

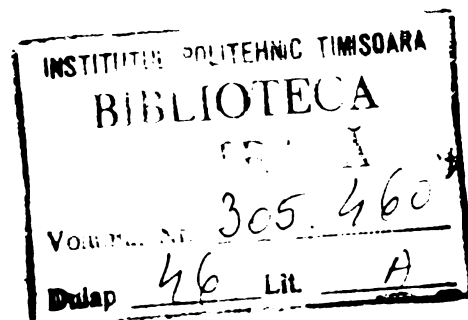
MINISTERUL EDUCATIEI SI INVATAMINTULUI
INSTITUTUL POLITEHNIC „ TRAIAN VUIA ”

TIMISOARA
FACULTATEA DE MECANICA

ing. PETRU COJEREAN

CONTRIBUTII PRIVIND INFLUENTA PARAMETRILO
TEHNOLOGICI ASUPRA COMPORTARII IMBINARILOR
CILINDRICE CU STRINGERE PRESATE
LA RECE

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA



CONDUCATOR STIINTIFIC

Prof.emerit dr.ing.Gheorghe Savu

INTRODUCERE

Îmbinările prin strângere și-au găsit în ultimul timp o largă utilizare în construcția de mașini, deoarece această îmbinare prezintă avantajul unei construcții simple, necesită material și timp de execuție mai redus decât orice altfel de îmbinare. De asemenea, asigură o importantă economie de spațiu și de greutate și realizează o centrare bună a pieselor conjugate.

În funcție de gradul de fixare, îmbinările prin strângere pot fi demontabile sau nedemontabile și sînt capabile să preia sarcini axiale și momente mari, ca urmare a existenței unui contact forțat între suprafețele arborelui și alezajului, folosind diferențele de dimensiuni corespunzătoare ajustajelor cu strângere.

Față de avantajele arătate mai sus, îmbinările cu strângere prezintă și dezavantaje ca : necesitatea unei prelucrări precise cu toleranțe mici. Este un puternic concentrator de tensiuni, mai ales în cazul strîngerilor mari și cu posibilitatea apariției coroziunii pe suprafețele de contact ale pieselor îmbinate. De asemenea, se obțin strîngeri diferite în cadrul toleranței ajustajului, datorită variației mari a toleranțelor pieselor, iar la desfacerea îmbinării există posibilitatea distrugerii suprafețelor de contact.

Faptul că astăzi, procedeele și metodele de prelucrare și de măsurare existente permit deplina stăpînire a dimensiunilor, acest lucru ne oferă siguranța realizării pieselor ajustajelor în limitele de toleranțe cerute.

Literatura de specialitate tratează diverse aspecte legate de îmbinările cu strângere, problemele studiate de cercetători sînt îndreptate mai mult înspre stabilirea unor principii de calcul și metode de dimensionare și mai puțin la cunoașterea influenței factorilor de asamblare sau tehnologici.

Majoritatea cercetătorilor [6], [23], [25], [27], [29], [33], [46], [48], în lucrările lor teoretice sau experimentale, au studiat și s-au preocupat de stările de tensiune din îmbinare, au conceput monograme și relații de calcul pentru dimensionarea ajustajelor cu strângere. Astfel, în lucrarea [48] se face un studiu matematic pentru determinarea teoretică a tensiunilor la ajustajele cu strângere, funcționînd în domeniul elastic și plastic. Stările de tensiune stabilite pe baza calculelor sînt comparate cu tensiunile ^{de} fretare măsurate experimental [46]. În lucrările [25], [27], se aduc contribuții la dimensionare și alegerea diametrului de îmbinare la ajustajele cu strângere presate, avînd la baza calculului solicitărilor, relațiile de calcul folosite pentru tuburile cu pereți groși. În lucrările [23] și [24] se prezintă monograme pentru dimensionare, iar în lucrarea [65] se încearcă să se prezinte principii de calcul pentru dimensionarea ajustajelor cu strângere prin presare, la diametre mici, împerechieri de arbori de oțel de 0,2...6 mm, cu elemente din oțel, alamă și aluminiu.

Cu toate preocupările intense în acest sens, nici pînă în prezent, multe probleme nu sînt lămurite complet, în multe situații ne existînd o concordanță între relațiile analitice și rezultatele obținute experimental, chiar și în cazul solicitărilor în domeniul elastic.

Această neconcordanță se datorește faptului că o serie

de factori de influență - tehnologici și dimensionali - nu sînt suficient de bine cunoscuți, uneori chiar neglijați, nefiind cuprinși în relațiile teoretice de calcul.

Parametrii tehnologici, influența lor, precum și aspectele legate de comportarea ajustajelor cu strîngere la montări și demontări repetate, fără lubrefiere, sînt tratate în foarte mică măsură în literatura de specialitate. Influența unor procedee de prelucrare, macrogeometria sau microgeometria suprafețelor, materialul sau starea stratului superficial, nu reprezintă problemele principale urmărite în studiile efectuate de cercetători. De aceea lipsesc date sau rezultate concrete, iar referițiile bibliografice care se fac [3], [6], [27], [33], [47], [65], sînt insuficiente, unele păreri informative sînt chiar contradictorii.

În scopul măririi aderenței, autorii lucrărilor [3], [6] sînt de părere că felul prelucrării suprafețelor de contact, la ajustajele cu strîngere, are o mare importanță. Sînt indicate procedeele de prelucrare — strunjire, alezare, rectificare, ecrui-sare prin rulare — folosite de către unele administrații de căi ferate în acest scop. Se dau și prescripții în legătură cu înălțimea rugozității suprafețelor. Cu toate datele informative importante, nu sînt indicate rezultate comparative în ceea ce privește comportarea acestor îmbinări.

Peiter [46], [47], în studiile experimentale efectuate asupra îmbinărilor fretate, cercetează și influența altor factori neaccesibili calculului analitic, cum ar fi: rugozitatea suprafețelor, modificările de formă, duritatea suprafețelor fretate, influența încălzirii și răcirii etc, precum și dependența acestora cu factorii principali ai îmbinării fretate.

Observațiile comparative efectuate între îmbinările fretate oțel pe oțel și fontă pe oțel, i-au permis să tragă concluzia că cele două tipuri de ajustaje, în condiții similare se comportă diferit, că mărimea rugozității suprafețelor de contact are deosebită importanță, în special la îmbinările oțel pe oțel.

Deși aceste experimentări s-au efectuat în condițiile unor ajustaje fretate - încălzire și răcire - diferită față de ajustaje cu strângere presate la rece, dacă ne referim la modificările ce intervin pe suprafețele de contact cu ocazia presării, totuși concluziile la care a ajuns Peiter, se consideră valoroase și pentru faptul că stabilește legătura între procedeele de prelucrare și parametrii principali ai îmbinării.

Literatura de specialitate [38], [39], [45], precum și cercetătorii în studiile lor experimentale [6], [33], [65], s-au preocupat și dau indicații tehnologice în legătură cu modul de prelucrare a părții de introducere a arborelui în alezaj, la ajustajele cu strângere presate la rece. S-au făcut experimentări și sînt acceptate concluziile referitoare la mărimea unghiului de teșire (conicitatea) la arbore și la alezaj, precum și influența acestora asupra forțelor de presare și de aderență.

În scopul cunoașterii parametrilor principali la ajustajele cu strângere, s-a urmărit și influența strîngerii relative.

Concluzia comună [3], [38], [39], [45], [46], [65], este că la ajustajele cu strângere care lucrează în domeniul elastic, forțele cresc proporțional cu strîngerile și că forțele de depresare sînt în general mai mari decît cele de presare.

Kienzle [33], studiind ajustajele cu strângere în mecanica fină, la care arborii au fost din oțel și alezajele de alamă, aluminiu și oțel, a constatat - prin experimentări -

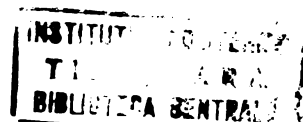
că forțele de presare sînt de 2...3 ori mai mari decît forțele de depresare. Explicația acestei situații se pune pe seama modificărilor plastice ce intervin în alezajul butucului.

Problema montărilor și demontărilor repetate, a constituit o preocupare a cercetătorilor numai în domeniul căilor ferate [3], [27], [29], [65], în ideea utilizării la presări și depresări, ulei introdus sub presiune între suprafețele de contact, metodă brevetată astăzi, de cîteva țări europene.

Presarea și depresarea repetată, uscat, nu este tratată în literatura de specialitate, iar referirile informative [27], [45], [65], care se fac sînt insuficiente și contradictorii. Nu se cunoaște influența strîngerii, a parametrilor dimensionali și tehnologici asupra numărului de presări și depresări posibile, problemă importantă din punct de vedere economic și funcțional la ajustajele cu strîngere cu grad mai mic de fixare.

Faptul că, numărul factorilor de influență este mare în cazul ajustajelor cu strîngere, că multe aspecte tehnico-funcționale sînt nelămurite sau sînt contradictorii, prin prezenta lucrare ne-am propus ca pe baza unor studii experimentale, asupra unor aspecte mai puțin tratate în literatură, să se aducă o contribuție la cunoașterea legăturii dintre caracteristicile de ajustare a îmbinărilor cu strîngere presate la rece și parametrii tehnologici, influența acestor factori asupra îmbinărilor cu strîngere și totodată să se urmărească comportarea ajustajelor cu strîngere presate la rece, în situația unor montări și demontări repetate, fără lubrefiere, în condițiile modificării caracteristicilor de ajustare și a factorilor tehnologici studiați.

Lucrarea conține patru părți, extinse pe șapte capitole după cum urmează:



În prima parte, conținând două capitole, se prezintă ajustajele cu strângere, modul de alegere al ajustajelor cu strângere și domeniul lor de utilizare, precum și poziția relativă a câmpului de toleranță și valorile caracteristicilor de îmbinare la ajustajele studiate. Se tratează calculul îmbinărilor cu strângere, pentru domeniul deformațiilor elastice, elasto-plastic și plastic, precum și problemele mai puțin cunoscute în această direcție.

În partea a doua, pe parcursul a două capitole, se prezintă procedeele de prelucrare utilizate, mai frecvent, pentru realizarea ajustajelor cu strângere. Se analizează din punct de vedere teoretic și experimental procesul de prelucrare prin deformare plastică, stabilindu-se influența parametrilor principali asupra calității suprafeței netezite, a microduriității și a mărimei adaosului necesar.

Partea a treia, tratată în două capitole, prezintă rezultatele experimentale efectuate asupra ajustajelor cu strângere presate la rece (H7/p6, H7/r6) studiate. Se cercetează influența strîngerii relative, a parametrilor dimensionali, a materialului, a rugozității, a procedurii de prelucrare etc, asupra gradului de fixare și în general, asupra comportării în ansamblu a ajustajelor cu strângere considerate. Totodată se studiază influența parametrilor mai sus menționați, în cazul unor presări și depresări repetate, precum și în situația folosirii la ajustajele cu strângere arbori neteziți prin procedeul de deformare plastică.

În partea întâia a lucrării se face o prezentare a datelor din bibliografie, necesare fixării temei în cadrul problemelor generale privind ajustajele cu strângere. În partea doua, a

treia și a patra sînt prezentate contribuțiile originale.

Autorul consideră această lucrare ca o modestă contribuție la cunoașterea principalilor parametrii care pot influența îmbinările în domeniul ajustajelor cu strîngere, punînd la dispoziție un bogat material experimental, de care se pot folosi atît cercetătorii cît și tehnologii din întreprinderi. El aduce pe această cale mulțumirile sale tuturor celor care l-au ajutat și sprijinit în munca desfășurată pentru realizarea lucrării în primul rînd conducătorului științific Prof. emerit dr.ing.Gheorghe Savii, sub îndrumarea căruia a lucrat o perioadă îndelungată și căruia îi datorează formarea sa ca cercetător și cadru didactic.

Partea I-a

AJUSTAJELE CU STRINGERE

CAPITOLUL I

UNELE CONSIDERATII ASUPRA AJUSTAJELOR

CU STRINGERE

1.1. Generalități

În vederea realizării asamblării elementelor de mașini, în cele mai multe cazuri suprafețele sînt conjugate cu suprafețe de contact, asigurate prin lanțuri de dimensiuni, ale căror verigi se influențează reciproc și în componența cărora piesele sînt îmbinate pe grupe și feluri de ajustaje. Acestea sînt prevăzute [67] în sistemele de ajustaj cu alezaj unitar și de ajustaj cu arbore unitar.

Subiectul tezei de doctorat fiind axat pe probleme referitoare la ajustajele cu strîngere, în continuare se prezintă unele aspecte legate de cîmpurile de toleranțe. Astfel, după cum rezultă din figura 1.1. [55], [67], din categoria de ajustaje mai sus menționate, fac parte cîmpurile de toleranțe simbolizate cu literele N P R S T U V X Y Z ZA ZB ZC și respectiv n p r s t u v x y z za zb zc. În primul caz (fig.1.1.a), cîmpul de toleranță al alezajelor este în întregime sub linia zero, iar în al doilea caz (fig.1.1.b), cîmpul de toleranță al arborilor se află în întregime deasupra liniei zero. Pe măsură ce litera N respectiv n, se îndepărtează spre ZC respectiv zc, diametrele alezajelor se micșorează, iar diametrele arborilor cresc.

Din cele 18 trepte de precizie prevăzute în sistemul ISO de toleranțe și ajustaje, pentru piesele care formează ajustaje cu strîngere se folosesc preciziile 5, 6, 7 și 8 [55], [67].

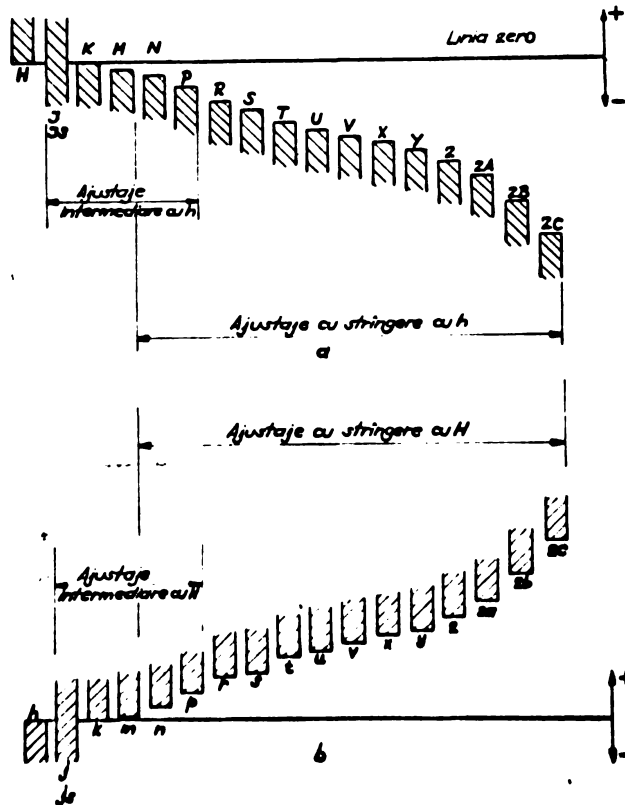


Fig.1.1. Ajustaje intermediare și cele cu strângere [67].

a - sistem arbore unitar; b - sistem alezaj unitar.

1.2. Alegerea ajustajelor cu strângere și domeniul de utilizare

Din numărul mare de ajustaje cu strângere ce se pot alcătui, recurgerea la sistemele de ajustaje cu alezaj unitar sau arbore unitar, constituie o simplificare acoperitoare pentru marea majoritate a problemelor de proiectare, precum și o ușurare în execuție. Pe de altă parte există recomandările cuprinse în standarde [67], referitoare la câmpurile de toleranțe și la ajustajele preferențiale pentru dimensiunile pînă la 500 mm. Utilizarea sistemelor de ajustaje cu alezaj (arbore) unitar, reprezintă cazul particular cel mai economic al modului de formare a ajustajelor, în care se aleg pentru elementul de referință alezaj sau

arbore, poziția H, respectiv h, a câmpului de toleranță.

În construcția de mașini, în majoritatea cazurilor se utilizează sistemul de ajustaj cu alezaj unitar, datorită faptului că prezintă multe avantaje economice și tehnologice. Sistemul de ajustaj arbore unitar cu toate dezavantajele de ordin economic, totuși nu are sfera de utilizare chiar așa restrânsă, fiind multe cazuri când se impune constructiv adoptarea acestui sistem [36], [55], [67].

În tabelul 1.1. sînt prezentate ajustajele cu strîngere, sistem alezaj unitar, recomandate prin standarde [1], [67], cele preferențiale sînt încadrate în chenare groase.

În cele ce urmează se face o succintă analiză a recomandărilor de utilizare și a caracterului ajustajelor cu strîngere sistem alezaj unitar [6], [28], [38], [39], [55].

Tabelul 1.1.

SISTEMUL ALEZAJ UNITAR			
	H5	H7	H8
Ajustaje cu strîngere	H6/h5 pentru D>3		
	H6/p5	H7/k6 pentru D>3	
	H6/p5	H7/r6	H8/r7 pentru D>100
	H6/r5	H7/s6	H8/s7
	H6/s5	H7/t6	
	H6/t5	H7/u6	H8/u7
	H6/u5	H7/v6	
	H6/v5	H7/x6	H8/x7
	H6/x5	H7/y6	H8/y7
		H7/z6	H8/z7

Ajustajul H6/n5 (pentru $D > 3$ mm) este un ajustaj cu strângeri foarte mici, care se folosește la îmbinarea bolțului cu pistonul unui motor de tractor.

Ajustajul H7/p6, realizează o strângere suficientă pentru fixarea unor piese cu solicitări reduse sau unde fixarea se asigură și prin pene. La strângeri mici piesele pot fi montate și demontate fără pericol de deteriorare a suprafețelor. Ajustajul este frecvent folosit la roți dințate împănate pe arbori, la fixarea cuzineților în lagăre, montarea rulmenților etc. O variantă mai precisă, deci mai scumpă, este ajustajul cu strângere H6/p5, care are aceleași utilizări.

Ajustajul H7/r6, asigură o fixare mijlocie la piesele din metale feroase și o fixare ușoară la cele neferoase. Are utilizare frecventă la bușele presate în lagăre, ghidaje, capete de bielă, la fixarea roților dințate pe arborele pompei de ulei la tractoare, la fixarea unor roți melcate pe arbore etc. În aceste ultime cazuri, pentru siguranță mai mare, se recomandă și o fixare suplimentară. Ajustajul H6/r5 este o variantă mai precisă cu toleranța mai restrânsă, care este însă utilizată rar.

Pentru realizarea unor îmbinări cu strângeri apreciabile, când la montaj se recurge la încălzirea alcazajelor, se recomandă utilizarea ajustajelor H6/s5, H7/s6 și H7/s7. Iar pentru strângeri și mai mari, de ordinul 1% din diametru, cazul îmbinării butucului roților de locomotive și vagoane cu osia, când se necesită și măsuri la lubrifiere, se folosesc ajustajele H6/u5, H7/u6 și H7/u7.

Ajustajele cu strângere H6/v5, H6/x5, H7/v6, H7/x6, H7/y6, H7/z6, H8/x7, H8/y7 și H8/z7, se consideră a fi speciale și nu se pot face recomandări cu caracter general.

1.3. Ajustajele cu strângere studiate în prezenta lucrare

În lucrare au fost alese pentru studiu, ajustajele cu strângere H7/p6 și H7/r6, fiind primele două ajustaje cu strângere preferențiale [55], [67], care la această precizie satisfac în bune condițiuni scopul propus.

Aceste ajustaje, asigură printr-o presare uscată, o fixare de la suficient pînă la mijlociu, pentru piese din oțel și fontă sau pentru piese din neferoase montate pe piese din oțel. Printr-o sortare la montare, se poate realiza o dirijare a strîngerii de la minim pînă la strîngeri puternice, care să permită utilizarea lor la sarcini mari, fără introducerea altor mijloace de fixare.

De asemenea, alegerea pentru studiu a grupelor de ajustaje cu strângere menționate mai sus, s-a făcut și pe considerențul că, condițiile de presare la următoarele grupe de ajustaje sînt deosebite, deoarece avînd strîngeri apreciabile, la montare se necesită fie încălzirea alezajului sau răcirea arborelui, fie montarea prin lubrefiere.

S-a ales dimensiunea nominală de 30 mm, din intervalul de dimensiuni (30...50)mm [55], [67], fiind considerată o dimensiune uzuală sau apropiată, convenabilă și economic; se asigură mai ușor și posibilitatea de investigație, fără a fi nevoie de instalații deosebite cu puteri mari pentru presare și depresare.

În construcția de mașini, această grupă de ajustaje cu strângere are o largă aplicabilitate. În afară de cele menționate la (pct.1.2) se mai utilizează: la îmbinarea rotoarelor de ventilator pe arbore, a roților dințate de la reductoare, a cuplajelor și în general la diferite bușe și manșoane de etanșare sau de consolidare din materiale feroase sau neferoase.

1.4. Relații fundamentale. Condiții pentru realizarea valorilor strîngerilor.

Prezentarea acestei probleme se face pentru cazul general, în sistemul de ajustaj cu alezaj unitar (fig.1.2), relațiile stabilite însă sînt valabile pentru toate ajustajele cu strîngere [36], [55].

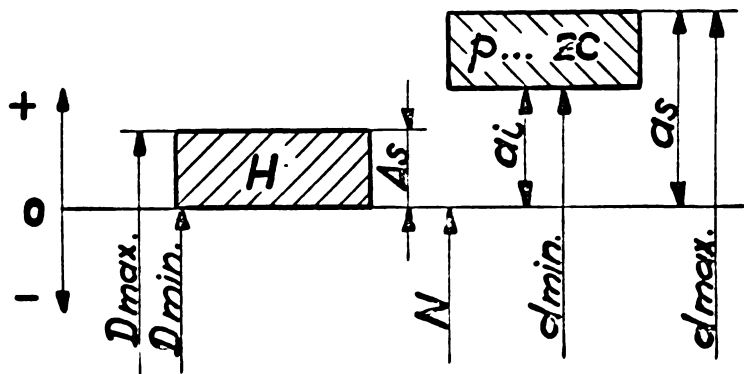


Fig.1.2. Reprezentarea convențională a unui ajustaj cu strîngere sistem alezaj unitar

Este cunoscut [61], [28], [36], [38], [39], [55] că ajustajele cu strîngere se caracterizează prin existența unei strîngeri minime, care împiedică deplasarea pieselor una față de cealaltă după îmbinare. Aceasta înseamnă că condițiile strîngerii sînt satisfăcute dacă se poate exprima în funcție de dimensiunile limită admisibile inegalitatea:

$$d_{\min} \geq D_{\max} \quad (1.1)$$

în care: d_{\min} - este diametrul minim al arborelui;
 D_{\max} - este diametrul maxim al alezajului.

De asemenea, la ajustajele cu strîngere, raportul dimensiunilor de contact este :

$$\frac{D}{d} < 1 \quad (1.2)$$

deoarece întotdeauna $D < d$.

Pe baza celor arătate mai sus, valoarea strîngerii poate fi exprimată prin relația [36], [38], [39], [55] :

$$S = d - D \quad (1.3)$$

Intrucît valorile arborelui (d) și ale alezajului (D) sînt prevăzute între două limite admisibile (fig.1.2) și strîngerile variază între două valori extreme.

Strîngerile cele mai mari vor fi obținute, cînd arborele cu dimensiunea maximă, va fi îmbinat cu alezajul cu dimensiunea minimă.

$$S_{\max} = d_{\max} - D_{\min} \quad (1.4)$$

La fel, strîngerile cele mai mici vor fi obținute, cînd arborele cu dimensiunea minimă, va fi îmbinat cu alezajul cu dimensiunea maximă.

$$S_{\min} = d_{\min} - D_{\max} \quad (1.5)$$

Tinînd seama de relația (1.1) valoarea S_{\min} va fi întotdeauna pozitivă; la limită, S_{\min} poate fi egală cu zero.

Valorile limită ale strîngerilor pot fi exprimate și cu ajutorul dimensiunilor nominale (N) și abaterilor limită ale alezajului (A_s, A_i) și arborelui (a_s, a_i) [36], [55] :

$$\begin{aligned} D_{\max} &= N + A_s \\ D_{\min} &= N + A_i \\ d_{\max} &= N + a_s \\ d_{\min} &= N + a_i \end{aligned} \quad (1.6)$$

Introducînd valorile din relația (1.6) în relația (1.4) și (1.5) vom obține strîngerile sub forma:

$$S_{\max} = (N + a_s) - (N + A_i) = a_s - A_i \quad (1.7)$$

$$S_{\min} = (N + a_i) - (N + A_s) = a_i - A_s \quad (1.8)$$

Pe baza relațiilor (1.7) și (1.8) se poate trage concluzia că ajustajele cu strângere maximă se obțin când diametrele pieselor în contact se află la începuturile câmpurilor de toleranță, iar ajustajele cu strângere minimă, când diametrele pieselor în contact se află la sfârșitul câmpurilor de toleranță.

Criteriile de apreciere ale unui ajustaj sînt date de valoarea toleranței sale. Toleranța unui ajustaj cu strângere este egală cu diferența dintre valorile extreme ale caracteristicilor sale de îmbinare [36], [55]:

$$T_s = S_{\max} - S_{\min} \quad (1.9)$$

Înlocuind în această relație, valorile limită ale strîngerilor, cu valorile lor din relațiile (1.4) și (1.5) și grupînd termenii se obține :

$$\begin{aligned} T_s &= (d_{\max} - D_{\min}) - (d_{\min} - D_{\max}) \\ T_s &= (d_{\max} - d_{\min}) + (D_{\max} - D_{\min}) \\ T_s &= T_d + T_D \end{aligned} \quad (1.10)$$

Adică, toleranța strîngerii este egală cu suma toleranțelor arborelui și alezajului.

1.4.1. Poziția relativă a câmpului de toleranță și valorile caracteristicilor de îmbinare la ajustajele studiate. Avînd stabilite dimensiunea nominală și grupele de ajustaje cu strîngere, în tabelul 1.2. sînt arătate toleranțele ,

Tabelul 1.2

Dimens. nominal [mm]	Limitele interval. [mm]	ALEZAJ	ARBORI	
		Simbolul		
		H7	h6	r6
30	30...50	+25 0	+42 +26	+50 +34

respectiv abaterile limită, atât pentru alezajul unitar H7 cât și pentru arborii p6 și r6.

În figura 1.3 sînt reprezentate pozițiile cîmpului de toleranță a celor două ajustaje studiate. Se observă că abaterea superioară p6 se află în cîmpul de toleranță r6, respectiv abaterea inferioară r6 se află în cîmpul de toleranță p6. Aceasta înseamnă că, în multe situații, valorile caracteristicilor de îmbinare a celor două ajustaje sînt apropiate sau chiar comune.

Pe baza relațiilor (1.7) și (1.8), calculînd și valoarea medie aritmetică a caracteristicilor de îmbinare (Tab.1.3), unde se vede că valorile S_{med} a celor două ajustaje, precum și a caracteristicilor limită sînt apropiate.

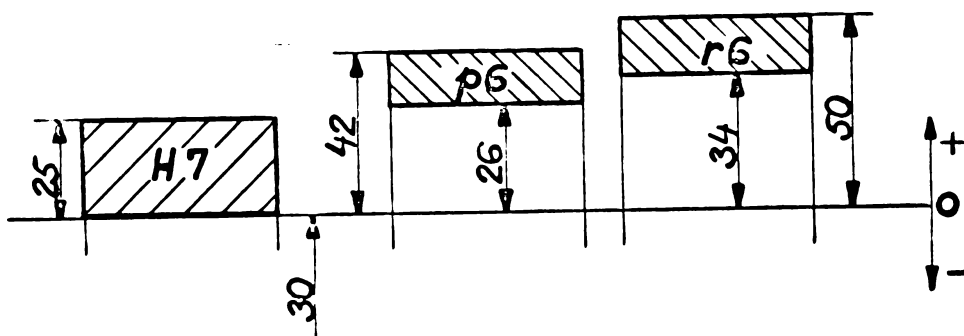


Fig. 1.3. Reprezentarea pozițiilor cîmpului de toleranță al ajustajelor studiate

Tabelul 1.3.

Dimens. nominal [mm]	Limitele interval [mm]	Strîngere teoretică	H7	
			p6	r6
μm				
30	30...50	$S_{max.}$	42	50
		$S_{med.}$	26,5	28,5
		$S_{min.}$	1	9

În această situație, se consideră inoportună tratarea problemelor separat pentru fiecare ajustaj, deoarece rezultatele obținute ar fi ne semnificativ diferențiate.

Există însă modalitatea de a studia problemelor în întreg intervalul de dispensie admisibil al celor două ajustaje, considerînd că există un singur ajustaj, la care arborele are un singur cîmp de toleranță mai mare (fig.1.4). Dar în cazul unui proces tehnologic corect, majoritatea pieselor se vor afla în mijlocul cîmpului de toleranță și un număr mic, insuficient, pentru studiu la extremități (fig.1.4)

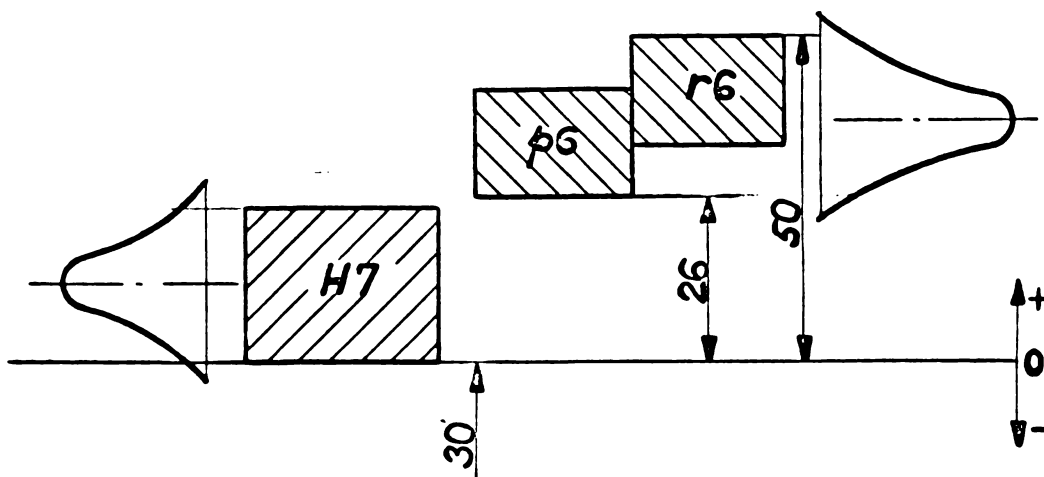


Fig. 1.4. Distribuția dimensiunilor efective în cîmpul de toleranță considerat.

Pentru a trata problema în ansamblul general al intervalului de dispersie admisibil, pentru evitarea atitudinii preferențiale de distribuție a mărimilor întîmplătoare, s-a apelat la "metoda îmbinării selective" [55], utilizată în scopul obținerii unei precizii prescrise, și a unor strîngeri dirijate, împărțind întregul domeniu în cinci intervale a $5 \mu\text{m}$ (fig.1.5), atît la arbore (notat I...5), cît și la alezaje (notat I...V).

Metoda este utilizată și în cazurile în care posibilitățile

de prelucrare sînt limitate pentru a se deține precizia prescrisă sau cînd este mai economic să se înlocuiască precizia ridicată de prelucrare cu o sortare.

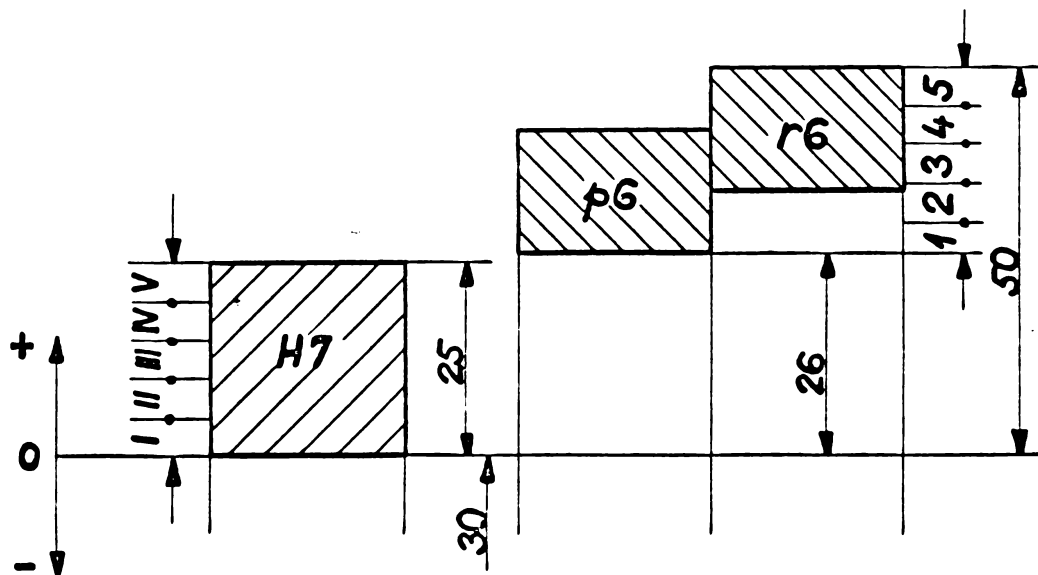


Fig. 1.5. Cîmpurile de toleranță considerate, împărțite în intervale de $5 \mu\text{m}$.

În unele fabricații, ca de exemplu la rulmenți, sortarea are o aplicație cu totul generală fiind singura posibilă și economic avantajată, în vederea ridicării preciziei ajustajului.

De asemenea, în cazul ajustajelor cu strîngere, sortarea poate contribui la mărirea strîngerii minime, asigurînd un ajustaj mai rezistent și de durată mai mare, sau la micșorarea strîngerii maxime, eliminînd astfel tensiunile exagerate care iau naștere.

În consecință, dacă se impune un ajustaj precis, avînd toleranța pieselor prelucrate așa de mică încît ele nu pot fi prelucrate fără rebuturi, atunci se poate mări toleranța de prelucrare a pieselor, cu condiția ca prin efectuarea unei sortări, să fie obținute grupe de piese de precizie cerută.

Conform măsurilor luate (fig.1.5), în tabelul 1.4 sînt redată noile valori ale cîmpurilor de toleranțe, grupate pe intervale, atât pentru alazaie cît și pentru arbori.

Tabelul 1.4

Dimens. nominal [mm]	Cîmpul de toleranțe al grupelor									
	ALEZAJE					ARBORI				
	I	II	III	IV	V	1	2	3	4	5
30	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
	0	+6	+11	+16	+21	+26	+31	+36	+41	+46

Tabelul 1.5

Dimens. nominal [mm]	Strîngere teoretică	Grupele de ajustaje				
		I 5	II 4	III 3	IV 2	V 1
		μm				
30	$S_{max.}$	50	39	29	19	9
	$S_{med.}$	45,5	35	25	15	5
	$S_{min.}$	41	31	21	11	1

Printr-o împerechiere corespunzătoare a intervalelor, adică: I/5, II/4, III/3, IV/2, V/1, s-au obținut cinci grupe de sortare, a căror caracteristici de îmbinare (Tab.1.5) au permis studierea și cunoașterea în detaliu a întregului domeniu.

CAPITOLUL 2

CALCULUL ÎMBINĂRILOR CU STRINGERE

După cum este cunoscut, cele două piese, cea care strânge (2) și cea strânsă (1) (fig.2.1), care formează îmbinarea prin strângere, după montare suferă anumite deformații pe suprafețele de contact și apar eforturi după diferite direcții în material.

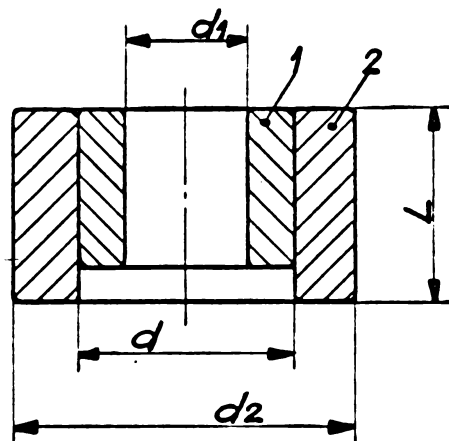


Fig.2.1. Definirea diametrelor în îmbinările cu strângere.

Din literatura de specialitate [6], [28], [36], [38], [39], [45], [62], precum și din studiile teoretice și experimentale [8], [25], [33], [46], [47], [48], se constată că în cazul ajustajelor cu strângere pot apărea situații în care:

- deformațiile pieselor rămâne în limitele elasticității;
- odată cu deformațiile elastice apar și deformații plastice;
- întreg materialul pieselor se deformează plastic.

De aceea, pentru calculul unei îmbinări cu strângere, înainte de toate trebuie stabilit în ce domeniu de deformație

se află și totodată să se cunoască la ce presiune specifică la nivelul suprafețelor de contact începe curgerea și apar deformații plastice.

2.1. Imbinări cu deformații elastice a pieselor

2.1.1. Eforturile unitare. Studiul teoretic al imbinărilor cu presare, în cazul deformațiilor elastice a fost dezvoltat de Lamé, iar relațiile de calcul deduse pe baza teoriei tuburilor cu pereți groși sînt recomandate de majoritatea manualelor de specialitate [6], [28], [38], [39], [40]. Rezultatele acestor calcule, converg în mare măsură și cu datele ce s-au obținut prin experiențele efectuate [8], [23], [46], [47], [65].

Conform acestei teorii, datorită presiunilor existente pe suprafața de contact, în piesa cuprinsă și în cea cuprinzătoare iau naștere eforturi unitare radiale σ_r , tangențiale σ_t și axiale σ_z . Din cauza absenței eforturilor în direcție axială se poate scrie $\sigma_z = 0$.

În ipoteza rămînerii în domeniul elasticității, relațiile pentru determinarea acestor eforturi unitare sînt [4], [5], [6], [38], [39] (fig.2.2):

Pentru arbore :

$$\begin{aligned} \text{la } \frac{d_1}{2} \text{ rezultă } \sigma_r &= 0 \\ \sigma_t &= \sigma_{t\max} = -2p \frac{d^2}{d^2 - d_1^2} \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} \text{și la } \frac{d}{2} \text{ rezultă } \sigma_r &= -p \\ \sigma_t &= -p \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Pentru alezaj:

$$\text{la } \frac{d}{2} \text{ rezultă } \sigma_r = -\sigma_t = \sigma_{t\max} = p \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} \quad (2.3)$$

la $\frac{d_2}{2}$ rezultă $\sigma_r = 0$ (2.4)

$$\sigma_t = 2p \frac{d_2}{d_2^2 - d^2}$$

In cazul cînd $d_1 = 0$, adică arborele ar fi plin, atunci eforturile unitare ar fi egale cu p .

2.1.2. Determinarea strîngerii. La baza calculului îmbinărilor presate se pune principiul strîngerii, respectiv al deformațiilor elastice, ca urmare a existenței în stare liberă a unei "supradimensiuni" Δ (fig.2.3), care în urma montării este preluată prin deformații elastice de fiecare piesă în parte, în mod neegal, producîndu-se pe suprafața de contact o presiune p .

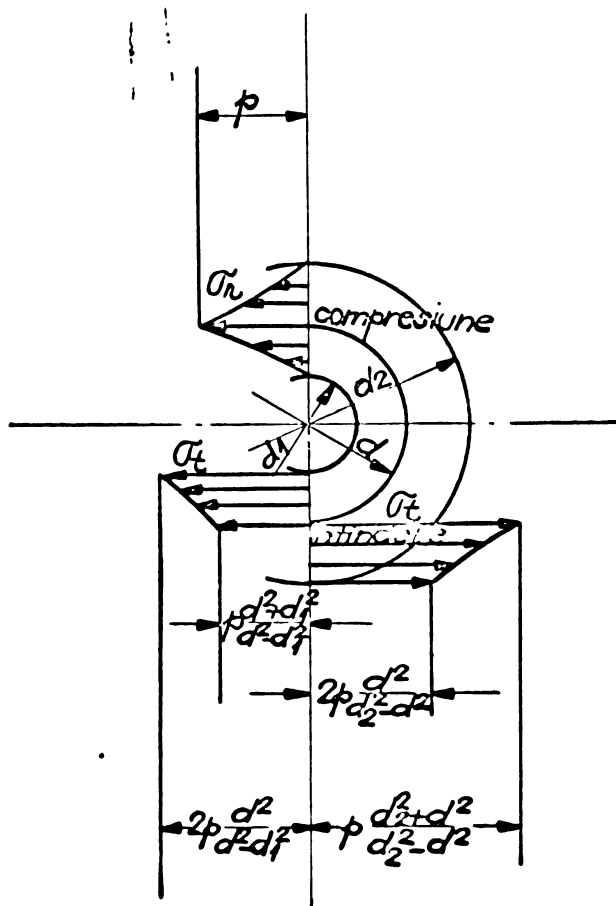


Fig. 2.2. Reprezentarea variației tensiunilor într-o îmbinare presată [38].

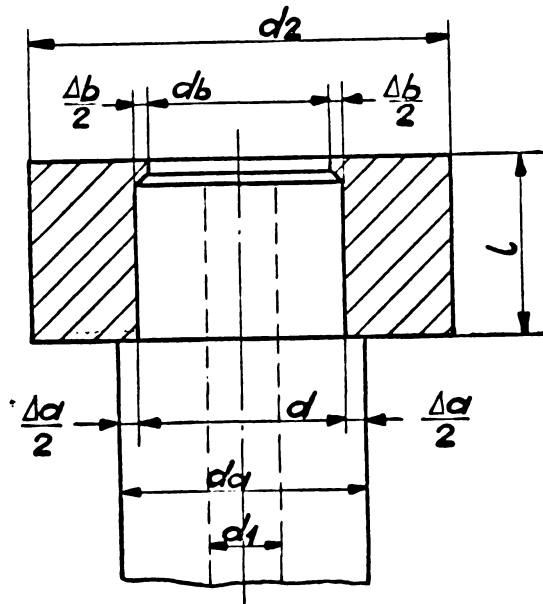


Fig.2.3. Deformația arborelui și a alezajului după realizarea îmbinării [39].

Ceea ce caracterizează în mod deosebit îmbinarea este strângerea S , rezultată din diferența dintre diametrele inițiale d_a și d_b . La montaj, diametrul piesei strânse se va micșora cu cantitatea Δa , iar diametrul interior al piesei care strânge se va mării cu cantitatea Δb , astfel că se poate scrie relația [28], [38], [39]:

$$S = d_a - d_b = \Delta a + \Delta b \quad (2.5)$$

Pe baza teoriei elasticității, deformația arborelui Δa se determină astfel:

$$\Delta a = 2 \Delta_r = 2 \frac{d}{2E} \sigma_t - \nu_1 \cdot \sigma_r$$

unde Δ_r este deformația radială.

Inlocuind valorile lui σ_r și σ_t date de relațiile (2.2) pentru arbore și (2.3)-(2.4) pentru alezaj se obține [39]:

$$\Delta a = p \frac{d}{E_1} \left(\nu_1 - \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} \right) \quad (2.6)$$

$$\Delta b = p \frac{d}{E_2} \left(\nu_2 + \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} \right) \quad (2.7)$$

în care: E_1, E_2 - sînt modulele de elasticitate ale arborelui și butucului, în daN/mm^2

ν_1, ν_2 - reprezintă coeficienții de contracție transversală a lui Poisson pentru materialul arborelui și al butucului, cu valorile date [28], [38], [39].

d - diametrul comun de contact, în mm;

p - presiunea de contact, în daN/mm^2 care provoacă deformațiile radiale Δa și Δb .

Introducînd valorile lui Δa și Δb din relațiile (2.6) și (2.7) în relația (2.5) se poate exprima strîngerea necesară pentru asigurarea îmbinării :

$$S = p \cdot d \left[\frac{1}{E_2} \left(\frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \nu_2 \right) + \frac{1}{E_1} \left(\frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \nu_1 \right) \right] \quad (2.8)$$

Notînd: $k_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \nu_1$; $k_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \nu_2$

se obține: $S = p \cdot d \left(\frac{k_1}{E_1} + \frac{k_2}{E_2} \right) \cdot 10^3 \text{ } [\mu\text{m}] \quad (2.9)$

Strîngerea S din relația (2.9) obținută prin calcul, diferă însă de strîngerea tabelară S_t (care se găsesc în standarde). Strîngerea S este mai mică decît strîngerea S_t , deoarece prin îmbinarea pieselor cu ocazia presării, datorită apariției la nivelul suprafețelor de contact a unor presiuni mari, vîrfurile asperitățile se aplatizează, iar strîngerea de calcul S a îmbinării se situează la un nivel mai mic decît S_t , corespunzător ordinului de mărime a aplatizării vîrfurilor rugozității. De aceea, valoarea strîngerii tabelare trebuie corectată și pentru calculele practice se admite [6], [38], [39], [40]:

$$S = S_{t-1,2} (R_{1_{\max}} + R_{2_{\max}}) - U \mu\text{m}. \quad (2.10)$$

în care: $R_{1_{\max}}$, $R_{2_{\max}}$ - reprezintă înălțimile maxime ale rugozităților arborelui și alezajului;

U - este corecția necesară pentru compensarea efectului dilatațiilor termice de exploatare, dată de relația:

$$U = [\alpha_2(T_2 - T_0) - \alpha_1(T_1 - T_0)] d \cdot 10^3 \text{ } [\mu\text{m}]. \quad (2.11)$$

în care: α_1 și α_2 - sînt coeficienții de dilatație liniară termică ai celor două piese;

T_1 și T_2 - temperaturile la care lucrează, °K;

T_0 - temperatura mediului ambiant la care s-a executat montajul.

Dacă $T_1 = T_2 = T$, atunci relația (2.11) devine:

$$U = (\alpha_2 - \alpha_1)(T - T_0) d \cdot 10^3 \mu\text{m}. \quad (2.12)$$

Pentru temperatura în timpul funcționării egală cu cea de montaj, $T = T_0$, rezultă: $U = 0$

2.1.3. Presiunea necesară realizării strîngerii.

Determinarea prin calcul a capacității de transmitere a solicitărilor pornește de la ipoteza că întreaga îmbinare este solicitată în mod uniform.

Îmbinările presate pot transmite o forță axială F_a sau un moment de torsiune M_t (fig.2.4) datorită forței de frecare care ia naștere între piesele îmbinate, în urma strîngerii. Condiția care se pune este ca presiunea p să fie astfel aleasă, încît forța de frecare F_f care ia naștere pe suprafețele de contact să fie mai mare decît forța axială, respectiv momentul forței de frecare M_f să fie mai mare decît momentul de torsiune care se transmite prin îmbinare.

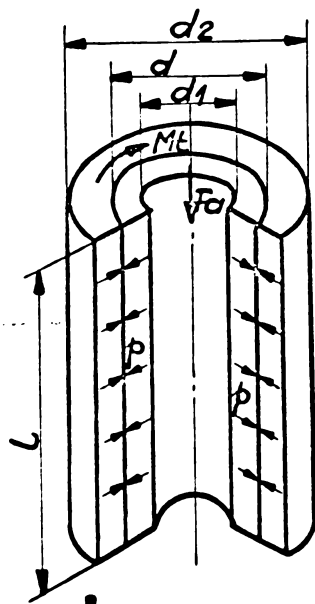


Fig.2.4. Reprezentarea solicitărilor într-o îmbinare presată [28] .

$$F_f = \mu \pi d l p \gg F_a \quad (2.13)$$

$$M_f = F_f \cdot \frac{d}{2} = \frac{\mu \pi d^2 l p}{2} \gg M_t \quad (2.14)$$

Iar presiunea în acest caz este [28]:

$$p \gg \frac{F_a}{\mu \pi d l} \quad (2.15)$$

și

$$p \gg \frac{2 M_t}{\mu \pi d^2 l} \quad (2.16)$$

în care: μ este coeficientul de frecare dintre suprafețele în contact;

d - diametrul suprafeței în contact;

l - lungimea suprafeței în contact.

Dacă asupra îmbinării acționează simultan o forță axială și un moment de torsiune, presiunea se calculează din condiția ca forțele de frecare să fie mai mari decât rezultanta forțelor periferice și axiale, adică:

$$\mu \pi d l p \gg \sqrt{F_a^2 + \left(\frac{2M_t}{d}\right)^2} \quad (2.17)$$

de unde

$$p \gg \frac{\sqrt{F_a^2 + \left(\frac{2M_t}{d}\right)^2}}{\mu \pi d l} \quad (2.18)$$

Coefficientul de frecare μ care intră în relațiile de mai sus nu este același la presare și la depresare. De asemenea, coeficientul de frecare este deosebit pentru cazul deplasării axiale și al rotirii. Valorile lor depind de o serie de factori, printre care: metoda de montare și de demontare, presiunea (p) cerută, starea suprafeței în contact, felul ungerii etc. În general se recomandă valorile între 0,05...0,3.

2.2. Condiția de plasticitate.

Relațiile de calcul bazate pe teoria elasticității sînt valabile numai dacă materialul are o comportare perfect elastică. După atingerea unei limite de solicitare determinată de dimensiunile geometrice și proprietățile fizice ale materialului, limita de curgere va fi depășită și va apărea curgerea. Distribuția tensiunilor în acest caz va suferi modificări fundamentale astfel că și afirmațiile calitative ale teoriei elasticității își pierd valabilitatea.

Dacă la un ajustaj presat eforturile cresc, atunci la o anumită valoare a presiunii de contact (p) la care este atinsă limita de curgere σ_c , va apărea deformația plastică.

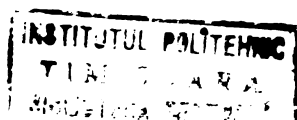
2.2.1. Eforturile unitare. Determinarea eforturilor unitare în domeniul stării plastice se face plecînd de la ecuațiile generale ale teoriei plasticității [5]. Ecuațiile respective rezolvate permit obținerea relațiilor [38]:

Pentru arbore :

$$\sigma_r = -\sigma_c \ln \frac{2r}{d_1} \quad (2.19)$$

$$\sigma_t = -\sigma_c \left(1 + \frac{2r}{d_1}\right) \quad (2.20)$$

$$p = -\sigma_c \ln \frac{d}{d_1} \quad (2.21)$$



Pentru alezaj:

$$\sigma_r = -\sigma_c \ln \frac{d_2}{2r} \quad (2.22)$$

$$\sigma_t = \sigma_c \left(1 - \ln \frac{d_2}{2r}\right) \quad (2.23)$$

$$p_c = \sigma_c \cdot \frac{d_2}{d} \quad (2.24)$$

în care:

σ_c - reprezintă limita de curgere a materialului;

p_c - presiunea corespunzătoare stării plastice;

r - raza unei secțiuni oarecare.

2.2.2. Presiunea la care încep deformațiile plastice.

Pentru determinarea presiunii la nivelul suprafeței de contact la care este atinsă limita de curgere σ_c , se presupun cunoscute valorile maxime de întindere și compresiune, produs de σ_t , în piesele îmbinate. Deformațiile plastice apar în materialul piesei care strânge (butuc), conform relației bazată pe teoria eforturilor unitare normale [6], din momentul în care:

$$\frac{\sigma_t - \sigma_r}{2} = \sigma_{c_2} = p_{c_2} \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} \quad (2.25)$$

Aceiași mărime p_{c_2} , se poate determina cu relația bazată pe teoria eforturilor unitare tangențiale [38], [39]:

$$\frac{\sigma_t - \sigma_r}{2} = 0,5 \sigma_{c_2} = p_{c_2} \frac{d_2^2}{2d_2^2 - d^2} \quad (2.26)$$

sau după teoria energetică [5], [52]:

$$\frac{\sigma_t - \sigma_r}{2} = 0,577 \sigma_{c_2} = p_{c_2} \frac{d_2^2}{2d_2^2 - d^2} \quad (2.27)$$

Prin efectuarea calculelor cu ajutorul relațiilor (2.25), (2.26) și (2.27) se constată că rezultatele obținute nu în toate situațiile sînt aceleași. În urma unor analize [6] s-a ajuns la următoarele concluzii:

- Cînd raportul $\frac{d}{d_2}$ se apropie de 1 (bucse cu pereți subțiri

rezultatele calculelor după toate cele trei relații diferă foarte puțin, însă cînd $\frac{d}{d_2}$ se micșorează (piese masive), rezultatele calculelor după relația (2.25) au valori simțitor mai mari.

- Calculele după relațiile (2.26) și (2.27), practic dau aceleași rezultate și sînt recomandate și utilizate de toate manualele de specialitate.

Plecînd de la relația bazată pe teoria eforturilor unitare tangențiale, trebuie considerat că deformațiile elastice a pieselor, în îmbinările cilindrice presate, se mențin atîta timp cît se verifică inegalitatea:

$$\begin{aligned} \text{Pentru arbore : } p &< 0,5 \tilde{\sigma}_{c_1} \left[1 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2 \right] \\ \text{Pentru butuc : } p &< 0,5 \tilde{\sigma}_{c_2} \left[1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (2.28)$$

Tinînd seama că la realizarea unei îmbinări prin strîngere sînt necesare de obicei două piese, este posibil ca una dintre ele să sufere numai deformații elastice, iar cealaltă atît deformații elastice cît și plastice. Prin urmare sînt posibile următoarele combinații [6]:

1) Arborele se deformează elastic, iar butucul (alezajul) elastico-plastic, dacă sînt satisfăcute:

$$\frac{p}{0,5 \tilde{\sigma}_{c_1}} < \left[1 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2 \right]; \quad \frac{p}{0,5 \tilde{\sigma}_{c_2}} \geq \left[1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right] \quad (2.29)$$

2) Arborele se deformează elastico-plastic, iar butucul numai elastic, dacă:

$$\frac{p}{0,5 \tilde{\sigma}_{c_1}} \geq \left[1 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2 \right]; \quad \frac{p}{0,5 \tilde{\sigma}_{c_2}} < \left[1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right] \quad (2.30)$$

In cazul în care limitele de elasticitate sînt depășite și iau naștere deformații elastico-plastice sau plastice, în

funcție de natura materialului, mărimea "supradimensiunii", calitatea suprafeței etc, s-a constatat că presiunea de contact reală și repartitia tensiunilor în piese prezintă abateri față de cele calculate. A. Peiter, în cercetările sale experimentale și teoretice [46], [47], [48], stabilește starea reală de tensiune și variația presiunii de contact, în funcție de strângere relativă și de raportul diametrelor $\frac{d}{d_2}$.

Spre deosebire de calcul, care indică în arbore, valori constante pentru σ_r și σ_t , în realitate, acestea variază într-un anumit fel pe rază. Prin apariția deformațiilor plastice, valorile maxime pentru σ_t nu mai apar pe suprafața de contact, ci spre periferie, la o distanță r_p (rază de plasticitate) de axă, cu atât mai mare cu cât cresc raporturile $\frac{d}{d_2}$ și strîngerile relative.

2.3. Imbinări cu deformații elasto-plastice.

Prin majorarea presiunilor specifice la nivelul suprafețelor de contact a imbinărilor, la valori la care tensiunile ating limita de curgere, materialul pieselor începe să curgă.

Apariția în piesele imbinării atât a deformațiilor elastice cât și a celor plastice, este definită de inegalitatea din relațiile (2.29) și (2.30).

În multe situații, piesele imbinării sînt prevăzute să lucreze avînd deformații elasto-plastice, deoarece cercetările experimentale și teoretice [8], au stabilit că în asemenea cazuri se poate realiza o mare siguranță a imbinărilor nedemontabile, legat și de faptul că numai sînt necesare fixării suplimentare, chiar și pentru sarcini exterioare mai mari.

Pe de altă parte se arată [5] că presările, numai în domeniul plastic micșorează siguranța îmbinării.

Prin cercetările efectuate de către " Institutul unional de știință și cercetare pentru transport" din URSS, în legătură cu îmbinarea prin presare a roților de vagoane, s-au obținut date, care au demonstrat că în cazul unor deformații plastice mari pot apărea forțe de frecare scăzute. Inșă, în cazul în care zona deformațiilor plastice nu este mare, se constată o îmbinare bună și o siguranță mare. Aceasta se explică prin aceea, că prin existența unor deformații elastico-plastice se îmbunătățește coeficientul de frecare între piesele îmbinării.

Alte cercetări explică îmbunătățirea gradului de fixare prin mărirea contactului între suprafețe, datorită presiunii obținute la începerea curgerii materialului, care este denumită [8] "sudură microstructurală la rece a suprafețelor de contact".

Ajustajele prin presare, care conduc la deformații elastico-plastice, încă nu se folosesc în mod curent în proiectare. O caarecare cauză la această situație o au complicațiile calculelor prezentate de literatură, care apelează fie la relații rezultate din teoria energiei potențiale, fie la teoria tensiunilor tangențiale. Un lucru s-a stabilit [6], [41], [60], că rezultatele calculelor după cele două teorii dau diferențe minime, fără importanță practică.

Partea II-a

PRELUCRAREA AJUSTAJELOR CU STRINGERE

CAPITOLUL 3

CONSIDERATII PRIVIND PROCEDEELE DE PRELUCRARE FOLOSITE LA REALIZAREA AJUSTAJELOR CU STRINGERE

Prelucrarea ajustajelor cu strîngere se execută la precizii ridicate pentru a putea satisface cerințele de asamblare și de funcționare, fără însă a neglija latura economică.

Cunoscînd rolul lor funcțional, prezintă interes alegerea procedeelor și metodelor de prelucrare pentru obținerea unei anumite precizii și netezimi a suprafeței, deoarece gradul de precizie determină caracterul sau calitatea ajustajului, iar rugozitatea suprafețelor, poate conduce la modificări ale caracteristicilor îmbinării [39].

Literatura de specialitate [21], [57], [67], arată că, în general, între rugozitate și precizie există o strînsă legătură, în funcție de procedeul de prelucrare și regimul de lucru. Pentru stabilirea unui anumit procedeu de prelucrare este necesar să se facă o analiză tehnico-economică asupra condițiilor și posibilităților de aplicare practică. Folosirea însă, cu eficiență maximă a procedei, se poate face numai după cunoașterea temeinică a tuturor factorilor de influență, atât asupra procesului de prelucrare în sine cît și asupra preciziei și calității suprafeței.

Ținînd seama de caracteristicile constructive ale ajustajelor arbori și alezaje, procedeele și metodele de prelucrare prezintă particularități specifice suprafețelor de prelucrat. În vederea utilizării procedeelor corespunzătoare pentru preluc-

INSTITUTUL POLITEHNIC
TIMIȘOARA
BIBLIOTECA CENTRALĂ

rarea probelor folosite la cercetările experimentale, în cele ce urmează se prezintă în mod succint procedeele cele mai caracteristice de prelucrare ale acestor suprafețe, ținând seama de aspectul tehnico-economic.

3.1. Prelucrarea suprafețelor cilindrice exterioare

În funcție de gradul de precizie și de netezimea cerută, pentru piese care conțin suprafețe de revoluție - tip arbore - prelucrarea se execută, în general, prin strunjire, sau strunjire urmată de rectificare, deși astfel de suprafețe mai pot fi prelucrate și prin frezare, mai rar prin brogare [18], [51], [56].

Calitatea suprafeței și chiar mărirea preciziei poate fi îmbunătățită prin aplicarea unor prelucrări de netezire ca, strunjirea de netezire, rectificarea rapidă, netezirea prin deformare plastică etc. [17], [26], [57]. Fiecare din procedeele de prelucrare asigură în condiții economice un anumit grad de precizie și de netezime. Obținerea unei suprafețe de precizie și netezime mai ridicate folosind același procedeu necesită măsuri speciale, care conduc la ridicarea costului prelucrării.

În ce privește categoriile de arbori scurți și netezi literatura de specialitate [14], [18], [51], [56], le caracterizează printr-o precizie de execuție a dimensiunilor diametrelor fusurilor, după calitatea 6...7 ISO, în anumite condiții S, iar pentru rugozitatea suprafețelor fusurilor se recomandă $Ra = 1,6 \dots 0,2 \mu m$.

Asemenea cerințe de precizie și de netezime, pot fi satisfăcute aplicând pentru prelucrările finale operații de rectificare, procesul de aşchiere, în ansamblu, fiind determinat de parametri regimului și de proprietățile discului abraziv [17], [21], [37], [56].

Condițiile de precizie și de netezime impuse arborilor, ar putea fi realizate și prin aplicarea procedeului prin broșare, dar abaterile de formă cauzate de însăși procesul de prelucrare, extinderea limitată, precum și factorul economic dezavantajează acest procedeu [51].

Cerințele de precizie și de netezime, pot fi asigurate prin strunjire numai în cazul utilizării unor strunguri pentru finisare, iar prelucrarea să se execute la viteze de așchiere mai mari de 100 m/miñ, avansuri mici și cușite avînd o rezistență mare la uzură (diamant, metaloceramic). Este cunoscut că netezimea suprafeței în cazul prelucrării prin strunjire este influențată de geometria sculei [21], [56], însă într-o măsură mai redusă decît aceea a regimului de așchiere [51]. Cercetările experimentale [21] au arătat că avansurile mai mici de 0,1 mm/rot, modifică într-o mai mică măsură rugozitatea. Luînd în considerare legătura între avans, rugozitate și productivitate se ajunge la concluzia că nu este recomandabil a se micșora la minim avansul deoarece aceasta nu atrage după sine o reducere corespunzătoare a rugozității suprafeței, în schimb duce la o scădere a productivității.

Referindu-ne la productivitatea prelucrării, respectiv factorul economic, se poate arăta că dintre procedeele folosite la prelucrarea arborilor, strunjirea se consideră avantajoasă din acest punct de vedere, deoarece este un procedeu de prelucrare relativ ieftin, foarte răspîndit și cu largi posibilități de aplicare. Față de acest procedeu, frezarea de degroșare a arborilor are avantajul unei productivități mai ridicate, datorită durabilității muchiei sculei și a unor viteze de așchiere mai mari, la piese mari cu adaos neuniform [51], [56]. Procedeul

prezintă dezavantajul că necesită un utilaj special ceea ce face să fie mai puțin răspândit.

Prelucrarea prin rectificare - cum s-a mai arătat - asigură în cele mai bune condiții precizia și netezimea suprafeței. De aceea, în privința procedurii nu intervin decât aspecte economice, costul prelucrării prin rectificare fiind destul de ridicat.

În unele cazuri, la alegerea procedurii de prelucrare pe lângă aspectele economice se urmărește îmbunătățirea calității suprafeței pentru a se obține o mai bună rezistență la uzură și la oboseală. În aceste situații se recomandă [3], [6], [17], [24], [26], [49], [63], după strunjirea de finisare aplicarea procedurii de netezire prin deformare plastică, eliminându-se operațiile de rectificare.

Ținând seama de avantajele procedurii de netezire prin deformare plastică, în capitolul 4 se prezintă aspecte ale procedurii de deformare plastică a arborilor, precum și contribuțiile experimentale și analitice aduse de autor, iar în capitolul 6 se tratează comportarea arborilor realizați prin acest procedeu, în cazul folosirii lor la îmbinările cu strângere presate la rece, fără lubrefiere.

3.2. Prelucrarea suprafețelor cilindrice interioare.

Prelucrarea suprafețelor cilindrice interioare este mult mai anevoioasă decât prelucrarea unei suprafețe exterioare. Dificultatea executării sau prelucrării precise a alezajelor constă, pe de o parte, în faptul că suprafețele interioare sînt mai greu accesibile decât cele exterioare, iar pe de altă parte rigiditatea portsculă este mult mai redusă. De aceea, alegerea tehnologiei de prelucrare trebuie să se facă ținînd seama de aceste dificultăți.

Literatura de specialitate [18], [51], [56], recomandă pentru alezajele cu diametrele mai mari de 20 mm, o precizie de execuție a dimensiunilor după calitatea 6...8 ISO, folosind ca procedee de prelucrare găurirea, strunjirea interioară, urmată de rectificare, alezare sau broșare. Procedeele de netezire a suprafețelor alezajelor ca, netezirea prin honuire, vibronetezirea etc, cu toate că îmbunătățesc calitatea suprafețelor, nu-și justifică utilizarea din punct de vedere tehnico-economic.

Din analiza procedeelor, posibil a fi folosit la prelucrarea alezajelor, ținând seama de cerințele cu privire la precizia și calitatea suprafeței se constată: Procedeele de găurire după cum se cunoaște, este foarte răspândit și se folosește ca primă operație de prelucrare a alezajelor, datorită capacității de așchiere mari ale burghiului și în general, este un procedeu foarte productiv și economic. Dar condițiile de precizie dimensională și de netezime a suprafețelor impuse alezajelor considerate, nu pot fi satisfăcute prin găurire, datorită caracteristicilor geometrice și constructiv ale sculelor, care fac ca suprafața să prezinte neregularități, stiviri de metal, smulgeri etc. [21].

La producția individuală și serie mică, a alezajelor din materiale feroase și neferoase, unde folosirea altor procedee nu este rațională, se utilizează strunjirea interioară. Condițiile de lucru față de strunjirea exterioară sînt diferite datorită rigidității mai scăzute a sistemului. Folosind un anumit regim de lucru și o geometrie a sculelor, cerințele de precizie și de netezime ale suprafețelor pot fi satisfăcute [51], [56].

Productivitatea prelucrării este mai scăzută decît la găurire, dar se cere o calificare mai înaltă a muncitorului, de aceea finisarea prin strunjire interioară este o operație costisitoare.

Prelucrările mecanice finale ale alezajelor se pot efectua folosind alezarea, broșarea sau rectificarea. Fiecare din aceste procedee satisfac, în general, condițiile de precizie și de netezime impuse. Alegerea celui mai corespunzător procedeu pentru prelucrare, se face pe baza unor criterii tehnico-economice.

Astfel, precizia și calitatea suprafețelor realizate prin alezare, depind printre alți factori de diametrul alezajului și într-o foarte mare măsură de mărimea adaosului de la prelucrarea precedentă [14], [18], [56].

La rectificarea interioară, cu toate că, metodele de prelucrare sînt aceleași ca și la rectificarea cilindrică exterioară, condițiile de lucru se deosebesc din cauza rigidității scăzute a sistemului. Asupra preciziei și netezimii suprafeței are importanță lățimea și diametrul discului de rectificat, care de altfel se alege în funcție de diametrul alezajului de prelucrat.

Precizia dimensională și netezimea suprafeței alezajelor, confecționate din aliaje feroase sau neferoase, este asigurată la prelucrarea prin broșare prin folosirea unui regim de așchiere ușor, grosime mică a așchiei și prin rigiditatea mare a sistemului [56].

Dacă privim problemele din punct de vedere economic, prelucrarea prin alezare este o operație neeconomică din cauza costului ridicat și de întreținere a sculei. Productivitatea este scăzută în comparație cu alte procedee de prelucrare, motiv pentru care nu se folosește în producția de masă [18].

Broșarea este cel mai economic procedeu, deoarece înlocuiește câteva scule, simplificînd prelucrarea. Are productivitate mare, datorită faptului că lucrează cu mai multe muchii -

așchiitoare simultan. De asemenea, durabilitatea mare a broșei face rentabilă utilizarea ei în producția de serie și masă. Cu toate avantajele pe care le prezintă, costul ridicat al broșelor face ca procedeul să aibă o răspîndire limitată. Rectificarea interioară este cel mai răspîndit procedeu de finisare a găurilor precise în piesele cu duritate neuniformă sau călite și unde alte procedee nu sînt convenabile ca precizie și productivitate [51]. Investițiile pentru utilaj, timpul de reglare și numărul mare de treceri, fac costul prelucrării să fie relativ ridicat.

CAPITOLUL 4

PRELUCRAREA DE NETEZIRE A SUPRAFETELOR CILINDRICE EXTERIOARE PRIN DEFORMARE PLASTICA A MICRONEREGULARITATILOR

4.1. Generalități

Îmbunătățirea continuă a caracteristicilor funcționale ale mașinilor, prin folosirea de materiale cu rezistență mecanică sporită, a condus la necesitatea studierii și aplicării unor procedee tehnologice noi, prin care să se asigure prelucrarea în condiții tehnico-economice avantajoase. Folosirea unor aliaje cu proprietăți fizico-mecanice ridicate nu își au întotdeauna justificarea din punct de vedere funcțional, ceea ce a condus la găsirea unor procedee de prelucrare a suprafețelor pieselor confecționate din aliaje cu proprietăți mai reduse, în așa fel, încât să se obțină numai pentru stratul marginal caracteristici de rezistență la uzură și solicitări mecanice superioare. Între aceste procedee, un loc important îl ocupă prelucrarea prin deformare plastică la rece, deci fără detașare de așchii, prelucrare care asigură o precizie dimensională bună și o calitate superioară a suprafeței.

Este cunoscut [6], [10], [17], [26], [49], [56], că folosirea procedeeului de deformare plastică conduce la netezirea suprafeței fiind însoțită și de durificare, ca urmare a tasării, respectiv a ecruisării straturilor superficiale, eliminându-se prin aceasta, în multe cazuri, tratamentele termice.

De aceea, în cazul suprafețelor cilindrice exterioare, literatura de specialitate [17], [26], [49], recomandă acest gen de

prelucrări, pentru organe de tipul arborilor (fusuri, manetoane), tije de supape, bolțuri de piston, osii etc. Din punct de vedere al utilizării materialelor, aplicând acest procedeu de prelucrare, se pot înlocui în construcția de mașini, oțeluri aliate cu oțeluri de construcție, cu asigurarea condițiilor de comportare la sollicitările în funcționare. De asemenea se poate înlocui la o serie de piese oțelul cu fonta cenușie sau nodulară, obținându-se rezultate bune [26].

Netezirea prin deformare plastică se poate realiza numai după ce piesele au fost în prealabil prelucrate printr-un procedeu de așchiere, având o anumită rugozitate, precizie dimensională și de formă inițială. De obicei, se folosește strunjirea de finisare [56] și în acest caz elementele geometrice ale cuțitului au o mare importanță [26], [63].

Este de reținut avantajul mare al acestui procedeu în legătură cu posibilitatea aplicării lui folosindu-se la prelucrare aceleași mașini unelte care se folosesc la operația de finisare. Dispozitivele sînt simple și pot fi utilizate pentru o gamă largă de dimensiuni, folosind muncitori cu un grad de calificare mai scăzut.

Cu toate că în literatura de specialitate au apărut multe referiri la acest procedeu [6], [10], [24], [26], [32], [49], [66], influența parametrilor care condiționează procesul de prelucrare nu este suficient cunoscută și din acest motiv definirea parametrilor de lucru, pentru fiecare situație practică concretă, se face prin încercări experimentale.

4.2. Procedee de netezire prin deformare plastică folosite la prelucrarea suprafețelor cilindrice exterioare.

Procedeele și metodele de netezire prin deformare plastică

folosite în prezent urmăresc - așa cum s-a arătat - realizarea și satisfacerea cerințelor tehnico-economice, adică grad ridicat al netezirii și preciziei, o îmbunătățire a durității suprafețelor și un cost cât mai scăzut al prelucrării.

Interdependența dintre cele două fenomene - netezire și ecruisare - nu este încă cunoscută. Ponderea unuia sau altuia din cele două fenomene fiind determinate de o serie de factori dintre care are importanță materialul care se prelucrează, modul de aplicare și mărimea forței de apăsare [26], [49].

În cercetare ca și în practică se utilizează o gamă variată de dispozitive și scule în raport cu metodele folosite, rigiditatea sistemului tehnologic, natura materialului, precizia și calitatea suprafețelor.

Prelucrarea de netezire prin deformare plastică a suprafețelor exterioare cilindrice, se poate realiza folosindu-se role sau bile.

Cercetările experimentale efectuate [10] au arătat că prin presare, respectiv deformarea plastică a stratului superficial, nu se produce o deplasare a materialului, ci curgerea acestuia. Acest fapt este dovedit și de măsurare respectiv de ecruisare, deci de mărirea durității superficiale a materialului, care apare în cursul rulării.

Dispozitivele și rolele sînt în general simple, dar au particularități legate de forma, rigiditatea și dimensiunile semifabricatului. Astfel, rolele cu care se realizează deformarea plastică pot fi cu contact elastic și cu contact rigid. Cele cu contact elastic sînt mai indicate pentru că permit cunoașterea și păstrarea constantă a forței de apăsare pe toată zona de lucru,

față de cele cu contact rigid la care forța de apăsare nu poate fi constantă [26].

Prelucrarea prin rulare cu o singură rolă (bilă)(fig.4.1), este utilizată în cazul unei game variate de piese care necesită precizie și o netezime bună a suprafețelor. Dispozitivul este simplu, ușor de manipulat și se poate adapta ușor la diferite mașini-unelte clasice, nefiind necesare modificări sau utilaje speciale.

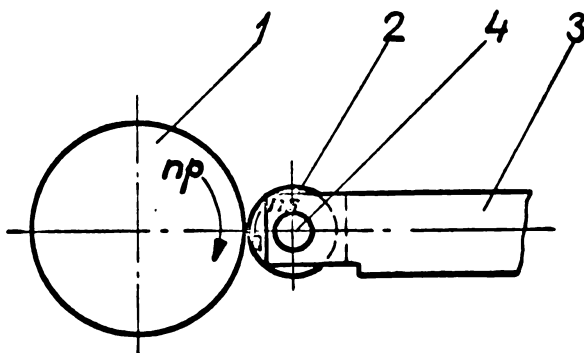


Fig.4.1. Rulara cilindrică exterioară cu o singură rolă
1- piesă; 2-rolă; 3-suportul rolei; 4- ax.

Dezavantajul acestei metode de prelucrare este că forța de apăsare este limitată de rigiditatea piesei și a mașinei unelte.

Prelucrarea prin rulare cu două sau mai multe role (bile) elimină dezavantajul arătat mai sus și permite o echilibrare a forțelor ce acționează radial asupra piesei. În general, dispozitivul este de tipul celor cu contact elastic, ceea ce permite cunoașterea în orice moment a forței de apăsare.

Pentru a nu fi necesare forțe mari de lucru, se recomandă [17], [26], utilizarea unor bile, care față de rolele cilindrice realizează presiuni de contact mai mari la aceeași forță de apăsare. Dar productivitatea lor este mai mică decât în cazul prelucrării cu role cilindrice.

Prelucrarea cu jet de bile este recomandată de literatura de specialitate [17], [26], [56], atunci când se urmărește mai mult durificarea suprafețelor pieselor.

4.3. Unele considerații asupra procesului de netezire prin deformare plastică

La alegerea procedurii și a metodei de prelucrare, precizia dimensională și de formă, precum și calitatea suprafețelor reprezintă criterii deosebit de importante, care în corelație cu ceilalți indici tehnico-economici conduc la definitivarea procesului tehnologic de prelucrare. Piesele prin parametrii dimensionali și al toleranțelor, al pozițiilor reciproce, precum și al gradului de netezime al acestora oferă date necesare pentru alegerea procesului tehnologic de prelucrare.

Netezirea prin deformare plastică a microneregularităților conduce în ansamblu la creșterea preciziei dimensionale cu 1...2 clase [26], în condiții economice deosebit de favorabile, fără însă a influența asupra preciziei de formă care depinde de operația anterioară [56].

O influență directă asupra preciziei de prelucrare o are mărimea forței de apăsare, stabilitatea ei în timpul rulării, ceea ce se reflectă prin valoarea deformațiilor plastice ce se produc. Se impune însă condiția ca dispozitivele utilizate să fie de tipul celor echilibrate, cu două sau mai multe role. De asemenea, are influență durata de acțiunea și gradul de prelucrare la operația anterioară.

Precizia dimensională și de formă cerută se poate obține dintr-o singură trecere [24] — cazul cel mai indicat — sau din 2...3 treceri [26]. Aceasta depinde de dimensiunea suplimentară

lăsată în vederea rulării, de mărimea rugozității, precum și de rigiditatea sistemului tehnologic.

Determinarea valorii dimensiunii suplimentare de prelucrare prin rulare, pe cale analitică este greu și complicat de stabilit, deoarece relația nu poate cuprinde toți factorii de influență care intervin în procesul de prelucrare. De aceea, pentru orientare se utilizează relații experimentale, determinate pe baza unui număr de încercări, care permit să se stabilească un interval de variație a dimensiunilor.

Mărimea deformațiilor remanente, în cazul când se urmărește prin prelucrare numai netezimea suprafețelor, poate fi determinată aproximativ cu relația [26]:

$$\Delta d = 1,35 (R'_z - R''_z) \quad (4.1)$$

în care: R'_z este rugozitatea înainte de rulare, μm ;

R''_z - rugozitatea după rulare, μm .

Relația (4.1) este aproximativă, deoarece modificările dimensionale nu depind numai de mărimea rugozităților, ci sînt influențate și de mărimea forței de apăsare. Dar o creștere prea mare a forței, în scopul obținerii unor modificări mai mari dimensionale, poate duce la înrăutățirea calității suprafeței prelucrate și la apariția fenomenului de exfoliere.

Experimental [26], după un număr mare de încercări s-a stabilit că mărimea dimensiunii suplimentare de prelucrare poate varia în limite foarte largi și că depinde de o serie de parametri ca; materialul piesei, rugozitatea inițială, suprafața activă a sculei etc.

Deoarece netezimea suprafeței la piesele prelucrate prin rulare este influențată de rugozitatea inițială, natura materialului, parametrii regimului de lucru etc, determinarea rugozității

pe cale analitică, întâmpină greutăți din cauza numărului relativ mare de parametri care intervin în procesul de prelucrare. Din aceste considerente relațiile stabilite sînt aproximative, ceea ce face ca în general să se apeleze la experimentări.

Pe baza surselor bibliografice [6], [24], [26], determinarea rugozității se recomandă să se facă cu relația de forma:

$$R_{af} = R_{ai} \left[1 - K (10^4 - \sigma_c) \log \frac{p}{\lambda} \right] [\mu\text{m}] \quad (4.2)$$

în care: R_{ai} este rugozitatea înainte de rulare, μm ;

K - coeficient care depinde de metoda de netezire utilizată;

$K = 7,15 \cdot 10^{-3}$ în cazul finisării cu role,

$K = 7,60 \cdot 10^{-3}$ în cazul finisării cu bile;

p - presiunea de rulare, daN/mm^2 ,

$p = (1,8 \dots 2,1) \sigma_c$;

λ - coeficient care depinde de modul de distribuire a tensiunilor în complexul de deformare plastică,

$\lambda = 6,5$ în cazul finisării cu role,

$\lambda = 6,0$ în cazul finisării cu bile.

Pentru prelucrarea suprafețelor cilindrice exterioare prin rulare, se pot utiliza—după cum s-a arătat—bile sau role, netezimea suprafețelor depinzînd în mare măsură de forma geometrică și dimensiunile elementelor de rulare.

Mărimea rugozității, în cazul folosirii unor bile, poate fi determinată cu relația [26]:

$$R_{af} = \frac{S^2}{8r} \quad (4.3)$$

în care;

S este avansul bilei, mm/rot ;

r - raza bilei, mm .

Relația (4.3) permite determinarea mărimei avansului, în funcție de rugozitatea cerută și de raza bilei (rolei, cu suprafața activă curbă).

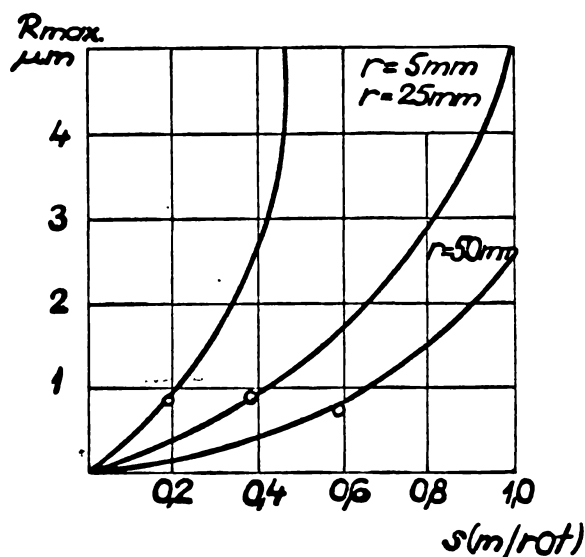


Fig.4.2. Variația rugozității finale funcție de avans, la role cu raze de atac diferite [26].

Diagrama (fig.4.2) arată că odată cu creșterea razei de atac a rolei poate crește și avansul sculei, ceea ce conduce la o creștere a productivității, în comparație cu o sculă cu rază de atac mică.

Netezimea suprafeței, depinde și de forța de apăsare și de numărul de treceri, fapt ce face ca după fiecare trecere vîrfurile microneregularităților să se aplatizeze, pînă ce golurile dintre ele dispar, ca urmare a curgerii metalului.

Din cele cîteva considerații se constată că procesul de netezire a suprafețelor prin rulare cuprinde mulți factori tehnologici interdependenți, fapt pentru care rezultatele obținute în cercetări separate sînt greu de generalizat pentru diferite condiții de prelucrare.

Parametri regimului optim de prelucrare se pot stabili numai în condiții concrete experimentale; criteriile principale de apreciere fiind netezimea suprafeței stratului superficial deformat plastic.

Parametri principali care se iau în considerare sînt: forța de apăsare, viteza, avansul, numărul de treceri, geometria elementelor de deformare etc. Alegerea corectă a acestor parametri poate asigura creșterea productivității și calitatea pieselor rulate.

- Forța de apăsare este unul dintre factorii tehnologici cei mai importanți în procesul de deformare plastică, care influențează direct proprietățile fizico-mecanice ale pieselor prelucrate.

Mărimea forței de apăsare influențează întreg procesul de rulare, de aceea trebuie bine determinată în funcție de scopul urmărit. La determinarea forței trebuie ținut seama de natura și proprietățile materialului, calitatea suprafeței înainte de rulare, geometria sculei, parametri tehnologici ai prelucrării, rigiditatea sistemului etc. Din cauza multitudinii factorilor, calculul forței de apăsare pe cale analitică, se poate face numai cu aproximație.

Pentru suprafețe cilindrice exterioare, la care prelucrarea se face cu role care au zona de atac dreaptă, mărimea forței de apăsare se poate determina aproximativ cu relația [42] [43];

$$F = \frac{D_1 \cdot L \cdot p^2}{0,35 E \left(\frac{D_1}{D_2} + 1 \right)} \quad [\text{daN}] \quad (4.4)$$

în care: p este presiunea de rulare și are valoarea:

$$p = (1,8 \dots 2,1) \tilde{\sigma}_c$$

L - lățimea de contact a rolei cu piesa, mm;

D_2 - diametrul rolei, mm;

D_1 - diametrul piesei, mm;

E - modulul de elasticitate.

Din relația (4.4) se poate observa că mărimea forței nu

este legată de geometria sculei, avans sau număr de treceri, parametri importanți ai procesului de netezire prin deformare plastică.

- Mărimea avansului are o importanță deosebită pentru obținerea unor parametri tehnico-economici ridicați, fapt pentru care trebuie ales în funcție de apăsare, rigiditatea sistemului etc.

Intre avans și geometria elementelor de rulare, există o legătură directă, hotărâtoare, atât în privința calității cât și a creșterii productivității. Mărimea avansului se alege și în funcție de mărimea rugozității inițiale și a razei de atac a rolei.

Deoarece în timpul procesului de netezire prin deformare plastică, materialul se află într-o stare de curgere continuă, se recomandă să se lucreze cu avans automat și nu manual [26].

- Viteza de rulare în procesul de netezire are o influență mică asupra calității suprafețelor rulate, dar poate influența foarte mult productivitatea.

Mărimea vitezei de rulare variază în limite foarte largi. Vitezele recomandate [24] variază între (70...260) m/min; sub 70 m/min. vitezele de rulare nu sînt economice. De subliniat, că la viteze de rulare ridicate, peste 250 m/min, s-au observat apariția unor fenomene de vibrații care produc înrăutățirea netezimii suprafeței, a preciziei dimensionale și de formă.

Numărul de treceri și sensul avansului influențează la rîndul lor asupra netezimii suprafeței. Din punct de vedere al productivității, este bine ca operația de netezire să se execute dintr-o singură trecere, dar rigiditatea pieselor, mărimea și forma lor în unele cazuri nu permit aceasta.

Dacă parametri prelucrării sînt bine aleși, atunci rulara suprafețelor dintr-o singură trecere asigură cea mai bună netezime, deoarece la mai multe treceri s-a observat că are loc o înrăutățire a calității suprafeței; apar fenomene de exfoliere, microfisuri, ciupituri etc. Dacă rularea se face prin 2...3 treceri, sensul avansului trebuie să fie unul singur, pentru că rularea executată în două sensuri are influența negativă asupra calității suprafețelor.

4.4. Contribuții la procedeul de netezire prin rulare.

Cu toate că procedeul de netezire prin deformare plastică a primit în ultimul timp o largă aplicabilitate în industria constructoare de mașini [24], [26], [49], [63], influența parametrilor ce condiționează procesul de prelucrare este puțin studiată și cunoscută. Din acest motiv definirea parametrilor de lucru pentru fiecare situație practică concretă se face prin încercări.

4.4.1. Dispozitivul de netezire . În general, la netezirea prin deformare plastică a microneregularităților se pot utiliza o gamă variată de dispozitive și scule, în raport cu metodele folosite, natura materialului, precizia și calitatea suprafețelor [26].

Montarea dispozitivelor de netezire se poate face pe toate tipurile de mașini unelte, fără a fi nevoie de modificări constructive sau adaptări, iar reglarea și exploatarea sculelor de rulat, care sînt simple, permit folosirea largă a cinematicii mașinilor unelte existente.

Netezirea pieselor, tip arbori, s-a realizat cu un dispozitiv aflat în dotarea laboratorului catedrei de tehnologia construcțiilor cu mașini a facultății de mecanică a I. P. Timișoara, avînd scule (role) cu contact elastic, recomandat [26]

În cazul prelucrărilor de netezire cu forțe de apăsare controlabile. Schița dispozitivului de prelucrare este prezentată în figura 4.3, unde elementele active ale sculei (1) și (2) în formă de role se află montate în saniile (3) și (4) a căror poziție poate fi reglată prin intermediul șurubului (5). Rola (2) se află montată rigid în sania (3), iar rola (1) prin intermediul elementului elastic (6) în sania (4).

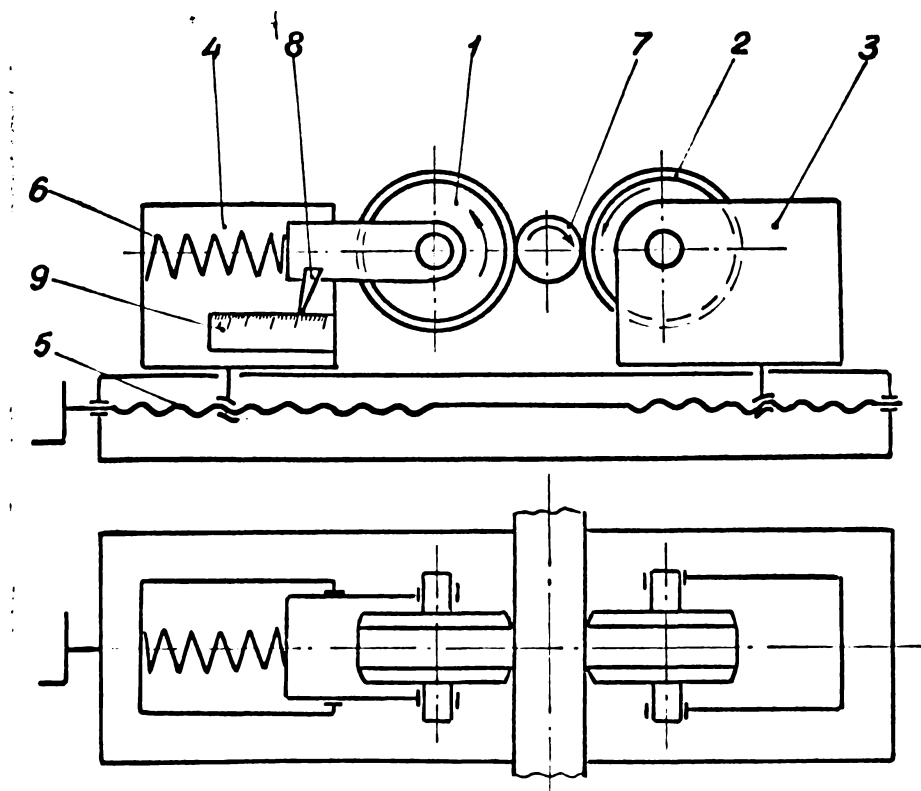


Fig.4.3. Dispozitiv de netezire prin deformare plastică a suprafețelor cilindrice exterioare.

Variația forței de apăsare a rozelor asupra semifabricatului, obținută prin șurubul (5) poate fi citită cu indicatorul (8) pe scara gradată (9) inițial etalonată.

Semifabricatul fixat în universalul și vârful păpușii mobile a unui strung (fig.4.4.) a realizat mișcarea de rotație iar dispozitivul pentru netezire, montat pe cărucior a efectuat mișcarea de avans. Dispozitivul are posibilitatea de a se auto-centra în raport cu semifabricatul.

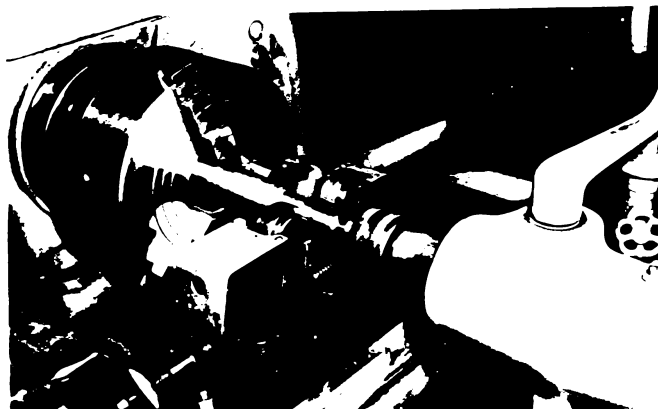


Fig.4.4. Fixarea dispozitivului de netezire pe strung și prelucrarea semifabricatului.

4.4.2. Metodica de lucru. În vederea efectuării cercetărilor experimentale, dat fiind numărul mare de parametri care se urmăresc, s-a impus o selectare a lor în vederea reducerii la minimum a numărului de experimentări necesare. Pentru fiecare parametru variabil s-a urmărit simultan influența lui asupra calității suprafeței (rugozitate și microduritate) și a mărimii dimensiunii suplimentare necesare netezirii, precum și definirea valorilor optime a acestor parametri pentru realizarea unei rugozități a suprafeței $R_a = 0,3 \dots 0,8 \mu\text{m}$.

Dimensiunile efective ale arborilor s-au măsurat cu un pasmetru, având valoarea diviziunii scării $2 \mu\text{m}$, iar aprecierea rugozității s-a făcut cu un profilometru Roughness Meter Type 6102. La fiecare piesă s-au făcut opt măsurători, iar ca valoare reală s-a ales media măsurătorilor.

Pentru fiecare punct s-au prelucrat un număr de trei arbori, în vederea asigurării condițiilor de stabilire a unui domeniu de dispersie restrâns al rezultatelor.

Primele încercări s-au efectuat folosind ca parametru forța de apăsare a rozelor, stabilindu-se valoarea optimă, care apoi la următoarele încercări a fost menținută constant.

In continuare s-au stabilit valorile optime a parametrilor cinematici : viteza de rotație a piesei și avansul longitudinal. Cu aceste mărimi cunoscute s-a trecut la analiza influenței numărului de treceri și a rugozității suprafeței inițiale, asupra procesului de netezire.

Această metodică de lucru a fost urmărită în totalitate, atât în situația folosirii rozelor cu suprafața activă curbă, cât și a rozelor cu suprafața activă cilindrică (fig.4.5).

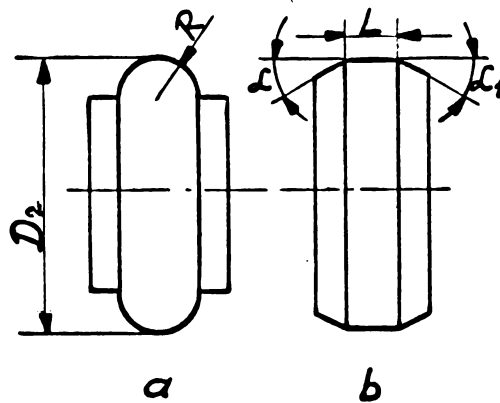


Fig. 4.5. Forma geometrică a rozelor folosite.

a-rolă cu suprafața activă curbă

b-rolă cu suprafața activă cilindrică.

4.4.3. Parametrii cercetați la prelucrarea de netezire prin rulare. Așa cum s-a mai arătat, principalii parametri, care influențează procesul de netezire prin deformare plastică a microneregularităților sînt : materialul semifabricatului, geometria și dimensiunile elementelor active ale sculelor folosite, forța aplicată, rugozitatea inițială a suprafeței, numărul de treceri și parametrii cinematici ai prelucrării.

Problema care s-a propus a fi urmărit este de a stabili influența parametrilor mai sus amintiți asupra calității suprafeței prelucrate și a mărimii dimensiunii suplimentare necesare netezirii,

în cazul arborilor din oțel OLC 45 îmbunătățit [67] avînd dimensiunea \varnothing 30 mm.

În urma variației forței de încărcare, s-a constatat o influență considerabilă asupra calității suprafeței prelucrate, fapt evidențiat și în lucrările [17], [24], [26], [49], [63]. Variind forța de încărcare între limitele 30...120 daN, folosind un avans longitudinal de 0,08 mm/rot și o viteză periferică de 36 m/min, se observă o scădere a înălțimii microneregularităților suprafeței.

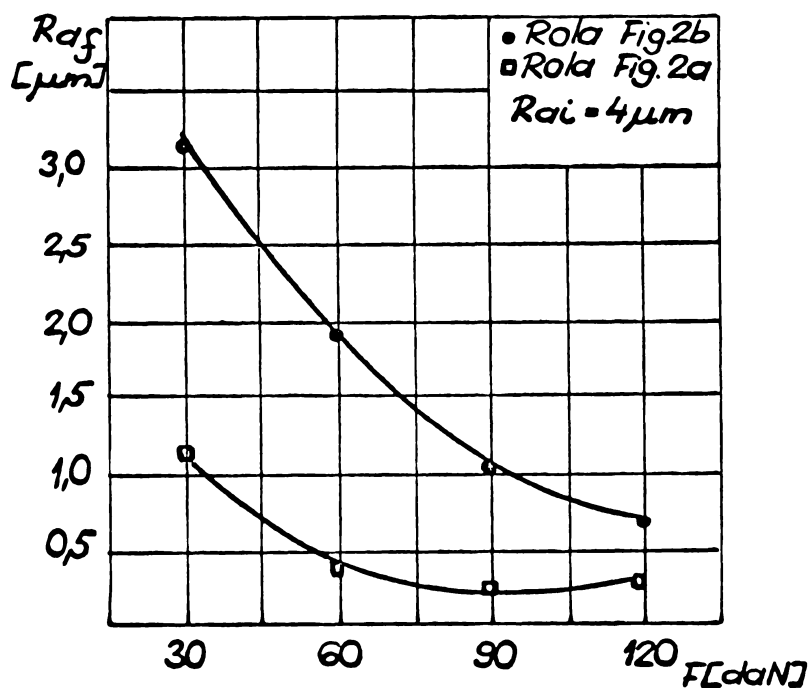


Fig.4.6. Influența forței de apăsare asupra rugozității suprafeței netezite în cazul folosirii ambelor tipuri de role.

În figura 4.6. se constată o scădere mai accentuată a rugozității suprafeței prelucrate (R_{af}), în raport cu forța de încărcare (F), la netezirea suprafețelor cu role avînd suprafața activă curbă (fig.4.5.a), aceasta datorîndu-se presiunilor diferite cu care cele două role solicită materialul semifabricatului la aceeași forță de încărcare. Aceeași remarcă se poate face și

în legătură cu graficul dependenței variației deformației plastice a suprafeței (Δa), în raport cu forța de încărcare (fig.4.7), cînd la aceeași forță de încărcare, variația deformației plastice este mai mare la prelucrarea cu rola cu suprafața activă curbă.

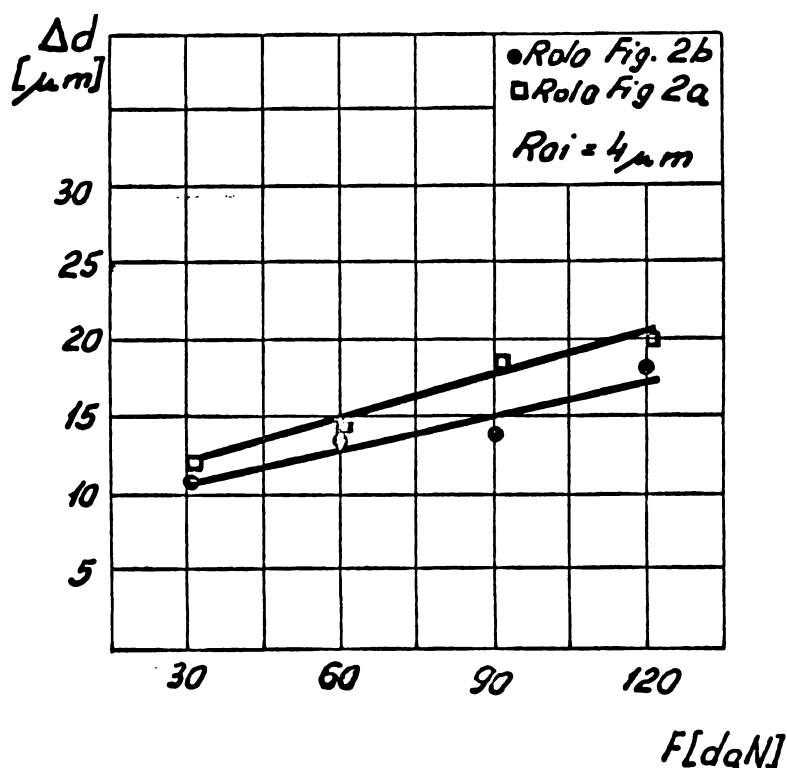


Fig.4.7. Influența forței de apăsare asupra variației deformației plastice, în cazul folosirii ambelor tipuri de role.

Din experimentările efectuate privind influența parametrilor cinematici asupra procesului de netezire s-au confirmat cele arătate de literatura de specialitate că viteza periferică (V) influențează în mică măsură atât netezimea suprafeței cît și deformația plastică a semifabricatului (fig.4.8 și 4.9).

Variația avansului longitudinal (S) provoacă în cazul ambelor tipuri de role o influență mare asupra procesului de netezire. Astfel la creșterea avansului se constată o înrăutățire mai pronunțată a rugozității suprafeței în cazul netezirii cu rola cu suprafața activă curbă, decît în cazul folosirii rotelor cu

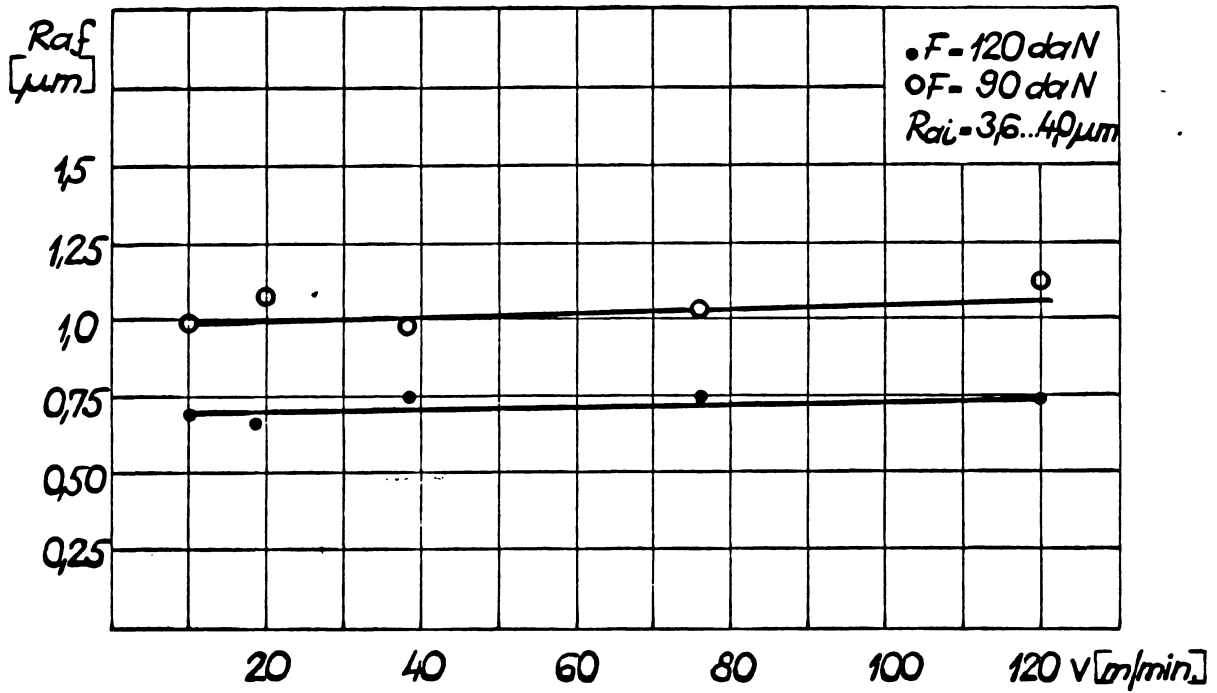


Fig.4.8. Influența vitezei periferice asupra rugozității suprafeței netezite, folosind rola cu suprafața activă cilindrică.

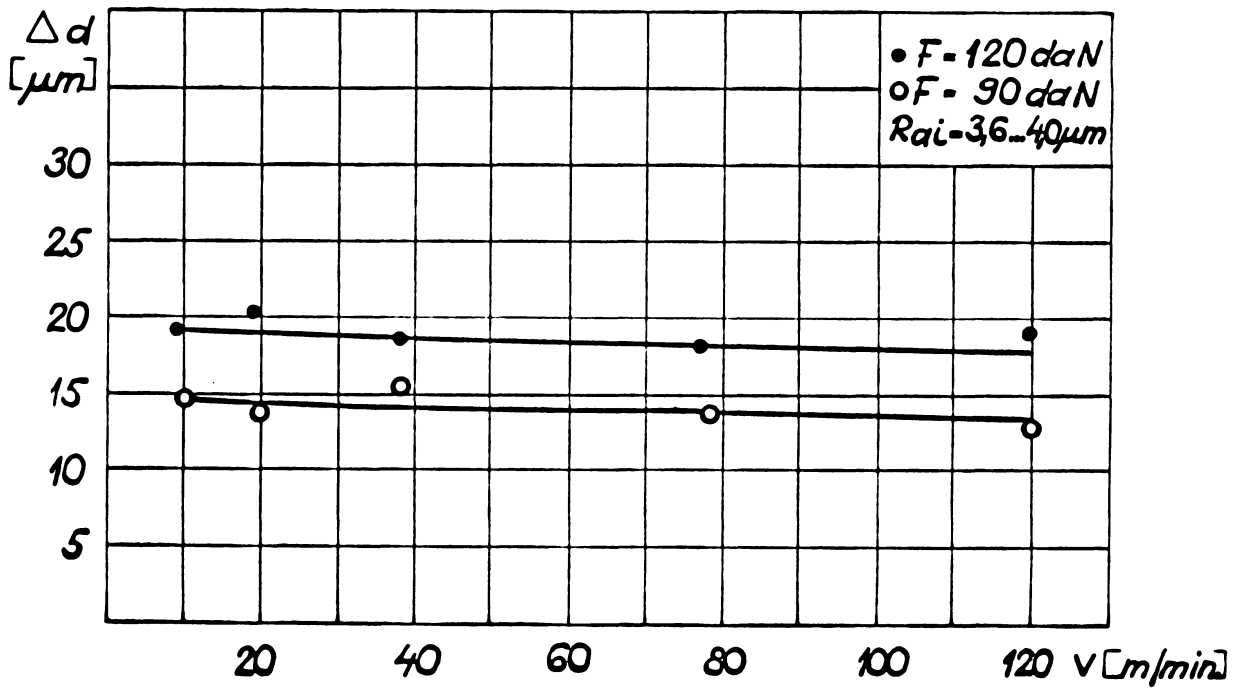


Fig.4.9. Influența vitezei periferice asupra variației deformației plastice, folosind rola cu suprafața activă cilindrică.

suprafața activă cilindrică. Aceasta se datorește faptului că lungimea suprafeței de contact în direcția avansului este diferită în cazul celor două tipuri de role; cu cât lungimea suprafeței de contact este mai mare cu atât influența avansului asupra rugozității va fi mai mică.

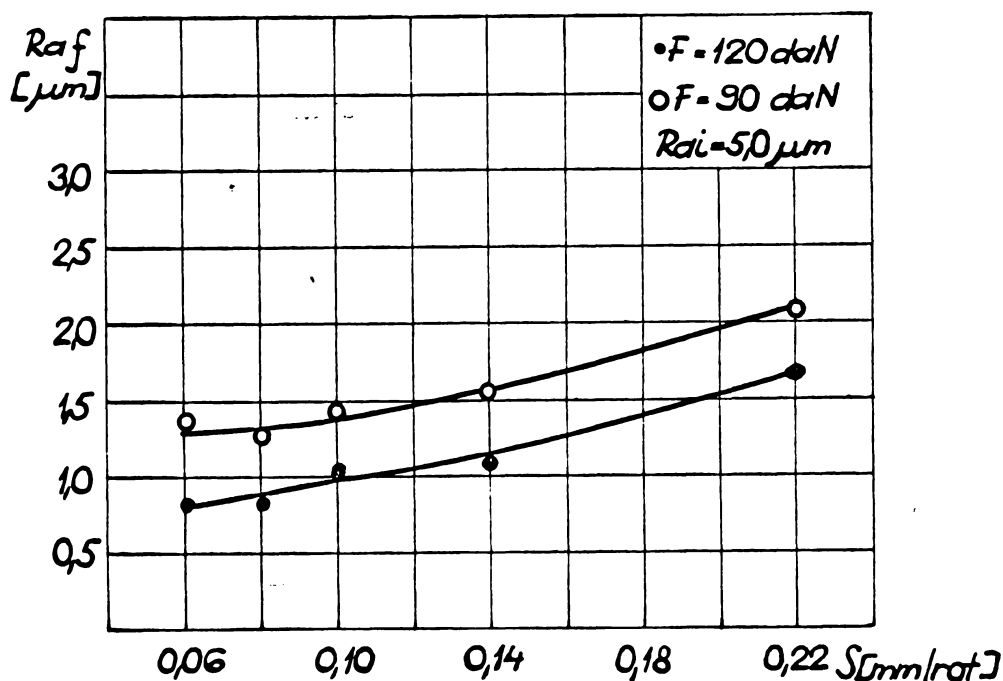


Fig.4.10. Influența avansului longitudinal asupra rugozității suprafeței netezite, folosind rola cu suprafața activă cilindrică.

În figura 4.10 și 4.11 se arată influența avansului longitudinal asupra rugozității și asupra variației deformației plastice în situația folosirii rolei cu suprafața activă cilindrică și cu forțe de încărcare diferite. Din grafice, se vede că creșterea avansului provoacă o creștere a rugozității (R_{af}), respectiv o scădere a variației deformației plastice a semifabricatului (Δa), mai accentuate la încărcări mari.

Un alt parametru a cărui influență s-a urmărit este numărul de treceri (i). Deși literatura de specialitate [17], [26], [63],

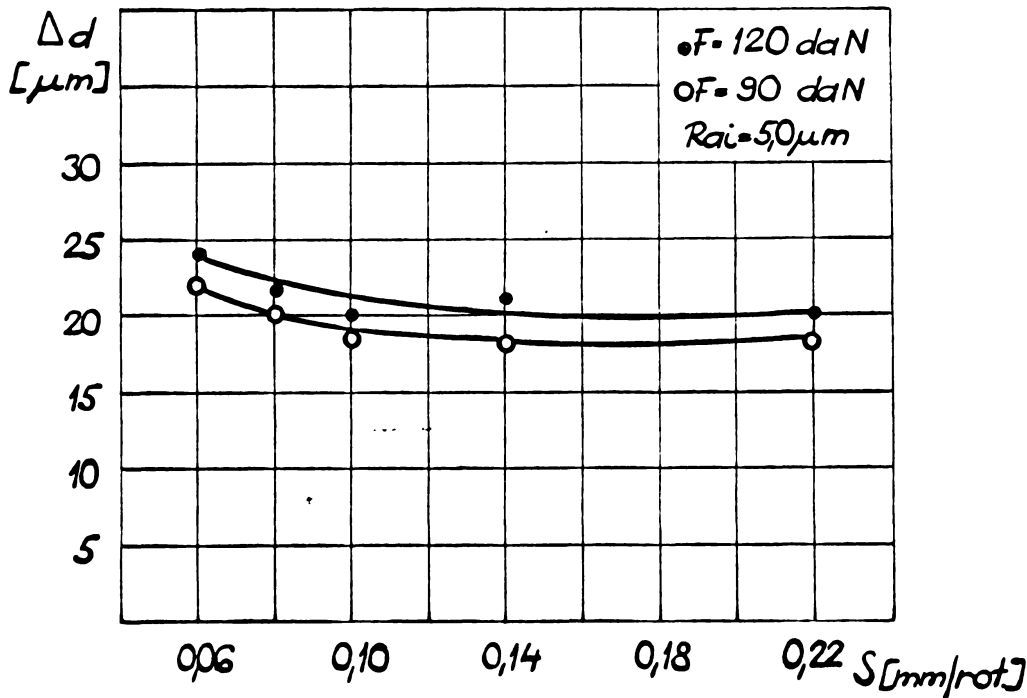


Fig.4.11 Influența avansului longitudinal asupra variației deformației plastice, folosind rola cu suprafața activă cilindrică.

recomandă că din punct de vedere al productivității este bine ca netezirea să se facă prin 1...2 treceri, din cercetările efectuate se constată că procesul de netezire poate fi favorabil și până la un număr de 3...4 treceri (fig.4.12) Necesitatea unui număr mai mare de treceri se explică pe seama utilizării unor forțe de netezire relativ mai mici. S-a observat însă că la depășirea numărului de 3...4 treceri, rugozitatea suprafeței, practic, nu se mai modifică, iar în unele cazuri, în special la folosirea rolor cu suprafața activă curbă, care asigură la aceeași forță de apăsare presiuni mai ridicate, se înrăutățește. Aceasta se explică prin apariția fenomenului de distrugere și exfoliere a stratului superficial. Procesul de exfoliere a acestui strat apare mai pronunțat în situația realizării numărului de treceri în ambele sensuri a avansului longitudinal.

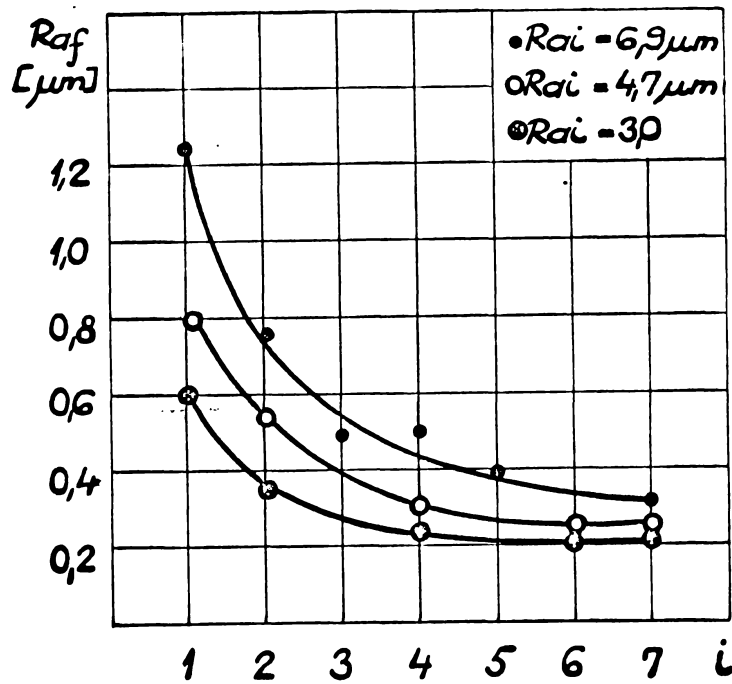


Fig. 4.12. Influența numărului de treceri asupra rugozității suprafeței netezite, folosind rola cu suprafața activă cilindrică. ($F=120$ daN; $S=0,08$ mm/rot; $V=36$ m/min).

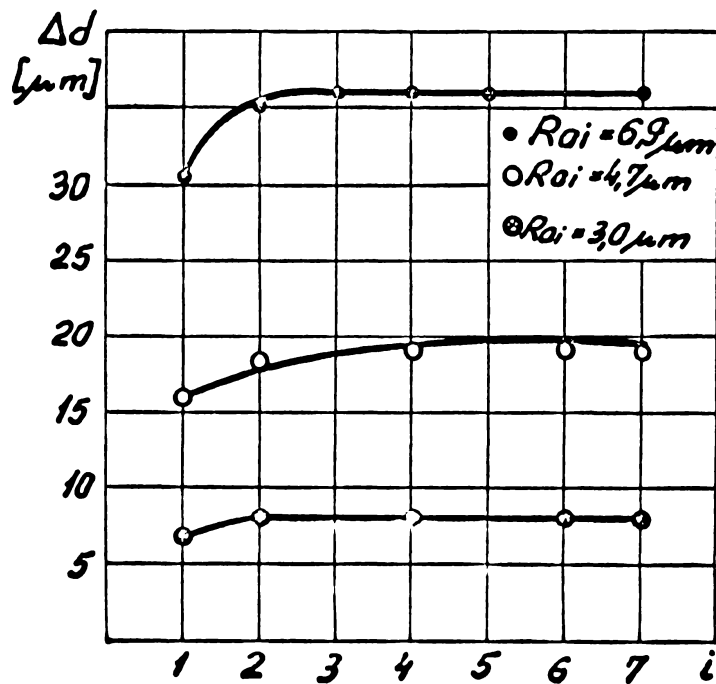


Fig.4.13. Influența numărului de treceri asupra variației deformației piesei netezite, folosind rola cu suprafața activă cilindrică.

In figura 4.13. se arată influența numărului de treceri asupra variației deformației plastice a semifabricatului. Deformația piesei netezite este cu atât mai mare cu cât rugozitatea (R_{ai}) este mai mare. Practic se poate considera că la rugozități mici ($< 3,0 \mu\text{m}$), variația deformației semifabricatului rămâne constantă cu numărul de treceri.

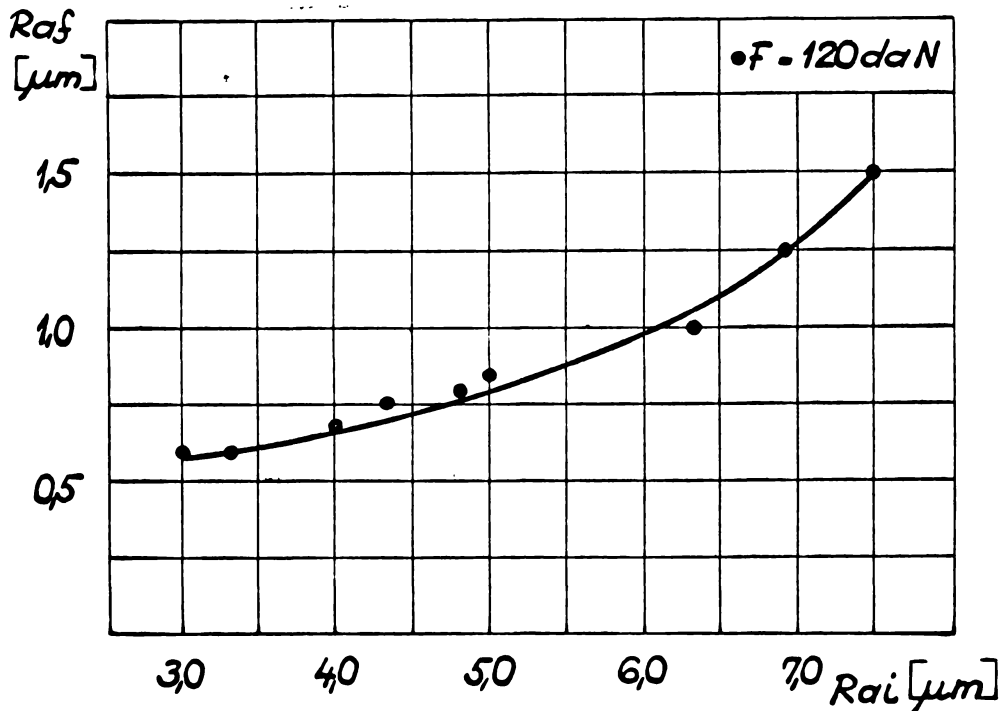


Fig.4.14. Influența rugozității semifabricatului asupra rugozității piesei netezite.

Rugozitatea suprafeței după netezirea prin deformare plastică este foarte mult influențată și de rugozitatea inițială a semifabricatului. Această influență se observă din graficul prezentat în figura 4.14, care s-a obținut folosind un avans longitudinal de $0,08 \text{ mm/rot}$, o viteză periferică de 36 m/min și o forță de apăsare de 120 daN .

Influența rugozității semifabricatului se face simțită și în cazul variației deformației plastice a piesei netezite. Din figura 4.15 se vede că pe măsură ce rugozitatea crește și deformația piesei netezite este mai mare.

Cunoașterea variației curbelor : $R_{af} = f(R_{ai})$ și $\Delta d = f(R_{ai})$ din fig.4.14 și 4.15 se consideră de importanță deosebită în practică, deoarece arată ce dimensiune suplimentară de prelucrare este necesar și ce netezime a suprafeței se obține, la o rugozitate inițială dată.

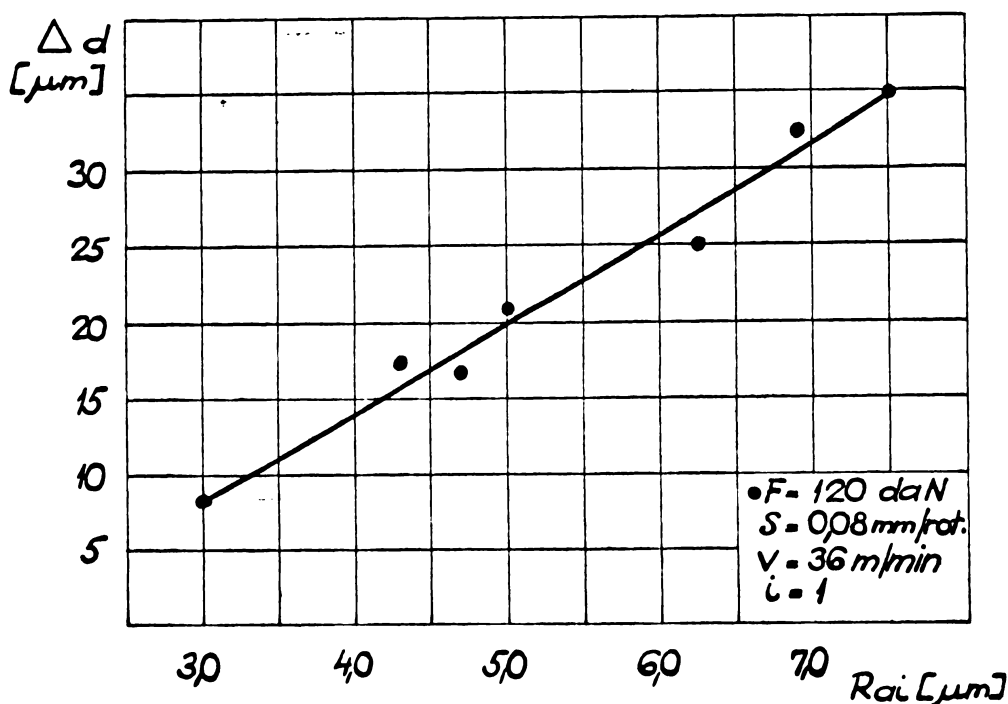


Fig.4.15. Influența rugozității semifabricatului asupra variației deformației plastice a piesei netezite, folosind role cu suprafața activă cilindrică.

Parametrii amintiți ai procesului de netezire prin deformare plastică a microneregularităților exercită o influență și asupra stării stratului superficial. Deși scopul principal a fost netezirea, totuși în urma măsurărilor microdurimetrice efectuate cu un microdurimetru PMT3, dealungul generatoarei arborilor, s-a scos în evidență modificările survenite în stratul superficial al pieselor.

Dacă după prelucrările de strunjire microduritatea a fost de 145 H.V, în timpul prelucrării de netezire creșterea forței

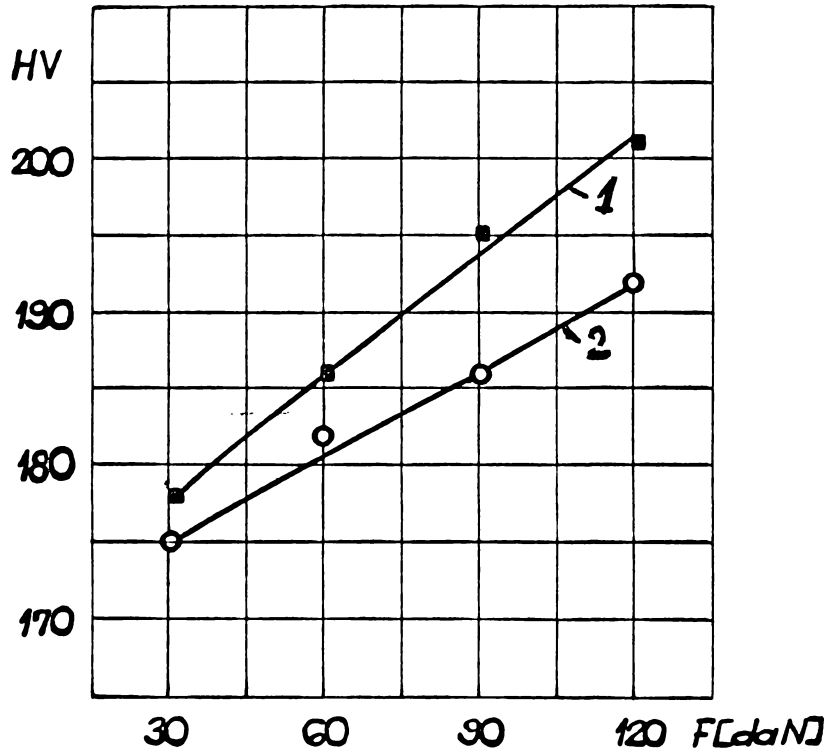


Fig.4.16. Influența forței de apăsare asupra microdurității suprafeței netezite,
1- rola cu suprafață activă curbă ;
2- rola cu suprafața activă cilindrică,

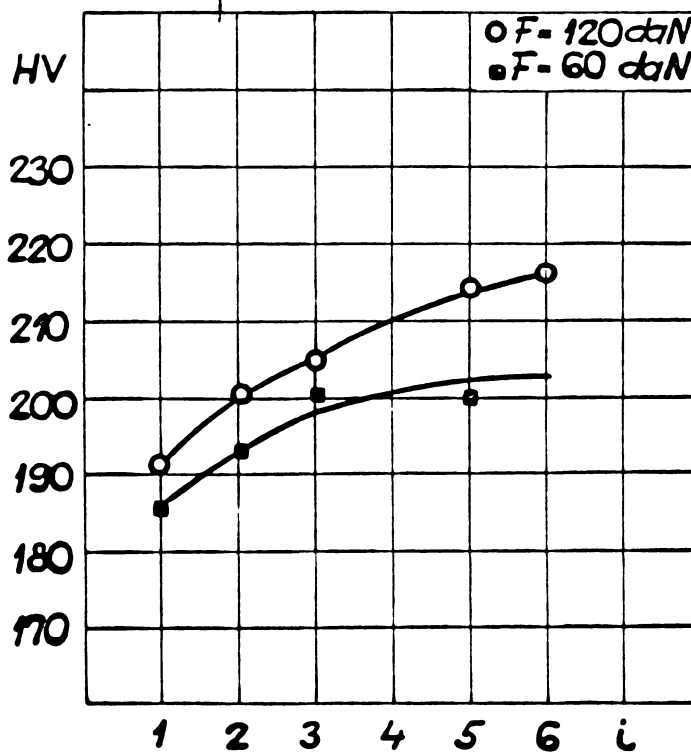


Fig.4.17. Influența numărului de treceri asupra microdurității suprafeței netezite, folosind rola cu suprafața activă cilindrică.

de apăsare provoacă o creștere a microdunității, mai accentuată la folosirea rozelor cu suprafața activă curbă (fig.4.16), adică la prelucrarea cu presiuni de contact mai mari.

In figura 4.17. se arată influența numărului de treceri asupra microdunității suprafeței netezite. Se poate remarca faptul că și în acest caz peste un număr de 3...4 treceri variația microdunității este relativ mai mică, în special la prelucrare cu forțe de apăsare mai scăzute.

4.4.4. Relații între parametrii prelucrării prin deformare plastică. Prelucrarea de netezire prin deformare plastică este influențat de un număr mare de parametri. Aceasta face foarte dificilă urmărirea și controlul procesului de prelucrare și de aceea se impune stabilirea priorității lor de influență, în vederea limitării numărului de parametri controlați.

In urma cercetărilor efectuate s-a constatat că presiunile (p) necesare netezirii prin deformare plastică depind și de duritatea materialului de prelucrat și se găsește cuprinsă între limitele $p = (2...4,5)HRC \text{ daN/mm}^2$.

In situația prelucrării de netezire prin deformare plastică a suprafețelor cilindrice exterioare, folosind ca elemente active role cilindrice, forța pentru realizarea presiunii necesare procesului de deformare plastică poate fi calculată aproximativ cu relația (4.4).

In scopul stabilirii rapide a forței (F) necesare realizării presiunii de deformare plastică s-a conceput o momogramă (fig.4.18) care poate fi folosită cu suficientă precizie. Momograma mai permite stabilirea presiunii de deformare (p) asupra unui material având modulul de elasticitate (E) și dimensiunea (D_1),

atunci cînd se aplică o forță cunoscută pe o lățime de contact (L) de către role de dimensiunea (D₂).

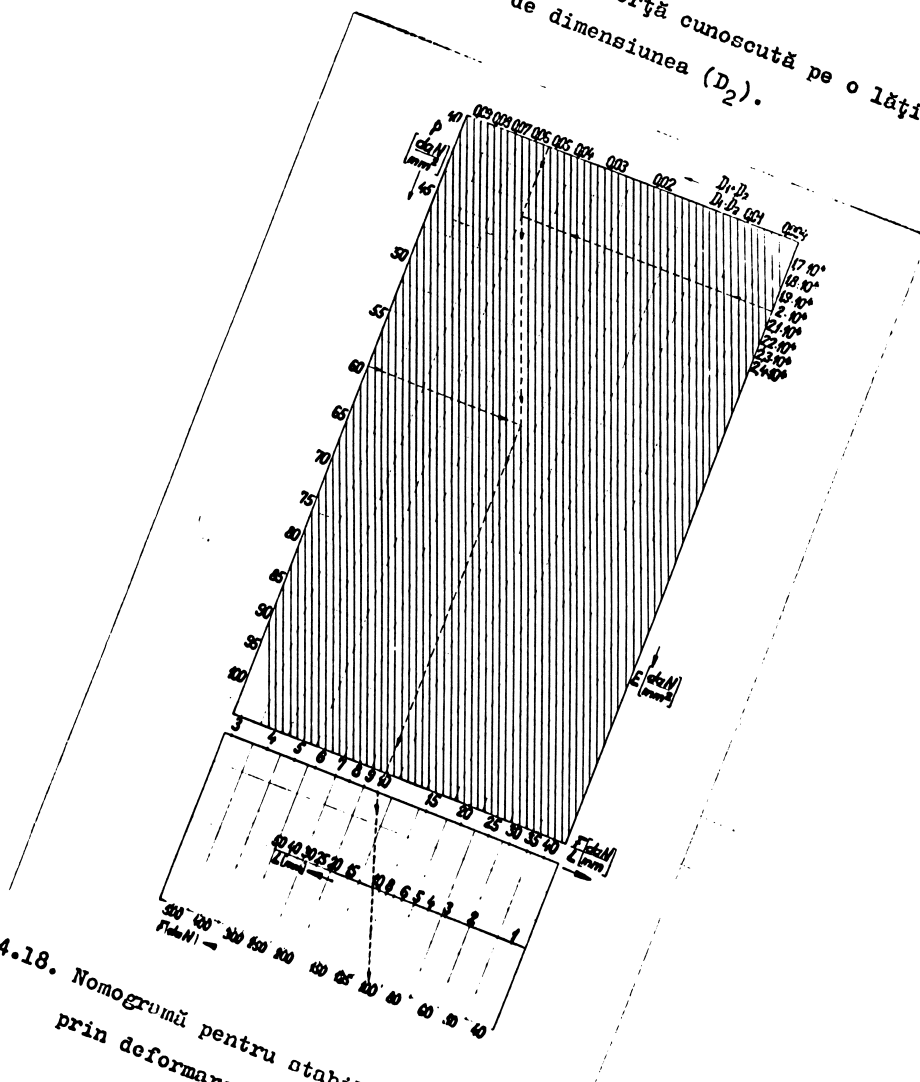


Fig.4.18. Nomogramă pentru stabilirea forței de netezire prin deformare plastică.

Pentru determinarea prin calcul a influenței parametrilor procesului de netezire prin deformare plastică, literatura de specialitate prezintă relații mai mult sau mai puțin complexe pentru rugozitatea suprafeței, iar pentru deformarea stratului superficial se fac doar referiri cantitative și se prezintă diagrame sau valori în tabele.

O relație mai completă de calcul a rugozității suprafeței obținută prin deformare plastică este relația (4.2.) la care se remarcă însă că nu cuprinde numărul de treceri (i) și că materialul este caracterizat prin efortul unitar la curgere (σ_c), care nu caracterizează corespunzător caracteristica de deformare plastică a stratului superficial. De aceea, în urma calculelor efectuate cu această relație s-au constatat abateri substanțiale față de situația reală și din acest motiv s-a căutat o relație care să oglindească mai fidel legătura dintre parametrii prelucrării și rugozitatea suprafeței obținute în urma netezirii prin deformare plastică. Astfel, după un număr mare de experimentări s-a ajuns la o relație de calcul de forma:

$$R_{af} = \frac{C \cdot HRC^q \cdot R_{ai}^x}{p^y \cdot i^z} \quad [\mu m] \quad (4.5)$$

în care: HRC este duritatea materialului prelucrat;

i - numărul de treceri;

C - coeficient (tabelul 4.1);

q, x, y, z - exponenți (tabelul 4.1) ;.

Tabelul 4.1

C	q	x	y	z
11850	0,25	1,14	2,82	0,76

Din figurile 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, în care se află redate : influența rugozității (R_{ai}), a presiunii de apăsare (p) și a numărului de treceri (i) asupra rugozității suprafeței netezite (R_{af}), pentru arbori din oțel OLC 25, respectiv OLC 45, se poate vedea că valorile rezultate în urma calculului cu relația (4.5) — curba 1 — oglindesc mai fidel rezultatele experimentale — curba 2 — decât valorile calculate cu relația (4.2) — curba 3.

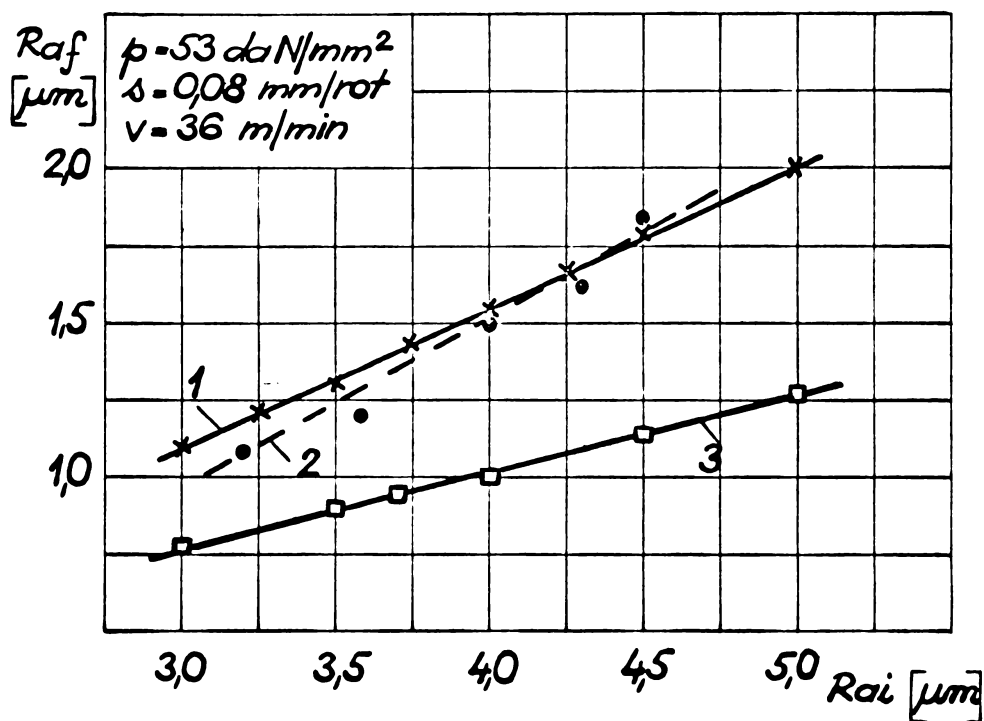


Fig.4.19. Variația rugozității suprafeței netezite prin deformare plastică în funcție de rugozitatea suprafeței pentru oțel OLC 25 cu $WRC = 13$.

Relația propusă (4.5) este mai completă pentru că ține seama și de un parametru important — numărul de treceri (i), iar materialul prelucrat este caracterizat prin duritatea sa.

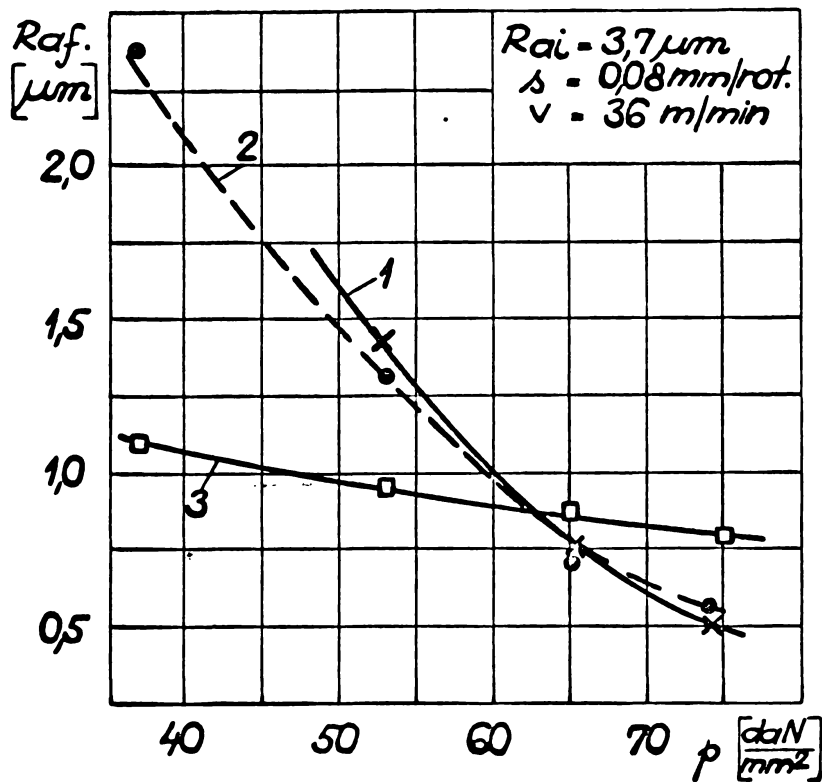


Fig.4.20 Variația rugozității suprafeței netezite prin deformare plastică în funcție de presiunea de rulare pentru oțel OLC 25 cu HRC = 13

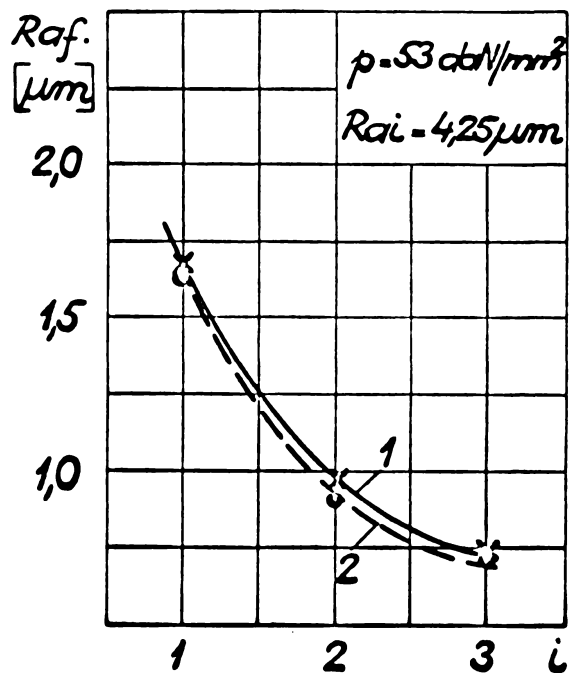


Fig.4.21. Variația rugozității suprafeței netezite prin deformare plastică în funcție de numărul de treceri pentru oțel OLC 25 cu HRC = 13

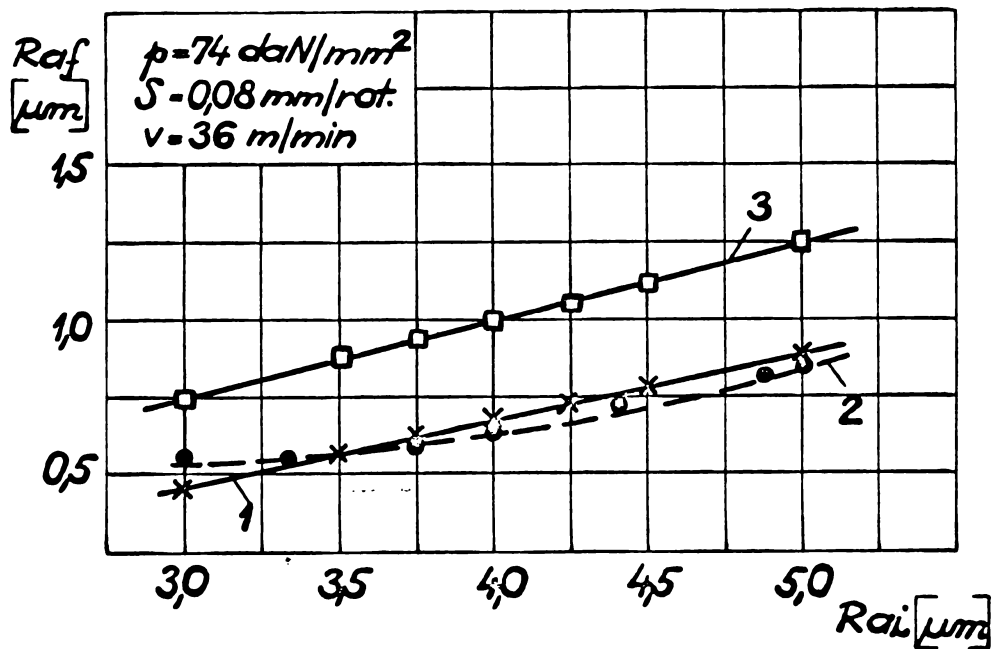


Fig.4.22 Variația rugozității suprafeței netezite prin deformare plastică în funcție de rugozitatea suprafeței pentru oțel OLC 45 cu HRC = 30

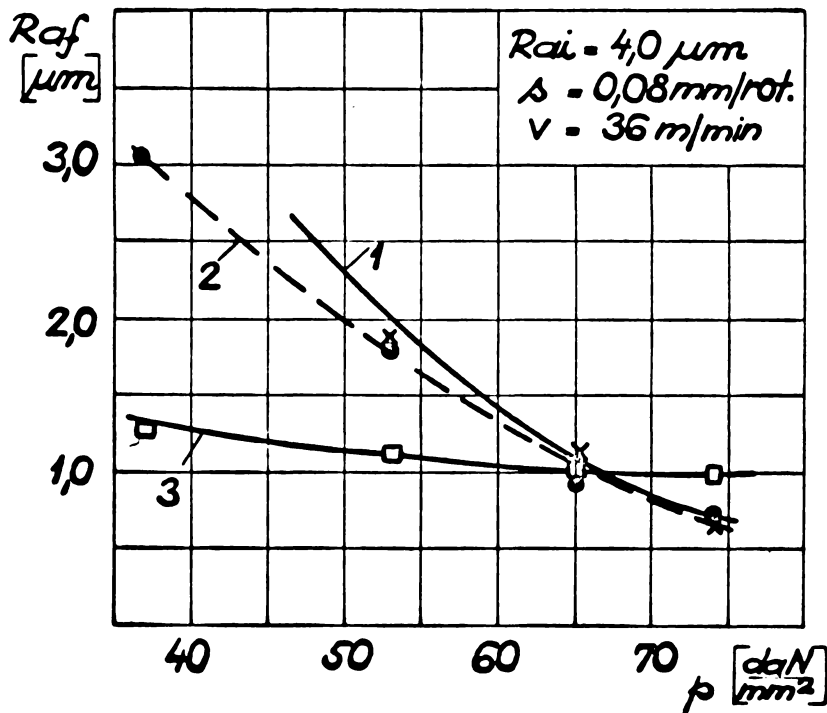


Fig.4.23. Variația rugozității suprafeței netezite prin deformare plastică în funcție de presiunea de rulare pentru oțel OLC 45 cu HRC = 30

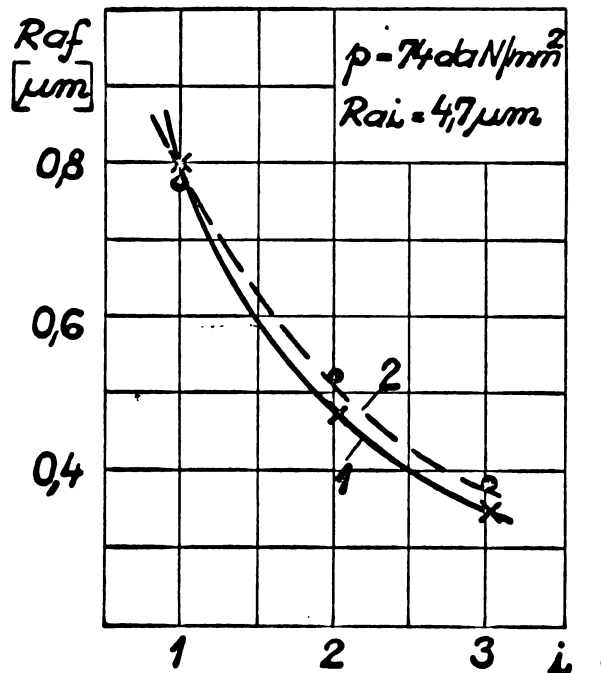


Fig.4.24. Variația rugozității suprafeței netezite prin deformare plastică în funcție de numărul de treceri pentru oțel OLC 45 cu HRC = 30

În ceea ce privește mărimea deformației plastice (Δd), relațiile de calcul prezentate de literatură sînt sumare, referindu-se în general numai la variația rugozității suprafeței (relația 4.1).

Aceste deformații nu se produc însă numai la nivelul microneregularităților suprafeței, ci ele se transmit și în masa materialului piesei, fiind cu atît mai profunde cu cît presiunea de rulare este mai mare și cu cît duritatea suprafeței piesei este mai mică.

Pentru a oglindi cît mai corect, analitic, procesul de deformare este necesar să se țină seama de principalii factori care influențează gradul de deformare.

În acest sens, se propune pentru calculul deformației plastice următoarea relație:

$$\Delta d = \frac{K \cdot Rai. p. i^m}{HRC^m} \quad [\mu m] \quad (4.6)$$

Valorile coeficientului (K) și a exponenților sînt redați în tabelul 4.2.

Tabelul 4.2

K	m	n
0,19	0,15	0,40

Din figurile 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, se află prezentate : influența rugozității suprafeței, a presiunii de apăsare și a numărului de treceri asupra valorii deformației plastice rezultate în procesul de netezire pentru arbori din oțel OLC 25, respectiv OLC 45.

Din diagrame se observă că valorile obținute în urma calculului cu relația (4.6) — curba 1 — sînt apropiate de cele rezultate experimental — curba 2.

Cunoașterea precisă a valorii acestei deformații în condiții concrete de prelucrare prezintă un interes deosebit, în primul rînd pentru stabilirea mărimei dimensiunii suplimentare necesare prelucrării, în condițiile asigurării calității suprafeței și preciziei dimensionale impuse.

În urma cercetărilor efectuate, se constată că procedeul de netezire prin deformare plastică a microneregularităților asigură pe lîngă o îmbunătățire a calității suprafeței și o productivitate ridicată, atîngîndu-se ușor 150 cm²/min. la o rugozitate a suprafeței de Ra = 0,4 μm .

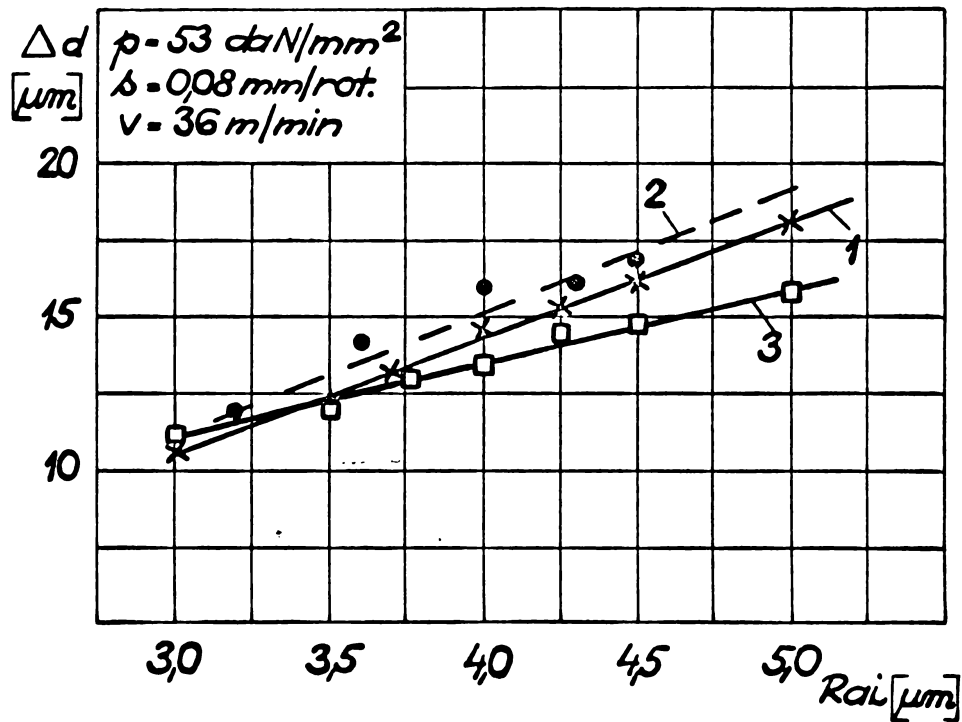


Fig.4.25. Variația deformației plastice a suprafeței netezite în funcție de rugozitatea suprafeței pentru oțel OLC 25 cu HRC = 13.

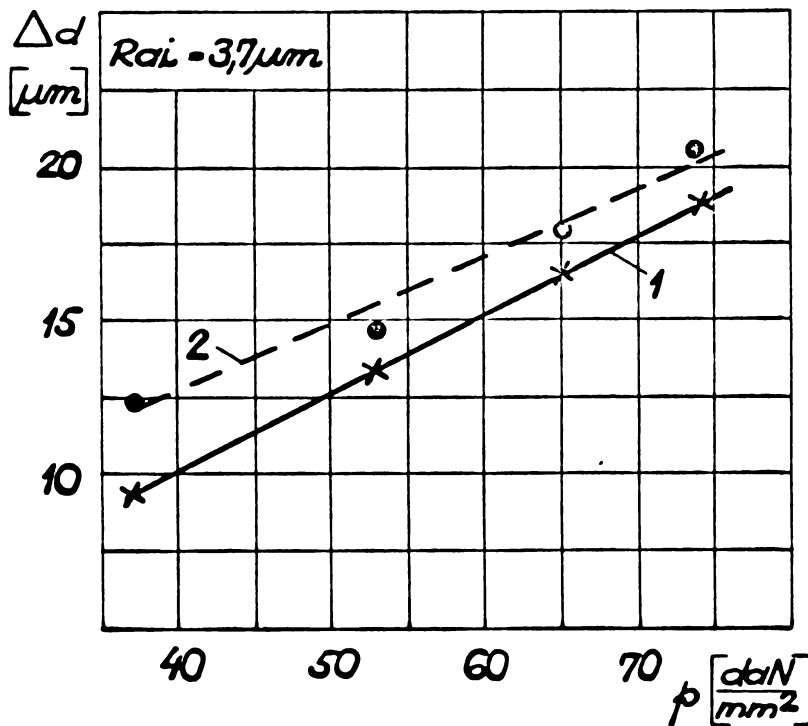


Fig. 4.26. Variația deformației plastice a suprafeței netezite în funcție de presiunea de rulare pentru Oțel OLC 25 cu HRC=13

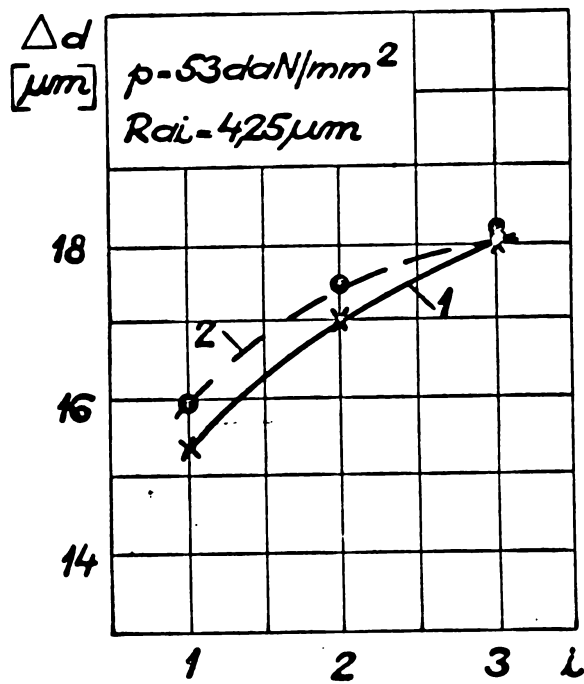


Fig.4.27. Variația deformației plastice a suprafeței netezite în funcție de numărul de treceri pentru oțel OLC 25 cu HRC=13.

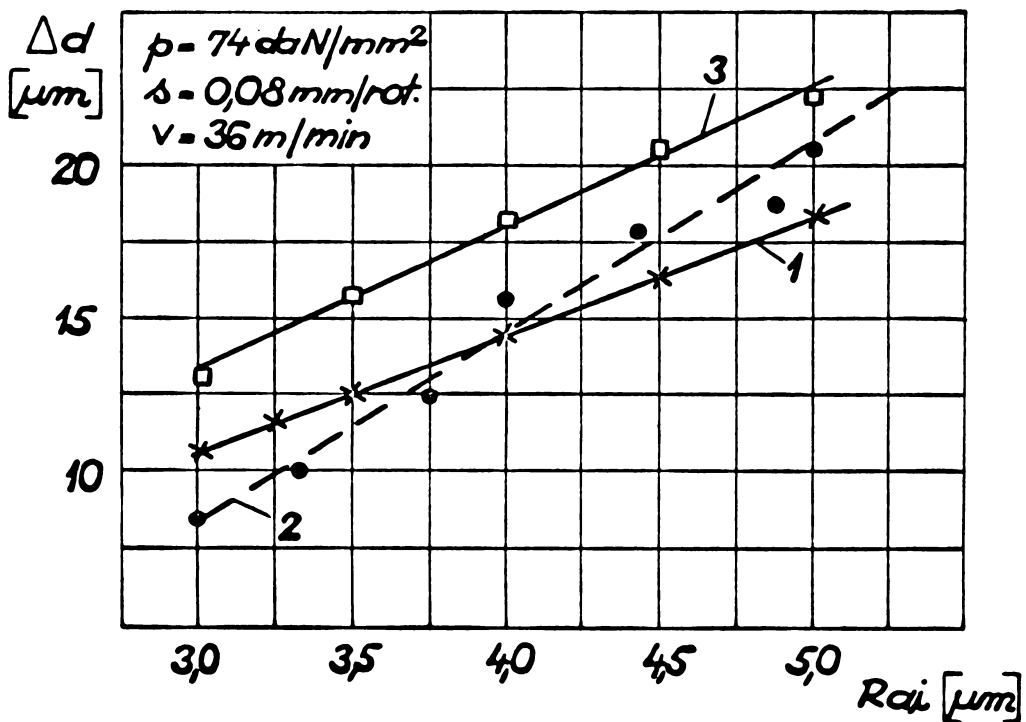


Fig.4.28. Variația deformației plastice a suprafeței netezite în funcție de rugozitatea suprafeței pentru oțel OLC45 cu HRC=30

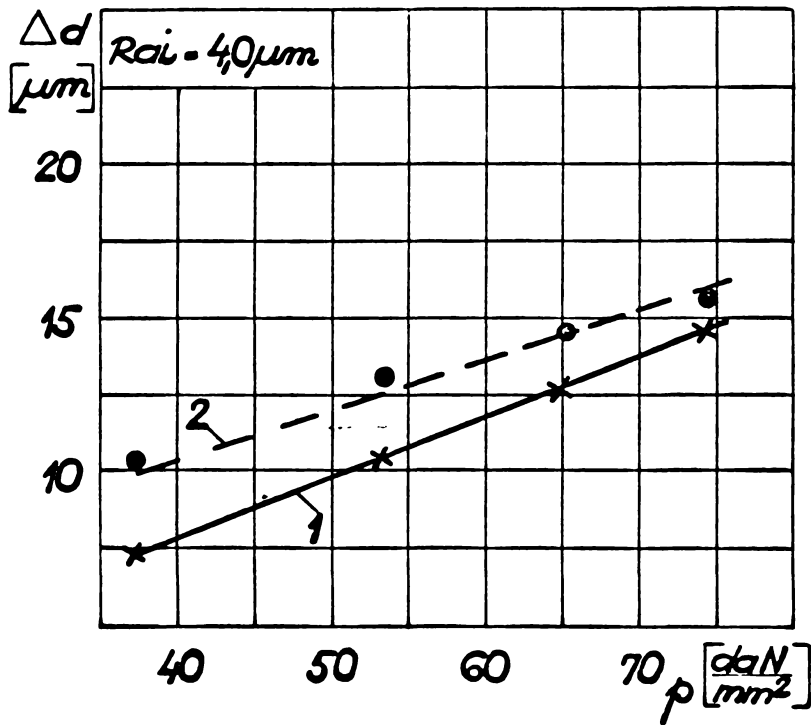
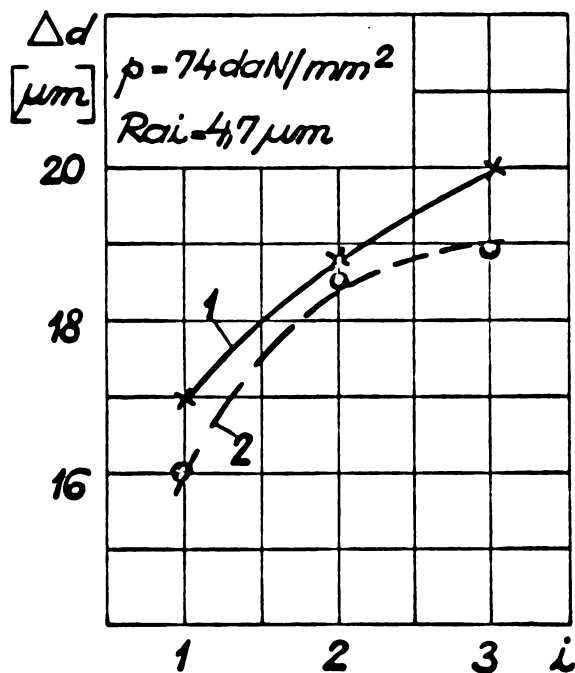


Fig.4.29. Variația deformației plastice a suprafeței netezite în funcție de presiunea de rulare pentru oțel OLC45 cu HRC=30



INSTITUTUL POLITEHNIC
TIMIȘOARA
BIBLIOTECA CENTRALĂ

Fig.4.30. Variația deformației plastice a suprafeței netezite în funcție de numărul de treceri pentru Oțel OLC45 cu HRC=30

Deoarece viteza periferică influențează în foarte mică măsură procesul de netezire, se recomandă folosirea unor viteze periferice mari (120 m/min sau mai mari) pentru a asigura o productivitate bună.

Se impune cunoașterea mai detaliată a parametrilor procesului de prelucrare și influenței lor asupra calității suprafeței prelucrate. În acest sens, s-a propus o relație de calcul a rugozității suprafeței prelucrate și o relație de stabilire a mărimii deformației plastice rezultate în procesul de netezire.

Relațiile de calcul propuse sînt mai complete decît cele existente în literatură și caracterizează mai fidel prelucrarea de netezire prin deformare plastică.

Ordinea parametrilor prelucrării cercetați în ceea ce privește ponderea influenței lor asupra netezimii suprafețelor prin procedeul de deformare plastică este următoare : forța de apăsare, numărul de treceri, rugozitatea inițială a suprafeței, avansul longitudinal și viteza periferică.

PARTEA III-a

CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND COMPORTAREA
AJUSTAJELOR CU STRINGERE CONSIDERATE

CAPITOLUL 5

ASPECTE TEHNOLOGICE, INSTALATIA SI METODICA DE LUCRU

5.1. Materialele utilizate

Alegerea materialelor pentru experimentări s-a făcut ținându-se seama de recomandările standardelor (cap.1), referitor la ajustajele H7/p6 și H7/r6, precum și de frecvența utilizare a acestora în practică. Intre acestea oțelul OLC 45 (STAS 880-66) ocupă o pondere însemnată în construcția de mașini, mai ales pentru confecționarea arborilor. Datorită acestui fapt s-a ales pentru efectuarea studiului această marcă de oțel.

Pentru confecționarea probelor s-au folosit bare laminate de \varnothing 35 mm pentru arbori și de \varnothing 65 mm pentru alezaje. După debitare și prelucrarea de degroșare, probele au fost supuse unui tratament termic de îmbunătățire, urmărindu-se sporirea tenacității materialului și înlăturarea tensiunilor interne. Probele au fost încălzite 30 minute la temperatura de 1123°K și călite în apă. După călire s-a făcut o revenire, prin încălzirea probelor la 823°K, menținerea la această temperatură 2 ore, urmată de răcire în aer liniștit.

Deoarece la îmbinările cu ajustaje, se mai folosesc practic și elemente de mașini confecționate din fonte și chiar din materiale neferoase, s-a ales pentru studiu și din aceste materiale și anume fontă Fe 20 (STAS 568-61) și bronz Bz 14 (STAS 197-60), probele fiind confecționate din bare turnate de \varnothing 65 mm.

5.2. Confecționarea probelor

În ceea ce privește proba, s-a admis forma geometrică cea mai simplă, asigurându-se în acest fel posibilitatea efectuării studiului experimental în condiții cât mai bune. Astfel, pentru alezaje s-au folosit inele cilindrice (fig.5.1), cu dimensiunile exterioare indicate în tabelul 5.1, iar pentru arbori forma cilindrică (fig.5.2). Lungimea de îmbinare s-a ales de 30 mm.

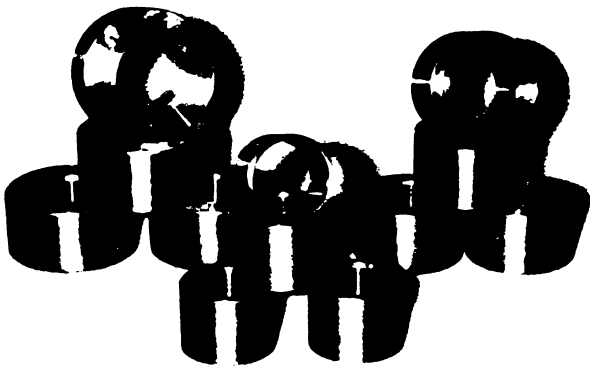


Fig.5.1. Inele (alezaje)

Fig.5.2. Arbori

Utilizarea arborilor plini, este justificată prin folosirea mai frecventă a acestora în practică, față de arborii tubulari. De asemenea, s-a ținut seama de rezultatele experimentale efectuate [46] prin care s-a constatat că la îmbinările cu strângere având arbori plini, se realizează forțe de presare și de depresare cu valori maxime.

Tabelul 5.1

Grupa	Diametrul nominal arborelui (d), mm.	Diametrul exterior al alezajului (d_2), mm	Raportul $\frac{d}{d_2}$
1	30	36	0,83
2		40	0,75
3		50	0,60
4		60	0,50

În capitolul 1, s-au stabilit grupele de ajustaje, cu câmpurile lor de toleranță și s-a arătat că prin folosirea metodei de selectare, se pot obține caracteristici de îmbinare pentru întregul domeniu studiat. De aceea, pentru a avea un număr suficient de probe care prin caracteristicile lor de îmbinare să se situeze și la limitele extreme ale câmpurilor de toleranțe, s-a admis convențional o lărgire a câmpului de toleranță cu $5\mu\text{m}$, în sus și în jos, atât pentru arbori cât și pentru alezaje.

Cu toate că în standarde [67] se recomandă rugozitatea suprafeței la diferite precizii de execuție a dimensiunilor (Tab.5.2), pentru scopul propus a fi studiat s-a admis în mod convențional, pentru alezaje, o dispersie mai mare a rugozității, astfel ca să fie cuprinsă între $R_a = 0,3 \dots 3,2\mu\text{m}$.

Pentru a putea urmări aspectele legate de influența rugozității asupra ajustajelor cu strângere, intervalul de dispersie al rugozității admis pentru alezaje, a fost împărțit în 4 grupe de rugozitate, luîndu-se în considerare valoarea medie a intervalului astfel :

$R_a = 0,75\ \mu\text{m}$ pentru intervalul	$R_a = 0,5 \dots 1,0\ \mu\text{m}$
$R_a = 1,5\ \mu\text{m}$ " " "	$R_a = 1,3 \dots 1,7\ \mu\text{m}$
$R_a = 2,5\ \mu\text{m}$ " " "	$R_a = 2,3 \dots 2,7\ \mu\text{m}$
$R_a = 3,0\ \mu\text{m}$ " " "	$R_a = 2,8 \dots 3,2\ \mu\text{m}$

Tabelul 5.2.

TOLERANȚA FUNDAMENTALĂ	IT6			IT7		
	fină	mijloc	grosă	fină	mijloc	grosă
Execuția	$R_a [\mu\text{m}]$					
Dimensiunea						
30.....50[mm]	0,4	0,8	1,6	0,4	0,8	1,6

Pe baza dimensiunilor nominale, a netezimii suprafețelor și a procedeeilor de prelucrare aplicate în acest scop, s-au stabilit adaosele de prelucrare [50].

În cele ce urmează, ne vom referii la problemele și aspectele legate de prelucrarea mecanică a suprafețelor de îmbinare - precizie și netezime - atât la arbori cât și la inele (alezaje), deoarece celelalte suprafețe prezintă importanță numai din punct de vedere dimensional.

Sculele așchietoare, caracteristicile lor, precum și regimurile de așchiere, s-au stabilit prin încercări, după datele și indicațiile din literatura de specialitate [2], [9], [18], [19], [21], [37], [56], [67].

5.2.1. Prelucrarea arborilor

Ne-am propus prelucrarea unor arbori, în intervalul de dimensiuni $\varnothing 30,055 \dots \varnothing 30,021$ mm, la o netezime a suprafeței de îmbinare $Ra = 0,3 \dots 0,8 \mu m$, prin două procedee de prelucrare:

- arbori, avînd ca prelucrare finală rectificarea;
- arbori, avînd ca prelucrare finală, netezirea prin deformare plastică.

Strunjirea de degroșare s-a efectuat pentru ambele cazuri, folosind cuțit pentru degroșat cu plăcuță din carburi metalice. Regimul folosit: viteza de așchiere $v=53$ m/min, cu un avans $s=0,2$ mm/rot. După degroșare probele au fost tăiate la lungimea corespunzătoare și apoi tratate termic.

Strunjirea de finisare s-a efectuat distinct pentru cele două categorii de arbori, pentru netezire prin rectificare și pentru netezire prin deformare plastică.

Pentru arborii care au fost neteziți prin rectificare, strunjirea de finisare s-a executat cu un cuțit pentru finisat

cu plăcuță din carburi metalice [67], folosind o viteză de așchiere $v=114$ m/min, cu un avans $s = 0,1$ mm/rot.

Rectificarea arborilor s-a făcut între vîrfuri, la o mașină de rectificat rotund tip KU 250/750, cu lichidul de răcire introdus prin porii discului abraziv, avînd dimensiunea 350x60mm și caracteristicile : electrocorindon 98 cu liant ceramic, granulație 8 și duritatea Q. Turația discului abraziv $n=1850$ rot/min, ceea ce corespunde unei viteze periferice $v = 34$ m/s. Precizia și netezimea suprafeței, stabilită inițial, s-a realizat folosind viteza periferică a piesei de 20 m/min și avansul longitudinal $s_1 = 7,5$ mm/rot.

Arborii la care prelucrarea de netezire s-a efectuat prin deformarea plastică, pentru strunjirea de finisare s-a folosit un cuțit pentru finisat cu plăcuță din carburi metalice, avînd raza la vîrf $r \cong 0$, iar viteza de așchiere $v = 90$ m/min, cu un avans $s = 0,14$ mm/rot. De asemenea, s-a ținut seama de rezultatele și concluziile arătate în acest sens la capitolul 4 și de graficele 4.14 și 4.15, stabilite experimental în acest scop, pentru oțelul OLC 45.

Pe baza indicațiilor din literatura de specialitate [38], [39], [45] și a rezultatelor experimentale obținute [6], [33], [65], s-au luat măsuri constructive privind capătul arborilor, în scopul ușurării montajului și a evitării efectului de "răzuire" arătate de [33], [65]. De aceea, s-a procedat la teșirea capătului arborilor cu unghiul $\alpha = 10^\circ$ și $e = 2$ mm (fig.5.3), ținînd seama ca teșirea să fie centrică față de cilindru, pentru a evita la montaj o intrare preferențial obligă.

5.2.2. Prelucrarea alezajelor.

Alezajele din OLC 45, Fc 20 și Bz 14 s-au prelucrat la dimensiunile de îmbinare - intervalul ϕ 29,095... ϕ 30,030 mm - stabilite la capitolul 1. Deoarece însă, în cadrul studiului comportării îmbinărilor, netezimea suprafeței are o importanță deosebită, s-a convenit ca pentru a obține diferite mărimi și forme de rugozitate, care să acopere domeniul de dispersie propus ($Ra = 0,3...3,2\mu m$), prelucrările mecanice finale să se execute prin două procedee:

- rectificare interioară, pentru a se obține o rugozitate a suprafețelor, în intervalul $Ra=0,3...2,0\mu m$;

- strunjire de finisare interioară, astfel ca rugozitatea suprafețelor să fie cuprinsă între $Ra = 1,3...3,2\mu m$.

După strunjirea de degroșare a suprafeței exterioare, probele s-au găurit cu un burghiu spiral ϕ 28 mm. Inelele astfel obținute au fost supuse tratamentului termic de îmbunătățire.

Pentru finisarea alezajelor prin strunjire s-a folosit un cuțit de finisat pentru interior având plăcuțe din carburi metalice [67]. Prelucrarea s-a efectuat aplicând următoarele regimuri de așchiere:

- pentru OLC 45: $v=114$ m/min și $s=0,1$ mm/rot; pentru Fc20: $v = 75$ m/min și $s = 0,1$ mm/rot; pentru Bz 14: $v = 142$ m/min și $s = 0,1$ mm/rot.

În scopul obținerii rugozității impuse $Ra = 1,3...2,0\mu m$, știind că aceasta se realizează mai greu prin strunjire, s-a ținut seama de indicațiile literaturii de specialitate [21]. Astfel s-a asigurat ca prin ascuțire să se obțină o rotunjire a vârfului cuțitului cu o rază de $R=1,5$ mm, verificată cu ajutorul unor șabloane.

Prelucrarea de netezire a alezajelor prin rectificare s-a efectuat la aceeași mașină de rectificat menționată la prelucrarea arborilor. Dimensiunea discurilor folosite a fost 25 x 15 mm.

Pentru probele la care s-a prevăzut o rugozitate de $Ra = 0,3 \dots 1,0 \mu m$ s-a folosit discuri abrazive carborund, cu granulație 80, iar pentru acelea cu $Ra = 1,1 \dots 2,0 \mu m$ granulația a fost de 40. S-a folosit un regim de așchiere având viteza periferică a piesei 20 m/min și avansul longitudinal $s_1 = 3,5$ mm/rot; numărul de treceri a variat în funcție de materialul prelucrat OLC45 sau Fc20. Prelucrarea s-a efectuat fără a se folosi lichid de răcire.

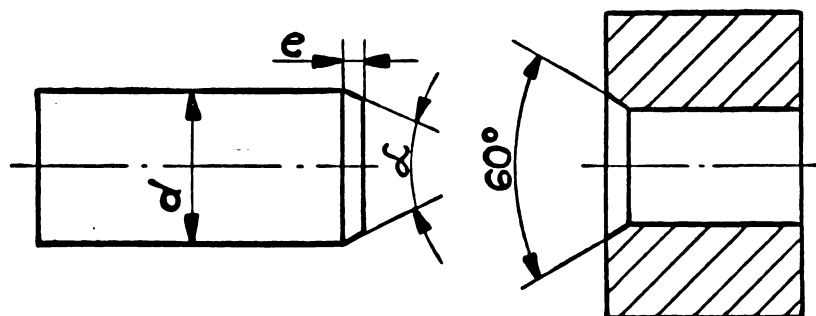


Fig.5.3. Teșirea capătului arborelui și alezajului [39].

În scopul ușurării montajului și la alezaje s-au luat măsuri constructive (fig.5.3) recomandate de literatura de specialitate.

5.3. Măsurările efectuate privind precizia și netezimea suprafețelor.

Dimensiunile efective și rugozitatea suprafețelor constituia parametrii de bază în cazul îmbinărilor din strângere. De aceea, s-a acordat o deosebită atenție aparatajului și metodelor de măsurare folosite [11], [33], [56], [67].

În timpul prelucrărilor și după prelucrările finale, dimensiunile efective ale alezajelor au fost măsurate cu un dispozitiv de măsurat interior, avînd comparator cu valoarea diviziunii scării de $1\mu\text{m}$, iar dimensiunile efective ale arborilor s-au măsurat cu un pașametric, cu valoarea diviziunii scării de $2\mu\text{m}$.

În urma unei depozitări de minimum 7 zile la temperatură constantă de 293°K , recomandat de literatură [11] pentru "așezarea materialului", înainte de presare s-a făcut din nou măsurarea probelor cu un aparat universal de măsurat lungimi "Zeiss" care are valoarea diviziunii scării de $1\mu\text{m}$.

Pentru fiecare probă s-au făcut minimum opt măsurări, după schema din figura 5.4., iar ca valoare reală s-a admis media măsurărilor.

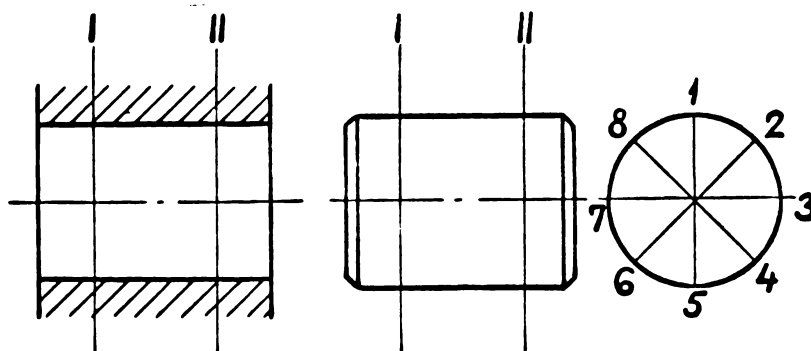


Fig.5.4. Schema de măsurare dimensională a probelor [56].

Deoarece abaterile de la forma circulară sau conicitatea alezajului și arborelui influențează negativ gradul de fixare, respectiv calitatea îmbinării [6], [27], [33], favorizînd presarea neuniformă și apariția rizurilor, a deteriorărilor pe suprafețele de îmbinare, s-a convenit ca aceste abateri să nu depășească $5\mu\text{m}$ pe lungimea probelor, după normele admise la conicitatea și ovalitatea suprafețelor de așezare ale rulmenților [55] și la recomandarea lucrării [46].

Probele care nu au satisfăcut aceste condiții nu au fost utilizate la încercări.

La stabilirea rugozității suprafețelor, atât la alezaje cât și la arbori, s-a folosit un profilometru Roughness Meter Type 6102 (fig.5.5) și s-au făcut minimum opt măsurări pentru fiecare probă, folosindu-se ca valoare reală media aritmetică a măsurărilor

Pentru verificare și o apreciere a rugozității într-o secțiune, prin imagini, s-a folosit un microscop dublu (fig.5.6), care a permis obținerea înălțimii medii a rugozităților suprafețelor prelucrate (fig.5.7).

Pentru studiul parametrilor cercetați, la experimentări, s-au folosit un număr corespunzător de probe pentru fiecare punct, ținându-se seama de asigurarea condițiilor de stabilire a unui domeniu de dispersie restrâns al rezultatelor. Numărul de încercări a fost de minimum trei, recurgându-se la repetarea măsurării în cazurile în care s-au semnalat unele abateri accidentale.

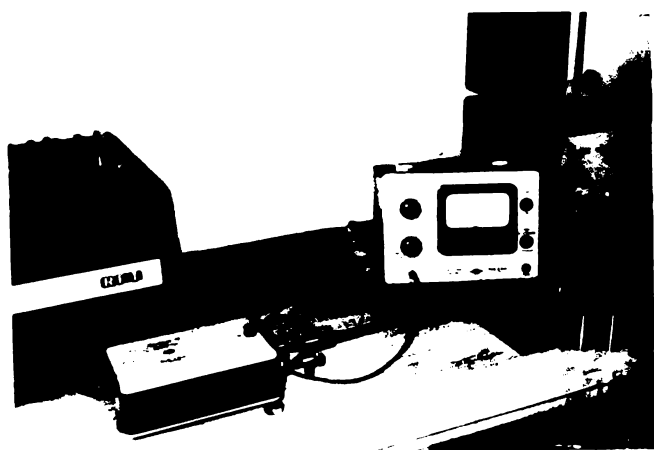


Fig.5.5. Profilometrul folosit la măsurarea rugozității (R_a) suprafețelor prelucrate.

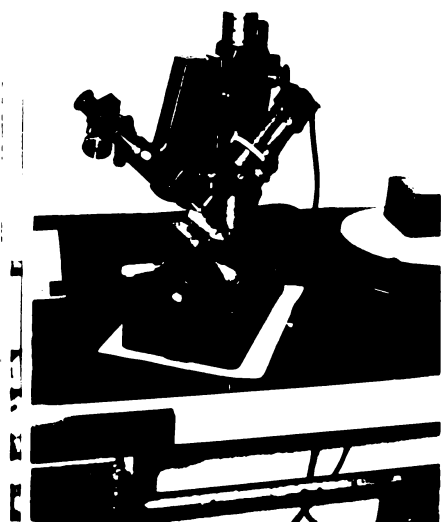
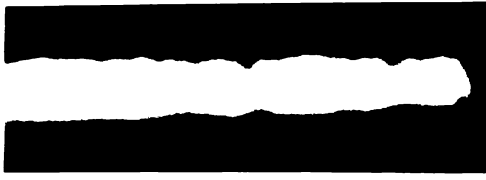


Fig.5.6. Microscopul dublu folosit la aprecierea rugozității (R_z) într-o secțiune a suprafețelor prelucrate.



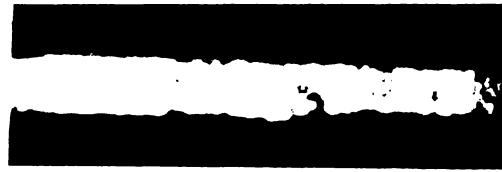
Suprafață obținută prin rectificare $R_z = 2,08 \mu\text{m}$.
($R_a = 0,5 \mu\text{m}$).



Suprafață obținută prin rectificare $R_z = 2,24 \mu\text{m}$.
($R_a = 0,65 \mu\text{m}$).



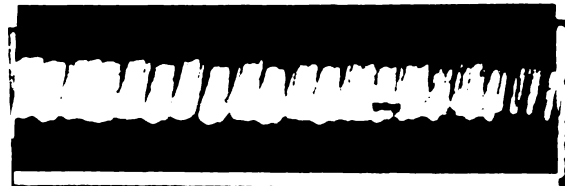
Suprafață obținută prin rectificare $R_z = 5,44 \mu\text{m}$.
($R_a = 1,4 \mu\text{m}$).



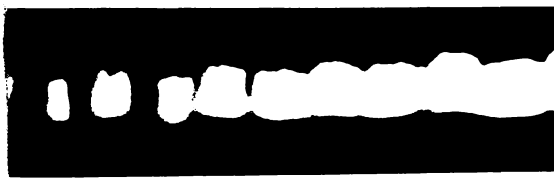
Suprafață obținută prin rectificare $R_z = 3,88 \mu\text{m}$.
 $R_a = 1,00 \mu\text{m}$.



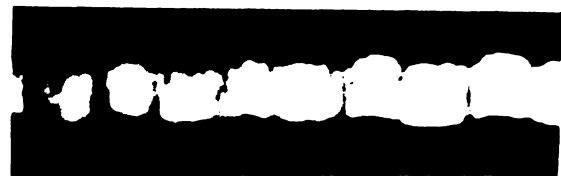
Suprafață obținută prin strunjire $R_z = 7,86 \mu\text{m}$.
($R_a = 1,9 \mu\text{m}$)



Suprafață obținută prin strunjire $R_z = 8,19 \mu\text{m}$.
($R_a = 2,1 \mu\text{m}$)



Suprafață obținută prin strunjire $R_z = 11 \mu\text{m}$.
($R_a = 2,8 \mu\text{m}$)



Suprafață obținută prin strunjire $R_z = 11,6 \mu\text{m}$.
($R_a = 3,9 \mu\text{m}$)

Fig.5.7. Micrografiile profilelor rugozității R_z obținute prin prelucrare de strunjire și rectificare.

5.4. Instalația și metodică de lucru

Urmărirea influenței unor parametri tehnologici, precum și stabilirea unor condiții de montaj, în cazul ajustajelor cu strângere, a putut fi realizată prin metoda presării și depresării longitudinale a arborilor în alezaje, metodă evidențiată și în lucrările [3], [4], [27], [33], [45], [46], [65].

S-a ținut seama de indicațiile literaturii de specialitate, în care se arată că rezistența unei îmbinări cu strângere este recomandabil să se verifice după cel puțin 48 ore de la presare, timp necesar pentru realizarea în îmbinare a unor forțe de aderență corespunzătoare. Lucrările [3], [65] menționează că un timp de menținere de 2 zile a dat forțe de depresare mai mari, față de cele obținute la depresarea imediată. În schimb, la un timp de menținere de peste 2 luni nu s-a observat nici o creștere mai importantă a forțelor de depresare.

Pentru experimentări s-a folosit o mașină de încercat universală (fig.5.8) de 5 tf aflată în dotarea laboratorului catedrei de mecanică și rezistența materialelor a facultății de mecanică a I.P.Timișoara, avînd o viteză de presare constantă de 25 mm/min, precizia de măsurare $\pm 1\%$ și cu posibilități de înregistrare a încărcării pe unitate de lungime. Astfel s-a putut cunoaște forța de presare și forța de depresare pentru fiecare încercare.

Presarea arborilor în alezaje a ridicat probleme, mai ales în ceea ce privește asigurarea unei poziții corecte de pătrundere. S-a constatat apariția unor rizuri, degradări ale suprafețelor de îmbinare din cauza descentrării, a pătrunderii oblice și a deformației incorecte a arborelui (fig.5.9) și chiar a alezajului.



Fig. 5.8 Instalația de lucru

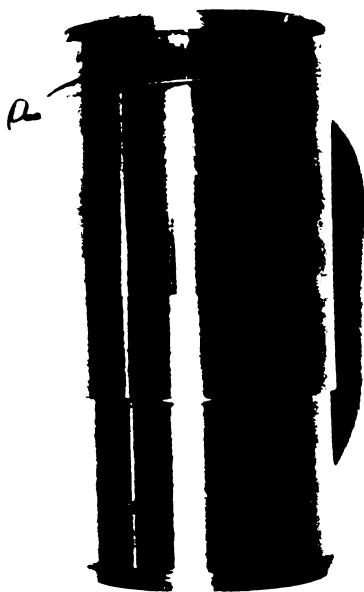


Fig.5.9. Arbore presat descen-
trat. a - partea deteriorată

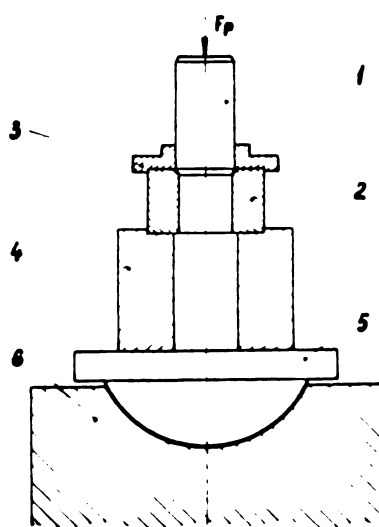


Fig.5.10 Schema presării
1- arbore; 2- alezaj;
3 - bucgă de ghidare;
4 - bucgă de sprijin;
5 - calotă sferică de
centrare; 6- batiul mașinii

Din această cauză a fost necesar introducerea și utilizarea la presare a unor dispozitive suplimentare (fig.5.10), dintre care cea mai importantă este buca de ghidare (3), avînd înălțimea de $1/3$ din lungimea arborelui și o construcție care să permită centrarea arborelui în alezaj. Bucă de ghidare, are dimensiunea găurii în așa fel aleasă încît formează cu arborele un ajustaj cu alunecare. Astfel se asigură ca forța cu presare să acționeze pe axul pieselor ce urmează să fie îmbinate.

Cu ajutorul unui dorn s-a procedat la depresarea pieselor.

În studiul privind comportarea ajustajelor încercate s-a urmărit influența parametrilor : material, procedeu de prelucrare, rugozitatea suprafeței de îmbinare, strîngere și diametrul exterior al alezajelor. De asemenea, s-a urmărit influența acestor parametrii asupra ajustajelor, în cazul unor presări și depresări repetate.

CAPITOLUL 6

INFLUENȚA MATERIALULUI, A PROCEDEULUI DE PRELUCRARE ȘI A CONDIȚIILOR DE MONTAJ ASUPRA ÎMBINĂRILOR CU STRÎNGERE STUDIATE

Ajustajele cu strîngere transmit forțe prin frecarea ce se realizează între suprafețele de îmbinare. Din cauza diferențelor de dimensiuni existente între arbore și alezaj, apar tensiuni radiale în îmbinare, care în suprafețele de contact ale celor două piese produc presiuni. La rîndul lor presiunile, produc aderențe între suprafețe care se opun deplasării axiale și răsucirii.

În ciuda numeroaselor aplicații ale acestui tip de ajustaj, în baza datelor din literatură cunoscute, nu se pot elabora relații complete din calcul al îmbinărilor cu strîngere, datorită numărului mare de factori de influență care intervin și care nu pot fi controlați. La fel, nu se precizează faptul dacă se pot admite numai deformări elastice sau este bine să existe și deformări plastice. Astfel, în domeniul mecanicii fine [65], sînt utilizate cu rezultate bune, îmbinări, care prezintă numai deformări plastice.

În ceea ce privește îmbinările cu strîngere care prezintă și deformări plastice, acestea pot fi considerate "nedemontabile", deoarece după o demontare sînt inutilizabile din cauza degradărilor de pe suprafețele de contact.

Pentru domeniul deformațiilor elastice, deosebit de important este stabilirea parametrilor principali ai îmbinării, în special mărimea strîngerii, respectiv presiunea în îmbinare. Desigur, presiunea este criteriul cel mai important pentru identificarea

unei îmbinări cu strângere, dar a cărei mărime se modifică mult prin schimbarea calității suprafețelor în contact, fapt pentru care este greu de a se stabili chiar și experimental.

În lucrare nu ne-am propus a studia aspectele legate de presiune sau influența ce o exercită asupra ajustajelor considerate. Se menționează, așa după cum este cunoscut, că presiunea poate fi stabilită experimental prin metoda "Sachs", cu ajutorul tensometriei, metodă descrisă și folosită de Peiter în lucrările [46], [47]. Folosirea metodei "Sachs" pentru controlul unei execuții în serie, nu este eficientă și în acest caz se recomandă asigurarea unor prelucrări mecanice de mari precizii a pieselor și a unui riguros control dimensional, stabilindu-se astfel valoarea exactă a strângerii măsurate, iar cu ajutorul ecuațiilor din teoria elasticității se poate cunoaște valoarea presiunii.

La stabilirea forțelor de presare sau de depresare, respectiv a forțelor ce pot fi transmise de îmbinările cu strângere, calitatea și rugozitatea suprafețelor de îmbinare are o deosebită importanță, întrucât influențează în mare măsură coeficientul de frecare. Modul cum se manifestă, sau efectele concrete ale calității suprafețelor rămâne o problemă deschisă, care trebuie să fie stabilită în mod particular de la caz la caz, pe baza unor studii experimentale detaliate.

Materialele din care se execută piesele componente ale ajustajului au importanță asupra calității îmbinării, deoarece asupra proprietăților inițiale ale metalelor pot interveni modificări, dintre care cea mai importantă este ecrușarea în zona deformată, care duce la o diferențiere a rezistenței, cu efecte chiar negative, cum ar fi zgîrieturi, gripaj, etc.

În relațiile de calcul ale ajustajelor cu strângere, materialul este reprezentat prin modulul de elasticitate și alungirea transversală, dar la unele materiale se mai observă anumite particularități neaccesibile calculului, provocate de diferențele de duritate sau efecte de alunecare, de ungere, datorită grafitului la fonte sau a staniului la bronzuri. Aceste particularități pot fi urmărite și cunoscute numai experimental, rezultatele obținute sînt valabile pentru cazul studiat, iar pentru materiale similare nu pot fi folosite decît ca valori informative.

În partea I-a lucrării s-a arătat că în cazul unor ajustaje cu strângere lucrînd în domeniul elastic, calculele matematice converg în mare măsură cu cele experimentale. Pot apărea însă situații cînd rezultatele experimentale se abat de la cele calculate teoretic datorită unor factori tehnologici a căror influență nu se poate cuprinde în calcul. Astfel, în cursul procesului de netezire prin deformare plastică cînd apare și fenomenul de ecrusare (vezi partea II-a), în afară de durificare superficială se creiază în material și tensiuni remanente [17], [26], [49], care conduc la comportări diferite decît aceiași arbori neteziți prin rectificare. De asemenea metodele de presare și de depresare, precum și numărul lor pot conduce la modificări ale stării de tensiune, respectiv la calitatea îmbinării.

6.1. Influența strîngerii asupra forței de presare și de depresare, în condițiile modificării parametrilor tehnologici.

Literatura de specialitate [6], [38], [39], [45], [55], și cercetările experimentale [27], [33], [46], [47], [65], apreciază că, calitatea unei îmbinări cu strângere este influențat de foarte mulți factori, dintre care cei mai importanți sînt mărimea strîngerii

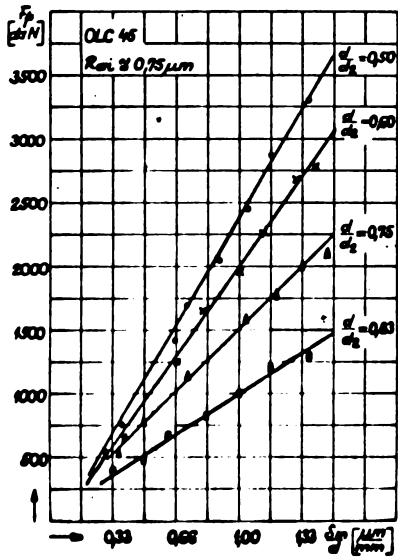
calitatea materialului, grosimea pereților alezajului, lungimea suprafeței de îmbinare, rugozitatea suprafețelor etc.

În cazul unei îmbinări cu strângere, dacă se cere realizarea unui anumit grad de fixare, acest lucru se poate obține cu eficiență maximă acționând asupra mărimii strîngerii, fie utilizînd materiale cu caracteristici și proprietăți diferite sau variînd raportul diametrelor ajustajului. Totuși, din punct de vedere al ponderei de influență, mărimea strîngerii, ca și caracteristică principală a îmbinării este factorul cel mai hotărîtor. În domeniul mecanicii fine, Kienzle [33] arată că din cauza strîngerilor mari, este suficient să se cunoască numai strîngerea, pentru a se realiza calitatea îmbinării cerută.

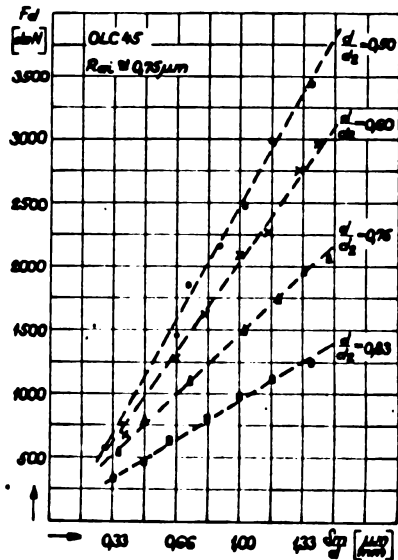
În lucrare se prezintă rezultatele cercetărilor experimentale, în legătură cu influența strîngerii asupra îmbinărilor, la diferite materiale standardizate, grosimi ale pereților alezajelor și mărimi ale rugozității suprafețelor în contact.

În cercetările efectuate privind variația forțelor de presare (F_p) și de depresare (F_d) în funcție de strîngerea medie relativă măsurată, $(\frac{S_m}{d})$, exprimată în $\frac{\mu m}{mm}$ la patru valori ale raportului $\frac{d}{d_2}$ (0,5; 0,6; 0,75; 0,83) și la trei mărimi ale rugozității suprafețelor ($R_{ai} = 0,75; 1,5; 3,0 \text{ m}$), în cazul unor ajustaje OLC 45, a rezultat influența mare pe care o exercită strîngerea asupra calității îmbinărilor. Alte aspecte sînt în concordanță cu rezultatele experimentale obținute de Werth [65] la încercările efectuate pentru ajustajele cu strîngere avînd diametrul de îmbinare de 18 mm, lucrînd în domeniul deformațiilor elastice.

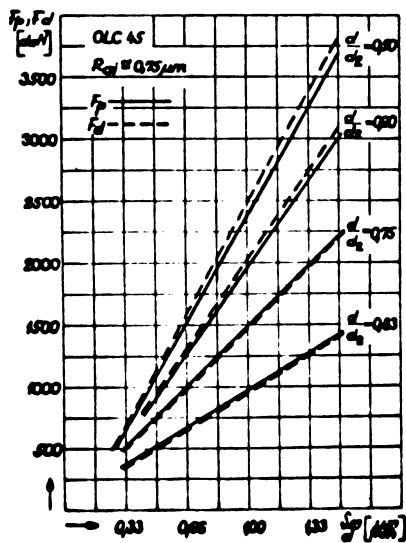
Urmărind diagramele din figurile 6.1, 6.2 și 6.3, în care sînt reprezentate variația forțelor de presare și de depresare în funcție de strîngerea medie relativă măsurată, se constată în toate



a

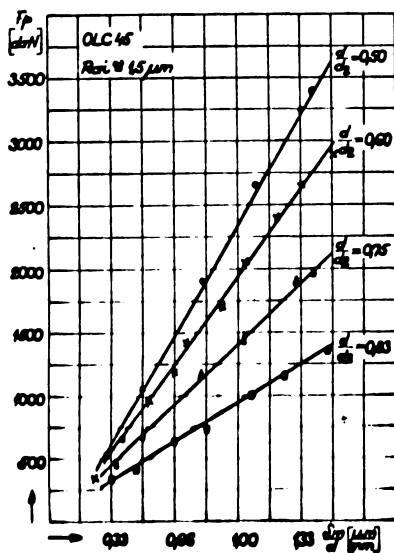


b

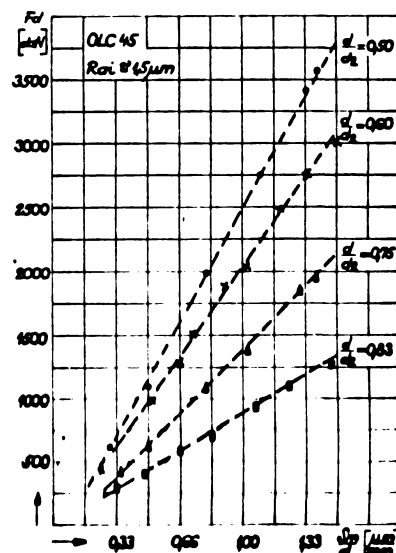


c

Fig.6.1. Diagramele de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de strângerea $\frac{S_m}{d}$, pentru OLC 45, avînd rugozitatea $R_{ai} = 0,75 \mu\text{m}$.



a

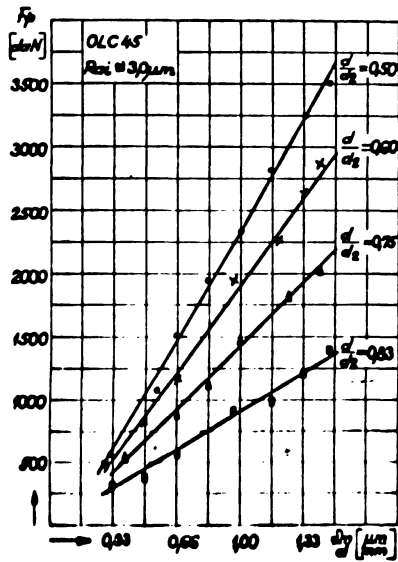


b

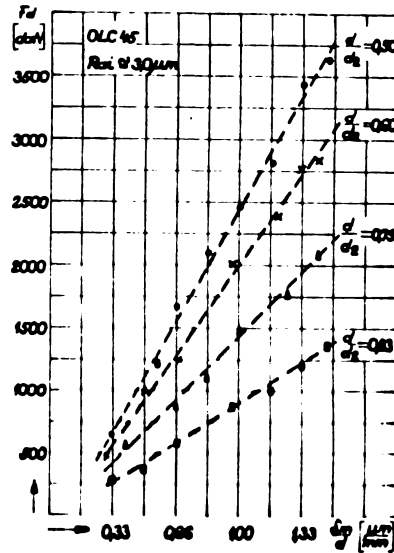
Fig.6.2. Diagramele de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de strîngerea $\frac{S_m}{d}$, pentru OLC 45, avînd rugozitatea $Ra_1=1,5\mu m$.

cazurile o caracteristică comună și anume că forțele de presare și cele de depresare cresc liniar odată cu creșterea strîngerii și că curbele au tendință de trecere prin originea axelor de coordonate. Această situație apare datorită faptului că ajustajele lucrînd în domeniul deformațiilor elastice, prin mărirea raportului dimensiunilor de contact, adică odată cu creșterea strîngerii, apare normal o tensiune crescîndă care determină în mod corespunzător o creștere a forțelor de presare și de depresare.

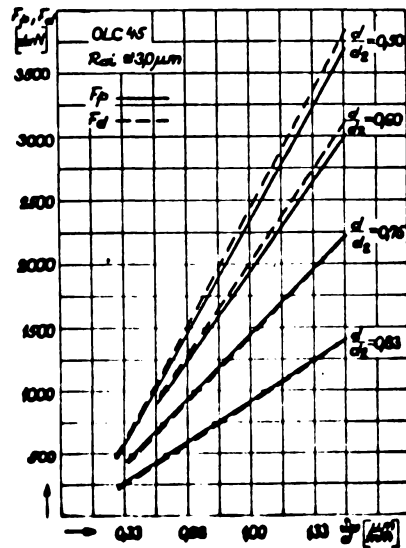
Diagramele de variație ale forțelor de presare și de depresare în funcție de strîngerea medie relativă măsurată, arată că la o anumită strîngere ($\frac{S_m}{d}$), prin modificarea raportului $\frac{d}{d_2}$, se obțin diferite valori ale forțelor de presare și de depresare. Valorile cele mai mari ale forțelor se obțin la ajustajele cu grosimi mai mari ale pereților alezajelor, adică $\frac{d}{d_2} = 0,50$, față de ajustajele cu grosimi mai mici ale pereților alezajelor,



a



b



c

INSTITUTUL POLITEHNIC
TIMIȘOARA
BIBLIOTECA CENTRALĂ

Fig. 6.3. Diagramele de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de strângerea $\frac{S_m}{d}$, pentru OLC 45, avînd rugozitatea $R_{ai} = 3,0 \mu m$.

adică $\frac{d}{d_2} = 0,83$. Explicația este că prin creșterea diametrului exterior al alezajului (d_2), acesta devine mai rigid avînd o deformabilitate tot mai mică, iar forțele necesare presării și depresării vor fi mai mari.

Analizînd aceleași diagrame, se constată că prin creșterea mărimii strîngerii, curbele, la cele patru valori ale raportului $\frac{d}{d_2}$ variază liniar-divergent, adică panta celor patru curbe este diferită. Valorile cele mai mari ale forțelor de presare și de depresare la creșterea strîngerii $\frac{S_m}{d}$ se obțin, așa cum s-a mai menționat, la ajustajele cu grosimi mari ale pereților alezajelor. Deoarece însă, curbele sînt convergente către originea axelor de coordonate, rezultă firesc că, la mărimi relativ mici ale strîngerii $\frac{S_m}{d}$, valorile forțelor tind să se egaleze indiferent de valoarea raportului $\frac{d}{d_2}$. În același sens, se poate remarca că, diferențele în creșterea forțelor devin substanțiale numai de la strîngeri $\frac{S_m}{d} = 0,33$ în sus. Această situație apare datorită faptului că sub anumite valori ale strîngerii, influența parametrilor însoțitori ai fenomenului de presare ca: raportul $\frac{d}{d_2}$, rugozitatea suprafețelor etc. nu se mai face simțită decît în foarte mică măsură sau deloc, deoarece cele două dimensiuni ale pieselor perechi -arbore și alezaj - tind să se egalizeze și nu mai apare "elementul presare".

În figurile 6.1.c și 6.3.c, sînt reprezentate curbele de variație ale forțelor de presare și de depresare în funcție de strîngerea medie relativă măsurată, pentru cele patru valori ale raportului $\frac{d}{d_2}$ studiat, avînd diferite mărimi de rugozitate ale suprafețelor de îmbinare.

În generale, la aceleași mărimi ale strîngerii $\frac{S_m}{d}$, se observă o superioritate valorică a forțelor, la ajustajele cu

rugozitatea suprafețelor de îmbinare de $0,75 \mu\text{m}$ față de cele cu rugozitatea de $3,0 \mu\text{m}$. Se mai remarcă că, la rapoarte $\frac{d}{d_2}$ mici, adică 0,50, la aceeași strângere, forțele de depresare au valori mai mari decât forțele de presare, iar la rapoarte $\frac{d}{d_2}$ mari, adică 0,83, forțele de depresare sînt relativ egale cu forțele de presare. Explicații în acest sens vor fi date în interpretările privind influența rugozității suprafețelor de îmbinare asupra forțelor de presare și de depresare (vezi 6.2.).

În studiul efectuat privind influența strîngerii medii relative măsurate asupra forțelor de presare și de depresare, s-au urmărit în aceleași condiții ajustaje din OLC 45, la care arborii au avut ca prelucrare netezirea prin deformare plastică.

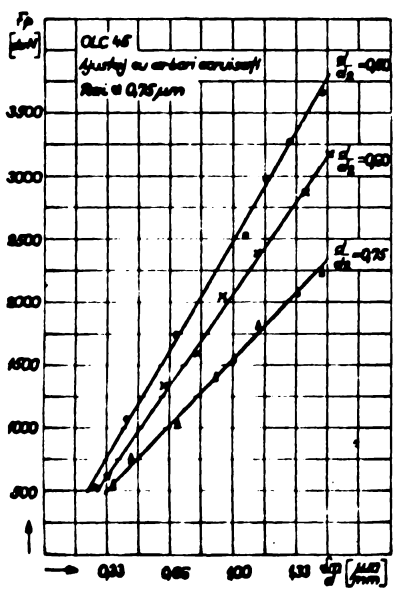
Ca și în cazul precedent, cel al ajustajelor din OLC 45 avînd arbori neteziți prin rectificare, curbele de variație a forțelor în funcție de strîngere (fig.6.4), sub aspect calitativ sînt asemănătoare, adică variație liniară, crescătoare odată cu mărirea strîngerii și cu direcția spre originea axelor de coordonate. De asemenea, ajustajele studiate, avînd raportul dimensiunilor $\frac{d}{d_2} = 0,50; 0,60$ și $0,75$, reprezentate în diagrame, au o desfășurare divergentă, cu panta mai mare la rapoarte $\frac{d}{d_2}$ mici, respectiv panta mai mică la rapoarte $\frac{d}{d_2}$ mari. Considerentele care determină această situație fiind aceleași, ele au fost arătate în cazul ajustajelor avînd arborii neteziți prin rectificare.

Din studiile experimentale efectuate asupra ajustajelor cu strîngere avînd arborii neteziți prin deformare plastică, s-a observat însă că pentru rugozitatea de $R_{ai} = 0,75 \mu\text{m}$ a suprafețelor de îmbinare, forțele de presare se situează la valorile forțelor de depresare, indiferent de valoarea raportului $\frac{d}{d_2}$ (fig.6.4.c).

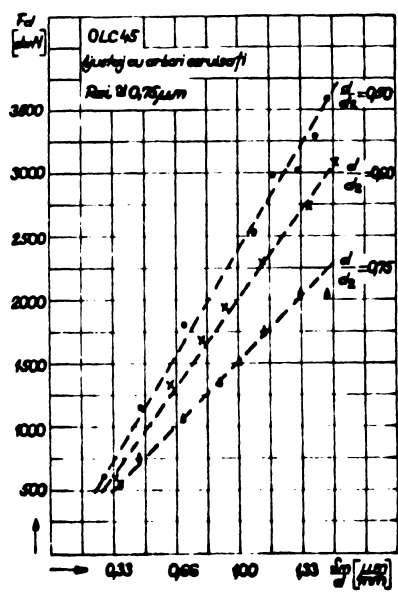
Se poate admite și pe baza cercetărilor efectuate de Kraghelski [31], că aici, intervin probleme în legătură cu forma rugozității, care la netezirea prin deformare plastică apare cu micronegularitățile mult atenuate. La îmbinare, lipsa vîrfurilor asperităților și a profilului dantelat (zdrențuit), nu dă posibilitate unei interpătrunderi reciproce, a unei coeziuni mecanice suficiente între suprafețe care să faciliteze dezvoltarea fenomenului de aderență și astfel, la depresare forța nu depășește valoric pe cea de la presare.

Comparînd ajustajele cu strîngere avînd arborii rectificați, față de ajustajele cu strîngere avînd arborii neteziți prin deformare plastică, în privința influenței strîngerii medii relative măsurate asupra forțelor de presare și de depresare, la două valori ale raportului $\frac{d}{d_2}$ (0,50 și 0,75) și la aceeași mărime a rugozității ($R_{ai} = 0,75 \mu\text{m}$) se constată următoarele:

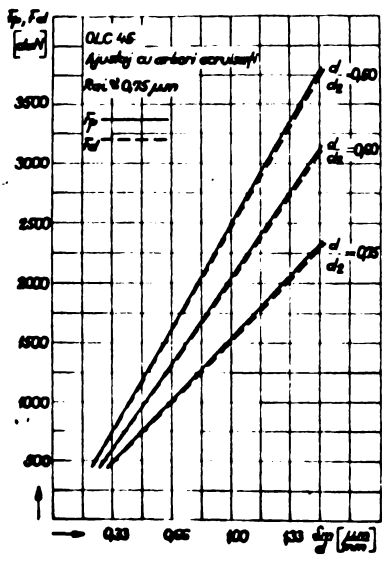
În cazurile studiate, la aceeași valoare a raportului $\frac{d}{d_2}$ și la aceeași mărime a strîngerii, ajustajele avînd arborii neteziți prin deformare plastică realizează forțe de presare și de depresare mai mari decît ajustajele avînd arborii neteziți prin rectificare (fig.6.5). Această situație se poate pune pe seama faptului, potrivit căruia suprafața arborilor neteziți prin deformare plastică (ecruisați), avînd duritate mai mare, cedează mai puțin din cauza deformabilității lor reduse, realizînd astfel un raport al dimensiunilor de contact $\frac{d}{d_2}$ mai mare, față de arborii neteziți prin rectificare care se deformează în măsură mai mare. Se mai poate presupune că influențează în această direcție și neregularitățile, respectiv abaterile de formă etc, mai accentuate la arborii neteziți prin deformare plastică decît la cei neteziți prin rectificare, ca urmare a preciziei de prelucrare prin deformare plastică, inferioare [17], [26], în comparație cu prelucrarea prin



a



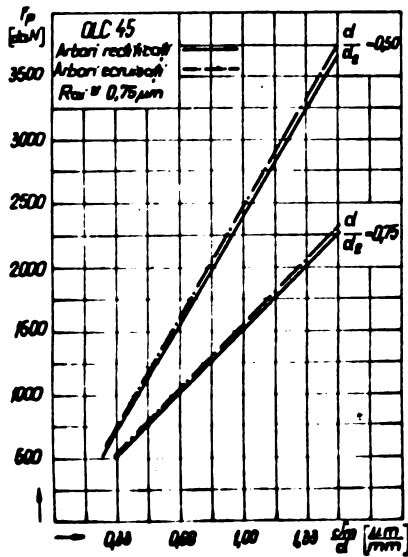
b



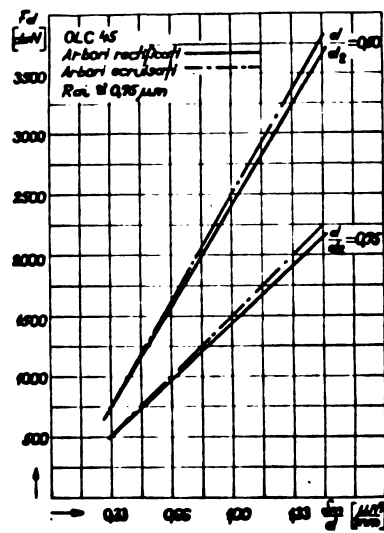
c

INSTITUTUL POLITEHNIC
TIMIȘOARA
BIBLIOTECA CENTRALĂ

Fig.6.4. Diagramele de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de strângerea $\frac{S_m}{d}$, pentru ajustaje din OLC 45 avînd arborii neteziți prin deformare plastică cu rugozitatea $Ra_1 = 0,75 \mu m$.



a

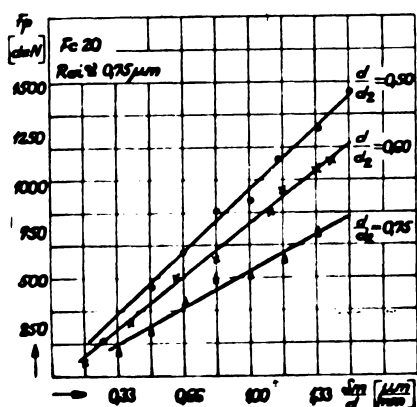


b

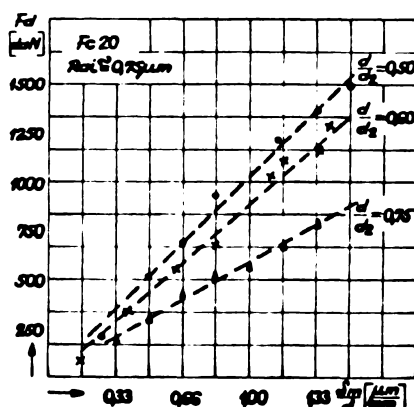
Fig.6.5. Diagramele de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de strîngerea $\frac{S_m}{d}$, pentru ajustaje cu arborii neteziți prin deformare plastică și ajustaje cu arborii neteziți prin rectificare.

La îmbinările cu strîngere, la care alezajele sînt confecționate din fontă Fc 20 și din bronz Bz 14, variația forțelor de presare și de depresare în funcție de strîngerea $\frac{S_m}{d}$ (fig.6.6; 6.7; 6.8; 6.9 și 6.10) prezintă aceleași caracteristici și permit aceleași interpretări ca și îmbinările cu strîngere din OLC 45 analizate anterior.

Ca și în cazul precedent, variația curbelor este liniară cu tendință de trecere prin originea axelor de coordonate. Prin mărirea strîngerii ($\frac{S_m}{d}$), aproape în aceeași proporție cresc și forțele F_p și F_d , într-o dispunere divergentă, avînd valorile mai mari la ajustajele cu raportul de dimensiuni $\frac{d}{d_2}$ mic (0,50) și valorile mai mici, la ajustajele cu raportul de dimensiuni $\frac{d}{d_2}$ mare (0,75).

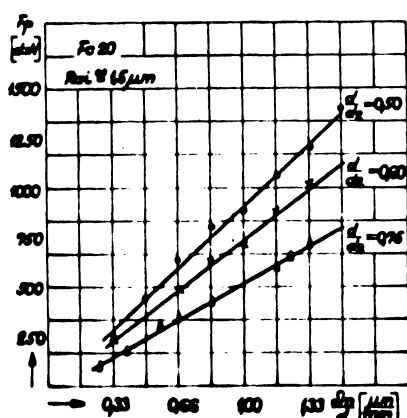


a

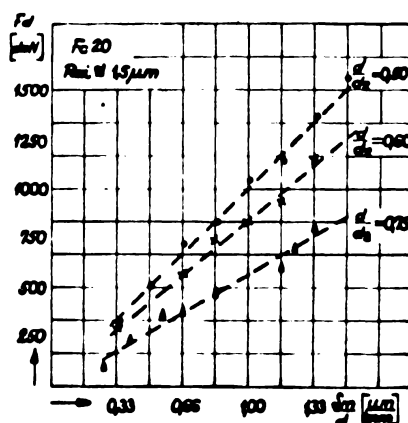


b

Fig. 6.6. Diagramele de variație ale forțelor F_p și F_d în funcție de strîngere $\frac{S_m}{d}$, pentru ajustajele avînd alezajele din Fc 20 prelucrați la o rugozitate $R_{ai} = 0,75 \mu m$.

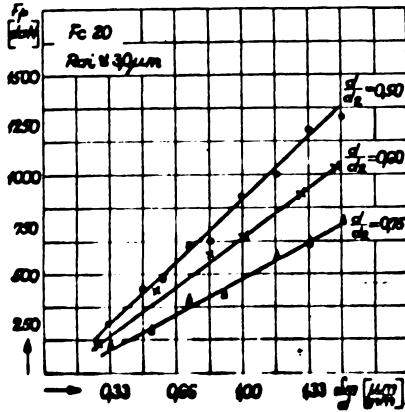


a

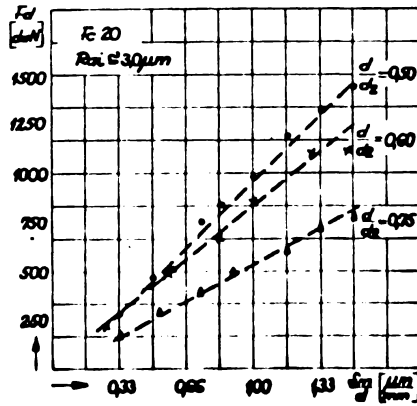


b

Fig.6.7. Diagramele de variație ale forțelor F_p și F_d în funcție de strîngerea $\frac{S_m}{d}$, pentru ajustajele avînd alezajele din Fc20 prelucrați la o rugozitate $R_{ai} = 1,5 \mu m$.

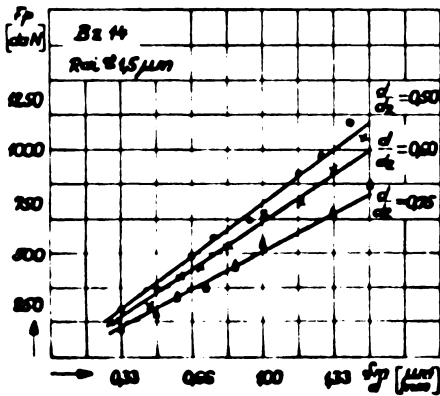


a

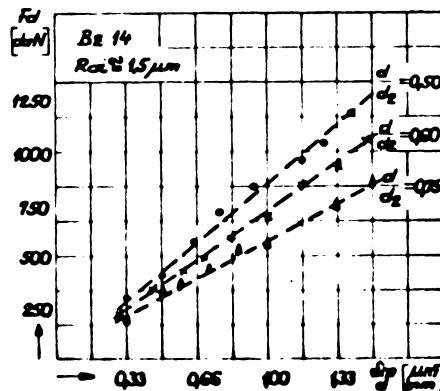


b

Fig.6.8. Diagramele de variație ale forțelor F_p și F_d în funcție de strîngerea $\frac{Sm}{d}$, pentru ajustajelo avînd alezajele din Fe 20 prelucrați la o rugozitate $Ra_1 = 3,0 \mu m$.



a



b

Fig. 6.9. Diagramele de variație ale forțelor F_p și F_d în funcție de strîngerea $\frac{Sm}{d}$, pentru ajustajele avînd alezajele din Bz 14 prelucrați la o rugozitate $Ra_1 = 1,5 \mu m$.

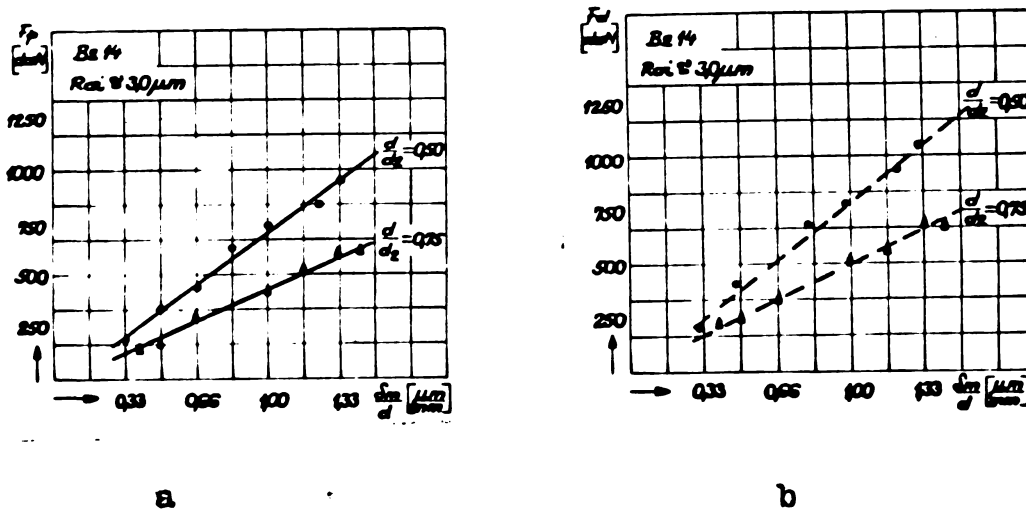
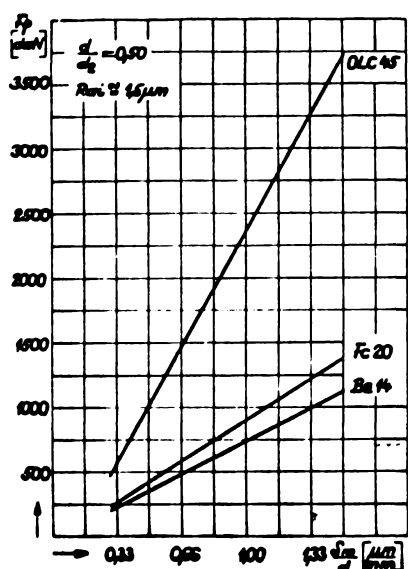


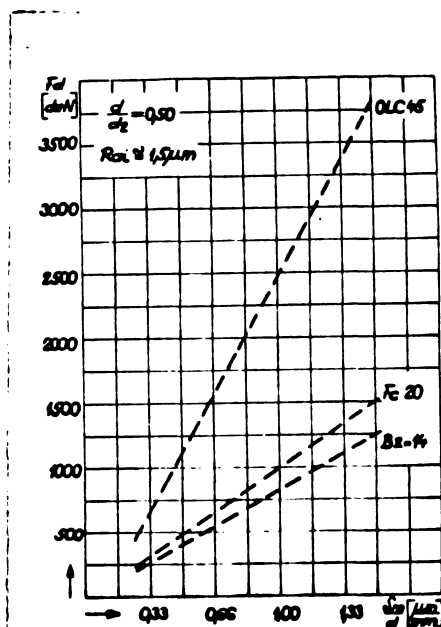
Fig.6.10. Diagramele de variație ale forțelor F_p și F_d în funcție de strîngerea $\frac{S_m}{d}$, pentru ajustajele avînd alezajele din Bz 14 prelucrați la o rugozitate $R_{ai} = 3,0 \mu m$.

La o apreciere sub raport cantitativ, îmbinările cu strîngere avînd alezajele din fontă sau bronz, se obțin întotdeauna valori mai mici ale forțelor de presare și de depresare, decît la îmbinările cu strîngere din oțel, pentru aceeași valoare a strîngerii, ca urmare a proprietăților și caracteristicilor diferențiale ale materialelor. În figurile 6.11 și 6.12, în care sînt reprezentate curbele de variație ale forțelor de presare și de depresare în funcție de strîngerea medie relativă măsurată, pentru ajustajele avînd alezajele din OLC 45, Pc 20 și Bz 14, la aceeași mărime a rugozității suprafețelor de îmbinare și rapoartele de dimensiuni $\frac{d}{d_2} = 0,50$ și $\frac{d}{d_2} = 0,75$, se observă următoarele :

La rapoartele de dimensiuni $\frac{d}{d_2} = 0,50$, la aceeași mărime a strîngerii ($\frac{S_m}{d}$), valorile absolute ale forțelor de presare (fig.6.11.a) și ale forțelor de depresare (fig.6.11.b) prezintă diferențe apreciabile. Astfel, apar diferențe de valori substanțiale în favoarea ajustajelor cu alezajele din OLC 45, față de



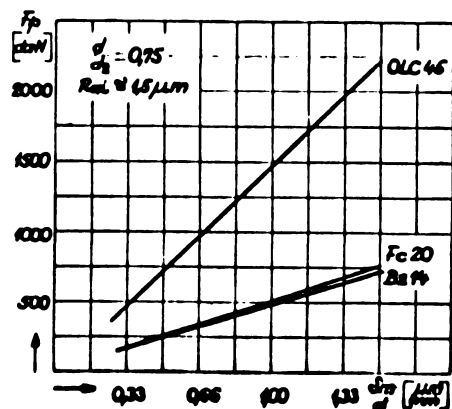
a



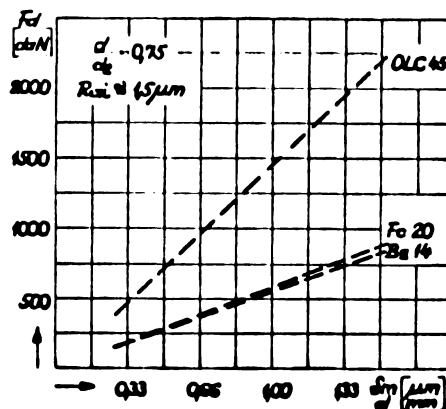
b

Fig.6.11. Diagramele comparative, de variație ale forțelor

F_p și F_d în funcție de strângerea $\frac{S_m}{d}$ pentru ajustajele avînd alezajele din OLC 45, Fc 20 și Bz 14, cu raportul diametrelor $\frac{d}{d_2} = 0,50$



a



b

Fig.6.12. Diagramele comparative, de variație ale forțelor

F_p și F_d în funcție de strîngerea $\frac{S_m}{d}$ pentru ajustajele avînd alezajele din OLC 45, Fc 20 și Bz 14, cu raportul diametrelor $\frac{d}{d_2} = 0,75$.

ajustajele din Fc 20. Diferențe de valori ale forțelor, la ajustajele cu alezajele din Fc 20 față de ajustajele cu alezajele din Bz 14 sînt mici.

La rapoartele de dimensiuni $\frac{d}{d_2} = 0,75$ (fig.6.12), diferențele de valori dintre forțele de presare și de depresare sînt mai reduse, mai ales la ajustajele cu alezajele din Fc 20, față de ajustajele cu alezajele din Bz 14, unde diferențele sînt numai ușor sesizabile.

În toate cazurile studiate, se remarcă, că prin creșterea strîngerii $\frac{S_m}{d}$, diferențele se măresc, iar la valorile mici ale strîngerii $\frac{S_m}{d}$, diferențele tind să se anuleze indiferent de materialul din care sînt confecționate ajustajele.

Această deosebire în comportare a ajustajelor cu strîngere se datorește, așa cum s-a mai menționat, proprietăților mecanice diferite ale materialelor studiate, care avantajează din acest punct de vedere ajustajele din OLC 45, ca urmare a durității, a modului de elasticitate etc. superior față de ajustajele avînd alezajele din Fc 20 sau Bz 14.

În urma analizei rezultatelor experimentale privind dependența forței de presare (F_p) de strîngerea relativă ($\frac{S_m}{d}$), raportul diametrelor ($\frac{d}{d_2}$) și materialul folosit la aceste ajustaje, se remarcă următoarele:

- Forța de presare variază liniar cu mărimea strîngerii, în toate situațiile studiate. Din punct de vedere teoretic rezultă pentru o strîngere $\frac{S_m}{d} = 0$ și o forță necesară presării $F_p = 0$.

Curbele experimentale însă, arată că nu întotdeauna la strîngere măsurată relativă nulă forța de presare este zero. Aceasta se datorește erorilor de măsurare, erorilor de formă atît

În secțiunea orizontală cât și în secțiunea transversală a suprafețelor conjugate, variației rugozității suprafeței în jurul valorii medii considerate, neomogenității materialului probelor și a stării stratului superficial, a erorilor la determinarea experimentală a forței de presare etc.

- Forța de presare variază exponențial în funcție de raportul $\frac{d}{d_2}$ (fig.6.13) pentru toate strîngerile și materialele folosite. Si în acest caz, considerînd situația limită, cînd diametrul de îmbinare (d) este egal cu diametrul exterior al alezajului (d_2), adică grosimea peretelui alezajului este zero ($\frac{d}{d_2}=1$), forța de presare, evident, trebuie să fie zero.

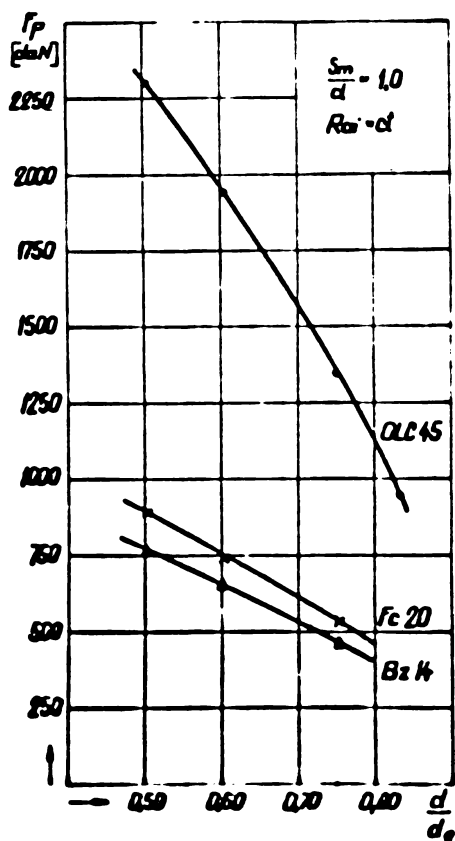


Fig. 6.13. Diagrama de variație a forței F_p în funcție de raportul diametrelor $\frac{d}{d_2}$ pentru ajustajele cu strîngere studiate

- Referindu-ne la dependența forței de presare de natura materialului folosit (modulul de elasticitate) se constată tot o variație exponențială (fig.6.14) pentru toate rapoartele $\frac{d}{d_2}$ și mărimi ale strîngerii medii relative. La limită, cînd modulul de elasticitate (E) al materialului este zero și forța de presare va avea valoarea zero.

Plecînd de la aceste constatări și cunoscînd alura cubelor experimentale, s-a putut trece la modelarea matematică a dependenței forței de presare de parametrii cercetați : strîngerea măsurată medie relativă, raportul diametrelor $\frac{d}{d_2}$ și materialul probelor.

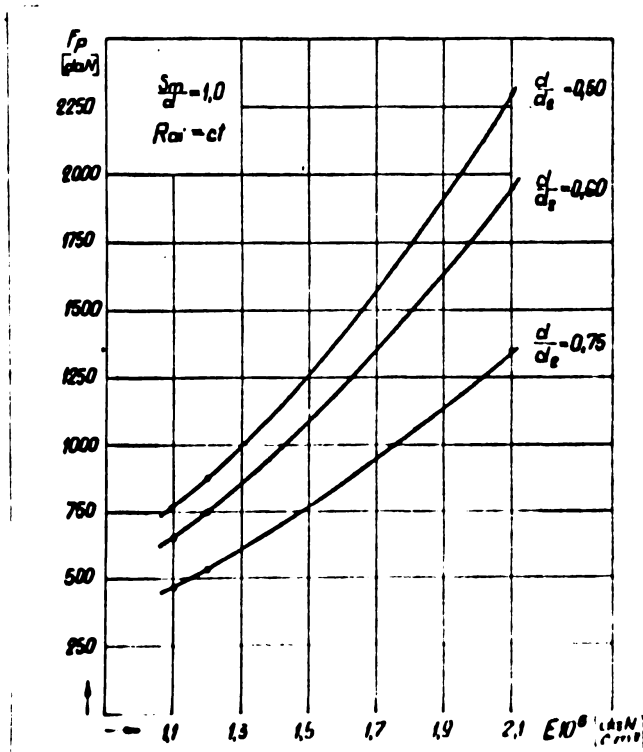


Fig.6.14. Diagrama de variație a forței F_p în funcție de modulul de elasticitate E al materialelor.

Antofol, dependența forței de presare față de strîngerea medie relativă poate fi exprimată printr-o expresie de formă:

$$F_p = K_s \cdot \frac{S_m}{d} \quad [\text{da N}] \quad (6.1)$$

Expresia matematică a dependenței forței de presare de raportul diametrelor $\frac{d}{d_2}$ este :

$$F_p = K_d \left[1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right] \quad [\text{da N}] \quad (6.2)$$

Influența materialului ajustajului asupra forței de presare poate fi evidențiată printr-o expresie de forma :

$$F_p = K_E \cdot E^{1,7} \quad [\text{da N}] \quad (6.3)$$

Grupînd expresiile de dependență simple, specificate mai sus, se ajunge la o relație de calcul a forței de presare, care cuprinde toate mărimile studiate

$$F_p = 5,5 \cdot 10^{-8} \cdot E^{1,7} \left[1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right] \frac{S_m}{d} \quad [\text{daN}] \quad (6.4)$$

în care, modulul de elasticitate (E) are valorile [38]:

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \left[\frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \right] \quad \text{pentru oțel}$$

$$E = 1,2 \cdot 10^6 \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{fontă}$$

$$E = 1,1 \cdot 10^6 \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{bronz}$$

În relația (6.4), atribuind valori variabilelor, în concordanță cu cele folosite în cadrul cercetărilor experimentale, se pot calcula forțele necesare pentru presare.

Cu valorile astfel calculate s-au construit curbele teoretice (linii subțiri și întrerupte), care au fost suprapuse peste cele obținute experimental, în vederea comparării lor (fig.6.15; 6.16; 6.17).

Din diagrame se constată că diferențele ce apar între curbele teoretice și cele experimentale sînt ne semnificative, ceea ce arată că relația (6.4) poate fi utilizată în toate situațiile practice, fie pentru determinarea forței necesare presării în anumite condiții date, fie impunîndu-se forța de presare, să se dimensioneze corespunzător ajustajul cu stringere.

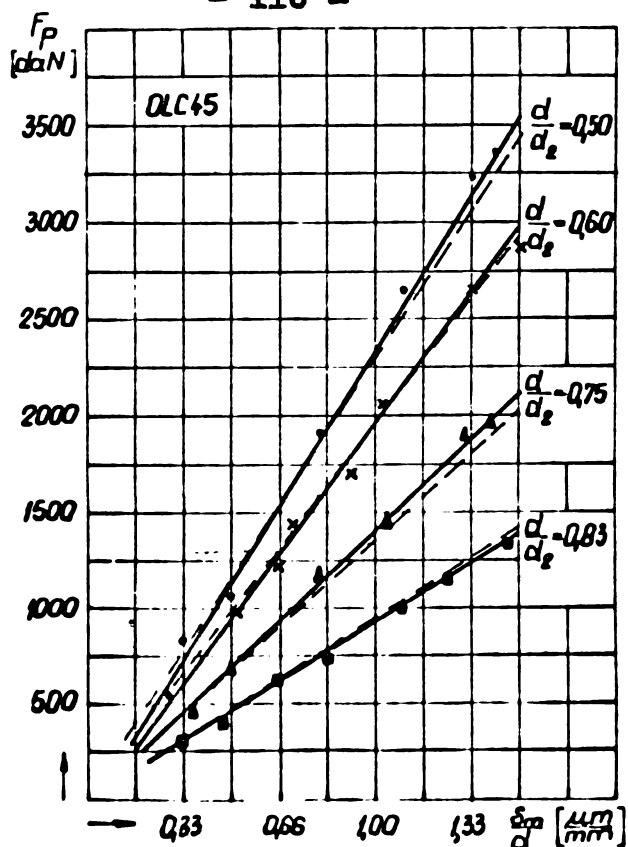


Fig.6.15. Variația curbelor teoretice față de cele experimentale, în cazul unui ajustaj cu strângere din OLC 45

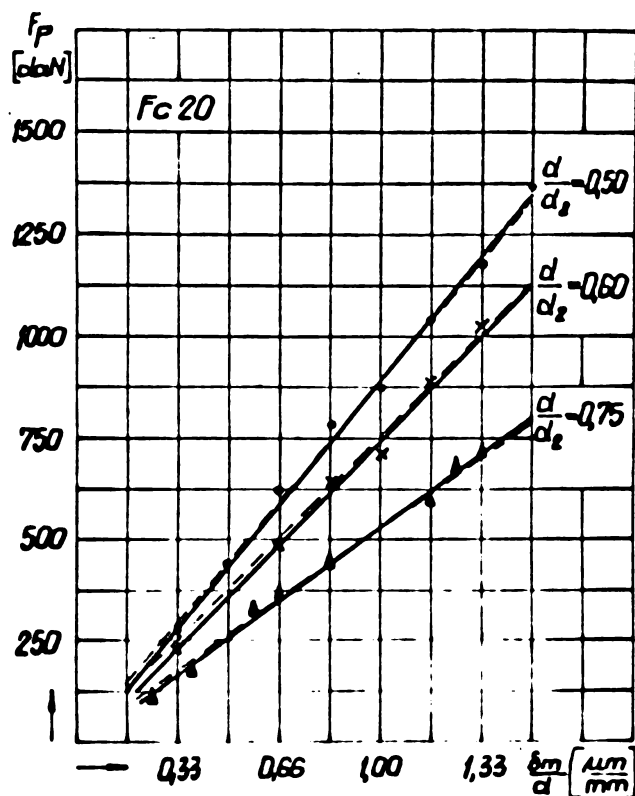


Fig. 6.16. Variația curbelor teoretice față de cele experimentale, în cazul unui ajustaj cu strângere avînd alezaj din Fc20.

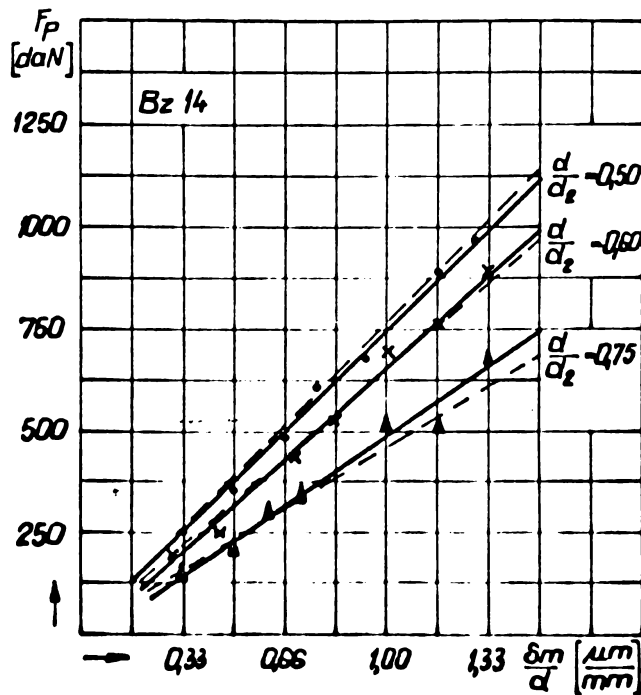


Fig.6.17. Variația curbelor teoretice față de cele experimentale, în cazul unui ajustaj cu strângere avînd alezaj din Bz14.

6.2. Influența rugozității suprafețelor de îmbinare asupra forței de presare și de depresare în cazul ajustajelor cu strângere

Rugozitatea suprafeței reprezintă una dintre caracteristicile tehnologice principale care determină rezistența la uzură, la oboseală, la coroziune etc. a pieselor în exploatare, iar în cazul îmbinărilor cu strângere are o deosebită importanță deoarece influențează în mare măsură coeficientul de frecare între arbore și alezaj, precum și caracterul ajustajului.

În privința influenței rugozității asupra comportării îmbinărilor cu strângere lipsesc date sau rezultate concrete în literatură, iar referirile care se fac de către cercetători sînt

contradictorii. Din acest motiv se consideră îndreptățite afirmațiile lui Gruss [27] și Werth [65], care arată că, în ceea ce privește influența mărimii rugozității, deoarece prescripții în acest sens nu există, problema trebuie studiată și tratată de la caz la caz.

Din aceste motive mai multe administrații de căi ferate — RFG, Belgia, Suedia, Franța etc. — s-au ocupat și se ocupă de aspectele legate de rugozitatea suprafețelor de îmbinare [3].

Problema modului de prelucrare suprafețelor de contact, în cazul îmbinărilor cu strângere, are o mare importanță asupra calității îmbinării, de aceea alegerea procedurii și prelucrarea trebuie să fie efectuată cu deosebită atenție.

Pentru a se obține diferite forme de rugozitate, mărimi de rugozitate, în scopul măririi aderenței, s-au încercat multe procedee și metode de prelucrare. La aşchiere s-au folosit cuțite cu diferiți parametri geometrici pentru unghiul de tăiere sau cuțite cu diferite raze de rotunjiri ale vârfului.

Este de reținut faptul că în privința procedurilor de prelucrare folosite la îmbinările cu strângere părerile sînt diferite, majoritatea cercetătorilor sînt însă de acord că rugozitatea are influență asupra calității acestor îmbinări. Din datele bibliografice consultate se constată că literatura este săracă în experimentări sau date concrete în acest sens, iar unele probleme teoretice, esențiale în acest domeniu sînt încă neprecizate din cauza numărului mare de parametri de influență care intervin și care sînt greu de stabilit.

Peiter [46], [47], studiind ajustajele fretate, a ajuns la concluzia că suprafețele cu asperități sînt preferate suprafețelor netede, deoarece la suprafețele cu asperități se obțin

coeficienți de frecare mai mari. Dar totodată presupune, că dacă îmbinarea cu strângere se realizează prin presare longitudinală, la suprafețele rugoase poate interveni o aplatizare a asperităților, eventual pot apărea și fisurații. Deci, apar elemente noi care pot aduce modificări esențiale în îmbinare.

În lucrarea sa [6], cu toate că nu s-a ocupat direct de problemele legate de rugozitate, arată că înălțimea rugozității în cazul unor ajustaje, cu strângere, influențează asupra calității îmbinării. Cu cât rugozitatea este mai mare, cu atât va fi mai mare - în condiții egale sub aspectul celorlalți parametrii - strivirea rugozității la presare și cu atât mai mică va fi siguranța la care ne putem aștepta de la îmbinare. În schimb, la diametre mici ale pieselor, în mecanica fină, din cauza strîngerilor mari necesare, asperitățile în zona de contact se deformează plastic, motiv pentru care influența rugozității poate fi neglijată [33].

În ceea ce privesc standardele [67] referitor la aceste îmbinări, se recomandă să se aleagă aceleași rugozități pentru cele două suprafețe de contact, indicîndu-se că la frecarea uscată există o anumită valoare a rugozității la care coeficientul de frecare este minim ; peste această valoare și sub această valoare coeficientul de frecare crește, datorită intensificării fenomenului de aderență.

Făcînd o analogie între fenomenele de frecare obișnuite și problema studiată, se pot prelua rezultatele cercetărilor și aspectele teoretice obținute de Kraghelski [31] în legătură cu rugozitatea suprafețelor. Astfel, indiferent de procedeul de prelucrare folosit - strunjire, găurire, alezare, rectificare etc - pe suprafețele de îmbinare apar asperități și ondulații care

împiedecă realizarea unui contact intim, fapt ce arată că suprafața portantă în aceste condiții reprezintă o mică parte din aria totală a suprafeței delimitate de conturul respectiv.

Considerându-se că suprafața de contact ce se realizează este formată din însumarea unor suprafețe foarte mici care se pot considera puncte, la o mărire a apăsării, respectiv a strîngerii, se produce o creștere, mai întîi a diametrului fiecărui punct de contact și în acest fel întreaga suprafață se mărește, mai ales datorită și creșterii numărului punctelor de contact.

Suprafața de contact efectivă (a ariilor punctelor mici de contact), variază în limite largi, deoarece este o funcție de forța de strîngere, de proprietățile mecanice ale materialului, de rugozitatea suprafețelor etc. Suprafața de contact efectivă, se poate exprima sub forma [31]:

$$A_{ef} = \sqrt{\frac{2 F \gamma}{K}} \quad (6.5)$$

în care : F este forța totală de apăsare,

γ - tangenta unghiului de înclinare a suprafeței,

K - coeficient de rigiditate, care depinde de raza (r) a punctului de contact, de modulul de elasticitate (E) și de coeficientul lui Poisson (ν).

$$K = \frac{E}{2 r(1-\nu)^2} \quad (6.6)$$

Relația (6.5) arată că suprafața portantă crește cu cît suprafața este mai netedă, forța de apăsare mai mare și coeficientul de rigiditate mai mic.

Contactul între suprafețele elementelor îmbinării are un caracter elasto-plastic. Din experimentările efectuate [31] s-a observat că în funcție de proprietățile materialului, după înde-

părtarea sarcinii, în proporție de (30...70)% asperitățile revin. Din modul de solicitare în timpul asamblării, la deplasarea relativă a suprafețelor, o parte din punctele de contact se vor deforma plastic, în timp ce altele se vor deforma numai elastic. S-a mai stabilit că sub influența presiunii, suprafețele de contact se interpătrund reciproc, la deplasarea lor relativă asperitățile interpătrunse sînt retezate și există tendință să se producă deteriorări pe suprafețele materialului mai moale.

Cunoscînd din literatură că influența rugozității se face simțită în special la ajustajele cu strîngeri mici [39], în continuare se arată rezultatele experimentale obținute de autor asupra îmbinărilor cu strîngere, în condițiile modificării parametrilor studiați.

Analizînd diagramele din figurile 6.18; 6.19; 6.20 și 6.21, în care sînt arătate influența rugozității (R_{ai}), exprimată în valori medii, asupra forței de presare (F_p) și de depresare (F_d), în cazul unor ajustaje din OLC 45, la care arborii au fost prelucrați prin rectificare, se constată că influența este mare și că rezultatele sînt diferențiate în funcție de valoarea strîngerii medii relative măsurate ($\frac{S_m}{d}$) și a raportului dintre diametrul îmbinării și diametrul exterior al alezajului ($\frac{d}{d_2}$).

Ca o caracteristică generală este că forța de presare și de depresare au tendințe de scădere, mai mult sau mai puțin pronunțate cu creșterea rugozității suprafețelor de îmbinare. Aceasta datorită faptului că suprafața efectivă de contact se modifică, adică se micșorează cu creșterea rugozității. Aceleași referiri au fost făcute și de către alți cercetători [6], [27], [47], [65].

Din cercetările experimentale s-a observat că forța de depresare, din punct de vedere valoric, față de forța de presare

se modifică. Astfel, la grosimi mari ale pereților alezajului (fig.6.18), forța de presare este mai mică decât forța de depresare, iar la grosimi mici ale pereților alezajului (fig.6.21), forța de presare este relativ aceeași cu forța de depresare. Această situație poate avea următoarea explicație : îmbinările cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$, prezintă ajustaje cu peretele alezajului gros, mai puțin elastic, rigid și care prin introducerea arborelui creiază deformații de suprafață mari. Urmarea este că suprafața portantă se mărește, se realizează o intensă interpătrundere reciprocă a suprafețelor de contact care măresc aderența, implicit și forțele de depresare. Îmbinările cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,33$, prezintă ajustaje cu peretele alezajului subțire, elastic, care prin introducerea arborelui se deformează ușor. Alezajul alunecă peste arbore pe o suprafață deformată mai puțin, iar fenomenul de aderență se face puțin simțit.

Cercetînd efectele strîngerii și a grosimii pereților alezajelor, s-a observat că la strîngeri și grosimi mari ale pereților alezajului, influența rugozității suprafețelor de îmbinare asupra forței de presare și de depresare este mai greu de sesizat decât atunci cînd strîngerile și grosimile pereților alezajelor sînt mai mici. În toate cazurile studiate, s-a constatat că la strîngeri mari ($\frac{S_m}{d} = 1,33$), prin modificarea rugozității suprafețelor de îmbinare ale alezajelor, se produce o mică variație a forței de presare și de depresare; la aceeași strîngere, ajustajele avînd rugozitatea $R_{ai} = 0,75 \mu m$ permit obținerea unor forțe de presare și de depresare sensibil mai mari decât ajustajele cu rugozitatea $R_{ai} = 3,0 \mu m$. În cazul ajustajelor la care strîngerile măsurate medii relative sînt mici ($\frac{S_m}{d} = 0,33$), scăderea forței

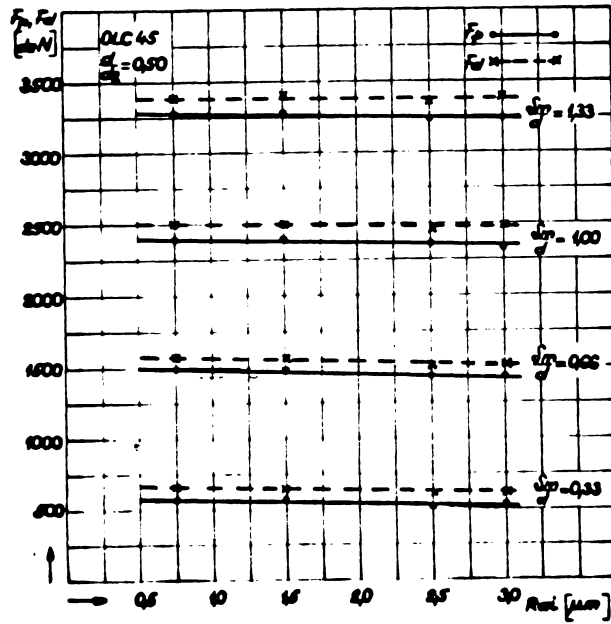


Fig.6.18. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de rugozitate, la ajustajele din OLC 45, avînd raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$.

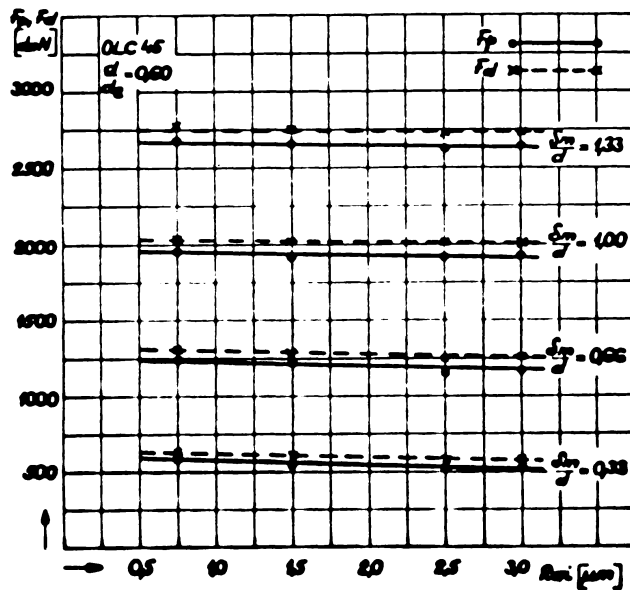


Fig.6.19. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de rugozitate, la ajustajele din OLC 45, avînd raportul $\frac{d}{d_2} = 0,60$.

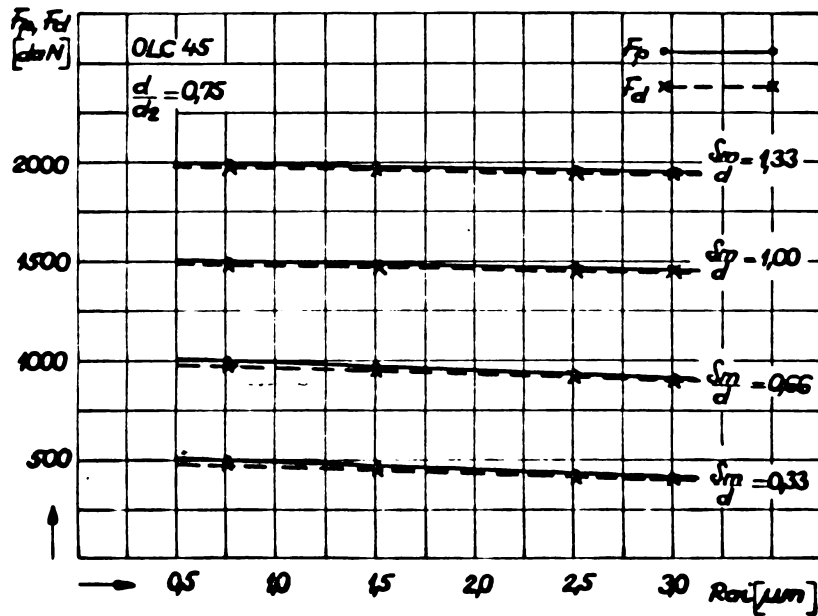


Fig.6.20. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de rugozitate, la ajustajele din OLC 45, avînd raportul $\frac{d}{d_2} = 0,75$.

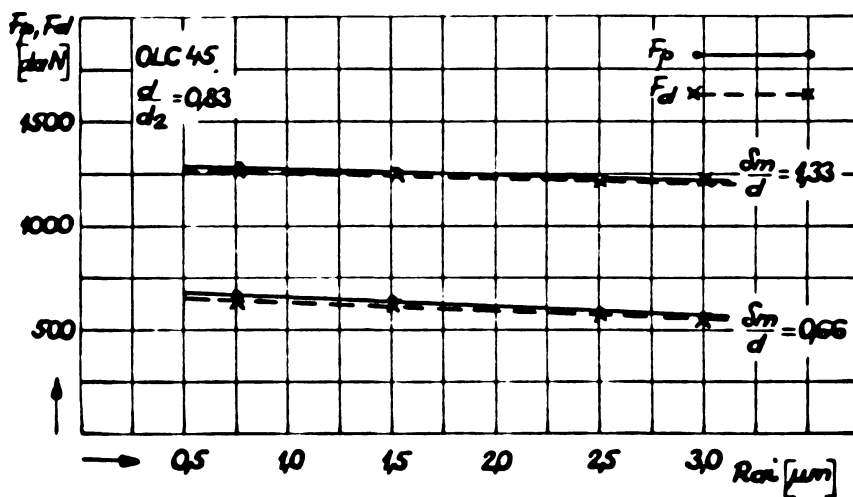


Fig.6.21. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de rugozitate, la ajustajele din OLC 45, avînd raportul $\frac{d}{d_2} = 0,83$.

de presare și de depresare, la creșterea rugozității pe suprafețele de îmbinare ale alezajelor, este mai evidentă decât în cazul unor strângeri mai mari.

Referitor la cele arătate mai sus, se poate admite că, la valori mari ale strângerii ($\frac{S_m}{d} = 1,33$), variația forței de presare și de depresare în funcție de rugozitatea suprafeței este mică, deoarece la strângeri mari apar aplatizări și deformații mari ale suprafețelor de contact, astfel încît, mărimea rugozității nu mai prezintă o influență hotărîtoare în contextul general. Se mai poate presupune, cum arată și [31] că la strângeri mari se produce și o aplatizare plastică a vîrfurilor asperităților, chiar o ecrusare a materialului arborelui și alezajului, efecte care determină comportările mai sus menționate.

La valori mici ale strângerii medii relative măsurate ($\frac{S_m}{d} = 0,33$), variația forței de presare și de depresare în funcție de rugozitatea suprafețelor de îmbinare este mai mare. Aceasta deoarece la strângeri mici, deformațiile care apar sînt mici, deci în acest caz mărimea rugozității prezintă importanță în contextul general și influențează asupra mărimii forțelor.

Studiind variația forțelor de presare și de depresare în funcție de rugozitatea suprafețelor, la diferite rapoarte $\frac{d}{d_2}$ (0,5; 0,6; 0,75; 0,83), se constată existența unor deosebiri esențiale. Analizînd cazurile extreme (fig.6.18 și 6.21), la ajustajele cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,5$ (fig.6.18), prin varierea netezimii suprafețelor de contact, valorile forțelor F_p și F_d se modifică puțin (curbele sînt ușor înclinate), față de ajustajele cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,83$ (fig.6.21), la care suprafețele de îmbinare avînd rugozitatea mică realizează forțe de presare și de depresare care se situează valoric mult deasupra forțelor de

presare și de depresare obținute cu ajustajele având suprafețele de îmbinare mai rugoase. Această situație este rezultatul comportării diferite a ajustajelor având alezajele cu peretele subțire, față de ajustajele având alezajele cu peretele mai gros.

Cercetările efectuate, au mai scos în evidență faptul că, în general, scăderea forței de depresare, prin creșterea rugozității, în intervalul de rugozitate $R_{ai} = 0,75 \dots 3,0 \mu\text{m}$, nu se face în aceeași proporție ca și a forței de presare, ceea ce presupune că, aderența între arbore și alezaj, se realizează mai bine atunci când suprafața este mai rugoasă decât la suprafețe mai puțin rugoase. Aceasta, confirmă rezultatele lucrărilor [46] și [47], în care se arată că, suprafețele cu asperități realizează coeficienți de aderență mai mari decât suprafețele netede.

În studiile efectuate de [31] asupra coeficienților de frecare a rezultat că, aceeași mărime a rugozității, obținută prin procedee de prelucrare diferite, nu are comportări diferite. Ținând seama de aceasta, s-a propus a urmări variația forței de presare și de depresare în funcție de rugozitatea suprafețelor de îmbinare, în cazul unor ajustaje din OLC 45 având arborii neteziți prin deformare plastică (fig.6.22). Ajustajele aveau pereți subțiri, adică raportul diametrelor mare ($\frac{d}{d_2} = 0,75$) și diferite strângeri $\frac{S_m}{d}$ (1,33; 1,00; 0,66), urmînd a fi comparate cu rezultatele obținute de ajustajele din OLC 45 avînd arborii neteziți prin rectificare.

Din cercetările efectuate asupra celor două tipuri de ajustaje (fig.6.20 și 6.22), a rezultat că în condiții egale, ajustajele la care arborii au fost neteziți prin deformare plastică, realizează forțe de presare și de depresare mai mari ca și ajustajele avînd arborii neteziți prin rectificare. Aceasta se explică

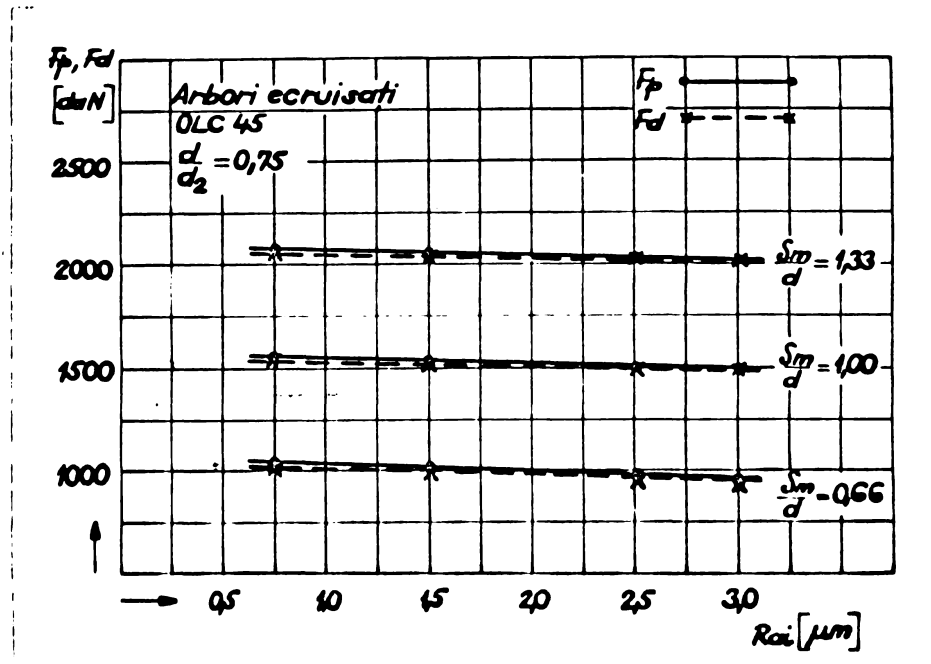


Fig.6.22. Diagrama de variație a forței F_p și F_d în funcție de rugozitate, la ajustajele din OLC 45, cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,75$, avînd arborii neteziți prin deformare plastică.

pe seama existenței stratului superficial durificat, care realizează cu piesa conjugată contacte pe suprafețe portante mai mari, determinate de deformațiile mai accentuate apărute pe suprafața alezajului, din cauza durității mai mari a materialului ecruisat al arborelui, netezit prin deformare plastică. În plus, datorită deformabilității mai neînsemnate ale arborelui ecruisat, acesta păstrează un raport al dimensiunilor de contact $\frac{d}{d_2}$ mai mare.

Ajustajele avînd arborii neteziți prin deformare plastică, prin modificarea rugozității suprafețelor de îmbinare ale alezajelor, se comportă la fel ca și ajustajele cu arborii neteziți prin rectificare. În ambele situații s-a observat că, prin creșterea rugozității suprafețelor de îmbinare, forța de presare și de deprezare scade, mai puțin dacă strîngerile măsurate medii relative sînt mai mari și mai mult dacă strîngerile măsurate medii re

sînt mai mici. De asemenea, și în cazul unor ajustaje cu arbori ecruisați, la raporturi $\frac{d}{d_2}$ mari, aderența între suprafețele de îmbinare se face mai puțin simțită.

Din cercetările efectuate, a mai reeșit că, la aceeași înălțime a rugozității pe suprafețele de îmbinare ale ajustajelor, direcția rizurilor apărute în urma procedeelelor de prelucrare diferite, nu are nici o influență în contextul general de influență al celorlalți factori. Prin aceasta, se confirmă cele arătate de Werth [65] că, fenomenul de aderență nu este influențat de procedeul de execuție al alezajelor — găurire, strunjire, rectificare etc.— dacă mărimea rugozității suprafețelor este aceeași, deoarece la ajustajele presate longitudinal, în cursul presării se produce aplatizarea microneregularităților, vîrfurile asperităților fiind îndoite în direcția presării, indiferent de mărimea, forma și orientarea lor.

Cercetînd cazul unor îmbinări cu strîngere la care alezajele au fost confecționate din fontă Fc 20 sau bronz Bz 14, se constată că, din punct de vedere al influenței rugozității asupra forței de presare și de depresare, ambele se comportă în principiu la fel. Mai mult decît atît, ca și în cazul precedent al îmbinărilor oțel pe oțel, alura curbelor prezintă în general, aceleași caracteristici de variație. Și anume, forțele de presare și de depresare scad odată cu creșterea mărimii rugozității suprafețelor de îmbinare (fig. 6.23; 6.24; 6.25; 6.26; 6.27). Faptul se datorește acelorăși fenomene amintite în cazul îmbinărilor cu strîngere oțel pe oțel, potrivit cărora la rugozități mari suprafața portantă devine mai mică și ca urmare forțele de presare și de depresare scad.

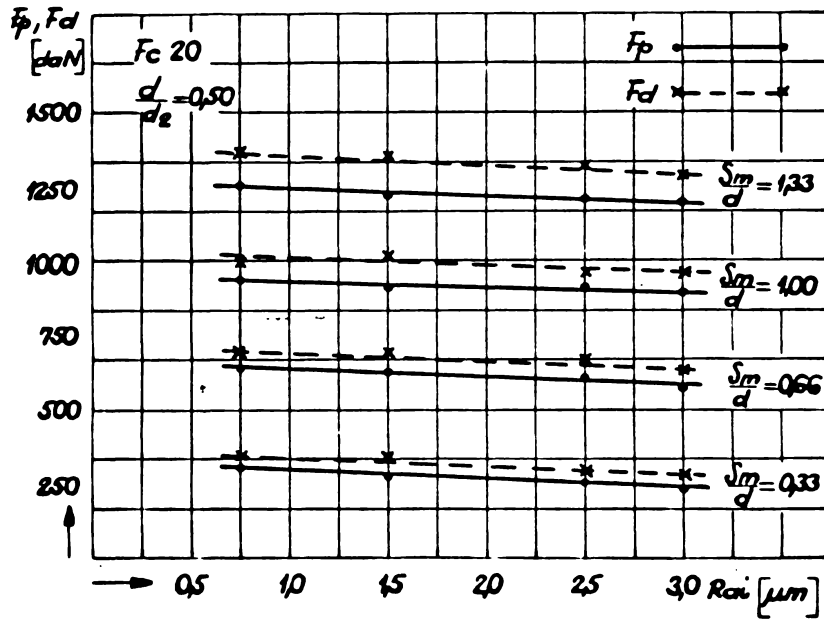


Fig.6.23. Diagrama de variație a forței F_p și F_d în funcție de R_{ai} , la ajustajele cu alezajele din $F_c 20$ și cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$.

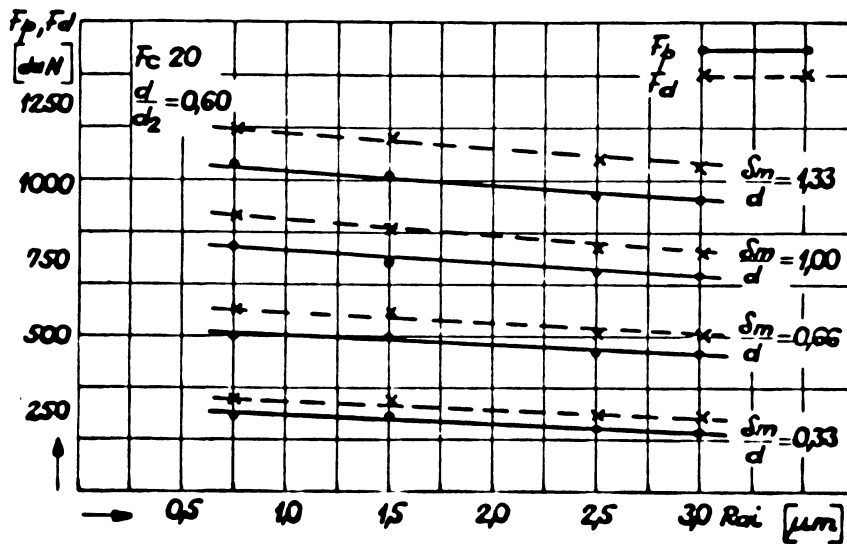


Fig.6.24. Diagrama de variație a forței F_p și F_d în funcție de R_{ai} , la ajustaje cu alezajele din $F_c 20$ și cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,60$.

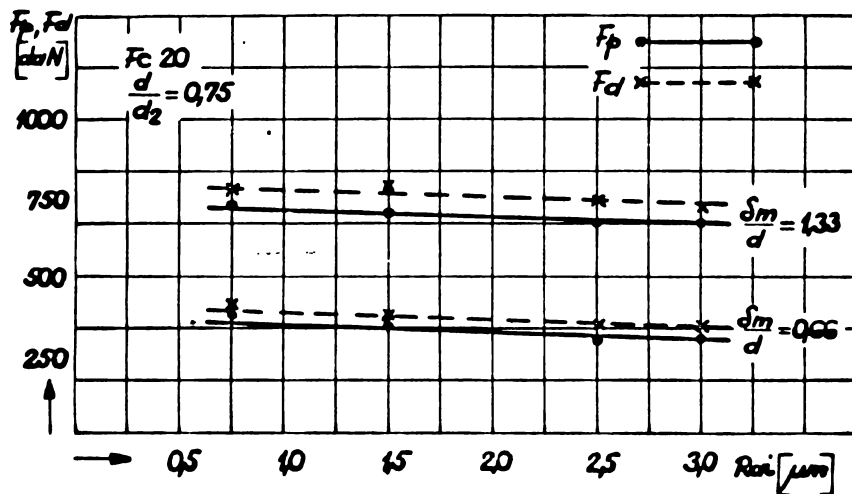


Fig.6.25. Diagrama de variație a forței F_p și F_d în funcție de R_{ai} , la ajustaje cu alezajele din Fc 20 și cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,75$.

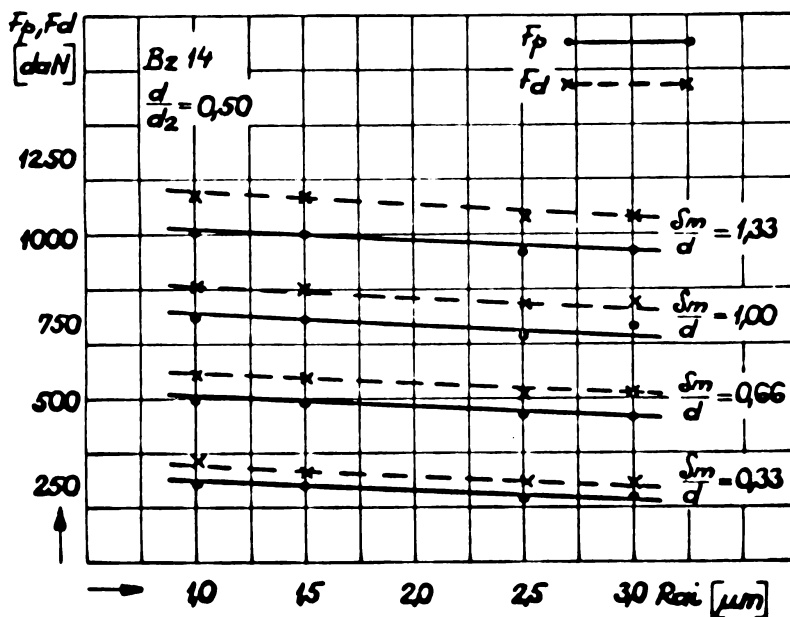


Fig.6.26. Diagrama de variație a forței F_p și F_d în funcție de R_{ai} , la ajustajele cu alezajele din Bz 14 și cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$.

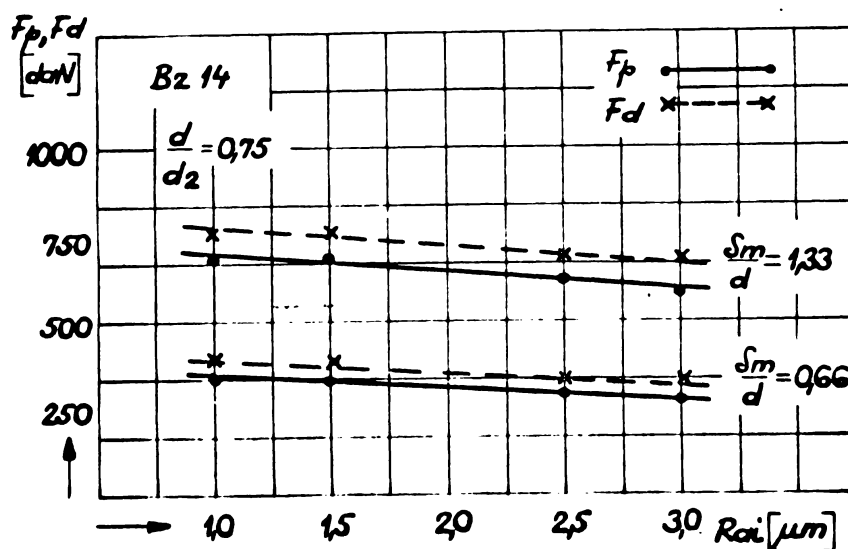


Fig.6.27. Diagrama de variație a forței F_p și F_d în funcție de R_{ai} , la ajustajele cu alezajele din Bz 14 și cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,75$.

Imbinările cu strângere, avînd alezajele din fontă Fc20 sau bronz Bz 14, fără excepție, în toate cazurile studiate se constată că, forțele de depresare au totdeauna valori mai mari decît forțele de presare, indiferent de mărimea strîngerii sau rapoartelor $\frac{d}{d_2}$.

Referitor la constatările făcute că, în toate situațiile studiate forțele de depresare se situează valoric deasupra forțelor de presare, se poate presupune că, alezajele din Fc 20 și cele din Bz 14 prezintă proprietăți de deformabilitate la limită de separare dintre suprafețe, și creează o intimitate mai accentuată de contact prin interpenetrarea materialului mai moale între spațiile de rugozitate, favorizînd fenomenul de aderență.

La raporturi mici $\frac{d}{d_2}$ (fig.6.23 și fig.6.26), precum și

la raporturi mari $\frac{d}{d_2}$ (fig.6.25 și fig.6.27), scăderea forței de presare și de depresare la creșterea rugozității suprafețelor de îmbinare se face aproape în aceeași proporție. Același lucru rezultă și la modificarea strîngerii medii relative măsurate ($\frac{S_m}{d}$). Explicația constă în aceea că, forțele de aderență care intervin la îmbinarea alezajelor Fc 20 sau Bz 14 cu arbori din OLC45, sînt influențate în foarte mică măsură de modificarea rugozității suprafețelor, în intervalul de rugozitate cercetat.

Comparînd rezultatele obținute în urma experimentărilor, privind influența rugozității asupra forțelor de presare și de depresare, în cazul unor îmbinări cu strîngere avînd arborii din OLC 45 și alezajele din OLC 45, Fc 20 sau Bz 14, se constată următoarele :

Analizînd valorile absolute ale forțelor de presare și de depresare în cazul celor trei materiale studiate se observă că, la aceleași rapoarte $\frac{d}{d_2}$, strîngeri ($\frac{S_m}{d}$) și aceleași rugozități (R_{ai}), apar diferențe de valori în favoarea ajustajelor cu alezajele din OLC 45, față de ajustajele cu alezajele din Fc 20, respectiv a ajustajelor cu alezajele din Fc 20 față de ajustajele cu alezajele din Bz 14 . Fenomenul se manifestă ca urmare firească a capacității diferențiate ale acestor materiale de a se comporta în îmbinările cu strîngere. Materialul alezajelor din OLC 45 față de materialul alezajelor din Bz 14 prezintă un modul de elasticitate dublu, deformabilitatea materialului la limita de separație dintre piese este mai mică la OLC 45 față de Bz 14 care este un material mai moale. De asemenea, coeficienții de frecare ale materialelor intervin la diferențierea în comportare a ajustajelor mai sus menționate.

Urmărind diagramele de variație a forțelor de presare și

de depresare în funcție de rugozitate, în cazul celor trei tipuri de ajustaje studiate (alezaje din OLC 45, Fc 20 sau Bz 14), se constată că în principiu curbele au aceeași alură (fig.6.18 ... fig.6.27), cu specificația mai sus menționată că, forțele de presare și de depresare scad cu creșterea rugozității suprafețelor de îmbinare.

La grosimi mai mari ale pereților alezajelor ($\frac{d}{d_2} = 0,50$) și la strângeri măsurate medii relative mari ($\frac{S_m}{d} = 1,33$), la ajustajele din OLC 45 (fig.6.18), forța de presare scade în proporție mult mai mică la creșterea rugozității, decât în cazul ajustajelor la care alezajele sînt din Fc 20 (fig.6.23) sau din Bz 14 (fig.6.26). Această situație se datorește fontei sau bronzului care sînt materiale mai moi decât oțelul și care permit o aplatizare mai accentuată a vîrfurilor asperităților. De asemenea, se poate admite că, influențează în această direcție și fenomenul de "ungere" datorită staniului din bronz și a grafitului din fontă.

Referindu-ne pentru aceleași situații la variația forțelor de depresare, rezultatele experimentale arată că, dacă la ajustajele din OLC 45 fenomenul de aderență se face simțit la modificarea netezimii suprafeței, la ajustajele avînd alezajele din Fc 20 sau Bz 14 este neînsemnată.

La grosimi mici ale pereților alezajelor ($\frac{d}{d_2} = 0,75$) și la strângeri medii relative măsurate mici ($\frac{S_m}{d} = 0,66$), variația forței F_p în funcție de rugozitatea suprafețelor de îmbinare, nu prezintă deosebiri mari privitor la alura de variație a curbelor dacă se compară ajustajele din OLC 45 (fig.6.20) și ajustajele la care alezajele sînt confecționate din Fc 20 (fig.6.25) sau Bz 14 (fig.6.27). Se constată însă deosebiri, dacă ne referim la variația forței F_d în funcție de rugozitate, deoarece la ajustajele

OLC 45 forța de depresare este relativ egală cu forța de presare. În schimb la ajustajele a căror alezaje sînt din Fc 20 sau Bz 14, forțele F_d sînt situate valoric deasupra forțelor F_p la variațiile rugozității suprafețelor de îmbinare.

Cauzele care conduc la aceste comportări ale îmbinărilor cu strîngere, au fost arătate pentru cazurile studiate. Este de menționat faptul că în contextul general, mai pot interveni și factori imprevizibili sau chiar previzibili, a căror natură și pondere de influență nu pot fi precis cunoscute sau stabilite.

6.3. Comportarea ajustajelor cu strîngere la montări și demontări repetate

În contextul general, în care se urmărește introducerea, respectiv adoptarea celor mai bune soluții constructive sau tehnologice, care să conducă la economii de material, reduceri de timp la prelucrare sau montaj, problema folosirii unor ajustaje cu strîngere, cum sînt : bușele presate în lagăre, bușele introduse în roțile dințate de la păpușa fixă, bușele din alezajele bielor, ajustajele roților dințate pe arborele pompei de ulei de la tractoare, ajustajele inelelor de sprijin pe arborii motoarelor electrice etc. care la anumite intervale de timp necesită a fi demontate, și apoi montate la loc fără deteriorarea suprafețelor de îmbinare și care prin această comportare să evite absolutizarea noțiunii de "îmbinări nedemontabile" capătă o importanță deosebită.

Problema montărilor și demontărilor repetate ale îmbinărilor cu strîngere, fără lubrefiere, nu este tratată în literatura de specialitate. Bibliografia existentă [27], [45], [65], tratează

problema numai informativ, motiv pentru care multe aspecte de mare importanță practică și care rezultă numai în urma unor studii experimentale, nu sînt suficient cunoscute.

După cum s-a mai arătat, prin presări și depresări, odată cu alunecarea suprafețelor una peste cealaltă, se produc pe suprafețele în contact modificări apreciable, determinate de faptul că vîrfurile asperităților sau punctele proeminente de metal se deformează elastico-plastic, alungindu-se în direcția alunecării. Prin acest proces de deformare, materialul se ecruisează și duriitatea lui crește pînă la valoarea corespunzătoare unui metal foarte ecruisit, fenomen influențat de mărimea strîngerii. Prin repetarea acțiunii, adică presare și depresare, metalul poate să ajungă într-o stare de supraecruisare, cu suprafețele mult mai netede decît inițial, apar desprinderi de pe suprafețele de frecare, urmate de distrugerii locale, ajungîndu-se în final la gripaj.

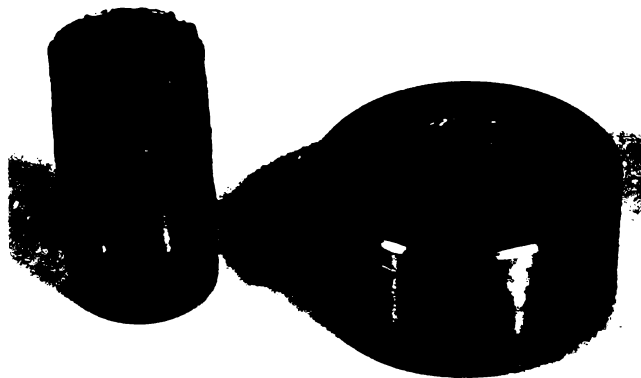


Fig.6.28. Apariția fenomenului de gripaj după una presare și depresare ($i=1$) la un ajustaj din OLC 45 avînd caracteristicile: $\frac{d}{d_2} = 0,50$; $\frac{S_m}{d} = 1,66$ și $R_{ai} = 0,3 \mu m$

În figurile 6.28 și 6.29 sînt arătate ajustaje din OLC 45 după efectuarea unor montări și demontări repetate, în situația apariției fenomenului de gripaj, care are ca efect în afara distrugerii suprafețelor de înmînare și dezvoltarea unor forțe de

presare și de depresare considerabile.

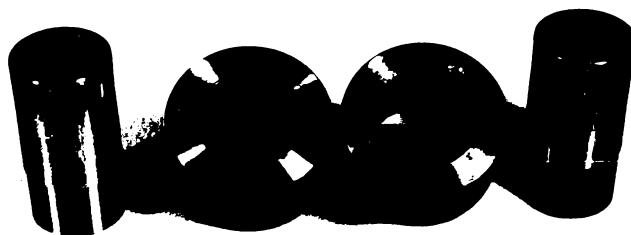


Fig.6.29. Apariția fenomenului de gripaj după trei presări și depresări ($i=3$) la un ajustaj din OLC 45 avînd caracteristicile: $\frac{d}{d_2} = 0,75$; $\frac{S_m}{d} = 1,50$ și $R_{ai} = 0,75 \mu m$

Plecînd de la aceste constatări și cunoscînd modificările ce intervin pe suprafețele de îmbinare ale ajustajelor cu strîngere, care lucrează în domeniul elastic, la montări și demontări repetate, problemele care interesează în final sînt :

1. La cîte montări și demontări se poate utiliza un ajustaj cu strîngere, pînă la apariția degradărilor pe suprafețele de îmbinare ?

2. Cum variază forțele de presare și de depresare la montări și demontări repetate?

STAS-ul 4133-64, referindu-se la îmbinările cu strîngere : osie-butuc, recomandă că, osia poate fi utilizată pentru o nouă presare de maximum 4 ori, cu condiția ca pe suprafețele de îmbinare să nu existe urme de gripare, iar dacă una din suprafețe după depresare prezintă urme de gripare sau rizuri, piesa poate fi remediată în limitele dimensionale admise.

În ceea ce privesc valorile forțelor, Wassileff și Werth, fără a menționa domeniul de deformație, tipul sau caracteristicile

ajustajelor, afirmă că, operațiile repetate de montare și de demontare conduc la o reducere a forțelor.

Fără a contesta recomandările de mai sus, dar cunoașterea aspectelor legate de presările și depresările repetate, necesită un studiu experimental detaliat, deoarece într-un fel se comportă ajustajele care lucrează în domeniul deformațiilor elastice și în alt fel se comportă ajustajele care lucrează și cu deformații plastice. Chiar în domeniul deformațiilor elastice, prezintă importanță deosebită : mărimea strîngerii, raportul diametrelor $\frac{d}{d_2}$, și mai ales materialul arborelui și al alezajului.

În lucrare se prezintă rezultatele cercetărilor experimentale efectuate asupra ajustajelor cu strîngere H7/p6 și H7/r6, în situația unor montări și demontări repetate, pînă la apariția pe suprafețele de îmbinare a unor degradări. S-a ținut seama de toate condițiile menționate la capitolul 5 (măsurări de precizie, de ne-tezime, împerechiera ajustajelor etc). Timpul de menținere de 48 ore după presarea ajustajelor, a fost respectat și după depresarea arborilor din alezaje. Referitor la aceasta, trebuie arătat că, nerespectarea acestor condiții, adică efectuarea unor presări sau depresări imediate, atrage după sine micșorarea valorilor forțelor, în schimb, eventualele mici remedieri ale suprafețelor nu au nici o influență asupra valorilor forțelor, confirmînd recomandările STAS-ului 4138-64.

În figurile 6.30; 6.31 și 6.32 sînt reprezentate variațiile forțelor de presare (F_p) și a forțelor de depresare (F_d) în funcție de numărul de presări și de depresări repetate (i), pentru ajustaje din OLC 45, avînd raportul diametrelor $\frac{d}{d_2} = 0,50; 0,75$ și $0,83$ și suprafețele de îmbinare rectificat la o rugozitate $R_{ai} = 0,75\mu m.$, iar în figura 6.33 este reprezentată variația

forței F_p și F_d în funcție de "i" pentru raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$, avînd suprafața de îmbinare a alezajelor prelucrată prin strunjire la o rugozitate $R_{ai} = 2,5 \mu m$, pentru același material.

Analizînd variația și alura curbelor în figurile mai sus menționate se constată că strîngerea medie relativă măsurată ($\frac{S_m}{d}$) are o mare influență atît asupra numărului de presări și de depresări repetate (i) cît și asupra mărimii valorilor absolute ale forțelor F_p și F_d . În toate cazurile se observă că numărul "i" este mai mare la rapoarte $\frac{S_m}{d}$ mici (0,33), valorile lui "i" scăzînd odată cu creșterea raportului $\frac{S_m}{d}$, ajungînd la $\frac{S_m}{d} = 1,33$ la valori ale lui $i = 1 ; 2$ sau maximum 3. Această situație apare datorită faptului că la valori mari ale lui $\frac{S_m}{d}$ suprafețele în contact suferă deformații mai mari, interpătrunderile reciproce ale asperităților, ale punctelor de contact, sînt mai accentuate, fapt ce îngreunează presările și depresările repetate, favorizînd totodată apariția mai rapidă a degradărilor pe suprafețele de îmbinare.

De asemenea, se observă că variația forțelor F_p și F_d în funcție de "i" este mai neînsemnată (100...200 daN) la valori ale strîngerii relative mici, decît la valori mai mari ale acesteia, cînd forțele variază cu 500...600 daN și chiar mai mult.

După cum s-a mai arătat, în lucrările [27] și [65], fără a da specificații amănunțite referitor la parametrii între care s-a făcut interpolarea, se menționează că la presări și depresări repetate, valorile forțelor F_p și F_d scad în funcție de numărul de presări și depresări (i).

Ținînd seama de rezultatele experimentale, respectiv de datele din lucrare, în cazul îmbinărilor oțel pe oțel, care nu confirmă afirmațiile de mai sus, autorul găsește necesar a da explicații în susținerea punctului de vedere.

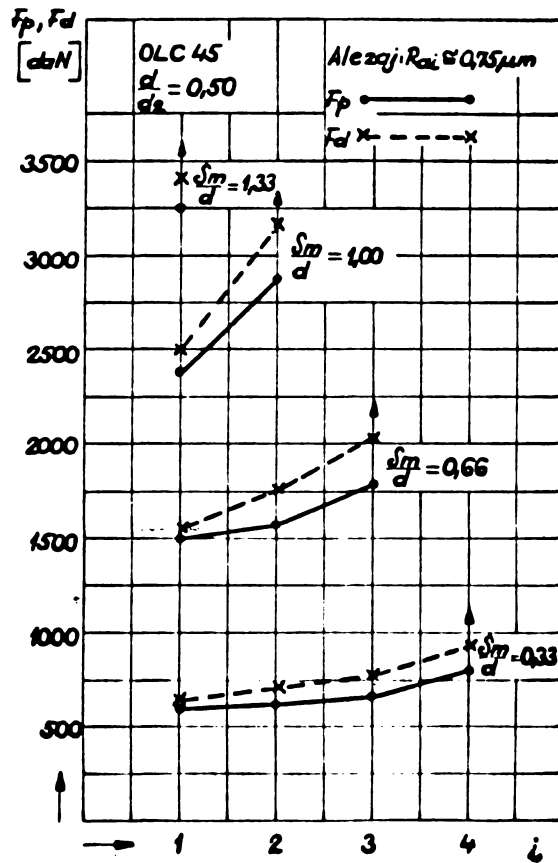


Fig.6.30. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i", la ajustajele din OLC45 avînd raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$.

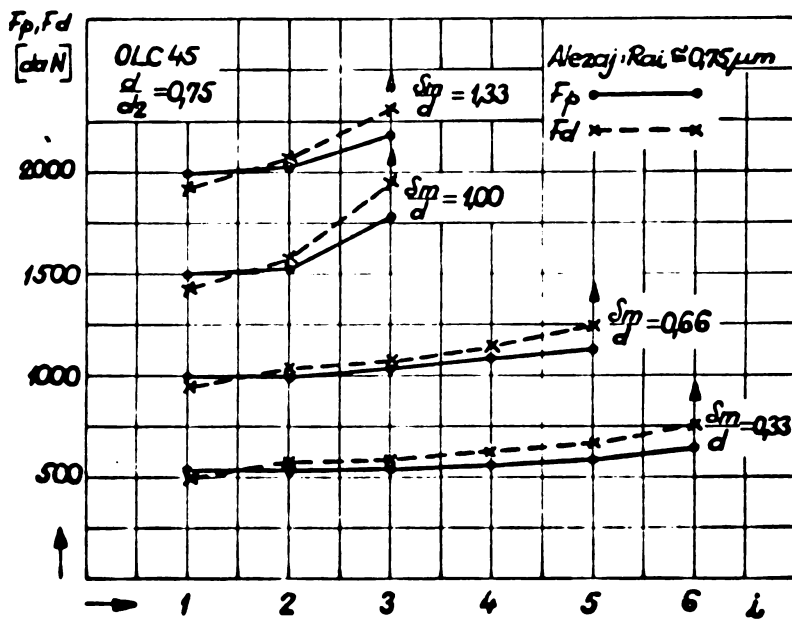


Fig.6.31. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i", la ajustajele din OLC45, avînd raportul $\frac{d}{d_2} = 0,75$.

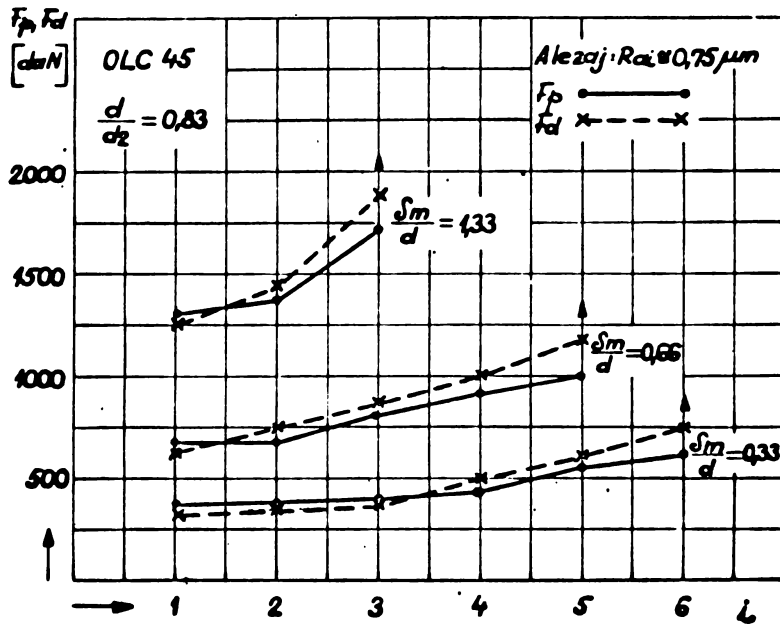


Fig.6.32. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i", la ajustajele din OLC45 avînd raportul $\frac{d}{d_2} = 0,83$.

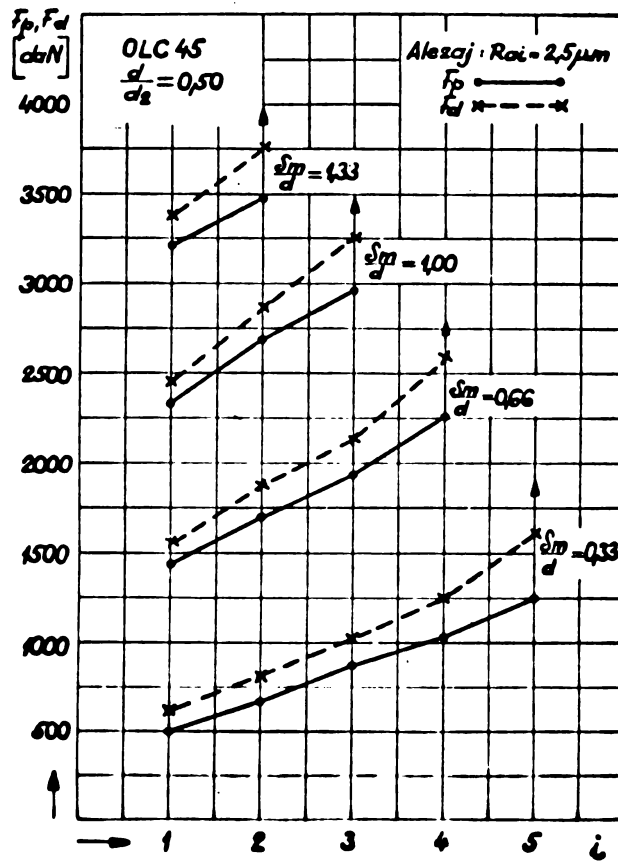


Fig.6.33. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i" la ajustajele din OLC45 rapoartele $\frac{d}{d_2} = 0,50$ și $Ra_1 = 2,5 \mu m$.

În cadrul parametrilor studiați (fig.6.30; 6.31; 6.32; 6.33) se observă că forțele F_p și F_d cresc în funcție de "i", fapt care își găsește explicația datorită următoarelor fenomene:

La prelucrarea pieselor, pe lângă abaterile de dimensiuni se obțin și abateri de la forma geometrică. Acestea, pentru piesele studiate deși încadrate în dimensiunile admisibile ale toleranțelor prescrise își manifestă prezența. Îndeosebi natura acestor abateri vizează forma circulară care este denaturată prin ovalizare și neparalelismul generatoarelor.

La primele presări și depresări ($i = 2; 3 \dots$) cele două piese în contact se calibrează reciproc, obținându-se suprafețe de contact din ce în ce mai mari, care determină o creștere a forțelor.

În al doilea rând, prin creșterea lui "i" intervine în cazul ajustajului oțel pe oțel un efect sporit de ecrusaj, care atrage după sine modificări ale caracteristicilor mecanice ale materialelor, respectiv o creștere a forțelor de deformare a materialului ecrusat, care se dovedește a fi preponderent în contextul general.

Aceste fenomene, au drept efect creșterea forțelor F_p și F_d în tot decursul domeniului lui "i" în care îmbinarea se poate considera ca demontabilă, (suprafețele de îmbinare fără rizuri, lipsa fenomenului de gripaj etc).

Importanță se arată a fi în cazul presărilor și depresărilor repetate și rugozitatea (R_{ai}) a suprafețelor de îmbinare. Comparând fig.6.30 cu fig.6.33, la care s-a considerat pe de o parte rugozitatea alezajului $R_{ai} = 0,75 \mu m$ și pe de altă parte rugozitatea alezajului $R_{ai} = 2,5 \mu m$, se desprind câteva particularități. Astfel, la rugozități mai mari (fig.6.33) numărul de

presări și de depresări (i) este mai mare. Aceasta, deoarece cu cât Rai este mai mare, suprafața de contact dintre cele două piese este mai mică, rugozitățile cu valoare mai mare se aplatizează treptat, permițând un număr mai mare de presări și depresări repetate.

De asemenea, la rugozități mai mari, variația forțelor F_p și F_d este mai mare decât la rugozități mai mici (fig.6.30). Se poate presupune că creșterea forțelor F_p și F_d mai accentuate, la presări și depresări repetate, atunci când rugozitatea (Rai) este mai mare, s-ar datora unei mai pronunțate deformații elasto-plastice a vîrfurilor asperităților în contact și a unui ecrusaj mai accentuat, care determină o creștere a durității și deci o modificare a forțelor de deformare.

Referindu-ne și la influența strîngerii medii relative (S_m/d), atunci când rugozitatea (Rai) este constantă, se observă că la un anumit raport $\frac{d}{d_2}$ și de la o anumită valoare a lui $\frac{S_m}{d}$ (1,33), îmbinarea devine practic nedemontabilă de la prima presare (fig.6.30). Aceasta înseamnă că pe măsură ce strîngerea $\frac{S_m}{d}$ devine mai mică și posibilitățile de presare și de depresare repetate (i) vor crește.

De asemenea, urmărind influența raportului $\frac{d}{d_2}$ din figurile 6.30; 6.31; și 6.32, pentru aceeași rugozitate și aceeași strîngere medie relativă măsurată, se observă că numărul de presări și de depresări repetate (i) este mai scăzut la raporturi $\frac{d}{d_2}$ mai mic și crește cu creșterea lui $\frac{d}{d_2}$. Aceasta își găsește explicația prin aceea că, la raportul $\frac{d}{d_2}$ mare, peretele alezajului este mai subțire și elastic fapt care dă posibilitate unui număr mai mare de presări și depresări, în comparație cu raportul $\frac{d}{d_2}$ mai mic (0,50) la care peretele alezajului este gros și rigid.

Cercetînd cazul unor îmbinări cu strîngere din oţel OLC45, la care arborii au fost neteziţi prin deformare plastică, se constată că faţă de ajustajele la care arborii au fost rectificai, la aceeaşi parametrii se comportă puţin diferit.

În figurile 6.34; 6.35; 6.36 sînt reprezentate variaţiile forţelor de presare (F_p) şi de depresare (F_d) în funcţie de numărul de presări şi de depresări repetate (i), avînd rugozitatea suprafeţelor de îmbinare $R_{ai} = 0,75 \mu m$, strîngere medie relativă măsurată $\frac{S_m}{d} = 0,33; 0,66; 1,00; 1,33$ şi raportul diametrelor $\frac{d}{d_2} = 0,50; 0,60$ şi $0,75$.

În figura 6.37 este reprezentată variaţia forţei de presare şi de depresare în funcţie de "i" pentru raportul diametrelor $\frac{d}{d_2} = 0,60$, avînd suprafaţa de îmbinare a alezajelor prelucrată prin strunjire la $R_{ai} = 2,5 \mu m$ şi arborele netezit prin deformare plastică.

Analizînd diagramele, se observă că prin creşterea numărului de presări şi de depresări, cresc şi forţele de presare şi de depresare. Dacă se face o comparaţie între valorile absolute ale forţelor F_p şi F_d în cazul ajustajelor cu arbori rectificai (fig.6.30; 6.31; 6.32) şi cei cu arbori neteziţi prin deformare plastică (fig.6.34; 6.35; 6.36) se constată că forţele F_p şi F_d la ajustajele cu astfel de arbori sînt mai mari decît la ajustajele cu arbori rectificai. Creşterea mai accentuată a forţelor F_p şi F_d în cazul îmbinărilor cu arbori neteziţi prin deformare plastică faţă de îmbinările cu arbori rectificai, se datoreşte faptului că încă iniţial, înainte de presare, prin efectuarea netezirii prin deformare plastică suprafeţele arborelui sînt deformate. Ori tocmai deformabilitatea suprafeţelor de contact,

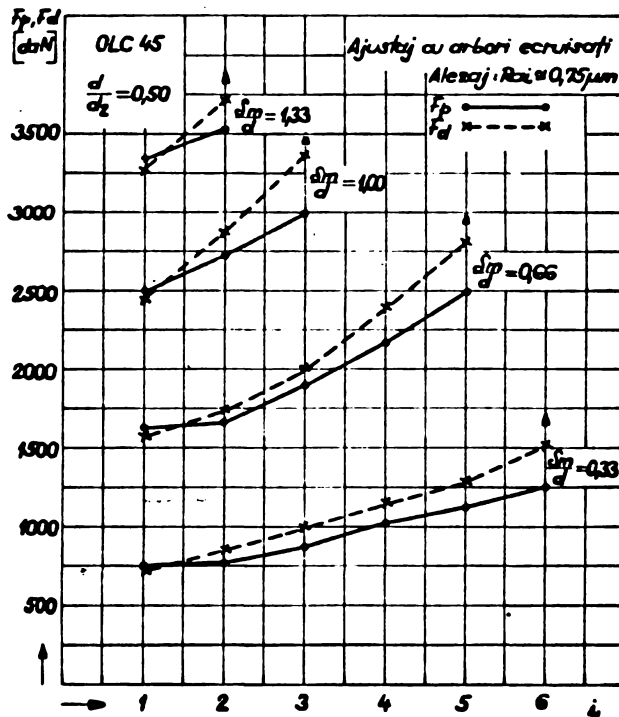


Fig. 6.34. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i", pentru ajustajele din OLC45, avînd arbori neteziți prin deformare plastică și raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$

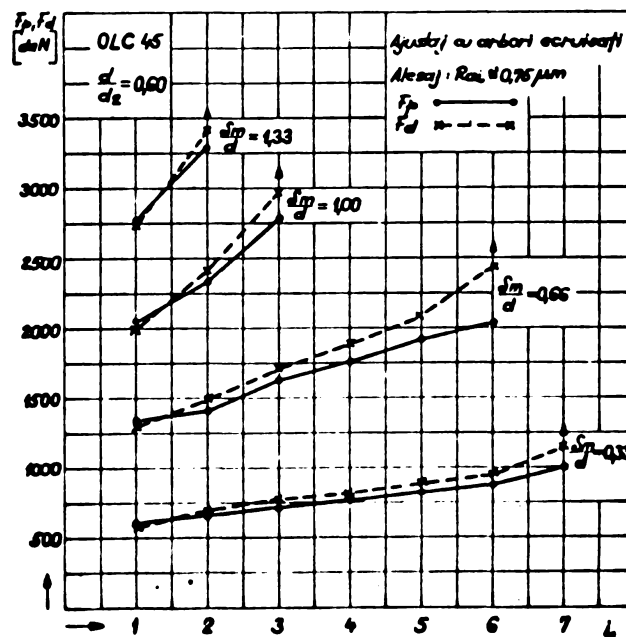


Fig.6.35. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i" pentru ajustajele din OLC 45, avînd arbori neteziți prin deformare plastică și raportul $\frac{d}{d_2} = 0,60$.

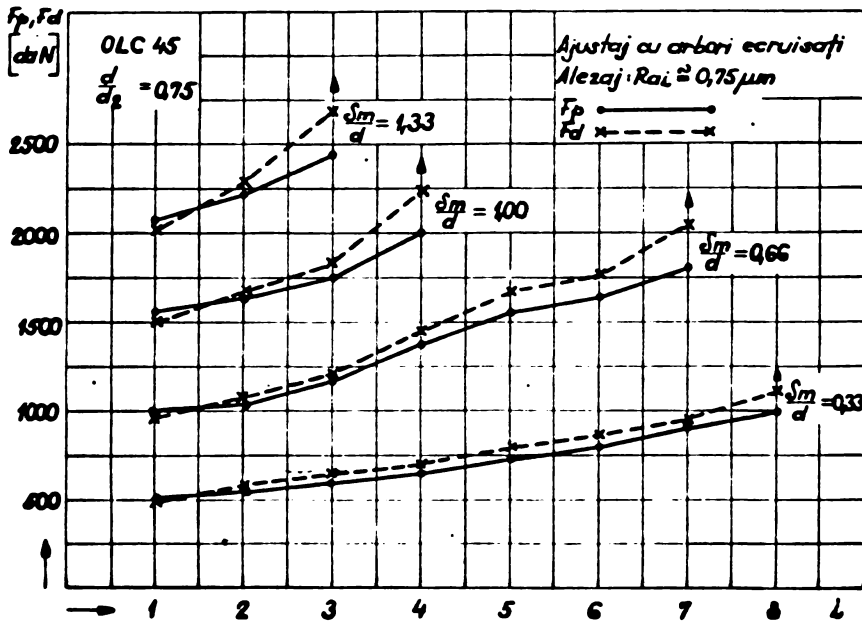


Fig.6.36. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i" pentru ajustajele din OLC45, avînd arbori neteziți prin deformare plastică și raportul $\frac{d}{d_2} = 0,75$

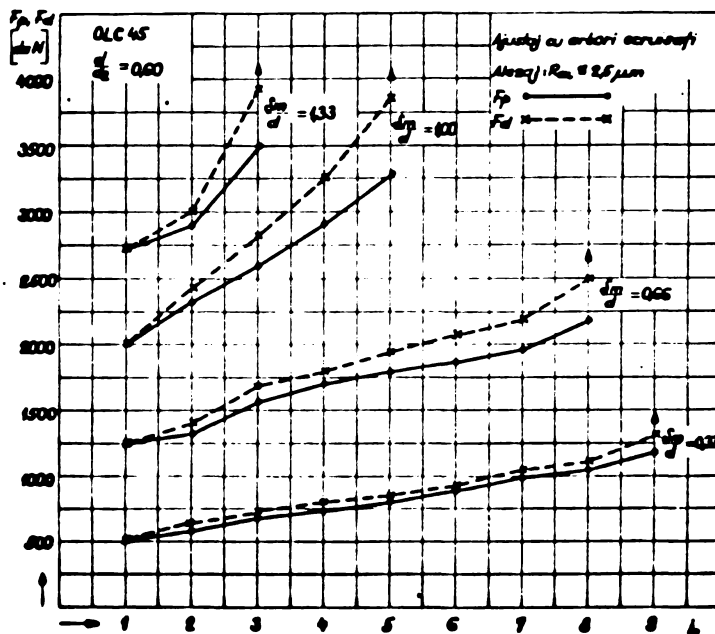


Fig.6.37. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i" la ajustajele din OLC 45 avînd arbori neteziți prin deformare plastică, cu raportul $\frac{d}{d_2} = 0,60$ și $R_{a1} = 2,5 \mu m$

aplatizarea vîrfurilor asperităților, durificarea suprafețelor în contact, constituie cauze de creștere a forțelor F_p și F_d , fapt arătat mai detaliat la cap.6.2.

Din diagrame se mai constată că, la aceeași parametrii, numărul de presări și de depresări este mai mare în cazul îmbinărilor cu arbori neteziți prin deformare plastică decît în cazul îmbinărilor cu arbori neteziți prin rectificare. Faptul că numărul de presări și de depresări "i" crește în cazul îmbinărilor cu arbori neteziți prin deformare plastică față de îmbinările cu arbori neteziți prin rectificare, se poate presupune că s-ar datoră fenomenului de creștere a rezistenței uneia din suprafețele de contact, prin durificarea inițială, care determină o deformabilitate dirijată a celeilalte suprafețe de contact.

Comparînd valorile forțelor de presare și de depresare în funcție de "i" la diferite mărimi ale rugozității $R_{ai} = 0,75\mu\text{m}$ (fig.6.35) și $R_{ai} = 2,5\mu\text{m}$ (fig.6.37) se constată ca și în cazul îmbinărilor cu arbori rectificați, suprafața de contact cu o rugozitate mai mare favorizează creșterea numărului de presări și de depresări repetate (i). Deci și în cazul îmbinărilor cu arbori neteziți prin deformare plastică, la diferențe ale rugozității suprafețelor de contact, se respectă aceleași reguli ca și la îmbinările cu arbori rectificați, adică rugozitățile cu valoare mai mare se aplatizează treptat permițînd un număr "i" mai mare.

Modificările diametrului exterior al alezajului (d_2) au o mare influență asupra numărului de presări și de depresări (i). Si în cazul îmbinărilor cu arbori neteziți prin deformare plastică ca și în cazul îmbinărilor cu arbori rectificați prin creșterea raportului $\frac{d}{d_2}$ crește și "i". Considerentele au fost arătate în cazul îmbinărilor cu arbori rectificați.

La ajustajele cu strângere la care alezajele sînt confecționate din fontă Fc 20 sau bronz Bz 14, deoarece comportamentul general se poate aprecia ca fiind aproape similar, fapt rezultat și în referirile anterioare, tratarea ambelor tipuri de ajustaje se va face concomitent.

În figurile 6.38; 6.39 pentru Fc 20 și fig. 6.40, 6.41 pentru Bz 14, sînt reprezentate variațiile forțelor de presare (F_p) și de depresare (F_d) în funcție de numărul de presări și de depresări repetate (i), pentru două cazuri ale valorilor $\frac{d}{d_2}$ (0,50; 0,75) și $\frac{S_m}{d}$ (1,33; 0,66), la o rugozitate constantă a suprafețelor de contact a alezajelor ($R_{ai}=1,5\mu m$).

Din figurile mai sus menționate, ca o caracteristică generală se constată că atât forțele de presare (F_p) cît și cele de depresare (F_d) au valori mult mai scăzute ca și în cazul îmbinărilor din oțel OLC 45 (fig. 6.30; 6.31; 6.32 și 6.33), fapt care se datorește calității materialului alezajului privitor la proprietățile mecanice ale fontei și bronzului și de asemenea datorită efectului favorabil cumulat pe care îl oferă constituienții microstructurali din fontă și bronz care favorizează presarea și depresarea. Aici intervin grafitul din fontă și influența cositorului prin faza \int din bronz, care ușurează alunecarea.

Variația forței de presare și de depresare în funcție de "i" este de asemenea diferită față de cazul îmbinărilor oțel pe oțel (OLC 45), în sensul că începînd de la aproximativ a doua presare (fig. 6.39; 6.40; 6.41;) pentru un anumit raport $\frac{d}{d_2}$ și $\frac{S_m}{d}$ se remarcă chiar o ușoară tendință de scădere a forțelor F_p și F_d . Aceasta se constată a fi mai pronunțate la îmbinările bronz pe oțel decît la îmbinările fontă pe oțel. După tendința de scădere a forțelor, se observă o situație a mărimilor la valori aproximativ constante, fie o ușoară tendință de creștere.

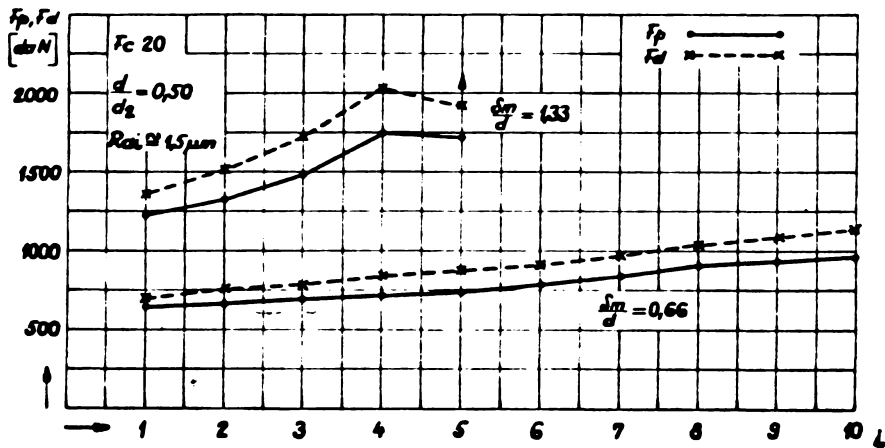


Fig.6.38. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i" la ajustajele avînd alezajele din Fc 20 și raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$

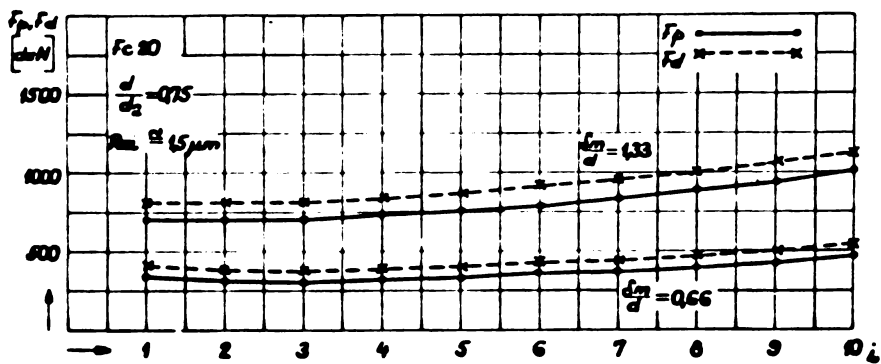


Fig.6.39. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i" la ajustajele avînd alezajele din Fc 20 și raportul $\frac{d}{d_2} = 0,75$

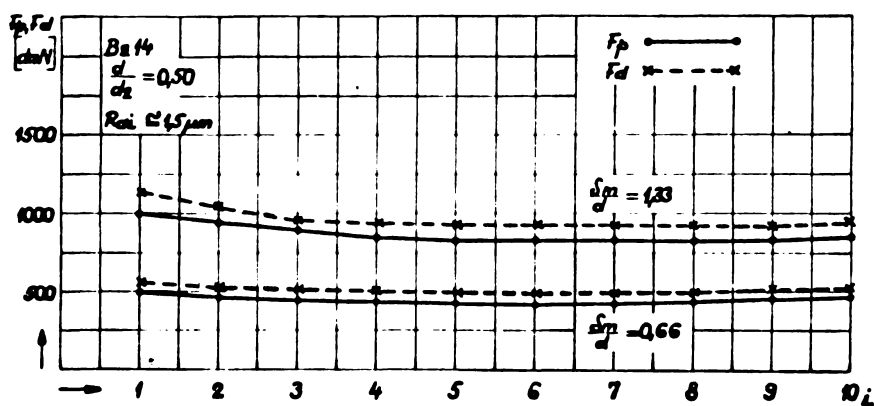


Fig.6.40. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i" la ajustajele avînd alezajele din Bz 14 și raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$

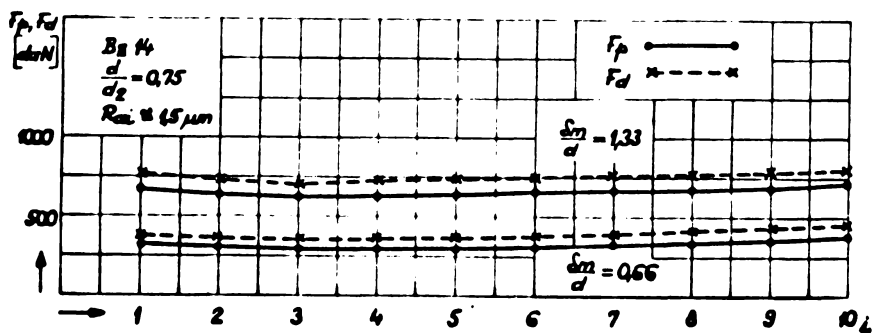


Fig.6.41. Diagrama de variație a forțelor F_p și F_d în funcție de "i" la ajustajele avînd alezajele din Bz 14 și raportul $\frac{d}{d_2} = 0,75$

Această comportare, deosebită, a ajustajelor cu strângere avînd alezajele din Fc 20 sau Bz 14, atunci cînd presările și depresările se repetă, față de ajustajele cu strângere avînd alezajele din OIC 45, se datorește materialului alezajelor (fontă sau bronz) care prezintă proprietăți de deformabilitate la limita de separare dintre piese și elasticitate scăzută în comparație cu oțelul. De asemenea, datorită fenomenului de "ungere" pe care-l oferă constituienții microstructurali δ și C_{gr} (carbonul grafit); primele presări și depresări se fac cu aceeași forță sau chiar în condițiile scăderii ușoare ale acesteia. Menținerea la valori aproximativ constante sau chiar creșterea ușoară ale F_p și F_d se poate interpreta pe seama înlăturării treptate a fazelor moi (δ și C_{gr}) de la o presare la alta, fapt ce determină apariția tot mai accentuată a frecării pe suprafețele maselor metalice de bază, sărăcite în faze moi. Pe de altă parte, în urma unor presări și depresări repetate, suprafețele de îmbinare (în special ale alezajului) realizează un grad tot mai avansat de netezime, care determină contacte mai întinse între cele două piese și cu această creșterea treptată a forțelor F_p și F_d .

În toate cazurile studiate, valorile lui "i" sînt cu mult mai mari decît la îmbinările oțel pe oțel. În lucrare a fost limitat numărul de presări și de depresări repetate (i) la valoarea $i = 10$, considerîndu-se aceasta ca fiind suficient de acoperitor față de practica demontărilor îmbinărilor cu strângere.

Se consideră a fi firesc ca numărul de presări și de depresări (i) să fie cu mult mai mare în cazul îmbinărilor cu strângere cînd alezajele sînt din fontă sau bronz decît atunci cînd sînt din oțel, deoarece în baza celor expuse mai sus natura frecării dintre piesele în contact este diferită, ea fiind facilitată

În cazul fontei și a bronzului prin caracterul "onctuos" al fazelor moi ale celor două materiale. De asemenea, alezajul confecționat din Fc 20 sau Bz 14 se comportă diferit sub aspectul caracteristicilor mecanice (modulul de elasticitate), față de cel al oțelului OLC 45.

Influența strîngerii medii relative măsurate ($\frac{S_m}{d}$) și a raportului diametrelor ($\frac{d}{d_2}$), se manifestă mai evident în cazul îmbinărilor la care alezajele sînt din fontă Fc 20. În figurile 6.38 și 6.39 se observă că la strîngeri $\frac{S_m}{d}$ mari (1,33) și la raporturi $\frac{d}{d_2}$ mai mici (0,50) apare chiar situația în care numărul de presări și de depresări "i" este limitat la $i=4...5$, cînd pe suprafața de contact apar rizuri, deteriorări, gripaj, în timp ce forțele F_p și F_d au crescut substanțial.

În cazul îmbinărilor cu strîngere la care alezajele sînt din bronz Bz 14 (fig.6.40; 6.41) strîngerea $\frac{S_m}{d}$ și raportul $\frac{d}{d_2}$ influențează asupra valorilor absolute ale forțelor de presare și de depresare. Totuși se observă că la rapoarte $\frac{d}{d_2}$ mai mari (0,75) cînd pereții alezajelor sînt mai subțiri, variația forțelor F_p și F_d în funcție de "i" este constantă sau crește ușor, pe cînd la rapoarte $\frac{d}{d_2}$ mai mici (0,50), cînd pereții alezajelor sînt mai groși, variația forțelor F_p și F_d în funcție de "i" scade ușor. Această situație poate fi pusă pe seama deformabilității alezajului din Bz 14, a vîrfurilor asperităților, respectiv a punctelor de contact.

Se mai cunoaște din lucrarea [31] că, contactul dintre suprafețe are un caracter elasto-plastic. Se poate presupune că atunci cînd pereții alezajului sînt mai groși să predominie la vîrfurile asperităților deformația plastică care influențează la scăderea forțelor de presare și de depresare, în comparație cu

cazul cînd pereții alezajului sînt mai subțiri și cînd predomină deformația elastică, care influențează la creșterea forțelor F_p și F_d . Desigur că fenomenele care intervin sînt mult mai complexe și apar mulți factori imprevizibili de care nu se poate ține seama.

Referitor la alezajele din fontă, apare o oarecare deosebire față de alezajele din bronz, în ceea ce privește variația forțelor de presare și de depresare, care poate să-și găsească explicația în faptul că, la strîngeri $\frac{S_m}{d}$ mari, înlăturarea constituenților moi, onctuos al grafitului prin "raclare" se face mai ușor și mai pronunțat, iar frecarea se produce pe masa metalică de bază a fontei — aceiași ca a oțelului — modificînd substanțial variația, respectiv valoarea forțelor F_p și F_d . La alezajele din Bz 14, fenomenele nu se mai produc în același fel, deoarece constituenții moi este mai bine cuprins în masa de bază a metalului, înlăturarea lui fiind mult mai dificilă. De asemenea, chiar masa metalului de bază la bronz este moale, motiv pentru care variația F_p și F_d este neînsemnată.

Pentru practica utilizării ajustajelor cu strîngere, care se pretează la montări și demontări repetate și care urmăresc realizarea și menținerea unui anumit grad de fixare între cele două piese perechi, de o deosebită importanță este cunoașterea forței de depresare (F_d) după $i = 1; 2... \text{ sau mai multe depresări.}$

În general, ajustajul cu strîngere este vizat sub aspectul tehnologic, privitor la forța de presare (F_p), a cărei mărime depinde de calitatea materialului, tehnologia de prelucrare, dificultatea de montaj etc. și sub aspect funcțional, privitor la forța de depresare (F_d) care este mărimea concludentă a gradului de fixare.

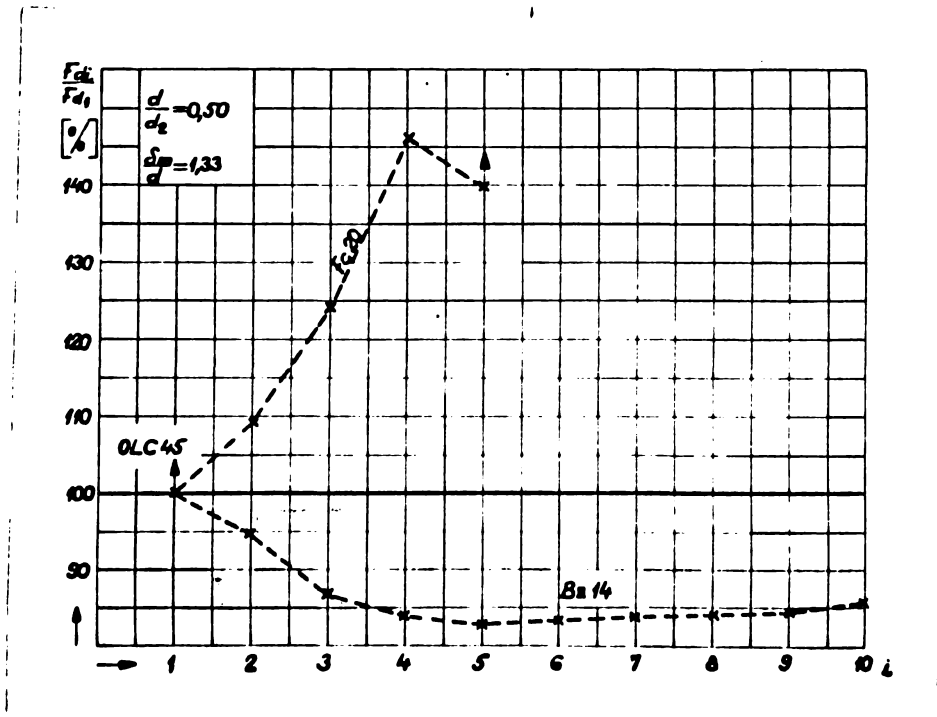


Fig.6.42. Diagrama de variație $\frac{F_{di}}{F_{d1}}$ în funcție de "i", pentru raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$ și $\frac{S_{m1}}{d} = 1,33$

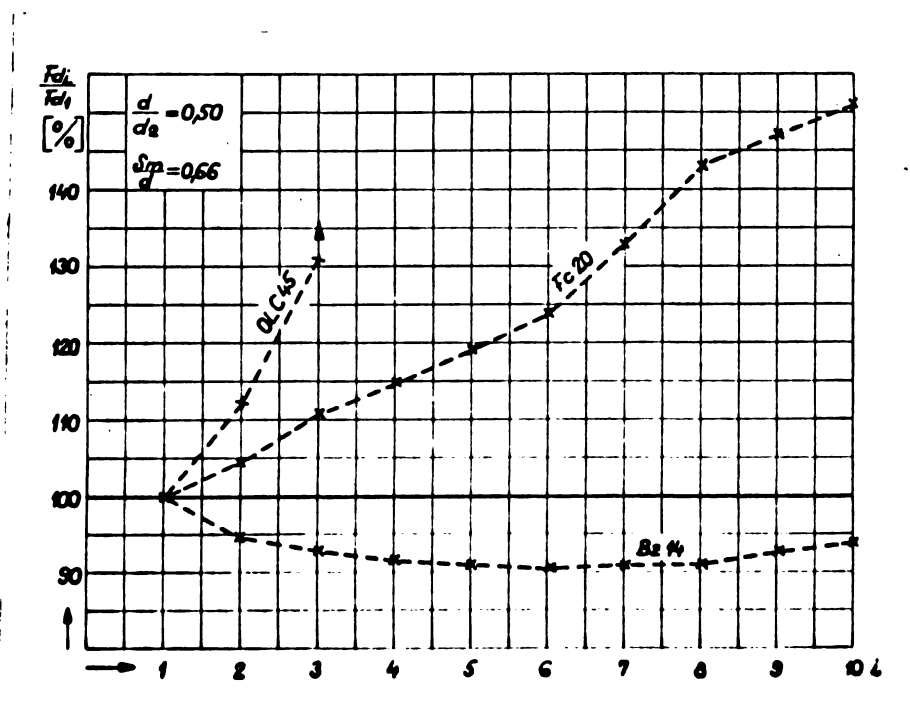


Fig.6.43. Diagrama de variație $\frac{F_{di}}{F_{d1}}$ în funcție de "i", pentru raportul $\frac{d}{d_2} = 0,50$ și $\frac{S_{m1}}{d} = 0,66$.

În figurile 6.42; 6.43; 6.44 și 6.45 sînt reprezentate variațiile procentuale ale valorii relative ale forței de depresare ($\frac{F_{di}}{F_{d1}}$) în funcție de numărul de presări și de depresări repetate (i), pentru ajustajele cu strîngere studiate, avînd strîngerea $\frac{S_m}{d} = 1,33$ și $0,66$ și raportul diametrelor $\frac{d}{d_2} = 0,50$ și $0,75$.

Variațiile procentuale ale valorii relative ale forței de depresare ($\frac{F_{di}}{F_{d1}}$) s-a stabilit la o succesiune anumită de "i" prin raportul dintre forța de depresare la un anumit $i = 1,2,3\dots n$ și forța de depresare la $i = 1$.

Forța de depresare fiind o caracteristică de funcționare, autorul este interesat asupra acestui parametru și de mărimea lui, la fiecare număr "i". Suprafețele pieselor care au fost luate în considerare pentru experimentări, respectiv pentru construcția diagramei au avut rugozitatea prescrisă de STAS R 6859-68 ($0,4 \dots 1,6 \mu m$) pentru clasa de precizie în care au fost prelucrate ajustajele luate în studiu ($\frac{H7}{p6}$ și $\frac{H7}{r6}$).

Din diagramele de mai sus, urmărind influența raportului diametrelor ($\frac{d}{d_2}$) și a strîngerii ($\frac{S_m}{d}$) se constată următoarele :

La rapoarte $\frac{d}{d_2}$ mai mici (fig. 6.42 și 6.43), forța de depresare F_{di} , la îmbinările cu strîngere oțel pe oțel și fontă pe oțel, crește procentual față de forța de depresare inițială (F_{d1}), în schimb la îmbinările cu strîngere bronz pe oțel, forța de depresare F_{di} scade procentual față de F_{d1} .

La rapoarte $\frac{d}{d_2}$ mai mari (fig.6.44 și 6.45) se păstrează aceleași caracteristici, excepție fiind faptul că de la un anumit "i", forța F_{di} are la îmbinările bronz pe oțel, o ușoară tendință de creștere, depășind chiar valoarea F_{d1} .

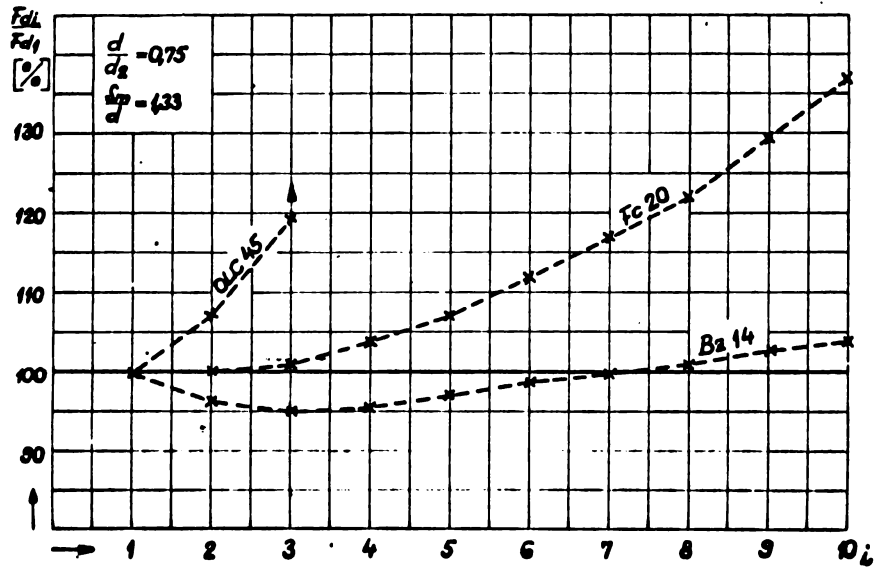
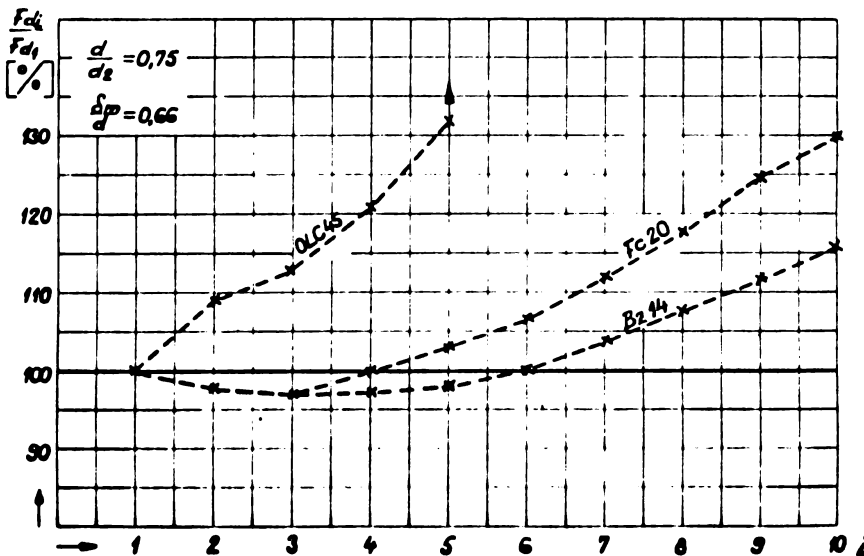


Fig.6.44. Diagrama de variație $\frac{F_{di}}{F_{d1}}$ în funcție de "i", pentru raportul $\frac{d}{d_2} = 0,75$ și $\frac{S_p}{d} = 1,33$



INSTITUTUL POLITEHNIC
TIMIȘOARA
BIBLIOTECA CENTRALĂ

Fig.6.45. Diagrama de variație $\frac{F_{di}}{F_{d1}}$ în funcție de "i", pentru raportul $\frac{d}{d_2} = 0,75$ și $\frac{S_p}{d} = 0,66$.

La strângeri $\frac{S_m}{d}$ mari (1,33), creșterile forțelor F_{di} sînt mai accentuate, decît la strîngerile $\frac{S_m}{d}$ mai mici (0,66) unde creșterile forțelor F_{di} sînt mai puțin pronunțate.

Indiferent de situație și de influența parametrilor, este evident că ordinea mărimii și a creșterii forței F_{di} este în sensul : ajustaje cu alezaje din OLC45 \rightarrow Fe 20 \rightarrow Bz 14, ca urmare a fenomenelor descrise în acest capitol.

PARTEA IV - a

CAPITOLUL 7.

CONCLUZII FINALE

Tema tratată în teza de doctorat este rezultatul studiilor și cercetărilor experimentale întreprinse de autor asupra ajustajelor cu strângere $\frac{H7}{p6}$ și $\frac{H7}{r6}$ presate la rece, folosind materiale feroase și neferoase standardizate.

Se evidențiază procedeele de prelucrare mecanică cele mai avantajoase din punct de vedere al preciziei dimensionale, netezimii suprafeței și factorului economic.

În lucrare, se determină legătura dintre caracteristicile de ajustare și parametrii tehnologici, precum și influența acestora asupra îmbinărilor cu strângere. Varierea mărimii gradului de fixare, se rezolvă, folosind metoda îmbinării selective, în scopul obținerii unei precizii prescrise și a unei strângeri dirijate. După cum reiese din expunerea făcută la subcapitolul 5.4, la montarea ajustajelor cu strângere, se necesită introducerea unor dispozitive-bucșe de ghidare, care să asigure pătrunderea axial corectă a arborelui în alezaj.

Contribuții expuse în lucrare :

1. Stabilirea influenței diferiților factori, în procesul de prelucrare prin deformare plastică a microneregularităților, asupra netezimii suprafeței și mărimii deformației plastice.

2. Precizarea ordinii parametrilor prelucrării cercetați, în ceea ce privește ponderea influenței lor asupra netezimii suprafețelor și mărimii deformației plastice.

3. Evidențierea parametrului și a condițiilor de prelucrare prin deformare plastică, când rugozitatea suprafeței, practic, nu se mai modifică, la un moment dat existînd și posibilitatea de apariție a fenomenului de distrugere, de exfoliere a stratului superficial.

4. Relații de calcul, pentru stabilirea rugozității suprafeței prelucrate și a mărimii deformației plastice rezultate în procesul de netezire prin rulare.

5. Nomogramă, pentru stabilirea rapidă a parametrului principal: forța, necesară realizării presiunii de deformare plastică.

6. Stabilirea influenței diferiților factori, asupra ajustajelor cu strîngere, cu precizarea ponderii lor de influență. Astfel, experimental s-a evidențiat modul în care pe lîngă parametrul principal și hotărîtor : mărimea strîngerii, asupra gradului de fixare își exercită influența și grosimea pereților, materialul, rugozitatea suprafeței de contact și starea stratului superficial.

7. Precizarea că, în condiții egale, ajustajele cu strîngere avînd arbori ecruișați realizează forțe de presare și de depresare mai mari, decît ajustajele cu strîngere avînd arbori rectificați

8. Stabilirea unei relații de calcul a forței de presare în funcție de parametrii cercetați: strîngerea relativă, raportul diametrelor $\frac{d}{d_2}$, modulul de elasticitate al materialelor studiate.

9. La ajustajele cu strîngere, stabilirea gradului de fixare exprimat prin forța depresare, scade, mai mult sau mai puțin, cu creșterea rugozității suprafețelor de îmbinare.

10. Evidențierea că, într-un anumit interval de rugozitate ale suprafețelor de îmbinare, la ajustajele din OLC 45, scăderea forței de depresiune, prin creșterea rugozității suprafețelor, nu se face în aceeași proporție ca și a forței de presare, confirmând realizarea unei mai bune aderențe atunci când suprafața este mai rugoasă, decât la suprafețe mai puțin rugoase.

11. Precizarea că, influența rugozității suprafețelor de îmbinare asupra ajustajelor cu strângere, se micșorează, pe măsura creșterii strângerii și a grosimii pereților alezajelor.

12. După cum reiese din expunerea făcută la subcapitolul 6.2. în cazul alezajelor cu pereți subțiri, ajustajele cu strângere având arbori ecruișați, se comportă din punct de vedere al rugozității, la fel ca și ajustajele cu strângere având arbori rectificați.

13. La ajustajele cu strângere, având alezajele din Fc 20 sau Bz 14, se stabilește că, scăderea forței de presare și de depresiune se face în aceeași proporție, la creșterea rugozității suprafețelor de contact. Astfel că, fenomenul de aderență se face puțin simțit la modificarea rugozității suprafețelor.

14. Precizarea că, la strângeri și grosimi mari ale pereților alezajelor, la ajustajele din OLC 45, forțele de presare și de depresiune scad în proporție mult mai mică, la creșterea rugozității suprafețelor de contact, decât în cazul ajustajelor la care alezajele sînt din Fc 20 sau Bz 14.

15. Evidențierea fenomenului de gripaj, datorită supraecruisării suprafețelor de contact, prin efectuarea unor presări și depresiuni repetate, asupra ajustajelor cu strângere presate la rece.

16. Stabilirea influenței caracteristicilor de ajustare și a factorilor tehnologici, asupra numărului de presări și de presări repetate, cu precizarea ponderei lor de influență.

Astfel se evidențiază :

- Influența strîngerii măsurate medii relative,
- Influența grosimii pereților alezajelor,
- Influența materialului ajustajului,
- Influența rugozității suprafețelor de contact,
- Influența stării stratului superficial.

17. Precizarea că, de la o anumită valoare a strîngerii și o anumită grosime a pereților alezajului, ajustajul cu strîngere devine practic nedemontabil de la prima presare.

18. Precizarea că, în condiții egale, ajustajele cu strîngere avînd rugozitatea suprafețelor de îmbinare mai mare, numărul de presări și de depresări, precum și forțele de presare și de depresare sînt mai mari.

19. Precizarea că, în condiții egale, ajustajele cu strîngere avînd arbori ecruișați, permit un număr de presări și de depresări, precum și forțe de presare și de depresare, mai mari, decît ajustajele cu strîngere avînd arbori rectificați.

20. Literatura de specialitate menționează că, la îmbinările cu strîngere, valorile forțelor de presare și de depresare scad, cu numărul de presări și de depresări. În lucrare, se vedește că la îmbinările cu strîngere presate la rece, din oțel OLC 45, prin creșterea numărului de presări și de depresări, cresc și forțele de presare și de depresare într-o proporție care depinde de caracteristicile de ajustare și de factorii tehnologici.

La ajustajele cu strângere presate la rece, la care alezajele sînt din Fc 20 sau Bz 14, se respectă în anumite condiții specificațiile literaturii de specialitate.

21. Stabilirea variației procentuale ale valorii relative ale forței de depresare, ca mărime concludentă a gradului de fixare, urmărită la o succesiune de presări și depresări repetate, în cazul ajustajelor cu strângere, în condițiile modificării caracteristicilor de ajustare și a factorilor tehnologici.

Dacă se are în vedere că pînă în prezent în literatura de specialitate, problemele sub acest aspect au fost foarte puțin studiate, că lipsesc date experimentale capabile, să se pună de acord cu realitatea "practică", lucrarea de față încearcă să aducă o modestă contribuție la elucidarea unor importante aspecte teoretice și practice și completează o parte din golurile existente în domeniul respectiv.

BIBLIOGRAFIE

1. O.R.Adler - Selecții de cîmpuri de toleranță ISO preferențiale și aplicarea lor. Revista standardizare nr.7/1968
2. N.N.Antonescu
L.T. Gârleanu - Mașini-unelte și prelucrări prin așchiere Editura didactică și pedagogică. București 1972.
3. C.Burada
Gh.Ionescu - Roți, osii și osii montate pentru vagoane. Centrul de documentare și publicații tehnice M.C.F.1969.
4. Gh.Buzdugan - Rezistența materialelor vol.II.București Editura tehnică 1957.
5. IN. Bezuhov - Teoria elasticității și plasticității București Editura tehnică 1957.
6. E.I.Berniker - Posadchi s natiagom v mașinostrenii. Moskva 1966. Leningrad
7. L.A.Boldin - K rascetu posadok po veroiatnim parametram. Vestnik masinostroenia nr.7.1965.
8. W. Biederstedt - Presspassungen im elastischen, elastisch-plastischen verformungsbereich."Technische Rundschau" 1963.
9. Baranov - Normarea tehnică în uzinele constructoare de mașini Editura tehnică București 1960
10. Brandt W.E. - Machinery, nr.12.1961
11. E.A.Cornelius - Die Dauerwechselfestigkeit von welen unter dem Einfluss von Pressitzen. Konstruktion 9,nr.3.1957.

12. P.Cojerean
C.Nica - Prelucrarea de netezire prin deformare plastică a suprafețelor cilindrice exterioare. Bulet.științ.și tehnic I.P.T.Tom 18(32) fasc.1/973
13. P.Cojerean
C.Nica - Relații între parametrii prelucrării prin deformare plastică a suprafețelor cilindrice exterioare și calitatea suprafețelor prelucrate.Comunic.a II-a conf.din domeniul proces.și utilaj.de prelucr.la rece.Timișoara oct.1973.
14. A.I.Cașirin - Tehnologia construcției de mașini. Ed.tehnică 1953.
15. D.Dragu - Toleranțe și măsurători tehnice.Edit. Didactică și Pedagogică București 1969
16. P.F.Dunaev și alții - Rascet svedinenii s garantirovanfm natiagom s ucetom raseivania razmerov vala i otverstia. Vestnik mașinostroe-nia nr.4.1963.
17. Gh.Drăghici - Metode înaintate de prelucrarea metalelor.Ed.tehnică București 1965.
18. Gherman Drăghici - Tehnologia construcției de mașini Ed.didact.și pedagogică București 1962
19. Diaconescu - Mașini-unelte vol.I.
20. P.R.Diacenco - Kacestov poverhnosti detalei mașin. Moscova 1961-
21. Stefănuță Enache - Calitatea suprafețelor prelucrate Ed.tehnică București 1966.
22. Eder E. - Werkstattstechnik und Maschinenbau, Oct.1956.
23. F.Florin - Leitertafeln zur Berechnung von Schrumpfverbindungen.Konstruktion 9 nr.8.1957.

24. x x x - Finisarea suprafețelor prin deformare plastică I.D.T. București 1966
25. G.Gärtner - Zur Wahl des Fugendurchmessers bei Pressverbindungen. Konstruktion 16 (1964)H 7.
26. Dr.ing.I.Gavrilaș
Dr.ing.A.Maier - Netezirea și ecruisarea suprafețelor prin rulare, alunecare și lovire.Ed. tehnică București 1972.
27. A.Gruss - Versuche mit dem Druckölverfahren an Eisenbahnradstößen Eisenbahn Technik (1961)
28. B.Horovitz - Organe de mașini, Editura didactică și pedagogică București 1969.
29. G.Hentschel - Grundlagen der Bemessung lösbarer Schrumpferbände. Konstruktion 8(1956)
30. Prof.Dr.ing.Krpan
Dragotin - Variabilitatea coeficienților de frecare la alunecare construcții de mașini nr.5-1966
31. IV-Kraghelski și alții - Coeficienții de frecare (Traducere din limba rusă)Ed.tehnică București 1957
32. O.Kienzle u.
A.Heiss - Die Oberflächenabtastung in zwei Richtung Werkstattstechnik und Maschinenbau H.3.1951.
33. O.Kienzle și alții - Die Prezpassung in der Feinmechanik. Werkstattstechnik u.Maschinenbau 46 (1956)
34. Kress,K.G. - Einmeseer Maschinenreibahle Maschinenbautechnik, nr.3,1964

35. V.M.Kovan și V.S.Korsacov - Isledovanie vliania tehnologhiceschih factorov na cistotu poverhnertei, obrabotnîh toceniem slifovanîem. Moscova Maşghiz 1949.
36. I.Lăzărescu și alții - Toleranțe și măsurători tehnice Editura didactică și pedagogică Bucureşti 1969
37. I.Lăzărescu - Teoria aşchierii metalelor și proiectarea sculelor. Editura didactică și pedagogică Bucureşti 1964.
38. M.R.Mustafa și C.Lazăr - Asamblări filetate și prin strângere. Edit. tehnică Bucureşti 1964
39. Gh. Manea - Organe de maşini vol. I. Editura tehnică Bucureşti 1970.
40. x x x - Manualul inginerului mecanic Ed. tehnică Bucureşti 1952.
41. T.M. Mahonina - Rascetî na procinisti Vip. 3-1958, Vip 5- 1959, Vip 6-1960 Maşghiz.
42. x x x - Maşinostioenic Tom 1. Moskva 1948
43. x x x - Manualul inginerului mecanic vol. I Ed. tehnică Bucureşti 1959.
44. x x x - Manualul inginerului mecanic. Tehnologia Construcţiilor de maşini Ed. didactică Bucureşti
45. G. Niemann - Maschinenelemente. Erster Band. Neudruck 1963.
46. A. Peiter - Experimentelle Spannungsanalyse an Schrumpfpassungen. Konstruktion 10(1958)

47. A. Peiter - Die Ermittlung der Fugenpressung in Querpresspassungen. Konstruktion 14(1962)
48. A. Peiter - Theoretische Spannungsanalyse an Schrumpfpassungen. Konstruktion nr. 10 (1958)
49. Pahlitzsch și alții - Über des Glatwalzen Kreis "Werkstattstechnik und Maschinenbau" nr. 11 1957
50. C. Picoș și alții - Indrumar. Tehnologia construcției de mașini. Calculul adaosului de prelucrare. Editura didactică și pedagogică București 1964.
51. Constantin Picoș - Tehnologia construcției de Mașini Ed. didac. și pedagogic București 1974
52. D. N. Reșetov - Organe de mașini (traducere din l. rusă) Ed. tehnică București 1963
53. A. Ripianu și alții - Osii și arbori rectilinii. Editura tehnică București 1964.
54. A. I. Rîvchin - Slifovanie metallov s padacei ohlaj-daiușcei jidcosti scnozi șlifovalnfi crug. Stauki i instrument nr. 7 1952
55. I. Rabinovici - Toleranțe și ajustaje vol. I Editura tehnică București 1971
56. Savii Gheorghe și alții - Tehnologia construcției de mașini. Ed. didactică și pedag. București 1967.
57. N. D. Tarasov - Rascetf napriajenfh posadoc b masino-stroienie. Moskva 1961
58. x x x - Toleranțe și ajustaje Edit. tehnică București 1969.

59. Thum und Wunderlich - Der Einfluss von Einspann und Kraftangriffsstellen auf die Dauerhaltbarkeit der Konstruktionen VDI 77 (1933)
60. N.D.Tarabacob - Rasceti napriajenih posadok b Masinostroieni M.Mağhiz. 1961
61. Gh.Tirpe - Precizia prelucrării prin aşchiere Edit.tehnică Bucureşti 1972
62. Dr.Vöröş Imre - Gépelemek I. pag.122...140 Budapesta 1970
63. Al.Vlad - Finisarea suprafeţelor prin deformare plastică.Construcţii de maşini nr.6/196
64. W.M.de Vries - Neue Gedanken Über Oberflächenrauheit, Toleranz und Passung. Werkstattstechnik und Maschinenbau (1956)H9.S.448-450
65. S.Werth - Kräfte an Längsprezsitzen VDI-Zeitschrift vol 82 nr.16 1938
66. A.M.Vulf - Novie raboti po rezanie metalov. Moscova, Mağhiz 1951
67. x x x - Colecţia STAS

x x x

C U P R I N S

pag.

INTRODUCERE

PARTEA I-a

AJUSTAJELE CU STRINGERE

Cap.1 - UNELE CONSIDERATII ASUPRA AJUSTAJELOR

CU STRINGERE.....	9
1.1. Generalități	
1.2. Alegerea ajustajelor cu strângere și domeniul de utilizare.....	10
1.3. Ajustajele cu strângere studiate în prezenta lucrare.....	13
1.4. Relații fundamentale. Condiții pentru realizarea valorilor strîngerilor.....	14
1.4.1. Poziția relativă a cîmpului de toleranță și valorile caracteris- ticilor de îmbinare la ajustajele studiate.....	16

Cap.2 - CALCULUL ÎMBINĂRILOR CU STRINGERE.....

2.1. Îmbinări cu deformații elastice.....	22
2.1.1. Eforturile unitare	
2.1.2. Determinarea strîngerii.....	23
2.1.3. Presiunea necesară realizării strîngerii.....	26
2.2. Condiția de plasticitate.....	28
2.2.1. Eforturile unitare.....	
2.2.2. Presiunea la care încep defor- mațiile plastice.....	29
2.3. Îmbinări cu deformații elasto-plastice.	31

<u>PARTEA II-a</u>	pag
PRELUCRAREA AJUSTAJELOR CU STRINGERE	
Cap.3 - CONSIDERATII PRIVIND PROCEDEELE DE PRELUCRARE	
FOLOSITE LA REALIZAREA AJUSTAJELOR CU STRINGERE.	34
3.1. Prelucrarea suprafețelor cilindrice	
exterioare.....	35
3.2. Prelucrarea suprafețelor cilindrice	
interioare.....	37
Cap.4 - PRELUCRAREA DE FINISARE A SUPRAFETELOR CILINDRICE EXTERIOARE PRIN DEFORMARE PLASTICA A MICRONEREGULARITATILOR.....	41
4.1. Considerații generale	
4.2. Procedee de netezire prin deformare plastică folosite la prelucrarea suprafețelor cilindrice exterioare.....	42
4.3. Unele considerații asupra procesului de netezire prin deformare plastică.....	45
4.4. Contribuții la procedeul de netezire prin rulare.....	51
4.4.1. Dispozitivul de netezire	
4.4.2. Metodica de lucru.....	53
4.4.3. Parametrii cercetați la prelucrarea de netezire prin rulare.....	54
4.4.4. Relații între parametrii prelucrării prin deformare plastică...	64

PARTEA III-a

CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND COMPORTAREA AJUSTAJELOR CU STRINGERE CONSIDERATE

Cap.5 - ASPECTE TEHNOLOGICE, INSTALATIA SI METODICA DE LUCRU.....	77
--------------------------------------------------------------------------	-----------

	pag.
5.1. Materialele utilizate	78
5.2. Confecționarea probelor.....	80
5.2.1. Prelucrarea arborilor.....	82
5.2.2. Prelucrarea alezajelor.....	83
5.3. Măsurările efectuate privind precizia și netezimea suprafețelor.....	87
5.4. Instalația și metodică de lucru.....	90
Cap.6 - INFLUENȚA MATERIALULUI, A PROCEDEULUI DE PRE- LUCRARE ȘI A CONDIȚIILOR DE MONTAJ ASUPRA ÎMBI- NĂRILOR CU STRINGERE STUDIATE.....	92
6.1. Influența strângerii asupra forței de pre- sare și de depresare, în condițiile modi- ficării parametrilor tehnologici.....	111
6.2. Influența rugozității suprafețelor de îmbi- nare asupra forței de presare și de depre- sare în cazul ajustajelor cu strângere....	128
6.3. Comportarea ajustajelor cu strângere la montări și demontări repetate	154
 <u>PARTEA IV-a</u>	
Cap.7 - CONCLUZII FINALE.....	159
BIBLIOGRAFIE.....	159