

TEHNOLOGIA FABRICĂRII UTILAJULUI TEHNOLOGIC

1.	ELEMENTE FUNDAMENTALE ALE PROIECTĂRII PROCESELOR TEHNOLOGICE.....	4
1.1.	Structura procesului tehnologic	4
1.2.	Datele inițiale necesare proiectării proceselor tehnologice	8
1.3.	Tipurile de producție în construcția de mașini	11
1.4.	Tipizarea proceselor tehnologice	13
1.5.	Tehnologicitatea în construcția de mașini	14
1.6.	Metode de obținere a dimensiunilor pieselor	20
2.	PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE FABRICARE A PIESELOR TIPICE ÎN CONSTRUCȚIA DE MASINI.....	25
2.1.	Etapele proiectării procesului tehnologic de fabricare a mașinilor... ..	25
2.2.	Proiectarea procesului tehnologic de fabricare a pieselor	26
2.3.	Fabricarea pieselor de tip arbore	33
2.4.	Fabricarea pieselor de tip alezaj	42
2.5.	Fabricarea roților dințate	48
	Teste de autoevaluare.....	52

BIBLIOGRAFIE

1. Amza Gh., *Tehnologia materialelor – proiectarea proceselor tehnologice*, Editura BREN, București, 2001
2. Antonescu N. N., Nae I., Ionescu C. G., *Tehnologia fabricării utilajului tehnologic - îndrumar de lucrări practice, Precizia prelucrărilor mecanice în construcția de mașini*, Editura Universității din Ploiești, Ploiești, 2004
3. Antonescu N.N., Nae I., Drumeanu A. C., Petrescu M. G., Ionescu C. G., Lăzărescu G., *Toleranțe și control dimensional*, vol. I, II, Editura Universității din Ploiești, 1999
4. Antonescu N. N., Neacșu M., Nae I., Drumeanu A. C., Petrescu M. G., *Mașini - unelte și prelucrări prin așchiere - îndrumar de lucrări practice*, Editura Universității din Ploiești, 1996
5. Antonescu N. N., Minescu M., Nae I., *Tehnologia construcției utilajelor și mașinilor - îndrumar de lucrări practice*, Editura Universității din Ploiești, 1997
6. Minescu M. *Tehnologia materialelor*, Editura Universității din Ploiești, 1996
7. Minescu M., Nae I., *Tehnologii și utilaje în construcția de mașini*, Editura ILEX, București, 2002
8. Minescu M., Nae I., *Tehnologii și utilaje în construcția de mașini*, ediție revizuită, Editura Universității Petrol-Gaze din Ploiești, Ploiești, 2007
9. Neacșu M., Petrescu M. G., Nae I., *Mașini-unelte și prelucrări prin așchiere – Elemente de teoria așchierii*, Editura Universității din Ploiești, 2001
10. Petrescu M. G., Nae I., *Mașini-unelte și prelucrări prin așchiere*, Editura Universității din Ploiești, Ploiești, 2004
11. Rașeev D. D., Oprean I. D., *Tehnologia fabricării și reparării utilajului tehnologic*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983

1. ELEMENTE FUNDAMENTALE ALE PROIECTĂRII PROCESELOR TEHNOLOGICE

În acest capitol:

- ✓ Structura procesului tehnologic
- ✓ Datele inițiale necesare proiectării proceselor tehnologice
- ✓ Tipurile de producție în construcția de mașini
- ✓ Tipizarea proceselor tehnologice
- ✓ Tehnologicitatea în construcția de mașini
- ✓ Metode de obținere a dimensiunilor pieselor

1.1. STRUCTURA PROCESULUI TEHNOLOGIC

Procesul de producție este alcătuit dintr-o succesiune de *procese tehnologice*. **Procesul tehnologic** reprezintă o parte componentă a procesului de producție în decursul căruia se efectuează toate transformările și modificările materialelor, într-o succesiune logică, în mod treptat, în scopul obținerii unui produs.

Transformările fizico-chimice efectuate se pot produce atât în cadrul proceselor tehnologice de extracție, care se execută asupra resurselor naturale și au ca rezultat elaborarea materialelor brute, cât și în procesele tehnologice de prelucrare ce se exercită asupra materialelor brute și au ca rezultat obținerea produselor (fig. 1.1).

În funcție de scopul urmărit, procesele tehnologice utilizate în construcția de mașini și aparate pot conduce la:

- modificarea proprietăților funcționale și tehnologice ale materialelor;
- modificarea formei, dimensiunilor, poziției reciproce și calității suprafețelor semifabricatelor și pieselor;

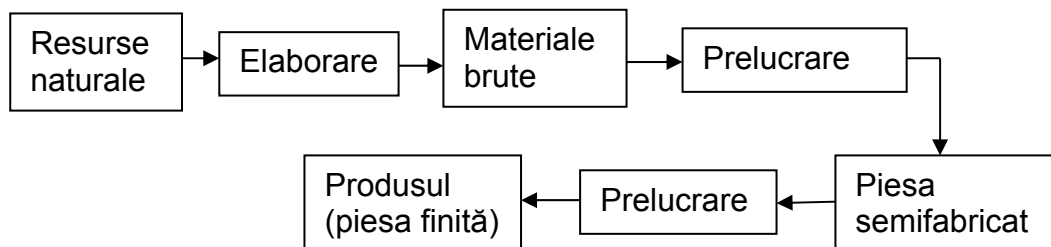


Fig. 1.1. Structura generală a procesului tehnologic.

În funcție de aceste modificări se definesc următoarele categorii de procese tehnologice (fig. 1.2):

- **de elaborare** - se efectuează pentru a se obține metale sau aliaje tehnice

industriale sau de puritate înaltă (fig. 1.3);

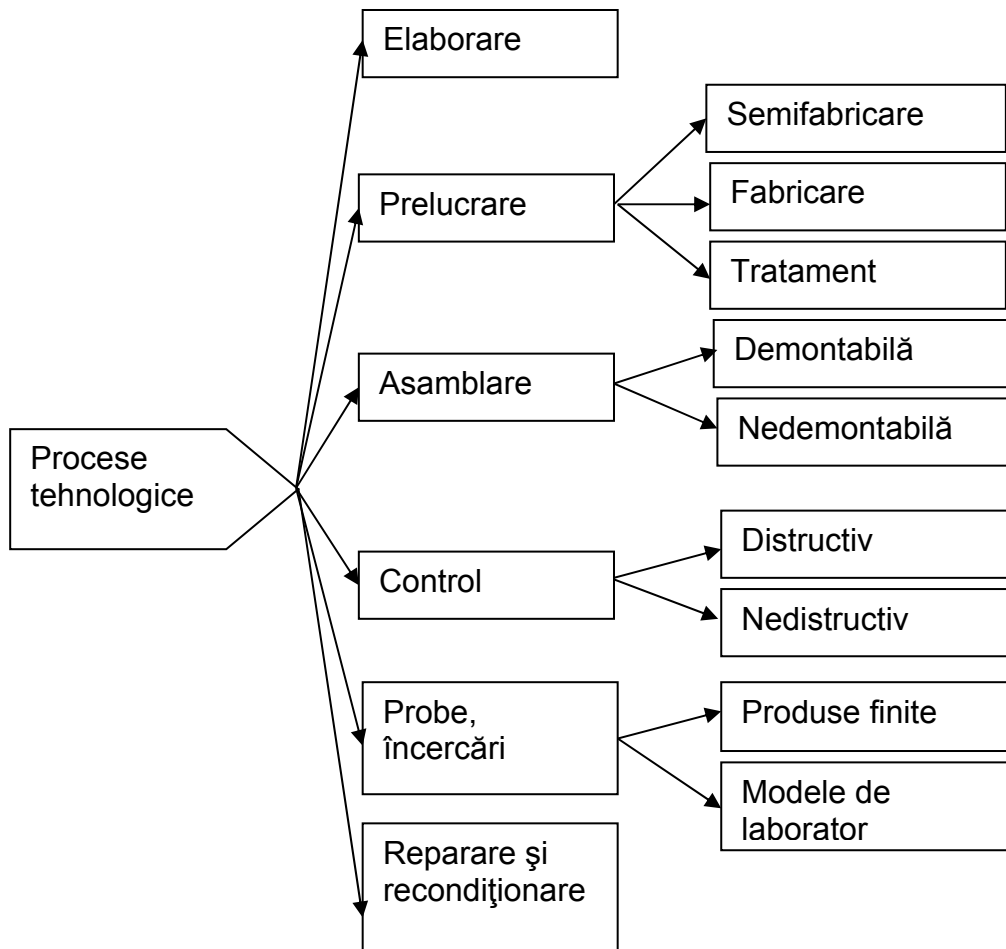


Fig. 1.2. Tipuri de procese tehnologice.

- **de prelucrare** - prin care materiile prime își modifică treptat starea, compoziția, forma, dimensiunile, poziția reciprocă a suprafețelor și rugozitatea rezultând piesa finită sau produsul finit (fig. 1.4);

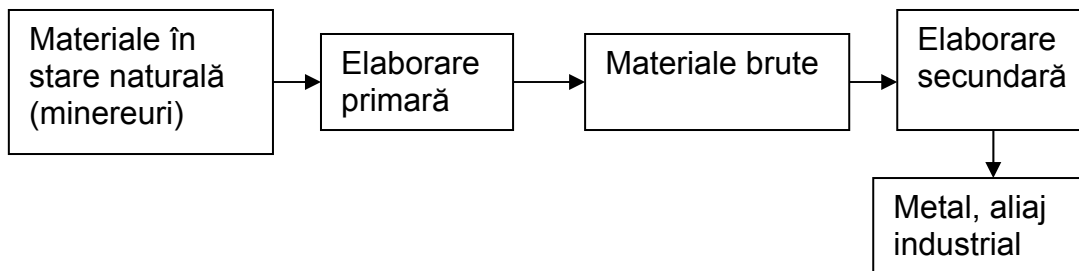


Fig. 1.3. Structura procesului tehnologic de elaborare.

- **de semifabricare** - se aplică pentru obținerea semifabricatelor (lingouri, bare, plăci, table, profile, pulberi, țevi etc.);

- **de fabricare** - cuprinde toate modificările de formă, dimensiuni, poziție reciprocă a suprafețelor și rugozitate în scopul obținerii pieselor finite;

- **de tratament** (*termic, termochimic, termomecanic etc.*) - se aplică în scopul

modificării caracteristicilor fizico-mecanice și/sau tehnologice ale unui material, fie în întreaga masă, fie numai în straturile de la suprafață;

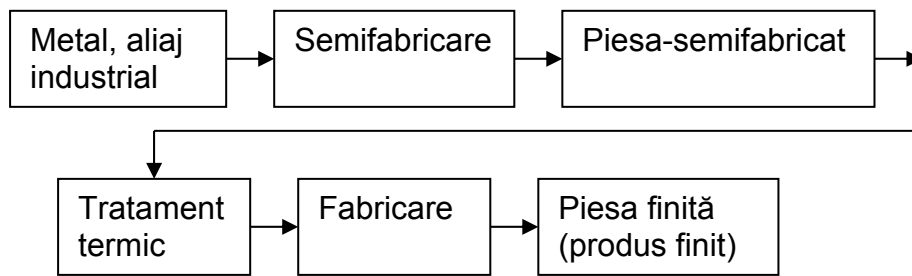


Fig. 1.4. Structura procesului tehnologic de prelucrare.

- **de control** - prin care se determină starea, forma, precizia dimensională, poziția reciprocă a suprafețelor și calitatea pieselor-semifabricat, pieselor finite și respectiv a produselor, în conformitate cu documentația tehnologică (fig. 1.5);

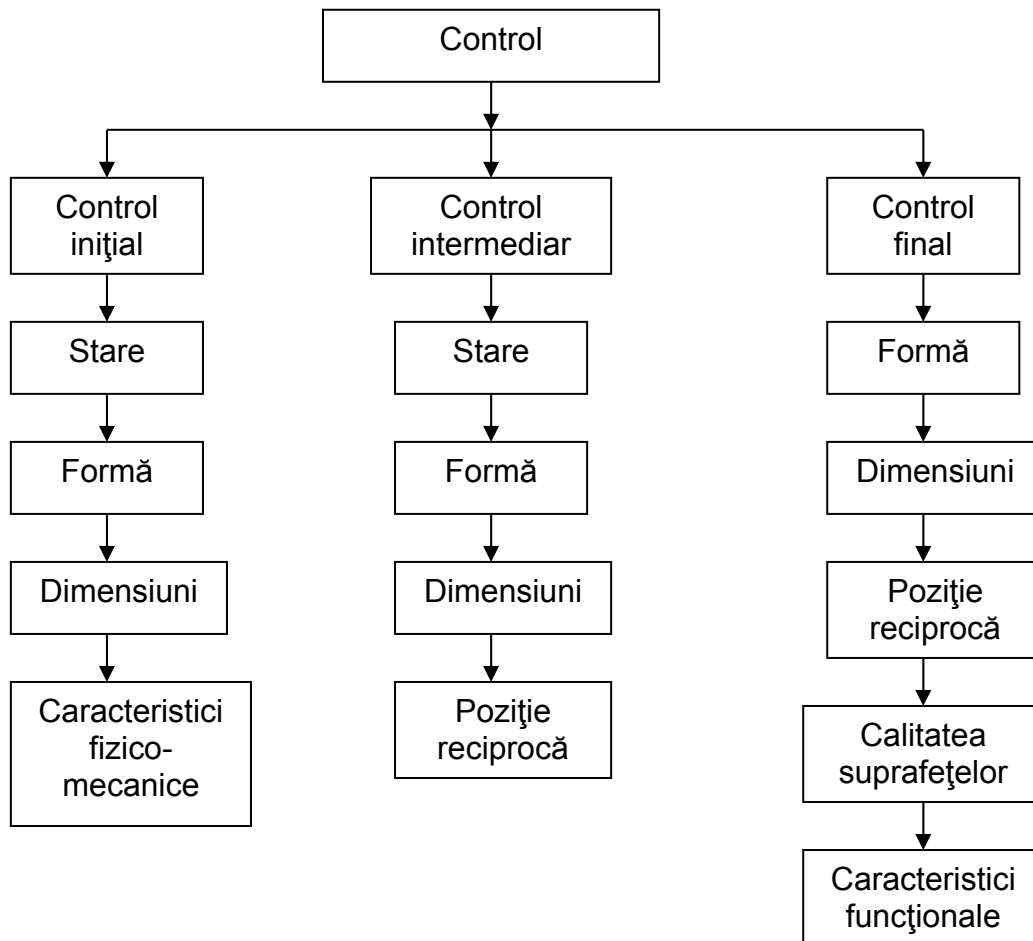


Fig. 1.5. Structura procesului tehnologic de control.

- **de asamblare** - prin care piesele finite sunt grupate într-o succesiune logică, în subansamble, ansamble, agregate (fig. 1.6);

- **de reparare și recondiționare** - prin care pieselor, subansamblelor sau ansamblelor care s-au degradat în timpul funcționării li se restabilesc caracteristicile

inițiale pentru același rol funcțional sau alte caracteristici pentru un alt rol funcțional.

Dintre toate procesele tehnologice necesare executării mașinilor, procesul tehnologic de prelucrare mecanică este cel mai complex.

Elementele componente ale procesului tehnologic de prelucrare mecanică sunt: **operația, așezarea/poziția, faza, trecerea, mânuirea și mișcarea** (fig. 1.7).

Operația reprezintă partea procesului tehnologic care constă în transformarea directă cantitativă și/sau calitativă a obiectului muncii într-un produs finit sau semifabricat cu anumite caracteristici măsurabile. În timpul unei operații rămân neschimbate:

- semifabricatul (sau câteva semifabricate care se prelucurează simultan);
- utilajul (mașina-uneltă) sau locul de muncă;
- operatorul (echipa de lucru).

Convențional operațiile se notează cu cifre romane: I, II, III.....

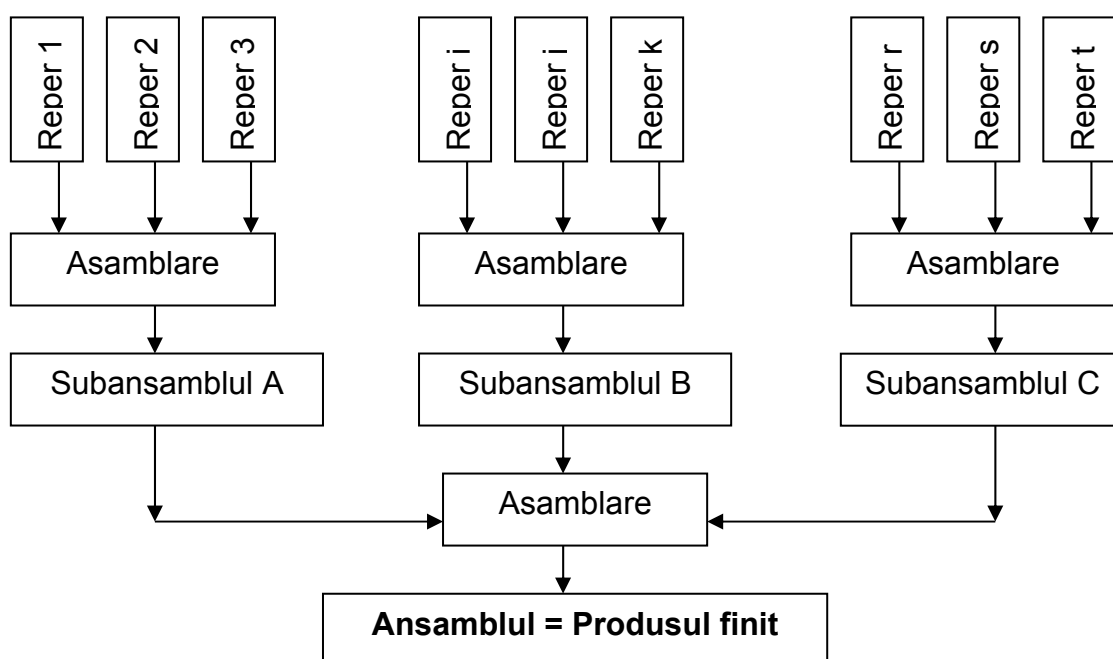


Fig. 1.6. Structura procesului tehnologic de asamblare [1].

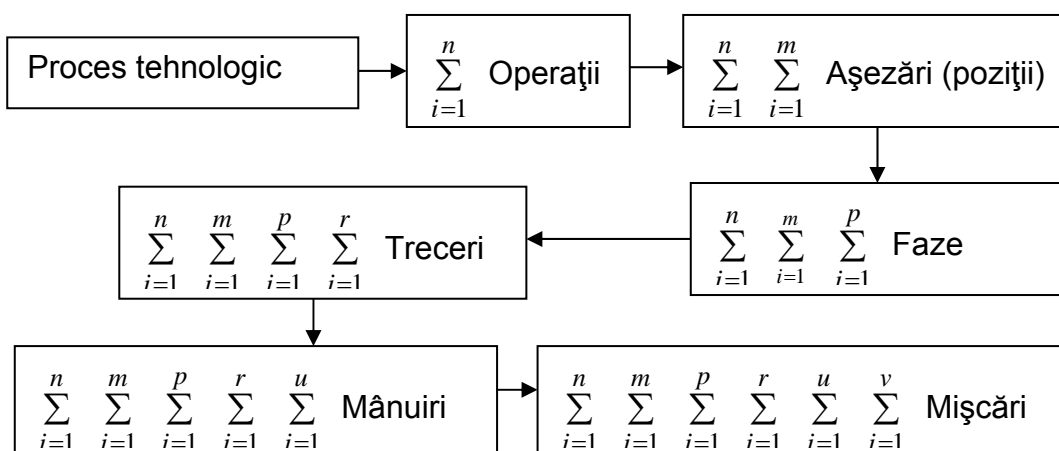


Fig. 1.7. Structura procesului tehnologic de prelucrare mecanică.

Așezarea reprezintă o parte a operației în cadrul căreia rămâne neschimbată bazarea și fixarea semifabricatului în dispozitivul sau pe masa mașinii-unelte utilizate la operația respectivă. Așezarea este specifică prelucrărilor pe mașini-unelte universale.

Poziția reprezintă o parte a operației în care fixarea rămâne neschimbată dar se modifică orientarea piesei față de scula așchietoare sau invers. Poziția este specifică mașinilor-unelte specializate (strungul revolver, strungul semiautomat sau automat, mașini-unelte cu comandă numerică, centre ce prelucrare). Înlocuirea așezărilor cu pozițiile conduce la micșorarea timpului de mașină prin suprapunerea prelucrărilor, reducerea timpilor auxiliari și constituie un element de progres în organizarea proceselor tehnologice de prelucrare mecanică.

Convențional așezarea/poziția se notează cu litere mari: A, B, C, ... în cadrul fiecărei operații.

Faza este o parte a operației care se execută în cadrul unei așezări sau poziții, în cursul căreia rămâne neschimbat regimul de așchiere, semifabricatul suferind o singură transformare tehnologică.

Fazele pot fi:

- *simple* când se prelucrează o singură suprafață cu o singură sculă așchietoare;
- *compuse* când se prelucrează simultan mai multe suprafețe cu mai multe scule așchietoare sau o suprafață cu mai multe scule așchietoare.

Convențional fazele se notează cu cifre arabe: 1, 2, 3, ... (în ordine până la sfârșitul procesului tehnologic).

Trecerea este o parte a fazei prin care se îndepartează un singur strat de metal (se păstrează constante elementele caracteristice ale fazei de lucru). O fază poate fi alcătuită din mai multe treceri care se succed. Se urmărește reducerea numărului de treceri prin alegerea corespunzătoare a semifabricatului.

Convențional trecerea se notează cu cifre arabe în cadrul fiecărei faze: 1.1; 1.2;2.1; 2.2...

Mănuirea constă dintr-un grup de mișcări realizate de operator cu o anumită finalitate, fără îndepărtarea de material. De exemplu: poziționarea și fixarea semifabricatului, pornirea/oprirea mașinii-unelte, cuplarea/decuplarea avansului de lucru, pornirea/oprirea lichidului de răcire ungere, retragerea sculei așchietoare, controlul dimensiunilor piesei, îndepărtarea produsului rezultat etc.

Mișcarea reprezintă cel mai simplu element, măsurabil, în timp, al activității unui executant.

În cadrul procesului tehnologic de prelucrare mecanică a unei piese se elaborează **traseul tehnologic** (*filmul tehnologic, itinerarul tehnologic, ruta tehnologică* etc.) care constă în stabilirea succesiunii operațiilor, așezărilor/pozițiilor și fazelor executate asupra semifabricatului în scopul obținerii produsului finit.

1.2. DATELE INIȚIALE NECESARE PROIECTĂRII PROCESELOR TEHNOLOGICE

Tehnologia de fabricație a unui produs trebuie să satisfacă cerințele impuse de construcție, să asigure realizarea planului de producție în condițiile folosirii bazei materiale puse la dispoziție (mașini-unelte, SDV-uri, semifabricate etc.), respectând anumite condiții economice (cost, productivitatea muncii) și sociale.

În consecință, **datele inițiale - datele de bază** - necesare proiectării procesului tehnologic trebuie să cuprindă (fig. 1.8):

- a) *proiectul de execuție*;
- b) *programul de fabricație*;
- c) *baza materială ce se pune la dispoziție*;
- d) *condițiile economice*;
- e) *condițiile sociale*;
- f) *condițiile de mediu*.

a) **Proiectul de execuție** stabilește *caracteristicile constructive și funcționale* ale produsului și ale pieselor componente care sunt prezentate în documentația ce definește produsul și parametrii lui de exploatare. Prin desene și condițiile tehnice se definesc, pentru toate elementele componente: dimensiunile, forma, poziția reciprocă a suprafețelor, calitatea suprafețelor și abaterile admisibile ale acestora, materialele, tratamentele termice și alte caracteristici speciale.

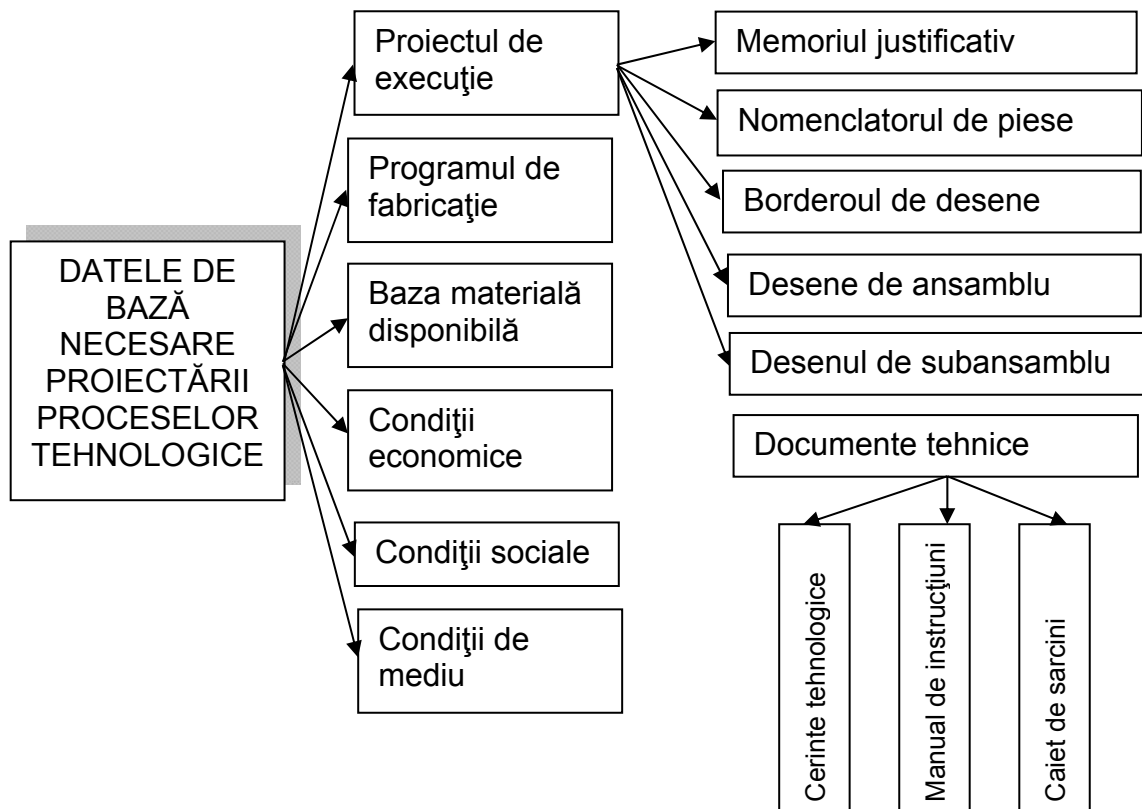


Fig. 1.8. Datele de bază ale procesului tehnologic.

b) **Programul de fabricație** (volumul producției ce trebuie asigurat) este definit prin planul de producție și reprezintă factorul cantitativ care atrage după sine schimbări calitative de organizare a procesului tehnologic.

Astfel, pe măsură ce crește volumul producției, devine eficientă trecerea de la **producția individuală**, în care, la majoritatea locurilor de muncă nu există o succesiune anumită în execuția operațiilor, la **producția de serie**, în care la majoritatea locurilor de muncă se execută serii de piese, stabilite pe baza unor factori tehnologici, economici și organizatorici, o anumită succesiune (bine

determinată) de operații. În cazul unor volume mari de producție se trece la **producția de masă**, în care la majoritatea locurilor de muncă se execută întotdeauna aceleași operații, respectându-se un ritm de producție bine determinat.

La producția individuală fabricatele se execută după comenzi individuale, care nu se repetă, sau se repetă după un timp îndelungat, sortimentul fabricației fiind foarte variat.

La producția de serie, comenzile se repetă după un anumit interval de timp, sortimentul fabricației rămâne același o lungă perioadă de timp, construcția pieselor se schimbă rar, în mod riguros planificat, iar la producția de masă, sortimentul de fabricație este restrâns și rămâne continuu același o lungă perioadă de timp.

c) **Baza materială** ce se pune la dispoziție - datele privind baza materială trebuie să precizeze semifabricatele, mașinile-unelte, utilajele, eventual SDV-urile disponibile. Dacă procesul tehnologic se proiectează pentru o întreprindere existentă trebuie să se țină seama de dotarea acesteia. Dacă procesul tehnologic se proiectează pentru o întreprindere sau un atelier ce urmează a se construi, trebuie cunoscute caracteristicile mașinilor-unelte, utilajelor și semifabricatelor ce vor fi puse la dispoziție.

d) Prin **condiții economice** se precizează dacă proiectarea se va efectua urmărindu-se asigurarea *costului minim* (cazul uzual) sau *productivității maxime*. Proiectarea în condițiile asigurării productivității maxime se aplică atunci când o operație sau executarea unei piese (produs), limitează realizarea unor obiective majore: asigurarea costului minim al produsului, strangulează producția altor industrii etc. În mod evident, la costuri egale, se preferă varianta ce asigură o productivitate mai mare.

e) **Condițiile sociale** se pot referi la soluționarea unor probleme majore privind forța de muncă, amplasarea întreprinderilor etc.

f) **Condițiile de mediu** se referă la impactul pe care îl are procesul tehnologic asupra mediului.

Diferite repere sau piese din produsele respective se confecționează în diferite cantități în unitatea de timp, care poate fi anul, trimestrul sau luna. Cantitatea respectivă de produse sau piese se numește **program** sau **plan de producție** pe durata corespunzătoare.

Cantitatea de produse, piese sau semifabricate care se confecționează conform unui desen de execuție definește **mărimea seriei**. Dacă se trece la o construcție nouă a aceluiași produs (pompe de noroi, robineți, strung etc), piesă sau semifabricat, și se schimbă desenul, atunci se schimbă și numărul sau inițialele seriei.

Ritmul sau **tactul** de fabricație sau de livrare reprezintă intervalul de timp, după care are loc livrarea unui produs, piese sau semifabricat, de la o linie tehnologică, dintr-un atelier, secție sau întreprindere.

Remarcă. Ritmul sau tactul de fabricație sau de livrare a unui reductor este de 5 minute, aceasta înseamnă, că după fiecare 5 minute la capătul liniei tehnologice de asamblare generală se va afla un produs (reductor) în stare de livrare.

Cantitatea de piese de același fel lansată odată în lucru la un loc de muncă sau pe o linie tehnologică se numește **lot**. Mărimea lotului de piese se determină prin calcul.

1.3. TIPURILE DE PRODUCȚIE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Organizarea activităților de producție într-o întreprindere constructoare de mașini trebuie să ia în considerație volumul de producție (numărul de produse identice sau asemănătoare care trebuie realizate într-un interval de timp), tipodimensiunile produselor (masă, dimensiuni) și complexitatea acestora (configurația geometrică, tipurile suprafețelor etc.).

În industria constructoare de mașini există următoarele tipuri de producții (fig. 1.9):

- *producție individuală sau de unicate;*
- *producție de serie;*
- *producție de masă.*

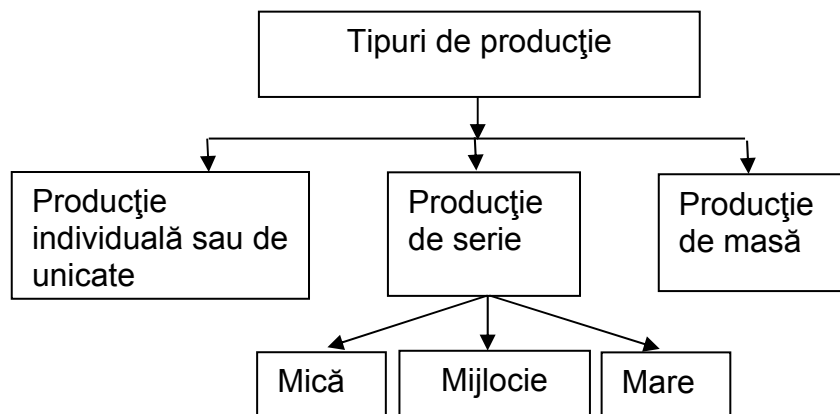


Fig. 1.9. Tipurile de producție.

În **producția de masă** produsele se execută în mod continuu, în cantități relativ mari și pe o perioadă lungă de timp (de obicei de câțiva ani).

O caracteristică principală a producției de masă o constituie nu cantitatea de produse livrate, ci efectuarea la majoritatea locurilor de muncă a acelorași operații cu repetare continuă.

Fabricația de masă constă din produse de aceeași natură (unele standardizate), tipuri stabilizate de largă utilizare.

Se poate defini **producția de masă**, producția acelei întreprinderi în care la majoritatea locurilor de muncă se execută în mod constant succesiv aceeași operație, iar locurile de muncă sunt dispuse în ordinea succesiunii desfășurării procesului tehnologic.

Producția de masă se caracterizează prin:

- fabricarea neîntreruptă, permanentă sau pe o perioadă mare de timp a aceluiași produs;
- organizarea în flux continuu pe linii de fabricație;
- utilizarea mașinilor-unelte speciale și specializate (centre de prelucrare) de mare productivitate;
- utilizarea SDV-urilor specializate;
- calificarea relativ redusă a operatorilor (cu excepția reglorilor, personalului de întreținere a utilajelor);
- productivitatea muncii este deosebit de ridicată;

- costul produselor este scăzut.

Dacă însă la majoritatea locurilor de muncă se execută câteva operații care se repetă periodic, atunci producția acelei întreprinderi este o *producție de serie*.

Remarcă. Producția de masă poate fi aplicată la automobile, motoare electrice, șuruburi, piulițe, șaibe, rulmenți, bunuri de larg consum, televizoare, aparate de radio, organe de asamblare etc.

În **producția de serie** se execută serii de produse și loturi de piese, care se repetă cu regularitate după anumite și bine stabilite perioade de timp.

Producția de serie este o producție cu nomenclatură multiplă. *O caracteristică principală a producției de serie o constituie repetarea periodică a executării aceluiași operații la majoritatea locurilor de muncă.*

În unele cazuri, în uzinele cu producție de masă, în anumite secții lucrul se desfășoară în *serie*. Astfel, în paralel cu asamblarea generală a mașinii și a ansamblelor care necesită un volum mare de muncă se desfășoară și asamblarea în serie a ansamblelor care necesită un volum mai mic de muncă. Prelucrarea mecanică a pieselor mai simple se face de asemenea în serie.

Producția de serie se caracterizează prin:

- fabricarea produselor în loturi sau serii de fabricație, care se repetă regulat la anumite intervale de timp;
- în funcție de mărimea loturilor de fabricație și de complexitatea produselor producția de serie poate fi: de serie mică, de serie mijlocie și de serie mare;
- mașinile-unelte, utilajele și echipamentele utilizate pot fi universale sau specializate;
- calificarea medie a operatorilor (cu excepția reglorilor, personalului de întreținere a utilajelor pentru care se impune specializare înaltă);
- productivitatea muncii este ridicată;
- costul produselor este relativ scăzut.

În atelierele de presare la rece a tablelor, în atelierele de forjă a întreprinderilor cu producția de masă, datorită productivității foarte mari a utilajelor pentru aceste prelucrări, lucrul se desfășoară pe principiile producției de serie.

Producția de serie, în funcție de caracteristica ei principală, în unele cazuri se poate apropia de producția de masă, când se numește *producție de serie mare*, sau se poate apropia de producția individuală, când se numește *producție de serie mică*.

Remarcă. Producția de serie poate fi aplicată la mașini-unelte, motoare cu ardere internă, pompe, compresoare, utilaje pentru industria alimentară, trolitul de foraj, mese rotative, pompe de noroi, sape de foraj etc.

În **producția individuală** sau **de unicate** se execută produse într-o nomenclatură foarte variată în cantități mici, în majoritate unicate. Datorită acestui fapt producția individuală trebuie să fie universală și foarte elastică, pentru a putea executa nomenclatura foarte variată de produse.

Dacă în repetarea executării operațiilor la locurile de muncă nu există o periodicitate planificată, atunci producția întreprinderi respective este *individuală* sau *de unicate*.

Producția individuală sau de unicate se caracterizează prin:

- fabricarea produsului într-un exemplar sau în număr redus de exemplare;
- utilizarea mașinilor-unelte și a dispozitivelor universale;

- calificarea înaltă a operatorilor;
- productivitatea muncii este redusă;
- costul produselor este ridicat.

Produsele executate în acest tip de producție fie că nu se mai repetă, fie că se repetă după intervale de timp neprevăzute. Caracteristica principală a producției individuale o constituie executarea la locurile de muncă a unei variate game de operații diferite, fără o repetare periodică a lor. Produsele acestui tip de producție sunt echipamente care nu au o utilizare largă, executate pe comenzi speciale.

Remarcă. 1. Producția individuală este proprie industriei constructoare de mașini grele, ale cărei produse sunt hidroturbine mari, mașini-unelte grele unicate, utilaje metalurgice, standuri de probă, prototipuri, aparatură din industria petrochimică etc.

2. Divizarea uzinelor constructoare de mașini după tipuri de producție este *convențională*.

1.4. TIPIZAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE

Una din metodele de introducere a tehnicii avansate și de reducere a cheltuielilor legate de proiectarea proceselor tehnologice și de execuție a fabricatelor o constituie tipizarea proceselor tehnologice.

Tipizarea proceselor tehnologice constă în divizarea pieselor în categorii, pe baza similitudinii constructive și tehnologice, elaborarea, pe bază de cercetare, experiență și tehnică avansată, a unor procese tehnologice tip și aplicarea lor în practică, pentru toate piesele care se găsesc în categoria respectivă.

Se utilizează curent două metode de tipizare a proceselor tehnologice:

1) **Tipizarea pe baza caracterului comun al conținutului și ordinii operațiilor tehnologice**, ce împarte piesele în:

- **clase**, ce cuprind piesele care se caracterizează prin identitatea problemelor tehnologice ce urmează a fi rezolvate (la presele mecanice factorul determinant este forma piesei);
- **tipuri**, ce cuprind piesele care se caracterizează prin identitatea proceselor tehnologice, respectiv a conținutului operațiilor;
- **grupe**, împărțind piesele în concordanță cu treptele de dimensiuni ale utilajelor sau mașinilor-unelte, necesare efectuării proceselor tehnologice.

Tipizarea pe baza caracterului comun al conținutului și ordinii operațiilor tehnologice este indicată la efectuarea unor studii și cercetări tehnologice. Piesele componente ale unei mașini se împart în piese din clasa arbore, alezaj, corp de mașină etc., forma acestora impunând rezolvarea unor anumite probleme tehnologice care, în final, determină mașinile-unelte necesare prelucrării mecanice.

2) **Tipizarea pe baza caracterului comun al utilajului tehnologic necesar realizării procesului tehnologic**, ce împarte piesele în:

- **clase**, ce cuprind piesele după felul prelucrării realizate folosind anumite utilaje sau mașini-unelte;
- **grupe**, ce cuprind piesele care impun un anumit echipament tehnologic și reglarea utilajului sau mașinii-unelte, dependente de dimensiunile, felul semifabricatului, numărul de piese, prescripțiile desenului.

Această tipizare este adecvată soluționării unor probleme concrete de producție. Concomitent cu forma se ia în considerație și mașina-unealtă necesară executării prelucrării.

Remarcă. În aceeași clasă sunt incluse piese arbore și piese alezaj, capabile a fi prelucrate pe un anumit tip de strung (strung normal, strung automat, strung cu comandă numerică etc.)

Procesele tehnologice pot fi alcătuite după două principii ținând seama de traseul tehnologic:

a) Diferențierea operațiilor, când piesele se prelucrează pe un număr relativ mare de mașini-unelte, fiecare executând un singur tip de prelucrare; prezintă avantajul folosirii mașinilor-unelte universale, nu este necesar personal cu o calificare ridicată, procesul tehnologic este elastic, fără investiții importante se poate trece la o nouă fabricație.

b) Concentrarea operațiilor când se folosește un număr mic de mașini-unelte și utilaje specializate de înaltă productivitate, care pot executa simultan mai multe prelucrări, operațiile diferențiindu-se numai la prelucrările de mare finețe; avantajul constă în creșterea preciziei, a productivității și în eficiența economică ridicată, în special la producția de mare serie și de masă, când se amortizează mai repede costul relativ ridicat al mașinilor-unelte, utilajelor și dispozitivelor speciale.

Tipizarea proceselor tehnologice asigură introducerea în practică a tehnicii noi, simplifică și reduce timpul necesar elaborării proceselor tehnologice și creează premisele obiective pentru specializarea întreprinderilor de profil și lărgirea cooperării dintre acestea.

1.5. TEHNOLOGICITATEA ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

1.5.1. Aspecte generale

Procesul tehnologic trebuie să se desfășoare cu un minimum de efort și un maximum de rezultate. Aceasta presupune ca orice proces tehnologic să fie proiectat, adică să fie stabilit anterior în mod detaliat și să fie adoptată varianta optimă din mai multe variante posibile.

Proiectarea procesului tehnologic cuprinde:

- **proiectarea funcțională** – conceperea produsului astfel încât să corespundă cerințelor funcționale impuse;
- **proiectarea tehnologică** – conceperea produsului astfel încât să fie realizat printr-o tehnologie care să respecte cerințele tehnico-economice de fabricație.

În acest context, se stabilește o determinare reciprocă a proiectării produsului și proiectării tehnologiei de fabricație: nu numai cerințele calitative ale produsului impun stabilirea procesului tehnologic, ci și tehnologia impune definitivarea soluției constructive a produsului. Apare în acest fel o nouă noțiune denumită tehnologicitatea construcției produsului.

Tehnologicitatea în construcția de mașini este o caracteristică complexă, care arată măsura în care soluția constructivă satisface condițiile practice de

fabricare, permite fabricarea folosind tehnica avansată, la un cost minim, cu productivitate ridicată, în volumul cerut și în condițiile date, asigură întreținerea și repararea ușoară și respectă cerințele sociale și de exploatare.

Tehnologicitatea este o categorie evolutivă ce se modifică cu progresul tehnic și cu schimbarea condițiilor de fabricație (tipul și programul de producție, mașinile-unelte și utilajele folosite etc.). Ea se reflectă în toate etapele procesului de fabricație: elaborarea semifabricatelor, prelucrările mecanice, tratamentul termic, sudarea, montajul și controlul tehnic.

Aprecierea tehnologicității se face pe baza unei analize critice a construcției și a variantelor echivalente, în cadrul colaborării strânse dintre proiectant și tehnolog.

Aprecierea tehnologicității se efectuează prin intermediul unor indicatori absoluți sau relativi, cei mai utilizați fiind prezentați în continuare.

a) **Indicatorul de utilizare a materialului I_{UM}** este definit de relația:

$$I_{UM} = \frac{m_p}{m_{sf}} \quad (1.1)$$

în care: m_p reprezintă masa piesei; m_{sf} – masa semifabricatului. Se recomandă: $I_{UM} = 0,45...0,70$. Cu cât valoarea indicatorului tinde către valoarea 1 cu atât volumul de material care se îndepărtează prin așchiere este mai mic.

b) **Indicatorul de standardizare I_{STAS}** este definit de relația:

$$I_{STAS} = \frac{N_{p,STAS}}{N_{p,T}} \quad (1.2)$$

în care: $N_{p,STAS}$ reprezintă numărul pieselor standardizate și normalizate; $N_{p,T}$ – numărul total de piese ale produsului finit (mașină, utilaj, aparat etc.) Se recomandă: $I_{STAS} = 0,27...0,35$. Cu cât valoarea indicatorului tinde către valoarea 1 cu atât numărul pieselor standardizate și normalizate din componența produsului este mai mare.

c) **Indicatorul de utilizare a pieselor de la alte fabricate $I_{U,F}$** este definit de relația:

$$I_{U,F} = \frac{N_{p,FA}}{N_{p,T}} \quad (1.3)$$

în care: $N_{p,FA}$ reprezintă numărul de piese fabricate anterior; $N_{p,T}$ – numărul total de piese ale produsului finit (mașină, utilaj, aparat etc.). Se recomandă: $I_{U,F} = 0,4...0,7$. Cu cât valoarea indicatorului tinde către valoarea 1 cu atât numărul pieselor fabricate anterior din componența produsului este mai mare.

d) **Indicatorul volumului de lucru la montaj I_{VLM}** este definit de relația:

$$I_{VLM} = \frac{V_{LM}}{V_{LPM}} \quad (1.4)$$

în care: V_{LM} reprezintă volumul de lucru la montaj; V_{LPM} – volumul de lucru al prelucrărilor mecanice. Se recomandă: $I_{VLM} = 0,25...0,55$.

e) **Indicatorul volumului de lucru la ajustare I_{VLA}** este definit de relația:

$$I_{VLA} = \frac{V_{LA}}{V_{LM}} \quad (1.5)$$

în care: V_{LA} reprezintă volumul de lucru la ajustare; V_{LM} – volumul de lucru la montaj. Se recomandă: $I_{VLA} = 0,10...0,15$.

1.5.2. Tehnologicitatea construcției la prelucrarea mecanică

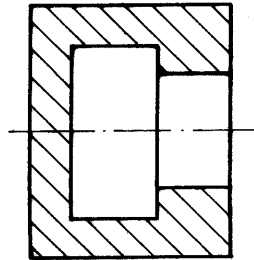
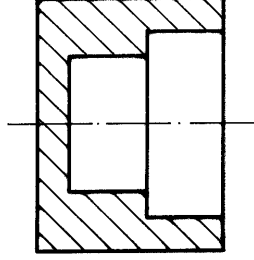
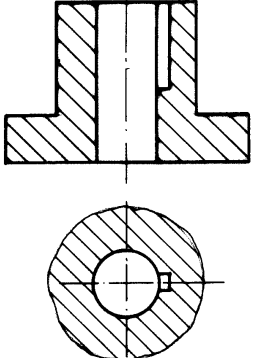
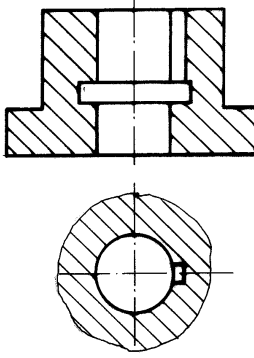
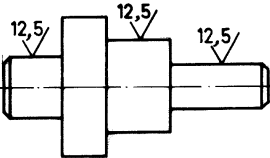
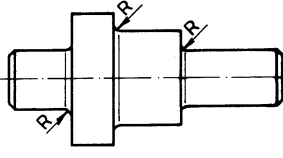
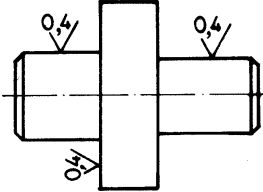
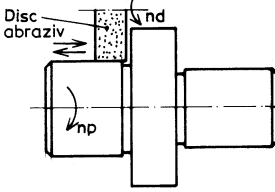
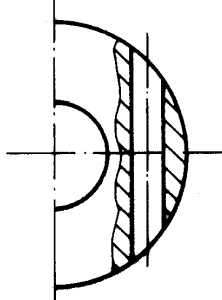
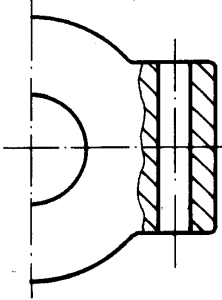
Tehnologicitatea construcției pieselor impune forme constructive ce pot fi realizate fără dificultăți prin prelucrare mecanică.

În tabelul 1.1 sunt prezentate soluții constructive ale unor piese impuse prin cerințele tehnologice.

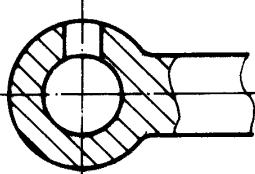
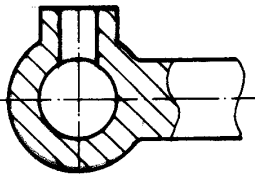
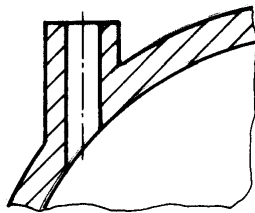
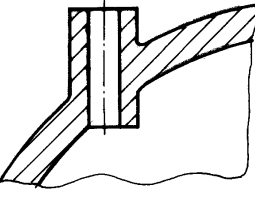
Tabelul 1.1. Construcții tehnologice și netehnologice ale diferitelor piese.

Cerințele tehnologice	Construcția		Avantajele construcției tehnologice
	Netehnologică	Tehnologică	
1	2	3	4
Se recomandă ca suprafețele plane prelucrate să fie coplanare			1) Posibilitatea prelucrării simultane a ambelor suprafețe. 2) Simplificarea controlului.
Se recomandă ca filetele să prezinte degajare			1) Se evită trecerile bruște de la o secțiune la alta. 2) Manevrabilitatea corespunzătoare a sculei așchietoare în timpul procesului tehnologic.

Tabelul 1.1. (continuare)

1	2	3	4
<p>Pentru alezajele înfundate se recomandă ca mărimea diametrelor să scadă către partea înfundată.</p>			<p>1) Supravegherea facilă a procesului de aşchiere. 2) Controlul se realizează în condiții avantajoase (rapiditate, ușurința de citire a indicațiilor aparatelor).</p>
<p>Canalele de pană interioare vor fi prevăzute cu degajare</p>			<p>1) Protejarea sculei aşchietoare. 2) Finalizarea corespunzătoare a suprafeței canalului de pană.</p>
<p>La strunjirea arborilor în trepte, trecerile de la un diametru la altul, vor fi realizate cu raze de racordare</p>			<p>Se evită concentratorii de tensiuni</p>
<p>La rectificarea arborilor în trepte vor fi prevăzute degajări.</p>			<p>1) Protejarea sculei aşchietoare. 2) Finalizarea corespunzătoare a suprafeței generate.</p>
<p>Intrarea și ieșirea burghiului să fie perpendiculară pe suprafața plană.</p>			<p>1) Prevenirea ruperii sculei aşchietoare. 2) Creșterea productivității.</p>

Tabelul 1.1. (continuare)

1	2	3	4
			
			

Cerințele de tehnologicitate se pot modifica odată cu condițiile de fabricație, cu schimbarea programului de producție și a mașinilor-unelte folosite.

Astfel, prelucrarea piesei bucsă (fig. 1.10) pentru cazul producției individuale se execută pe strungul normal (tabelul 1.2). Dacă numărul de piese ce se execută crește, atunci se trece la producția de serie, execuția piesei putând să fie efectuată pe un strung cu comandă numerică (fig. 1.11).

Rezultă că trecerea de la un tip de producție la altul, poate conduce la adaptarea formei constructive a piesei, fără a afecta funcționarea normală a acesteia, având drept consecințe reducerea numărului de așezări, creșterea preciziei de execuție și în final reducerea costul prelucrărilor mecanice.

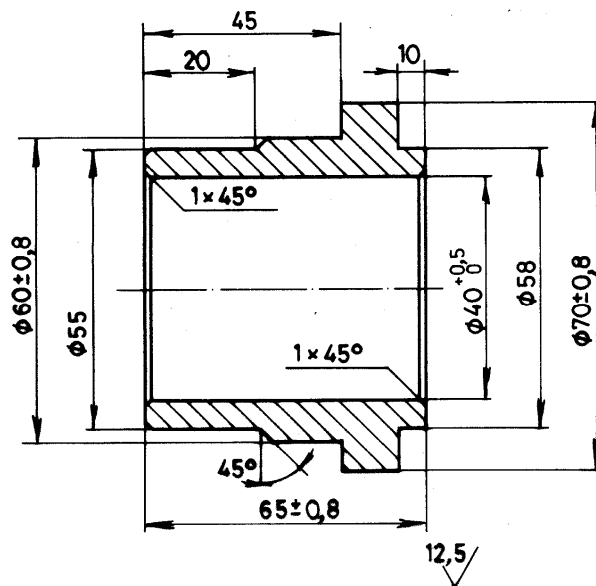


Fig. 1.10. Bucșă – desen de execuție.

Tabelul 1.2. Succesiunea operațiilor, așezărilor și fazelor la prelucrarea mecanică a reperului bucsă.

Operația	Așezarea	Faza	Denumire a fazei	Schița așezării
I. Strunjire de degroșare	A	1	Strunjire frontală	
		2	Strunjire cilindrică exterioară	
		3	Strunjire frontală	
		4	Strunjire cilindrică exterioară	
		5	Teșire 1×45°	
		6	Strunjire cilindrică interioară	
		7	Retezare	
	B	8	Strunjire frontală	
		9	Strunjire cilindrică exterioară	
		10	Strunjire frontală	
		11	Strunjire cilindrică exterioară	
		12	Teșire 1×45°	
		13	Teșire 1×45°	

Notă. Semifabricatul utilizat este țevă cu pereții groși.

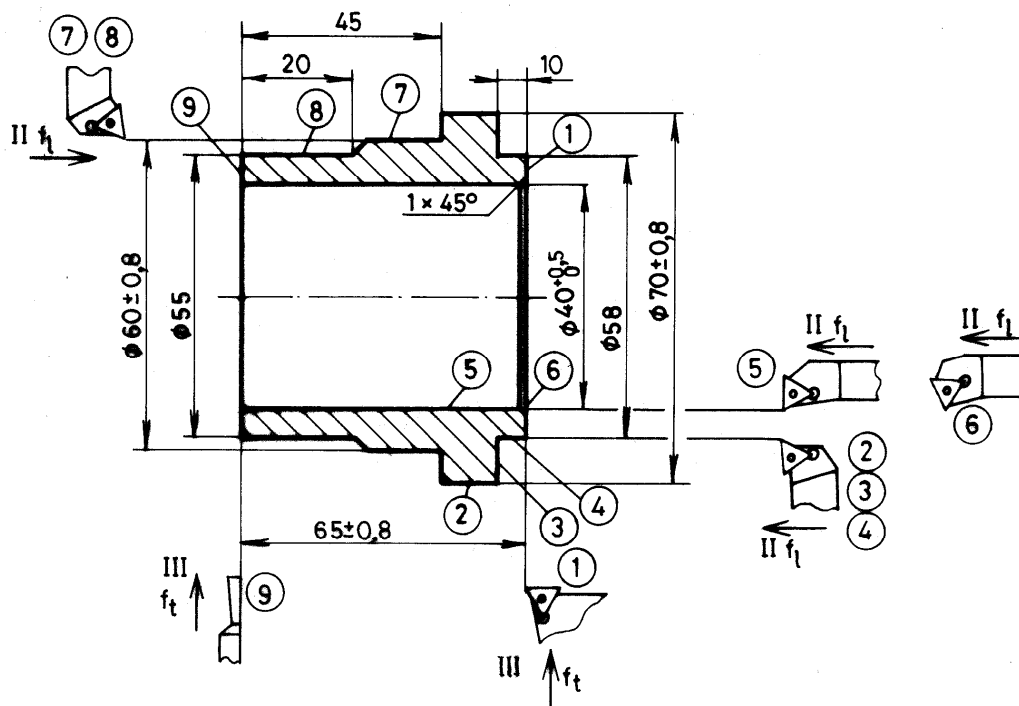


Fig. 1.11. Prelucrarea reperului bucsă pe strungul cu comandă numerică.

Tehnologicitatea construcției se îmbunătățește și se definitivează în cursul procesului de realizare a prototipului și încercărilor de omologare a produsului.

1.6. METODE DE OBTINERE A DIMENSIUNILOR PIESELOR

Parametrii dimensionali ai pieselor sunt impuși de către proiectant prin desenul de execuție. Înainte de prelucrarea mecanică a piesei se execută reglarea mașinii-unelte (fig. 1.12).

Reglarea mașinii-unelte cuprinde totalitatea acțiunilor necesare pregătirii mașinii-unelte pentru executarea unei operații.

Dimensiunile prescrise piesei se pot obține prin următoarele metode:

a) **Metoda prelucrării pieselor după trasaj.**

Principiul metodei. Metoda constă în verificarea corespondenței semifabricatului cu desenul piesei și trasarea pe piesă a unor repere ce indică limitele prelucrării mecanice, eventual reperele necesare bazării, fixării sau controlului final al piesei (fig. 1.13).

Avantaje și dezavantaje. Utilizând această metodă de prelucrare se asigură precizie și productivitate relativ scăzute și se impune calificare ridicată a operatorilor.

Domeniul de aplicare. Se aplică la producția individuală și de mică serie și la prelucrarea pieselor de dimensiuni mari.

b) **Metoda de prelucrare a pieselor prin aproximări succesive (așchii de probă).**

Principiul metodei. Metoda constă în îndepărtarea de așchii successive, verificarea dimensiunii obținute prin măsurarea și corectarea în consecință a poziției sculei așchietoare. Se prelucrează prin treceri succesive, corectându-se de fiecare

dată erorile prelucrării precedente (fig. 1.14).

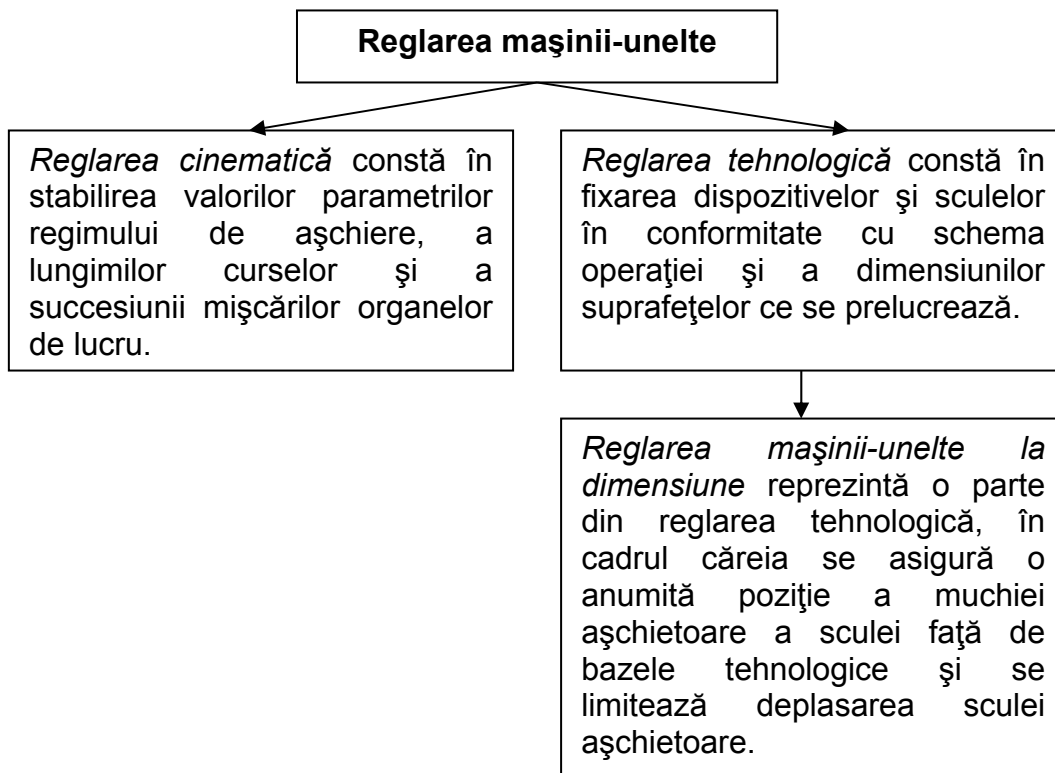


Fig. 1.12. Reglarea mașinii-unelte.

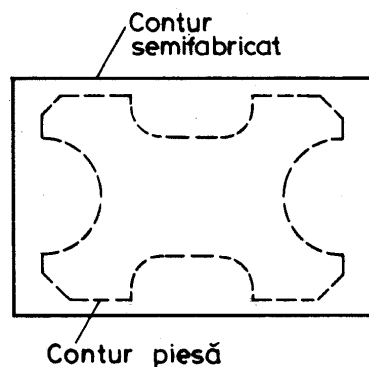


Fig. 1.13. Principiul de lucru al metodei prelucrării pieselor după trasaj.

Precizia depinde de aşchia minimă ce poate fi îndepărtată (la sculele aşchietoare metalice corespunzător ascuțite, ea este de aproximativ de 5 μm , iar la sculele aşchietoare puțin uzate, de 20...50 μm).

Avantaje și dezavantaje. Productivitatea este scăzută și se cere o calificare ridicată a operatorilor.

Domeniul de aplicare. Metoda se aplică la producția individuală sau la prelucrarea unor serii mici de piese.

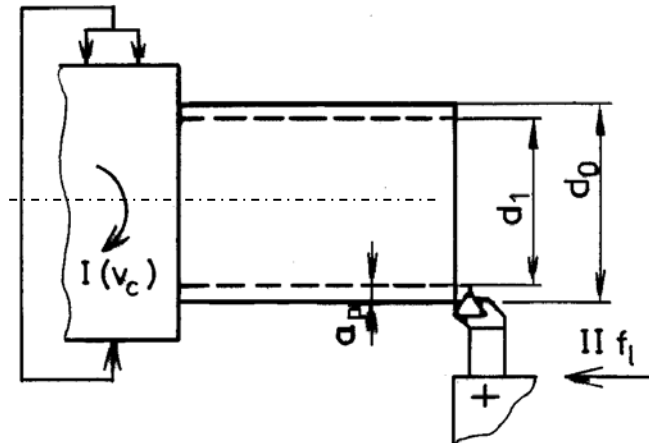


Fig. 1.14. Principiul de lucru al metodei prelucrării pieselor prin treceri succesive:

- d_0 – diametrul inițial; d_1 – diametrul după prelucrare;
- a_p – adâncimea de așchiere pe trecere;
- f_l – anansul longitudinal al sculei așchietoare;
- v_c – viteza de așchiere;
- I – mișcarea principală de așchiere;
- II – mișcarea secundară de avans longitudinal.

c) Metoda de prelucrare a pieselor prin reglare la dimensiune.

Principiul metodei. Metoda constă în așezarea semifabricatului și a sculei așchietoare într-o poziție determinată față de mașina-unealtă și prelucrarea seriei de piese fără măsurători (fig. 1.15). Deplasarea sculei așchietoare față de semifabricat este limitată prin dispozitive speciale (opritori O_{p1} , O_{p2} – fig. 1.15)

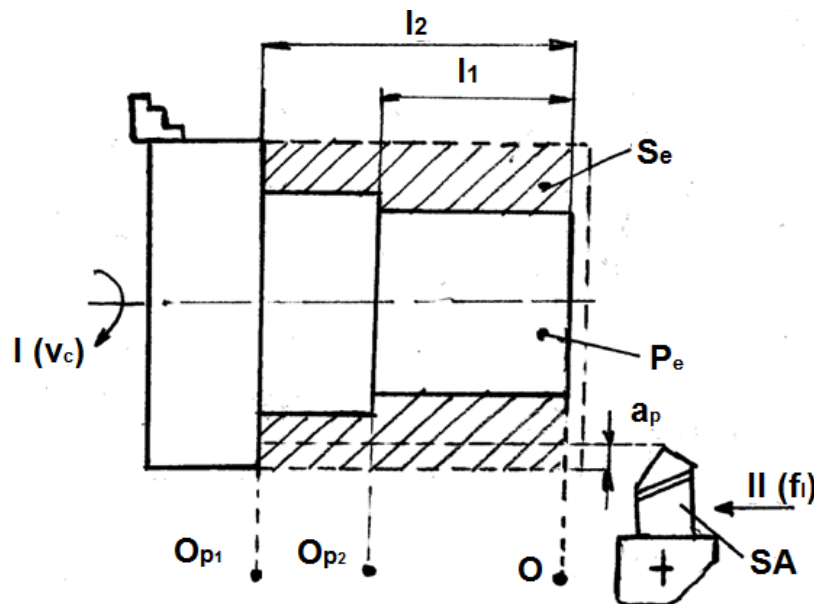


Fig. 1.15. Principiul de lucru al metodei prelucrării pieselor prin reglare la dimensiuni:

- O_{p1} , O_{p2} – opritor pentru obținerea dimensiunilor liniare l_1 , respectiv l_2 ; I – mișcarea principală de așchiere; II – mișcarea secundară de avans longitudinal.; a_p – adâncimea de așchiere pe trecere;
- f_l – avansul longitudinal al sculei așchietoare; v_c – viteza de așchiere;
- O – reper pentru reglare; P_e – piesa etalon; SA – scula așchietoare; S_e – semifabricat.

Reglarea se poate efectua prin două procedee:

- *piese de probă*, a căror dimensiuni se controlează în timpul prelucrării;
- *piese etalon*, la care reglare se efectuează înainte de începerea prelucrării.

Se pot prelucra simultan mai multe suprafețe cu mai multe scule așchietoare sau mai multe piese.

Avantaje și dezavantaje. Metoda asigură creșterea productivității prelucrării. Ca dezavantaj, precizia de prelucrare obținută depinde de reglarea mașinii-unelte. Această modalitate de lucru care reprezintă un factor subiectiv depinde de calificarea reglorului.

Domeniul de aplicare. Metoda reglării la dimensiune se aplică la producția de serie și de masă. Se reduce timpul de prelucrare, se pot folosi operatori mai puțin calificați, în schimb sunt necesare scule așchietoare și dispozitive speciale, reglari calificați și control interoperațional.

d) Metoda de prelucrare a pieselor prin copiere.

Principiul metodei. Metoda constă în utilizarea dispozitivelor automate care asigură transmiterea informațiilor de la un palpator la scula așchietoare. Palpatorul urmărește profilul șablonului (piesei etalon). Orice mișcare a palpatorului este transmisă sculei așchietoare care execută prelucrarea semifabricatului (fig. 1.16).

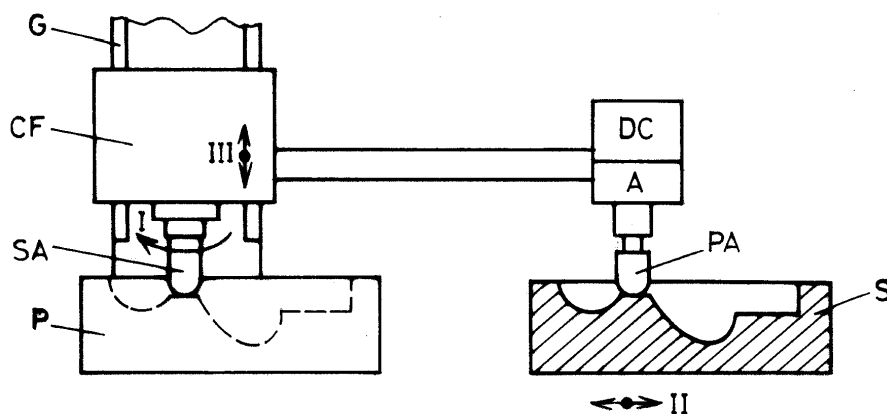


Fig. 1.16. Principiul de lucru al metodei prelucrării pieselor prin copiere:

- S – șablon; PA – palpator; A – amplificator; DC – dispozitiv de comandă;
 P – piesă; SA – scula așchietoare; CF – cap de frezare; G – ghidaj;
 I – mișcarea principală de așchiere;
 II – mișcarea de avans de transport; III – mișcarea de avans de copiere.

Avantaje și dezavantaje. Productivitatea este ridicată, se cere o calificare ridicată a operatorilor. Este complicat de realizat șablonul.

Reglarea mașinii-unelte necesită un volum mare de lucru.

Domeniul de aplicare. Se aplică la producție de serie mare și de masă; în unele cazuri poate fi aplicată rațional și la producția de serie mică.

e) Metoda de prelucrare a pieselor cu obținerea automată a dimensiunilor.

Principiul metodei. Metoda constă în utilizarea dispozitivelor automate care asigură reglarea mașinii-unelte și obținerea dimensiunilor prescrise piesei. Astfel, se

folosește reglarea automată continuă a mașinii-unelte, utilizând dispozitive ce corectează reglarea în funcție de dimensiunile ce se obțin în timpul prelucrării (folosirea legăturii inverse – fig. 1.17), precum și mașini-unelte cu comandă după program.

Avantaje și dezavantaje. Productivitatea este ridicată, se cere o calificare ridicată a operatorilor.

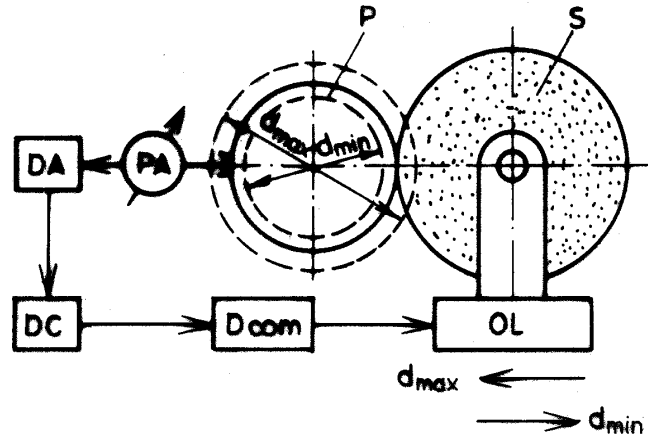


Fig. 1.17. Principiul de lucru al metodei prelucrării pieselor cu obținerea automată a dimensiunilor:

P – piesa ce se prelucrează; S – scula așchietoare;
 PA – palpator; DA – dispozitiv de amplificare; DC – dispozitiv de comparare;
 D_{com} – dispozitiv de comandă; OL – organ de lucru.

Domeniul de aplicare. Se aplică la producția de serie mare și de masă; în unele cazuri poate fi aplicată rațional și la producția de serie mică.

2. PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE FABRICARE A PIESELOR TIPICE ÎN CONSTRUCȚIA DE MASINI

În acest capitol:

- ✓ Etapele proiectării procesului tehnologic de fabricare a mașinilor
- ✓ Proiectarea procesului tehnologic de fabricare a pieselor
- ✓ Fabricarea pieselor de tip arbore
- ✓ Fabricarea pieselor de tip alezaj
- ✓ Fabricarea roților dințate

2.1. ETAPELE PROIECTĂRII PROCESULUI TEHNOLOGIC DE FABRICARE A MAȘINILOR

Proiectarea procesului tehnologic de execuție a unei mașini sau aparaturi trebuie să asigure fabricația acesteia în condițiile eficienței economice maxime, corespunzătoare destinației ei de serviciu, în acest scop se recomandă proiectarea în următoarea succesiune:

1) Cercetarea caracteristicilor și parametrilor de exploatare a mașinii sau, aparaturii, folosind cartea tehnică a produsului, condițiile tehnice și normele de exploatare.

2) Definitivarea programului de producție.

3) Analiza critică a desenelor de execuție a fabricatului și a pieselor componente pe baza analizei dimensionale și a cercetării critice a materialelor, tratamentelor termice, prescripțiilor de control etc. Eliminarea greșelilor și îmbunătățirea tehnologicității construcției.

4) Proiectarea procesului tehnologic de montaj general și al montării ansamblurilor și subansamblurilor.

5) Proiectarea procesului tehnologic de elaborare a semifabricatelor, întocmirea desenelor și condițiilor tehnice pentru semifabricate.

6) Proiectarea procesului tehnologic de executare a pieselor. Stabilirea parametrilor tuturor treptelor procesului tehnologic; normarea tehnică, calculul costului de producție și întocmirea documentației tehnologice.

7) Proiectarea SDV-urilor.

8) Proiectarea etapelor și normelor de control tehnic.

9) Introducerea în practică a procesului tehnologic proiectat, corectarea lui pe această bază, eliminarea greșelilor și asigurarea unei fabricații stabile cu respectarea tuturor parametrilor.

La toate etapele de proiectare a procesului tehnologic trebuie stabilite variantele optime, comparând pe baza criteriilor economice și de calitate, variante echivalente din punct de vedere tehnic.

2.2. PROIECTAREA PROCESULUI TEHNOLOGIC DE FABRICARE A PIESELOR

A. Etapele proiectării procesului tehnologic. Proiectarea procesului tehnologic se face în conformitate cu datele de bază: desenul piesei și condițiile tehnice, planul de producție, baza materială disponibilă și condițiile economice. Se recomandă proiectarea în următoarea succesiune:

1) Cercetarea destinației de serviciu a piesei.
2) Definirea condițiilor tehnico-economice ce trebuie respectate: concentrarea sau diferențierea operațiilor, costul de producție și productivitatea etc.

3) Verificarea tehnologicității construcției, analiza critică a desenului și a condițiilor tehnice.

4) Stabilirea numărului de piese ce se vor executa în unitate de timp și a tipului de producție.

5) Alegerea semifabricatului urmărind apropierea cât mai mare a formei și dimensiunilor semifabricatului de piesa finită, asigurarea corespondenței între metoda de execuție a semifabricatului și prelucrarea mecanică, corespunzător tipului de producție și definitivarea soluției pe baza unui calcul tehnico-economic. Semifabricatul ales determină în mare măsură structura procesului tehnologic de prelucrare mecanică (structura operațiilor, adaosurile de prelucrare etc.).

6) Alegerea bazelor urmărind aplicarea principiului unificării bazelor și al folosirii numărului minim de baze.

7) Determinarea modului de organizare a operațiilor după principiul concentrării sau diferențierii operațiilor, cu unul sau mai multe posturi de lucru (numărul posturilor corespunzând cu numărul pieselor prelucrate simultan), cu una sau mai multe scule așchietoare. După succesiunea prelucrării cu scule așchietoare, se deosebesc următoarele forme organizatorice: prelucrarea succesivă cu o singură sculă așchietoare, prelucrarea în paralel cu mai multe scule așchietoare sau cu o singură sculă așchietoare a mai multor piese și prelucrarea paralel succesivă. Pe această bază se face o primă orientare a structurii operațiilor.

Dacă dimensiunile se obțin prin metoda așchiilor de probă, de obicei se folosește o singură sculă așchietoare, iar dacă se prelucrează prin reglare la dimensiuni se folosesc mai multe scule așchietoare.

8) Stabilirea ordinii operațiilor, după cum urmează:

- se determină ultima operație pe baza preciziei și rugozității economice;
- ordinea operațiilor trebuie să asigure realizarea succesivă a prescripțiilor privind poziția reciprocă a suprafețelor, precizia dimensională și a formei și rugozitatea suprafețelor prescrisă piesei;

- prelucrările să înceapă cu operațiile la care apar mai des rebuturi;

- să se prelucreze la început suprafața de la care este dată majoritatea cotelor;

- tratamentele termice care dau naștere la deformații, trebuie intercalate între operațiile de degroșare și cele de finisare;

- este indicat ca rugozitatea prescrisă să se realizeze în timpul unei singure operații, pe mașini-unelte speciale.

9) Elaborarea schemei adaosurilor de prelucrare și a toleranțelor pe faze. După definitivarea acesteia este posibil să mai apară diferite modificări.

10) Alegerea mașinile-unelte. Se va ține seamă de organizarea operațiilor, de forma, dimensiunile și rigiditatea semifabricatului, de modul de bazare

și fixare etc. În cazul diferențierii operațiilor se folosesc mașini-unelte universale, iar în cazul concentrării operațiilor - strunguri semiautomate și automate, mașini de frezat orizontale cu freze multiple, mașini de frezat cu tambur, agregate multiaxiale etc. Pe fiecare mașină-unelte se stabilesc așezările și fazele prelucrărilor.

11) În paralel cu stabilirea operațiilor pe mașini-unelte se calculează următoarele elemente: regimul de așchiere, rigiditatea sistemului MUDSP și precizia prelucrării, dimensiunile de reglaj. La mașinile de mare productivitate sau automate se proiectează camele, sistemele de comandă etc. În cazul prelucrării cu mai multe scule așchietoare, regimul de așchiere se proiectează după scula așchietoare cea mai încărcată, în funcție de construcția mașinii-unelte se stabilește avansul unic (de exemplu, la capete de găurit multiax) sau aceeași turație (strunguri automate sau semiautomate). Pe această bază pot interveni din nou corecții în ordinea operațiilor stabilită inițial.

12) Se face normarea tehnică și se calculează costul de producție.

13) Se întocmește documentația tehnologică a procesului tehnologic și a controlului tehnic.

Pe parcursul proiectării se fac calcule tehnico-economice în vederea alegerii variantelor optime (la alegerea semifabricatului, a mașinilor-unelte, proiectarea SDV-urilor etc.).

B. Proiectarea regimului de așchiere. La proiectarea regimului de așchiere se stabilesc: *adâncimea de așchiere*, a_p (mm), *avansul de lucru*, f (mm/rot), *viteza de așchiere*, v (m/min), *momentul de torsiune*, M_t (N·m) și *puterea de acționare a mașinii-unelte*, P (W).

Stabilirea parametrilor regimului de așchiere la strunjire se efectuează în concordanță cu etapele prezentate în continuare.

1. Alegerea sculei așchietoare. Scula așchietoare se determină în funcție de următorii factori: forma și tipul suprafeței prelucrate; dimensiunile și tipul mașinilor-unelte disponibile; dimensiunile și tipul pieselor prelucrate și ale secțiunii așchiei; tipul și caracteristicile mecanice ale materialului prelucrat.

În funcție de natura și de proprietățile fizico-mecanice ale materialului semifabricatului se alege materialul părții active a sculei așchietoare, pentru realizarea prelucrării în condiții date. Materialele părții active pot fi: oțel carbon de scule, oțel aliat pentru scule, oțel rapid, carburi metalice sinterizate și mineralo-ceramice, depuneri de nitrură cubică de bor, diamante industriale etc.

Pe baza condițiilor prezentate se adoptă în final tipul sculei așchietoare conform normativelor specifice (standardelor).

2. Determinarea durabilității sculei așchietoare.

Durabilitatea sculei așchietoare T reprezintă durata de lucru între două reascuțiri succesive. Valoarea durabilității este dependentă de o serie de mărimi variabile: caracteristicile materialului piesei de prelucrat și ale materialului sculei așchietoare, parametrii geometrici ai părții active a sculei așchietoare, parametrii regimului de așchiere, caracteristicile lichidului de răcire-ungere etc.

Durabilitatea sculei așchietoare poate fi determinată prin calcul sau adoptată din normative în funcție de secțiunea corpului sculei așchietoare, calitatea materialului de prelucrat, dimensiunile piesei, condițiile de răcire-ungere etc. Pentru condiții concrete de prelucrare determinarea durabilității se efectuează prin calcul în funcție de obiectivul propus: productivitatea maximă, cost minim etc.

3. Determinarea adâncimii de aşchiere (a_p) şi a numărului de treceri (i).

Adâncimea de aşchiere a_p , se determină în funcţie de adaosul de prelucrare A_p , duritatea materialului semifabricatului, calitatea şi dimensiunile sculei aşchietoare. Dacă adaosul de prelucrare nu poate fi îndepărtat dintr-o singură trecere (necesită dezvoltarea unei puteri mai mari decât puterea de aşchiere admisă, mai ales în cazul prelucrării arborilor în trepte, cu diferenţe mari între diametrele treptelor), atunci se determină numărul de treceri (i) în care va fi divizat adaosul de prelucrare pentru a fi îndepărtat în condiţii optime.

4. Determinarea avansului de aşchiere f .

Avansul de aşchiere se determină în funcţie de natura prelucrării şi de adâncimea de aşchiere stabilită anterior.

În cazul prelucrărilor de degroşare care au drept scop îndepărtarea unui adaos de prelucrare cât mai mare, se utilizează valori mari ale avansului, pentru a se obţine productivitatea ridicată a prelucrării.

În cazul prelucrărilor de finisare care prezintă ca obiectiv calitatea superioară a suprafeţei generate, avansul se alege după criteriul asigurării preciziei şi rugozităţii prescrise suprafeţei.

Valorile avansului sunt stabilite în funcţie de următoarele condiţii: rezistenţa corpului cuţitului, rezistenţa plăcuţei din carburi metalice, eforturile admise de mecanismele de avans ale maşinii-unelte, rigiditatea sistemului maşină-unealtă-dispozitiv-sculă-piesă (MUDSP), precizia prescrisă piesei, calitatea suprafeţei prelucrate.

După alegerea valorii avansului conform indicaţiilor din literatura de specialitate, se fac o serie de verificări care ţin seama de condiţiile de lucru şi în final se adoptă avansul de lucru alegând din gama de avansuri a maşinii-unelte valoarea cea mai apropiată de cea calculată (imediat inferioară pentru regimul de degroşare sau imediat superioară pentru cel de finisare).

5. Determinarea vitezei de aşchiere v .

Viteza de aşchiere se stabileşte în funcţie de următorii factori: materialul ce se prelucrează, materialul şi geometria părţii active a sculei aşchietoare, durabilitatea sculei aşchietoare, adâncimea de aşchiere, avansul de lucru, schema de prelucrare etc. Valoarea vitezei de aşchiere se poate determina analitic pentru fiecare procedeu de prelucrare mecanică.

6. Determinarea turaţiei de lucru n .

Turaţia arborelui principal al maşinii-unelte se determină cu relaţia:

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times d} \quad (\text{rot/min}) \quad (3.1)$$

în care: d reprezintă diametrul semifabricatului, în mm; v – viteza de aşchiere, în m/min.

Valoarea obţinută cu relaţia (3.1) trebuie raportată la gama de turaţii existentă (a maşinii-unelte), astfel încât se adoptă conform gamei de turaţii a maşinii-unelte valoarea imediat inferioară sau superioară dacă $\Delta v < 5\%$. Se obţine astfel turaţia efectivă (reală) de lucru n_{ef} .

După determinarea turaţiei efective se determină viteza efectivă de aşchiere cu relaţia:

$$v_{ef} = \frac{\pi \times d \times n_{ef}}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (3.2)$$

9. Determinarea puterii efective la strunjire P_{ef} .

Puterea efectivă se determină cu relația:

$$P_{ef} = \frac{F_c \times v_{ef}}{60000 \cdot \eta_{m-u}} \quad (\text{kW}) \quad (3.3)$$

în care: F_c reprezintă forța principală de așchiere, în N; v_{ef} – viteza efectivă de așchiere, în m/min; η_{m-u} - randamentul mașinii-unelte.

Puterea efectivă la așchiere se compară cu puterea motorului de acționare P_m . Dacă $P_{ef} \leq P_m$, atunci se consideră că regimul de așchiere se poate realiza pe mașina-unealtă respectivă.

C. Normarea tehnică. Calculul normei tehnice de timp la prelucrarea mecanică se face folosind relația generală (3.4) scrisă sub forma:

$$N_T = \frac{t_{pi}}{n} + t_b + t_a + \frac{\alpha}{100} t_b + \frac{\beta}{100} (t_b + t_a) + \frac{\gamma}{100} (t_b + t_a) \quad , \quad (3.4)$$

în care: t_{pi} reprezintă timpul de pregătire-închere; t_b – timpul de bază (de mașină); t_a – timpul auxiliar (ajutător); α este procentul din t_b corespunzător timpului de deservire tehnică (1 ... 8%); β – procentul din timpul operativ ($T_{op} = t_b + t_a$), corespunzător timpului de deservire organizatorică (0,8... 2,5%); γ – procentul din T_{op} corespunzător timpului de întreruperi reglementare ($\cong 2\%$); n - numărul de piese din seria de piese pentru asigurarea executării cărora este necesară consumarea timpului t_{pi} .

Relația (3.4) poate fi scrisă sub o formă mai uzuală, astfel:

$$N_T = \frac{t_{pi}}{n} + (t_b + t_a) \left(a + \frac{k}{100} \right) \quad (3.5)$$

De obicei, în documentația tehnologică se prescrie timpul unitar sau timpul pe bucată:

$$t_u = (t_b + t_a) \left(1 + \frac{k}{100} \right), \quad (3.6)$$

Timpul de bază se calculează pe baza relației generale:

$$t_b = \frac{L}{n \cdot s} \cdot i \quad , \quad (3.7)$$

în care: n este numărul de rotații sau numărul de curse duble ale piesei sau ale sculei, necesar pentru prelucrarea suprafeței; i — numărul de treceri; $L = l + l_1 + l_2 + l_3$ lungimea cursei de lucru, în mm, în direcția avansului, corespunzătoare lungimii de prelucrare a piesei l , lungimii de pătrundere a sculei așchietoare (l_1), lungimii de depășire a sculei așchietoare sau a piesei în direcția avansului l_2 și eventual lungimea necesară pentru detașarea așchiei de probă la producția individuală și de mică serie l_3 .

O deosebită importanță trebuie acordată reducerii normelor tehnice de timp, în acest sens putînd fi recomandate următoarele măsuri:

1) Reducerea timpului de bază prin:

- folosirea sculelor așchietoare de înaltă productivitate din plăcuțe de carburi metalice sinterizate (cu muchii lepuite, cu acoperiri superficiale dure din TiC, Al₂O₃, strat de diamant policristalin etc.), din materiale ceramice realizate prin tehnologii noi

(prelucrate la presiuni de 15 ... 20 MPa), scule aşchietoare din diamante sintetice, din elbor (NB) etc.

- folosirea abrazivilor de înaltă productivitate cu lianţi de mare rezistenţă, cu granule de diamante, elbor etc., de forme constructive îmbunătăţite;
- folosirea mediilor de răcire speciale: răcire, cu gaze lichefiate, gaze şi medii de răcire lichide ce dau reacţii cu metalul (şcula aşchietoare), cu efecte de cementare, cianurare etc., determinând creşterea durabilităţii sculei aşchietoare;
- intensificarea procesului de aşchiere prin folosirea vibraţiilor, preîncălzirii şi deformării plastice prealabile, prelucrări la viteze de aşchiere foarte mari;
- îmbunătăţirea geometriei sculelor aşchietoare, fixarea mecanică a elementelor aşchietoare, folosirea sculelor aşchietoare cu muchii aşchietoare multiple;
- folosirea metodelor de prelucrare cu împărţirea avansului (burghierea, adâncirea, alezarea), a adâncimii sau a lungimii de aşchiere (prelucrare la strunguri cu mai multe cuşite);
- prelucrarea simultană a mai multor suprafeţe sau mai multor piese.

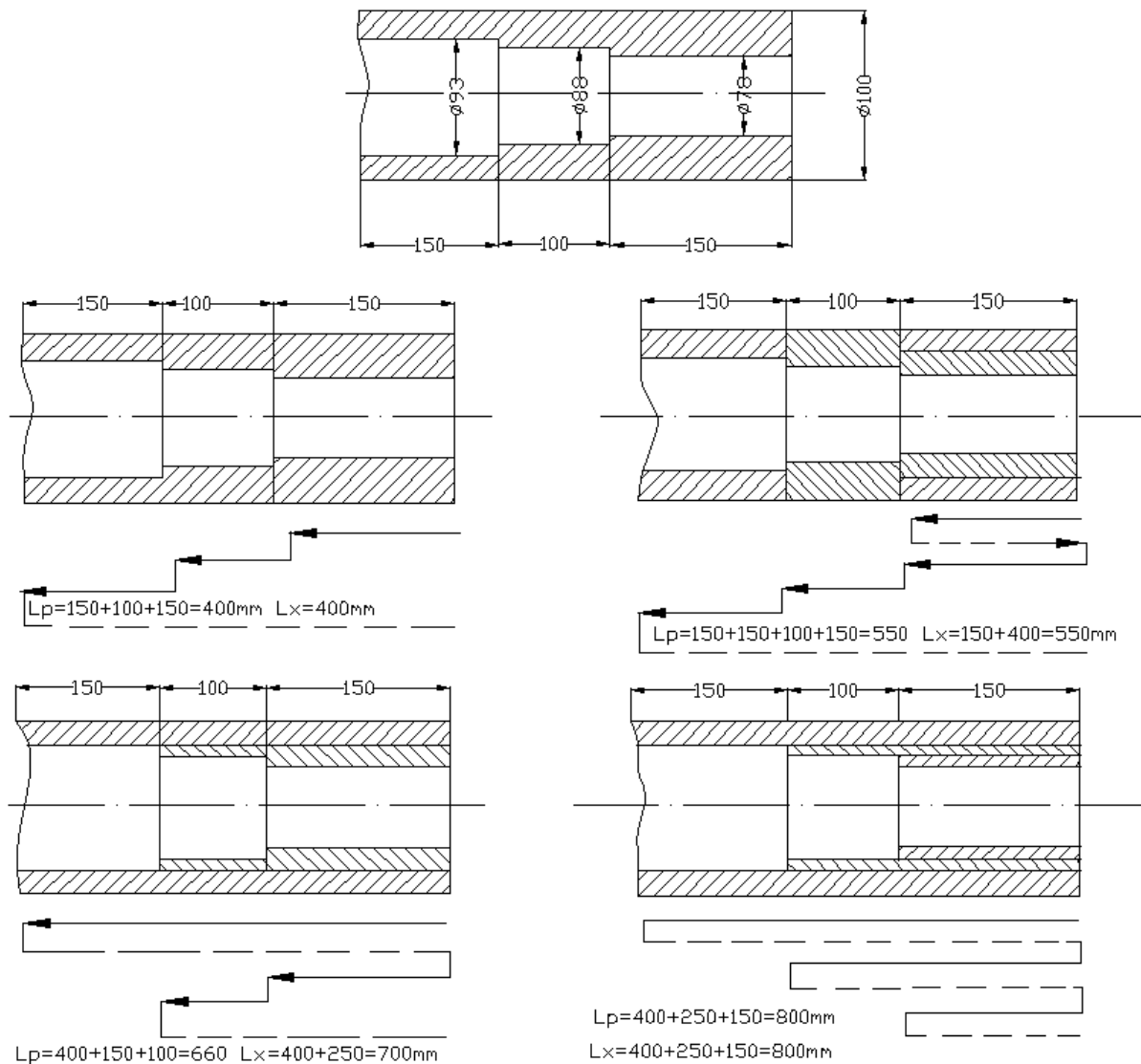


Fig. 3.1. Variante de prelucrare prin strunjire a unui arbore.

2) **Reducerea timpului auxiliar** care în condițiile folosirii metodelor avansate de aşchiere constituie o rezervă importantă de creştere a productivităţii prelucrării, în acest scop se recomandă:

- folosirea dispozitivelor de bazare şi fixare rapidă a semifabricatelor;
- reducerea timpilor de manevră prin mecanizare şi prin raţionalizarea succesiunii fazelor (exemplu de variante optime, fig. 3.1 şi 3.2);

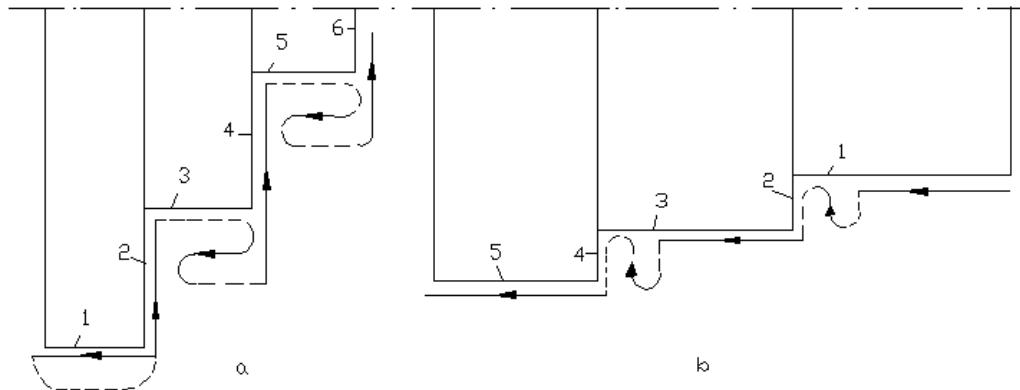


Fig. 3.2. Succesiuni raţionale ale fazelor prelucrării unui arbore:
a – cu trepte scurte cu diferențe mari de diametru;
b – cu trepte lungi cu diferențe mici de diametru;
 1 ... 6 - succesiunea de prelucrare a suprafeţelor pieselor

- reducerea timpului de măsurare;
- mecanizarea şi automatizarea comenzilor maşinii-unelte.

3) **Reducerea timpului de pregătire-încheiere** aferent prelucrării seriei de piese se realizează în special prin tipizarea reglărilor şi a sistemului de comandă şi alte măsuri.

Creşterea importantă a productivităţii se realizează prin aplicarea tehnologiei de grup, deservirii simultane a mai multor maşini-unelte, prin folosirea maşinilor de înaltă productivitate, a maşinilor agregat, prin mecanizarea şi automatizarea prelucrării.

D. Proiectarea proceselor tehnologice de tratament termic.

Piese de fabricaţie curentă din oţel se supun în cursul procesului de fabricaţie următoarei succesiuni de tratamente termice:

1) în cursul execuţiei/semifabricatelor se folosesc:

- recoacerea de omogenizare aplicată lingourilor sau pieselor turnate din oţeluri aliate cu scopul eliminării segregăţiilor;
- recoacerea de globulizare aplicată oţelurilor hipereutectoide cu scopul globulizării cementitei secundare, în vederea prelucrării ulterioare prin deformare sau aplicării eficiente a călirii.

2) în cursul procesului de prelucrare mecanică se folosesc:

- tratamentele de normalizare, recoacere completă, recoacere incompletă sau recoacere izotermă aplicată înainte de prelucrarea mecanică în vederea îmbunătăţirii structurii, a prelucrabilităţii mecanice sau ca etapă premergătoare călirii;
- tratamentele de călire şi revenire (îmbunătăţire) aplicate după operaţii de degroşare, în vederea asigurării cuplului optim de caracteristici de rezistenţă şi tenacitate;
- tratamentele superficiale de călire şi tratamentele termochimice aplicate după

operații de finisare în vederea asigurării calității cerute stratului superficial. După aceste tratamente, prelucrările mecanice necesare eliminării unor eventuale deformări se execută cu adaosuri de prelucrare minime.

În unele cazuri pot interveni modificări sau completări în această succesiune.

La proiectarea tratamentului termic trebuie proiectate ciclul de încălzire, menținerea la temperatură și răcire, vitezele și mediile de lucru și alte date specifice, folosind în acest scop diagramele transformărilor respective la încălzire și răcire, datele privind modificările structurale și caracteristicile fizico-mecanice etc. Se stabilesc parametrii ce determină modificările structurale necesare asigurării caracteristicilor fizico-mecanice cerute pieselor. Se determină baza materială necesară (cuptoare, instalații și medii de răcire etc.).

E. Proiectarea proceselor tehnologice de montaj.

Prin montaj se înțelege procesul tehnologic prin care se realizează asamblarea, coordonarea poziției reciproce și fixarea cu precizia cerută a elementelor și pieselor componente ale mașinii.

Procesul tehnologic de montaj este format din mai multe operații, în cursul cărora se assemblează elementele componente ale subansamblurilor din mașini, ale ansamblurilor și, în final, mașina (produsul finit). Orientarea pieselor se face prin intermediul bazelor de montaj (bazele de montaj ale piesei, piese de bază, subansambluri și ansambluri de bază). Se verifică dacă s-a obținut precizia cerută în ceea ce privește poziția sau deplasarea reciprocă a pieselor. La nevoie se fac corectări pentru a asigura precizia cerută, folosind în acest scop ajustarea, sortarea pieselor, compensatoarele fixe sau reglarea (compensatoarele mobile) și eventual se execută prelucrările mecanice necesare. În final se fixează poziția definitivă a pieselor, realizând după necesitate asamblări fixe nedemontabile (prin presare, nituire, sudare etc.) sau demontabile (prin pene, filete etc.), sau asamblări mobile nedemontabile (de exemplu, la unele tipuri de lagăre de rostogolire) sau demontabile (lagăre de alunecare).

De asemenea, procesul tehnologic de montaj mai cuprinde fazele legate de verificarea funcționării subansamblurilor, ansamblurilor sau mașinii, curățirea, spălarea, dedresarea, vopsirea și finisarea pieselor și elementelor componente ale mașinii, reglarea mașinii, eventualele demontări după probe sau demontări finale în vederea expedierii mașinii demontate.

Proiectarea procesului tehnologic de montaj începe cu analiza construcției mașinii, a elementelor și pieselor ei componente.

Se întocmesc schemele lanțurilor de dimensiuni și se stabilesc piesele, subansamblurile și ansamblurile de bază. Drept piese de bază se aleg acele piese, ale căror parametri dimensionali intră ca elemente componente într-un număr cât mai mare de lanțuri de dimensiuni. Montajul trebuie să înceapă de la lanțurile de dimensiuni prin care se rezolvă problemele cele mai dificile și de răspundere în funcționarea corectă a mașinii-unelte. Montajul trebuie realizat pe un front larg de lucru, permițând montarea independentă a subansamblurilor și ansamblurilor. Pe această bază se proiectează operațiile componente ale montării menționate anterior, SDV-urile și/operațiile de control tehnic.

În funcție de metoda de montaj folosită se execută operații și calcule corespunzătoare:

- în cazul aplicării montării selective se verifică calculul dimensiunilor și

toleranțelor grupelor de piese;

- în cazul montajului cu ajustare, se verifică dimensiunile elementelor din punct de vedere al posibilității realizării ajustării;

- în cazul montării folosind reglarea se verifică elementul compensator eventual se calculează numărul, dimensiunile și toleranțele compensatorului fix sau realizarea compensării cu compensator mobil.

După cum s-a mai menționat, proiectarea procesului tehnologic de montare reprezintă o problemă dificilă și complicată, la care trebuie să ținem seamă de un număr foarte mare de parametri. De aceea, este necesar ca procesul tehnologic proiectat să fie verificat pe baza montării executate pe mașina reală și definitivat numai după introducerea modificărilor impuse de necesitățile practice.

Pentru piesele de răspundere se pot prevedea încercări speciale pe standuri de probă sau de omologare a produselor pe baza testării în exploatare.


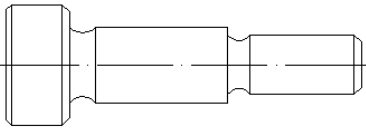
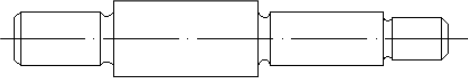
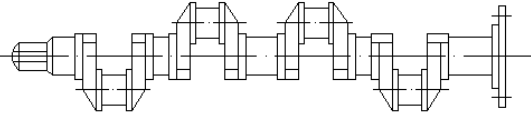
2.3. FABRICAREA PIESELOR DE TIP ARBORE

2.3.1. Forme constructive, materiale și condiții tehnice

Forme constructive. În clasa pieselor tip arbore sunt incluse piesele la care suprafețele principale sunt cilindrice exterioare, iar lungimea este mult mai mare decât dimensiunea maximă transversală. Suprafețele laterale ale arborilor pot fi și suprafețe conice sau suprafețe profilate (caneluri, danturi evolventice, etc.) și pot conține alezaje cu axa perpendiculară pe axa arborelui sau canale de pană. Pe suprafețele frontale ale arborilor pot exista găuri coaxiale sau necoaxiale cu axa arborelui. Există și construcții la care piesele de tip arbore au alezaje (cilindrice sau profilate) coaxiale cu suprafețele exterioare (arbori tubulari).

În funcție de particularitățile formei constructive piesele de tip arbore se pot grupa în: **arbori drepți** (*netezi, cu trepte într-un sens, cu trepte în ambele sensuri*), **arbori cotiți** și **arbori cu came**, așa cum este ilustrat în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Tipuri de arbori

Arbori netezi	
Arbori cu trepte într-o singură parte	
Arbori cu trepte în ambele părți	
Arbori cotiți	

După valoarea raportului l/d (l este lungimea totală iar d este diametrul celei mai lungi trepte) arborii pot fi:

- a) arbori rigizi la care $l/d \leq 12 \dots 8$;
- b) arbori nerigizi la care $l/d > 12$.

Această clasificare prezintă importanță pentru alegerea schemelor de bazare și fixare în timpul prelucrării, deoarece arborii rigizi se pot prelucra fără reazeme suplimentare intermediare (prindere numai în universal pentru $l/d \leq 3$ sau în universal și vârf pentru $3 \leq l/d < 12$) iar în cazul arborilor nerigizi sunt necesare reazeme intermediare (lunete fixe sau de urmărire).

Materiale. Materialele folosite pentru piesele din clasa arbore sunt de obicei oțeluri carbon sau oțeluri aliate cu Cr, Cr-Ni, Cr-Mo, Cr-Ni-Mo etc. Piesele ce lucrează la solicitări ridicate se confecționează din oțeluri de îmbunătățire. Pentru asigurarea rezistenței ridicate la uzare se folosesc oțeluri călite C.I.F. sau tratate termochimic. Fontele, în special cele cu grafit nodular tratate termic, se folosesc pentru fabricarea arborilor cotiți.

Ca semifabricate pentru arborii din oțel se folosesc cele deformate plastic la cald (lamine, forjate, matrițate) sau deformate plastic la rece (tragere, extrudare) în funcție de forma și dimensiunile piesei și volumul producției.

Pentru arbori cotiți și arbori cu came se utilizează din ce în ce mai frecvent fonte modificate cu grafit nodular (fonte de înaltă rezistență), ceea ce permite realizarea semifabricatelor prin turnare cu forma și dimensiunile apropiate de cele ale piesei finite, reducându-se astfel adaosurile de prelucrare mecanică.

Condiții tehnice. Condițiile tehnice se referă la *precizia dimensională, calitatea suprafeței, tratamente termice și caracteristici mecanice.*

Din punct de vedere al preciziei dimensionale cele mai severe prescripții se referă la suprafețele ce formează ajustaje cu piese de tip alezaj; în mod uzual se prevăd precizii corespunzătoare claselor 7...9 ISO, iar pentru condiții speciale clasa 6 ISO. Abaterile de formă (ovalitate și conicitate) trebuie să nu depășească 0,2...0,4 din toleranța la diametrul respectiv, necoaxialitatea treptelor trebuie să fie mai mică de 0,01...0,02 mm, iar abaterea de la rectilinitate se limitează la 0,005...0,03 mm/m.

Rugozitatea suprafețelor este în concordanță cu precizia dimensională; pentru suprafețele care formează ajustaje se prescrie uzual $R_a = 1,6 \dots 0,4 \mu\text{m}$, iar pentru suprafețele libere $R_a = 3,2 \dots 6,3 \mu\text{m}$. În cazul suprafețelor pe care se realizează etanșare cu ajutorul garniturilor, rugozitatea se prescrie $R_a = 0,8 \dots 0,4 \mu\text{m}$, indiferent de precizia dimensională.

La suprafețele supuse fenomenelor de uzare se poate prescrie durificarea prin: tratamente termochimice, călire superficială, ecrusare superficială, cromare dură etc., în funcție de tipul materialului și de condițiile de exploatare.

2.3.2. Prelucrarea mecanică a pieselor de tip arbore

Operațiile de prelucrare mecanică se grupează după gradul de precizie în: **operații pregătitoare, operații de degroșare și finisare, operații finale.**

A. Operații pregătitoare.

Operațiile pregătitoare au în principal rolul de a realiza bazele tehnologice pentru operațiile ulterioare. Operațiile pregătitoare se stabilesc în funcție de tipul

semifabricatului după cum urmează: *debitarea* (dacă este cazul), *îndreptarea*, *prelucrarea suprafețe frontale*, *centruirea*.

Îndreptarea se aplică semifabricatelor sau barelor utilizate pentru construcția arborilor nerigizi precum și barelor destinate realizării arborilor ce se prelucurează pe strunguri revolver sau automate. În mod uzual se aplică îndreptarea la rece, dar sunt și situații în care datorită deformațiilor mari îndreptarea se face la cald.

Debitarea se aplică în cazul semifabricatelor laminate și se realizează pe ferăstraie mecanice sau la foarfece tip ghilotină; în cazul pieselor de dimensiuni mici, debitarea se poate realiza chiar pe strung, în cadrul operațiilor de degroșare.

Prelucrarea suprafețelor frontale se poate realiza pe strung în cazul arborilor mici și mijlocii în producția individuală și de serie mică; pentru aceleași tipuri de arbori fabricați în producție de serie mare și de masă se aplică frezarea simultană a capetelor (fig. 3.3, a) pe mașini speciale de frezat și centruit.

În cazul arborilor de dimensiuni mari, prelucrarea suprafețelor frontale se face succesiv pe mașini de frezat longitudinale sau pe mașini de alezat și frezat, caz în care se execută din aceeași prindere și centruirea.

Găurile de centrare constituie baze tehnologice pentru toate operațiile ulterioare, astfel că trebuie îndeplinite următoarele condiții: ambele găuri să aibă axa comună, să aibă conicitatea prescrisă, să aibă dimensiuni în concordanță cu dimensiunile arborelui. Găurile de centrare se execută cu burghie de centruit ale căror forme și dimensiuni sunt standardizate. **Centruirea** se realizează în majoritatea cazurilor în cadrul aceleiași operații cu prelucrarea suprafeței frontale respective. În cazul prelucrării pe strung este necesară utilizarea unui dispozitiv de rezemare pe durata executării prelucrării frontale și a centrării (fig. 3.3, b).

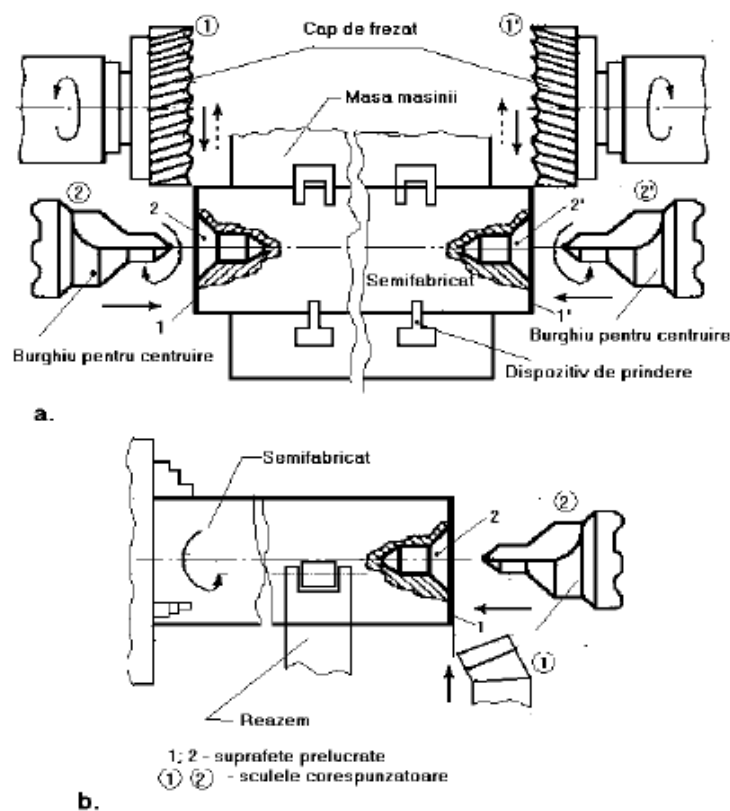


Fig. 3.3. Prelucrarea suprafețelor frontale și centruirea.

B. Operații de degroșare și finisare.

Operațiile de degroșare și finisare se realizează în special pe strunguri și mașini-unelte de rectificat.

Prelucrarea prin strunjire a arborilor se poate executa pe majoritatea tipurilor de strunguri: strunguri paralele (normale), strunguri revolver, strunguri cu mai multe cuțite, strunguri semiautomate sau automate de copiat, strunguri cu comandă numerică.

Prelucrarea pe strunguri paralele (normale). Se aplică în cazul tuturor tipurilor de arbori în cazul producției individuale sau de serie mică. Principalul avantaj obținut prin utilizarea strungurilor paralele este posibilitatea realizării într-o singură operație a unor piese de forme complicate, datorită gradului ridicat de universalitate (strunjirea suprafețelor cilindrice exterioare sau interioare, suprafețelor profilate, găuriri, filetări etc.). Precizia dimensiunilor diametrale (clasele 8...10 ISO) se realizează prin metoda așchiilor de probă. Câteva scheme tipice de bazare și prelucrare pe strungul normal sunt prezentate în figura 3.4.

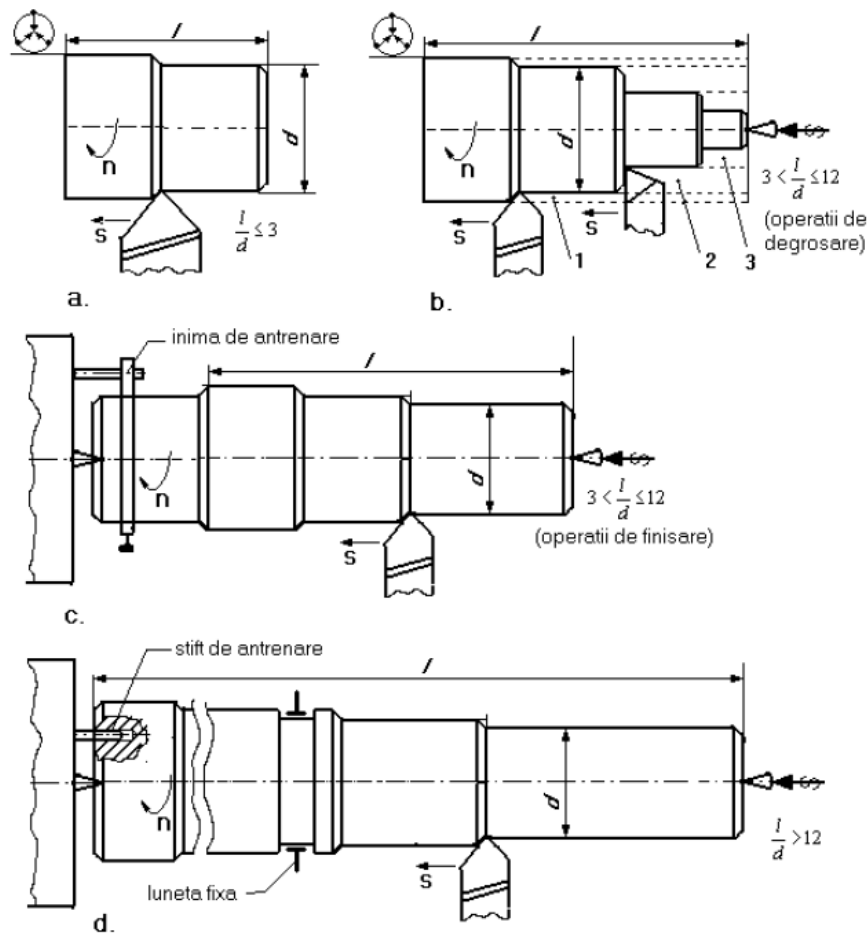


Fig. 3.4. Schemele de bazare, fixare și prelucrare pe strungul paralel (normal):
 a – în universal cu trei bacuri; b – în universal cu trei bacuri și vârf; c – între vârfuri
 cu inimă de antrenare; d – între vârfuri cu știft de antrenare și lunetă fixă.

În cazul arborilor în trepte, prelucrările încep de la suprafața cu diametrul cel mai mare (fig. 3.4, b), astfel încât reducerea rigidității piesei prin îndepărtarea adaosului să se facă treptat.

În cazul bazării între vârfuri antrenarea piesei în mișcarea de rotație se realizează cu ajutorul inimii de antrenare (fig. 3.4, c) sau prin intermediul unui știft solidar cu platoul strungului și care pătrunde într-un alezaj tehnologic executat special în acest scop (fig. 3.4, d).

Prelucrarea pe strunguri revolver. Se aplică în cazul producției de serie a arborilor de dimensiuni mici cu trepte ale căror diametre descresc către capăt (fig. 3.5). Din punct de vedere al bazării și fixării prelucrarea se face pe poziții, sculele așchietoare fiind fixate pe capul revolver (cu ax vertical sau cu ax orizontal) și pe cărucioare (atunci când există).

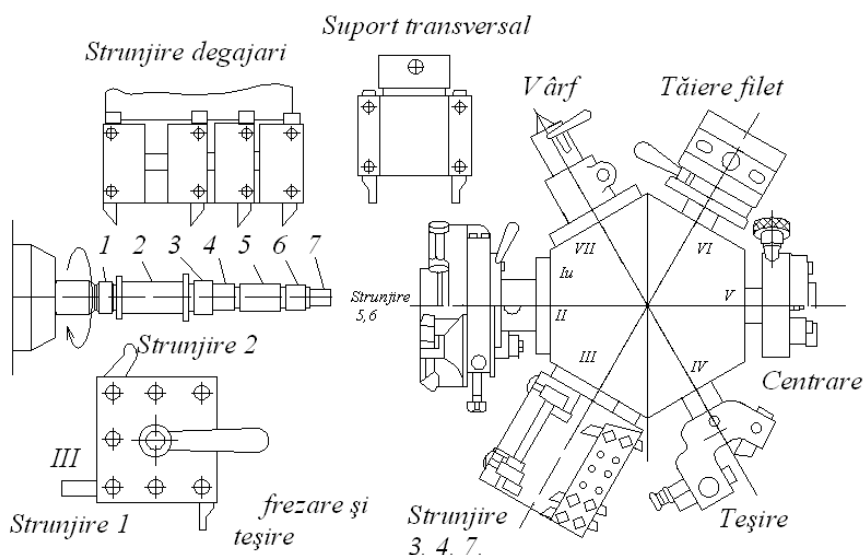


Fig. 3.5. Reglarea strungului revolver pentru prelucrarea din bară laminată a unui arbore în trepte

Datorită posibilității de fixare a mai multor scule așchietoare pe capul revolver și pe cărucioarele cu avans longitudinal sau transversal, strungurile revolver permit prelucrarea cu mai multe scule așchietoare simultan (suprapunerea fazelor), și utilizarea metodei reglării la dimensiune; dimensiunile diametrale se obțin prin reglarea corespunzătoare a sculelor așchietoare, iar cele axiale prin utilizarea unor limitatori.

Productivitatea prelucrării este de câteva ori mai mare decât în cazul strungurilor paralele (normale) și poate fi îmbunătățită prin reglarea tipizată a sculelor pentru prelucrarea pieselor de forme și dimensiuni apropiate (tehnologii de grup), ceea ce permite reducerea timpilor de pregătire – încheiere care sunt mult mai mari la prelucrarea pe strungurile revolver.

Prelucrarea pe strunguri cu mai multe cuțite se aplică în cazul fabricării în producție de serie mare sau de masă a arborilor rigizi, cu multe trepte de diametre și lungimi cât mai apropiate. Aceste strunguri sunt prevăzute cu un suport pentru strunjit longitudinal plasat în față și un suport pentru strunjit transversal plasat în spate, ambele având posibilitatea fixării mai multor cuțite; ambele cărucioare se deplasează simultan și revin în poziția inițială după terminarea fazei, iar prelucrarea este semiautomată (schimbarea piesei se face manual).

Reglarea sculelor aşchietoare la dimensiune se realizează static după şablon sau după piesă etalon. În funcţie de configuraţia şi dimensiunile piesei se aplică două metode de preluare a adaosului de prelucrare:

- prin împărţirea lungimii de aşchiere în cazul utilizării semifabricatelor în trepte (adaos uniform) pentru piese ale căror trepte au lungimi egale sau multiplu între ele (fig. 3.6, a);

- prin împărţirea adâncimii de aşchiere în cazul semifabricatelor bară, pentru piese cu diferenţe mici între diametrele treptelor (fig. 3.6, b).

Se pot folosi şi sisteme combinate aşa cum se observă în figura 3.6, c, unde cuţitele 1 şi 2 împart lungimea, iar cuţitele 2 şi 3 împart adâncimea de aşchiere.

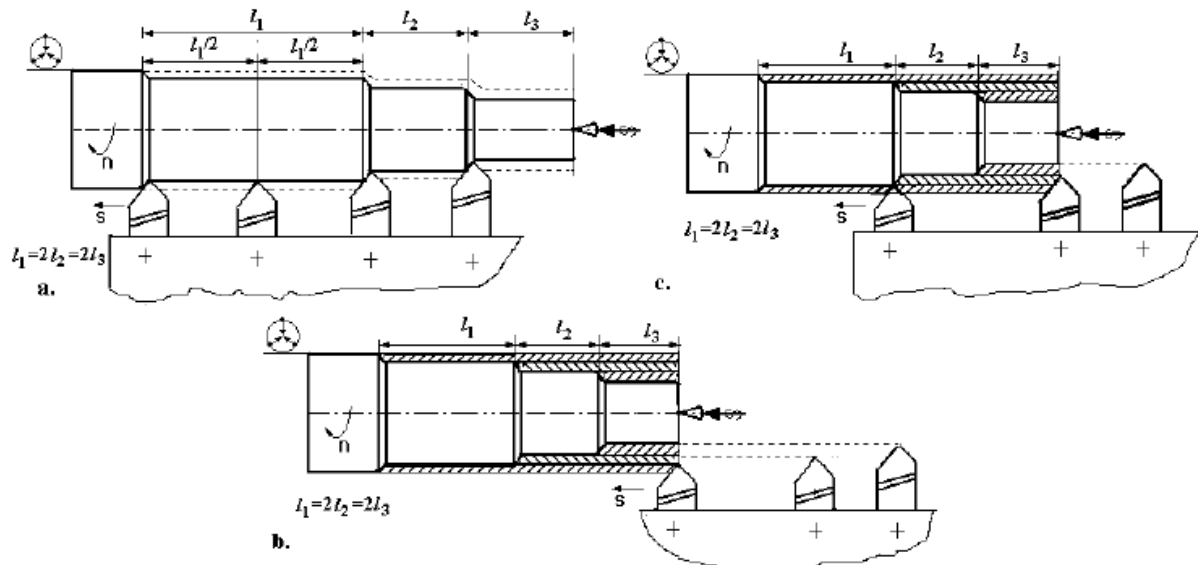


Fig. 3.6. Scheme de prelucrare pe strungul cu mai multe cuţite:
a – prin împărţirea lungimii de aşchiere; b – prin împărţirea adâncimii de aşchiere; c – combinat

Prelucrarea pe strunguri de copiat. Se utilizează în cazul producţiei de serie sau de masă a arborilor în trepte de dimensiuni mici şi mijlocii, care au combinaţii de diferite tipuri de suprafeţe (cilindrice, conice, sferice, profilate). Se aplică principiul concentrării operaţiilor, iar maşinile sunt semiautomate sau automate ce lucrează pe poziţii din punct de vedere al bazării şi fixării (fig. 3.7).

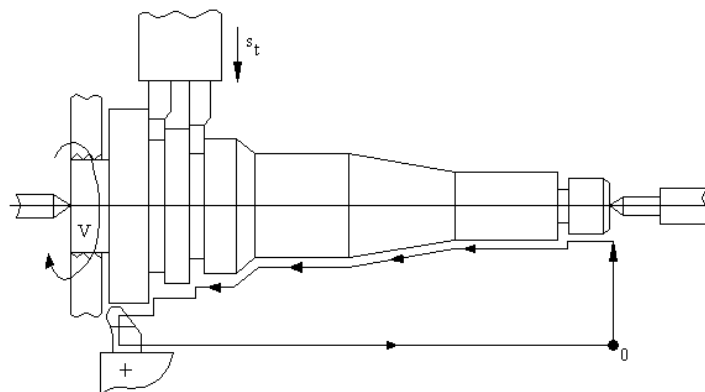


Fig. 3.7. Prelucrarea unui arbore în trepte la un semiautomat cu sistem de copiere hidraulică.

Prelucrarea pe strunguri cu comandă numerică. Se aplică în cazul producției de serie a arborilor în trepte cu forme complicate. Informațiile necesare prelucrării pieselor sunt înregistrate codificat pe un port-program corespunzător: benzi sau cartele perforate, benzi sau discuri magnetice, discuri optice, sau, în cazul producției asistate de calculator, pot fi transmise prin rețea de la calculatorul ce coordonează fabricația.

Mașinile-unelte cu comandă numerică (MUCN) au mai multe lanțuri cinematice pentru a asigura deplasarea corespunzătoare dintre sculă și suprafața de prelucrat (fig. 3.8); de obicei se menține viteza de rotație constantă (stabilită astfel încât pe suprafața cu diametrul mediu să rezulte viteza de așchiere economică) și se modifică mișcările de avans în concordanță cu programul.

Prelucrarea pe strunguri cu comandă numerică amplifică avantajele prelucrării pe strunguri de copiat datorită faptului că flexibilitatea este mult mai mare, devenind economică utilizarea MUCN chiar în cazul producției individuale.

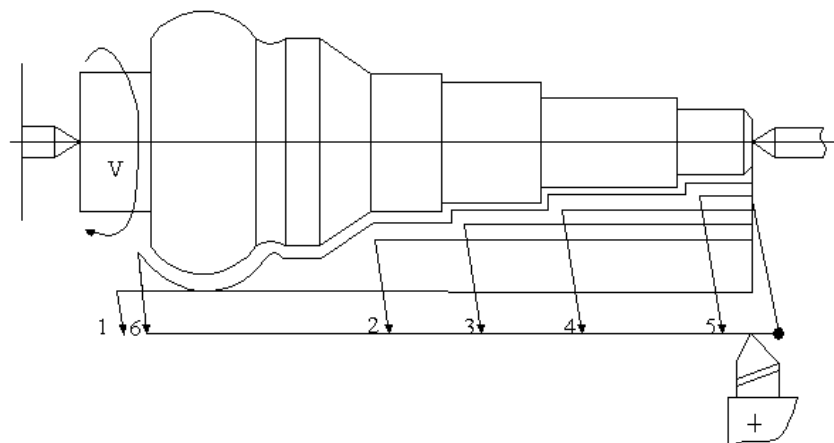


Fig. 3.8. Schema de prelucrare a unui arbore la un strung cu comandă program.

Prelucrările prin rectificare. Se aplică în cazul operațiilor de finisare a suprafețelor arborilor la care se cer precizii corespunzătoare claselor 6...7 ISO și rugozități $R_a = 0,4...1,6 \mu\text{m}$. Datorită productivității scăzute, rectificarea se utilizează de obicei ca prelucrare de finisare sau finală a pieselor cu duritate ridicată. Prelucrarea cu discuri abrazive se utilizează uneori și în cadrul operațiilor pregătitoare la debitare sau curățarea suprafețelor prin polizare, sau la operațiile de degroșare a suprafețelor plane de dimensiuni relativ mici.

La rectificare mișcarea principală de așchiere o execută discul abraziv și trebuie să fie realizată cu o viteză $v_a = 25...40 \text{ m/s}$, ceea ce impune rotirea cu turație cu atât mai mare a discului cu cât diametrul acestuia este mai mic.

Calitatea suprafețelor obținute prin rectificare este influențată de particularitățile procesului de așchiere cu abrazivi: presiuni specifice și temperaturi ridicate datorită geometriei arbitrare a granulelor abrazive. Rugozitatea este redusă, dar adâncimea stratului afectat este mare, iar tensiunile reziduale au valori ridicate și sunt de întindere, ceea ce poate înrăutăți comportarea la oboseală. Reducerea efectelor negative se realizează prin utilizarea discurilor cu diametrul cât mai mare, utilizarea dispozitivelor de corectare a suprafeței active a discului, utilizarea răcirii abundente

cu lichide care au și rolul de a reduce frecările și de a evacua așchiile și liantul uzat.

C. Prelucrări finale.

Prelucrările finale asigură în special îmbunătățirea calității suprafeței, iar pentru procedeele la care scula așchietoare este condusă de mașina-unealtă are loc și creșterea preciziei dimensionale sau de formă și poziție. Cele mai utilizate metode de prelucrare finală a arborilor sunt: strunjirea fină (de netezire), microrectificarea, supranetezirea, lepuirea, netezirea și durificarea prin deformare plastică la rece prin rulare, alunecare, vibroapăsare și altele.

2.3.3. Scheme tehnologice tip de prelucrare a arborilor

Pentru piesele din clasa arbore se pot stabili relativ ușor tehnologii tip. Acestea se întocmesc de obicei pentru piese cu forme complexe, cu prescripții de precizie ridicate, rugozitate scăzută, executate din oțel și la care se cer caracteristici mecanice ridicate. Utilizarea acestor tehnologii tip în cazuri concrete presupune alegerea și includerea în procesul tehnologic a operațiilor ce se pot aplica în situația dată, ținând seama și de volumul producției și baza materială disponibilă.

În cele ce urmează sunt prezentate câteva scheme tehnologice tip (succesiunea operațiilor) pentru arbori drepecți, individualizate după tipul semifabricatului, forma și dimensiunile pieselor.

A. Arbori netezi. Se execută de obicei din semifabricat laminat, calibrat la rece, caz în care nu mai este necesară operație de strunjire. Succesiunea operațiilor în cazul arborilor netezi din oțel de îmbunătățire este:

- debitare;
- rectificare de degroșare prin metoda fără centre;
- tratament termic de îmbunătățire;
- frezare canale de pană;
- găurire, filetare (dacă este cazul);
- rectificare de finisare prin metoda fără centre;
- control final.

În cazul arborilor netezi de dimensiuni mai mari realizați din semifabricate forjate, operația de *debitare* este înlocuită de *prelucrarea suprafețelor frontale și centruiere*, după care succesiunea va fi: *strunjire de degroșare, tratament termic de îmbunătățire, strunjire de finisare, frezare canale de pană, găurire, filetare, rectificare între vârfuri* (degroșare și finisare într-o singură așezare), *control final*.

B. Arbori în trepte

Pentru arborii în trepte se pot utiliza semifabricate laminate (în cazul pieselor cu solicitări reduse și diferențe mici ale diametrelor treptelor), semifabricate forjate liber sau semifabricate matrițate, în funcție de volumul producției.

Prelucrările prin strunjire se realizează de obicei în două așezări, cu bazarea și fixarea în universal și vârf sau între vârfuri, (cu sau fără lunete după rigiditatea piesei), iar prelucrările prin rectificare se realizează cu bazarea și fixarea între vârfuri; aceeași schemă de bazare se aplică și pentru prelucrarea canelurilor sau danturii (când sunt prevăzute).

Arborii scurți ($l < 120$ mm) având treptele plasate unilateral și la care nu se pun condiții deosebite de precizie se pot prelucra din bară laminată într-o singură

operație pe strunguri normale, strunguri revolver semiautomate sau automate, în funcție de tipul producției.

Arborii cu $l > 120$ mm având treptele într-o parte sau în ambele părți, cu forme complexe și precizie ridicată, executați din oțel de îmbunătățire se prelucrează în mai multe operații după cum urmează:

- debitarea (dacă este necesară);
- prelucrarea suprafețelor frontale și centruire (este operație distinctă în cazul arborilor de dimensiuni mari sau în cazul producției de serie sau de masă);
- strunjirea de degroșare; în cazul producției de unicat sau individuală în primele faze ale fiecărei așezări se realizează și centruirea;
- tratament termic de îmbunătățire;
- strunjirea de finisare, (inclusiv corectarea găurilor de centrare și realizarea filetelor concentrice cu axa piesei); finisarea se poate realiza și în mai multe operații în funcție de mașinile disponibile și caracterul producției;
- frezarea canelurilor sau danturare (dacă este cazul);
- frezarea canalelor de pană;
- tratament termic de durificare prin călire superficială (la suprafețele la care este prevăzut);
- rectificarea suprafețelor cilindrice (degroșare și finisare într-o singură operație sau operații distincte după tipul producției);
- rectificarea canelurilor și danturarea (dacă este cazul);
- prelucrări finale (de mare finețe);
- control final.

Arborii pinion (cu dantură și/sau caneluri) se execută adesea din oțeluri durificabile prin tratamente termochimice (uzual carburare sau carbonitrurare). În aceste cazuri succesiunea operațiilor se stabilește și în funcție de metoda de evitare a durificării stratului în zonele unde nu este necesar, care poate fi: a) prin protejarea suprafețelor ce nu trebuie tratate; b) prin înlăturarea stratului îmbogățit în carbon înainte de călire din zonele în care nu este necesar strat dur.

O succesiune a operațiilor aplicabilă în primul caz este: *prelucrarea suprafețelor frontale și centruirea, strunjirea de degroșare, strunjirea de finisare, rectificarea de degroșare, danturarea și/sau caneluri (cu adaos de rectificare), protejarea suprafețelor care nu trebuie durificate, tratament termochimic de durificare, rectificarea găurilor de centrare, rectificarea suprafețelor cilindrice, frezarea canalelor de pană, găurirea, filetarea (dacă este cazul), rectificare dantura și/sau caneluri, control final.*

În cazul al doilea, la strunjirea de finisare se prevede un adaos suficient pentru înlăturarea stratului îmbogățit în carbon (sau alte elemente) din zonele în care nu este necesar, iar tratamentul termochimic se realizează în două etape, astfel că succesiunea operațiilor este: ***strunjirea de finisare cu adaos suficient, prelucrare dantură și/sau caneluri cu adaos de rectificare, tratament termochimic de îmbogățire a stratului*** (carburare), ***strunjirea de finisare pentru îndepărtarea stratului din zonele în care nu este necesar, tratament de călire pentru durificare strat îmbogățit***, după care urmează restul operațiilor ca în cazul precedent.

2.4. FABRICAREA PIESELOR DE TIP ALEZAJ

2.4.1. Forme constructive, materiale și condiții tehnice

Forme constructive. În clasa pieselor tip alezaj se includ piesele care au alezaje coaxiale cu suprafețele exterioare. În mod curent sunt numite *alezaje* suprafețele interioare cu grad ridicat de precizie și care formează ajustaje cu suprafețe conjugate ce au aceeași dimensiune nominală. Reprezentative pentru clasa alezaj sunt: piesele tip bucășă, roțile de transmisie, flanșele, arborii tubulari (caz special de piese care pot fi incluse în ambele clase – arbori și alezaje).

Piese tip bucășă sunt corpuri de revoluție cu suprafețele exterioare și interioare concentrice, cu raportul lungime/diametru alezaj $l/d = 3 \dots 1$ și cu suprafețele frontale plane și perpendiculare pe axă; alte elemente cum ar fi: canale, găuri de fixare, filete, au un rol auxiliar.

Piesele tip bucășă pot avea diferite forme constructive (netede sau în trepte, cu sau fără guler, cu suprafețe cilindrice, conice sau profilate - fig. 3.9), și cele mai diferite destinații și denumiri: bucășe, cămăși de cilindru, manșoane de strângere, lagăre de alunecare (cuzineți) etc.

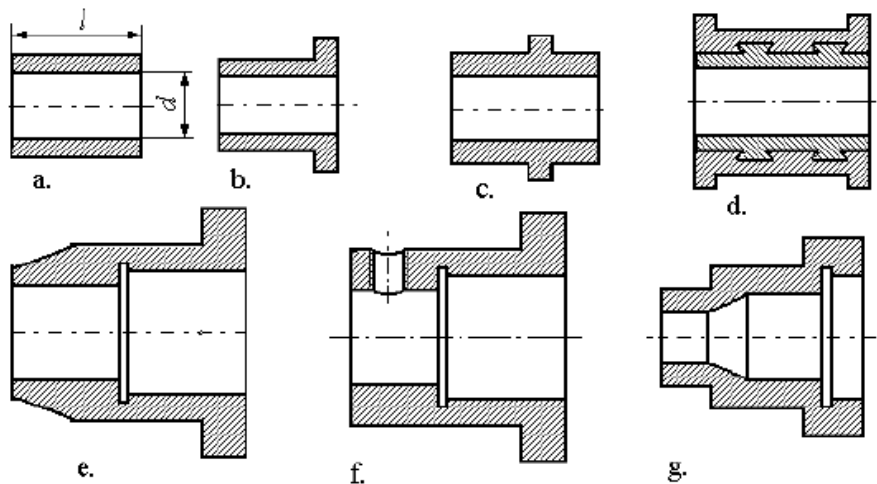


Fig. 3.9. Tipuri constructive de piese tip bucășă.

Piese tip roți de transmisie (fig. 3.10) se caracterizează atât prin raportul lungime/diametru alezaj (l/d) cât și prin raportul diametru exterior/diametru alezaj (D/d); pentru valori $D/d \geq 4$ mai sunt numite și piese de tip disc.

Piese de tip flanșă au diferite forme constructive (respectând caracteristicile generale ale pieselor de tip alezaj) dar cu prescripții de precizie mai reduse decât la celelalte categorii.

Piese de tip arbori tubulari au alezaje lungi $l/d > 8 \dots 12$, coaxiale cu suprafețele exterioare; prelucrarea acestor alezaje lungi (adânci) ridică probleme tehnologice deosebite, mai ales dacă au și condiții de precizie ridicată.

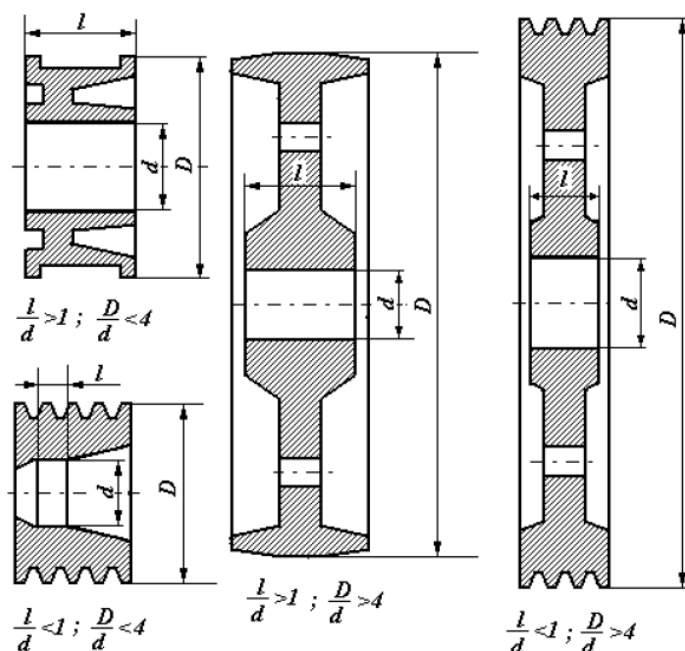


Fig. 3.10. Tipuri constructive de piese tip roți de transmisie.

Materiale. *Materialele* utilizate pentru piesele din clasa alezaj sunt extrem de diverse, în funcție de forma constructivă, dimensiuni și condițiile de exploatare; practic se folosesc toate categoriile de materiale: oțeluri, fonte, aliaje neferoase, mase plastice, materiale compozite etc. În cazul pieselor folosite ca lagăre de alunecare există construcții (fig. 3.9, d) la care se utilizează două categorii de materiale; unul care asigură rezistența mecanică și constituie suportul pe care se depune un strat dintr-un material care asigură comportarea bună la frecare (aliaje antifricțiune).

Semifabricatele utilizate depind de material, forma și dimensiunile piesei, tipul producției: pentru bucșe metalice cu $d < 20$ mm se utilizează semifabricate pline (de obicei bare laminate calibrate) iar pentru bucșe cu $d > 20$ mm se utilizează semifabricate cu alezaj (țevi laminate sau semifabricate turnate de precizie); pentru bucșe din mase plastice se folosesc semifabricate presate; pentru roți de transmisie sau discuri se utilizează semifabricate turnate, forjate sau matrițate.

Condiții tehnice. La stabilirea *condițiilor tehnice* privind precizia pieselor din clasa alezaj se are în vedere faptul că prelucrarea la interior decurge în condiții dificile deoarece suprafața alezajului este mai greu accesibilă, rigiditatea sistemului tehnologic este mai redusă datorită limitării dimensiunilor sculelor așchietoare și dispozitivelor la dimensiunea alezajului, iar răcirea corespunzătoare a sculei așchietoare, ghidarea corectă a acesteia și evacuarea așchiilor este greu de realizat. Toate aspectele menționate impun prescrierea unor toleranțe mai mari la suprafețele interioare decât la cele exterioare de aceeași dimensiune nominală.

La piesele de tip bucșă pentru suprafețele care formează ajustaj se prescriu precizii corespunzătoare claselor 7...10 ISO (chiar clasa 6 ISO în cazuri speciale) și rugozități $R_a = 1,6...6,3$ μm iar pentru suprafețele care nu formează ajustaj precizii corespunzătoare claselor 12...14 ISO și rugozitate $R_a = 6,3...12,5$ μm . Se prescriu, de asemenea, abateri limită la perpendicularitatea suprafețelor frontale pe axa alezajului (max. 0,2 mm / 100 mm rază) și abateri la concentricitatea suprafețelor

interioare și exterioare (20...50 μm).

2.4.2. Prelucrarea mecanică a pieselor de tip alezaj

A. Operații pregătitoare. Operațiile pregătitoare au ca și în cazul pieselor de tip arbore rolul de a realiza bazele tehnologice pentru operațiile următoare și de a ușura operațiile de degroșare; se aplică aceleași operații ca la arbori, cu excepția centrării. În cazul în care se intenționează folosirea bazării între vârfuri pentru prelucrarea suprafețelor exterioare se pregătesc dornuri sau dopuri speciale prevăzute cu găuri de centrare.

B. Operații de degroșare și finisare aplicate alezajelor.

Operațiile de degroșare și finisare se diferențiază după forma și dimensiunile piesei, tipul semifabricatului, tipul sculelor și mașinilor utilizate.

Prelucrările prin burghiere, lărgire și alezare sunt prelucrări la care sculele așchietoare sunt dimensionale și standardizate; se utilizează în special în cazul alezajelor de dimensiuni mici (uzual, $d < 50$ mm, $d_{max} = 80$ mm) executate în piese cu sau fără simetrie de rotație.

Deoarece *burghierea* necesită forțe axiale mari, la prelucrarea gărilor cu $d > 30$ mm se execută o pregătire cu un burghiu cu diametrul egal cu 0,6...0,7 din diametrul final.

Lărgirea (adâncirea) se execută după burghiere în scopul corectării poziției alezajului și al creșterii preciziei dimensionale (lărgitorul este ghidat de mașina-unealtă și are 3 sau 4 muchii așchietoare cu care se înlătură un adaos de prelucrare de aproximativ 0,1d).

Alezarea se execută după lărgire în scopul creșterii preciziei dimensionale și reducerii rugozității suprafeței; nu se pot corecta abateri de poziție ale alezajelor deoarece scula așchietoare este ghidată de suprafața prelucrată (legătura cu mașina-unealtă este nerigidă).

Prelucrarea prin strunjire a suprafețelor interioare. Strunjirea se aplică pentru prelucrarea de degroșare și finisare a alezajelor obținute prin turnare, forjare sau burghiere.

În figura 3.11 sunt prezentate câteva cazuri de prelucrare a alezajelor prin strunjire, iar în figura 3.12 sunt prezentate câteva forme ale părții active a cuțitelor pentru interior.

Strunjirea pe strunguri normale se aplică în cazul pieselor de dimensiuni medii, cu sau fără simetrie de rotație; piesele cu simetrie de rotație se fixează în universal, iar cele fără simetrie de rotație sau cu alezaje excentrice se fixează în platoul cu patru bacuri.

Strunjirea pe strunguri revolver se aplică în cazul producției de serie a pieselor de dimensiuni relativ mici, cu număr mare de suprafețe interioare și exterioare; semifabricatul se fixează în universal sau bucușă elastică, sculele ce execută doar mișcări de avans longitudinal se fixează pe capul revolver în bare portcuțit sau mandrine speciale, iar sculele care execută avans transversal se fixează pe cărucioare.

Prelucrarea pe strunguri carusel se aplică la piese cu dimensiuni mari cum sunt diferite tipuri de carcase, corpuri de revoluție sau piese cu forme asimetrice.

Piesele cu simetrie de rotație se orientează pe platoul strungului carusel în următoarele moduri:

- orientare după o suprafață exterioară și o suprafață frontală;
- orientarea după o suprafață interioară și o suprafață frontală;

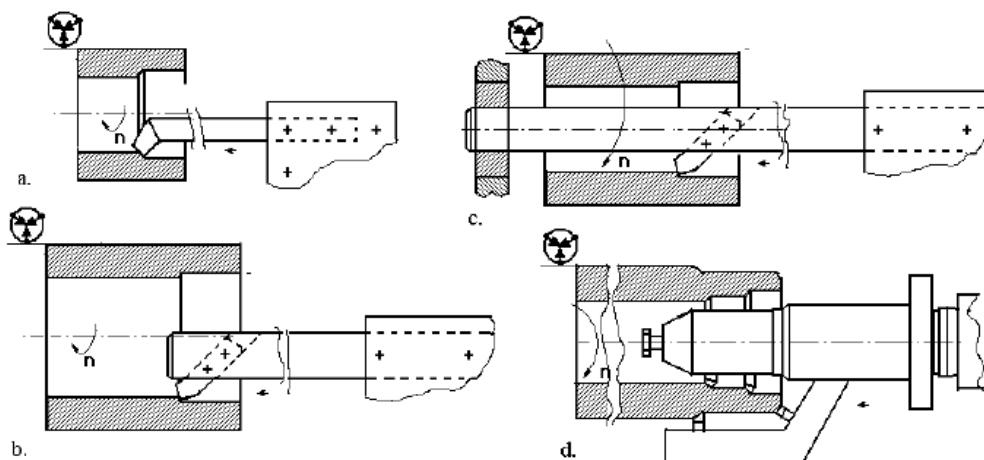


Fig. 3.11. Metode de prelucrare prin strunjire a alezajelor:

- a – prelucrarea alezajelor cu $d < 70$ mm și $l < 150$ mm (cuțit fixat în suport); b – prelucrarea alezajelor cu $d > 70$ mm și $l > 150$ mm (cuțit fixat în bara port-cuțit); c – prelucrarea alezajelor cu $l/d > 5$ (cuțit fixat în bara port-cuțit cu reazem suplimentar); d – prelucrarea simultană cu mai multe cuțite (strunguri revolver)

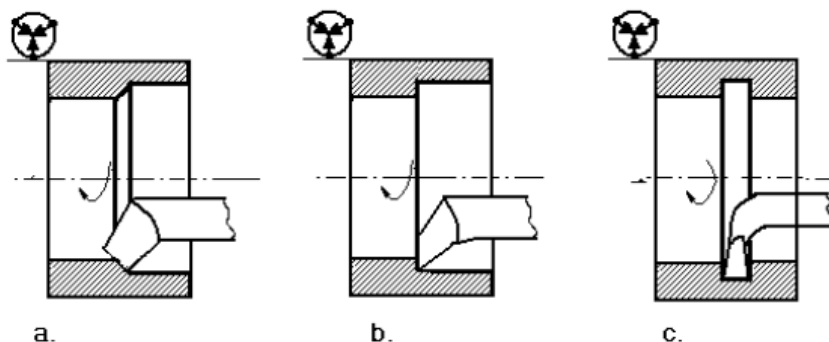


Fig. 3.12. Cuțite pentru strunjire interioară:

- a – cuțit drept pentru interior; b – cuțit pentru colț interior; c – cuțit pentru canelat

Prelucrarea pe mașini de alezat și frezat se aplică în cazul pieselor de dimensiuni mari, fără simetrie de rotație și la prelucrarea alezajelor la piesele din clasa corpurilor de mașini. Strunjirea interioară se poate realiza cu ajutorul barelor port-cuțit fixate în arborele principal în consolă (fig. 3.13, a), ghidată la un capăt (fig. 3.13, b), sau la ambele capete în cazul alezajelor lungi (fig. 3.13, c); în cazul ghidării la ambele capete legătura cu arborele principal este elastică pentru eliminarea influenței necoaxialității arborelui cu bara-portcuțit asupra preciziei prelucrării.

Prelucrarea alezajelor adânci. În categoria alezajelor adânci sunt incluse acelea la care raportul $l/d > 8 \dots 12$. Dificultățile legate de prelucrarea acestor alezaje sunt legate de evacuarea așchiilor, răcirea sculei așchietoare, evitarea abaterilor de la direcția alezajului. Pentru valori $l/d < 15$, se pot utiliza scule așchietoare dimensionale uzuale (burghie, lărgitoare, alezoare) dacă se iau următoarele măsuri:

- așchiera cu viteze de avans reduse;

- găurirea "în trepte" (se găurește pe o porțiune din adâncime, se continuă cu un burghiu cu diametrul mai mic, se lărgeste la diametrul final);
 - scoaterea și curățirea periodică a burghiului.
- Pentru rapoarte $l/d > 15$ se folosesc mașini și scule așchietoare speciale pentru prelucrarea alezajelor adânci.

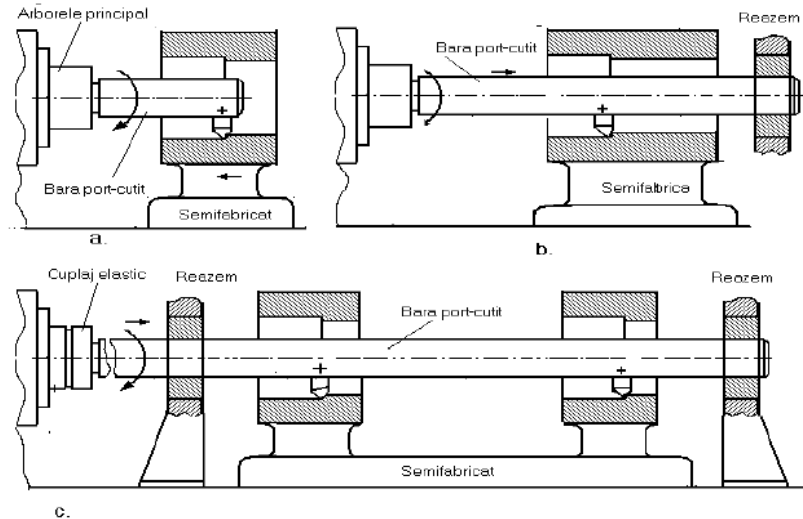


Fig. 3.13. Prelucrări pe mașina de alezat și frezat:
a - alezaje scurte; b – alezaje lungi; c – alezaje coaxiale

Prelucrarea prin broșare a alezajelor. Se aplică ca prelucrare de finisare a alezajelor cilindrice sau profilate cu diametre până la 80 mm. Suprafața prelucrată se obține printr-o singură tragere a broșei prin interiorul alezajului prelucrat; prelucrarea este posibilă datorită construcției broșei care are dinții în trepte ce realizează avansul pe dinte de 0,02...0,15 mm, și forme corespunzătoare suprafeței ce se prelucurează (canale de pană până caneluri, suprafață cilindrică). Dacă suprafața are forme complicate și înlăturarea adaosului total ar necesita broșe foarte lungi (peste 1000 mm), se proiectează realizarea operației în două treceri cu broșe realizate special în acest scop.

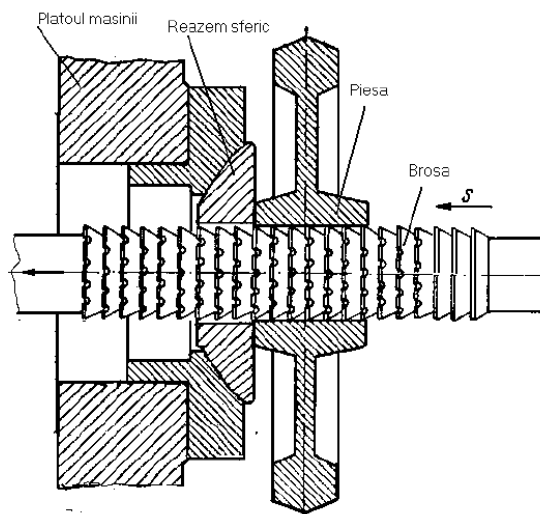


Fig. 3.14. Prelucrarea alezajelor prin broșare.

Prelucrarea prin rectificarea alezajelor. Este o operație de prelucrare prin

care se corectează atât precizia dimensională cât și poziția reciprocă a suprafețelor. La rectificarea suprafețelor interioare apar probleme tehnologice legate de faptul că dimensiunea discului de rectificat este limitată la 0,6...0,9 din diametrul alezajului, ceea ce necesită rotații mari pentru obținerea vitezei de așchiere optime, iar rigiditatea scăzută a axului disucului influențează negativ precizia prelucrării.

De asemenea, uzarea discului se produce mai rapid ceea ce impune secvențe de corectare mai dese.

C. Prelucrări finale aplicate alezajelor.

Pentru îmbunătățirea calității suprafeței alezajele se prelucrează final prin strunjire de netezire, honuire, lepuire sau deformare plastică la rece.

Strunjirea interioară de netezire asigură precizii în clasele 6..7 ISO și rugozități $R_a = 0,8...0,4 \mu\text{m}$.

Prelucrarea se realizează pe strunguri ce pot asigura viteze de rotație mari (strunguri rapide) sau pe mașini de alezat și frezat, folosind ca scule cuțite cu partea activă din carburi metalice sau diamant. Adaosurile de prelucrare sunt foarte mici astfel că regimul de așchiere se caracterizează prin adâncimi de așchiere mici, ($t = 0,05...0,2 \text{ mm}$), avans $s = 0,01...0,1 \text{ mm/rot}$, și viteza de așchiere foarte mare ($v = 200...250 \text{ m/min}$ la oțeluri și fonte și $v = 300...1500 \text{ m/min}$ la aliaje neferoase).

Honuirea se realizează după metoda cunoscută (fig. 3.15), folosind capete de honuit pe care sunt fixate bare abrazive (abrazivi fini obișnuiți sau pulbere de diamant). Scula așchietoare este ghidată de suprafață datorită legăturii nerigide a honului cu mașina-unealtă, iar prelucrarea se realizează într-un mediu lichid. Corectarea abaterilor de formă (conicitate se realizează prin efectuarea unor mișcări suplimentare de rotație (fără translație) la capătul alezajului dinspre ieșirea sculei așchietoare.

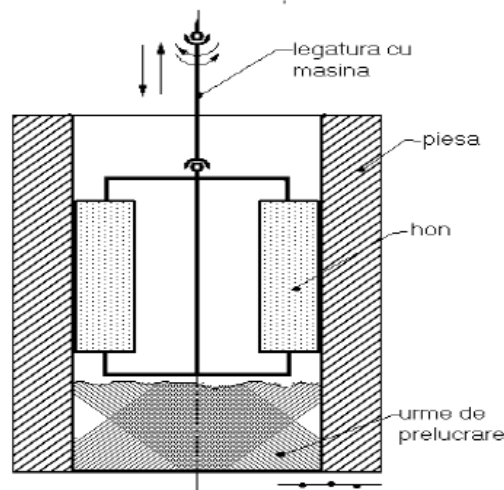


Fig. 3.15. Honuirea alezajelor

Lepuirea suprafețelor interioare se realizează cu ajutorul granulelor abrazive foarte fine amestecate într-un lichid sau într-o pastă și interpușe între suprafața de prelucrat și scula de lepuire (de obicei un dorn din fontă sau material plastic) Prin lepuire se obțin rugozități $R_a = 0,1...0,01 \mu\text{m}$ (luciu oglindă), dar nu se pot corecta abateri de formă și poziție ale alezajelor.

2.4.3. Scheme tehnologice tipice de prelucrare a pieselor tip alezaj

Procesele tehnologice de fabricare a pieselor de tip alezaj sunt diferențiate datorită diversității mari a formelor constructive, dimensiunilor și materialelor utilizate.

A. Piese de tip bucușă de dimensiuni reduse se execută din bare laminate sau țevi pe strunguri revolver, semiautomat sau automat dintr-o așezare. După această operație se mai prelucrează fața frontală rezultă după retezare, găurile și canalele de ungere (dacă este cazul).

B. Cămășile pentru pompe și motoare termice se execută din semifabricate turnate, deformat plastic la cald prin forjare sau țevă.

Sucesiunea prelucrărilor :

- strunjire de degroșare și finisare;
- tratament termic de durificare a suprafeței interioare (dacă este cazul);
- rectificare;
- honuire;
- lepuire;
- control final.

C. Piese de tip roată (roți de transmisie) se prelucrează în funcție de dimensiuni și tipul semifabricatului. O succesiune generală este:

- strunjire de degroșare în succesiunea: suprafețe exterioare, frontale și apoi alezajul;
- control nedistructiv, remedierea eventualelor defecte și tratamentul termic (dacă este cazul);
- strunjire de finisare în aceeași succesiune ca la degroșare;
- rectificare;
- echilibrare statică sau dinamică (dacă este cazul);
- control final.

La roțile de dimensiuni mari, reducerea greutateii (și implicit a costului) se asigură prin folosirea unor semifabricate combinate realizate din butuc forjat sau turnat, spițe din profile laminate și bandajul (coroana) din inel forjat; aceste elemente se prelucrează independent prin degroșare se assemblează prin sudare, după care se continuă prelucrarea roții în succesiunea prezentată mai înainte.

2.5. FABRICAREA ROȚILOR DINȚATE

2.5.1. Forme constructive, materiale și condiții tehnice

Forme constructive. Roțile dințate reprezintă o clasă separată de piese datorită problemelor tehnologice specifice pe care le ridică realizarea dinților. Forma constructivă a părții danturate este caracterizată atât de tipul profilului cât și de anumite modificări impuse de condițiile de exploatare. De exemplu, în cazul roților dințate de la cutiile de viteză, care cuplează și decuplează des, se realizează rotunjiri ale fețelor frontale ("raionarea" danturii). La roțile care lucrează la viteze mari, pentru reducerea zgomotului se teșesc vârfulurile dinților sau se realizează cu profil special

(“butoi”).

Roțile dințate sunt elementele de bază ale angrenajelor. Angrenajele sunt mecanisme formate din câte două roți dințate mobile în jurul a două axe cu poziții relative invariabile, una antrenând-o pe cealaltă prin acțiunea dinților aflați continuu și succesiv în contact. Continuitatea contactului dintre dinți se asigură prin realizarea unor perechi de flancuri de dinți conjugate – cu contact *liniar* sau *punctiform*. Contactul dintre dinți trebuie transpus în permanență de pe o pereche de dinți pe alta, ceea ce se obține prin realizarea danturii astfel încât în permanență sunt în contact mai mult de doi dinți, adică se realizează un anumit *grad de acoperire*.

Din punct de vedere geometric, roțile dințate sunt definite prin numărul de dinți z , modulul, profilul de referință al dinților, unghiul de înclinare, deplasarea de profil, diametrul de divizare și lățimea danturii.

Materiale. Roțile dințate se execută dintr-o gamă foarte diversă de materiale: oțeluri carbon, oțeluri mediu și înalt aliate, fonte cenușii, fonte maleabile, fonte modificate, aliaje neferoase, materiale nemetalice (în special materiale plastice).

Semifabricatele se aleg în funcție de dimensiunile și configurația roții:

– pentru $D < 50$ mm, se folosesc bare laminate sau trase și semifabricate extrudate;

– pentru $D > 50$ mm, se folosesc semifabricate forjate, matrițate sau turnate.

La roțile tip alezaj, semifabricatul este realizat cu alezaj dacă $D_{alezaj} > 30$ mm.

Roțile dințate cu diametre mari se realizează adesea din două părți: coroana dințată și butucul roții. Coroana se execută din oțeluri ce pot fi tratate termic sau aliaje neferoase, iar butucul se obține prin turnare sau prin sudare. Asamblarea coroanei cu butucul se face prin fretare sau fixare cu șuruburi.

Condiții tehnice. Solicitățile complexe ale danturii impun asigurarea preciziei în funcționare și posibilitatea de interschimbabilitate. Angrenajul fiind un ansamblu complex, precizia lui este influențată atât de precizia elementelor care determină poziția relativă a roților în ansamblul respectiv (carcasă, arbori, lagăre).

Erorile și abaterile care caracterizează precizia roților dințate, denumite și indici de precizie, sunt grupate în trei criterii de precizie:

– *criteriul de precizie cinematică* (abaterea cumulată la pas, bătaia radială a danturii etc.);

– *criteriul contactului dintre dinți* (abaterea la direcția dinților, abaterea de la paralelism a axelor);

– *criteriul funcționării line în angrenaj* (abaterea profilului, abaterea ciclică a roții dințate).

Din punct de vedere al acestor criterii de precizie, angrenajele și roțile dințate sunt împărțite după standardele în vigoare în 12 clase de precizie, pe baza principiului ca aceeași clasă să asigure la toate tipurile de angrenaje (cilindrice, conice sau melcate) aceeași calitate funcțională, adică aceeași comportare a angrenajului în exploatare. În practică sunt rare cazurile în care să fie necesară realizarea unor angrenaje la fel de precise după toate cele trei criterii. Deoarece precizia condiționează și tehnologia de fabricație, este necesară analiza atentă a condițiilor de funcționare și prescrierea corectă a claselor de precizie pentru fiecare criteriu.

Relativ independent de clasele de precizie, se stabilesc și indici de precizie care determină caracterul ajustajului dintre flancuri. Sunt stabilite patru tipuri de ajustaje:

- JA – joc minim mărit;

- JC – joc minim normal;
- JD – joc minim redus;
- JE joc minim nul.

Cel mai utilizat este ajustajul JC la care valorile limită ale indicilor sunt astfel stabilite ca în cazul unei diferențe de temperatură mai mici de 25°C între angrenaj și carcasă, să nu se producă blocarea angrenajului.

În desenele de execuție ale roților dințate se prescrie numai clasa de precizie și caracterul ajustajului dintre flancuri, metoda de verificare a preciziei stabilind-o executantul.

2.5.2. Procese tehnologice tipice de prelucrare a roților dințate cilindrice

A. Prelucrări de degroșare și de finisare

Prelucrarea dinților roților dințate reprezintă 50...70% din timpul total de mașină necesar obținerii piesei și de aceea alegerea corectă a metodei de danturare conduce atât la obținerea preciziei impuse cât și la reducerea costului fabricației. După principiul care stă la baza obținerii profilului, danturarea se poate face prin copiere sau prin generarea profilului.

Danturarea prin copiere. Se realizează pe mașini universale de frezat echipate cu cap divizor, folosind freze disc modul (fig. 3.16, a) sau freze deget (fig. 3.16, b) al căror profil reproduce profilul golului dintre dinți. Frezarea danturii se execută succesiv dinte cu dinte; după realizarea a două flancuri pe toată lungimea (mișcarea de avans s_f) freza este readusă în poziția inițială, dispozitivul de divizare rotește semifabricatul cu valoarea pasului unghiular și se prelucrează golul următor. Productivitatea este scăzută deoarece timpii auxiliari sunt mari, iar în cazul frezelor deget-modul și timpul de bază este mare. Metoda se recomandă numai în cazul producției individuale sau de unicat a roților cu număr mic de dinți și/sau modul mare ($m > 24$), la care altă metodă de danturare nu se poate aplica.

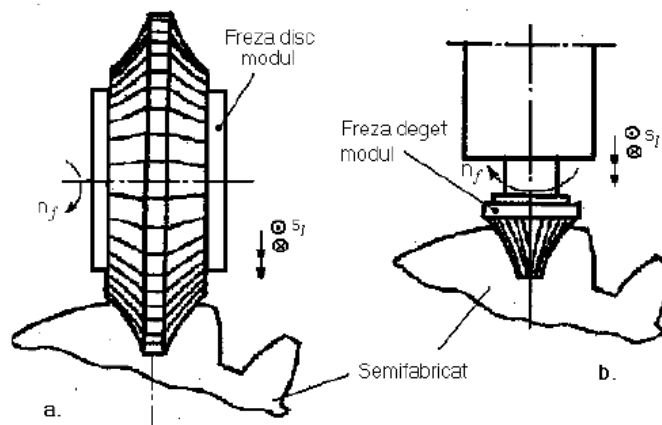


Fig. 3.16. Schema danturării prin copiere:
a – cu freza disc modul; b – cu freza deget modul

Deoarece la același modul dimensiunile profilului depind și de numărul de dinți, rezultă că o freză nu poate fi utilizată decât pentru numărul de dinți pentru care a fost

proiectată, ceea ce în practică ar însemna un număr foarte mare de freze. Pentru ca metoda să devină aplicabilă se folosește aceeași sculă pentru numere de dinți cuprinse într-un interval limitat.

Pentru prelucrarea roților cu numere de dinți cuprinse în intervalul 12...135 dinți, pentru fiecare modul se realizează seturi de freze:

- set de 8 freze pentru roți cu $m = 0,8...8$ și precizie normală;
- set de 15 freze pentru roți cu $m > 8$ și precizie normală;
- set de 26 freze pentru roți precise de orice modul.

Prin copiere se pot obține danturi cu precizia 9...11 ISO și rugozitatea flancurilor $R_a = 16,3...12,5$ mm.

Danturarea prin generarea profilului cu freza melc modul. Se face pe mașini unelte speciale, folosind freza - melc, cu muchii drepte și dinți detalonați (detalonare – prelucrarea după o curbă a spatelui dinților pentru a menține profilul după reascuțire). Prelucrarea cu freza-melc modul se bazează pe proprietatea de a avea ca înfășurătoare a danturii, atunci când se rostogolește pe plan, o cremalieră cu flancuri rectilinii (fig. 3.17). Profilul dinților frezei reproduce într-un plan normal pe elice profilul cremalierii de referință corespunzătoare modului roții dințate, modificat în funcție de cerințele concrete ale roții. Pentru module relativ mici, ($m < 10...12$), frezele se execută în construcție monobloc din oțel rapid de scule. La module mai mari, frezele se realizează cu dinții amovibili din carburi metalice.

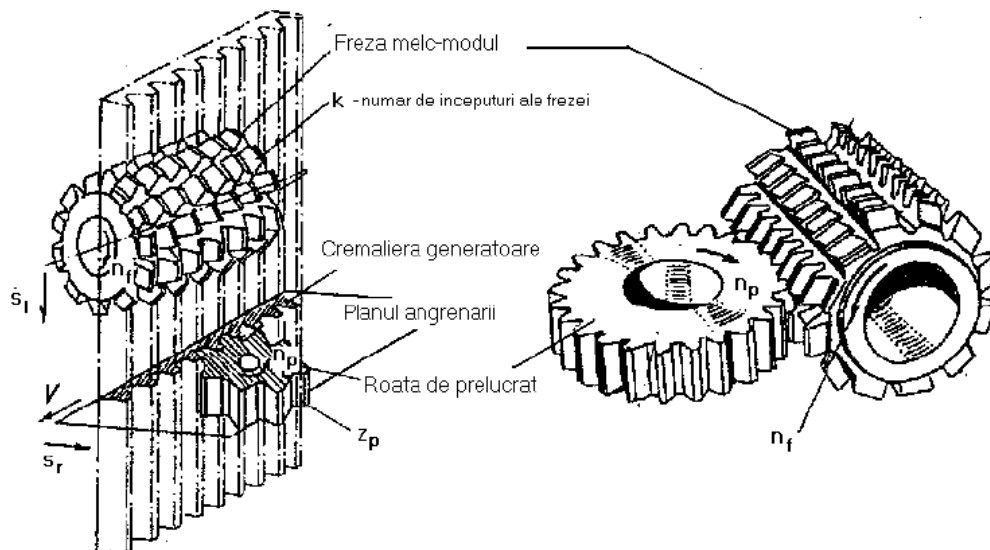


Fig. 3.17. Schema danturării prin rulare (rostogolire) cu freza melc modul:
a – cu freza disc modul; b – cu freza deget modul.

Prelucrarea roților dințate cilindrice prin mortezare se realizează pe mașini speciale de mortezat, profilul obținându-se prin generare. Scula are forma unei roți dințate, cu modulul egal cu cel al roții care se prelucrează. Partea activă este fața frontală a dinților sculei, iar pentru păstrarea profilului după reascuțire dinții sunt detalonați. Scula și piesa sunt orientate așa cum este prezentat în figura 3.18.

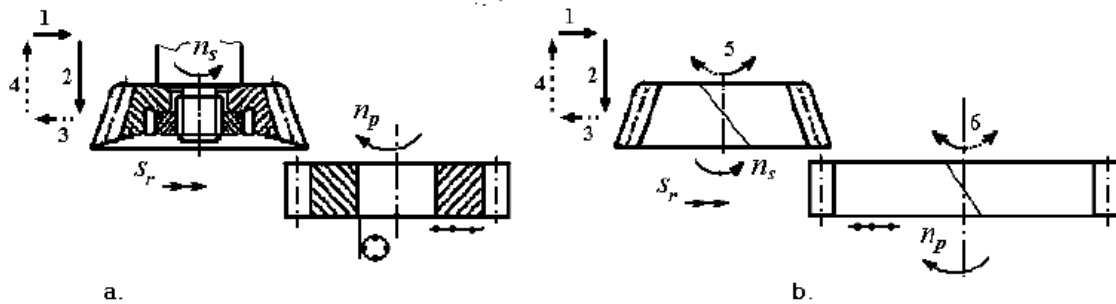


Fig. 3.18. Schema danturării prin mortezare:
 a – danturarea roților cu dinți dreupți; b – danturarea roților cu dinți înclinați
 1-2-3-4 ciclul de așchiere; mișcările 1 și 3 sunt necesare pentru a evita
 frecarea sculei cu suprafața prelucrată la cursa în gol

B. Prelucrări finale ale danturilor cilindrice.

Prelucrarea roților netratate termic. În cazul roților dințate la care nu se aplică tratamente termice finale de durificarea a danturii prelucrarea finală este șeveruirea, executată cu o sculă specială. Șeverul este o roată dințată sau o cremalieră cu dinți înclinați cu unghiul $\alpha = 10...15^\circ$. Pe flancurile dinților se taie la distanțe de 0,75 mm canale transversale, adânci de 0,6...1 mm și late de 0,25 mm. Aceste canale constituie muchii așchietoare. În timpul prelucrării șeverul angrenează cu roata dințată și datorită înclinărilor dinților sculei se realizează o deplasare relativă a muchiilor de așchiere în lungul dinților. Așchiile care se formează sunt foarte fine, având grosimi de 5...10 μm , obținându-se precizii foarte ridicate ale profilului.

Prelucrarea finală a roților dințate tratate termic superficial. Tratamentele termice superficiale de durificare a flancurilor conduc la apariția abaterilor de formă și la modificarea stării suprafeței, astfel că sunt necesare prelucrări finale după aceste tratamente.

Principala metodă de prelucrare este rectificarea care este o operație costisitoare datorită faptului că sunt necesare un număr relativ mare de treceri, iar durabilitatea sculelor este redusă, fiind necesară reprofilarea frecventă a părții active a discului de rectificat.

TESTE DE AUTOEVALUARE

T.1. Procesul tehnologic este definit: **a)** procesul tehnico-economic complex, care cuprinde întreaga activitate desfășurată într-un atelier de producție; **b)** procesul tehnico-economic complex, care cuprinde întreaga activitate desfășurată într-un loc de muncă având drept scop obținerea unui produs (piesă, subansamblu, ansamblu, utilitaj, instalație, aparat etc.) cu o anumită utilitate socială; **c)** reprezintă o parte componentă a procesului de producție în decursul căruia se efectuează toate transformările și modificările materialelor, într-o succesiune logică, în mod treptat, în scopul obținerii unui produs.

R: c

T.2. Elementele componente ale procesului tehnologic de prelucrare mecanică sunt: **a)** aşezarea/poziţia, faza, trecerea, mânuirea şi mişcarea; **b)** operaţia, aşezarea/poziţia, trecerea, mânuirea şi mişcarea; **c)** operaţia, aşezarea/poziţia, faza, trecerea, mânuirea şi mişcarea.

R: c

T.3. Datele iniţiale - datele de bază - necesare proiectării procesului tehnologic trebuie să cuprindă: a) proiectul de execuţie; programul de fabricaţie; baza materială ce se pune la dispoziţie; condiţiile economice; condiţiile sociale; condiţiile de mediu; b) proiectul de execuţie; programul de fabricaţie; baza materială ce se pune la dispoziţie; condiţiile economice; condiţiile sociale; c) proiectul de execuţie; programul de fabricaţie; baza materială ce se pune la dispoziţie; condiţiile sociale; condiţiile de mediu.

R: a

T.4. Tipizarea pe baza caracterului comun al conţinutului şi ordinii operaţiilor tehnologice împarte piesele în: a) clase; tipuri; grupe; b) clase; grupe; c) clase; familii de piese.

R: a

T.5. Procesele tehnologice pot fi alcătuite după următoarele principii ţinând seama de traseul tehnologic: a) principiul minimumului de material, principiul stabilităţii procesului de aşchiere; b) diferenţierea operaţiilor; concentrarea operaţiilor; c) principiul drumului minim; principiul stabilităţii procesului de aşchiere.

R: b

T.6. Dimensiunile prescrise piesei se pot obţine prin următoarele metode: a) metoda prelucrării pieselor după trasaj; metoda de prelucrare a pieselor prin aproximări succesive (aşchii de probă); metoda de prelucrare a pieselor prin reglare la dimensiune; metoda de prelucrare a pieselor prin copiere; metoda de prelucrare a pieselor cu obţinerea automată a dimensiunilor; b) metoda de prelucrare a pieselor prin aproximări succesive (aşchii de probă); metoda de prelucrare a pieselor prin reglare la dimensiune; metoda de prelucrare a pieselor prin copiere; metoda de prelucrare a pieselor cu obţinerea automată a dimensiunilor; c) metoda prelucrării pieselor după trasaj; metoda de prelucrare a pieselor prin reglare la dimensiune; metoda de prelucrare a pieselor prin copiere; metoda de prelucrare a pieselor cu obţinerea automată a dimensiunilor.

R: a