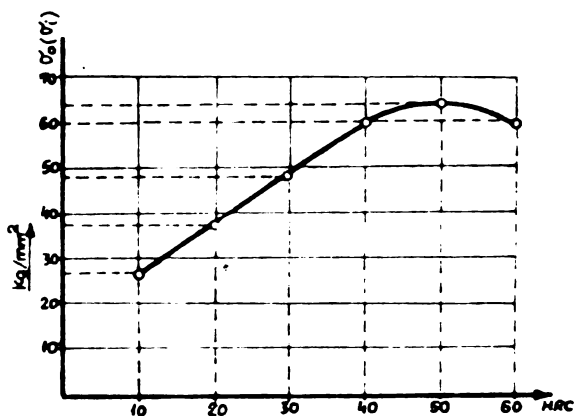


Fig. 2.23

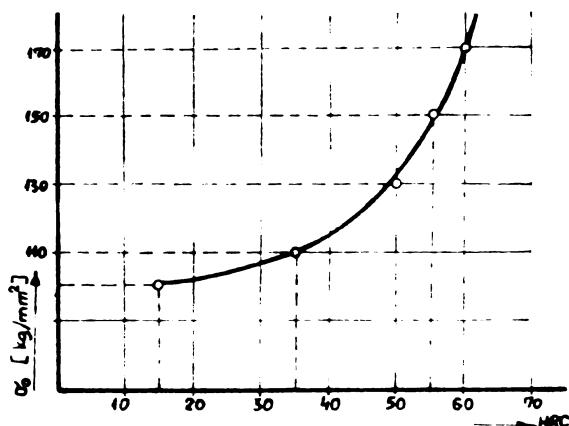


Fig. 2.24

2.5.28. Trecerea pe calculatorul electronic a permis stabilirea unor relații :

$$\begin{aligned} \sigma_0 &= f(\text{HRC}) \\ \sigma_0 &= 0,8 \cdot 10^{-4}(\text{HRC})^3 + 0,1767(\text{HRC})^2 + 0,08313(\text{HRC}) - 3,94577 \end{aligned} \quad (2.9)$$

ce au demonstrat că la o duritate de 56-60 HRC (650-715 HV) îi corespunde o rezistență la oboseală pe flancurile danturii de 130-170 kg/mm² (fig.2.24)

$$\begin{aligned} \sigma_{0fd} &= f(\text{HV}) \\ \sigma_0 &= 0,2 \cdot 10^{-3}(\text{HV})^3 + 0,08459(\text{HV})^2 + 9,16495(\text{HV}) + 0,05686 \end{aligned} \quad (2.10)$$

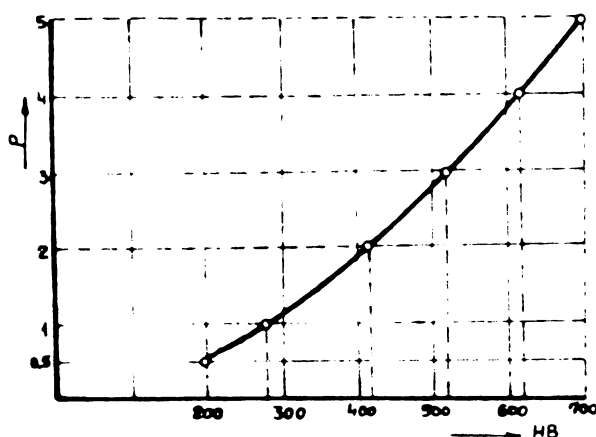


Fig. 2.24a

În baza valorilor capacității portante a flancului dintelui, rezultă și presiunea pe dinte ca o funcție a durității (fig.2.24a). Exprimată pe calculator are forma :

$$\begin{aligned} p &= 1,64205(\text{HB})^3 - 23,34203(\text{HB})^2 \\ &+ 194,10519(\text{HB}) + 108,53601 \end{aligned} \quad (2.11)$$

2.5.29. Prin procedeul de călire superficială a roților dințate dintr-un material

aliat (41 MoC 11 sau 40C10) în stare normalizată și îmbunătățită se poate admite un moment de torsiune mai mare cu 45-50% față de roțile dințate necălite superficial dar îmbunătățite la o duritate corespunzătoare unei rezistențe la rupere de 80-90 kg/mm².

2.5.30. Considerațiile expuse la pct.2.5 au condus în final la stabilirea unor valori determinate experimental și fundamentate științific, a durității ce trebuie prescrise roților dințate călite superficial a mașinilor de ridicat și transportat, pentru a obține valori maxime a capacităților portante, în condiții optime de uzinare și exploatare, cu un grad de eficiență economică foarte ridicat: 57-58 HRC pe capul dintelui; 50-54 HRC la 2 mm sub piciorul dintelui și maxim 30 HRC la 10 mm sub baza dintelui.

2.6. Considerații asupra alegerii oțelurilor și fontelor pentru călirea superficială.

Rezultatele călirii superficiale depind în mare măsură de alegerea corectă a materialului, în contextul condițiilor tehnice impuse zonei călite, de solicitările în serviciul a piesei respective.

În fig.2.25 se dă pe baza diagramei Fe-C, domeniul oțelurilor și fontelor care se călesc superficial. Duritatea maximă ce se poate obține depinde de conținutul de carbon dizolvat la temperatura de călire (fig.2.26) unde pentru comparații s-au trecut și valorile rezistenței la rupere în stare laminată sau recoaptă [3].

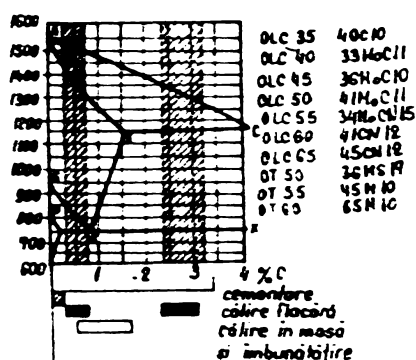


Fig. 2.25 Domeniul aliajelor Fe-C călitate cu flacăra reprezentate în diagrama Fe-C

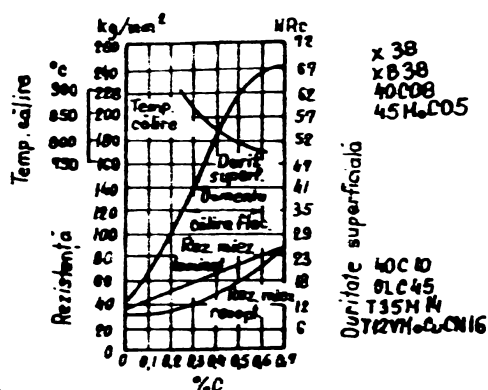


Fig. 2.26 Influența conținutului în carbon asupra rezistenței de rupere a miezului și durității superficiale la oțelurile carbon.

2.6.1. Pentru a face față tuturor cerințelor tehnico-economice actuale s-a studiat posibilitatea utilizării unor tipuri de oțel derivate din oțel carbon, avînd o călibilitate garantată prin adăugarea unei cantități foarte mici de crom sau bor.

Experimentările multiple executate în Uzina Mecanică Timișoara în perioada 1.01.1977-31.10.1979 au permis stabilirea compoziției chimice pentru două oțeluri ideale pentru roți

Tabel 2.16

Marca	Compoziția chimică			
	C %	Mn %	Si %	B %
X 38	0,38-0,40	0,60-0,80	0,10-0,40	-
XB 38	0,38-0,40	0,50-0,80	0,10-0,40	0,0035-0,0015

dințate și pinioane din cadrul mașinilor de ridicat și transportat.

Tabel 2.17

Marca	Compoziția chimică				
	C %	Mn%	Si%	Cr%	Mo
40C08	0,38-0,42	0,50	0,20-0,35	0,6-0,9	-
45MoC05	0,44-0,47	0,50	0,22-0,37	0,4-0,6	0,10-0,15

2.6.2. Clasificarea oțelurilor cercetate și experimentate se redă în tabelul 2.18 :

Tabel 2.18

Clasa A	Marca oțelului			
	Clasa A'	Clasa B	Clasa C	Clasa D
01C 35	X 38	40C10	42VC10	OT 55
01C 40		36MoC11	50VC10	OT 60
01C 45	XB 38	36MoC10		FC 200
01C 50		41MoC11		T40Mn 11
01C 55		34MoCN15		T40MnN107
01C 60	40C08	41CN12		T40VMn17
01C 65		45CN12		T 20 M 14
OT 50	45MoC05	36MS17		T 35 M 14
OT 55		45M10		T12VMoCuCN16
OT 60		65M10		OT 55 C

CĂPITOLUL 3

CERCETARI FUNDAMENTALE SI EXPERIMENTALE A CALIRII SUPERFICIALE A ROTILOR DINTATE.

3.1. Alegerea metodei optime de tratament termic superficial a roților dințate.

Din reprezentarea schematică din fig.3.1 reiese că cele cinci procedee de bază de aplicare a călirii superficia-

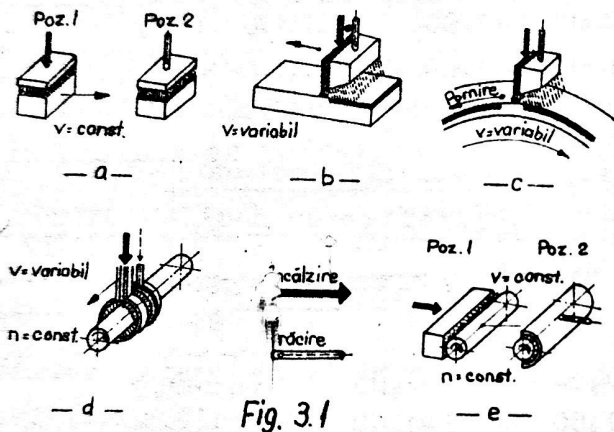


Fig. 3.1

le sînt aceleași atât la călirea inductivă cît și la călirea cu flacără. La procedeul din fig.3.1.a se austenitizează întreaga suprafață (poz.1), urmată de răcirea ei (poz.2); la călirea din fig.3.1.b se deplasează arzătorul împreună cu

diuza pentru jetul de apă, deasupra piesei; după același procedeu se călesc și piesele rotative (fig.3.1.c). În acest caz se rotește roata sub arzător și sub jetul de apă. Deoarece zona călită se închide la piesele circulare, între începutul și sfîrșitul călirii trebuie să rămîină o zonă necălită, pentru a se evita apariția fisurilor, prin supraîncălzirea ei. La călirea din fig.3.1.d arzătorul împreună cu jetul de apă se deplasează în lungul piesei, care în același timp se rotește în jurul axei sale. La procedeul de călire din fig.3.1.e, piesa de călit se rotește într-o unul sau mai multe arzătoare fixe, iar zona de încălzire se resfrînge peste toată suprafața de călit; după atingerea temperaturii de austenitizare, piesa se scufundă în mediul de călire.

Ținînd cont de procedeele descrise, asupra roților dințate se poate aplica următoarele metode de tratamente termice (fig.3.2):

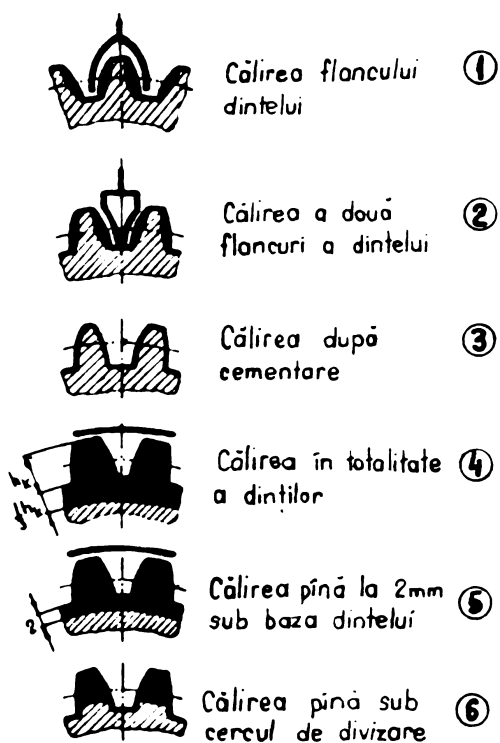


Fig. 3.2

1/3 din înălțimea dintelui; și la poz.5 este schițată călirea totală a dintelui la o adîncime de cca 2 mm sub baza dintelui; în fig.3.2 poz.6 se arată o călire totală a dintelui, dar numai pînă sub cercul de divizare.

Din aceste șase metode, aplicabile roților dințate a reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat, am opinat pentru metoda reprezentată în fig.3.2 poz.5, și pentru care cercetările efectuate, nu permis obținerea unor rezultate finale foarte bune.

3.1.0. Pentru obținerea acestor rezultate s-au aplicat următoarele procedee tehnologice :

3.1.0.1. Piese din grupa A1 și A2 (v.paragraf 2.8) se execută din discuri debitate cu ferestrăul sau strungite din bară laminată, și normalizată.

După operația de eboș, se execută o îmbunătățire, apoi piesa se danturează și se strungeste finis, după care se face călirea superficială prin curenți de inducție, urmată de operația de revenire.

metoda din poz.1 reprezintă călirea flancului dintelui, care se realizează prin încălzirea a două flancuri consecutive, care sînt apoi răcite cu apă; la metoda reprezentată la poz.2 se încălzesc flancurile unui gol de dinte; în poz.3 se arată călirea superficială, executată după operația de cementare; în fig.3.2 poz.4 se reprezintă călirea dintelui în totalitate la care zona de austenitizare are o adîncime de pătrundere sub baza dintelui, echivalentă cu

3.1.0.2. Pieseile din grupa B se execută prin operația tehnologică de deformare plastică din țagle și blumuri, urmată de normalizare. După prelucrarea mecanică la stare finită, se execută călirea superficială cu flacără pe mașina de călit circular tip 660 (fig.4.41), urmată de operația de revenire și control.

3.1.0.3. Roțile dințate din grupa C1 se execută din material laminat, forjat, normalizat, urmînd traseul tehnologic stabilit pentru piesele din grupa A1 și A2.

Pentru piesele din grupa C2 se va prevedea același regim tehnologic, mai puțin poz.29, 32, 35, 36, 39 (tab.2.7), care se vor căli superficial cu flacără.

Sintetic procesele tehnologice ale roților dințate și ale pinionelor sînt redade în tab.3.1.

Tabel 3.1

Denumirea piesei	Diame- tru	Mat.	Normal.	Imb.	Călire sup.	Reve- nire
Roți dințate	Ø 200	41MoCr11	în stare de li- vrare	după eboș	CIF	joasă
Roți dințate	Ø 200	OLC 45	"	"	"	"
Roți dințate	Ø 200	OLC 45	după forjare	nu	călire cu fla- cără	"
Arbori pinion	Ø 200	41MoCr11	"	după eboș	CIF	"
Arbori pinion	Ø 200	40Cr10CS	"	"	"	"
Arbori pinion	Ø 200	40Cr10CS	"	"	Călire cu fla- cără	"

3.1.1. Posibilități de călire superficială a flancului dintelui.

Pentru majorarea capacității portante a flancului dintelui și pentru reducerea uzurii se poate căli superficial dantura pe flancul dintelui pînă sub cercul de divizare. Stratul dur pe flancul dintelui are scopul de a prelua tensiunea de forfecare care apare în stratul superficial, și a împiedica formarea efectului "Pitting", și trebuie să fie suficient de

mare, încît presiunea să nu fie imprimată în această zonă. Experimental s-a determinat mărimea stratului dur :

$$a = 0,3 \times \text{modul}$$

Adîncimea durității, necesare unei funcționări corecte, se poate calcula ca o funcție a forței de presare pe flancuri, și care pentru oțelurile de îmbunătățire [41] reprezintă $60-80 \text{ kg/mm}^2$.

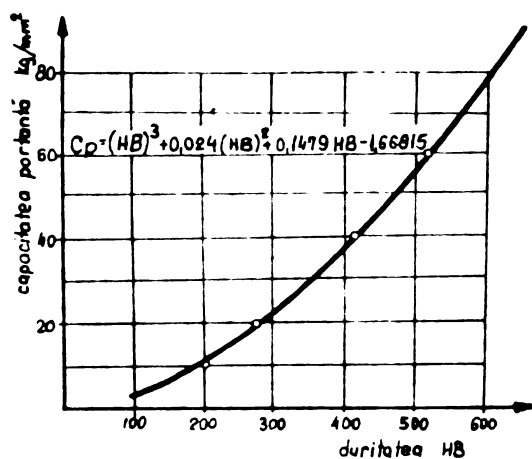


Fig. 3.3

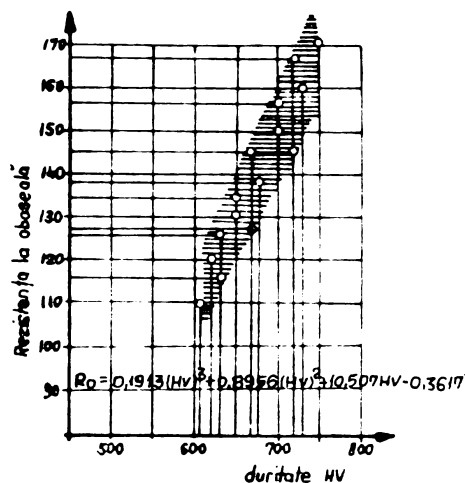


Fig. 3.4

În acest caz capacitatea portantă a flancului dintelui, nu poate fi decît o funcție a valorii durității, și se poate determina din fig.3.3.

Rezistența la oboseală a flancului dintelui, va rezulta din valoarea durității obținută în urma operației tehnologice de călire superficială [160] și este redată în fig.3.4.

Tehnologia determinată experimental pentru călirea roților dințate, prin procedeul călirii superficiale, dinte cu dinte este :

1. Confecționarea unei secțiuni de profile peste trei dinți, la scara 1:1 pentru construcția arzătorului.
2. Verificarea călibrității șarjei, și a posibilităților de apariție a fisurilor în urma tratamentului termic, executarea pieselor-probe în vederea confecționării inductorului sau a arzătorului.
3. Normalizarea materialului de bază; la roțile dințate supuse la solicitări complexe materialul va fi tratat termic prin procedeul de îmbunătățire.
4. Eboșarea roților dințate și prefrezarea denturii.
5. Reconocerea de detensionare a pieselor.

6. Finisarea operației de frezare a danturii

7. Călire superficială

8. Revenirea piesei călite în cuptor cu aer recirculat la temperatura de $180 - 200^{\circ}\text{C}$, timp de 90 minute, în maximum 1/2 oră de la călire superficială.

Alegerea materialului va fi condiționată de obținerea la călire superficială a unor valori de 57 ± 3 HRC, suficientă pentru a garanta o majorare a capacității portante a flancului și o reducere a uzurei ei. Metoda se poate aplica la roți dințate cilindrice cu $m > 14$. Se renunță la tehnologia de rectificarea a danturii, din cauză că deformațiile la călire sînt relativ mici.

3.1.1.1. Pentru ghidarea perfectă a transmîțătorului de energie cu jetul de răcire alăturat, este necesară o instalație de ghidare mecanică, care să permită o succesiune automată a procesului de călire (fig.3.5.a).

La roți cu dantura înclinată, există pericolul de revenire al flancului călit anterior (fig.3.5.b) și a posibilităților de apariție a fisurilor pe flancuri.

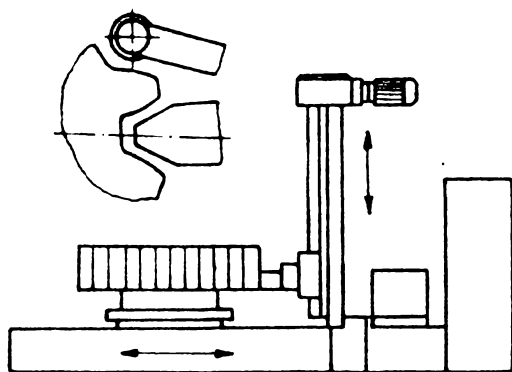


Fig. 3.5 a

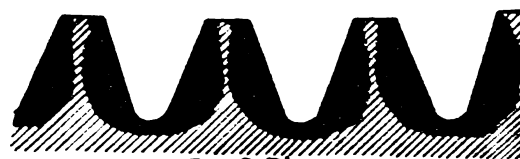


Fig. 3.5 b



Prin concepția și construcția arzătoarelor sau a inductoarelor se poate atenua sau elimina acest efect (fig.3.5.c).

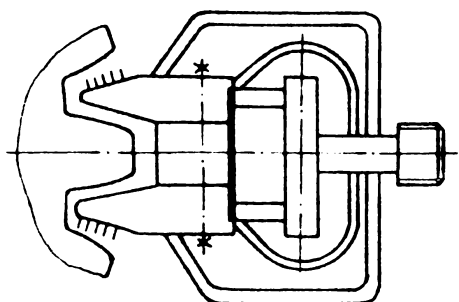


Fig. 3.5 c



Fig. 3.6

3.1.1.2. Capetele dintelui în principiu trebuie să rămână necălite (fig.3.6) deoarece la o eventuală supraîncălzire a acestei zone, muchiile se vor roda. Această zonă a fost determinată la 10-15 mm pentru dantura dreaptă, și la o înclinare a danturii de 10° , va fi egală cu modulul. Pentru călirea flancului danturii este suficientă o grosime de coroană sub piciorul dintelui de 1,5 ori înălțimea dintelui.

Adâncimea de călire, crește cu elementele de aliere Cr și Mo (fig.3.7 pentru oțelurile: a = OLC 45, b = 41MoC11, c = 40C10).

Roțile dințate conice se pot căli pe flancuri numai de la un modul mai mare de 10, cu ajutorul unui dispozitiv special (fig.3.8) și realizat în mod original (fig.3.8.b) și

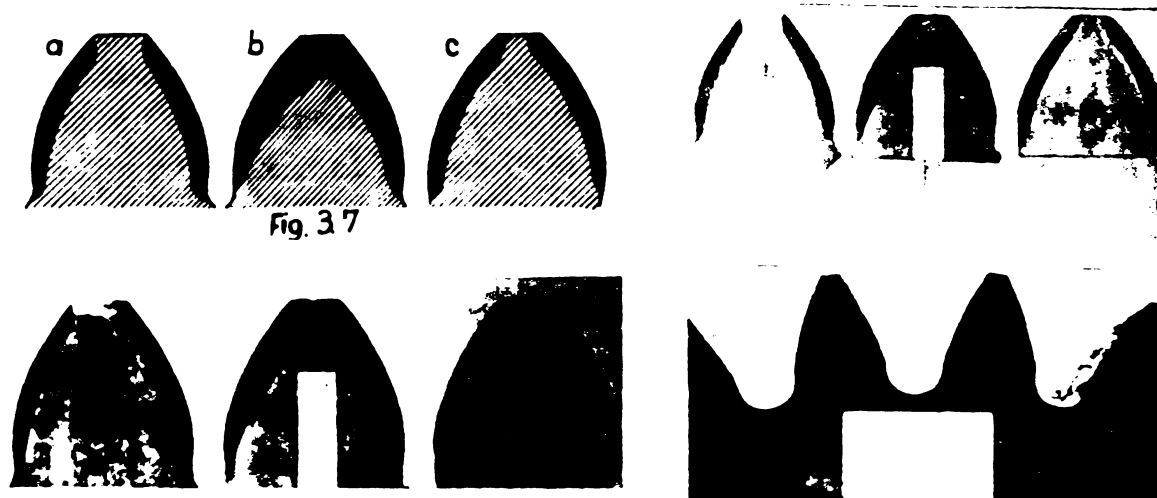


Fig. 3.7

specific pentru roțile dințate a reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat.

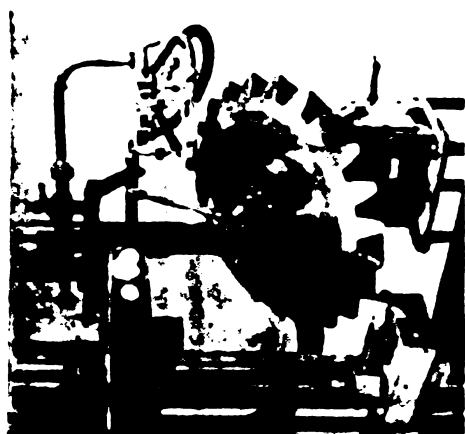


Fig. 3.8

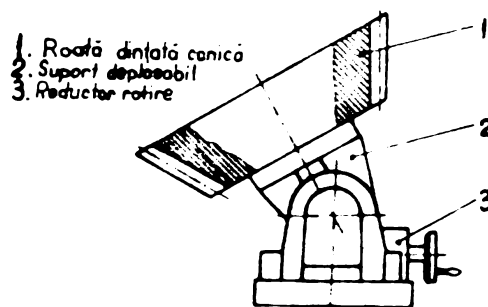


Fig. 3.8b

3.1.2. Experiințe în călirea cu arzătoare a roților de dantură.

3.1.2.1. La călirea cu flacără va trebui ca masa pie-

sei care se află sub stratul de austenitizare la fundul golului să fie mai mare decât masa care se află sub flancul călit (fig.3.9).

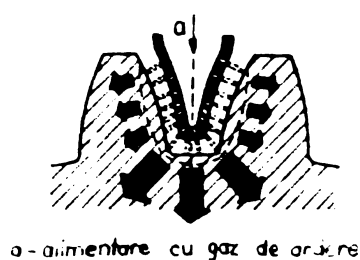


Fig. 3.9

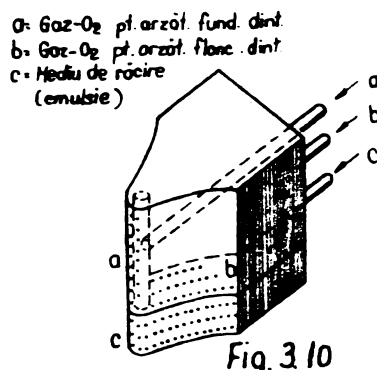


Fig. 3.10

O masă mai mare are capacitatea mai ridicată de absorbție a căldurii concomitent cu o conductibilitate mai pronunțată, din care cauză căldura acumulată în flancul dintelui se obține mai ușor. Se pune deci problema tehnică de obținere a unei fișii cu lățimea de 3,5-5 mm, uniformă atât pe flancurile dinților cât și pe fundul golului, care să fie adusă la temperatura de austenitizare, fără supraîncălzirea ei, ținând cont și de faptul că energia calorică absorbită este variabilă în lungul suprafeței.

Arzătoarele însă pentru dimensiuni mici de dinți sînt constructiv greu de realizat, neputîndu-se asigura o răcire perfectă și astfel vârful arzătorului se deteriorează rapid. Experiențele îndelungate bazate pe calculele termodinamice a permis realizarea unor arzătoare, a căror putere s-a reglat prin amplasarea diuzelor pe rînduri, cu două camere de amestec, de formă dinamică, astfel ca flăcările să fie uniforme și să parcurgă exact conturul golului (fig.3.10).

La danturi înclinate, pînă la un unghi de înclinare de un grad, se necesită amplasarea unui palpator de dirijare, care se fixează pe suportul arzătorului în partea inferioară și se deplasează împreună cu arzătorul, dar în golul alăturat (fig.3.11). Palpatorul fiind deplasat vertical, rezultă că la danturarea înclinată, mișcarea relativă a roții dințate față de avansul arzătorului este realizată.

La înclinații mari a danturii, flancul de sus primește o preîncălzire din cauza flăcării care trece alăturat.

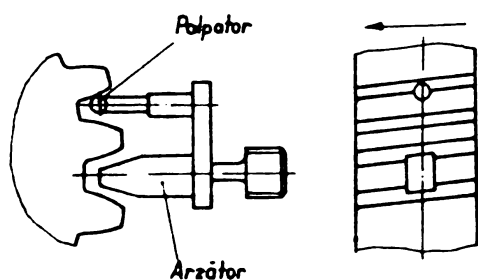


Fig. 3.11

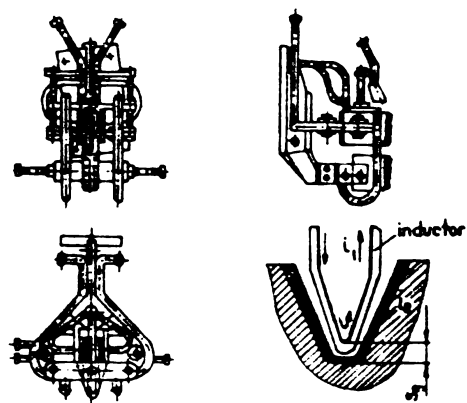


Fig. 3.12

Efectul de preîncălzire se mărește cu mărirea lățimii dintelui, și modifică adâncimea de călire și temperatura locală a suprafeței, necesitându-se determinarea pe cale experimentală a unei noi forme de arzător (fig.3.12).

Pericolul de supraîncălzire a suprafeței este redus în arzătorul cu cameră dublă, unde fiecare cameră are reglajul separat, alimentări individuale cu gaz și oxigen, cuplări manuale de tip individual și cuplări magnetice ale ventilelor. Se dă astfel posibilitatea ca toate zonele suprafeței golului să aibe o temperatură constantă. Construcția acestor arzătoare a fost posibilă numai pentru forme de dinți cu modul minim 16. Ulterior am modificat și diuza de răcire pentru a evita apariția fisurilor prin apropierea începutului răcirii de domeniul de acțiune a arzătorului, și se poate regla astfel distanța, cu creșterea unghiului de înclinare a dinților. Rezultatele obținute cu această construcție de arzătoare sînt redată în fig.3.13, obținîndu-se o adîncime uniformă, controlabilă și fără apariția efectelor de supraîncăl-

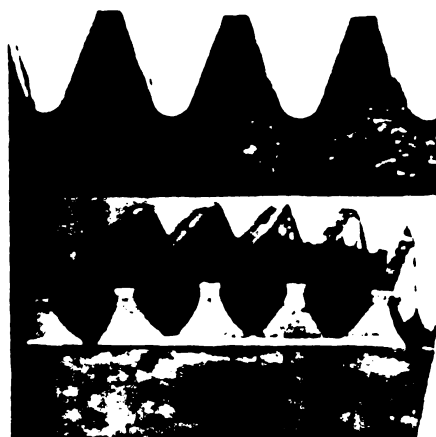


Fig. 3.13

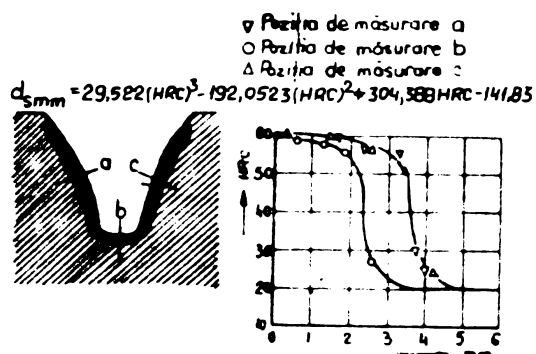
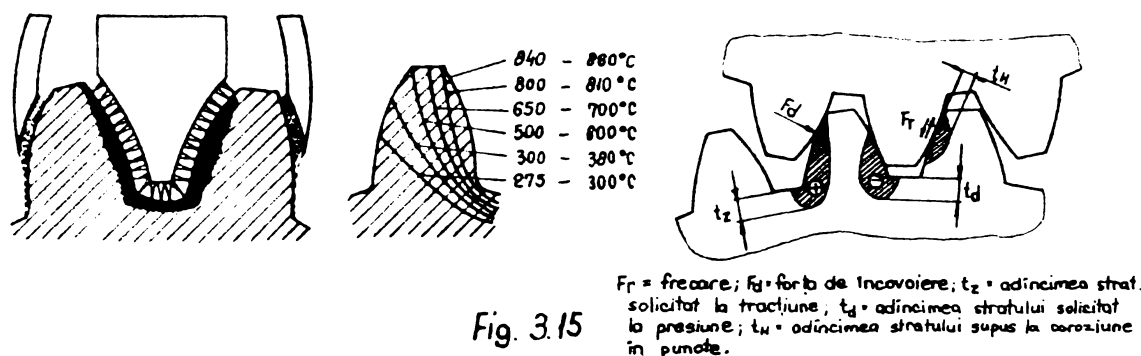


Fig. 3.14

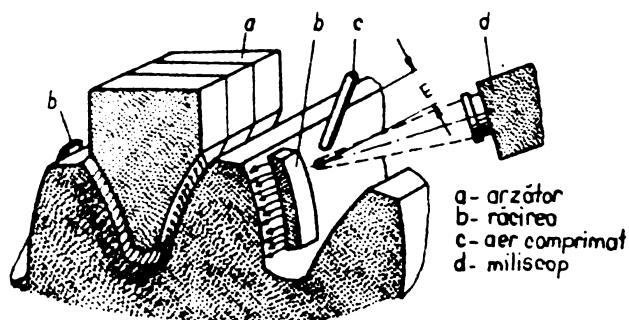
zire (fig.3.14).

Realizarea acestor arzătoare este unică la noi în țară, stabilindu-se valori precise pentru toate elementele constructive, prin calcul și experimentări.

3.1.2.2. Rezultatele măsurătorilor asupra dispersiei temperaturii în secțiunea dintelui în timpul avansului (fig. 3.15), arată că în treimea superioară a flancului dintelui opus, există o temperatură relativă de 300 - 400°C. Această



temperatură se poate determina precis numai cu un aparat care măsoară instantaneu și fără inerție, locul măsurătorii, fiind



protejat contra influențelor externe printr-un înveliș de protecție de aer comprimat realizat cu ajutorul unor diuze (fig. 3.16). Realizarea unei temperaturi relative de 300 - 400°C este posibilă

numai prin reglarea automată a vitezei de avans în funcție de temperatura înregistrată pe capul dintelui.

3.1.3. Incercări în călirea prin inducție a golurilor de dantură în domeniul frecvenței medii.

Experimentarea acestui procedeu la roțile dințate cu module peste 12, de la reductoarele mașinilor de ridicat, a permis precizarea unor factori, care în cazuri singulare, pot influența negativ călirea golurilor de dantură.

3.1.3.1. Se necesită determinarea precisă a tempera-

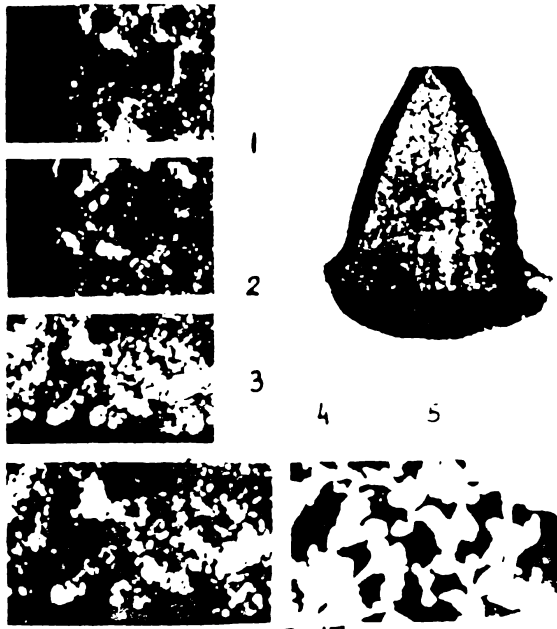


Fig. 3.17

termina prin calcul și trebuie să se verifice pe o roată de încercare, prin imaginea obținută a stratului călit (fig.3.19).

turilor de călire pentru fiecare material, în funcție de procedeul de încălzire utilizat la călirea superficială, pentru a evita pătrunderea neuniformă a stratului călit (fig.3.17), și deci echilibrarea diferențelor de concentrație a tensiunilor, ce pot provoca ruperea dinților (fig.3.18).

Formele cele mai indicate ale inductoarelor se vor de-

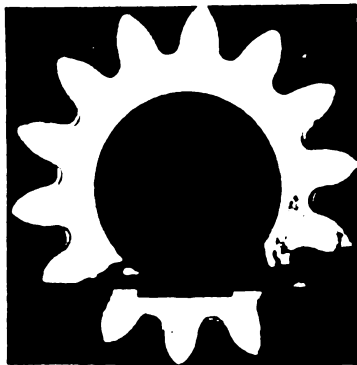


Fig. 3.18

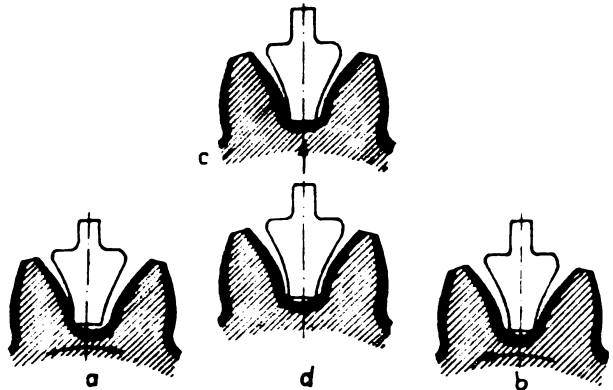


Fig. 3.19

3.1.3.2. Pozițiile de introducere și retragere ale inductorului sînt dependente de imaginile pozitive sau negative ale stratului călit, ce se pot obține prin folosirea unei imagini a capului de dinte secționat pe cercul de divizare (fig.3.20).

Menținerea în poziția de pornire, timpul de încălzire necesar în această poziție a roții dințate, conectarea surselor de răcire, întreruperea curentului în timpul retragerii, timpul de menținere, asigurînd sursele de răcire, se vor determina pe roți de încercare-probe (fig.3.21).

Un avans redus permite scurgerea temperaturii în dintele alăturat, provocînd fisuri transversale (fig.3.21/1-2, 2-3). Un avans prea rapid, necesită o capacitare electrică

14 - 1				+	+	-
1 - 2				-	-	-
2 - 3				-	-	-
3 - 4				-	-	-
4 - 5				-	-	-
5 - 6				-	-	-
6 - 7				-	-	-
7 - 8				-	-	-
8 - 9				-	-	-
9 - 10				-	-	-
10 - 11				-	+	-
11 - 12				+	+	+
12 - 13				+	+	+
13 - 14				-	+	-

Fig. 3.21

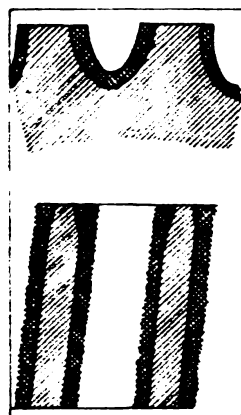
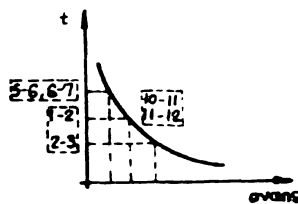


Fig. 3.20

mărită și îngreunează astfel reglarea uniformă a temperaturii de călire în domeniul golului de dantură, provocând apariția supraîncălzirilor locale cu urme de fisuri, având o adâncime de pătrundere neuniformă

(fig.3.21/5-6, 6-7).

În urma unor încălziri pe probe scurte, fără răcire ulterioară, se va determina capacitatea necesară în kW, pentru temperatura de călire indicată și se va ține cont ca menținerea la puterea determinată să fie constantă în timpul călirii prin inducție (fig.3.22).

Distanța "A" de la partea superioară a sursei jetului de răcire la suprafața inferioară a inductorului va fi astfel determinată, încât abia după apariția unei reveniri ușoare, prin scăderea temperaturii de călire, să se efectueze răcirea.

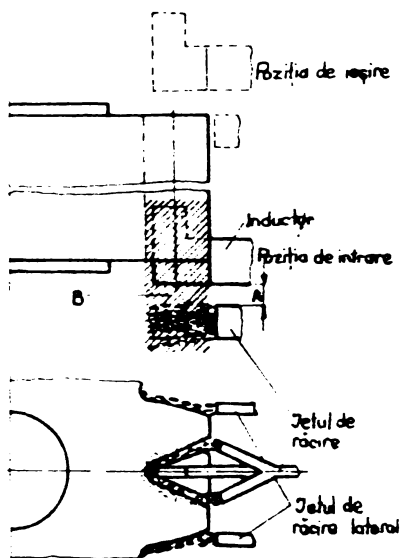


Fig. 3.22

Pentru menținerea tensiunii constante în timpul operației de călire este indicat menținerea succesiunii călirii golurilor de dantură, posibilă până la diametre de 1200 mm,

prin salturi din doi în doi dinți. La roțile cu diametre între 1200-2000 mm se vor căli golurile de dantură succesiv, în patru sectoare, având următoarea ordine de călire a sectoarelor: 1, 3, 2, 4. Peste diametre de 2000 mm călirea se efectuează în 8 sectoare cu următoarea ordine: 1, 5, 3, 7, 2, 6, 4 și 8.

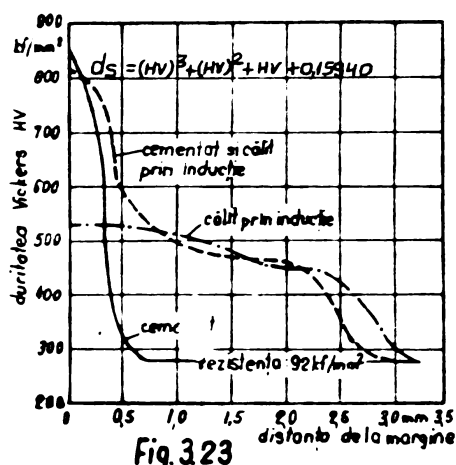


Fig. 3.23

Deformarea la roți dințate călite prin inducție în domeniul frecvenței medii este relativ foarte mică, deoarece o parte redusă a volumului piesei este solicitată termic: 0,005-0,008 mm bătaia radială și 0,003-0,008 mm abaterea la cota peste dinți.

La roți dințate supuse la sollicitări mari, și unde nu se pot utili-

za oțelurile de cementare datorită deformărilor ce apar, iar nitrurarea din cauza grosimii stratului insuficient, iar duritatea obținută în cazul călirii superficiale prin inducție este prea mică, s-a demonstrat că cel mai indicat procedeu este nitrurarea combinată cu călirea prin inducție. Sub influența temperaturii de călire se mărește stratul de nitrare în timp ce duritatea suprafeței scade numai neînsemnat (fig. 3.23). Duritatea obținută sub stratul de nitrare, în zona călită superficial cu inducție, este dependentă de șarjă și variază între 48-54 HRC. Comportarea la rezistență a acestei căliri combinate, în piciorul dintelui și în flancul dintelui, este comparabilă cu valorile obținute la oțelurile de cementare.

3.1.4. Călirea superficială a roților dințate de gabarite mari.

La astfel de roți apar tensiuni proprii interne chiar și fără căliri superficiale, care au efect negativ asupra solicitării admisibile la piciorul dintelui.

La roțile cu secțiune constantă valorile solicitărilor se determină, fără să se țină cont de acestea totuși unii autori străini [161] au demonstrat că metodele de calcul clasice nu sînt valabile în cazul roților dințate cu bandaje, deoit dacă se folosesc coeficienți de siguranță suplimentari,

pentru a putea transmite în deplină siguranță momente de torziune mari. În publicațiile recente [160] se descriu cum forțele care acționează asupra danturii, produc o deplasare crescândă și continuă a bandajului față de corpul de bază.

Acest lucru este și mai mult valabil dacă înălțimea dintelui față de grosimea bandajului este mare, solicitările maxime la piciorul dintelui amplificându-se. În astfel de cazuri s-au observat rupturi transversale din cauza depășirii limitei de curgere pe diametru interior. La turații mari trebuie să se țină cont și de forțele centrifuge, la distribuirea solicitărilor. Astfel cresc tensiunile tangențiale mai mult decât cele radiale, cu creșterea vitezei unghiulare. Deci în calculele de dimensionare se va ține cont în primul rând de tensiunile tangențiale.

Intr-o comunicare a Institutului de cercetări pentru roți dințate și angrenaje din München [100] rezultă că mărimea tensiunii între bandaj și corpul de bază influențează negativ solicitarea admisibilă în piciorul dintelui. Desigur că trebuie să se țină cont și de coeficientul de frecare dintre bandaj și corpul de bază. Astfel o încălzire a bandajului într-o baie de ulei nu este recomandabilă, pentru că pelicula de ulei nu se îndepărtează complet de pe suprafețele de păsuire, ducând la scăderea coeficientului de frecare. Există deasemenea o concepție că suprafețele cu rugozitate mare sînt mai recomandabile pentru astfel de îmbinări, rezultatul este însă că apar tensiuni de vîrf locale care depășesc cu mult cele calculate.

Pentru a putea răspunde la toate întrebările încă deschise a tratamentului termic la roțile cu bandaje s-a experimentat : influența timpului de încălzire; dispersia temperaturilor; raportul secțiune alezaj la secțiunea totală; influența materialului ales și structura acestuia; tratamentul termic optim anterior călirii superficiale; raportul secțiune bandaj pe secțiunea totală la care bandajul se rupe în urma tratamentului termic superficial.

3.1.4.1. Experimental s-a constatat utilitatea călirii circulare pînă sub piciorul dintelui la roți cu diametru pînă la 800 mm și modul pînă la 12.

La module peste 12 se recomandă călirea flancurilor,

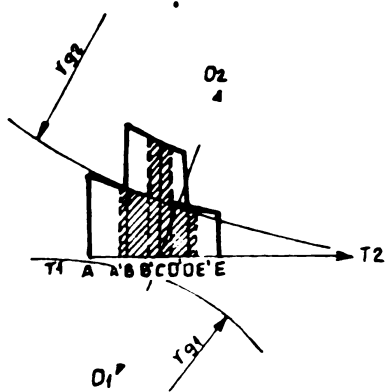


Fig. 3.24

dar la acestea scade foarte mult rezistența la piciorul dintelui și se necesită mărirea modulului cu 40%, dar se mărește presiunea de contact și scade puterea de transmis. In fig. 3.24 se compară influența modulelor diferite asupra presiunilor de contact dealungul liniei de angrenare. Pentru faptul că geometria danturii este aceeași la ambele module, presiunea de contact are aceeași valoare. Totuși apar diferențieri în anumite puncte de contact critice. La o danturare greșită, forța totală se transmite deja în punctul "A" la piciorul dintelui, ceace la module mari are repercursiuni asupra contactului danturii.

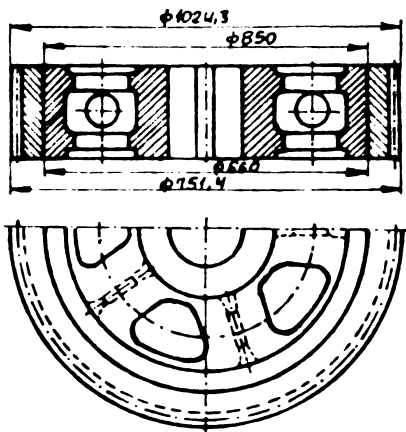


Fig. 3.25

3.1.4.2. Cercetările experimentale s-au efectuat pe roți de forma și dimensiunile din fig.3.25, din care unele aveau 122 dinți cu modulul 6 și unghiul de înclinare 10° , iar celelalte 69 dinți cu modulul 14 și unghi 5° .

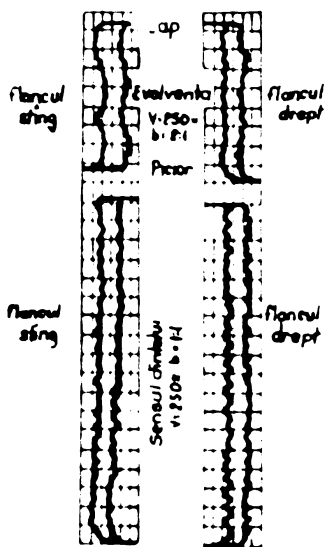


Fig. 3.26

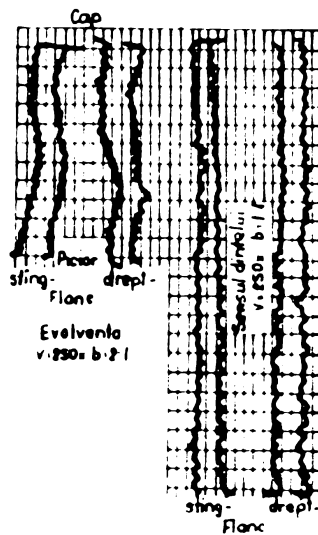


Fig. 3.27

Pentru urmărirea exactă a deformării danturii la călire, s-au efectuat măsurători înainte și după călire.

In fig.3.26 se arată rezultatele măsurătorilor

formeii dintelui cu modul 6, iar în fig.3.27 măsurătorile pentru roata cu modul 14, cu diametru de 1024 mm și lățimea dintelui de 240 mm.

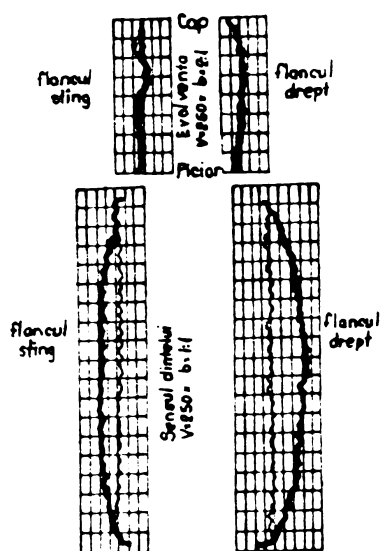


Fig. 3.28

După călirea superficială a ambelor roți, încălzirea făcându-se cu flacăra, cu un debit de 300 m³/h de oxigen și 120 m³/h gaz metan, la un timp de încălzire de 9 minute, și de menținere de 3 minute, măsurătorile au arătat situația prezentată în fig.3.28.

Pentru a obține o imagine mai clară și a se putea face o comparație concludentă, ambele diagrame, acea reprezentând situația necălită și cealaltă în stare călită, au fost puse față în față.

Se observă schimbările formeii dintelui cu 1-2 mm.

Experiența uzinală a demonstrat că aceste abateri nu au un efect negativ asupra calității danturii - de menționat efectul favorabil la mersul selențios a angrenajului.

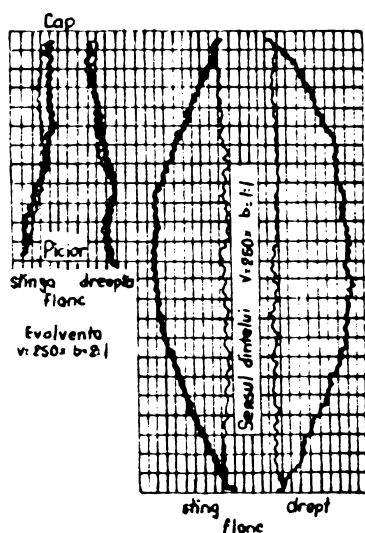


Fig. 3.29

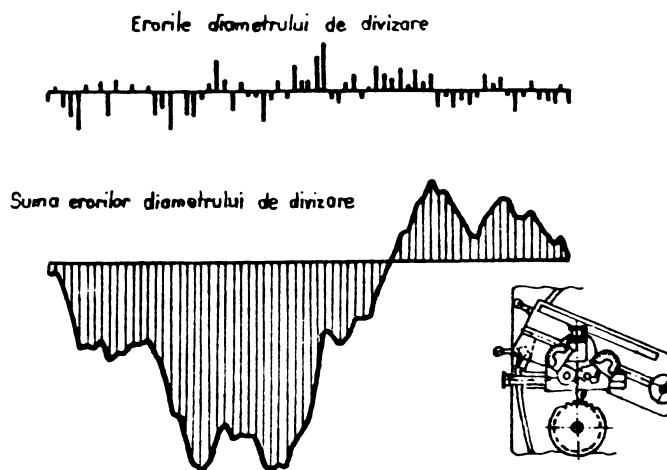
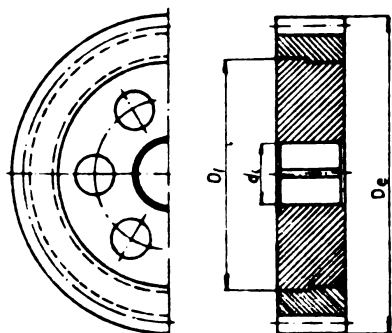


Fig. 3.30

În fig.3.29 sînt tratate grafic măsurătorile pentru roata cu modul 14. Valorile măsurătorilor înainte și după călire sînt alăturate pentru comparație. Bandajul dintelui are

abateri relativ mari, dar cu aceeași tendință ca și roata cu modul 6.

Deoarece pentru a avea un mers silențios a angrenajului, important este în afară de forma dintelui și abaterile de la divizarea dinților, s-au făcut determinări la roata cu modul 14 (fig.3.30).



$D_1 = D_2 - 10 \times m$
m: modulul

Fig. 3.31

La operațiile de măsurare s-a procedat în felul următor : se consideră o diviziune fără abatere, ambele ceasuri comparatoare punindu-se la zero. Fiecare abatere de la divizare este reprezentată în așa fel încît suma acestor abateri ne dă abaterea totală a danturii. Măsurătorile arată că toate abaterile au apărut datorită tensiunilor radiale apărute la călire. Prin modificarea constructivă a corpului de

bază (fig.3.31) s-au obținut rezultate superioare.

3.1.5. Considerații asupra construcțiilor corecte din punct de vedere a călirii superficiale circulare.

La determinarea formei constructive a pieselor ce urmează a fi călite superficial, trebuie să se țină cont de efectele încălzirii cu viteze foarte mari a straturilor superficiale, în directă dependență de ansamblu funcțional a piesei.

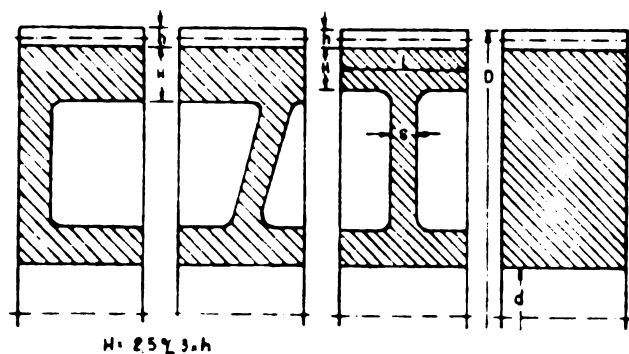


Fig. 3.32

La călirea roților dințate, forma corpului roții dințate determină posibilele deformări. (Fig.3.32 ultima reprezentare fiind cea mai corectă). Trebuie să se evite secțiuni mici dedesubtul suprafeței de călit, muchii pronunțate, străpungeri și găuri în suprafața de călit, sau sub zona de călit (fig.3.33).

Suprafețele interioare prezintă întotdeauna probleme-

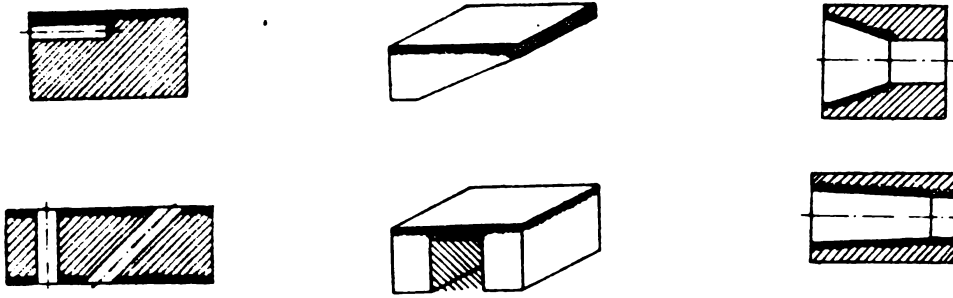


Fig. 3.33

ne înceace privește uniformitatea adâncimii de călire și mai ales a formei zonei călitate (fig.3.34).

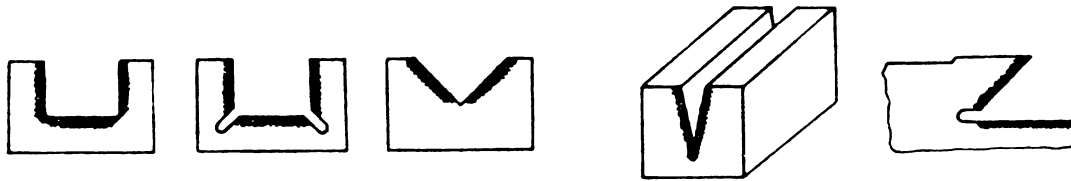


Fig. 3.34

3.1.5.1. Alegerea materialului pentru procedeul de călire superficială. Pentru obținerea durității dorite a suprafeței de călit, determinant este conținutul de carbon a piesei (v.cap.2 pct.2.6) fig.3.35.

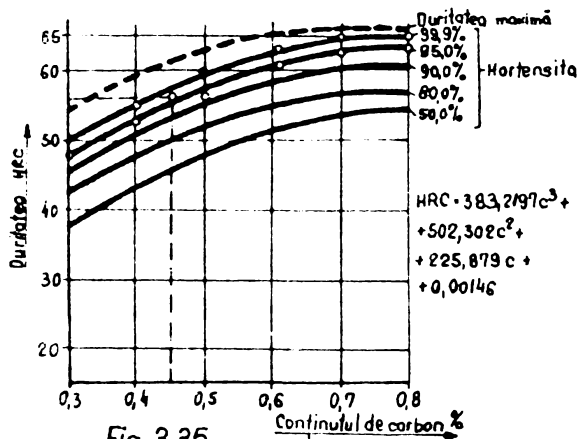


Fig. 3.35

Experiențele arată ca la încălzirea rapidă se obține o duritate cu 2-3 unități HRC mai mari la încălzirea cu inducție decât la încălzirea cu flacără, și cu 3-5 unități mai mari decât la încălzirea volumetrică.

3.1.5.2. Călibilitatea materialelor. Pentru obținerea unor

căliri corecte este necesar ca materialul folosit să aibe proprietățile necesare de călibilitate, care depind nu numai de compoziția chimică ci și de modul de elaborare.

Concludent înceace privește pretarea la călirea superficială este examinarea la comportare la fisurare, prin metoda călirilor multiple.

3.1.5.3. Incălzirea în vederea călirii superficiale. Temperatura de călire, în funcție de conținutul de carbon este în general mai mare cu 30 - 50°C, decât la călirea volumetrică.

Duritatea obținută este o funcție: a conținutului de carbon și a elementelor de aliere; a temperaturii de încălzire; a mediului de răcire; a influenței analizei chimice; a influenței tratamentului termic anterior; a dimensiunilor piesei; a influenței tratamentului termic după călirea superficială.

Pentru producerea și transmiterea căldurii în vederea călirii cu curenți de înaltă frecvență, experiențele s-au efectuat cu ajutorul generatorului de înaltă frecvență din fig.3.36, re proiectat în întregime pentru a putea fi adaptat la călirea roților dințate pînă la un diametru de 200 mm.

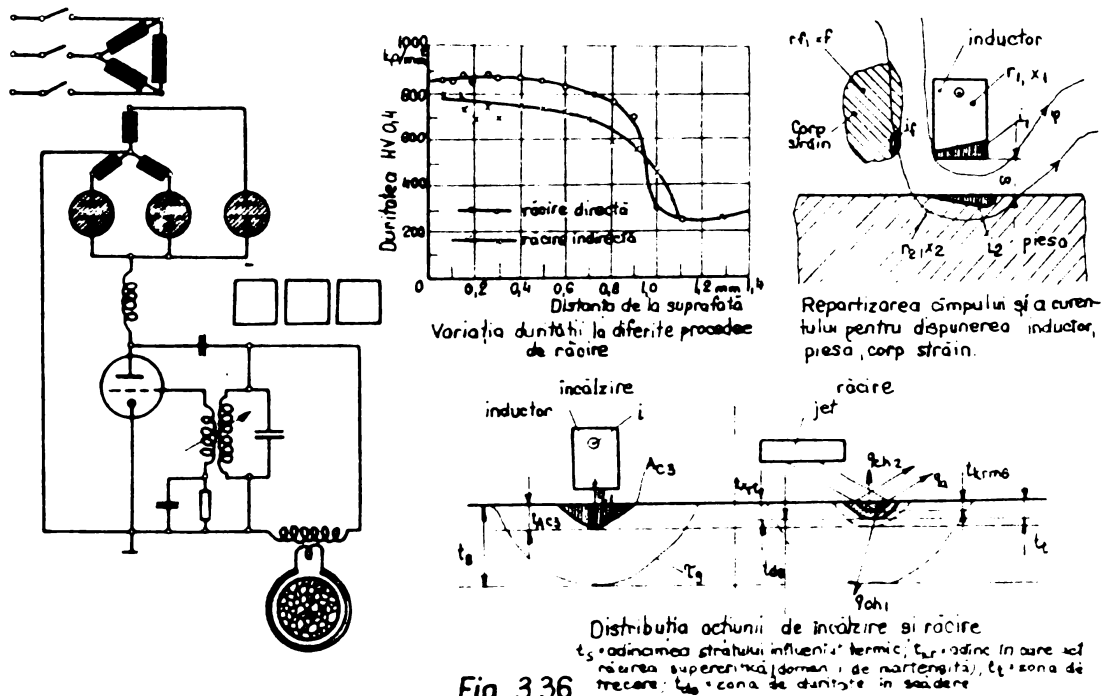


Fig. 3.36

Stratul de suprafață care a fost adus la temperatura de călire, corespunzător adâncimii de austenitizare, cuprinde un anumit volum de material călit, pentru care la un conținut mediu de carbon de 0,45, se poate determina puterea electrică în kWh, în funcție de timpul de încălzire:

$$P(\text{kWh}) = C \times \frac{\text{volumul încălzit (dm}^3\text{)}}{\text{timpul de încălzire (sec)}}$$

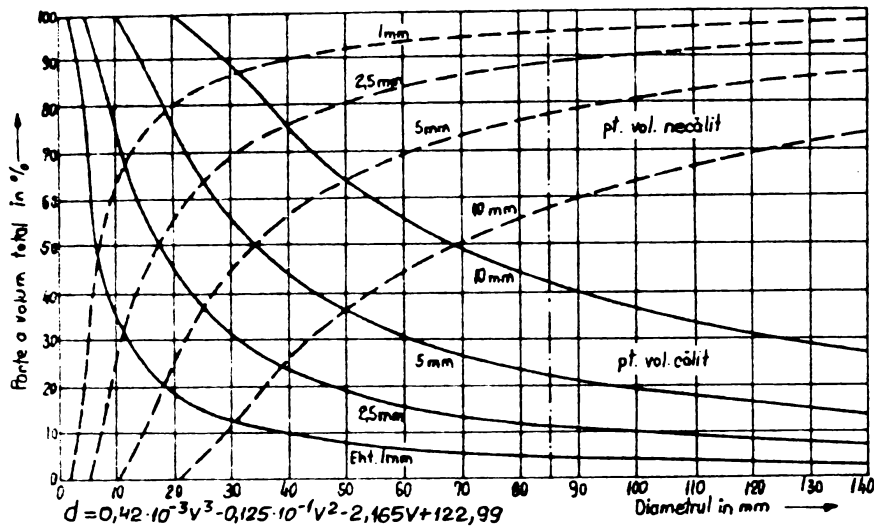


Fig. 3.37

ficială. Pentru obținerea unui strat călit este necesar îndepărtarea cu o viteză corespunzătoare vitezei critice de răcire a materialului, a cantității de căldură acumulate în stratul superficial. S-au determinat experimental cantitățile de mediu de răcire necesare (fig.3.38) și care sînt aceleași pentru călirea prin inducție sau cu flacăra, la o presiune de 5-7 bar.

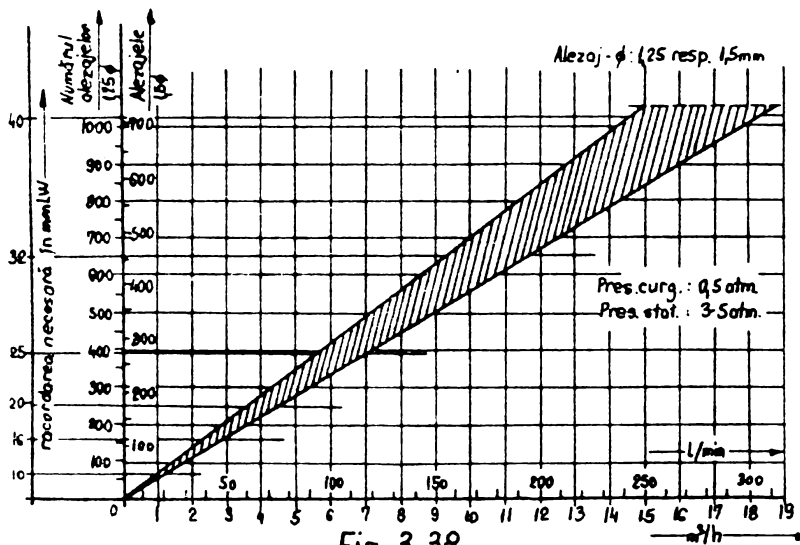


Fig. 3.38

re depinde de: temperatura de încălzire, de timpul de încălzire, de puterea arzătorului, de avansul arzătorului, de timpul de tranziție între încălzire și răcire, de distanța dintre arzător și piesă, de caracterul pulsatoriu a încălzirii, de temperatura mediului de răcire, de structura materialului, de tra-

Volumul stratului de suprafață călit, comparativ cu volumul total al unui arbore, depinde de diametru și adîncimea de călire (fig.3.37).

3.1.5.4. Răcirea la călirea superficială.

3.1.5.5. Adîncimea de călire solicitabilă și obținabilă. Adîncimea de călire necesară se stabilește în funcție de felul solicitării și de presiunea superficială de suportat, specifică materialului.

Adîncimea de căli-

tamentul termic anterior călirii superficiale, de diametrul pieselor, de diametru critic de călire. La călirea prin in-

ducție s-au stabilit următoarele valori a adâncimii de călire (fig. 3.39):

0,5-5 M Hz	0,5-1,5 mm
8-10 k Hz	1,0-3,0
1-4 k Hz	2,0-8,0
50 Hz	8,0-16

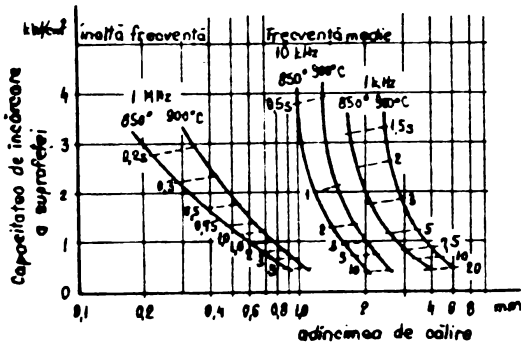


Fig. 3.39

In fig.3.40 se redă adâncimea de călire, la o temperatură constantă a suprafeței de 880°C la două oțeluri diferite: OLC 45 și 41MoC11.

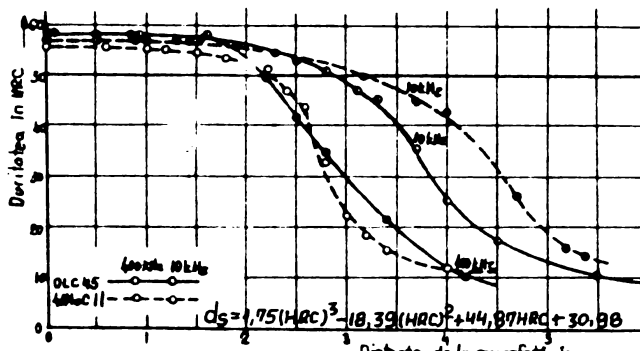


Fig. 3.40 Adâncimea de călire în funcție de frecvență, temperatură la suprafață: 880°C; puterea instalată: 50 kW.

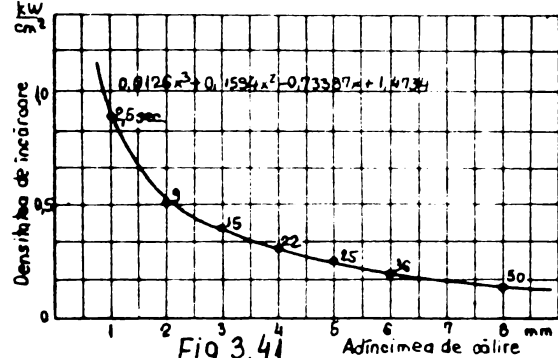


Fig. 3.41

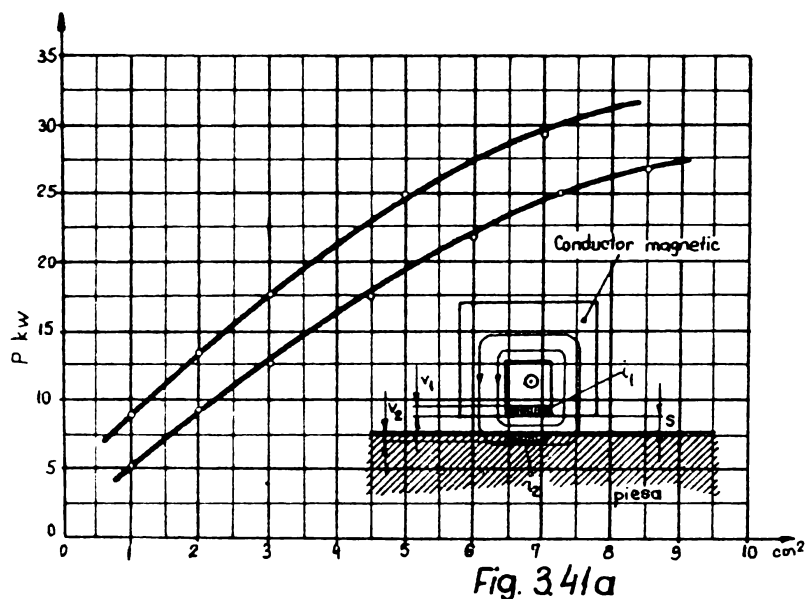
Adâncimea mai mare de călire la oțelul 41MoC11 se datorește călibilității mai bune a acestui oțel.

La aceeași putere a instalației, prin transmitătorii de energie cantitatea de căldură transmisă suprafeței piesei de călit, depinde de densitatea de putere. Aceasta la rândul ei depinde de forma piesei și de posibilitatea tehnică de a construi inductoarele astfel ca să concentreze maximum de densitate de putere (fig.3.41). Cu creșterea densității de putere, timpul de încălzire se reduce, și se pot obține adâncimi de călire mici; cu creșterea timpului de încălzire și scăderea densității de energie, crește adâncimea de călire. La aceeași adâncime de călire, densitatea de putere mărită permite o viteză de călire mai mare.

3.1.5.6. Determinarea energiei pentru călirea superficială. La călirea inductivă a arborilor s-a determinat că este necesar o putere de 3-4 kw pentru fiecare cm^2 de călit

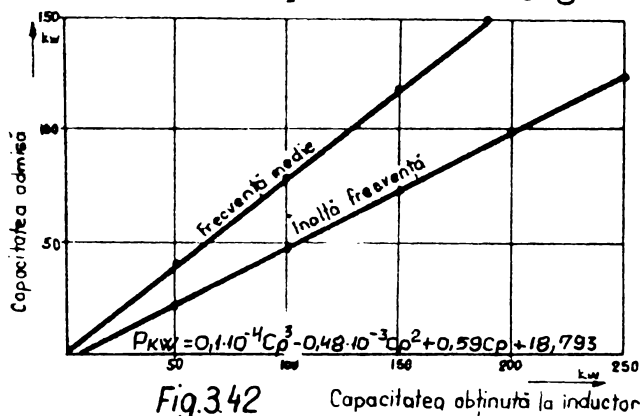
(4300 kcal/cm²); la călirea alezajelor roților dințate este necesar 6-9 kw/cm² din suprafața interioară; dacă cele două brațe ale inductorului se pot deplasa paralel peste suprafața de călit este necesară o energie de 3-7 kw/cm²; dacă cele două brațe stau, unul deasupra celuilalt în scopul obținerii unei zone de încălzire mai înguste, se poate admite o putere de 10-15 kw/cm²; în cazul când inductorul este plasat în lungul direcției de deplasare, din cauza efectului de preîncălzire, este necesar numai 3-5 kw/cm².

Folosirea concentratorilor, reduce energia necesară cu 25-40%. La călirea cu flacără la un raport între gaz metan și oxigen de 1:1,6 se transmite 12.000-15.000 kcal/cm² suprafață de călit.



3.1.5.7. Alegerea puterii. Energia luată de la rețea este mult mai mare decât energia transmisă la bornele inductorului (fig.3.42.a).

Diferența dintre energia consumată și energia transmisă crește linear, indiferent de frecvență.



La generatoarele de frecvență medie, energia consumată este cu 30-40% mai mare decât energia transmisă, față de 140% la generatoarele de înaltă frecvență. Ținând cont

de anumite căderi de potențial, care influențează mai ales timpul de călire, puterea necesară determinată experimental, trebuie să fie cu 30 % mai mare, decât cea teoretic calculată.

3.1.5.8. Influența numărului de bucăți și a mărimii pieselor la alegerea felului călirii superficiale. Pentru piese mici și de serie mare este mai economică călirea inductivă, vitezele de călire fiind 4-6 ori mai mare decât la călirea cu flacără. Prețul de cost a energiei electrice pe ansamblu procedurii este mai mic (10-15 %) comparativ cu prețul de cost în cazul întrebuințării gazului metan și a oxigenului.

Cu cât dimensiunile pieselor devin mai mari, cu atât posibilitățile de aplicare a călirii inductive se diminuează. Generatoarele de putere mare, necesare producerii energiei electrice sînt relativ costisitoare, iar gradul de utilizare a lor este insuficient.

La piesele mari și adîncimi de călire mari, viteza de lucru devine economică pentru călirea cu flacără.

La alegerea procedeelor de călire trebuie să se țină cont și de transmitătorii de căldură: la călirea axelor între $\varnothing 20 - \varnothing 100$ sînt necesare 6 arzătoare la călirea cu flacără și 33 inductoare la călirea inductivă; la diametre între 100 - 600 mm sînt necesare 10 tipuri de arzătoare, și trebuie 200 inductori la călirea CIF.

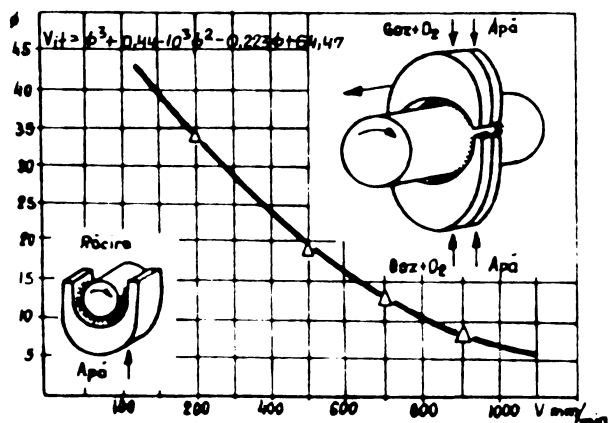


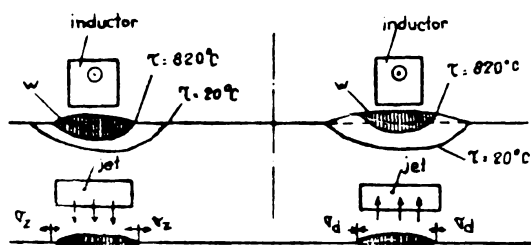
Fig. 3.42a

900 mm/min (fig.3.42.a).

Timpul de schimbare a inductorilor este mai redus cu 25-35 % decât în cazul arzătoarelor. Durata de funcționare a inductorilor este determinată de intensitatea răcirii. Linile de forță ale câmpului magnetic acționează nu numai pe suprafa-

Dacă se analizează, arbori și axe între diametrele de 8-50 mm, rezultă posibilitatea aplicării călirii cu flacără, cu arzătoare inelare, la viteze ce ating vitezele de încălzire inductive: tije de $\varnothing 8$ se pot căli cu o viteză de înaintare de 800-

ța piesei, ci ele au pînă la atingerea punctului Curie și o acțiune asupra inductorului, care se deformează și încearcă să se încadreze în fluxul liniilor de forță. La piesele lungi și inductoare cu suprafețe mari se poate observa o continuă și schimbătoare mișcare a inductorului la trecerea curentului



Modificări de volum a zonelor încălzite și călite prin inducție; stînga: scăderea de temperatură bruscă, pericol de fisurare (σz - tensiunea de tracțiune); dreapta: scăderea de temperatură lentă apariția tensiunii de apăsare.

Fig. 3.42 b

electric. În asemenea cazuri inductorii au trebuit să aibe o construcție mai robustă și să fie consolidați, ținînd cont de fluxul magnetic, pentru a nu-și schimba poziția față de suprafața piesei de călit (fig.3.42.b).

3.1.5.9. Viteza de lucru. Di-

ferențe ce apar între călirea inductivă și cu flacără rezidă în domeniul mai mare de reglare a avansului la călirea inductivă. Păstrarea temperaturii de călire prescrisă se poate realiza și prin dozarea energiei transmise piesei. Se pot utiliza conectări care la realizarea unor adîncimi mari de călire împiedică supraîncălzirea piesei. Mărimea avansului la călirea

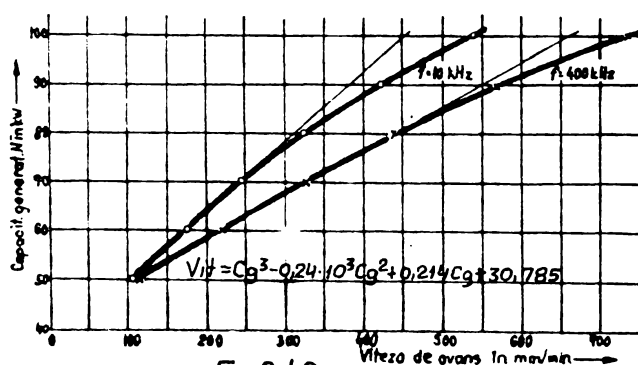


Fig. 3.43

inductivă depinde de cantitatea de căldură ce poate fi transmisă suprafeței piesei, care la rîndul ei depinde de densitatea de căldură ce poate fi transmisă de inductor, în funcție de construcția lui. Dacă se

mărește intensitatea de căldură transmisibilă, se micșorează cu frecvența și durata de încălzire sau se mărește viteza de avans. Dependența avansului de puterea generatorului pentru un anumit diametru și la diferite frecvențe se vede în fig.3.43. Dacă se pune în evidență viteza de avans ca o funcție a diametrului, se obține puterea generatorului ca parametru, ce poate menține constantă o anumită temperatură, fără a se modifica construcția inductorului (fig.3.44). Cu creșterea diametrului scade viteza de avans la menținerea constantă a puterii; la

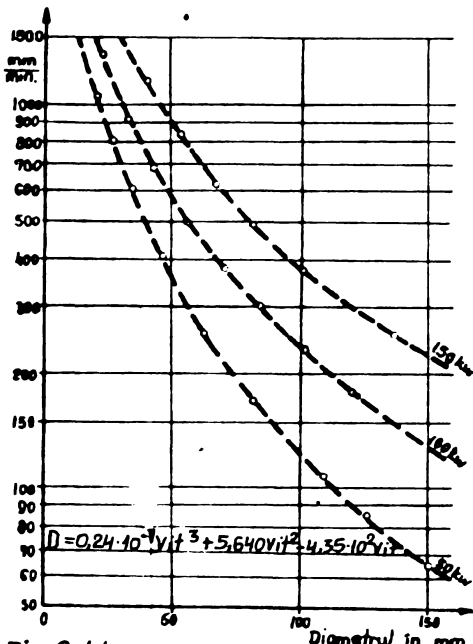


Fig. 3.44 Avansul și capacitatea redată în dependență față de volumul de încălzire la coa. 2 mm adâncime de călire.

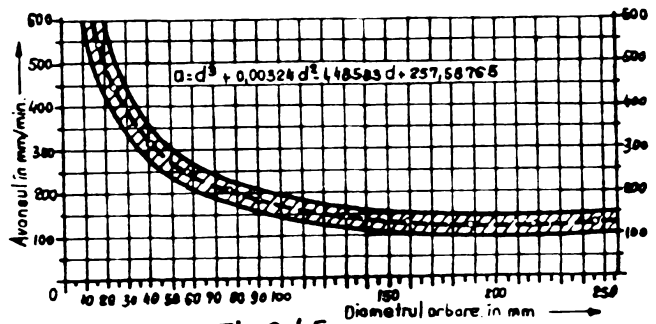


Fig. 3.45

creșterea puterii poate să crească diametru, cu menținerea constantă a vitezei de avans. Viteza de avans scade de la 600 la 150 mm/min la călirea cu flacără, la o creștere a diametrului de la 15 la 200 mm (fig.3.45).

Experiențele au arătat că tempe-

ratura crește linear cu timpul de încălzire (fig.3.46, pentru bare între $\phi 20 - \phi 150$).

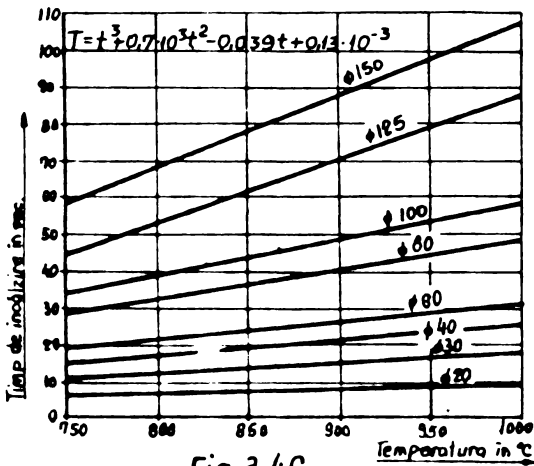


Fig. 3.46

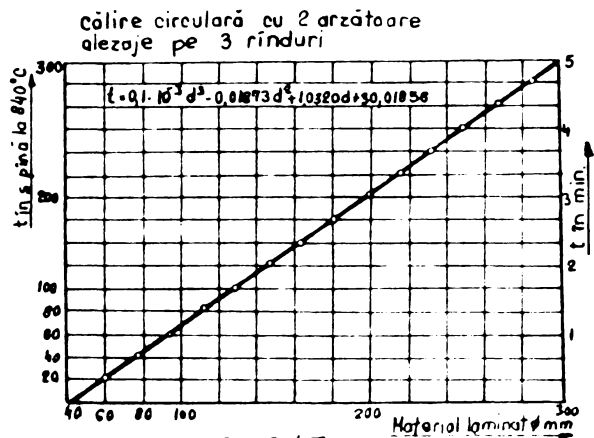


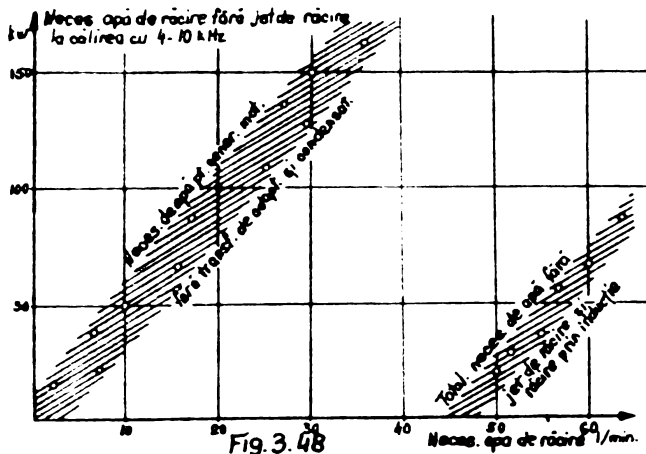
Fig. 3.47

Daosă se alege ca parametru diametru axei, rezultă o dependență suplimentară față de timpul de încălzire (fig. 3.47).

3.1.5.10 Răcirea instalației de călire. Din fig. 3.48 determinată experimental reiese că necesarul de apă de răcire la generatoarele de frecvență medie, crește linear cu puterea generatorului. Apa necesară pentru jetul de răcire și răcirea inductorului nu s-a luat în considerare.

Pentru determinarea agregatelor de răcire necesare la generatoarele de înaltă frecvență s-a ridicat curba din

fig.3.48, cu precizarea că durata de anlanşare a generatorului se apropie de 100 %.



Temperatura apei la călirea inductivă este de maximum 35°C, față de 60-70°C la călirea cu flacără, consumul fiind de 1:6 pînă la 1:7 față de călirea inductivă.
3.1.5.11. Randamentul termic al inductorilor

și arzătoarelor.. Randamentul celor două metode de alimentare cu energie se redă în fig.3.49, iar randamentul termic la diferite puteri ale generatoarelor este arătat în fig.3.50.

Tipul arzătorului	Gaz de furnal		Gaz natural	
	Avansul arzătorului în mm/min	Randament termic în %	Avansul arzătorului în mm/min	Randament termic în %
Arzător de capacitate mare	250	14,7	400	14,3

$$\eta = 0,264 \cdot 10^{-2} (Kw)^3 - 0,158 (Kw)^2 + 7,899 Kw - 15,80$$

Fig. 3 49

Frecvența în kHz	Capacitatea generat. 50kw		Capacitatea generat. 100kw	
	Avansul inductorului în mm/min.	Randament termic în %	Avansul inductorului în mm/min.	Randament termic în %
400	120	10,4	790	15,1
10	109	12,5	490	16,1
4	100	10,8	370	16,4

Fig. 3 50

Cu scăderea puterii generatorului se micșorează și randamentul termic, deoarece și avansul inductorului scade sensibil. Ținînd cont și de vitezele de lucru, la arzătoarele pentru oxigen-gaz metan, la o viteză de avans de 250-400 mm/min se poate conta pe un randament termic de 10-15 %.

3.2. Stabilirea parametrilor tehnologici.

Avînd stabilite procesele tehnologice de tratament termic pe grupe de piese (conform tabelului 2.7) am stabilit parametri tehnologici pentru fiecare grupă în parte:

3.2.1. Roți dințate cu diametrul sub 200 mm se vor construi din materialul 41MoCr11 CS livrat în stare normalizată ceence permite o bună prelucrare și asigură tensiuni interne reduse. La această categorie de roți dințate se indică și o operație de îmbunătățire după eboșarea piesei, deoarece călirea superficială prin curenți de inducție trebuie să pornească de la o structură fină sorbitică. Acest lucru este necesar pentru asigurarea unor proprietăți ridicate ale miezului pie-

sei (la piesele ce vor fi călitate superficial ulterior).

Temperatura de călire este de 30-50°C peste punctul AC₃.

Valoarea punctului AC₃ a fost calculată după formula lui Grange :

$$AC_3 = 854 - 180 C - (14 - 18) Ni + 45 Si + 1,7 Cr \quad (3.1)$$

$$AC_3 = 854 - 180 \cdot 0,35 - 14 \cdot 0,06 + 45 \cdot 0,27 + 17 \cdot 1,1$$

$$AC_3 = 796,6^\circ C$$

$$\text{de unde } t_{\text{căl}} = 796,6 + (30 \dots \dots \dots 50)^\circ C$$

$$t_{\text{căl}} = 827 - 847^\circ C$$

Durata încălzirii pentru călire am calculat-o cu formula :

$$\tau \geq 0,5 \frac{R^2}{a} \quad \text{ore} \quad [73] \quad (3.2)$$

în care: R = raza roții în m.

$$a = \frac{\lambda}{C_p \cdot \gamma} \quad m^2/h \quad (3.3)$$

în care:

λ = conductibilitatea termică în Kcal/m.h.grad Celsius

C_p = căldura specifică în Kcal/kg.grad Celsius

γ = greutatea specifică

Valorile lor sînt date în tabelul 3.2.

Tabel 3.2

	OLC 45 c.s.	40 Cr 10 c.s.	41 Mo Cr 11 c.s.
τ	7850	7830	7890
λ	22	23	22
C_p	0,164	0,164	0,164

Aplicarea acestei formule nu se confirmă în totalitate în practică, ceea ce a impus aplicarea unui coeficient de corecție de 12 - 20 stabilit în urma unor experimentări pe un

număr de 60 de roți dințate și pinioane.

După aplicarea coeficientului de corecție formula devine :

$$\tau \geq (10 \dots 20) 0,5 \frac{n^2}{a} \text{ ore} \quad (3.4)$$

Deoarece durata încălzirii este funcție de raza roții, valorile ei vor fi diferite de la roată la roată.

Durata menținerii la temperatură constantă pentru egalizarea temperaturii la piesele călite nu se poate diferenția în mod evident de durata încălzirii și de aceea ea se adoptă egală cu 1/4 - 1/5 din durata încălzirii până la temperatura prescrisă.

Mediul de răcire pentru călire a fost uleiul TT 25 cu următoarele caracteristici:

- Densitate relativă la 20°C	max. 0,897
- Punct de inflamabilitate	min. 195°C
- Viscositate la 50°C	3,5 - 4°E
- Indice de viscositate	min. 60
- Punct de congelare	max. 5°C
- Cocs - Conradson	max. 0,25 %
- Cenuse	max. 0,01 %
- Aciditate organică	max. 0,08 mg KOH/g
- Volatilitate	max. 1 %

Pentru desăvirșirea tratamentului termic de îmbunătățire, după călire se efectuează o revenire înaltă.

Pentru revenire am stabilit următorii parametri tehnologici: Temperatura pentru revenirea înaltă este conform STAS 791 - 500 - 650°C. Durata încălzirii se calculează conform formulei (3.5).

$$HRC = HRC_1 + K \log \tau \quad (3.5)$$

Aplicând această formulă în calculul duratei de încălzire τ a unui număr de 150 roți dințate și pinioane (peste 10%) am constatat că valorile obținute reprezintă valori egale sau foarte apropiate de 1,5 ori valoarea timpului de încălzire pentru călire, valoarea cu care am lucrat.

Durata de menținere este ca și în cazul încălzirii pentru revenire de 1/4 - 1/5 din durata de încălzire.

Mediul de răcire este aerul la temperatura mediului ambiant (18 - 25°C).

În ceea ce privește călirea prin curenți de inducție, parametrii termici care determină structura și calitățile stratului călit sînt: temperatura maximă realizată și viteza de încălzire și domeniul transformărilor de fază.

Formulele de calcul indicate în literatura de specialitate nu au dat rezultate concludente, ceea ce ne-a obligat, să folosim pentru determinarea parametrilor, date practice experimentale.

Astfel am determinat curbe de călibilitate după cum urmează (tabelul 3.3):

Tabel 3.3

Dis- tanța mm	Duritatea HRC	
	minimă	maximă
1,5	53,5	61
3,0	53,5	61
5,0	52,5	60,5
7,0	51,0	60
9,0	49,5	59,5
11,0	47,5	59
13,0	45,5	58,5
15,0	43,5	58
20,0	38,5	56
25,0	35,5	53
30,0	34,0	50,5
35,0	32,5	48,5
40,0	32,0	47
45,0	31,5	46
50,0	31,5	45

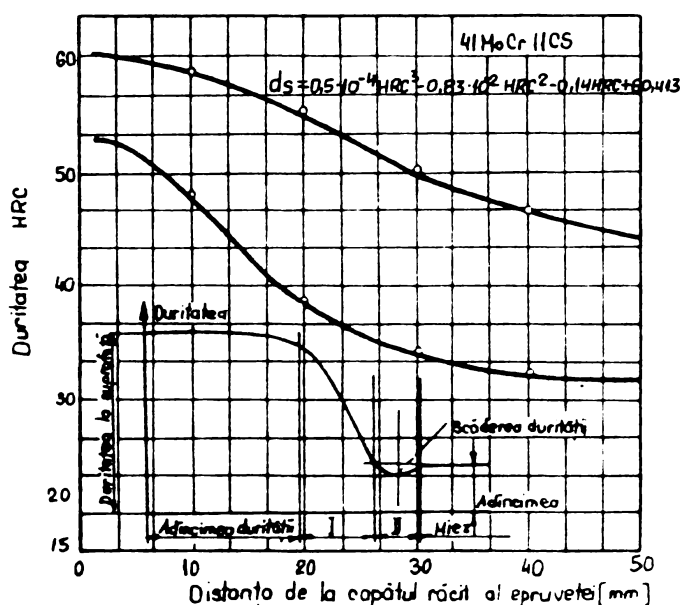


Fig. 3.51

După care au fost trasate benzile de călibilitate ale oțelului 41 Mo Cr 11 C.S. (fig.3.51).

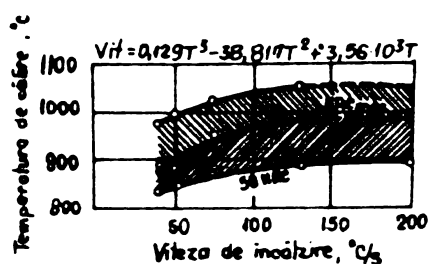


Fig. 3.52

În continuare am construit diagrama pentru alegerea regimului optim de călire fig.3.52. În această diagramă sînt trecute liniile de duritate egală, care separă între ele domeniile structurale care se pot obține prin călire cu cu-

renți de inducție și anume : structuri de supraîncălzire (I) structuri admisibile (II) structuri optime (III) și structuri de subîncălzire.

Funcție de această diagramă am considerat optimă temperatura de călire de 940 - 980°C iar viteza de încălzire de 100°C/sec. Mediul de răcire: ulei T.T. 25.

Frecvența necesară se calculează după formula :

$$f_{\text{opt}} = \frac{2 \cdot 10^6}{M^2} \text{ Hz} \quad (3.6)$$

în care M reprezintă modulul optim.

Roțile M.20.3.2; M.20.3.39; M.20.3.8; M.20.3.10 și M.20.3.3.1 au modulul M = 3,5, deci pentru acestea :

$$f_{\text{opt}} = \frac{2 \cdot 10^6}{3,5^2} = 151000 \text{ Hz} \approx 150 \text{ kHz}$$

Roțile M.60.02.02.06; M.60.02.02.07; M.60.02.02.08; M.60.02.02.09; M.60.02.02.10; M.60.02.02.01 au modulul M = 5 deci :

$$f_{\text{opt}} = \frac{2 \cdot 10^6}{5^2} = 80000 \text{ Hz} = 80 \text{ kHz}$$

Înainte de a definitiva frecvența necesară, am studiat influența frecvenței asupra adâncimii de călire.

Astfel literatura de specialitate [160] indică următoarea corelație între frecvență și adâncimea de călire.

Tabel 3.4

Frecvența kHz	3	10	100	500	1000
Adâncimea de călire mm	1,5	1,0	0,7	0,5	0,3

Din aceste date se poate trage concluzia că frecvențele ridicate dau adâncimi de călire mici.

Am stabilit că roțile vor trebui să fie călite pînă la 2 mm sub baza dintelui (cap.2.5).

Pentru rezolvarea acestui deziderat, soluția este de a se executa o călire cu 2 frecvențe și anume o călire cu frecvența de 8000 - 10000 Hz pînă cînd se ajunge la temperatura la

care începe austenitizarea și apoi o călire la frecvența de 3-500 KHz pînă la temperatura de călire.

Deoarece pe plan național nu este rezolvată încă problema fabricației unui acest gen de instalații am considerat ca acceptabilă varianta de a lucra cu frecvență mai scăzute decît cele reieșite din calcul, și anume 60-75 KHz, de genul instalației de călire din dotarea I.M.T.

Puterea instalată este de 105 Kw. Durata de încălzire calculată după formula : $T > 0,25 M^2$ ore, confirmă justetea vitezei de încălzire adoptată.

Pentru înlăturarea tensiunilor interne după călirea superficială se va executa o revenire joasă la temperatura de 150 - 180°C.

Durata încălzirii și menținerii la revenire a fost stabilită experimental pe un număr de 120 de roți și este de 60-90 minute pentru încălzire, și 15-20 minute pentru menținere.

Răcirea se face în aer la temperatura mediului ambiant.

3.2.2. La roți dințate cu diametrul sub 200 mm din OLC 45 C.S., materialul din care se confecționează se livrează în stare normalizată. Înainte de tratamentul termic de călire superficială cu curenți de inducție se face după eboș un tratament de îmbunătățire. Parametrii termici și tehnologici pentru îmbunătățire au fost calculați similar cu cei ai roților de la punctul 3.2.1.

În ceea ce privește călirea prin curenți de inducție pentru stabilirea parametrilor se trasează în primul rînd banda de călibilitate a oțelului OLC 45 C.S.

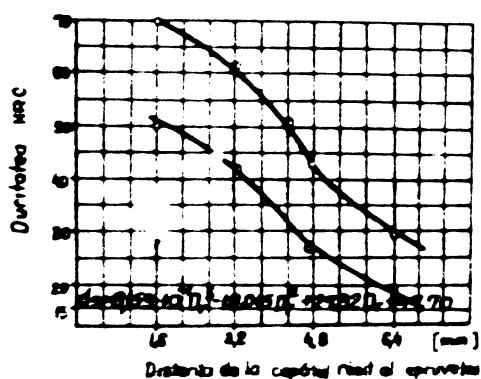


Fig 3.53

Distanța în mm	Durețea minimă	Durețea max.
1,6	52	62
3,2	40	57
4,8	25	42
8,0	23	30
16,0	23	28

Adâncimea stratului călit este corespunzător pentru duritățile cerute.

Pentru alegerea regimului optim de călire superficială cu încălzire prin curenți de inducție am trasat diagrama structurală a oțelului OLC 45 C.S.

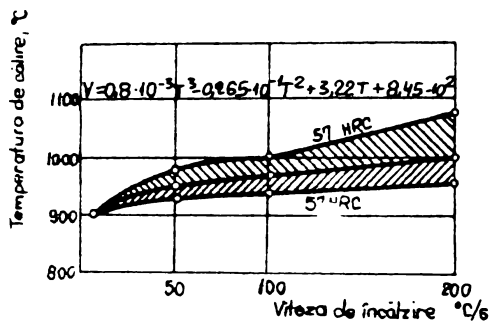


Fig. 3.54

S-a determinat temperatura optimă de 890-900°C, și o viteză de 100°C/sec la încălzire.

Din considerentele de la pct. 3.2.1. vom lua și în acest caz o frecvență de 65-75 KHz și o putere instalată de 105 KVA.

Revenirea joasă după călirea superficială se va executa la o temperatură de 160-180°C cu răcire în aer.

3.2.3. Roțile cu diametrul peste 200 mm se execută din calitatea de material OLC 45 C.S. Semifabricatul acestei roți este forjat.

După operația de forjare se execută o normalizare. Temperatura de normalizare este de 830-850°C, viteza de încălzire este 50°C/sec. Durata menținerii este funcție de diametrul piesei și se calculează după formula :

$\tau_n = 1,5 \left(\frac{D}{2} + 20 \dots 30 \right)$ min. Modul de răcire pentru normalizare este aerul liniștit. Viteza de răcire 50°C/h.

După danturare se execută tratamentul termic de călire superficială cu flacără.

3.3. Determinarea unui sistem de calcul pentru trecerea pe calculatorul electronic a parametrilor tehnici și tehnologici ai călirii superficiale.

3.3.1. Baza de calcul. În ipoteza expunerii unui produs rece, într-un mediu de încălzire aflat la o temperatură dată, are loc un transfer de căldură de la mediul de încălzire la suprafața produsului, și în timp, de la suprafață spre interior, care se poate exprima prin ecuația generală :

$$[q]_{t=t'} = \left[- \lambda \frac{\delta t}{\delta x} \right]_{t=t'} \quad (3.7)$$

în care q - este fluxul caloric pe unitatea de suprafață,
(în $\text{cal}/\text{m}^2\text{h}$)

λ - este conductivitatea termică a materialului încălzit în $\text{kcal}/\text{m}\cdot\text{Q}\cdot\text{gr}$.

$\frac{\delta t}{\delta x}$ este gradientul de temperatură δt pe o distanță unitară δx , în direcția deplasării fluxului caloric în grosimea produsului și avînd sens invers față de cel al fluxului caloric (în gr/m).

Fluxul caloric q într-un anumit punct din interiorul corpului este parțial consumat pentru a încălzi punctul respectiv la o temperatură t , iar restul este condus spre straturile interioare.

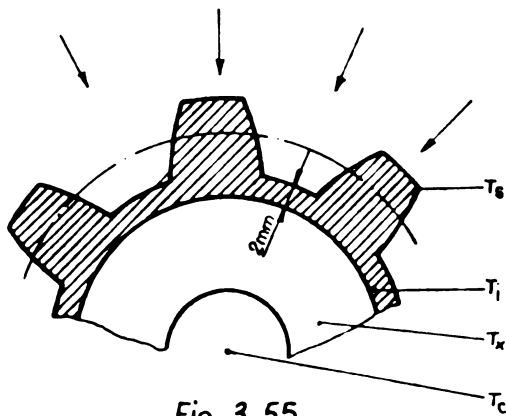


Fig. 3.55

În acest fel toate punctele aflate la o distanță r_i de suprafața produsului se vor afla la un moment oarecare de timp t la temperatura T_i , formînd o suprafață izotermă. În volumul corpului vor exista o infinitate de astfel de suprafețe cu temperaturi de valori descrescătoare spre cen-

trul corpului, dacă încălzirea se face uniform din toate direcțiile. Prin scurgerea timpului, corpul acumulează în continuare căldură, care se distribuie pe toate direcțiile în volumul său, provocînd și deplasarea corespunzătoare a suprafețelor izoterme de o anumită temperatură către centrul corpului.

Folosind ecuația (3.7) se poate calcula cantitatea de căldură pe care un volum elementar - dV - avînd căldura specifică volumică - cv - o absoarbe în timpul - dt - pentru a-și mări temperatura cu dT .

Pe baza acestui calcul se poate obține expresia analitică a omplului termic, respectiv variația temperaturii în timp și în orice punct al corpului.

Făcînd transformarea $cv = c\gamma$, unde c este căldura specifică masică în $\text{kcal}/\text{kg}\cdot\text{gr}$ iar γ este densitatea corpului în kg/cm^3 , se obține în final ecuația diferențială Fourier-Kirchoff, care poate avea forme diferite în funcție de confi-

gurația piesei și de sistemul de coordonate ales.

În cazul unui cilindru de lungime infinită ecuația diferențială F-K, va avea forma :

$$\frac{\delta T_x}{\delta t} = a \left(\frac{\delta^2 T_x}{\delta x^2} + \frac{1}{x} \cdot \frac{\delta T_x}{\delta x} \right) \quad (3.8)$$

în care x este raza curentă (distanța de la suprafața piesei) a punctului considerat, încălzit de un flux caloric avînd direcția razei (fluxul axial = 0 din cauză că lungimea = ∞).

Rezolvarea ecuației F-K prin integrare conduce la o mulțime de soluții generale. Pentru a se obține soluții particulare aplicabile la cazuri concrete date, este necesar a se introduce anumite condiții suplimentare de univocitate. În calcul se vor considera.

3.3.1.1. Condiții inițiale pentru corpul supus încălzirii:

I_1 - la timpul $t = 0$ temperatura este aceeași în toată masa sa, adică $T_{si} = T_{ci} = T_0$ (T_{si} fiind temperatura inițială a suprafeței, T_{ci} = temperatura inițială a centrului, T_0 = temperatura inițială)

I_2 - proprietățile termofizice ale corpului sînt constante și egale numeric cu valorile medii dintre temperatura inițială T_0 și temperatura curentă (de calcul) T :

λ = conductivitatea termică, c = căldura specifică masică

ρ = densitatea, a = difuzivitatea termică = $\lambda / c\rho$.

I_3 - corpul este de formă cilindrică de lungime infinită și de grosime dată $2X$, aceste fiind elementul dimensional de bază pentru calcul.

3.3.1.2. Condiții limită care exprimă caracterul schimbului de căldură dintre corp și mediul înconjurător :

L_1 - temperatura mediului de încălzire este constantă p. toată durata încălzirii ($T_m = ct$)

L_2 - schimbul de căldură la suprafața corpului se face conform legii lui Newton :

$$q = \alpha (T_m - T) \quad (3.9)$$

adică fluxul caloric este direct proporțional cu coeficientul total de transmitere a căldurii și cu diferența dintre tem-

peratura mediului și temperatura curentă a corpului.

I_3 - nu se iau în considerare efectele termice suplimentare care apar ca urmare a unor eventuale transformări de faze în stare solidă.

Aplicând aceste condiții se ajunge la o soluție generală foarte complicată, conținând un număr mare de variabile independente :

$$T = f(x; t; X; T_m; T_o; \kappa; \lambda; a) \quad (3.10)$$

Pentru simplificarea calculului se recurge la teoria similitudinii care permite să se asocieze aceste variabile independente sub forma unor criterii adimensionale și anume :

1. Criteriul Biot (grosime relativă) : $Bi = \frac{\kappa X}{\lambda}$
2. Criteriul Fourier (timpul relativ) : $Fo = \frac{a}{X^2} t$
3. Criteriul parametric pozițional (coordonate relative) : $\frac{x}{X}$
4. Criteriul de temperatură : $\theta = \frac{T_m - T}{T_m - T_o}$

- Criteriul Biot, caracterizează rezistența la încălzire opusă de un corp de lungime infinită avînd grosimea de încălzire X (distanța minimă parcursă de fluxul caloric de la suprafață la centrul secțiunii) și conductivitatea λ , atunci cînd corpul este încălzit într-un mediu care asigură un coeficient total de transmitere de căldură κ la suprafața corpului.

Expresia și sensul fizic al criteriului Biot se deduc din analiza calitativă a procesului de încălzire.

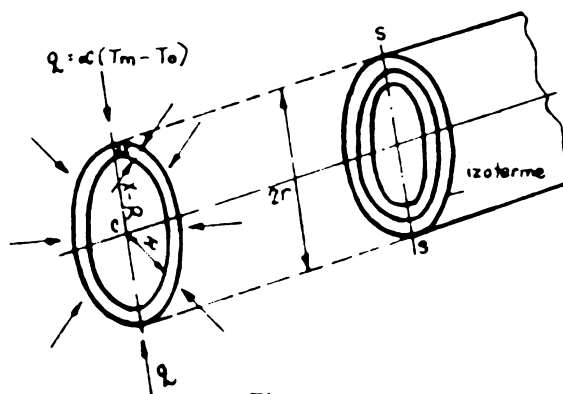


Fig. 3.56

Astfel corpul opune rezistență exterioră la încălzirea suprafeței sale, care va fi invers proporțională cu coeficientul de cădere termică, respectiv

$R_{ext} \sim 1/\kappa$ și o rezistență interioară care va fi proporțională cu grosimea de încălzire și invers proporțională cu conductivitatea

termică respectiv $R_{int} \sim x/\lambda$. Făcînd raportul $R_{int}/R_{ext} = \kappa x/\lambda$ se observă că încălzirea straturilor interioare

se face cu atât mai încet cu cât rezistența straturilor interioare este mai mare în raport cu cea exterioară.

Se poate observa că prin egalarea ecuațiilor (3.8) și (3.9) :

$$\pm \alpha(T_m - T) = -\lambda \frac{\delta T}{\delta x} \quad (3.11)$$

Se elimină semnul "diferențială" rezultând compoziții $\alpha T_m \frac{\lambda T}{x}$ pe care împărțindu-i la membrul din partea dreaptă se obține în partea stângă a ecuației criteriul $\frac{\alpha x}{\lambda} = Bi$ iar în dreapta unitatea de grosime relativă.

3.3.1.3. Criteriul Fourier caracterizează evoluția încălzirii straturilor interioare prin conductibilitate în funcție de timp, avînd difuzibilitatea termică - a - și grosimea de încălzire - x -. Expresia și sensul fizic al criteriului Fourier se deduc din ecuația conductivității a lui Fourier pentru cazul cel mai simplu al propagării fluxului caloric pe o singură direcție:

$$\frac{\delta T}{\delta t} = a \frac{\delta^2 t}{\delta x^2} \quad (3.12)$$

Eliminînd semnele "diferențială" se obțin complecși $\frac{T}{t}$ și $\frac{at}{x^2}$. Impărțind fiecare complecși la unul din ei (T/t) se obțin în stînga unitatea de timp relativ, iar în dreapta criteriul $Fo = \frac{at}{x^2}$, care caracterizează transmiterea de căldură în corpul cu grosimea de încălzire x în timpul t .

3.3.1.4. $\frac{x}{X}$ este criteriul parametric pozițional (coordonata relativă) care determină poziția relativă a unui punct aflat la distanța x de centrul unei secțiuni caracterizat prin grosimea de încălzire X (distanță exprimată în unități relative X).

Cunoscînd valoarea acestor criterii - stabilite pe baza condițiilor de univocitate - se poate ajunge la o soluție analitică a ecuației F-K, și care va fi de fapt ecuația cîmpului termic - ecuația izotermei - pentru un punct oarecare x_1 din interiorul corpului încălzit.

În cazul încălzirilor simetrice, ecuația izotermei are forma generală :

$$T_m - T = (T_m - T_0) \sum_{i=1}^{1:\infty} A_i \cdot e^{-\eta_i^2} \cdot \frac{a \cdot t}{x^2} \cdot I_0\left(\eta_i \frac{x}{X}\right) \quad (3.13)$$

în care A_i = coeficienții de serie infinită calculați cu metoda Fourier

η_i = rădăcinile unei ecuații transcendente care este funcție de criteriul Bi

$\frac{at}{x^2}$ = criteriul Fourier

I_0 = funcție periodică Bessel dependentă de coordonata relativă $\frac{x}{X}$

T_m = temperatura mediului de încălzire

T_0 = temperatura inițială a corpului supus încălzirii

T = temperatura curentă a punctului de coordonate relative $\frac{x}{X}$ în timpul t .

Dacă în ecuația (3.13) se împart ambii termeni cu

$T_m - T_0$ se obține în partea stângă o nouă mărime adimensională:

$\theta = \frac{T_m - T}{T_m - T_0}$ care se numește criteriul de temperatură (temperatura relativă) și care reprezintă raportul dintre diferențele curente de temperatură ($T_m - T$) și diferența inițială ($T_m - T_0$) între temperatura mediului și a punctului considerat. Se poate deci exprima (3.14):

$$\frac{T_m - T}{T_m - T_0} = f\left(\frac{cx}{\lambda}; \frac{at}{x^2}; \frac{x}{X}\right) \quad (3.14)$$

permițind calcularea directă a temperaturii curente a punctului de coordonate x la timpul t

$$T = T_m - f\left(\frac{cx}{\lambda}; \frac{at}{x^2}; \frac{x}{X}\right) (T_m - T_0) \quad (3.15)$$

dacă înlocuim : $f\left(\frac{cx}{\lambda}; \frac{at}{x^2}; \frac{x}{X}\right) = \theta$

vom avea $\theta = f\left(Bi; Fo; \frac{x}{X}\right)$

sau din ecuația (3.15) :

$$T = T_m - \theta (T_m - T_0) \quad (3.16)$$

3.3.1.5. Luînd în calcul 36 de tipuri reprezentative de roți dințate aparținînd mașinilor de ridicat și transportat

care se execută în mod curent în I.M.T. vom obține pentru roțile dinate (tab.2.4) cu anumiți parametri funcționali, criteriile adimensionale Biot, Fourier și θ , timpii de încălzire calculați, din care prin aplicarea unui coeficient de corecție K_c - care ține cont de concentrarea căldurii precum și de definirea unei porțiuni din cilindrul de lungime infinite - vom obține timpii operaționali de încălzire pentru roțile respective.

3.3.1.6. Pentru obținerea unei tensiuni medii favorabile, cu o presiune pretensionară în piciorul dintelui și ca atare o suficientă rezistență la oboseală prin încovoire, este absolut necesar ca operația de călire să fie pătrunsă cu 2 mm sub piciorul dintelui, presupunând bineînțeles o încălzire egală, fără supraîncălzirea capului dintelui.

3.3.1.7. Realizarea în mod cert a acestei condiții se poate face numai prin determinarea exactă a volumului de austenitizare, care trebuie atins prin încălzire.

3.3.1.8. Pentru calcularea volumului de austenitizare este necesar a se determina suprafața frontală de austenitizare, care multiplicată prin numărul de dinți și lățimea

dintelui, ne va da volumul de metal ce este necesar a fi austenitizat.

3.3.1.9. Prin similitudine profilul dintelui va fi :

$$P_r = \frac{p}{2} \times h \quad (3.17)$$

Corelind valorile lui p și h în

funcție de modulul m , $p = \pi m$ și $h = 2,2 m$, relația (3.17) devine :

$$P_r = \frac{\pi m}{2} \times 2,2 m = 3,45 m^2 \quad (3.18)$$

Pentru a obține suprafața - F - va trebui să ținem cont și de suprafața determinată de adâncimea de călire de 2 mm sub piciorul dintelui :

$$S = 2 \times p = 2 \cdot 3,14 m = 6,28 m \quad (3.19)$$

Secțiunea de austenitizare :

$$F = P_r + S = 3,45 m^2 + 6,28 m \quad (3.20)$$

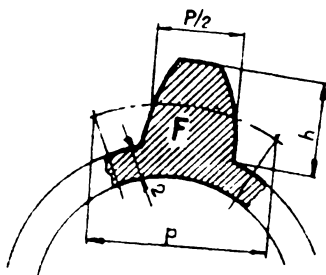


Fig. 3.57

o vom fracționa pentru a nu fi nevoiți să introducem în calculele noastre numere mari, obținând un coeficient de corecție:

$$k = \frac{F \text{ mm}^2}{100} \quad (3.21)$$

3.3.2. În consecință stratul de suprafață care a fost adus la temperatura de călire, corespunzător adâncimii de austenitizare, cuprinde un anumit volum de material călit și va fi egal cu suprafața de austenitizare (F), cu numărul de dinți (z) și cu lățimea dinților (b) :

$$V = \frac{F}{100} \cdot \frac{z}{10} \cdot \frac{b}{10} = k \cdot \frac{z}{10} \cdot \frac{b}{10} \quad (3.22)$$

unde "k" se poate exprima cu ajutorul unei relații, dedusă experimental, ca o funcție a modulului roții dințate (2) și reprezentată grafic (fig.3.58)

$$k = 0,03446 \text{ m}^2 + 0,06357 \text{ m} - 0,0020 \quad (3.23)$$

În funcție de volumul de austenitizare (3.24):

$$V = (0,03446 \text{ m}^2 + 0,06357 \text{ m} - 0,0020) z \cdot b \cdot 10^{-1} \quad (3.24)$$

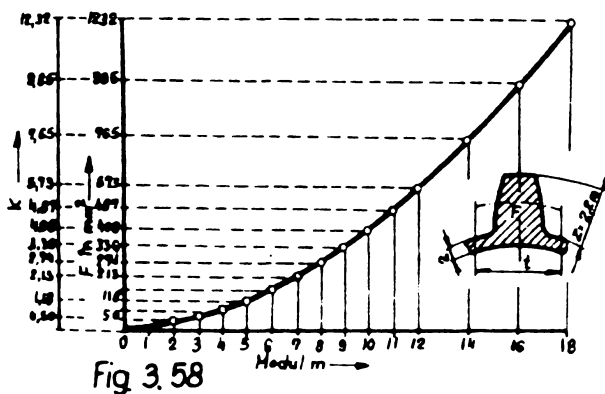


Fig. 3.58

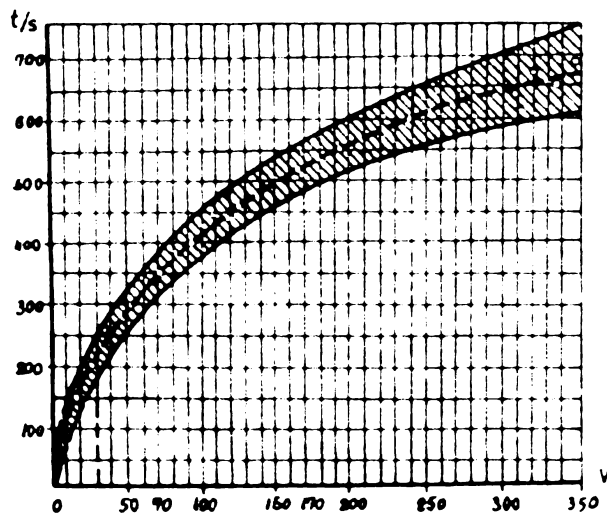


Fig. 3.59

se pot exprima matematic, direct sau indirect, toți parametrii tehnici și tehnologici ai călirii superficiale, pentru roțile dințate ale reductoarelor de la mașinile de ridicat și transportat.

3.3.2.1. Timpul total de încălzire în sec/rotă ca o funcție de volumul de austenitizare se poate exprima :

$$t = 0,0002 V^3 - 0,1636 V^2 + 4,09795 V + 71,95853 \quad (3.25)$$

iar timpul mediu de încălzire în sec/rotă va fi:

$$t = 0,00103 \cdot 10^{-1} V^2 + 1,48907 V + 182,63542 \quad (3.26)$$

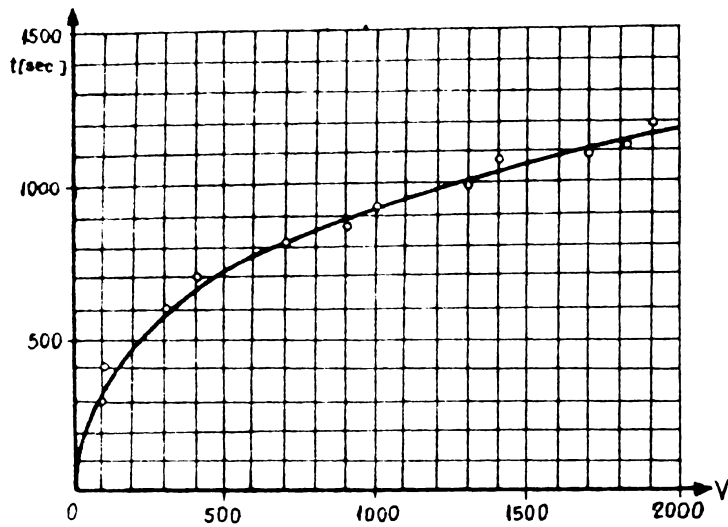


Fig. 3.60

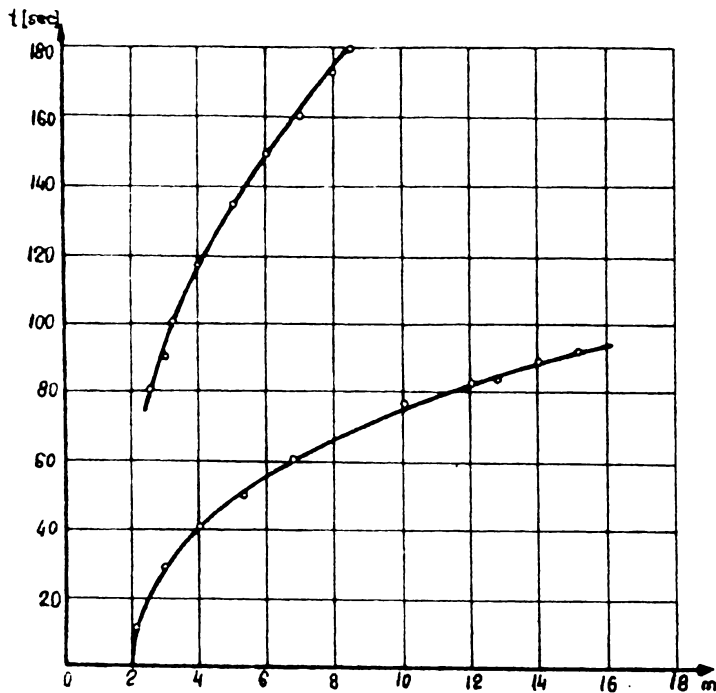


Fig. 3.61

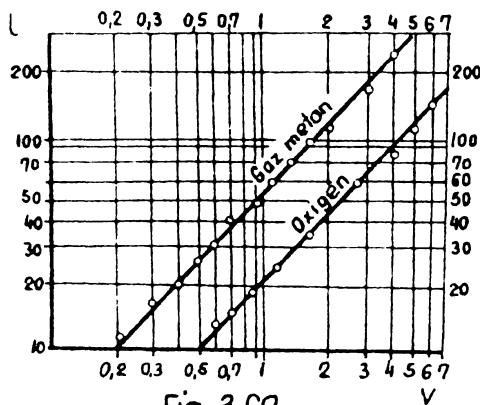


Fig. 3.62

ou reprezentarea grafică din fig.3.60.

3.3.2.2. Timpul de încălzire se poate exprima și în funcție de modul, acesta intrând în relația coeficientului de corecție

$$t = 0,60089 m^3 - 11,89932 m^2 + 89,250 m - 87,59018 \quad (3.27)$$

3.3.2.3. Consumul de gaz și oxigen în l/roată se poate exprima într-un sistem liniar într-o scară dublu logaritmic:

$$C_g = 0,00206 V^3 - 0,26888 V^2 + 3,10986 V - 0,12551$$

$$C_o = 1,35003 \cdot 10^{-1} V^3 + 9,56416 V^2 + 45,3050 V + 2,95889 \quad (3.28)$$

Intrucît benzile de dispersie pentru gaz metan și oxigen se întretaie și pot da o reprezentare neclară, se preferă reprezen-

tarea ambelor medii care dau date suplimentare, verificate experimental :

$$C_g = 0,01121 \cdot 10^{-1} V^3 + 0,05460 V^2 + 1,02749 V + 1,71182 \quad (3.29)$$

$$C_o = 0,03804 V^3 + 0,19323 V^2 + 0,75966 V + 0,42480 \quad (3.30)$$

Pentru un conținut mediu de carbon de 0,45% se poate determina

puterea electrică în kwh:

$$kwh = \frac{7902 (0,03446 m^2 + 0,06357 m - 0,0020) z \cdot b \cdot 10^{-1}}{0,60089 m^3 - 11,89932 m^2 + 89,250 m - 87,59018}$$

$$kwh = \frac{(27,230 m^2 + 50,233 m - 1,58) \cdot z \cdot b}{0,60089 m^3 - 11,89932 m^2 + 89,250 m - 87,59018} \quad (3.31)$$

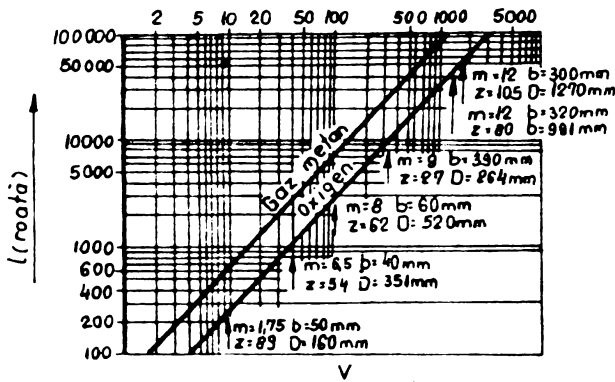


Fig. 3.63

3.3.2.4. La călirea prin curenți de înaltă frecvență (100000 Hz), pentru roți dințate pînă la \varnothing 160 și material 4MnCr11, timpul de încălzire s-a putut exprima cu relația :

$$t_{CIF} = 0,00008 \cdot 10^{-1} \cdot v^3 + 0,00616 v^2 - 0,01253 v + 0,09973 \quad (3.32)$$

iar consumul de energie cu:

$$P_{kw} = 0,04108 \cdot 10^{-1} \cdot v^3 + 0,71455 v^2 - 2,56671 v + 2,68025 \quad (3.33)$$

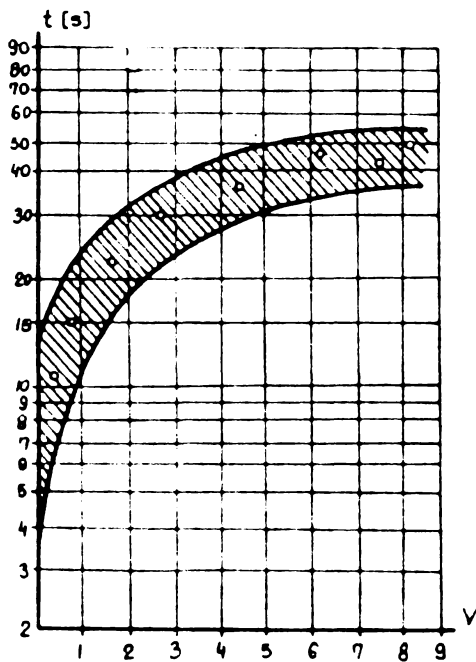


Fig. 3.64

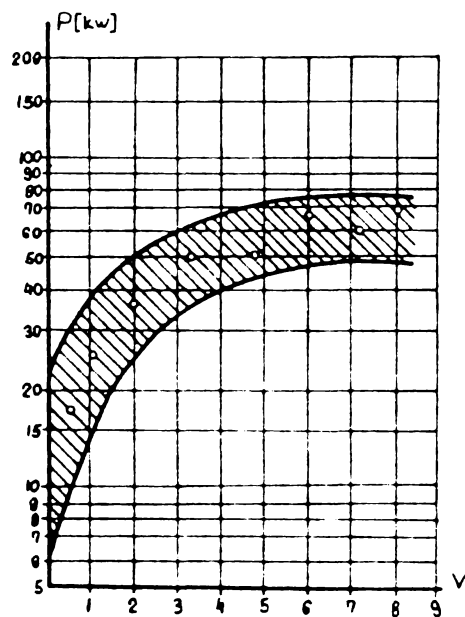


Fig. 3.65

3.3.2.5. În cazul cînd în cadrul volumului de austenizare determinat, dorim să evidențiem influența diametrului și a lățimii dintelui, se poate folosi relațiile stabilite

(3.34, 3.35, 3.36) experimental și puse pe calculatorul electronic :

$$t_s = 0,29327 \cdot 10^{-2} \phi^2 + 0,13249 \cdot 10^{-1} b - 0,71587 \cdot 10^{-2} \phi - 0,87017 \cdot \phi - 0,27574 b + 0,62929 \cdot 10^2 \quad (3.34)$$

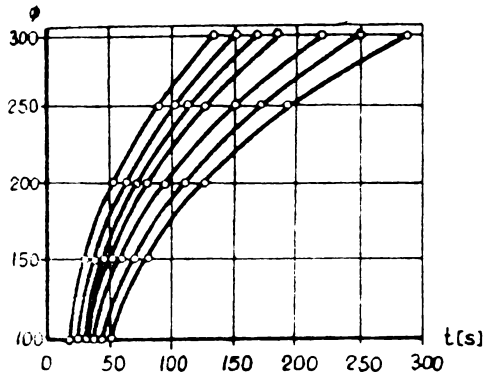


Fig. 3.66

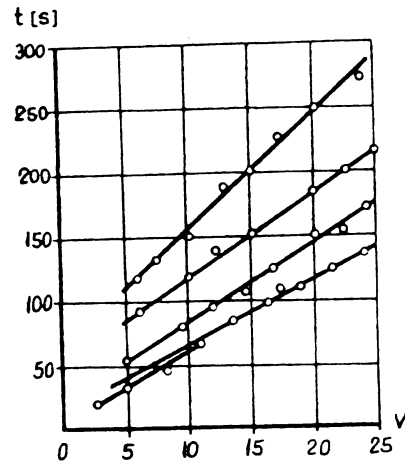


Fig. 3.67

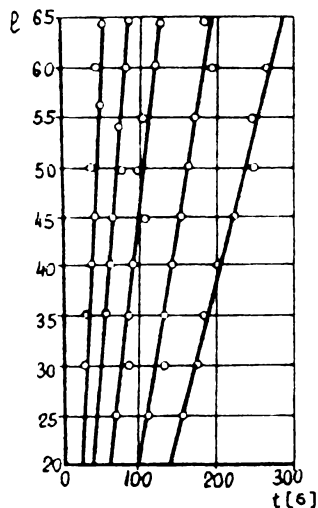


Fig. 3.68

$$t_2 = 0,15347 \cdot 10^{-2} \cdot b^2 + 0,10851 \cdot 10^{-1} \phi^2 + 0,53902 \cdot 10^{-2} b \cdot \phi - 0,44754 b - 0,17209 \cdot 10^1 \phi + 0,13586 \quad (3.35)$$

$$t_3 = 0,29073 \cdot 10^{-1} \cdot V^2 + 0,12432 \cdot 10^{-1} \cdot \phi^2 + 0,27609 \cdot 10^{-2} \cdot V \cdot \phi + 3,6542 V - 0,67834 \phi + 0,44078 \cdot 10^2 \quad (3.36)$$

3.3.2.6. Timpul de încălzire a fost determinat și în funcție de numărul de dinți și modul (3.37).

Timpul de încălzire crește cu creșterea modulului. La roata dințată cu $z=50$ este necesar o încălzire de 45 sec, în timp ce la o roată dințată cu același număr de dinți dar de modul 6 se necesită un timp de 3,5 min. Pentru efectuarea încălzirii au fost necesare 4 arzătoare repartizate uniform. Lățimea danturii nu a fost inclusă în studiu, deoarece amplasarea arzătoarelor, presiunea de gaz și oxigen au fost identice.

$$t = 0,38482 \cdot 10^{-1} \cdot z^2 + 0,19445 \cdot 10^2 m^2 + 0,14350 \cdot 10^2 \cdot z \cdot m - 0,82391 \cdot 10^1 \cdot z - 0,15825 \cdot 10^3 m + 0,39572 \cdot 10^3 \quad (3.37)$$

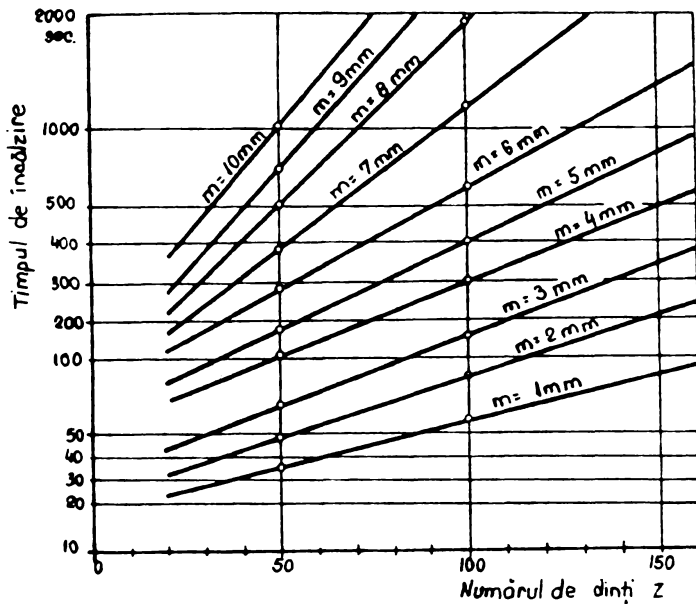


Fig. 3.69

3.3.2.8. Viteza de avans a arzătorului în cazul călirii cu flacără oxigaz se poate exprima în funcție de modul sub forma :

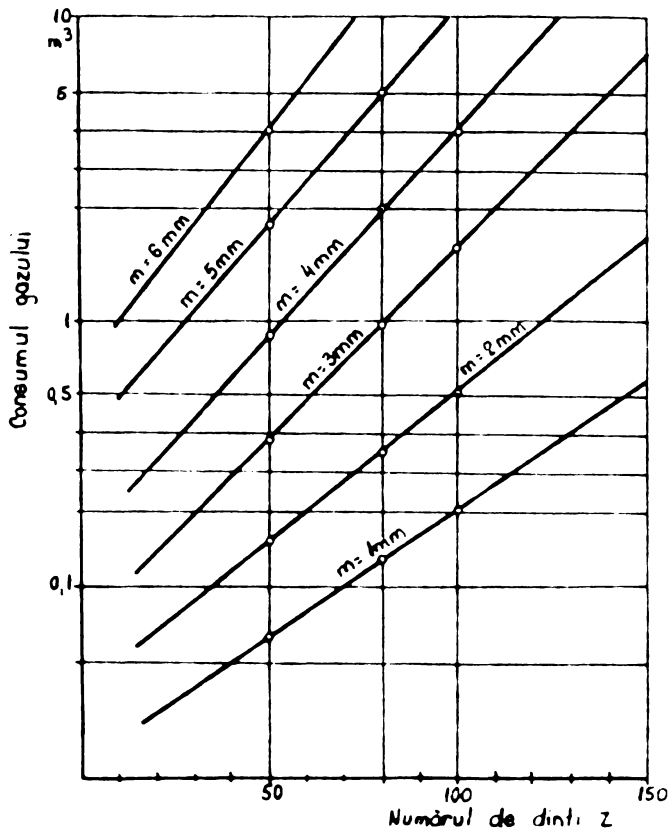


Fig. 3.70

3.3.2.7. Consumul de gaz metan s-a putut exprima și în funcție de numărul de dinți, pentru module diferite a roților dințate:

$$C_g = 0,14990 \cdot 10^{-3} z^2 + 0,11878 \cdot 10^{-1} \cdot m^2 + 0,12341 z \cdot m - 0,35936 \cdot 10^{-1} \cdot z - 0,93123 \cdot m + 0,17633 \cdot 10^1$$

(3.38)

$$a = 0,000714 \cdot 10^{-1} m^3 + 0,63276 m^2 - 19,41344 m + 277,31030$$

Se observă că în funcție de creșterea modulului se micșorează avansul de călire, la o temperatură de călire constantă.

3.3.2.9. În funcție de lățimea danturii roților dințate se pot determina parametrii geometrici ai arzătoarelor de în-

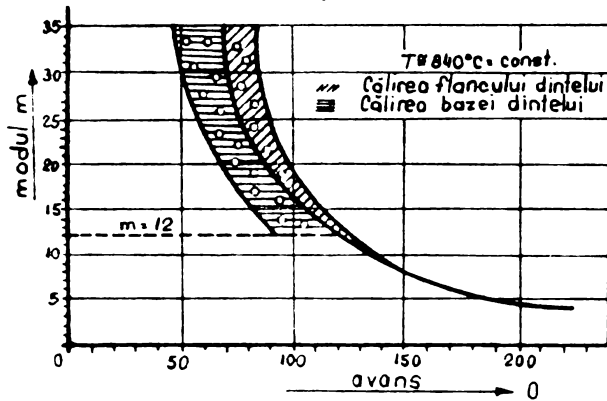


Fig. 3.71

călzit, la procedeul de încălzire superficial cu flacără (fig.3.71)

$$b = S^3 \cdot 10^{-1} + 0,00009 S^2 + 0,98808 S - 74,50104 \quad (3.40)$$

Iar în funcție de diametru roții dințate se poate determina numărul de arzătoare necesare procesului

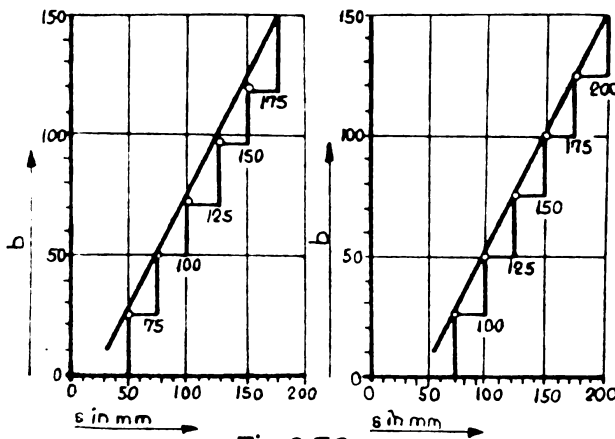


Fig. 3.72

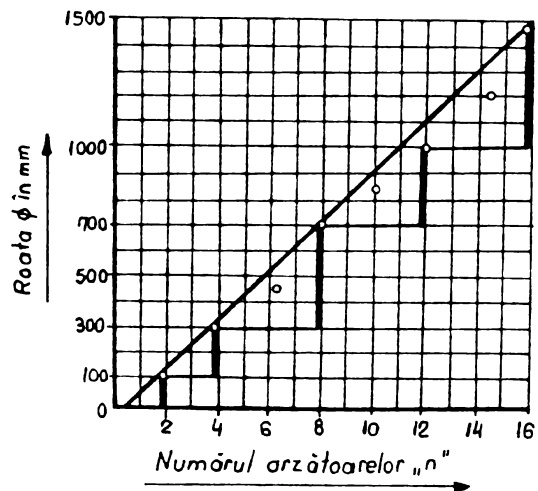


Fig. 3.73

tehnologie de călire (fig.3.72 și 3.73)

$$\phi = 0,42233 n^3 - 10,652 n^2 + 168,94725 n - 209,22745 \quad (3.41)$$

3.3.2.10. Timpul de încălzire pentru o temperatură constantă de încălzire ($T_1 = 850^\circ\text{C}$, $T_2 = 900^\circ\text{C}$) este o funcție a diametrului roții dințate (fig.3.74)

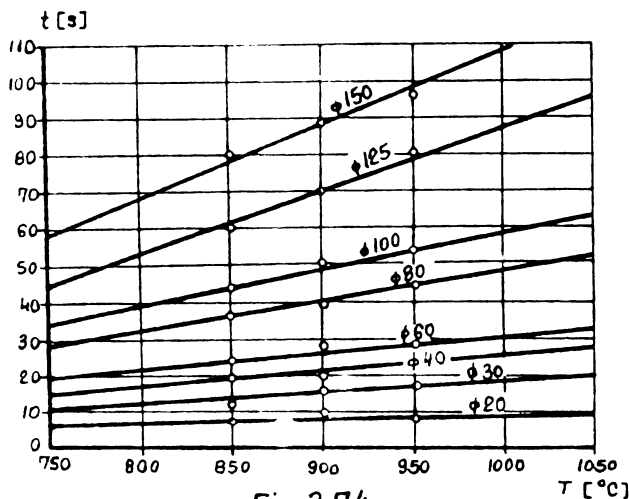


Fig. 3.74

$$t_{T=850} = \phi^3 \cdot 10^{-4} - 0,995 t^2 \cdot 10^{-2} + 2,61436 t + 1,0197 \quad (3.42)$$

$$t_{T=900} = 0,5 t^3 \cdot 10^{-4} - 0,01434 t^2 + 2,63026 t - 2,34565$$

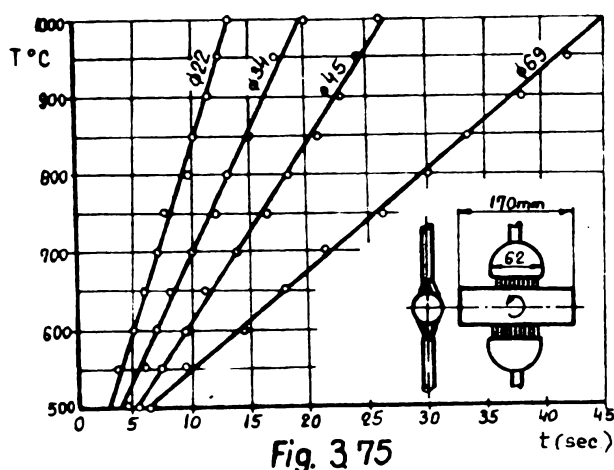


Fig. 3.75

$$T_1 = 5 \cdot 10^{-3} t^3 - 0,35243 t^2 + 18,9451 t + 389,59985 \quad (3.43)$$

$$T_2 = 1,06142 t^3 + 5,06514 t^2 + 6,45895 t - 0,00008$$

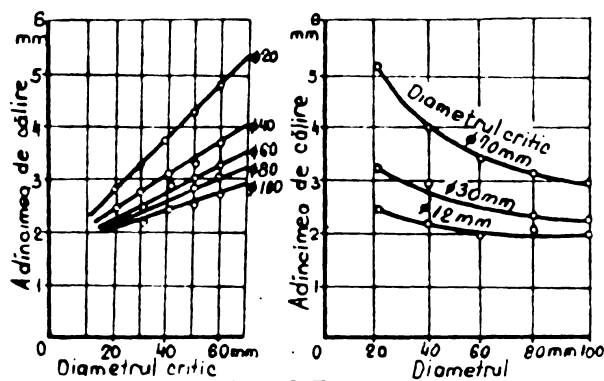


Fig. 3.76

este mai mic.

S-au determinat coeficienții polinomului pentru datele din figură :

$$.20239E-03$$

$$-.52499E-03$$

$$.10250E-02$$

$$-.18954E-01$$

$$-.10002E-01$$

$$.28268E-01$$

Eroarea relativă maximă: - 25.605545

3.3.2.13. Durata de exploatare a arzătoarelor sită pentru călirea superficială cu flacără oxigen (oxigen + gaz

3.3.2.11. La o anumită putere a arzătorului, temperatura de călire a materialului devine o funcție a vitezei de avans la călirea inelară și o funcție a timpului de încălzire la călirea circulară. Ridicarea temperaturii se face cu atât mai repede cu cât diametrul piesei este mai mic :

3.3.2.12. Fiecare material dependent și de dimensiunile lui - are anumite limite de adâncime la călire, în funcție de condițiile de încălzire și de răcire. Adâncimea de călire, cu mărirea diametrului și la condiții de călire constante, devine mai mică pe măsură ce diametru critic

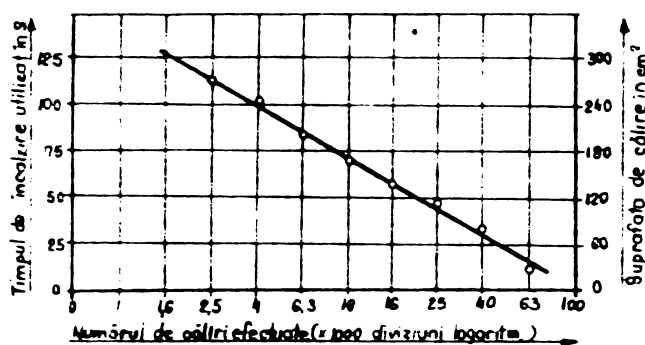


Fig. 3.77. Durata de exploatare a arzătoarelor sită pentru călire în funcție de tipul de austenizare și o suprafeței piesei.

metan) în funcție de timpul de austenizare și a suprafeței piesei ce urmează a se căli, se poate exprima matematic și reprezenta grafic, ca o funcție dependentă de numărul de încălziri.

Determinările s-au efectuat pe roți dințate cu diametre

între 200 - 600 mm, material OLC 45, temperatura de încălzire 905 - 910°C; timpul de încălzire = f (numărul de încălziri, n)

$$t = 1,11 \cdot 10^{-3} n^3 - 4,312 \cdot 10^{-2} \cdot n^2 - 2,00786n + 51,06212 \quad (3.44)$$

Suprafața pentru călire în cm = f (numărul de încălziri, n)

$$S = -1,84 \cdot 10^{-3} n^3 + 4,743 \cdot 10^{-2} n^2 + 3,94579n + 50,70409 \quad (3.45)$$

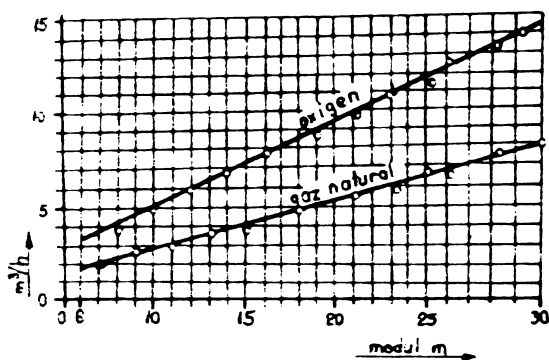


Fig. 3.78. Consum de gaz natural și oxigen la călire a flancurilor danțurii, în funcție de modulul roții dințate.

3.3.2.14. Consumul de gaz metan și oxigen pentru călirea superficială cu flacără numai a flancurilor a roților dințate în funcție de modulul roții se poate exprima :

Consumul $Nm^3/h = f(\text{modul})$

$$C_{CH_4} = 3,34 \cdot 10^{-3} m^3 + 1,93 \cdot 10^{-2} m^2 - 3,01278m + 17,21436 \quad (3.46)$$

$$C_{O_2} = 0,84 \cdot 10^{-3} m^3 - 0,32440m^2 + 9,22167m - 40,91679 \quad (3.47)$$

3.3.2.15. Viteza de avans de lucru pentru arzătoare tip sită segmentate din două părți comparativ cu arzătoare sită inelare de mare productivitate, s-au determinat experimental în funcție de diametrele unor piese : 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 mm. (fig.3.79).

Avans = f (diametrul piesei cilindrice)

$$a_1 = -d^3 + 0,8 \cdot 10^{-4} d^2 + 0,4742 \cdot 10^{-1} d + 24,08611 \quad (3.48)$$

$$a_2 = d^3 - 0,7 \cdot 10^{-4} d^2 - 0,1575 \cdot 10^{-1} d - 3,47179 \quad (3.49)$$

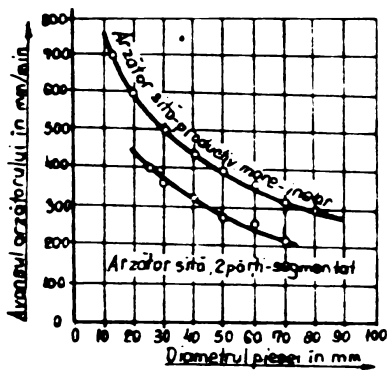


Fig. 3.79. Viteza de avans în lucru pentru arzătoare sită segmentate din 2 părți și arzătoare sită inelare de productivitate mare

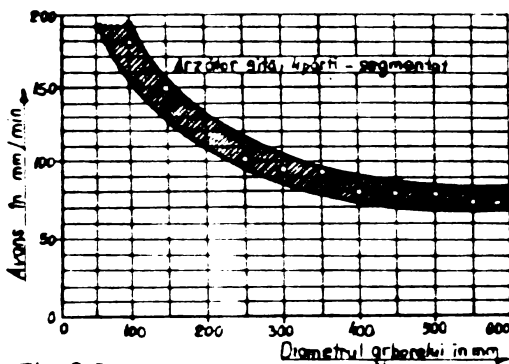


Fig. 3.80. Viteza de avans a arzătoarelor în funcție de diametrul arborelui

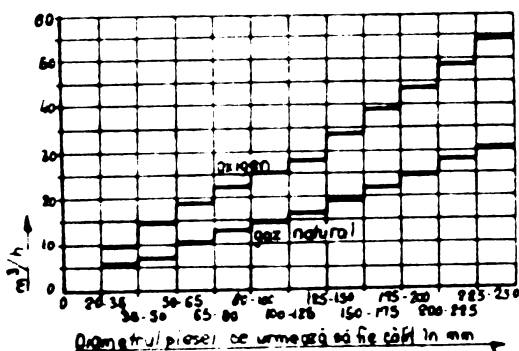


Fig. 3.81. Consumul de gaz natural și oxigen a arzătoarelor sită segmente din 4 părți, pentru piese cu un diametru de φ 600

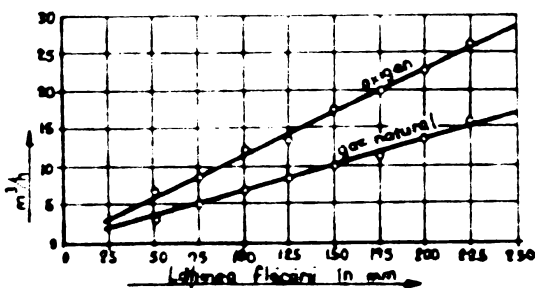


Fig. 3.82. Consumul de gaz natural și oxigen a arzătoarelor sită plate la călirea pe circumferință a roților dințate

3.3.2.16. Avansul arzătoarelor sită segmentate din două părți la călirea stratului periferic a arborilor până la un diametru de 250 mm, din materialul 40C10, s-a determinat pe mașina tip 660 cu relația :

Avans = f (diametrul arborelui)

$$v = d^3 + 0,2 \cdot 10^{-4} d^2 - 0,14660 d + 50,03102 \quad (3.50)$$

3.3.2.17. Viteza de avans a arzătoarelor și a instalației de răcire la călirea stratului periferic, la procedeul avansului circular, cu arzătoare sită segmentate din patru părți, pentru călirea arborilor roților de rulare cu diametre între \varnothing 100 - \varnothing 600 material 40C10 s-a putut determina cu relația :

$V_{\text{avans}} = f$ (diametru arborelui)

$$V_{\text{avans}} = -0,9 \cdot 10^{-4} d^3 - 0,7 \cdot 10^{-2} \cdot d^2 + 3,2662 d + 282,6564 \quad (3.51)$$

3.3.2.18. Consumul de gaz metan și oxigen cu arzătoare sită plate de lățimi variabile între 25 - 250 mm, utilizate la călirea roților dințate de diametre 500 - 600 mm din material OLC 45 s-a determinat pe un lot de 850 bucăți, ridicându-se diagrama din fig.3.82 și determinându-se relația :

$C_{\text{oxigen}} = f$ (lățimea arzătoarelor)

$$C_{O_2} = p^3 - 0,67 \cdot 10^{-3} p^2 + 0,6037 p + 1,25647 \quad (3.52)$$

$$C_{CH_4} = -p^3 + 0,27 \cdot 10^{-3} p^2 + 0,8524 \cdot 10^{-1} p + 0,99992 \quad (3.53)$$

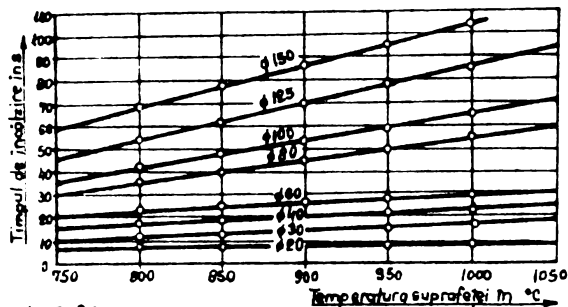


Fig. 3.83. Timpul de încălzire, la călirea circulară a bolțurilor, în funcție de temperatură și diametru.

3.3.2.19. Durata de încălzire a bolțurilor din material 40C10 în funcție de temperatura de încălzire și diametrul piesei, în cazul când piesele se rotesc între arzătoare sită plate adaptate exact la lățimea bolțurilor,

s-a determinat prin :

timpul = f (temperatura la suprafața) pentru \varnothing 20
 \varnothing 150

$$t_1 = 0,128 \cdot 10^{-1} \cdot T^3 - 0,11613 T^2 + 5,57527 T - 14,04314 \quad (3.54)$$

$$t_2 = 0,61 \cdot 10^{-3} T^3 - 0,09543 T^2 + 5,94921 T - 19,77225 \quad (3.55)$$

$$t_3 = -0,93 \cdot 10^{-3} T^3 + 0,10338 T^2 - 1,19259 T + 27,65837 \quad (3.56)$$

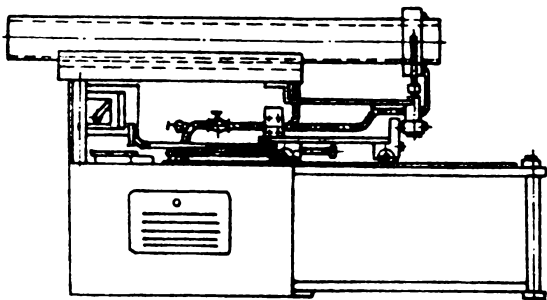


Fig. 3.85

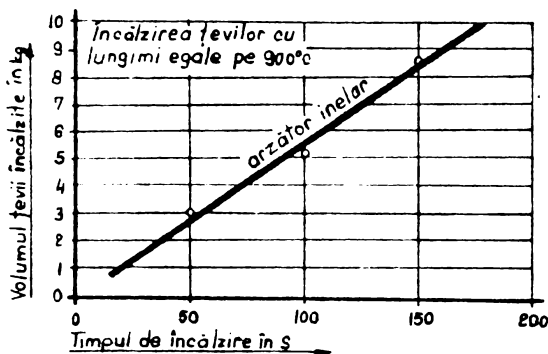


Fig. 3.84. Timpul de încălzire în funcție de volumul țevii încălzite, utilizând arzătoare inelare.

3.3.2.20. Durata de încălzire a unor țevi cu lungime egală de 500 mm la temperatura constantă de 900°C, din materialul 0LT 35 s-a determinat în funcție de greutatea piesei, utilizând arzătoare sită inelare pe o instalație special adaptată, de încălzire numai a țevilor (fig.3.84) :

timpul = f (greutatea țevilor)

$$t = g^3 + 0,097 \cdot 10^{-3} g^2 + 0,0666g + 0,00003 \quad (3.57)$$

3.3.2.21. S-a reușit să se determine dilatația longitudinală a unor bare din 40C10, cu diametre de la 5,0 la 40 mm,

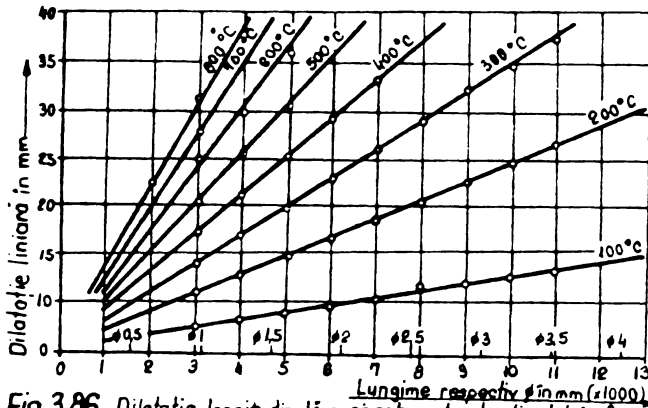


Fig. 3.86. Dilatația longitudinală a pișeilor rotunde din oțel în funcție de temperatura.

și lungimi de la 100 la 1300 mm, pentru temperaturile de încălzire de la 100°C la 800°C, utilizându-se mașina tip 660 cu flacără oxigaz și arzătoare variabile ca lățime :

dilația = f (diametru, și lungime)

$$d_{11} = 0,01515 [P(\varnothing)]^3 - 0,21648 [P(\varnothing)]^2 + 2,55425 [P(\varnothing)] - 0,42870$$

$$d_{12} = 0,07829 [P(\varnothing)]^3 - 1,24137 [P(\varnothing)]^2 + 7,89474 [P(\varnothing)] - 2,92861$$

$$d_{13} = 0,03786 [P(\varnothing)]^3 - 0,63613 [P(\varnothing)]^2 + 6,20581 [P(\varnothing)] + 0,78660$$

$$d_{14} = 0,01770 [P(\varnothing)]^3 - 0,30440 [P(\varnothing)]^2 + 5,70313 [P(\varnothing)] + 2,85605 \quad (3.58)$$

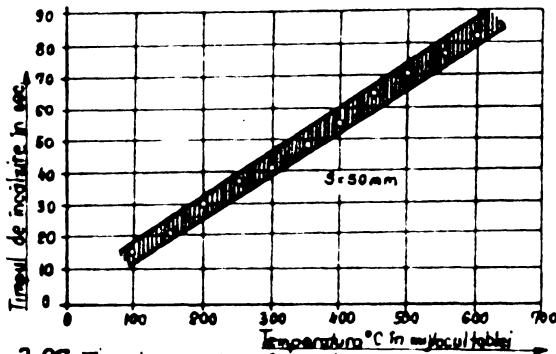


Fig. 3.87. Timpul de încălzire în funcție de temperatura pentru reoacarea tablelor încălzite superficial.

3.3.2.22. Pentru reoacarea tablelor din oțel, calitatea OLC 45, grosimea tablelor de 50 mm, încălzite între două arzătoare alimentate cu gaz metan și oxigen, în vederea realizării operațiilor de îndoire și confecționare a furcilor de la produsele "motostivuitoare" s-a stabilit timpul de încălzire funcție de temperatura în mijlocul tablei:

tipul de încălzire = f (temperatura)

$$t = T^3 - 0,12 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 0,18046 \cdot T - 4,33612 \quad (3.59)$$

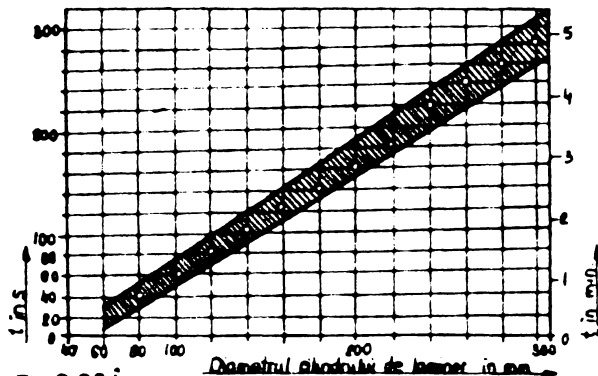


Fig. 3.88. Încălzirea cilindrilor mici cu arzător piston.

3.3.2.23. Timpul de încălzire a cilindrilor de laminor cu diametre între 60 - 300 mm din materialul T12VMoCN12, utilizând arzătoare piston, cu adâncime de pătrundere mare - 30 mm - având posibilitatea de reglare automată a lungimii flacării, s-a experimentat și determinat ca o funcție a diametrelor cilindrilor de laminor:

$$t = -d^3 + 0,1 \cdot 10^{-4} \cdot d^2 + 0,99854d - 39,94670 \quad (3.60)$$

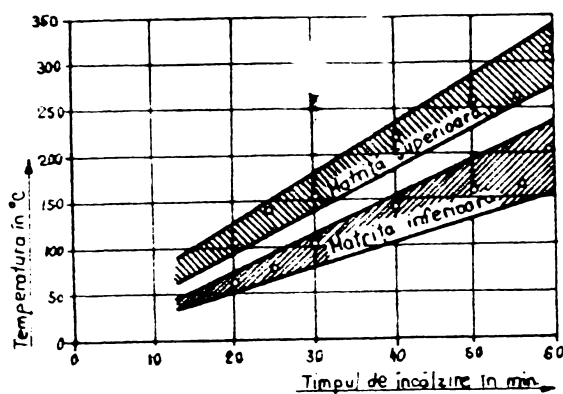


Fig. 3.89 Timpul de încălzire la preîncălzirea matrițelor

3.3.2.24. Timpul de încălzire în arzătoare alimentate cu gaz metan și aer comprimat ($p=6$ atm) pentru preîncălzirea locașului matrițelor în vederea durificării locale prin călire superficială, s-a stabilit ca o funcție dependentă de temperatura

$$t_1 = 0,00404T^3 - 0,50296T^2 + 22,95041T - 239,48245 \quad (3.61)$$

$$t_2 = 0,01 \cdot 10^{-4} \cdot T^3 - 0,01521T^2 + 6,17753T - 18,39540$$

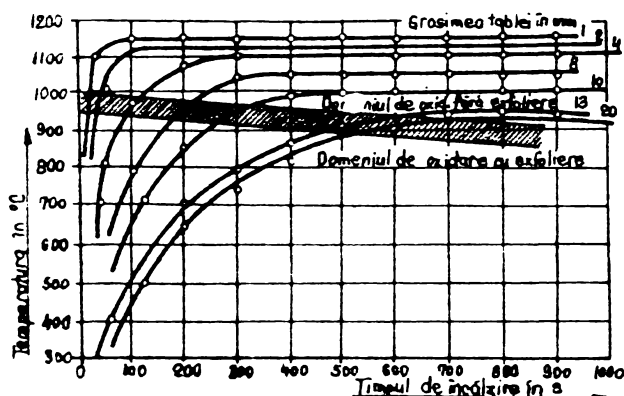


Fig. 3.90 Timpul de încălzire a tablelor de oțel cu arzătoare alimentate cu gaz și aer comprimat.

3.3.2.25. Pentru încălzirea tablelor din oțel, calitatea OLC 35, cu grosimi între 1 și 20 mm, cu ajutorul arzătoarelor alimentate cu gaz metan și aer comprimat în vederea ambutisării sau îndoirii, s-a determinat

experimental timpul de încălzire în funcție de temperatura de încălzire :

$$t_1 = T^3 - 0,340 \cdot 10^{-1} \cdot T^2 + 2,5545T + 285,06982$$

$$t_2 = T^3 - 0,470 \cdot 10^{-1} T^2 + 3,02423T + 393,61987 \quad (3.62)$$

$$t_3 = T^3 - 0,385 \cdot 10^{-2} T^2 + 2,10474T + 829,05688$$

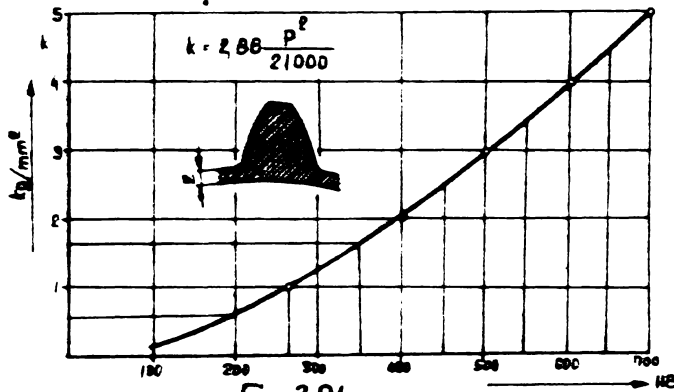


Fig. 3.91

3.3.2.26. La călirea circulară a roților dințate pînă la 2 mm sub baza dintelui din material OLC 45 la o duritate pe capul dintelui de 55 - 57 HRC, s-a putut determina capacitatea portantă a flancului dintelui cu o

funcție dependentă de duritatea obținută și a valorii presiunii pe dinte :

$$k = 1,64205(HB)^3 - 23,34203(HB)^2 + 194,10519(HB) + 108,53601$$

$$k = 2,86 \frac{P^2}{21.000} \text{ kg/mm}^2 \quad (3.63)$$

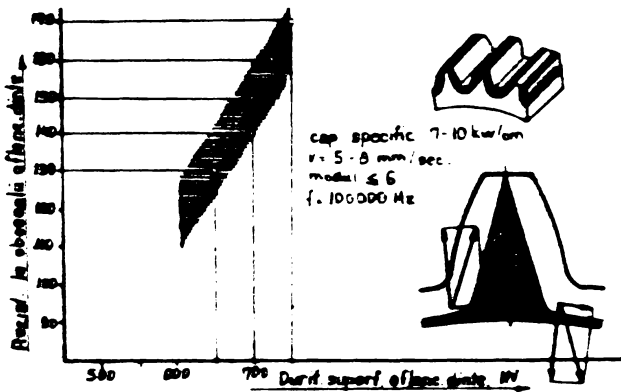


Fig. 3.92

3.3.2.27. Pentru rezistența la oboseală a flancurilor dintelui, la o duritate Vickers de 650 - 750 HV s-a ridicat diagrama din fig.3.92, obținîndu-se relația următoare :

$$\sigma_0 = 0,2 \cdot 10^{-3} (HV)^3 + 0,08459 (HV)^2 + 9,16495 (HV) + 0,05686 \quad (3.64)$$

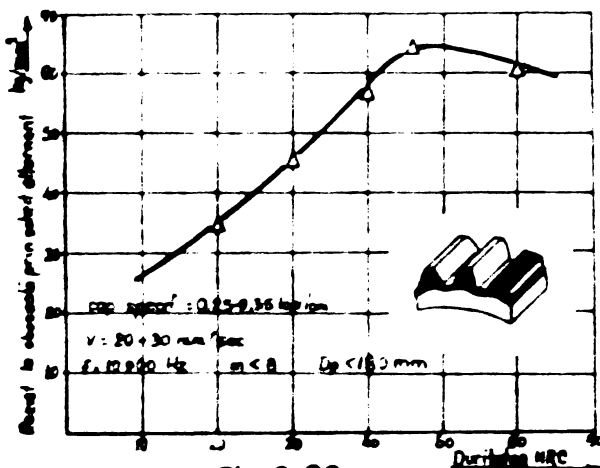


Fig. 3.93

3.3.2.28. Dacă în urma călirii superficiale se mărește rezistența piesei pe flancul dintelui și la baza dintelui, va crește și rezistența la oboseală și în consecință solicitarea la încovoiere în piciorul dintelui va fi în creștere cu creșterea durității după relația :

$$\sigma_0 = -0,8 \cdot 10^{-4} (\text{HRC})^3 + 0,1767 (\text{HRC})^2 + 0,08313 (\text{HRC}) - 3,94577 \quad (3.65)$$

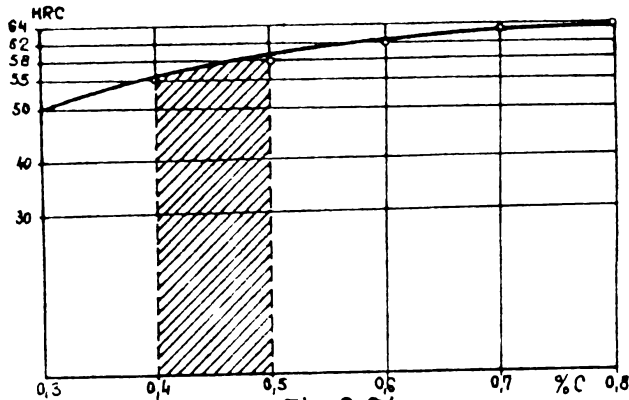


Fig. 3.94

3.3.2.29. Duritatea obținută la dantura roților dințate, la călirea circulară pe mașina 660 cu flacără oxigen-gaz metan a fost o funcție a procentului de carbon, cu utilizarea numai a zonei 0,4-0,5% C

$$\text{HRC} = [\text{c}\%]^3 - 0,15 \cdot 10^{-3} [\text{c}\%]^2 + 0,06823 [\text{c}\%] - 0,9 \cdot 10^{-4} \quad (3.66)$$

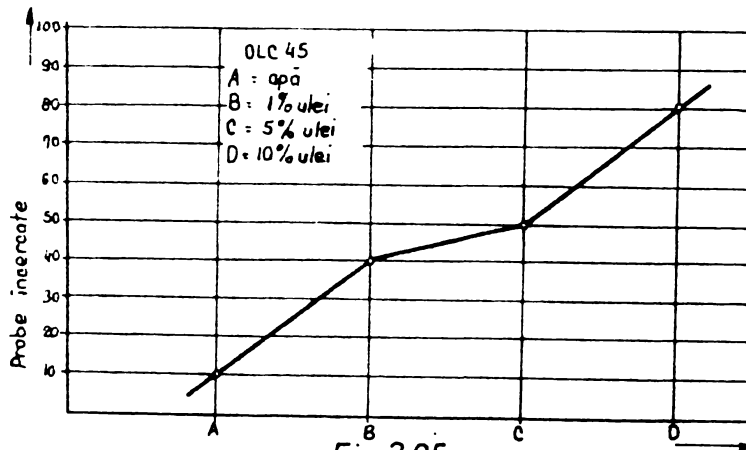


Fig. 3.95

3.3.2.30. Cu creșterea concentrației de ulei în emulsie, crește și numărul de probe fără fisură (fig.3.95).

Experiențele s-au efectuat pe probe din materialul OLC 45

$$N_p = f(\text{Conc})$$

$$N_p = 0,237 \cdot 10^{-2} C^3 - 0,14957 C^2 + 3,82551 C + 14,32362 \quad (3.67)$$

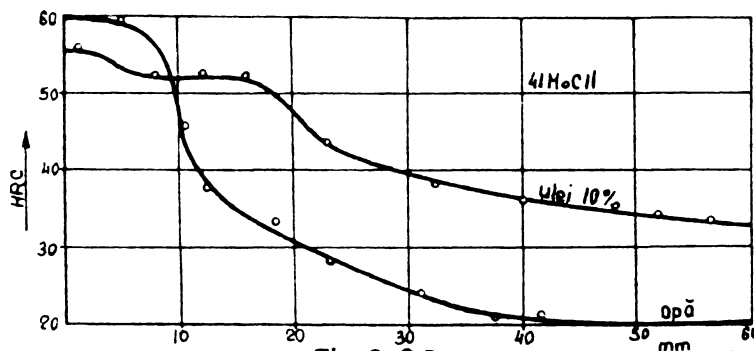


Fig. 3.96

3.3.2.31. Adâncimea de călire crește cu concentrația de ulei în emulsie, la călirea circulară cu flacără a roților dințate (fig.3.96) în stric-

tă dependență de duritatea obținută.

$$a_{c1} = -0,37 \cdot 10^{-3} \cdot x^3 + 0,5609 \cdot 10^1 x^2 - 2,89024 x + 74,34811$$

$$a_{c2} = 0,21 \cdot 10^{-4} x^3 - 0,1807 \cdot 10^1 x^2 - 0,6533 \cdot 10^1 \cdot x + 5381886 \quad (3.68)$$

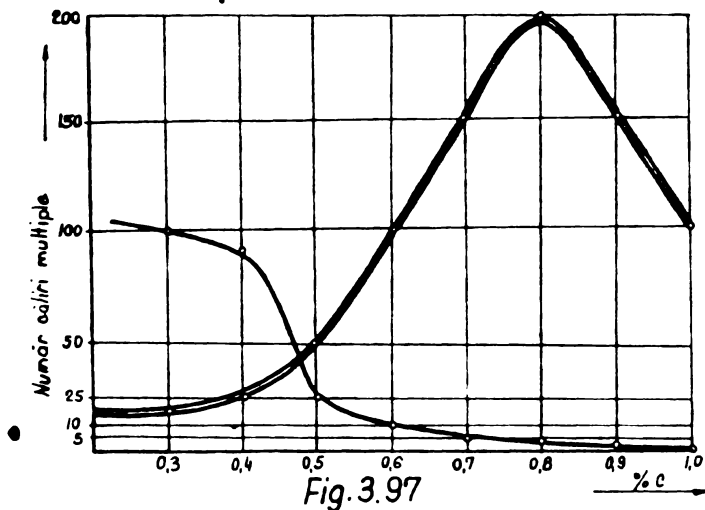


Fig. 3.97

3.3.2.33. Cu creșterea temperaturii de călire, crește și posibilitatea de formare a fisurilor (fig.3.98) după

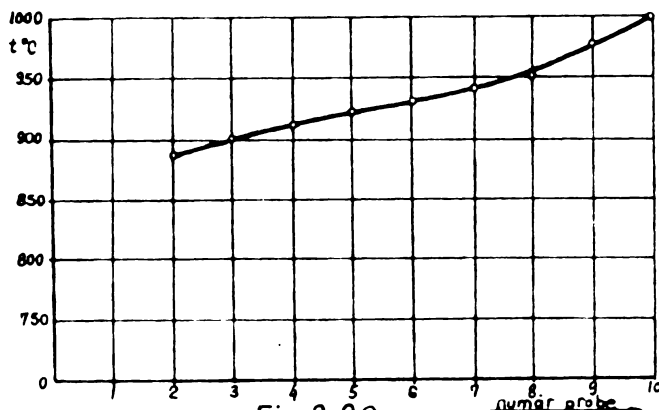


Fig. 3.98

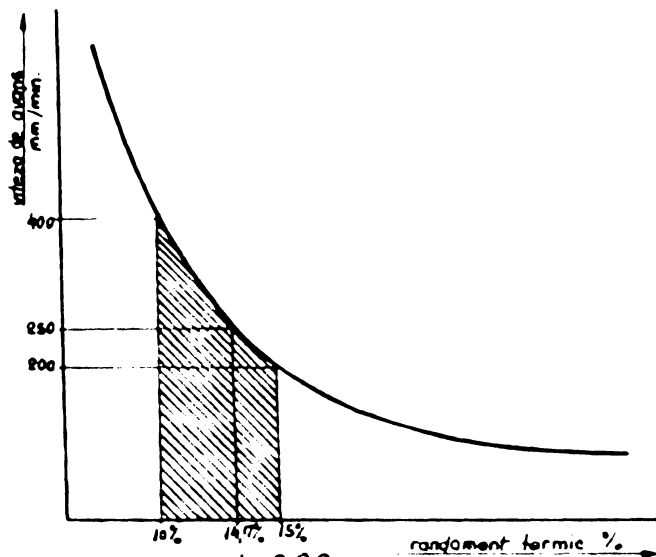


Fig. 3.99

3.3.2.32. Experiențele efectuate pe probe din material OLC 35, OLC 45, OLC 50, OLC 55 și OLC 60, OLC 65 au permis să se observe că posibilitatea la călire, crește cu conținutul de carbon (fig.3.97) conform relației :

$$S_c = c^3 + 5416,08203c^2 + c + 403,42578 \quad (3.69)$$

o relație determinată pe calculatorul electronic:

$$F = 0,35316 \cdot t^3 - 5,59928t^2 + 38,549t + 823,38892 \quad (3.70)$$

3.3.2.34. La călirea cu flacără, experimentînd la o viteză periferică de 250-400 mm/min s-a putut determina randamentul termic ca o funcție a vitezei de lucru și care a avut valori între 10-15% (fig.3.99).

$$R_t = 0,83143V^3 + 10,18217V^2 - 136,00V + 0,0189 \quad (3.71)$$

3.3.2.35. În cazul încălzirii inductive, la o frecvență de 8000 Hz și o putere a generatorului de 100 kw s-a putut obține un randament de 16,4% iar la o frecvență

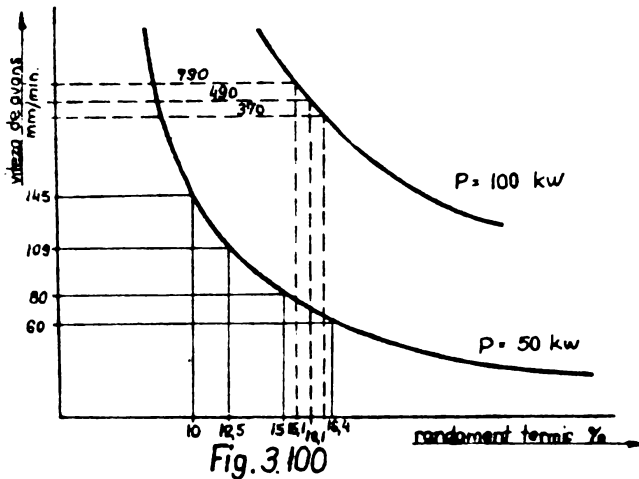


Fig. 3.100

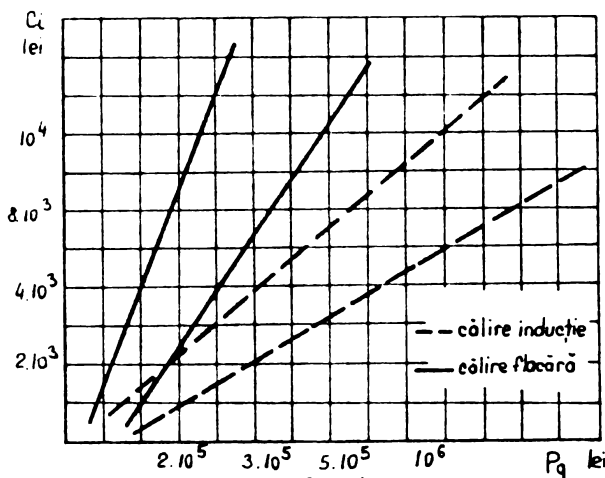


Fig. 3.101

de 80000 Hz și puterea de 50 kw un randament de 15,1. Cu scăderea puterii generatorului se micșorează și randamentul termic (fig.3.100):

$$R_t = 0,0293V^3 + 2,9816V^2 + 51,52494V + 0,01717 \quad (3.72)$$

3.3.2.36. Cheltuielile de investiții și cele energetice pentru o instalație de călire inductivă a roților dințate de reductoare, pentru module între 3-12, ajung să fie de 2 până la 4 ori mai mari decât instalațiile de călire cu flacără oxigaz (fig.3.101) :

$$C_1 = 0,2 \cdot 10^{-3} P_g^3 + 0,683 \cdot 10^{-2} P_g^2 + 1,36689 P_g - 0,00206 \quad (3.73)$$

3.4. Generarea pe calculatorul electronic a tehnologiilor de turnare, forjare și de tratamente termice a roților dințate și a roților de rulare călite superficial.

În întreprinderile din industria constructoare de mașini, una din activitățile de bază o constituie elaborarea fișelor tehnologice necesare procesului de producție.

Elaborarea presupune parcurgerea, pentru fiecare reper în parte, a următoarelor etape: alegerea materialului de bază; stabilirea itinerarului tehnologic pe operații tehnologice distincte; calculul adaosurilor de prelucrare, alegerea utilajelor, sculelor și dispozitivelor; stabilirea parametrilor tehnici și tehnologici de execuție; calculul normelor de timp și determinarea categoriei de salarizare pe operații tehnologice.

Executarea fiecărei etape, implică un volum mare de calcule, blocând inutil un număr însemnat de personal tehnic cu pregătire superioară.

Se propune o metodă de generare automată cu ajutorul calculatoarelor electronice a fișelor tehnologice de turnare, forjare și tratamente termice, reducându-se astfel efortul de elaborare la o simplă transpunere pe hîrtie a geometriei pieselor cu ajutorul unui limbaj simplu și ușor de însușit.

3.4.1. Structura sistemului de programare.

Schema bloc este constituită din trei faze de prelucrare a descrierilor pieselor pentru care se dorește obținerea fișelor tehnologice.

Prima fază de prelucrare realizează verificarea sintactică a cartelelor de date. Atît cele corecte cît și cele eronate sînt tipărite la imprimantă cu eventuale mesaje de erori sau de avertizare. Descrierile corecte sînt decodificate și înscrise în fișierul de date.

Faza a doua de prelucrare generează fișa tehnologică corespunzătoare fiecărei descrieri. Pentru aceasta se face apel la baza de date a sistemului, formată din fișiere ce conțin caracteristici de utilaje, scule, mărci de materiale, dispozitive.

Rezultatele acestor prelucrări sînt depuse în fișierul de editare.

A treia fază realizează editarea fișelor generate anterior și conversia conținutului acestora conform structurii fișierului tehnologic.

Resursele necesare sistemului de programare sînt :

- calculator Felix C-256 cu 128 KO
- unități de discuri magnetice DIAM
- unități de bandă magnetică
- lector de cartele
- imprimantă.

Mărimea gamei de piese ce poate fi prelucrată de sistemul de programare este determinată de posibilitățile limbajului de descriere.

Principiul de bază care a condus la definirea ele-

mentelor descriptive ale limbajului a fost acela că volumul pieselor turnate și forjate respectiv calitatea materialului la piesele tratate termic, reprezintă legătura de exprimare pentru operațiile tehnologice și tipurile elementelor descriptive, reflectându-se în gruparea lor pe operații tehnologice specifice. Elementele descriptive ale limbajului sînt destinate descrierii unor corpuri geometrice simple (piese turnate), a volumului materialului de bază (piese forjate) sau a calității materialului (piese tratate termic secundar) în strictă dependență a caracteristicilor lor tehnologice. Acestea se compun dintr-o mnemonică de caractere alfabetică, care indică tipul geometric a volumului, urmată de parametri descriptivi care definesc geometric volumul. În mod opțional pot urma specificatori suplimentari cu caracter tehnologic.

Sistemul de programe pentru generarea automată de fișe tehnologice de turnare, forjare, tratamente termice poate fi aplicat în orice întreprindere din ramura construcțiilor de mașini. Utilizarea sistemului permite:

- uniformizarea normării operațiilor
- pregătirea rapidă de noi tehnologii de fabricație
- utilizarea mașinilor în regim optim de funcționare
- complectarea fișierului tehnologic al întreprinderii cu efort minim și cu exactitate ridicată.
- posibilitatea listării fișelor tehnologice arhivate, la cerere
- eliberarea unui număr însemnat de personal tehnic.

3.4.2. Metodologia de generare a fișelor tehnologice cu ajutorul calculatorului.

3.4.2.1. Descrierea elementelor de turnare.

Structura generală a unei descrieri necesare pentru generarea unei fișe tehnologice pentru turnare este următoarea :

FORMA	USC	
-		} descrierea formei (elemente de volum și suprafață)
-		
-		
-		
[n]	MIEZ compl.	} (elemente de volum)
-		
-	descrierea miezului	
-		
[n]	MIEZ compl.	} (elemente de volum)
-		
-	descrierea miezului	
-		

Pentru descrierea formei și a miezului există două grupe de elemente descriptive: elemente descriptive de volum și elemente descriptive ale suprafeței, cele de volum stînd la baza calculării suprafeței. Aceasta rezultă din suma ariilor elementelor de volum din care se scad de 2 ori ariile suprafețelor de contact între elementele de volum.

Parametrul opțional - USC - se utilizează pentru a indica necesitatea uscării formei. Descrierea fiecărui miez se face prin scrierea elementelor de volum ce descriu volumul acestuia după cîte o specificație: MIEZ. Parametru opțional "n" reprezintă un factor de repetiție, iar parametrul "compl" reprezintă complexitatea miezului. Valoarea implicită a parametrului "n" este 1.

3.4.2.2. Antetul fișei.

Antetul fișei conține 5 rînduri codificate G1, G2, G3, G4 și G5. Acestea conțin următoarele rubrici:

G1 - TIPUL SEMIFABRICATULUI :

- care se prescurtează astfel:

TJ (xxx,cl) = turnat cu clasa de precizie a turnării

Caracterele xxx pot fi:

NIS = turnat în nisip

COC = turnat în cochilă

COJ = turnat în forma coji

FUZ = turnat în forme fuzibile.

- 32 - DENUMIRE PRODUS = denumirea produsului în care face parte piesa
- ANSAMBLU = denumirea ansamblului
- 33 - PIESA = denumirea piesei
- SIMBOL = simbolul piesei
- 34 - DESEN = numărul desenului
- REPER = simbolizare reper
- POZITIA = trei cifre zecimale reprezentând poziția piesei în ansamblu
- T - tipul desenului codificat:
- 0 - pentru repere simple
- 1 - pentru ansamble
- EUC/PCOD = numărul reperelor pe produs: maximum patru cifre aliniate la dreapta
- IMP PIESEI = importanța piesei, codificată astfel:
- 0 - neimportantă
- 1 - de importanță medie
- 2 - foarte importantă
- 35 - CALITATE = marca materialului aliniată la stînga
- STAS-CALIT = stasul materialului
- G.GRUTA = greutatea brută în kg
- C = complexitatea formării 1, 2 sau 3,

care depinde de :

- complexitatea modelelor și a cutiilor de nisă
- complexitatea formelor și a introducerii măsurilor în formă.

Ambele fiind o funcție de greutatea piesei turnate:

- piese mici și mijlocii
- piese mari.

3.4.3. Bazele matematice ale procesului de generare a fișelor tehnologice cu ajutorul calculatorului.

Fiind dată funcția $f : (a, b) \rightarrow \mathbb{R}$ și o diviziune

$\Delta_{n,b} = (x_0, x_1, \dots, x_{n-1}, \dots, x_n)$ astfel ca se cunoaște $f(x_i)$ pentru orice $x_i \in \Delta$:

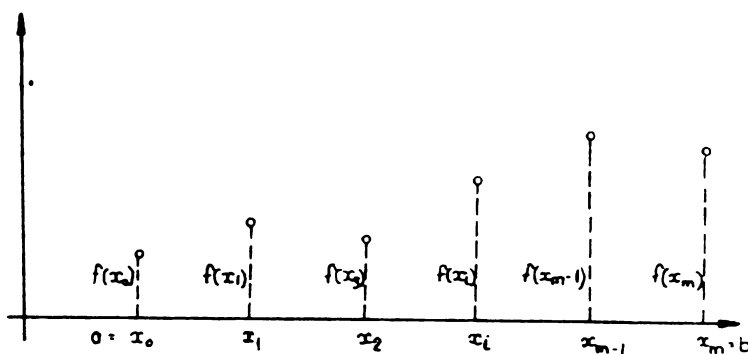


Fig. 3.102

se pune problema aproximării funcției $f(x)$ pe tot intervalul $[a, b]$. Problema se poate rezolva prin metode interpolative, însă în cazul unei diviziuni foarte fine (n foarte mare), determinarea coeficienților de interpolare necesită un volum prea mare de calcule, iar dacă valorile $f(x_i)$ nu sînt exacte și nu se cunoaște valoarea funcției f în nici un punct de pe intervalul $[a, b]$, interpolarea nu poate fi acceptată. În asemenea situații se utilizează "metoda celor mai mici pătrate". În acest scop aproximăm funcția $f(x)$ printr-un polinom de gradul n cu coeficienți reali:

$$P(x) = \sum_{k=0}^n a_k x^{n-k}, \quad a_k \in \mathbb{R}, \quad \forall k=1 \div n \quad (3.74)$$

Evident că gradul polinomului se stabilește înainte de a începe procedura celor mai mici pătrate

Fie $P(x_i)$ valorile polinomului (3.74) în punctele diviziunii d :

$$P(x_i) = \sum_{k=0}^n a_k x_i^{n-k}, \quad x_i \in d, \quad i=1 \div m \quad (3.75)$$

Determinarea coeficienților a_k prin metoda celor mai mici pătrate se realizează prin minimizarea sumei pătratelor abaterilor valorilor polinomului $P(x)$ față de valorile $f(x_i)$:

$$\min_{a_k \in \mathbb{R}} \sum_{i=1}^m [P(x_i) - f(x_i)]^2, \quad k=0 \div n \quad (3.76)$$

Notăm:

$$F(a_0, a_1, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^m [P(x_i) - f(x_i)]^2 \quad (3.77)$$

Pentru determinarea minimumului funcției (3.77) se amulează derivatelor parțiale în raport cu a_j :

$$\frac{\partial P}{\partial a_j} = 2 \sum_{i=1}^m [P(x_i) - f(x_i)] x_i^j = 0, \quad j=0 \div n \quad (3.78)$$

Relațiile (3.78) pot fi scrise și astfel:

$$\sum_{i=1}^m P(x_i) x_i^j = \sum_{i=1}^m f(x_i) x_i^j, \quad j=0 \div n \quad (3.79)$$

Ordinând ecuațiile sistemului (3.79) după coeficienții polinomului de aproximare $P(x)$ obținem:

$$\sum_{k=0}^n a_k \left(\sum_{i=1}^m x_i^{n+j-k} \right) = \sum_{i=1}^m x_i^j f(x_i), \quad j=0 \div n \quad (3.80)$$

Aceste $n+1$ cu $n+1$ necunoscute a_0, a_1, \dots, a_n , numite și ecuații normale, poate fi rezolvate prin metoda eliminării (GAUSS). Rezolvarea problemei cu ajutorul calculatorului electronic necesită menționarea matricii coeficienților:

$$\left\| \sum_{i=1}^m x_i^{n+j-k} \right\|_{j,k}, \quad j, k=0 \div n \quad (3.81)$$

cît și a matricii termenilor liberi :

$$\left\| \sum_{i=1}^m x_i^j f(x_i) \right\|_{j,1}, \quad j=0 \div n \quad (3.82)$$

Elementele matricelor (3.81) și (3.82) fiind cunoscute (din datele problemei), dacă sistemul (3.80) este compatibil determinat obținem valoarea coeficienților a_0, a_1, \dots, a_n . Înlocuind în polinomul (3.75) coeficienții se obține curba celor mai mici pătrate pentru un polinom de gradul n , care constituie o aproximare a funcției $f(x)$.

O dificultate în aplicarea acestui procedeu o constituie alegerea gradului optim al polinomului de aproximare înainte de declanșarea calculului propriuzise, deoarece dacă se alege un grad mic pentru polinomul $P(x)$ se obține o aproximare grosieră, iar dacă se alege un grad foarte mare, procedeu devine greu de manipulat, și coeficienții polinomului vor reține erorile eventuale provocate de datele experimentale. Această dificultate este depășită utilizînd un polinom de

grad mic dacă se ține seama de facilitatea calculatorului de a lucra în dublă precizie. În acest caz se poate lua eroarea absolută:

$$P(x_i) - f(x_i) \quad , \quad i=1 \div n \quad (3.83)$$

respectiv, eroarea relativă :

$$\frac{P(x_i) - f(x_i)}{f(x_i)} \quad , \quad i=1 \div n \quad (3.84)$$

declarând aproximarea satisfăcătoare dacă eroarea absolută maximă, exprimate în procentă, este mai mică decât 10 :

$$\text{MAX} \left(\frac{P(x_i) - f(x_i)}{f(x_i)} \right) \times 100 \leq 10\% \quad (3.85)$$

Aplicînd procedeul descris în cazul turnării unei roți de rulare (fișa tehnică nr.3.1) s-au obținut polinoamele de aproximare corespunzătoare tuturor fazelor tehnologice.-

3.4.3.1. Din descrierea reperului în fișa tehnică, rezultă că turnarea se va efectua în nisip, în clasa 3 precizie, din OT 55-2, de importanța unu, avînd greutatea netă 50 Kg și greutatea brută 56 kg. Aceste date se regăsesc în antetul fișei tehnice și furnizează informații generale referitoare la reperul ce urmează a se turna. Descrierea elementelor de turnare ne indică că este vorba de formarea la crud deoarece lipsește în descriere parametrul optional [USC], și a cărei volum și suprafață rezultă prin descompunere în elemente geometrice simple.

Programul sursă pe baza acestor elemente, determină suprafața modelului și alege corespunzător coeficienții polinomului de aproximare, care în cazul formării vor fi sub forma :

$$P(x) = 1,353 \cdot x + 51,353 \quad (3.86)$$

Se observă că la formare, polinomul de aproximare este de gradul unu, avînd coeficienții $a_0 = 1,353$ și $a_1 = 51,353$, polinom care furnizează valori, conforme cu normativele M.I.C.M.

Următoarea operație tehnologică, în ordinea de descriere de pe fișa tehnică, este miezuirea, care apare de două ori din cauza complexității diferite - unu și trei - și

este exact precizată de descrierea formei miezului prin elementele descriptive de volum, fără factor de multiplicitate. Menționăm că operația de miezuire este dependentă de volumul miezului și complexitatea acestuia, elemente de care ține cont programul sursă.

Pentru miezuri cu volumul cuprins între 0,05 - 45 dm³, există polinomul de aproximare de gradul patru cu coeficienții :

$$a_0 = 0,9897E - 06 ; a_1 = 0,2837E - 0,3 ;$$

$$a_2 = 0,2969E - 01 ; a_3 = 1,274 ; a_4 = 1,32$$

Pentru miezuri cu volum mai mare de 45 dm³, polinomul de aproximare va avea coeficienții :

$$a_0 = -0,1422E-12 ; a_1 = 0,3772E-08 ; a_2 = -0,3408E-04$$

$$a_3 = 0,2019 ; a_4 = 26,35$$

Primul miez, în ordinea de descriere de pe fișă, avînd complexitate unu și volumul mai mare de 45 dm³, va utiliza al doilea set de coeficienți.

Al doilea miez, fiind un inel de complexitatea trei, cu un volum mai mare de 45 dm³, polinomul de cea mai bună aproximare este de gradul cinci și are următorii coeficienți:

$$a_0 = 0,2401E-17 ; a_1 = -0,3268E-12 ; a_2 = 0,8565E-08$$

$$a_3 = -0,8423E-04 ; a_4 = 0,4298 ; a_5 = 66,65$$

Deoarece miezurile ca proces tehnologic trebuie uscate, timpul unitar corespunzător fiind o funcție de volum, este cumulat cu timpul unitar de realizare a miezului și sînt reproduse de polinoamele descrise mai sus.

Reperetele obținute prin turnare în nisip comportă operația de "dezbatere și curățire", și care nu mai apare ca descriere în fișa tehnică, iar timpul unitar corespunzător se determină în funcție de greutatea brută de 57 kg, și se exprimă ca un polinom de cea mai bună aproximație de gradul trei, avînd coeficienții :

$$a_0 = 0,2201E-07 ; a_1 = -0,8661E-04 ; a_2 = 0,2084 ;$$

$$a_3 = 6,0863$$

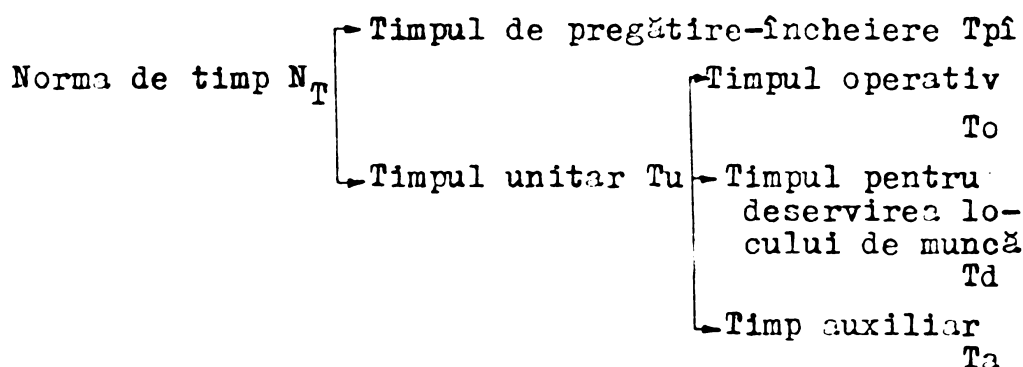
Pentru faza tehnologică de tăiere a maseletei, timpul unitar corespunzător este o funcție de greutatea brută și este aproximată de un polinom de gradul trei, având coeficienții :

$$a_0 = 0,5143 \text{ E-06} ; \quad a_1 = - 0,1259 \text{ E-02} ;$$

$$a_2 = 0,7275 ; \quad a_3 = - 0,6904.$$

3.4.4. Itinerar tehnologic pentru realizarea prin turnare a roților de rulare.

3.4.4.1. Structura normei de timp s-a considerat că se poate exprima :



3.4.4.2. Norma de timp este caracterizată prin timpul necesar pentru executarea unei operații suportată la lotul întreg de fabricație, având valoarea :

$$N_T = T_u \cdot n + T_{pî} \quad (3.87)$$

în care

n - este numărul de bucăți

T_u - este timpul unitar și se poate calcula cu relația :

$$T_u = T_o + T_d + T_a \quad (3.88)$$

unde :

T_o - este timpul operativ

T_d - timpul pentru deservirea locului de muncă

T_a - timp auxiliar.

Timpul operativ (T_o) este timpul în care se poate executa lucrările prevăzute în planul de operații; el se repetă după numărul de bucăți din lotul de execuție și servește ca bază pentru stabilirea normei integrale de timp.

Timpul pentru deservirea locului de muncă (T_d) corespunde activităților în decursul cărora executantul asigură pe

întreaga perioadă a schimbului de lucru, cele necesare unei bune activități.

Timpul auxiliar (T_2) este o componentă a normei de timp, la determinarea căruia, pentru menținerea nivelului optim al capacității de muncă a executantului, trebuie luat în considerare și gradul de dificultate al lucrărilor.

Timpul de pregătire - încheiere ($T_{pî}$) este necesar pentru prima bucată din lotul întreg de piese, se calculează numai odată, indiferent de mărimea lotului.

Compunerea optimă a formației de lucru s-a exprimat prin :

$$N_L = \frac{NT}{NT_m} \quad (3.89)$$

în care

N_L = este numărul de lucrători din formație

NT = suma normelor de timp în minute pentru toți membrii formației, pentru executarea unei piese.

NT_m = norma de timp în minute, stabilită pentru muncitorul cu gradul de încărcare cel mai ridicat.

În baza relației (3.89) se stabilește numărul membrilor formației tehnologice de lucru, care să asigure productivitatea maximă a fiecărui membru al formației, adică valoarea maximă a raportului:

$$N_p = \frac{480}{NT} \quad (3.90)$$

în care

N_p - reprezintă producția în bucăți pe un membru al formației, într-un schimb de lucru.

Norma de timp NT se calculează numai pentru categoriile de timpi nesuprapuși.

Încadrarea lucrărilor în diferite categorii de încadrare se face pe baza indicatoarelor tarifare de calificare și a reglementărilor privind retribuirea muncii.

Menționăm că s-a adaptat soluția după care timpii unitari determinați experimental, înscrși tabelar, trecuți prin calculator și exprimați matematic, conțin în afara timpilor operativi (T_o) și timpii de deservire a locului de muncă (T_d) și pe

cei auxiliari (Ta).

Fazele formării manuale a pieselor mici și mijlocii, trecute pe calculatorul electronic, cuprind :

- curățirea plăcii model sau a plăcii pe care se așează modelul mobil
- curățirea și montarea părții inferioare a modelului
- așezarea ramei inferioare
- montarea părților detașabile la partea inferioară
- fixarea răcitorilor la partea inferioară
- îndesarea amestecului de model pînă la acoperirea modelului la partea inferioară
- complectarea cu amestec de umplere și îndesarea acestuia pînă la umplerea părții inferioare
- nivelarea amestecului de formare la semiforma inferioară
- executarea canalelor de aerisire prin împungere, la semiforma inferioară
- fixarea plăcii de model de rama de formare și asigurarea stabilității la semiforma inferioară
- întoarcerea semiformei inferioare
- înlăturarea elementelor de fixare a modelului sau plăcii model și îndepărtarea acestora
- finisarea suprafeței de separație
- curățirea și montarea părții superioare a modelului
- montarea ramei superioare
- montarea părților detașabile la partea superioară
- fixarea răcitorilor la partea superioară
- introducerea și îndesarea amestecului de model la partea superioară
- montarea modelelor pentru piciorul de turnare, masele sau răsuflători
- montarea cîrligelor pentru întărirea formelor
- complectarea cu amestec de umplere și îndesarea acestuia pînă la umplerea ramei superioare
- nivelarea amestecului de formare îndesat pînă la nivelul ramei de formare superioare

- executarea canalelor de aerisire la semiforma superioară
- extragerea modelelor pentru piciorul de turnare, maselote sau răsuflători
- baterea tijelor pentru ghidarea formelor la închidere
- fixarea și asigurarea stabilității modelului la semiforma superioară
- executarea golurilor ajutătoare pentru rețeaua de turnare, maselote sau răsuflători
- demontarea formei
- înlăturarea elementelor de fixare a modelului de semiforma superioară
- pregătirea patului de formare
- întărirea cu cuie a suprafeței de separație
- extragerea modelului din semiformă inferioară și superioară
- întărirea cu cuie a semiformei inferioare
- repararea semiformei inferioare
- vopsirea sau acoperirea cu grafit praf a semiformei inferioare
- întărirea cu cuie a semiformei superioare
- repararea semiformei superioare
- vopsirea sau acoperirea cu grafit praf a semiformei superioare
- asamblarea miezurilor în semiforma inferioară
- umplerea și etanșarea golurilor făcute pentru prinderea miezului în vederea introducerii lui în semiforma inferioară
- asamblarea miezurilor și fixarea lor la semiforma superioară
- umplerea și etanșarea golurilor făcute pentru prinderea miezului în vederea asamblării lui cu cele din semiforma inferioară
- asamblarea formei
- asigurarea formei contra presiunii metalostatice
- confecționarea și montarea dispozitivului de limitare a nivelului de metal lichid turnat

- turnarea aliajului lichid.

3.4.4.3. Norma de timp pentru lucrările de modelărie în lemn, se consideră timpul stabilit pentru executarea uneia sau mai multor operații și lucrări de modelărie, valabile pentru producția de unicate și serie mică, putându-se exprima pe baza relației :

$$N_{T_{buc_{min}}} = \left[\frac{T_{p\hat{f}}}{n} + T_{op} + T_d + T_a \right] \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \quad (3.91)$$

unde

k_1 = coeficient pentru diverse esențe de lemn

k_2 = coeficient pentru clasa de precizie în execuție a semifabricatelor

k_3 = coeficient pentru numărul de semifabricate în seria de lucru.

Exprimînd matematic timpii din relația (3.91) ca o funcție dependentă de suprafața de lucru a modelului (în dm^2) și alegînd ca variabile numărul de miezuri/model (1-8) și complexitatea modelului (1-3), s-a putut determina pe calculatorul electronic, programul sursă și alegerea polinomului de aproximare :

$$P_1(I) = x^3 - 0,00114 x^2 + 0,30597 x + 3,55648$$

$$P_2(I) = x^3 - 0,00090 x^2 + 0,27190 x + 10,32003$$

$$P_3(I) = x^3 - 0,00147 x^2 + 0,38411 x + 12,34733$$

$$P_4(I) = x^3 - 0,00167 x^2 + 0,41057 x + 19,27150$$

$$P_5(I) = x^3 - 0,00169 x^2 + 0,41503 x + 22,03485$$

$$P_6(I) = x^3 - 0,00180 x^2 + 0,4493 x + 24,33618$$

$$P_7(I) = x^3 - 0,00184 x^2 + 0,45514 x + 25,73792$$

$$P_8(I) = x^3 - 0,00208 x^2 + 0,49872 x + 27,73492 \quad (3.91.a)$$

3.4.4.4. In fișa tehnică 3.1 se exemplifică felul de completare a datelor tehnice necesare pentru generarea pe calculator a unei roți de rulare, a cărei dimensiuni se văd în schița de pe fișă.

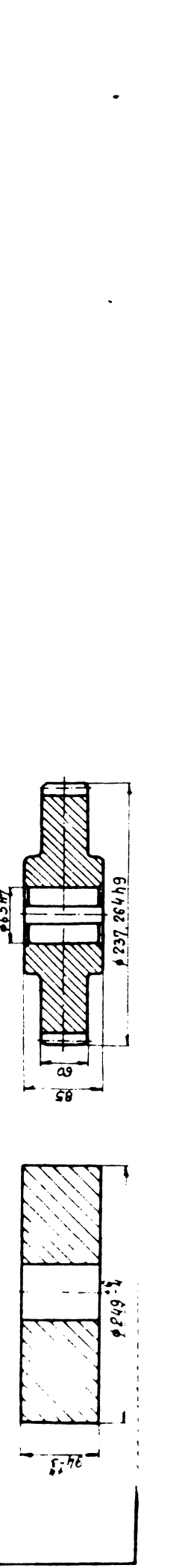
ANSAMBLU R 3200 - 0		MATERIAL	
REPER: RØATA DINTATA		CALITATE	SECTIUNE
		ØLC 45	D 180
			880-1

cod uz	NUMAR DESEN	NR VAR	7	8	9	10	A	B	C	D	E	F	G	NR NR
1 2	3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 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													
0 3														
0 13														
cod uz	NUMAR DESEN	NR VAR	C Ø D MATERIAL		DMENSIUNI		GR NETA		CANTITATE		UM B		NR NR	
0 3	R3200-8A	00	200		200		40000		40000		TAMP		UNITAR	
1 2	3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 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													
0 3	D(Ø238 x 85)													

NUMELE DATA SEMNATU
 SECTIA: AT
 TEHNOLOG
 20.03.80

PRODUC REDUCTOR
 ANSAMBLU: REDUCTOR
 PIESEA: ROATA DINTATA
 BUC/PROD: 1

NR OPERATIA
 MA AT SINA LOC
 CTG T P T U O
 1 DB 011-0
 2 FO 002-4
 11.44
 27.58



In fișa tehnologică 3.2 se redă rezultatele obținute după prelucrarea pe calculatorul electronic.

In fișa tehnică 3.3 se exemplifică modul de complexare pentru generarea "modelului" roții de rulare din fișa tehnologică 3.1 și în fișa tehnică 3.4 rezultatele obținute.

3.4.5. Itinerar tehnologic pentru forjarea roților dinate.

3.4.5.1. Calcularea timpului normă se poate determina cu ajutorul relației:

$$NT = T_{p1}/n + T_f/n_i + T_u \cdot k_1 + T_a \cdot k_2 \cdot k_1 \quad (3.92)$$

unde

n - număr de piese din lotul de fabricație, și se exprimă cu :

$$n = \frac{T_{p1}}{k \cdot t_b} \quad (3.93)$$

t_b - fiind timpul de bază

k - un coeficient dependent de grupele de complexitate ($k = 0,03 - 0,10$)

n_i - număr de piese din lotul de încălzire

T_u - timp unitar, și se determină din :

$$T_u = \frac{T_f}{n_i} + T_{op} \cdot k_2 \quad (3.94)$$

unde timpul operativ va rezulta :

$$T_{op} = t_b + t_a \cdot k_1 \quad (3.95)$$

t_a - timp ajutător

k_1 - coeficient de corecție, care apare ca o funcție a numărului de piese din lotul de piese forjate.

k_1 - $f(n)$, unde pentru $n=10$, $k_1=1$

k_2 - este un coeficient de corecție, necesar pentru a include timpii de deservire și întreruperi reglementare :

$$k_2 = 1 + \frac{T_{ad}}{100} \quad (3.96)$$

T_{p1} - fiind timpul de pregătire-încheiere și se exprimă ca o fracție a timpului unitar, ca de altfel și timpul auxiliar de deservire (T_{ad}).

3.4.5.2. Timpii normați pentru forjă sînt stabiliți prin calcul, corespunzător procesului tehnologic de forjare cel mai productiv, și se regăsesc în tabele de "normative tehnice unificate" pe M.I.C.M. - NT 25/1976.

Din itinerariile tehnologice rezultă posibilitatea generării de funcții polinomiale a celor 143 tabele reprezentînd timpii unitari și de bază, pe faze distincte a operațiilor de forjare.

Înainte de a fi generate pe calculatorul electronic, tabelele au fost restrînse și grupate pentru a putea fi exprimată ca o funcție dependentă de parametrii semifabricatului forjat.

3.4.5.3. Rezultatele trecerii pe calculatorul electronic a parametrilor de bază se redau în tabelele 3.5 - 3.10 unde apar pentru polinoamele de aproximație coeficienții respectivi.

Calculul timpului unitar pentru forjarea discurilor pline

Tabel 3.5

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
0,331783E-4	0,5198E-4	-0,22374E-4	-0,10421E-1	0,46488E-2
a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
0,10635E-3	0,24161E-4	-0,17213E-4	0,10845	0,33979E-1

Calculul timpului unitar pentru forjarea discurilor cu gaură

Tabel 3.6

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
0,10767E-4	-0,8321E-6	-0,44603E-4	-0,12555E-5	0,89304E-4
a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
0,29742E-6	0,26183E-3	0,16216E-2	0,10019E-1	0,44542E-8

Continuare Tabel 3.6

a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}
0,534E-4	0,45423E-4	0,33678E-4	0,2268E-4	0,2268E-4
a_{15}	a_{16}	a_{17}	a_{18}	a_{19}
084455E-4	0,1787E-5	0,8231E-2	0,2381E-2	0,1464E-1

Calculul timpului de încălzire în cuptoare încălzite cu gaze naturale la 1300°C.

Tabel 3.7

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
0,1573E-5	0,1313E-2	-0,2127E-1	3,644E-3	-0,21927E-5
a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
0,62853E-2	-0,28214E-1	3,8855	-0,19711E-5	0,2445E-2
a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}
0,3469E-1	3,0998	-0,34785E-5	-0,80621E-1	8,3561

Calculul timpului ajutător pentru manipulare pentru fiecare încălzire.

Tabel 3.8

x^3	x^2	x	-
0,2140E-8	0,9307E-5	0,15708	048239

Calculul timpului ajutător pentru măsurarea pieselor în procesul de forjare.

Tabel 3.9

x^3	x^2	x	-
0,11555E-11	0,1218E-7	0,16984E-5	0,13159

Calculul timpului ajutător pentru manevrarea sculelor ajutătoare la forjare.

Tabel 3.10

x^3	x^2	x	-
0,147E-7	0,160223E-5	0,32874E-2	0,15353

3.4.5.4. In fișa tehnică 3.5 se arată modul de completare a datelor tehnice necesare generării pe calculatorul electronic a tehnologiei de forjare și normare a roților dințate aparținând mașinilor de ridicat și transportat, și în fișa tehnologică 3.6 se redau rezultatele obținute după prelucrarea pe calculatorul electronic.

3.4.6. Posibilități de generare a regimurilor optime de tratament termic de călire superficială de către calculatorul electronic.

3.4.6.1. Calculatorul electronic va trebui să genereze procesele tehnologice optimizate, care să cuprindă următoarele :

a - date de identificare care se referă atât la piesă (date privind produsul, subansamblu, denumirea și numărul reperului, dimensiuni, greutatea) precum și date asupra persoanelor care concură la generarea tehnologiei (numele întocmitorului și al verificatorului), data intrării în vigoare a tehnologiei respective și duritatea ce trebuie obținută.

b - date privind regimul termic (temperatura de încălzire, viteza de încălzire, mediul de răcire, viteza de răcire, temperatura mediului de răcire).

c - date privind regimul de timp al operațiilor de tratament termic (timp de încălzire, timp de menținere).

d - date privind normarea operațiilor de tratament termic.

3.4.6.2. In acest scop operațiile de călire superficiale au fost împărțite în două categorii :

- călire superficială cu flacără
- călire superficială prin curenți de inducție.

Pentru fiecare din aceste categorii am tipizat regimurile termice în șase grupe, funcție de calitatea materialului, sub simbolul $A_{1-1} - A_{1-6}$ pentru călirea superficială cu flacără și $A_{2-1} - A_{2-6}$ pentru căliri superficiale prin

curenți de inducție.

Regimul de timp al operațiilor tehnologice de tratament termic a fost tipizat în 27 grupe pentru călirea superficială, din care 20 pentru roți dințate și pinioane cu diametru peste 200 mm, în funcție de modul, și 7 grupe de regimuri pentru roți de rulare și inele de rulment, în funcție de diametru; iar pentru călirea superficială prin curenți de inducție s-au tipizat 30 de grupe pentru piese cu diametru sub 200 mm, în funcție de modul și lățimea danturii. Simbolizarea lor este de B₁₋₁ la B₁₋₂₇ pentru călirea cu flacără și de B₂₋₁-B₂₋₃₀ pentru călirile prin curenți de inducție.

3.4.6.3. Normarea timpului acordat operațiilor de tratament termic secundar, a fost tipizată pentru 25 de grupe de piese, funcție de forma piesei, și de parametrii dimensionali (diametru, lățime, modul).

Datele cuprinse în cele trei sisteme de tipizare a regimurilor de tratament termic se introduc în memoria calculatorului.

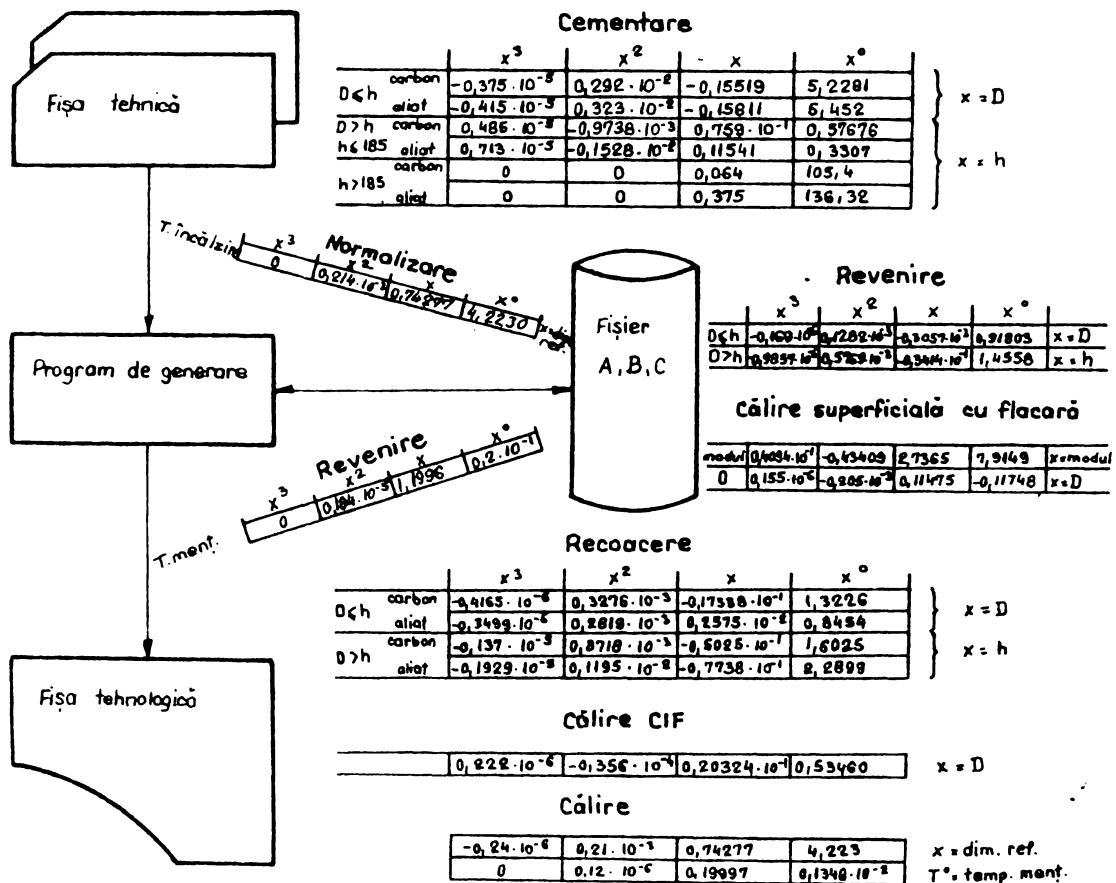


Fig. 3.103

Pentru generarea procesului optim de tratament termic, tehnologul întocmește o fișă tehnică denumită "fișă tehnică pentru generarea tehnologiei de către calculatorul electronic". Fișa tehnică va cuprinde datele de identificare (grupa a). Acest document este introdus la rîndul lui în calculator. Pe baza datelor de identificare calculatorul alege datele cele mai optime din sistemele tipizate A, B și C și elaborează fișa tehnologică de tratament termic.

3.4.6.4. Procedul de prelucrare a datelor este redat în fig.3.103.

3.4.6.5. Macheta fișei tehnologice generată de calculatorul electronic, și modul de culegere a datelor este redat în fig.3.104.

3.4.6.6. Prin aplicarea sistemului de prelucrare automată a datelor se creează posibilitatea ca începînd cu anul 1980 să se elaboreze programe pe cartele sau benzi perforate care să conducă utilajele automatizate din sectoarele de tratamente termice secundare, din întreprinderile constructoare de mașini din țară.

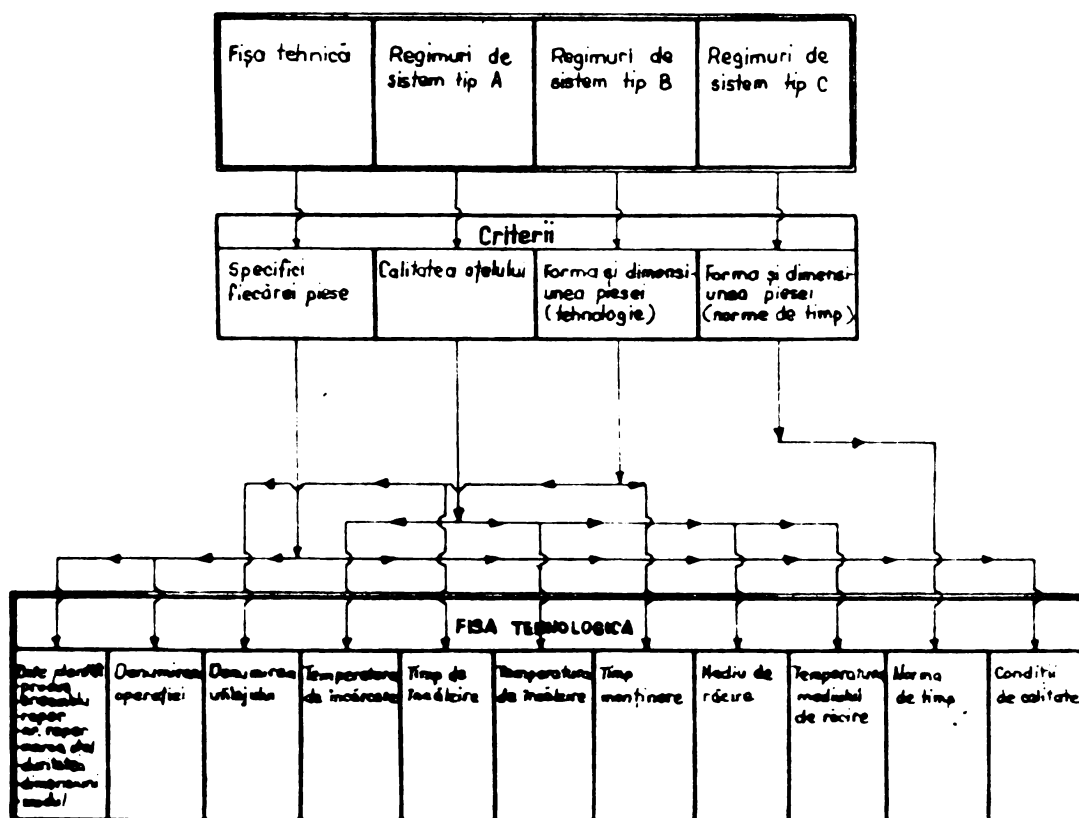
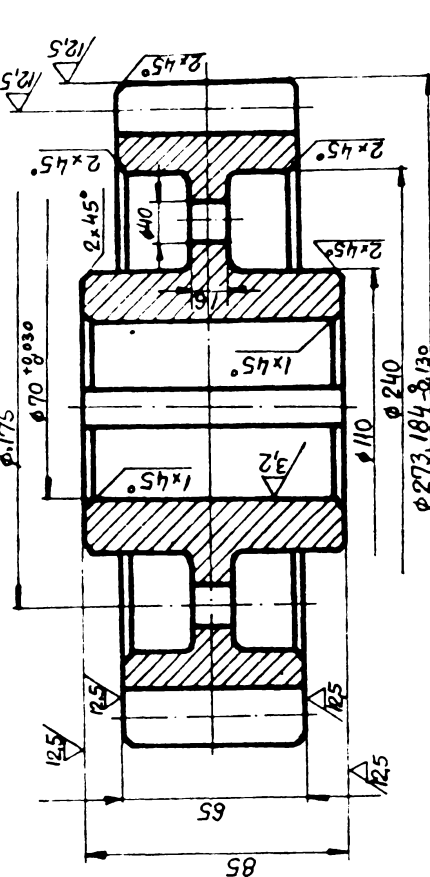


Fig. 3.104

FISA TEHNICA

CU DATE INITIALE PENTRU GENERAREA TEHNOLOGIEI CU AJUTORUL CALCULATORULUI

COMPLET.		NUMELE		DATA		SEM.																													
VERIFICAT.																																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A	B	C	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	E	F				
COD TIPIT		SEMIF: F0(C10)		ANSAMBLU		SMBOL		TEHNOLOG NORMATOR		NR		POZ		T		BC		PR		IMP		M		N		P									
G1		REDUCTOR-R3-250		R3-250-0		R3-250-6A		R3-250-6A		G META		11,60		530,02		5,00		DA																	
G2		PIESA		STAS CALITATE		080-66		080-66		STAS CALITATE		080-66		080-66		080-66		080-66																	
G3		PIATA DINTATA		REPER		R3-250-6A		R3-250-6A		REPER		R3-250-6A		R3-250-6A		R3-250-6A		R3-250-6A																	
G4		R3 250 0		STAS CALITATE		080-66		080-66		STAS CALITATE		080-66		080-66		080-66		080-66																	
G5		LCL45		STAS CALITATE		080-66		080-66		STAS CALITATE		080-66		080-66		080-66		080-66																	



Calire superioara cuflacura		Revenire joasa		Carburare	
x ³	x ²	x ³	x ²	x ³	x ²
T.incalzire	0,0189	-0,1575	1,106	-0,0912	0,0336
T.incalzire	0,7545	-0,9104	0,0443	1,4609	0,0336
T.incalzire	0,4114	-0,95725	0,56628	-0,25038	0,45
T.incalzire	0	0,00444	0,45	0,0333	0,3333
T.incalzire	0	0,18	-1,1936	0,02	0,02
T.incalzire	0,4	-0,12	1,5424	34,702	0,800

CALITATE : 0LC45
 SECTIUNE : D(30)
 DIMENSIUNE : 108(+3)
 GR. META (KG) : 0,800
 GR. BRUTA (KG) : 0,900

OPERATIA		REGIM		TURATIE		CTG		TP		TU	
MA-BUC	SINA	LOC	STM	AVANS	TURATIE	CTG	TP	TU	CTG	TP	TU
1	8140	8060	8070	8060	8070	3/2	20.00	3/2	35.00	3/2	35.00
IMBUNATATIRE		(60)									
REVENIRE INALTA											
CALIRE SUPERFICIALA CU FLACARA		(9)									
REVENIRE JOASA											

3.5. Metodă de calcul a roților dințate, ținând cont de influența călirii superficiale, asupra construcției angrenajelor.

Se cunoaște [41] că prin călire cu flacără sau prin inducție, se poate mări capacitatea portantă a flancurilor, și atunci când se călește și piciorul dintelui pînă sub bază, se mărește și rezistența la oboseală a roților dințate.

Tehnologia pentru construcția roților dințate, care să țină cont de influența călirii superficiale, se bazează pe două operații de calcul, care se influențează reciproc.

a - Prima operație de calcul servește pentru determinarea geometriei roților dințate, și ca atare pentru stabilirea formei dintelui, a toleranței, a dimensiunilor roților, în strictă concordanță cu procesul tehnologic de durificare superficială.

b - În a doua operație de calcul se ține cont de proprietățile materialelor și servește pentru determinarea transmisiilor posibile de forță a danturii și deci de dimensionare a angrenajului în totalitate.

3.5.1. Ecuațiile fundamentale. Prima ecuație (3.98 și 3.99) se va folosi pentru calcularea încărcării admisibile, ținând cont de uzură, prin determinarea valorii limită N :

$$N_{\text{roată}} = \frac{V \times C_p \times \rho \times n \times z}{126000 \times k \times d} \quad (3.98)$$

$$N_{\text{pinion}} = \frac{V \times C_p \times 5 \times n \times z}{126000 \times k \times d} \quad (3.99)$$

unde :

V - factor de viteză, care ține cont de uzură, și se poate calcula cu ajutorul curbilor din fig.3.106

C_p - factorul capacității portante a flancului dintelui, apare ca o constantă de material și se determină din fig.3.107

ρ - lățimea dintelui

n - viteza de rotație

z - număr de dinți

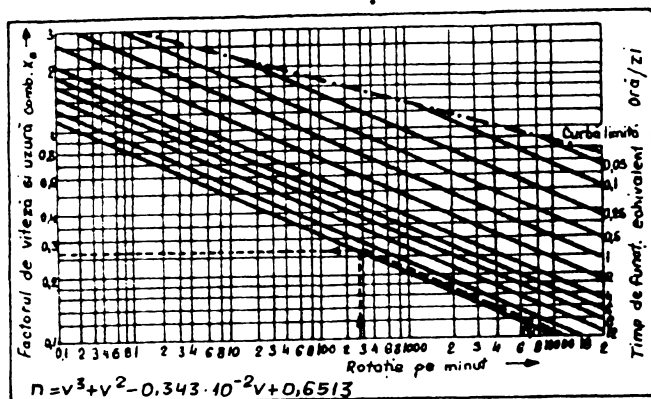


Fig. 3.106

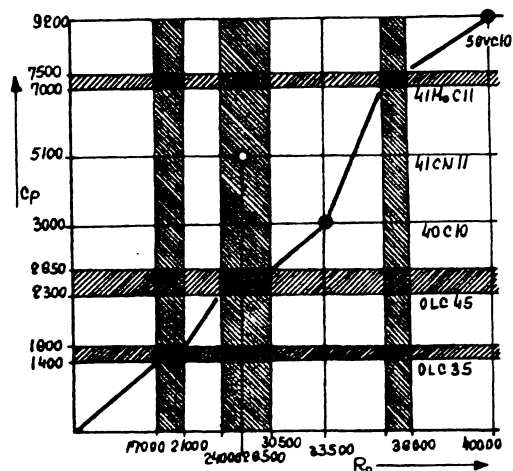
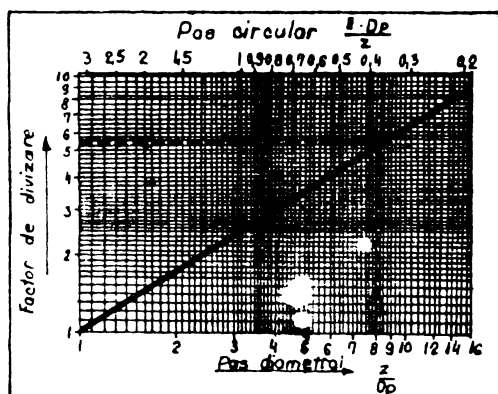


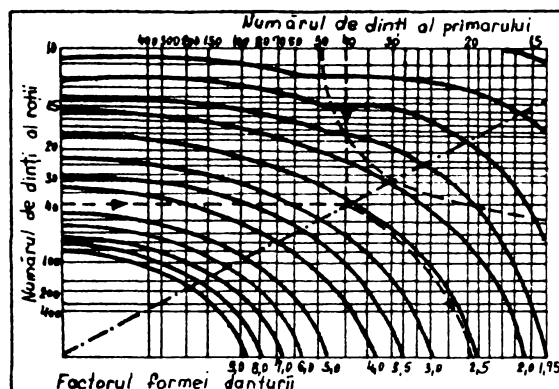
Fig. 3.107

- k - factor de divizare, se poate calcula cu ajutorul curbelor din fig.3.108
- d - diametru de divizare
- S - factor de suprafață, se determină cu ajutorul fig.3.109.



$$p = 0,696 \cdot 10^{-4} k^3 - 1,13 \cdot 10^{-4} k^2 + 1,094 k - 0,64 \cdot 10^{-2}$$

Fig. 3.108



$$z = 0,6 \cdot 10^{-3} S^3 + 0,125 \cdot 10^{-4} S^2 - 0,938 S + 2,15 \cdot 10^2$$

Fig. 3.109

3.5.2. A doua ecuație se va folosi la calcularea capacității maxime N_m , ținând cont de rezistența în piciorul dintelui :

$$N_{m_{roata}} = \frac{V_r \times R_o \times \sigma \times l \times n \times z}{126.000 \times d^2} \quad (3.100)$$

$$N_{m_{pinion}} = \frac{V_r \times R_o \times \sigma \times l \times n \times z}{126.000 \times d^2}$$

unde :

V_r - factor de viteză, care ține cont de rezistența materialului călit superficial și se determină din fig.3.110.

R_o - factor de rezistență la oboseală, și apare ca o constantă de material ce se poate determina din fig.3.107.

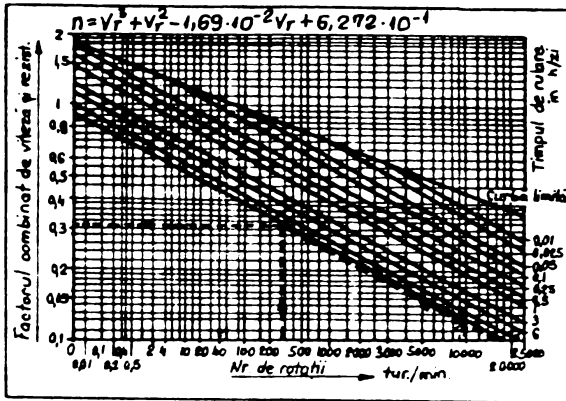


Fig. 3.110

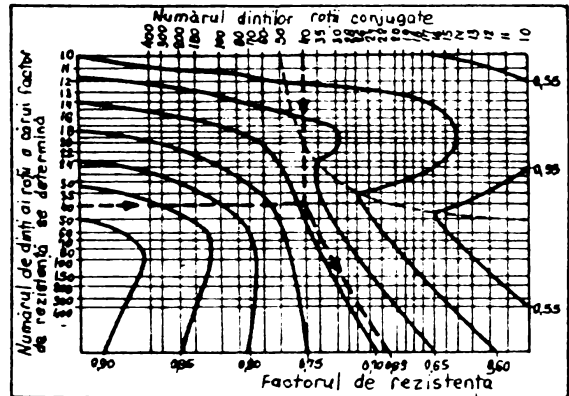


Fig. 3.111

σ - factor de rezistență, se determină din fig. 3.111.

3.5.3. Se va calcula, prin metoda de calcul propusă, o pereche de roți dințate, de la cutia de viteză a produsului de serie mare motostivitorul - M16-M :

3.5.3.1. Roata dințată și pinionul se vor executa din materialul 41 MoC 11 cu următoarele caracteristici chimice, tabel 3.11 :

Tabel 3.11

STAS 791-63		compoziție chimică %						
Marca	C	Si	Mn	Cr	Mo	S maximum	P maximum	V
41MoC11	0,38-	0,17-	0,40-	0,90	0,15	0,035	0,035	
	0,45	0,37	0,80	1,30	0,25	(0,030)	(0,030)	

3.5.3.2. Datele tehnice a roților: $Z_1 = Z_2 = 40$; unghiul de antrenare: 20° ; lățimea danturii: 38 mm; numărul de rotații: 287; diametrul cercului de divizare: 127 mm.

3.5.3.3. Din nomogramele din fig.3.106- 3.111 se iau valorile care se introduc în relațiile (3.98) și (3.100).

a - Incărcarea limită a uzurii :

$$N = \frac{0,265 \times 2600 \times 2,5 \times 1,5 \times 187 \times 40}{126.000 \times 5,4 \times 8} = 5,46 \quad (3.101)$$

b - Incărcarea limită a rezistenței a piciorului dintelui:

$$N_m = \frac{0,315 \times 30.000 \times 0,69 \times 1,5 \times 187 \times 40}{126.000 \times 8 \times 8} = 13,95 \quad (3.102)$$

Capacitatea reală rezultă din valoarea minimă a ambelor operații de calcul și va fi deci de 5,46.

3.5.3.4. Din aceste relații, rezultă că la roți dințate egale și condiții egale de exploatare se poate utiliza un calcul simplificat.

Astfel la calculul pentru încercarea la limită a uzurii, se poate introduce noțiunea de termen "A" pentru numărător și "B" pentru numitor.

Iar la calculul încercării limită a rezistenței în piciorul dintelui noțiunea de "C" pentru numărător respectiv "D" pentru numitor.

În acest caz rezultă :

$$N = \frac{A}{B} \times C_p \quad (3.103)$$

$$N_m = \frac{C}{D} \times R_o \quad (3.104)$$

Noile relații în formă simplificată, ne permit să observăm creșterea direct proporțională a limitei de uzură și a limitei de rezistență a piciorului, cu creșterea capacității portante a flancului și cu rezistența la oboseală.

De remarcat că C_p și R_o sînt factori independenți de calitatea materialului și dependenți de felul tratamentului termic.

3.5.3.5. În cazul cînd se vor căli superficial numai flancurile dinților fig.3.112 și 3.113 relațiile (3.103 și 3.104) se pot exprima :

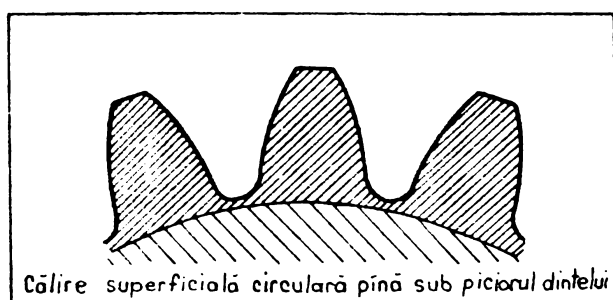


Fig. 3.112

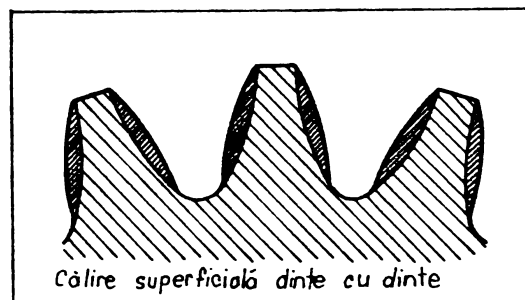


Fig. 3.113

$$N_{\text{nou}} = \frac{C_p \text{ nou}}{C_p \text{ vechi}} \times N_{\text{vechi}} = \frac{7500}{2600} \times 5,46 = 15,75 \quad (3.105)$$

$$N_{m_{\text{nou}}} = \frac{R_o \text{ nou}}{R_o \text{ vechi}} \times N_{m_{\text{vechi}}} = \frac{24000}{30000} \times 13,95 = 11,2 \quad (3.106)$$

Se va lua in considerație și în acest caz valoarea minimă, adică 11,2.

3.5.3.6. In cazul cînd se aplică călirea superficială pînă la o adîncime de 2 mm sub cercul piciorului dintelui, calculul capacității portante va avea următoarea valoare:

$$N_{u_{\text{nou}}} = \frac{7000}{2600} \times 5,46 = 14,7 \quad (3.107)$$

$$N_{m_{\text{nou}}} = \frac{360000}{30000} \times 13,5 = 16,7 \quad (3.108)$$

Valoarea minimă care se va lua în considerație, va fi deci 14,7.

Această încărcare se va introduce în operațiunea de calculare a capacității limită a uzurii, ca bază pentru restul calculelor.

3.5.3.7. Rezultatele operațiunilor de calcul, în funcție de tratamentul termic sînt redată în tabelul 3.12.

Tabel 3.12

Material	Tratament termic	Capacitatea portantă
41 MoC 11	Imbunătățit	5,46
	călirea flancurilor	11,20
	călirea circulară	14,70

Se remarcă faptul că roțile dințate călitate circular, față de cele îmbunătățite, vor avea o capacitate portantă de 3 ori mai mare, sau se pot micșora dimensiunile roților dințate, la aceiași capacitate portantă.

3.5.4. In exemplul arătat, în caz că se aplică călirea circulară, este posibil executarea de roți dințate cu alte caracteristici tehnice (tabel 3.13) dimensional micșorate.

Tabel 3.13

tratamentul termic		călire superficială	
de îmbunătățire - 41 MoC 11 -			
$Z_1 = Z_2 = 40$		$Z_1 = Z_2 = 24$	
lat = 38		lat = 38	
diamt.diviz. = 127 mm		diamt.diviz. = 76 mm	

3.5.5. Incărcarea roților dințate în cazul oțelului 41 MoC 11, în stare îmbunătățită, călită pe flanc sau călit circular se comportă la valoarea 1 : 2 : 3.

3.5.6. În concluzie, călirea circulară a roților dințate, majorează rezistența la oboseală în piciorul dintelui. Capacitatea portantă se va mări considerabil în cazul menținerii dimensiunilor egale a unei perechi de roți dințate.

3.5.7. Metoda s-a aplicat pentru prima oară la roțile dințate a cutiei de viteză a motostivitorului M12,5 numărul 1 și 2, din anul de fabricație 1980.

3.6. Cercetări și experimentări pentru evitarea defectelor la căliri superficiale cu arzătoare a roților dințate.

Experimentările efectuate la călirea superficială cu flacără a roților dințate ale reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat, asupra a peste 20.000 roți în perioada 1.01.1978 - 30.V.1980, a permis gruparea cauzelor defectelor în:

- 1 - Intrebuințarea greșită a procesului tehnologic de călire superficială
- 2 - Defecte care depind de materialul folosit (materiale necorespunzătoare acestui procedeu tehnologic, tratamentul termic neindicat pentru materialul respectiv, calitatea materialului sensibil la fisurație)
- 3 - Defecte datorită geometriei roților dințate,
- 4 - Tratamente și prelucrări mecanice ulterioare necorespunzătoare.

Pentru ca roțile dințate să obțină o duritate corespunzătoare, este nevoie ca încălzirea să se facă deasupra

domeniului AC3, în funcție de conținutul de carbon la temperaturi care în general sînt mai înalte cu 50-80°C, decît cele stabilite la încălzirea clasică în cuptoare.

Prin supraîncălziri și concomitent cu aceasta supraîncălzirea austenitei va scădea duritatea cu cîteva unități HRC și se va obține o structură grobă. Printr-o încălzire la o temperatură prea scăzută, pentru încălziri cu viteze mari, se va obține o duritate prea scăzută. Ambele căi sînt din punct de vedere metalurgic greșite și generează rebuturi.

Neobținerea durității în 98,5 % din cazuri s-a datorat :

- a - coeficientului de ardere pe arzător necorespunzător
- b - avansul prea mare
- c - timpul de încălzire prea scurt.

La o anumită putere a arzătorului, temperatura de încălzire a materialului devine o funcție a vitezei de avans la călirea inelară și o funcție a timpului de încălzire la călirea circulară.

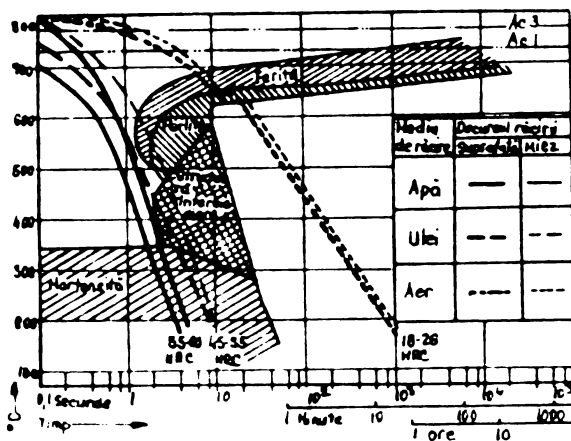


Fig. 3.114

O călire insuficientă poate să apară și din cauza unor greșeli la răcire, chiar dacă temperatura de călire a fost riguros respectată. Astfel apariția petelor moi - defecte specifice anumitor porțiuni a suprafeței - se explică prin faptul că nu s-a depășit viteza de răcire critică a materialului.

Vitezele de răcire diferite pentru a obține anumite structuri se pot vedea în diagrama de răcire (fig.3.114) unde se observă că o structură total martensitică se obține la o călire în apă, față de o viteză mai redusă a răcirii în ulei, la care rezultă o structură compusă din martensită și structură intermediară. La răcirea în aer nu s-a putut obține duritatea prescrisă, decît dacă s-au adăugat oțelului elemente de aliere.

La călirea roților dințate din 41 MoC 11, cu modul 10, care au fost răcite într-o emulsie (10% ulei, temperatura 40-50°C) au apărut pete moi (fig.3.115) din cauza presiunii insuficiente a lichidului de răcire (3-4 atm) și agitării necorespunzătoare a emulsiei în rezervor.

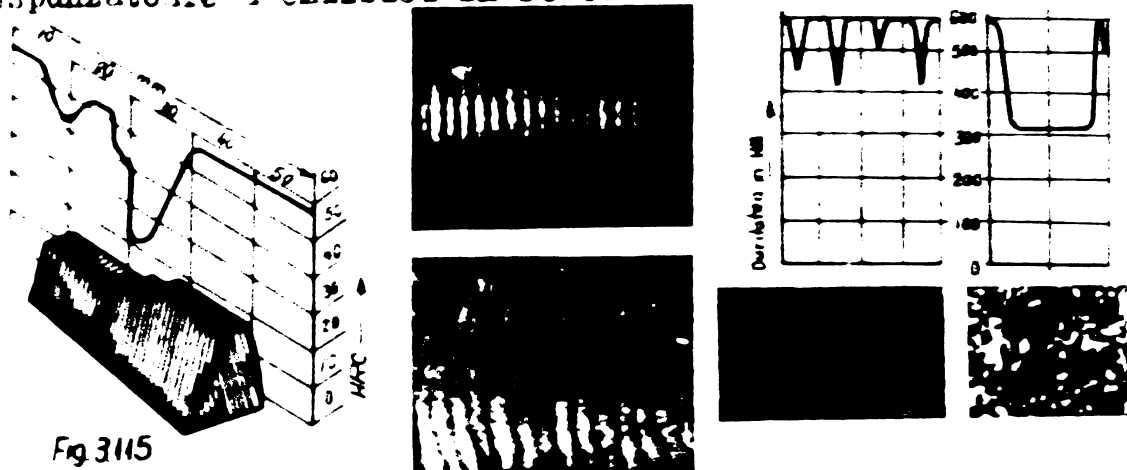


Fig.3.115

O formă deosebită a petelor moi, cu aspect zebraț (fig.3.116) cu diferențe de duritate, care în zonele mai întunecate arată o scădere de 10-15 unități HRC, puse în evidență prin un atac chimic a unei suprafețe fisurate în lungime. Fenomenul nu are nici o importanță la piesele rectificată, după tratamentul termic superficial, deoarece la adâncimi foarte mici, duritatea ajunge la cea dorită.

Legătura între condițiile de încălzire și răcire pe de o parte și posibilele adâncimi de călire care se pot obține, au format teme de cercetări și experimentări, care au permis să se stabilească ca :

3.6.1. Adâncimea de călire este o funcție a temperaturii de călire și a puterii arzătorului.

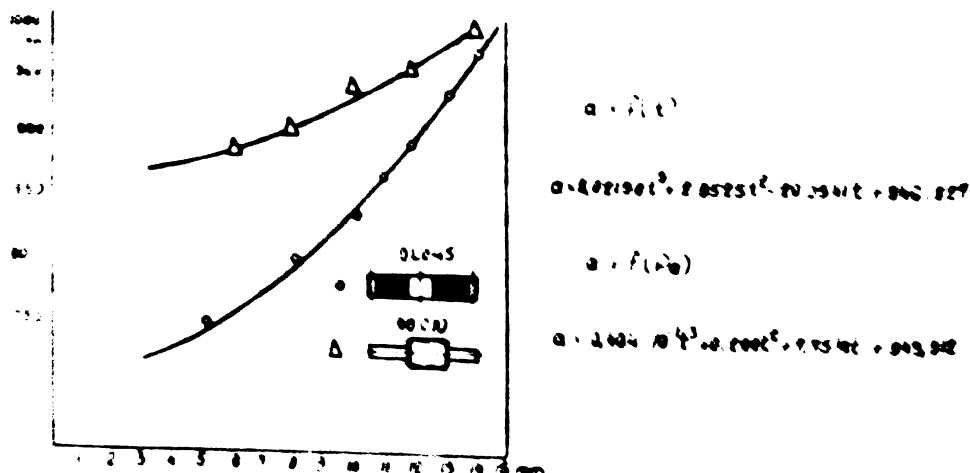


Fig 3.117

Temperatura de călire depinde de conținutul de carbon și a componentelor de aliere, încoît se poate acționa limitat asupra temperaturii de călire. Devine temperatura prea înaltă se formează o structură martensitică grosolană, apărînd pericolul apariției fisurilor în material. Din această cauză este recomandabil a acționa asupra arzătorului. Cu cît coeficientul de corecție a arzătorului și viteza de ieșire a amestecului oxigaz este mai mare, cu atît adîncimea de călire este mai mică.

3.6.2. Cu prelungirea timpului de încălzire la procedeul de călire circulară sau cu micșorarea avansului la călirea liniară, adîncimea de călire se mărește. Crește de asemenea cu întrebuintarea arzătoarelor de preîncălzire și a diuzelor pentru jet, mai îndepărtate.

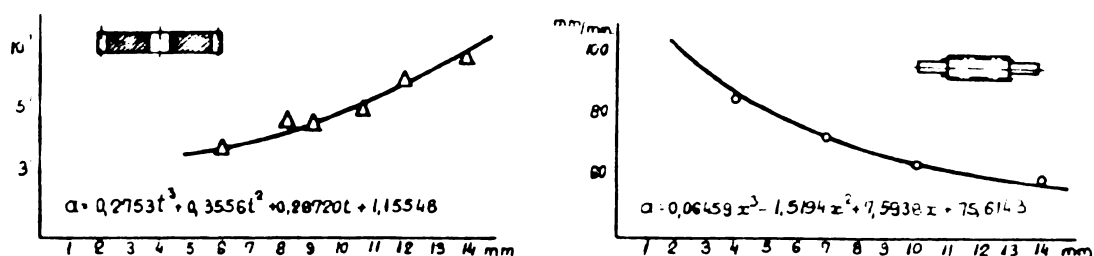


Fig. 3.118

3.6.3. Prin prelungirea timpului între sfîrșitul încălzirii și momentul răcirii la călirea circulară și respectiv mărirea distanței între arzător și duza cu jet la călirea liniară, se mărește adîncimea de călire (fig.3.119), aceasta fiind totuși limitată prin faptul că temperatura în momentul răcirii trebuie să fie deasupra punctelor AC_3 .

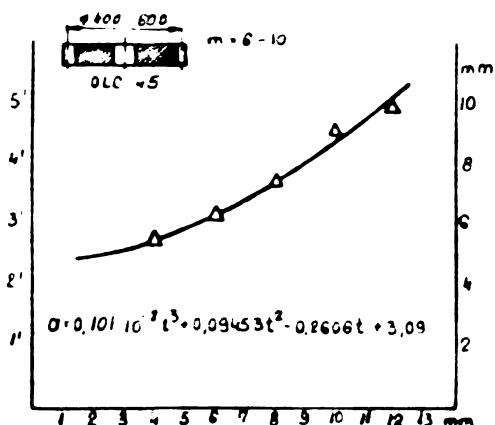


Fig. 3.119

Prin variația comandată a puterii arzătoarelor, cînd de exemplu temperatura pe capul dintelui a ajuns la cea necesară, se poate micșora puterea arzătoarelor permițînd căldurii să se transmită spre piciorul dintelui, urmînd ca apoi arzătoarele să revină la puterea inițială. Desigur

că arzătoarele trebuie să fie comandate automat de către un aparat capabil să citească temperatura instantaneu și fără inerție.

Dacă se depășește temperatura de încălzire, va apare o structură grosolană austenitică, care după răcire se transformă într-o structură grobă martensitică, cu o rezistență mică, ducând la apariția fisurilor, datorită tensiunilor interne foarte mari (fig.3.120).

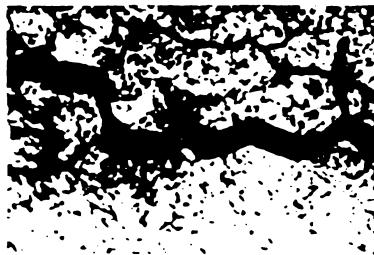
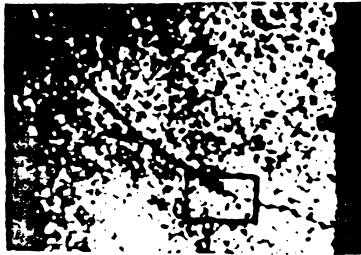


Fig. 3.120

Fig. 3.121

Când temperaturile sînt și mai ridicate, pătrunde oxigenul între cristale, formînd oxizi care pot întrerupe complet legătura metalică (fig.3.121).

Oțelurile înalt aliate și inoxidabile au tendințe și mai mari pentru supraîncălzire, mai ales în zonele unde secțiunile scad. Astfel de piese se pot căli corect numai atunci când temperatura și viteza de avans în secțiunile care se micșorează este reglată automat.

3.6.4. Duritatea superficială care se poate obține este dependentă de cantitatea de carbon solubil și independentă de celelalte componente de aliere. Valori maxime a durității se obțin mai ușor la oțelurile aliate decît la oțelurile obișnuite, din cauza vitezei de răcire critică mai mică (fig. 3.122).

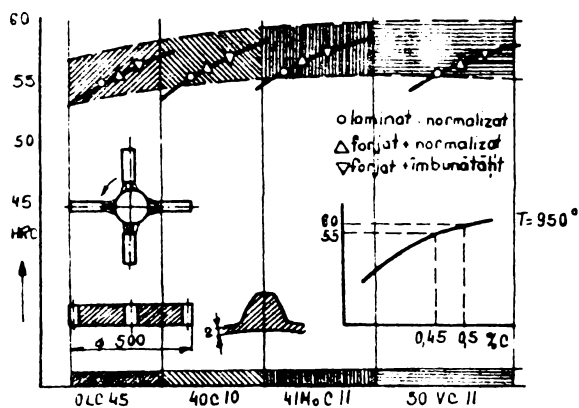


Fig. 3.122

Poate să apară fenomenul că materialul să nu primească duritatea necesară, deși analiza chimică a fost corespunzătoare, dacă structura finală a fost o structură grobă. O astfel de structură, care poate să apară din cauza unor temperaturi mari de

sudare sau de forjare, este de obicei înconjurată de o rețea de ferită. Temperaturile ulterioare de călire superficiale cu încălzirile scurte, nu sînt suficiente pentru topirea rețelei de ferită. În zona călită rămîne o rețea de ferită slabă, cu durități necorespunzătoare (fig.3.123).

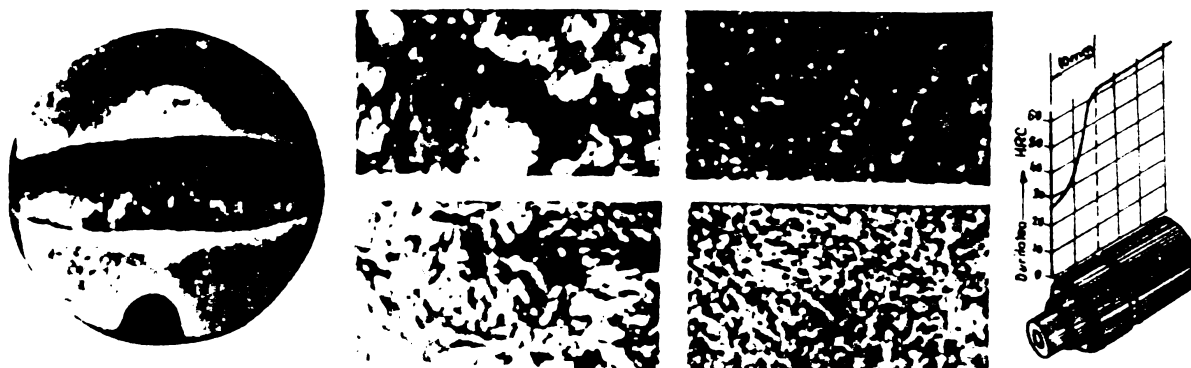


Fig. 3.123

La piesele laminare, turnate sau forjate, poate să apară o decarburare marginală, care poate atinge adîncimi de 0,2-0,8 mm, depinzînd de timpul și felul încălzirii. (fig.3.124) Aceasta explică fenomenul de călire slabă și se înlătură printr-o carburare ulterioară.

Timpii de încălzire la procedeul de călire cu arzătoare sînt în general mici, și pentru oțelurile înalt aliate vor fi insuficiente, explicîndu-se astfel tendința lor pentru pete moi (fig.3.124). De aceea se recomandă folosirea oțelurilor înalt aliate la piesele cu dimensiuni mari, unde și timpii de încălzire sînt mai îndelungați și există siguranța unei austenitizări perfecte.

Cristalizarea primară care apare la oțelurile turnate poate fi și ea cauza unor pete moi, apărute pe anumite zone, din cauza structurii dendritice, care este de multe ori legată

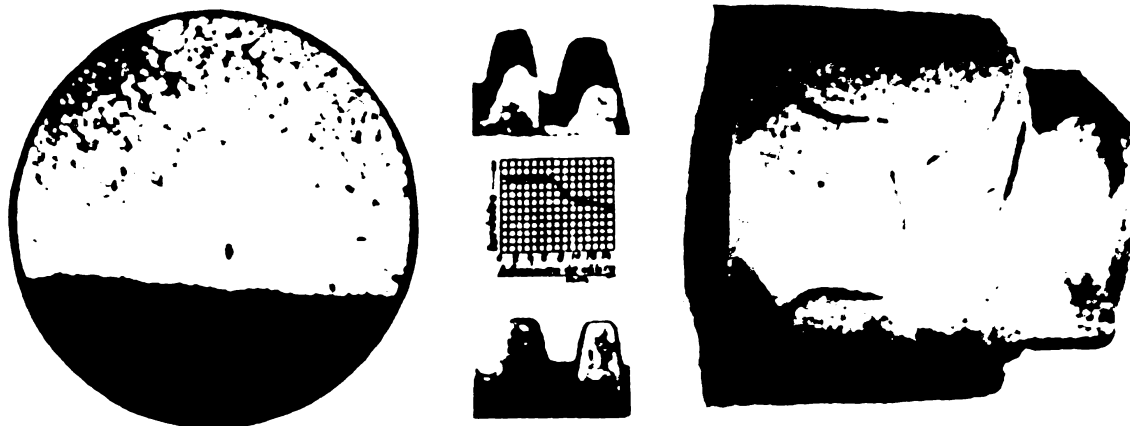


Fig. 3.124

Fig. 3.125

de apariția unor structuri grobe, care persistă în stratul călit.

Impuritățile din laminate sînt cauza crăpăturilor în cele mai multe cazuri, prin incluziuni de zgură și ferite cristalizate.

Ruperea arborelui (fig.3.125) este evident efectul unei temperaturi de încălzire prea ridicată, față de conținutul de carbon a oțelului respectiv (980°C pentru OLC 45). Încălzirea îndelungată a permis și încălzirea straturilor mai adînci a piesei, apărînd tensiuni interne în miez, de o astfel de valoare, încît au dus la distrugerii în structura grobă a piesei.

La călirea roților de rulare, roțelor de cablu, semicuplajelor, fisurile care au apărut, în proporție de 90,5% s-au datorat sensibilității materialelor la transmiterea căldurii (fig.3.126). Pentru a evita astfel de cazuri am introdus pentru verificare o probă simplă, care se execută pe o tijă plată, care se va căli de la un capăt pînă la mijloc, și apoi cu aceeași viteză de avans se va încălzi de la celălalt capăt pînă la mijloc. Apariția crăpăturilor la un canal din mijloc, creat artificial, indică sensibilitatea materialului la transmiterea căldurii (fig.3.127).



Fig. 3.126

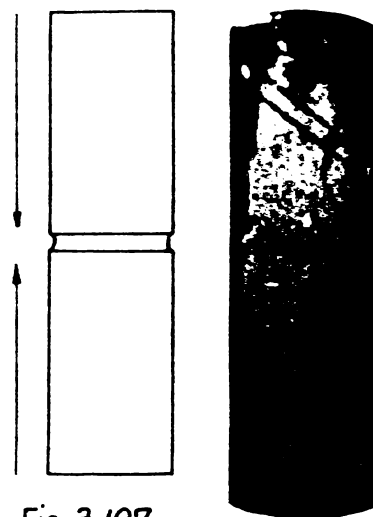


Fig. 3.127

La un inel de rulment au apărut fisuri, în locul unde secțiunea a fost slăbită de o gaură filetată foarte aproape de suprafață (fig.3.128). Dacă nu se pot evita cons-

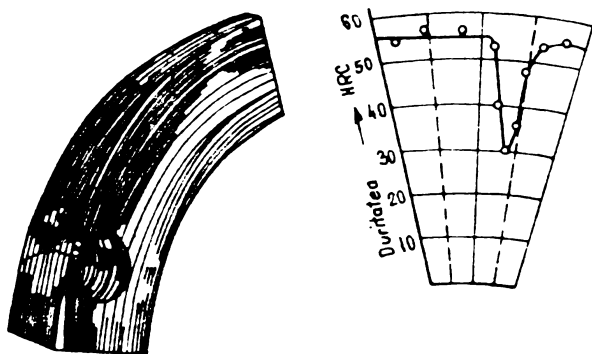


Fig. 3.128

Colțurile ascuțite au tendința la supraîncălzire, cu exfolieri pronunțate, acestea se pot evita din proiectare, prevăzând zona de călire superficială cu un defazaj de câțiva milimetri (fig.3.129).

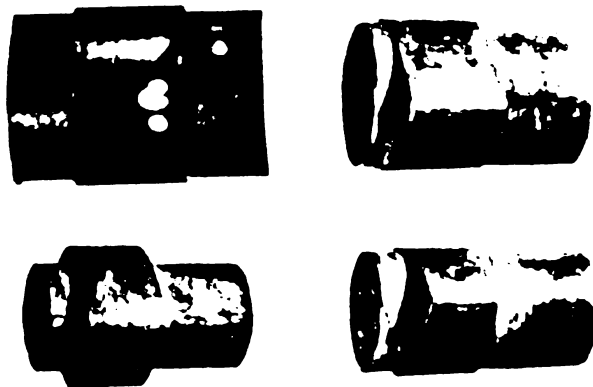


Fig. 3.129

De multe ori se constată apariția unor fisuri foarte fine cauzate de apariția unor tensiuni prea adânci la o răcire insuficientă. De aceea se recomandă ca piesele înainte de șlefuire să fie încălzite, și la călirea superficială, răcirea să se facă în ulei; adausurile de prelucrare să fie mici pentru a evita încălzirile locale mari.

La procedeul de acoperire electrolitică a suprafețelor călitate superficial, există tendința ca hidrogenul să intre între molecule, creindu-se tensiuni interne, ce duc la apariția fisurilor la suprafața piesei. Hidrogenul se poate elimina printr-o încălzire

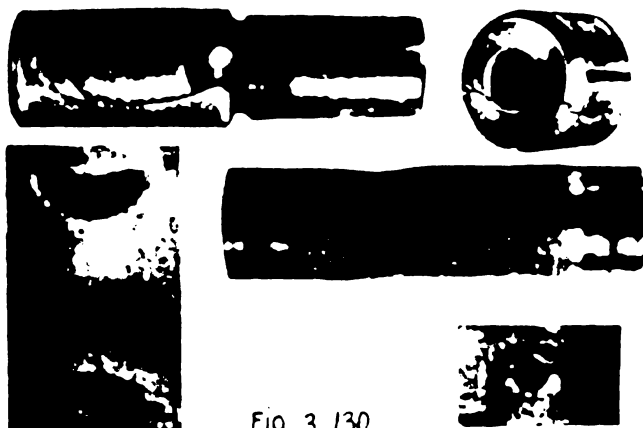


Fig. 3.130

la 300-400°C timp de 3-4 ore (fig.3.130). Tensiunile interne apărute anterior călirii superficiale, de la forjare, prelucrării mecanice, în cazul unor secțiuni nefavorabile pot fi cauza apariției

fisurilor de suprafață; se pot preveni prin introducerea unui tratament de normalizare înaintea călirii superficiale.

3.7. Determinarea deformațiilor la roțile dințate a reductoarelor, călite superficial.

3.7.1. Modificările formei flancului. Pentru determinarea influenței călirii circulare a roților dințate în privința formei flancului s-au analizat 72 roți dințate de dimensiuni diferite (\emptyset 300– \emptyset 800 mm). Rezultatele acestor experiențe sînt cuprinse în fig.3.131.

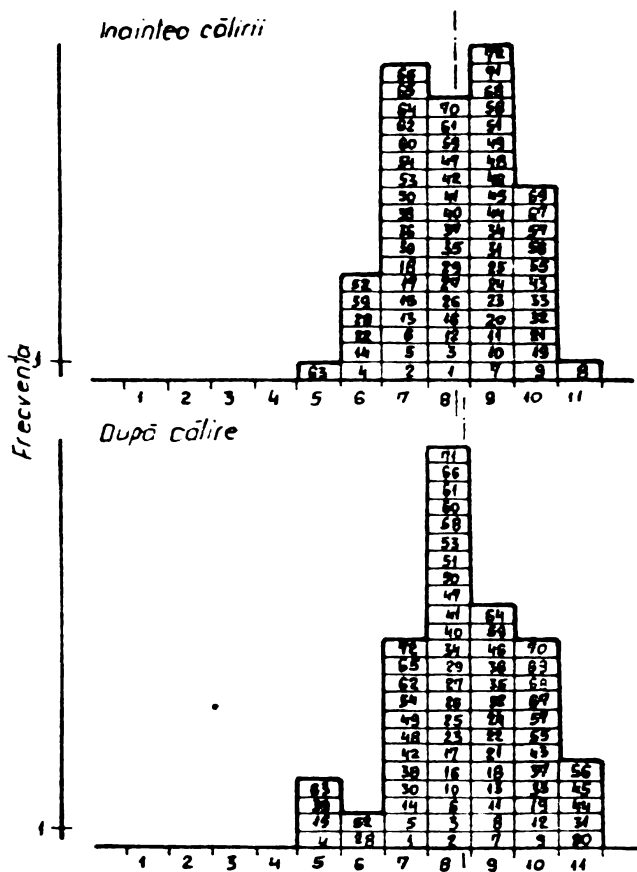


FIG.3.131. DEFORMARI ALE FORMEI FLANCULUI ÎNAINTE ȘI DUPĂ CALIREA CIRCULARĂ

Intrucât roțile dințate sînt individual reprezentate și au aceleași date caracteristice, rezultă în imagine modificarea formei flancului la unele roți dințate în urma călirii circulare.

Apar mai frecvente salturi de două clase de precizie, în cazul îmbunătățirii lor, dar și în obținerea unor valori ne-

corespunzătoare. De exemplu roata dințată nr.13 avea înaintea călirii clasa de precizie "7" iar după călire clasa "9"; pentru roata dințată nr.8 s-au măsurat valorile înaintea călirii pentru clasa de precizie "11", iar în urma călirii a fost obținută clasa de precizie "9".

3.7.2. Modificarea direcției flancului. Pe lângă for-

ma flancului a unei roți dințate, am acordat o importanță deosebită și direcției flancului pentru obținerea unei capacități portante corespunzătoare la un angrenaj.

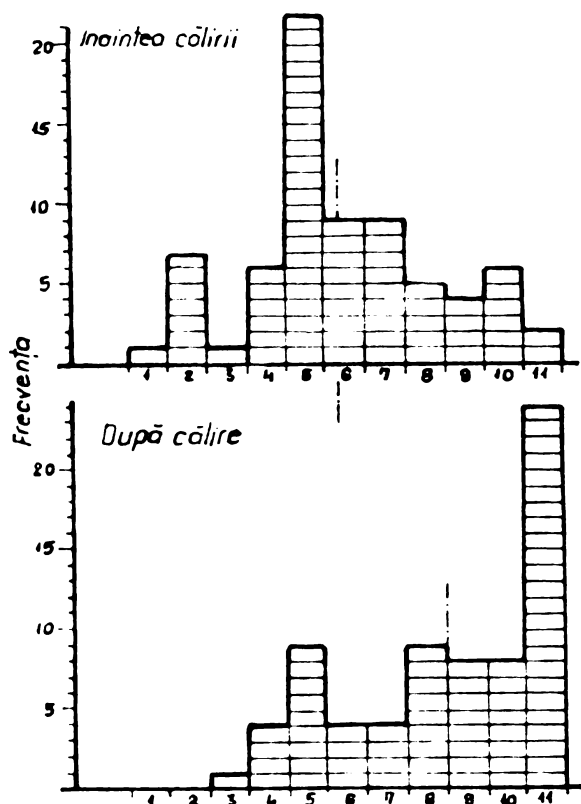
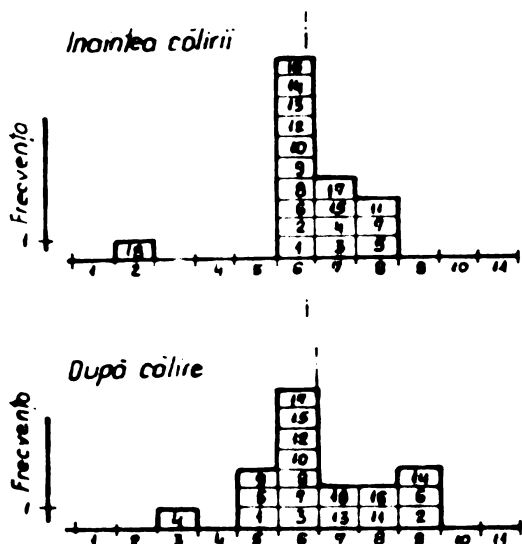


FIG.3.132 MODIFICARILE DIRECȚIEI FLANCULUI LA ROTILE DINTATE CALITE SUPERFICIAL

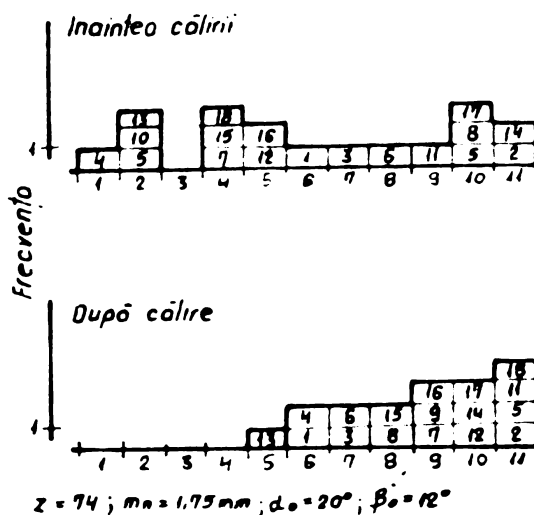
S-au efectuat măsurători pe direcția flancurilor a unor roți dințate care în prealabil au fost măsurate și grupate în funcție de abaterile la forma flancului.

În fig.3.132 se prezintă valorile pentru aceste roți și rezultatele în funcție de frecvența abaterilor. Dintr-un număr de 72 roți, 18 au avut aceleași caracteristici de danturare, fiind 4 tipuri de roți diferențiate prin forma și dimensiuni de danturare. În fig.3.133 sînt re-



$z = 55$; $m_n = 2,5 \text{ mm}$; $d_o = 20^\circ$; $\beta = 8^\circ$

FIG.3.133 MODIFICARI A DIRECȚIEI FLANCULUI DUPA CALIREA CIRCULARA

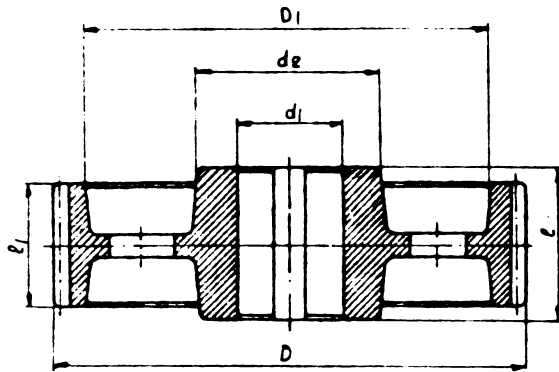


$z = 74$; $m_n = 1,75 \text{ mm}$; $d_o = 20^\circ$; $\beta_o = 12^\circ$

FIG.3.134 MODIFICARI A DIRECȚIEI FLANCULUI DUPA CALIREA CIRCULARA

prezentate rezultatele obținute pentru o roată dințată cu $z=53$, $\nu=2,5$, $\alpha = 20^\circ$. Înaintea călirii calitatea direcției flancului a fost de 6,3, iar în urma călirii de 6,5. În medie abaterile au fost minime datorită faptului că roțile dințate aveau o configurație simplă (disc).

Roata dințată a cărei date caracteristice și calitatea direcției flancului este prezentată în fig.3.134 are o



$z = 72$; $m_n = 3,5$; $\beta_d = 13^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; $D_d = 258,628$
 $m_f = 3,592064$.

Fig. 3.135

creștere unilaterală, care se explică prin construcția ei (fig.3.135).

În urma călirii a apărut o reducere a calității cu trei trepte; nervura pe partea frontală, influențând rezultatul.

În fig.3.136 se redau rezultatele obținute la un arbore pinion cu dantura înclinată. Datorită fenomenului de răsucire a danturii, s-a înrăutățit direcția flancului cu

6 trepte calitative, dar acest lucru se poate evita fără probleme deosebite prin corectarea unghiului de înclinație a danturii, anterior călirii superficiale. Rezultatele care sînt notate în fig.3.137 sînt obținute la o roată dințată de configurație cilindrică, cu raportul diametrului cercului de divizare la diametrul alezajului rōții de aproximativ 1:3, la

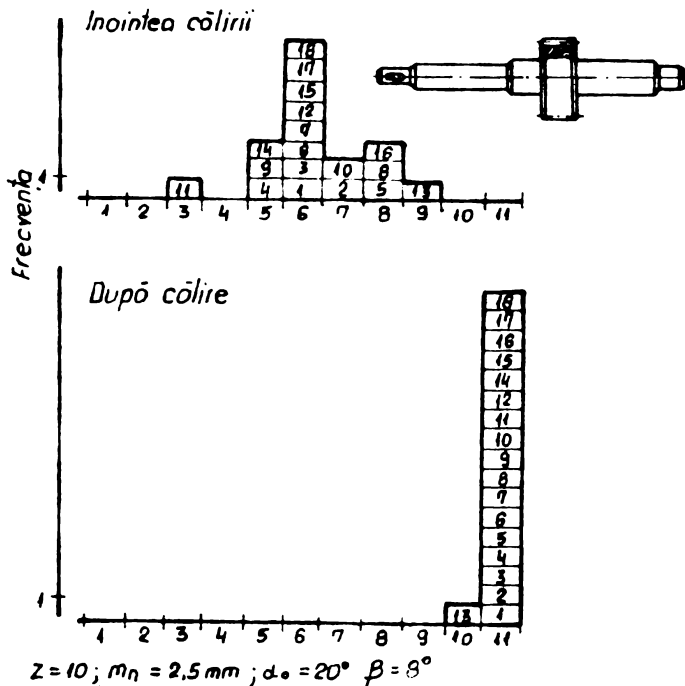
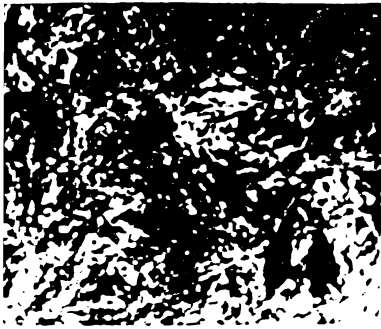
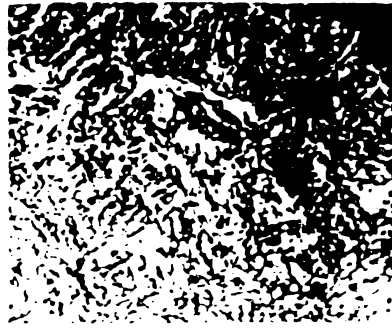


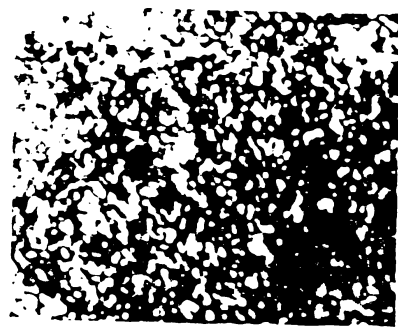
FIG.3.136 MODIFICARI A DIRECȚIEI FLANCULUI DUPĂ CALIREA CIRCULARĂ



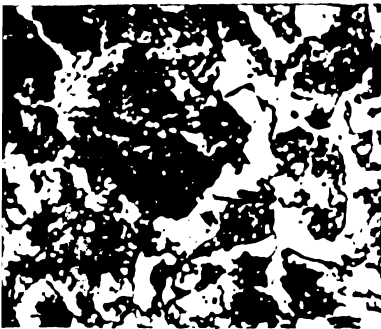
OLC 45 (500:1)
Călire superficială : 850°C
Revenire : 180°C



OLC 45 (500:1)
Normalizare : 830°C
Călire superficială : 850°C
Revenire : 180°C



OLC 45 (1000:1)
Normalizare : 830°C
Îmbunătățire : 840°C, R_i 550
Călire superficială : 850°C
Revenire : 180°C



OLC 45 (500:1)
Normalizare : 830°C



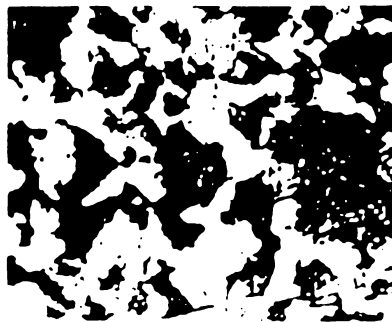
40C10 (500:1)
Călire superficială :
Revenire : 190°C



40C10 (500:1)
Normalizare : 840°C
Călire superficială :
Revenire : 190°C



40C10 (500:1)
Normalizare : 840°C
Îmbunătățire : 850°C, R_i 550
Călire superficială : 860°C
Revenire : 190°C



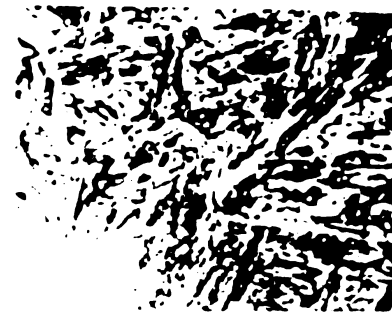
40C10 (500:1)
Normalizare : 840°C



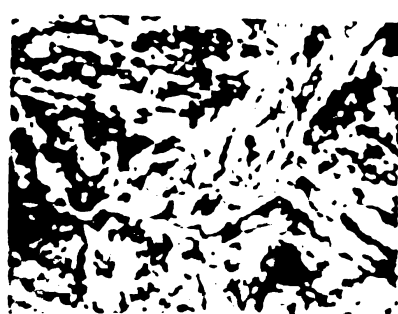
41MoC11 (500:1)
Călire superficială : 860°C
Revenire : 200°C



41MoC11 (500:1)
Normalizare : 850°C
Călire superficială : 860°C
Revenire : 200°C



41MoC11 (500:1)
Normalizare : 850°C
Îmbunătățire : 850°C, R_i 600°C
Călire superficială : 860°C
Revenire : 200°C



41MoC11 (500:1)
Normalizare : 850°C

Fig 3 140

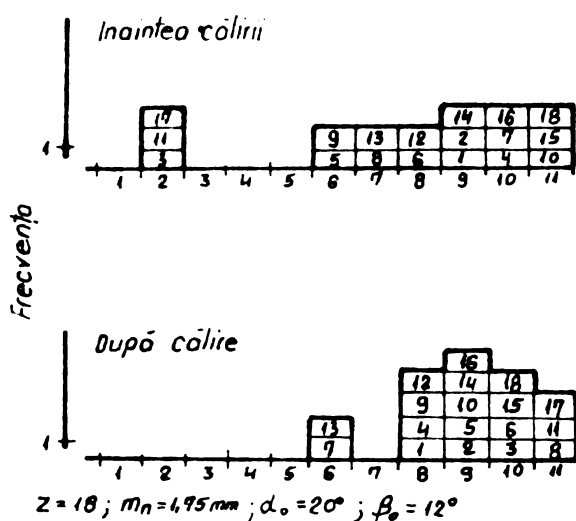


FIG.3137 MODIFICARI A DIRECTIEI FLANFULUI DUPA CALIREA CIRCULARA

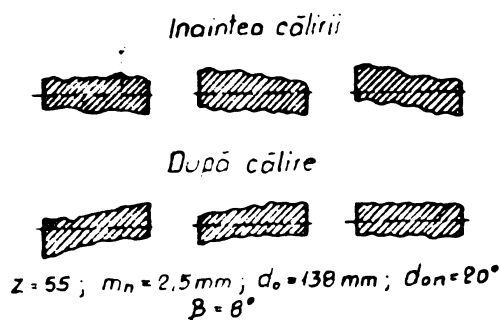


FIG.3138 MODIFICARI A DIRECTIEI FLANFULUI DUPA CALIREA CIRCULARA

sorbție uniformă a căldurii de pe piesă, prin corecturi adu danturii contrar sensului de deformare, se poate limita și stăpîni deformările, admitîndu-se ca limită maximă înrău țirea calității cu 2 trepte.

3.7.3. Deformări în alezajul roții dințate după cǎlirea circulară.

Pentru a avea o concentricitate între alezajul ro și dantură, în vederea obținerii unei derulări corecte, există tendința de a prelucra finit alezajul roții înaintea danturării. Fiecare modificare a alezajului după cǎlire pune probleme deosebite pentru conectarea deformărilor. S-au unificat 47 roți dințate care aveau configurații diferite și s-a constatat o micșorare a diametrului alezajului în medie cu $4,4 \mu\text{m}$, în condițiile unei încălziri rapide la temperatura de cǎlire.

Introducînd aceste corecturi la cotele inițiale ale alezajului s-a obținut, la roți cu un alezaj de $\varnothing 40$, ca m

care s-a utilizat elemente de prindere speciale atât la frezarea danturii și la cǎlirea circulară, obținîndu-se rezultate superioare.

Analizînd modificările apărute a direcției flancului a fiecărei roți parte, s-a putut reda imaginea deformărilor (fig.3.138). Din analiza imaginii deformărilor

apărute după cǎlire, a senzației flancului dintelui, se pot trage următoarele concluzii: printr-o concepție și proiectarea corectă a roților dințate prin utilizarea dispozitivelor de fixare și prindere adecvate scopului care să asigure o

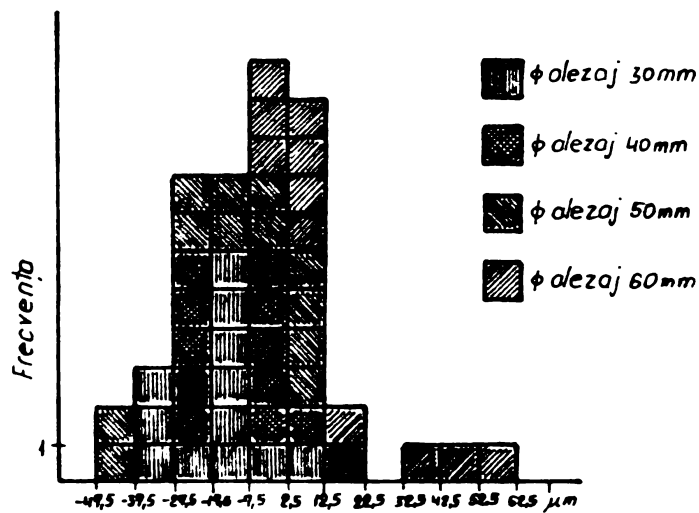


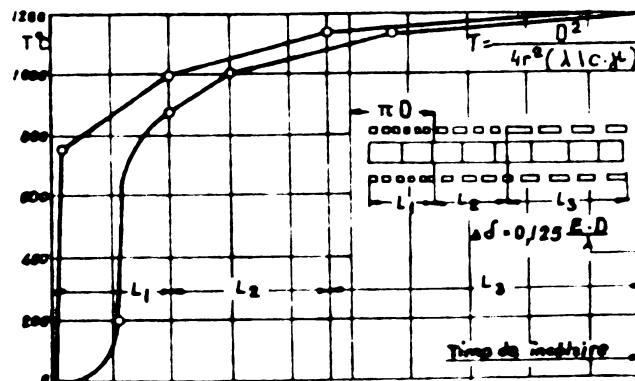
FIG. 3.109 MODIFICĂRI A DIAMETRULUI ALEZAJULUI A ROTILOR DINTATE DATORITA CALIRII CIRCULARE

3% din roți să necesite finisări ulterioare, iar pentru roți dinate cu alezaje între ϕ 40 și ϕ 60 mm, cca 3,5% s-au rectificat interior.

3.7.4. Ca urmare experimentărilor ce s-au efectuat pe baza unui program riguros, s-au putut deter-

mina valorile deformațiilor formei și sensului flancului, și în special a deformațiilor în alezaje, stabilindu-se o relație matematică care a permis trecerea pe calculatorul electronic a legii deformațiilor, rezolvându-se și explicându-se pentru prima oară în industria constructoare de mașini din țara noastră, a legăturii între călirea circulară cu flacăra a roților dinate și posibile deformații ce pot apare

$$\begin{aligned}
 P(x,y) = & 0,10361 x^2 - 0,2988 xy^2 + \\
 & + 0,1654 xy - 0,20798 x + \\
 & + 0,60955 y + 0,45690
 \end{aligned}
 \tag{3.109}$$



3.8. Influența tratamentului termic anterior călirii superficiale, asupra variațiilor dimensiunilor de bază a roților dințate.

Experimentările s-au efectuat pe următoarele roți dințate:

- roată dințată 1, $z=69$, $m=1,75$, $x=+0,151$, $\alpha=20^\circ$,
 $\beta=15^\circ$
- roată dințată 2, $z=48$, $m=3,5$, $x=-0,156$, $\alpha=20^\circ$,
 $\beta=15^\circ$
- arbori pinioni 3, $z=14$, $m=3,5$, $x=+0,6$, $\alpha=20^\circ$,
 $\beta=15^\circ$

(α = unghiul de angrenare a sculei, β = unghiul de înclinare a danturii, x = factorul deplasării profilului).

Piesele au fost executate în două loturi a 300 buc.:

- lotul I din materialul OLC 45 pentru roți dințate și 40C10 pentru pinioane
- lotul II din 41MoC11 atât pentru roți dințate cât și pentru pinioane.

Materialele au fost studiate în stare netratate, normalizate sau îmbunătățite, și în final călite superficial cu flacăra pe mașina tip 660 (tab.3.14).

Tabel 3.14

Material	Trat.termic anterior	Duritatea HB	Rez.la rupere kg/mm ²	Anali-za c ₃	Reziliența KCU 30/2 kg/mm ²
OLC 45	Netratate	177-186	63-66	0,44	4,44-4,58
R.dinț.1	Normaliz.	166-177	59-63	0,42	4,72-5,72
	Imbunătăț.	186-202	63-68	0,43	6,85-7,00
OLC 45	Netratate	194-200	69-71	0,48	4,50-4,62
R.dinț.2	Normaliz.	191-211	68-75	0,48	4,85-5,90
	Imbunătăț.	202-205	68-69	0,47	6,90-7,00
40 C 10	Netratate	211-220	75-78	0,45	4,79-4,72
Arbore pi-nion 3	Normaliz.	188-206	67-73	0,45	5,43-6,79
	Imbunătăț.	251-253	84-85	0,44	10,85-12,15
41 MoC 11	Netratate	217-216	70-75	0,39	6,92-7,11
R.dințare arb.pinion	Normaliz.	220-200	80-81	0,40	7,10-7,15
	Imbunătăț.	250-270	92-95	0,40	8,80-9,00

3.8.1. La operația tehnologică de eboșare, dantura s-a executat cu un adaus de 0,3-0,5 mm. Roțile dințate au fost tratate superficial pînă la 2 mm sub piciorul dintelui pentru durități de 54 ± 2 HRC pe cercul de divizare, încălzirea făcîndu-se la $850-860^{\circ}\text{C}$ cu răcire în apă. Arborii pinion au fost căliți superficial pentru durități de 58 ± 2 HRC, la o temperatură de încălzire de $870-880^{\circ}\text{C}$, cu răcire în ulei. S-a executat o revenire de 90 minute la 200°C .

Tabel 3.15

Material	Tratamentul termic	duritatea maximă HRC			
		Pe diam. exterior		Pe diam. interior	
		Roata disc	R. profi-lată	Roata disc	R. profi-lată
OLC 45	Netrat.ant.	56,5	55,25	56,5	55,5
R.dinț.1	Normalizat	56,5	55,25	56,0	55,25
	Imbunătăț.	56,0	55,25	55,0	54,0
OLC 45	Netrat.ant.	59,2	58,5	57,8	58,0
R.dinț.2	Normalizat	59,2	58,8	58,5	58,0
	Imbunătăț.	59,2	58,5	58,5	56,5
40 C 10	Netrat.ant.	60,0		59,0	
Arbori pin. 3	Normalizat	59,2		59,0	
	Imbunătăț.	59,5		59,0	
41MoC11	Netrat.ant.	59,0	58,8	58,8	58,0
R.dinț. Arbori pin.	Normalizat	59,1	58,9	58,8	58,9
	Imbunătăț.	59,1	58,9	58,8	58,9

3.8.2. Probele metalografice efectuate pentru materiale OLC 45, 40C10 și 41MoC11, în stare normalizate (N), imbunătățite (Im), călite superficial (C.S) și revenite (R) se redau (fig.3.140).

Tabelul 3.15 arată dependența conținutului de carbon de obținerea unei durități maxime. Practic nu se poate argumenta influența "stării de structură" asupra durității obținute. Starea de structură s-a verificat și prin imagini glefuite.

Micrografiile (Fig.3.141) arată pătrunderea zonei de călire, în toate cazurile pînă sub piciorul dintelui cu 2 mm.

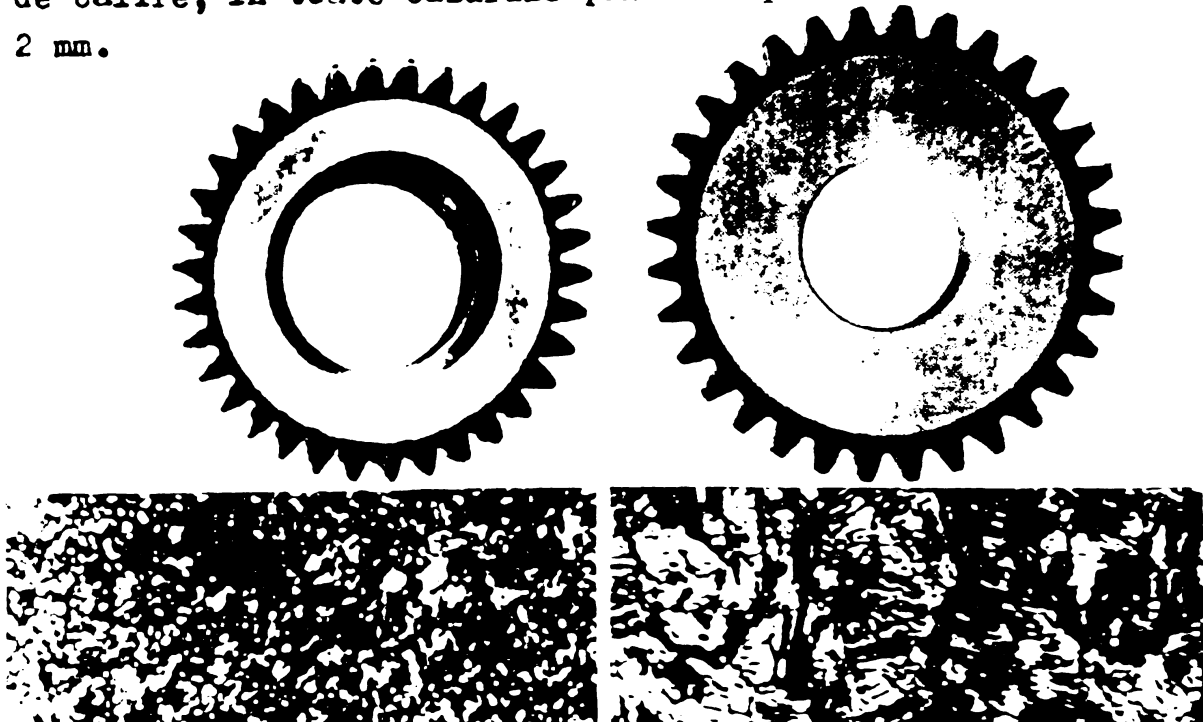


Fig. 3. 141

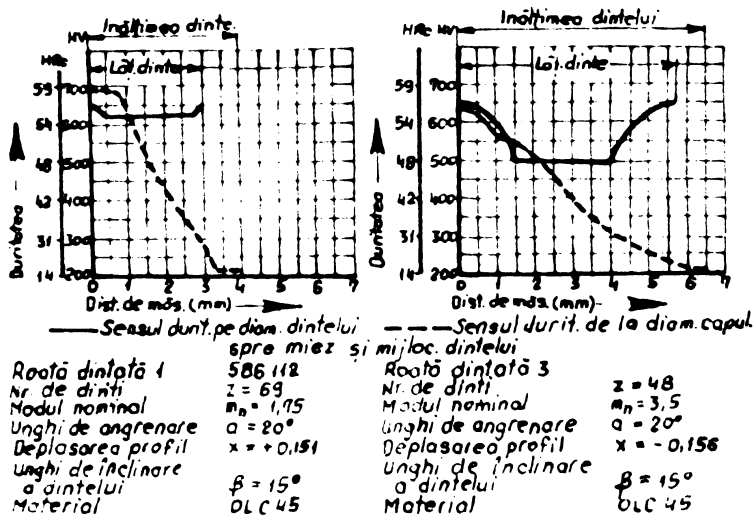


Fig.3.142. Reprezentarea grafică a procesului de călire în dinte, la călirea circulară pînă sub diametrul de divizare

În materialul OLC 45 valoarea durității atinse va fi optimă la limita inferioară (54 -2) iar la materialul 40C10 se va tinde spre toleranță superioară (58 +2). În fig.3.142 se arată reprezentarea gra-

fică a procesului de călire, la călirea superficială pînă sub cercul de divizare, iar în partea dreaptă a figurii, reprezentarea grafică în cazul călirii spre miez pe mijlocul dintelui.

În fig.3.142 se redă procesul călirii superficiale pentru două module ($m=1,75$ și $m=3,5$). Liniiile continue ne

redau variația duriității pe cercul de divizare, și ne arată dependența scăderii duriității de pe flancul dintelui spre mijlocul dintelui, și anume la $m=1,75$, scăderea duriității este limitată într-un domeniu de $0,25$ mm și reprezintă aproximativ 30 HV ($1,5$ HRC), în timp ce la $m=3,5$ există o scădere a duriității până la $1,5$ mm adâncime și reprezintă 150 HV (8 HRC). Dacă urmărim însă liniile întrerupte - care reprezintă variația duriității de la diametrul capului spre mijlocul roții - rezultă că la un modul mai mare există o scădere a duriității mai line, având însă valori finale aproximativ egale.

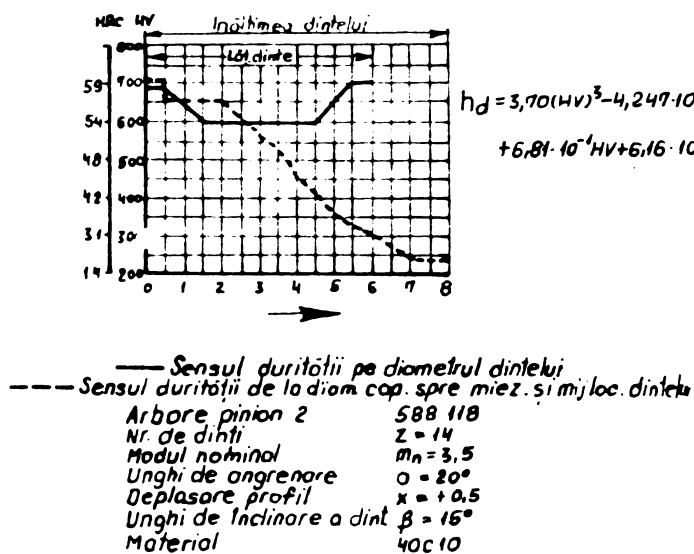


Fig.3.143 Reprezentarea grafică a procesului de călire spre miez pe mijlocul dintelui

În cazul reprezentării procesului de călire pentru un arbore pinion cu $m=3,5$ există aceeași tendință ca la roți dințate cu același modul (fig.3.143). Aceste reprezentări grafice se repetă la toate piesele danturate și călite superficial prin metoda circulară.

3.8.2.1. Influența

tratamentului termic de îmbunătățire și de normalizare asupra rezistenței piciorului dintelui, se poate determina numai prin experimentări continue pe un stand de verificare pulsator.

3.8.2.2. Încărcarea oțelurilor normalizate este mai dependentă de felul solicitărilor, decât oțelurile aliate, întrucât ultimele au o reziliență mai mare și sînt nesensibile la șocuri.

3.8.2.3. Problema cea mai importantă în cazul tratamentului termic superficial o reprezintă problema deformărilor ale alezajului, ale diametrului exterior, a cotei peste "n" dinți, a abaterilor laterale a roților.

3.8.2.4. Rezultatele măsurătorilor au fost aranjate în funcție de valorile de deformare, după repartizarea procen-

tuală, sub formă de tabele.

S-a luat din totalitatea unei serii - 30 bucăți roți dințate - piese cu dantură egală. Domeniul de deformare a călirii superficiale, din această serie s-au categorisit în clase diferite, iar numărul de piese danturate a fiecărei clase s-a așezat într-o serie proporțională față de numărul total de bucăți.

Pentru determinarea cât mai concludentă a reprezentării grafice, din valorile măsurate privind deformarea în urma călirii a unei serii, s-a înregistrat doar partea procentuală maximă din clasa corespunzătoare, pe puncte de măsurare izolate. De remarcat că modificările dimensionale înregistrate sînt întotdeauna negative, adică corespunzătoare unei contracții.

3.8.3. Modificări dimensionale pe diametrul exterior al roților dințate nr.1 pentru un $m=1,75$. La executarea

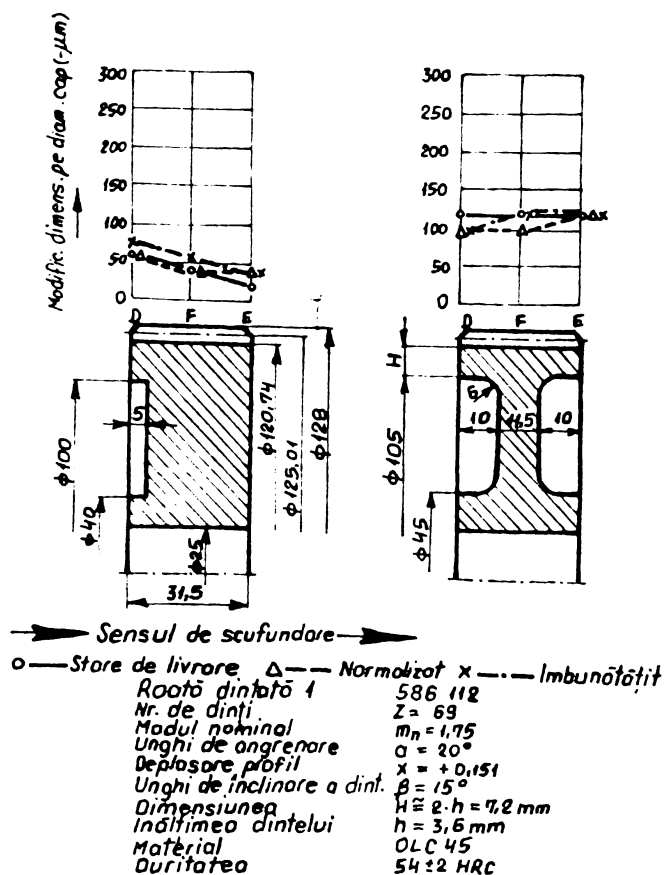


Fig.3.144 Reprezentarea grafică a modificărilor dimensionale pe diametrul capului, la călire circulară, pînă sub diametrul de divizare

roților dințate s-au comparat roțile dințate disc cu cele profilate, avînd aceleași dimensiuni. În diagrama superioară sînt redată prin legenda liniilor materialul de pornire, adică în stare livrată, normalizată sau îmbunătățită.

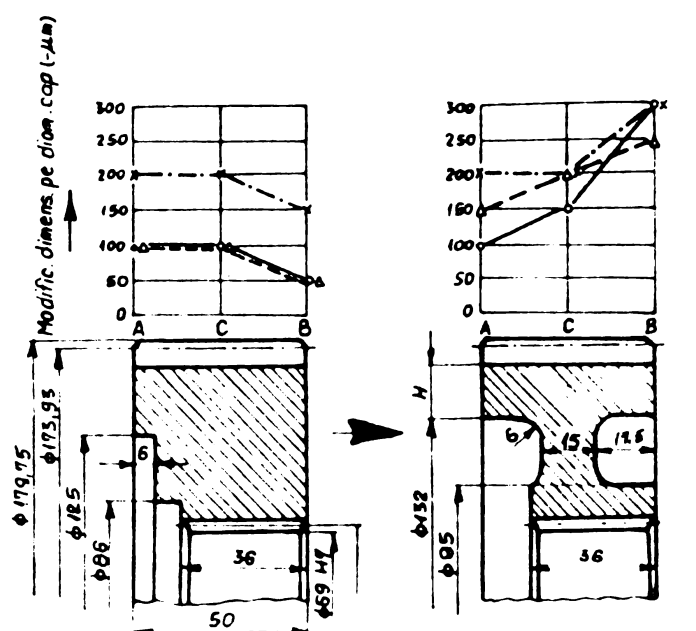
O comparație a ambelor roți ne arată că modificările dimensionale la mijlocul roții profilate sînt aproximativ cu 60% mai mari decît la

roata disc, din cauza formei nefavorabilă a primei.

Mărimea maximă a modificărilor dimensionale a roții disc este cuprinsă în toleranțele admisibile la operațiile de prelucrări mecanice, iar la roata profilată este 100%. Intrucât datorită călirii, roților dințate, se micșorează pe diametru exterior, ele nu vor bloca angrenajul, și nu vor influența nici din punct de vedere a zgomotului.

Cele trei calități de material de pornire arată că la roata disc valorile medii privind modificările dimensionale nu sînt mai mari la piesele tratate termic față de cele netratate anterior călirii superficiale. La roata profilată valorile de deformare sînt influențate și în cazul că materialul a suferit un tratament termic anterior. Nici în acest caz însă din punct de vedere economic nu se justifică un tratament termic anterior.

3.8.4. Modificările dimensionale pe diametru exterior a roții dințate 3 cu $m=3,5$. Roțile dințate nr.3 (alese în



O — Stare de livrare	Δ — Normalizat	X — Imbunătățit
Roată dințată 3	586 120	
Nr. de dinți	$Z = 48$	
Modul nominal	$m_n = 3,5$	
Unghi de angrenare	$\alpha = 20^\circ$	
Deplasare profil	$x = -0,156$	
Unghi de inclinare a dint.	$\beta = 15^\circ$	
Dimensiunea	$H = 1,89 \cdot h$	
Înălțimea dintelui	$h = 8,25 \text{ mm}$	
Material	DLC 45	
Duritatea	5428 HRC	

Fig. 3.14.5. Reprezentarea grafică a modificărilor dimensionale pe diametrul capului, la călirea circulară, pînă sub diametrul de divizare

mod intenționat) nu au o construcție simetrică cu roata dințată nr.1 și ca atare rezultă și alte tendințe de deformare. Aici roata disc are o deformare mai mare pe partea unde există secțiunea cea mai mică și unde materialul îmbunătățit indică modificări dimensionale cele mai mari, deoarece tensiunile de prelucrare sînt mult mai ridicate, datorită rezistenței

mai mari a materialului.

Datorită amplasării nesimetrice a nervurii la roata profilată, diferența medie a deformării, pe diametru exterior, în lungul laturii danturii însumează $150 \mu\text{m}$.

Cea mai mică deformare este în partea superioară a roții dințate (adică partea care în timpul introducerii în baie de ulei era cea superioară). Ca și la roata dințată anterioară nr.1, roată profilată are cea mai mare deformare ($9 - 100 \mu\text{m}$) ca și roata executată din material tratat termic. Diametrele diferite ($128...180 \text{ mm}$) determină mărimea absolută a deformării de călire a acestei roți în comparație cu roata dințată anterioară nr.1.

Experimental s-a observat că deformațiile se pot produce, în cazul în care se execută găuri în roata profilată, prin care se evacuează aburii care iau naștere în urma răcirii și printr-o răcire uniformă pe ambele părți ale roții dințate.

3.8.5. Modificări dimensionale pe diametru exterior al arborelui pinion 2 cu $m=3,5$. Deformarea de călire a arbore-

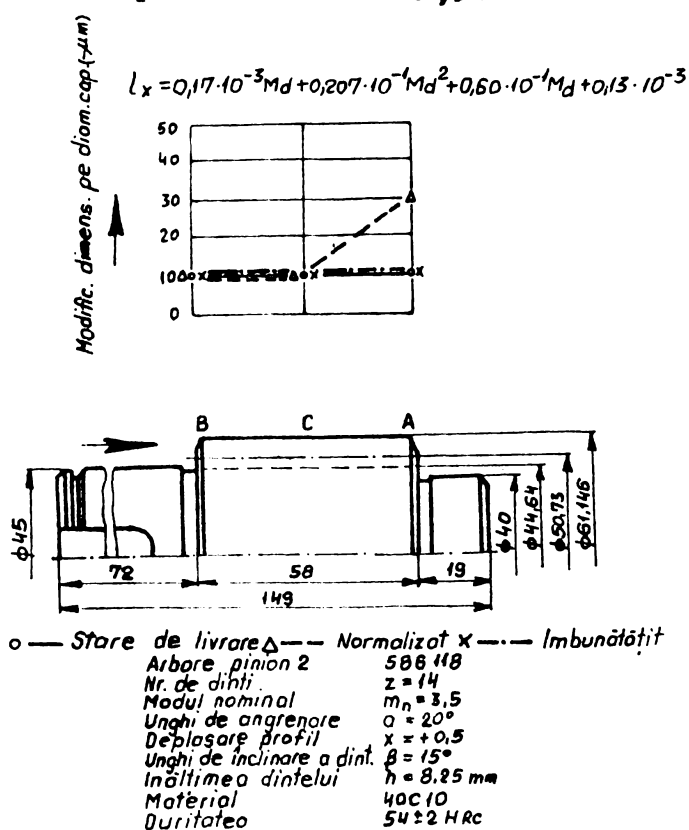


Fig.3.146 Reprezentarea grafică a modificărilor dimensionale pe diametrul exterior, la călirea circulară, pînă sub diametrul de divizare

lui pinion 2 însumează maxim $30 \mu\text{m}$ și este neglijabil în comparație cu roțile dințate. Nu influențează starea materialului inițial, asupra deformațiilor. Modificarea dimensională de $30 \mu\text{m}$ apărută la materialul normalizat în punctul "A" se poate considera ca ieșită din comun.

3.8.6. Modificările dimensionale ale cotelor peste dinți. Aceste modificări dimensionale influ-

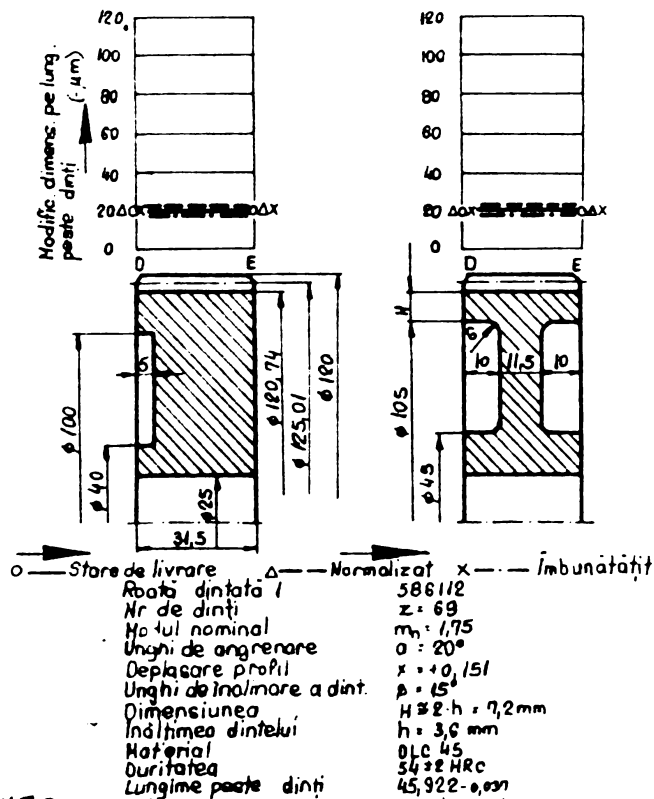


Fig. 3.147. Reprezentarea grafică a modificărilor dimensionale pe lungimea peste dinți, la călirea circulară, până sub diametrul de divizare.

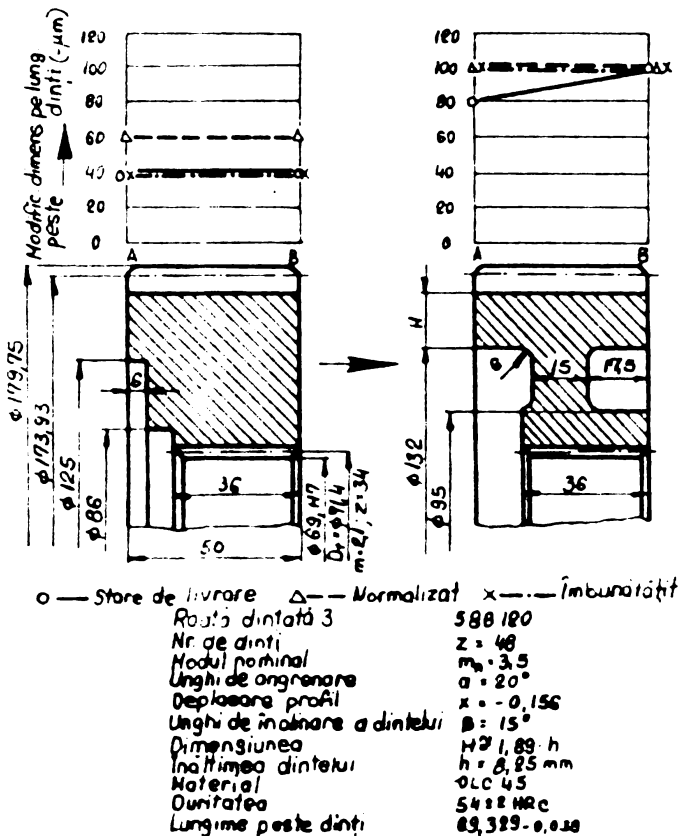


Fig. 3.148. Reprezentarea grafică a modificărilor dimensionale pe lungimea peste dinți, la călirea circulară, până sub diametrul de divizare.

entează jocul între dinți. In cazul cînd lungimea peste dinți va fi prea mare, este posibil în anumite cazuri, o blocare a unui dinte în golul altui dinte, și în general poate provoca un zgomot al roților de angrenare.

3.8.7. Modificările dimensionale ale lungimii peste dinți la roata dințată 1 avînd $M=1,75$. Reprezentarea grafică indică o micșorare a lungimii peste dinți la toate roțile, valoarea medie a micșorării fiind de $20 \mu\text{m}$.

Această mărime nu influențează angrenarea și se înscrie în toleranțele actuale ale reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat.

3.8.8. Modificările dimensionale ale cotelor peste dinți la roata dințată 3, avînd $m=3,5$.

Modificările dimensionale sînt în medie de $50 \mu\text{m}$ respectiv $100 \mu\text{m}$ cele nesime-

trice, în funcție și de starea inițială a materialului, fiind mai mici la cele tratate termic anterior.

3.8.9. Modificările dimensionale a lungimii peste dinți la arborele pinion 2, cu $m=3,5$.

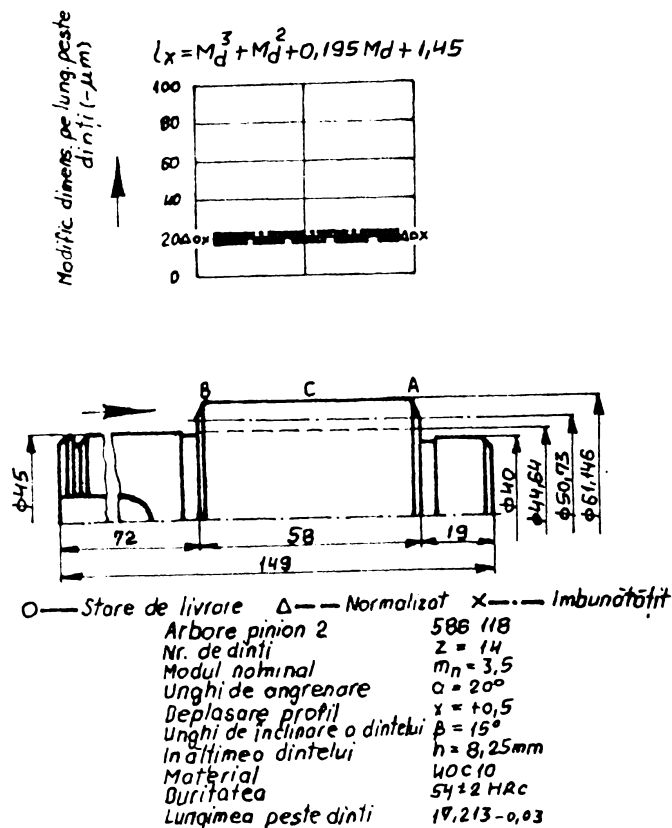


Fig.3.143 Reprezentarea grafică a modificărilor dimensionale pe lungimea peste dinți, la călirea circulară, pînă sub diametrul de divizare

Datorită formei constructive compacte a arborilor pinion, rezultă o modificare dimensională neînsemnată a lungimii peste dinți. Stările de structură înaintea călirii nu afectează modificările dimensionale.

3.8.10. Modificările dimensionale ale alezajelor la roți dințate.

Modificările dimensionale ale alezajului influențează legătura dintre roata dințată și

arbore. În mod deosebit în cazul legăturilor prin fretare, se necesită o așezare ireproșabilă, întrucît astfel trebuie introduse în calcul, factori suplimentari de siguranță. La o legătură a arborelui și a roții dințate prin danturare în evolventă, datorită modificării alezajului prin deformare în urma călirii roții, poate cauza o înclinare a roții și poate determina o imagine portantă necorespunzătoare.

3.8.11. Modificări dimensionale a alezajului la roata dințată 1 cu $m=1,75$. În fig.3.150 se reprezintă modificările dimensionale ale alezajului, observîndu-se o micșorare a alezajului din material tratat termic în comparație cu roțile netratate simetrice. Alezajul roții profilate va fi mai micșorat la mijlocul roții decât la marginile roții, datorită

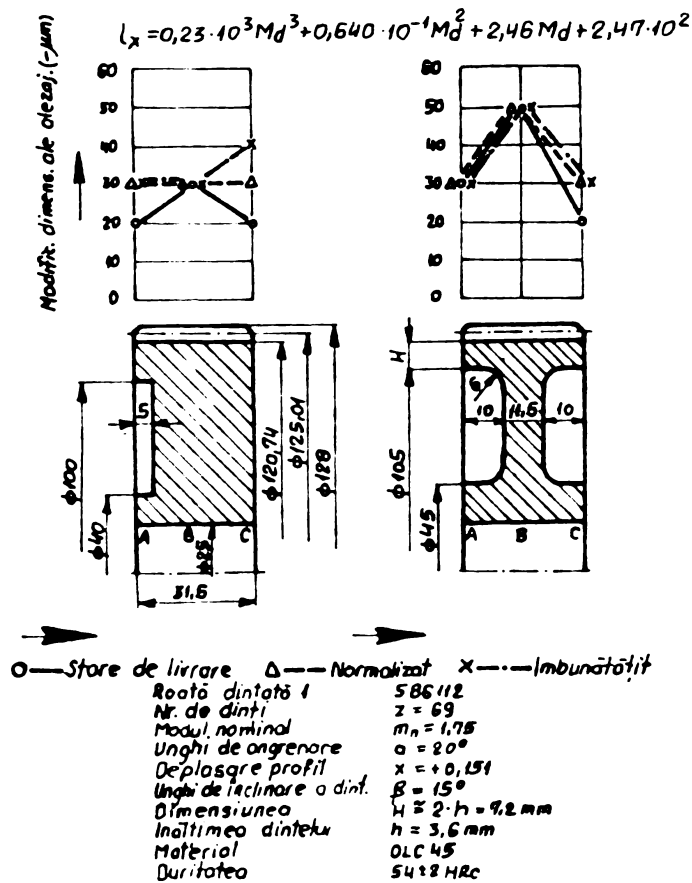


Fig.3.150 Reprezentarea grafică a modificărilor dimensionale ale alezajului, la călire circulară, pînă sub diametrul de divizare

contractției în zona în care materialul este îngroșat. Această tendință este indiferență de starea materialului și este valabilă pentru roți executate din materiale nealiat, călite superficial pînă sub piciorul dintelui.

Independent de modul, experiențele indică surprinzător, apariția micșorării alezajului deja la temperatura de 500°C cînd apar deformări plastice datorită dilatării

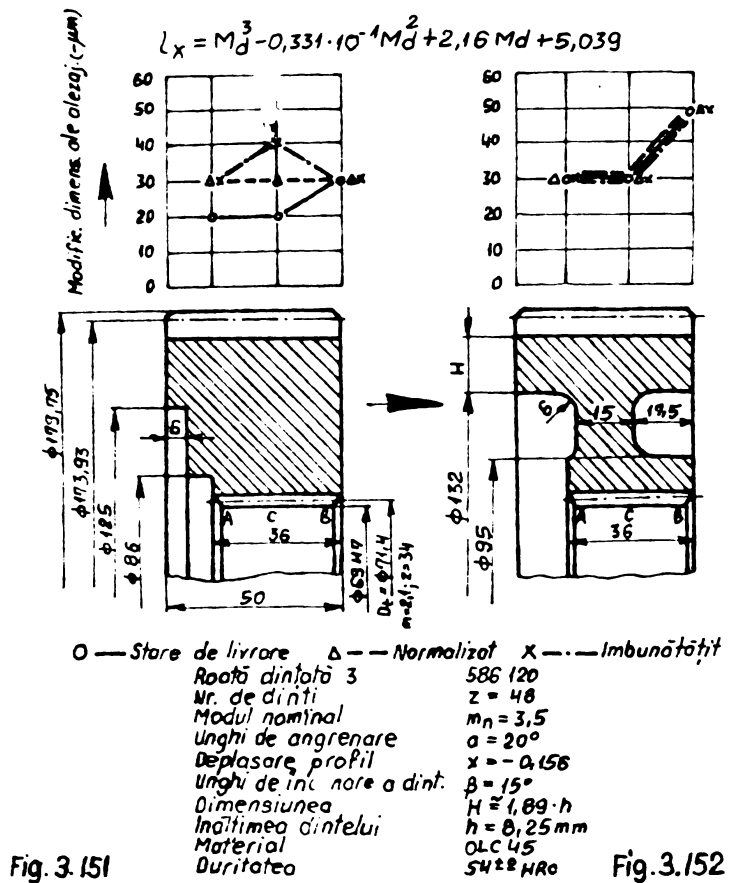
la căldură.

Se recomandă la roți profilate executarea de găuri, care determină scăderea parțială a tensiunilor, și întărirea coroanei roților (de 3 ori înălțimea dinților).

3.8.12. Modificările dimensionale ale alezajului la roata dantată 3 cu $m=3,5$. Reprezentarea grafică dovedește că amplasarea nesimetrică a nervurilor este foarte nefavorabilă pentru alezaje.

Desigur că la roata compactă din stînga această influență nu este atît de pronunțată, în schimb la roata profilată, construcția este mai mare mai ales în zonele cu muchii-le neîntărite.

La o dantură dreaptă, deformarea alezajului nu este atît de pronunțată, întrucît în acest caz roata dantată se autoreglează datorită jocului danturii în evolventă și va



Reprezentarea grafică a modificărilor dimensionale ale alezajului, la călirea circulară, pînă sub diametrul de divizare

asigura o imagine portantă bună. În schimb la o roată dințată cu dantura înclinată, apare o înclinare datorită forțelor axiale și ca atare va reda o imagine portantă necorespunzătoare cît și o reducere a duratei de exploatare. Se recomandă o construire simplă pentru executarea roților dințate pentru a reduce la minimum deformările ce apar în urma călirii.

Modificările dimensionale la aceste roți sînt în domeniul de dispersie de ± 10 , fiind și o funcție de starea de structură.

3.8.13. Experiențele de acest gen, extinse pe timp de un an asupra unor roți dințate din materiale cu date certe și înregistrate, din oțeluri de îmbunătățire nealiante, oălite superficial prin metoda circulară, între diametru de divizare și diametru piciorului, au determinat rezultate surprinzătoare :-

- 1 - nu există o influență a stării de structură asupra valorii durității obținute,
- 2 - deformația roții și a cotei peste dinți este neglijabilă la roți dințate monobloc
- 3 - există o deformație a alezajului roții dințate, care însă poate fi stăpînită tehnic
- 4 - normalizarea oțelurilor nealiante nu influen-

țează modificările dimensionale

5 - îmbunătățirea oțelurilor nealiatate nu este justificată din punct de vedere tehnic: nu influențează modificările dimensionale, nu ridică valoarea rezistenței portale a flancului sau piciorului dintelui, rezistența la uzură nu este influențată

6 - forma constructivă a roților dințate determină gradul de deformație, după călirea superficială

7 - tratamentul termic anterior, de îmbunătățire a oțelurilor aliate, influențează gradul de deformare și duritatea după călirea superficială

8 - deformația danturii după tratamentul de călire superficială, în anumite limite și în sensul dorit contribuie la creșterea rezistenței în piciorul dintelui, formând astfel supraîncărcarea angrenajului.

3.9. Controlul materialului, din punct de vedere a posibilităților de fisurare, pentru oțelurile propuse de a fi călite superficial cu flacără.

3.9.1. Controlul sistematic a materialelor cu ajutorul determinărilor de călire frontală, a dus la uniformizarea rezultatelor de călire superficială și la o siguranță în aplicarea industrială a procedurii, la reperetele tratate termic a mașinilor de ridicat și transportat.

Totuși, a apărut la unele șarje, posibilități de fisurare relativ mari, care nu au putut fi explicate de analiza procesului tehnologic sau a existenței unei anomalii a curbei de călibilitate după Jominy.

Numai numărul călirilor posibile până la apariția fisurilor, a reprezentat o informație asupra stării de structură a materialului și a posibilităților de fisurare.

Intr-o serie de încercări, efectuate pe eșantioane de formă specială (fig.3.153) s-a examinat influența conținutului de carbon, asupra posibilităților de rupere a unor oțeluri (fig.3.154).

Este surprinzător rezultatele obținute cu OLC 45, la diferite șarje, unde au apărut deosebiri în privința posibilității de rupere, cu toate că acest oțel prezintă o siguranță

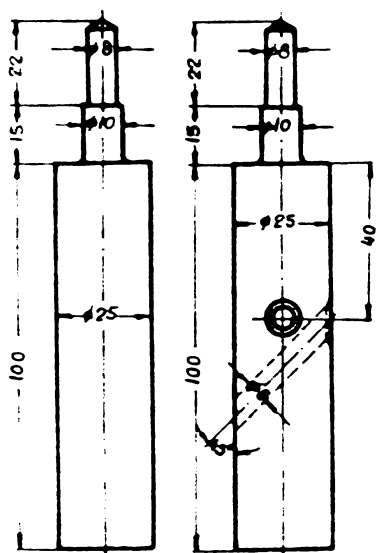


Fig. 3.153

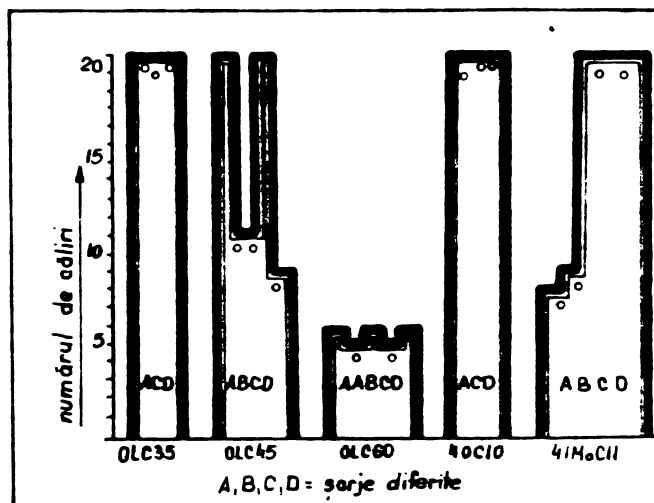


Fig. 3.154

mare, și la prima călire nu a prezentat fisuri. Apariția acestora au fost cauzate fie de :

- forma nefavorabilă a piesei pentru călirea superficială
- temperatura de încălzire a fost prea ridicată
- datorită tensiunilor interne proprii, care provin dintr-un tratament termic anterior
- datorită tensiunilor de prelucrare mecanică a pieselor.

In concordanță cu rezultatele obținute în practică, probele de călibritate multiplă indică creșterea posibilităților de fisurare cu ridicarea conținutului de carbon.

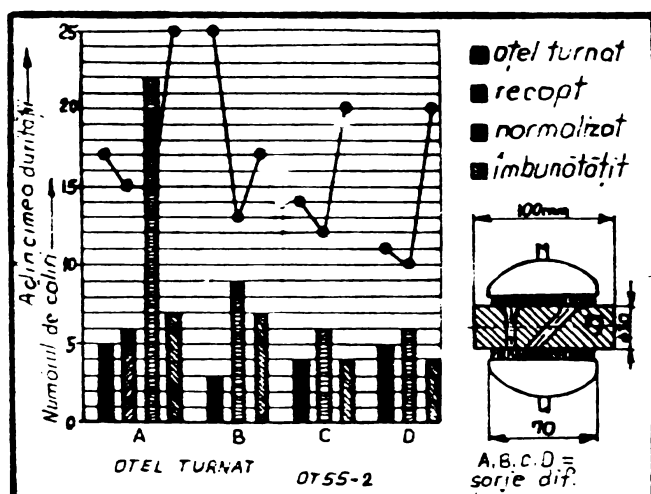


Fig. 3.155

Examinarea la oțelurile turnate, a diferitelor analize chimice și stări de structură (fig.3.155) a permis observația că probele normalizate reprezintă starea cea mai sigură de comportare la fisurație, în

timp ce probele îmbunătățite prezentau adâncimi de călire mai mari.

3.9.2. Influența șarjei și a stării de structură, a fost verificată pe oțelurile : OLC 35, OLC 45, 40C10, 36MS12, 41MoC11, OT 55, T12VHoCuCN16, utilizate în mod frecvent în construcția mașinilor de ridicat. S-a aplicat următorul tratament termic materialului de probă :

1 - recoacerea cu granulație mare, la o temperatură de 1000°C timp de 2 ore, cu o răcire a cuptorului de $25^{\circ}/\text{oră}$ până la 300°C

2 - normalizare, la 40°C peste AC_3 , cu o răcire lentă în aer

3 - recoacerea pentru obținerea perlitului globular, prin pendularea temperaturii cu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ în jurul lui AC_1

4 - probele au fost îmbunătățite la o duritate corespunzătoare la $120 \pm 10 \text{ kg/mm}^2$.

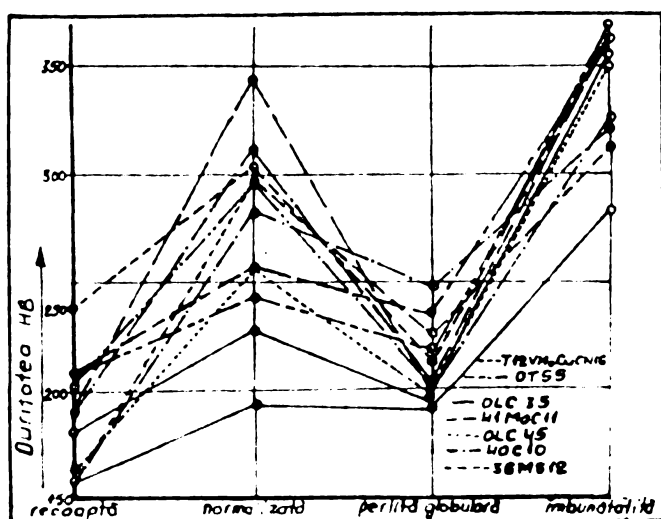


Fig. 3.156

mai vizibil la starea de structură normalizată.

3.9.3. Influența temperaturii de călire. Cu cât temperatura de călire este mai ridicată, crește și posibilitatea de formare a fisurilor. În cazul unei reveniri după călire în maximum 30 minute, se poate limita apariția fisurilor, întrucât formarea lor necesită un oarecare timp. Temperatura de călire la probele de calibrabilitate multiple s-a ales cu 40°C peste AC_3 , răcirea făcându-se în apă și ulei (fig.3.157).

Duritățile maxime s-au obținut pe probele normalizate și îmbunătățite, în timp ce la recoacerea cu granulație mare și la perlita globulară au rezultat rezistențe relativ mici (fig. 3.156).

Dependența rezistenței de conținutul de carbon și de adăsurile de aliere este cel

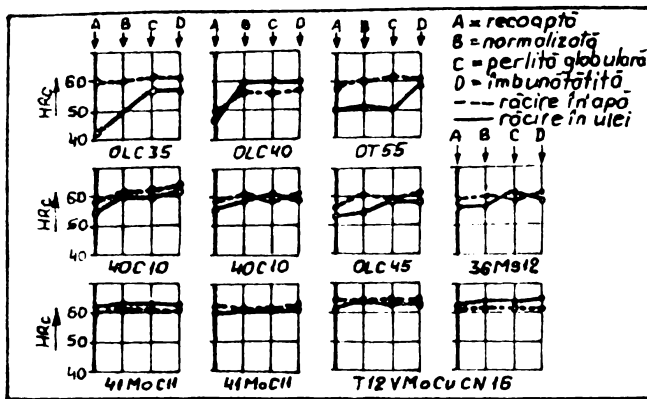


Fig. 3.157

La oțelurile cu granulație mare, duritatea este mai scăzută, valorile de duritate maximă obținându-se la starea de îmbunătățire. La oțelurile aliate cu conținut de carbon mediu diferențele de "acceptabilitate de călire" nu

sunt atât de mari și se obține o rezistență la uzură suficientă. Iar cu creșterea conținutului de carbon și a elementelor de aliere, se micșorează diferența de "acceptabilitate de călire".

3.9.4. Influența mediului de răcire se redă în fig. 3.158, în urma rezultatelor obținute la călirea circulară cu flacără, în aceleași condiții ca cele obținute prin probele de călire multiple. Adâncimea de călire la răcirea cu apă este redată în câmpul inferior al curbei, cel superior reprezentând valorile obținute la răcirea în ulei. Dacă aceste curbe singulare

le vom sintetiza într-o curbă medie, se poate preciza faptul că la folosirea uleiului ca mediu de răcire, adâncimea de călire crește cu 4-6 mm. Centralizând toate

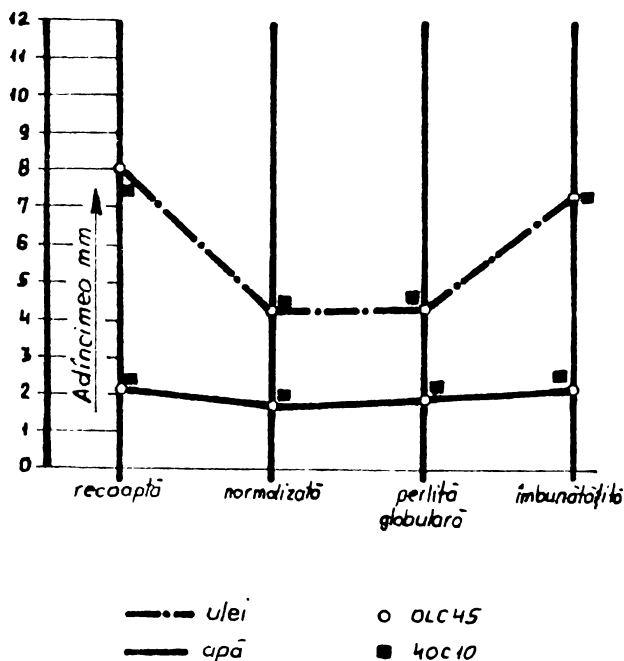


Fig. 3.158

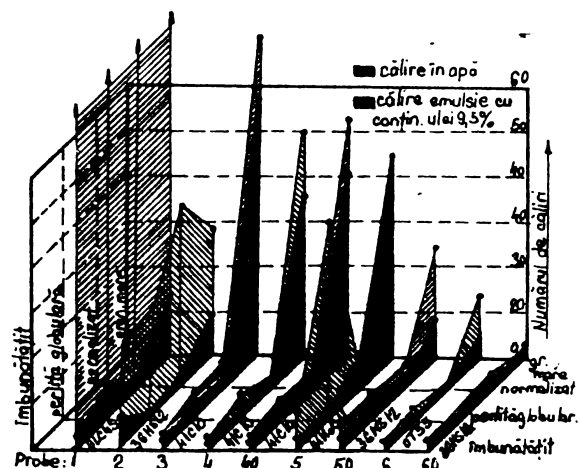


Fig. 3.159

curbele de răcire atât în apă cât și în ulei, rezultă că temperaturile de granulație mare (recoacere) cât și cele de îmbunătățire, prezintă o adâncime de călire mai mare.

3.9.5. Influența sensibilității defisurare a oțelurilor de îmbunătățire analizate, sînt arătate în fig.3.159. Probele sînt prezentate în funcție de conținutul de carbon și se constată că posibilitățile de fisurare cresc cu creșterea conținutului de carbon și a elementelor de aliere. Spațiile nehașurate din figură reprezintă rezultatele răcirii în apă, observîndu-se că la granulații mari, se poate obține cel mai ridicat număr de călibilitate multiplă. Îmbunătățirea nu reprezintă o reducere a posibilităților de fisurare în comparație cu starea de normalizare. Răcirea în ulei a oțelului C10 45, permite o creștere a numărului de căliri succesive, încercările fiind întrerupte după 200 de căliri, fără apariția fisurilor. La oțelurile aliate cu un conținut mediu de carbon, numărul călibilității multiple la răcirea în ulei, nu crește esențial în comparație cu cele nealiate, la același conținut de carbon. S-a putut demonstra că aceste oțeluri sînt nesensibile la fenomenele de fisurare în cazul răcirii cu apă.

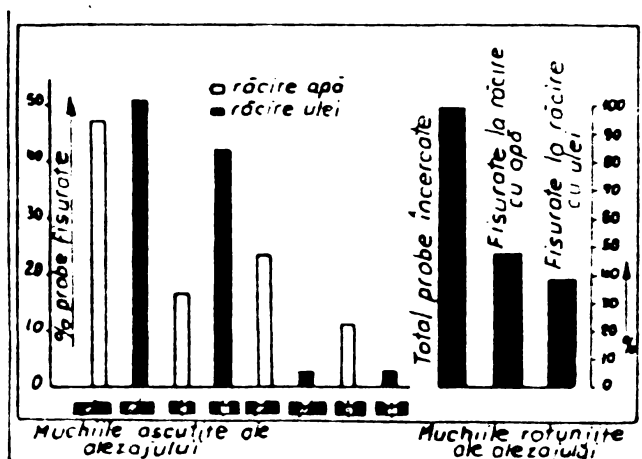


Fig. 3.160

Sintetizînd rezultatele verificărilor la călire multiplă (fig.3.160) rezultă: pericolul de fisurare este în creștere la răcirea în ulei pentru muchiile ascuțite la gaurile înclinate și drepte

la probelor, iar la muchiile rotunjite posibilitățile de fisurare sînt relativ reduse; comparîndu-se cele două medii de răcire, rezultă că la răcirile în ulei sensibilitatea la fisurare este mai mică, decît la răcirile în apă; numărul ridicat de căliri multiple, la oțelurile recoapte cu granulație mare se explică prin adîncimi de călire mare, dependentă la rîndul

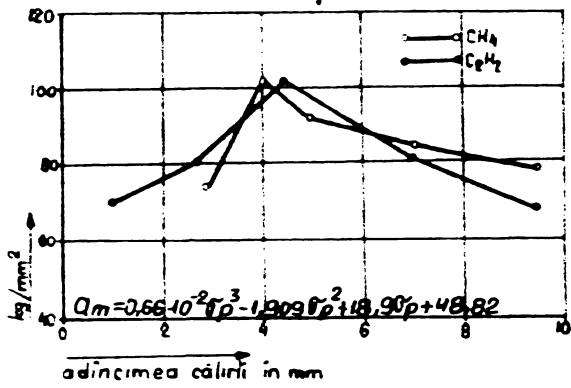


Fig. 3.161

ei de granulația mare.

3.9.6. Ridicarea unei diagrame în care tensiunile proprii sînt în dependență de adîncimea de călire (fig.3.161) a permis a pune în evidență faptul că tensiunile cresc cu adîncimea stratului călit, atîngînd o valoare maximă la 4 mm de adîncime a stratului

călit.

În cazul cînd adîncimea de călire depășește 4 mm, iese naștere în miez tensiuni de întindere (fig.3.162), iar în zonele marginale tensiuni de compresiune, unde tensiunile longitudinale din miez vor avea preponderențe în ordinea mărimii, iar în zonele marginale vor fi tensiuni de compresiune tangențiale mai mari ca cele longitudinale.

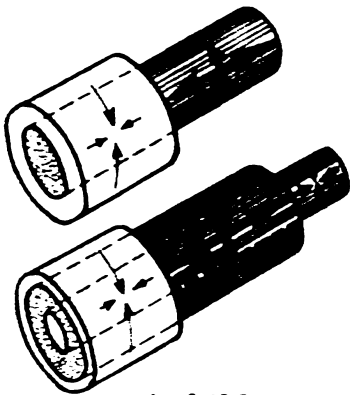


Fig. 3.162

Numai în asemenea cazuri pot fi aproximativ egale, tensiunile de compresiune de pe suprafață cu tensiunile de întindere. Experiențele au avut ca

bază probe călite superficial cu flacără, cu avans circular, din material 40C10.

De remarcat (fig.3.163) că la șarje distincte care

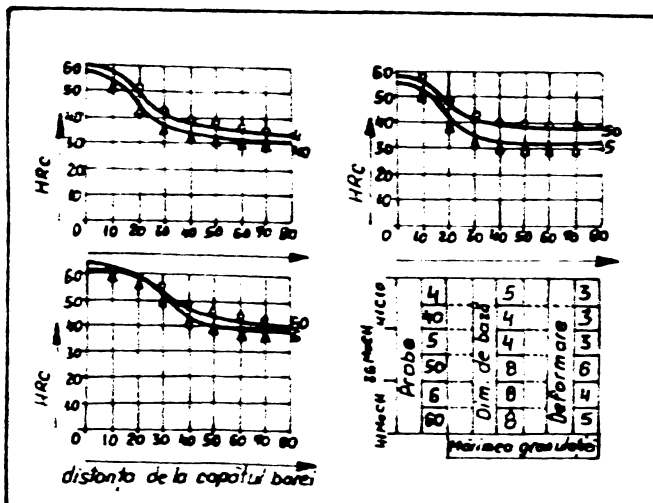


Fig. 3.163

au practic aceeași analiză chimică, comportarea la călire este diferită. Cele trei oțeluri studiate (40C10=4 și 40; 36MoC11=5 și 50; și 41MoC11=6 și 60) aproximativ egale, din punct de vedere a caracteristicilor chimice și mecanice, au prezentat diferențieri mari la călirea superficială.

O relație între curbele Jominy și adâncimea de călire re cu flacăra nu a rezultat, întrucât adâncimea de călire la acest procedeu tehnologic este dependentă de masa încălzită (datorită capacității arzătorului) și a formei și mărimii piesei.

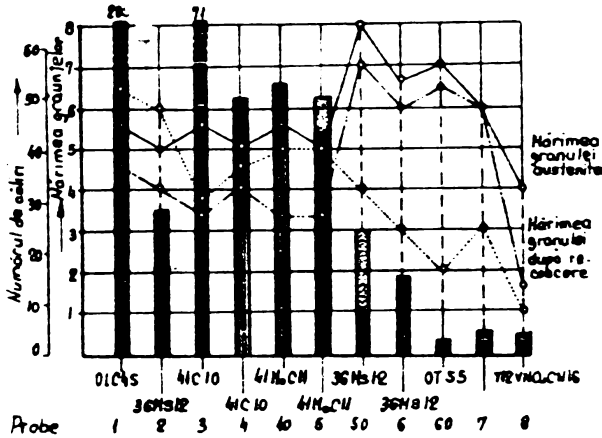


Fig. 3 164

3.9.7. Rezultatele încercărilor de călire multiple, în dependență de granulația diferită, pentru starea recaptă a probelor, la călirea cu apă și ulei (fig.3.164), a permis concluzionarea că între numărul de căliri multiple și mărimea granulei de

austenită există o corelație. Austenitei mai fine a probelor (5 și 50, 6 și 60) îi vor corespunde un număr mai redus de căliri multiple. Oțelurile sensibile la supraîncălziri, care preiau o granulație mai mare înaintea schimbării din zona gamma, au o viteză de transformare critică mai redusă și deci o pătrundere a călirii mai bună. Dacă se compară un oțel cu sensibilitate la supraîncălzire cu granulație mai mare cu un oțel cu granulație fină, în urma călirii și revenirii, atunci se observă că rezistența la tracțiune a primului va fi mai ridicată.

Alegerea șarjelor pe baza numărului de căliri multiple este hotărâtoare în construcția mașinilor de ridicat și

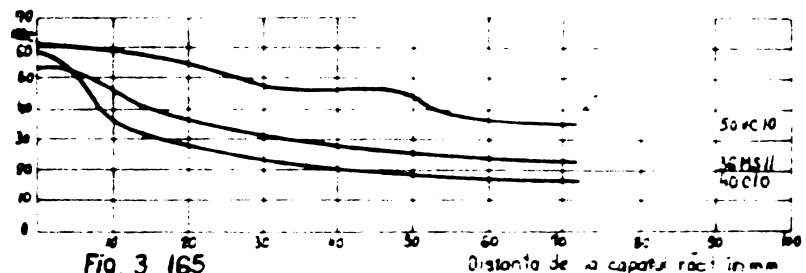
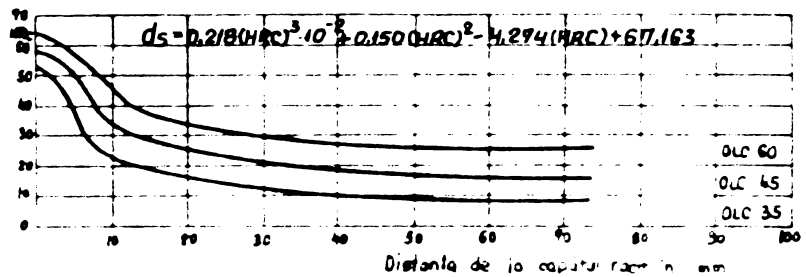
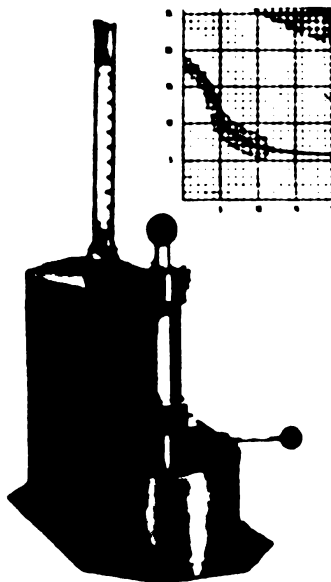


Fig. 3 165

TEHNICĂ
TIMISOARA
BIBLIOTECA

transportat, în mărirea siguranței călirii cu flacără, în special la secțiuni în forme complexe.

3.9.8. Pe baza experiențelor obținute s-a conceput un aparat original cu care se poate verifica călibilitatea în general și călibilitatea multiplă a fontelor și oțelurilor în special (fig.3.165).

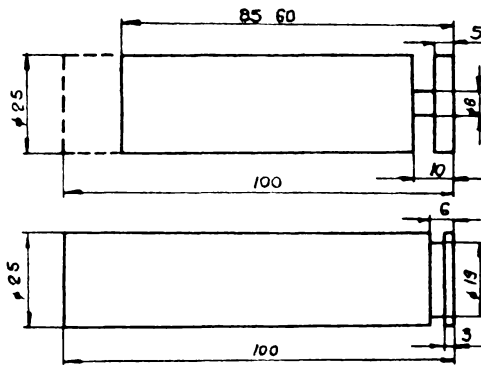


Fig. 3.166

Timpu scurt de încălzire (2 - 3 minute), este suficient pentru a obține rezultate identice ca și în cazul încălzirii în cuptor (30 minute) a probelor Jominy.

Rezultatele sînt reprezentate printr-o curbă identică cu cele ale curbei lui Jominy.

3.9.9. Aparatul (fig. 3.167) este executat din material inoxidabil. Corpul principal constă dintr-un rezervor pentru apă și o vană de captare a mediului de răcire.

Rezervorul de apă avine

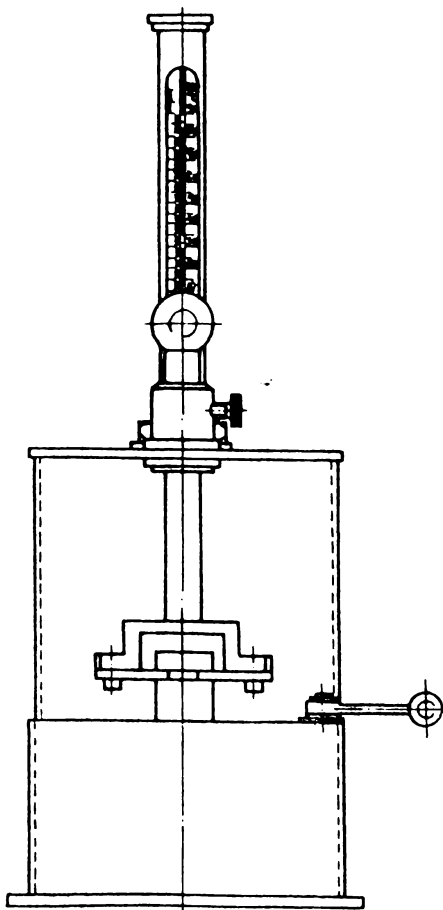
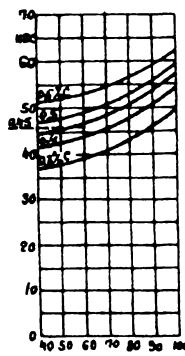


Fig. 3.167

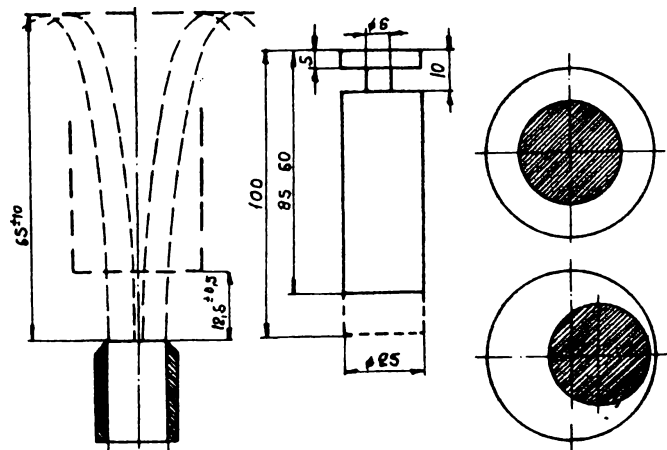


Fig. 3.168

în interiorul lui o instalație de presă plin, permite asigurarea înălțimii jetului mediului de răcire conform prescripțiilor, în toleranța cerută (fig.3.168).

Rezervorul de apă este înzestrat cu o țevă de scurgere orizontală, la capătul căreia se află duza pentru jetul de răcire, în direcția verticală. Centrul duzei este coaxial cu centrul probei, respectiv a dispozitivului de susținere a probei, care este la rândul său deplasabil și reglabil pentru diferite lungimi de probe. În capacul carcasei se află orificiul de control pentru supravegherea nivelului apei cât și un termometru pentru controlul temperaturii mediului de răcire.

3.9.9.1. Călibilitatea se poate reprezenta grafic, în dependență de conținutul de martensită, pentru anumite procente de carbon (fig.3.169). La diferite intensități de răcire se pot obține adâncimi de călire diferite. Pentru aceste cazuri s-au elaborat diagrame, cu ajutorul cărora se pot determina dinainte, curbele de răcire frontale, pentru o secțiune cilindrică oarecare.

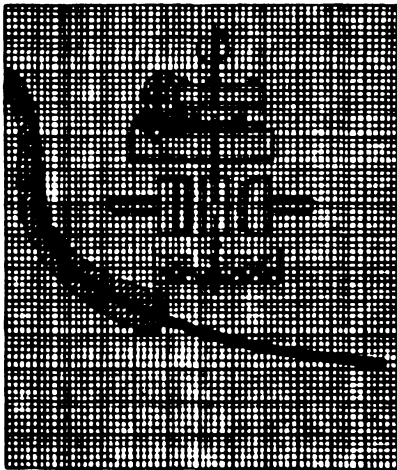


Fig. 3.169

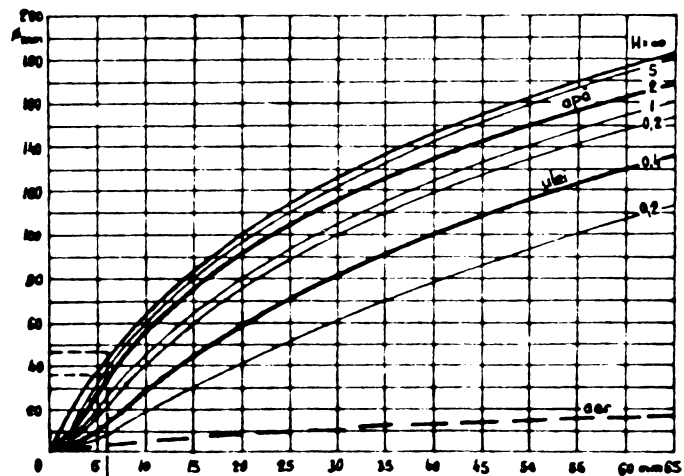


Fig. 3.170

Intensitatea de răcire pentru diferitele medii de răcire se reprezintă în fig.3.170 pentru răcirea în ulei când piesa este în mișcare; în fig.3.171 pentru răcirea în apă, fără mișcare; în fig.3.172 pentru răcire în apă când piesa este în rotire.

S-au determinat prin calculatorul electronic relațiile care exprimă curbele de călibilitate în funcție de dia-

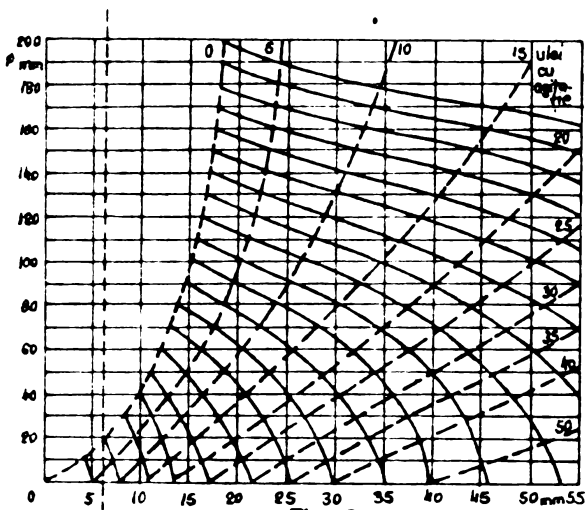


Fig. 3.171

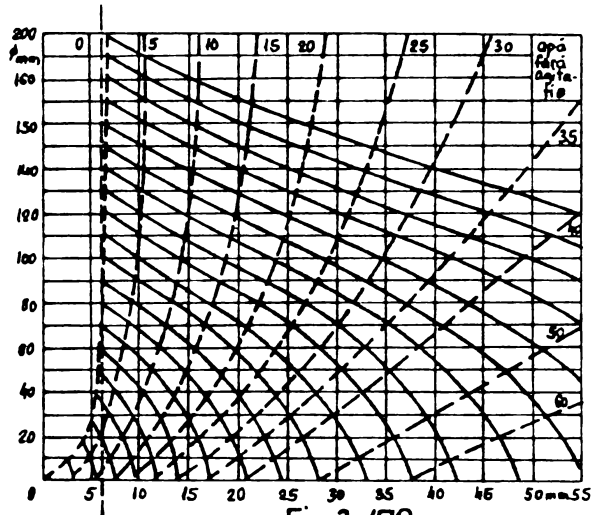


Fig. 3.172

metru piesei, mediul de răcire și distanța de la marginea frontală a piesei călrite:

$$\begin{aligned}
 \varnothing_1 &= 0,00129 \quad \varnothing^3 - 0,14616 \quad \varnothing^2 + 7,16961 \quad \varnothing - 3,355606 \\
 \varnothing_2 &= 0,00027 \quad \varnothing_u^3 - 0,04816 \quad \varnothing_u^2 + 4,25021 \quad \varnothing_u - 8,84574 \\
 \varnothing_3 &= 0,00873 \quad \varnothing^3 - 0,18334 \quad \varnothing^2 + 0,36199 \quad \varnothing - 28,7199 \\
 \varnothing_4 &= 0,00882 \quad \varnothing_u^3 - 0,42716 \quad \varnothing_u^2 + 11,94013 \quad \varnothing_u - 78,65919 \\
 \varnothing_5 &= 0,06643 \quad \varnothing_a^3 - 1,21318 \quad \varnothing_a^2 + 15,28546 \quad \varnothing_a - 59,32439 \\
 \varnothing_6 &= 0,02503 \quad \varnothing_{1a}^3 - 1,20934 \quad \varnothing_{1a}^2 + 24,79398 \quad \varnothing_{1a} - 153,05049 \quad (3.110)
 \end{aligned}$$

Diametru critic ideal se obține din raportul distanței probei de călire frontal și diametrelor tijelor cilindrice,

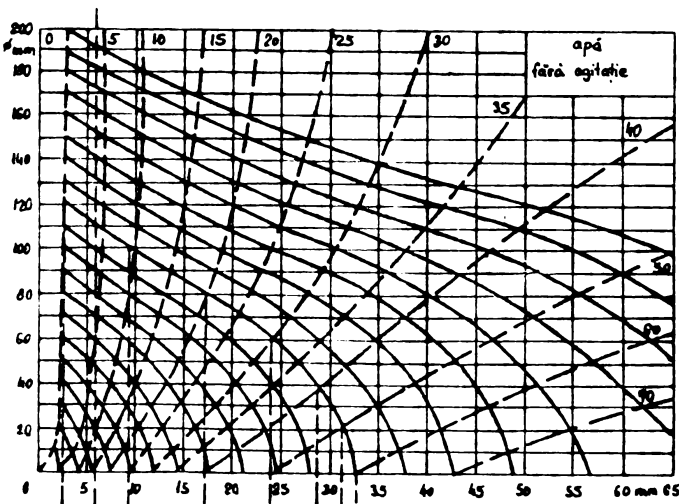


Fig. 3.173

la viteză egală de răcire în miez, când intensitatea de răcire în miez, când intensitatea de răcire ar fi infinit de mare (fig. 3.173).

Prin aceasta se poate determina călibilitatea ca diametru critic ideal, din curba răcirii frontale. Fiecare din curbele reprezentate sînt valabile

pentru un diametru determinat, care are ca punct de pornire gradarea liniei zero - linia de suprafață. Drept parametru suplimentar este reprezentat cu linii curbe întrerupte, distanța la suprafață.

Reprezentările sînt valabile numai pentru secțiuni rotunde și asigură rezultate foarte apropiate a procesului de călire din curba călibilității.

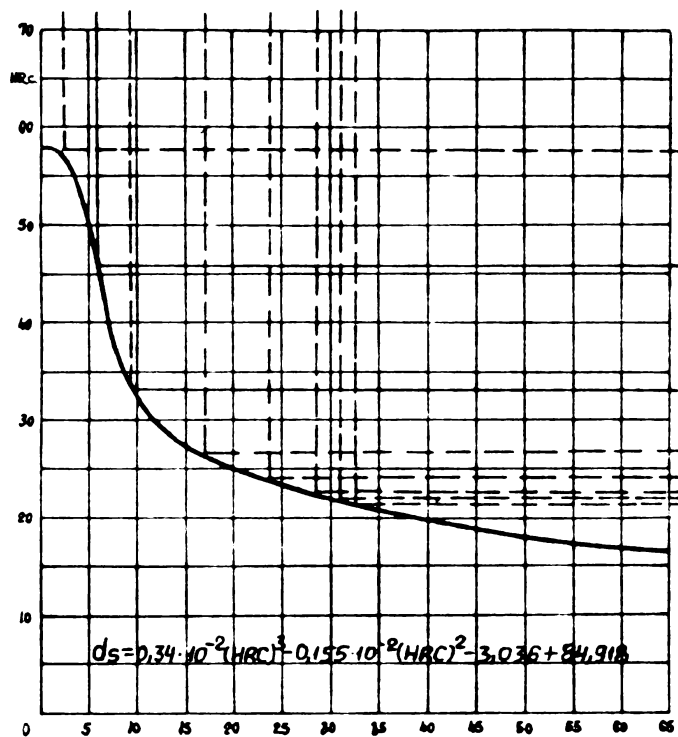


Fig. 3.174

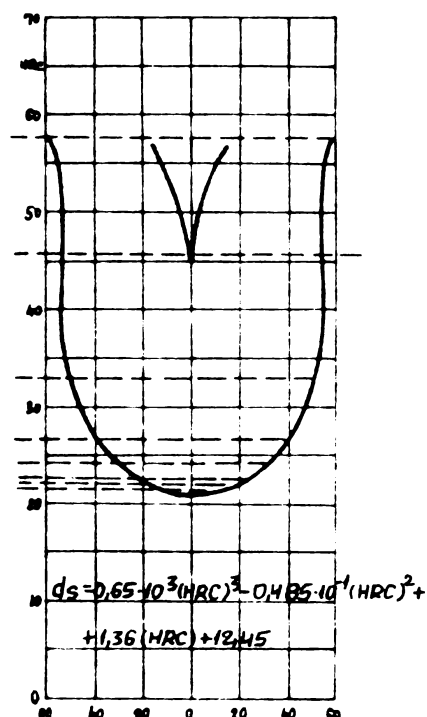


Fig. 3.175

3.9.9.2. Din forma curbei de verificare a călirii frontale, se recunoaște comportarea materialului șarjei respective, în privința călirii suprafeței cît și pătrunderea călirii. O singură probă necesită timpul de aproximativ o oră.

Din acest procedeu nu rezultă o determinare concludentă în privința posibilității de fisurare sau rupere, în urma călirii materialelor sau a șarjelor verificate. Pentru acest motiv s-a dezvoltat din procedeu de probă Jominy, o probă de călibilitate multiplă (repetată), sub formă de bolt, cu aceiași dimensiuni ca și la proba Jominy. Pentru determinarea posibilității de rupere, acestea sînt pregătite cu două găuri transversale, una la un unghi de 90 grade, iar cealaltă la 45 grade față de axul boltului. Cîte o ieșire a găurilor va fi rotunjită, iar celelalte vor fi cu o muchie ascuțită. Această piesă de probă va fi fixat în mașina (fig.3.176) și se

va încălzi și răci atîta timp pînă la constatarea apariției fisurii. Numărul călirilor efectuate pînă la apariția fisurii și poziția acesteia, se pot lua drept limită a posibilității de rupere a materialului. La călirea cu flacără și cu inducție sînt necesare viteze de încălzire mari, pentru austenitizarea suprafeței piesei ce urmează a fi călită. Timpii de încălzire și menținere la încercarea de determinare a călirii frontale, pot schimba structura probelor și pot duce la rezultate eronate (ex. la fontă). Experiența a dovedit că se pot obține rezultate reproductive, în cazul cînd proba a fost supusă unui tratament termic, așa cum este cea de călire superficială.

3.9.10. Fig.3.176 reprezintă construcția mașinii de determinare a călibilității multiple. Probele, epruvete pentru verificare, vor fi fixate central de jos printr-un sistem de fixare bucsă elastică. Consumul de gaz este de $0,400 \text{ Nm}^3/\text{min}$ iar consumul de oxigen va fi de $0,240 \text{ Nm}^3/\text{min}$.

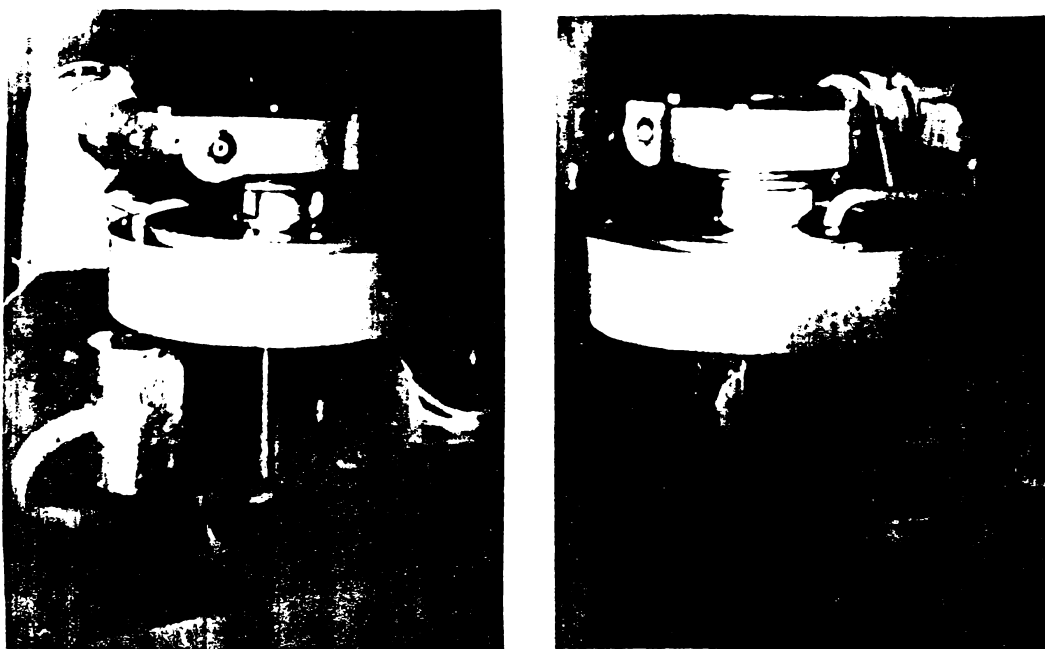


Fig. 3. 176

La probele de călire multiple (repetate) nu se căleşte numai partea frontală ci și întreaga suprafață a probei.

3.9.10.1. Avantajele aparatului de verificare a călibilității multiple:

1. În timp ce la încercările de călire frontală după Jominy încălzirea se efectuează în cuptor, pentru obținerea temperaturii de călire se cere un timp de 30-40 minute și un timp de menținere de 20 minute, încălzirea după procedeul circular necesită numai câteva secunde.

2. Mașina de determinarea călibilității multiple, permite o estimare a rezultatelor posibile de călire, atât în privința durității suprafeței cât și pătrunderea durității.

3. Nomograme pentru determinarea curbelor de călibilitate ale curbelor de călire frontală, se pot determina pentru fiecare material.

4. Influența temperaturii de călire cât și a mediului de răcire se poate verifica rapid și se pot determina condițiile optime de călire.

5. Prin intermediul încălzirii circulare se poate determina și călibilitatea fontei.

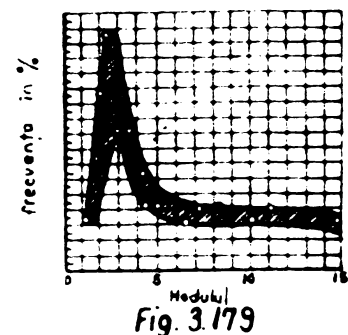
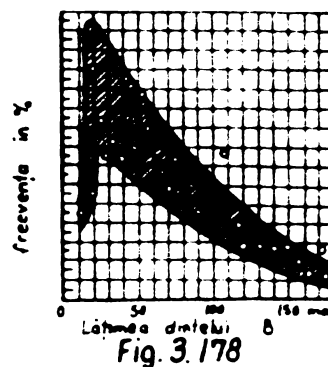
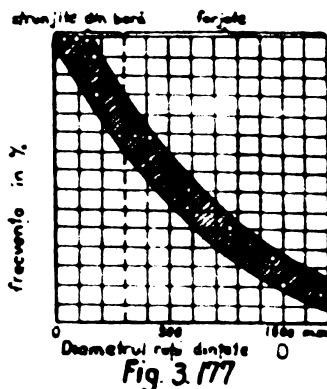
6. La proba de călire multiplă, numărul de căliri suportate până la apariția fisurilor sau rupturilor în material, reprezintă o "limită" a sensibilității materialului în sine pentru verificarea stării inițiale de structură.

7. Verificarea călibilității, asigură rezultate optime în cazul fabricației în serie și se evită rebuturi în cazuri izolate a pieselor valoroase.

8. O fabricație în serie continuă este posibilă numai în cazul în care comportarea la călire a diferitelor șarje, asigură efectuarea tratamentului termic ulterior.

3.10. Rezultatele încercărilor. Concluzii.

3.10.1. În urma unor examinări statistice rezultă că la mașinile de transportat și ridicat, frecvența roților dințate călite superficial, scade cu creșterea diametrului roților (fig.3.177).



Sînt predominante roțile cu diametre între 250-500 mm, la lățimi cuprinse între 40-100 mm (fig.3.178) și cu module între 3-6 (fig.3.179). Oțelurile din grupa A (tabel 3.14), prin marca de oțel OLC 45 reprezintă 82% din totalul roților dințate (fig.3.180).

Tabel 3.14

Grupa A	Grupa B	Grupa C
OLC 35	33 MoC 11	42 VC 10
OLC 40	36 MoC 11	50 VC 10
OLC 45	40C10	
OLC 50	41 MoC 11	
	34 MoCN 15	
	41 CN 12	
	36 MS 12	

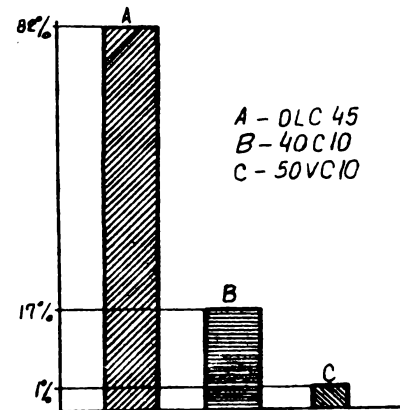


Fig. 3.180

S-a stabilit în ce măsură este necesar un regim de structură preferențial: materialele normalizate reprezintă 95,5% față de 4,5% materiale tratate termic prin operația de îmbunătățire (fig.3.181).

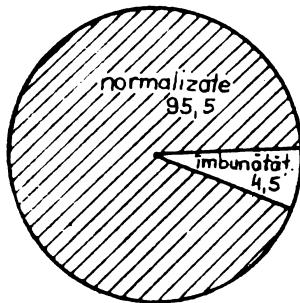


Fig. 3.181

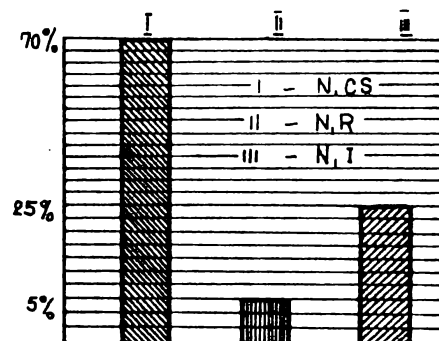


Fig. 3.182

S-a determinat 3 grupe principale de succesiune a operațiilor tehnologice (tabel 3.15) și se redă în fig.3.182, proporția folosirii lor.

Necesitatea operației de rectificare depinde de felul angrenajelor și de precizia mare de execuție a danturii și în general nu este justificată din punct de vedere tehnic:

Tabel 3.15

Grupa I	Grupa II	Grupa III
forjare	forjare	forjare
normalizare	normalizare	normalizare
degroșare	degroșare	degroșare
	reconcere	îmbunătățire
finisare	finisare	finisare
călire super.	căl. super.	călire super.
revenire joasă	rec. j.	revenire j.
		rectificare

98,5 % din roțile dințate a reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat nu se rectifică (fig.3.183). În urma experiențelor în legătură cu mediul de răcire, se poate preciza că pentru

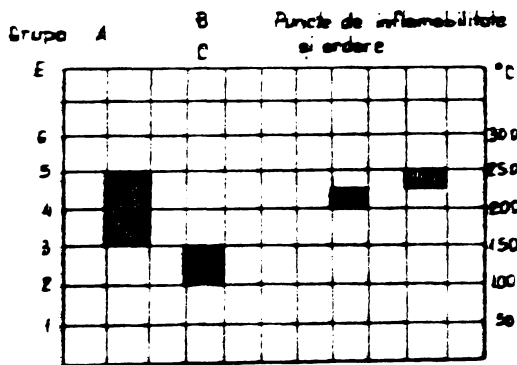


Fig. 3.184

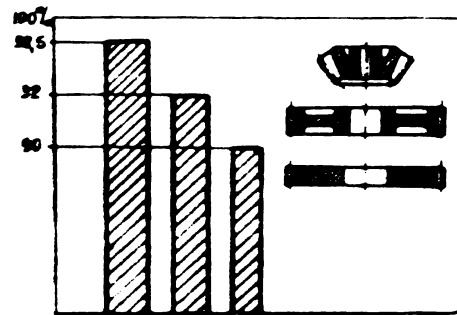


Fig. 3.183

obținerea unor rezultate superioare la călirea superficială, uleiurile trebuie să aibe o vîscozitate de 3-5° Engler la 50°C pentru gruparea (tab.3.14) și o vîscozitate de numai 2-3° l pentru oțelurile aliate de îmbunătățire (grupa B și C). Punctul de inflamabilitate să fie la 200-235°C, iar intervalul între acesta și punctul de ardere să fie de 50°C (fig.3.184). Temperatura optimă de lucru a uleiului s-a stabilit a fi intervalul de 30-50°C, și s-a dovedit că efectul de răcire rămîne constant chiar mai mult de un an.

Experiențele au demonstrat că în urma operației tehnologice de revenire, 80% din vîrfurile de tensiune se descompun (fig.3.185); pericolul de fisurare prin tensiunile de călire superficială reducîndu-se cu 98%, dacă operația de revenire se va executa în maximum 30 minute de la terminarea călirii superficială (fig.3.186), la temperatura de 180-200°C, timp de 30 minute.

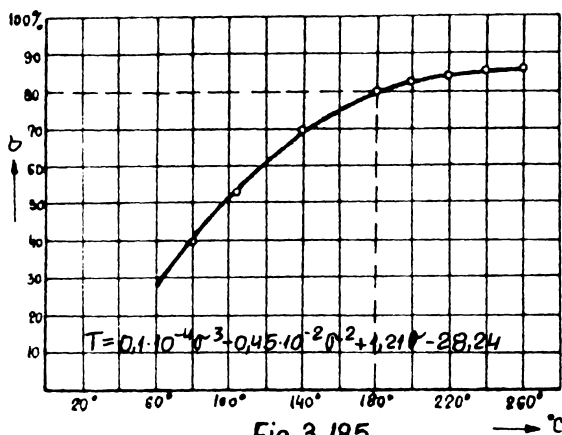


Fig. 3.185

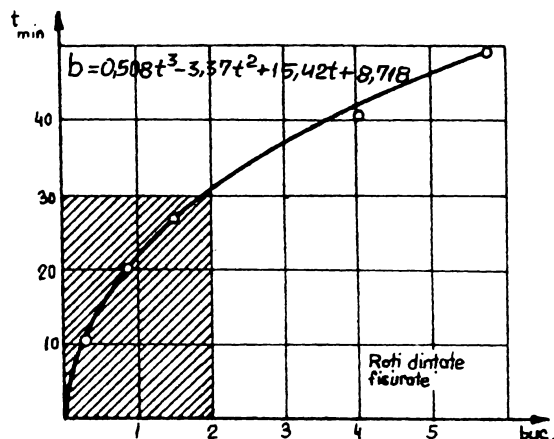


Fig. 3.186

În majoritatea cazurilor apar straturi de oxizi pe roțile dințate, cauza de timpi prea îndelungați de încălzire

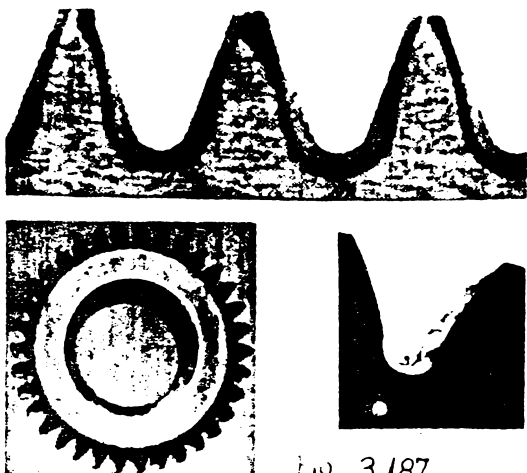


Fig. 3.187

(fig.3.187). Din procedeele tehnologice de curățire cel mai eficient din punct de vedere economic este curățirea mecanizată cu perie de sîrmă (fig.3.188).

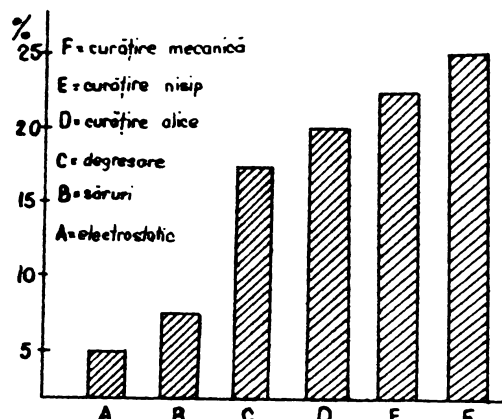


Fig. 3.188

Prin realizarea unei mașini de curățat în concepție

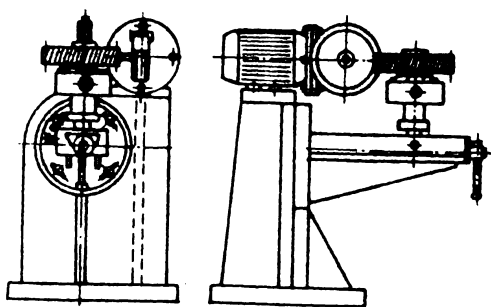


Fig. 3.189

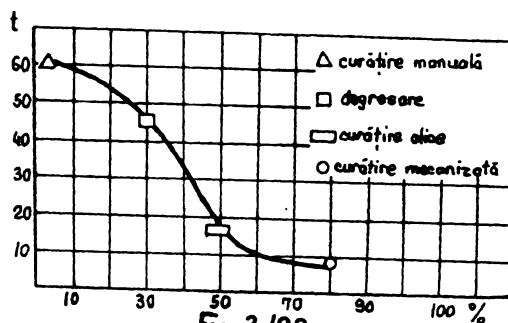


Fig. 3.190

originală (fig.3.189) s-a redus timpul unitar afectat curățirii cu 75% (fig.3.190).

Aplicând sistemul de control statistic matematic - [23] s-au introdus fișe de control (fig.3.191) și programatoarele pentru analiza fișelor pe calculatorul electronic. Interpretarea rezultatelor cu ajutorul calculatorului a permis întărirea exigenței și disciplinei tehnologice, angrenând organele de control în lanțul general al procesului de producție, devenind astfel factori activi în acțiunea de îmbunătățire a calității.

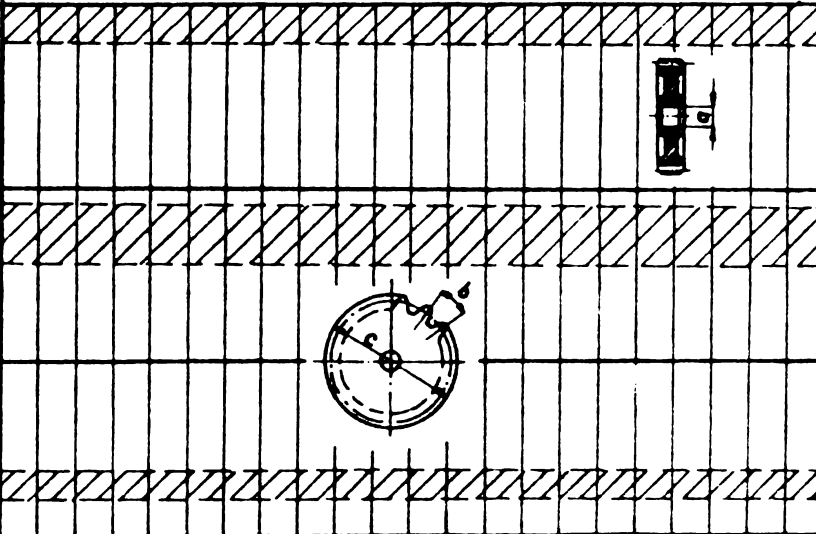
Fișă de control		Roți dințate $\phi 250 - \phi 1000$ mm																								
Aprecerea prin calculatorul electronic	Abaterea de la circularitate	-c-																								
	Abaterea de la cofa peste dinți	-b-																								
	Abaterea dimens. alezajului	-a-																								
Ora controlului			8 ⁰⁰	9 ⁰⁰	9 ³⁰	10 ⁰⁰	10 ³⁰	11 ⁰⁵	11 ²⁵	11 ³⁰	12 ⁰⁰	13 ⁰⁰	14 ⁰⁰	15 ⁰⁰	16 ²⁰	16 ³⁰	17 ¹⁵	18 ⁰⁰	19 ⁰⁰	20 ⁰⁰	21 ⁰⁰	22 ⁰⁰	23 ³⁰	24 ⁰⁰		

Fig. 3.191

3.10.2. Incercări pe ștand privind comportarea roților dințate și a pinionelor reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat. Roțile dințate și pinioanele executate conform tehnologiei stabilită de autor (cap.3) au fost montate pentru probe în două reductoare tip R3.250.0 și R3.320.0.

Pentru încercarea reductoarelor s-a conceput și realizat un ștand (fig.3.192) care are posibilitatea de a executa un sistem de pretensionare.

Incercările s-au desfășurat după următorul program:

1. Măsurarea jocului la flancuri (în 3 locuri la

fiecare treaptă de viteză)

2. Măsurarea petei de contact (pentru ambele sensuri de pretensionare, respectiv pentru ambele flancuri ale dinților).

3. Probe de mers în gol, 8 ore cu măsurarea temperaturii uleiului și măsurarea nivelului zgomotului.

4. Rodaj în sarcină: 1/3 din sarcina nominală, 8 ore; sarcina nominală, 8 ore.

5. Incercări de durată pentru verificarea uzurii dinților: la un moment de 1,25 Mn (unde Mn este momentul nominal de ieșire al reductorului); cu măsurarea zgomotului, a jocurilor la flancuri și a petei de contact.

6. Incercări de durată pentru verificarea rezistenței la încovoiere a dinților: la un moment de ieșire de 1,5 Mn (40 ore), la un moment de ieșire de 1,75 Mn (20 ore), la un moment de ieșire de 2 Mn (pînă la ruperea dinților).

3.10.2.15. Măsurarea jocului la flancuri.

Măsurarea jocului la flancuri a fost efectuată cu foița de plumb, în trei locuri, la flancul de intrare și de ieșire a dintelui roții dințate, pentru fiecare treaptă a reductoarelor; măsurarea foiței deformată a fost executată cu micrometru.

Rezultatele măsurărilor au fost trecute, pentru cele două tipuri de reductoare în tabelul 3.16 și 3.17.

Tabel 3.16

Reductor	Măsurători								
	1			2			3		
I	1,1	1,2	Medie	2,1	2,2	Medie	3,1	3,2	Medie
Treapta I	0,6	0,45	0,50	0,45	0,40	0,40	0,50	0,45	0,45
	0,4	0,3	0,33	0,45	0,40	0,43	0,60	0,45	0,50
Treapta II	0,4	0,3	0,36	0,4	0,3	0,38	0,4	0,4	0,52
	0,4	0,3	0,35	0,45	0,4	0,45	0,30	0,25	0,41
Treapta III	0,3	0,35	0,46	1,00	0,75	0,81	0,9	0,8	0,8
	0,35	0,90	0,55	1,2	0,95	1,03	0,95	0,95	1,0

Tabel 3.17

Reductor	Măsurători								
	1			2			3		
	1,1	1,2	Media	2,1	2,2	Media	3,1	3,2	Media
II									
Treapta I	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,38	0,5	0,4	0,46
	0,6	0,4	0,5	0,45	0,45	0,44	0,4	0,6	0,46
Treapta II	0,65	0,6	0,65	0,5	0,4	0,41	0,65	0,5	0,53
	0,4	0,33	0,36	0,45	0,4	0,45	0,50	0,4	0,46
Treapta III	0,8	0,65	0,68	0,6	0,6	0,65	0,47	0,75	0,65
	0,75	0,50	0,58	0,8	0,75	0,80	0,78	0,73	0,75

3.10.2.2. Măsurarea petei de contact.

Măsurarea petei de contact s-a efectuat pentru ambele sensuri de pretensionare, respectiv pentru ambele flancuri ale dinților:

- dinții pinioanelor și a roților de la ambele reductoare au fost vopsite pe ambele flancuri cu tuș edding T25

- cu o punte electronică tip RFT au fost efectuate măsurătorile de pretensionare în ambele sensuri ale reductorilor.

- s-a calculat raportul între pata de contact și suprafața flancului dintelui care se angrenează, raportul exprimându-se în procente

- pentru fiecare treaptă a reductorului, s-au efectuat cinci măsurători la pinion și cinci la roata dințată, rezultatele prezentându-se în :

Tabel 3.18

Reductor	Rota dințată				Pinion			
	pata de contact (%)				pata de contact (%)			
	1	2	3	Mediu	1	2	3	Medie
Treapta I	29	25	22	26	58	37	58	27,8
Treapta II	36	27	43	35,2	33	42	38	37,6
Treapta III	37	45	34	46,2	45	56	59	51,0

Tabel 3.19

Reductor II	Roda dintată				Pinion			
	pata de contact			%	pata de contact			%
	1	2	3	Medie	1	2	3	Medie
Treapta I	20	26	23	22,8	39	32	35	33,8
Treapta II	28	28	27	27,8	16	22	23	24,0
Treapta III	29	59	53	47	62	62	65	65,6

3.10.2.3. Probe de mers în gol.

S-au efectuat măsurătorile nivelului de zgomot la funcționarea în gol, înregistrându-se următoarele valori :

reductor I Lg=93 dB pe scara B în regim continuu

reductor II Lg=98 dB pe scara B în regim continuu

Valoarea maximă admisibilă, pentru regim intermitent fiind după normele I.S.O. de Lg admis = 105 dB.

3.10.2.4. Rodaj în sarcină.

S-a determinat temperatura uleiului: 48°C la reductorul I și 46°C la reductorul II. Măsurătorile nivelului zgomotului: 94 respectiv 95 dB pe scara B în regim continuu.

3.10.2.5. Incercările de duranță pentru verificarea uzurii flancurilor dinților.

Pentru încercările de duranță s-a lucrat cu o pre-tensionare cu 25% mai mare decât momentul nominal, timp de 400 de ore. Pentru verificarea stării de pretensionare a standului s-a montat un limitator de sarcină, reglat cu ajutorul unei doze dinamometrice, care a permis oprirea din funcționare a standului la o scădere accidentală a pretensionării.

Rezultatele determinării gradului de uzură a flancurilor dinților au fost trecute în tabelul 3.20 și 3.21.

Tabel 3.20

Reductor I	Măsurători					
	1			2		
	Jocul la flanc (mm)		Uzura (mm)	Jocul la flanc (mm)		Uzura (mm)
	în gol	1,25 Mn		în gol	1,25 Mn	
Treapta I	0,500	0,730	+0,230	0,400	0,560	+0,160
Treapta II	0,366	0,816	+0,450	0,383	0,700	+0,317
Treapta III	0,466	0,960	+0,494	0,816	1,030	+0,214

Tabel 3.21

Reductor II	Măsurători					
	1			2		
	jocul la flanc (mm)		Uzura (mm)	jocul la flanc (mm)		Uzura (mm)
	în gol		1,25 Mn	în gol		1,25 Mn
Treapta I	0,500	0,650	+0,150	0,385	0,650	+0,267
Treapta II	0,650	0,683	+0,033	0,416	0,516	+0,100
Treapta III	0,683	0,850	+0,167	0,650	0,860	+0,210

În tabelul 3.22 și 3.23 se redă creșterea procentuală a petei de contact după funcționarea reductoarelor la un moment de ieșire de 1,25 Mn, față de pata de contact măsurată la funcționarea în gol:

Tabel 3.22

Reductor I	Măsurători					
	Roata dințată			Pinion		
	Pata de contact (%)		creșterea	Pata de contact (%)		crește.
	în gol			1,25 Mn	în gol	
Treapta I	26,00	54,50	+ 109	27,80	51,25	+ 84
Treapta II	35,20	63,75	+ 109	37,60	62,00	+ 65
Treapta III	46,20	47,5	+ 2	51,00	67,00	+ 31

Tabel 3.23

Reductor II	Măsurători					
	Roata dințată			Pinion		
	pata de contact (%)		creșterea	pata de contact (%)		creșter.
	în gol			1,25 Mn	în gol	
Treapta I	22,80	53,25	+ 133	33,60	51,50	+ 52
Treapta II	27,80	44,75	+ 60	24,00	60,75	+ 153
Treapta III	47,00	48,00	+ 2	65,60	67,50	+ 2,9

3.10.2.6. Incercările de durată pentru verificare la încovoiere a dinților.

După încercările la momente de ieșire de 1,5 Mn (40 ore) și 1,75 Mn (20 ore), ștandul a fost pretensionat la 2 Mn, producându-se o rupere a 2 dinți, la roata dințată a treptei a II-a de la reductorul I, după 44 ore de funcționare. La verificarea amănunțită a tuturor roților s-a constatat o

degradare la oboseală la contact tip pitting pe majoritatea flancurilor dinților.

3.10.3. Concluzii.

3.10.3.1. Verificarea comportării în exploatare a roților și pinioanelor de la cutiile de viteză a motostivitoarelor, executate din 41 MoCr 11 C.S. călite superficial, ne-a permis a constata că prin călire cu curenți de inducție se pot obține parametri funcționali superiori, putându-se trece la înlocuirea oțelurilor de cimentare.

3.10.3.2. Verificările roților dințate și a pinioanelor reductoarelor de viteză a mașinilor de ridicat și transportat, călite superficial cu flacără oxi-gaz metan, au arătat :

- jocurile măsurate după efectuarea a 400 ore de funcționare, au permis stabilirea uzurilor maxime de 0,267 mm la perechea de roți de la treapta I, de 0,516 mm la perechea de roți de la treapta II și de 0,419 mm la roțile de la treapta III.

- pata de contact înregistrează o creștere de 52% la prima treaptă, de 153% la treapta II și de 31% la treapta III.

- temperatura uleiului a fost de 29°-30°C

- nivelul zgomotului după 400 ore de funcționare a fost de 90-91 dB.

3.10.4. Rezultatele obținute ne-au îndreptățit să apreciem că este posibil și totodată eficient economic, de a executa roțile dințate aferente reductoarelor de viteză din OLC 45 C.S. călite superficial.

3.10.5. În urma acestor concluzii, s-au făcut propuneri întreprinderii Mecanice Timișoara pentru aplicarea acestor tehnologii noi.

În acest sens, cu începe din 01.01.1978 tehnologia de fabricație a roților dințate și a pinioanelor reductoarelor este cea indicată de către autor în această lucrare.

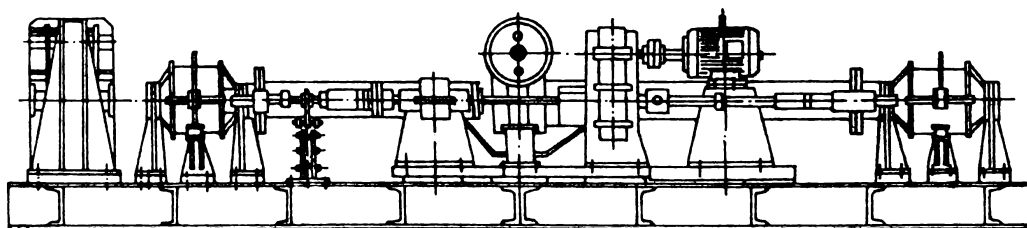


Fig. 3. 192

CAPITOLUL 4

TEHNOLOGII SI MATERIALE NOI LA FABRICATIA ROTILOR DE RULARE.

4.1. Considerații generale asupra roților de rulare.

4.1.1. Generalități.

Scopurile multiple și condițiile în care lucrează diferitele instalații, mașini și utilaje, determină necesitatea de a se asigura materialelor metalice, proprietăți cu valori cât mai mari ale caracteristicilor mecanice, fizice și chimice.

În mod special, macaralele, mecanismele de ridicare precum și dispozitivele lor auxiliare, obligă realizarea unor parametri care să îndeplinească condiții superioare de solicitare, și să dea garanția unei funcționabilități în exploatare, deosebite.

În construcția instalațiilor de ridicat și transportat la înălțime, un rol important îl au roțile de rulare, ele fiind elementul intermediar prin care mișcarea de rotație se transformă într-o mișcare de translație.

Roțile de rulare, aparținând macaralelor, sînt supuse și unor solicitări însemnate la presiunea de contact ceea ce duce la uzarea suprafețelor de rulare.

Datorită faptului că ele susțin concomitent greutatea proprie (construcția) și sarcina macaralei, roțile de rulare au de obicei dimensiuni și greutatea proprii mari. Dimensiunile roților sînt determinate de felul construcției, a materialului și a tratamentului termic. Influența dimensiunilor roților de rulare se reflectă și în mărirea corespunzătoare a construcției metalice în care sînt montate. De aceea, calea de rulare, precum și construcția macaralelor nefiind totdeauna perfecte, în roțile de rulare apar solicitări suplimentare, acestea putînd duce la uzuri premature foarte rapide, care impun scoaterea din uz, a macaralei, pînă la înlocuirea roților defecte.

Înlocuirea roților de rulare, este în general o operație greoaie. Costul manoperei de înlocuire precum și costul roților ca atare este ridicat, adăugîndu-se la acestea

și pierderile provocate de stagnarea activității, mai ales dacă macaraua este integrată într-un flux tehnologic.

Cele de mai sus, impun realizarea de roți de rulare, cât mai mici și mai ușoare, cu o durată ridicată de funcționare, ceence implică proprietăți fizico-mecanice și chimice ridicate.

Aceste proprietăți sînt legate nu numai de compoziția chimică ci, mai ales de structura materialului din care se confecționează roțile. Influența cea mai importantă asupra structurii metalelor și a aliajelor, respectiv asupra proprietăților acestora o au tratamentele termice. Ele reprezintă mijlocul practic de influențare a structurii unui material metalic solidificat, a cărui compoziție chimică este fixă.

4.1.2. Prescripții de fabricație ale roților de rulare.

Roțile de rulare ale macaralelor și mecanismelor de ridicat trebuie să corespundă prevederilor STAS 2737-70, proiectelor, și normelor interne în vigoare.

Roțile de rulare se execută din oțel turnat sau din oțel aliat turnat. Dimensionarea roților se face pe baza calculelor de rezistență determinate de apăsarea pe roți. Duritatea suprafețelor de rulare și a buzelor roților de presiune se prescrie în mod curent la minim HB - 300 kgf/mm².

4.1.3. Defecte în exploatare a roților de rulare.

Reducerea diametrelor roților duce la presiuni specifice ridicate, presiuni, care pot cauza distrugerea rapidă a suprafețelor de rulare, impunînd scoaterea roților din serviciu.

Defectele care apar în urma presiunilor ridicate și care duc la scoaterea din uz a roților de rulare sînt următoarele :

- uzura este o pierdere progresivă de material prin acțiunea mecanică.

- deformații cumulative - este o deformație permanentă în absența uzurii; aceasta include aplatizarea și îndesarea materialului.

- coroziunea prin frecare - este o distrugere de suprafață în contact cu o mișcare de alunecare, prin efect de

oxidare.

- zgîriere - zgîrieturi pe suprafață de rulare, produse fără modificarea formei generale.

- cojire - este o uzură care include separația de pojghițe de material de pe suprafața de rulare.

- pitting - este o uzură locală - caracteristică prin îndepărtarea de material la o adîncime - comparabilă cu o distrugere de suprafață.

- shelling - este un stadiu avansat al pittingului sau o decojire de suprafață.

Pittingul ca și shellingul este un fenomen încă nu bine definit în totalitate. Se consideră ca un fenomen de oboseală datorită în primul rînd propagării fisurilor de suprafață sau a celor aflate sub suprafața de rulare, datorită cărora rezultă o separare de material în cazul în care o sarcină trece de mai multe ori peste punctul respectiv. Acest fenomen este influențat de presiunea de contact, frecarea între suprafețe, duritatea materialului și natura sarcinii.

4.1.4. Tendințe mondiale în fabricația roților de rulare.

Problema roților de rulare a preocupat mulți specialiști din toate țările găsindu-și diferite rezolvări.

Astfel în URSS s-a aplicat soluția cu bandaje din oțel forjat în fibraj continuu aplicate pe un butuc turnat.

Ulterior s-a trecut la un oțel aliat cu crom, nichel molibden și vanadiu aplicîndu-se un tratament termic prealabil de sorbitizare.

În Statele Unite sînt folosite oțeluri înalt aliate turnate fără vreun tratament termic ulterior.

În RFG sînt folosite oțeluri mediu aliate, turnate, călite superficial cu flacără și ungerea căii de rulare cu bisulfură de molibden.

În Franța sînt folosite oțeluri turnate, mediu aliate, călite superficial cu curenți de înaltă frecvență.

Lipsa de vederi unitare în această privință și condițiile tehnice diferite (adîncimea de călire, adîncă în URSS și RFG, mai puțin adîncă în Franța, durității foarte mari în SUA, Franța și mai scăzute în RFG, RFG și URSS) duc la con-

cluzia că fabricația roților de rulare nu este încă rezolvată pe plan mondial.

4.2. Determinarea parametrilor tehnologiei ai roților de rulare.

4.2.1. Alegerea tipului de tratament termic.

Roțile de rulare sînt elementele care preiau majoritatea solicitărilor la care sînt supuse podurile rulante și macaralele. Condițiile de lucru, dificile, impun pieselor rezistență ridicată la uzură. Aceasta înseamnă că se necesită un strat superficial cu duritate mare și în același timp un miez tenace și rezistent.

O asemenea asociație de proprietăți contradictorii nu poate exista într-un material metalic obișnuit, dar se poate realiza prin o alegere judicioasă a materialului, și prin aplicarea unor tratamente termice de călire superficiale sau tratamente termochimice. Alegerea uneia din aceste metode este funcție de adîncimea stratului durificat, dimensiunile și forma piesei, funcționabilitatea piesei.

Am considerat, în baza cercetărilor efectuate că cea mai indicată metodă pentru obținerea caracteristicilor necesare roților de rulare este călirea superficială cu flacără oxigaz sau prin curenți de inducție.

În ceea ce privește condițiile în care trebuie efectuată încălzirea aceasta rezultă din considerentele teoretice privind transmisia de căldură la suprafață și în adîncime a unei piese încălzite într-un mediu oarecare.

4.2.2. Stabilirea adîncimii stratului călit.

Uzura roții de rulare este o funcție de :

- a - materialul piesei de bază
- b - materialul contrapiesei
- c - mediul în care lucrează cele 2 piese
- d - condițiile solicitării.

Adîncimea de călire necesară este dependentă de felul și mărimea de încărcare care este preluată de piesă.

Experiențele au demonstrat că în multe cazuri, adîncimea de călire trebuie să fie mai mare de 3-4 mm, deoarece suprafața de rulare a roții unei macarale, reprezintă adeseori suprafața portantă ce va fi introdusă în calcul.

La rostogolire apar 2 forme de uzură:

a - uzura prin alunecare

b - uzura prin pitting.

Uzura prin alunecare este micșorată prin călirea superficială datorită creșterii durității. Fenomenul pitting care se exteriorizează prin fisuri în stratul călit, se explică prin aceea că solicitarea maximă în care piesa se rostogolește nu este localizată pe suprafață, ci la o anumită adâncime conform fig.4.1.



*Determinarea adâncimii de călire optimă pentru evitarea apariției fenomenului „Pitting”
P - efortul specific*

Fig. 4.1

Planul de sub suprafața piesei, în care apar tensiunile de apăsare maximale, care iau naștere datorită încărcării P pe suprafața piesei trebuie să fie în interiorul zonei călite.

Pentru a se evita cu siguranță fenomenul Pitting, adâncimea de

călire trebuie să fie minim "a".

Pentru calcul se folosește modulul de elasticitate E și coeficientul lui Poisson (μ). Formula de calcul este următoarea :

$$a = 2 \sqrt{\frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{m^2}\right) \frac{k \cdot r}{E}} \quad (4.1)$$

în care :

a - jumătatea lungimii deformării în secțiunea zonei de caracteristici m

$$m - \text{coeficientul lui Poisson} = \frac{10}{3} = 3,33 \quad (4.2)$$

k - $\frac{P}{l}$, kg/cm l = lățimea căii de rulare

$$E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2.$$

Poziția tensiunii maxime de deplasare va fi 0,78 a. Adâncimea necesară de călire este 1,0 a.

Calculând adâncimea de pătrundere a călirii conform formulei de mai sus obținem următoarele valori:

Tabel 4.1

D.mm	P Kgf	L mm	a.mm calculat	Observații
250	11000	60	14,04	HB 300
320	13000	70	16,04	HB 300
400	15000	70	21,44	HB 320
500	17000	85	24,00	HB 350
630	21000	100	27,00	HB 350
710	24000	110	29,00	HB 350
800	28850	110	33,25	HB 350
900	40000	110	41,00	HB 350

După Niemann [91] efortul la care nu apare în timp o uzură prin rostogolire este denumit rezistența de rostogolire sau la presiunea de contact (k_d); k_d crește cu patratul durității Brinell, conform relației:

$$k_d = c_k \left(\frac{HB}{100} \right)^2 \text{ kgf/cm}^2 \quad (4.3)$$

Valorile lui c_k , sînt date în tabelul 4.2.

Tabel 4.2

Materialul utilizat	c_{k_1}	-	c_{k_2}
Oțel carbon netratat termic	12,9	-	11,5
Oțeluri îmbunătățite	14,8	-	12,5
Oțeluri călite	13,7	-	11,5
Fontă cenușie	6,7	-	7,4
Oțel turnat	15,0	-	16,3

Datorită faptului că în urma calculării adîncimii de călire au rezultat unele valori ridicate, peste 30 mm (în cazul roților de \varnothing 800 și \varnothing 900) am reconsiderat, pe baza formulei lui Niemann, [93] duritatea stratului călit, de presiunea de contact.

Astfel în cazul durităților de 300 HB pentru oțeluri turnate vom avea o rezistență de rostogolire de :

$$k_d = 15,0 \dots\dots 16,3 \left(\frac{300}{100} \right)^2 = 13500 \dots\dots 14670 \text{ kgf/cm}^2 \quad (4.4)$$

In cazul durităților de 350 HB

$$k_d = 15,0 \dots 16,3 \left(\frac{350}{100}\right)^2 = 18375 \dots 19968 \text{ kgf/cm}^2 \quad (4.5)$$

In cazul durităților de 400 HB

$$k_d = 15,0 \dots 16,3 \left(\frac{400}{100}\right)^2 = 24000 \dots 26090 \text{ kgf/cm}^2 \quad (4.6)$$

In cazul durităților de 450 HB

$$k_d = 15,0 \dots 16,3 \left(\frac{450}{100}\right)^2 = 30375 \dots 33000 \text{ kgf/cm}^2 \quad (4.7)$$

și în cazul durităților de 500 HB

$$k_d = 15,0 \dots 16,3 \left(\frac{500}{100}\right)^2 = 37500 \dots 40750 \text{ kgf/cm}^2 \quad (4.8)$$

Din cele de mai sus rezultă că se poate reduce adâncimea stratului călit cu condiția creșterii durității și anume :

Tabel 4.3

D.mm	P Kgf	L.mm	Calculat prin readaptarea formulei Niemann și aplicarea ei la r. rulare		
			Kd	HB	r mm
250	11.000	60	13.500 14.620	300	8
320	13.000	70	13.500 14.760	300	8
400	15.000	70	18.375 19.968	350	15
500	17.000	85	18.375 19.968	350	15
630	21.000	100	24.000 26.000	400	25
710	24.000	110	24.000 26.090	400	25
800	28.850	110	30.375 33.000	450	30
900	40.000	110	37.500 40.750	500	30

4.2.3. Determinarea materialului cel mai eficient pentru roțile de rulare. Pentru obținerea unei calități supe-

rioare am încercat în cadrul lucrării de față să asigurăm prin tehnologie o duritate de minim 350 HB, la o adâncime de 15-30 mm.

Materialul prescris prin documentație pentru roțile de rulare este oțelul turnat calitatea OT 55-2 conform STAS 600.

Valorile privind compoziția chimică impusă acestui oțel precum și regimurile de tratament termic sînt date în tabelul 4.4 și tabelul 4.5.

Tabel 4.4

Material	OT 55-2				
Compoziția chimică cf. STAS 600	C	Mn	Si	S maxim	P maxim
	0,30-0,45	0,4-0,9	0,2-0,42	0,05	0,05
Compoziția chimică cf. bul. analiză	C	Mn	Si	S maxim	P maxim
	0,22	0,58	0,64	0,017	0,040

Tabel 4.5

Marca oțelului	tratament termic							
	recoacere		normalizare		călire		revenire	
	°C	răcire	°C	răcire	°C	răcire	°C	răcire
OT 55	880	cupt. la 3-400°C apoi aer	880	aer	850	ulei	600 680	aer

Pe măsura ce procentul de carbon crește se obține o duritate mai ridicată în stratul călit și o adâncime mai mare a acestuia. Adâncimea stratului călit crește cu elemente de aliere. Pentru suprafețele de rulare a roților de rulare ale podurilor rulante se cere ca acestea să nu prezinte sufluri și incluziuni, deoarece prin sudarea lor se produc zone de compoziție și structură diferită care cauzează dificultăți la tratamentul termic. Structura oțelului turnat este eterogenă și din această cauză se cere ca oțelul să fie normalizat sau îmbunătățit.

În ceea ce privește materialul utilizat pentru roți-

le de rulare în cadrul uzinei s-au putut constata microscopic că pe suprafața de rulare apar sufluri și incluziuni. Analiza chimică a reliefat că nu se respectă prevederile STAS-ului 600, reprezentând abateri la conținutul de carbon. Analizele metalografice efectuate pe probe prelevate din zona căii de rulare a roților, pun în evidență neomogenități de ordin structural. După cum se vede în fig.4.2 apar zone bogate în ferită, fapt care nu permite ca după călirea superficială, în aceste zone să se obțină durități corespunzătoare.

Sînt de asemenea și porțiuni în structură cu concentrații mai ridicate în carbon, în care predomină structura perlitică (fig.4.3). Neomogenitatea de ordin structural duce în mod curent la o distribuție neuniformă a durității după călire.

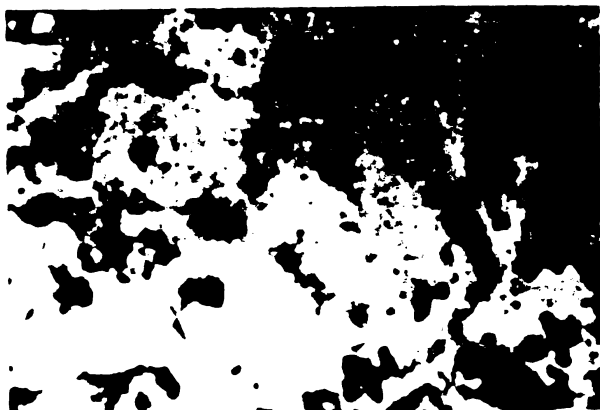


Fig. 4.2

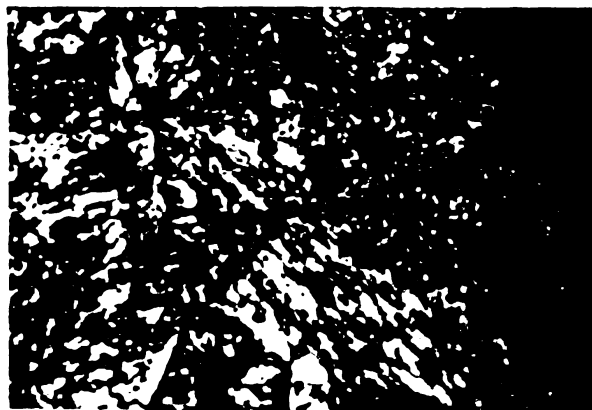


Fig. 4.3

După normalizare și respectiv după îmbunătățire se pot corecta structurile inițiale (fig.4.4 și 4.5).

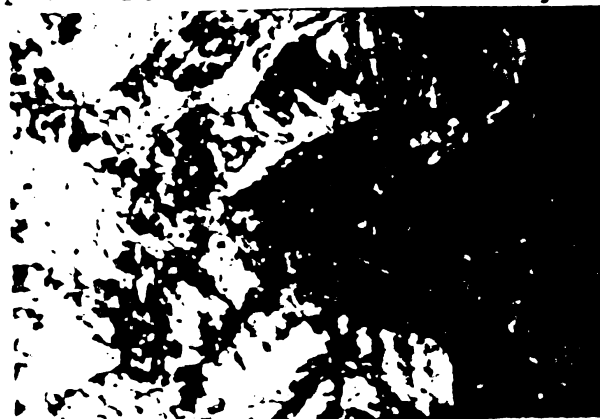


Fig. 4.4

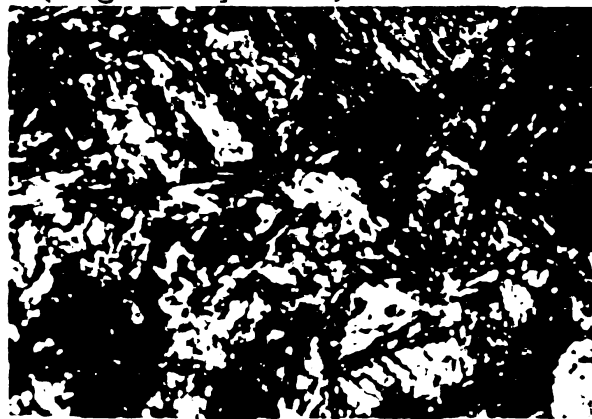


Fig. 4.5

Pentru determinarea punctelor critice de transformare s-au folosit 2 metode: una teoretică folosind formulele lui

Grange și alta practică de precizie maximă, folosindu-se un dilatometru vertical tip Banart - Weiss.

Prin prima metodă au fost calculate următoarele valori:

$$AC_1 = 723 - 14(Mn+Ni) + 22(Si+Cr) \approx 730^\circ C \quad (4.9)$$

$$AC_3 = 854 - 180 C - 14 Mn - 18 Ni + 45 Si + 1,7 Cr \approx 837^\circ C \quad (4.10)$$

Practic, acestea au fost determinate pe probe avînd forma și dimensiunile din fig.4.6, încălzite cu o viteză mică (în jur de $1,5^\circ C/min.$).

Curbele dilatometrice rezultate (fig.4.7) au determinat poziția punctelor de început și sfîrșit de transformare a valorii în jurul temperaturilor de $750^\circ C$ și respectiv $825^\circ C$. In consecință

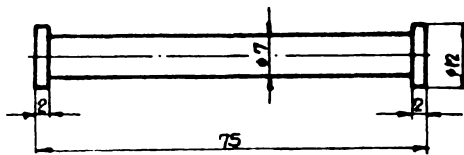


Fig. 4.6 Forma și dimensiunile epruvetei pentru încercarea dilatometrică.

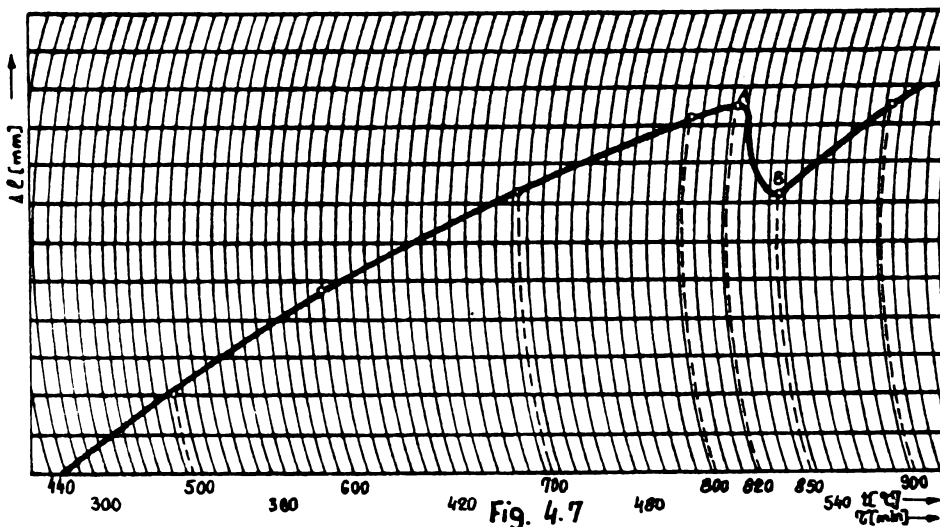


Fig. 4.7

temperatura optimă de călire se situa peste $855^\circ C$. Probele de călibilitate efectuate pe probe tip Jominy (conform STAS 4930)

CONDITII:
material OT55A
Tem. = $850^\circ C$
Tem. = 30 min.
Răcire în apă

OBSERVAȚI:
Măsurarea durității pe două generații opuse.
Reprezentarea măsurătorilor de pe 3 epruvete Jominy

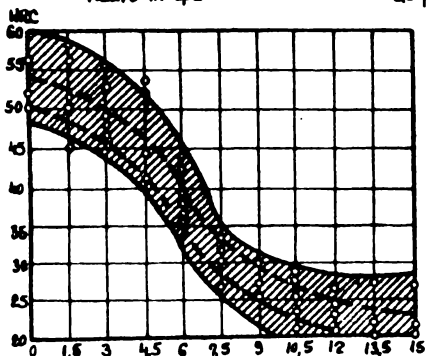
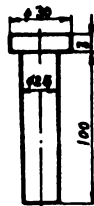


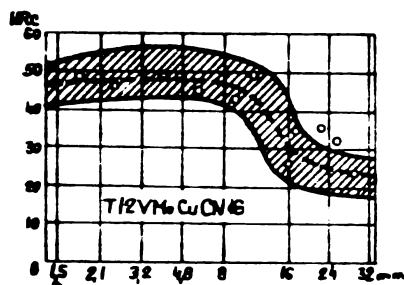
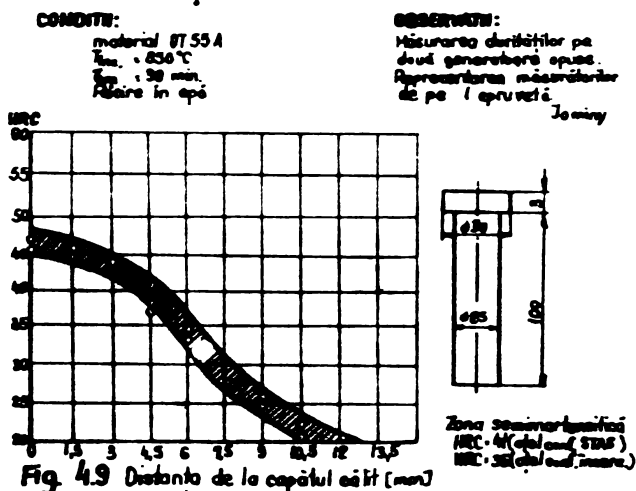
Fig. 4.8 Distanța de la capătul călit [mm]



Zona semimarțensitică
HRC = 41 (oțel conf. STAS)
HRC = 35 (oțel conf. Inarc.)

urmărind variația durității pe două generații opuse, pe probe călite frontal la $850^\circ C$ sînt redate în fig.4.8 și la $800^\circ C$ fig.4.9.

4.2.3.1. In urma cercetărilor și experimentărilor efectuate asupra tuturor oțelurilor turnate, reali-



zate de metalurgia românească (v. și cap. 2.6 tab. 2.18) am opinat pentru alegerea la roțile de rulare a oțelului turnat T12VMoCuCN16 STAS 1773-76 (fig. 4.10).

Compoziția chimică a acestui oțel este următoarea:

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V
0,10-0,18	0,3-0,55	0,2-0,42	0,03	0,03	1,2-1,7	1,4-1,8	0,2-0,3	0,4-0,65	0,08-0,15

Temperaturile de tratament termic sînt redată în tabelul 4.7.

Tabel 4.7

	Normalizare	Călire	Revenire
T.12VMoCuCN	940 - 960°C	890 - 910°C	520 - 630°C

Caracteristicile mecanice ale oțelului T12VMoCuCN16, după tratamentul termic trebuie să corespundă tabelului 4.8.

Tabel 4.8

	Tra- ta- ment ter- mic	Limita de curgere kgf/mm ²	Rezis- tența la trac- țiune kgf/mm ²	Al- lun- gi- re	Gf- tui- re	Rezili- ența KCU 30/2 kgf/cm ²	Rezilien- ța KCU 30/5 kgf/cm ²
T12VMoCuCN16	N+R	65	80	12	20	3,0	2,0
	C+R	80	100	10			

Conținutul scăzut de carbon este compensat de ele-

mentele de aliere, și mai ales de faptul că acest oțel se pretează la un tratament termic prealabil de sorbitizare prin care se asigură o adâncime și o duritate corespunzătoare.

Analizele metalografice arată în zona superficială o structură martensitică fig.4.11 iar în zona de tranziție fig.4.12 martensita plus troostită.

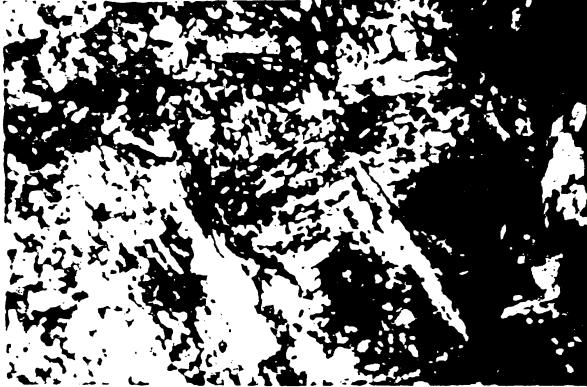


Fig. 4.11



Fig. 4.12

Teoretic punctele critice ale acestui oțel sînt următoarele :

$$AC_1 = 723 - 14(Mn+Ni) + 22(Si+Cr) = 745^{\circ}C \quad (4.11)$$

$$AC_3 = 854 - 180^{\circ}C - 14 Mn - 18 Ni + 45 Si + 1,7 Cr = 825^{\circ}C \quad (4.12)$$

Practic curbele dilatometrice indică punctele de transformare la $780^{\circ}C$ și $850^{\circ}C$ ceea ce situează temperatura optimă de călire la peste $870^{\circ}C$ (fig.4.13).

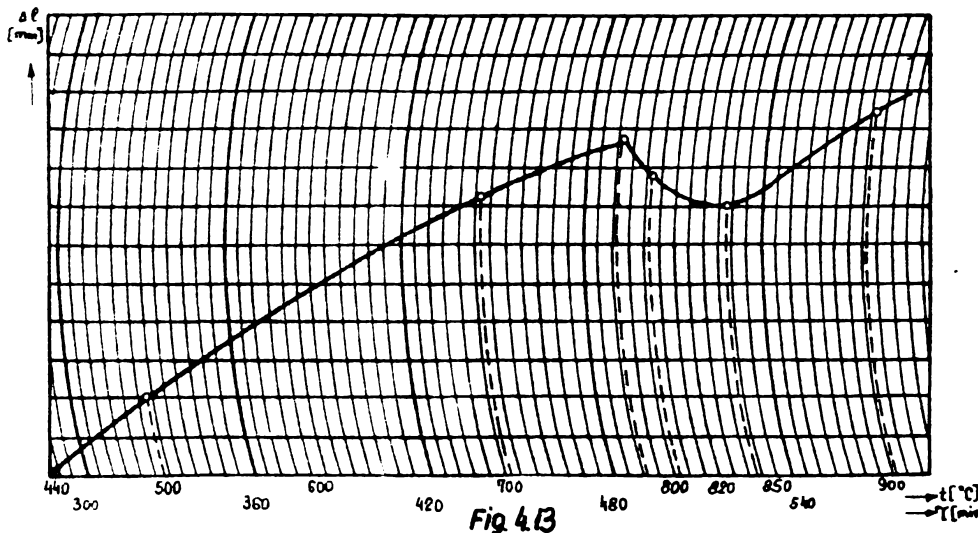


Fig. 4.13

Incercările de calitate au fost executate pe epruvete de încercare tip Jominy dînd indici de călibritate corespunzătoare pentru

o adâncime minimă de călire de 15 - 20 mm.

4.2.4. Incercări privind parametri optimi ai regimului de călire.

Pentru a verifica în mod practic comportarea celor două oțeluri la operația de tratament termic ce se vor folosi la fabricarea roților de rulare (OT 55-2 prescris în documentație și T 12VMoCuCN16 stabilit experimental) s-au executat un număr de 120 buc. eşantioane (cubice cu latura de 15 mm) pentru OT 55-2 și 320 pentru T 12VMoCuCN16. La oțelul OT 55-2 eşantioanele au fost călite în apă și în ulei. Diagrama din fig.4.14 reprezintă rezultatele călirilor marcate prin duri-

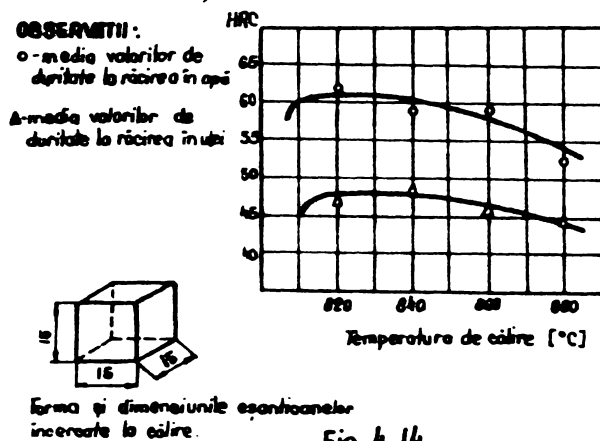


Fig. 4.14

tatea HRC și indică o valoare optimă la o temperatură de călire de 830°C pentru OT și 870°C pentru T 12VMoCuCN16.

La valori mai mici sau mai mari de temperaturi de încălzire are loc scăderea durității obținute în urma călirii,

Nu au apărut tendințe de

fisurare; totuși la zonele de colț (reborduri) trebuie să se asigure o încălzire cu precauțiune.

Structurile metalografice ale probelor călite indică o comportare diferențiată funcție de structura inițială (fig.4.15 - 4.16).

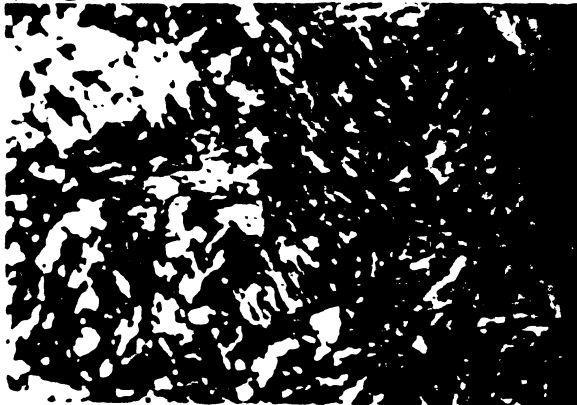


Fig. 4.15

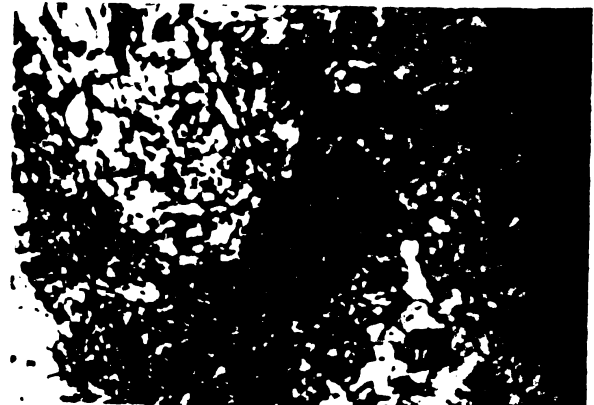


Fig. 4.16

4.3. Cercetări experimentale și aplicative.

Pentru realizarea călirii superficiale a roților de rulare ne-am îndreptat atenția spre două metode de lucru și anume :

- călirea prin încălzirea superficială cu flacără
- călirea prin încălzirea superficială prin curenți de inducție.

4.3.0. Călirea prin încălzirea superficială cu flacără.

Prin călirea superficială cu flacără, suprafața de călit a roții de rulare se încălzește local într-un timp foarte scurt, la temperatura de călire, datorită unei concentrări puternice a căldurii produsă prin arderea unui amestec de gaz combustibil și oxigen. Prin răcirea rapidă ce are loc imediat după terminarea încălzirii se împiedică pătrunderea căldurii în adâncime și se călește superficial numai suprafața încălzită.

Am studiat călirea superficială cu flacără a roților de rulare prin două procedee tehnologice în funcție de mișcarea relativă dintre roată și arzător și anume: călirea simultană și călirea succesivă.

4.3.0.1. Călirea simultană.

La această metodă arzătorul încălzește simultan în toate punctele suprafeței de încălzit. După atingerea temperaturii de călire se întrerupe încălzirea și se răcește roata fie prin intermediul unui duș de răcire fie prin scufundare în mediul de călire.

La călirea simultană am avut de ales între două procedee și anume:

a - Călirea simultană staționară la care nu există nici o mișcare relativă între arzător și roată. După încălzirea simultană a întregii suprafețe de încălzit, capul de călire (arzător + duș) sau piesele se deplasează astfel încât dușul de răcire este adus direct peste suprafața încălzită

(fig.4.17).

b - La călirea simultană cu rotație (fig.4.18) se încălzește mai întâi suprafața ce urmează a fi călită (A) cu ajutorul unui arzător (B) a cărui lățime corespunde lățimii suprafeței de călit.

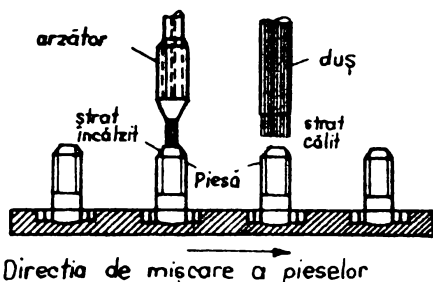


Fig.4.17 Călirea simultană staționară a șuruburilor de presiune

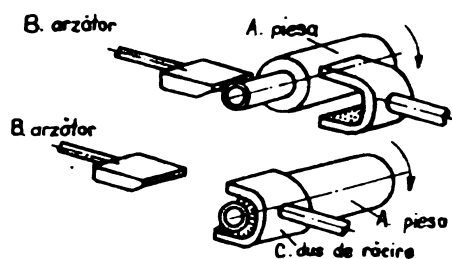


Fig. 4.18 Călire simultană de rotație

În timpul încălzirii piesa se rotește. După terminarea încălzirii se retrage arzătorul și se aduce pe suprafața piesei, care continuă să se rotească, un duș de răcire cu apă, (C) în vederea călirii.

4.3.0.2. Călirea succesivă.

Metodele clasice de călire succesivă cu flacără

sînt :

a - călirea succesivă cu translație (fig.4.19) unde arzătorul B are o mișcare de translație față de piesa A cu o anumită viteză. Răcirea zonei încălzite are loc imediat după încălzire cu un duș de răcire.

b - călirea succesivă cu rotație (fig.4.20) care se folosește în practică la călirea corpurilor cilindrice. Încălzirea se realizează cu un arzător inelar B care are o mișcare de avans b. În acest fel piesa se încălzește și apoi se răcește cu un duș (C) pe întreaga lungime, succesiv pe fiecare zonă inelară.

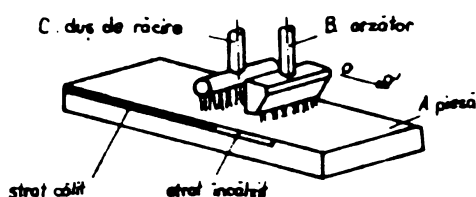


Fig. 4.19 Călire succesivă cu translație

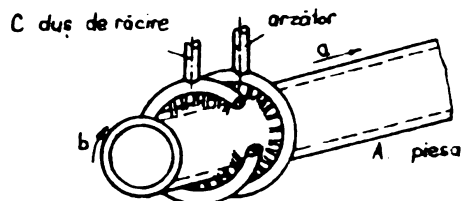


Fig. 4.20 Călire succesivă cu rotație

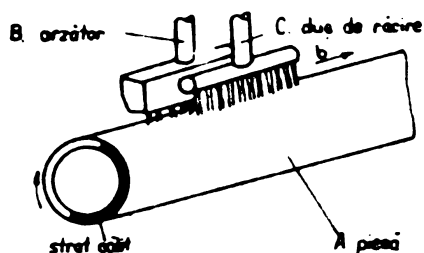


Fig. 4.21 Călire succesivă cu translație (în rotație)

c - la călire succesivă pe circumferință (fig.4.21) arzătorul B și dușul de răcire (C) au o mișcare de translație în direcția b în timp ce piesa se rotește lent cu firul axei sale în direcția a.

Analizînd aceste metode am ajuns la concluzia, că datorită formei

roților de rulare se poate aplica prima metodă cu condiția de a modifica mișcarea de translație liniară într-o mișcare de rotație. Pentru accentuarea răcirii se va face o răcire suplimentară prin scufundarea piesei într-o baie de călire (fig.4.22).

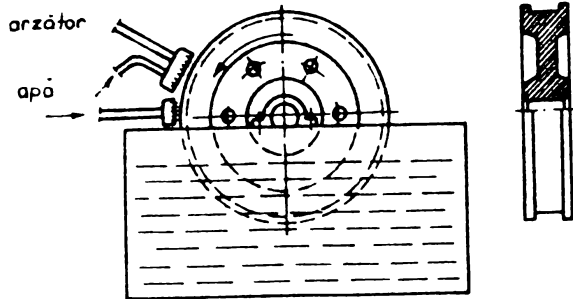


Fig. 4.22

4.3.1. Instalații originale pentru realizarea cercetărilor.

Călirea superficială cu flacără a roților de rulare a fost realizată în mai multe variante, fiecare dintre ele corespunzându-i o instalație specializată, concepută în mod special pentru încercări.

4.3.1.1. Instalație Trt.030

Instalația Trt.030 este alcătuită din următoarele părți componente (fig.4.23) : - grup de acționare - antrenare

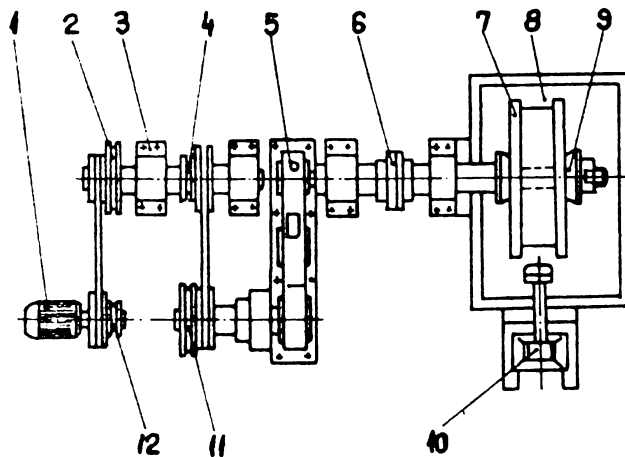


Fig. 4.23

compus din: 1 motor de 1 kw $n=1500$ rot/min (1), 1 reductor (5), 1 set de șabe de curea (2,4,11,12), 1 set de curele trapezoidale sistemul de prindere a piesei (7), arzătorul (10), bazin de răcire (8).

Instalația funcționează cu acetilenă și oxigen.

Arzătoarele folosite sînt

asemănătoare din punct de vedere constructiv cu arzătoarele folosite în practica sudării. Ele sînt formate din trei părți principale: a - mînerul cu canale pentru gaz și oxigen și cu robinetele de reglare respective. b - țeava cu injectorul și cu camera de amestec. c - capul de ardere care servește pentru formarea flăcării (fig.4.24).

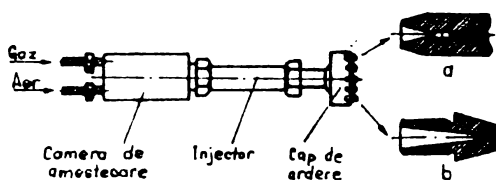


Fig.4.24 Arzător cu găuri montate prin presare (a) sau înșurubare (b)

Pentru execuția călirii superficiale am folosit arzătoare care constructiv au permis debite specifice maxime, superioare celor cu fante și au putut fi întrebuințate pentru o gamă largă de piese cu adîncimi de

călire diferite (2,0 la 8 mm).

Prin așezarea găurilor una sub alta, ceea ce influențează favorabil asupra unei egalizări rapide a căldurii transmise piesei și la viteze mari de translație, s-a obținut un strat călit suficient de omogen. Prin înmulțirea numărului de găuri așezate pe mai multe rânduri a crescut puterea de încălzire a arzătorului, dar în schimb a crescut și consumul de oxigen.

Pentru o bună funcționare, dimensiunile arzătorului au respectat următoarele condițiuni:

- raportul dintre diametrul camerei de ardere și diametrul tubului injector trebuie să fie de $d_{ca}/d_{ti} = 3$.
- diametrul găurilor să fie cuprins între 0,6 și 1 mm.
- distanța între găuri să fie de 4 - 6 ori diametrul găurilor.

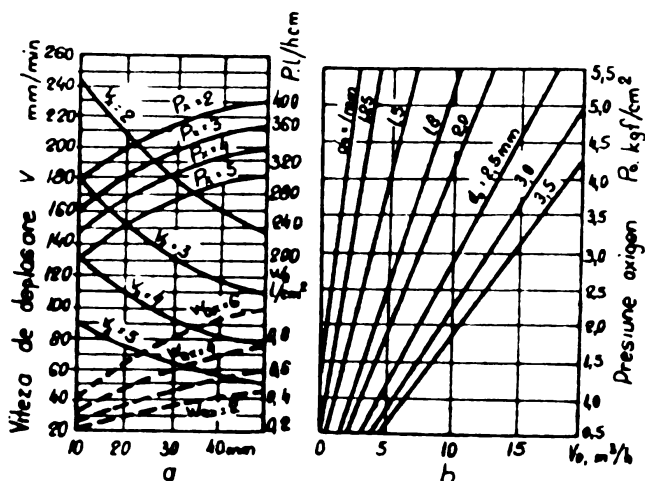


Fig. 4.25 Nomograme pentru calculul constructiv al arzătoarelor cu găuri multiple

Numărul dimensiunilor orificiilor camerei de ardere, diametrele conductelor de alimentare cu oxigen și acetilenă și presiunile de lucru ale oxigenului și acetilenei s-au determinat în funcție de adâncimea de călire "X" și grosimea piesei "D" (fig. 4.25).

Consumul de acetilenă depinde de lățimea zonei căluite L, care a rezultat din relația :

$$V_A = P \cdot L \quad (l/h) \quad (4.13)$$

- iar consumul de oxigen din relația :

$$V_O = 1,15 V_A \quad (l/h) \quad (4.14)$$

Diametrul găurilor d_0 și numărul de găuri n ale camerei de ardere se determină din tabelul 4.10 în funcție de puterea flăcării :

Tabel 4.10

P în l/h cm	180-260	230-350	390-430	350-530	460-620
d.a în mm	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
n.	L/0,15	L/0,175	L/0,200	L/0,225	L/0,50

Diametrul injectorului de oxigen, do este determinat de consumul de oxigen V_o :

Tabel 4.11

V_o în l/h	500-600	800-1600	1500-2500	2400-3000	3300-5000
do în min.	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5

Numărul de rînduri de găuri s-a calculat cu formula:

$$N = n \frac{h}{B} \quad (4.15)$$

în care: N - numărul de rînduri; n - numărul de găuri; h - distanța între găuri (4 la 6 ori, diametrul găurii); B - lățimea de călit.

Orificiile de apă trebuie să aibă diametrul de cca 1,5 ori mai mare decât cele de flacără, deci $d_{ap\acute{a}} =$

$$= d_o \times 1,5 \quad (4.16)$$

Viteza de avans a fost de 140 mm/min, presiunea oxigenului 4,5 atm, a acetilenei de 0,5 atm iar a apei de răcire de 0,2 atm. Temperatura apei de răcire (dușului) 18-20°C, temperatura apei de răcire suplimentară (bazin) 40-60°C.

4.3.1.2. Instalația 0719 - 4026.

Cercetările și experiențele au determinat stabilirea tehnologiei, atât din punct de vedere al operațiilor tehnologice cît și din punct de vedere al dotărilor.

În acest sens s-a stabilit următorul itinerar tehnologic. Roata de rulare turnată din oțel OT 55-2 este supusă în stare brută unei recoaceri de omogenizare. După acest tratament termic primar, roțile se prelucrează mecanic la starea de eboș, și apoi se execută operația de normalizare. Se execută finisarea exteriorului roții și apoi tratamentul termic de călire cu flacără. În final se execută finisarea găurii butucului, evitîndu-se astfel abaterile de la cote, posibile, din

cauza deformărilor provocate de tratamentul termic. Ca urmare a stabilirii acestei tehnologii a fost necesară proiectarea și execuția unui nou dispozitiv, perfecționat, pentru călirea superficială cu flacără. Acest dispozitiv, 0719-4026 fig.4.26

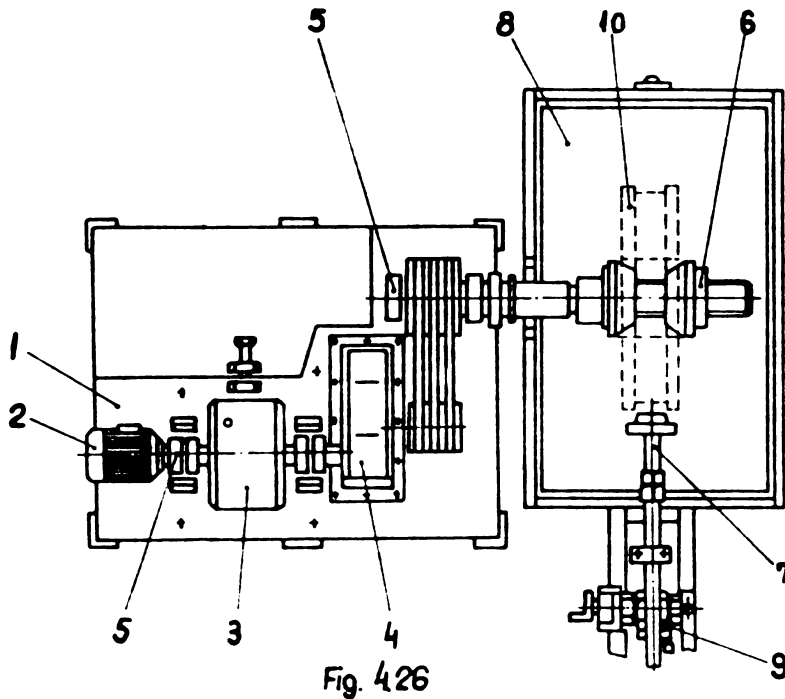


Fig. 4.26

este o variantă a instalației Tst.010 la care s-au efectuat o serie de adaptări: - o masă cu o placă glisantă (1); - grup acționare - antrenare compus din: 1 motor electric 2,2 kw N=1500 ture/min (2); 1 variator hidraulic (3); 1 reductor (4); 1 sistem de cuplare (5);

- sistemul de prindere al piesei (roții) (6); - arzătorul (7); - bazinul de răcire (8); - suport de manevră arzător (9); - roată (10). Noul dispozitiv prezintă următoarele îmbunătățiri: a - permite să se verifice turația în limita de la 4 minute pe o rotire completă la 190 de minute

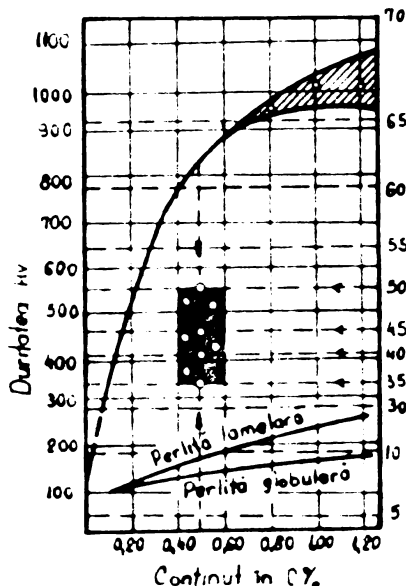


Fig. 4.27 Influența carbonului asupra durității oțelurilor cu aceeași structură

b - s-a modificat arzătorul în sensul că se poate varia raportul gaz-oxygen, în proporții dorite
c - se poate regla distanța arzător-piesă.

În vederea optimizării regimului de călire superficială cu flacără s-a studiat în mod amănunțit influența unor elemente și parametri tehnologici, caracteristici, și acestui gen de tratament termic.

a - Influența compoziției chimice. S-a demonstrat că variația conținutului de carbon are o influență deo-

sebită asupra durității oțelului călit (fig.4.27) la roțile de rulare.

b - Influența structurii. Structura în cazul oțelurilor trebuie să fie omogenă, iar pentru piese cu pereți groși și adâncimi mari de călire, călite superficial cu flacără, oțelurile trebuie să aibă o structură cu grăunte mediu:

Acest lucru a fost realizat prin normalizare, obținându-se structurile de bază, din fig.4.27a,

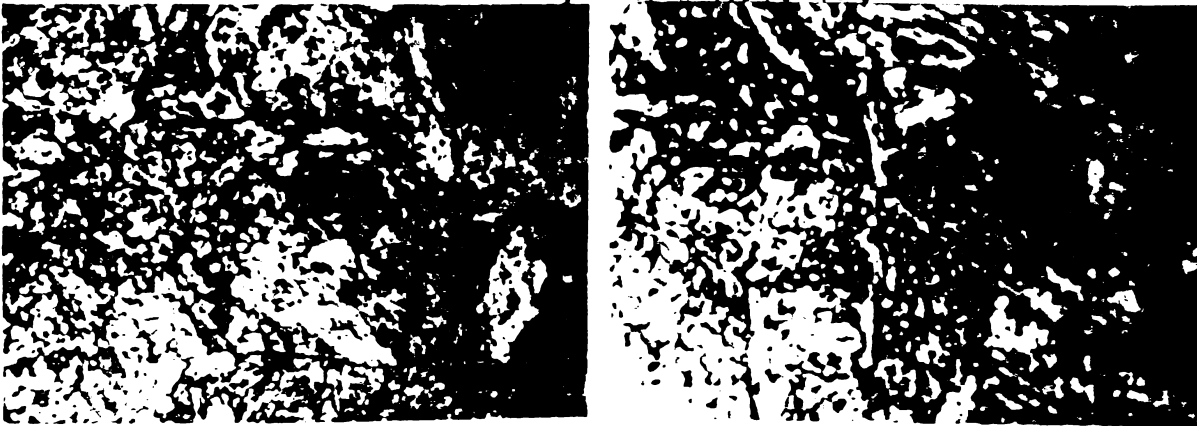


Fig. 4.27 a

c - Raportul gaz-oxigen. Deoarece, folosind acetilena am avut o temperatură și o viteză de ardere ridicată și deci o adâncime de călire redusă, prin varierea raportului gaz-oxigen în sensul creșterii cantității de oxigen, am obținut o reducere a temperaturii și vitezei de ardere. În acest context, am determinat relațiile :

$$V_o = 1,3 \cdot V_a \text{ l/h} \quad (4.17)$$

$$V_o = 1,2 \cdot V_g \text{ l/h} \quad (4.18)$$

4.3.2. Stabilirea standului de încercări din punct de vedere constructiv și funcțional.

Pentru realizarea stabilirii regimului de ardere și al tehnologiei călirii cu flacără s-a proiectat și construit un stand pentru călirea roților de rulare. Standul a permis efectuarea încercărilor în ipoteza lucrului prin călirea simultană (fig.4.28) sau călire succesivă (fig.4.29).

Totodată prin intermediul unui sistem de măsurat perie-colector, s-au putut urmări temperaturile obținute în profunzimea călilor de rulare în timpul lucrului, cu ajutorul unor termocuple Fier-Constantan confecționate special.

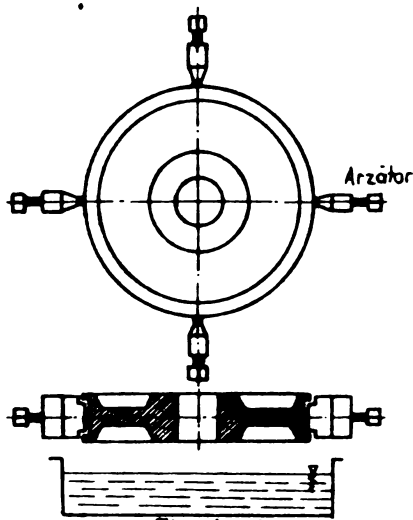


Fig. 4.28

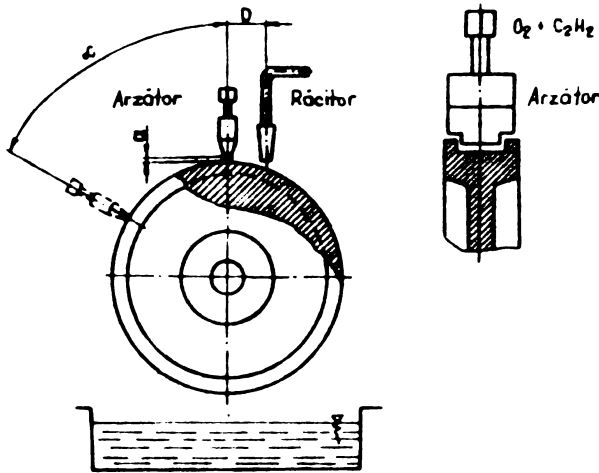


Fig. 4.29

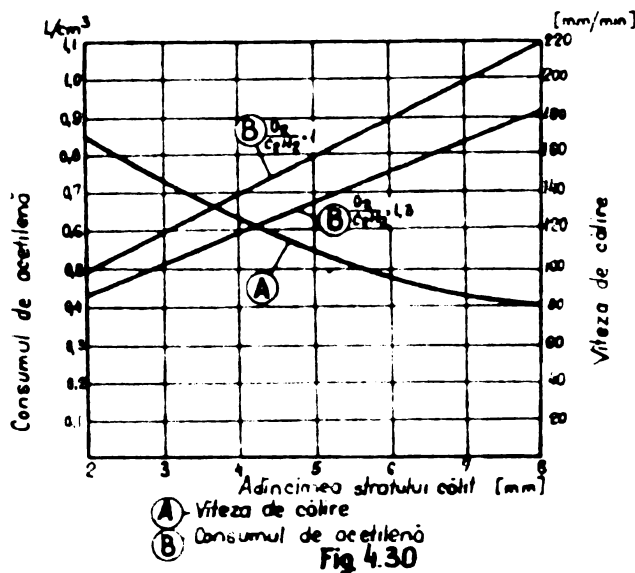
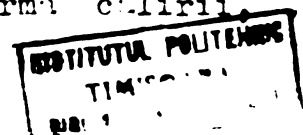


Fig. 4.30

Dispozitivul de călire permite realizarea următoarelor viteze periferice: 3,4,5,6,8,12,18,36 cm/min. (prin intermediul unui reductor melcat și roți de schimb acționat de la un motor electric tip B₃ 80x1000). La proiectarea standului având vitezele periferice amintite mai sus s-a ținut cont de nomograma (fig.4.30) privind vitezele de călire și consumul de acetilenă în cazul călirii cu flacără. Pentru realizarea încălzirii am utilizat amestecul combustibil O₂ + C₂H₂. Standul a folosit un generator portabil de acetilenă, tub de oxigen și un arzător proiectat pe un bec nr.7 cu un consum de acetilenă de 2500 l/h. Pentru roata Ro 500-1 (fig.4.31) s-a realizat o decupare pe o porțiune radială a căilor de rulare unde s-au amplasat segmentii (fig.4.31) din OT 55-2 care reproduc în secțiune forma căii de rulare și care au permis studiul metalografic și de duritate în urma călirii.



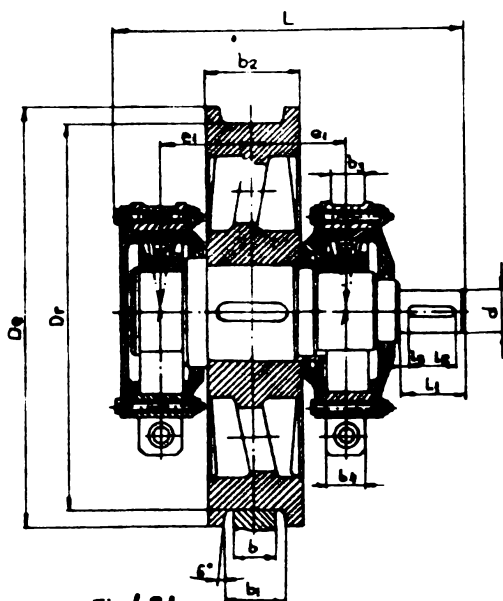


Fig. 4.31

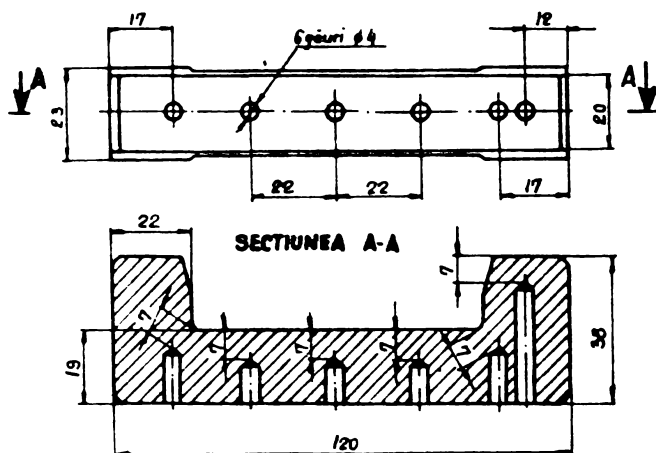


Fig. 4.31

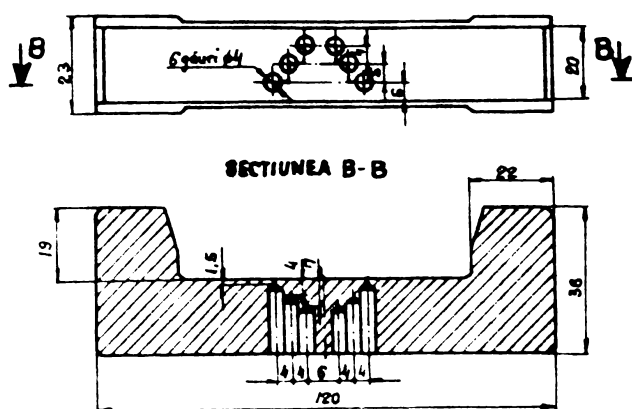


Fig. 4.32

precum și înregistrarea temperaturilor cu ajutorul termocuplelor Fier-Constantan (fig.4.32). Pentru înregistrarea și urmărirea frontului de temperatură din segmenti în timpul încălzirii s-a utilizat un milivoltmetru înregistrator tip E 53-5WM 3 (licență Hokusin) pentru un singur punct urmărit, și un oscilograf cu buclă RFT tip 12 IS 1 pentru maximum 6 puncte urmărite. Pentru Termocuplele construite s-au ridicat diagramele de etalonare utilizând atât milivoltmetrul înregistrator, cât și oscilograf cu buclă (fig.4.33; 4.34; 4.35). Tot pentru stabilirea corectă a datelor inițiale de încercare s-au utilizat și alte date experimentale verificate în cazul unor situații similare (tabelul 4.12 și 4.13). Avansul în funcție de diametrul piesei călitate, s-a determinat pentru roți de rulare cu diametre între 500 și 800 mm și calitatea materialului OT 60-2 și T 12VMo Cu CN16.

Tabel 4.12

Diametrul piesei că- lite mm	100-200	200-300	300-500	500-700	700-900	900-1000
Avans	9-14	8-13	6-11	5-10	4-9	7-8

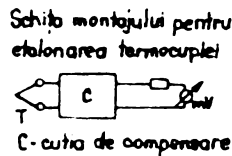
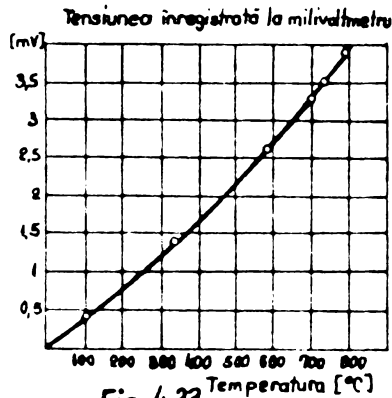
Distanța dintre arzător și răcitor:

Tabel 4.13

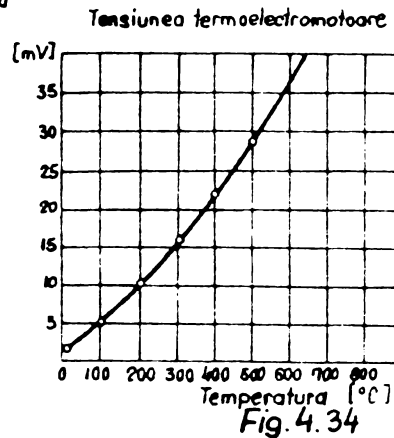
Diametrul piesei căli- te mm	100	100-200	200-300	300-500	500
Distanța (mm)	15-30	10-25	10-20	8-15	max. 10

$T = U_V^3 - 0,1 \cdot 10^{-4} U_V^2 + 0,58 \cdot 10^{-2} U_V - 0,3 \cdot 10^{-1}$

-temperatura capătului
rece 20°C.
-etalonarea e-a făcut pentru
milivoltmetrul înregistrator,
E53 5WM3 (licență
Hokushin) cu rezistență
de ajustare.



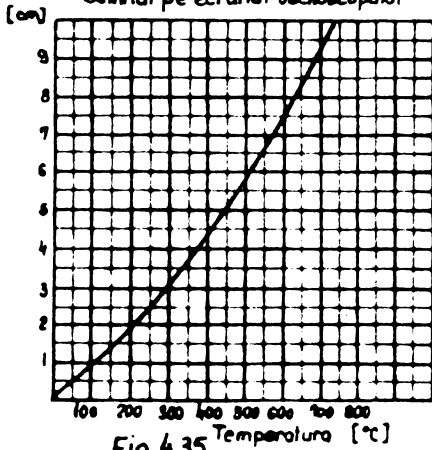
$T = U_V^3 + 0,1 \cdot 10^{-4} U_V^2 + 0,42 \cdot 10^{-2} U_V + 0,672$



CONDITII:
Temperatura
capătului
rece 20°C.

$T = d^3 - 0,1 \cdot 10^{-4} d^2 + 0,113 \cdot 10^{-1} d - 0,19 \cdot 10^{-1}$

Signal pe ecranul osciloscopului



Etalonare pe
oscilograf cu buclă
RFT tip 12/51.
Poziția divizorului
oscilografului:
- comutator - poz. 15
- potențiometrul: 8
Tipul galvanometrului:
46238 ptr. 250 Hz.
Capătul rece al termo-
cuplei la 20°C.
Cu - constant.

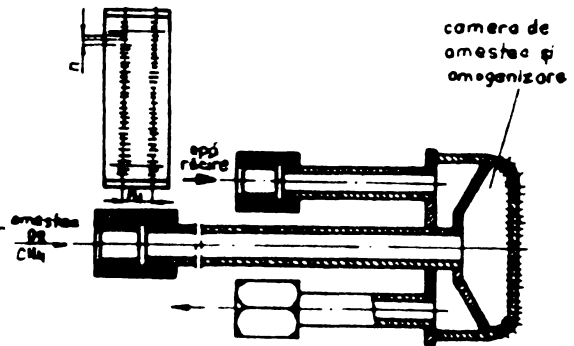


Fig. 4.36

Pentru un generator portabil avînd ajutorul nr.7 la un consum de acetilenă de 2500 l/h și un arzător profilat (profilul cîii de rulare) acesta are următoarele date constructive:

Tabel 4.14

\varnothing orificiu (mm)	0,6	0,7	0,9	1,2
Consum C_2H_2 l/h	30	45	90	210
Nr.de orificii	23	55	27	12

Consumul de acetilenă pentru o adâncime de călire de 8 mm la o viteză periferică admisă de minim 80 mm și la un consum specific $q = 0,95 \text{ l/cm}^2$ este de $5,4 \text{ m}^3/\text{h}$.

4.3.3. Etalonarea instrumentelor de determinare a condițiilor de încercări experimentale.

Pentru înregistrarea și înscrierea temperaturilor în segmenti pentru încercare (DC-3) în timpul lucrului s-au etalonat termocuple de Cu-C cu adaptare la milivoltmetrul înregistrator și la oscilograful cu buclă. Curbele de etalonare sînt cele din fig.4.33; 4.34; 4.35.

Standul pentru încercări la călire C-1 permite efectuarea călirilor atît prin metoda simultană cît și prin cea succesivă, a fost astfel construit încît să permită încercarea roților de rulare adoptîndu-se orice tip constructiv de arzător.

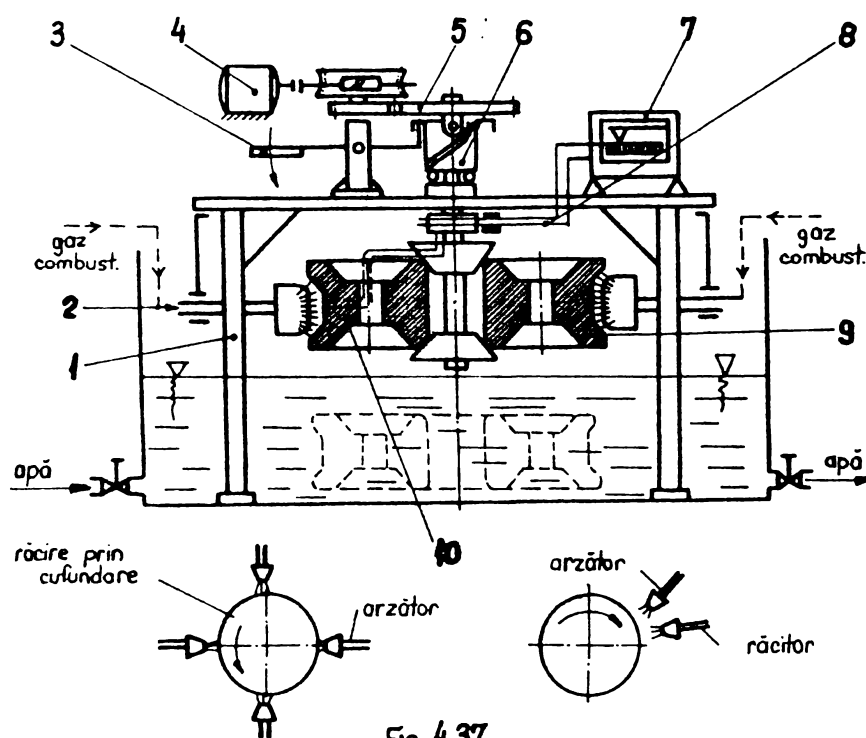


Fig. 4.37

În cazul construcției cu orificiu = 0,6 mm, cu un singur arzător și cca 40 de găuri pe 2 rînduri la un pas de 3 mm.

Standul (fig.4.37) este format din un suport metalic așezat într-un bazin cu apă, avînd posibilitatea de alimentare evacuare prin 4 robinete. Pe părțile laterale ale suportului metalic se pot amplasa arzătorii (unul sau mai multe, funcție de metoda de

călire) cu posibilitatea de reglare a poziției lor. Suportul metalic menține deasupra nivelului apei din bazin, roata de rulare supusă încercărilor de călire și care este suspendată cu ajutorul unui arbore cu canal elicoidal menținut într-un cuplaj de soăpare (6). Căderea roții în bazinul de răcire se face acționând cuplajul de scăpare prin maneta de comandă (3). Datorită canalului elicoidal de pe arborele suport, roata de rulare se rotește în timpul călirii (cazul călirii simultane). Dacă se recurge la metoda călirii succesive în urma arzătoarelor la distanța reglabilă se pot așeza răcitoarele. Acționarea roții de rulare pentru obținerea a diferite viteze periferice se face de la un sistem motor-reductor compus din motorul electric (4) și ansamblul reductor (5) având în final 2 roți de schimb. Totodată pe arborele care susține roata de rulare se găsește un colector (8) în legătură cu un milivoltmetru înregistrator (7) care permite racordarea termocuplelor de la segmentii roților de încercare respectiv urmărirea temperaturii atinse pe adâncimi, la diferite regimuri de lucru.

4.3.4. Considerații privind construcția arzătoarelor și determinarea unei metode de călire cu preîncălzitoare.

Arzătoarele proiectate au fost prevăzute cu circuite și camere independente de răcire (fig.4.38) care au asigurat funcționarea neîntreruptă a acestora. Totodată datorită

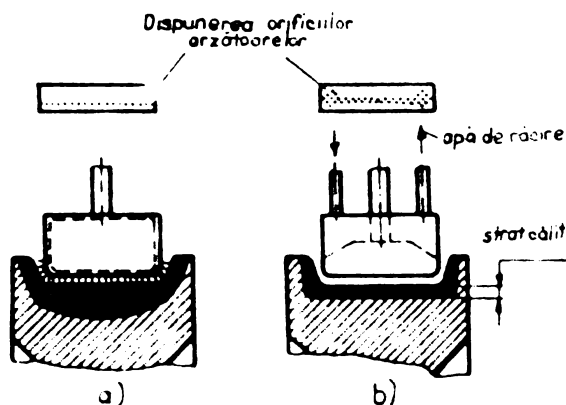


Fig.4.38 Distribuția stratului de răcire în funcție de construcția arzătorului

dificultăților de realizare a adâncimii prescrise de călire în zona de racordare a căii de rulare cu rebordurile, a făcut necesar ca arzătoarele să aibă prevăzute în această zonă mai multe rânduri de găuri, astfel ca puterea lor în această zonă să fie sporită considerabil.

În ceea ce privește răcoitorul, acesta trebuie să asigure un debit maxim (reglat experimental) printr-o fantă lamelară înclinată, astfel ca locul de stropire să coincidă cu nivelul apei din bazin realizând turbionarea acesteia.

În fig.4.39 se prezintă principiul constructiv al standului - dispozitiv de călire adaptat în varianta călirii succesive cu preîncălzire (c-2).

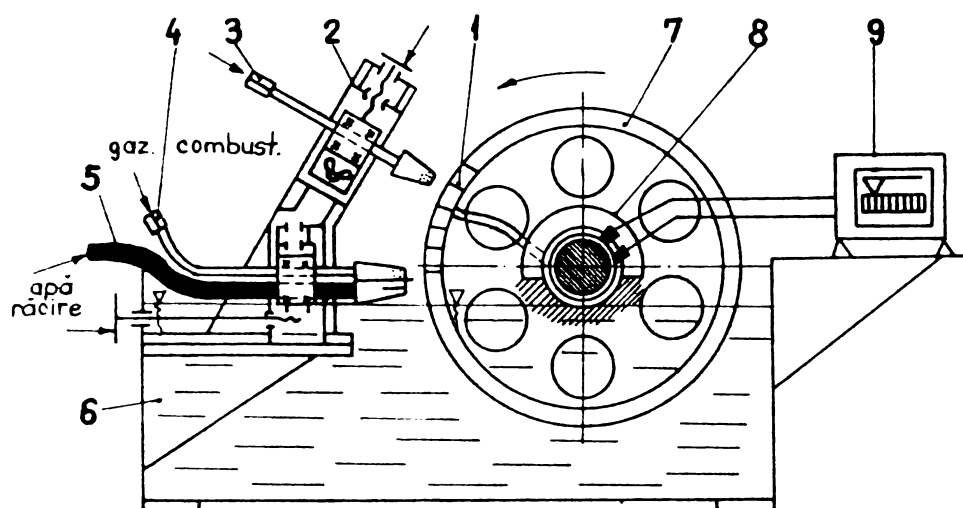


Fig.4.39 Instalație uzinală pentru călirea roților de rulare prin metoda preîncălzirii

În această variantă arzătorul (3) de preîncălzire este plasat pe periferia roții de rulare în avans față de arzătorul (4) de încălzi-

re prevăzută cu răcitorul (5). Poziția arzătoarelor față de roata de rulare (7) este reglabilă prin translație și rotație.

Acestui stand i s-a prevăzută inelele colectoare (8) în legătură cu termocuplele prevăzute în roata experimentală cu segmente detașabile pentru a putea urmări cu ajutorul milivoltmetrului înregistrator (9) gradul de încălzire pe adâncime.

4.4. Condiții experimentale.

Stabilirea unui regim optim de călire cu flacără a roților de rulare care să asigure atât grosimea cerută cât și uniformitatea stratului călit, a impus alegerea corespunzătoare a formei constructive a arzătorului și a parametrilor de ardere (raportul de amestec oxigen-gaz combustibil și debitul amestecului gazos respectiv viteza de sorgere a acestuia) precum și determinarea judicioasă a principalilor parametri tehnologici (viteza de deplasare a arzătorului de-a lungul suprafeței încălzite, distanța de la arzător la jetul de răcire și distanța, respectiv poziția flăcării față de suprafața de încălzire).

Încercările efectuate în acest scop, folosind diferite tipuri constructive de arzătoare, diferite amestecuri combustibile și diferite viteze de deplasare a arzătoarelor,

au oferit posibilitatea desprinderii unor concluzii pe baza cărora să se stabilească regimul optim de călire.

O parte din rezultatele finale a încercărilor sînt redată sintetic în fig.4.40. Datele obținute au fost trecute pe calculatorul electronic.

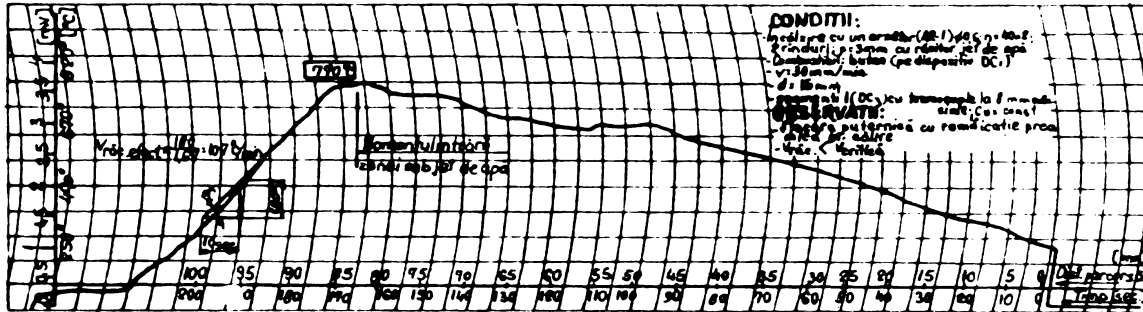
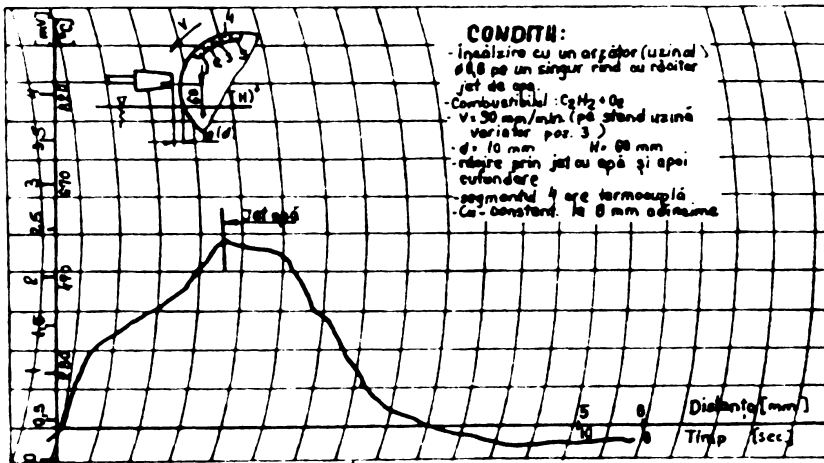
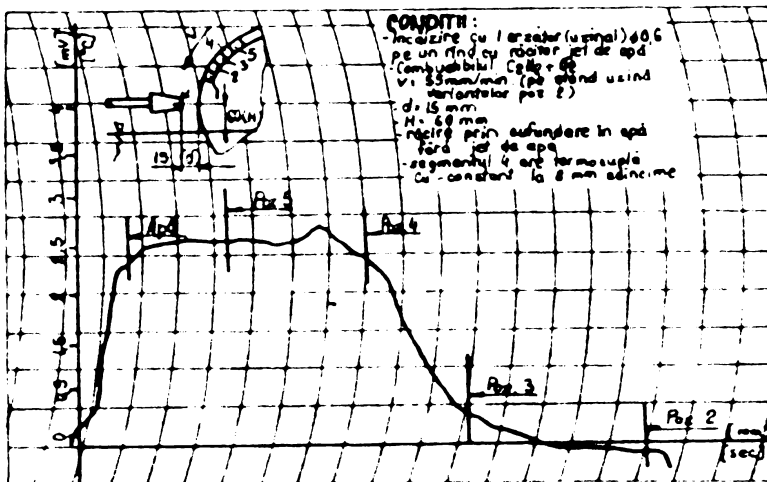


Fig. 4.40

Încercarea I



Încercarea II
Fig. 4.40



Încercarea III
Fig. 4.40

$$T_{incalz} = 0,7545 \cdot 10^{-7} D^3 - 0,9 \cdot 10^{-4} D^2 + 0,0449 D + 1,4649$$

$$T_{ment} = D^3 + D^2 + 0,00449 D + 0,45$$

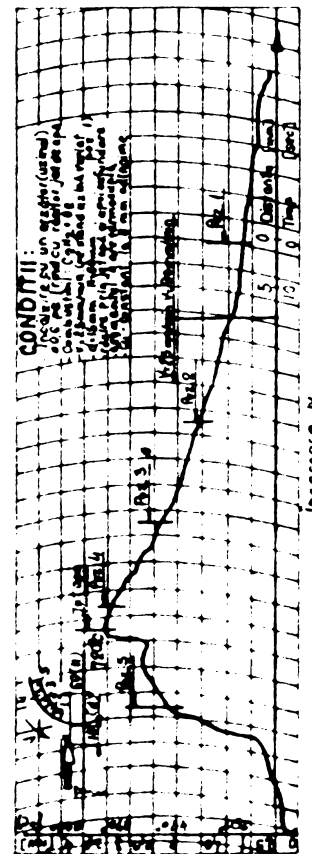


Fig. 4.40

$$T_{incalz} = D^3 + D^2 + 0,0333 D + 23,333$$

$$T_{ment} = D^3 + D^2 + 0,0333 D + 48,5$$

4.4.1. Arzătoare originale.

Mașina de tip 660 pentru călire simultană, circula-
ră cu flacără, este dotată cu arzătoare de diferite lățimi ca-
re se utilizează pentru diferite lățimi de călire (fig.4.41).

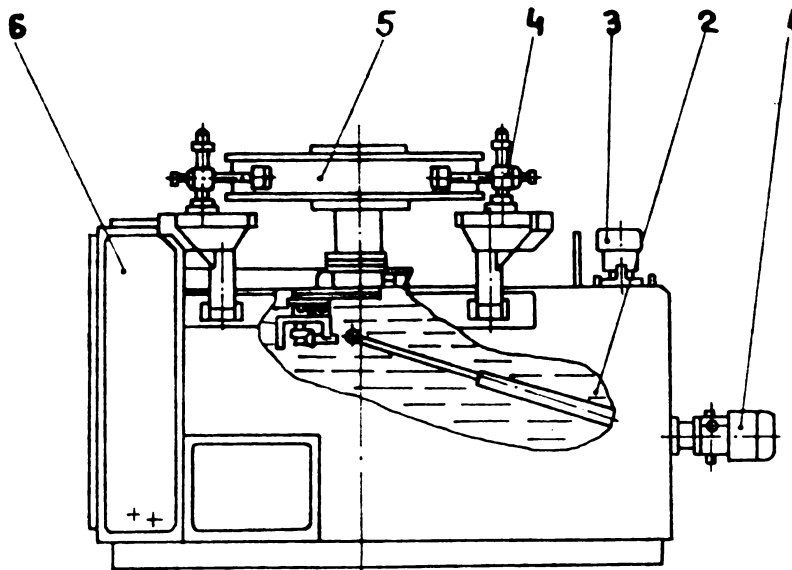


Fig. 4.41

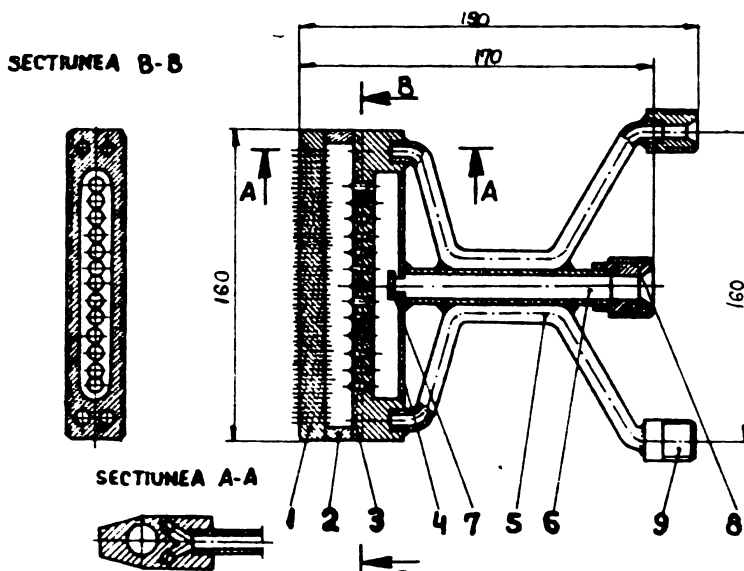


Fig. 4.42

perete cu orificiu, acesta este străbătut de un canal prin
care circulă apă de răcire. Pe peretele interior al corpului

Tabel 4.15

L	75	100	125	150	200
n	68	81	101	110	161
d	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0

de ardere sînt proiectate orificiile
pentru amestecul combustibil. Numă-
rul orificiilor variază funcție de
lățimea arzătorului conform tabelu-
lui 4.15. Orificiile pentru combus-
tibil sînt orientate pe două rînduri.

A fost conce-
put un astfel
de arzător ca-
re este redat
în fig.4.42.El
este compus
din un corp de
ardere, o țea-
vă pentru ali-
mentare și două
țevi pentru ră-
cire. Toate a-
ceste părți
componente au
fost confecțio-
nate din cupru;
corpul de arde-
re este compus
din o cameră de
amestec neces-
ară omogenizării
amestecului
combustibil. A-
ceastă cameră
este împărțită
în două prin un

Diametrul interior al țevii de alimentare este de 14 mm iar cel al țevii pentru apa de răcire de 6 mm.

4.4.2. Temperatura de încălzire.

Temperatura de încălzire a oțelurilor hipoeutentice trebuie să fie cu 30 - 50°C mai mare decât A_{c3} :

$$T_{inc} = A_{c3} + (30 - 50)^{\circ}C \quad (4.19)$$

dar ținând cont de compoziția chimică a oțelului T 12 VMo Cu CN16 și de :

$$A_{c3} = 854 - 180 C - 14 Mn - 18 Ni + 45 Si + 1,7 Cr (^{\circ}C)$$

$$T_{inc} = 910 - 930^{\circ}C$$

Formula prin care se determină valoarea tensiunilor maxime într-o piesă cilindrică de genul roților de rulare are următoarea expresie :

$$\sigma_{max} = \frac{1}{2} \beta E \frac{ts-ti}{0,7} \approx 0,714 \beta E (ts-ti) \approx 0,7 \beta E (ts-ti) \quad (4.20)$$

ts - temperatura suprafeței

ti - temperatura inițială

βE - coeficient de dilatare liniară a materialului

E - modulul de elasticitate (kgf/mm^2)

Pentru oțelurile întrebuintate la roțile de rulare valoarea produsului E este aproape constantă și egală cu 0,25 astfel încât tensiunile maxime se determină din valoarea $ts-ti$ și anume:

$$\sigma_{max} = 0,18 (ts-ti) (kgf/mm^2) \quad (4.21)$$

Condiția care trebuiește îndeplinită este ca σ_{max} să nu fie mai mare ca σ_c . Calculul tensiunilor interne pentru determinarea valorii vitezelor admisibile de încălzire ale roților de rulare se face prin relația:

$$v_{adm} = \frac{5,6 a \cdot \sigma_{max}}{\beta \cdot E \cdot R^2} \quad (4.22)$$

Înlocuind valoarea lui σ_{max} relația devine :

$$v_{adm} = 3,92 \frac{a}{R^2} (ts-ti) \quad (4.23)$$

$$\text{unde } a = \frac{\lambda}{C_p \gamma} \quad a = \frac{58}{78 \cdot 0,103} = 0,072 \text{ m}^2/h \quad (4.24)$$

$$V_{adm} = 3,42 \cdot 0,072 \frac{t_s - t_1}{R^2} = 0,28 \frac{t_s - t_1}{R^2} \quad (4.25)$$

$$V_{adm} = 0,28 \frac{930 - 20}{0,25^2} = \frac{0,28}{0,063} \cdot 910 \quad 4000^\circ\text{C/h} \quad (4.26)$$

$$V_{adm} = \frac{4000}{60} = 66,66^\circ\text{C/min} \quad (4.27)$$

Timpul necesar pentru creșterea temperaturii roților de rulare la 910°C este :

$$t_{adm} = \frac{910}{67} \approx 13,6 \text{ minute} \quad (4.28)$$

Ceeace verifică timpul etalonat de 13,2 minute, determinat pe aparatul automatizat al mașinei de călit, fiind satisfăcută relația : $V \text{ lucru} < V \text{ admis}$ fapt care prezintă (în lipsa nodurilor de concentrații termice) garanția limitării la minim a pericolului de fisurare.

4.4.3. Tehnologia călirii superficiale cu flacără a roților de rulare pe mașina tip 660.

Mașina tip 660 [fig.4.41] este un utilaj pentru călirea superficială cu flacără a roților de rulare, avînd posibilitate de lucru în regim manual și în regim automat de reglare a temperaturii de încălzire și a celui de răcire. Cu această mașină se pot căli roți de rulare cu diametru pînă la 1000 mm și cu o înălțime de pînă la 350 mm. Greutatea maximă a roții de rulare ce poate fi călită împreună cu dispozitivul de centrare este 800 kg.

În urma experimentării pe aproximativ de 2000 de roți de rulare a fost stabilită tehnologia de tratament termic de călire superficială cu flacără pentru roțile de rulare, tehnologie care a fost trecută pe calculatorul electronic, realizîndu-se pentru prima oară la noi în țară, fișiere cu date certe necesare conducerii procesului tehnologic.

4.5. Posibilități de îmbunătățire a tehnologiilor și materialelor.

I. Analiza critică a metodelor de călire superficială ne-a îndreptățit să tragem următoarele concluzii :

1. Călirea succesivă cu flacără nu asigură întotdeauna parametrii funcționali ai roților de rulare, (omogeni-

tatea durității și adâncimea stratului oălit), transmiterea căldurii fiind frânată de răcirea imediată.

2. Nici călirea succesivă cu curenți de inducție nu poate satisface cerințele funcționale ale roților de rulare datorită faptului că viteza de încălzire este mare ceea ce ne obligă de a lucra cu timpi de menținere foarte scurți, viteze periferice ale roții mari, (în caz contrar apărînd supraîncălziri locale ce conduce la topirea materialului) ceea ce duce la adâncimi de strat reduse (maxim 3 mm).

3. Călirea simultană cu flacără este cea mai indicată pentru călirea roților de rulare, deoarece prin utilizarea unui număr sporit de arzătoare se pot efectua o încălzire mai lină, ceea ce asigură o pătrundere în profunzime a căldurii și se poate lucra cu o viteză periferică mai mică a roții de rulare, obținîndu-se astfel și un strat mai adînc durificat. Operația poate fi automatizată.

II. Din punct de vedere al materialului se remarcă următoarele:

4. Mărirea grăuntelui oțelului turnat trebuie să fie 5, STAS 5490-71.

5. Adâncimea de călire este micșorată de o structură perlitică globulară sau lamelară, pe cînd o structură sorbitică mărește această adâncime.

6. Oțelul turnat marca OT 55-2 este recomandabil numai pentru călirea CIF, la HB 400-450 și 3 mm adâncimea stratului oălit.

7. Oțelul T 12VMoCuCN16 are o călibilitate mai bună la o răcire lină și o stabilitate mai mare la revenire obținîndu-se o pătrundere de călire mai mare, o deformare mai mică, o tendință mai redusă de formare a crăpăturilor de călire, o tenacitate mai bună cu o rezistență înaltă și o limită de curgere mai ridicată ceea ce a făcut posibil în final realizarea unei rezistențe la oboseală mai mari.

8. Oțelul T 12VMoCuCN16 capătă duritatea martensitică chiar și la răcirea lentă în ulei, deoarece datorită conținutului de elemente de aliere începutul și sfîrșitul transformării austenitice sînt deplasate spre o durată de menținere mai lungă în timp ce durată însăși a transformării

a fost micșorată. Ca urmare a încetării transformării austenitei s-a micșorat viteza critică la răcire.

III. Concluzii privind tratamentul termic de călire superficială, tratamentul termic anterior și cel de după călire superficială.

9. Pentru micșorarea grăuntelui și uniformizarea structurii se impune ca după turnare roata de rulare turnată din oțel T12VMoCuCN16 să fie supusă la un tratament de recoacere de omogenizare.

10. Pentru obținerea unei durități ridicate și a unei adâncimi de călire mari după operațiunea de eboș se va executa un tratament de sorbitizare.

11. Se va executa tratamentul termic de călire superficială simultană cu flacără pe mașină de călit roți de rulare, orizontală cu rotire, cu posibilitate de citire a temperaturii instantanee.

12. Pentru o mai bună solubilitate a carbonului în masa de bază, temperatura de încălzire va fi mai ridicată ($910-930^{\circ}\text{C}$).

13. Este necesar să se execute o revenire după călirea superficială, la $180-200^{\circ}\text{C}$, timp de 90 minute. Durata între călirea superficială și revenirea nu va depăși 30 minute.

14. Combustibilul utilizat va fi un amestec de gaz metan și oxigen, în proporții determinate precis (v. cap.3.3).

Gazul metan a fost preferat acetilenei deoarece are o viteză de încălzire mai mică ceea ce permite o scădere a vitezei periferice a roții asigurând o pătrundere mai în profunzime.

15. Menționăm că în condițiile de mai sus au fost realizate la I.M.T. un număr de peste 10.000 roți de rulare care s-au montat pe podurile rulante și pe macaralele produse de uzina respectivă și care au dat în exploatare rezultate foarte bune.

IV. Direcții de studii și experimentări în viitor.

16. Opinia personală a autorului acestei lucrări, bazată pe o practică experimentală în acest domeniu de peste 15 ani, este că materialul ideal pentru realizarea roților de

rulare călîte superficial, va trebui să aibe următoarea compoziție chimică:

Tabel 4.16

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
0,38			3,2	1,2	0,2
0,42	0,4	0,5	3,7	1,6	0,4

Pentru care tratamentul termic va fi următorul:

Răcoacere $t = 660^{\circ}\text{C}$ HB = 225

Călire $t = 850^{\circ}\text{C}$

Revenire $t = 600^{\circ}\text{C}$ HB = 290

Călire superficială $t = 900-910^{\circ}\text{C}$

Revenire $t = 200^{\circ}\text{C}$ HB = 500

$h = 30-40$ mm

adîncimea stratului călit.

Desigur că actualmente (1980) industria metalurgică, nu poate produce un astfel de oțel turnat la un preț de cost, care să justifice economic utilitatea lui, dar viitorul va rezolva această problemă.

17. De aceea opinez pentru etapa imediată, pentru următoarea tehnologie, pe care o consider de eficiență maximă la condițiile concrete actuale a industriei naționale (a.1980):

a - realizarea roților de rulare a mașinilor de ridicat și transportat din două materiale: butucul din OT 50 și coroana din 4MoC11 (fig.4.43). Studiile preliminare efectuate

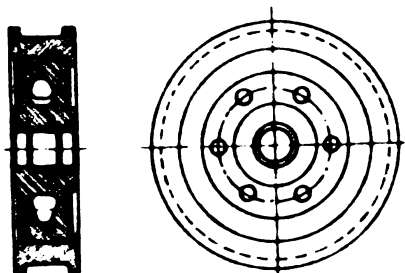


Fig 4 43

au permis precizarea următoarelor avantaje: reducerea tipodimensiunilor roților de rulare; creșterea încărcării specifice pe roată; eliminarea operațiilor costisitoare de remediere prin sudură a porozităților pe calea

de rulare a roților; mărirea considerabil a timpului de exploatare a roților; micșorarea dimensională și posibilitatea de recondiționare a roților uzate prin înlocuirea bandajelor.

CAPITOLUL 5

TEHNOLOGII DE VIRF IN CONSTRUCTIA MASINILOR DE RIDICAT SI TRANSPORTAT.

5.1. Folosirea maselor plastice ca inlocuitor al metalului la fabricația unor tipuri de role de cablu sau roți de rulare de diametru redus.

5.1.1. Se redau încercările comparative, pe stand și în exploatare, a rotelor de cablu până la un diametru de 520 mm din oțel și din poliamidă, pentru obținerea unor date cât mai concludente, în vederea stabilirii posibilităților de utilizare a rotelor din mase plastice la mașinile de ridicat și transportat.

Masele plastice completează materialele convenționale utilizate până în prezent, permițând o utilizare mai rațională a metalelor, reduce greutatea, uzura și prețul de cost a mașinilor de ridicat, prezentând avantaje multiple în uzinare, funcționare și exploatare.

Încercările efectuate au demonstrat că una din masele plastice care se pretează cel mai mult la realizarea de piese portante este poliamida. Poliamidele sînt mase termoplastice cu catene lungi, macromoleculare, cu structura filiformă, obținute prin policondensarea acizilor dicarboxilici cu diamine, a monoacizilor între ei și prin polimerizarea lactamelor. Ele conțin lanțul molecular grupa - CO-NH - care datorită hidrogenului dezvoltă forțe covalente puternice între molecule și care asigură proprietăți superioare [67].

5.1.2. Caracteristicile poliamidei, relon 6, din fabricația I.F.S. Săvinești se redau în tabelul 5.1.

Tabel 5.1

Caracteristici	Unități	Valoare
1	2	3
1. Rezistența la tracțiune	kgf/cm ²	700-800
2. Alungire relativă	%	20-50
3. Rezistența la încovoiere	kgf/cm ²	600-750
4. Modulul de elasticitate (E)	kgf/cm ²	2-2,2.10 ⁴
5. Rezistența la șoc necrestat		fără rupere

continuare Tabel 5.1

1	2	3
6. Rezistența la șoc crenat	kgf/cm ²	7 - 15
7. Vîscozitatea relativă	-	4 - 10
8. Duritate Brinell M10/60		800 - 1300
9. Densitate	g/cm ³	1,14 - 1,18
10. Punct de înmuiere	°C	205 - 215
11. Punct de topire	°C	220 - 225
12. Absorbția de apă din atmosferă	%	2 - 4
13. Rigiditate dielectrică	kV/mm	23

5.1.3. Poliamida are coeficienți de frecare din tabelul 5.2.

Tabel 5.2

Felul frecării	coeficient de frecare	
	static	dinamic
Frecare uscată	0,3 - 0,4	0,15 - 0,3
Circulația de ulei sub presiune	0,002 - 0,02	
Ungere cu ulei	0,1	0,08
Ungere cu apă	0,25	0,19
Bisulfură de molibden	0,07 - 0,15	0,06 - 0,1

Din cercetările recente rezultă că grafitul înglobat în poliamidă nu îmbunătățește proprietățile de antifricțiune a materialului, în schimb reduce într-o măsură mică caracteristicile mecanice. La încercările efectuate s-au folosit atât poliamida grafitată cât și cea negrafitată. Ungerea rozelor și cablului s-a făcut cu unsoare amestecată cu praf de grafit.

5.1.4. S-a conceput un stand, cu funcționare în circuit închis, permițînd încercarea rozelor de cablu în varianta de execuție din oțel și poliamidă (fig.5.1).

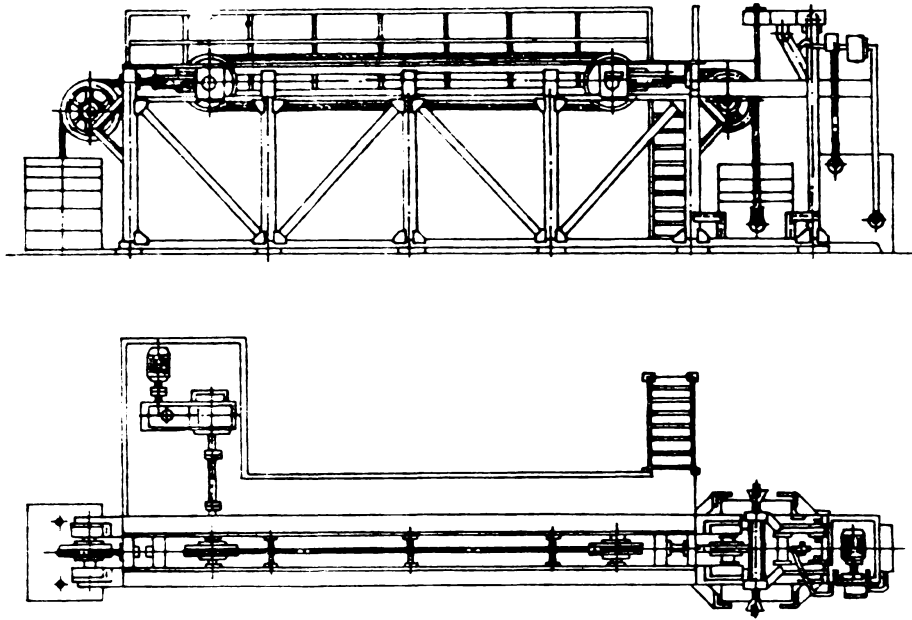


Fig. 5.1

5.1.4.1. Standul permite reducerea timpului de încercare, în condițiile reproducerii situațiilor de funcționare din exploatare.

În cadrul experimentărilor efectuate pe stand, s-au urmărit următoarele aspecte: uzura roților, uzura cablului de tracțiune și comportarea poliamidei ca lagăr de alunecare. Uzura canalului rolei s-a determinat prin măsurarea diametrului rolei la baza canalului, iar uzura profilului canalului s-a determinat cu ajutorul unor mulaje.

5.1.4.2. Aspectul rozelor de cablu după 332.000 cicluri, este redat în fig.5.2 pentru roata liberă și în fig. 5.3 pentru roata motoare.



Fig. 5.2

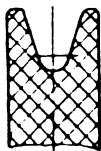


Fig. 5.3

Dimensiunile rozelor din poliamidă la începerea și terminarea încercărilor sînt prezentate în tabelul 5.3.

Tabel 5.3

Dimensiuni măsurate	Rola motoare		Rola liberă	
	la început	după 332000 cicluri	la început	după 332000 cicluri
De (mm)	407,4	407,5	405,1	405,2
Dc	344,6	343,5	350,3	349,6
h	31,4	32	27,4	27,8

5.1.4.3. Dimensiunile rozelor din OT 50 încercate comparativ.

Tabel 5.4

Dimensiuni măsurate	Rola motoare		Rola liberă	
	la început	după 332000 cicluri	la început	după 332000 cicluri
De (mm)	410	410	410	410
Dc	355	355	355	355
h	27,5	27,5	27,5	27,6

5.1.4.4. Durata de viață a cablului a fost de 3 ori mai scurtă în cazul rozelor din oțel, decît în cazul rozelor confecționate din relon 6, datorită presiunii specifice mult mai mici (7%).

5.1.5. În anul 1979 s-au efectuat încercările comparative ale rozelor de cablu strunjite din plăci de poliamidă, și din oțel turnat, pe standul de probă și în exploatare pe diferite instalații de ridicat, în vederea cunoașterii comportării acestui material nou în construcția rozelor de cablu și a roților de rulare.

Principalele rezultate ale încercărilor:

5.1.5.1. La funcționarea cu cablu nedeviat față de canalul rolei, uzura rozelor din poliamidă este neînsemnată (de la 0,4 la 0,6 mm pentru 10^6 rotații) comparabil cu cea a rolei din oțel.

5.1.5.2. La funcționarea cu cablu deviat cu 4° față de canalul rolei, uzura rozelor din poliamidă este mai accentuată (de 3-4 ori) decît cea a rozelor din oțel.

5.1.5.3. Uzura rolei motoare, unde apare și forța tangențială, este ceva mai mare decât a rolei libere (0,6 mm față de 0,4 mm, pentru aceleași condiții de funcționare).

5.1.5.4. Poliamida Relon 6, s-a comportat bine și ca lagăr de alunecare, realizând condiții corespunzătoare (joc dintre ax-lagăr să fie suficient de mare, de pînă la 1% pentru presiuni specifice mari ($p_a = 100 \text{ kg/cm}^2$) și temperaturi ridicate (70°C), axul, de o duritate ridicată (58-60 HRC) să fie rectificat, iar ungerea să fie asigurată la intervale de 3 - 4 ori mai mare față de lagăre de bronz.

5.1.5.5. Durata de viață a cablurilor de oțel crește de 3 ori în cazul utilizării roletelor din poliamidă, datorită elasticității materialului, care duce la o reducere importantă a presiunilor de contact; din acest punct de vedere roletele din poliamidă sînt și mai avantajoase în cazurile în care cablul este deviat față de rolă.

5.1.5.6. Roțile de rulare cu diametre pînă la 350 mm din poliamidă cu bisulfid de molibden a dat rezultate bune.

5.1.5.7. Rolele din poliamidă montate în exploatare în diferite condiții de funcționare foarte grele, aer liber, la UCMR și IMT, la temperaturi ridicate la CSR, și la automacarale AMZ 8 lucrînd în 2-3 schimburi pe zi, s-au comportat bine ca role de cablu și ca lagăr de alunecare, neobservîndu-se fenomene de îmbătrînire. (1979-1980)

5.2. Durificarea superficială a tijelor lungi prin acoperiri cu crom dur.

5.2.1. Cerințe tehnice. Automacaralele telescopice au în componența lor cilindri hidraulici, a căror tije de lungimi mari, necesită o protejare antioercsivă și un strat superficial de duritate 750-800 HV.

5.2.2. Soluția propusă. Rezolvarea tehnologică adaptată a fost de acoperire galvanică cu un strat de crom dur.

Metoda clasică impunea redresori de 20.000 A, care nu se produc în țară, concomitent cu necesitatea unor băi de dimensiuni mari (10-15 metri lungime, 8-10 tone greutate), ceea ce conducea și la o gospodărire neeconomicoasă a spațiului de lucru.

În această situație s-a realizat o instalație care să permită realizarea cromării tijelor de orice dimensiune ca lungimi și diametre (fig.5.4.). Menționăm că această instalație are caracter de invenție și este în curs de brevetare.

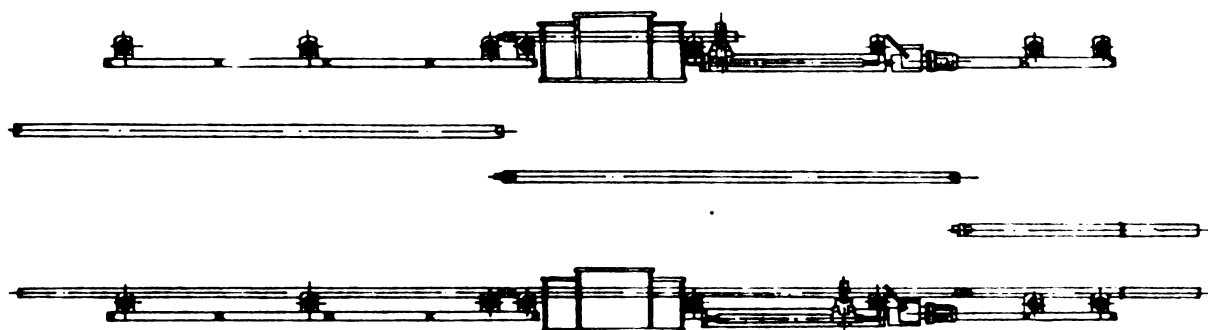


Fig 5.4

Principiul funcțional al instalației constă din translatare printr-o baie de cromare de dimensiuni reduse, a tijei lungi, legată la catod, prin un anod tubular fix.

5.2.3. Descrierea instalației. Instalația de cromare se compune din următoarele părți principale (fig.5.5): bazinul de cromare cu anodul și catodul (1), mecanismul de deplasare a tijei (2), sistemul de suporturi tijă (3), bazinele auxiliare de degresare și spălare (4), bazinul tampon pentru soluție (5), sistemul de pompe (6), sistemul de încălzire-răcire (7), sistemul de etanșare (8), instalația electrică (9).

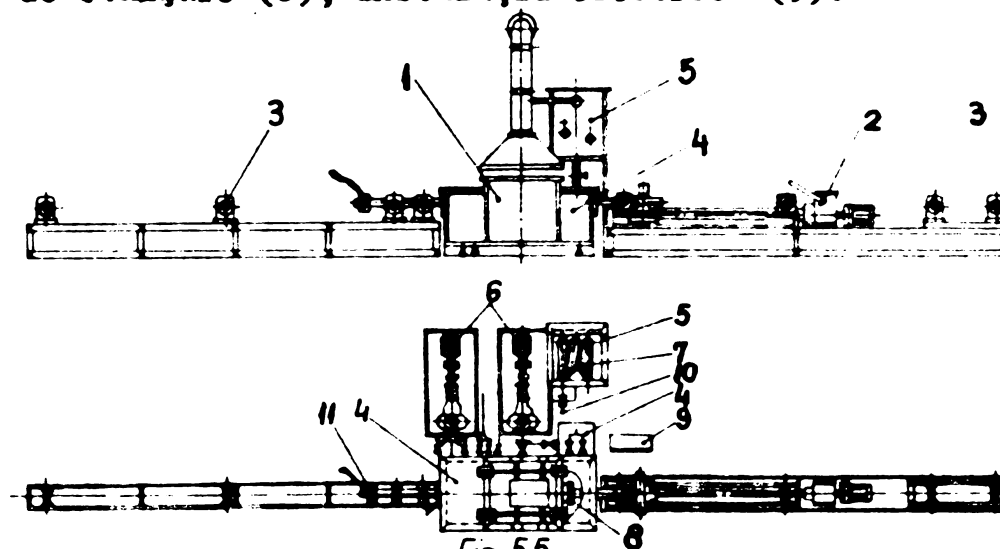


Fig. 5.5

5.2.4. Parametrii tehnologici determinați. În baza studiilor și cercetărilor s-au stabilit următorii parametri tehnologici :

a - viteza de deplasare: $v = f(d)$ (fig.5.6)

b - grosimea stratului depus: $d = f(D_c)$ (fig.5.7).

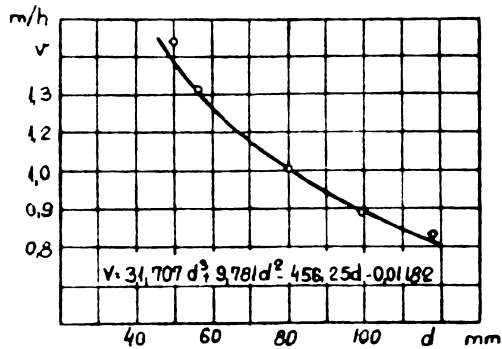


Fig. 5.6

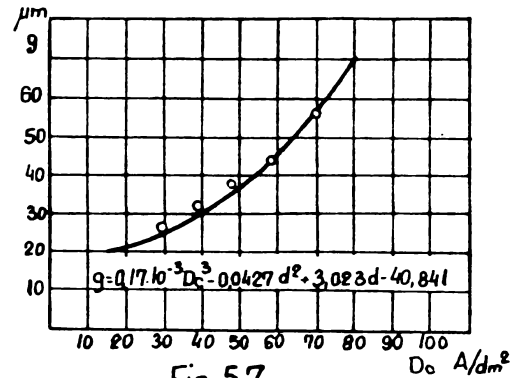


Fig. 5.7

c - duritatea stratului depus: $HV = f(D_c, T)$ (fig.5.8)

d - timpul de menținere: $t = f(d, D_c)$ (fig.5.9)

unde : d este grosimea stratului depus în m , D_c este densitatea de curent A/dm^2 și T este temperatura electrolitului în $^{\circ}C$.

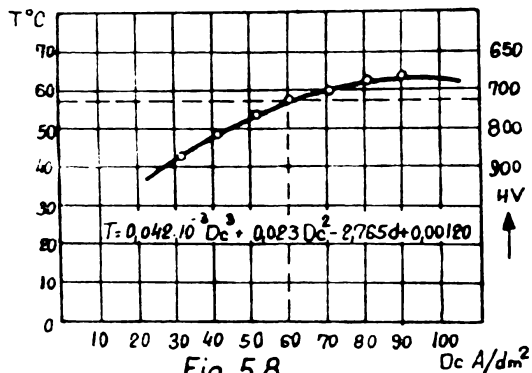


Fig. 5.8

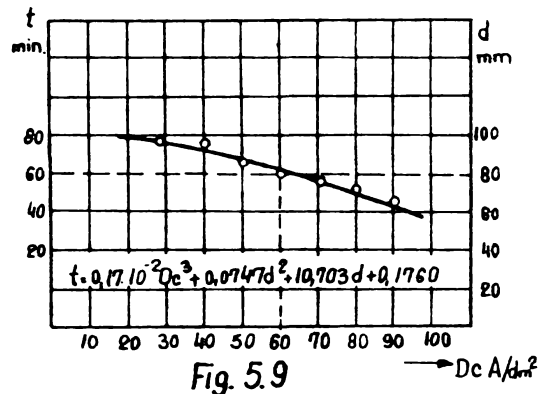


Fig. 5.9

e - compoziția chimică determinată a soluției de electrolit are următoarele valori:

- anhidridă cromică $Cr O_3$: 320 - 350 g/l
- acid sulfuric ($d=1,84$) H_2SO_4 : 3,2 - 3,5 g/l
- $Cr O_3/H_2 SO_4$: 100: 1
- densitatea : $^{\circ}Be$: 20-22
- ioni de : Cr^{3+} 2 g/l
- : Fe^{3+} 6 g/l
- : pH 4 g/l

f - parametrii tehnici stabiliți:

- temperatura soluției de electrolit: $52-54^{\circ}C$
- densitatea de curent : 55 -60 A/dm^2
- tensiunea de curent : 5 - 6 V
- randamentul de curent (cantitatea de metal efectiv depusă/cantitatea de metal teoretică: : 15-16%

- anodul este tubular din aliaj insolubil, din plumb cu 8% stibiu
- distanța optimă anod-catod : 120 mm
- raportul anod/catod : 3/1
- distanța anod-bazin plumb : 200 mm

5.2.5. Tehnologia de lucru. Se introduce în bazinul de cromare o tijă tehnologică, de același diametru cu tija ce urmează a se cromare; electrolitul din bazinul tampon, cu ajutorul pompei (fig.5.5/6) se introduce în bazinul de cromare. Se declanșează sistemul de încălzire a electrolitului (fig.5.10/6) până ce se ajunge la 50°C; apoi se pune în funcțiune circuitul secundar de vehiculare a electrolitului între bazinul de cromare și cel tampon pentru omogenizarea temperaturii (fig. 5.5/10), se atașează tija de cromare la cea tehnologică și se montează sistemul dublu de catod-curent electric (fig.5.5/11). Această operație este urmată de reglarea sistemului funcțional, astfel încât să se obțină o etanșare perfectă în bazinul de cromare (fig.5.10/5); apoi trenul format din tija tehnologică și tijele propriu zise sînt prinse la câruciorul de antrenare, care se pune în mișcare concomitent cu pornirea redresorului de curent. Aparatura de control înregistrează permanent temperatura electrolitului, menținîndu-o constantă printr-un sistem complex de încălzire răcire și recirculație a electrolitului; se urmărește și se menține automat la valorile stabilite tehnologic, intensitatea curentului, tensiunea și viteza de înaintare a tijelor. Tijele protejate după operația de rectifică-

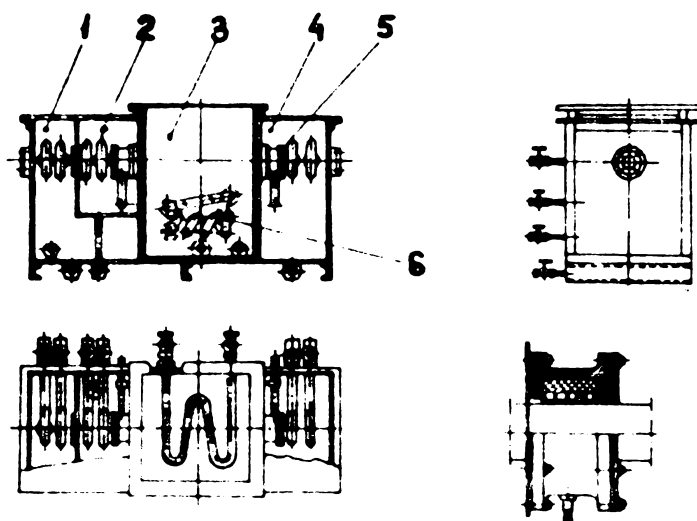


Fig. 5.10

care, trec cu viteză stabilită prin antebazinul (fig.5.10/1) unde prin ejecție cu o soluție decapantă sînt degresate în primul compartiment și spălate în cel de al doilea (fig.

5.10/2) printr-un sistem de pompe în circuite închise. Apoi tijele decapate și spălate trec prin capsulele de etanșare în bazinul de cromare unde pe o distanță anume stabilită se încălzesc la temperatura electrolitului, intrând în continuare în anodul tubular a cărei lungime este precis calculat pentru a permite realizarea parametrilor tehnologici de cromare dură. Tijele trec în continuare în postbazinul (4) unde sînt spălate cu apă caldă printr-un dispozitiv circular de stropire, de unde tijele curate sînt tractate cu ajutorul căruciorului (fig.5.5/2) și depuse pentru a fi predate montajului. O instalație originală permite etanșarea electrolitului în jurul tijeii în mișcare, iar circuite special adaptate trimit electrolitul refulat în bazinul tampon și de aici în bazinul de cromare.

5.2.6. Concluzii. S-a obținut pentru prima oară la noi în țară tije cromate dur, prin procedeul continuu, cu grosimea stratului depus de minim $35 \mu\text{m}$ la o duritate de 750-800 HV, utilizînd puteri instalate mici, bazine de cromare reduse dimensional, cu investiții minime la un preț de cost competițional pe plan mondial.

5.3. Călirea superficială a căilor de rulare a rulmenților mari.

5.3.1. Cerințe tehnice. Căile de rulare a rulmenților mari (fig.5.11) aparținînd utilajelor metalurgice și mini-

ere necesită o duritate de minim 50 HRC pe o adîncime de 4-5 mm.

5.3.2. Soluția adaptată. S-a conceput și realizat o instalație (fig.5.12) care să permită călirea superficială a căii de rulare cu flacără sau cu inducție.

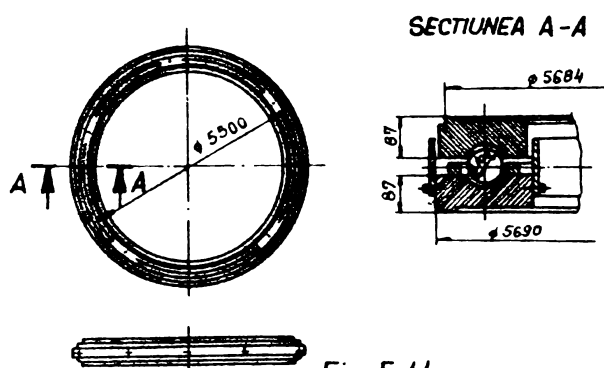


Fig.5.11

Rulmentul (3) se amplasează pe masa (2) care este antrenată prin grupul motor (6) reductor și variator (1) realizîndu-se viteze periferice între 2 - 10 mm/sec.

Pe suportul (5) se susține capul de încălzire (4),

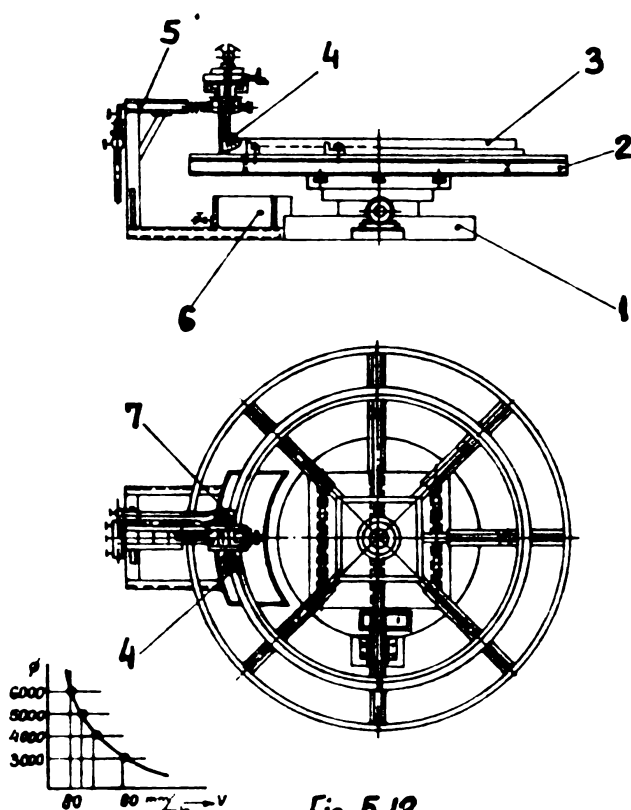


Fig. 5.12

renți de înaltă frecvență.

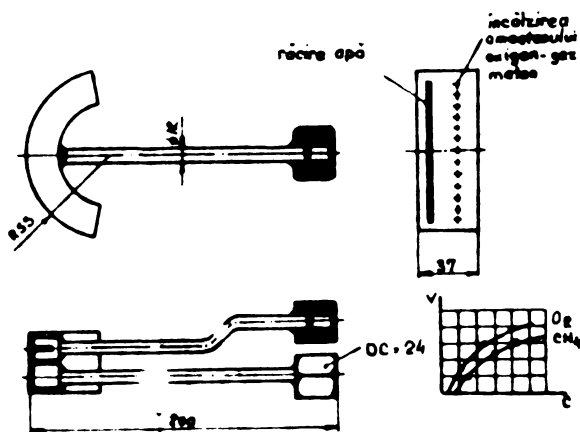


Fig. 5.13

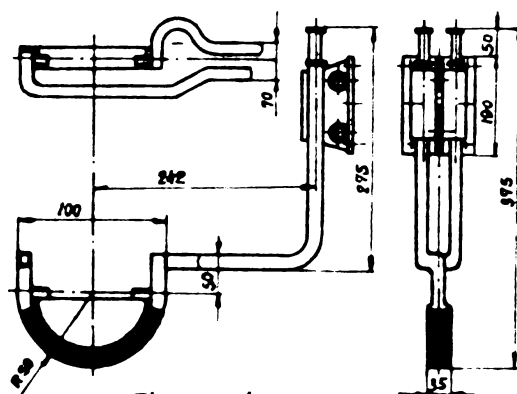


Fig. 5.14

5.3.3. Concluzii. S-a realizat o instalație-agregat originală, care a permis în baza studiilor și experiențelor să se stabilească parametri tehnici și tehnologici și tehnologia necesară pentru călirea superficială în premieră în țara noastră a rulmenților mari.

CAPITOLUL 6

I N C H E I E R E

6.1. Principalele rezultate ale cercetării, care constituie contribuții originale ale lucrării sînt :

a. In domeniul cercetărilor fundamentale

1. In urma studiilor efectuate s-a demonstrat posibilitatea înlocuirii tratamentului termic de îmbunătățire și de cementare, cu tratamentul termic de călire superficială a roților dințate a reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat, a utilajelor metalurgice și a utilajelor miniere. Tehnologia indicată în lucrare a devenit operantă la 1.01. 1978, cu sfera de aplicare asupra întregii producții a Intreprinderii Mecanice Timișoara.

2. S-a determinat un sistem de calcul care a permis trecerea pe calculatorul electronic a parametrilor tehnici și tehnologici a procesului tehnologic de călire superficială. In funcție de un parametru sintetic precis și ușor de determinat - volumul de material ce se va căli - s-a reușit să se exprime matematic, prin calculatorul electronic toți parametri necesari conducerii în mod științific a durificării superficiale: timpul de încălzire, consumul de gaz și oxigen, influența modulului, diametrului și lățimii dintelui asupra timpului de încălzire, viteza de avans, numărul de arzătoare necesare și puterea de încălzire a lor, adîncimea de călire și influența diferiților factori asupra gradului de adîncime; prin extinderea cercetărilor s-au determinat parametrii și pentru călirea superficială a cilindrilor de laminor, a recoacerii tablelor, durificării superficiale a matrițelor, a ambatisării și îndoirii tablelor; s-a exprimat influența sensibilității la călire, a posibilității de fisurare, a randamentului încălzirii și eficienței investițiilor.

3. Studiile fundamentale au permis generarea pe calculatorul electronic a tehnologiilor de turnare, forjare și de tratamente termice, determinînd principiul de bază care a condus la definirea elementelor descriptive ale limbajului și anume că volumul pieselor turnate și forjate respectiv

calitatea materialului la piesele tratate termic, reprezintă legătura de exprimare între operațiile tehnologice și tipurile elementelor descriptive, reflectându-se în gruparea lor pe operații tehnologice specifice, iar elementele descriptive ale limbajului fiind destinate descrierii unor corpuri geometrice simple, a volumului materialului de bază sau a calității materialului în strictă dependență a caracteristicilor lor tehnologice.

4. S-a determinat o metodă de calcul pentru roțile dințate, ținând cont de influența călirii superficiale asupra construcției angrenajelor. Operațiile de calcul servesc pentru determinarea geometriei roților dințate, prin stabilirea formei dintelui, a toleranței, a dimensiunilor roților, a influenței proprietății materialului, în stricta concordanță cu procesul tehnologic de durificare superficială.

5. S-a stabilit relațiile matematice care au permis trecerea pe calculatorul electronic a legii deformațiilor, determinându-se legătura dintre călirea superficială cu flacără a roților dințate și posibilele deformații ce vor apare în alezaje.

6. Cercetările fundamentale extinse în direcțiile determinării metodei optime de călire superficială a roților dințate, a posibilităților de călire superficială a flancului dintelui, a călirii roților dințate mari cu bandaj, a cauzelor ce pot determina defecte la călirea superficială cu arzătoare, a evidențierii deformațiilor, a influenței tratamentului termic anterior călirii superficiale, a permis stabilirea în mod riguros a tehnologiei de execuție, determinându-se astfel parametri tehnici și tehnologici ai călirii superficiale a roților dințate aparținând reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat.

7. S-a precizat o metodă de control a materialului, prin prisma posibilităților de fisurare, pentru oțelurile propuse de a fi călite superficial cu flacără, realizându-se aparate originale pentru determinarea călibilității materialelor, ridicându-se și nomogramele necesare.

8. Testările efectuate asupra materialelor pretabile de a fi călite superficial, a permis întocmirea unor fișiere

cu datele tehnice rezultate din experimentările efectuate cu călirea superficială. Prelucrarea fișierelor pe calculatorul electronic a creat posibilitatea să se elaboreze programe pe cartele sau benzi perforate care să permită conducerea automată a procesului tehnologic de tratamente termice.

Datele înmagazinate pe calculator a permis deasemenea stabilirea, în baza unor programe întocmite, a materialelor ideale pentru construcția roților dințate supuse operației de călire superficială. Aceste materiale determinate teoretic au fost experimentate practic.

9. Cercetările au permis determinarea că prin "călirea superficială la durități mari a roților dințate se anulează proprietățile superioare specifice oțelurilor aliate". Deci se pot obține aceleași rezultate întrebunțând oțelurile carbon în construcția roților dințate, în locul celor aliate.

10. Experiențele și cercetările fundamentale au demonstrat inutilitatea unor tratamente termice de detensionare, recoacere de omogenizare, îmbunătățire și chiar normalizare anterioare fazei finale de călire superficială.

S-au obținut rezultate corespunzătoare numai "prin călire superficială circulară până la 2 mm sub piciorul dintelui la HRC 57", eliminându-se orice alt fel de tratament termic în construcția reductoarelor.

b. În domeniul cercetărilor aplicative:

1. Aplicarea tratamentului de călire superficială era frînată din lipsa unor date despre unele materiale adecvate funcțional unor organe de mașini, care trebuiau să aibe în straturile marginale o duritate dorită, pe o adâncime precisă, în cadrul unei structuri anumite a materialului.

Prin prezentarea caracteristicilor tehnice, determinate experimental, pentru 28 mărci de oțeluri din producția indigenă și pentru încă 4 oțeluri propuse de a fi realizate în țară, se pune la dispoziția întreprinderilor constructoare de mașini din țară, datele tehnice necesare aplicării tehnologiei de călire superficială în conformitate cu metodologia indicată de autor în lucrare.

2. În baza cercetărilor s-a demonstrat că prin conducerea procesului tehnologic de călire superficială în limita

anumitorii parametri se poate anula operația finală de rectificare a danturii roților dințate aparținând reductoarelor mașinilor de ridicat și transportat. Această concluzie a fost și aplicată de la 1.02.1978 la I.M.T.

3. Sa determinat un sistem de calcul pentru stabilirea adâncimii necesare stratului călit la durificarea superficială a roților de rulare, pentru o durată de funcționare în exploatare maximă.

4. S-a stabilit legătura între vitezele de călire superficiale și tensiunile interne admisibile ce apar în roțile de rulare.

5. Realizarea unor instalații originale pentru călirea superficială a roților de rulare: Trt.030, 0719-4026, C-1, C-2; C-3 CIF.

6. Realizarea unei game complexe de arzătoare oxigen-gaz metan, cu circuite ergonomice și camere independente de omogenizare. Stabilirea unor date tehnice necesare pentru proiectarea arzătoarelor.

7. Conceperea și realizarea unui stand automatizat pentru realizarea regimului de ardere și a tehnologiei călirii superficiale, care a permis efectuarea încercărilor în ipoteza lucrului prin călire simultană sau succesivă.

8. S-a demonstrat necesitatea introducerii unei noțiuni noi de control: numărul de căliri multiple cât și felul de formare a ruperii reprezintă o "unitate de măsură" a sensibilității materialului la viteze foarte mari de încălzire.

Încercările făcute pe un aparat original conceput, și catalogarea rezultatelor a dat indicații asupra sensibilității la fisurare și este hotărâtoare asupra deciziei de respingere a unui lot de materiale.

9. Cercetările fundamentale și aplicative au condus la realizarea unei instalații complexe de cromare continuă a tijelor infinit de lungi, stabilindu-se parametrii tehnici și tehnologici necesari noii tehnologii.

10. S-a conceput și realizat o instalație de călire superficială cu flocură a rulmenților mari peste 2000 mm, determinându-se valorile parametrilor procesului tehnologic.

11. S-a creiat premizele necesare introducerii în construcția de mașini a unor materiale noi, pretabile călirii superficiale, diversificate calitativ și capabile să înlocuiască în întregime materialele destinate tratamentelor termice clasice.

12. S-a introdus pentru prima oară în tehnologia construcțiilor de mașini la noi în țară, verificarea materialului la comportare la călire superficială, proiectându-se și construindu-se un aparat original pentru determinarea călibilității. S-a determinat experimental o formă nouă a probelor pentru călibilitatea multiplă.

13. S-a determinat și experimentat compoziția chimică și tratamentul termic a unui oțel ideal pentru roțile de rulare a podurilor rulante și pe care industria metalurgică va fi capabilă să-l producă în anii viitori.

14. Studiile efectuate asupra roților de rulare au permis să se stabilească o metodologie a modului de conducere a experiențelor și cercetărilor în vederea aplicării călirii superficiale în orice domeniu a construcțiilor de mașini.

15. Aplicând sistemul de control statistic matematic s-au introdus fișe de control și programatoare pentru analiza fișelor pe calculatorul electronic. Interpretarea rezultatelor cu ajutorul calculatorului a permis întărirea disciplinei tehnologice în domeniul tratamentelor termice.

16. Realizarea unei mașini de eliminare a oxizilor metalici a roților dințate în cazul când raportul O_2/CH_4 nu poate asigura o flacără neutră.

17. S-au stabilit direcțiile de studiu și cercetări pentru viitor în domeniul călirii superficiale.-

CAPITOLUL 7.

B I B L I O G R A F I E

1. Aida, T. u.S.Oda : Zahnfussfestigkeit bei Wechsellast.
V.D.I.-Bericht Nr.105,1967, S.19-29.
2. Aida, T. u.S.Oda; Bending Fatigue Strength of Gears
S.Uesugi u.S.Goto: under Varous Loading Conditions.
Bulletin of JSME 10 (1967) Nr.38.
3. Aida, T. S.Oda; Biegedauerfestigkeit bei flamm und
G.Matsou induktionsgehärteten Zahnrädern.
I.Hashimoto : V.D.I.-Z 109 (1967) Nr.12 S.529-535.
4. Albert, M. : Die Zahnfussfestigkeit geradverzahnter
Stirnräder V.D.I-Z 107 (1965) S.670.
5. Baurer, K. : Emulsii de ulei ca mediu de călire la
Overkott, F.J. flacăără. Industrieblatt, nr.10, oct.
1961 p.646-651.
6. Benkowsky, G. : Procedeul de călire a roților dințate
cu ajutorul curentului de înaltă frec-
vență. Fertigungstechnik 8-1958 nr.6
p.241-246.
7. Blondon, R. : Prévision de la duraté et de la re-
Maynier, P.H. sistance des aciers au carbone et
Do let, T. faiblement alliés d'après leur struc-
ture et leur composition. In: Les
Memoires scientifiques de la revue de
métallurgie. Vol.70 nr.12, 1973,
p.883-892.
8. Bühler, H. : Eigenspannungen durch oberflächen-
härten mit Flammen. Archiv. Eisen-
hüttenwesen 25 (1954) 3/4 S.153-158.
9. Burcioiu, T. : Călirea superficială. I.D.T. 1964,
pag.82.
10. Bregan, S. : Tratamentul termic superficial a fon-
tei.
In : Tratament thermique nr.23, 1966
sept. p.21-30.
11. Bati, I.D. : Planificarea productivității muncii în
Republica Socialistă România, București
Ed. Academiei RSR 1975.
12. Bosch, W. : Zahnfussfestigkeit Brenngehärteter und
K.Feltkamp badnitrierter Stirnräder. Ind.-Anz.88
(1966) nr.86.
13. Brugger, H. : Die Prüfung von Zahnradwerkstoffen ATZ
51 (1949) Nr.2.
14. Brugger, H. : Durch Entspannen verursachte Dauer-
festigkeitunterschiede bei einsetzung-
gehärteten Biegeproben. Vortrag am
26.IX.1963.

15. Bandel, G. : Einfluss des Gefüges auf die Dauerfestigkeit von Stahl. Vortrag am Institut für Härtetechnik beim Internationalen Gespräch in Bremen 1966.
16. Bosch, M. : Lebensdauer und Geräuschuntersuchungen an Zahnrädern aus Gusswerkstoffen. Ind. Anz. 89 (1967) Nr.95.
K.Feltkamp
J.Rademacher
17. Baumgartl, E. : Zum Einfluss des Verlaufes der Härtezone auf das Dauerfestigkeitsverhalten oberflächengehärteter Zahnrädern. Z.W.F. 62 (1967) H.1, S.10-14.
18. Contorovici, I.E. : Tratatamentul termic al oțelului și fontei. Ed.Tehnică 1953 p.143-150.
19. Colan, H. : Studiul metalelor și tratamente termice. EDP București 1964.
20. Crivianu, E. : Cercetări teoretice și experimentale în vederea optimizării regimului de călire cu flacără a roților de rulare. A II conf. tehnico-științifică oct. 1978, I.P.Timișoara
Cartis, I.
Cojereanu
Iclăzan
21. Crivianu E. : Tehnologii noi la fabricarea cutiilor de viteză de la mașinile de ridicat și transportat.
Sesiunea de comunicări: Promovarea tehnologiilor moderne în construcția de mașini. Buc. IMGB XI.1979 nr.1651.
22. Cellitti, R.A. : A Study of the Induction Hardening Variables an the Residual Stresses and Bending Fatigue Strength of Final Drive Gears.
23. Crivianu, E. : Introducerea calculului statistic matematic în turnătorii. Sesiunea de comunicări I.M.T. 1975, pag.4-24.
Crivianu, D.
24. Decowski, E. : Călirea cilindrilor de laminor din oțel și fontă. IDT 1965, p.13-29.
25. Dumitrașcu, C. : Călirea prin curenți de înaltă frecvență. Ed. Tehn.București 1962 cap.3.
26. Dieter, G.E. : Metalurgie mecanică. Ed.Tehnică 1970, București. Trad. L.Engleză.
27. Dumitrescu, V. : Metodologia de calcul a valorii producției nete în industrie; în: Revista economică nr.34, București 1978, p.14-16.
28. Dardel, Y. : La transmission de la chaleur. Paris, 1964.
29. Fischer, O. : Experiențe în călirea la flacără în industria de autovehicule. Werkstatt und Betrieb, nr.3 mart.1961, p.113-119.

30. Fussl, A. : Un nou procedeu de purificare superficială a oțelului în băi de sticlă care se topesc la temperaturi joase. ODPT Buc. 1973, nr.2 p.48-50. Din: Tratatment Termique nr.70/72 p.47-50.
31. Fekete, L. : Călirea superficială a arborilor cotiți In: Der Maschinenbau nr.7, iul.1962, p.268-271.
- 31a. Feltkamp, K. : Untersuchungen über den Einfluss von Fertigungsfehlern und Zahnfussausrundungen auf die Zahnfussbeanspruchungen und die Tragfähigkeit gehärteter Stirnräder. Dissertation T.H.Achen, 1967.
32. Feltkamp, K. : Tragfähigkeit beidflanken und umlaufgehärteter Zahnräder. Vortrag auf dem Internationalen Erfahrungsaustausch "Oberflächenhärtung und örtliche Wärmebehandlung" 1966.
33. Feltkamp, K. : Untersuchungen über die Zahnfuss-Tragfähigkeit gehärteter Stirnräder. Ind. Anz. 87 (1965) Nr.59, S.133-138.
34. Fronius, St. : Zahnfussfestigkeit und Flankenfestigkeit bei Zahnradgetrieben. ASUG-Mitt. # G.Friedrich (1967) Nr.5 S.313-338.
35. Gottlieb, L.I. : Principiile tehnologiei călirii superficiale la flacără. Mașghiz, Moscova 1948, p.100-108.
36. Grönegress, H.W. : Oțeluri și fonte pentru călirea la flacără și prin inducție. Fonderie nr.180, ian.1961, p.34-36.
37. Grönegress, H.W. : Călirea la flacără a arborilor cu came. Automobile Engineer 51, nr.8 aug. 1961, p.320-324.
38. Gardner, A.G. : Metoda călirii prin inducție. Mechanical World vol.139 (1959) 3481 (nov.), p.470-476.
39. Gulenev, A.P. : Tratatmentul termic al oțelului. Ed.Tehnică București 1962 cap.2.
40. Gavrilaș, I. : Netezirea și recondiționarea suprafeței Ed.Teh. Buc. 1972, cap.4,5 p.80-100.
41. Grönegress, H.W. : Călirea cu flacără, Springer Verlag-Berlin/Göttingen/Heidelberg 1962.
42. Gezici, R. : Călirea superficială prin inducție a arborilor cotiți turnați. Construcții de mașini. Caiet selectiv nr.10 oct. 1963 p.595-602 (Traducere din H.T.Z. 24 nr.3).
43. Gross, F.G. : Chauffage à la flamme et par induction. In: La Machine Moderne nr.561 apr. 1964 p.7-12.

44. Gâdea, S. : Metalografie. EDP, București 1974.
45. Gigon, M. : Incălzirea prin inducție și tratamentul termic.
In: La metallurgie, nr.5, 1967, p.363-367
46. Hyspecka, L. : Etude de la formation des microfissures
Mazanek, K. dans la structure martensitique. In: Les
memoires scientifiques de la revue de
metallurgie, vol.71 nr.1 (1974) p.25-30.
47. Houdremont, E. : Handbuch der Sonderstahlkunde. 3 Aufl.
Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/
Heidelberg (1956).
48. Heise, C.H. : Welche Formbeständigkeit haben im Umlauf
gehärtete Zahnräder, Werkstattstechnik
44 (1954) S.489-493.
49. Hohne, E. : Călirea prin inducție.
Springer Verlag-Berlin/Göttingen/
Heidelberg 1955.
50. Henriot, A-M.G. : Traité théorique et pratique des
éngrenages, Bd.1 u.2, 1968.
51. Henriot, A. : Verfahren zur Tragfähigkeitsberechnung
von Zahnrädern. (SEIE-Konferenz am
4.II.1959). Groupement pour l'avance-
ment de la Mecanique Industrielle
(1959) Nr.5.
52. Hammer, K. : Untersuchungen zum Zusammenhang
zwischen Biegeschwingfestigkeit und
Eigenspannungsverteilung einsatzgehär-
teter Stähle. Härtereitechn. Mitt. 22
(1967) H.2 S.160-165.
53. Hammer, K. : Einfluss der Wärmebehandlung auf die
Qualität verzahnter Getriebeteile.
Fertigtechn. u.Betr.18 (1968) H.8.
54. Hildebrand, S. : Zur Frage der Tragfähigkeitsberechnung
H.Rungk geradverzahnter Stirnräder der Fein-
werktechnik. V.D.I.-Ber. Nr.105 (1967)
S.39-44.
55. Hall, W.F. : Low-Distorsion Gear Hardening. Tool
Manuf. Eng. 59 (1967) Nr.2, S.26-30.
56. Jacquet, P.A. : Metodă nedistructivă de examinare macro
și microstructurală. Metallurg. nr.2/
1957 p.109-114.
57. Kozak, H. : Condițiile optime ale încălzirii prin
inducție pentru călirea oțelului.
Strojirenska výroba 8 (1960) nr.12 (dec.)
p.590-595.
58. Kuruklis, G.L. : Călirea în electrolit a oțelurilor.
Ahmineev, G.I. Mașghiz. Moscova, p.5-30.

59. Koch, W. : Untersuchungen über die Ursache der Anlassbeständigkeit sonderkarbidhaltiger Stähle. Stahl und Eisen 69 (1949) S.80-86.
60. Kaiusnicov, P. : Călirea fără deformare. In: Prelucrarea metalelor. Caiet selectiv Nr.8 aug.1963 p.434-437 - Traducere din Metallovedenie i termiceskaia obrabotka metallov, nr.4 mar.1963 p.28-33.
61. Kern, R.F. : How to Design for Lower Cost, Higher Quality, Heat Treatment, Materials in Design Section, Oktober 1967.
62. Kirk, D.
P.R. Nelm
B.Arnold : Residual Stresses and Fatigue Life of Case-Carborised Gears. Metalurgia (1966) nr.12
63. Lepeka, A.B. : Călirea la suprafață a oțelului cu ajutorul flăcării. I.D.T. București 1955 p.52-68.
64. Lathau, D.J. : Stadiul actual al tratamentelor termomecanice aplicate oțelurilor de construcții. ODPT Buc. 1972 nr.1 pag.24-41 Din Journal of Iran and steel Institute Ian. 1970 pag.50-57.
65. Libisch, I.B. : Tratatamentul termic al oțelurilor inoxidabile cu ajutorul curenților de inducție. Progress nr.7/1968, p.78-85.
66. Laconde, A. : Deformații la tratamentul termic al oțelurilor de construcții de mașini. ODPT Buc. 1973 Nr.3 p.17-24. Din Revue de Metalurgie vol.69, nr.1 Ian.1972, p.23-36.
67. Lozinski, M.G. : Poyernostania zakalka i inductionnoi nagrev stali. Moscova, Masghiz. 1949.
68. Lehr, E.
R.Mailänder : Der Oberflächeneinfluss auf Arch. Eisenhüttenwes. 11. (1938) S.563.
69. Legat, A. : Der Einfluss des Gefüges auf das Zähigkeitsverhalten von Baustählen. Berg und Hüttenmännische Monatshefte 112, H.11, S.345-350.
70. Lechner, G. : Zahnfußfestigkeit von Zahnradbandagen. Konstruktion 19 (1967) H.2, S.41-47.
71. Liscic : Zahnräder aus Strangguss in Sonderqualität Grauguss. Masch. Wkt 74 (1968) Nr.39.
72. Malinkina, E.T. : Formarea fisurilor la tratamentul termic al oțelurilor. IDT București 1959 cap.1 p.5-24.
73. Mantea, St.
Dulămiță, T. : Teoria și practica tratamentelor termice. Ed.Teh. Buc.1966 cap.5, cap.8.

74. Minkevici, A.N. : Tratamentele termochimice ale metalelor și aliajelor. Trad. din L.Rusă Ed.Teh. Buc. 1968 cap.1,2 p.9-104.
75. Manzini, A. : Durificarea superficială a fontelor maleabile perlitice. ODPT Buc. 1972, nr.1 p.51-55. Din La Fonderia italiana nr.9.
76. Macherauch, E. : Despre dezvoltarea concepțiilor despre tensiunile interne și definițiile lor corespunzătoare. ODPT Buc. 1973 nr.3 p.54-60. Din "Al 14-lea Congres internațional de tratament termic" Salzburg 15-17 mai 1972.
77. Mantea, St. Geru, N. : Metalurgia fizică. București.Ed.Tehnică 1970.
78. Morariu, St. : Sur le durcissement de la zone therquement affectée des aciers au carbone et aciers au carbone-manganèse avec la rezistance de 370-520 n/mm². National Seminar NS 20/1.
79. Morgner, W. : The toughness of wold heat affected. Londra 27.III.1974.
80. Munz, D. : Einfluss von Eigenspannungen auf das Dauerschwinkverhalten. Härtereitechnik. Mitt. 22 (1967) H.1.
81. Maier, Y. : Entwicklungstendenzen in der Dimensionierung von Stirnrädern. (Teil 2) dima 4. S.37-42.
82. Nemenyi, R. : Calculul călirii la flacără. Gép nr.2 feb. 1959, p.49-58.
83. Nemenyi, R. : Călirea succesivă circulară la flacără a corpurilor de revoluție. Gép 12 nr.11 nov. 1960, p.443-448.
84. Nemenyi, R. : Utilizarea rotației cu avans pentru călirea la flacără. Gép 8 nr.7, iul. 1961 p.273-278.
85. Nemenyi, R. : Călirea la flacără a pieselor. Gép nr.7/1961, p.273-279.
86. Nemenyi, R. : Călirea succesivă circulară. Gép nr.12/1960, p.160-170.
87. Nanu, A. : Tehnologia materialelor. Ed.Did.și Ped. București 1972.
88. Nanu, A. : Tehnologia construcțiilor de mașini. Manualul inginerului mecanic vol.III Ed.Tehn. Buc. 1972,cap.14, p.773-808.
89. Nanu, A. : Tehnologia metalelor. Vol.I Timișoara. Lit.Invățământ 1955.
90. Nădășan, St. : Incercări și analize de metale. București, Ed.Tehn.1965.

91. Niemann, G. : Tragfähigkeitssteigerung bei gehärteten
H.Rettig und ungehärteten Zahnrädern. V.D.I. -
Bericht Nr.105 (1967).
92. Niemann, G. : Neue Versuchsergebnisse zur Zahnflanken-
H.Bötsch Tragfähigkeit von Stirnrädern aus Ver-
gütungsstahl. Konstruktion 18 (1966)
H.12, S.481-491.
93. Niemann, G. : Maschinenelementr, Bd.2 (Kap. Zahnrad-
berechnung) Springer-Verlag, Berlin,
Heidelberg, New York 1968.
94. Novik, A. : Surface Rolling as a Methode of Increa-
M.S. Balter s- ing the Fatigue Strength of Gears.
Engs. Dig. 18 (1957) Nr.12.
95. Opitz, H. : Lebensdauer und Geräuschuntersuchungen
K.Feltkamp an Zahnrädern aus Gusseisen. Gieserei
54 (1967) Nr.23, S.618-620.
96. Oehme, K. : Hochfrequenzhärtung schrägverzahnter
Getrieberäder. Metall-Physik, Metall-
Technik, 4. Internationale Studentische
Fachkollogium.
97. Opitz, H. : Auswirkung unterschiedlicher Wärmebe-
handlungen auf die Zahnfußfestigkeit
von Zahnrädern.
Dissertation T.H. Aachen 1968.
98. Opitz, H. : Stand und Entwicklungstendenzen der
Fertigungstechnik in den USA. Ind. Anz.
85 (1963) Nr.VII.
99. Overkot, F. : Brennhärten der Eintrittskanten von
Dampfturbinenschaufeln. B.W.K. 4 (1952)
Nr.2, S.42-49.
100. Overkot, F. : Die Prüfung brennzuhärtender Werkstoffe
auf Rissanfälligkeit. Vortrag 1954
Gevelsberg.
101. Petrokowaki, E. : Introducerea oălirii la flacără în pro-
cesul de producție a pieselor pentru
autovehicule. ATZ 60 Nr.5, mai 1958,
p.140-145 și nr.8, aug. 1958, p.230-231.
102. Petrov, B.D. : Influența regimului de încălzire cu
Sklinev, P.V. ajutorul curenților de frecvență in-
dustrială asupra tensiunilor remanente
și asupra capacității de lucru a cilin-
drilor de laminor. I.D.T. Buc. 1965,
p.56-59.
103. Popilov, L.I. : Prelucrarea electrică a metalelor.
Trad. din L.Rusă Ed.Tehnică Buc. 1956
cap. 3.

104. Popescu, N. Dumitrescu, C. : Utilizarea probelor de călire frontală la studiul transformărilor ce au loc la călirea și revenirea oțelurilor slab aliate de îmbunătățire. A II-a sesiune tehnico-stiințifică de tratament termic. București 1972, p.27-44.
105. Paterson, W. : Călirea și îmbunătățirea fontei cu grafit nodular. Härterei Technische. Mitt. vol.13, 1958, Stuttgart.
106. Pinders, F.A. : Zahnradgetriebe im Maschinenbau KEM (1967) H.8.
- 106a. Pawlow, S.P. : Der Einfluss der Zahnhärte auf die Tragfähigkeit von Zahnradgetrieben. Maschinenbau-Technik 7 (1958) H.11.
107. Popescu, N. Vilănescu, C. : Tehnologia tratamentelor termice. Editura Tehnică 1974.
108. Rotenstein, B. : Transformările austenitei la răcirea continuă. Ceret.Metalurgice 1967, p.217-231.
109. Radu, I. : Călirea superficială prin contact electric. ODPT Buc. 1969, p.41-67.
110. Rettig, H. : Erhöhung der Tragfähigkeit von Zahnrädern durch Härtung. Industrierundschau 8 (1953) S.55-64.
111. Russinovski, I.P. : Călirea superficială a pieselor de oțel sub strat de lichid prin curenți de înaltă frecvență. In: Buletinul construcțiilor de mașini, nr.9 sept. 1963, p.681-686 - Traducere din "Vostnik mashinostroenia," nr.6 iun. 1963 p.50-58.
112. Rose, A. : Eigenspannungen als Ergebnis von Wärmebehandlung und Umwandlungsverhalten. Plenarvortrag auf dem Härterei-Kolloquium in Wiesbaden am 7.10.1965.
113. Rose, A. : Wärmebehandelbarkeit der Stähle. Stahl und Eisen 85 (1967) S.1229-1240.
114. Razim : Einfluss des Randgefüges einsatzgehärteter Zahnräder auf die Neigung zur Grübchenbildung. Härtereitechnik Mitt. 22 (1967) H.4, S.317-329.
115. Rettig, H. : Tragfähigkeitserhöhung von Zahnrädern durch Härtung. Ind. Bl. 58 (1958) H.10.
116. Rettig, H. : Tragfähigkeitsuntersuchungen an weichenitrierten Zahnrädern. V.D.I.-Bericht Nr.105 (1967) S.31-37.
117. Sigwart, H. : Durchhärtung von Zahnrädern. Härtereitechnik Mitt. Bd. 12. Heft.2, S.9-22.

118. Schlegel, H. : Călirea superficială cu suflaiul
In: Technique moderne, Franța, Nr.2
feb. 1966, p.25-30.
119. Schlicht, H. : Călirea prin inducție a unui oțel hiper-
eutectoid de rulmenți.
In: Härterei Technische Mitt. Nr.3,
1968, p.232-238.
120. Smolnicov, E.A. : Metalovedenie; termiceskaia obrabotka.
Metallov Nr.6, 1961.
121. Stölse, K. : Getriebe hoher Tragfähigkeit. V.D.I. -
Bericht Nr.105, 1967.
122. Sigwart, H. : Operations of GEARS. ZWP 1957, Daimler
Benz, Untertürkheim.
123. Schröter, W. : Zahnfestigkeit und Lebensdauer von
Zahnradern. Aug. Feyel, Buchdruckerei
und Verlagsbuchhandlung, Überlingen/
Bodensee.
124. Spengler, A. : Wärmebehandlungsangaben auf Zeichnungen.
ASUG. Mitt. 5 (1968) Nr.2.
125. Strachota, A. : Călirea prin încălzirea la flacără
între dinți a roților dințate cu module
medii. I.D.T. Buc. 1961, p.60-80.
126. Stech, W. : Călirea la flacără a oțelurilor antico-
rosive. Schweissen und Schneiden 12,
Nr.2 feb. 1960, p.70-72.
127. Stech, W. : Contribuție la călirea cu flacără a
oțelurilor anticorrosive. Werstatt und
Betrieb 92, Nr.8 aug. 1959, p.505-572.
128. Sidders, P.A. : Călirea prin inducție a arborilor cotiți
cu echipamentul alotherm.
Machinery 97-1960, p.263-266.
129. Schumann, H. : Metalurgia fizică. Ed.Tehn. București
1962 cap.4, p.401.408.
130. Sokolov, V.N. : Încălzirea metalului. Calcule și apli-
cații. Trad. din L.Rusă Ed.Tehn. Buc.
1957 cap.5.
131. Savii, Gh. : Călirea superficială prin contact elec-
tric la frecvența de 50 Hz a oțelului
OLC 45. Conferința II. Procese și uti-
laje de prelucrare, Timișoara 1973,
p.369-375.
132. Savii, Gh. : Flexibilitatea în fabricația de mașini.
Timișoara, Ed. Facla 1977.
133. Savii, Gh. : Cercetări experimentale privind călirea
superficială prin contact electric la
frecvența industrială de 50 Hz. Sesiu-
nea jubiliară Cluj 1974.

134. Solacolu, M. : Cercetări privind asimilarea metodelor metalografiei cu replică. ICTCM Buc. 1972, p.15-30.
135. Trusculescu, M.: Studiul metalelor. Ed. Didactică și Ped. Buc.1971 cap.9, 12 p.180-211, 253-260.
136. Trusculescu, M.: Determinarea prin calcul a indicilor de călibilitate ai oțelurilor. In: Metalurgia nr.6 1971, p.351-354.
137. Tauscher, H. : Das Dauerfestigkeitsverhalten von Einsatzstählen. Technik 11 (1962) H.1, S.37.
E.Stecher
138. Tauscher, H. : Oberflächenhärte und Verschleisserscheinungen an einsatzgehärteten Stählen. Vortrag auf der 4 Bezirksfachtagung Härtereitechnik der KDT, Suhl.
139. Tauscher, H. : Die Beeinflussung der Festigkeitseigenschaften der Induktionshärtestähle durch die Aufheizgeschwindigkeit. Ifl. Mitt. 5 (1966) H.4, S.146-149.
H.Buchholz
140. Tauscher, H. : Biegedauerfestigkeit des Allzahnhärtestahles C.K.53 nach induktiver Oberflächenhärtung. Technik 22 (1967) H.9.
H.Buchholz
141. Viart, F. : Călirea cu ajutorul încălzirii prin inducție. Electronique 1960 Nr.162 (15 V) p.25-32.
142. Vazaca, C. : Încălzirea prin inducție de joasă și înaltă frecvență. Ed. Acad. RSR Buc. 1956 cap.2, p.58-68, cap.5 p.139-195.
143. Villemeur, Y. : Amélioration des surfaces planes de glissement et particulièrement des flissières de machines outils par différents procédés, et notamment par trempe à haute fréquence et par sulfivisation. Revue universelle des mines - Belgia Nr.1 ian. 1962, p.102-109.
144. Viart, F. : Călirea cu ajutorul încălzirii prin inducție. In: Electronique Nr.162 mai 1960 p.25-32.
145. Winter, H. : Leistungsgrenzen von Zahnradgetrieben. Ind. Anz. 91 (1969) Nr.16.
H.Rettig
146. Watson, H.J. : Industrial Gears. Engs. Dig. 28 (1967) Nr.6.
147. Watson, H.J. : Gear Materials 28 (1967) Nr.7.
148. Weymueller, C. : Medii de călire moderne și aplicațiile lor. ODPT Buc. 1973 Nr.3 p.35-43. Din Metal Progress iul. 1972, p.39-50.

149. Will, A. : Diskussionsbeitrag, vorgetragen auf dem Internationalen Erfahrungsaustausch für Ingenieure und Konstrukteure der Firma Peddinghaus im "Haus der Technik" Essen März 1959.
150. Wanyorer, R. : Tratamente termice, Lit. I.P.Braşov, 1951.
151. Wolkenstein, R. : Zur Ermittlung der erforderlichen Härtetiefe an Zahnrädern. Konstruktion, 20 (1968) H.5, S.161-168.
152. Wiegand, H. : Dauerfestigkeitsverhalten ein-
G.Tolasch satzgehärteter Proben. Härtereitechnik. Mitt. 22 (1967) H.4, S.330-338.
153. Wellauer, E.J. : Ferrous Metals Machine Design 40 (1968)
H.R.Bergmann June. 20, S.144-160.
154. Weinhold, H. : Neue Bestimmungsgrößen für Zahnrad-
abmessungen an Stirnrädern. ASUG -
Mitt. 4 (1967).
155. Winter, H. : Zahnraduntersuchungen im Verspannungs-
prüfstand. Ind. Bl.55 (1955) H.8.
156. Zlatnik, J. : Călirea superficială a cilindrilor fo-
losind încălzirea prin inducție.
Hutnicke Listy XIV-1959 Nr.5, p.421-429.
157. X X X : Dicționar enciclopedic român.
158. X X X : Induction Hardening and Tempering, by
the ASM Committee on induction Harde-
ning, edited by American Society for
Metals, Metals Park, Ohio, London
Chapman and Hall, Limited 11 New Fetter
Lane, London E.C.4.
159. X X X : Basics of induction heating, by Chester
A Tudbury Vol. I Nr.247-1, Vol.II,
Nr.247-2, edited. by John F.Rider
Publisher, Inc. 116 W 14 th St. New
York 11, N.Y.; London Chapman and Hall
Limited 11 New Fetter Lane London ECH.
160. X X X : Induktives Löten. VDI Richtlinien
Nr.3134
Induktives Härten. VDI Richtlinien
Nr.5.3133
Induktives Erwärmen für Warmformen VDI
Richtlinien Nr.3132.
Induktive Erwärmung. VDI Richtlinien
Nr.3131.
161. X X X : Induction Heating Practice, by D.War-
burton-Brown, Philosophical Library,
New York.