

Prefață

Lucrarea de față este adresată în primul rând studenților de la facultățile de inginerie având specializarea în domeniul tehnologic și managerial.

Totodată, este de la sine înțeles, prin abordarea elementelor de bază ale oricărui sistem de fabricație, ea poate servi ca referință și specialiștilor din sfera productivă, contribuind la elaborarea unor procese tehnologice în concordanță cu cerințele tehnico-economice actuale. Eficiența tuturor ramurilor industriale este în funcție de nivelul tehnologiei aplicate. Pornind de la origine, cuvântul “Tehnologie” provine din limba greacă; cuvintele “Tehnos” – artă, meserie, îndemânare și “Logos” – știința, gândirii, exprimă deci o “știință a artei, meserie sau îndemânare”, este știința care se ocupă cu studierea metodelor de prelucrare mecanică cu scopul de a asigura obținerea pieselor de mașini la condițiile tehnice prestabilite, cu cheltuieli minime.

Este, deci, o știință de graniță între științele tehnice și cele economice, fiind prin excelență o știință de sinteză.

Tehnologia Construcției de Mașini, a apărut mai târziu ca știință, în condițiile treceri la marea producție de mărfuri (caracteristică sfârșitului secolului XX), însă dezvoltarea ei ulterioară a căpătat un ritm deosebit de ridicat. Astfel, dacă ritmul general de dezvoltare al științei are o rată de dedublare de aproximativ 10 ani, volumul de cunoștințe în domeniul tehnologiei construcției de mașini are o rată de dedublare de 2-3 ani, chiar mai puțin în momentul de față.

Sarcinile specialistului tehnologic nu sunt deloc simple, proiectarea sau conducerea proceselor tehnologice de fabricație, elaborarea deciziilor trebuie să țină cont de cerințele atât ale științelor tehnice cât și celor economice.

Este necesară, pentru a fi stăpâni pe domeniu, cunoașterea elementelor de bază, cum ar fi problematica preciziei de prelucrare, a calității suprafețelor, criteriile de optimizare a proceselor tehnologice, a metodelor privind determinarea adaosurilor de prelucrare, normarea tehnică, precum și multe altele legate de

utilizarea din ce în ce mai mult a tehnicii computerizate în elaborarea tehnologiilor moderne de fabricație.

În consecință, a fost necesară elaborarea unei lucrări, cum este cea de față care tratează bazele tehnologiilor de fabricare în construcția de mașini, într-un volum care precede cel al tehnologiilor de fabricație propriu-zise.

În final, țin să aduc mulțumiri recenzorilor lucrării, precum și tuturor celor care m-au ajutat în diverse moduri la redactarea și publicarea ei în Editura Universității “Petru Maior”.

03.12.2013

Prof. univ. dr. ing. Lucian Grama
Facultatea de Inginerie
Universitatea “Petru Maior”
Târgu - Mureș

Cuprins

Prefață.....	3
Cuprins.....	5
Capitolul 1. Problematika generală a tehnologiilor de fabricare....	6
1.1. Procesul de producție specific întreprinderilor constructoare de mașini.....	6
1.2. Tipuri de producție.....	6
1.3. Procesul tehnologic – structură – elementele lui componente.....	9
Capitolul 2. Proiectarea proceselor tehnologice de prelucrare mecanică prin așchiere.....	11
2.1. Informații inițiale necesare proiectării proceselor tehnologice.....	11
2.2. Etapele proiectării proceselor tehnologice.....	12
2.3. Principii generale de proiectare a proceselor tehnologice de prelucrare mecanică prin așchiere.....	13
2.4. Principii în stabilirea succesiunii operațiilor și fazelor.....	17
2.5. Documentația tehnologică.....	20
Capitolul 3. Precizia de prelucrare.....	21
3.1. Metode statistice de determinare a preciziei de prelucrare... ..	22
3.2. Determinarea analitică a preciziei de prelucrare.....	27
3.3. Cauzele apariției erorilor de prelucrare.....	29
3.4. Metode de obținere a preciziei de prelucrare.....	44
3.5. Influența deformațiilor termice ale sculei asupra preciziei de prelucrare.....	48
3.6. Influența erorilor produse de imprecizia de execuție a elementelor sistemului tehnologic (MDPS) de prelucrare asupra preciziei.....	57
3.7. Influența tensiunilor interne asupra preciziei de prelucrare..	62
Capitolul 4. Optimizarea proceselor tehnologice.....	65
4.1. Proces tehnologic, aspectul proiectare-optimizare.....	65
4.2. Tipizarea proceselor tehnologice.....	66
Capitolul 5. Calitatea suprafețelor prelucrate.....	69
5.1. Generalități.....	69
5.2. Influența rugozității asupra preciziei dimensionale.....	72
5.3. Influența rugozității asupra rezistenței la uzură, oboseală și coroziune.....	72

5.4. Principalii factori care influențează rugozitatea suprafețelor prelucrate.....	75
Capitolul 6. Determinarea adaosurilor de prelucrare și al dimensiunilor intermediare.....	89
6.1. Generalități.....	89
6.2. Calculul analitic al adaosurilor de prelucrare și factorii de care depind.....	90
6.3. Calculul adaosurilor (dimensiunilor) intermediare.....	92
Capitolul 7. Criterii tehnologice privind determinarea regimurilor de aşchiere.....	99
7.1. Generalități.....	99
7.2. Optimizarea regimurilor de aşchiere în cazul prelucrărilor clasice (cu scule singulare), în domeniul vitezelor mici și mijlocii..	101
Capitolul 8. Normarea tehnică în construcția de mașini.....	113
8.1. Norma de lucru, norma de timp și norma de producție.....	113
8.2. Structura normei tehnice de timp N_T și stabilirea elementelor componente.....	114
8.3. Metode folosite pentru determinarea normelor tehnice de timp, modalități de măsurare și analiză.....	116
8.4. Exemple de stabilire a principalilor timpi de bază la unele operații de prelucrare pe mașini-unelte.....	119
Capitolul 9. Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin aşchiere a aliajelor feroase.....	125
9.1. Importanța cunoașterii prelucrabilității.....	125
9.2. Clasificarea procedeelor de determinare a prelucrabilității prin aşchiere.....	126
9.3. Metode directe de determinare a prelucrabilității prin aşchiere.....	127
9.4. Metode indirecte de determinare a prelucrabilității prin aşchiere.....	162
9.5. Concluzii privind metodele de determinare a prelucrabilității prin aşchiere.....	166
Bibliografie	172

Capitolul 1

1. Problematika generală a tehnologiilor de fabricare

1.1. Procesul de producție specific întreprinderilor constructoare de mașini

Definim **procesul de producție** al unei întreprinderi constructoare de mașini, ca fiind totalitatea acțiunilor care concură la obținerea semifabricatelor (turnare, forjare sau debitare, laminare matrițare, etc.), toate formele de prelucrare a lor (mecanică, termică, chimică, electrică), controlul tehnic dimensional și al calității în toate etapele de prelucrare, transportul materialelor, semifabricatelor și produselor, asamblarea, vopsirea, împachetarea și expedierea produselor finite.[34]

În procesul de producție, pe lângă etapele legate nemijlocit de transformarea materiei prime sau a semifabricatelor în produse finite, numite **proces de bază**, mai intră și **etapele de pregătire și deservire** a fabricației: **proces auxiliare** (legate de realizarea S.D.V.-urilor, control tehnic al calității, transportul semifabricatelor, pieselor și produselor, expedierea etc.).

Prelucrările mecanice prin așchiere se încadrează deci în cadrul proceselor de bază.

1.2. Tipuri de producție

Industria constructoare de mașini este (în momentul de față) caracterizată prin existența a trei tipuri distincte de producție:

- producția individuală sau de unicate;
- producția de serie;
- producția de masă.

Elementele care definesc și categorisesc tipul de producție sunt: cantitatea produselor fabricate, ciclul de fabricație, nomenclatura fabricatelor, tipul utilajelor folosite și al S.D.V.-urilor, modul de amplasare al utilajelor, tipurile de semifabricate, reglarea sculelor la dimensiune, calificarea personalului muncitor, indicii tehnico-economici și bineînțeles pregătirea fabricației.

Producția individuală și de unicate. Se caracterizează prin fabricația unui număr foarte mic de produse de același fel, fie de unicate, S.D.V.-urile folosite sunt universale. În cazul tendinței moderne a rapidității în execuția de prototipuri cu înalt grad de precizie și calitate este oportună utilizarea mașinilor-unelte cu conducere numerică.

În general, însă, amplasarea utilajelor se face pe tipuri (grupe) de mașini. Documentația tehnologică: fișa tehnologică. Reglarea sculelor la dimensiune se face după metoda trasajului și a așchiilor de probă. Semifabricatele sunt mai îndepărtate ca forma de piesa finită, întâlnind-se mai des laminate la cald sau la rece, semifabricatele turnate în forme de nisip sau forjate liber.

Producția de serie este caracterizată prin faptul că piesele sunt executate în loturi și serii care se repetă cu regularitate după un interval de timp dat. Nomenclatura produselor este mai redusă decât în cazul producției individuale sau de unicate. Ca de exemplu: mașinile-unelte, motoarele, pompele, utilajele tehnologice de diferite tipuri sunt fabricate în producția de tip serie.

Mașinile-unelte folosite sunt universale, de regulă dar se întâlnesc și mașini specializate (folosite la operații de același fel, uneori cu dimensiuni diferite). S.D.V.-urile sunt de obicei universale, mai rar specializate, la asamblare utilizându-se metoda ajustării. Amplasarea utilajelor se recomandă pe tipuri de mașini, de regulă în ordinea succesiunii operațiilor, fie după o combinație avantajoasă profilului întreprinderii. Semifabricatele sunt mai aproape de forma finală a pieselor. Ele pot fi mai ales: turnate (în forme metalice), matrițate sau forjate.

Cel mai important lucru îl **constituie reglarea sistemelor tehnologice la dimensiune**; (nu se folosesc metodele așchiilor de probă sau ale trasajului). Productivitatea este mai mare ca în cazul producției individuale, putând fi utilizată mână de lucru cu calificare mai redusă. La asamblare se utilizează metoda interschimbabilității totale (în cazul producției de mașini-unelte sau agregate tehnologice e folosită des ajustarea).

Documentația: planuri de operații și fișe tehnologice.

Producția de masă, caracterizată prin faptul că produsele în cantități mari se execută în mod continuu, este specifică fabricației îndelungate a unor produse specializate (utilaje, autovehicule, piese de schimb, etc.).

Astfel nomenclatorul fabricatelor este redus, ciclul de fabricație riguros stabilit și respectat. Mașinile-unelte sunt specializate și speciale (deseori agregate, linii automate, etc.). S.D.V.-urile sunt speciale, echipamentele fiind amplasate numai în ordinea succesiunii tehnologice a operațiilor fabricația fiind organizată cu predilecție în flux tehnologic. Documentația de bază este planul de operații și mai rar fișa tehnologică. Semifabricatele sunt foarte apropiate de forma finală a pieselor (turnate sau matrițate cu precizie).

Sistemele tehnologice sunt reglate la dimensiune. Elementele procesului tehnologic sunt mecanizate sau automatizate. Operațiile fiind diferențiale și specializate la maxim, se atinge obținerea unei înalte productivități, utilizând o mână de lucru slab calificată. Asamblarea se face numai după metoda interschimbabilități parțiale sau cea selectivă. În întreprinderi de tipul celor de autovehicule producția de masă se poate desfășura nu în toate sectoarele. Exemplul îl constituie secțiile de presare la rece sau în cazul prelucrărilor mecanice pe strunguri automate, datorită productivității înalte a utilajelor, producția se desfășoară după principiul fabricației de serie.

În concluzie, orice tip de producție trebuie să fie analizat ca fiind de masă sau de serie, după ponderea modului de producție existent la majoritatea locurilor de muncă ale întreprinderii respective.

1.3. Procesul tehnologic - structură - elementele lui componente

Ca parte integrantă a proceselor de producție, procesele tehnologice pot fi:

- procese tehnologice de prelucrare mecanică;
- procese tehnologice de asamblare.

Procesul tehnologic de prelucrare mecanică prin așchiere cuprinde acea parte a procesului de producție legată nemijlocit de schimbarea formei geometrice a semifabricatelor, referindu-se la totalitatea procedurilor așchietoare utilizate precum și a activităților prestate de personalul de deservire directă a mașinilor-unelte în vederea obținerii piesei finite. Procesul tehnologic se realizează la diferite locuri de muncă.

Locul de muncă reprezintă acea parte din suprafața de producție echipată cu utilajul corespunzător efectuării lucrării realizate pe el. În cadrul procesului tehnologic, la un loc de muncă asupra unui semifabricat se efectuează mai multe operații.

Operația reprezintă partea din procesul tehnologic care se execută la una sau mai multe așezări ale piesei (legată de instalarea semifabricatului) la un anumit loc de muncă.

La schimbarea locului de muncă și executarea procesului tehnologic de alt lucrător, prelucrarea va conține o altă operație. La rândul ei operația poate fi constituită din mai multe faze.

Faza: este acea parte a operației caracterizată prin prelucrarea uneia sau mai multor suprafețe dintr-o singură așezare și poziție cu una sau mai multe scule și cu același regim de așchiere.

De exemplu prelucrarea a două diametre ale unui arbore în trepte la strung din două așezări, constituie câte o fază (respectiv două faze). Tot

fază se consideră și prelucrarea unui alezaj cu ajutorul dispozitivului rotativ. Fazele sunt compuse din mai multe treceri.

Trecerea: se desfășoară în timpul procesului de îndepărtare a unui adaus de prelucrare la aceeași așezare și poziție a semifabricatului, inclusiv cu același regim de așchiere fiind de regulă caracterizat printr-o singură valoare a adâncimii de așchiere. Fazele și trecerile se compun din mânuiri, care reprezintă de fapt mișcările executate de operatorul uman în timpul prelucrării sau în vederea pregătirii lucrării.

Mișcarea se consideră elementul ultim în care se poate descompune un proces tehnologic.

Capitolul 2

2. Proiectarea proceselor tehnologice de prelucrare mecanică prin aşchiere

2.1. Informațiile inițiale necesare proiectării proceselor tehnologice

2.1.1. Desenul de execuție al piesei

Luând cronologic, documentul de bază al elaborării proceselor tehnologice îl constituie desenul de execuție al piesei. Pe acest schelet se construiește întreaga tehnologie de fabricație: informațiile pe care la conțin impun toți parametrii regimurilor tehnologice, mașinile - unelte, S.D.V.-urile, etc.. de aceea desenul de execuție trebuie să fie complet, fără greșeli, în el găsindu-se toate informațiile necesare obținerii prin prelucrare a reperului, toți parametrii preciziei de prelucrare (toleranțe, abateri de formă și poziție, rugozități, prescripții tehnice și tehnologice etc.).

Cazul ideal care se preferă este ca în elaborarea proiectelor a desenelor de execuție, tehnologul să aibă un cuvânt de spus. Această pondere făcând ca reperul să aibă caracteristica de tehnologicitate, oferind garanția obținerii și prelucrabilității în cadrul în cadrul unor condiții concrete de fabricație.[39]

2.1.2. Programul de producție

Parametrul tehnologic foarte important care la rândul său însoțește desenul de execuție sau orice documentație tehnologică este programul de producție. Cunoscut și sub denumirea de volum de fabricație, acesta impune la un moment dat structura procesului tehnologic.

Caracterul semifabricatului, tipul mașinilor – unelte, al S.D.V.-urilor, tipul producției etc. depind în cea mai mare măsură de programul de producție. Justificarea alegerii unei variante tehnologice trebuie privită direct prin prisma programului de producție.

2.1.3. Condițiile concrete din întreprindere, atelier, secție

În general se cunosc două situații:

- procesul tehnologic trebuie proiectat la niște condiții concrete de fabricație;
- paralel cu proiectarea proceselor tehnologice se proiectează și secția prelucrătoare.

Prima variantă cuprinde procesele tehnologice specifice producției individuale, de prototip, de serie mică și mijlocie. A doua situație este caracteristică fabricației de serie mare și masă.

General valabilă rămâne indicația privitoare la mașinile – unelte S.D.V.-urile, chiar și tipul de document tehnologic, care diferă de la caz la caz în funcție de condițiile de fabricație. Se remarcă faptul că în producția de serie mare și masă, de regulă în paralel se proiectează structura dotării spațiilor de fabricație, în baza existenței unui produs bine stabilit, cu ciclul de durată (ex. Industria de autovehicule, bunuri de larg consum etc.). În această situație mașinile – unelte sunt specializate, S.D.V.-urile la fel, inclusiv procesele tehnologice auxiliare.

2.2. Etapele proiectării proceselor tehnologice

Proiectarea proceselor tehnologice, în general, trebuie să parcurgă următoarele etape:

1. Studiul documentației tehnice, al piesei finite și a semifabricatului.
2. Alegerea justificativă a semifabricatului.
3. Stabilirea succesiuni și conținutului operațiilor și a fazelor.
4. Calculul erorilor de prelucrare în baza schemelor de așezare și fixare, dând posibilitatea alegerii judicioase a variantei (sau variantelor).
5. Indicarea echipamentului tehnologic adecvat variantei alese (inclusiv S.D.V.-urile).
6. Calculul adaosurilor de prelucrare și a dimensiunilor intermediare.
7. Determinarea regimurilor de prelucrare (inclusiv al regimului optim de așchiere).
 - 7.1. Calculul preciziei de prelucrare.
8. Normarea tehnică.
9. Sincronizarea operațiilor și ridicarea diagramei de încărcare a utilajelor.
10. Întocmirea planului de asamblare al echipamentelor tehnologice, a schemelor de transport operațional – traseul semifabricatelor.
11. Alegerea justificativă a celor mai bune soluții, definirea variantei tehnico-economice optime.

12. Întocmirea documentației tehnologice (planul de operații, fișa tehnologică, purtătorul de program – banda perforată, memoriul justificativ de calcul etc.) pentru varianta adoptată în final.

Sucesiunea etapelor în proiectarea proceselor tehnologice după metodica indicată are un caracter general. Ele se pot utiliza atât în producția individuală cât și în cea de serie și de masă, înglobând sau eliminând una din etape în funcție de specificul fabricației.

2.3. Principii generale de proiectare a proceselor tehnologice de prelucrarea mecanică prin așchiere

2.3.1. Tehnologicitatea ca factor de economie

Se poate afirma că o piesă are o bună tehnologicitate sau a fost corespunzător proiectată tehnologic, dacă uzinarea ei nu ridică probleme deosebite.

După cum se știe, în fazele de proiectare, piesa (reperul, organul de mașină) primește forma impusă de condițiile de funcționare. Din păcate, uneori, aspectul tehnologicității formei este neglijat de proiectant, acesta nu totdeauna fiind în măsură să aprecieze domeniul tehnologiei de fabricație. Apare aici necesitatea consultării dintre proiectant și tehnologul de fabricație. Condiția dublă a preciziei funcționale alături de minimizarea costului de fabricație face necesară uneori chiar reproiectarea piesei. Nu trebuie uitată ideea corelării celor două principii amintite la condițiile concrete de fabricație – atelierul respectiv (secția sau întreprinderea).

Tehnologicitatea unui produs depinde în principal de:

- forma produsului
- precizia impusă
- rolul funcțional.

Condițiile concrete de desfacere, competitivitatea produselor este și mai strâns legată de aspectul tehnologic al problemei. Acel produs care se produce mai ieftin și mai bine, (la un nivel corespunzător cerințelor) câștigă deci piața de desfacere, deci beneficiarii.

Desigur precizia ridicată de fabricație impune de la început un cost ridicat. Uneori nu trebuie exagerată cu această precizie, decât în faza de proiectare. În fig. 2.1. și fig. 2.2. se prezintă legătura dintre costul unui produs și precizia acestuia.

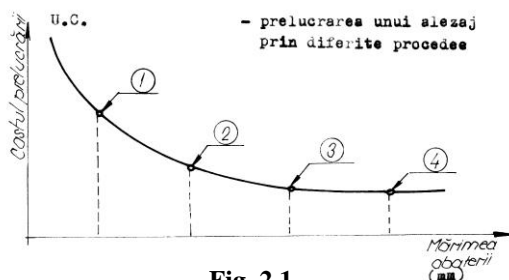


Fig. 2.1.

- 1. prelucrarea: { alezajului: strunjire, rectificare, netezire
arborelui: strunjire, rectificare, netezire
- 2. prelucrarea: { alezajului: strunjire, rectificare
arborelui: strunjire, rectificare
- 3. prelucrarea: { alezajului: strunjire, adâncire, alezare
arborelui: strunjire
- 4. prelucrarea: { alezajului: burghiere
arborelui: semifabricat brut: -bară trasă la rece

Se poate concluziona aspectul tehnologicității, ca fiind o corelare optimă între factorii de care depinde ea, urmărind în permanență criteriul economicității fabricației.

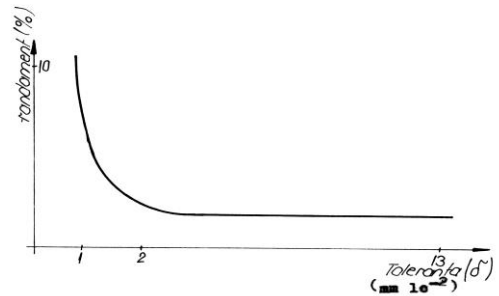


Fig. 2.2.

2.3.2. Legătura dintre precizia dimensională și calitatea suprafețelor

Aparent nu există o legătură între precizia dimensională și calitatea suprafețelor. Este posibil, ca o suprafață să necesite o calitate superficială foarte ridicată, cerută din punct de vedere funcțional, în timp ce din același punct de vedere precizia dimensională să nu fie prea ridicată. Mărimea microasperităților suprafețelor prelucrate depinde de procesul de prelucrare și de regimul de așchiere utilizat. Această dependență creează de fapt legătura strânsă între rugozitatea și precizia dimensională. S-a constatat că o dată cu obținerea unei anumite precizii, rezultă automat o rugozitate determinată a suprafeței respective.

Această dependență, orientativă, dintre procedeul de prelucrare, treapta de precizie și rugozitatea aferentă este dată în tabelul 2.3.2.1.

Datele din tabelul următor pot fi folosite de tehnolog pentru stabilirea procedeelor obținerii preciziei contate (sau impuse).

Tabel. 2.3.2.1.

Metoda de prelucrare	Felul prelucrării	Treapta de precizie ISO	Treapta de precizie medie ec. ISO	Rugozitatea suprafețelor											Rugozitatea				
				0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5		25	50		
Burghiere	-	11-12	12											X	X	X		12,5	
Strunjire și rabotare	Degroșare	11-13	12													X	X	X	12,5
	Finisare	10-11	11										X	X	X				6,3
	Cu diamant	8-10	9							X	X	X							1,6
Alezare (cu cuțit)	Degroșare	11-13	12														X	X	12,5
	Finisare	10-11	11																6,3
	Cu diamant	7-9	8						X	X	X								1,6
Alezare (cu alezor)	Fină	8-10	9										X						3,2
	F. fină	6-8	7							X	X								1,6
Frezare cilindrică	Fină	10-12	12														X	X	12,5
	F. fină	8-11	9											X	X				6,3
Frezare frontală	Degroșare	10-12	12														X	X	12,5
	Finisare	8-11	9										X	X	X				6,3
	Netezire	-	-								X								1,6
Rectificare	Degroșare	9-11	10								X	X							3,2
	Finisare	6-8	7						X	X									0,8
	Netezire	-	-					X	X										-
Broșare	Finisare	7-9	8							X	X	X							1,6
	Netezire	6-9	7					X	X										0,4
Lepuire	Seminelată	-	-				X												0,2
	Netedă	-	-				X	X											0,1
	F. netedă	-	-	X	X	X													0,025
Lustruire	Netedă	-	-			X	X	X											0,1
	F. netedă	-	-		X	X													0,025
Honuire	Netedă	7-8	7			X	X	X											0,1
	F. netedă	6-7	6	X	X														0,025
Super-finisare	Netedă	-	-			X	X												0,1
	F. netedă	-	-	X	X														0,025
Lărgire	Finisare	9-13	11									X	X						6,3

Filetare exterioră	Cu filieră	7-9	8									X						3,2	
	Cu cuţit, cu pieptene, cu freză	6-9	7								X	X	X						3,2
	Prin rulare	9	9							X	X							0,8	
Filetare interioară	Cu tarod	7-9	8										X	X					3,2
	Cu cuţit, cu pieptene, cu freză	7-9	8							X	X	X							3,2
Rectif. filet		6-7	7							X	X	X							0,2
Prelucrarea roţilor dinţate (RD)	Rabotarea RD conice	8	8										X	X					0,8
	Frezare (melc)	7-9	8										X	X					6,3
	Rectificare şi rodare	5-6	6							X	X	X	X						6,3
Calibrarea alezajelor cu bile	După găurire	-	-							X	X	X							0,8
	După str.int	-	-							X	X	X							0,8
	După alezare	-	-				X	X	X	X	X	X							0,8
Şeveruire		6-7	6							X	X	X							0,8

De asemenea pot fi utilizate pentru clasificare procedeele intermediare de prelucrare şi a estimării parametrilor de precizie care le corespund. În prezent, în literatura de specialitate, s-au cumulat mai multe relaţii de concordanţă între rugozitate şi toleranţe:

$$\boxed{} \tag{2.1}$$

În care:

- R_z (μm)- rugozitatea măsurată conform criteriului R_z (distanţa medie dintre cele mai înalte cinci puncte de vârf şi cele mai joase ale profilului efectiv luate în limitele lungimii de referinţă)

i – unitatea de toleranţă.

a – numărul unităţilor de toleranţă corespunzător unei clase de precizie date.

m, n – exponenţii determinaţi pe cale statistică.

K – coeficient funcţional.

În situaţia în care $m = n = 1$ relaţia 2.1 devine:

$$R_z = K \cdot i \cdot a \tag{2.2}$$

unde K , în conformitate cu patru grupuri funcţionale (ajustaje cu precizie scăzută până la ajustaje cu precizie ridicată) ia următoarele valori medii: 0,25; 0,1; 0,04 şi 0,016.

În literatura de specialitate relația 2.1. se prezintă uneori și sub formă mai simplificată:

$$R_z \approx a^n \quad (2.3)$$

sau

$$R_z \approx i \quad (2.4)$$

În mod și mai concret relația de dependență între rugozitatea (R_z) și toleranța (T), $R_z = f(T)$ se poate exprima prin:

$$R_z = (0,1 \div 0,15) T \quad (\text{m}) \quad (2.5.)$$

Valabilă pentru dimensiuni (diametre mai mari de 50 (mm).

- pentru $18 < d < 50$ (mm) se utilizează

$$R_z = (0,15 \div 0,2) T \quad (\mu\text{m}) \quad (2.6.)$$

- iar pentru $1 < d < 18$ (m):

$$R_z = (0,2 \div 0,25) T \quad (\mu\text{m}) \quad (2.7.)$$

Dependența între valorile numerice ale rugozităților luate după criteriile R_z , R_a , R_{\max} sunt date de relațiile:

$$\log R_z = 0,65 + 0,97 \log R_a$$

$$\log R_{\max} = 1,97 + 0,98 \log R_a$$

$$R_{\max} = (3 \div 6) R_a \quad (2.8)$$

Se recomandă ca dependența dintre rugozitate și precizia

dimensională să fie considerată conform datelor din tabelul 2.3.2.1.

Întrucât relațiile (2.1.) nu sunt îndeajuns verificate de practica uzuală.

2.4. Principii în stabilirea succesiunii operațiilor și fazelor

Ca un criteriu de apreciere a valabilității și oportunității aplicării unui anumit proces tehnologic îl constituie și modul în care s-a făcut stabilirea succesiunii operațiilor și fazelor, acestea fiind indiciul logic al gândirii tehnologului.

Se pot recomanda următoarele:

1) Recomandarea ca în limita posibilului, în timpul procesului bazele tehnologice (mai ales baza de așezare) să fie schimbate cât mai rar (ideal ar fi să nu se schimbe).

De asemenea se recomandă ca numărul de așezări și poziții ale piesei să fie cât mai mic. Realizarea acestei recomandări duce la eliminarea unor erori de prelucrare, reducându-se și timpul auxiliari.

2) În cadrul primelor operații se recomandă prelucrarea acelor suprafețe ale piesei care la operațiile ulterioare vor constitui însăși noi baze tehnologice (sau de măsurare).

3) Succesiunea tehnologică trebuie astfel aleasă încât prelucrările mecanice să nu ducă la slăbirea rigidității piesei, anticipând sau eliminând cât mai mult posibil erorile de prelucrare.

4) Cu deosebire, la piesele mari, se recomandă ca printre primele suprafețe ale piesei ce se prelucrează să fie acelea care permit punerea în evidență a defectelor ascunse (defecte de turnare, ale semifabricatului etc.) pentru depistarea și oprirea eventuală (din timp) a uzinării piesei.

5) Întotdeauna prelucrările de finisare să fie precedate de prelucrări de degroșare și chiar de semifinisare. Semifinisarea este necesară în cazul unor suprafețe foarte precise și când adaosul de prelucrare este mare. Se menționează rolul degroșării privitor la înlăturarea stratului foarte dur al semifabricatului precum și protecția sculei, cu influență directă asupra preciziei impuse, (se simte direct la prelucrările costisitoare – referitor la sculele profilate).

6) Prioritatea operațiilor și fazelor în cadrul succesiunii tehnologice va fi inversă în raport cu precizia impusă. Astfel cu cât precizia unei suprafețe este mai mare, cu atât este mai bine ca să se prelucreze mai la urmă. Se urmărește ca în timpul transportului interoperațional suprafețele să nu se deterioreze.

De aceea se recomandă ca abia la sfârșitul procesului tehnologic să se prelucreze, de exemplu, filetele. Se subînțelege astfel, că toate rectificările sau prelucrările de netezire se vor lăsa la urmă.

7) Întrucât în timpul prelucrărilor, mai ales în cazul lucrului cu regimuri intensive de aşchiere apar în piesă tensiuni interne, se recomandă ca prelucrările de degroșare și finisare să fie despărțite de alte operații prin procedee în urma cărora se elimină aceste tensiuni. Dacă nu pot fi eliminate pe cale naturală, se vor prevedea operații speciale de detensionare.

8) În cazul prelucrărilor suprafețelor simetrice (de revoluție) mai întâi trebuie asigurat diametrul și apoi lungimea acestora.

9) Alegerea succesiunii operațiilor și fazelor unui proces tehnologic trebuie în așa fel făcută încât mărimile curselor sculelor să fie minime.

10) În cazul mașinilor – unelte care au mai multe axe principale (gen strunguri automate multiax sau agregate) se recomandă să se realizeze o încărcare cât mai uniformă (din punct de vedere al forțelor de aşchiere) a axelor. Acest lucru derivă din necesitatea exploatării raționale a utilajului și la reducerea duratei de timp a ciclului (la valori minime).

În mod ideal s-ar putea realiza acestea, dacă secţiunea aşchiei ar fi constantă, reflectându-se asupra uzurii (normale) a maşinii unelte.

11) Tot în cazul maşinilor – unelte (gen automate) unde în decursul unei operaţii se realizează atât degroşări cât şi finisări, se recomandă ca prelucrările de aceeaşi natură (degroşare sau finisare) să se efectueze la aceleaşi posturi fixe. Orientarea, bazarea şi fixarea să nu se modifice între ele.

12) Se recomandă a se acorda o atenţie deosebită măririi rigidităţii semifabricatului în timpul prelucrării, mai ales la piesele lungi şi de diametru mic (zvelte). În acest caz se prescrie utilizarea de portscule de susţinere (cu role sau fără).

Totodată se preconizează reducerea săgeţii în timpul prelucrării prin metoda divizării în faze: degroşare şi finisare (chiar în mai multe treceri – inclusiv semifabricatele).

13) În vederea reducerii lungimii curselor, în cazul prelucrării pieselor în trepte, se preferă a se aşchia mai întâi treapta cu diametru cel mai mic.

14) Prelucrarea suprafeţelor frontale sau a unor umeri cu condiţii deosebite de perpendicularitate trebuie făcută numai cu utilizarea avansului transversal.

15) Burghierea găurilor adânci se efectuează în unele cazuri la mai multe poziţii de prelucrare în vederea protejării burghiilor. Adâncimea maximă a primei burghieri nu se recomandă a fi mai mare de $4D$ ($3D$), celei de a doua $\leq 2,5D$ ($2D$) şi celei de a treia $\leq 2D$ ($1D$); D fiind diametrul găurii. Protejarea în acest caz constă într-o asigurare mai bună a răcirii sculelor.

16) Burghierea găurilor sub 15 mm trebuie făcută după o centruire prealabilă cu un burghiu cu diametrul mai mare decât al găurii (cu scopul de a fi rigid). Se preferă un unghi la vârf de 90° . În acest caz este nevoie de buşe de ghidare. Se urmăreşte în principal, a nu se deplasa pe cât posibil, axa alezajului. De aceea, totodată, nu se permite utilizarea drept gaură de centruire, urma burghiului rămasă de la prelucrarea precedentă.

17) Găurile în trepte se vor prelucra cu mai multe scule. Pentru a câştiga timp şi o productivitate sporită, urmărind şi protejarea sculelor, se începe cu diametru mai mare. Astfel se asigură o răcire mai bună a sculelor (inclusiv o durabilitate sporită).

18) La prelucrarea cu scule profilate, în vederea eliminării unor abateri de formă inadmisibile, la sfârşitul cursei lor (de regulă pe direcţia transversală), se vor menţine fix câteva rotaţi în plus.

19) În vederea ameliorării efectelor vibraţiilor la prelucrările cu avansuri transversale (cuţite profilate sau neprofilate) se recomandă ca

reglarea sculei și poziționarea acestuia să fie făcută cu fața de degajare în jos (evacuând astfel și mai ușor aşchiile).

20) Tot în scopul ameliorării efectelor vibratorii, se recomandă lucrul simultan cu suporturi opuși, pentru anularea eforturilor.

21) În cazul utilizării semifabricatelor din bară, în vederea creșterii productivității prin micșorarea cursei cuțitului de retezat se recomandă ca lățimea cuțitului profilat sau cursa cuțitului de strunjit longitudinal fie cursa burghiului, să fie prelungite cu lățimea cuțitului de retezat.

22) Ca recomandare generală se precizează că tehnologul trebuie să se preocupe permanent de utilizarea tuturor posibilităților tehnologice ale utilajelor, elementelor de control activ, etc.

23) Este necesară o stabilire logică a fazelor (ca succesiune în cadrul operațiilor) în vederea îndeplinirii unor condiții de bază:

- sculele să nu se încurce între ele;
- aşchiile să poată fi ușor evacuate;
- prelucrările să fie posibile în vederea obținerii calității prescrise

Se mai pot adăuga și alte principii, urmărindu-se scopul propus, dar acestea apar mai ales în urma studierii fiecărei prelucrări în parte. Concluzia principală ce se desprinde este că respectarea anterioarelor principii nu conduc la un unic proces tehnologic, dimpotrivă creează baze de evitare ale unor greșeli inerente oricărui început. Ele nu trebuiesc luate ca “rețetă”, ci analizate și adoptate concret de la caz la caz.

2.5. Documentația tehnologică

În cadrul producției individuale și de serie mică, documentația tehnologică este compusă doar din fișa tehnologică. În aceasta se indică ordinea operațiilor, mașinilor – unelte, S.D.V.-urile utilizate, timpul pe bucată piesă și operație, precum și categoria de salarizare a lucrătorului.

În producția de serie mare și masă, documentația tehnologică este alcătuită din fișa tehnologică și planul de operații.

În planul de operații sunt cuprinse în mod detaliat toate informațiile necesare prelucrării unei anumite piese și în conformitate cu o anumită concepție tehnologică. Astfel este indicată succesiunea tehnologică a operațiilor și a fazelor. De asemenea se precizează echipamentul tehnologic care trebuie utilizat, S.D.V.-urile necesare, parametrii regimului de aşchiere (t,s,v,n,i), timpul pe bucată / piesă, operație sau fază (dacă este cazul). Totodată se indică parametrii de precizie ce trebuie obținuți (geometrie, toleranțe, rugozități). Este foarte important ca în cadrul fiecărei operații să se precizeze indicând prin simboluri schemele de orientare-fixare (bazare) ale semifabricatului.

Se pot indica în anumite situații și scheme de reglare a sculelor. În mod obligatoriu orice plan de operații trebuie să conțină simbolul materialului piesei, numele și prenumele celui care a conceput tehnologia, precum și locul necesar modificărilor făcute sub semnătură și dată.

Capitolul 3

Precizia de prelucrare

Orice proces tehnologic de prelucrare mecanică prin aşchiere este însoţit de **erori**. Acest neajuns duce la obţinerea unei piese care nu corespunde întocmai cu desenul de execuţie al ei.

Gradul de corespondenţă a piesei prelucrate cu desenul de execuţie poartă denumirea de **precizie de prelucrare**.

Corespondenţa are aspectele ei:

- precizia dimensională
- precizia formei geometrice
- precizia de poziţie (aspectul macrogeometric).

Diferenţa dintre piesa prelucrată şi piesa dată în desen reprezintă întocmai **erorile de prelucrare**.

Pentru ca piesa să corespundă scopului funcţional trebuie ca erorile apărute să se încadreze în anumite limite: limite care definesc toleranţa (corespunzătoare unui anumit indice de precizie). Erorile apărute în timpul proceselor de prelucrare sa pot clasifica în două grupe:

- erori sistematice
- erori întâmplătoare.

Erorile sistematice pot fi constante sau variabile după o anumită lege. Ele sunt erori ale căror mărimi şi sensuri de acţionare sunt sau pot fi cunoscute.

Cauzele apariţiei lor sunt şi ele sistematice şi pot fi:

- uzura sculelor (sau al elementelor din sistemul tehnologic)
- alungirea termică a sculelor
- schimbarea semifabricatelor (ca material, formă, etc)

Erorile întâmplătoare (aleatoare) sunt acele erori care apar întâmplător, iar mărimile şi sensurile de acţionare nu pot fi prevăzute. Cauzele acestor erori sunt şi ele întâmplătoare, fiind generate de comportarea imprevizibilă a unor elemente cum ar fi:

- instalarea semifabricatelor (generează erorile întâmplătoare de instalare)
- neomogenitatea (întâmplătoare) a materialului semifabricatului
- precizia semifabricatului
- deformaţiile elastice ale sistemului tehnologic
- erorile întâmplătoare de măsurare

- erorile sculei (luându-se în considerare schimbarea ei)

Pentru evitarea rebutului trebuie ca suma erorilor care apar să fie mai mică sau cel mult egală cu toleranța impusă. Este bine să se cunoască, din acest motiv, dacă în timpul fabricației apar sau nu erori sistematice, fie în vederea eliminării lor, fie în vederea ținerii sub control a acestora.

Paralel cu erorile sistematice și erorile întâmplătoare trebuie cunoscute și stăpânite.

3.1. Metode statistice de determinare a preciziei de prelucrare

Se cere menționat aspectul că în producția de unicat nu putem semnală apariția erorilor întâmplătoare. În condițiile fabricației de serie și masă, un studiu corespunzător al preciziei de prelucrare nu se poate face fără analiza sistematică a fenomenului, analiză bazată pe teoria probabilităților și statistică matematică.

Se impune deci apelarea la metodele statistice în primul rând, deoarece erorile sistematice și întâmplătoare apar simultan, iar studiul erorilor întâmplătoare nu poate fi făcut decât numai prin asemenea metode.

Totodată rezultatele obținute astfel pot fi considerate ca fiind cele mai rele. De asemenea, concluziile pot fi generalizate și pentru alte cazuri de prelucrări asemănătoare, pe același sistem tehnologic.

Analizând desfășurarea procesului de fabricație, trebuie să rezulte informații privitoare la:

- legea care guvernează distribuția dimensiunilor
- posibilitățile de precizie și reglare a utilajelor
- stabilirea în timp a condițiilor de desfășurare a procesului de fabricație.

Practica uzinală a demonstrat că distribuția dimensiunilor la o anumită mașină – unealtă urmează legea normală de distribuție (Gauss-Laplace) care exprimă frecvența unei variabile “d” - dimensiunea piesei (diametrul) printr-o funcție $f(d)$.

Aceasta este reprezentată grafic în fig. 3.1.

Funcția de frecvență (curba din figură) este dată de relația:

$$f(d) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(d-\bar{d})^2}{2\sigma^2}} \quad (3.1)$$

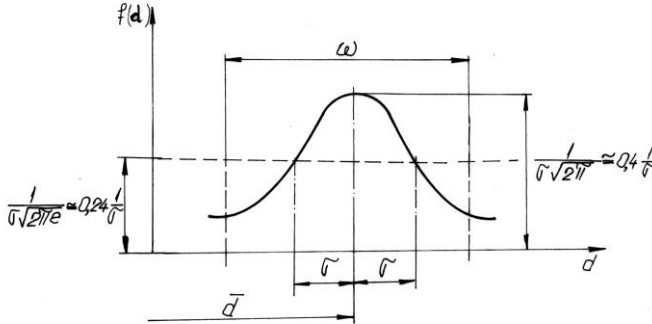
unde:

\bar{d} - media aritmetică a dimensiunilor

σ - abaterea medie pătratică (precizează punctele de inflexiune)

ω - câmpul de împrăștiere al dimensiunilor la o anumită mașină-uneltă (este parametrul care caracterizează precizia sistemului tehnologic)

$$\omega = 6\sigma \tag{3.2}$$



Având cunoscută toleranța care trebuie asigurată, pentru prelucrarea fără rebut trebuie îndeplinită condiția:

$$\omega \leq \delta \tag{3.3}$$

Atât practica uzinală cât și studiile efectuate au confirmat faptul că legea normală de distribuție guvernează cel mai bine fenomenele legate de precizia prelucrărilor prin așchiere.

Punctele de inflexiune sunt simetric situate la $\bar{d} \pm \sigma$.

Aici valorile funcției sunt:

$$f(d) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx \frac{f(d)_{\max}}{\sqrt{e}} \approx 0,24 \frac{1}{\sigma} \tag{3.4}$$

în care $f(d)_\sigma$ se calculează din relația (3.1) introducând pe $d = \bar{d} \pm \sigma$, iar $f(d)_{\max}$ este valoarea maximă a expresiei (3.1) având valoarea:

$$f(d)_{\max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx 0,4 \frac{1}{\sigma} \tag{3.5}$$

Valoarea parametrului “ σ ” influențează alura curbei normale de distribuție (fig. 3.2). Erorile sistematice pot influența calitativ și cantitativ legea de distribuție. Astfel, erorile sistematice cu “ creștere uniformă” (uzura sculelor) fac ca distribuția dimensiunilor să fie subordonată legii de egală

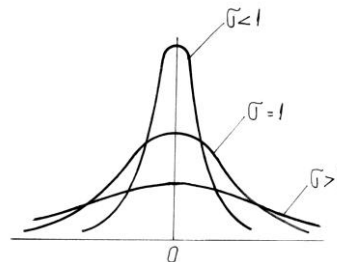


Fig. 3.2

probabilitate. (fig. 3.3.)

O eroare sistematică constantă duce la deplasarea curbei cu o valoare “a” egală cu valoarea erorii sistematice (fig. 3.4.)

Când sunt prezente erori sistematice și erori întâmplătoare, legea care guvernează distribuția dimensiunilor poate fi de forma unei curbe alungite (fig. 3.5.), (este cazul influenței uzurii sculei asupra preciziei de prelucrare).

Pot fi întâlnite și alte curbe:

- curba lui Maxwell (fig. 3.6.);
- curba lui Simpson (fig. 3.7.).

Pentru două loturi de piese, cu reglaje diferite se observă o distribuție combinată (fig.3.8.).

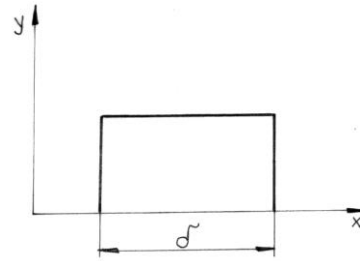


Fig. 3.3

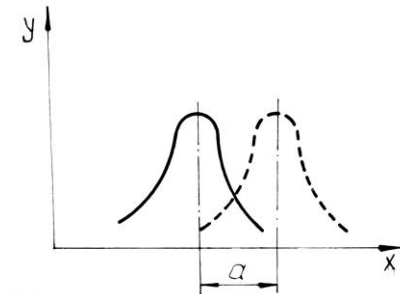


fig. 3.4

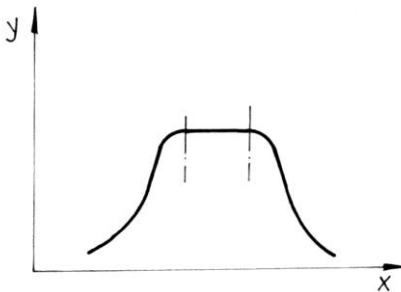


Fig. 3.5

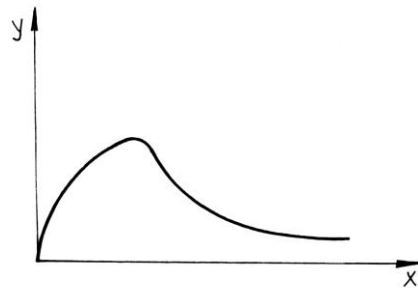


Fig. 3.6

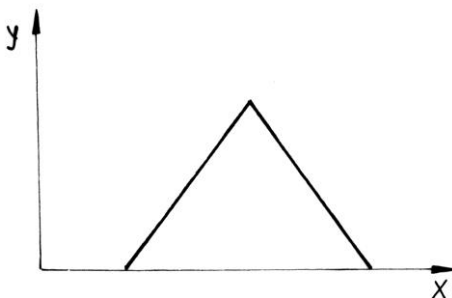


Fig. 3.7

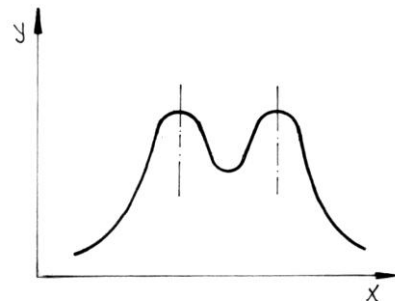


Fig. 3.8

Concluzie: cea mai fidelă realității, în privința distribuției normale a dimensiunilor, guvernând desfășurarea proceselor de fabricație sub aspectul preciziei de prelucrare, este curba Gauss-Laplace.

3.1.1. Proces tehnologic normal

Considerând că precizia de prelucrare este subordonată legii normale de distribuție, guvernată de legea cunoscută:

$$f(d) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(d - \bar{d})^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{Gauss-Laplace})$$

În cazul în care relația $\omega \leq \delta$ se verifică, se spune că procesul tehnologic este sub control sau controlabil, din punct de vedere statistic. Condiția $\omega \leq \delta$ nu este singura care trebuie îndeplinită pentru o prelucrare fără rebut.

Pentru aceasta trebuie asigurată și o anumită poziție a câmpului de împrăștiere față de câmpul de toleranță. Aceasta e determinată de modul în care s-a făcut reglarea sculei la dimensiune și care este exprimată de media aritmetică \bar{d} .

Conform figurii 3.9. deși $\omega \leq \delta$, se poate spune că reglarea sistemului tehnologic nu este bine făcută deoarece un anumit procent din piesele prelucrate se vor rebuta (R).

Remediu: dacă media aritmetică \bar{d} se va suprapune cu mijlocul M_0 al câmpului de toleranță T (sau δ), atunci reglarea e considerată corect realizată.

Procesul tehnologic se desfășoară normal dacă sunt îndeplinite două condiții:

- sistemul tehnologic să fie corect reglat
- procesul tehnologic să fie controlabil

$$\omega \leq \delta \quad (3.6.)$$

În concluzie rezultă că parametri ω și δ sunt foarte importanți. Ei ar trebui să fie cunoscuți de tehnolog pentru fiecare mașină unealtă.

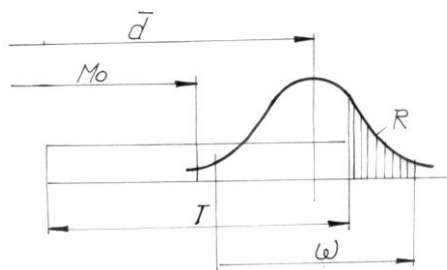


Fig. 3.9

Parametrul ω (câmpul de împrăștiere) se poate modifica ca urmare a uzurii mașinii-uneltă sau a schimbării materialului sau formei semifabricatului, regimului de așchiere, etc.

ω trebuie verificat din când în când și cunoscut.

3.1.2. Procesul tehnologic static și dinamic stabil

Cu ocazia analizei desfășurării procesului tehnologic, trebuie verificată și stabilitatea sa.

Se definește procesul tehnologic **dinamic stabil** cel la care media \bar{d} și câmpul de împrăștiere ω se menține constant în timp (fig. 3.10.)

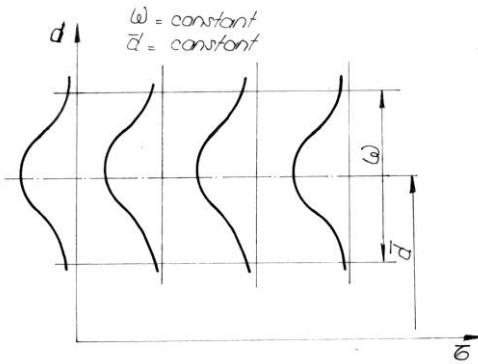


Fig. 3.10

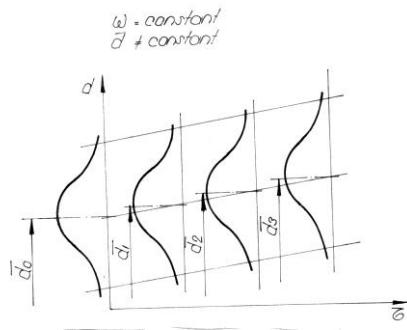


Fig. 3.11

Dacă media \bar{d} nu se menține constantă, (ca urmare a unor cauze sistematice), dar ω este constant, procesul tehnologic este **stabil ca precizie** (fig. 3.11.)

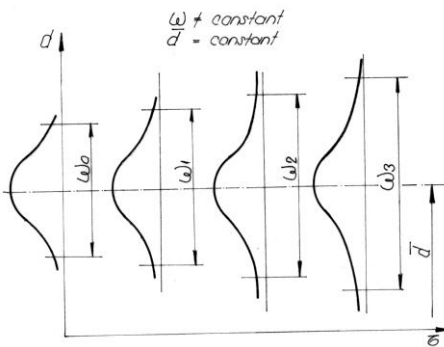


Fig. 3.12

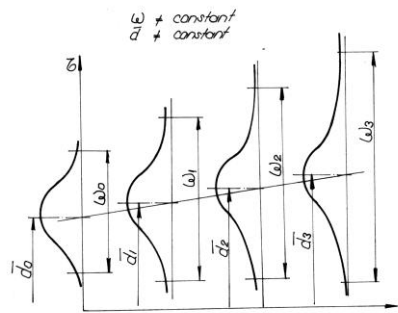


Fig. 3.13

Dacă media \bar{d} se menține constantă, și câmpul de împrăștiere ω nu este constant, procesul tehnologic este **stabil ca reglaj** (fig. 3.12.)

Dacă media \bar{d} nu se menține constantă și ω nu este constant, procesul tehnologic este instabil atât ca precizie cât și ca reglaj (fig. 3.13.)

În concluzie orice proces tehnologic la care caracteristicile (dimensiunile) se supun legii normale de distribuție (Gauss-Laplace) este considerat **static stabil**.

3.2. Determinarea analitică a preciziei de prelucrare

S-a văzut că determinarea pe cale statistică a preciziei de prelucrare constă în stabilirea câmpului de împrăștiere ω , mărime care exprimă totalitatea erorilor apărute în procesul prelucrării.

Situația actuală demonstrează că secțiile mecanice și serviciile tehnologice nu utilizează (din păcate) această metodă statistică. Se simte nevoia utilizării unei alte metode. Chiar la metoda statistică, din mărimea lui ω se dorește uneori să se poată desprinde acele erori care sunt determinate de anumite cauze (în vederea eliminării sau ameliorării lor).

Acest fapt apare mai ales atunci când erorile întâmplătoare sunt însoțite de erori sistematice (care nu pot fi neglijate).

În asemenea situații trebuie utilizată o altă metodă, cea analitică, ea putând separa erorile în situația determinării erorii totale de prelucrare.

3.2.1. Determinarea erorii totale de prelucrare

Considerăm cazul general al prelucrării pe mașini-unelte reglate prealabil (la cotă), care permit obținerea automată a dimensiunilor, eroarea totală (ε_t) se poate exprima sub forma:

$$\varepsilon_t^* = \varepsilon_{\hat{1}}^R + \varepsilon_S^{\Sigma} \quad (3.7.)$$

unde:

$\varepsilon_{\hat{1}}^R$ - rezultanta erorilor întâmplătoare

ε_S^{Σ} - suma erorilor sistematice.

Vom analiza în continuare cele două mari categorii de erori.

Erorile întâmplătoare ($\varepsilon_{\hat{1}}^R$)

Se compun din:

- ε_i , eroarea de instalare, este o rezultată a erorilor de bazare (ε_b), a erorilor de fixare (ε_f) și a erorilor dispozitivului (ε_d).

- ε_s , eroarea dimensională a sculei.

Se consideră numai în cazul anumitor procedee de prelucrare, acolo unde forma și dimensiunile sculei se copiază direct pe piesă (ex: broșare, alezare, găurire etc.).

Este o eroare întâmplătoare numai dacă în studiul preciziei se are în vedere și schimbarea sculelor, întrucât după un timp scula se uzează.

În cazul în care ε_s este o eroare întâmplătoare, atunci mărimea ei este dată de toleranța de execuție (δ_s) a sculei.

- ε_m , eroare de măsurare, apare în timpul (sau în urma) măsurării piesei.

Se știe că ea variază în funcție și de aparatele de măsură sau instrumentele utilizate. Acestea trebuie să aibă precizia inclusă în valoarea unei diviziuni egală cu:

$P = (1/6 \dots 1/10) \delta$ unde δ este toleranța piesei prelucrate.

- $\varepsilon_{a\sigma}$, erorile datorate variației adaosurilor de prelucrare, durității și neomogenității materialului.

Acestea apar datorită erorilor semifabricatului în urma forțelor de respingeri variabile, cauzate de forțe de așchiere variabile.

Astfel între cele două limite max și min:

$$F_{y_{\max}} = C_{y_{\max}} t_{\max}^x s^y H_{B_{\max}}^n \quad (3.8.)$$

$$F_{y_{\min}} = C_{y_{\min}} t_{\min}^x s^y H_{B_{\min}}^n \quad (3.9.)$$

unde

$C_{y_{\min}}$ și $C_{y_{\max}}$ - reprezintă coeficienții variabili cu condițiile de așchiere (deci și cu adâncimea t)

t_{\min} și t_{\max} - adâncimile maxime și minime de așchiere

s - avansul de lucru

H_B - duritatea Brinell a materialului semifabricatului.

Erorile amintite fiind întâmplătoare pot fi însumate după regula rădăcinii pătrate:

$$\varepsilon_i^R = \sqrt{\varepsilon_i^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_m^2 + \varepsilon_{a\sigma}^2} \quad (3.10.)$$

Erorile sistematice (ε_s^Σ)

În timpul prelucrării pot să apară mai multe asemenea erori.

ε_{gd} - eroarea datorită impreciziei de execuție a elementelor sistemului tehnologic de prelucrare (a mașinii - unelte, dispozitivului, sculei ...)

Este compusă din :

$$\varepsilon_{gd} = \varepsilon_g + \varepsilon_d \quad (3.11.)$$

ε_g - eroarea de generare

ε_d - eroarea dispozitivului de fixare al piesei

ε_u - eroarea datorată uzurii sculei așchietoare

ε_t - eroarea cauzată de deformațiilor termice ale sistemului tehnologic care include:

ε_{ts} - eroarea datorată alungirii termice a sculei

ε_{tm} - eroarea datorată deformațiilor termice ale anumitor organe componente din cadrul m.u.

ε_{tp} - eroarea datorată deformațiilor termice ale piesei.

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{ts} + \varepsilon_{tm} + \varepsilon_{tp} \quad (3.12)$$

ε_e - eroarea determinată de deformațiile elastice ale elementelor sistemului tehnologic

ε_r - eroarea datorată reglării sculei la dimensiune.

Revenind la relația (3.7) în care introducem expresiile erorilor anterior amintite, rezultă:

$$\varepsilon_t^* = \varepsilon_i^R + \varepsilon_s^\Sigma = \sqrt{\varepsilon_i^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_m^2 + \varepsilon_{a\sigma}^2} + \varepsilon_{gd} + \varepsilon_u + \varepsilon_e + \varepsilon_r \quad (3.13.)$$

sau și mai detaliat:

$$\varepsilon_t^* = \sqrt{\varepsilon_i^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_m^2 + \varepsilon_{a\sigma}^2} + \varepsilon_{gd} + \varepsilon_u + \varepsilon_e + \varepsilon_{ts} + \varepsilon_{tm} + \varepsilon_{tp} + \varepsilon_e + \varepsilon_r \quad (3.14.)$$

în cazul unei prelucrări fără rebut, se impune condiția ca :

$$\delta \geq \varepsilon_t \quad (3.15)$$

În care:

δ - reprezintă toleranța impusă piesei.

De remarcat este că mărimea erorii totale ε_t^* determină și mărimea câmpului de împrăștiere:

$$\varepsilon_t \approx \omega \quad (3.16)$$

3.3. Cauzele apariției erorilor de prelucrare

În timpul proceselor de prelucrare prin așchiere apar factori care generează erori și care influențează precizia de prelucrare.

Cauzele, respectiv factorii, pot fi împărțiți în două grupe:

- cele care apar în timpul operațiilor curente;
- cele care apar în timpul operațiilor precedente (eroarea de formă, variația adausului de prelucrare, etc.)

majoritatea cauzelor însă apar în timpul operațiilor de prelucrare.

3.3.1. Influența uzurii sculei asupra preciziei de prelucrare.

În timpul procesului tehnologic de prelucrare mecanică fenomenul uzurii sculei așchietoare influențează în mod preponderent precizia dimensională și calitativă.

Datorită unor factori tribologici și termici între piesă și sculă sau între sculă și așchie, în situația din fig. 3.14. uzura cuțitului de strung se păstrează.

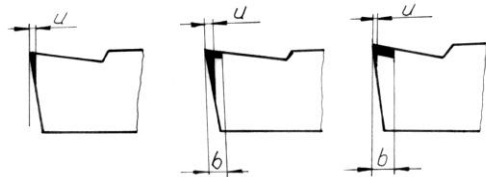


Fig. 3.14.

Se cunoaște că uzura sculei, în afara preciziei de prelucrare, mai influențează și condițiile de așchiere înrăutățindu-le prin producerea încălzirii sculei, ducând la mărirea consumului de energie.

Din punct de vedere tehnologic ne interesează uzura pe direcție normală (u) la suprafața piesei, numită uzura dimensională, ea fiind cea care influențează direct precizia prelucrării.

Indiferent de felul uzurii, aceasta variază după o lege asemănătoare din fig. 3.15.

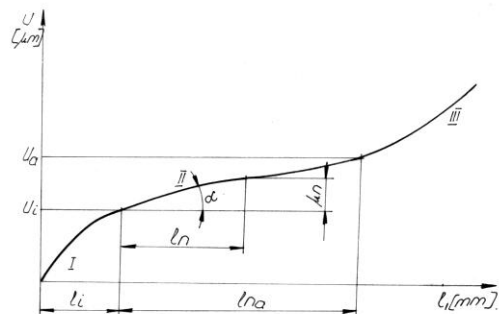


Fig. 3.15

Faza I – după aproximativ 1000-1500 m lungime așchiată (cel mult 3000m)

- aici apare uzura inițială (u_i)
- fenomenul se desfășoară rapid și într-un timp scurt (10-15 min.)

Faza II - aici se constată o creștere mai încetă a uzurii și într-un timp mult mai mare.

- poartă numele de uzură normală (u_n) întrucât corespunde durabilității normale a sculei

- se poate considera că variază liniar (aproximația necesară calculelor)

Faza III – creșterea bruscă (accentuată) a uzurii sculei.

Uzura sculei depinde de mai mulți factori: parametrii regimului de așchiere, materialul piesei, sculei, etc...

Astfel relația :

$$u_r = C_u \cdot v^m \cdot s^n \cdot t^p \cdot K_\alpha \cdot K_\gamma \cdot K_r \quad (3.17)$$

arată dependența uzurii în cazul strunjirii fontei și oțelului față de:

v [m/min] – viteza de așchiere

s [mm/rot] – avansul de lucru

t [mm] – adâncimea de așchiere

C_u, m, n, p – constante care depind de condițiile de așchiere

K_α, K_γ, K_r – coeficienții de caracterizare a geometriei părții așchietoare a sculei (unghiul de așezare α , de degajare γ și raza de rotunjire la vârf r)

De menționat că relația (3.17) este numai aproximativă, în realitate existând mai mulți factori care influențează asupra sculei fenomenul de uzură. Cel mai mult studiată este influența vitezei de așchiere v [m/min] asupra uzurii.

În fig. 3.16. se reprezintă o astfel de variație $u_r = f(v)$, unde u_r ($\mu\text{m}/\text{m}$) reprezintă uzura relativă.

v și respectiv u_r sunt valori care depind de materialul de prelucrat, materialul sculei, parametrii regimului de așchiere (t și s) și geometria tăișului sculei (α, γ, χ, r).

Se consideră ca fiind foarte importantă legătura dintre uzură și durabilitatea sculei așchietoare în vederea optimizării regimurilor de așchiere.

Astfel, cronologic luând (printre primii), Taylor își bazează studiile pe relația simplificată de dependență între durabilitatea T și viteza de așchiere:

$$T^m = \frac{C_v}{v} \quad (3.18.)$$

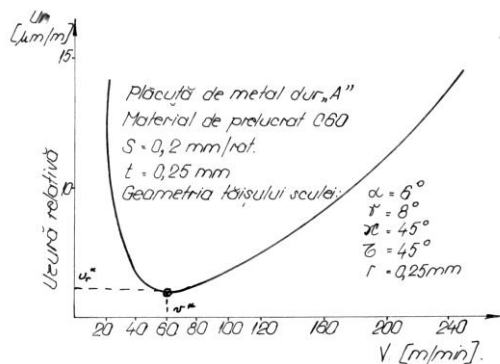


Fig. 3.16

În condițiile de astăzi al prelucrărilor cu viteze superioare de aşchiere (scule armate cu plăcuțe din carburi metalice sau mineralo-ceramice), dependența indicată de relația (3.18) nu mai este valabilă. Relația exprimă grafic în coordonate dublu logaritmice nu mai este de formă liniară (așa cum era la viteze cu care Taylor a exprimat-o), ci sub forma grafică din fig. 3.17.

Putem însă corela durabilitatea [T] cu uzura relativă [u_r] a sculei, obținând astfel o nouă relație de dependență simplă și ușor de manevrat. Astfel dacă folosim noțiunea de uzură admisibilă [u_a] (μm , mm) exprimată anterior în fig. 3.15. (ca fiind acea uzură admisibilă a sculei până la o nouă reascuțire sau reglare a ei). Putem exprima geometric uzura relativă (corespunzătoare unui punct oarecare M din faza II).

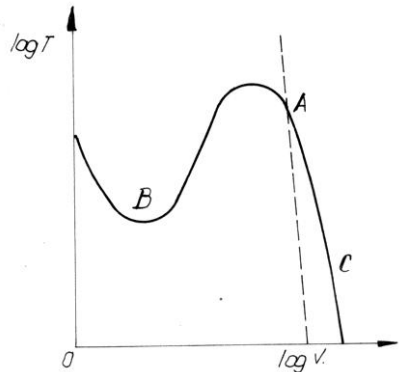


Fig. 3.17.

$$u_r = \text{tg}\alpha = \frac{u_n}{l_n} = \frac{u_a}{l_{na}} = \frac{u_o}{1000} \quad [\mu\text{m}/\text{m}] \quad (3.19)$$

unde:

u_o - reprezintă uzura specifică [μm , mm] (adică uzura raportată la 1000 m drum aşchiat)

u_n - uzura normală [μm , mm] corespunde unui drum aşchiat l_n (fig. 3.15.), în faza uzurii normale.

l_{na} - [m] este drumul maxim admisibil de aşchiat în perioada uzurii normale.

Din (3.19) rezultă drumul admisibil aşchiat (corespunzător perioadei de durabilitate):

$$l_{na} = 10^3 \frac{u_a}{u_o} = \frac{u_a}{\frac{u_o}{10^3}} = \frac{u_a}{u_r} \quad [\text{m}] \quad (3.20)$$

În cazul numeric când uzura relativă u_r se măsoară în [$\mu\text{m}/\text{km}$], atunci $u_r = u_o$.

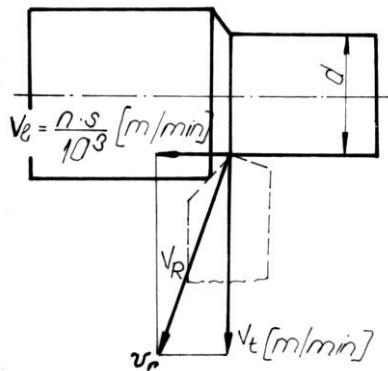


Fig. 3.18.

Să urmărim în continuare, dependența $T=f(v)$ (legată de uzură). În cazul cuțitului de strung.

Conform fig. 3.18, viteza reală de așchiere, ca rezultată se poate calcula astfel:

$$v_r = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{n^2 s^2 + \pi^2 d^2 n^2} = n \sqrt{s^2 + \pi^2 d^2} = \frac{v}{d} \sqrt{s^2 + \pi^2 d^2}$$

(m/min) (3.21), unde d [m] reprezintă diametrul obținut.

În baza relației 3.20 din care luăm expresia:

$$l_{na} = 10^3 \frac{u_a}{u_o} \quad [\text{m}] \quad (3.22)$$

rezultă că raportând lungimea drumului așchiat l_{na} la viteza reală v_r , obținem chiar durabilitatea corespunzătoare a sculei, adică:

$$T = \frac{l_{na}}{v_r} = 10^3 \frac{u_a \pi d}{u_o v \sqrt{s^2 + \pi^2 d^2}} \quad [\text{min}] \quad (3.23) \text{ sau}$$

$$T = \frac{u_a \cdot \pi \cdot d}{u_r v \sqrt{s^2 + \pi^2 d^2}} \quad [\text{min}] \quad (3.24)$$

unde:

d [mm] – diametrul piesei

s [mm/rot] – avansul longitudinal

n [rot/min] – turația arborelui principal.

Astfel expresiile 3.23 și 3.24. reprezintă de fapt niște relații noi de durabilitate, mai obiective.

$$\text{Dacă considerăm raportul } \frac{\pi d}{\sqrt{s^2 + \pi^2 d^2}} \approx 1 \quad (3.25.)$$

$$\text{pentru simplificare obținem: } T = 10^3 \frac{u_a}{u_o v} \quad [\text{min}] \quad (3.26.)$$

$$\text{sau } T = \frac{u_a}{u_r v} \quad [\text{min}] \quad (3.27.).$$

Luând în considerare că de fapt curba $u_r = f(v)$ din fig. 3.16 are două ramuri, relațiile 3.26 și 3.27 nu pot fi utilizate decât în punctul de minim al ei (unde u_r este minimă), adică corespunzătoare punctului $M_0(u_{r_0}, v_0)$ din fig 3.19.

Prin urmare durabilitatea corespunzătoare punctului M_0 (de uzură minimă) va fi :

$$T_0 = \frac{u_a}{u_{r_0} v_0} \quad (3.28)$$

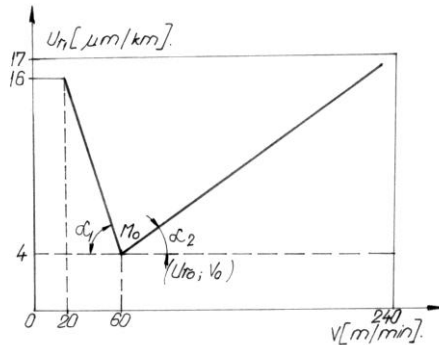


Fig. 3.19.

Dacă ne propunem o dezvoltare mai largă a dependenței $T=f(v)$, pentru un domeniu mai larg de viteze, considerăm ramurile curbei din fig. 3.19 aproximativ ca drepte. Considerându-se că indiferent de viteza de așchiere, uzura admisibilă este aceeași, se poate scrie următoarea relație pentru durabilitatea oarecare T (căreia îi va corespunde o viteză v).

Astfel, raportând relațiile 3.27 la 3.28 rezultă:

$$T = T_0 \frac{v_0}{v} \frac{u_{r_0}}{u_r} \quad (3.29)$$

Este necesar însă să particularizăm relația 3.29 pentru cele două ramuri ale curbei (din fig. 3.19).

Se poate exprima astfel uzura relativă u_r pentru ambele situații:

$$u_r = u_{r_0} + \operatorname{tg}\alpha_2 (v - v_0) \quad \text{pentru } v > v_0 \quad (3.30)$$

$$u_r = u_{r_0} + \operatorname{tg}\alpha_1 (v_0 - v) \quad \text{pentru } v < v_0$$

Introducând valorile lui u_r din 3.30 în relația 3.29 obținem:

$$T = T_0 \frac{v_0}{v} \frac{u_{r_0}}{u_{r_0} + \operatorname{tg}\alpha_2 (v - v_0)} \quad \text{pentru } v > v_0 \quad (3.31)$$

$$T = T_0 \frac{v_0}{v} \frac{u_{r_0}}{u_{r_0} + \operatorname{tg}\alpha_1 (v_0 - v)} \quad \text{pentru } v < v_0$$

Relațiile 3.31 permit determinarea cu o suficientă precizie (chiar mai mare ca în cazul relației Taylor) a durabilității T min pentru o

anumită viteză v (m/min) de aşchiere, în cazul în care se cunoaşte alura curbei $u_r=f(v)$, respectiv α_1 şi α_2 , T_o min, v_o (m/min) şi u_{ro} ($\mu\text{m/m}$).

Relațiile astfel stabilite folosesc la stabilirea regimului de schimbare a sculelor (privitor la durabilitate), după ce s-a făcut în prealabil (eventual) optimizarea regimurilor de aşchiere (t , s , v).

De reţinut că viteza v_o se consideră optimă numai din punct de vedere al uzurii minime a sculei.

Se poate determina analitic eroarea de prelucrare (dimensională), mai precis componenta ε_u (eroarea datorată uzurii) din expresia erorii

totale de prelucrare ε_t^*

Astfel:

$$\varepsilon_u = 2(u_i + u) \quad (3.32)$$

u_i – uzura inițială

u_n – uzura normală

considerându-se că :

$$u_r = \operatorname{tg}\alpha = \frac{u_n}{l_n} = \frac{u_o}{1000}$$

de unde:

$$u_n = u_r l_n \quad \text{sau} \quad u_n = \frac{u_o l_n}{1000} \quad (3.33)$$

Problema se pune deci a calcula drumul aşchiat l_n pentru a-l introduce în relațiile (3.33). în cazul strunjirii din 3.23 rezultă că $l_n=v_r T$ (3.34)

Considerăm o strunjire pe o lungime L (mm)- cursa sculei, avansul s (mm/rot) şi N (buc) nr. de piese, prelucrate până în momentul evaluării preciziei.

Din considerente de normare: $T = \frac{L}{ns}$ (3.35)

$$T = \frac{L}{1000v_s} = \frac{\pi d L}{1000v_s} \quad (3.36)$$

din relația 3.21 rezultă: $v = \frac{\pi d v_r}{\sqrt{s^2 + \pi^2 d^2}}$ (3.37)

valoarea lui v din (3.37) introducând-o în relația (3.34) obținem:

$$T = \frac{\pi d L \sqrt{s^2 + \pi^2 d^2}}{1000 \pi 00_r s} = \sqrt{s^2 + \pi^2 d^2} \frac{L}{v_r} 10^{-3} \quad (3.38)$$

această valoare a lui T (din 3.38) introdusă în (3.34) rezultă:

$$l_n = v_r T = \sqrt{s^2 + \pi^2 d^2} \frac{L}{s} 10^{-3} \quad (3.39)$$

Pentru prelucrarea a N (buc) de piese l_n va fi:

$$l_n = \sqrt{s^2 + \pi^2 d^2} \frac{L}{s} N 10^{-3} \quad (3.40)$$

deci relația (3.32), în baza relațiilor (3.33) și (3.40) devine:

$$\varepsilon_u = 2(u_i + 10^{-3} \frac{L}{s} Nu_r \sqrt{s^2 + \pi^2 d^2}) \quad (\mu m) \quad (3.41)$$

respectiv:

$$\varepsilon_u = 2(u_i + 10^{-6} \frac{L}{s} Nu_o \sqrt{s^2 + \pi^2 d^2}) \quad (\mu m)$$

Observație:

Nu trebuie trasă concluzia, în baza relației (3.41) că mărirea avansului [s] ar duce la micșorarea uzurii ε_u .

Acesta ar contrazice expresia uzurii:

$u_r = C_u \cdot v^m \cdot s^n \cdot t^p \cdot K_\alpha \cdot K_\gamma \cdot K_r$ unde de obicei $s < 1$ (subunitar).

Într-adevăr, mărirea avansului duce la micșorarea lui l_n , dar conform formulei de mai sus u_r crește. În fig. 3.20 și 3.31 sunt date câteva valori referitoare la uzurile dimensionale u_o și u_r .

În fig. 3.22 este indicată uzura sculelor armate cu plăcuțe din carburi metalice (folosite la

Material prelucrat	Calitatea plăcuței	u_o (μm)
Oțel	T15k~10	10
	T15k~6	9
	T30k~6	6
	T60k~6	5
Fontă	Vk 4	30
	Vk 9	70
	Vk 11	100

Fig. 3.20

Materialul semifabricatului	Materialul părții așchietoare a cuțitului	Uzura inițială u_i [μm]	Uzura relativă u_r [$\mu m/km$]
Oțel carbon și aliat	P01; P10	2..8	2...10
Fontă cenușie	K30; K40	3...10	3...12
Oțel carbon și aliat	Plăcuțe mineralo-ceramice TM-332	1...3	0,5...1
Fontă calită (HB375-400)	Plăcuțe mineralo-ceramice TM-332	10	9
Aliaje neferoase	Diamant (la strunj. int.)	---	0,0005...0,001

Obs: $u < 0,4 \delta$

Fig. 3.21

strunjirea de finisare).

La strunjirea de finisare, uzura admisibilă trebuie luată în funcție de toleranța cotei (δ). Astfel se recomandă $u < 0,4 \delta$.

În mod similar se pot stabili prin calcul erorile de prelucrare (ϵ_u) și pentru alte genuri de prelucrări (frezări, rectificări, ...etc).

3.3.2. Influența deformațiilor elastice ale sistemului tehnologic asupra preciziei de prelucrare

Deplasarea relativă a sculei față de semifabricat influențează sensibil precizia de prelucrare. Aceasta se datorează forțelor de așchiere și variației acestora. Atât timp cât există deplasări relative, sistemul M.D.P.S. (mașină-unealtă, dispozitiv, piesă, sculă) este considerat un sistem deformabil, deci un sistem elastic. Această caracterizare este determinată în primul rând de rigiditatea sistemului tehnologic elastic M.D.P.S.

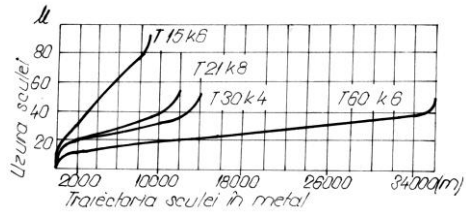


Fig. 3.22.

Definiția dată de Sokolovski (pentru prelucrarea pe strunguri) de

$$\text{forma: } R = \frac{F_y}{y} \text{ [daN/mm]} \tag{3.42}$$

este de cea mai largă circulație.

F_y - componenta normală a forței de așchiere (pe direcția y-y)

y - deplasarea tăișului sculei în raport cu piesa, pe direcția de acționare a forței.

Gradul de cedare, ca mărime inversă a rigidității, se definește sub raportul:

$$W = \frac{y}{F_y} \text{ [mm/daN]} \tag{3.43}$$

În relațiile (3.42) și (3.43) se consideră deplasarea y, ca având cea mai mare importanță, deoarece ea influențează în modul cel mai direct precizia (dimensională) de prelucrare.

În fig. (3.23) se prezintă deformarea datorită forței F_z (componenta principală), care produce pe lângă o deplasare z a muchiei așchietoare și o deformare Δr_z ceea ce este tocmai eroarea pe rază (adică pe direcția y-y).

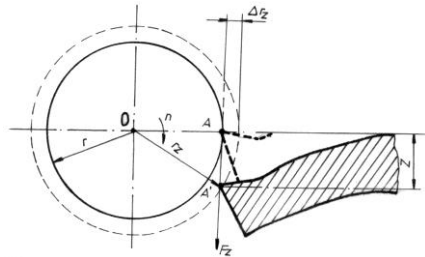


Fig. 3.23

Din triunghiul OAA' rezultă:

$$\Delta r_z = r_z - r = \sqrt{r^2 + z^2} - r = r \left[\left(1 + \frac{z^2}{r^2} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] \quad (3.44)$$

făcând substituția: $\frac{z^2}{r^2} = x$, polinomul $(1 + x)^{\frac{1}{2}}$ considerat ca o funcție $f(x) =$

$(1 + x)^{\frac{1}{2}}$ poate fi dezvoltat în serie Taylor în jurul punctului $x=0$, după cum urmează:

$$(1 + x)^{\frac{1}{2}} = f(0) + f'(0) \frac{x}{1!} + f''(0) \frac{x^2}{2!} + \dots = 1 + \frac{1}{2} \frac{z^2}{r^2} + \dots \quad (3.45)$$

Luând în considerare numai primii doi termeni, ceilalți fiind neglijabili (infinit mici), valoarea Δr_z devine:

$$\Delta r_z = r \left[\left(1 + \frac{z^2}{r^2} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] = r \left(1 + \frac{1}{2} \frac{z^2}{r^2} - 1 \right) \quad (3.46)$$

$$\Delta r_z = \frac{z^2}{2r} \text{ sau } \Delta r_z = 0,5 \frac{z^2}{r}.$$

În mod asemănător, deplasarea y pe direcția y-y. este dată de componenta normală F_y (fig. 3.24)

Eroarea pe rază

$$\Delta r_y = y \quad (3.47)$$

Între componentele forțelor de așchiere existând legătura:

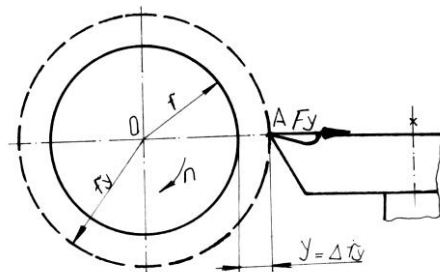


Fig. 3.24.

$$F_y = 0,4F_z \quad (3.48)$$

rezultă că și între deformațiile y și z se va putea scrie dependența:

$$y=0,4z \quad (3.49)$$

Deci : $\Delta r_y = 0,4z \quad (3.50)$

Comparându-se erorile, se poate observa că:

$$\Delta r_y \gg \Delta r_z \quad (\text{deoarece } 0,4z > 0,5 \frac{z^2}{r}) \quad (3.51)$$

Tot la aspectul static se referă și expresia cedării (gradul de

cedare): $w = \frac{y}{F_y}$.

În afara rigidității statice, se poate menționa și rigiditatea dinamică.

Aceasta este foarte importantă în studiul corect al preciziei de prelucrare, mai ales când se au în vedere variațiile forțelor de așchiere în raport cu valorile lor nominale.

În plus mai are loc și o variație în timp:

$$\frac{dF_y}{d\tau} \neq 0 \quad \text{deloc neglijabilă.} \quad (3.52)$$

Apare aici componenta dinamică ΔF_{yd} , care face ca precizia de prelucrare să depindă de caracteristica dinamică ale sistemului tehnologic elastic, determinate de rigiditatea sau cedarea dinamică ale acestui sistem.

Atât rigiditatea cât și cedarea nu au o definiție clară. S-a constatat faptul că în timpul prelucrării pieselor apar componentele dinamice ΔF_{yd} ale forțelor de așchiere, fapt care aduce modificări în

interpretarea rigidității față de expresia $R = \frac{F_y}{y}$.

În plus aici deformația sistemului depinde nu numai de mărimea forței care acționează ci și de frecvența variației ei.

Se poate vorbi în teoria vibrațiilor și de exprimarea frecvențială a rigidității. Așadar:

$$R_d \langle R_{stat} \quad (3.53)$$

$$W_d \rangle W_{stat}$$

Se poate scrie comparativ:

$$R_d = \mu R_{stat} \quad (3.54)$$

$$(R_d = \mu R)$$

unde μ – reprezintă un coeficient dinamic (adimensional < 1)
Astfel se poate trage concluzia că rigiditatea dinamică se poate determina, de multe ori, cunoscând rigiditatea statică.

3.3.3. Rigiditatea ca factor tehnologic

Mărima rigidității sistemului influențează simțitor precizia de prelucrare, mai ales în cazul valorilor specifice ridicate ale parametrilor regimului de așchiere (cum ar fi cazul prelucrărilor de degroșare).

Este evident că numai o parte din erorile care apar în timpul prelucrării se datorează deformațiilor elastice. Rezultă că ele trebuie să reprezinte asemănător doar o fracțiune din toleranța care trebuie asigurată.

Se poate exprima astfel:

$$y_{\text{din}} = y_{\text{stat}} \chi \leq y_{\text{adm}} \quad (3.55)$$

y_{din} - deformația sistemului tehnologic elastic M.D.P.S. luând în considerare rigiditatea dinamică a acestuia.

y_{stat} - deformația statică a sistemului M.D.P.S.

$$\chi - \text{coeficientul dinamic } \chi = \frac{1}{\mu} \text{ (se știe că } \mu = \frac{R_d}{R_{st}} \text{)} \quad (3.56)$$

y_{adm} - deformația admisibilă a sistemului tehnologic elastic M.D.P.S. (care se exprimă în funcție de toleranța impusă " δ ")

$$\text{deci: } y_{\text{adm}} = K\delta \quad (3.57)$$

unde $K < 0,5$ (deoarece eroarea este $2 y_{\text{din}}$)

După câte am amintit anterior, rigiditatea dinamică este încă puțin studiată. Unii autori o definesc chiar sub raportul:

$$R_{\text{din}} = \frac{A_F}{A_{dr}} \quad (3.58)$$

unde:

A_F - amplitudinea forței armonice, aplicate între scula așchietoare și piesa prelucrată.

A_{dr} - amplitudinea deplasări care apare la rezonanță, între punctele de aplicare ale forței.

Revenind, se poate concluce că valoarea coeficientului dinamic " χ " rezultă din raportul rigidităților (sau cedărilor) dinamice și statice.

$$\chi = \frac{y_d}{y_{stat}} = \frac{W_{din}}{W_{stat}} = \frac{R_{stat}}{R_{din}} \quad (3.59)$$

Coeficientul de rigiditate dinamică $\chi > 1$ poate fi determinat în baza vibrogramelor (oscilograme) trasate în timpul prelucrării. Acestea indică atât frecvența, perioada oscilației, cedarea statică (W_{stat}), precum și valoarea pulsației ΔW (fig. 3.25)

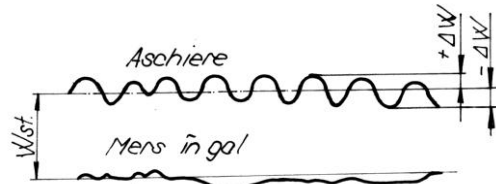


Fig. 3.25

Urmărind (fig. 3.25), la rândul ei cedarea dinamică W_{din} se poate exprima astfel:

$$W_{din} = W_{stat} + \Delta W$$

astfel, coeficientul dinamic devine:

$$\chi = \frac{W_{din}}{W_{stat}} = 1 + \frac{\Delta W}{W_{stat}} \quad (3.61)$$

dacă revenim la relația (3.42), deformația statică maximă se poate exprima pornind de la:

$$\frac{F_y}{y_{stat}} = R_{stat} \quad (3.62)$$

$$\frac{1}{R_{stat}} = \frac{y_{stat}}{F_y} = W_{stat} \quad (3.63)$$

$$y_{stat} = F_y W_{stat} \quad (3.64)$$

$$y_{stat(max)} = F_y W_{stat(max)} \quad (3.65)$$

unde: $W_{stat(max)}$ este valoarea maximă pe care o poate lua W .

în conformitate cu relațiile:

$$y_{din} = y_{stat} \chi \leq y_{adm}$$

$$y_{adm} = K \delta$$

$$\text{exprimând: } F_y = \lambda C_{F_z} t^{x_{F_z}} s^{y_{F_z}}$$

$$\text{rezultă: } \lambda C_{F_z} t^{x_{F_z}} s^{y_{F_z}} W_{stat(max)} \chi = K \delta$$

$$\text{de unde: } t^{x_{Fz}} s^{y_{Fz}} = \frac{K\delta}{\lambda C_{Fz} W_{\text{stat(max)}} \chi}$$

Relația (3.68) permite corelarea parametrilor regimului de aşchiere t și s în funcție de rigiditățile (sau mai precis cedările) subsansamblurilor mașinii unelte (chiar ale sistemului M.D.P.S.).

Tot din (3.68) se poate determina de exemplu mărimea admisibilă a avansului în cazul prelucrărilor de degroșare.

Astfel:

$$S = \left(\frac{K\delta}{t^{x_{Fz}} \lambda C_{Fz} W_{\text{stat(max)}} \chi} \right)^{y_{Fz}}$$

Relația (3.59) este o relație de dependență de tipul: $s=f(\delta, W, \dots)$, adică implică influența directă a toleranței dorite și a cedării respectiv a rigidității sistemului tehnologic elastic asupra avansului de lucru.

Grafic, acest lucru rezultă prin ridicarea curbelor $s=f(R)$ din fig.

$$3.26 \text{ unde } C = \frac{\Delta_s}{\Delta_f} \tag{3.70}$$

C – reprezentând coeficientul de precizie

Δ_s - erorile semifabricatului

Δ_f - erorile piesei prelucrate.

Se poate exprima chiar

$$\Delta_s \equiv \delta_s$$

$$\Delta_f \equiv \delta_f$$

unde δ_s, δ_f sunt tocmai toleranțele semifabricatului, respectiv a piesei finite.

Se poate exprima:

$$\Delta_s = \delta_s = 2(t_{\text{max}} - t_{\text{min}}) \tag{3.72}$$

cunoscând că:

$$t_{\text{min}} = \frac{A_c}{2} \text{ respectiv}$$

$$t_{\text{max}} = \frac{A_c + \delta_s}{2} \tag{3.73}$$

unde A_c - adausul de prelucrare pe diametru.

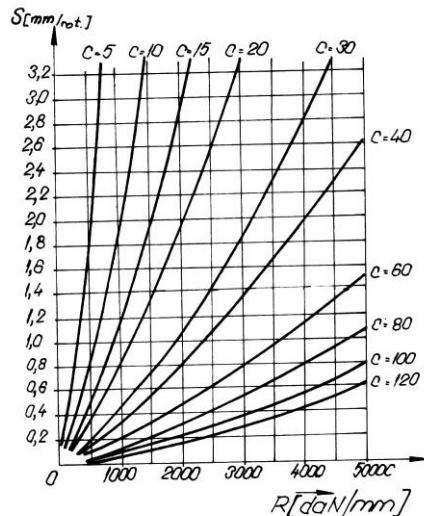


Fig. 3.26

Trebuie subliniat că în toleranța δ_f a piesei trebuie să se includă (să se încadreze) deformațiile sistemului tehnologic elastic M.D.P.S., conform relației:

$$\Delta_f = \delta_f = 2(y_{\max} - y_{\min}) \quad (3.74)$$

Acest lucru se poate deduce și urmărind situația din fig. 3.27.

y_{\max} , y_{\min} se pot calcula cu re

$$y_{\max} = \frac{F_{y_{\max}}}{R_{y_{\min}}}; y_{\min} = \frac{F_{y_{\min}}}{R_{y_{\min}}} \quad (3.75)$$

unde $F_{y_{\max}}$ respectiv $F_{y_{\min}}$ reprezintă valoarea maximă și minimă a componentei F_y considerate ca variabile, datorită variației însăși a adâncimii de așchiere de la t_{\max} la t_{\min} .

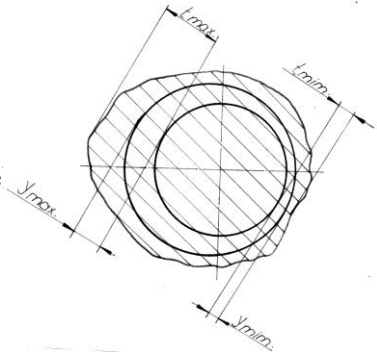


Fig. 3.27.

R_{\min} este rigiditatea minimă a sistemului tehnologic elastic M.D.P.S.

Pentru calcule, în cazul cel mai favorabil se poate considera y_{\max} - la valoarea lui R_{\min} , respectiv y_{\min} - la valoarea R_{\max} .

Exprimând forțele:

$$F_{y_{\max}} = \lambda C_{F_z} t_{\max}^{x_{F_z}} s^{y_{F_z}} \quad \text{și} \quad F_{y_{\min}} = \lambda C_{F_z} t_{\min}^{x_{F_z}} s^{y_{F_z}} \quad (3.7)$$

considerând exponentul $x_{F_z} = 1$

Atunci, în baza relației (3.70) rezultă coeficientul de precizie:

$$C = \frac{\Delta_s}{\Delta_f} = \frac{\delta_s}{\delta_f} = \frac{2(t_{\max} - t_{\min})}{2(y_{\max} - y_{\min})} = \frac{\frac{A_c + \delta_s}{2} - \frac{A_c}{2}}{\frac{F_{y_{\max}}}{R_{\min}} - \frac{F_{y_{\min}}}{R_{\min}}} = \frac{\frac{A_c + \delta_s - A_c}{2} R_{\min}}{\delta_s R_{\min}} = \frac{R_{\min}}{2(F_{y_{\max}} - F_{y_{\min}})}$$

$$\frac{\delta_s R_{\min}}{2\lambda C_{F_z} s^{y_{F_z}} (t_{\max} - t_{\min})} = \frac{2(t_{\max} - t_{\min}) R_{\min}}{2\lambda C_{F_z} s^{y_{F_z}} (t_{\max} - t_{\min})} = \frac{R_{\min}}{2\lambda C_{F_z} s^{y_{F_z}}} \quad (3.7)$$

$$\text{deci: } C = \frac{R_{\min}}{2\lambda_{F_z} s^{y_{F_z}}}$$

În baza acestor valori ale lui (C) s-au ridicat diagramele $s=f(R)$, conform figurii 3.26, la diferite valori ale acestuia ($c=5\dots 120$). din influența rigidității asupra regimului de așchiere, rezultă și influența rigidității asupra productivității și costului prelucrării.

Productivitatea este o expresie a timpului pe bucată piesă, îndeosebi calculată, folosind timpul de bază (τ_b).Astfel:

$$\tau_b = \frac{L}{ns} \text{ [mm]}$$

unde:

L [mm] – cursa sculei

n [rot/min] – turația

s [mm/rot] – avansul de lucru

înlocuind aici, în (3.79), valoarea lui (s) obținem relația (3.78)

$$s = \left(\frac{R_{\min}}{\lambda C_{F_z} c} \right)^{\frac{1}{y_{F_z}}}$$

rezultă:

$$\tau_b = \frac{L}{n \left(\frac{R_{\min}}{\lambda C_{F_z} c} \right)^{\frac{1}{y_{F_z}}}}$$

și pentru că $c = \frac{\delta_s}{\delta_f}$ se poate scrie:

$$\tau_b = \frac{1}{n} \frac{L}{\left(\frac{\delta_s R_{\min}}{\delta_f \lambda C_{F_z}} \right)^{\frac{1}{y_{F_z}}}}$$

Relația (3.82) ilustrează influența rigidității asupra productivității și asupra costului prelucrării.

Știind că productivitatea $Q = \frac{1}{\tau_b}$ obținem:

$$Q = n \frac{\left(\frac{\delta_s R_{\min}}{\delta_f \lambda C_{Fz}} \right)^{y_{Fz}}}{L}$$

3.4. Metode de obținere a preciziei de prelucrare

Ținând cont de tipurile de producție existente, metodele de obținere a preciziei de prelucrare sunt următoarele:

- a. metoda trasajului;
- b. metoda (luării) așchiilor de probă;
- c. metoda obținerii automate a dimensiunilor.

Tipurile de producție cărora le sunt caracteristice aceste metode sunt:

- 1. producția individuală: - (a)
- 2. producția individuală și de serie mică: - (b)
- 3. producție de serie mare și masă: - (c)

În fig. 3.28 se prezintă erorile caracteristice pe care le pot primi piesele ca urmare a influenței rigidității sistemului tehnologic elastic.

- a-fără eroare (cazul ideal);
- b-eroare datorată deformării elastice a piesei prinsă între vârfuri;
- c-eroare datorată dilatării sculei (prindere între vârfuri);
- d-eroare datorată dilatării sculei (prindere în consolă).

Un alt caz specific al deformării este cel al prelucrării bușelor de strângere în dispozitiv (fig. 3.29).

- Cazul:
- a-strângere în dispozitiv, cauzează deformarea alezajului existent;

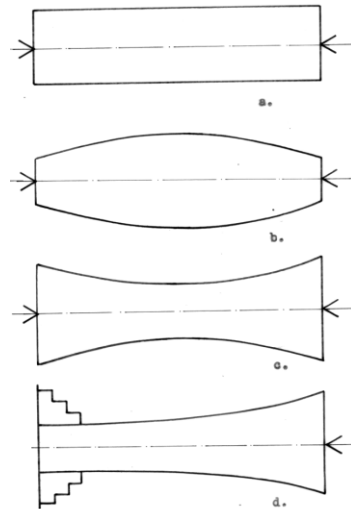


Fig. 3.28

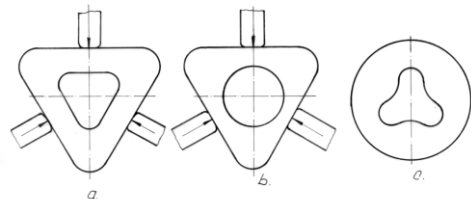


Fig. 3.29

b-prelucrarea în poziție strânsă;
c-alezajul obținut (deformat) după înlăturarea forțelor de strângere în dispozitiv.

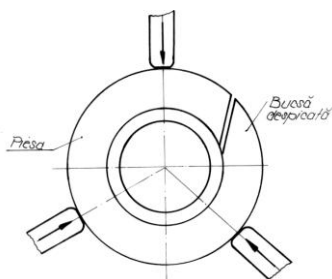


Fig. 3.30

Remediul îl constituie prinderea piesei într-o bucșă despicate, iar aceasta la rândul ei strânsă în universalul mașinii-unelte cu care se prelucurează (fig. 3.30).

3.4.1. Influența erorilor de reglare a sculei ε_r asupra preciziei

Acest caz apare în situația fabricației de serie sau masă, unde este vorba de obținerea automată a dimensiunilor specifice sistemelor tehnologice reglate în prealabil (la cotă).[34]

Se vor considera numai acele erori care țin cont de reglarea sculei la dimensiune, adică modul de micropoziționare a ei în raport cu toleranța impusă. Este exclusă eroarea datorită aportului reglorului, sau cea datorată sculelor reglate sub centru, etc., erori care creează abateri dimensionale și de formă.

3.4.1.1. Reglarea optimă la dimensiune a sculei.

În general vorbind, reglarea la dimensiune a sculei exprimă o anumită poziționare a câmpului de împrăștiere (ω) în câmpul de toleranță prevăzut (δ).

O reglare se poate considera bună (optimă), dacă între două reglări consecutive numărul de piese prelucrate este maxim (cât mai mare).

Poziția câmpului de împrăștiere este exprimată de media aritmetică a dimensiunilor (\bar{d}). Aceasta caracterizează reglarea.

În momentul efectuării reglării: $\omega = 6\sigma$.

Trebuie cunoscută valoarea câmpului de împrăștiere ω , parametru care caracterizează precizia mașinii-unelte (deci și a sistemului tehnologic).

Se știe că procesul tehnologic statistic controlabil impune cerința:

$$\omega \leq \delta$$

În cazul unei producții de serie și masă, reglarea sculelor poate fi corespunzătoare dacă se analizează un lot $n=2\div 10$ piese numit lot de probă și se trag niște concluzii prezumtive. ($N_1 =$ nr. de piese din lot, ce trebuie prelucrate).

Trebuie să găsim legătura între \bar{d}_p și \bar{d} .

De menționat că mărimea N se referă la o colectivitate generală adică:

$$N=(100\div 300)>n$$

Problema se pune astfel:

- știind că reglarea este exprimată de poziția lui ω în câmpul δ , va trebui să estimăm parametrul \bar{d} (asociat lui ω și N), prin media lotului de probă \bar{d}_p (asociat lui n).

Ținând cont de statistica matematică, care demonstrează faptul că media \bar{d}_p a probei este o variabilă aleatoare (întâmplătoare), câmpul de împrăștiere $\omega_{\bar{d}_p}$ va avea expresia:

$$\omega_{\bar{d}_p} = \frac{\omega}{\sqrt{n}}$$

Media mediilor probelor $\bar{d}_p = \bar{d}$ acest lucru rezultă și din fig. 3.31.

Media mediilor probelor \bar{d}_p este egală cu \bar{d} .

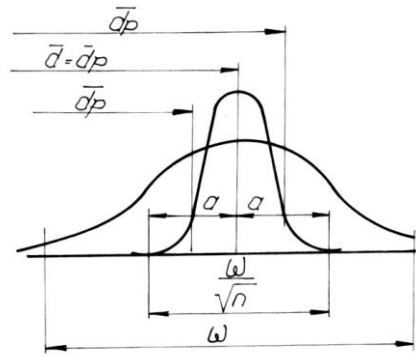


Fig. 3.31

Rezultă că media \bar{d}_p poate să se abată față de media adevărată \bar{d} a colectivității generale, cu cel

mult: $a = \pm \frac{\omega}{2\sqrt{n}}$

Prin urmare, cu ocazia reglării sculei la dimensiune, în baza unui lot de probă, poate să apară o primă eroare datorată faptului că numărul de piese din lotul de probă este prea mic pentru a putea caracteriza întreaga serie N_1 de piese.

Această eroare este notată cu:

$$\Delta l = \pm a = \pm \frac{\omega}{2\sqrt{n}} = \pm \frac{6\sigma}{2\sqrt{n}} = \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$$

unde σ reprezintă abaterea medie pătratică a colectivității generale (este necesar să cunoaștem și ω).

În afară de eroarea Δl mai apar și alte erori, cum ar fi:

Δm - eroarea de măsurare

Δp - eroarea de poziționare a sculei în raport cu piesa.

Eroarea de măsurare Δm este egală cu cel mult \pm valoarea unei diviziuni (dată de precizia aparatului de măsură). Sunt date tabelar.

Eroarea de poziționare Δ_p depinde de precizia cu care se face poziționarea (deplasarea) sculei.

Reamintim că precizia instrumentelor de măsură (valoarea unei diviziuni) trebuie să fie cuprinsă între $(1/6 \div 1/10) \delta$.

Dacă $\omega \ll \delta$, atunci recomandăm ca precizia instrumentelor de măsură să se ia $(1/6 \div 1/10)$ din valoarea câmpului de împrăștiere.

Deoarece erorile Δ_l, Δ_m și Δ_p sunt erori întâmplătoare, eroarea totală de reglare ε_r se poate calcula cu relația:

$$\varepsilon_r = 2\sqrt{\Delta_l^2 + \Delta_m^2 + \Delta_p^2}$$

În cazul unui proces de fabricație stabil atât static cât și dinamic, reglarea e considerată ca fiind corectă dacă centrul de grupare al câmpului de împrăștiere ω se suprapune peste mijlocul M_o al câmpului de toleranță, adică se îndeplinește condiția $\bar{d} = M_o$.

3.4.2. Influența erorilor de instalare a semifabricatului asupra preciziei de prelucrare

Înainte de începerea prelucrării propriu-zise, orice piesă trebuie orientată în raport cu direcția avansului și scula așchietoare.

Suprafețele folosite la orientarea pieselor se numesc baze.

Aceste baze se divid în:

- baze tehnologice;
- baze de măsurare.

Notând cu:

ε_b - eroarea de bazare

ε_f - eroarea de fixare (care apare datorită modificării orientării făcute inițial)

și considerând că atât ε_b , ε_f sunt cu caracter aleator, rezultă

eroarea de instalare: $\varepsilon_f = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_f^2}$

Menționăm că atât ε_b cât și ε_f urmează legea normală de distribuție (Gausse-Laplace). Disciplina proiectarea dispozitivelor abordează amply acest subiect, precum și problema bazelor tehnologice și de măsurare, fiind specifice ca simbolizare și notare.

3.5. Influența deformațiilor termice ale sculei asupra preciziei prelucrării

După cum se știe procesul de așchiere este însoțit de fenomene termice datorate în principal de căldura formată în zona așchierii sau provenite de la sursele exterioare.

Astfel, regimul termic, influențează nefavorabil reglarea sculei la dimensiune, toate elementele sistemului tehnologic elastic M.D.P.S., cu urmări care duc la schimbări ale poziției reciproce, etc., efecte care se repercutează asupra preciziei de prelucrare.

Figura 3.32 ilustrează modul de repartizare a căldurii în zona de așchiere.

Din figură rezultă că în general cea mai mare parte din căldură este absorbită de așchie, apoi de piesă și cea mai mică parte de sculă.

Precizia de prelucrare, deci, este influențată negativ îndeosebi de cantitatea de căldură absorbită de piesă și sculă, acestea rămânând în contact tot timpul prelucrării.

Judecând din punct de vedere termic, sistemul tehnologic de prelucrare se află succesiv în două stări:

- starea nestaționară (regim termic tranzitoriu);
- starea staționară.

Starea termică nestaționară apare la pornirea mașinii, mai ales după o oprire mai îndelungată.

Starea termică staționară se consideră atunci când se realizează un echilibru între aportul de căldură și pierderile de căldură. Acest lucru prezintă de fapt un fel de echilibru termic. Diferitele elemente ale sistemului tehnologic își păstrează temperatura constantă sau aproximativ constantă într-un interval de timp.

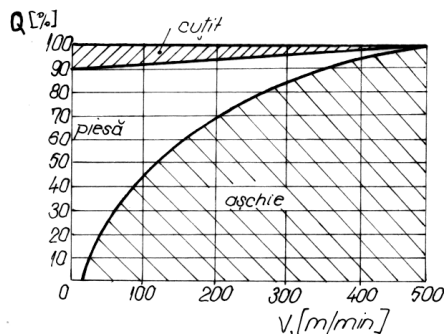


Fig. 3.32

În fig. 3.33 respectiv 3.34, se ilustrează direcția de acțiune a componentei alungirii termice a sculei, precum și eroarea de generare cauzată de aceasta.

Căldura dezvoltată în timpul așchierii se poate exprima:

$$Q = \frac{F_z v \tau_b}{427} \text{ [kcal]}$$

$$\text{sau: } Q = \frac{F_z v \tau_b 4,18}{427} \text{ [kJ]}$$

în care

F_z [daN] – componenta principală a forței de așchiere

v [m/min] – viteza de așchiere

τ_b [min] – timpul de bază

Chiar dacă în sculă pătrunde o cantitate relativ redusă de căldură, cercetarea-experimentală a demonstrat că alungirile termice rezultante ajung până la 100 μm (0,1 mm), deci deloc neglijabile.

Mijloacele de răcire-ungere folosite în timpul prelucrării reduc considerabil alungirile anterior menționate.

În prima fază a prelucrării, scula se află într-un regim termic nestaționar, temperatura sculei fiind într-o continuă creștere.

Se poate scrie un bilanț termic pentru această fază:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

unde

Q - căldura care intră în sculă

Q_1 - căldura cedată în mediul înconjurător

Q_2 - căldura care provoacă ridicarea temperaturii

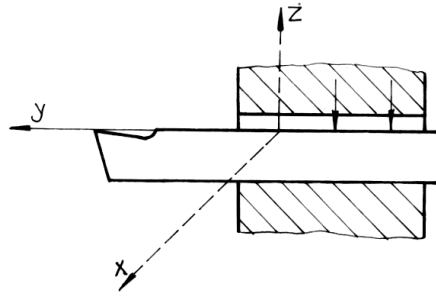


Fig. 3.33

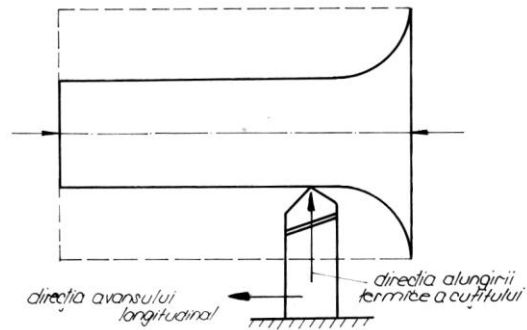


Fig. 3.34

Ajungând la regimul termic staționar când scula nu se mai încălzește ($Q_2 = 0$) rezultă:

$$Q = Q_1$$

În cazul strunjirii, variația alungirii termice a părții din consolă a sculei este prezentată în fig. 3.35.

Teoretic alungirea termică maximă a cuțitului (Δl_m), s-ar putea determina cu relația:

$$\Delta l_m = \alpha L(\theta_f^0 - \theta_i^0) \quad (3.95)$$

unde:

α [$\text{grad}^{-1}; \text{K}^{-1}$] – coeficientul de dilatare termică liniară

θ_f^0, θ_i^0 - temperaturile finale și inițiale (ale ciclului termic)

Relația (3.95) nu dă bune rezultate în practică, cercetarea experimentală stabilind relații mult mai apropiate de realitate.

De exemplu, în cazul prelucrărilor cu cuțite armate cu plăcuțe din aliaj dur T15K6, se poate calcula cu expresia:

$$\Delta l_m = C \frac{L}{A} \sigma_r (ts)^{0,75} \sqrt{v} \quad [\mu\text{m}]$$

unde:

C – constantă egală cu $C=4,5$ pentru $t \geq 1,5$ [mm], $s \leq 0,2$ [mm/rot] și $v=100 \div 200$ [m/min]

L [mm] – lungimea părții în consolă a cuțitului

A [mm^2] – secțiunea cuțitului

σ_r [daN/mm^2] – rezistența la rupere a materialului de prelucrat

s [mm/rot] – avansul de lucru

t [mm] – adâncimea de așchiere

v [m/min] – viteza de așchiere

Relația prezentată (3.96) corespunde stării termice staționare.

Există o relație și pentru determinarea alungirii termice în cazul stării nestaționare astfel:

$$\Delta l = \Delta l_m \left(1 - e^{-\frac{\tau}{K_t}}\right) \quad [\mu\text{m}]$$

unde:

Δl [μm] – alungirea cuțitului în timpul lucrului

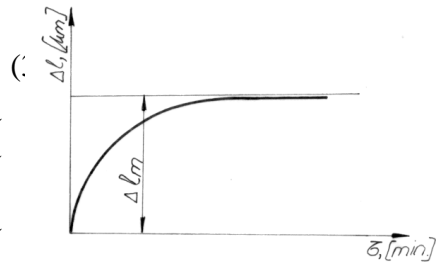


Fig. 3.35

$\Delta l_m [\mu m]$ – alungirea maximă corespunzătoare echilibrului termic (calculată cu relația 3. 96)

e – baza logaritmilor naturali

τ (s) – durata de încălzire

K_t – constanta termică a sculei, dată de relația:

$$K_t = \frac{mc}{\lambda A}$$

în care: m [Kg]- masa cuțitului

c [kcal/kg·grad; kj/m·h·K°] - căldura specifică

λ [kcal/m·h·grad; kj/m·h·K°] – coeficient de conductibilitate termică

A [m²] suprafața cuțitului prin care se transmite căldura

În cazul răcirii, relația este:

$$\Delta l = \Delta l_m e^{-\frac{\tau}{K_t}} \quad [\mu m]$$

Ca observație, echilibrul termic se atinge după un timp $\tau=4K_t$ (când regimul nestaționar s-a terminat), timp după care alungirea termică respectiv scurtarea se oprește (practic).

Conform figurii 3.36:

$$\Delta l = 0,98 \Delta l_m$$

În timpul așchierii, perioadele de încălzire–răcire ale sculei alternează:

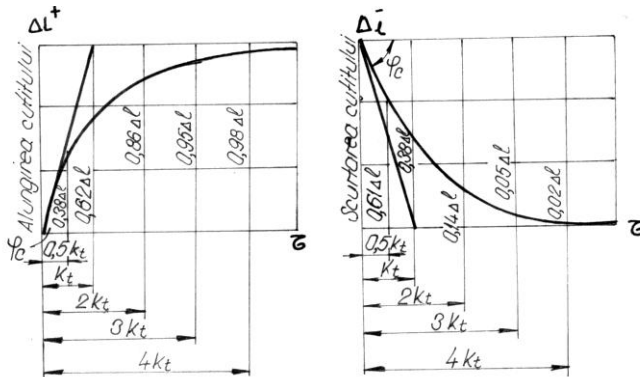


Fig. 3.36

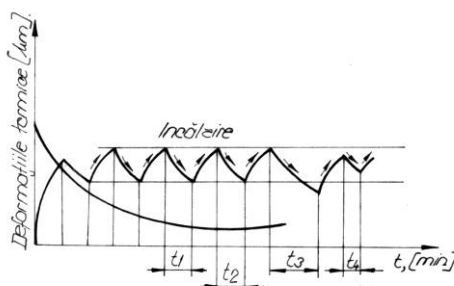


Fig. 3.37

În cazul întreruperi ritmice ($t_1=t_2$) și al unor întreruperi neritmice ($t_2 \neq t_3$) variația Δl a lungimii cuțitului este ilustrată în fig. 3.37.

Se prezintă în continuare, influența factorilor regimului de așchiere asupra alungirii termice a cuțitului (conform relației 3.96), mai precis a vitezei v , avansului s , și a adâncimii de așchiere t .

Acest lucru se vede în fig. 3.38, 3.39, 3.40.

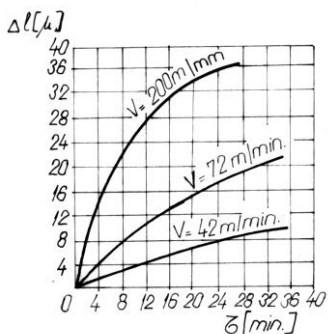


Fig. 3.38

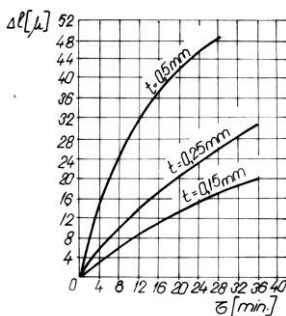


Fig. 3.39

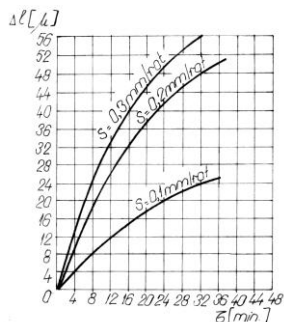


Fig. 3.40

Totodată asupra alungirii termice a sculei o influență sensibilă o au și secțiunea sculei A (fig. 3.41), lungimea în consolă L (fig. 3.42) precum și modul de fixare a plăcuțelor în corpul cuțitului (fig. 3.43).

A acțiunea de dilatare termică (factorul termic) are o variație contrară cu uzura sculei așchietoare (uzura este compensată parțial de dilatarea sculei).

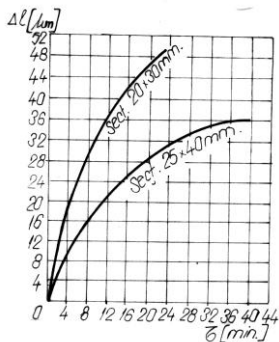


Fig. 3.41

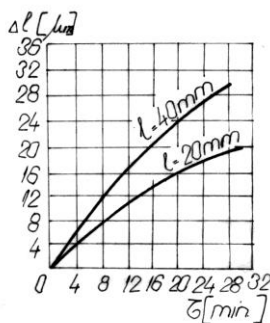


Fig. 3.42

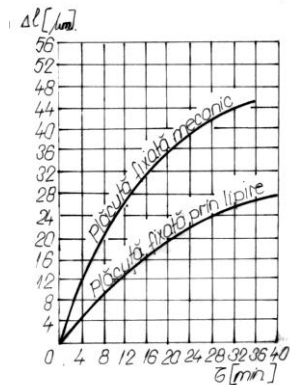


Fig. 3.43

Eroarea datorată dilatării termice ε_{t_s} (a sculei) ca parte componentă a erorii totale de prelucrare (ε_t^*) se poate estima cu ajutorul relației 3.100.

$$\varepsilon_{t_s} = 2\Delta l_m = 2C \frac{L}{A} \sigma_r (t \cdot s)^{0,75} \sqrt{v} \quad [\mu m]$$

Pentru a împiedica influența negativă a alungirii termice a sculei asupra preciziei de prelucrare se recomandă folosirea de sisteme de răcire-ungere corespunzătoare, adecvate diferitelor situații ale prelucrărilor prin așchiere. Este evident că prin aceasta se va răci întreg sistemul MDPS, mai ales așchia, piesa și scula, condițiile de lucru fiind mult îmbunătățite.

Școala românească, cercetarea științifică și experimentală și-au adus aportul asupra lămuririi fenomenului precum și al contracarării efectelor nedorite ale dilatării termice. [39]

Conform fig. 3.44., considerându-se suprafețele izotermice de formă sferică, putem interpreta direcția gradientului de temperatură ca fiind orientat după bisectoarea AB a vârfului unghiului de atac ($2\alpha_1^0$).

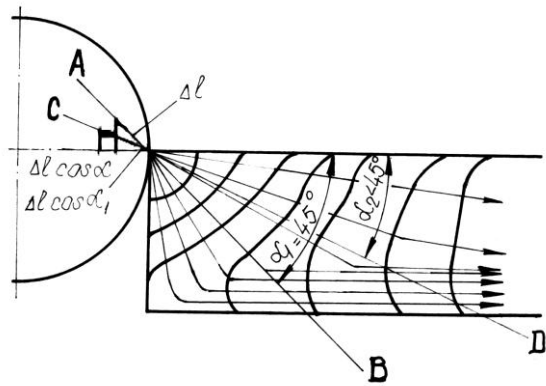


Fig. 3.44

Măsurată pe direcția y-y, eroarea astfel apărută va fi:

$$\varepsilon_{t_{s1}} = 2\Delta l_m \cos \alpha_1^0$$

În urma studiilor teoretico-experimentale s-a constatat abaterea suprafețelor izotermice de la forma sferică, cu cât ne depărtăm mai mult de zona de așchiere. Astfel gradientul de temperatură nu mai are direcția situată pe bisectoarea AB, ci deplasată spre direcția CD (la semiunghiul $\alpha_2^0 < \alpha_1^0$).

Eroarea astfel introdusă va fi:

$$\varepsilon_{t_{s2}} = 2\Delta l_m \cos \alpha_2^0$$

întrucât $\alpha_2^0 < \alpha_1^0$ rezultă că $\varepsilon_{t_{s2}} > \varepsilon_{t_{s1}}$

Concluzia ce s-ar desprinde este că avem tot interesul de a nu se deplasa direcția gradientului de temperatură. Soluția păstrării unghiului α_1^0 , cât mai mare este construirea și utilizarea unor cuțite de construcție specială de forma literei “L” (fig. 3.45).

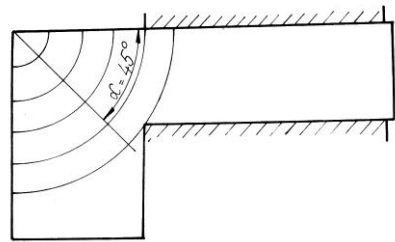


Fig. 3.45

O altă modalitate de contracarare a alungirii termice a sculei este și fixarea înclinată a cuțitului cu un unghi β^0 (fig. 3.46).

Geometric rezultă eroarea:

$$\varepsilon_{t_{s3}} = 2\Delta l_m \cos\alpha \cos\beta$$

Această este o eroare mai mică decât în situația fixării perpendiculare a cuțitului de piesă ($\beta^0 = 0^0$). De astfel acest lucru rezultă și comparativ, din reprezentarea fig. 3.47

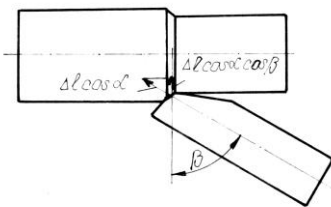


Fig. 3.46

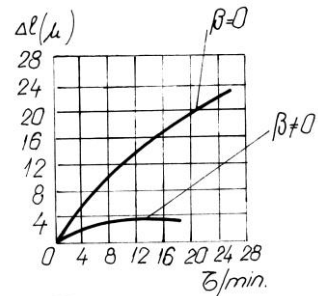
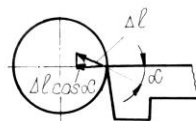


Fig. 3.47

3.5.1. Influența deformațiilor termice ale elementelor sistemului tehnologic M.D.P. (excluzând scula)

După cum se știe o parte din căldura produsă în zona de așchiere precum și mai ales cea rezultată ca urmare a frecărilor ce apar în mecanismele componente ale mașinii-unelte se transmit în corpul acesteia, afectând în mod diferit precizia de prelucrare.

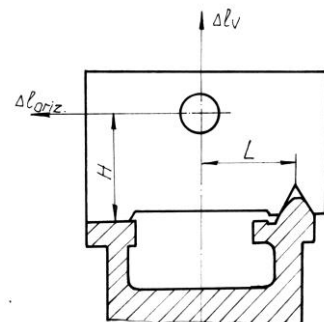


Fig. 3.48

Referindu-se la strung, căldura înmagazinată în păpușa fixă produce deplasarea (ca urmare a dilatării) arborelui principal cu valorile Δl_o și Δv (fig. 3.48).

Teoretic aceste deplasări s-ar putea determina cu relațiile:

$$\begin{aligned} \Delta l_v &= \alpha H(\theta_f^o - \theta_i^o) \\ \Delta l_o &= \alpha L(\theta_f^o - \theta_i^o) \end{aligned} \quad (3.1c)$$

dar acestea nu au în practică o verificare mulțumitoare. Cercetarea experimentală a demonstrat-o (vezi fig. 3.49 și 3.50).

Aceste alungiri, în general depind de regimul de așchiere și de regimul de funcționare în timp al mașinii.

În fig. 3.51 se prezintă alungirea termică a arborelui principal al unei mașini de frezat verticale. Determinarea deformațiilor termice ale batiurilor este foarte dificilă, datorită formelor constructive complicate.

Având în vedere deformațiile mici rezultate, în calcul trebuie totuși considerate una din cele două situații posibile:

- a. - ipoteza unui câmp de temperatură staționar;
- b. - situația unui câmp de temperatură nestaționar.

Prima situație (a.) e valabilă în cazul prelucrării pieselor în mai multe faze și treceri și când în prelucrare sunt implicate mai multe scule.

Temperatura medie de încălzire a piesei prelucrate se poate determina cu relația calorimetrică:

$$Q = mc \Delta\theta^o$$

sau

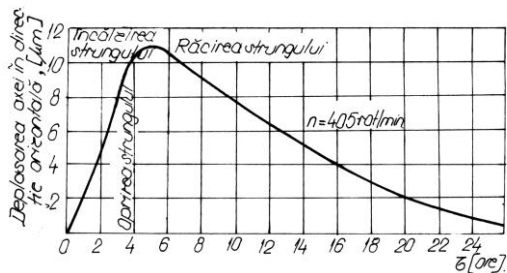
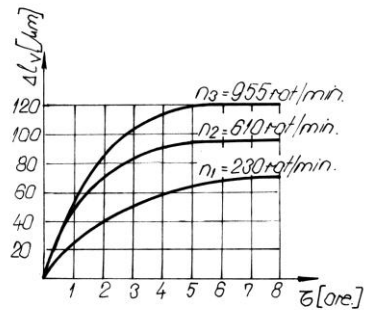


Fig. 3.50

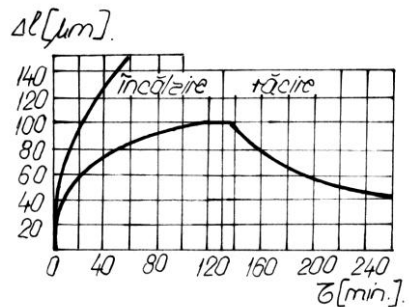


Fig. 3.51

$$\Delta\theta^{\circ} = \frac{Q}{mc}$$

unde

$\Delta\theta^{\circ}$ - temperatura medie de încălzire a piesei [$^{\circ}\text{C}$, K]

Q [kcal sau kJ] – căldura degajată în procesul de aşchiere

c [kcal/kg grd sau kJ/kgK] – căldura specifică a materialului piesei

m [kg] – masa piesei

Reamintim că în sistemul internațional (S.I.), căldura se măsoară în unități de energie, [J] respectiv [kJ].

Astfel: 1 cal = 4,18 J; 1 kcal = 4,18 kJ

1 J = 0,239 cal = 0,239 10^{-3} kcal

1K = 273,15 ($T^{\circ}\text{C}$)

În relația (3.105), valoarea căldurii dezvoltate în procesul de aşchiere se poate determina cu relațiile:

$$Q = \frac{F_z v \tau_b}{427} \text{ [kcal]}; \quad Q = \frac{F_z v \tau_b 4,18}{427} \text{ [kJ]}$$

Cunoscând mărimea $\Delta\theta^{\circ}$ se poate determina dilatarea termică liniară la lungime sau diametru a semifabricatului.

$$\Delta l = \alpha L \Delta\theta^{\circ}; \quad \Delta d = \alpha d \Delta\theta^{\circ}$$

unde L, d [mm] respectiv α [K^{-1} sau grd^{-1}]

În relațiile (3.111), Δl , respectiv Δd reprezintă chiar erorile de prelucrare datorate deformațiile termice ale piesei.

Astfel:

$$\varepsilon_{t_p} = \Delta l = \alpha L \Delta\theta^{\circ} \text{ sau } \varepsilon_{t_p} = \Delta d = \alpha d \Delta\theta^{\circ}$$

Concluzii:

- experimental s-a constatat că în cazul prelucrărilor pieselor masive erorile de prelucrare datorate factorilor termici sunt mici și pot fi chiar neglijate (mai ales în cazul prelucrărilor unor suprafețe relativ mici)

- la prelucrarea pieselor cu pereți subțiri și cu suprafețe relativ mari, deformațiile pieselor (deci și erorile) pot atinge valori comparabile cu toleranțele lor (corespunzătoare treptei a 6-7 de precizie);

- se impune, ca o consecință, o atenție sporită în cazul prelucrărilor de finisare (mai ales), unde se poate produce chiar deformația termică a semifabricatului;

- totodată se recomandă a se lua în considerare faptul că la prelucrarea suprafețelor interioare erorile sunt mai mari, ca urmare a căldurii înmagazinate mai mari (cedare termică mai dificilă);

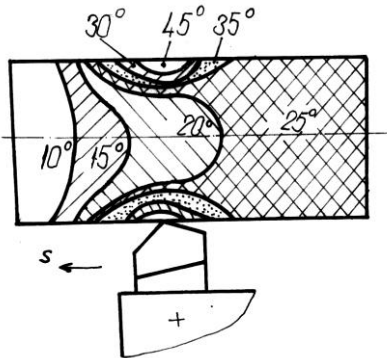


Fig. 3.52

Figurile 3.52 și 3.53, ilustrează câmpul termic din materialul semifabricatului în timpul prelucrării, respectiv eroarea rezultată în final.

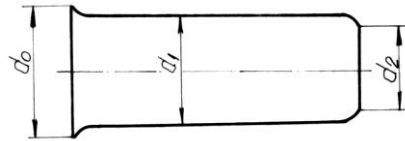


Fig. 3.53

Ca recomandare generală, în vederea diminuării efectelor factorului termic asupra preciziei de prelucrare, este utilizarea unui sistem de răcire corespunzător.

3.6. Influența erorilor produse de imprecizia de execuție a elementelor sistemului tehnologic (M.D.P.S.) de prelucrare asupra preciziei

Elementele sistemului tehnologic M.D.P.S. nu pot avea o precizie absolută de funcționare, repercutându-se asupra preciziei pieselor la a căror fabricație concură.

Cauzele sunt două:

- erori de fabricație
- uzuri în sistem

Erorile geometrice ale mașinii unelte care produc în ultimă instanță abateri de precizie sunt:

- neregularitatea și abaterea de la paralelism a ghidajelor
- lipsa paralelismului dintre ghidaje și arborele principal
- bătaia radială și axială a arborelui principal
- necoaxialitatea celor două vârfuri (mai ales în cazul

strungurilor)

Cele mai sus enumerate produc în timpul funcționării:

- vibrații transversale ale arborelui principal
- bătaia vârfurilor din păpușa fixă și imprimarea unei traiectorii

incorecte a cuțitului.

În cele ce urmează vom studia **abaterea traiectoriei vârfului cuțitului** de la traiectoria corectă (situată în planul orizontal al axei de rotație), deplasare efectuată vertical și orizontal.

Această deplasare poate produce:

- conicitatea suprafeței (abatere în plan orizontal)
- obținerea unei suprafețe hiperboloidale (hiperboloid de rotație), în cazul abaterii în plan vertical.

Calculul se face în baza figurii 3.54., care reproduce situația strunjirii unei piese având axa de rotație OX, iar cuțitul deplasându-se de la stânga la dreapta pe traiectoria AB, înclinată cu unghiul β° .

Vârful cuțitului se va depărta de planul orizontal. Astfel la distanța x situată față de punctul A, raza semifabricatului va deveni:

$$r_x = \sqrt{r_0^2 + z^2} \tag{3.113}$$

dar deoarece: $z = x \operatorname{tg} \beta^\circ$

$$\text{rezultă: } r_x = \sqrt{r_0^2 + x^2 \operatorname{tg}^2 \beta} \tag{3.114}$$

$$\text{sau: } r_x^2 = r_0^2 + x^2 \operatorname{tg}^2 \beta \tag{3.115}$$

$$\text{din } \triangle ABB' \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{a}{L}$$

relația (3.115) devine:

$$r_x^2 = r_0^2 + x^2 \frac{a^2}{L^2} \tag{3.116}$$

$$\text{respectiv: } \frac{r_x^2}{r_0^2} = 1 + \frac{x^2}{r_0^2} \frac{L^2}{a^2} \tag{3.117}$$

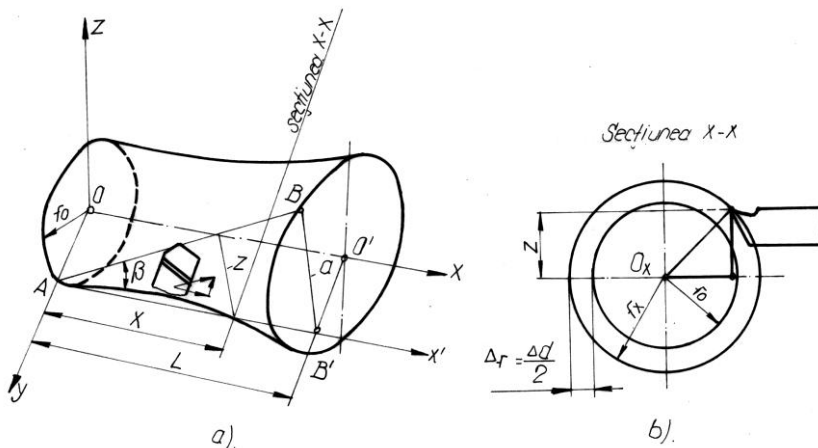


Fig. 3.54

$$\text{sau: } \frac{r_x^2}{r_0^2} - \frac{x^2}{r_0^2 \frac{L^2}{a^2}} = 1 \quad (3.118)$$

aceasta reprezintă tocmai ecuația unei hiperbole

a - reprezintă supraînălțarea vârfului cuțitului în plan vertical pe lungimea L .

Din relația (5.116) putem obține valoarea razei situată la distanța x în secțiune $x-x$.

$$r_x = \sqrt{r_0^2 + x^2 \frac{a^2}{L^2}} \quad (3.119)$$

Eroarea dimensională care se obține va fi:

$$\Delta d = 2\Delta r = 2(r_x - r_0) = 2\left(\sqrt{r_0^2 + \frac{x^2 a^2}{L^2}} - r_0\right) \quad (3.120)$$

$$\Delta d + 2r_0 = 2\sqrt{r_0^2 + \frac{x^2 a^2}{L^2}} \quad (3.121)$$

ridicând ambii membri la pătrat și considerându-se $\Delta d^2 \cong 0$, rezultă

$$\Delta d = \frac{x^2 a^2}{L^2 r_0} \quad (3.122)$$

pentru situația extremă când $x=L$ se obține:

$$\Delta d = \frac{a^2}{r_0} \quad (3.123)$$

Acest Δd dat de relația (5.123) poate fi considerat chiar ε_g (eroarea de generare), făcând parte din expresia erorii totale de prelucrare ε_t^* .

În situația în care vârful cuțitului se deplasează atât în plan vertical cât și în plan orizontal, atunci suprafața strunjită va fi de asemenea un hiperboloid de rotație (vezi fig.3.55.)

Considerând că deplasarea cuțitului pe verticală se face sub unghiul β° iar cea orizontală sub unghiul α° , traiectoria finală va fi rezultanta celor două mișcări.

Deplasarea pe orizontală este b iar pe verticală a . procedând ca anterior, în secțiunea $x-x$, raza piesei va fi:

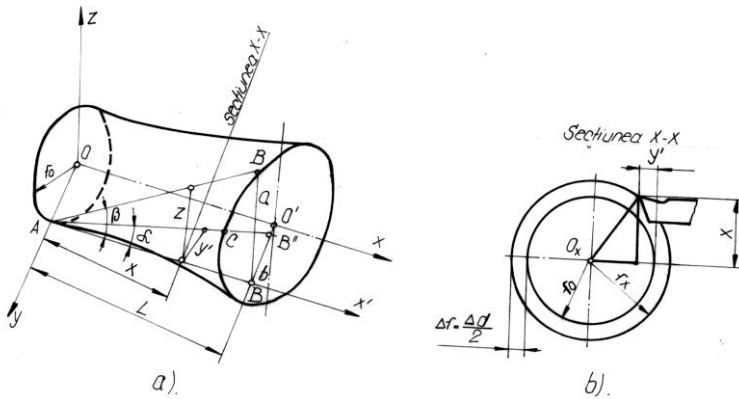


Fig. 3.55

$$r_x = \sqrt{(r_0 - y')^2 + z^2} \quad (3.124)$$

cunoscându-se:

$$z = x \operatorname{tg} \beta \quad \text{și} \quad y' = x \operatorname{tg} \alpha$$

relația (5.133) devine:

$$r_x^2 = (r_0 - x \operatorname{tg} \alpha)^2 + x^2 \operatorname{tg}^2 \beta \quad (3.125)$$

dar:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a}{L}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{L} \quad (3.126)$$

expresia (3.125) poate lua forma:

$$r_x^2 = \left(r_0 - x \frac{b}{L} \right)^2 + x^2 \frac{a^2}{L^2} \quad (3.127)$$

sau:

$$\frac{r_x^2}{r_0^2} - \frac{x^2}{r_0^2 \frac{L^2}{b^2 + a^2}} + 2x \frac{b}{r_0 L} = 1 \quad (3.128)$$

aceasta poate fi considerată tot ecuația unei hiperbole.

Din (3.127) rezultă:

$$r_x = \sqrt{\left(r_0 - x \frac{b}{L} \right)^2 + x^2 \frac{a^2}{L^2}} \quad (3.129)$$

Eroarea dimensională a piesei în secțiunea situată la distanța x va fi:

$$\Delta d = 2\Delta r = 2(r_x - r_0) = 2 \left[\sqrt{\left(r_0 - x \frac{b}{L}\right)^2 + \frac{x^2 a^2}{L^2}} - r_0 \right] \quad (3.130)$$

$$(\Delta d + 2r_0)^2 = 4 \left[\left(r_0 - x \frac{b}{L}\right)^2 + x^2 \frac{a^2}{L^2} \right] \quad (3.131)$$

din aceleași considerente ($\Delta d^2 \cong 0$) rezultă:

$$\Delta d = \frac{x^2(b^2 + a^2) - 2r_0 \cdot x \cdot b \cdot L}{L^2 \cdot r_0} \quad (3.132)$$

iar pentru $x = L$ se obține:

$$\Delta d = \frac{b^2 + a^2 - 2r_0 \cdot b}{r_0} \quad (3.133)$$

care este de asemenea considerată drept eroarea ε_g , făcând parte din eroarea totală de prelucrare ε_t^* .

S-a amintit că erori de prelucrare pot apare și datorită uzurii anumitor organe ale mașinilor-unelte, care determină poziția relativă a piesei în raport cu scula. Aceste erori pot fi atât dimensionale, de formă cât și de poziție.

De exemplu:

- uzura neuniformă a ghidajelor poate duce la obținerea unor piese cu suprafețe prelucrate complexe având generatoare complexe, datorită abaterii traiectoriei sculei (de la traiectoria normală) atât în plan vertical cât și în cel orizontal.

- uzura arborelui principal (a lagărelor acestuia) duce la obținerea erorilor de formă, etc., de asemenea o influență negativă asupra preciziei de prelucrare o mai are și inexactitatea de execuție a dispozitivelor, ca urmare a erorilor pieselor componente sau a montării.

3.7. Influența tensiunilor interne asupra preciziei de prelucrare

Tensiunile interne existente în semifabricat sau piesa finită pot provoca deformarea piesei sau pot declanșa, prin apariția crăpăturilor, distrugerea totală a ei. Deformarea pieselor afectează deci precizia de prelucrare.

Se disting, în general, trei grupe de tensiuni interne și anume:

- cele legate de dimensiunile pieselor, formate în volume mari (macroscopice)

- tensiuni formate la nivelul structurilor cristaline superficiale (microscopice)

- tensiuni interne legate de volume ultramicroscopice.

Primele două grupe prezintă interes din punctul tehnologic de vedere, al preciziei de prelucrare (mai ales prima categorie).

Cauzele care determină apariția tensiunilor interne pot fi:

- constructive

- tehnologice

Cauzele constructive: se datorează formelor constructive ale pieselor (s-au tratat la disciplinele rezistența materialelor și organe de mașini).

Cauzele tehnologice: se datorează tehnologiei de obținere a piesei, mai ales tehnologiei de elaborare a semifabricatului sau a tratamentului termic aplicat, etc.

Aici sunt semnificative:

- modificarea volumului semifabricatului sub acțiunea temperaturii la încălzire sau răcire (neuniformă)

- modificarea de volum ca urmare a deformațiilor elastico-plastice neuniforme

- modificarea volumică determinată de transformările de fază ale materialului.

Este de la sine înțeles că în timpul elaborării semifabricatelor prin diverse procedee ca: turnare, forjare, laminare, matrițare, etc.; precum și în timpul tratamentelor termice, iar anterior în timpul însăși așchierii, temperatura și presiunile care se dezvoltă generează apariția tensiunilor interne.

Frecvent, în urma așchierii, întâlnim fenomenul de ecruisare care introduce tensiuni interne în material. Adâncimea stratului ecruisat și implicit eforturile unitare, în cazul așchierii, depind de calitatea materialului precum și de caracteristicile procesului de așchiere.

Putem trage concluzia că regimul de așchiere are o mare influență asupra tensiunilor interne. Fiindcă tendința de mărire a volumului stratului superficial deformat este frânată de straturile interioare de metal nedeformat, stratul exterior este supus unor tensiuni de compresie iar straturile interioare unor tensiuni de întindere.

Efectul căldurii degajate în timpul procesului de așchiere este următorul:

- la o strunjire cu viteze cuprinse în domeniul 80-170 m/min, temperatura stratului superficial se ridică la 600-800°C, iar în cazul

rectificărilor rapide chiar în jurul a 800-1200°C. Această încălzire produce o mărire volumică a straturilor exterioare, împiedicată de straturile interioare reci. Astfel rezultă și aici tensiuni de compresiune în straturile superficiale.

Dacă nu aplicăm obișnuitul tratament de detensionare, s-ar produce microfisuri sau chiar deteriorarea piesei. Acest fenomen apare mai ales după prelucrările de degroșare, prelucrare care strică echilibrul tensiunilor interne ale semifabricatului.

Este cunoscut faptul că tensiunile interne ale pieselor forjate, matrițate, laminate, trefilate și așchiate pot fi detensionate printr-un tratament de recoacere (ex. la piesele din fontă detensionarea se poate face prin îmbătrânire naturală sau artificială).

De reținut este și faptul că tratamentele termice provoacă tensiuni interne nu numai prin modificările volumice datorită temperaturii, ci și datorită transformărilor de fază (ex.: descompunerea austenitei reziduale; transformarea martensitei tetragonale în martensită cubică; formarea amestecurilor mecanice de ferită și carburi-troostită sau sorbită). Disciplinele anterior studiate, tehnologia materialelor de exemplu, tratează o serie de cazuri ale tensiunilor interne intervenite în situația semifabricatelor turnate, matrițate, forjate, laminate, etc., nefiind cazul să revenim aici cu amănunte.

Esențial este faptul că efectul tensiunilor interne asupra preciziei de prelucrare este deloc neglijabil. Prin alegerea diferitelor tipuri sau procedee de prelucrare putem influența în mod deosebit efectul acestora, contracarându-le.

Capitolul 4

Optimizarea proceselor tehnologice

4.1. Proces tehnologic, aspectul proiectare-optimizare

În orice situație reală, pentru prelucrarea unui anumit reper pot fi utilizate mai multe variante tehnologice. Chiar dacă toate aceste variante ar fi valabile, numai una din acestea este optimă. Se preconizează în tehnologia modernă căutarea pe bază științifică a soluției sau soluțiilor care duc la desemnarea variației optime.[34]

Orice tendință de optimizare trebuie să plece de la anumite cerințe numite în cazul de față criterii. Acestea pot fi de natură diferită, în funcție de specificul procesului de fabricație. Astfel de criterii ca: precizia dimensională și calitativă, costul de prelucrare, productivitatea, recuperarea investițiilor s.a. sunt cele mai des întâlnite.

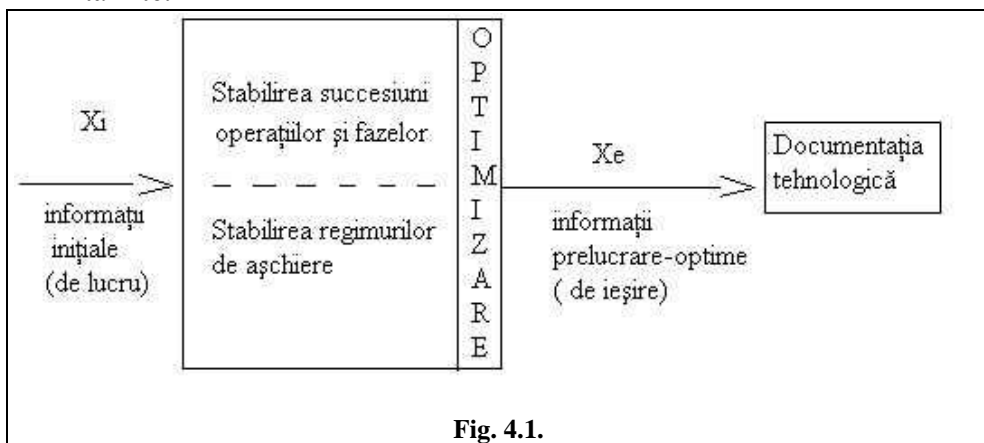


Fig. 4.1.

Pentru optimizare reală a proceselor tehnologice trebuie să pornească de la elaborarea pe baze științifice a unui sistem de proiectare –optimizare, care pornind de la informațiile de intrare (cunoscute), trecând prin stabilirea succesiunii operațiilor și fazelor și a regimurilor de așchiere, dau mărimi prelucrate (noi) care constituie informațiile necesare documentației tehnologice.

Un asemenea sistem de proiectare-optimizare este dat în schema din fig. 4.1.

Una din căile prin care se poate asigura optimizarea proceselor tehnologice este tipizarea acestora.

4.2. Tipizarea proceselor tehnologice

Prin tipizarea proceselor tehnologice trebuie înțeles generalizarea unor soluții tehnologice la cât mai multe piese, putând efectua la nivel intern (de întreprindere, centrală, ramură etc.) o normalizare a tehnologiilor.

Tipizarea presupune:

- gruparea pieselor pe familii de piese
- proiectarea piesei reprezentative a familiei, numită piesă complexă. Piesa complexă poate fi o piesă reală sau fictivă.
- proiectarea unui proces tehnologic-tip, optim pentru piesa complexă
- procesul tehnologic optim pentru fiecare piesă reală din familie se poate deduce ușor din procesul tehnologic tip al piesei complexe.
- este necesară utilizarea unui anumit sistem de codificare (cum ar fi de exemplu cotarea literară a pieselor din familie).

În concluzie, tipizarea proceselor tehnologice, cere un proces tehnologic unic pentru piese asemănătoare.

Avantajele proceselor tehnologice tip s-au dovedit a fi:

- proiectare rapidă, ușoară și eficientă
- se scurtează mult timpii de proiectare a tehnologiilor și S.D.V.-urilor
- execuția S.D.V.-urilor este optimizată astfel prin câștigul de experiență obținut anterior.

4.2.1. Tehnologia de grup

Este una din cele mai eficiente metode de tipizare a tehnologiilor, verificate în practică. De data aceasta însă, principiile tipizării sunt aplicate în cadrul producțiilor de serie mică, ducând la o considerabilă creștere a productivității și a costului prelucrării. Într-un fel se poate afirma că astfel se împrumută producțiilor de serie mică avantajele fabricației organizate conform producțiilor de serie mare și masă.

Tehnologia de grup urmărește următoarele:

- reducerea necesarului de variante tehnologice existente;
- folosirea avantajelor proceselor tehnologice din producția de serie mare și masă, prin utilizarea unor echipamente tehnologice de mare productivitate.

Tehnologia de grup permite mărirea loturilor de fabricație, precum și lucrul în flux. Trebuie realizate următoarele etape:

- clasificarea pieselor pe grupe și tipuri (pornind de la clase și subclase);
- proiectarea și realizarea dispozitivelor de grup și schema lor de reglare a sculelor;
- modernizarea echipamentelor existente sau proiectarea și realizarea mașinilor unelte speciale, în vederea creșterii productivității;
- normalizarea semifabricatelor.

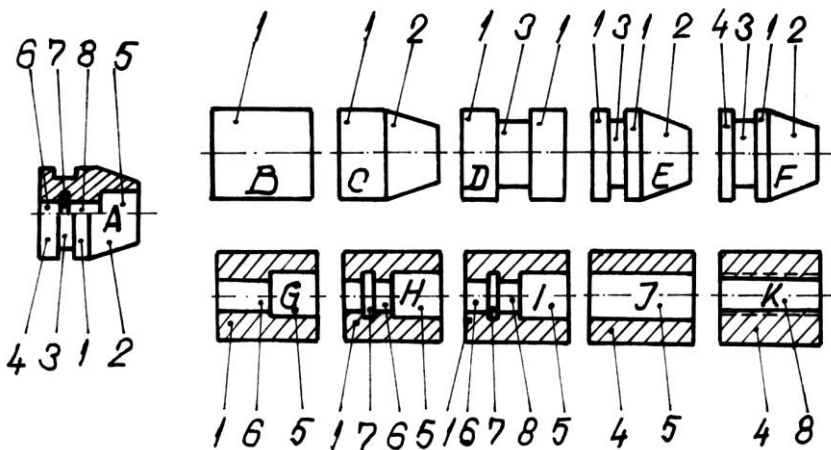


Fig. 4.2.

În fig. 4.2. se arată o grupă de piese, iar fig. 4.3. conține un grup de piese cu piesă convențională (complexă).

Există diverse sisteme de clasificare a pieselor, dintre care amintim cele mai semnificative: OPTIZ (Germania), VPTIT, LITMO, PTNII (Rusia), BRISH-COMBINSKI (Anglia), ZAFO-ZAOME (Franța) și UHBv (România). Toate au la bază o clasificare pe bază de coduri.

Întregului sistem de tipizare a proceselor tehnologice, inclusiv tehnologiei de grup trebuie acordată o mare importanță. Motivul principal este acela că în condițiile actuale, chiar și în țările puternic industrializate, producțiile de serie mare și masă nu sunt predominante. (De exemplu în S.U.A., producția de serie mică are o pondere de cca. 75% - în industria construcțiilor de mașini - ceea ce permite schimbarea cu rapiditate a produsului fabricat).

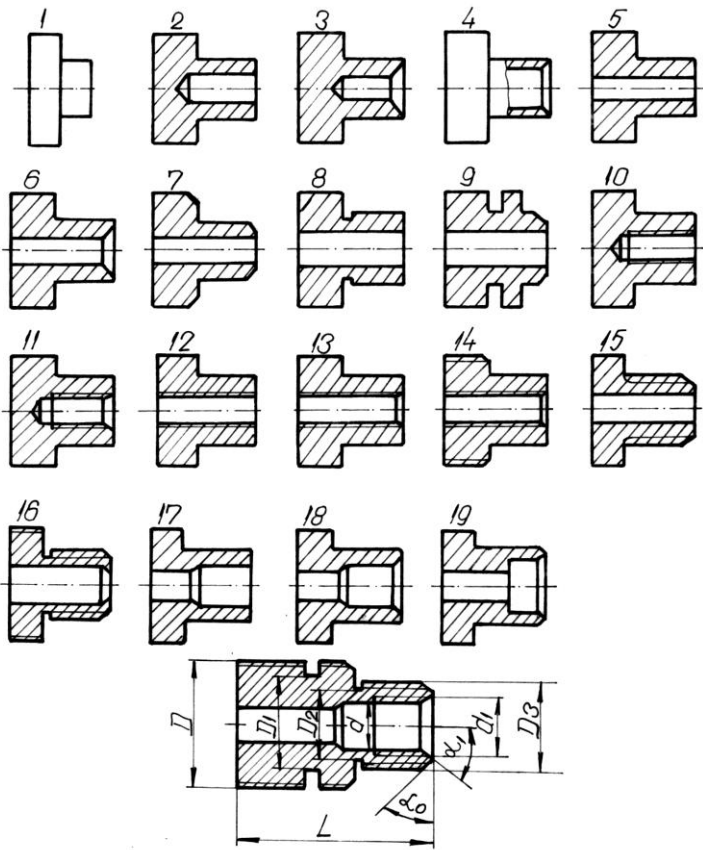


Fig. 4.3.

Capitolul 5

Calitatea suprafețelor prelucrate

5.1. Generalități

Este necesar să se precizeze de la început faptul că noțiunea de **calitate a suprafeței prelucrate** este legată de **precizia prelucrării**. La fel de importantă este și noțiunea asupra calității suprafeței, ca fiind o altă latură a preciziei și anume cea care cuprinde și aspectul microgeometric al acesteia (inclusiv o structură corespunzătoare a ei). Astfel calitatea suprafeței prelucrate cuprinde două aspecte importante:

- aspectul **fizic** al calității suprafeței
- aspectul geometric al calității suprafeței

În timp ce primul este legat de abaterile proprietăților fizico-mecanice ale stratului superficial, al doilea definește abaterile suprafeței reale față de cea considerată ideală, indicată în desenele de execuție ale reperelor.

Ocupându-ne de **aspectul geometric** al calității (cel mai vizibil influențat de procesul tehnologic), analizăm cele trei categorii ale acestei abateri:

- macroneregularități
- ondulații
- microneregularități (rugozități)

Așa cum se observă din fig.5.1., **macroneregularitățile** sunt abateri de înălțime mică (notate cu R_M) având însă pasul foarte mare. Abaterea de înălțime este raportată față de forma teoretică a suprafeței.

Exemple de macroneregularități:

- pentru suprafețe plane:
 - neplaneitatea
 - convexitatea
 - concavitatea
- pentru suprafețe cilindrice:
 - ovalitatea
 - conicitatea
 - formă de butoi

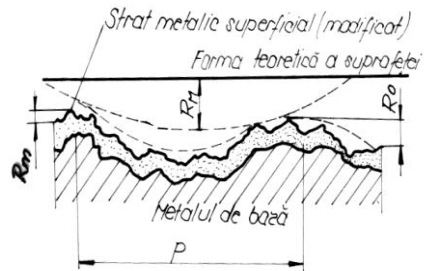


Fig. 5.1.

- formă de hiperboloid, etc.

De obicei microneregularitățile se datorează impreciziei sistemului tehnologic de prelucrare (în special în urma uzurii elementelor sistemului).

Ondulațiile pot fi definite ca macroneregularități ce se repetă la intervale regulate (relativ egale și comparabile ca dimensiuni).

Înălțimea lor e relativ mică

R_O și cu un pas mediu P .

(fig.5.2.)

Ele se datorează neuniformității procesului de așchiere, deformațiilor plastice în zona de așchiere, vibrațiilor sistemului tehnologic, precum și altor perturbații ale sistemului.

De precizat că aceste neregularități (ondulațiile) au

pasul P mai mare decât avansul de lucru. Observăm în fig. 5.2. cele două direcții perpendiculare de lucru: orizontal (O) și transversal (t).

H_t – reprezintă înălțimea undulațiilor pe direcția avansului transversal (t), respectiv H_O pe cel orizontal (O). P_t , respectiv P_O sunt pași undulațiilor pe cele două direcții.

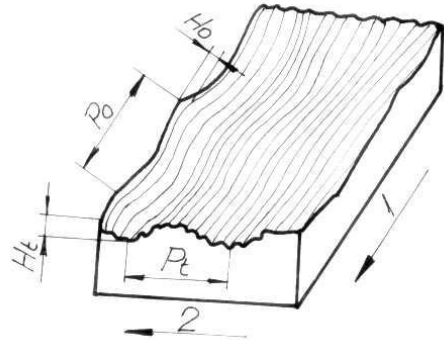


Fig. 5.2.

Microneregularitățile (rugozitățile) sunt acele abateri de înălțime foarte mică R_m (fig. 5.1.) și cu un pas mult mai mic decât cel al undulațiilor. Tehnologic, ele reprezintă urmele lăsate de scula așchietoare.

Rugozitățile se datorează unor serii de factori: forma (geometria) sculei așchietoare, parametrii regimului de așchiere, deformațiile elastico – plastice ale materialului din fața tăișului sculei, etc.

În condițiile cerute azi produselor fabricate, în vederea unei fiabilități cât mai ridicate, se impune realizarea unei rugozități corespunzătoare, prescrise.

Se cunosc criteriile de apreciere (cantitativă) a rugozității (în baza sistemului liniei medii):

- criteriul R_a
- criteriul R_z
- criteriul R_{max} (criteriu suplimentar)

Criteriul R_a , numit și al abaterii medii aritmetice, reprezintă valoarea medie a ordonatelor y_1, y_2, \dots, y_n ale profilului efectiv "P", până la linia medie "m" luate în limitele lungimii de referință "l". (fig.

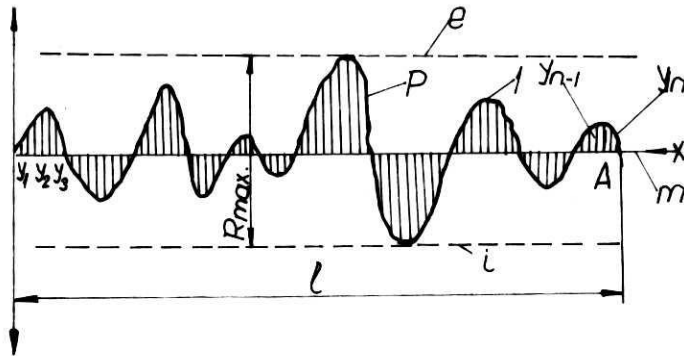


Fig.5.3.

5.3.).

Linia medie **m** este în așa fel aleasă, încât suma pătratelor ordonatelor y_1, y_2, \dots, y_n să fie minimă.

Relația de calcul este:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \quad \text{sau} \quad R_a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (\text{aproximativ}) \quad (5.1.)$$

Criteriul R_z , este criteriul înălțimii medii a neregularităților care se definește ca fiind distanța medie dintre cele mai înalte cinci puncte ale vârfurilor și cele mai joase cinci puncte ale bazei profilului efectiv (fig. 5.4.), toate cuprinse între limitele lungimii de referință "l".

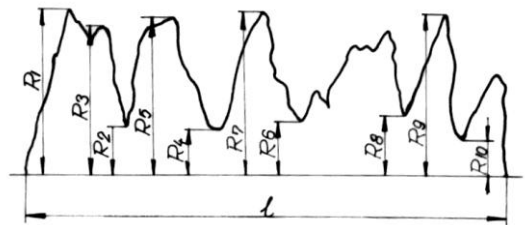


Fig. 5.4.

Astfel (5.2.):

$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5}$$

Criteriul R_{max} , numit și criteriul secundar, acesta se referă la înălțimea maximă a neregularităților ca fiind distanța dintre linia

exterioară (e) și cea interioară (i) a profilului neregularităților (fig. 5.3.) în limitele lungimii de referință “1”.

Există relații de legătură, menite să exprime echivalența dintre criteriile R_a , R_z și R_{max} .

Acestea sunt:

$$\log R_z = 0,65 + 0,97 \log R_a$$

$$\log R_{max} = 1,97 + 0,98 \log R_a \quad (5.3.)$$

$$R_{max} = (3 \dots 6) R_a$$

Referitor la relația ultimă $R_{max} = f(R_a)$, valorile mai mari se iau pentru prelucrări de degroșare, în timp ce valorile mai mici pentru prelucrările de finisare.

5.2. Influența rugozității asupra preciziei dimensionale

Din cunoștințele dobândite în cadrul disciplinei de control tehnic, reiese că precizia dimensională este hotărâtoare asupra preciziei (sau modului) de funcționare. Rugozitățile fiind de fapt microneregularități ale suprafețelor exterioare sau interioare prelucrate, influențează ajustajul provocând după un timp de funcționare “slăbirea” strângerii, respectiv mărirea jocului, denaturând prescripțiile inițiale (tipul ajustajului).

Uzura funcțională acționează asupra asperităților suprafețelor de contact. Ca orice fenomen de uzură, în prima perioadă de funcționare, produce reducerea cu peste 50% a înălțimii microasperităților, provocând micșorarea (la arbori) sau mărirea (la alezaje) a dimensiunilor. Astfel se produce schimbarea naturii ajustajului. Legat de aceasta apare funcționarea defectuoasă a subansamblului sau ansamblului respectiv (chiar deteriorarea).

Există prescripții și recomandări pentru a stabili rugozitatea suprafețelor obișnuite de contact cu frecare (de aderență), date de practica tehnologică și cercetarea aplicativă:

$$\begin{aligned} R_z &= (0,10 \dots 0,15) T \quad [\mu\text{m}] && \text{pentru } d, D > 50\text{mm} \\ R_z &= (0,15 \dots 0,20) T \quad [\mu\text{m}] && \text{pentru } d, D = 18-50\text{mm} \\ R_z &= (0,20 \dots 0,25) T \quad [\mu\text{m}] && \text{pentru } d, D = 1-8\text{mm} \end{aligned} \quad (5.4.)$$

unde T reprezintă toleranța cotei prescrise.

5.3. Influența rugozității asupra rezistenței la uzură, oboseală și coroziune

Privitor la **uzură**, la începutul funcționării, contactul se realizează pe vârful microasperităților. Acest fenomen produce “tocirea” inițială a lor. Legat de aceasta, nici presiunea ce se transmite de la o piesă la alta, nu se distribuie pe toată suprafața

teoretică de contact, ci pe o suprafață mult mai mică. Rezultă o presiune reală mult mai mare decât cea calculată teoretic.

Pe parcursul funcționării, asperitățile se tocesc în continuare, ducând la creșterea suprafeței portante reale.

Precizăm această suprafață prin cota (ordonata) “ y ” careia îi corespunde la un moment dat (fig. 5.5.) zona uzată.

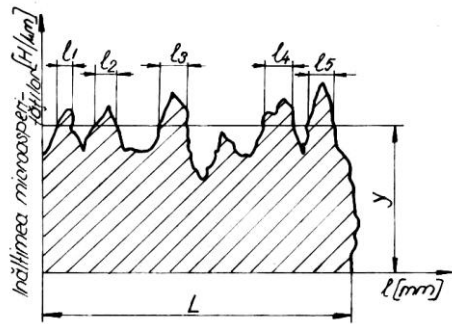


Fig. 5.5.

Se poate defini printr-un raport cu relația:

$$R = \frac{l_1 + l_2 + l_3 \dots + l_n}{L} = \frac{\sum l_i}{L} \quad (5.5.)$$

cea ce reprezintă proporția (în secțiune) dintre zona reală de contact $\sum l_i$ și cea teoretică (L).

Acest lucru mai exprimă și de câte ori se reduce rezistența reală la uzură comparativ cu cea teoretică. Se poate vedea și în fig. 5.6., dependența $u=f(\tau)$ în același timp cu $u=f(R)$.

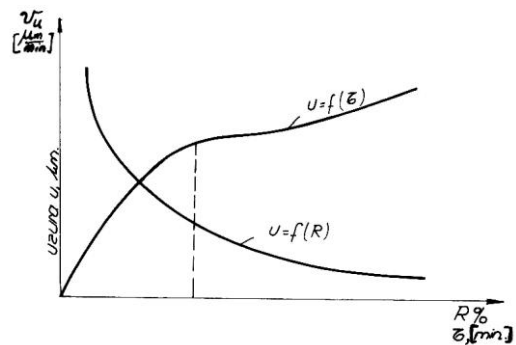


Fig. 5.6.

În urma cercetărilor experimentale s-a ajuns la concluzia necesității obținerii unei rugozități “optime” din punctul de vedere al condițiilor de funcționare (fig. 5.7.).

Se observă că atât rugozitatea inferioară (mare) cât și cea superioară (mică) tind către valoarea optimă (cca 1,8 μm). De aici rezultă importanța alegerii corespunzătoare a rugozităților, respectiv a procedurilor tehnologice adecvate obținerii calităților funcționale cerute produselor.

Rezistența la oboseală este direct influențată de valoarea (mărimea) rugozității suprafețelor. Studiată și luată în considerare la rezistența materialelor, factorii $\beta_K, \epsilon, \gamma$ intervin direct în calculul coeficientului de siguranță (prin metoda Soderberg). Acești factori

exprimă într-o formă sau alta influențele geometriei pieselor sau suprafețelor asupra rezistenței la oboseală.

Totodată e cunoscut faptul că tensiunile ce apar la fundul asperităților sunt de aproximativ 1,5...2,5 mai mari decât tensiunile medii care acționează asupra stratului superficial.

În urma cercetărilor experimentale s-au putut efectua determinări care să precizeze influența procedurii de prelucrare și a rezistenței la rupere (σ_r) asupra rezistenței la oboseală (σ_{-1}).

Astfel în fig. 5.8., semnificația curbelor este:

- 1 – prelucrarea de rectificare
- 2 – rectificare fină
- 3 – lustruire
- 4 – prelucrare cu jet de alicie

Se poate trage concluzia influenței negative a rugozității suprafeței asupra rezistenței la oboseală, cu cât materialul are o rezistență la rupere mai mare (σ_r).

Se poate exprima aceasta și prin definirea unui așa numit coeficient de sensibilitate (Δ_k) a cărei expresie este:

$$\Delta_k = \frac{\sigma_{-1}^0 - \sigma_{-1}^K}{\sigma_{-1}}$$

(5.6.)

unde: σ_{-1}^0 - rezistența la oboseală a unei epruvete etalon cu o rugozitate minimă;

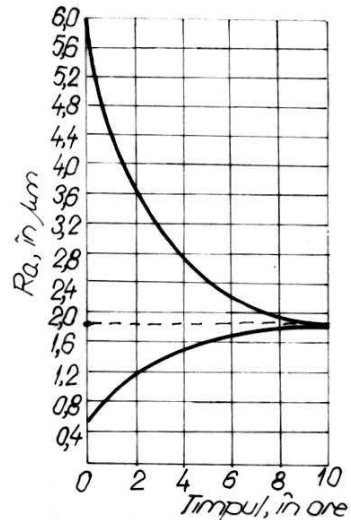


Fig. 5.7.

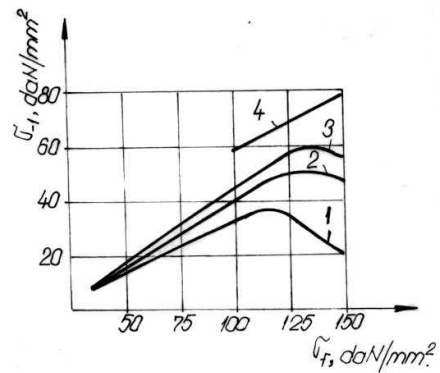


Fig. 5.8.

σ_{-1}^K - rezistența la oboseală a unei epruvete etalon având o anumită rugozitate (cea în cauză).

Concluzie generală:

- influența procedurii de prelucrare, respectiv a regimului de aşchiere asupra rezistenței la oboseală se manifestă prin intermediul rugozității. Cu cât procedeul de prelucrare precum și regimul de aşchiere asigură o rugozitate mai mică, cu atât mai mult crește rezistența la oboseală.

Din punct de vedere al **rezistenței la coroziune**, în timpul funcționării, suprafețele pieselor aflate în contact sunt supuse și la acțiunea diferiților agenți corozivi (gaze, lichide, vapori, etc.).

Acțiunea corozivă a acestora va fi cu atât mai puternică, cu cât suprafața atacată are o rugozitate mai mare (respectiv invers). Conform celor prezentate în fig. 5.9., se observă acțiunea mai accentuată a agenților corozivi la baza

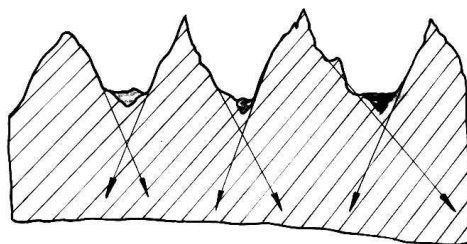


Fig. 5.9.

adânciturilor, propagându-se în lungul flancurilor, ca direcție, iar ca sens spre interiorul materialului.

5.4. Principali factori care influențează rugozitatea suprafețelor prelucrate

Din multitudinea de factori care influențează asupra rugozității, am ales pe cei principali, în contextul importanței tehnologice a acestora.

Aceștia sunt:

- geometria părții aşchietoare a sculei;
- calitatea suprafeței părții tăietoare a sculei (inclusiv uzura ei);
- regimul de aşchiere;
- deformațiile plastice și elastice ale materialului;
- rigiditatea sistemului tehnologic elastic de prelucrare;
- lichidul de răcire – ungere.

5.4.1. Influența geometriei părții aşchietoare a sculei asupra rugozității suprafeței prelucrate

Cercetarea experimentală a studiat acest caz cu referire principală la strunjire (fiind situația cea mai accesibilă). Este evident că se pot trage concluzii și pentru alte tipuri de prelucrări (rabotare, frezare, găurire, etc....).

Se prezintă, în continuare, influența geometriei părții active a cuțitului.

Fig. 5.10. prezintă influența unghiului de degajare γ° asupra rugozității suprafeței în situația prelucrării unui material OLC-45 ($v = 42$ m/min, la diferite avansuri).

Se poate constata că la mărirea unghiului de degajare γ° , materialul se deformează mai puțin și alunecă mai ușor pe suprafața de degajare.

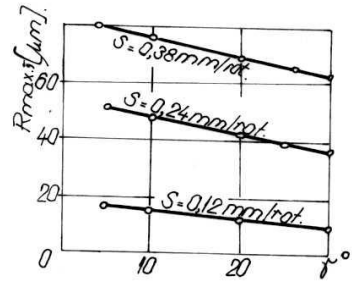


Fig. 5.10.

Figura 5.11. ilustrează influența unghiului de așezare (α°) asupra rugozității suprafeței prelucrate.

Se observă că la unghiuri de așezare mai mari, formându-se pe tăiș o cantitate mai mare de material în stare plastică (datorită aderențelor existente pe suprafața de așezare), aceasta se presează pe suprafața piesei măbind rugozitatea.

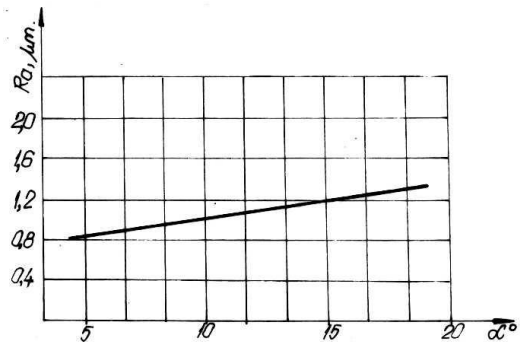


Fig. 5.11.

Designur cele constatate în fig. 5.10. și fig. 5.11. sunt orientative.

Influența unghiurilor de atac principal și secundar rezultă din fig. 5.12. a și b.

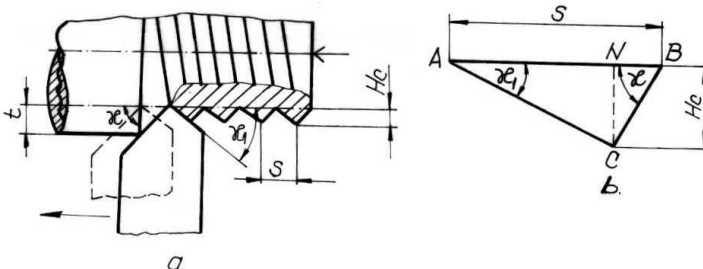


Fig. 5.12.

Considerând raza de racordare la vârful $r=0$, din triunghiurile ANC și BNC (fig. 5.12./b) rezultă:

$$\operatorname{ctg} \chi_1 = \frac{AN}{NC} \text{ respectiv } \operatorname{ctg} \chi = \frac{NB}{NC} \quad (5.7.)$$

exprimând $H_C = N_C$ (unde H_C – înălțimea calculată a asperităților) relațiile (5.7.) devin :

$$AN = H_C \operatorname{ctg} \chi_1 \quad \text{și} \quad NB = H_C \operatorname{ctg} \chi \quad (5.8.)$$

Mergând mai departe :

$$S = AN + NB \quad (5.9.)$$

înlocuind pe AN și NB rezultă imediat :

$$AN = H_C (\operatorname{ctg} \chi_1 + \operatorname{ctg} \chi)$$

iar de aici :

$$H_C = \frac{S}{\operatorname{ctg} \chi_1 + \operatorname{ctg} \chi} \quad (5.10.)$$

Corelarea dintre înălțimea H_C și unghiurile χ_1 și χ prin intermediul avansului (s) se poate vedea și în figurile 5.13. și 5.14.

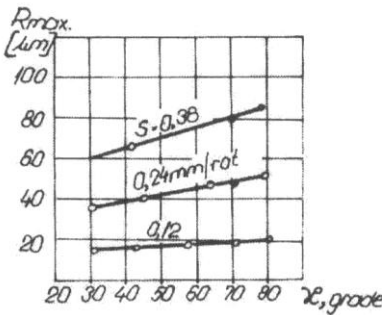


Fig. 5.13.

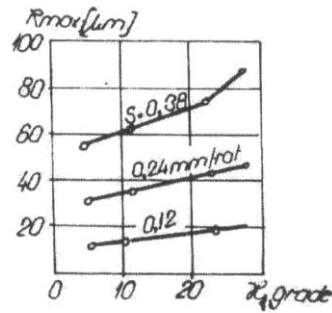


Fig. 5.14.

Deci, odată cu micșorarea unghiurilor χ_1 și χ , asperitățile scad.

În cealaltă situație când cuțitul de strung are rază la vârful ($r \neq 0$), deci majoritatea cazurilor reale, înălțimea calculată H_C va rezulta diferit față de situațiile anterioare (observându-se bine din figura 5.15.)

Geometric rezultă :

$$H_C = r - ON$$

$$(5.11.)$$

$$\cos \alpha^0 = \frac{ON}{r} \quad \text{deci} \quad ON = r \cos \alpha^0$$

$$(5.12.)$$

$$\text{astfel } H_C = r (1 - \cos \alpha^{\circ}) \quad (5.13.)$$

Din trigonometrie se cunoaște că :

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha^{\circ}}{2}} \quad (5.14.)$$

iar :

$$1 - \cos \alpha^{\circ} = 2 \sin^2 \frac{\alpha^{\circ}}{2} \quad (5.15.)$$

înlocuind relația (5.15.) în (5.13.) se va obține :

$$H_C = 2r \sin^2 \frac{\alpha^{\circ}}{2} \quad (5.16.)$$

urmărind figura 5.15. se poate exprima:

$$\sin \alpha^{\circ} = \frac{S}{2r} \quad \text{sau} \quad \alpha \approx \frac{S}{2r} \quad (5.17)$$

(întrucât este vorba de valori mici ale lui α°)

deci:

$$\sin \frac{\alpha^{\circ}}{2} \approx \frac{\alpha^{\circ}}{2} \approx \frac{S}{4r}$$

(5.18.)

ridicând la pătrat:

$$\sin^2 \frac{\alpha^{\circ}}{2} \approx \frac{S^2}{16r^2} \quad (5.19)$$

iar în final relația (5.16.) va deveni:

$$H_C = \frac{S^2}{8r} \quad (5.20)$$

Relația (5.20) exprimă influența razei de vârf asupra înălțimii calculate a asperităților, dependența care arată că, cu cât avansul este mai mare, cu atât asperitățile (H_C) vor fi și ele mai pronunțate (mai mari). În mod contrar, creșterea razei de vârf (r) va duce la scăderea valorii rugozităților.

Revenind la relația (5.10.), unde dependența era de forma $H_C=f(\chi, \chi_1)$, folosirea unor cuțite care au teoretic unghiul χ sau χ_1 nul, duce la aplicarea în prelucrare a cuțitelor zise “late”, adică cu tăișul secundar paralel cu direcția avansului longitudinal. Rezultă teoretic rugozități nule sau practic vorbind foarte mici. În situația în care muchia așchietoare nu este paralelă cu avansul de lucru (vezi fig.5.16.), atunci profilul suprafeței prelucrate va avea forma unor dinți de fierăstrău. În practică asemenea cuțite implică

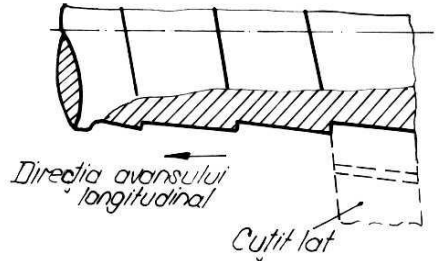


Fig. 5.16.

folosirea unor sisteme tehnologice cu rigidități mari. Realitatea confirmă situația în care se obișnuiește să se dea tăișului o înclinare la un anumit unghi λ^0 (conform fig. 5.17.).

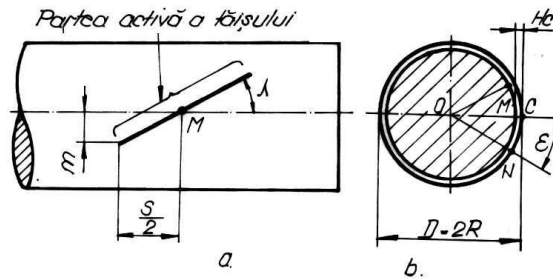


Fig. 5.17.

În acest caz rezultă o suprafață cu profil teoretic conform fig. 5.18. (în secțiune longitudinală).

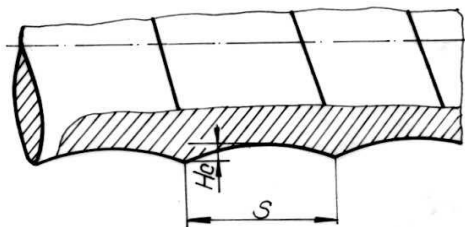


Fig. 5.18.

Înălțimea calculată a microasperităților (rugozităților) H_C va rezulta geometric, după cum urmează din fig. 5.17/b.:

$$H_C = OC - OM = R - OM \quad (5.21.)$$

iar din triunghiul dreptunghic OMN se deduce:

$$OM = R \cos \varepsilon \quad (5.22.)$$

de unde rezultă:

$$H_C = R(1 - \cos \varepsilon) \quad (5.23.)$$

folosind aceleași relații ca cele de forma (5.15.) se obține:

$$1 - \cos \varepsilon = 2 \sin^2 \frac{\varepsilon}{2} \quad (5.24.)$$

introducând (5.24.) în (5.23.), H_C va deveni:

$$H_C = 2R \sin^2 \frac{\varepsilon}{2} \quad (5.25.)$$

urmărind însă și fig. 5.17./a se observă că:

$$\sin \varepsilon = \frac{m}{R} \quad \text{sau} \quad \varepsilon \approx \frac{m}{R} \quad (5.26.)$$

(pe același considerent că ε e foarte mic, iar $MN = m$)

$$\text{de aici: } \sin \frac{\varepsilon}{2} \approx \frac{\varepsilon}{2} \approx \frac{m}{2R} \quad (5.27.)$$

introducând această valoare a lui $(\sin \frac{\varepsilon}{2})$ dată de relația (5.27) în

$$\text{formula (5.25.) se obține: } H_C = \frac{m^2}{2R}$$

(5.28.)

observând însă că valoarea lui (m) din fig. 5.17./a este:

$$m = \frac{S}{2} \operatorname{tg} \lambda \quad (5.29.)$$

relația (5.28.) devine:

$$H_C = \frac{S^2 \operatorname{tg}^2 \lambda}{8R} \quad \text{sau} \quad H_C = \frac{S^2 \operatorname{tg}^2 \lambda}{4D} \quad (5.30.)$$

întrucât $D = 2R$

Și din relația anterioară (5.30.) se poate observa rolul avansului de lucru (S) asupra mărimii neregularităților apărute pe suprafața prelucrată. În situația unui pas (p) mare, se poate considera ca fiind chiar înălțimea undulațiilor ce se generează în timpul prelucrării.

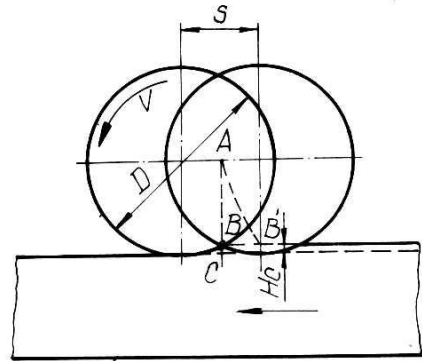


Fig. 5.19.

În mod similar se poate calcula și în cazul operației de frezare cilindrică a unei suprafețe plane (fig. 5.19.).

Geometric se deduce:

$$H_C = AC - AB = \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2} \quad (5.31.)$$

de aici.

$$H_C - \frac{D}{2} = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2} \quad (5.32.)$$

ridicând ambele părți la pătrat:

$$H_C^2 - H_C D + \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2 \quad (5.33.)$$

considerând $H_C^2 \approx 0$ (datorită valorii foarte mici; subunitare) și reducând termenii, obținem:

$$H_C D = \frac{S^2}{4} \quad (5.34.)$$

de unde:

$$H_C = \frac{S^2}{4D} \quad (5.35.)$$

relație în care:

- S [mm/rot] – avansul de lucru al frezei (pe o rotație a sculei)
- iar D [mm] – diametrul frezei cilindrice

5.4.2. Influența calității suprafeței părții tăietoare a sculei asupra rugozității suprafeței prelucrate

Calitatea muchiei așchietoare a sculei, prin însăși procedeul de degajare a așchiilor și generare a suprafeței prelucrate, are o influență directă asupra calității suprafeței prelucrate, asupra rugozității ei, fenomenul fiind de copiere.

Acest lucru este cât se poate de vizibil și ușor de constatat mai ales în cazul folosirii sculelor profilate în prelucrări mecanice de așchiere, care lucrează cu avansuri transversale (radiale), fie în situația cuțitelor late.

Se subînțelege rolul muchiei așchietoare, sub aspect calitativ (al rugozității) mai ales în cazul sculelor de finisare (alezoare, broșe, cuțite profilate, freze de finisare, etc.), aceste scule caracterizându-se printr-o înaltă calitate a suprafeței, deci printr-o rugozitate cât mai mică (uneori obținută prin lepuire).

Funcționarea în timp, implică și factorul de uzură al sculei. Acest fenomen nedorit, dar real și inevitabil duce la modificarea geometriei părții așchietoare a sculei, influențând direct calitatea și deci rugozitatea suprafeței prelucrate. Fig.

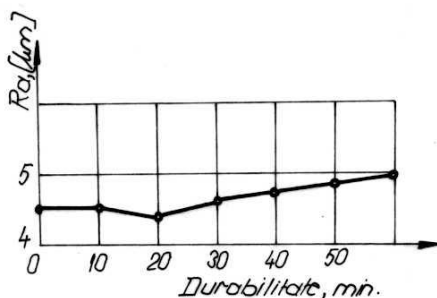


Fig. 5.20.

5.20., reflectă influența durabilității sculei (prin intermediul uzurii) asupra rugozității suprafeței prelucrate.

Conform graficului se constată că după cca. 20-30 min de așchiere, pe fața de așezare a cuțitului formându-se o fațetă de uzură de 0,4 μm, rugozitatea va crește brusc. Se intră astfel într-o zonă de uzură nepermisă, graficul indicând de fapt durabilitatea economică a sculei (a muchiei ei).

5.4.3. Influența regimului de așchiere asupra rugozității suprafeței prelucrate

S-a constatat că parametrul care influențează cel mai mult rugozitatea suprafeței este viteza de așchiere. În urma determinărilor de laborator s-a putut obține dependența $R_{\max} = f(v)$.

Astfel în fig. 5.21. și 5.22. se pot urmări curbele $R_{max} = f(v)$ în cazul strunjirii:

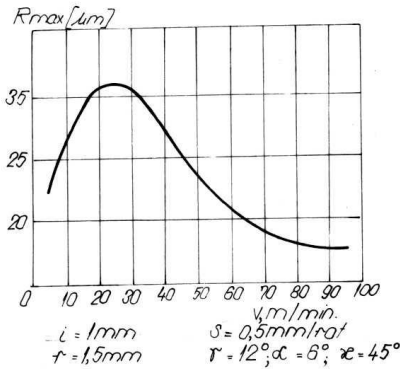


Fig. 5.21.

Urmărind graficele se remarcă o zonă (interval) de viteze $v = 20 \div 30$ m/min, unde se obține o rugozitate maximă. Explicația constă în depunerile pe tăiș cauzate de regimul de așchiere, calitatea materialului și condițiile de lucru.

Este de așteptat ca acest domeniu să se evite în timpul prelucrărilor.

O dependență (cantitativă) între rugozitatea suprafeței și viteza de așchiere (în cazul strunjirii) se poate exprima prin relația:

$$v = \frac{C_v \cdot k_v}{T^{x_v} \cdot R_z^{y_v}}$$

(5.36.)

unde C_v , k_v , x_v și y_v sunt constante care depind de condițiile de așchiere.

De menționat că viteza de așchiere are o influență foarte mare și în celelalte cazuri de prelucrări (diferite de strunjire): rabotare, mortezare, frezare, alezare, rectificare, etc. Un exemplu îl poate ilustra determinările făcute în cadrul prelucrărilor de alezare (fig. 5.23. a, b, c).

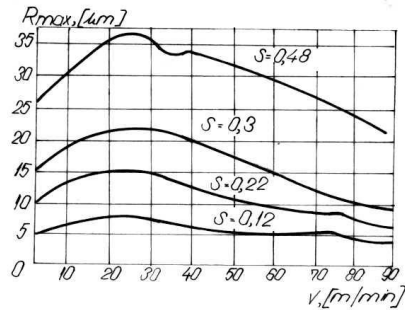


Fig. 5.22.

Ce se observă: la început asperitățile cresc lent, apoi mărindu-se viteza de aşchiere, încep să crească mai repede.

Rugozitățile considerate ca fiind bune (corespunzătoare) se obțin în jurul vitezelor $v = 4 \div 5$ (m/min) (la prelucrarea OLC-45).

Revenind la fig. 5.22., influența avansului (S) asupra rugozității, (funcție de viteză) confirmă afirmația după care creșterea lui, duce la înrăutățirea calității suprafeței. De fapt și relațiile stabilite în cadrul subcapitolului 5.4.1., confirmă această dependență.

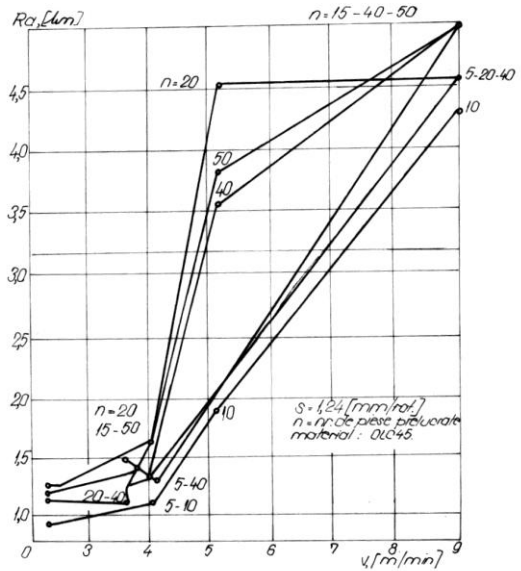


Fig. 5.23. a

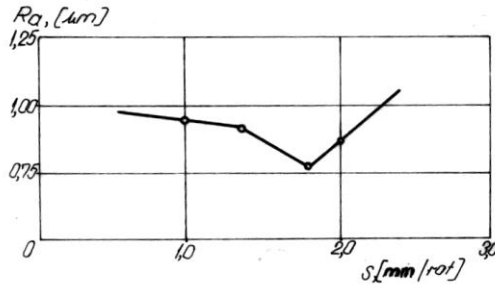
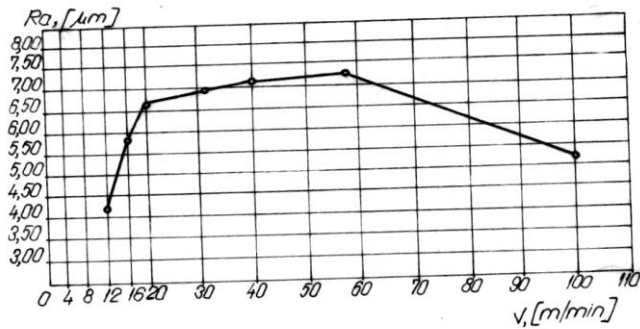


Fig. 5.23. b, c

Cercetarea experimentală a stabilit dependențe dintre rugozitate, parametrii regimului de așchiere precum și geometria activă a sculei (în cazul prelucrării prin alezare a materialului OLC-45) astfel:

$$R_a = C_R \cdot S \cdot \alpha^0 \cdot v^{0,7} (90 - \gamma^0) [\mu\text{m}] \quad (5.37.)$$

unde: C_R – constantă în funcție de natura materialului prelucrat;
 α^0, γ^0 - unghiurile de așezare respectiv degajare ale dinților alezorului.

Analizând influența adâncimii de așchiere (t), asupra rugozității, se pot constata următoarele:

- din punct de vedere pur geometric, ea este mult mai mică (în cazul strunjirii). Dar, ținând seama de faptul că odată cu mărirea adâncimii (t) cresc forțele de așchiere, rezultă automat creșterea deformațiilor elastice.

Se poate logic exprima, de exemplu, în cazul strunjirii valoarea limită inferioară a adâncimii de așchiere, pornind de la o relație cunoscută și dedusă în acest capitol (subcapitolul 5.4.1.), astfel:

$$t_{\min} = \frac{S^2}{8r}$$

(5.38.)

Influența $R=f(t)$ prezintă în cazul alezării o foarte mare importanță. Dacă adâncimea (t) respectiv adaosul de prelucrare este prea mare, apare pericolul că așchiile detașate nu încap între golurile dintre dinți, producând astfel zgârieturi ale suprafeței prelucrate. În caz contrar, când t este prea mic, asperitățile obținute la operația precedentă se tasează, alezorul practic nu așchiază în condiții corespunzătoare, deci însăși operația e inefficientă (microprecizia fiind compromisă).

Relația de legătură este:

$$R_a \approx 2,35 \cdot t^{0,6} \quad [\mu\text{m}]$$

(5.39.)

valabilă pentru $t < 0,2$ mm

Concluzia este că deși adâncimea (t) de așchiere influențează în mică măsură rugozitatea, totuși la o creștere sensibilă a adâncimii, rugozitatea se înrăutățește.

În cazul prelucrărilor de rectificare, cu cât viteza discului de rectificat este mai mare și viteza piesei este mai mică, cu atât

rugozitatea suprafeței este mai bună. De reținut însă faptul că micșorarea excesivă a vitezei piesei poate duce la arderea stratului superficial al ei, compromițând prelucrarea. În practică, în vederea îmbunătățirii în și mai mare măsură a rugozității suprafeței se rectifică piesa în continuare fără a mai da o nouă adâncime de așchiere la o nouă cursă dublă, efectuându-se astfel $2 \div 3$ sau mai multe treceri, fără un avans transversal.

Se vede necesară studierea și experimentarea variației rugozității suprafețelor în funcție de regimul de așchiere la diferite materiale și condiții de lucru, în cazul diverselor procedee de prelucrare, la fiecare existând domenii care trebuie evitate (aplicate), fie evitate.

5.4.4. Influența deformațiilor plastice și elastice ale materialului asupra rugozității

Proprietățile fizico-mecanice ale materialului piesei (plasticitatea, elasticitatea etc.) prezintă influențe asupra rugozității obținute. Relațiile anterior prezentate fac abstracție de deformațiile elasto-plastice ale materialului prelucrat, ținând cont numai de parametrii geometrici ai sculei fie de cei cinematicii (ai prelucrării).

Astfel, rugozitatea teoretic calculată H_C (adâncimea calculată a rugozităților) diferă de R_{\max} ($H_C \neq R_{\max}$). Deci acele relații au caracter mai mult orientativ și că de fapt rugozitatea $R_{\max} > H_C$, tocmai datorită deformațiilor elasto-plastice ale materialului.

În cazul strunjirii, de exemplu, între R_{\max} și H_C există relația aproximativă de legătură:

$$R_{\max} = K \cdot H_C$$

(5.40.)

unde coeficientul $K = (3 \div 12)$

ex.: $K=3$ pt. $S=0,12$ mm/rot

$K=12$ pt. $S=0,04$ mm/rot

toate valorile corespund la $t = 0,5$ mm și $v < 100$ m/min

Este cert că procesul de așchiere se desfășoară după legile generale ale deformațiilor plastice (în particular). În piesă, deformațiile plastice se propagă până la o adâncime oarecare în același timp având loc și o deformație elastică în structurile superficiale ale materialului. Raportul dintre compresiunile plastice și elastice este variabil; după trecerea vârfului cuțitului, vârfurile neregularităților deformate elastic se reînaltă (revin), astfel modificându-se valoarea rugozității. Din acest motiv $R_{\max} \neq H_C$. astfel de fenomene plastice apar și se produc în cazul prelucrării

materialelor ductile (oțeluri cu conținut redus de carbon, cupru, etc.). Datorită acestor fenomene plastice, materialele menționate prezintă fenomene rugoase.

De asemenea s-a constatat că acele piese cu structură ferito-perlitică a materialului lor de bază, prezintă după prelucrare o suprafață mai rugoasă (ferita fiind un constituent cu proprietăți ductile).

La fel, structurile troostito-martensitice duc la obținerea unor rugozități mai bune.

În mod contrar, la prelucrarea prin așchiere a materialelor tenace (în general cu un conținut scăzut de carbon) se obține o rugozitate a suprafeței mai proastă. Ca recomandare generală asupra oțelurilor mai sărace în conținut de carbon, în vederea obținerii unei rugozități mai bune a suprafeței, se recomandă să se facă o normalizare a semifabricatelor la o temperatură de $860 \div 870$ °C.

5.4.5. Influența rigidității sistemului tehnologic elastic asupra rugozității

Procedeele de prelucrare, sistemul de prindere al semifabricatului și sculei, rigiditatea piesei, dispozitivului și mașinii-unelte, influențează rugozitatea obținută.

În continuare se exemplifică cele afirmate prin fig. 5.24., valabilă în cazul strunjirii unui arbore în patru scheme de instalare.

Se observă în coloana finală valoarea rugozităților $R_{a\max}$ și $R_{a\min}$, variația lor (epura valorii R_a) în funcție de modul de prindere al semifabricatului.

5.4.6. Influența lichidului de răcire-ungere asupra rugozității

Pentru a înțelege această influență, considerăm că este cazul a reaminti rolul lichidelor de răcire-ungere:

- absorbția (preluarea) căldurii degajate în zona de așchiere împiedicând în cea mai mare măsură formarea depunerilor pe tăiș;
- micșorarea (reducerea) frecărilor din zona de așchiere prin crearea așanumitei acțiuni de ungere (inclusiv o forță portantă);
- vehicularea și eliminarea mai ușoară a așchiilor.

Rolul dublu de răcire și ungere trebuie interpretat în funcție de necesități. Deci alegerea lor trebuie făcută corect și nu la întâmplare.

Considerând că în urma transferului de căldură, precum și prin acțiunea de ungere se micșorează mult forțele de frecare, prin această se îmbunătățește considerabil rugozitatea suprafețelor.

Acțiunea de ungere face să se anuleze contactul suprafețelor metalice, împiedicându-se fenomenul de alipire locală, rugozitatea îmbunătățindu-se simțitor.

Totodată ungerea cu lichid contribuie la micșorarea forțelor de așchiere în stratul superficial, al celor de frecare, rezultând o rugozitate superioară.

Nr. schemei	Schema instalării semifabricatului	Raport între lungime și diametru	Epura valorii Ra în lungimea semifabricatului	Șeaf. semifabr. cu înălțimea min. a rugozității	Șeaf. semifabr. cu înălțimea max. a rugozității	Ra max. Ra min.
1.		3,0		Lingă universal	La capătul liber	1,2...1,5
		5,0				1,5...2,0
		8,0				2,0...3,0
2.		15,0		Lingă vârful păpușii fixe	La mijloc	1,5...1,8
		20,0				1,8...2,2
		25,0				2,0...3,0
3.		15,0		Lingă vârful păpușii mobile	La o distanță de 0,40mm de la vârful păpușii mobile	1,5...1,8
		25,0				1,8...2,3
		30,0				2,3...3,0
4.		15,0		Lingă vârful păpușii mobile	La o distanță de 0,40mm de la lunetă	1,5...1,8
		25,0				1,8...2,2
		30,0				2,0...3,0

Fig. 5.24.

Trebuie menționat și faptul că vibrațiile se micșorează, ceea ce conduce la scăderea microasperităților. La prelucrări cu scule profilate sau care lucrează în condiții grele (burghie, adâncitoare,

lărgitoare, scule de danturare, etc.) se recomandă utilizarea lichidelor la care acțiunea de ungere să fie cea primordială.

5.4.7. Influența dimensiunilor piesei prelucrate asupra rugozității

În urma constatărilor experimentale s-a ajuns la concluzia că de exemplu diametrele suprafețelor ce se prelucrează, nu influențează în mod esențial rugozitatea (doar indirect prin efectul vibrațiilor).

Deși, în diagramele din fig.5.25. și 5.26. se observă foarte mici variații ale rugozității, în cazul rectificării (fig. 5.26.) este bine să se țină cont de determinările concrete efectuate.

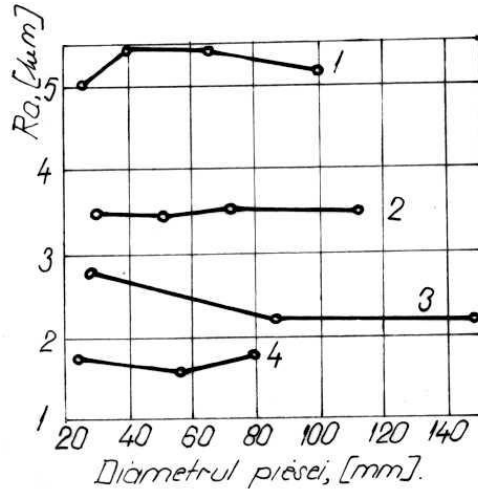


Fig. 5.25.

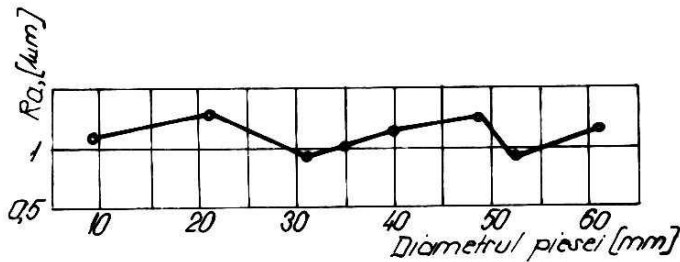


Fig. 5.26.

Capitolul 6

Determinarea adaosurilor de prelucrare și al dimensiunilor intermediare

6.1. Generalități

Adaosul de prelucrare: este stratul de material care este prevăzut a fi înlăturat în cadrul unei operații sau faze, cu scopul obținerii preciziei prevăzute la operația sau faza respectivă.

Adaosul de prelucrare **total:** este stratul de material necesar efectuării tuturor operațiilor de prelucrare mecanică a unei anumite suprafețe pornind de la semifabricat până la piesa finită. Adaosul de prelucrare total va fi egal cu suma adaosurilor intermediare.

Adaosul de prelucrare **intermediar:** îl constituie stratul de material care trebuie înlăturat la o anumită operație sau fază de prelucrare.

Se poate vorbi și de adaosul de prelucrare **final**, aceasta fiind de fapt tot un adaos de prelucrare intermediar, dar se referă la ultima operație (fază), adică la aceea operație sau fază la care, conform prescripției prevăzute în desenul de execuție, se obține piesa finită.

Adaosurile de prelucrare pot fi simetrice și asimetrice.

Cele simetrice se referă la diametru sau grosime. Ele se prevăd la suprafețele exterioare și interioare de revoluție sau la prelucrarea suprafețelor paralel-opuse (simetrice).

Adaosurile de prelucrare asimetrice sunt acele adaosuri care au valori diferite, întâlnite și prevăzute la suprafețe opuse, care de regulă se prelucrează în operații (sau faze) diferite. De altfel acestea se pot referi și (numai) la una din suprafețele opuse.

La stabilirea adaosurilor de prelucrare trebuie să se țină seama de totalitatea implicațiilor tehnico-economice ale prelucrării. Din această cauză mărirea adaosului de prelucrare trebuie să fie optimă, în funcție de condițiile concrete de fabricație, să fie deci un factor care să contribuie deplin la obținerea întocmai a preciziei, în condițiile unui cost de prelucrare minim.

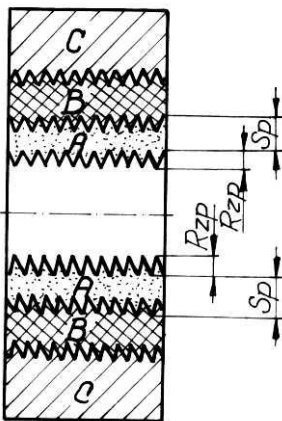
6.2. Calculul analitic al adaosurilor de prelucrare și factorii de care depind

Este de la sine înțeles că mărimea adaosului de prelucrare trebuie să depășească suma erorilor care pot apare atât în operațiile precedente cât și la cele curente. La acestea se adaugă și grosimea stratului superficial degradat (arsuri, decarburări, porozități).

Ca exemplu, la prelucrarea semifabricatelor turnate din fontă cenușie sau aliaje neferoase, adâncimea stratului superficial degradat se ia în considerare numai pentru adaosul primei operații de prelucrare (faze sau treceri).

Pe de altă parte, după tratamentele termochimice și călire superficială, stratul influențat trebuie păstrat în cât mai mare măsură, dat fiind proprietățile utile ale acestuia (duritate mare, rezistență la uzură, etc.). Deci în această situație se exclude luarea în considerare a mărimii stratului superficial (de data aceasta nefiind considerat degradat).

Un lucru foarte important de reținut este următorul: - calculul adaosurilor de prelucrare se poate face numai după ce itinerarul tehnologic (în varianta optimă a succesiunii operațiilor și fazelor) este stabilit, deci cunoscut.



A-stratul superficial defect
B-stratul superficial ecruizat
C-stratul de bază

Fig. 6.1.

Să urmărim factorii de care depinde mărimea adaosului de prelucrare, atât în conținut cât și din punct de vedere tehnologic al prelucrării (fig.6.1. și 6.2.). Acești factori sunt:

- toleranța la dimensiune δ , obținută în operația (faza sau trecerea) precedentă (notată cu indicele "p").

- în vederea simplificării și înțelegerii logice, operațiile curente se vor nota cu indicele "c".

- înălțimea neregularităților R_{ZP} , ale suprafeței obținute la operația precedentă.

- mărimea (grosimea) stratului superficial degradat S_P obținut la operația precedentă

- abaterile de la poziția nominală și reciprocă a diferitelor suprafețe sau axe (abateri spațiale) p_p .

De exemplu:

- necoaxialitatea dintre o suprafață exterioară și interioară,
 necoaxialitatea treptelor unui arbore, curbarea axei la semifabricate a
 pieselor de tip
 arbore,
 neperpendicularitate
 a suprafețelor
 plane frontale față
 de axa suprafeței
 cilindrice de bazare,
 etc.

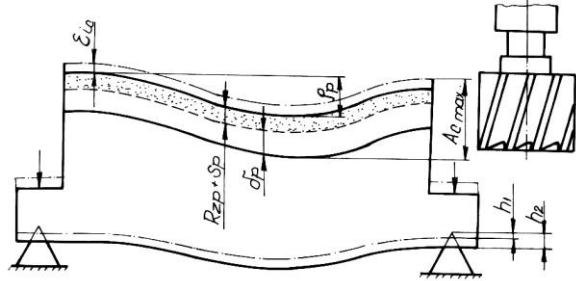


Fig. 6.2.

- eroarea de
 instalare (ϵ_{i_c}) care apare în timpul operației curente (fig.6.2.)

ea este dată de relația:

$$\epsilon_{i_c} = \sqrt{\epsilon_{b_c}^2 + \epsilon_{f_c}^2} \quad (6.1.)$$

adică: ϵ_{b_c} - eroarea de bazare

ϵ_{f_c} - eroarea de fixare

în cazul menționat din fig.6.2., eroarea de instalare ϵ_{i_c} va fi:

$$\epsilon_{i_c} = \epsilon_f = h_2 + h_1 + y \quad (6.2.)$$

unde h_2 , h_1 sunt valorile deformațiilor piesei și reazemelor
 dispozitivului ca urmare a fixării piesei,

y – deformația sistemului tehnologic elastic

Astfel dacă notăm cu $A_{c_{max}}$ mărimea adaosului de prelucrare
 (la operația curentă), atunci valoarea lui maximă se poate exprima
 prin relațiile:

$$A_{c_{max}} = \delta_p + R_{z_p} + S_p + \left| \overline{\rho_p} + \overline{\epsilon_{i_c}} \right| \quad (6.3.)$$

relația de mai sus fiind valabilă în cazul prelucrărilor suprafețelor
 asimetrice. În situația prelucrării cu adaosuri simetrice, relația devine:

$$2A_{c_{max}} = \delta_p + 2(R_{z_p} + S_p) + 2\left| \overline{\rho_p} + \overline{\epsilon_{i_c}} \right| \quad (6.4.)$$

Erorile spațiale ρ_p și cele de instalare ϵ_{i_c} , pot avea direcții
 oarecare și sensuri diferite, fapt pentru care, considerați ca vectori,
 însumarea s-a făcut în modul: $\left| \overline{\rho_p} + \overline{\epsilon_{i_c}} \right|$.

În situația suprafețelor plane, deoarece vectorii ρ_p și ε_{i_c} sunt coliniari, ei pot fi însumați scalar, cât pentru adaosuri simetrice cât și asimetrice.

$$\left| \overline{\rho_p + \varepsilon_{i_c}} \right| = \rho_p + \varepsilon_{i_c} \quad (6.5.)$$

În situația suprafețelor simetrice (de regulă cele de revoluție), însumarea se face conform regulii de mai jos.

$$\begin{aligned} \overline{\rho_p + \varepsilon_{i_p}} &= 0,96\rho_p + 0,4\varepsilon_{i_c} && \text{pentru } \rho_p \succ \varepsilon_{i_c} \\ &= 0,4\rho_p + 0,96\varepsilon_{i_c} && \text{pentru } \rho_p \prec \varepsilon_{i_c} \\ &= \sqrt{\rho_p^2 + \varepsilon_{i_p}^2} && \\ &= \rho_p && \text{pentru } \rho_p \succ 4\varepsilon_{i_c} \\ &= \varepsilon_{i_c} && \text{pentru } \varepsilon_{i_c} \succ 4\rho_p \end{aligned}$$

Valorile numerice ale componentelor adaosurilor de prelucrare pot fi găsite în lucrările menționate bibliografic [32], valori obținute în urma cercetării experimentale în cadrul disciplinei T.C.M.

6.3. Calculul adaosurilor (dimensiunilor) intermediare

Stabilirea adaosurilor de prelucrare intermediare se face cu ajutorul relației (6.3.) respectiv (6.4.), adică calculându-l pe $A_{c_{max}}$.

Raționamentul logic este următorul:

- la prelucrarea unui semifabricat cu dimensiune $d_{p_{max}}$ se obține o piesă la cota $d_{c_{max}}$.
- dacă semifabricatul îl primim cu cota $d_{p_{min}}$, atunci după prelucrare se va obține $d_{c_{min}}$.

Printre cauzele cele mai importante care susțin ipotezele raționamentului de mai sus sunt deformațiile elastice ale elementelor sistemului tehnologic elastic M.D.P.S.

Ilustrând mai accesibil cele spuse, din fig.6.3. rezultă:

- la prelucrarea unui semifabricat cu dimensiunea a_{min} , deformațiile sistemului tehnologic elastic vor fi minime (y_{min}), rezultând de aici că se vor obține dimensiuni minime b_{min} .

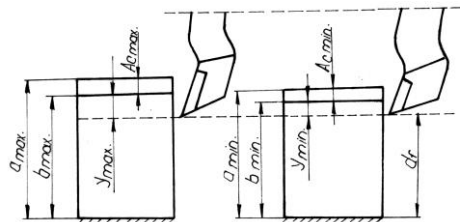


Fig. 6.3.

- menționez că (d_r) reprezintă cota la care a fost reglată inițial scula.

Din figurile 6.4. și 6.5. rezultă schema de calcul a adaosurilor de prelucrare pentru suprafețele simetrice exterioare și interioare, cele mai des întâlnite în construcția de mașini.

Astfel pentru piese de tip arbore:

$$d_{p\max} = d_{c\max} + 2A_{c\max} \quad (6.7.)$$

$$d_{p\min} = d_{p\max} - \delta_{p\max}$$

iar pentru alezaje:

$$D_{P\max} = D_{P\max} - 2A_{c\max} \quad (6.8.)$$

$$D_{P\min} = D_{P\max} + \delta_p$$

- atât în relația (6.6.) cât și în relațiile (6.8.):

δ_p reprezintă toleranța

dimensiunii arborelui sau

alezajului obținută la operația precedentă

- δ_c reprezintă toleranța dimensiunii arborelui sau alezajului obținută la operația curentă.

Observații tehnologice:

- 1° / Pe schița corespunzătoare operației respective din cadrul planului de operații trebuie trecută o singură cotă și anume: cea care caracterizează dimensiunea nominală însoțită de abaterile limită admisibile.

Nerespectarea acestei prescripții poate duce la rebuturi iremediabile, astfel, în cazul:

- arborilor (dacă dimensiunea se realizează sub limita inferioară a dimensiunii)

- alezajelor (peste limita superioară a dimensiunii)

Deci pe schiță se vor trece corect:

$$(d_{p\max})_{-\delta_p} \text{ respectiv } (D_{P\min})_{+\delta_p} \quad \text{la arbori} \quad (6.9.)$$

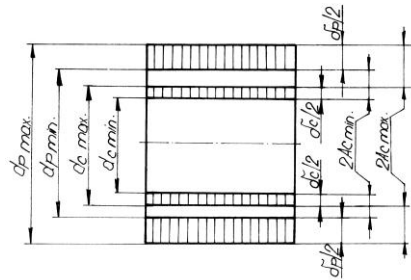


Fig. 6.4.

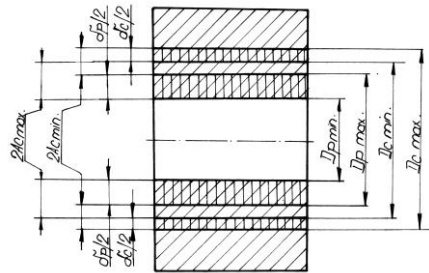


Fig. 6.5.

- 2° / Nu trebuie să se exagereze cu precizia de calcul a dimensiunilor intermediare și mai ales cotele nominale ale acestora trebuie în permanență corelate cu toleranțele lor.

Se poate exemplifica cele menționate anterior, printr-un exemplu practic de calcul.

Ex.: - În vederea rectificării de finisare a unei suprafețe cu diametrul $d_c=32_{-0,016}$ (treapta a 6-a de precizie) s-a obținut un adaos de prelucrare $2A_c = 0,094$ mm, conform relației:

$$2A_{c_{\max}} = \delta_p + 2(R_{z_p} + S_p) + 2|\overline{\rho_p} + \overline{\varepsilon_{i_c}}|$$

unde $\delta_p = 0,062$ (în treapta a 9-a de precizie), luată de la operația de rectificare de degroșare (operația precedentă finisării)

Conform relației:

$$d_{p_{\max}} = d_{c_{\max}} + 2A_{c_{\max}}$$

rezultă:

$$d_{p_{\max}} = 32 + 0,094 = 32,094 \text{ (mm)}$$

Cota care trebuie trecută pe desenul (sau schița) operației de rectificare de degroșare: $(d_{p_{\max}})_{-\delta_p}$, va fi astfel:

$$32,094_{-0,062} \approx 32,09_{-0,062}$$

Pentru operația de rectificare de degroșare, utilizând tot relația (6.4.) obținem:

$$2A_{c_{\max}} = 0,358 \text{ (mm)}$$

- reamintim că δ_p , toleranța de la operația precedentă (strunjirea de finisare) a fost $\delta_p = 0,160$ – conform treptei a 11-a de precizie.

Dimensiunea intermediară rezultă astfel:

$$d_{p_{\max}} = 32,09 + 0,398 = 32,488 \text{ (mm)}$$

Pe schița operației de strunjire de finisare se va trece:

$$32,488_{-0,160} \approx 32,5_{-0,16}$$

S-a observat și aici rotunjirea cotelor, făcută în raport cu mărimea toleranței (δ) impuse.

Mergând mai departe la operația de strunjire de finisare, din același tip de calcul reiese $2A_c = 0,498$ mm, ținând cont de $\delta_p = 0,250$

mm (conform treptei a 12-a de precizie, adică operației precedente: -strunjirea de degroșare)

Va rezulta dimensiunea intermediară, adică cea corespunzătoare operației precedente: strunjirea de degroșare.

$$d_{p_{\max}} = 32,5 + 0,498 = 32,998 \text{ (mm)}$$

pe desen se va trece:

$$32,998_{-0,25} \approx 33_{-0,25} \text{ (pe același considerent, al rotunjirii cotelor)}$$

Ținând cont că pentru strunjirea de degroșare s-a folosit un semifabricat laminat, s-a găsit prin calcul un adaos de prelucrare:

$$2A_{c_{\max}} = 2,666 \text{ (mm)}$$

$$\text{folosind } \delta_p = 1,3 \text{ (mm)}$$

$$\text{(dedusă din: } \delta_p = a_s + a_i = 0,6 + 0,7 = 1,3 \text{ unde } a_s = 0,6;$$

$a_i = 0,7$ la semifabricatul laminat, (fig. 6.6)

Dimensiunea intermediară este:

$$d_{p_{\max}} = d_{\text{sem}_{\max}} = 33 + 2A_{c_{\max}} = 33 + 2,666 = 35,666 \text{ (mm)}$$

Fiindcă toleranța $\delta_p = 1,3$ mm e prea mare (în cazul semifabricatelor laminate), nu se recomandă utilizarea expresiei

($d_{p_{\max}}$) - δ_p , conform căreia ar urma să fie înscrisă pe desen.

Urmărind fig.6.6., precizăm că este bine să se scoată în evidență ambele abateri, atât cea superioară (a_s) cât și cea inferioară (a_i).

Astfel, în mod logic, cota care trebuie prescrisă pe desen (schița) operației sau fazei va fi:

$$(d_{\text{sem}_{\max}} - a_s) \delta_s$$

(6.10.)

Astfel, în baza noii relații (6.10.) și ținând cont de rotunjirile corelate cu mărimea abaterilor, se va scrie:

$$(35,666 - 0,6) \delta_s = (35,666 - 0,6)_{-0,7}^{+0,6} = 35,066_{-0,7}^{+0,6} \approx 35_{-0,7}^{+0,6}$$

Rezultă că precizia cotei nominale (aici $\Phi 35$) nu trebuie să fie mai mare ca precizia toleranței (respectiv a abaterilor), în toate

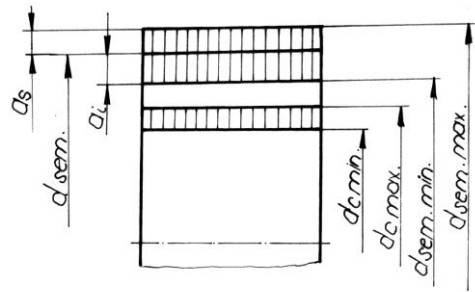


Fig. 6.6.

situațiile calculelor dimensiunilor intermediare (finisare, degroșare, ... etc.)

- 3° / Din constatări, pentru stabilirea adaosurilor de prelucrare trebuie cunoscute treptele de precizie și rugozitățile corespunzătoare fiecărui procedeu al procesului tehnologic în cauză (tabel 2.3.2.1).

Este foarte important ca:

- 4° / Înainte de a se trece la stabilirea prin calcul a adaosurilor de prelucrare, procedeul tehnologic respectiv procesul trebuie cunoscut, adică definitivat din punct de vedere al succesiunii operațiilor și fazelor.

În general privind (separat), adaosurile de prelucrare se pot calcula fără a fi necesară o anumită ordine, în schimb pentru stabilirea dimensiunilor intermediare, operațiile, respectiv fazele trebuie avute în vedere în ordine inversă succesiunii lor normale (de la ultima către primele – spre semifabricat-).

- 5° / În corelare cu relațiile cunoscute:

$$A_{c_{\max}} = \delta_p + R_{z_p} + S_p + \left| \overline{\rho_p} + \overline{\varepsilon_{i_c}} \right|$$

și

$$2A_{c_{\max}} = \delta_p + 2(R_{z_p} + S_p) + 2\left| \overline{\rho_p} + \overline{\varepsilon_{i_c}} \right|$$

rezultă că adaosurile de prelucrare variază între două limite:

$$2A_{c_{\max}} = K + \delta_p$$

$$2A_{c_{\min}} = K + \delta_c \quad (6.11.)$$

unde $K = R_{z_p} + S_p + \left| \overline{\rho_p} + \overline{\varepsilon_{i_c}} \right|$

sau $K = 2(R_{z_p} + S_p) + 2\left| \overline{\rho_p} + \overline{\varepsilon_{i_c}} \right|$

K – reprezintă partea constantă a adaosului de prelucrare (deși și aceste mărimi variază)

Se poate vorbi deci și despre o toleranță la adaosurile de prelucrare

$$\delta_{A_c} = \delta_p - \delta_c \quad (6.12.)$$

În practica uzuală, adaosurile de prelucrare se stabilesc după normative (care au la bază relațiile anterior studiate).

Pentru prelucrarea suprafețelor cu adaosuri asimetrice, dimensiunea intermediară a (cu a_{\max} și a_{\min}) se calculează astfel (revezi fig.6.3.)

$$a_{\max} = b_{\max} + A_{c_{\max}}$$

$$a_{\min} = a_{\max} - \delta_a \quad (6.13.)$$

b_{\max} - reprezintă valoarea maximă a cotei ce trebuie realizată la operația curentă

δ_a - toleranța dimensiunii obținută la operația precedentă (cota a)

Relațiile (6.13.) sunt valabile când se prelucrează cu adaos asimetric suprafețe cuprinse (gen arbore) adică atunci când $a > b$.

În caz contrar, când se prelucrează tot cu adaos asimetric o suprafață cuprinzătoare (gen alezaj), adică pentru situația $a < b$, relațiile devin:

$$a_{\min} = b_{\min} - A_{c_{\max}}$$

$$a_{\max} = a_{\min} + \delta_a \quad (6.14.)$$

cota înscrisă pe schița operației sau fazei va fi:

$$(a_{\max})_{-\delta_a} \text{ respectiv } (a_{\max})^{+\delta_a}$$

În vederea calculării adaosurilor de prelucrare finale și intermediare, recomandăm în vederea utilizării lucrările [55], [58], [66], [78], din bibliografia indicată.

Capitolul 7

Criterii tehnologice privind determinarea regimurilor de aşchiere

7.1. Generalităţi

Ca regulă generală, viteza de aşchiere (ca de altfel şi ceilalţi parametri) se calculează cu formule din teoria aşchierii sau se stabileşte după tabelele normative, în funcţie de condiţiile de efectuare a operaţiei respective. Regimul de aşchiere trebuie să fie **optim** pentru a satisface **eficienţa economică** a prelucrării. Această optimizare porneşte de la considerarea a două criterii de bază:

- minimizarea costului prelucrării (C_{\min})
- maximizarea productivităţii (Q_{\max})

Literatura de specialitate recomandă relaţii de legătură dintre durabilitatea $T(\text{min})$ a sculei şi parametrii regimului de aşchiere $v(\text{m/min})$, $s(\text{mm/rot})$ şi adâncimea de aşchiere $t(\text{mm})$. [63,64]

Este deja foarte cunoscută relaţia TIME-TAYLOR generalizată:

$$T^m = \frac{C_v}{v \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}} \quad (7.1.)$$

sau cea simplificată:

$$T^m = \frac{C_v}{v} \quad (7.2.)$$

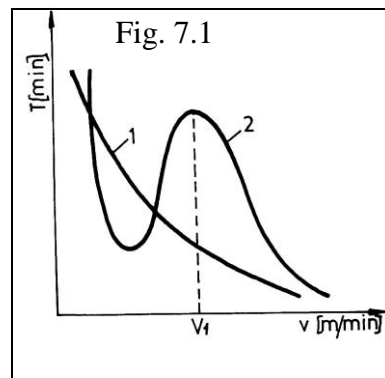
utilizaţi în vederea eliminării greutăţilor de calcul.

Din (7.2.) se poate desprinde o vizibilă dependenţă între viteza sculei (v) şi durabilitatea ei (T) astfel:

$$v \cdot T^m = C \quad (7.3.)$$

unde C este o constantă care depinde de materialul de prelucrat, avansul şi adâncimea de aşchiere.

Reprezentarea grafică a acestei relaţii este prezentată în fig.7.1. Curba 1 este valabilă pentru prelucrări ale semifabricatelor din oţel cu scule din oţel rapid, precum şi



pentru prelucrarea fontei cu scule din oţel rapid sau plăcuţe din carburi metalice, iar curba 2, pentru prelucrarea semifabricatelor din oţel cu scule armate cu plăcuţe din carburi metalice.

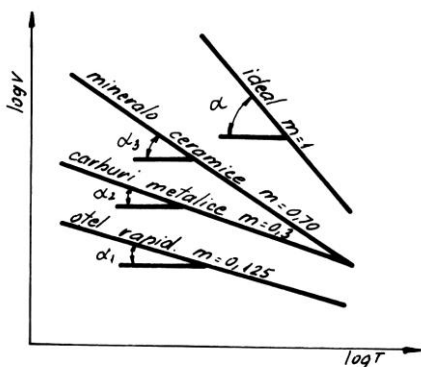


Fig. 7.2.

În cazul reprezentării grafice făcută în coordonate dublu-logaritmice (conform fig.7.2.), se pot stabili valorile exponentului “m” din relația TIME-TAYLOR simplificată (7.3.). Astfel, după cum se vede, exponentul “m” este de fapt valoarea tangentei unghiului format de direcția dreptei cu directoarea abscisei:

$$m_i = \operatorname{tg} \alpha_i \quad (7.4.)$$

Prelucrările moderne pe mașini-unelte dotate cu scule din

materiale dure și extradure, permit utilizarea unor viteze superioare (peste 100 m/min). În acest caz relațiile (7.1.) respectiv (7.2.) nu-și găsesc aplicabilitate (mai ales la valorile coeficienților C_v , m , x_v , y_v). Literatura de specialitate se îmbogățește mereu cu noi relații de dependență dintre durabilitatea $T(\text{min})$ și parametrii regimului de aşchiere, de tipul:

$$T=f(v, s, t) \quad (7.5.)$$

Amintim doar două:

$$(v+k)T^m = C_v \quad (7.6.)$$

propusă de M.Kronenberg, și:

$$T = e^{\left(-\frac{k_v}{y_v^b} \cdot v y_v^b - \frac{i_s}{m^b} \cdot s m^b + C^b \right)} \quad (7.7.)$$

dată de W.R. Depiereux și W. Köning

Este de ajuns să amintim doar câteva nume: Colding, Sofonov, Temcin, Wu, Metcilen, etc.; care au stabilit noi relații de dependență între T și parametrii regimului de aşchiere.

Urmărind o diagramă experimental dedusă (din literatura străină de specialitate), ridicate în coordonate dublu logaritmice (se observă scara valorilor), se remarcă faptul că dependența dintre durabilitatea $T(\text{min})$ și viteza $v(\text{m/min})$ la diferite valori ale avansului $s(\text{mm/rot})$ nu mai este liniară (fig.7.3.)

CONCLUZIE: ori de câte ori există posibilitatea determinării unei relații de forma $T=f(v, s, t)$, se recomandă să se facă, deoarece o asemenea dependență stă la baza unei optimizări cât mai reale a regimurilor de aşchiere.

7.2.Optimizarea regimurilor de aşchiere în cazul prelucrărilor clasice (cu scule singulare), în domeniul vitezelor mici și mijlocii

Determinarea unor regimuri optime de aşchiere pe baza unor criterii tehnologice nu este o problemă simplă.

Deși am amintit faptul că aflarea unei relații de dependență $T=f(v, s, t)$ stă la baza acestei optimizări, dificultățile de ordin matematic se referă la imposibilitatea analizei matematice clasice de a determina simultan parametrii v, s, t .

Metoda clasică de optimizare pornește de la stabilirea unui criteriu R , numit criteriu de legătură optimă între parametrii (v, s, t) , așa cum dependența $T=f(v, s, t)$ o arată într-un mod.

Se urmărește găsirea unui model matematic de forma:

$$R=f(\dots, v, s, t, \dots) \tag{7.8.}$$

aceasta să exprime un **criteriu de optimizare** (costul prelucrării, productivitatea, durabilitatea optimă, etc.), care apoi să fie rezolvat în raport cu parametrii principali v, s, t .

Ne propunem rezolvarea criteriului după două preferințe:

- a) minimizarea costului prelucrării (C_{min})
- b) maximizarea productivității (Q_{max})

7.2.1. Minimizarea costului prelucrării (C_{min})

În acest caz, modelul devine:

$$C = C_{aux} + C_b + C_{ex} \tag{7.9.}$$

Unde: C - costul prelucrării

- C_{aux} - costul timpilor auxiliari
- C_b – costul timpilor de bază (de mașină)
- C_{ex} – costul exploatării (sculei)

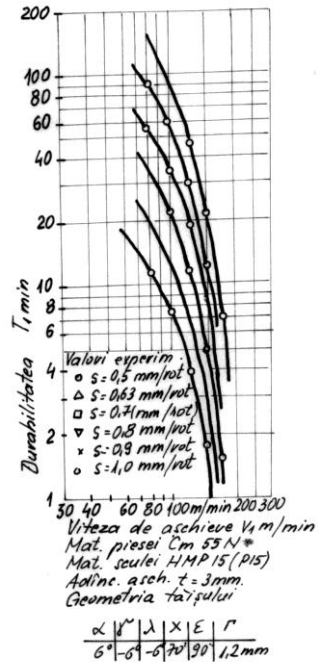


Fig. 7.3.

Ca primă observație amintim că toți termenii din relația (7.9.) se referă la o singură piesă și o singură operație (având o singură fază și o trecere)

Să analizăm pe rând fiecare termen:

$$C_{aux} = \tau_{aux} \cdot C_m \quad (7.10.)$$

unde: τ_{aux} – timp nereproductiv – auxiliar [min]

C_m – cheltuieli de manoperă (legate de retribuția operatorului uman la mașina respectivă, exploatarea m.u., inclusiv amortizarea) [lei/min]

$$C_b = \tau_b \cdot C_m \quad (7.11.)$$

unde: τ_b – timpul productiv (de bază) [min]

C_m – cheltuieli de manoperă [lei/min]

$$C_{ex} = \frac{\tau_b}{T} \cdot C_s \quad (7.12.)$$

unde: T – durabilitatea sculei [min]

C_s – costul exploatării sculei între 2 reascuțiri succesive [lei/ascuțire]

$$C_s = \tau_{sr} C_m + \tau_a C_a + \frac{P}{n_a} \quad (7.13.)$$

unde: τ_{sr} – timpul de schimbare și reglare a sculei [min]

τ_a – timpul de ascuțire a sculei [min]

C_a – cheltuieli legate de o ascuțire (asemănătoare cu C_m) [lei/ascuțire]

P – prețul sculei [lei]

n_a – numărul de ascuțiri suportate de sculă

Să exemplificăm cele arătate în cazul unei strunjirii longitudinale obișnuite.

Cunoscând:

- lungimea L(mm) porțiunii strunjite
- avansul S(mm/rot) de lucru
- turația arborelui principal n(rot/min)

relația (7.11.) devine:

$$\tau_b = \frac{L}{ns} = \frac{\pi dL}{1000vs}$$

$$\text{deci: } C_b = \tau_b C_m = \frac{\pi dL}{1000vs} C_m \quad (7.14.)$$

relația (7.12.) devine:

$$C_{ex} = \frac{\tau_b}{T} C_s = \frac{\pi dL}{1000vsT} C_s \quad (7.15.)$$

Iar (7.10.) (7.14.) și (7.15.) introduse în expresia costului general al prelucrării (7.9.), rezultă următoarea expresie:

$$C = \tau_{\text{aux}} C_m + \frac{\pi dL}{1000v_s} C_m + \frac{\pi dL}{1000v_s T} C_s$$

(7.16.)

Introducând în această expresie (7.16.) valoarea durabilității T din relația (7.1.) rezultă (7.17.):

$$C = \tau_{\text{aux}} C_m + \frac{\pi dL}{1000v_s} C_m + \frac{\pi dL}{1000 C_v^m} t \frac{x_v}{m} v \left(\frac{1}{m} - 1 \right)_s \left(\frac{y_v}{m} - 1 \right) C_s$$

Din câte se observă, relația (7.17.) este o funcție de mai multe variabile, de forma $C=f(v, s, t)$, adică exact unul din aspectele criteriului R, amintit la început.

Minimizarea acestei funcții (7.17.) în vederea determinării regimului optim de aşchiere se face în raport cu parametrii (v) și (s), considerând pentru simplificare (t) cunoscut – deci constant.

Extremele funcției și apoi minimumul ei trebuie să rezulte din condițiile necesare și suficiente de existență a extremelor absolute (nesupuse la legături).

Deci:

$$\frac{\delta C}{\delta v} = \frac{\delta C}{\delta s} = 0 \qquad \frac{\delta^2 C}{\delta v^2} > 0 \text{ (condiția de minim)}$$

respectiv:

$$\frac{\delta^2 C}{\delta v^2} \cdot \frac{\delta^2 C}{\delta s^2} - \left(\frac{\delta^2 C}{\delta v \cdot s} \right) > 0 \qquad (7.18.)$$

$$\frac{\delta^2 C}{\delta s^2} > 0 \text{ (condiția de minim)}$$

Înainte de a deriva funcția (7.17.), pentru simplificare, notăm drept constant raportul:

$$\frac{\pi dL}{1000} = K_1$$

rezultă deci (7.19):

$$C = \tau_{aux} C_m + K_1 v^{-1} s^{-1} C_m + K_1 C_v^{-\frac{1}{m} t \frac{x_v}{m} v \left(\frac{1}{m} - 1 \right) s \left(\frac{y_v}{m} - 1 \right)} C_s$$

Derivând acum funcția (7.19.) în raport cu viteza (v) apoi cu avansul (s) obținem (7.20):

$$\nabla C(v,s) = -K_1 s^{-1} v^{-2} \left[C_m + C_s \cdot t \frac{x_v}{m} \left(1 - \frac{1}{m} \right) v \frac{1}{m} s \frac{y_v}{m} C_v^{-\frac{1}{m}} \right]$$

$$\nabla C(v,s) = -K_1 v^{-1} s^{-2} \left[C_m + C_s t \frac{x_v}{m} \left(1 - \frac{y_v}{m} \right) s \frac{y_v}{m} v \frac{1}{m} C_v^{-\frac{1}{m}} \right]$$

(7.20)

Spre rezolvare ar trebui ca: $\nabla C(v, s) = 0$ deci: (7.21)

$$C_m + C_s \cdot t \frac{x_v}{m} \left(1 - \frac{1}{m} \right) v \frac{1}{m} s \frac{y_v}{m} C_v^{-\frac{1}{m}} = 0 \quad (7.22)$$

$$C_m + C_s t \frac{x_v}{m} \left(1 - \frac{y_v}{m} \right) s \frac{y_v}{m} v \frac{1}{m} C_v^{-\frac{1}{m}} = 0$$

- sistemul (7.22.) (obținut din anularea derivatei de ordinul I al funcției considerate cu două variabile v și s) nu este compatibil, adică nu admite extreme analitice și nu are forma perfectă din fig.7.4., întâlnită în literatura de specialitate și dorită din punct de vedere matematic:

Dacă totuși se insistă în utilizarea metodei, în vederea găsirii soluției, trebuie introdusă aproximarea (vizibilă din membrul doi al sistemului 7.22.), și anume:

$$\left(1 - \frac{1}{m}\right) \cong \left(1 - \frac{y_v}{m}\right)$$

(7.23.)

În acest caz, elementele gradientului (7.20.) formează un sistem compatibil, care rezolvat va da soluția:

$$\frac{1}{v^m} \cdot \frac{y_v}{m} = \frac{m}{1-m} \cdot \frac{C_m \cdot C_v^m}{C_s \cdot t^m} \cdot \frac{1}{x_v} \quad (7.24.)$$

Această relație (7.24.) permite calculul lui v(s) prin adoptarea celuilalt parametru s(v).

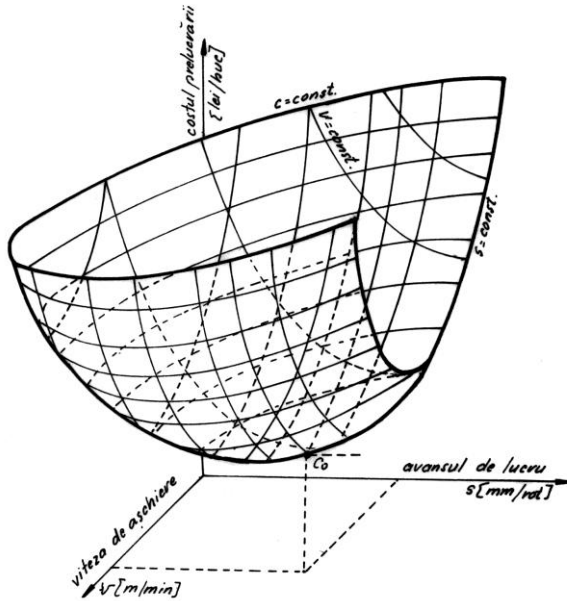


Fig. 7.4.

Astfel, pentru evitarea dificultăților de ordin matematic, în vederea simplificării calculelor s-a procedat la rezolvarea modelului (7.16.) în raport doar cu un singur parametru și anume viteza (v). Acest lucru se poate justifica și prin faptul că asupra durabilității T, influența cea mai mare o are viteza de aşchiere (v).

De altfel, așa se explică și de ce relația de tip TIME-TAYLOR simplificată (7.2.) $T^m = \frac{C_v}{v}$, este totuși utilizabilă (chiar cu

durabilitatea $T = \left(\frac{C_v}{v}\right)^{\frac{1}{m}}$ şi introducând în relaţia (7.16.) obţinem:

$$C = \tau_{aux} C_m \frac{\pi \cdot d \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} C_m + \frac{\pi \cdot d \cdot L}{1000 \cdot s} v^{\left(\frac{1}{m}-1\right)} \cdot C_v^{-\frac{1}{m}} \cdot C_s \quad (7.25.)$$

Aici fiind vorba doar de un singur parametru, analiza matematică clasică permite rezolvarea problemei prin existenţa extremelor absolute, obţinute prin derivare, astfel:

$$\frac{\delta C}{\delta v} = 0 \quad \text{şi} \quad \frac{\delta^2 C}{\delta v^2} > 0$$

Notând la fel:

$$\frac{\pi \cdot d \cdot L}{1000} = K_2$$

relaţia (7.25.) devine:

$$C = \tau_{aux} C_m + K_2 v^{-1} s^{-1} C_m + K_2 s^{-1} v^{\left(\frac{1}{m}-1\right)} C_v^{-\frac{1}{m}} C_s \quad (7.26)$$

$$\frac{\delta C}{\delta v} = -K_2 v^{-2} s^{-1} C_m + K_2 \cdot s^{-2} \cdot \left(\frac{1}{m}-1\right) \cdot v^{\left(\frac{1}{m}-2\right)} \cdot C_v^{-\frac{1}{m}} \cdot C_s =$$

$$-K_2 v^{-2} s^{-1} \left[C_m - C_s \left(\frac{1}{m}-1\right) \cdot v^{\left(\frac{1}{m}\right)} \cdot C_v^{-\frac{1}{m}} \right] \quad (7.27.)$$

$$\frac{\delta C}{\delta v} = 0; \text{ adică } C_m - C_s \cdot \left(\frac{1}{m}-1\right) \cdot v^{\left(\frac{1}{m}\right)} \cdot C_v^{-\frac{1}{m}} = 0$$

$$v_m^{\frac{1}{m}} = \frac{C_m}{C_s \left(\frac{1}{m} - 1 \right) \cdot C_v^{-\frac{1}{m}}} = \frac{C_m}{C_s \left(\frac{1-m}{m} \right)} C_v^{\frac{1}{m}}$$

(7.28.)

Considerată optimă din punct de vedere al costului:

$$v_o^c = \left(\frac{m}{1-m} \frac{C_m}{C_s} \right)^m \cdot C_v \quad (7.27.)$$

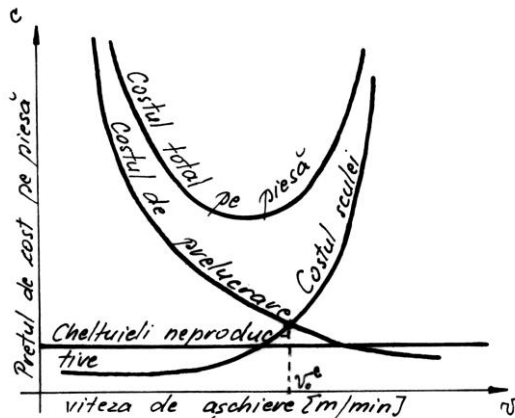


Fig. 7.5.

Reprezentând costul de prelucrare, costul sculei precum și cheltuielile neproductive într-o diagramă, (fig.7.5.) în funcție de viteză v (m/min) rezultă costul total pe piesă (ca o înfășurătoare a curbelor reprezentate).

7.2.2.Criteriul maximizării productivității (Q_{max})

Precizăm de la bun început că, în baza relației:

$$Q = \frac{1}{\tau} \quad (7.30.)$$

unde productivitatea se exprimă ca fiind inversul timpului de lucru, este mai avantajos să minimizăm timpul pe bucată de piesă (τ) în loc de a maximiza Q . În mod similar ca la 7.2.1., exprimăm într-o relație criteriul timpului pe buc. (piesă).

$$\tau = \tau_{aux} + \tau_b + \tau_{ex} \quad (7.31.)$$

unde: τ_{aux} – timpul auxiliar

τ_b - timpul de bază (productiv)

τ_{ex} – timpul consumat cu exploatarea sculei între două reascuţiiri succesive.

- aceasta se poate determina cu relaţia:

$$\tau_{ex} = \frac{\tau_b}{T} \cdot \tau_{sr} \quad (7.32.)$$

unde: τ_{sr} [min] – timpul de schimbare şi reglare a sculei

Exemplificând identic, situându-se în cazul strunjirii:

$$\tau_b = \frac{L}{s} = \frac{\pi \cdot d \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} \quad \text{şi} \quad \tau_{ex} = \frac{\tau_b}{T} \cdot \tau_{sr}$$

exprimând durabilitatea T din ultima relaţie prin dependenţa

$$T^m = \frac{C_v}{v}, \text{ rezultă } T^m = \frac{1}{v^m} \text{ şi înlocuind elementele în relaţia}$$

(7.31.), obţinem:

$$\tau = \tau_{aux} + \frac{\pi \cdot d \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} + \frac{\pi \cdot d \cdot L \cdot v \left(\frac{1}{m} - 1 \right)}{1000 \cdot s \cdot C_v^m} \cdot \tau_{sr} \quad (7.33.)$$

derivând identic ca în cazul 7.2.1.,

$$\frac{\delta \tau}{\delta v} = 0; \quad \frac{\delta^2 \tau}{\delta v^2} > 0 \text{ se va obţine}$$

asemănător o relaţie de minimizare a timpului τ , respectiv valoarea unei viteze corespunzătoare aceluşi timp

minim v_0^τ şi considerată optimă:

$$v_0^\tau = \left(\frac{m}{1-m} \cdot \frac{1}{\tau_{sr}} \right)^m \cdot C_v \quad (7.34.)$$

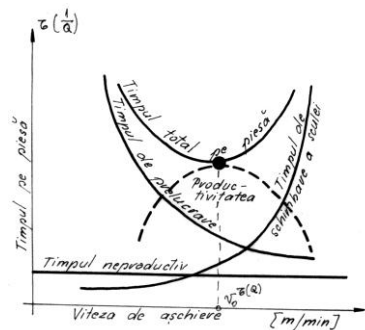


Fig. 7.6.

Punând toate acestea pe o diagramă, rezultă reprezentarea din fig.7.6.

Suprapunând cele două diagrame (fig.7.5. și 7.6.), având aceeași bază rezultă imaginea din fig.7.7.

Se poate constata, din câte se vede, că cele două viteze v_o^c , respectiv v_o^τ nu sunt egale, zona dintre ele definind un interval de așa-zis randament maxim (R-M).

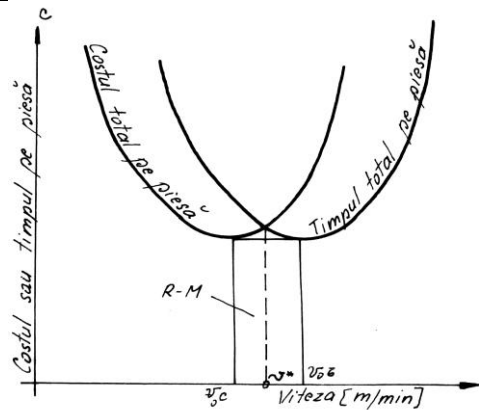


Fig. 7.7

Practic, dacă am obținut prin calcul de optimizare vitezele v_o^c și v_o^τ , reglând turația $n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$, se va obține o viteză (v^*) considerată optimă.

CONCLUZII:

Am dedus la punctele 7.2.1. și 7.2.2. valorile optime ale vitezelor v_o^c și v_o^τ .

În baza relației simplificate (2), adică $T^m = \frac{C_v}{v}$, introducând în locul lui v valorile optime calculate v_o^c sau v_o^τ , putem exprima și valori optime ale durabilității în baza acestei relații, astfel rezultă:

$$T_o^c = \frac{1 - m}{m} \frac{C_s}{C_m} \tag{7.35.}$$

și
$$T_o^\tau = \frac{1 - m}{m} \tau_{sr} \tag{7.36.}$$

Aceste relații (7.35.), respectiv (7.36.) se puteau obține separat, dacă în modelele matematice ale costului C (7.16.), respectiv în ale timpului pe bucată τ (7.31.), derivăm expresiile în raport cu durabilitatea T , adică rezolvăm condițiile:

$$\frac{\delta C}{\delta T} = 0; \frac{\delta^2 C}{\delta T^2} > 0$$

Concluzii finale (recomandări)

Relațiile v_o^c respectiv v_o^t , matematic deduse sunt în mare parte aproximative, deoarece prin simplificarea menționată, nu s-a ținut cont de dependența strictă $T=f(v,s,t)$.

Prin urmare în vederea determinării regimurilor de aşchiere optime se va pleca tot de la relația (1) – TIME – TAYLOR generalizată:

$$T^m = \frac{C^v}{v \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}}$$

Dar relația de mai sus conține 4 variabile: T, v, t, s, $[R=f(T,v,t,s)]$ ca un criteriu. În vederea rezolvării problemei singura posibilitate este calculul unui parametru în funcție de ceilalți trei care trebuie deci a fi cunoscuți.

Apare aici o problemă de prioritate:

- care din factorii amintiți se vor determina primii, urmând ca în funcție de aceștia să se calculeze celălalt.

Se pornește de la durabilitatea T, considerată cunoscută în baza relațiilor (7.35.) și (7.36.), adică:

$$T_o^c = \frac{1-m}{m} \frac{C_s}{C_m} \quad \text{și} \quad T_o^t = \frac{1-m}{m} \tau_{sr}$$

Dacă, pe de altă parte, în relația costului prelucrării (7.16.) introducem raportul dintre adaosul de prelucrare și adâncimea de aşchiere:

$$\frac{A_c}{t} = i \quad (\text{nr. de treceri}) \tag{7.37.}$$

pe considerentul că divizez adâncimea de aşchiere și prelucrez cu mai multe treceri, expresia costului devine:

$$C = \tau_{aux} C_m + \frac{\pi dL}{1000vs} C_m \frac{A_c}{t} + \frac{\pi dL}{1000vs} \frac{A_c}{t} \frac{C_s}{\left(\frac{C_v}{vt^{x_v} s^{y_v}} \right)^{\frac{1}{m}}} \tag{7.}$$

38.)

Analizând această formă, se poate constata că pentru micșorarea costului de prelucrare C, modul cel mai avantajos este de a mări pe

cât posibil în primul rând adâncimea (t), apoi avansul (s) și în ultimă instanță viteza (v).

- Concluzia rezultă de fapt și din relația de ordine în care se află exponenții lui v, t, s, respectiv m, x_v , y_v , din relația (1) a lui TIME – TAYLOR generalizată, toți acești exponenți fiind determinați pentru regimurile mijlocii de aşchiere despre care am vorbit ($v < 100 \text{ m/min}$), astfel:

$$x_v < y_v < 1 \quad (7.39.)$$

Se poate astfel recomanda:

- la o durabilitate (T) dată a sculei, pentru micșorarea costului de prelucrare sau mărire a productivității, este mai bine să se crească adâncimea de aşchiere (t) în contul avansului (s) și a vitezei de aşchiere (v).

- din aceleași considerente, dată fiind (T), este recomandat să se mărească avansul (s) în contul vitezei de aşchiere (v).

Astfel ordinea de prioritate va fi: t, s, v.

- adâncimea (t) de aşchiere se alege la valoarea maximă permisă de sistemul tehnologic (rigiditate, evitarea vibrațiilor, nedepășirea puterii disponibile, etc.), precum și de condițiile impuse suprafeței prelucrate (criteriul rugozității R_a).

- pentru degroșare: adâncimea (t) se va adopta cât mai apropiată de adaosul A_c , avându-se grijă să nu apară fenomene vibratoare dăunătoare, evitând totodată depășirea puterii disponibile.

- pentru finisare: (t) se va lua în așa fel încât să se obțină o rugozitate R_a impusă.

Avansul de aşchiere (s) (numit și avansul de lucru), se recomandă a se lua către valori maxime, dar numai în cazul degroșării. La capitolul “calitatea suprafețelor” s-a putut vedea efectul lui (s) asupra rugozității.

Deci, atenție, căci la finisare avansurile se vor corela cu valorile R_a .

Rămâne valabilă și rezerva față de puterea disponibilă, vibrații, rigiditate, etc., ca și în cazul adoptării valorii adâncimii (t).

Datorită existenței relațiilor de interdependență $T=f(v, s, t)$ la viteze superioare ($v > 100 \text{ m/min}$), amintite doar la începutul acestui capitol, cercetate și în prezent de un mare număr de specialiști, problema optimizării regimurilor de aşchiere după criterii tehnologice rămâne un câmp deschis pentru cercetarea științifică experimentală.

Capitolul 8

Normarea tehnică în construcția de mașini

Corelarea în timp a proceselor tehnologice impune de la început stabilirea unor criterii comune.

Astfel, un asemenea criteriu a devenit normarea tehnică. Norma de muncă reprezintă și unul din criteriile aprecierii eficienței oricărui proces tehnologic.

Este de dorit ca operațiile, fazele, trecerile, etc. să se facă într-un timp cât mai scurt (desigur nu în dauna calității produsului), având astfel certitudinea că în timpul limitat de condițiile de fabricație (schimb, zi, decadă lună, etc.) să se poată prognoza o cantitate strictă de produse corelate desigur cu planul de producție.

8.1. Norma de lucru, norma de timp și norma de producție

Timpul stabilit în vederea executării unei anumite lucrări tehnologice în anumite condiții tehnico-economice poartă numele de normă de lucru sau **normă de timp** (N_T).

Aceasta se măsoară în schimburi, ore sau minute.

Norma de producție (N_p) se referă la cantitatea de produse sau de lucrări stabilite a se efectua într-o unitate de timp de către un executant, în condițiile unei calificări corespunzătoare și condiții tehnico-organizatorice precizate ale locului de muncă.

Legătura dintre norma de timp și norma de producție este redată de relația:

$$N_p = \frac{1}{N_T} \quad (8.1)$$

[N_T] (zi/buc.), (ore/buc.), (min/buc.)...etc.

se exprimă în general în: unități de timp (an, zi, ore, min....)/ unitate de produs (buc, kg., m,...). Desigur construcția de mașini folosește în cel mai des caz (min/buc)

8.2. Structura normei tehnice de timp N_T și stabilirea elementelor componente

Întrucât operația este unul din elementele de bază ale procesului tehnologic (pentru care există și documentație – planul de operații), norma de timp (N_T) se va referi la timpul necesar realizării unei piese în cadrul ei. Structura normei tehnice de timp se prezintă în fig.8.1.,

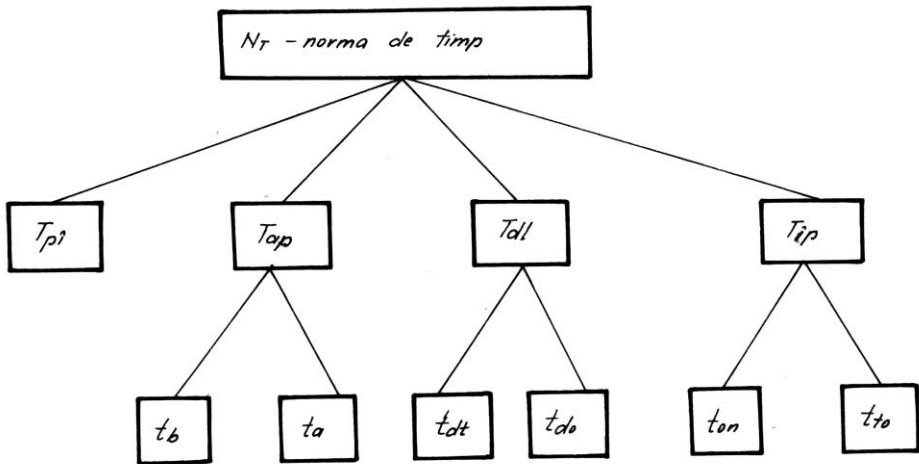


Fig. 10.1.

unde:

T_{pi} – timpul de pregătire și încheiere

T_{op} – timpul operativ

t_b – timpul de bază

t_a – timpul auxiliar (ajutător)

T_{dl} – timpul de deservire a locului de muncă

t_{dt} – timpul de deservire tehnică

t_{do} – timpul de deservire organizatorică

T_{ir} – timpul de întreruperi reglementate

t_{to} – timpul de întreruperi condiționate de tehnologia stabilită și de organizare a producției

t_{on} – timpul de odihnă și de necesități firești (fiziologice)

Deci, norma de timp se poate exprima și sub forma relațiilor:

$$N_{T(b)} = \frac{T_{pi}}{n} + T_{op} + T_{dl} + T_{ir} \quad (\text{min/buc}) \quad (8.2)$$

$N_{T(b)}$ – norma de timp pe bucată

N – nr. bucăți piese din lot

$$N_{T(\text{lot})} = T_{p\hat{i}} + (T_{op} + T_{dl} + T_{\hat{i}r})n \quad (\text{min/rot}) \quad (8.3)$$

Să analizăm pe rând fiecare componentă a relației normei tehnice de timp (N_T).

$[T_{p\hat{i}}]$ – timpul de pregătire și încheiere

El se determină pentru toată seria (lotul) de piese.

El este consumat de operatorul uman înainte și în timpul efectuării lucrării pentru crearea condițiilor necesare executării acesteia precum și după terminarea ei, pentru încheierea lucrărilor (studierea planului de operații – a documentației tehnologice în general, pregătirea locului de muncă, reglarea mașinii, montarea S.D.V.-urilor, etc.).

În general, timpul de pregătire-încheiere nu depinde de mărimea lotului de piese și nu conține consumuri de timp care se repetă periodic în timpul lucrului.

$T_{p\hat{i}}$ – depinde de tipul producției, de natura (felul) operației și de gradul de organizare a muncii. El se stabilește pe baza unor normative și date experimentale.

$[T_{op}]$ – timpul operativ : este timpul efectiv consumat de către operatorul uman în decursul căruia se realizează procesul tehnologic propriu-zis.

Se compune din timpul de bază și cel ajutător (auxiliar)

$$T_{op} = t_b + t_a \quad (8.4.)$$

(t_b) – timpul de bază, este timpul pentru transformarea prin așchiere a semifabricatului.

El depinde direct de regimul de așchiere și se poate determina pe cale analitică, grafică sau prin cronometrare.

(t_a) – timpul auxiliar (ajutător), se consumă cu efectuarea acțiunilor auxiliare (de exemplu timpul pentru fixarea și scoaterea piesei, timpul pentru cuplarea avansului și a turației, timpul pentru măsurarea dimensiunilor realizate, etc.)

De remarcat este faptul că în anumite situații o parte din timpul auxiliar poate să se suprapună cu timpul de bază.

Acea parte, bineînțeles nu se va cuprinde în timpul operativ.

$[T_{dl}]$ – timpul de deservire a locului de muncă este timpul consumat de operatorul uman pe întreaga perioadă a schimbului de lucru, atât pentru menținerea în stare de funcționare a utilajului, cât și pentru alimentarea și organizarea locului de muncă.

- procentual: $T_{dl} = (0,8 \cdot 2,5)\% T_{op} \quad (8.5.)$

Structural se compune din:

$$T_{dl} = t_{dt} + t_{do} \quad (8.6.)$$

(t_{dt}) – timpul de deservire tehnică se poate determina procentual din timpul de bază:

$$t_{dt} = t_b \cdot \frac{K_1}{100} \quad [\text{min}] \quad (8.7.)$$

unde: K_1 – în procente raportul lui (t_{dt}) față de (t_b)

- literatura de specialitate dă și alte expresii analitice ale (t_{dt}) în funcție de timpii de reglare și schimbare a sculei, timpul consumat cu reglarea de compensare, numărul de reglări de compensare, îndreptarea și lustruirea muchiei așchietoare, toate în timpul unei perioade de durabilitate economică admisă. [59]

(t_{do}) – timpul de deservire organizatorică; aceasta nedepinzând de locul concret de muncă, efectuându-se la orice fel de lucrare.

Asemenea ca și (t_{dt}), se poate exprima în procente față de timpul de bază:

$$T_{do} = T_{op} \cdot \frac{K_2}{100} \quad [\text{min}] \quad (8.8.)$$

unde K_2 este coeficientul procentual (față de timpul operativ)

[T_{ir}] – timpul de întreruperi reglementate este perioada de timp necesar operatorului uman în procesul de lucru pentru necesități firești (t_{on}) cât și de organizare a producției (t_{to}).

Deci:

$$T_{ir} = t_{on} + t_{to} \quad (8.9.)$$

Se poate estima:

$$T_{on} = T_{op} \frac{K_3}{100} \quad [\text{min}] \quad (8.10.)$$

unde K_3 este tot un factor procentual.

Este important să reținem că toți timpii:

(T_{pi} , T_{op} , T_{dl} , T_{ir}) sunt timpi productivi.

8.3. Metode folosite pentru determinarea normelor tehnice de timp, modalități de măsurare și analiză

Se pot folosi următoarele metode în vederea stabilirii normelor de timp:

- a) metoda analitică
- b) metoda experimental-statistică
- c) metoda comparativă

Metodele b) și c) au un oarecare grad de subiectivitate, deci, în consecință nu pot fi aplicate în producția de serie mare și masă. Prima metodă, cea analitică (a) defalcă în profunzime structura procesului de prelucrare, deci elementele componente: operații, faze, treceri, până la nivel de mânuiri.

Deocamdată această metodă se consideră a fi cea mai exactă și din această cauză, metoda are aplicabilitate în producția de serie mare și masă, unde stabilirea normelor de timp trebuie să fie făcută cu precizie maximă.

Ca metode de măsurare și de analiză a timpului de muncă întâlnim:

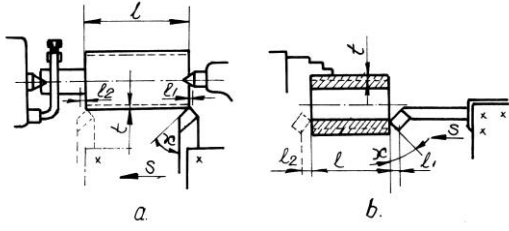
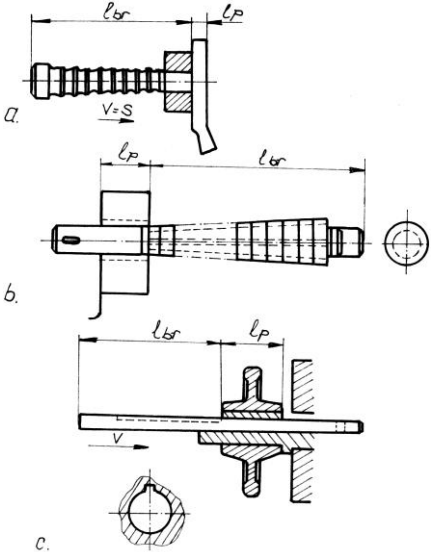
1. Metode de înregistrare directă a timpului
 - 1.1. – cronometrarea
 - 1.2. – fotografierea
2. Metode de înregistrare indirectă a timpului
 - 2.1. – observări instantanee
 - 2.2. – măsurarea timpului pe microelemente
3. Filmarea
4. Utilizarea magnetofonului
5. Oscilografierea
6. Centralografierea, tehnografierea și productografierea

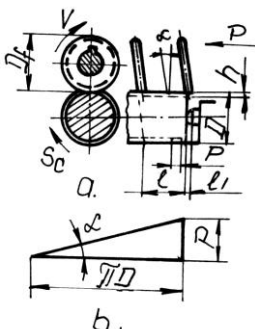
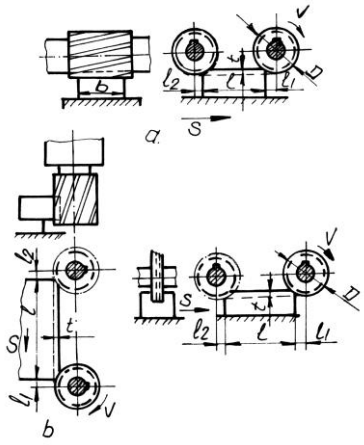
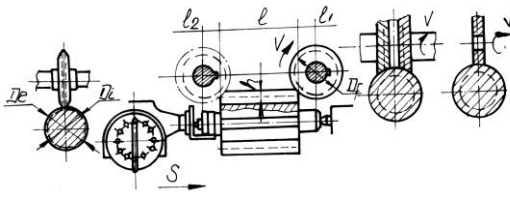
Pentru explicații, considerăm mai important să ne oprim la ultimele metode:

- Filmarea: - este metoda de înregistrare continuă și în amănunte a unei anumite perioade de muncă, utilizându-se aparatul de filmat.
- Utilizarea magnetofonului: - se indică la măsurarea activităților care se desfășoară pe întuneric. Magnetofonul se completează cu un sistem automat de marcarea a începutului și sfârșitul acțiunii înregistrate pe bandă. Totodată se cupleză la un contor care permite măsurarea cu precizie cerută (uneori sutimi de secundă) a intervalelor de timp scurse între două semnale sonore înregistrate pe bandă, utilizându-se dispozitive de recunoaștere a acestor semnale.
- Oscilografierea: - se utilizează când nu este necesară prezența unui observator. Astfel se înregistrează pe oscilograf semnalele primite de la mașina-unealtă prin intermediul unor traductoare, obținându-se succesiunea mânuirilor, fazelor etc. Pe o diagramă (numită oscilogramă).
- Centralografierea: este procedeul de analizare pe o instalație electronică (centralograf) a unei grupe până la 20-40 mașini. Se poate cuprinde chiar o secție întreagă. Ca funcționare (pe bază de traductoare) se aseamănă cu instalația și principiul oscilografului.

Față de centralograf, productograful precum și tehnograful sunt sisteme mai complexe de măsurare.

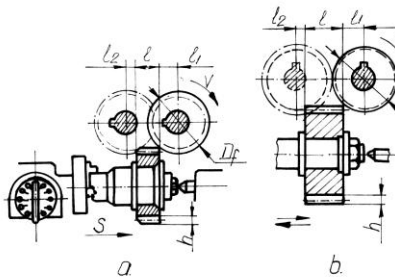
8.4. Exemple de stabilire a principalilor timpi de bază la unele operații de prelucrare pe mașini-unelte

Operația	Formula de calcul
<p>Strunjire</p> 	$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{sn} i$ <p> l - lungimea piesei [mm] l_1 - lungimea de pătrundere [mm] l_2 - lungimea de ieșire, [mm] s - avansul, mm/rot n - turația, rot/min i - numărul de treceri </p>
<p>Broșare</p> 	$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{sn} i$ $l = l_{br} + l_p$ <p> l_{br} - lungimea părții de lucru a broșei [mm] l_p - lungimea de broșat a piesei [mm] </p>

<p>Frezarea filetelor cu freze disc</p> 	$t_b = \frac{l+l_1+l_2}{p} \frac{\pi D}{s_m \cos \alpha} i g$ <p> p - pasul filetelui [mm] D - diametrul exterior al filetelui [mm] g - numărul de începuturi ale filetelui α - unghiul filetelui, în grade </p>
<p>Frezarea</p> 	$t_b = \frac{l+l_1+l_2}{s_m} i$ <p> $s_m = s_z z n$ (mm/min) s_z - avansul pe dinte, mm n - nr. de rotații a frezei, rot/min z - numărul de dinți </p>
<p>Frezarea canelurilor cu freze disc profilate</p> 	$t_b = \frac{l+l_1+l_2}{s_z z n_f} z_c$ <p> n_f -turația frezei, rot/min z_c - numărul de caneluri </p>

<p>Frezarea canelurilor cu freze melc</p>	$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{s_p n_f k} z$ <p>s_p - avansul arborelui, în [mm/rot] k - numărul de începuturi ale frezei melc</p>
<p>Prelucrarea roților melcate prin metoda avansului radial</p>	$t_b = \frac{3mz}{s_r n_f q}$ <p>s_r - avansul radial la o rotație a semifabricatului [mm] m - modulul roții, [mm] z - nr. de dinți ai roții q - nr. de începuturi ale frezei n_f - nr. de rotații ale frezei</p>
<p>Prelucrarea canalelor prin mortezare cu roată de mortezat</p>	$t_b = \frac{h}{s_r n} + \frac{\pi D}{s_c n} k$ <p>h - înălțimea canelurii, în [mm] D - diametrul exterior al canelurii în [mm] s_r - avansul radial la o cursă dublă a roții de mortezat în [mm] s_c - avansul circular la o cursă dublă a roții de mortezat în [mm] n - numărul de curse duble k - numărul de treceri</p>

Prelucrarea danturii roților dințate cilindrice cu freze disc modul



Pe mașini orizontale de frezat cu cap divizor:

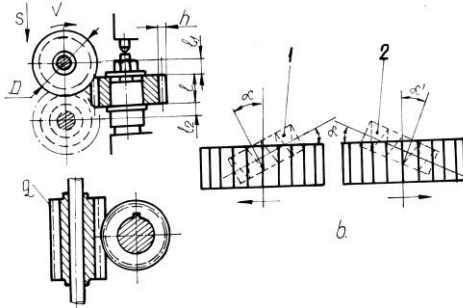
$$t_b = \frac{l+l_1+l_2}{s_{im}} z_i$$

Pe mașini de frezat cu divizare automată

$$t_b = \frac{l+l_1+l_2}{s_{im}} z + \frac{l+l_1+l_2}{s_{im}} z +$$

z - numărul de dinți ai roții dințate
 s_{im} - avansul la minut la cursa de întoarcere, în [mm]

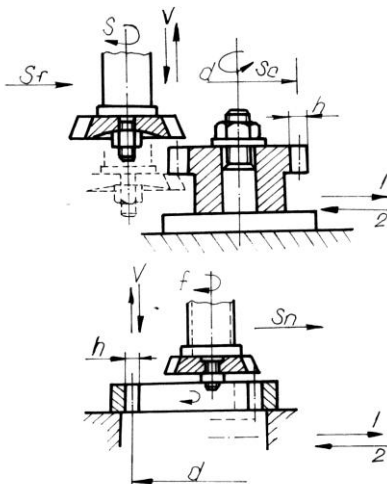
Prelucrarea danturii roților dințate cilindrice cu freze melc modul



$$t_b = \frac{l+l_1+l_2}{s_p n f q} z$$

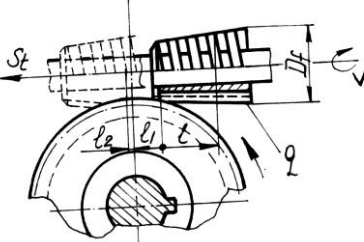
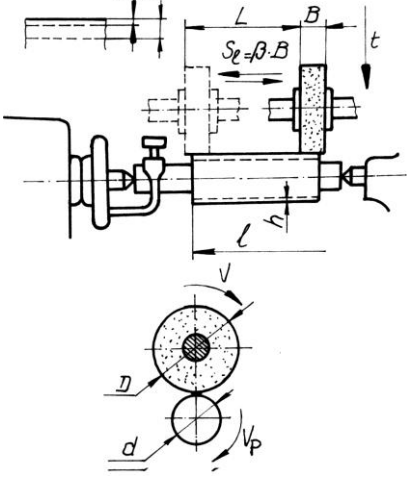
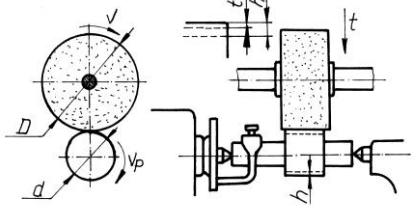
s_p - avansul pe rotație a semifabricatului în [mm]
 q - numărul de începuturi ale frezei

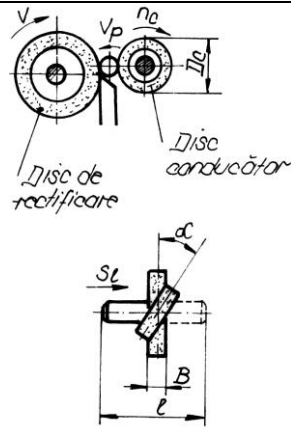
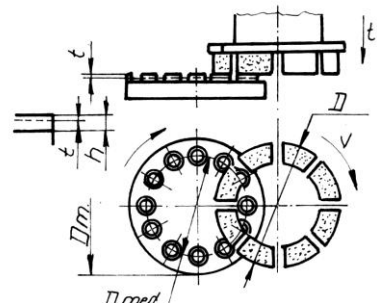
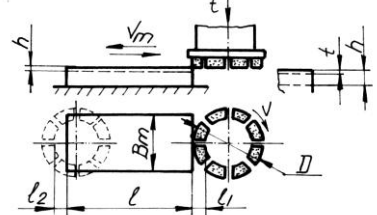
Prelucrarea danturii roților dințate cilindrice cu roată de mortezat



$$t_b = \frac{h}{s_r n} + \frac{\pi m z}{s_c n} k$$

s_r - avansul radial la o cursă dublă a roții de mortezat în [mm]
 s_c - avansul circular la o cursă dublă a roții de mortezat în [mm]
 m - modulul roții dințate în [mm]
 k - numărul de treceri

<p>Prelucrarea roților melcate prin metoda avansului tangențial</p> 	$t_b = \frac{2,94 m z \sqrt{z}}{s_t n_f q}$ <p>s_t - avansul tangențial pentru o rotație a semifabricatului [mm]</p>
<p>Rectificarea exterioară între vârfuri prin metoda avansului longitudinal</p> 	$t_b = \frac{L}{\beta B n_p} \frac{h}{t} k$ <p>L - lungimea cursei longitudinale a mesei [mm] B - lățimea discului abraziv [mm] β - avansul în fracțiuni din lățimea discului abraziv n_p - numărul de rotații ale piesei, în [rot/min] h - adaosul pe rază, în [mm] t - avansul transversal la fiecare cursă, în [mm] k - coeficient de corecție</p>
<p>Rectificarea exterioară între vârfuri prin metoda pătrunderii</p> 	$t_b = \frac{h}{t n_p} k$

<p>Rectificarea exterioară fără centre prin trecere</p>	$t_b = \frac{lm + B}{s_m} ik$ <p> l - lungimea de prelucrat, [mm] B - lățimea discului abraziv [mm] m - numărul pieselor la rectificarea cu flux continuu $s_m = \pi D_c n_c \sin \alpha$ [mm/min] D_c - diametrul discului conducător [mm] n_c - turația discului conducător α - unghiul de înclinare al discului </p>
	
<p>Rectificarea plană cu partea frontală a discului abraziv pe mașini cu mese rotative</p>	$t_b = \frac{h}{m n} k$ <p> n - numărul de rotații ale mesei k - coeficientul de corecție </p>
	
<p>Rectificarea plană cu partea frontală a discului abraziv pe mașini cu mese dreptunghiulare</p>	$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{1000 v_m} \frac{1}{m} k$ <p> v_m - viteza mesei, în [mm] m - numărul de piese prelucrate simultan k - coeficient de corecție </p>
	

Capitolul 9

Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin așchiere a aliajelor feroase

9.1. Importanța cunoașterii prelucrabilității

Este cunoscut faptul că alegerea valorilor parametrilor regimului de așchiere se efectuează fie pe baza experienței personale a tehnologului fie pe baza recomandărilor cuprinse în literatura de specialitate. În această situație, se apelează la tabele, nomograme sau relații de calcul. Se poate constata că uneori, valorile indicate sau calculate pe baza datelor din literatura de specialitate pot înregistra deosebiri atunci când se utilizează surse bibliografice distincte. Aceste deosebiri sunt generate în principiu fie de condițiile diferite de optimizare.

Cunoașterea datelor de prelucrabilitate prin așchiere a unui material oarecare, în general ar permite, tehnologului în primul rând, stabilirea rapidă și precisă a parametrilor regimului de așchiere, dar și o alegere corectă a sculelor corespunzătoare, a lichidelor de răcire-ungere, etc. Astfel, datele despre prelucrabilitatea unui material în cauză, ar facilita optimizarea parametrilor condițiilor de așchiere.

Un alt aspect al problemei îl constituie necesitatea prelucrării unui material nou.

Ca urmare a dezvoltării și diversificării construcției de mașini, apariția de materiale noi, care satisfac din ce în ce mai bine cerințele de funcționalitate a organelor de mașini, impun și cerințe noi privind tehnologiile de prelucrare adecvate.

La apariția unui material (sau aliaj) nou, greu sau ușor de prelucrat prin așchiere, tehnologul nu dispune, cel mai adesea, decât de simple cataloage (în măsură în care ele există) care se reprimă la prescrierea sumară a unora dintre caracteristicile fizico-mecanice ale materialului respectiv.

Fiind obligat să treacă la așchiera unor astfel de materiale, tehnologul recurge la analogii, la aproximări, la încercări experimentale de evaluare a prelucrabilității, care în lipsa unei metodologii precise și rapide, duc la un consum relativ mare de material și de timp.

Cunoașterea cât mai bună a datelor privind prelucrabilitatea prin așchiere a unui material ar duce implicit la posibilitatea evaluării anticipate a costului total al prelucrării, prin luarea în considerare atât a timpului necesar prelucrării cât și a cheltuielilor legate de

construcția și exploatarea sculelor, a dispozitivelor și a mașinilor-unelte în cauză.

Prelucrabilitatea prin așchiere este departe de a fi socotită o problemă deplin cunoscută, ea necesită în permanență o adâncire și o intensificare a eforturilor cercetărilor în domeniul așchierii.

În momentul de față, neexistând o metodologie unică și unanim acceptată de evaluare, prelucrabilitatea prin așchiere reclamă analiza, sistematizarea și interpretarea datelor experimentale obținute.

9.2. Clasificarea procedeeleor de determinare a prelucrabilității prin așchiere

Conform literaturii de specialitate, se înregistrează clasificări ale procedeeleor de determinare a prelucrabilității, în raport cu o serie întreagă de criterii.

O primă clasificare, delimitează încercările de prelucrabilitate în raport cu utilizarea sau neutilizarea așchierii pentru obținerea indicatorilor de prelucrabilitate. Astfel se disting:

a) Metode directe: - acestea sunt legate de efectuarea încercărilor în condiții concrete de așchiere și se încadrează în grupa încercările tehnologice. Metodele directe pot fi clasificate și în funcție de procedeele de prelucrare, conform schemei alăturate:

Aprecierea prelucrabilității prin așchiere a OL prin metoda directă	
a) Pentru prelucrări de degroșare:	1.- Durata de așchiere continuă 2.- Consumul de energie 3.- Procesul de formare a așchiei 4.- Rugozitatea suprafeței
b) Pentru prelucrări de finisare	1.- Rugozitatea suprafeței 2.- Procesul de formare a așchiei 3.- Durata de așchiere continuă 4.- Consumul de energie
c) Pentru prelucrări pe mașini-unelte automate:	1.- Procesul de formare a așchiei 2.- Rugozitatea suprafeței 3.- Durata de așchiere continuă 4.- Consumul de energie

b) Metode indirecte: - în cazul cărora nu se folosește așchieria și la care evaluarea nu presupune referiri precise la parametrii tehnologici de așchiere.

O altă clasificare a procedeeleor de determinare a prelucrabilității ia în considerare atât durata necesară efectuării experiențelor, cât și momentul apariției diferitelor procedee.

Se cunosc astfel:

a) Metode clasice: - apărute în primele decenii după anul 1900, având la bază, în general, studiul uzurii sculelor așchietoare. Ele pot conduce la rezultate direct utilizabile în practica uzinală.

Dezavantajul metodei îl constituie durata mare a încercărilor, precum și consumul ridicat de energie și de material necesar încercărilor.

b) Metode rapide: - cunoscute de 4-5 decenii, ele dau numai indicații orientative. Aceste metode sunt avantajoase pentru că necesită un timp scurt pentru încercare și un consum redus de energie și materiale. În cadrul acestei metode este posibilă o clasificare a procedeelor de determinare a prelucrabilității, în raport cu procedeul de prelucrare utilizat. există astfel indici de prelucrabilitate determinabili prin prelucrări de strunjire, burghiere, frezare, rectificare.

9.3. Metode directe de determinare a prelucrabilității prin așchiere

9.3.1. Metode bazate pe studiul uzurii sculei așchietoare

Uzura sculei așchietoare se definește ca fiind fenomenul sau acțiunea prin care scula își pierde proprietățile de așchiere sub acțiunea unor factori de natură diferită.

Uzura este cel mai des asociată cu noțiunea de „durabilitate” a sculei așchietoare.

Prin durabilitate (τ) se înțelege intervalul de timp în care scula își păstrează proprietatea de așchia în condiții normale, interval care este cuprins între două ascutiri succesive ale sculei.

9.3.1.1. Metoda strunjirii longitudinale cu viteză constantă

Se mai numește: procedeul de lungă durată.

Metoda se mai bazează pe relația lui Taylor ($vT^m = C$). Cu ajutorul acesteia, este posibilă cunoașterea valorii vitezei de așchiere corespunzătoare unei durabilități prestabilite a sculei. Ca indicator de prelucrabilitate a unui material oarecare se va utiliza deci valoarea acelei viteze de așchiere care, într-un interval de timp și în condiții prestabilite de așchiere, contribuie la formarea unei uzuri de valori anterior fixată.

În fig.9.1. se prezintă câteva din formele tipice de pierdere a calităților așchietoare de către sculă.

- a) uzura feței de așezare
- b) crater de uzură pe suprafața de degajare
- c) uzură la nivelul feței de așezare și la nivelul feței de degajare
- d) deformația plastică a părții așchietoare a sculei

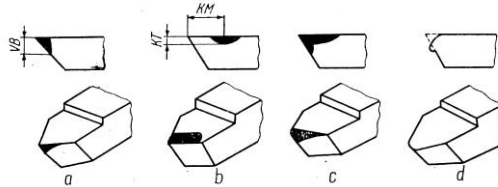


Fig. 9.1. Forme atipice de pierdere a calității sculelor așchietoare

Aprecierea evoluției uzurii sculei așchietoare se poate efectua urmărindu-se fie lățimea fațetei de uzură VB de pe fața de așezare, fie raportul $K = KT / KM$.

Importantă este însă determinarea vitezei de așchiere v_{60} (sau v_{120} , v_{240} , v_{480}), adică a acelei viteze de așchiere pentru care, după 60 de minute de așchiere (respectiv 120, 240, 480 min) scula va ajunge la o anumită valoare a uzurii.

Uzura diferitelor elemente ale părții active a sculei se stabilește în mod convențional: de exemplu, pentru suprafața de așezare, $VB = 0,2$ mm, iar pentru indicele craterului $KT / KM = 0,1$.

S-a ajuns în acest mod la definirea unor indicatori de prelucrabilitate de tipul:

$V_{60 B 0,2}$ – viteza de așchiere pentru care, după 60 de minute de așchiere, apare pe suprafața de așezare a sculei o uzură $VB = 0,2$ mm (în condițiile de așchiere obișnuite: $t = 2$ mm, $s = 0,25$ mm/rot).

$V_{60 K 0,1}$ – viteza de așchiere pentru care, după 60 de minute de așchiere, se produce pe suprafața de degajare un crater caracterizat prin raportul $K = KT / KM = 0,1$ ($t = 2$ mm, $s = 0,25$ mm/rot).

V_{60} – viteza de așchiere pentru care, după 60 de minute de așchiere, în condiții precizate de lucru, scula ajunge la o uzură catastrofală.

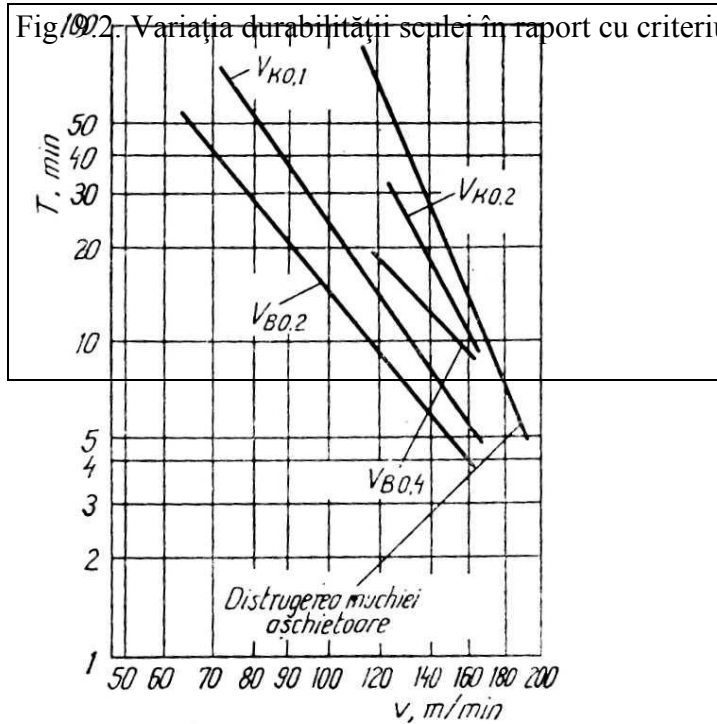
Pe baza unor argumente de natură economică, pentru valorile durabilității (τ) s-a stabilit:

$T=60$ min – la prelucrarea pe strunguri universale;

$T=120$; $T=240$ min – pentru strunguri revolver;

$T=480$ min – pentru strunguri automate cu comandă secvențială.

În fig. 9.2. se prezintă o imagine sugestivă asupra diferențelor existente între valorile unor indicatori de prelucrabilitate, realizată pentru cazul strunjirii unui oțel cu cuțite armate cu plăcuțe din carburi metalice tip P30. Deși necesită un timp relativ mare pentru efectuarea încercărilor experimentale și un consum ridicat de material, metoda strunjirii longitudinale prezintă avantajul obținerii unor indicatori de



prelucrabilitate cu imediată aplicabilitate în practică, în unele cazuri rezultatele fiind folosite pentru elaborarea de normative. Este de remarcat, așa cum se cunoaște din teoria așchierii, că necesită a se face o distincție între materialele care se așchiază cu scule din oțel rapid și cele cu plăcuțe din carburi metalice.

9.3.1.2. Metoda strunjirii longitudinale cu viteză constantă - - indicator de prelucrabilitate pentru uzura sculei așchietoare

Dacă indicatorul de prelucrabilitate v_{60} se utilizează îndeosebi în cazul așchierii folosind scule din oțel rapid, caz în care se remarcă o distrugere a muchiei așchietoare, în cazul folosirii sculelor din carburi metalice (la viteze superioare de așchiere), se utilizează încercări similare, ridicându-se însă un alt indicator de prelucrabilitate.

La încercări se folosesc de obicei scule cu fixare mecanică a plăcuțelor, pentru a se evita influența lipirii, strângerea plăcuțelor în suport făcându-se cu ajutorul cheilor dinamometrice. Regimul de așchiere este evident mai intens decât în cazul sculelor din oțel rapid. Astfel, pentru oțeluri martensitice și feritice: $t=2$ mm; $s=0,25$ mm/rot; $v=200-270$ m/min iar $v=180$ m/min pentru oțeluri austenitice.

Ca indicator de prelucrabilitate se folosește valoarea concretă a uzurii care corespunde unui timp de prelucrare prestabilit (20 sau 32 min). Măsurarea mărimii uzurii de pe suprafața de așezare a sculei se recomandă a fi măsurată cu ajutorul unui microscop (mărire de 30 ori), cu posibilitatea de măsurare din 0,1 în 0,1 mm. În timpul încercării, pentru o menținere cât mai corectă a vitezei de așchiere la valori constante, este de preferat să se utilizeze un regulator electronic care să corecteze eventualele variații ale vitezei, generate de fluctuația efortului de așchiere sau a parametrilor curentului electric.

9.3.1.3. Metoda drumului de așchiere constant

Metoda a fost propusă de Leyensetter. Ca indicator de prelucrabilitate se folosește viteza de așchiere care produce distrugerea muchiei așchietoare după un drum de 100 m parcurs de vârful sculei. Se preferă, ca material pentru scule, oțelul rapid. Se compară rezultatele cu cele obținute în urma determinărilor prin testele de lungă durată cu scule armate cu plăcuțe din carburi metalice (R30).

9.3.1.4. Metoda americană de determinare a prelucrabilității

Această metodă face parte din metodele de urmărire a evoluției uzurii sculelor în condițiile unei prelucrări prin strunjire cilindrică exterioară. Drept indicator de prelucrabilitate se folosește așa-numita „prelucrabilitate în procente S.U.A.” sau „evaluarea prelucrabilității în procente”.

Acesta se definește ca fiind viteza relativă de așchiere ce se poate utiliza pentru un material, în condiții de așchiere bine stabilite. Ca termen de comparație se utilizează viteza de așchiere a unui oțel etalon (oțel american pentru automate SAE 1112, cu sulf, tras la rece și dispunând de o duritate de 179 HB).

Principalele condiții în care se efectuează încercările sunt:

- felul prelucrării: strunjire longitudinală
- materialul părții așchietoare a sculei: oțel rapid Z-80 W18 (18-4-1) echivalent al oțelului românesc Rp3
- avansul de lucru: $s=0,063$ (mm/rot)
- adâncimea de așchiere: $t=0,35$ (mm)
- durabilitatea sculei: $T=480$ (min)
- ungere corespunzătoare.

În condițiile expuse anterior, viteza de așchiere pentru oțelul etalon este de 35 (m/min).

După metoda americană, prelucrabilitatea prin așchiere se apreciază cu relația:

Fig. 9.3. Schema efectuării încercării de prelucrabil
succesive

$$P_{\%SUA} = \frac{v}{55(m/min)} 100 \quad (9.1.)$$

Prin definiție, prelucrarea oțelului SAE1112 este de 100%. Valabilitatea aprecierii prelucrabilității după metoda americană este condiționată de rămânerea în timpul așchierii, în cazul zonei lui Taylor a curbei $T=f(v)$ și de stabilirea clară a criteriilor de pierdere a calităților așchietoare de către sculă.

9.3.1.5. Metoda strunjirii longitudinale cu creșterea vitezei de așchiere în trepte succesive

Metoda se utilizează pentru stabilirea așa-numitei viteze compatibile V_{comp} .

Se pregătesc mai întâi epruvete de formă cilindrică, împărțite în trepte de lungime constantă (fig.9.3.)

Mărimea tronsoanelor se determină în așa fel încât lungimea drumului parcurs de vârful sculei pe epruvetă să fie de 25 m. Lungimea tronsoanelor L_0 se stabilește cu ajutorul relației:

$$L_0 = \frac{25000}{(D - 2t)\pi} s \quad (mm)$$

(9.2.)

În care:

$D(mm)$ —diametrul exterior al barei

$t(mm)$ – adâncimea de așchiere

$s(mm/rot)$ – avansul de lucru

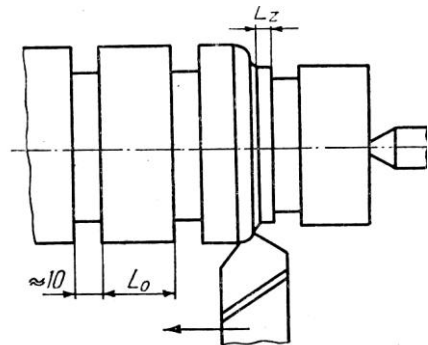
În cadrul încercării se prelucrează fiecare tronson cu viteze de așchiere în așa fel stabilite încât să se alcătuiască o progresie geometrică cu rația 1,12.

Prelucrarea are loc până în momentul distrugerii muchiei așchietoare (după prelucrarea unui număr de tronsoane egal cu 7 ± 1).

Dacă se notează:

V_{z-1} —viteza de așchiere atinsă la penultimul segment (treaptă)

V_z —viteza de așchiere la ultimul segment, unde se produce distrugerea părții așchietoare a sculei



L_z –lungimea porțiunii strunjite pe treapta de ordin „z”, înainte de distrugerea sculei

L_0 –lungimea totală de strunjire a unei trepte ($L_0=25$ m)

Viteza compatibilă de așchiere (v_{comp}) se determină cu relația:

$$v_{comp} = v_{z-1} + (v_z - v_{z-1}) \frac{L_z}{L_0} \quad (\text{m/min}) \quad (9.3.)$$

ținând seama că $\frac{v_z}{v_{z-1}} = 1$

$$v_{comp} = 1,12v_{z-1} \cdot \frac{L_z}{L_0} \quad (\text{m/min}) \quad (9.4.)$$

Ca indicator de prelucrabilitate se va utiliza valoarea lui v_{comp} .

O valoare mai ridicată a lui v_{comp} va desemna o mai bună prelucrabilitate prin așchiere, din punctul de vedere al uzurii sculelor. Această încercare se aplică cu precădere în cazul sculelor din oțel rapid, ea poate fi utilizată însă și în cazul sculelor armate cu plăcuțe din carburi metalice.

Uzura produsă prin aceste încercări este legată în măsură importantă de creșterea rapidă a temperaturii în zona de așchiere, datorită creșterii vitezei și mai puțin de solicitările mecanice ale vârfurilor sculei, așa cum se întâmplă în realitate.

9.3.1.6. Metoda strunjirii frontale

Este una din cele mai vechi metode de determinare rapidă a prelucrabilității fontelor și oțelurilor. Se poate afirma că este una din cele mai utilizate metode.

Metoda este următoarea:

-se execută strunjirea frontală a unei epruvete de forma unui disc cu o gaură centrată (conform figurii 9.4.)

Prelucrarea are loc cu turații din ce în ce mai mari, astfel încât de obicei se obține raportul $n_{max}/n_{min}>8$ (pentru o precizie cât mai ridicată a rezultatelor cercetării).

Pentru fiecare turație se execută un număr de 5 ÷ 8 încercări. Turațiile se aleg astfel încât uzura cuțitelor să depășească valorile admisibile într-o singură trecere, iar diametrul minim la care se produce depășirea uzurii admisibile să fie cel puțin de două ori mai mare decât diametrul găurii din epruvetă. Momentul în care se produce uzura catastrofală a cuțitului se constată prin apariția unei fâșii lucioase pe suprafața materialului prelucrat.

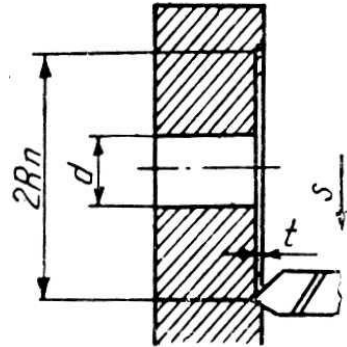


Fig. 9.4. Schema de așchiere utilizată la aplicarea metodei strunjiri frontale

Pe baza experiențelor

efectuate în acest mod, se determină două valori:

R_n (mm) – raza de uzare (la care apare fâșia lucioasă)

n (rot/min) – turația la care s-a produs uzura catastrofală a cuțitului.

Cu ajutorul acestor date, se trasează o diagramă în coordonate dublu-logaritmice (vezi fig.9.5.)

Pe diagramă se poate identifica valoarea unghiului α° , cu ajutorul căruia se determină „m”, din relația (9.5.)

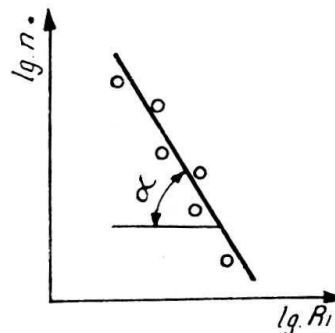


Fig. 9.5. Prelucrarea grafică a rezultatelor experimentale obținute prin utilizarea metodei strunjiri frontale

$$\operatorname{tg} \alpha^\circ = \frac{m + 1}{m - 1},$$

unde $m = \frac{1}{k}$ (9.5.)

În continuare, se stabilește valoarea coeficientului C , utilizând relația:

$$C = v \cdot m \sqrt{\frac{R_n}{s \cdot n \cdot (m + 1)}} = \frac{2\pi \cdot R_n \cdot n}{1000} m \sqrt{\frac{R_n}{s \cdot n \cdot (m + 1)}} \quad (9.6.)$$

Unde: s – avansul de lucru (mm/rot)

n – turația (rot/min)

Cunoscând valorile C și m și extrapolând rezultatele obținute, este posibilă determinarea acelei viteze de aşchiere pentru care, după 60 minute de prelucrare, scula își pierde calitățile aşchietoare:

$$v = \frac{C}{T^m} \quad (\text{m/min}) \quad (9.7.)$$

Viteza „ v ” determinată în acest mod, constituie un indicator de prelucrabilitate. Se apreciază, analizând rezultatul diferitelor experiențe, că diferențele dintre valorile lui v_{60} determinate prin metoda strunjirii frontale și cea longitudinale, nu depășesc $\pm 10\%$. Spre deosebire de metodele clasice de determinare a prelucrabilității, acest procedeu reduce mult consumul de material, dacă prin metodele de lungă durată, o singură încercare necesită 10 ore de lucru și o masă de cca. 100 kg oțel. În situația de față, a metodei strunjirii frontale, durata încercării nu depășește 40 minute, iar consumul de oțel este cuprins între 1 ÷ 2 kg.

9.3.1.7. Metoda strunjirii frontale cu viteză mărită

Metoda anterior prezentată (a strunjirii frontale) prezintă dezavantajul principal că sunt necesare discuri-epruvete având diametrul de cca. $\Phi 200$ (mm). În general, în industria constructoare de mașini barele utilizate în mod curent, au diametre cuprinse între $\Phi 10 \div \Phi 40$ (mm). Cercetătorul francez P. Mathon, a propus o variantă de utilizare a metodei strunjirii frontale, care să înlăture dezavantajele metodei anterioare, ori să le diminueze considerabil. Lucrând în cadrul Regiei Naționale de Autoturisme Renault, noua variantă a primit numele de metoda Renault-Mathon.

În principiu, această metodă își propune o intensificare a regimului de aşchiere, prin creșterea vitezei de aşchiere, la valori care permit distrugerea vârfului sculei aşchietoare chiar la valori mici ale diametrului epruvetelor. Astfel, a devenit posibilă extinderea domeniului de utilizare a metodei strunjirii frontale și pentru bare cu diametrul cuprins între 20 ÷ 40 mm, dimensiuni folosite curent în construcția de automobile. Pentru încercările experimentale, Mathon a folosit un cuțit cu o geometrie particulară, pentru a permite pătrunderea vârfului sculei în interiorul găurii axiale a epruvetei, în vederea începerii încercării (fig.9.6.)

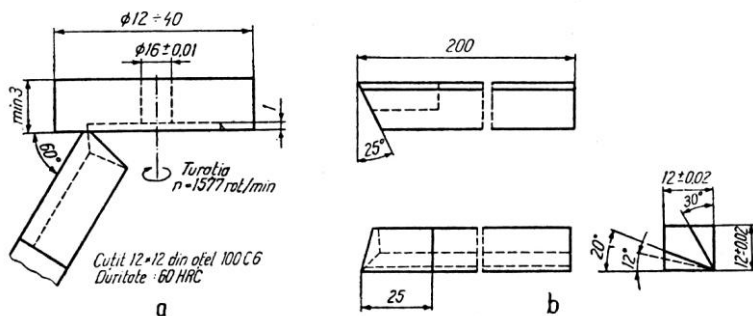


Fig. 9.6. Elementele folosite de cercetătorul francez P. Mathon

Ca și indicator de prelucrabilitate s-a propus să se folosească, pe baza criteriului uzurii sculei așchietoare, așa numitul diametru $D_{0,2}$. Acesta are semnificația diametrului la care se înregistrează o uzură a sculei așchietoare pe direcția axei de rotație a epruvetei de 0,2 mm, adică acel diametru la care are loc ieșirea sculei din material cu 0,2 mm. Pentru a ușura experimentarea privind reducerea numărului de reascuțiri, s-a propus folosirea unui cuțit cu secțiune triunghiulară (echilaterală). [55]

9.3.1.8. Metoda strunjirii longitudinale cu creșterea liniară a vitezei de așchiere

În principiu, această metodă este asemănătoare metodei strunjirii frontale. Procedeeul a fost propus de cercetătorii W.B.Heginbotham și P.C.Pandey, de la Universitatea din Nothingam, Marea Britanie. Principalul inconvenient îl constituie necesitatea de a dispune de un strung înzestrat cu posibilități de obținere a unei turații continuu variabile la nivelul arborelui principal și chiar de un echipament special care să permită variația vitezei în această situație, după o lege liniară. Indicatorul de evaluare a prelucrabilității poate fi lungimea barei prelucrate până la distrugerea vârfului sculei sau până la ieșirea acestuia din materialul prelucrat.

Se folosesc epruvete al căror diametru trebuie să fie mai mare de 15 ÷ 20 (mm). Nu se recomandă folosirea unor epruvete cu diametru prea mic, pentru a se evita apariția vibrațiilor. În acest scop, este necesar ca lungimea epruvetei să nu fie mai mare de peste 12 ori decât diametrul acesteia. Se impune totodată, pentru a obține rezultatele corespunzătoare, ca lungimea drumului parcurs de sculă să fie minim 80 ÷ 100 m.

9.3.1.9. Metoda strunjirii longitudinale cu creșterea exponențială a vitezei de așchiere

În cadrul acestei metode este vorba de o creștere exponențială a vitezei de așchiere în timp. Schema încercării este prezentată în fig.9.7.

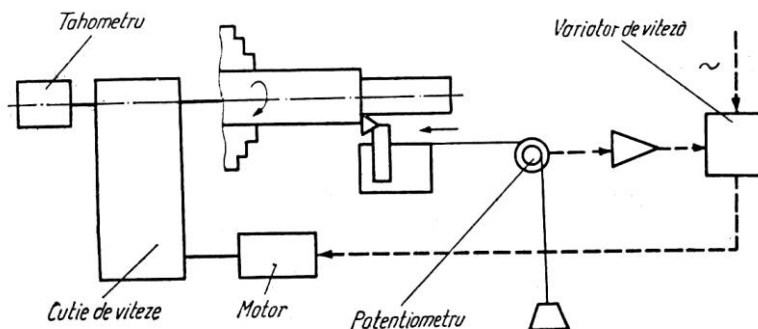


Fig. 9.7. Schema de lucru pentru studiul uzurii sculei la creșterea exponențială a vitezei de așchiere

Încercarea a fost efectuată de cercetătorul german K. Kämmer, pentru determinarea prelucrabilității oțelurilor.

Ca indicator de prelucrabilitate, se utilizează valoarea vitezei de așchiere v_E , care produce uzura unei scule din oțel rapid cu duritate de 65 HRC.

Pentru a obține rezultate corespunzătoare necesităților, se recomandă ca lungimea drumului parcurs de vârful sculei pe periferia semifabricatului să fie de cel puțin $120 \div 170$ m. Dacă se utilizează o lungime a drumului așchiat prea mică, se obțin valori ale vitezei v_E prea mari și cu o dispersie mare a rezultatelor experiențelor. Dimpotrivă, o lungime a drumului de așchiere mai mare are o influență limitată asupra indicatorului v_E .

9.3.1.10. Metoda măsurării uzurii sculei așchietoare cu ajutorul izotopilor radioactivi

Ca indicator de prelucrabilitate, se folosește valoarea uzurii sculelor, pentru aceasta utilizându-se scule radioactivate printr-un procedeu oarecare. Metoda a fost aplicată prima dată de către cercetătorii americani M. Merchant și E. Krabacher, în anul 1951.

Se utilizează atât scule din oțel rapid, cât și scule armate cu plăcuțe din carburi metalice.

Prin iradiere, într-un reactor atomic, sculele devin radioactive.

Ulterior, în timpul prelucrării, așchiile încorporează particule desprinse de pe sculă prin uzare. Cercetările experimentale au arătat că așchiile preiau cca. 90% din particulele desprinse de pe sculă.

Așchiile obținute prin prelucrare se introduc într-un recipient, intensitatea radiațiilor apreciindu-se cu ajutorul unui contor Gaiger, sensibil la razele gama, a cărui utilizare permite neglijarea fenomenului de autoabsorbție al așchiilor.

Se determină radioactivitatea unei cantități cunoscute de așchii. Prin comparare cu radioactivitatea unei cantități etalon din materialul sculei (material iradiat), apare posibilitatea determinării mărimii absolute a uzurii sculei, care se va aprecia prin pierderea de greutate.

În fig.9.8. se prezintă schema de așchiere pentru determinarea separată a uzurii pe suprafața de așezare și pe suprafața de degajare cu ajutorul izotopilor radioactivi (numai o singură sculă a fost iradiată).

Avantajele procedurii:

- sensibilitate extrem de ridicată a metodei, ea permițând stabilirea unei pierderi de masă a sculei până la 1/1000 mg.
- consum redus de material pentru încercare
- comoditatea încercărilor în condiții practice de lucru, chiar la existența unor viteze mici de uzare
- evitarea perturbării condițiilor de lucru ale sculei prin curățire, debavurare, operații pe care le reclamă alte metode
- posibilitatea de a lua separat în considerare uzura pe fața de așezare și uzura pe suprafața de degajare a sculei.

Așa cum se observă în fig.9.8., așchiile culese de pe fața de degajare a plăcuței radioactivate, fixate mecanic, vor da indicații asupra uzurii acestei suprafețe. Uzura feței de așezare a aceleiași plăcuțe, va fi pusă în evidență prin studierea radioactivității așchiilor obținute cu o sculă așezată diametral opus și așchiind în urma cuțitului cu plăcuța radioactivată.

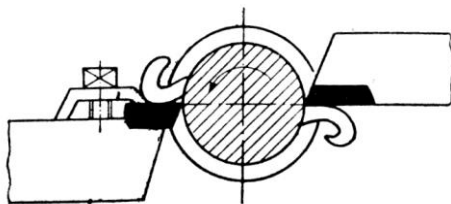


Fig. 9.8. Schema de așchiere pentru determinarea separată a uzurii pe suprafața de așezare și pe suprafața de degajare cu ajutorul izotopilor radioactivi (numai o singură sculă a fost radioactivată)

9.3.2. Metode bazate pe studiul forțelor de așchiere

Printre primii cercetători care au recomandat utilizarea forțelor de așchiere pentru evaluarea prelucrabilității metalelor a fost Schlesinger [47], care a observat că două materiale pot fi diferențiate după rezistențele lor specifice la așchiere. Cercetările efectuate până în prezent evidențiază faptul că forțele de așchiere trebuie să fie considerate, alături de uzura sculei, rugozitatea suprafeței, forma și modul de detașare a așchiilor, un criteriu important de apreciere a prelucrabilității prin așchiere a fontelor și oțelurilor.

În cele ce urmează se va efectua o clasificare a metodelor de apreciere a prelucrabilității, pe baza cunoașterii forțelor de așchiere, în raport cu parametrul menținut constant în timpul încercărilor. există astfel:

- metode de măsurare a forțelor de așchiere pentru viteze de avans constante;
- metode de măsurare a avansului (sau a altui parametru), în condițiile păstrării unei forțe de așchiere constante.

9.3.2.1. Metoda măsurării forțelor de așchiere la viteze de avans constante

În timpul procesului de așchiere, sistemul tehnologic este solicitat de un ansamblu de forțe, al căror punct de plecare se consideră a fi contactul dintre sculă și semifabricat (fig. 9.9). Pentru determinarea forței de așchiere, literatura de specialitate recomandă utilizarea unei relații empirice de forma:

$$P = C_p t^x p_s^y p_{HB}^n \quad [\text{daN}]$$

(9.8.)

În cadrul acestei relații atât coeficientul C, cât și durezza HB definesc măsura în care materialul prelucrat intervine în mărimea forței de așchiere. Dacă se păstrează constanți ceilalți termeni ai expresiei adâncimea de așchiere t, avansul de lucru s și

exponenții acestora x și y) și schimbând doar materialul de prelucrat, se

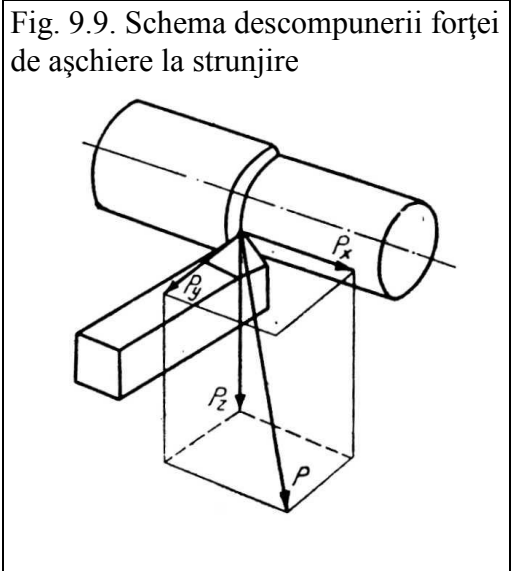


Fig. 9.9. Schema descompunerii forței de așchiere la strunjire

poate conchide că forța de așchiere poate da indicații asupra prelucrabilității unui material oarecare.

În raport cu încercările de uzură, metoda măsurării forțelor de așchiere este mult mai rapidă; ea însă nu se recomandă a fi utilizată ca singur criteriu de apreciere a prelucrabilității unui material oarecare. Această afirmație își găsește justificarea în faptul că încercările experimentale au scos în evidență că un material poate genera forțe mici de așchiere, fiind deci apreciat ca ușor prelucrabil din acest punct de vedere, dar poate totodată să uzeze intens scula așchietoare. Acest lucru arată că metoda dinamometrică oferă o imagine parțială asupra prelucrabilității prin așchiere a unui material oarecare. Așadar, pentru aprecierea globală a prelucrabilității prin așchiere, este necesar ca pe lângă mărimea forței de așchiere să se ia în considerare și celelalte trei criterii de prelucrabilitate menționate anterior.

9.3.2.2. Metode bazate pe prelucrarea cu forțe de avans constante

Metodele bazate pe prelucrarea cu forțe de avans constante se pot încadra în categoria metodelor de scurtă durată, întrucât ridicarea unor indicatori de prelucrabilitate prin aceste metode necesită un timp scurt de lucru. În principiu, se utilizează la așchiere o forță de avans cunoscută și constantă; cu această ocazie este posibilă determinarea experimentală a mărimii avansului creat de forța de avans. O valoare mare a avansului va caracteriza o prelucrabilitate bună a materialului. există însă posibilitatea ca, pe baza încercărilor, prelucrabilitatea să poată fi apreciată și prin alți indicatori, cum ar fi:

- numărul de rotații ale sculei necesare prelucrării unei piese pe o lungime prestabilită sau pentru o uzură limită a sculei;
- timpul necesar așchierii unei găuri de lungime prestabilită.

Metoda găuririi cu forță de avans constantă. Este un procedeu des întâlnit la aprecierea prelucrabilității prin găurire a materialului. Burghiile utilizate au, în mod obișnuit, diametre cuprinse între 3 și 10 mm. Cercetările efectuate până în prezent au scos în evidență următoarele avantaje:

- durată scurtă a încercărilor;
- reproductibilitate bună a rezultatelor;
- sensibilitate scăzută la variații reduse ale calității materialului încercat.

Keep și Lorenz [30,60,70,75], au fost primii cercetători care au inițiat acest mod de studiere a prelucrabilității prin burghiere. Drept indicator de prelucrabilitate se consideră adâncimea de pătrundere a burghiului l_{100} , după 100 de rotații ale burghiului.

Observând că tășul transversal al burghiului influențează negativ rezultatele măsurătorilor, A. Kesner [60] propune ca, înainte de încercare, să se execute o gaură prealabilă cu un burghiu al cărui diametru să fie egal cu lungimea tășului transversal al burghiului utilizat pentru încercarea propriu-zisă.

Cercetătorii de la Aachen au propus utilizarea drept indicator de prelucrabilitate a lungimii L (în mm), a unei găuri prelucrate până la uzura completă a tășului burghiului, lungime obținută prin însumarea lungimilor găurilor prelucrate cu burghiul respectiv. Metoda de la Aachen permite și folosirea ca indicator de prelucrabilitate a vitezei v_{L2000} ; aceasta reprezintă viteza pentru care, în condiții prestabilite, se produce uzura completă a burghiului după așchiera unor găuri cu o lungime totală de 2000 mm. Atât D. Fortino [30], cât și A. Vetiska [70], recomandă folosirea în calitate de indicator de prelucrabilitate a timpului necesar executării unei găuri de lungime prestabilă.

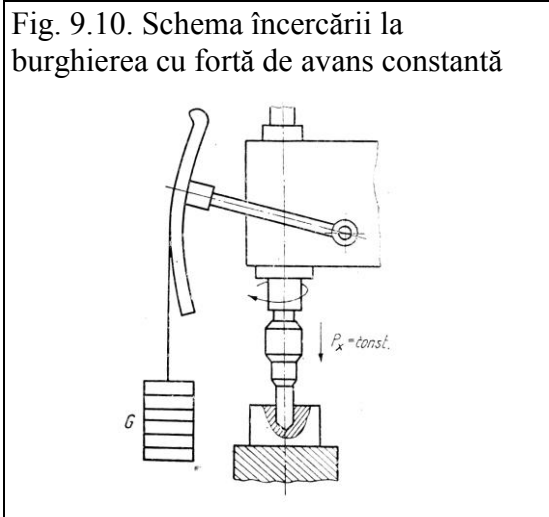
Metoda este prezentată schematic în fig.9.10. Mișcarea de avans este realizată sub acțiunea greutății G (10... 20 daN) care va realiza, prin intermediul pârghiei 1, o forță P_x constantă asupra burghiului.

Metoda strunjirii cu forță de avans constantă.

Metoda se aplică în conformitate cu cele arătate în schema din fig.9.11. Ea se bazează pe măsurarea avansului de lucru în condițiile unei forțe de avans constante. Pot fi utilizați aceiași indicatori întâlniți și la burghierea cu forță de avans constantă.

Metoda retezării cu forță de avans constantă.

Metoda oferă posibilitatea aprecierii prelucrabilității prin rețezare pe un ferestrău alternativ, utilizând pentru avansul pânzei o forță de avans constantă. Probele au dimensiuni prestabilite.



Drept indicator de prelucrabilitate este utilizat timpul necesar retezării probei. Pentru o corectă evaluare a prelucrabilității, este imperios necesar ca fiecare încercare să se execute în aceleași condiții de lucru; se impune de aceea ca la fiecare încercare să se utilizeze o pânză nouă de ferăstrău, cu o aceeași geometrie a dinților așchietori.

9.3.3. Metoda studierii rugozității suprafeței obținute prin așchiere

Rugozitatea suprafeței este folosită în calitate de indicator de evaluare a prelucrabilității materialelor îndeosebi în cazul prelucrărilor de finisare, ceea ce a condus și la așa-zisă noțiune de „finisabilitate” (în limba engleză „finishability”).

S-a constatat în mod experimental că înălțimea totală a asperităților de pe suprafața prelucrată este dependentă de numeroși factori, cei mai importanți fiind: *a* – forma vârfului sculei așchietoare; *b* – rugozitatea suprafețelor active ale sculei; *c* – mărimea avansului longitudinal; *d* – fenomenul de deformare plastică a materialului în fața suprafeței de degajare a sculei; *e* – revenirea elastică a materialului după trecerea sculei; *f* – zgârierea suprafeței prelucrate de către așchia detașată; *g* – rigiditatea sistemului tehnologic.

În ceea ce privește modalitățile concrete de evaluare a prelucrabilității prin intermediul rugozității suprafeței, literatura de specialitate recomandă utilizarea unor epruvete de forma celei prezentate în fig. 9.12.

Drept scule așchietoare se preferă folosirea unor cuțite de construcție similară celor utilizate la strunjirea de finisare. O astfel de construcție de cuțit este prezentată în fig. 9.13.

Fig. 9.11. Schema strunjirii cu forță de avans continuu

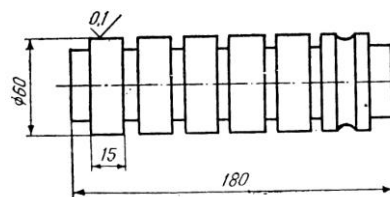
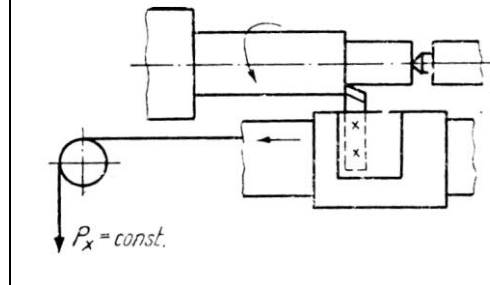


Fig. 9.12. Formă de epruvetă recomandabilă pentru studii rugozității suprafeței

Se va avea în vedere, în timpul încercărilor, ca rugozitatea muchiei așchietoare a sculei să fie cât mai mică ($R_a \leq 0,006 \mu m$), iar raza la vârful sculei să aibă o valoare $r=0,5 \pm 0,02mm$.

9.3.3. Metode bazate pe studii formei și al modului de degajare a așchiilor

În anumite condiții de așchiere, o însemnătate deosebită o capătă forma și modul de degajare a așchiilor. Astfel, în cazul prelucrării pe strunguri automate, o eventuală răsucire și acumulare a așchiilor în jurul sculei sau a semifabricatului ar necesita oprirea mașinii – unelte

pentru îndepărtarea așchiilor, fapt ce ar diminua tocmai avantajul esențial oferit de ciclul automat de lucru al mașinii – unelte. De asemenea, în cazul prelucrărilor de finisare, este de menționat dezavantajul care ar apare în cazul îndreptării așchii formate spre

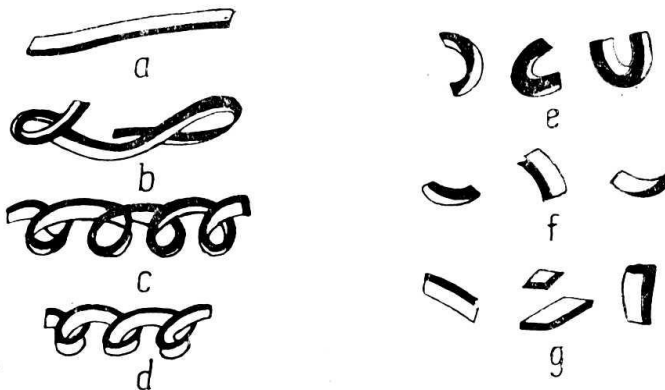
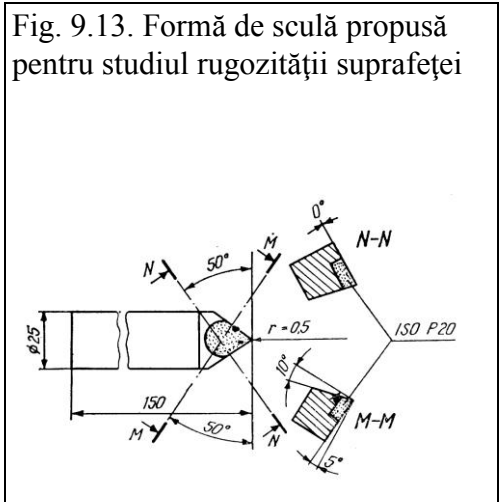


Fig. 9.14. Câțeva forme de așchii obținute la prelucrarea mecanică:
a – așchie dreaptă; *b* - așchie răsucită; *c* - așchie în elice continuă; *d* - așchie în elice fragmentată; *e* - așchii în formă de inel; *f*- așchii în formă de semiinel;
g -așchii fragmentate

suprafața proaspăt prelucrată și a cărei rugozitate trebuie să fie cât mai scăzută; este necesar, în astfel de cazuri, să se evite zgărierea de către așchii a suprafețelor obținute. Câțeva dintre formele așchiilor obținute la prelucrarea mecanică a fontelor și a oțelurilor sunt prezentate în fig. 9.14.

Dacă formele așchiilor detașate pot fi foarte variate (așchii drepte, multiplu răscucite, elicoidale, lungi sau scurte, spirale, sfârâmate, mărunte, etc.), principalii indicatori de evaluare a prelucrabilității coincid în acest caz cu unele caracteristici ale așchiilor cunoscute din teoria așchierii. Se apreciază, ca favorabile unei prelucrări în condiții optime, așchiile spirale scurte și așchiile sfârâmate; evaluarea prelucrabilității unui material pe baza studiului așchiilor nu este însă suficientă dacă se are în vedere numai forma acestora, luându-se, de aceea, în considerare și alte caracteristici.

a. Densitatea aparentă R definită prin relația:

$$R = \frac{G_a}{G_v} \quad (9.9.)$$

în care G_a este greutatea așchiilor introduse liber într-o cutie de dimensiuni cunoscute; G_v – volumul cutiei înmulțit cu greutatea specifică a așchiilor.

Pe baza valorilor obținute pentru densitatea aparentă, este posibilă o primă evaluare a prelucrării prin așchiere în modul următor:

$R < 5$ - prelucrabilitatea este redusă, așchiile au o formă necorespunzătoare, lungimea lor mai împiedicând evacuarea în condiții bune;

$R = 5...20$ - așchia are o formă satisfăcătoare (conformație mijlocie);

$R = 20...30$ - conformație bună a așchiei;

$R > 35$ - așchii de formă necorespunzătoare (lungime scurtă, așchiile de acest tip contribuie la accelerarea uzurii mașinii-unelte sau a dipozitivelor).

b. Cifra caracteristică de volum, care se definește ca fiind raportul între volumul unei cantități de așchii în stare neordonată și volumul real al aceleiași cantități de așchii. Din punctul de vedere al prelucrabilității prin așchiere, se consideră acceptabile acele așchii a căror cifră caracteristică de volum este cuprinsă între 3 și 10.




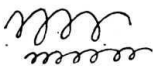






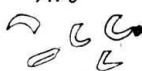

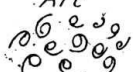


c. Coeficientul de comprimare plastică a așchiei, definit ca fiind raportul între elementele dimensionale ale așchiei formate și elementele dimensionale ale stratului de metal așchiat. Dacă se notează cu L , b și t lungimea, lățimea și grosimea stratului de material înainte de așchiere, cu L_a , b_a , și a - aceleași elemente ale așchiei după prelucrare și se admite că între ele există relațiile: $L_a < L$; $a > t$; $b_a \cong b$, coeficientul de comprimare plastică a așchiei se determină cu relația:

$$\zeta = \frac{L}{L_a} = \frac{a}{t} > 1 \quad (9.10.)$$

Coefficientul de comprimare plastică oferă indicații importante asupra mărimii deformațiilor plastice rezultate în urma așchierii.

d. Gradul de deformare a așchiei se referă la raportul între lungimea așchiei la nivelul suprafeței de contact și cea de la nivelul suprafeței libere.

Este evident că metodele de studiere a formei și a modului de detașare a așchiilor pentru evaluarea prelucrabilității se utilizează îndeosebi în cazul oțelurilor. Se impune totodată însă mențiunea că este posibil un studiu din aceste puncte de vedere și în cazul fontelor maleabile și al fontelor nodulare aliate, categorii de fonte care dau naștere, prin prelucrare, unor așchii continue. O evaluare a prelucrabilității prin așchiere din punctul de vedere al formei așchiilor obținute la prelucrarea pe strunguri automate este prezentată în tab. 9.1:

FORME DE AȘCHII				
		A	B	C
Foarte rea	0	Dreaptă și lungă 	Incilcită 	Incilcită 
Rea	1	Elice cu diametrul mare 	Elice cu diametrul mic 	Dreaptă sau în elice 
Acceptabilă	2	Dreaptă și scurtă 	Elice cilindrică scurtă 	Elicoidală scurtă 
Bună	3	Spirală 	Arc 	Arc 
Foarte bună	4	Arc 	Acicular 	Grăunți 

Tabelul 9.1. Aprecierea prelucrabilității din puncte de vedere al formei așchiilor la prelucrarea pe strunguri automate

9.3.5. Metode bazate pe studiul energiei consumate în timpul așchierii

Energia absorbită la prelucrarea prin așchiere a unui anumit material poate constitui un important indicator al prelucrabilității

acestui; în măsura în care pentru îndepărtarea prin așchiere a unei anumite cantități dintr-un material oarecare este necesară o cantitate mai mare de energie, se poate afirma că acel material este mai greu prelucrabil prin așchiere. O trecere succintă în revistă a principalelor procedee de evaluare a energiei absorbite la prelucrarea prin așchiere impune menționarea unor aparate sau dispozitive folosite în acest scop.

a. **Wattmetre sau ampermetre**; dacă se dispune de aparate de acest tip cu scări corespunzătoare de măsură, este posibilă o diferențiere în mod direct a materialelor din punctul de vedere al energiei electrice absorbite în timpul așchierii:

b. **Dinamometre**; cum acestea permit . determinarea mărimii componentei P_z a forței de așchiere, prin utilizarea unor relații adecvate, în care intră de obicei viteza de așchiere v și randamentul total η al mașinii-unelte, este posibilă stabilirea puterii N necesare pentru așchiere și deci formarea unei imagini asupra energiei consumate:

$$N = \frac{P_z v^k p_z}{6000\eta} \text{ [kW]} \quad (9.11.)$$

în care k_{p_z} este un exponent a cărui valoare se determină pe cale experimentală.

c. **Calorimetre** de obicei astfel de aparate sunt folosite pentru aprecierea energiei cu ajutorul bilanțului termic. Principial, cu ajutorul calorimetrelor, este posibilă măsurarea cantității de căldură absorbite de așchii, a căror cădere într-un spațiu închis contribuie la ridicarea temperaturii unui lichid. Necesitatea obținerii unor spații închise limitează deocamdată utilizarea calorimetrelor doar la prelucrările prin găurire și frezare.

d. **Dispozitive de tip pendul** (procedeul Oxford-Airey); aceste dispozitive funcționează de obicei pe principiul ciocanului pendul utilizat pentru studiul rezilienței. Sub acțiunea unei greutate I (Fig. 9.15), atașate brațului pendulului, un cuțit 2 pătrunde într-o epruvetă 3 din materialul cercetat, înlăturând din aceasta o așchie de dimensiuni bine stabilite și riguros păstrate la toate încercările. Evaluarea energiei se efectuează prin luarea în considerare a unghiului de ridicare a brațului pendulului după așchiere.

Un indicator al prelucrabilității prin așchiere din punctul de vedere al energiei necesare prelucrării, indicator determinat cu ajutorul dispozitivului de tip pendul îl constituie energia specifică de așchiere; aceasta se definește ca fiind lucrul mecanic (evaluat pe baza unghiului de ridicare a brațului pendulului) raportat la unitatea de volum a așchiilor:

$$W_s = \frac{L \cdot \rho}{g_a} \quad (9.19.)$$

în care W_s este energia specifică de așchiere, în J/m^3 ; L - lucrul mecanic în J ; g_a - greutatea așchiilor, în N ; ρ - greutatea specifică a materialului prelucrat, în N/m^3 .

În cadrul laboratorului de tehnologia construcțiilor de mașini de la Institutul Politehnic Iași s-au construit o serie de dispozitive de tip pendul pentru evaluarea energiei absorbite prin așchiere; un astfel de dispozitiv, conceput pe baza schemei din Fig. 9.15, este prezentat în Fig. 9.16.

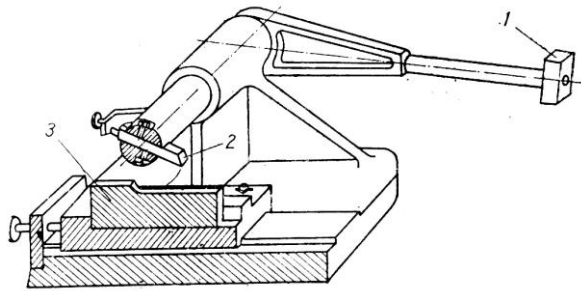


Fig. 9.15. Dispozitiv de tip pendul pentru măsurarea energiei de așchiere

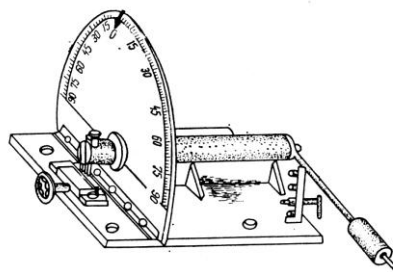


Fig. 9.16. Dispozitiv de tip pendul construit în cadrul laboratorului de tehnologia construcțiilor de mașini Iași

9.3.6. Metode bazate pe studiul regimului termic din zona de așchiere

Metoda măsurării temperaturii în scopul determinării prelucrabilității a unui material a fost aplicată încă din anul 1912 când I. G. Isacev studiind temperatura din zona de așchiere la prelucrarea unui oțel, a observat că aceasta este în strânsă dependență de natura materialului prelucrat. Astăzi, numeroase cercetări aplică această metodă la studiul prelucrabilității aliajelor feroase. Metoda are la bază existența unei dependențe între proprietățile fizice ale materialului prelucrat și cantitatea de căldură produsă la așchiere, pe de o parte, și pierderea

Capitol 9 Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin aşchiere a aliajelor feroase 145
calităților aşchietoare ale sculelor, (în special ale celor din oţel rapid) la atingerea unei anumite temperaturi în zona de lucru, pe de altă parte. Indicatorul de prelucrabilitate utilizat frecvent în cadrul acestei metode îl reprezintă viteza v_{oc} , pentru care scula ajunge la o temperatură considerată admisibilă.

Se vor prezenta în continuare metodele cele mai des întâlnite pentru aprecierea cantităţii de căldură degajată la aşchiere.

9.3.6.1. Metoda bazată pe culorile termoscopice. Această metodă pleacă de la proprietatea unor substanțe de a-și schimba culoarea inițială datorită variațiilor de temperatură (fenomenul poartă denumirea de termoscromie).

Folosită uneori la aprecierea temperaturii piesei prelucrate sau a sculei aşchietoare, metoda constă în aplicarea, cu un creion special, cu cretă termoscopică sau cu pensula, a unei substanțe cu proprietăți termoscopice, pe materialul a cărui temperatură urmează a se studia. După scurgerea unui anumit timp de la începerea aşchierii, datorită creșterii temperaturii, culoarea piesei se schimbă. Dacă materialul studiat ajunge la temperatura marcată pe creionul sau creta respectivă, variația culorii se produce într-un timp bine stabilit. Dacă modificarea culorii are loc într-un timp diferit decât cel marcat pe creion, atunci temperatura este mai mare, dacă timpul este mai scurt, și mai mică, dacă timpul este mai lung

9.3.6.9. Metode calorimetrice. Metoda calorimetrică oferă cu suficientă precizie date privind cantitatea de căldură degajată la aşchiere. Pentru o măsurare cât mai corectă, este necesară introducerea în calorimetru a piesei, a sculei și a aşchiilor, elemente ce iau parte direct la procesul de aşchiere. Uneori, aşchiera decurge chiar în interiorul calorimetrului, așa cum se arată în Fig. 9.17. Variația temperaturii lichidului în cursul încercărilor permite calcularea cantității de căldură degajată la aşchiere.

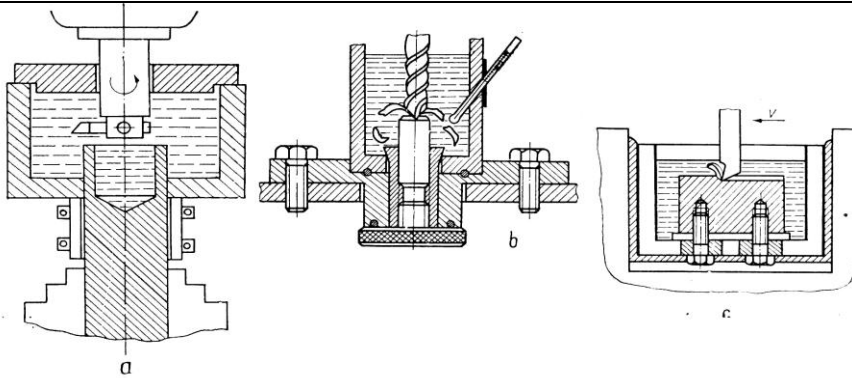


Fig. 9.17. Măsurarea temperaturii utilizând metoda calorimetrică la așchiere prin diferite procedee: a – la frezare; b – la burghiere; c – la rabotare

Cercetătorul K. Melkot [16] propune folosirea drept indicator de prelucrabilitate a raportului:

$$I_{\%} = \frac{\theta_{et}}{\theta_i} 100 \quad (9.13.)$$

în care θ_{et} este temperatura obținută la așchiere materialului considerat etalon, în $^{\circ}\text{C}$; θ_i temperatura obținută la prelucrarea materialului studiat, în $^{\circ}\text{C}$. în alte cazuri, se consideră suficientă măsurarea temperaturii lichidului din calorimetru după colectarea în acesta a unei cantități prestabilite de așchii (Fig.9.18.). În această situație, temperatura medie a așchiilor va fi determinată cu ajutorul relației:

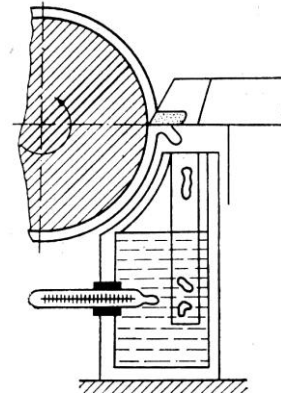


Fig. 9.18. Schemă pentru măsurarea temperaturii așchiilor la strunjire

$$\theta = \theta_a + \frac{G_0(\theta_a - \theta_0)}{cG} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (9.14)$$

în care θ_a este temperatura amestecului apă - așchii după așchiere, în $^{\circ}\text{C}$; θ_0 - temperatura inițială a apei din calorimetru, în $^{\circ}\text{C}$; G_0 - masa apei din calorimetru, în grame; G -masa așchiilor, în grame; c - căldura specifică a așchiilor, în J/kg K .

9.3.6.3. Metode termoelectrice. a. Metoda termorezistivă.

Această metodă se bazează pe fenomenul variației rezistenței electrice a unor materiale conductoare sau semiconductoare în raport cu temperatura: Atunci când instalația utilizează rezistențe pentru

Capitol 9 Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin aşchiere a aliajelor feroase 147
determinarea temperaturii, se vorbeşte ; de un termometru cu rezistenţă, iar când se folosesc semiconductori, este vorba despre un termometru cu termistor.

Materialele folosite obişnuit în construcţia conductorilor pentru primul tip de termometre sunt prezentate în tabelul 9.2.

Materialul conductorilor	Domeniul de lucru, în °C	Indicaţii de utilizare
Cupru	-50...+180	Traductoare cu înfăşurare din sârmă ($\Phi=0,1$ mm) izolată cu lac de bachelită
Nichel	-50...+180	
Wolfram	-100...+500	Traductoare din sârmă ($\Phi=0,01...0,015$ mm)
Platină	220...850	Traductoare din sârmă (0,01...0,1 mm)

Tabelul 9.2. Domeniul de lucru și indicații de utilizare ale conductorilor folosiți la termometrele cu rezistență

Cele mai utilizate materiale în construcţia termistoarelor sunt germaniul, siliciul, seleniul, borul, oxizi ai magneziului, ai nichelului, ai bariului etc. Domeniul de temperaturi în care se pot efectua măsurători cu ajutorul termometrelor cu termistoare este cuprins între 100 ... 600°C. Temperatura piesei ce se prelucrează sau cea a sculei cu care se efectuează încercarea poate fi determinată prin contactul termometrului cu materialul a cărui temperatură urmează a se evalua.

b. **Metoda măsurării temperaturii pe baza efectului termoelectric.** Efectul termoelectric este efectul potrivit căruia, într-un circuit format de cel puțin doi conductori din materiale diferite, care au puncte de legătură cu temperaturi diferite, ia naștere un curent electric ce creează o tensiune termoelectromotoare; această tensiune este dependentă de diferența de temperatură dintre legături. Cu cât diferența de temperatură va fi mai pronunțată, cu atât tensiunea termoelectromotoare va fi mai mare.

Legătura cu temperatura cea mai ridicată poartă denumirea de **sudură caldă** (Fig.9.19.); aceasta se plasează în mod obişnuit în zona a cărei temperatura trebuie măsurată. Legătura cu temperatura cea mai

scăzută se numește **sudură rece** și este constituită din conexiunile conductorilor termocuplului cu aparatul de măsură. Este indicat ca această sudură să se mențină pe cât posibil la temperatură constantă.

Pentru realizarea cerinței menționate, este necesar ca cele două suduri să se găsească la distanțe mari una față de cealaltă.

În practica măsurării temperaturilor, se recurge la introducerea sudurii reci într-un mediu cu temperatură constantă. Legarea sudurii reci de cea caldă se poate face cu conductori din același material ca cel al termoelectrozilor, dacă costul acestor materiale este scăzut sau cu conductori cu caracteristici apropiate de cele ale termoelectrozilor, în cazul unui cost mai ridicat. Dacă este îndeplinită condiția menționată, rezultă că tensiunea termoelectromotoare, care ia naștere în termocuplu este strict dependentă de temperatura sudurii calde. Așadar, este imperios necesar ca sudura caldă să fie amplasată în așa fel încât să se încălzească, la aceeași temperatură ca cea a mediului a cărui temperatură urmează a se determina.

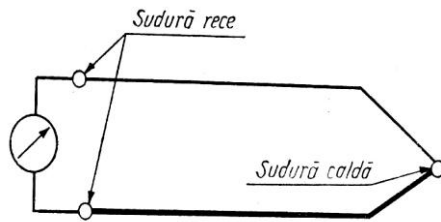


Fig. 9.19. Schema de măsurare a temperaturii cu ajutorul termocuplului

Temperaturile ce pot fi

măsurate cu ajutorul

termocuplurilor sunt cuprinse între

200...1600°C.

Măsurarea tensiunii

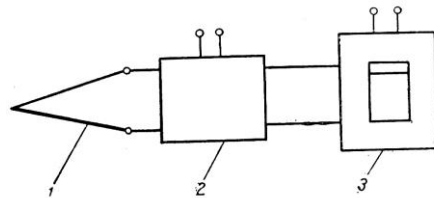


Fig.9.20. Schema unui montaj simplu pentru măsurarea tensiunii termoelectromotoare generate de termocuplu

termoelectromotoare generate prin încălzirea sudurii calde se poate

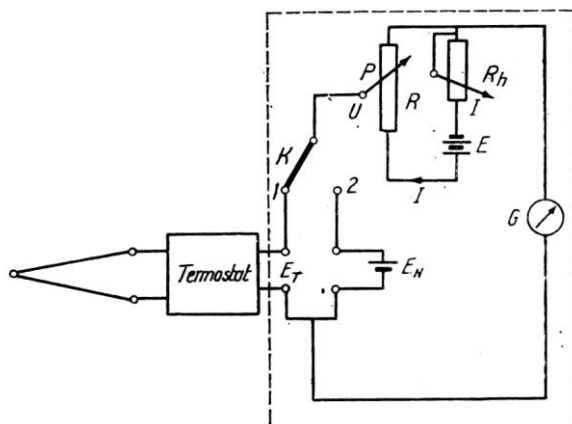
efectua cu ajutorul unui milivoltmetru așezat într-un montaj simplu (Fig.

9.20) sau al unui montaj compensator (Fig. 9.21.)

În cazul primului tip de montaj, termocuplul 1 va avea conexiunile (sudura rece) introduse într-o cutie 2, a cărei temperatură este menținută constantă.

Fig.9.21. Schema unui montaj compensator pentru măsurarea tensiunii termoelectromotoare generate de un termocuplu

Utilizarea unui montaj compensator implică modificarea principiului de măsurare: tensiunea generată de termocuplu este compensată de o tensiune de valoare cunoscută, generată de un circuit auxiliar. Metoda măsurării cu circuit de compensare are două variante îmbunătățite și este tratată pe larg în lucrările de specialitate [15].



În cele ce urmează, se vor prezenta pe scurt metodele de măsurare a temperaturii din zona de așchiere pe baza efectului termoelectric.

c. **Metoda termocuplului mobil.** există metode care utilizează pentru măsurarea temperaturii un termocuplu format din doi conductori din materiale diferite, a căror sudură caldă se poate amplasa în locuri distincte (sculă, piesă).

Dacă se urmărește studierea temperaturii sculei, amplasarea termocuplului se face în așa fel încât sudura caldă să ia contact cu partea cu temperatura cea mai ridicată. În cazul cuțitelor de strung, se cunoaște faptul că zona respectivă nu este situată în vârful sculei, ci la o anumită distanță de vârf, întrucât la această distanță se află centrul de presiune. Termocuplul poate fi amplasat în lungul tășului principal (Fig. 9.22 a), paralel cu fața de așezare a cuțitului (Fig. 9.22, b), spre vârful sculei (Fig. 9.22, c), în sfărâmtorul de așchii (Fig. 9.22, d). În cazul când se urmărește măsurarea temperaturii piesei atunci amplasarea termocuplului se efectuează în modul arătat în Fig. 9.22; d și e.

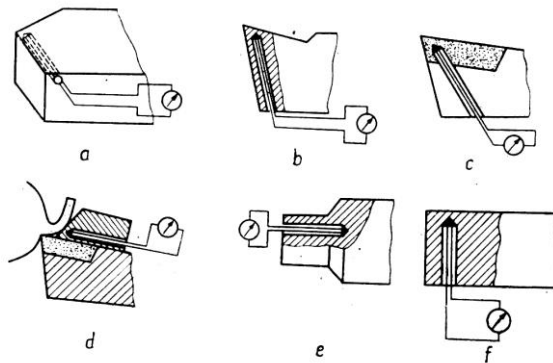


Fig. 9.22. Posibilități de amplasare a termocuplului pentru măsurarea temperaturii din zona de așchiere.

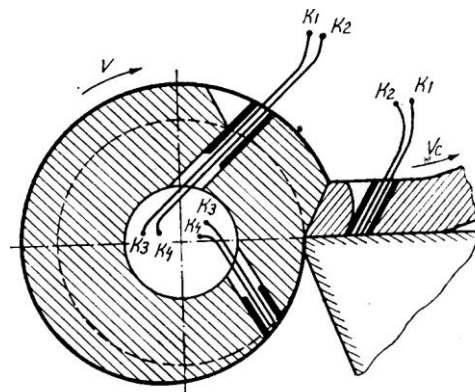


Fig. 9.23.

O metodă de măsurare simultană a temperaturii zonei de contact piesă-sculă și așchii-sculă utilizată de cercetătorii ruși este prezentată în Fig. 9.23. În piesa de prelucrat, care are o gaură axială, se introduce, în orificii special practicate, câte doi termoelectrozi izolați între ei, precum și în raport cu piesa. În timpul așchierii, se produce forfecarea celor doi termoelectrozi, moment în care se formează sudura caldă. Datorită

sudurile formate ca ocazia forfecării celor doi termoelectrozi constituie suduri calde. În acest mod, cele două termocupluri formate vor da informații asupra temperaturii zonelor de contact ale sculei cu piesa și cu aşchia. Dintre termocuplurile utilizate în tehnica măsurării temperaturii din zona de aşchiere, se pot menționa cele prezentate în tabelul 9.3.

Denumirea termocuplului	Domeniul de temperatură unde poate fi utilizat în ° C
Platină-rodium+platină	-20...+1600
Cromel-alumel	-50...+1300
Cromel-copel	-50...+800
Fier-copel	-50...+800
Cupru-copel	.50...+600
Fier-constantan	Până la 600
Cupru-constantan	Până la 600

Tabelul 9.3. Domeniile de temperaturi unde pot fi utilizate diferite categorii de termocupluri

d. **Metoda termocuplului mixt.** La prelucrarea prin aşchiere, pentru măsurarea temperaturii din zona de lucru poate fi utilizat și un termocuplu format din sculă și un conductor (Fig. 9.24). În cazul sculelor din carburi metalice, cromelul pare a fi materialul cel mai corespunzător pentru executarea conductorului [51]. În scopul realizării unei măsurări corespunzătoare, scula se va izola cu atenție în raport cu mașina-uneltă.

e. **Metoda termocuplului natural.** Pentru măsurarea temperaturii medii la contactul dintre sculă și semifabricat este utilizată în mod curent metoda termocuplului natural (sculă-semifabricat). Metoda a fost folosită pentru prima oară de către Gottwein în

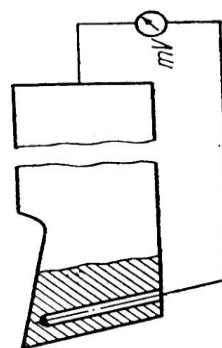


Fig. 9.24. Schemă pentru măsurarea temperaturii folosind termocuplul mixt

anul 1925. În principiu metoda constă în măsurarea tensiunii electromotoare care apare în circuitul format din scula așchietoare și piesa de prelucrat; sudura caldă este reprezentată de contactul dintre sculă și piesă (Fig. 9.25). Principalul avantaj al metodei îl constituie faptul ca sunt utilizate condițiile naturale în care decurge așchiera.

O variantă a metodei termocuplului natural este cea care utilizează scule diferite, adică un termocuplu format din trei conductori: două cuțite din materiale diferite și piesa de prelucrat (Fig. 9.26); metoda este cunoscută sub denumirea de metoda Reichel

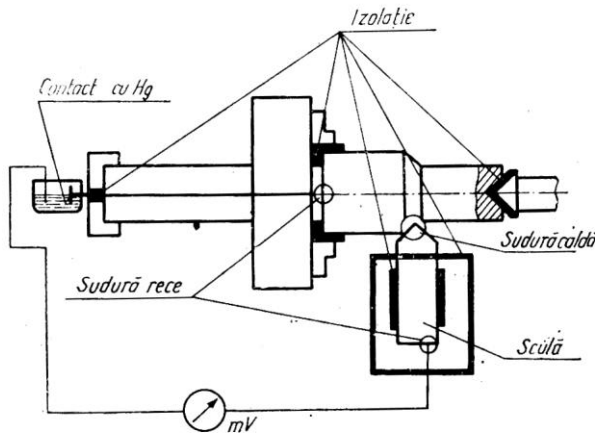


Fig.9.25. Măsurarea temperaturii cu ajutorul termocuplului sculă-piesă

Pentru o corectă evaluare a temperaturii de așchiere, este necesară păstrarea aceluiași condiții de așchiere pentru ambele cuțite (care au o aceeași geometrie a părții așchietoare). Această condiție este necesar a fi respectată pentru a se obține o aceeași temperatură la contactul între cele două scule și piesa de prelucrat.

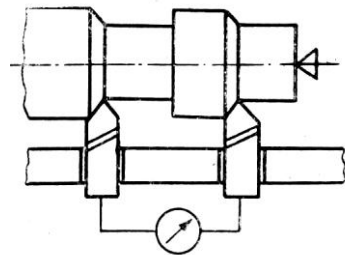


Fig.9.26. Schema măsurării temperaturii cu ajutorul termocuplului format din două cuțite

9.3.6.4. Metoda măsurării radiației totale. Evaluarea temperaturii din zona de așchiere se poate face și pe baza măsurării radiației termice emise de corpul a cărui temperatură se studiază. Aparatele care pot determina cu precizie mărimea acestei radiații se numesc pirometre. Întrucât temperatura din zona de așchiere poate varia între 100...1000°C, cea mai mare parte a radiației calorice se situează într-un

domeniu al lungimilor de undă cuprins între $1...10 \mu\text{m}$. Acest fapt conduce la necesitatea utilizării unor receptori cu un răspuns spectral ridicat în domeniul menționat al lungimilor de undă

În Fig. 9.27 este prezentat schematic un pirometru optic pentru măsurarea temperaturii din zona de contact sculă-așchie.

Există și metode care folosesc amplasarea receptorului deasupra sculei, când este măsurată mărimea radiației termice emise de așchia care curge pe suprafața de degajare a sculei (Fig. 9.28).

Metoda presupune prelucrarea ortogonală a unei piese sub formă de țevă. Întrucât așchia se deformează prin forfecare, emisia de radiații are un caracter instabil; rezultatele măsurătorilor nu sunt suficient de precise. Diminuarea acestui neajuns se efectuează prin utilizarea unor captori cu un timp scurt de răspuns și cu un grad ridicat de detecție; se indică în acest sens folosirea fotodiodelor.

9.3.7. Metode de apreciere a prelucrabilității prin diferite procedee de prelucrare

Condițiile concrete de prelucrare dintr-un atelier sau altul au generat necesitatea stabilirii prelucrabilității prin așchiere a unui material dat pentru o anumită metodă de prelucrare. S-a ajuns în acest mod la definirea unor indicatori particulari, specifici unui anumit procedeu de prelucrare.

9.3.7.1 Aprecierea prelucrabilității prin găurire. Sunt menționate în unele lucrări [49] încercări de definire a prelucrabilității prin burghiere. Drept indicator de prelucrabilitate s-a utilizat numărul de găuri executate cu același burghiu până la distrugerea tășului. Momentul scoaterii din uz a burghiului a fost stabilit cu ajutorul unui dinamometru mecanic, la o creștere cu 30% a valorii inițiale a forței de așchiere.

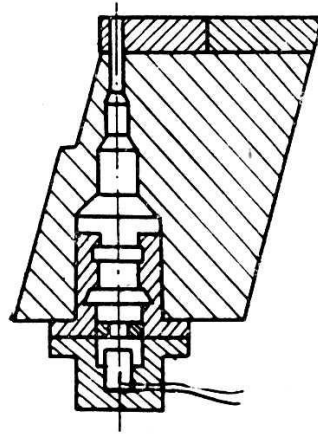


Fig. 9.27. Măsurarea temperaturii de la nivelul vârfului sculei așchietoare utilizând metoda măsurării radiației totale

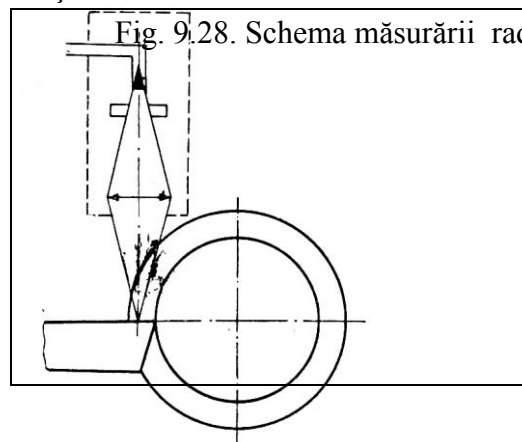
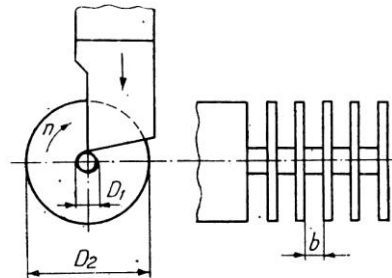


Fig. 9.28. Schema măsurării radiației termice emise de așchia care curge pe suprafața de degajare a sculei

9.3.7.2. Aprecierea prelucrabilității Fig. 9.29. Schema de efectuare a încercării de deter

prin retezare. Au fost efectuate încercări de stabilire a prelucrabilității prin retezare utilizându-se cuțite de strung de construcție corespunzătoare. Ca indicator de prelucrabilitate s-a utilizat numărul de runde care se pot rezeza în intervalul de durabilitate a sculei (diametrul barelor pentru încercări a fost cuprins între 20...150 mm).

Este posibilă aprecierea prelucrabilității prin retezare și cu ajutorul timpului necesar retezării unei epruvete de dimensiuni prestabilite, pe un ferăstrău dacă apăsarea exercitată asupra pânzei este constantă; este evident, în acest caz, că pentru fiecare încercare este necesară utilizarea unei pânze noi, pentru a se respecta riguros aceleași condiții de lucru.



Cercetătorul polonez W. Sjurajew [70] descrie un procedeu de determinare a prelucrabilității prin retezare (Fig. 9.29.) la care, în calitate de indicator de prelucrabilitate se consideră mărimea uzurii care apare după executarea a 100...200 canale radiale într-o epruvetă de dimensiuni prestabilite .

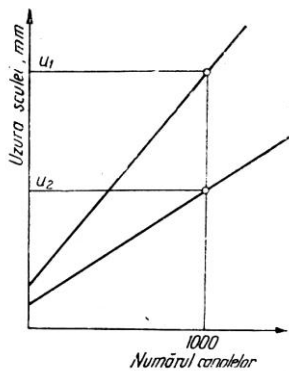


Fig. 9.30. Diagramă obținută utilizând schema de așchiere din figura 9.29.

Cu ajutorul datelor ridicate pe cale experimentală, se pot trasa diagrame de tipul celei din Fig. 9.30. Se apreciază evident ca fiind cel mai prelucrabil acel material care produce o uzură mai mică a sculei în urma prelucrării unui aceluiași număr de canale radiale.

9.3.7.3. Aprecierea prelucrabilității prin frezare. Literatura de specialitate [46] înregistrează ca o posibilitate de determinare a prelucrabilității materialelor prin frezare, utilizarea în calitate de indicator de

Capitol 9 Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin așchiere a aliajelor feroase 155
prelucrabilitate a intervalului de timp în care, în ipoteza respectării unor condiții inițiale, se înregistrează o creștere a energiei consumate cu circa 10%, datorită evoluției - uzurii sculei așchietoare.

9.3.7.4. Aprecierea prelucrabilității pe mașini-unelte automate. Unele condiții de lucru specifice strungurilor, automate au determinat executarea unor încercări de studiere a prelucrabilității prin așchiere pe astfel de mașini[4,6,16,18,45]. Se cunoaște astfel faptul că, la prelucrarea pe strunguri automate, este absolut necesar ca așchiile formate să nu se aglomereze în jurul semifabricatului sau al părții active a sculei așchietoare; o asemenea situație obligă executantul să întrerupă procesul de așchiere în vederea evacuării așchiilor.

Prelucrările de finisare trebuie, de asemenea, să asigure obținerea unei rugozități scăzute a suprafeței mai ales atunci când după strunjirea pe strungul automat nu urmează și alte prelucrări de finisare; rugozitatea scăzută este cauzată de faptul că, în cazul prelucrării pe strunguri automate muncitorul nu poate interveni imediat pentru a corecta eventualele asperități prea mari ale suprafeței. În sfârșit, cercetările de prelucrabilitate au avut drept scop și determinarea acelor condiții care să asigure uzura și deci schimbarea sculelor așchietoare fie la 8 ore, fie la 4 ore, adică, în măsura în care este posibil, la ieșirea din schimb a muncitorului sau cel mult de două ori pe schimb.

În ceea ce privește încercările propriu-zise de prelucrabilitate pe strunguri automate, literatura de specialitate înregistrează unele rezultate obținute în laboratoare diferite pentru studiul așchierii. În principiu, în toate aceste cazuri este vorba despre prelucrarea prin așchiere a unei, piese concepute pentru a fi posibilă efectuarea unor cercetări privind rugozitatea suprafeței, precizia dimensională și de formă, uzura sculelor așchietoare (piesă standard). Prelucrarea piesei standard implică realizarea unor faze de strunjire longitudinală, strunjire profilată, burghiere, retezare etc. Evident, în raport cu scopul urmărit în fiecare atelier sau laborator, s-a ajuns la o anumită formă a epruvetei standard (Fig. 9.31). De asemenea, așa cum se va arăta în continuare, diferențe se înregistrează și în ceea ce privește condițiile propriu-zise de lucru și parametrii urmăriți în timpul încercărilor.

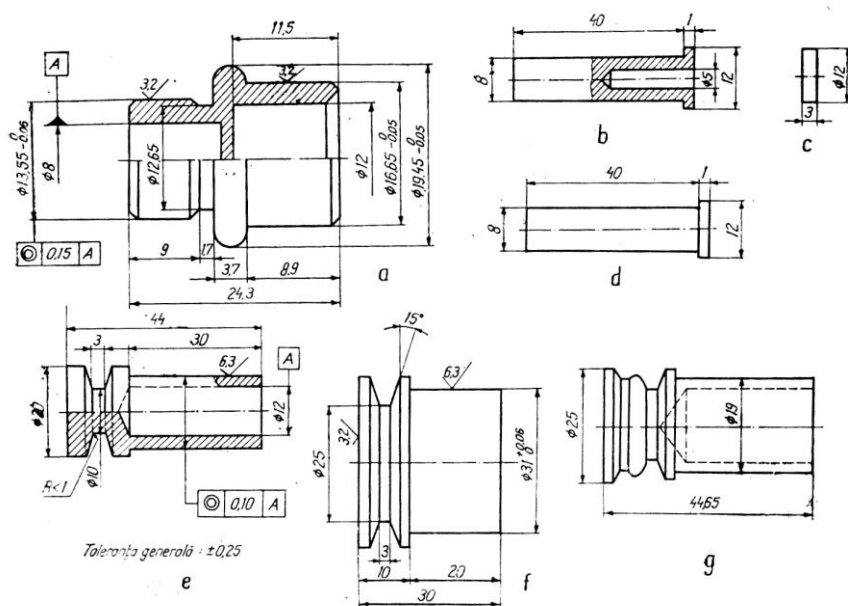
Procedeu propus de U. S. Steel [7] constă în principiu în determinarea numărului maxim de piese prelucrate, dintr-un material dat, într-o anumită unitate de timp, în ipoteza respectării unor condiții de lucru impuse. Piesa standard (Fig. 9.31, a) se obține dintr-un semifabricat de forma unei bare trase la rece, cu un diametru de 23,8 mm.

În timpul încercărilor, au loc schimbări sistematice ale condițiilor de așchiere, pentru a fi posibilă stabilirea productivității maxime ce

Fig. 3.31. Forme de piese standard utilizate pentru studiul prelucrabilității pe strunguri automate

Procedeele utilizate în cadrul laboratorului St. Chamond (Franța) a fost perfecționat de către cercetătorii H. Berne, G. Odin și E. Samaille [6]. La crearea acestui procedeu, s-a plecat de la testul practicat de U. S. Steel, în raport cu care s-au introdus următoarele deosebiri: s-a înlocuit faza de profilare cu faza de strunjire longitudinală; s-au separat, în cadrul aprecierii prelucrabilității, diferitele prelucrări: strunjire longitudinală, retezare, găurire. În timp ce indicele de prelucrabilitate U, S. Steel este legat de rezultatele tuturor operațiilor, în acest caz se ia în considerare comportarea materialului la fiecare tip de prelucrare.

Procedeele utilizate de Centrul tehnic de strunjire (Franța) se aseamănă cu testul propus de U. S. Steel. Încercările experimentale s-au



a-piesă utilizată de către U.S.Steel; *b,c,d* - piese utilizate de laboratorul din St. Chamond - Franța; *e* - piesă utilizată de Centrul tehnic de strunjire - Franța; *f* - piesă utilizată de centrul de cercetări Pomey - Franța; *g* - piesă utilizată de Centrul de cercetări Ugine - Aciers - Franța

efectuat pe semifabricate din oțel inoxidabil. Drept particularități ale

acestui procedeu se pot menționa: *a* - gaura executată trebuie să aibă o lungime egală cu de cel puțin două ori diametrul semifabricatului; *b* - strunjirea se va executa după burghiere ; *c* - toleranțele la concentricitatea găurii cu suprafața exterioară vor corespunde celor obișnuite pentru producția de serie ; *d* - într-o secțiune axială, suprafața profilată are o formă trapezoidală (Fig. 9.31e). Compararea prelucrabilității a două materiale se face pe baza productivității maxime pentru un interval de $6\pm 0,5$ ore, în situația respectării condițiilor impuse.

9.3.7.5. Aprecierea prelucrabilității prin rectificare. Dat fiind faptul că prelucrarea cu scule abrazive are loc în condiții specifice care se deosebesc în mare măsură de aşchiere cu scule așa-zise metalice, a fost normal ca aprecierea prelucrabilității să se efectueze atât pe baza unor criterii obișnuite (uzura discului abraziv, forțele de aşchiere etc.), cât și pe baza unor indicatori particulari. Un astfel de indicator **este volumul mediu de material îndepărtat prin prelucrare**, într-o anumită unitate de timp și în condiții tehnologice stabilite.

Un alt indicator al prelucrabilității prin rectificare se consideră așa-zisa **productivitate specifică**, definită prin raportul între volumul de material îndepărtat prin rectificare de pe semifabricat și volumul de material abraziv înlăturat de pe piatră într-o unitate prestabilită de timp [42]. O clasificare general a unor categorii de oțeluri în raport cu prelucrabilitatea lor relativă prin rectificare este dată în tabelul 9.4.

Grupa de prelucrabilitate	Materialul	Coeficientul de prelucrabilitate
I	Oțeluri carbon de construcții, oțeluri aliate cu crom, mangan, nichel, oțeluri carbon pentru scule	1,00
II	Oțeluri de construcții, aliate cu wolfram, titan, siliciu, molibden	0,83
III	Oțeluri refractare și oțeluri inoxidabile fără titan	0,36
IV	Oțeluri refractare și oțeluri inoxidabile ce conțin titan, oțeluri rapide pentru scule	0,14

Tabelul 9.4. Clasificarea oțelurilor după prelucrabilitatea lor relativă prin rectificare

9.3.8. Alte metode și criterii de evaluare a prelucrabilității prin încercări de aşchiere

9.3.8.1. Metode de determinare a indicelui de prelucrabilitate mecanică. Întrucât aprecierea prelucrabilității aliajelor feroase în mod separat, fie cu ajutorul uzurii sculelor așchietoare, fie cu ajutorul forțelor de așchiere este legată de unele dezavantaje, a fost propusă noțiunea de “prelucrabilitate mecanică”, definită matematic prin raportul:

$$p_m = \frac{v_{15}}{p_t} \quad [\text{mm}^2 \cdot \text{m} / \text{daN} \cdot \text{min}] \quad (9.15)$$

în care v_{15} este viteza de așchiere care produce o uzură de 0,3 mm pe suprafața de așezare a unui cuțit cu plăcuțe din carburi metalice în timp de 15 minute, pentru anumite condiții de așchiere; p_t - apăsarea de așchiere, în daN/mm².

Cele două mărimi au căpătat la rândul lor denumirile: v_{15} - indicator de prelucrabilitate cinetică; p_t - indicator de prelucrabilitate dinamică.

În legătură cu indicatorul v_{15} , se poate defini încă prelucrabilitatea cinetică relativă, caracterizată prin raportul

$$k_v = \frac{v_{15}}{v_{15et}}, \quad (9.16)$$

în care v_{15} este indicatorul de prelucrabilitate cinetică a materialului cercetat; v_{15et} - același indicator, corespunzător unui material considerat etalon. Este util să se folosească în calitate de material etalon un material de largă utilizare în industrie și ale cărei caracteristici sunt bine cunoscute.

Prelucrabilitatea dinamică se poate determina în ipoteza cunoașterii mărimii componentei F_z a forței de așchiere și a celei a secțiunii q a așchiei (la viteza de așchiere pentru care durabilitatea sculei este de 15 minute), cu ajutorul relației:

$$p_{15} = \frac{F_z}{q} \quad (9.17)$$

Pentru determinarea rapidă a indicatorului de prelucrabilitate dinamică, autorii metodei [48] propun folosirea unui dispozitiv al cărui principiu de utilizare se aseamănă cu cel folosit în măsurarea durtății. Un vârf conic (cu unghiul la vârf de 90°) din carburi metalice este apăsat pe suprafața materialului încercat. Diametrul amprentei obținute,

Capitol 9 Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin așchiere a aliajelor feroase 159
 caracterizând deformațiile plastice suportate de materialul încercat, oferă indicații asupra prelucrabilității dinamice. Pentru imprimarea vârfului conic în materialul studiat, precum și în materialul etalon, se pot folosi prese obișnuite, aparate Brinell pentru măsurarea durității sau chiar strunguri obișnuite în ipoteza existenței unor dinamometre corespunzătoare. Dacă se cunosc diametrele amprentelor rezultate pe suprafața materialului etalon d_{et} și a celui încercat d_c , se poate determina indicatorul de prelucrabilitate dinamică relativă k_p :

$$k_p = \left[\frac{d_{et}}{d_c} \right]^2 \quad (9.18)$$

9.3.8.2. Criteriul unghiului de forfecare. Unghiul de forfecare a așchii θ este considerat în anumite situații drept indicator al prelucrabilității prin așchiere [1,50,73]. Pe baza schemei simplificate din Fig.9.32, se poate defini unghiul de forfecare ca fiind unghiul dintre direcția vitezei de așchiere și planul desprinderilor succesive ale așchiilor.

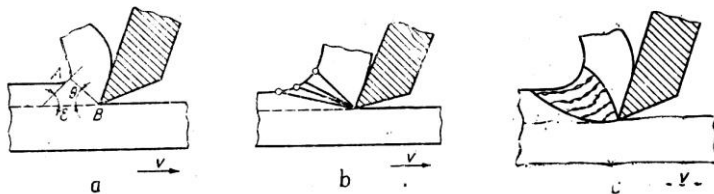


Fig.9.32. Reprezentări schematice pentru explicarea modului de formare a așchiilor

Dacă din punct de vedere teoretic problemele sunt destul de bine puse la punct, dificultățile apar la studierea experimentală a fenomenelor, studiere efectuată în general prin prelevarea și analiza unor probe obținute prin întreruperea rapidă a procesului de așchiere. S-a constatat astfel că definirea precisă a unui plan unic de forfecare este mai dificil de efectuat, deformațiile plastice având loc în realitate într-o zonă formată dintr-o familie de prisme dispuse în evantai și având ca latură comună muchia sculei așchietoare (fig. 9.32, b). Mai mult, în cazul așchii continue, se poate vorbi despre o zonă mai greu de definit în care au loc deformațiile plastice (fig. 9.32, c). În orice caz, o justificare a utilizării unghiului de forfecare în calitate de indicator al prelucrabilității prin așchiere pleacă de la influența exercitată de unghiul de forfecare asupra

Capitol 9 Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin aşchiere a aliajelor feroase 160
forțelor de aşchiere și asupra rugozității suprafeței prelucrate. Într-adevăr, pornind de la definirea planului de forfecare s-a constatat că o creștere a unghiului de forfecare se soldează cu o micșorare a forțelor de aşchiere, cu o anumită ameliorare a rugozității suprafeței prelucrate, cu obținerea unor aşchii continue.

Pentru determinarea mărimii unghiului de forfecare, există în prezent peste 40 relații de calcul, fiecare din acestea având la bază anumite ipoteze asupra fenomenelor aşchierii. Unele dintre aceste relații cuprind și diferite caracteristici fizico-mecanice ale materialului prelucrat; de exemplu în relația lui Time [17,73]:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\cos\gamma}{\xi - \sin\gamma} \quad (9.19)$$

materialul prelucrat intervine prin intermediul coeficientului de comprimare plastică a aşchii ξ .

9.3.8.3. Criteriul unghiului mediu de frecare. În anul 1962 cercetătorul B. N. Colding a propus folosirea drept indicator de prelucrabilitate a unghiului mediu de frecare [73], plecând de la constatarea că, în cazul unei durabilități constante a sculei, valoarea unghiului mediu de frecare rămâne constantă chiar dacă unghiul de forfecare și efortul unitar mediu din planul de forfecare înregistrează valori variabile. De remarcat este însă existența unor dificultăți legate de diferențierea materialelor în cazul unor durabilități diferite ale sculelor; astfel, la dublarea aproape a valorii durabilității (de la $T = 16$ min la $T = 30$ min), diferența între unghiurile medii de frecare, în cele două cazuri, este de numai 1° .

9.3.8.9. Criteriul unghiului λ . Thomson a definit unghiul λ cu ajutorul unei relații de forma:

$$\lambda = \theta + \phi - \gamma \quad (9.20)$$

în care θ este unghiul de forfecare a aşchiei; ϕ - unghiul mediu de frecare; γ - unghiul de degajare al sculei.

Observându-se că unii dintre termenii care definesc pe λ au fost deja menționați ca purtători de informații privind prelucrabilitatea prin aşchiere a unui material, în conformitate cu opiniile unor cercetători [69] se consideră justificată utilizarea acestui, unghi în calitate de indicator de prelucrabilitate.

9.3.8.5. Metoda de determinare a indicatorului de prelucrabilitate Merchant. O evaluare a prelucrabilității prin aşchiere a materialelor este posibilă și cu ajutorul indicatorului de prelucrabilitate Merchant, definit prin relația [47]:

$$C_M = 2\theta + \tau - \gamma \quad (9.21)$$

în care θ este unghiul de forfecare (Fig. 9.33) ; γ - unghiul de degajare al sculei ; τ - unghiul de frecare, pentru a cărei determinare se folosește relația:

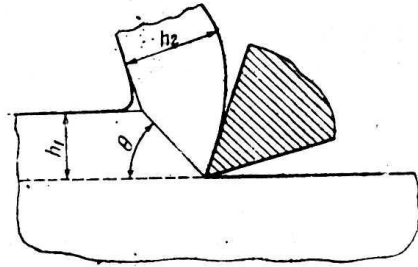


Fig. 9.33 Reprezentarea schematică a modului de formare a așchiei pentru definirea indicatorului Merchant de determinare a prelucrabilității prin așchiere

$$\tau = \frac{F_y + F_x \operatorname{tg} \gamma}{F_x - F_y \operatorname{tg} \gamma} \quad (9.22)$$

9.3.8.6. Metoda de determinare a indicatorului universal de prelucrabilitate. M. K. Das și S. A. Tobias [19] au propus să se utilizeze, pentru caracterizarea prelucrabilității prin așchiere a unui material oarecare o constantă D , denumită de ei “indicator universal de prelucrabilitate” (“Universal machinability index”) definită prin relația:

$$D = \frac{\cos(\tau - \gamma)}{\cos(\tau - \gamma + \theta)} \quad (9.23) \text{ în care } \tau, \gamma, \theta \text{ au semnificațiile}$$

arătate la definirea indicatorului de prelucrabilitate Merchant.

9.4. Metode indirecte de apreciere a prelucrabilității prin așchiere

În multe situații, în practica industrială, tehnologul nu dispune decât de câteva dintre caracteristicile fizico-mecanice ale materialelor care urmează a fi supuse așchierii. Acest fapt a condus la folosirea unora dintre caracteristicile fizico-mecanice ale materialelor metalice în calitate de indicatori de prelucrabilitate.

9.4.1. Criteriul rezistenței la rupere prin tracțiune

Valoarea rezistenței specifice la rupere prin tracțiune constituie, așa cum se constată în practică, alături de duritate, indicatorul aflat cel mai la îndemână capabil să ofere o informație globală asupra prelucrabilității prin așchiere a unui material. Cercetări de dată mai recentă tind însă să diminueze însemnătatea folosirii acestui indicator pentru evaluarea prelucrabilității prin așchiere, dată fiind existența unor neconcordanțe între rezistența la rupere și unii indicatori specifici de prelucrabilitate. Se poate constata astfel că în cazul fontelor este dificil de

Capitol 9 Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin așchiere a aliajelor feroase 162
stabilit existența vreunei corespondențe precise și general valabile între rezistența la rupere prin tracțiune și prelucrabilitatea lor prin așchiere.

9.4.2. Criteriul rezistenței la rupere prin forfecare

Existența unor similitudini între fenomenele de formare a așchiilor și cele care au loc la ruperea prin forfecare a materialelor a sugerat cercetătorilor posibilitatea folosirii rezistenței specifice la rupere prin forfecare drept indicator de prelucrabilitate prin așchiere. Mai mult, constatându-se o anumită dependență între rezistența la forfecare și mărimea craterului de uzură la prelucrarea unor oțeluri s-a subliniat ideea intensificării cercetărilor legate de stabilirea unei corespondențe între prelucrabilitatea prin așchiere și rezistența specifică la forfecare. Rezultatele experimentale au permis, cel puțin deocamdată, stabilirea unor concluzii definitive în acest sens.

9.4.3. Criteriul alungirii relative

În cazul unor categorii de oțeluri, este posibilă obținerea unei imagini destul de concludente asupra prelucrabilității prin așchiere, folosindu-se alungirea relativă ε , mărime obținută la încercările de rupere prin tracțiune.

9.4.4. Criteriul durtății materialului

O evaluare orientativă a prelucrabilității prin așchiere a unui material oarecare a fost posibilă încă de multă vreme cu ajutorul rezultatelor încercărilor de durtate. Recomandări în acest sens au fost efectuate de către Wallich, cu mai bine de șase decenii în urmă.

Pentru aprecierea durtății, se preferă efectuarea de obicei a trei încercări la capetele și la mijlocul unei epruvete cilindrice. Cu ajutorul valorii medii a durtății și utilizând diagrame elaborate pe baza datelor experimentale, se poate stabili viteza de așchiere recomandată, din acest punct de vedere, pentru prelucrarea unui anumit material.

9.4.5. Criteriul structurii materialului

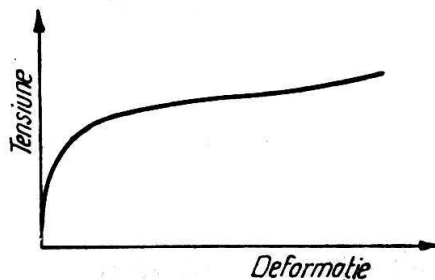
O corelație între structură și prelucrabilitatea prin așchiere este destul de ușor de evidențiat. Cunoscându-se structura unui aliaj feros, de exemplu, se pot face afirmații destul de precise în ceea ce privește comportarea în timpul așchierii a acestuia; a fost deci normală utilizarea unor încercări de scurtă durată, pentru analiza structurii și obținerea în acest mod a unei imagini privind prelucrabilitatea prin așchiere [44].

Fără a se exagera, se poate așadar afirma că simpla examinare microscopică a structurii unui material este de natură să ofere indicații privind prelucrabilitatea prin așchiere a materialelor.

9.4.6. Metoda de determinare a unui indicator de prelucrabilitate pe baza studierii tensiunilor și a deformațiilor la forfecare

Plecând de la anumite considerații teoretice s-a ajuns la concluzia că între unghiul de forfecare și raportul m/k (în care m este raportul între panta curbei tensiunii de deformare plastică prin forfecare și deformația prin forfecare, iar k este tensiunea de curgere la forfecare în lungul liniei AB - Fig. 9.32) există o strânsă dependență.

Pentru anumite condiții de așchiere, o creștere a valorii raportului m/k este însoțită de micșorarea unghiului de forfecare θ . Ori, se cunoaște faptul că unghiului de forfecare i s-a atribuit calitatea de a oferi indicații asupra prelucrabilității unui material oarecare; acest



lucru a permis luarea în considerare și a raportului m/k a tensiunii de deformare plastică în raport cu deformația pentru caracterizarea capacității de

prelucrare prin așchiere. Determinarea mărimilor care intră în componența indicatorului de prelucrabilitate (m și k) se poate face cu ajutorul unor diagrame de tipul celei din Fig. 9.34; forma curbei s-a stabilit la încercarea unui oțel. S-a constatat că materialele pentru care atât k , cât și raportul m/k au valori mari (cum ar fi cazul unor oțeluri inoxidabile), pot fi apreciate ca materiale cu prelucrabilitate redusă, ele generând solicitări mari ale sculei așchietoare. De asemenea, dacă raportul m/k are valori ridicate, se obțin, de regulă, așchii îngroșate, discontinue, precum și o rugozitate mare a suprafeței prelucrate.

9.4.7. Metode de determinare a compatibilității aliajelor aflate în contact

Între materialul sculei așchietoare și cel al piesei prelucrate se pot manifesta, în timpul așchierii, afinități, de natură fizico-mecanică al căror rol în procesul de distrugere a muchiei așchietoare poate fi deosebit de important. Apariția unor suduri între materialul sculei și cel prelucrat poate fi socotită ca un factor care accelerează uzura sculei așchietoare. Iată deci motivul care a determinat introducerea noțiunii de **compatibilitate** între materialul sculei așchietoare și cel al semifabricatului.

Pentru a aprecia în timp scurt eventualele afinități fizico-mecanice între materialele aflate în contact în timpul așchierii,

Capitol 9 Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin așchiere a aliajelor feroase 164
 cercetătorii din cadrul Centrului tehnic al Industriei mecanice - Franța (CETIM) au pus la punct o metodă rapidă de încercare [12]. În principiu, metoda se bazează pe următoarele: o epruvetă din materialul sculei este apăsată timp de 10...30 s (în raport cu materialele studiate), pe suprafața semifabricatului (Fig. 9.35).

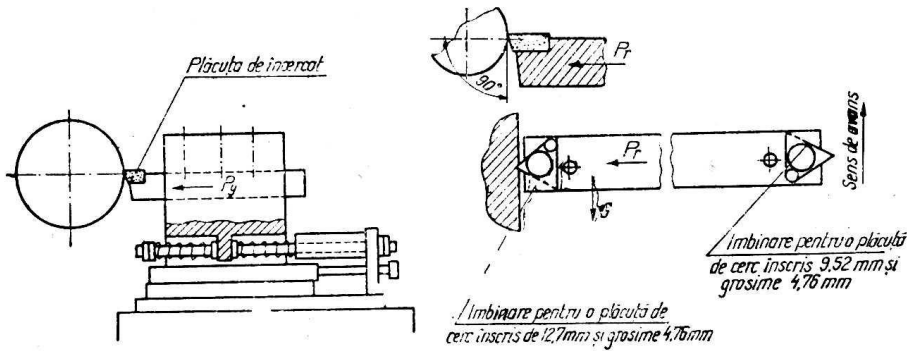


Fig. 9.35. Schema de lucru pentru determinarea compatibilității aliajelor aflate în contact

Dacă semifabricatul se află în mișcare de rotație, vârful sculei se va deplasa prin frecare pe suprafața materialului de prelucrat, obținându-se o amprentă de uzură ale cărei dimensiuni variază în funcție de materialul sculei.

Drept indicator de evaluare a compatibilității celor două materiale aflate în contact, se va folosi deci mărimea amprente de uzură.

Metoda oferă avantajul de a se putea stabili rapid ce material trebuie folosit în construcția unei scule pentru ca aceasta să aibă, la prelucrarea unui material dat, o durabilitate ridicată; este posibilă de asemenea și stabilirea acelor materiale pentru sculele improprii unor anumite operații.

9.4.8. Criteriul coeficientului de dispersie termică

Constatând existența unei dependențe între indicatorii clasici ai prelucrabilității unui material și unele dintre proprietățile termice ale acestuia, cercetătorul J. R. Ewel propune utilizarea în calitate de indicator de prelucrabilitate a așa-numitului coeficient de dispersie termică, definit prin raportul între conductibilitatea termică a materialului prelucrat și densitatea acestuia.

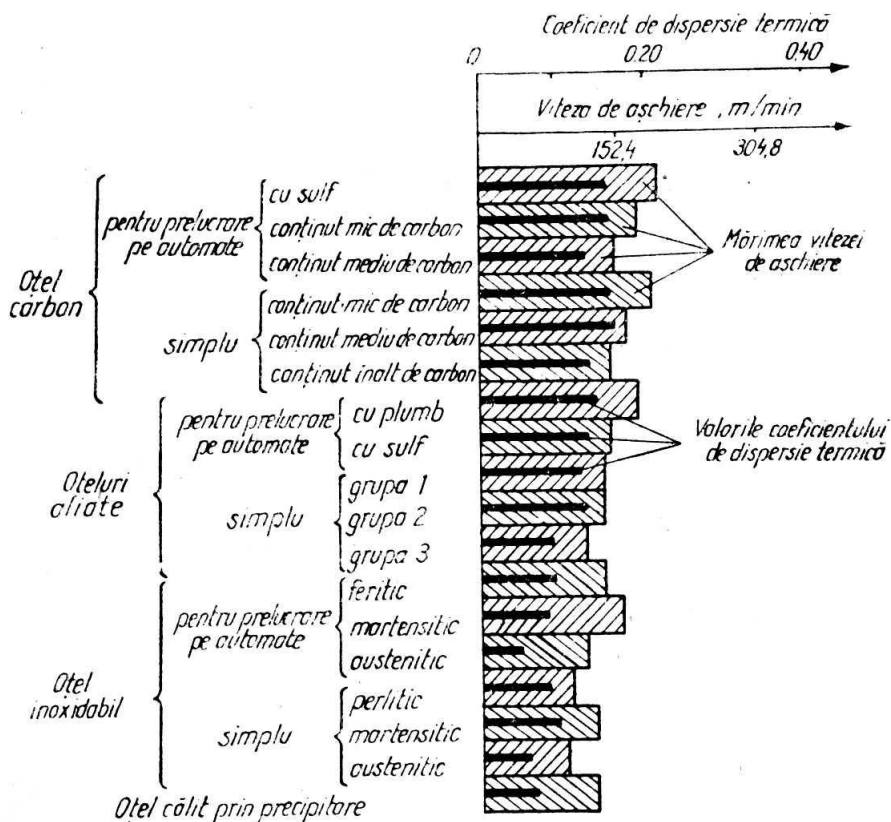


Fig. 9.36. Modul de variație a coeficientului de dispersie termică și a vitezei de așchiere pentru câteva dintre clasele de oțeluri mai des utilizate

În principiu, această propunere pleacă de la constatarea că ritmul de înmagazinare și dispersie a căldurii produse în procesul de așchiere poate fi independent de structura materialului prelucrat, dar afectează într-o măsură importantă prelucrabilitatea acestuia. O confirmare a unei asemenea ipoteze o constituie datele din fig. 9.36 în care se poate constata că materialele, la a căror prelucrare este posibilă utilizarea unor

Capitol 9 Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin așchiere a aliajelor feroase 166 viteze ridicate de așchiere, dispun și de o capacitate mare de absorbție și de a transmite apoi căldura în mediul înconjurător, fiind caracterizate astfel prin valori mari ale căldurii specifice și printr-o capacitate ridicată de transmitere a căldurii.

Profesorul român A. Vlase, de la Universitatea "Politehnica" din București, a confirmat, prin cercetările sale experimentale [72,77], faptul că uneori conductibilitatea termică, poate constitui un indicator prețios de evaluare a prelucrabilității prin așchiere a oțelurilor inoxidabile.

9.4.9. Criteriul coeficientului de absorbție termică

Considerații similare celor care au permis definirea coeficientului de dispersie termică, au determinat, în cazul prelucrării prin așchiere a suprafețelor interioare, stabilirea așa-numitului **coeficient de absorbție termică**: acesta reprezintă produsul dintre conductibilitatea termică și căldura specifică.

Analizând astfel datele diagramei din Fig. 9.37, se poate constata că între coeficientul de absorbție termică și vitezele economice de prelucrare prin așchiere există fără îndoială o anumită legătură. Diagrame de tipul celor prezentate în Fig. 9.36 și 9.37 pot fi folosite pentru stabilirea orientativă a vitezelor de așchiere în cazul unor mărci noi de oțeluri pentru care nu se cunosc decât caracteristicile fizice necesare calculării coeficienților de dispersie termică sau de absorbție termică.

9.5. Concluzii privind metodele de determinare a prelucrabilității prin așchiere

Cele arătate până în acest moment sunt de natură să reliefeze existența unui număr mare de procedee și indicatori de evaluare a prelucrabilității prin așchiere, unele procedee oferind informații cu caracter general, altele pentru un domeniu mai restrâns de aplicabilitate.

Se poate totodată constata existența unor opinii diverse ale cercetătorilor din laboratoare și țări diferite în legătură cu valabilitatea și aplicabilitatea rezultatelor încercărilor de determinare a prelucrabilității prin așchiere. În cele ce urmează se prezintă succint câteva dintre problemele cele mai importante abordate de cercetători, probleme care suscită un interes mai larg.

9.5.1. Insuficiențele metodelor rapide de determinare a prelucrabilității.

Fiecărei metode rapide de evaluare a prelucrabilității îi sunt specifice anumite avantaje și dezavantaje. Argumentul esențial al utilizării acestor metode îl constituie durata scurtă necesară pentru ridicarea unor indicații capabile să ofere o imagine, cel puțin orientativă, asupra comportării diferitelor materiale în timpul așchierii.

Acest avantaj - al duratei scurte de încercare - constituie însă subiectul unor numeroase controverse în literatura de specialitate, el fiind diminuat sau chiar anulat după opiniile unor cercetători, de unele neconcordanțe cu rezultatele obținute în condiții reale de așchiere.

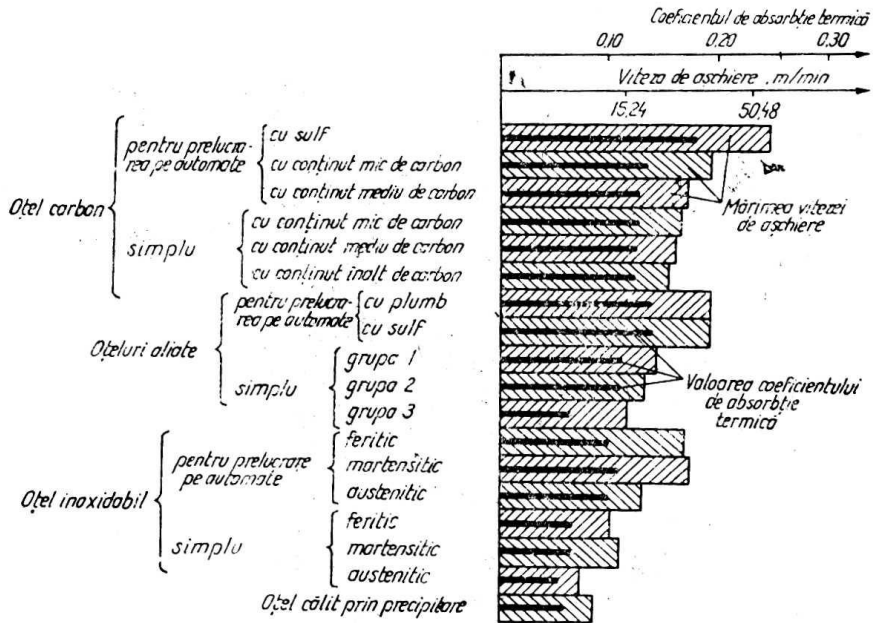


Fig. 9.37. Reprezentare grafică pentru evidențierea corespondenței între coeficientul de absorbție termică și prelucrabilitatea prin așchiere a unor oțeluri (prelucrabilitatea fiind apreciată prin vitezele economice de așchiere).

Cercetătorul italian M. G. Jona [40] arată astfel că indicațiile obținute prin încercări rapide dau rezultate nesatisfăcătoare, ele fiind susținute de raționamente aproximative în ceea ce privește apariția și dezvoltarea fenomenelor de uzare. În acest sens, se arată că încercările rapide pleacă de la două tipuri de raționamente:

- prelucrarea în condiții mai grele decât cele normale, în cazul unora dintre încercări, în scopul unei uzări mai rapide a sculei;

- examinarea numai a formei inițiale al variației uzurii în raport cu timpul, în cazul altor încercări și extrapolarea în continuare a informațiilor astfel obținute.

Încercările bazate pe primul tip de raționament au însă în vedere, în conformitate cu opiniile cercetătorului italian, o imagine mult prea simplificată a fenomenului de uzare, neglijându-se numeroase

mecanisme fizico-chimice legate de condițiile de aşchiere. Dacă, de exemplu la temperaturi mai joase prevalează fenomenele de uzare de tip abraziv și adeziv, la temperaturi mai ridicate rolul principal revine fenomenelor de difuzie, de deformare plastică, și reacțiilor chimice. Astfel, mărirea vitezei de aşchiere pentru intensificarea uzării sculei poate denatura complet fenomenul obișnuit, furnizând rezultate fundamental greșite.

În legătură cu încercările bazate pe cel de-al doilea tip de raționament, se poate arăta că ele nu țin seama de rezultatele dispersiei datelor experimentale. Aprecierea comportării ulterioare a sculei, doar pe baza comportării în prima etapă de aşchiere, se poate dovedi astfel necorespunzătoare. Este necesar să se ia în considerare nu numai dispersia normală a rezultatelor experimentale dar și faptul că suprapunerea perfectă a două curbe de uzură pentru perioada inițială (prima parte a curbei de uzare) nu oferă nici pe departe garanția unei comportări identice în continuare a materialelor din punctul de vedere al uzării sculelor aşchietoare.

Pentru evaluarea rapidă a prelucrabilității prin aşchiere se utilizează de obicei epruvete de dimensiuni mici, prelevate eventual de la capetele barelor ce urmează a fi prelucrate; acest lucru conduce însă la un alt dezavantaj, cel al neluării în considerare a numeroaselor neomogenități caracteristice - cel puțin deocamdată - unor tipuri de semifabricate.

În unele cazuri, în afara dezavantajelor menționate anterior, se adaugă și faptul că folosirea indicatorilor de prelucrabilitate determinați pentru un anumit tip de prelucrare poate fi arareori extinsă pentru alte procedee de prelucrare (de exemplu, rezultatele obținute la strunjirea longitudinală cu cuțite armate cu plăcuțe din carburi metalice nu sunt decât în mică măsură valabile pentru burghierea cu scule din oțel rapid).

9.5.2. Necesitatea standardizării condițiilor de efectuare și de analiză a încercărilor de determinare a prelucrabilității. Cele arătate până acum subliniază faptul că problema stabilirii unei metode unice pentru determinarea prelucrabilității materialelor este nu numai dificilă, ci și discutabilă sub aspectul realizării ei. Ceea ce se impune deci este în realitate problema standardizării unui grup de metode și a condițiilor în care ar urma să aibă loc ridicarea unor indicatori de prelucrabilitate. Eforturi în acest sens au loc în numeroase țări și chiar la nivelul unor organisme internaționale.

S-a stabilit astfel că pentru executarea unor încercări de lungă durată și pentru o interpretare corectă a rezultatelor experimentale este

nevoie de personal bine pregătit, cu cunoștințe corespunzătoare în domeniul metalurgiei și al așchierii metalelor, condiții ce se pot realiza de obicei doar în laboratoare și instituții de cercetare specializate.

Realitatea concretă din uzine reclamă însă existența unui test rapid de evaluare a prelucrabilității, cu o valabilitate cit mai largă, cu rezultate care să nu depindă în măsură prea mare de executantul încercărilor, un test care să nu necesite nici utilaj, nici scule speciale pentru executarea lui. Este deci perfect justificată tendința manifestată în diverse țări de a se pune la punct o metodă rapidă de evaluare a prelucrabilității, cu aplicabilitate cât mai largă.

În cadrul organizației internaționale de standardizare ISO, solicitările de stabilire a unor norme au fost parțial satisfăcute prin elaborarea unui proiect - recomandare privind condițiile de efectuare a încercărilor de așchiere. În legătură cu acest proiect, dacă este necesar să se recunoască rigurozitatea argumentelor care au determinat stabilirea condițiilor de încercare, se cuvin precizate și unele dificultăți legate de aplicarea sa, cum ar fi, de exemplu, lipsa, de obicei, din înzestrarea strungurilor actuale, a motoarelor de curent continuu; care să permită o variație continuă a turației arborelui principal.

9.5.3. Necesitatea folosirii mai multor criterii pentru aprecierea prelucrabilității unui material, oarecare. În legătură cu utilizarea unei metode sau a alteia pentru aprecierea prelucrabilității unui material, este necesar să se sublinieze faptul că apelând la un singur criteriu (cum ar fi, de exemplu, cel al uzurii sculei așchietoare) nu se obține decât o imagine unilaterală, incompletă asupra acestei proprietăți tehnologice. Dealtfel, o simplă menționare sau afirmație în legătură cu prelucrabilitatea unui material, fără a se preciza criteriul sau punctul de vedere avut în evaluarea prelucrabilității, nu ar prezenta prea mare utilitate tocmai datorită caracterului complex al fenomenelor acoperite de noțiunea de prelucrabilitate prin așchiere.

În acest sens, se poate arăta că două materiale pot da naștere, în condiții asemănătoare, unor forțe de așchiere aproximativ egale, dar pot avea o comportare fundamental diferită sub aspectul uzurii sculei așchietoare. Astfel se pot întâlni cazuri în care un material dă naștere unor forțe de așchiere egale sau mai reduse decât în cazul altui material, dar uzează mult mai intens o sculă așchietoare, datorită, de exemplu, prezenței unor incluziuni cu caracter abraziv.

9.5.4. Posibilitatea de comparare a rezultatelor obținute prin diferite metode de determinare a prelucrabilității. O dată cu aplicarea de noi procedee de determinare a prelucrabilității materialelor și mai ales cu creșterea numărului de procedee având la bază un același fenomen

Capitol 9 Noțiuni de bază privind prelucrabilitatea prin așchiere a aliajelor feroase 170
 fizic urmărit (un același criteriu), a devenit necesară compararea rezultatelor obținute prin diferite metode, pentru a se vedea în ce măsură există o concordanță între acestea [19,29,41]; s-a stabilit astfel că rezultatele diferitelor încercări de prelucrabilitate concordă numai în măsura în care se pleacă de la un același fenomen.

Material	Duritate HB	Tip de încercare	
		Test convențional v_{60} , m/min	Testul strunjirii frontale v_{60} , m/min
Oțel cu 0,12% C	81,5	102,3	109,8
Oțel cu 0,20% C	133,0	132,4	129,0
Oțel cu 0,50% C	176,0	65,3	68,7
Fontă cu 3,6% C	197,0	44,9	44,9

Tabelul 9.5. Comparație între rezultatele obținute prin diferitele metode de apreciere a prelucrabilității

De exemplu, așa cum se poate observa și din tabelul 9.5, precum și din Fig. 9.38; 9.39, două metode de determinare a prelucrabilității, bazate pe studiul uzurii sculei așchietoare, pot conduce la rezultate aflate evident într-o anumită corespondență pentru același tip de materiale. Literatura de specialitate cuprinde în această privință numeroase opinii legate de aplicabilitatea și corespondența diferiților indicatori de evaluare a prelucrabilității prin așchiere.

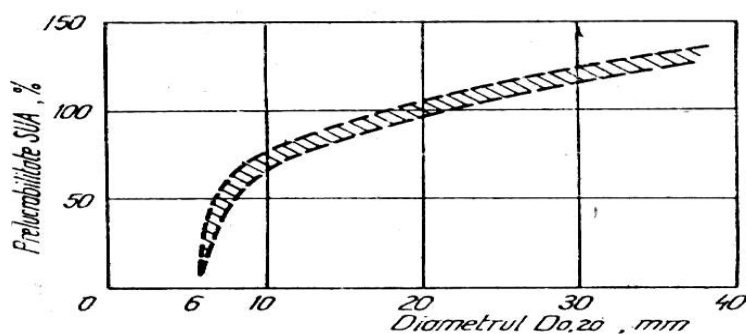


Fig.9.38. Corespondența între indicatorul de prelucrabilitate $D_{0,20}$ și datele oferite de metoda americană de evaluare a prelucrabilității în cazul fontelor ($n=1577$ rot/min; $s=0,0345$ mm/rot)

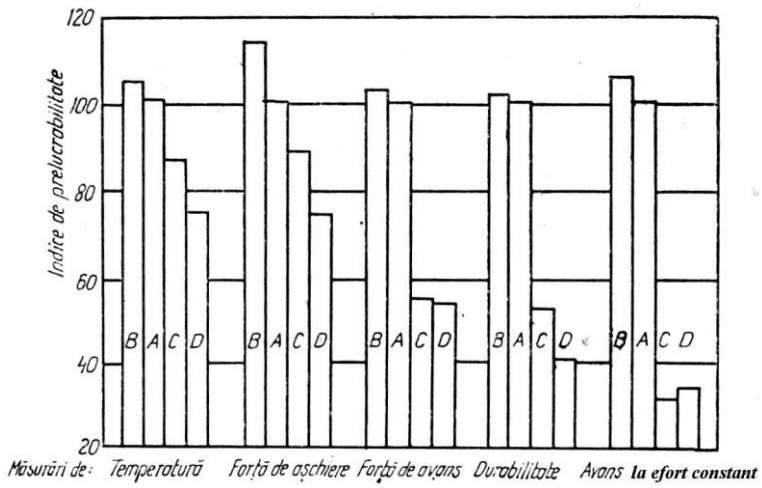


Fig. 9.39. Corelația între indicatorul de prelucrabilitate $D_{0,20}$ ($n=350$ rot/min) și viteza de așchiere v_{20} la strunjire ($s=0,38$ mm/rot; $t=3,8$ mm, materialul sculei Z80W006)

BIBLIOGRAFIE

1. AELENEI, M., GHERGHEA, I., Probleme de mașini-unelte și așchiere, vol. I și II, Editura Tehnică, 1978
2. ALBERTI, N., Some observations on metal cutting with reference to the mechanical characteristics of working materials. In *Mecanica, Italia*, vol. 7, nr. 1, martie, 1972
3. ALBU, A., JEICAN, C., GRUITA, D., MORAR, L., Programarea asistată de calculator a mașinilor-unelte, Editura Tehnică, București, 1980
4. ARTHUR, P., KEANE, D., Definizione del grado di lavorabilità degli acciai automatici. In *Mecanica, Italia*, vol. 5, 1972
5. BARANOV, B.A. ș.a., Normarea tehnică în uzinele constructoare de mașini. Editura Tehnică, București, 1960
6. BERNE, H. ș.a., Description d'un test d'aptitude au décolletage. În *Revue de Métallurgie, Franța*, vol. 68, nr. 12, 1971
7. BONHOMME, R., Essais comparatifs de coupe réalisés par le Centre Technique de l'Industrie de Décolletage. In *Compte rendu des journées de l'étude de l'usinabilité des aciers spéciaux*. Paris, 1973
8. BOTEZ, E., Mașini-unelte, vol. II., Automatica, Editura Tehnică, București, 1973
9. BOTEZ, E., DORIN, AL., Tehnologia programării numerice a mașinilor-unelte, Editura Tehnică, București, 1972
10. BRAGARU, A., ș.a., - SEFA - DISROM. Sistem de metodă, Teoria și practica proiectării dispozitivelor, pentru prelucrări pe mașini-unelte, Editura Tehnică, București, 1982
11. CALEA, G., DRIMER, D., AMZA, G., GLADCOV, P., Tehnologie mecanică - (pentru secțiunile de subingineri), Editura Didactică și Pedagogică - București, 1978
12. CHAPUIS, M., Les essais de coupe des matériaux. Leur uniformisations au sein de l'ISO. În *Courrier de la Normalisation*. Franța, vol. 36, nr 209, sept.-oct., 1969
13. CHIRACESCU, S.T., Stabilitatea în dinamica așchierii metalelor-, București, Editura Academiei Române, 1984

- 14.CIOCIRDIA, C., UNGUREANU, I., Bazele cercetării experimentale în tehnologia construcțiilor de mașini, Editura Didactică și Pedagogică - București, 1979
- 15.CIULICĂ, M., SLĂTINEANU, L., GRĂMESCU, T., Dispozitiv pentru măsurarea energiei de așchiere. Brevet R.S.R. , nr. 65424/1975
- 16.***Compte-rendu des journées d'étude sur l'usinabilité des aciers speciaux, 13-14 decembrie, Paris, 1973
- 17.COZMÂNCĂ, M., Contribuții la introducerea teoriei dislocațiilor în cercetarea deformațiilor plastice prin așchiere. Teză de doctorat, Institutul Politehnic, Iași, 1974
- 18.DABROWSKI, J., Badania skrawalnosci krajowej stahli autometowej. În Mechanik, Polonia, vol. 45, nr. 10, 1972
- 19.DAS, M.K., Discussion on "Comparison of the methods of machinability rating". În Journal of the Institution of Engineers Mechanical Division, India, vol. 49, nr. 9, mai, 1969
- 20.DEACU, L., PAVEL, GH., Vibrații la mașini-unelte, Editura "Dacia" - Cluj-Napoca, 1977
- 21.DRĂGHICI, G., Bazele teoretice ale proiectării proceselor tehnologice în construcția de mașini, Editura Tehnică, București, 1971
- 22.DRĂGHICI, G., Tehnologia construcțiilor de mașini, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1977
- 23.DRĂGHICI, G., Tehnologia tip a pieselor plane, în axe încrucișate, cu profil complex și elicoidal, Editura Tehnică, București, 1977
- 24.DRĂGHICI, G., BUZATU, C., Îndrumar TCM pentru lucrări practice, Universitatea Brașov, 1978
- 25.DUMITRAȘ, C., MILITARU, C., Așchiera metalelor și fiabilitatea sculelor așchietoare, Editura Tehnică, București, 1983
- 26.ENACHE, ST., Calitatea suprafețelor prelucrate, București, Editura Tehnică, 1966
- 27.ENACHE, ST., Legătura dintre structura oțelurilor și prelucrabilitatea lor prin așchiere. În Metalurgia și Construcția de mașini, România, nr.9, 1956
- 28.EPUREANU, A., Tehnologia fabricației mașinilor, Universitatea Galați, 1978

- 29.ETHERIDGE, R.A., HSÜ, T.C. The specific wear rate in cutting tools and its application to the assessment of machinability. În Annals of the CIRP, Anglia, vol. 18, nr. 1, aprilie, 1970
- 30.FORTINO, D., Lavorabilita dei getti di ghisa. În Fonderia, Italia, nr. 2, 1962
- 31.GAVRILAȘ, I., ș.a., Tehnologii de prelucrare cu scule din materiale dure și extradure, Editura Tehnică, București, 1977
- 32.GAVRILAȘ, I., VOICU, N., Tehnologia pieselor tip arbore, bucușă și disc pe mașini-unelte clasice și cu comanda program. Editura Tehnică, București, 1975
- 33.GAVRILAȘ, I., Precizia de prelucrare a pieselor prin așchiere cu secțiune verticală. Buletinul I.P.B., 1973
- 34.GRAMA, L., Tehnologia fabricării mașinilor, vol. I. Institutul de Învățământ Superior, Tg. Mureș, 1989
- 35.HORVÁTH, M., Módszer egyélu forgácsolószerszámok ürtartamának számítására. Gépszergyártástechnologia, VIII. 12 (dec) 556-560, 1967
- 36.HOLLANDA, D., Așchiere și scule așchietoare, Institutul de Învățământ Superior, Tg-Mureș, 1982
- 37.NANU, A, ș.a., Manualul inginerului mecanic. Tehnologia construcției de mașini, București, Editura Tehnică, 1972
- 38.IVAN, N.V., Tehnologia fabricării mașinilor, vol. 1, Universitatea Brașov, 1980
- 39.IVAN, N.V., PIUKOVICI, I., BUZATU, C., T.F.M. - Îndrumar pentru lucrări practice, Universitatea Brașov, 1979
- 40.JONA, M.G., Lavorabilita dei materiali: esigenze industriali e possibilità sperimentali. În Macchine, Italia, nr. 7, 1971
- 41.KRISHNA, R., ARORA, P., Comparison of the methods of machinability rating. În Journal of the Institution of Engineers Mechanical engineering division, India, vol. 48, nr. 9, mai, 1968
- 42.KUCIMA, L. MISKVIN,A., Obrabotívaemosti slifovaniem novíh vísokoleghirovanníh valkovíh stalei. În Vestnik Mașinostroenia, U.R.S.S., nr.1, ianuarie, 1968
- 43.LĂZĂRESCU, D.I., Teoria așchierii metalelor și proiectarea sculelor. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1964

- 44.***L'influence de la structure des aciers de construction sur leur usinabilité. În La pratique des industries mécaniques, Franța, nr.2, februarie, 1959
- 45.MANIE, K., Machinability rating. În Factory, and Plant, Australia, vol 54, nr.10, octombrie, 1966
- 46.***Manualul inginerului mecanic, Editura AGIR, 1949
- 47.MICHELETTI, G.F., Work on Machinability in the Co-operative Group of CIRP and Outside this Group. În Annals of the CIRP, nr. 1, 1970
- 48.MOJAEV, S.S., SAROMOTINA, T.G., Strunjirea rapidă și intensivă a oțelurilor cu rezistență mărită. I.D.T. București, 1958
- 49.MORTAROTTO, E., Effetto del piombo sulla truciolabilità di un acciaio da cementazione. În Macchine, vol. 22, nr. 3, martie, 1967
- 50.OXLEY, P.L., WELSCH, M.J., Un indice de prelucrabilitate dedus pe cale analitică. În prelucrarea metalelor, România, nr.9, 1965
- 51.PETRICEANU, GH., ș.a., Cercetări asupra prelucrării prin strunjire și frezare a oțelului 10NC180 STAS 3583-64. În volumul "Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini - partea I. Institutul Politehnic, Iași, 22-23 decembrie, 1978
- 52.PETRICEANU, GH., Tehnologia construcției de mașini. I.P. Cluj, 1969
- 53.PETRICEANU, GH., GYENGE, CS., MORAR, L., Tehnologia construcției de mașini, Îndrumar, I.P.Cluj, 1974
- 54.POLLACK, H.W., Manufacturing and machine-tool operations (Second Edition) 1979, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey - 07632
- 55.PICOȘ, C., COMAN, GH., SLĂTINEANU, L., GRĂMESCU, T., Prelucrabilitatea prin așchiere a aliajelor feroase, Editura Tehnică, București, 1981
- 56.PICOȘ, C., Tehnologia construcției de mașini, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1974
- 57.PICOȘ, C., ș.a., Calculul adaosurilor de prelucrare și al regimurilor de așchiere, Editura Tehnică, București, 1974
- 58.PICOȘ, C., COMAN, GH., PRUTEANU, O., BADEA, V., Tehnologia construcției de mașini - probleme, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976

59. PICOȘ, C., COMAN, GH., ș.a., Normarea tehnică pentru prelucrări prin așchiere, vol. I, 1979 și vol. II, Editura Tehnică, București, 1982
60. PIEWOWARSKI, E., Fonte de înaltă calitate. Editura Tehnică, București, 1967
61. POPOVICI, C., SAVII, GH., KILLMAN, V., Tehnologia construcției de mașini. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1967
62. PRUTEANU, O., EPUREANU, AL., BOHOSIEVICI, C., GYENGE, CS., Tehnologia fabricării mașinilor, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981
63. POPESCU, I., FETCHE, V., Regimuri de așchiere pentru prelucrări pe mașini-unelte, vol. I, I.I.S. Sibiu, 1980
64. POPESCU, I., DÎRZU, V., Regimuri de așchiere pentru prelucrări pe mașini-unelte, vol. II, I.I.S. Sibiu, 1980
65. RĂDULESCU, AL., VLASE, A., NEAGU, C., Bazele tehnologiei mașinilor-unelte, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982
66. RĂDULESCU, V.R., ZGURA, GH., UNGURELU, L., UNGUREANU, I., Probleme de tehnologia construcțiilor de mașini, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979
67. SLĂTINEANU, L., PICOȘ, D., GRĂMESCU, T., COMAN, GH., Preocupări privind studiul prelucrabilității prin așchiere în laboratorul de tehnologia construcției de mașini de la Institutul politehnic Iași. În volumul "Sesiunea științifică a Institutului Politehnic Cluj-Napoca. Tehnologia construcției de mașini", 28-29 oct, 1978
68. STURZU, A., ș.a., Îndrumător practic uzinal și de laborator pentru controlul preciziei de prelucrare în construcția de mașini. Editura Tehnică, București, 1976
69. STRĂJESCU, E., DORIN, AL., Dependența durabilității efective a sculelor din oțel rapid de rugozitatea fețelor de așezare și de degajare a acestora. În Lucrările conferinței "Tehnologii noi de fabricație în construcția de mașini", Galați, decembrie, 1977
70. SYURAJEW, J., Metody badania skrawalnosci materialow. În Mechanik, R.P. Polonă, vol. 25, nr. 9, 1963
71. TACHE, V., BRAGARU, A., Dispozitive pentru mașini-unelte. Proiectarea schemelor de orientare și fixare a semifabricatelor. Editura Tehnică, București, 1976

- 72.TACHE, V., VLASE, A., Cercetări cu privire la influența conductibilității termice asupra prelucrabilității oțelurilor inoxidabile. În *Lucrările conferinței “Tehnologii noi de fabricație în construcția de mașini”*, vol. I, Galați, decembrie, 1977
- 73.TEODORESCU, M., ș.a., Influența materialului prelucrat asupra mărimii componentei principale a forței de așchiere la strunjire. În *Lucrările conferinței “Tehnologii noi de fabricație în construcția de mașini”*, vol. I, Galați, decembrie, 1977
- 74.TIRPE, GH., *Precizia prelucrării prin așchiere*. Editura Tehnică, București, 1972
- 75.TOLCENOV, T.V., *Normarea tehnică în construcția de mașini*, I.D.T., București, 1976
- 76.VETISKA, A., *Prispevek k otazce obrobitelnosti sede a temperovane litiny*. În *Sleverenstvi R.S. Cehoslovacă*, vol. 17, nr. 45, 1969
- 77.VLASE, A. *Contribuții privind studiul prelucrabilității prin așchiere a oțelurilor inoxidabile de producție indigenă*. Teză de doctorat. Institutul politehnic București, 1977
- 78.VLASE, A., STURZU, A., BERCEA, I., MIHAIL, A., *Regimuri de așchiere, adaosuri de prelucrare și norme tehnice de timp*, Editura Tehnică, București, 1983
- 79.****Dicționar cronologic al științei și tehnicii universale*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1979
- 80.*** Documentație de specialitate-Internet:www.springerlink.com