

MUCNPA 6

RECTIFICAREA SUPRAFEȚELOR PLANE ȘI DE REVOLUȚIE

1. Scopul și conținutul lucrării

- ♦ Prezentarea noțiunilor elementare referitoare la prelucrarea cu scule abrazive;
- ♦ Cunoașterea modului de realizare a suprafețelor de revoluție și a celor plane pe mașinile de rectificat.

2. Considerații generale

2.1. Particularitățile procesului de prelucrare prin abrazare

Spre deosebire de procedeele de prelucrare prin așchiere, la care se utilizează scule metalice cu număr definit de dinți și geometrie de lucru bine precizată, prelucrarea prin *abrazare* (*microașchiere*) presupune utilizarea unor scule cu număr foarte mare (neprecizat) de granule abrazive – cu rol de «micro-dinți», având muchii ascuțiți, dar geometrie aleatorie (necontrolată). Granulele abrazive – care sunt în general materiale dure cristaline de mici dimensiuni (cu microduritate de $22.000 \div 31.000$ MPa) – sunt compactate cu ajutorul unor lianți speciali, sub forma unor corpuri abrazive cu diferite configurații geometrice (disc, taler, oală, bară prismatică sau circulară ș.a, corpuri utilizate la operațiile de *abrazare* (*rectificare*), *honiuire*, *vibronetezire*). Granulele sunt însă utilizate și sub formă de pulbere, la operațiile de *lepuire*, *rodare*, *abrazare prin alunecare sau cu jet* sau sunt depuse pe un suport de hârtie sau pânză, pentru operațiile de *șlefuire*.

La utilizarea corpului abraziv – căruia i se imprimă o rotație ridicată (viteza de lucru atinge 75m/s), granulele de pe suprafața periferică antrenează straturi fine de material metalic de pe semifabricat și-l transformă în *microașchii*.

Prin definiție, procedeele de abrazare sunt considerate operații de finisare (în general operații finale în execuția unor repere), ele asigurând condițiile de precizie dimensională, de formă și de poziție reciprocă a suprafețelor sub treapta 9 ISO, precum și rugozități mici ($R_a = 0,16 \div 0,63 \mu\text{m}$). Procedeele mai sunt recomandate și în cazurile în care așchiere cu scule metalice este imposibilă sau neeconomică, cum este cazul materialelor metalice foarte dure.

Spre deosebire de așchiere cu scule metalice cu număr precizat de dinți (de ex. frezarea), **prelucrarea cu scule abrazive este caracterizată de o serie de particularități:**

- ♦ *geometria granulei abrazive este variabilă de la granulă la granulă* (fig. 6.1), fiind posibile unghiuri de degajare atât pozitive, cât și puternic negative, corespunzătoare unor unghiuri de așchiere $\delta = 45^\circ \div 140^\circ$;
- ♦ *tășurile granulelor abrazive situate pe periferia corpului abraziv au o dispunere neregulată și nu sunt înscrise, în general, în aceeași suprafață inițială;*
- ♦ pe arcul de contact sculă - semifabricat se află foarte multe granule abrazive, fiecare «ridicând»

un microvolum de material de aproximativ 400.000 de ori mai mic decât oricare dinte așchietor corespunzător sculelor metalice;

♦ *procesul de așchiere prin abrazare se desfășoară la viteze ridicate* ($v = 30 \div 80 \text{ m/s}$). Timpul cât așchiază o granulă este de ordinul $5 \cdot 10^{-5} \div 10^{-4}$ secunde, ceea ce înseamnă transformarea instantanee în microașchii a adaosului de prelucrare;

♦ *mișcările de avans generatoare au loc cu viteze de avans mult mai mici* ($v_s = 1 \div 50 \text{ m/min}$), iar *adâncimea de așchiere* t are valori de ordinul $0,0005 \div 0,05 \text{ mm}$, în funcție de rigiditatea sistemului tehnologic și de scopul operației;

♦ *vitezele mari de așchiere și geometria aleatoare* (neadecvată pentru multe din granulele abrazive) conduc la *dezvoltarea unei temperaturi înalte în zona de așchiere* ($1000 \dots 1500^\circ\text{C}$), ceea ce poate conduce la arderea superficială a metalului din suprafața prelucrată;

♦ *dirijarea procesului de abrazare se poate realiza numai pe baza modificării regimului de așchiere și a mediului de așchiere*, deoarece nu este posibilă modificarea/optimizarea geometriei granulei abrazive. Singura excepție o constituie cazul unor discuri diamantate, realizate printr-o tehnologie specială, prin care este posibilă orientarea preferențială a granulelor abrazive, dar nici în aceste condiții nu se pot asigura unghiurile optime de așchiere, datorită variației formei și geometriei granulelor;

♦ *discul abraziv se autoascute în procesul de așchiere*. În timpul lucrului, pe măsură ce tășurile granulelor se tocesc, forțele de așchiere cresc corespunzător și apare fenomenul de smulgere a granulelor uzate din liant. Dacă corpul abraziv are duritate relativ redusă, granulele abrazive uzate sunt îndepărtate și, în mod continuu, ies la suprafață (devin active) granule neuzate, cu tășuri ascuțite, care continuă procesul normal de abrazare. Dacă corpul abraziv are duritate mare, granulele abrazive uzate sunt reținute un timp prea îndelungat, procesul de abrazare se înrăutățește, până la pierderea totală a capacității de microașchiere a discului (cauzată de «îmbâcsirea» completă) și apariția fisurilor. Ca o consecință, va crește temperatura piesei și vor crește ondulațiile suprafeței prelucrate;

♦ *calitatea suprafeței prelucrate* este rezultatul acțiunii simultane a factorilor geometrici caracteristici procesului de abrazare și a deformațiilor plastice care îl însoțesc. Se are în vedere influența exercitată de modificarea capacității de așchiere a granulelor abrazive. Astfel, tășul granulei se uzează și ajunge la raze de rotunjire (bontire) ρ de ordinul a $20 \div 30 \mu\text{m}$, mai mare decât adâncimea de așchiere reglată. Granula începe «a se târa» pe suprafața piesei cu presiune radială și forțe de frecare crescătoare, conducând la ecruisarea stratului superficial. Apoi, pe măsură ce stratul de așchiere se îngroașă, granula pătrunde în el, produce la început o zgârietură, după care refulează materialul în sensul de deplasare și în lateral. Abia după ce adâncimea de așchiere depășește raza de bontire a muchiei, se formează și se îndepărtează microașchia. Fenomenele de strivire și de zgâriere din prima fază sunt cu atât mai intense, cu cât grosimea așchiei este mai mică și cu cât raza de rotunjire ρ este mai mare (cu cât raportul a/ρ este mai mic).

Din punct de vedere geometric, rugozitatea suprafeței prelucrate se formează ca rezultat al copierii urmelor lăsate de granulele abrazive. Datorită faptului că o granulă ridică microașchii cu forțe specifice mari, au loc deformații plastice intense, care deformează microrelieful obținut ca rezultat al acțiunii parametrilor geometrici ce caracterizează granulele abrazive. Netezimea suprafeței prelucrate prin abrazare este determinată de densitatea zgârieturilor pe unitatea de suprafață și întrucâtva de forma acestora, respectiv de forma granulelor abrazive care le-au produs. Teoretic, pentru obținerea unei rugozități cât mai mici,

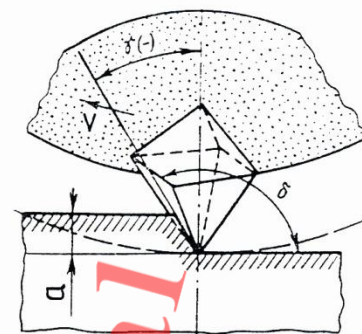


Fig. 6.1. Geometria aleatoare a granulei abrazive

este necesar ca un număr cât mai mare de granule să acopere simultan unitatea de suprafață a piesei – adică discul abraziv să aibă o structură cât mai densă și o granulație cât mai fină – fie ca un număr de granule abrazive (dispuse mai rar) să treacă de mai multe ori printr-una și aceeași secțiune. Practic, înălțimea mică a secțiunii restante se obține prin imprimarea unei mișcări suplimentare de avans la nivelul discului abraziv, avans paralel cu generatoarea suprafeței și având mărimea mult mai mică decât lățimea B a discului. În acest mod, discul va trece de mai multe ori peste fiecare porțiune de suprafață, având ca efect micșorarea corespunzătoare a înălțimii asperităților.

În concluzie, îmbunătățirea calității suprafeței la abrazare/rectificare se obține prin mărirea numărului de treceri (micșorând vitezele de avans) și prin micșorarea granulației corpului abraziv.

◆ **Scula abrazivă** este realizată sub forma unui corp solid din granule abrazive legate între ele printr-un liant, ce poate fi de natură anorganică (ceramic, pe bază de silicați sau pe bază de magnetită) sau de natură organică (lacuri, rășini fenolice, bachelită și cauciuc). Natura liantului conferă corpului abraziv duritate, rezistență și elasticitate, structură, rezistență termică.

◆ **Granulele abrazive** sunt mici cristale sau particule amorfe, cu proprietăți specifice: duritate foarte mare însoțită de fragilitate; stabilitate bună a durității la temperaturi ridicate și o anumită configurație și granulație. Acestea îi conferă posibilitatea de a acționa ca niște elemente așchietoare, cu suprafețe de degajare și de așezare și cu muchii așchietoare elementare.

Materialele care satisfac proprietățile de duritate și termostabilitate necesare procesului de abrazare sunt, în ordinea descrescătoare a calităților: diamantul natural și artificial, nitrura cubică de bor, carbura de siliciu, oxidul de aluminiu natural și artificial (șmirghel, corindon, electrocorindon).

2.2. Variante de abrazare

Având în vedere scopul urmărit, prelucrările prin abrazare se împart în două mari grupe:

- ◆ operații prin care se urmărește numai obținerea unei anumite rugozități pentru suprafața prelucrată, fără a interesa îmbunătățirea preciziei;
- ◆ operații de prelucrare la care, pe lângă calitatea de suprafață, se urmărește și obținerea unei mai mari precizii dimensionale, de formă și de poziție reciprocă.

Din prima categorie fac parte *superfinisarea* și *lustruirea*, iar din categoria a doua *rectificarea*, *honnuirea* și *lepuirea*.

2.2.1. Rectificarea (Abrazarea)

Rectificarea este un procedeu pe care unii autori îl compară cu frezarea, datorită analogiei formei – de corp de revoluție – pe care îl are scula așchietoare. Comparativ însă cu freza, care posedă un număr limitat de dinți metalici, cu geometrie bine definită, corpul abraziv are un număr foarte mare de micro-dinți cu geometrie oarecare, formați de granulele abrazive încorporate în corpul sculei.

◆ Variantele de **rectificare a suprafețelor plane** se pot clasifica în funcție de poziția relativă sculă – semifabricat și relațiile dintre mișcările de lucru.

- ◆ Astfel, *după forma suprafeței active a discului abraziv* rectificarea poate fi:
 - *periferică (cilindrică)* (fig. 6.2) – când se utilizează suprafața cilindrică a discului abraziv;
 - *frontală* (fig. 6.3) – când se folosește suprafața frontală a corpului abraziv.
- ◆ După *variantele de generare*, se poate lucra:
 - *cu avans longitudinal combinat cu avansul transversal intermitent*;
 - *cu avans de pătrundere (transversal)*.

◆ La rectificarea suprafețelor plane cu partea cilindrică a discului abraziv (fig. 6.2), în afara mișcării principale de rotație $I(n, v)$ a sculei, este necesar un avans longitudinal II rectiliniu-alternativ (executat de sculă sau masa port-piesă, cu o cursă mai mare decât lungimea de prelucrat) și un avans transversal intermitent III – efectuat la un capăt al cursei longitudinale, pentru a acoperi întreaga lățime a piesei (v. fig. 6.2a). «Pasul» efectuat prin deplasarea intermitentă laterală III este pronunțat mai mic decât lățimea activă B a discului abraziv. După ce discul de rectificat a acoperit întreaga suprafață de prelucrat și după ce a ieșit în afara zonei de contact cu piesa (la capăt de cursă) are loc deplasarea verticală a sculei (sau piesei) la adâncimea de așchiere reglată; această mișcare (IV), necesară pentru îndepărtarea adaosului în mai multe treceri, este considerată ca o a treia mișcare de avans.

◆ În cazul în care lățimea suprafeței de rectificat este mai mică decât lățimea B a discului abraziv, avansul intermitent lateral nu mai este necesar, cinematica prelucrării simplificându-se ca număr de mișcări (v. fig. 6.2b). Chiar dacă, în astfel de situații, din punct de vedere al corectitudinii generării, mișcarea laterală poate lipsi, pentru ca erorile de formă ale discului abraziv să nu se transmită suprafeței prelucrate, se recomandă menținerea avansului lateral (îndeosebi la rectificarea de finisare).

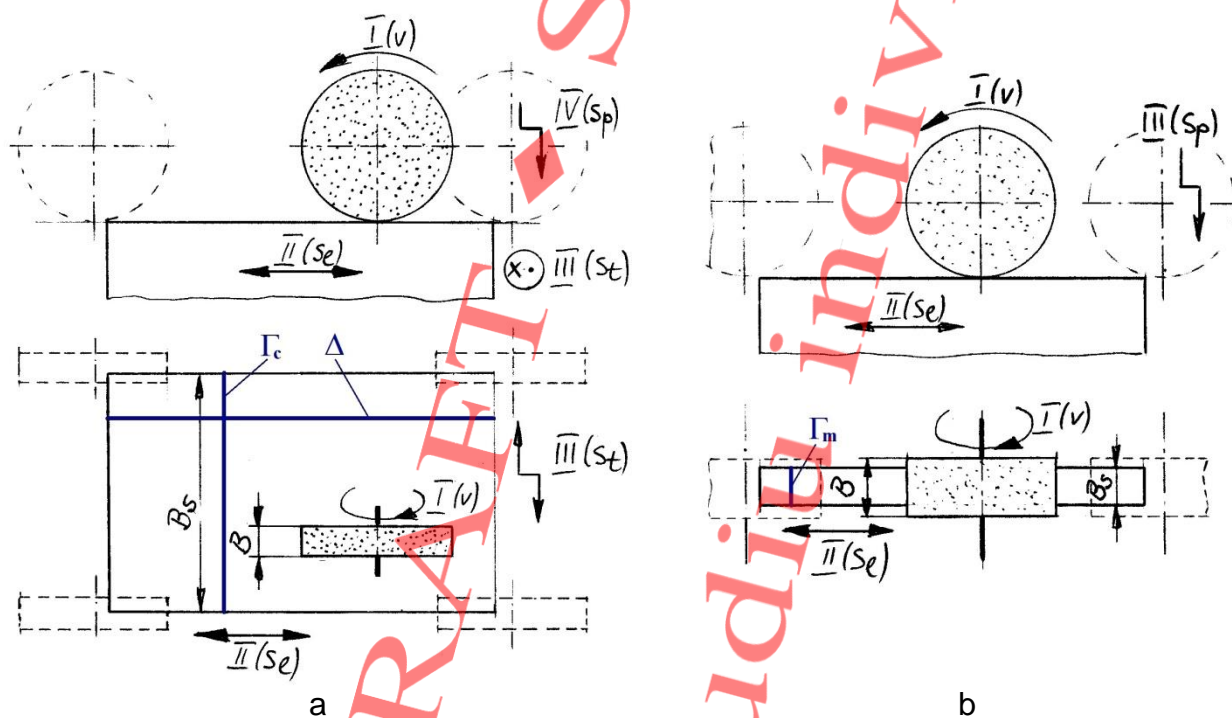


Fig. 6.2. Rectificarea plană cu suprafața cilindrică (periferia) discului abraziv: (a) – cu avans transversal intermitent (cu Γ cinematic); (b) – fără avans transversal (cu Γ materializat)

Comparând cele două scheme de prelucrare și mișcările necesare pentru generarea suprafețelor plane, se poate concluziona că, din punct de vedere al modului de generare a suprafeței, curba directoare Δ (cinematică) este rectilie și rezultă datorită avansului longitudinal II , iar curba generatoare Γ (de asemenea rectilie) este cinematică în primul caz (rezultată prin avansul transversal, intermitent III) și materializată de profilul discului în cazul suprafețelor înguste – dacă avansul lateral lipsește. Avansul intermitent vertical (avansul de patrundere) NU este un avans generator.

◆ La rectificarea suprafețelor plane cu suprafața frontală a discului abraziv (în formă de oală conică sau cilindrică) (fig. 6.3) condițiile de generare a curbilor rectilinii Δ și Γ , precum și mișcările de lucru sunt aceleași, ca la procedeul descris mai sus.

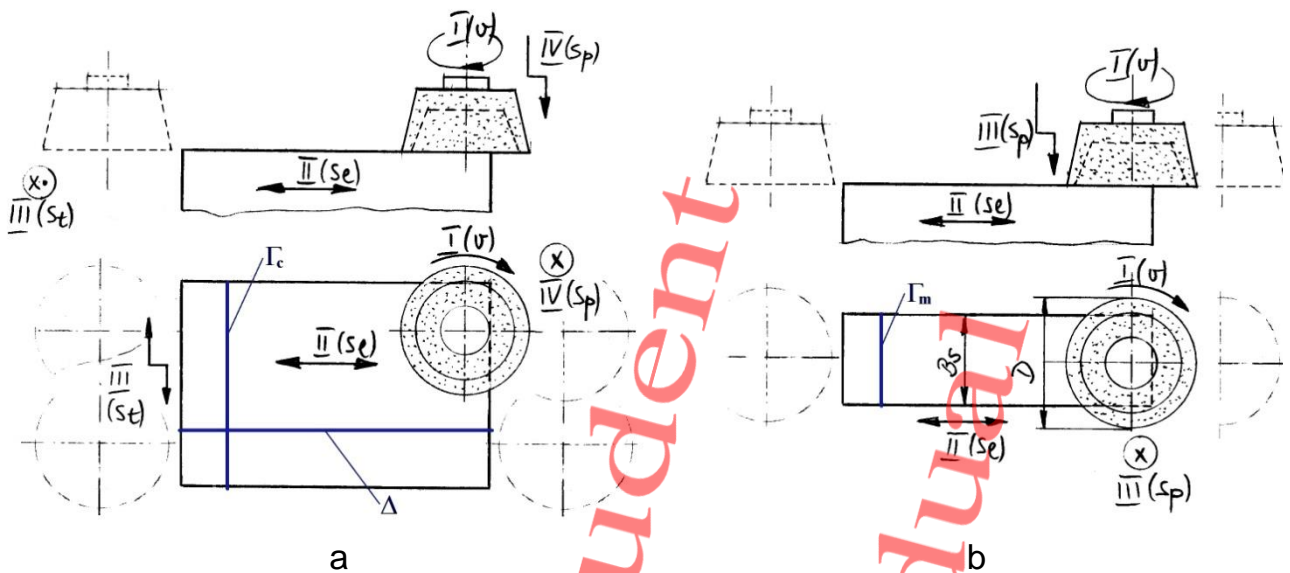


Fig. 6.3. Rectificarea plană cu suprafața frontală a corpului abraziv: (a) – cu avans transversal intermitent (cu Γ cinematic); (b) – fără avans transversal (cu Γ materializat)

♦ Pe mașina de *rectificat plan cu platou rotativ* se pot prelucra simultan mai multe piese, dispuse circular (fig. 6.4). Indiferent de tipul de corp abraziv utilizat, în locul avansului longitudinal II (v. fig. 6.3) se va folosi avansul circular II (s_c). Avansul transversal alternativ III – denumit avans radial în acest caz, este absolut necesar dacă lățimea discului abraziv este mai mică decât suprafața pieselor – în cazul utilizării periferiei discului (v. fig. 6.4a), ori dacă diametrul activ al corpului abraziv tip oală nu acoperă întreaga suprafață a semifabricatului (v. fig. 6.4b) – la utilizarea suprafeței frontale a pietrei oală.

♦ *Rectificarea suprafețele active ale ghidajelor*, suprafețe dispuse la unghiuri mai mici de 90° (cazul ghidajelor în coadă de rândunică), impune utilizarea suprafețelor frontale ale unor discuri abrazive conice (tip oală sau taler) (fig. 6.5). Cele două suprafețe se rectifică pe rând, utilizând (pe lângă mișcarea principală de rotație I) o mișcare de avans longitudinal alternativ II și un avans intermitent de pătrundere III (pentru înlăturarea adaosului de rectificare în mai multe treceri), avans efectuat la capăt de cursă, când corpul abraziv se află în afara zonei de contact cu semifabricatul. În zona de intersecție a celor două suprafețe plane trebuie să existe un canal de degajare (efectuat în prealabil) pentru a fi asigurată «ieșirea pietrei»¹.

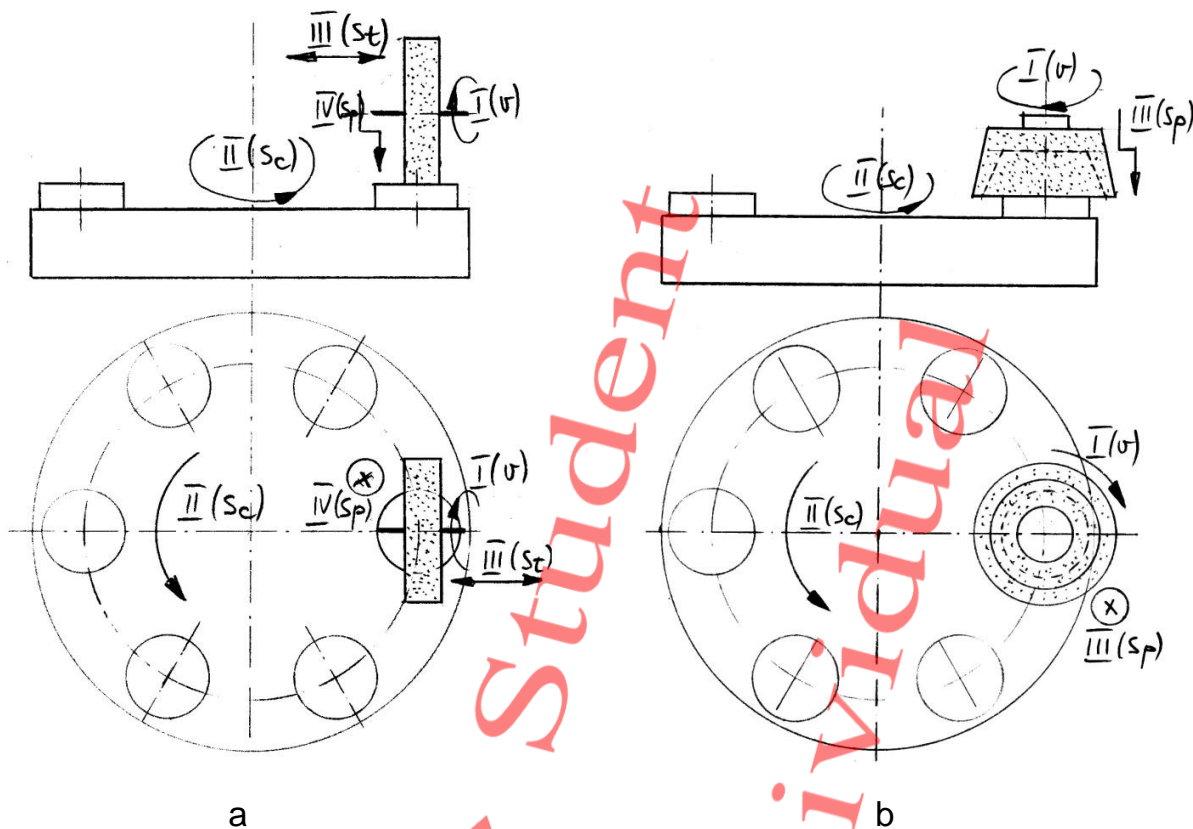
♦ *Suprafețele plane frontale* (interioare sau exterioare) ale pieselor de revoluție de tip arbore sau bucsă se rectifică cu suprafața plană frontală a pietrelor oală cilindrice sau conice (fig. 6.6). Ca mișcări de avans sunt prezente: avansul circular II (s_c) al semifabricatului – pentru generarea curbei directoare cinematice și avansul transversal continuu III (s_t), efectuat, în general, manual. Avansul intermitent, de pătrundere IV (s_p) este necesar pentru efectuarea mai multor treceri, în vederea îndepărtării întregului adaos de prelucrare.

♦ **Rectificarea suprafețelor de revoluție**, întâlnite în practică și sub denumirea de *rectificare rotundă* (datorită generării unei curbe directoare circulare), se realizează cu suprafața periferică a discului abraziv.

♦ La rectificarea **suprafețelor cilindrice** de lungime mare (fig. 6.7), pe lângă mișcarea principală de rotație I (v) a discului abraziv și mișcarea de rotație continuă II (s_c) a piesei (ca

¹ Degajările pentru rectificare sunt necesare pentru evacuarea ușoară a microașchiilor, spălarea și păstrarea formei muchiei active a corpului abraziv.

avans circular – pentru generarea curbei directoare cinematice Δ) este necesar un avans longitudinal alternativ III (s_l) – pentru generarea curbei Γ cinematic și un avans intermitent de pătrundere IV (s_p) efectuat la «capătul liber» (unde corpul abraziv iese din contact cu piesa) sau la ambele capete (dacă există ieșire a pietrei la ambele capete).



a

b

Fig. 6.4. Rectificare plană cu avans circular continuu:
(a) rectificare plană periferică; (b) rectificare plană frontală

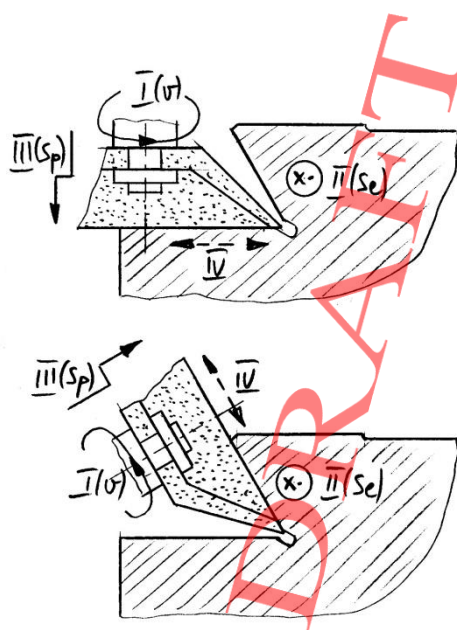


Fig. 6.5. Rectificarea plană frontală a suprafețelor active ale ghidajelor

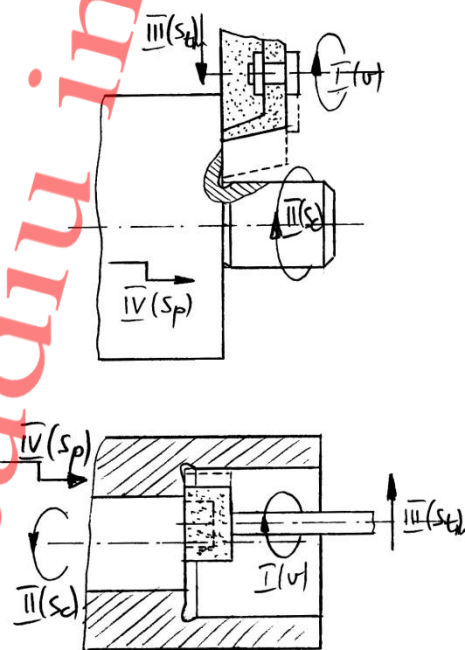


Fig. 6.6. Rectificarea plană frontală exterioară (a) și interioară (b) cu avans circular continuu și avans transversal manual (Δ și Γ cinematic)

Se cunosc două metode: metoda Norton și metoda Landis. La metoda Norton avansul alternativ longitudinal îl efectuează masa port-piesă (v. fig. 6.7a), iar la metoda Landis mișcarea oscilatorie longitudinală este executată de masa port-sculă (v. fig. 6.7b).

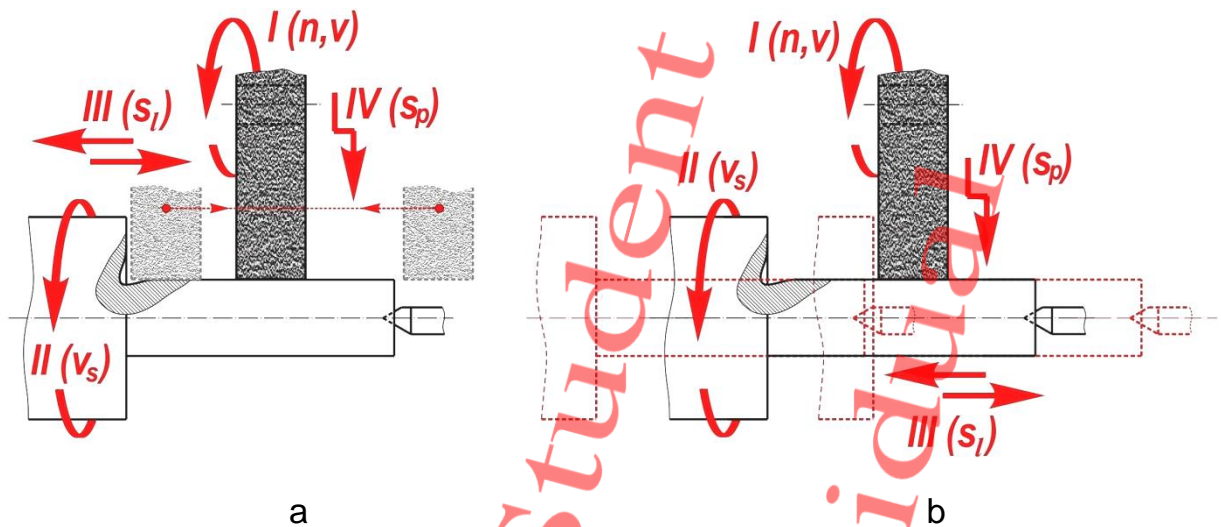


Fig. 6.7. Rectificarea rotundă longitudinală a suprafețelor cilindrice exterioare (Δ și Γ cinematice):
(a) – metoda Norton; (b) metoda Landis

♦ Rectificarea suprafețelor cilindrice interioare la care generatoarea este mai mare decât lățimea corpului abraziv se efectuează în prezența aceluiași 4 mișcări (fig. 6.8).

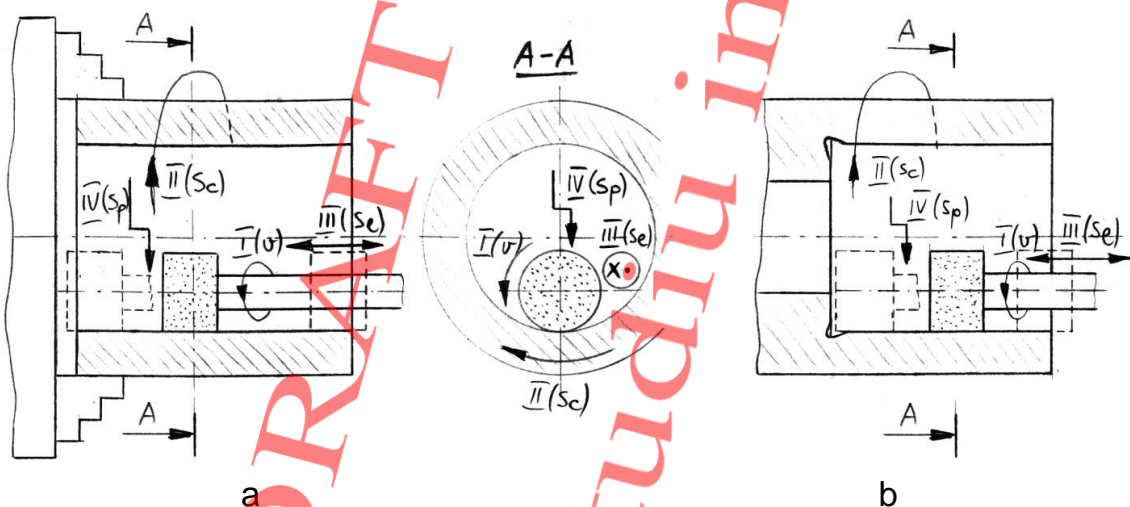


Fig. 6.8. Rectificarea rotundă longitudinală a suprafețelor cilindrice interioare

♦ În cazul suprafețelor cilindrice de lungime mică (pentru care uneori este necesară corijarea/diamantarea discului, pentru ca lățimea acestuia să fie apropiată de lungimea generatoarei de obținut) se aplică metoda de rectificare *cu avans de pătrundere*. Mișcarea alternativă de avans longitudinal nu mai este prezentă, iar avansul de pătrundere $III (s_p)$ devine continuu (fig. 6.9). Mișcarea notată cu IV nu reprezintă o mișcare de lucru, ci una de reglare a poziției relative corp abraziv – suprafață de prelucrat. Dacă suprafața de prelucrat are lungimea sub 80 mm și este flancată de două tronsoane cu diametru mai mare – pentru suprafața exterioară, ori cu diametru mai mic – la rectificarea interioară (conf. fig. 6.9), metoda de prelucrare cu Γ materializat rămâne ca unica alternativă de abrazare.

♦ Prin aceeași metodă de rectificare cu avans de pătrundere se pot prelucra simultan o suprafață cilindrică și o suprafață plană frontală (fig. 6.10), dacă se înclină axa discului abraziv față de axa semifabricatului. Metoda este mai productivă decât în cazul rectificării separate a celor două suprafețe învecinate, dar presupune modificarea formei discului abraziv (de la forma cilindrică la cea biconică), cu înlăturarea unei mari cantități de material așchietor.

Prin urmare, metoda este justificată numai la producția de serie.

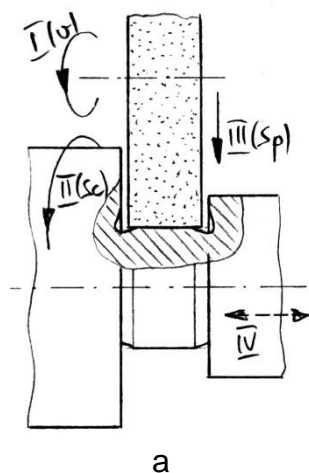


Fig. 6.9. Rectificarea cilindrică exterioră (a) și interioară (b) cu avans de pătrundere

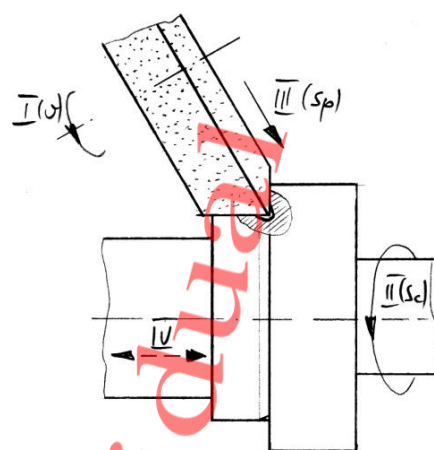


Fig. 6.10. Rectificarea de colț cu avans de pătrundere

♦ O metodă de rectificare cu randament ridicat a suprafețelor cilindrice pe semifabricate de formă simplă este «**rectificarea fără centre**» sau «fără vârfuri» (fig. 6.11). Metoda este folosită la prelucrarea pieselor cu rigiditate limitată sau a celor de mici dimensiuni, care nu pot fi prinse între vârfuri (role de rulmenți, bolțuri, știfturi, axe etc.).

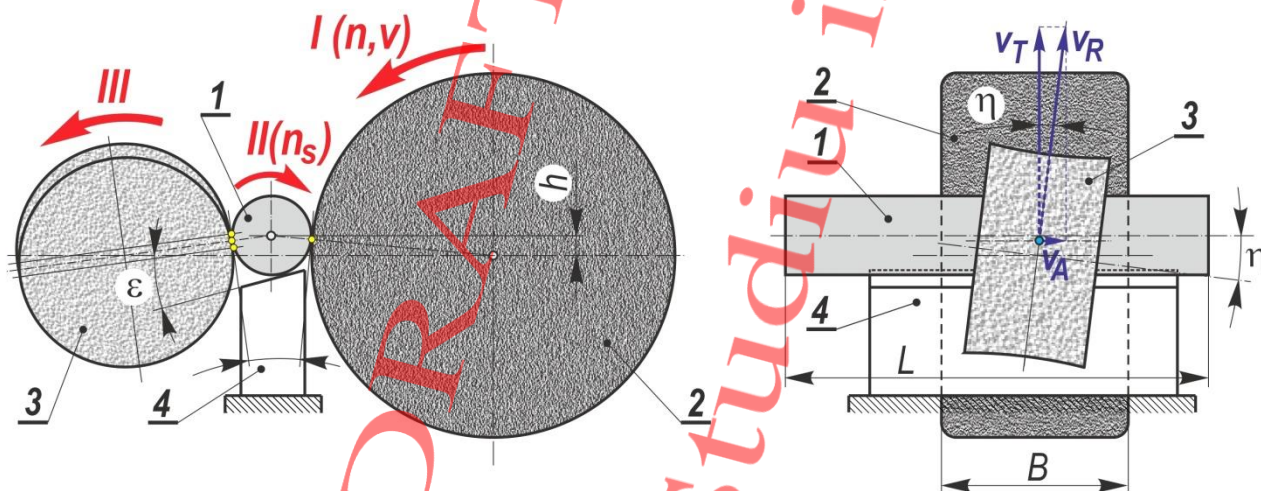


Fig. 6.11. Rectificarea exterioră fără centre a pieselor cilindrice

Principiul de lucru este următorul: piesa de prelucrat 1 este așezată pe o prismă 4, între discul abraziv 2 și un disc conducător 3 din cauciuc, plută, ori alt material cu coeficient mare de frecare, astfel încât axa de rotație a piesei să fie supraînălțată cu mărimea h față de axa discului abraziv. Avansul circular II al semifabricatului este dat de rotirea discului de conducere, care asigură și o bună rigiditate a semifabricatului. Prin înclinarea discului conducător față de axa de

rotație a semifabricatului cu un unghi η ce variază între $1^\circ \div 2^\circ$ în cazul finisării și $3^\circ \div 5^\circ$ la operațiile de degroșare și prin forma hiperboloidală, discul asigură piesei semifabricat nu numai mișcarea de rotație (ca mișcare de avans circular), dar și o deplasare cu viteză mică în lungul riglei de sprijin. Această mișcare suplimentară permite prelucrarea unor piese de lungime mare, metoda fiind considerată ca *rectificare cu avans longitudinal*, deci *cu generatoare cinematică*. În acest caz, întregul adaos de prelucrare este îndepărtat în mod continuu, pe măsură ce piesa parcurge spațiul dintre discul antrenor și cel abraziv (*abrazare progresivă*).

În cazul semifabricatelor scurte (role, știfturi), la care corpul abraziv acoperă integral lungimea generatoarei, piesa semifabricat este tamponată de un limitator (nereprezentat în figura 6.11), iar adaosul de rectificare este îndepărtat prin apropierea continuă a discului de antrenare, deci prin metoda *cu avans de pătrundere*.

♦ Metoda rectificării fără centre se aplică și la suprafețe interioare (bucșe, piese inelare ș.a.).

Spre exemplu, piesele de tip bucșă, ce au suprafața frontală inelară (rezultată dintr-o operație anterioară de rectificare) perpendiculară pe suprafața cilindrică (fig. 6.12), se așează pe doi suportți *A* și *B* și se sprijină cu suprafața frontală pe un disc *I*, fixat mecanic în mandrină sau electromagnetic pe platoul mașinii de rectificat. Axa *O* a semifabricatului se află la același nivel cu axa discului abraziv, dar mai sus și lateral deplasat față de axa de rotație *Q* a discului de sprijin. Prin rotirea discului *I*, frecarea dintre acesta și semifabricat va asigura avansul circular *II* al piesei, iar excentricitatea dintre piesă și disc va crea o forță de apăsare ușoară a semifabricatului pe suportții de sprijin *A* și *B*.

O altă variantă de rectificare interioară a pieselor inelare se realizează pe mașinile-unelte automate fără centre (fig. 6.13). Piesa semifabricat 2, de tip bucșă, este poziționată între discul conducător *I*, rola de presiune 4 și rola de reazem 5. Rola de presiune (liberă pe axul ei) va primi mișcarea de rotație de la piesa de prelucrat și va asigura contactul cu rola de reazem, precum și forța de apăsare necesară pe discul de antrenare. Vitezele tangențiale ale discului și piesei sunt egale, dar mult inferioare vitezei principale de așchiere realizată la nivelul pietrei abrazive 3.

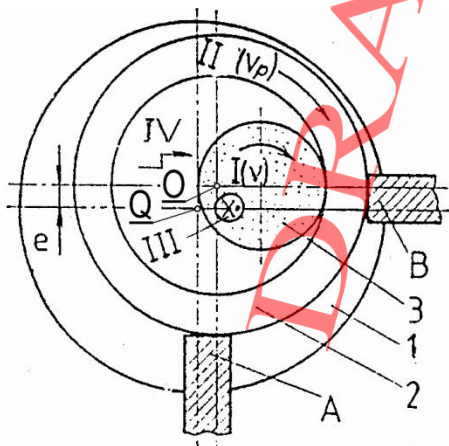


Fig. 6.12. Rectificarea cilindrică interioară fără centre, cu avans de pătrundere, cu antrenarea semifabricatului prin contact frontal

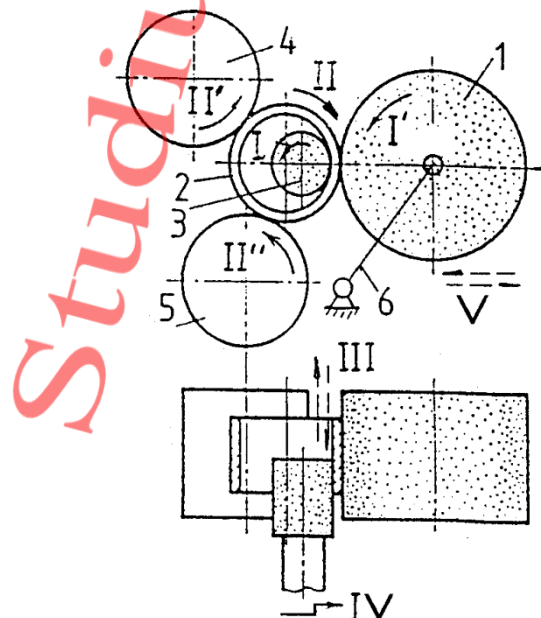


Fig. 6.13. Rectificarea cilindrică interioară fără centre, cu avans longitudinal, prin antrenarea piesei cu disc conducător

Mișcarea longitudinală alternativă *III* a corpului abraziv și deplasarea intermitentă radială *IV* a acestuia asigură îndepărtarea adaosului de prelucrare. La atingerea cotei reglate, corpul abraziv

și discul de antrenare se îndepărtează, iar pârgăia 6 împinge axial piesa și o scoate din zona de lucru.

◆ Rectificarea suprafețelor conice

Și în cazul suprafețelor conice sunt aplicabile cele două metode de rectificare: cu avans de pătrundere (cu Γ materializat) și cu avans în lungul generatoarei de obținut (cu Γ cinematic).

- ◆ La rectificarea suprafețelor conice ce au generatoarea conului mai mică decât lățimea discului abraziv se poate aplica *metoda avansului de pătrundere* (fig. 6.14), ceea ce presupune că, în afara mișcării principale I de rotație a discului abraziv și a avansului circular al semifabricatului II (s_c), adaosul de prelucrare este îndepărtat în mod continuu, prin avansul de pătrundere III (s_p).
- În cazul utilizării discurilor abrazive de formă cilindrică, conicitatea se obține prin înclinarea mesei port-piesă (fig. 6.14a) sau a suportului port-piatră (fig. 6.14b, c), în funcție de tipul mașinii.
- La conicități mici se poate diamanta piatra la același unghi cu cel al conului, păstrându-se paralelismul între axa semifabricatului și a corpului abraziv (fig. 6.14d).

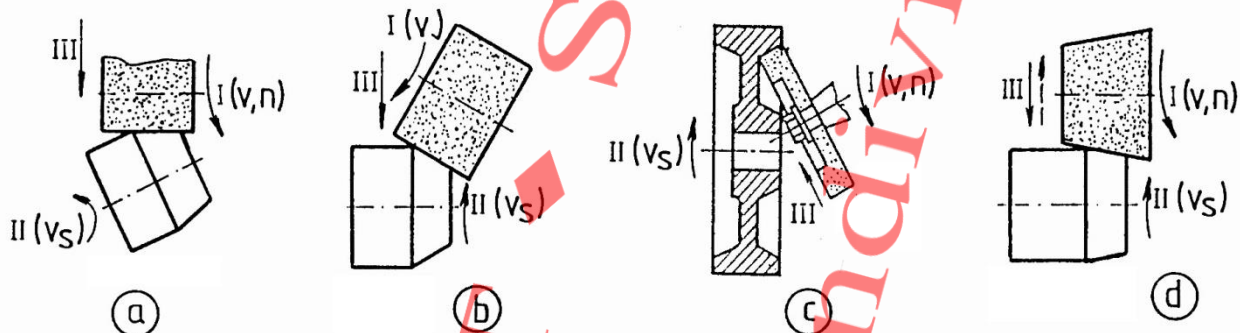


Fig. 6.14. Rectificarea conică cu avans de pătrundere

- ◆ La prelucrarea suprafețelor conice cu lungime mare ($l > 80 \text{ mm}$) se aplică *metoda de rectificare cu avans longitudinal*. În acest scop, se înclină suportul port-piesă cu unghiul conului, masa port-piesă execută mișcarea rectilinie-alternativă III de avans longitudinal, iar suportul discului abraziv (de formă cilindrică) realizează avansul transversal intermitent IV , în momentul inversării sensului mișcării III (fig. 6.15).

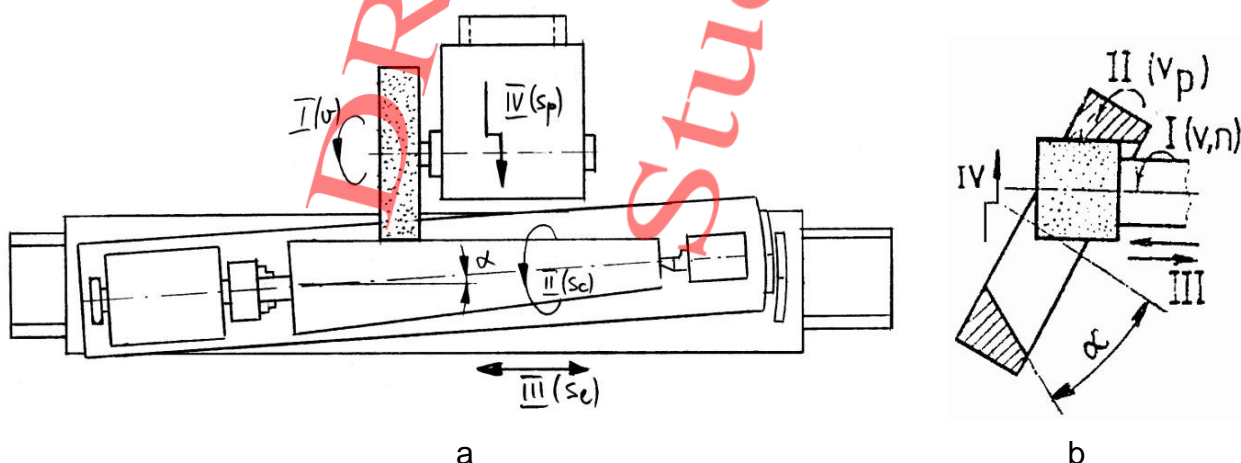


Fig. 6.15. Rectificarea conică exterioră (a) și interioră (b) cu avans longitudinal (cu Γ cinematic)

Schema de rectificare cu avans alternativ în lungul generatoarei se poate aplica și la suprafețele conice înguste, în ideea uniformizării uzurii corpului abraziv.

- ◆ În cazul pieselor de dimensiuni mari la care axa geometrică a suprafeței de rectificat nu

coincide cu axa suprafeței de bazare se aplică *metoda de rectificare cu piesa fixă* (fig. 6.16), prin care corpul abraziv efectuează toate mișcările de generare. Mișcarea de avans circular *II* nu mai este executată de piesă, ci se obține prin mișcarea planetară a axului corpului abraziv.

◆ **Rectificarea suprafețelor profilate** pe mașinile de rectificat universale se realizează numai prin metoda generatoarei materializate, după profilarea discului abraziv (fig. 6.17). Avansul radial de pătrundere *III* poate fi executat de piesa semifabricat sau de corpul abraziv, în funcție de tipul mașinii.

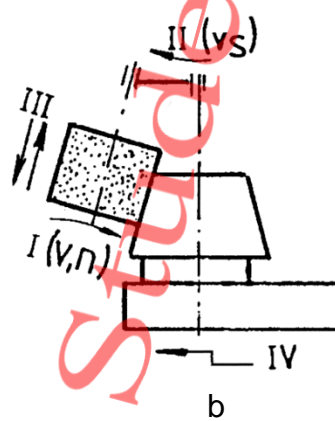
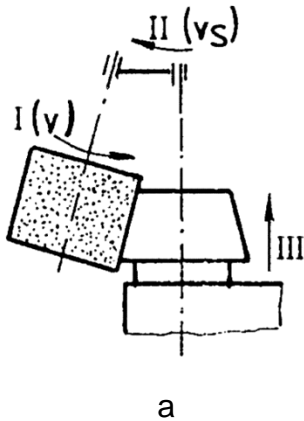


Fig. 6.16. Rectificarea cu piesa fixă a suprafețelor conice prin metoda avansului de pătrundere (a) și metoda avansului în lungul generatoarei (b)

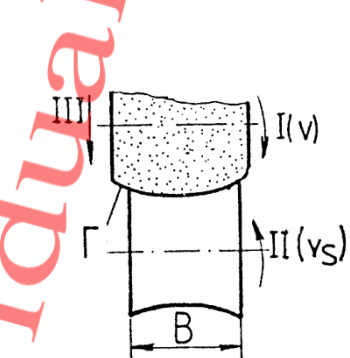


Fig. 6.17. Rectificarea unei suprafețe exterioare profilată cu avans de pătrundere

2.2.2. Honuirea

Honuirea este un procedeu de finisare a suprafețelor cilindrice interioare, mai rar exterioare sau plane, cu ajutorul unei scule denumită *hon*, formată din bare abrazive prismatice cu granulație fină, montate pe un corp de revoluție prin intermediul unor elemente elastice, ce exercită o ușoară apăsare a barelor pe suprafața interioară de prelucrat. Arborele principal al mașinii imprimă honului o mișcare elicoidală, ca rezultat al unei mișcări de rotație și una rectilinie alternativă, astfel încât granulele abrazive să descrie de fiecare dată traiectorii elicoidale diferite (fig. 6.18).

Multitudinea de traiectorii intersectate ale granulelor concură la obținerea unei suprafețe de calitate superioară.

Honuirea se execută totdeauna după alezare sau abrazare și este caracterizată prin adaosuri mici de prelucrare ($0,02 \div 0,1 \text{ mm}$).

Comparativ cu rectificarea clasică, honuirea este caracterizată prin presiuni de apăsare la nivelul sculei abrazive de $6 \div 10$ ori mai mici, viteze de așchiere de $50 \div 120$ de ori mai mici și participarea simultană la așchiere a unui număr mult mai mare de granule.

Honuirea are ca scop principal îmbunătățirea calității de suprafață și micșorarea abaterilor de formă (circularitate și cilindricitate). În acest scop se folosesc totdeauna lichide de

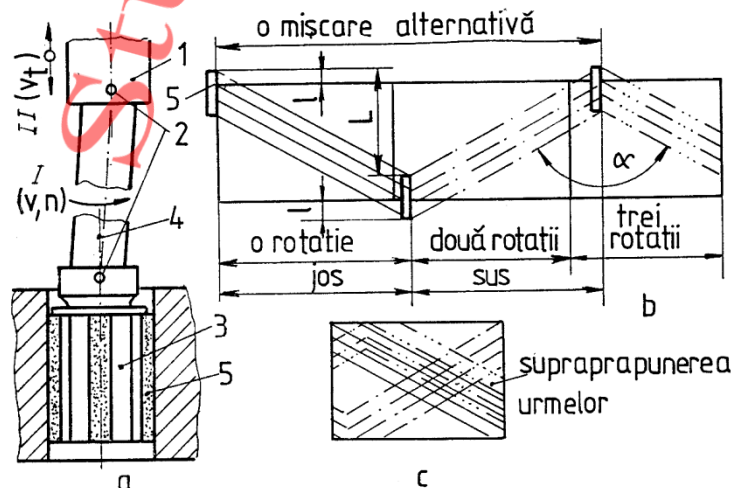


Fig. 6.18. Construcția și funcționarea honului

răcire-ungere pe bază de uleiuri și petrol, cu debit mare.

2.2.3. Vibronetezirea

Vibronetezirea (*supranetezirea* sau *superfinisarea*) suprafețelor este asemănătoare cu honuirea (fig. 6.19). Supranetezirea suprafețelor (cilindrice interioare sau exterioare) presupune prezența unei mișcări rapide rectilinii alternative *I*, executată paralel cu axa piesei de una sau mai multe bare abrazive, cu frecvență ridicată și cursă mică (n până la 3000 c.d./min, amplitudinea $2 \div 6$ mm, $v = 5 \div 7$ m/min), combinată cu o mișcare de avans axial *II* a piesei ($v_a \leq 2$ m/min, pentru acoperirea lungimii de prelucrat) și o mișcare *III*, de avans circular, executată tot de piesă.

Supranetezirea se desfășoară în prezența lichidelor de răcire-ungere (petrol + ulei sau soluție de carbonat de sodiu), care formează un film de fluid între granulele abrazive și asperitățile piesei. Presiunea exercitată de barele abrazive se stabilește în funcție de materialul prelucrat.

Prin vibronetezire nu se modifică precizia dimensională, motiv pentru care aceasta trebuie asigurată prin procedeele de așchiere anterioare (rectificarea, alezarea ș.a.). Scopul procedurii constă în îndepărtarea asperităților care au rămas după operația de rectificare. În funcție de granulația barelor abrazive se obțin rugozități $R_a = 0,02 \div 0,16 \mu\text{m}$.

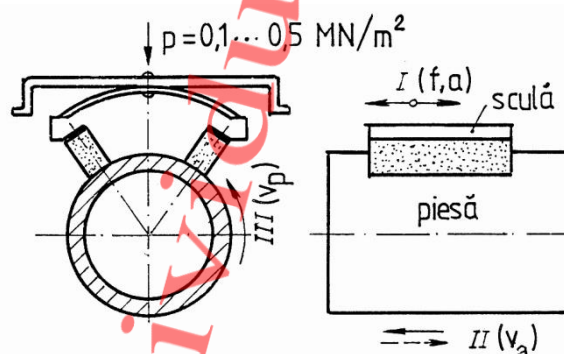


Fig. 6.19.

Vibronetezirea suprafețelor cilindrice

2.2.4. Lepuirea

Lepuirea reprezintă o metodă de abrazare în scopul obținerii unei precizii dimensionale de ordinul $0,1 \div 0,5 \mu\text{m}$ și rugozități R_a sub $0,02 \mu\text{m}$, simultan cu eliminarea abaterilor de formă rezultate în prelucrarea anterioară. Adaosul de prelucrare este de maximum 0,01 mm, iar regimul de lucru conduce la forțe mici de așchiere și temperatură cât mai mică.

Procedeeul constă în microașchieria cu granule abrazive libere, de granulație foarte fină, amestecate într-o unsoare sau aflate în suspensie într-un lichid activizat (petrol, motorină, ulei etc.) și interpușe între suprafața de prelucrat și sculă. Granulele abrazive pot fi din oxid de crom, miniu de fier, var de Viena, carborund, carbură de siliciu, carbură de bor sau pulbere de diamant. Materialul corpului sculei și tipul de abraziv se stabilesc în funcție de metoda de lepuire [2].

◆ Dacă operația de abrazare se execută prin împerecherea celor două piese de asamblat (la început în prezența unei paste cu granule abrazive foarte fine în suspensie, apoi în prezența unui lichid activizat) operația se numește **rodare** (de ex. rodarea danturilor cilindrice roată – pinion).

◆ Dacă granulele abrazive sunt împrăștate pe suprafața de prelucrat la o presiune de $0,4 \div 0,7 \text{ MN/m}^2$, operația se numește **sablare**.

Pentru generarea suprafețelor prin lepuire se folosesc curbe generatoare total sau parțial materializate (fig. 6.20). Astfel, generatoarea – materializată prin suprafața inițială a sculei de formă plană (fig. 6.20a,b), cilindrică (fig. 6.20c), sferică (fig. 6.20d,e,f) sau toroidală – execută mișcarea principală de rotație *I*. Semifabricatul execută mișcarea *II*, circulară sau rectilinie, astfel încât, prin combinare cu mișcarea *I*, fiecare punct de pe suprafața sculei descrie o curbă cicloidă deschisă, a cărei înfășurătoare este curba directoare cinematică Δ

(fig. 6.20a,b,d,e,f). În alte cazuri, la prelucrarea suprafețelor cilindrice (fig. 6.20c) sau conice, curba directoare este materializată de către scula aşchiitoare. Mişcarea *III*, executată de sculă (fig. 6.20d,e,f) sau de piesă, este necesară pentru obţinerea dimensiunii generatoarei. Mişcarea *IV*, executată (de sculă sau de piesă) în lungul axei de rotaţie a sculei, serveşte la reglarea continuă a adâncimii de lepuire şi la realizarea forţei constante de apăsare ($0,05 \div 0,15 \text{ MN/m}^2$).

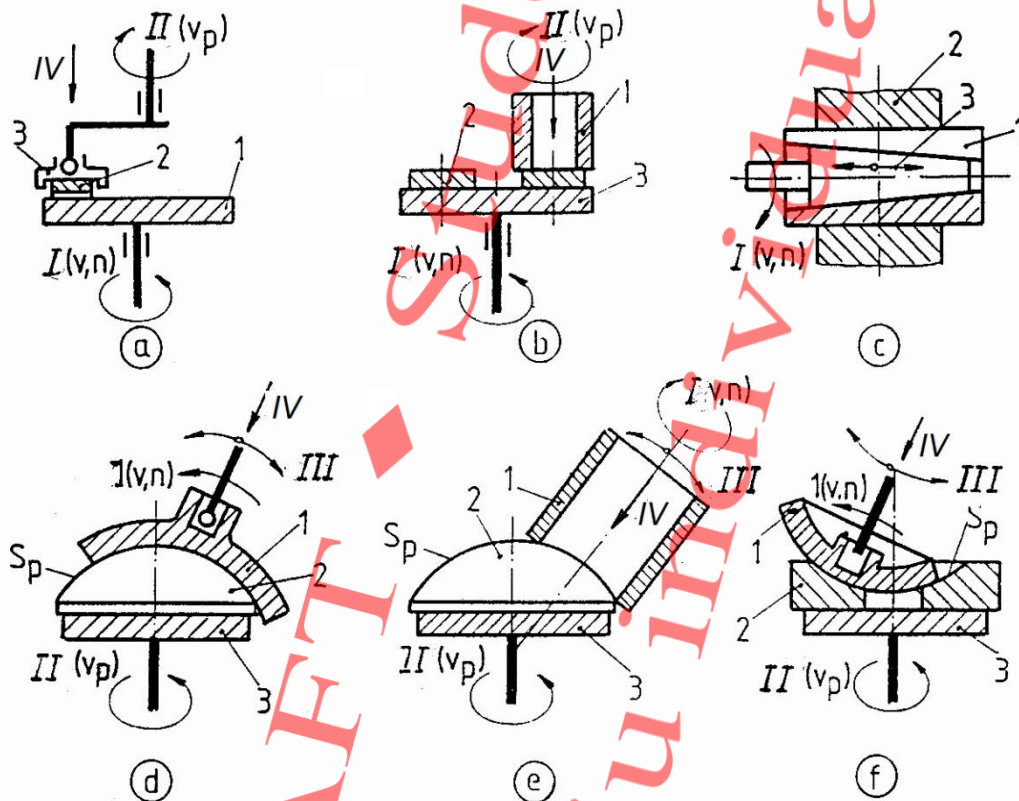


Fig. 12.21. Lepuirea suprafețelor plane (a), (b), cilindrice (c), sferice (d), (e), (f): 1 – scula de lepuire; 2 – piesa de prelucrat; 3 – masa mașinii de lepuire sau dispozitivul de prindere a piesei

După modul de realizare a mișcărilor de lucru, lepuirea poate fi *mechanică* – când mișcărilor sunt integral realizate mecanic sau *mecano-manuală* – când o parte din mișcări este realizată manual.

Lepuirea are ca scop mărirea rezistenței la oboseală a organelor de mașini (rulmenți, elemente hidraulice etc.) și creșterea durabilității instrumentelor supuse uzării (calibre).

2.2.5. Lustruirea

Lustruirea este un procedeu de abrazare cu granule abrazive prin care se urmărește numai micșorarea rugozității suprafeței, respectiv obținerea unei suprafețe tip «luciu de oglindă» ($R_a=0,02 \div 0,32 \text{ }\mu\text{m}$), fără corectarea abaterilor de formă geometrică.

Lustruirea se realizează cu discuri elastice, benzi abrazive, tamburi rotativi, containere vibratoare, cu granule abrazive libere sau în medii lichide.

Una dintre cele mai cunoscute variante de lustruire constă în utilizarea benzilor abrazive. Banda abrazivă se obține prin lipirea unor granule abrazive din diverse materiale (electrocorindon, șmirghel, carbură de siliciu, carbură de bor, oxid de crom, oxid de fier, oxid de aluminiu, pulbere de diamant etc.), de granulație și structură diferită, pe un suport din pânză, hârtie sau alt material.

Operațiunea se încadrează în metoda de generare cu Γ materializată (de muchia așchietoare a sculei, concretizată printr-o bandă abrazivă sau un disc elastic) și Δ cinematică, obținută ca înfășurătoare a unei curbe descrisă de un punct al generatoarei (fig. 6.21).

Mișcarea de așchiere rezultă prin combinarea mișcării principale I , circulară (fig. 6.21a,b,c,g) sau rectilinie alternativă (fig. 6.21d,e,f,h) cu o mișcare de avans II , executată de piesa semifabricat sau de către sculă.

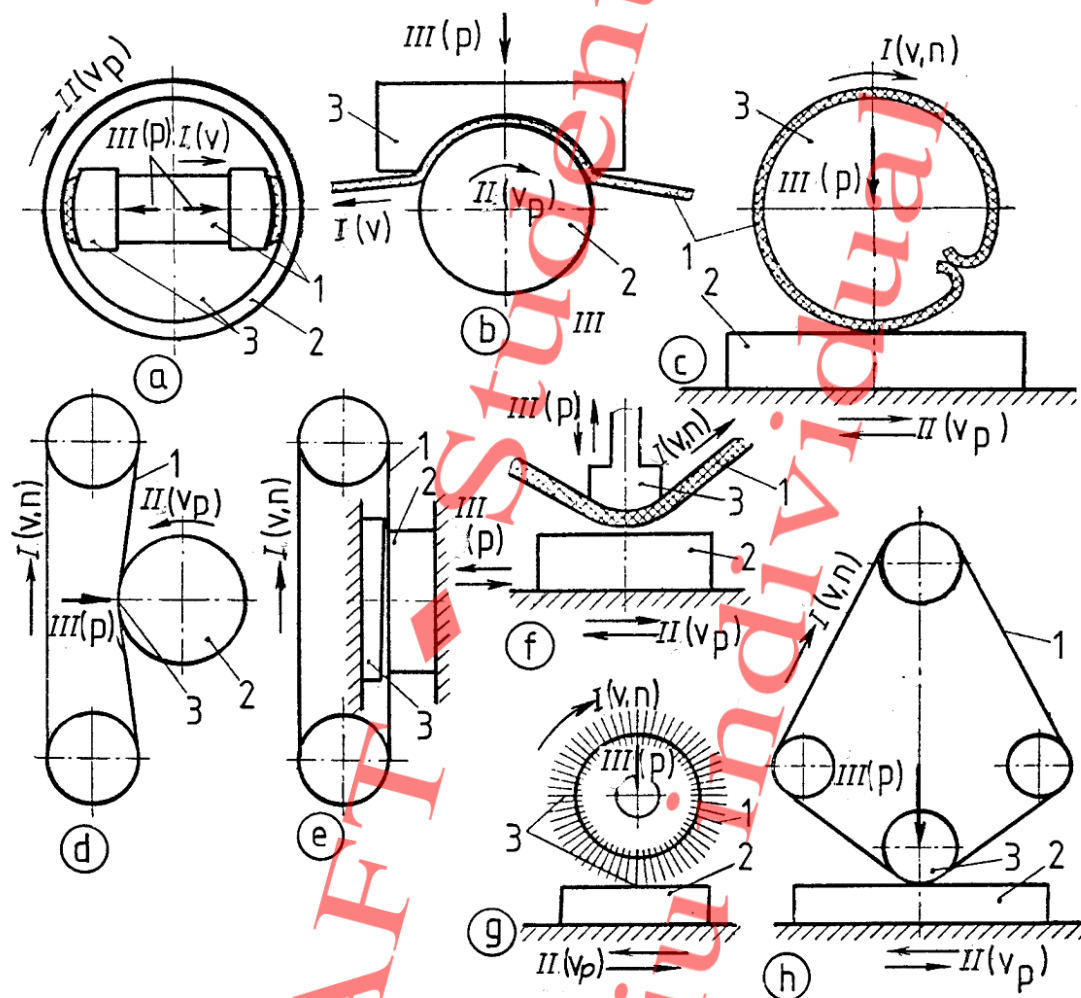


Fig. 6.21. Lustruirea:

I – banda abrazivă; 2 – piesa de prelucrat; 3 – dispozitiv pentru presarea benzii pe piesă

3. Materiale și utilaje necesare desfășurării lucrării practice

- ♦ Mașina de rectificat universală RU 350.
- ♦ Mașina de rectificat plan.
- ♦ Corpuri abrazive.
- ♦ Planșă de prezentare a mașinii de rectificat RU 350.
- ♦ Planșe de prezentare ale schemelor de prelucrare prin abrazare.

4. Metodologia desfășurării lucrării practice

- ♦ Se identifică, pe fiecare dintre corpurile abrazive, modul de montare pe mașina de rectificat și suprafețele active. Se observă caracteristicile discurilor abrazive.

- ♦ Se analizează părțile componente și funcționarea mașinilor de rectificat din dotarea laboratorului.
- ♦ Se identifică tipurile de suprafețe ce pot fi executate pe fiecare mașină și modul de fixare a semifabricatului.
- ♦ Se identifică mișcările de lucru și cele de reglare-poziționare pentru fiecare tip de prelucrare.
- ♦ Se desenează schemele de prelucrare impuse de conducătorul lucrării, cu marcarea curbelor generatoare și directoare și notarea mișcărilor de lucru și de reglare.

5. Conținutul referatului

- ◆ Ca parte teoretică, referatul va trebui să conțină:
 - ♦ variantele de abrazare;
 - ♦ schemele de prelucrare prin rectificare a suprafețelor plane (fig. 6. 2, 6.4a sau b, 6.5, 6.6 a sau b), a suprafețelor de revoluție cilindrice (fig.6.7a sau b, fig. 6.8 a sau b, 6.9a sau b), conice (fig.6.14a,b,d, fig. 6.15) și profilate (fig. 6.17), cu marcarea mișcărilor de lucru și precizarea modului de obținere a curbelor generatoare;
 - ♦ schemele de honuire (fig. 6.18a) și de vibronetezire (fig. 6. 19);
 - ♦ schema de lepuire a unei suprafețe plane și a unei suprafețe sferice;
 - ♦ o schemă de lustruire.
- ◆ Ca parte practică:
 - ♦ se reglează mașina de rectificat pentru diferite avansuri circulare ale piesei și avansuri longitudinale, urmărindu-se poziția și rolul manetelor de comandă;
 - ♦ se urmărește, pe schema cinematică a mașinii de rectificat, lanțul cinematic principal (pentru mișcarea de rotație a discului de exterior și a broșei pentru rectificarea interioară), precum și lanțurile cinematice de avans și se identifică pe mașină manetele de comandă;
 - ♦ se reglează mașina de rectificat și se efectuează o prelucrare.

6. Referințe bibliografice

1. Cozmîncă, M. – *Bazele așchierii și generării suprafețelor*, vol.II. Iași: Tipografia Institutului Politehnic, 1980.
<pag. 168-175; 186-197>
2. Cozmîncă, M., Panait, S., Constantinescu, C. – *Bazele așchierii*. Iași: Editura «Gh. Asachi», 1995
<pag. 340-369>
3. Duca, Z. – *Bazele teoretice ale prelucrărilor pe mașini-unelte*. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1969.
<pag. 336-342>
4. Gheghea, V., Plăhteanu, B., Mitoșeriu, C., Ghionea, A. – *Mașini-unelte și agregate*. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1983.
<pag. 300-305>
5. Oprean, A., Sandu, I.Gh., Minciu, C., Deacu, L., Giurgiuman, H., Oancea, N. – *Bazele așchierii și generării suprafețelor*. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1981.
<pag. 388-391; 411-414>
6. Panait, S. – *Bazele așchierii și generării suprafețelor*. Iași: Tipografia Institutului Politehnic, 1992.
<pag. 536-548>
7. Romanescu, I., Panait, S. – *Mașini-unelte și prelucrări mecanice*. Iași, Editura Tehnopress, 2008.

<pag. 133-154>

8. Țura Livia et.al. – *Mașini-unelte, prelucrări prin așchiere și control dimensional*. Îndrumar de lucrări practice, Iași, Tipografia Universității Tehnice «Gheorghe Asachi» din Iași, 2003

<pag. 73-84>

7. Verificați-vă cunoștințele

- ♦ Precizați geometria granulelor abrazive și variantele de abrazare.
- ♦ Prezentați variantele de rectificare a suprafețelor plane prin metoda periferică și metoda frontală.
- ♦ Prezentați variantele de rectificare a suprafețelor cilindrice exterioare și interioare.
- ♦ Desenați și explicați cinematica rectificării suprafețelor cilindrice prin metoda «fără centre».
- ♦ Desenați schemele de așchiere la rectificarea suprafețelor conice.
- ♦ Prezentați cinematica procesului de honuire, de vibronetezire, lepuire și lustruire.

DRAFT

Studiu individual