

Leonard Marius CIUREZU-GHERGHE

Raluca MALCIU

Leonard Marius CIUREZU-GHERGHE

Raluca MALCIU

**GENERAREA SUPRAFEȚELOR ȘI TEHNOLOGII
DE FABRICAȚIE PE SISTEME DE FABRICAȚIE
CLASICE ȘI CU COMANDĂ NUMERICĂ**



Editura Universitaria

Craiova, 2020

Referenți științifici:

Prof.univ.dr.ing. Cernăianu Adrian, Univ. din Craiova

Prof.univ.dr.ing. Zamfirache Marius, Univ. din Craiova

Copyright © 2020 Editura Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

CIUREZU-GHERGHE, LEONARD MARIUS

Generarea suprafețelor și tehnologii de fabricație pe sisteme de fabricație clasică și cu comandă numerică / Leonard Marius Ciurezu-Gherghe, Raluca Malciu. - Craiova: Universitaria, 2020

Conține bibliografie

ISBN 978-606-14-1620-2

I. Malciu, Raluca

62

© 2020 by Editura Universitaria

Această carte este protejată prin copyright. Reproducerea integrală sau parțială, multiplicarea prin orice mijloace și sub orice formă, cum ar fi xeroxarea, scanarea, transpunerea în format electronic sau audio, punerea la dispoziția publică, inclusiv prin internet sau prin rețelele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informațiilor, cu scop comercial sau gratuit, precum și alte fapte similare săvârșite fără permisiunea scrisă a deținătorului copyrightului reprezintă o încălcare a legislației cu privire la protecția proprietății intelectuale și se pedepsesc penal și/sau civil în conformitate cu legile în vigoare.

PREFAȚĂ

Lucrare are scopul de a oferi studenților facultăților tehnice cu profil mecanic posibilitatea trecerii în revistă a noțiunilor teoretice privind generarea suprafețelor prin procedee de prelucrări mecanice, a metodelor de fabricție pe mașini unelte clasice și cu comandă numerică. Întreaga lucrare este concepută în special pentru studenții de la programul de studii Autovehicule Rutiere și Tehnologia Construcțiilor de Mașini, respectând programele analitice ale disciplinelor „Tehnologii de fabricație”, „Bazele generării suprafețelor pe mașini unelte” respectiv „Programarea sistemelor de producție cu comandă numerică”.

Lucrarea este structurată în 8 capitole, la care se adaugă o vastă bibliografie ce conține 44 de referințe.

În primul capitol sunt prezentate noțiunile privind generarea teoretică și generarea reală a suprafețelor obținute prin prelucrări mecanice. În capitolele următoare sunt prezentate procedeele de prelucrări mecanice cele mai cunoscute: strunjirea, frezarea, procedee de prelucrare a găurilor.

În ultimul capitol este prezentată programarea sistemelor de comandă numerică și sunt puse în evidență noțiuni introductive, componența unui program de comandă numerică, modul de scriere a blocurilor de program precum și principalele cicluri de lucru folosite la prelucrări de strunjire și frezare.

Lucrarea este utilă și studenților de la programele de studii de master Managementul Producției și Logisticii și Optimizarea Proceselor și Echipamentelor Tehnologice.

Autorii doresc să mulțumească în mod deosebit Domnilor Profesori Cernăianu Adrian, Crăciunoiu Nicolae și Zamfirache Marius pentru sprijinul acordat.

De asemenea, mulțumim celor care au contribuit la apariția lucrării precum și celor care prin ideile și sugestiile lor vor ajuta autorii la ridicarea nivelului științific.

Autorii

ELEMENTE DE GENERARE A SUPRAFEȚELOR

1.1 Considerații generale

Odată cu progresul fulminant înregistrat în domeniul elaborării unor materiale cu proprietăți deosebite se impune, pe cale de consecință, elaborarea unor procedee și tehnologii avansate, a unor mijloace de prelucrare superioare, care să ofere precizia dimensională și calitatea tot mai ridicată a pieselor obținute din aceste materiale. Procedeele de prelucrare neconvenționale sunt folosite pe scară largă la elaborarea materialelor avansate, însă nu se renunță nici la prelucrările clasice datorită avantajelor pe care acestea le oferă. Productivitatea ridicată, capacitatea de adaptare rapidă la modificări, în special în cazul producției de serie mică și unicat, impun ca prelucrările prin așchiere să fie principala metodă de execuție a pieselor cu precizie ridicată din componența mașinilor, utilajelor, instalațiilor, aparatelor de orice tip sau a mecanismelor. Trebuie, prin urmare, ca și mașinile-unelte, sculele, echipamentele de fabricație și tehnologiile folosite să înregistreze o evoluție rapidă și cu un grad de adaptabilitate din ce în ce mai ridicat.

Pentru îndeplinirea cu succes a dezideratelor de mai sus este necesară cunoașterea și înțelegerea bazelor teoretice ale procesului de prelucrare prin așchiere, pentru ca mai apoi să se stabilească cu precizie procedeul și regimul tehnologic. Proprietatea oricărui material ce stă la baza prelucrării prin așchiere se numește ***așchiabilitate sau prelucrabilitate prin așchiere***.

Așchiabilitatea se definește ca fiind capacitatea unui material de a-și modifica forma prin desprindere de particule sub acțiunea unei (unor) forțe exterioare, în condiții tehnico-economice impuse [6].

Prelucrabilitatea prin așchiere este în stânsă legătură cu ***capacitatea de așchiere a sculelor așchietoare***. Aceasta este legată de uzarea sculei așchietoare.

Capacitatea de așchiere are în vedere scula așchietoare și poate fi definită pe baza criteriilor:

- rezistența la uzare a sculei așchietoare;
- mărimea forței (a componentelor forței) sau a puterii de așchiere;
- rugozitatea suprafeței prelucrate;
- precizia suprafeței prelucrate;
- fiabilitatea sculei așchietoare.

Generarea suprafețelor și tehnologii de fabricație pe sisteme de fabricație clasice și cu comandă numerică

Creșterea eficienței activităților de producție din industria prelucrătoare impune aplicarea - în cadrul unei tehnologii de fabricație - a *metodei sau procedului optim* de prelucrare a materialului din care urmează să se realizeze piesa. Pentru aceasta sunt necesare cunoștințe privind capacitatea de prelucrare a materialului respectiv, printr-un procedeu sau altul din gama existentă a procedeelor tehnologice.

Pentru conceptul de "*prelucrabilitate prin așchiere sau așchiabilitate*", în literatura de specialitate străină, se întâlnesc următoarele expresii:

- ❖ *Machinability* - în limba engleză;
- ❖ *Usinabilité* - în limba franceză;
- ❖ *Zerspanbarkeit* - în limba germană;
- ❖ *Obrabotâvaemosti* - în limba rusă.

Prelucrabilitatea prin așchiere nu poate fi caracterizată de un singur parametru, referirea la prelucrabilitatea unui material fără a se menționa criteriile și condițiile prin prisma cărora se face aprecierea este imprecisă.

Odată cu dezvoltarea materialelor avansate, ponderea materialelor greu așchiabile prin procedeele clasice a crescut. Acestea sunt materiale de mare rezistență, caracterizate de o comportare foarte bună la temperaturi extreme și rezistență ridicată la coroziune.

Cunoașterea gradului de prelucrabilitate prin așchiere a unui material permite stabilirea condițiilor optime de prelucrare, în primul rând a parametrilor regimului de așchiere, alegerea corectă a geometriei sculelor așchietoare, a lichidelor pentru așchiere etc.

De asemenea, pentru atingerea nivelului actual de performanță, o mare importanță o are cunoașterea și alegerea corectă a schemelor cinematice de prelucrare a suprafețelor pieselor întrucât acestea influențează decisiv alegerea utilajelor, dispozitivelor, a echipamentelor de fabricație, cu impact asupra productivității și a costurilor.

În ultimii ani, folosirea pe scară largă a mașinilor-unelte, a utilajelor și a echipamentelor de fabricație cu comenzi numerice (CN), a celor conduse cu ajutorul calculatorului (CNC), a centrelor de prelucrare și a sistemelor flexibile de producție, care permit efectuarea unui număr mare de operații la o singură prindere, cu viteze de lucru mari și foarte mari, a permis obținerea de piese cu o precizie foarte ridicată în condițiile unor costuri competitive.

Vom apela la cunoștințe pe care studenții și le-au însușit la cursurile de matematică, desen, geometrie descriptivă, știința materialelor, mecanisme, mecanică, toleranțe și tehnologii de fabricare astfel ca, la parcurgerea

Generarea suprafețelor și tehnologii de fabricație pe sisteme de fabricație clasice și cu comandă numerică

cursului, aceștia să dezvolte un sistem propriu de analiză și folosire unitară a unor informații aparent disparate.

Cursul prezintă gradual, fără a intra foarte mult în detaliu, noțiuni de teoria generării suprafețelor, despre principalele tipuri de scule așchietoare, procedee de prelucrare prin așchiere și tipuri de mașini-unelte folosite în dezvoltarea actuală și de perspectivă.

1.2 Suprafețele pieselor și noțiuni introductive de prelucrare prin așchiere

Piesa este corpul solid delimitat de un anumit număr de suprafețe cu forme, dimensiuni și poziții relative dictate de rolul funcțional impus acesteia.

Piesa constituie elementul constructiv de bază al unui ansamblu.

Suprafețele din care sunt compuse piesele se caracterizează prin următoarele:

- ❖ *formă geometrică;*
- ❖ *dimensiune;*
- ❖ *poziție relativă;*
- ❖ *calitate a suprafeței (rugozitate).*

Restricțiile de formă dictează forma geometrică teoretică a suprafeței și abaterile de formă admise de la forma geometrică nominală.

Restricțiile dimensionale impun dimensiunile nominale ale fiecărei suprafețe, precum și abaterile admise de la dimensiunile nominale.

Restricțiile de poziție relativă stabilesc distanțele și orientările relative nominale dintre suprafețe, precum și abaterile admise de la distanțele și orientările nominale.

Restricțiile de calitate a suprafeței sunt cele care stabilesc rugozitatea impusă suprafețelor, iar uneori și duritatea sau tratamentele termice și chimice aplicate, în scopul îmbunătățirii rezistenței la uzură, oboseală, coroziune etc.

Aceste restricții constituie *condițiile tehnice de execuție* ce se regăsesc în desenul de execuție întocmit de proiectant, în conformitate cu rolul funcțional al viitoarei piese.

Semifabricatul se definește ca fiind *piesa inițială* delimitată în spațiu de un număr de *suprafețe inițiale* care se află într-o anumită combinație.

Semifabricatele utilizate pentru prelucrarea prin așchiere sunt obținute prin diverse procedee tehnologice cum ar fi: turnarea, sudarea, deformarea plastică la cald sau rece etc.

În timpul procesului de generare scula așchietoare se află în mișcare relativă (de rotație sau de translație) față de semifabricat. Mărimea stratului

Generarea suprafețelor și tehnologii de fabricație pe sisteme de fabricație clasice și cu comandă numerică

de material ce trebuie îndepărtat poartă numele de **adaos de prelucrare**.

Se definește **procesul de așchiere** ca fiind totalitatea fenomenelor fizice care iau parte la *generarea unei suprafețe*, prin transformarea adaosului de prelucrare în așchii și detașarea acestora.

Generarea prin așchiere a suprafețelor presupune îndepărtarea de către o sculă așchietoare a unui strat de material, sub formă de așchii.

Atunci când nu se poate îndepărta întreaga cantitate dintr-o singură trecere, adaosul de prelucrare se împarte într-un număr de treceri numite *adaosuri parțiale*. Stratul de material cuprins între suprafața inițială a semifabricatului și suprafața prelucrată, *la o trecere*, se numește **adâncime de așchiere**.

Modul în care se face această împărțire și succesiunea îndepărtării acestor adaosuri parțiale poartă numele de **schemă de așchiere**.

În timpul procesului de generare se disting următoarele suprafețe, puse în evidență în figura 1.1:

- *suprafață inițială* - suprafața de la care se pornește generarea;
- *suprafață generată (prelucrată)* - suprafața obținută;
- *suprafață așchiată* - suprafața generată pe piesă ce se detașează la următoarea cursă (rotație sau translație) a sculei:

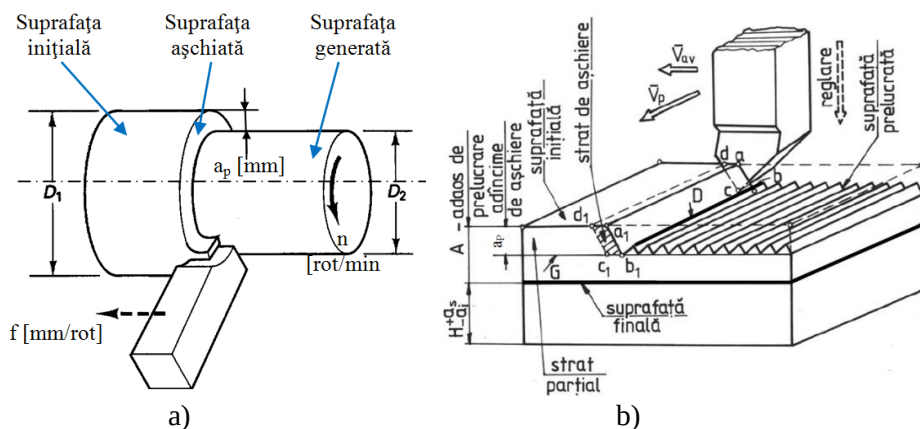


Fig. 1.1 Suprafețele obținute la generarea prin: a) strunjire și b) rabotare [6]

Procedeul de prelucrare prin așchiere se definește ca fiind procedeul de generare a suprafețelor piesei care are drept scop generarea unei suprafețe (suprafața generată) prin îndepărtarea adaosului de prelucrare, sub formă de așchii, de către o sculă așchietoare ce se deplasează relativ față de

Generarea suprafețelor și tehnologii de fabricație pe sisteme de fabricație clasice și cu comandă numerică

semifabricat, printr-o mișcare rezultantă bine determinată. Procedul de generare ales va determina tipul mașinii-unelte folosite.

Prelucrarea prin aşchiere are loc în prezența următoarelor elemente:

- ✓ mașină-unealtă (MU),
- ✓ o sculă aşchietoare sau mai multe (S),
- ✓ dispozitive de prindere fixare (D), atât pentru scule, cât și pentru semifabricat,
- ✓ piesa de prelucrat (P),
- ✓ instrumente, aparate sau instalații pentru controlul tehnic de calitate.

Sistemul **MUSDP** poartă numele de **sistem tehnologic**.

Operațiile de prelucrare prin aşchiere, pentru majoritatea pieselor folosite în construcția de mașini (arbori, roți dințate, pene etc.), reprezintă peste 70% din totalitatea operațiilor necesare obținerii piesei finite. Acest fapt se datorează multiplelor avantaje pe care prelucrările prin aşchiere le au comparativ cu alte procedee:

- ❖ din punctul de vedere al formei geometrice, dimensiunilor și materialelor, prin aşchiere se obține o gamă foarte variată de piese,
- ❖ realizarea relativ ușoară a condițiilor tehnice impuse,
- ❖ sistemul tehnologic (MUSDP) este ușor de reglat, sigur și ușor de exploatat, cu cheltuieli de întreținere reduse,
- ❖ costurile de fabricație pot fi realizate la valori optime, prin urmare și o productivitate ridicată,
- ❖ în cazul pieselor relativ mari, prelucrarea prin aşchiere este cel mai economic procedeu de prelucrare, în special la producția individuală și de serie mică,
- ❖ sistemele de fabricație pot fi re tehnologizate cu cheltuieli reduse.

Prelucrarea prin aşchiere a materialelor cu proprietăți fizico-mecanice de excepție poate fi foarte greu sau chiar imposibil de realizat. În aceste cazuri se utilizează procedee de prelucrare neconvenționale.

Prelucrarea prin aşchiere este întotdeauna însoțită de o serie de perturbații, cum ar fi:

- ❖ proprietățile aşchietoare ale sculei aşchietoare variază datorită uzurii,

Generarea suprafețelor și tehnologii de fabricație pe sisteme de fabricație clasice și cu comandă numerică

- ❖ duritatea materialului de prelucrat variază datorită neomogenității acestuia,
- ❖ adaosul de prelucrare variază în special în cazul prelucrărilor de degroșare,
- ❖ posibilitatea slăbirii forței de strângere a sculei sau piesei,
- ❖ apariția deformațiilor elastice ale dispozitivelor de strângere,
- ❖ modificarea rigidității sistemului mașină-unealtă etc.

Prin urmare, orice sistem tehnologic trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- ❖ să asigure cinematica corespunzătoare generării suprafeței prin existența unui sistem de acționare care să dezvolte puterea necesară întreținerii procesului de așchiere,
- ❖ să asigure poziționarea, orientarea și fixarea semifabricatului cu dispozitive corespunzătoare,
- ❖ să aibă stabilitate dinamică care să asigure un grad ridicat al preciziei de prelucrare,
- ❖ semifabricatele să aibă forma geometrică și dimensiunile cât mai apropiate de cele ale piesei finite,
- ❖ să folosească scule așchietoare din materiale cu proprietăți fizico-mecanice impuse de materialul de prelucrat, prevăzute cu părți active corespunzătoare cinematicii așchierii,
- ❖ să aibă un grad ridicat de rigiditate și stabilitate al sistemelor de poziționare-fixare a sculelor așchietoare,
- ❖ să fie prevăzut cu mijloace de măsură și control adecvate,
- ❖ să fie prevăzut cu mijloace de comandă (manuală, automată, asistată de calculator etc.) care să asigure o deservire comodă, rapidă și sigură în exploatare.

1.3 Generarea suprafețelor

1.3.1 Generarea teoretică a suprafețelor

Din punct de vedere al generării, suprafețele pieselor sunt clasificate în *suprafețe geometrice (teoretice)* și *suprafețe reale (prelucrate)*.

Suprafețele geometrice (teoretice) sunt suprafețele care nu au dimensiuni, ci numai forme strict teoretice, definite prin relații analitice. Din punct de vedere matematic suprafețele geometrice sunt definite ca “pânze imateriale, fără grosime, ce separă două spații distincte, fără a aparține nici unuia dintre ele”[6].

Generarea suprafețelor și tehnologii de fabricație pe sisteme de fabricație clasice și cu comandă numerică

Suprafețele geometrice (teoretice) pot fi generate prin următoarele moduri de generare:

- ❖ deplasarea în spațiu a unui punct generator $M(X,Y,Z)$,
- ❖ deplasarea în spațiu a unui corp, după o anumită lege, suprafața generată fiind înfășurătoarea pozițiilor succesive ale acestuia,
- ❖ intersecția a două corpuri,
- ❖ deplasarea unei curbe în spațiu.

Deplasarea unei curbe în spațiu reprezintă modul de generare teoretică a unei suprafețe care se apropie cel mai mult de condițiile de generare reale.

Se definește *generatoare* și se notează cu G , curba care se deplasează, iar traiectoria descrisă, în timpul deplasării, de un punct M oarecare al acesteia se numește *directoare* și se notează cu D .

La generarea suprafețelor pe mașinile-unelte curbele generatoare și directoare sunt curbe plane care nu își schimbă forma. Acestea aparțin unor plane numite *planul generatoarei* (G_0) și *planul directoarei* (D_0), fig. 1.2 a) [6].

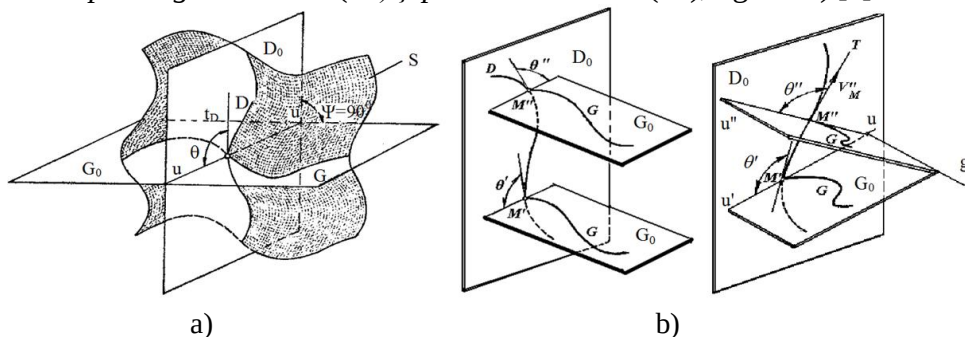


Fig. 1.2 Suprafețe generate prin deplasarea unei curbe în spațiu [6]

Suprafața este generată prin deplasarea planului G_0 pe planul D_0 în urma unei mișcări de translație sau rotație.

În timpul generării se impun condițiile ca planele G_0 și D_0 să fie tot timpul ortogonale, punctul M al generatoarei G să se deplaseze pe directoarea D , iar în acest punct, tangenta T_p la directoare face un unghi θ .

Se disting două situații:

- ❖ $\theta = \text{constant } (90^\circ)$, forma suprafeței generate nu este influențată de parametrii de deplasare ai planului G_0 (mărimea și sensul vitezei v_M), fig. 1.2 b),
- ❖ θ variază în timpul deplasării planului G_0 , forma suprafeței generate este influențată de legea de variație a acestuia și de

Generarea suprafețelor și tehnologii de fabricație pe sisteme de fabricație clasice și cu comandă numerică

viteza de deplasare, excepție face situația în care legile de variație a unghiului θ și vitezei v_M au un parametru comun.

1.3.2 Generarea suprafețelor reale

Suprafețele pieselor sunt suprafețe reale care au dimensiuni pe direcții diferite, ale căror forme sunt identice cu formele suprafețelor teoretice. Din acest motiv generarea suprafețelor reale pe mașinile-unelte presupune utilizarea aceluiași mod de generare, adică mișcarea generatorii în lungul directoarei.

În funcție de forma suprafeței, realizarea simultană a celor două curbe se obține în urma unor mișcări asigurate de cinematica mașinilor-unelte. Generatorii și directoarele se obțin ca traiectorii ale acestor mișcări.

Se definește *generatorii elementară* G_E acea lungime de pe muchia așchietoare a tăișului sculei, care materializează o porțiune a curbei generatorii a suprafeței. Generatorii elementară G_E se deplasează simultan atât în lungul generatorii teoretice G , cât și în lungul directoarei teoretice D . Deplasarea cu viteza v_G în lungul generatorii teoretice G are ca rezultat obținerea traiectoriei G , iar deplasarea în lungul directoarei teoretice D cu viteza v_D , are ca rezultat obținerea traiectoriei D , așa după cum se poate vedea și în figura 1.3 a).

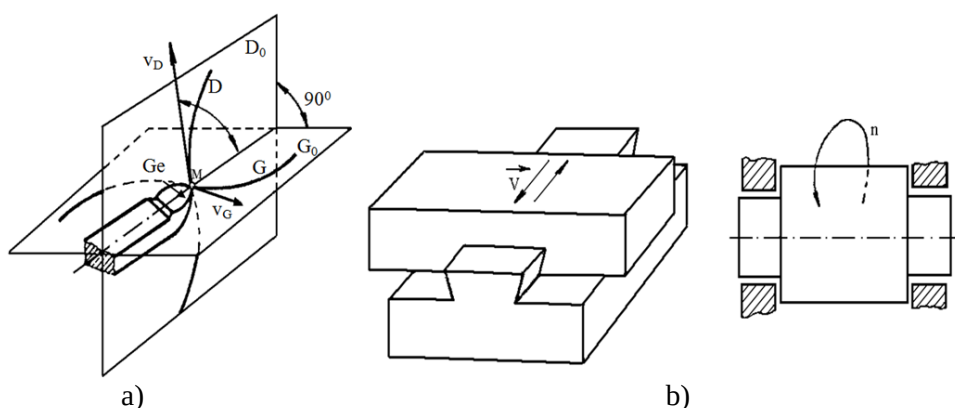


Fig. 1.3 Generarea pe mașini-unelte a suprafețelor [6]

Prin urmare este necesar ca mașinile-unelte să posede capacitatea de a realiza simultan aceste traiectorii, iar acest lucru este posibil atunci când cinematica acestora asigură mișcări ce respectă legile modului de generare.

Realizarea traiectoriilor dorite pe mașini-unelte este posibilă prin folosirea cuplurilor cinematice inferioare de translație sau rotație de tipul mecanismelor sanie-ghidaj și fus-lagăr (fig. 1.3 b). Curbele generatorii și

Generarea suprafețelor și tehnologii de fabricație pe sisteme de fabricație clasice și cu comandă numerică

directoare cele mai simple sunt traiectorii rectilinii sau circulare. Când se folosesc mișcări simple generarea suprafețelor reale pe mașini-unelte este limitată.

Combinarea mișcărilor simple coroborată cu o cinematică adecvată a mașinii-unelte, care să asigure *corelarea parametrilor de viteză ai mișcărilor simple*, oferă posibilitatea *obținerii unor suprafețe complexe*.

1.3.3 Metode de obținere a curbelor generatoare

Curbele generatoare se pot obține prin două metode:

- ❖ *metoda materializării*, când se folosește o sculă așchietoare ce are materializată pe muchia așchietoare forma curbei generatoare și avem ***generatoare materializate***,
- ❖ *metoda cinematică*, când se utilizează cinematica procesului tehnologic și construcția sculei așchietoare și avem ***generatoare cinematice***.

Generatoarele materializate de muchia așchietoare se folosesc în producția de serie mare și masă, la prelucrarea suprafețelor de dimensiuni mici. Acestea au următoarele avantaje:

- ❖ Deplasarea curbei generatoare pe curba directoare se face cu un număr redus de mișcări,
- ❖ Productivitate ridicată,
- ❖ Reducerea costurilor de prelucrare,
- ❖ Personal cu calificare redusă,
- ❖ Precizia de execuție a sculei determină în mod direct precizia de prelucrare.

Dintre dezavantajele generatoarei materializate putem enumera:

- ❖ Procesul de proiectare destul de dificil,
- ❖ Tehnologia de execuție a sculei așchietoare costisitoare, deoarece precizia sculei este impusă de condițiile suprafeței de generat,
- ❖ Sistemului tehnologic *MUSDP* este intens solicitat, deoarece întreaga lungime a muchiei așchietoare este în contact direct cu piesa,
- ❖ Muchia așchietoare a sculei se uzează rapid și neuniform,
- ❖ Metoda este economică numai la producția de serie și masă, datorită costului ridicat al sculei așchietoare.

Sculele așchietoare folosite la această metodă mai poartă numele de *scule profilate*.

Generarea suprafețelor și tehnologii de fabricație pe sisteme de fabricație clasice și cu comandă numerică

Folosind sculele profilate, suprafețele pot fi generate cu generatoare materializată în două moduri, și anume:

- ❖ Când profilul muchiei așchietoare se află în planul G_0 al generatoarei piesei, atunci *generatoarea G a suprafeței este identică cu profilul muchiei*,
- ❖ Când profilul muchiei așchietoare se află într-un plan G_{01} care face unghiul γ cu planul G_0 al generatoarei piesei, *generatoarea G a suprafeței rezultă ca proiecție cilindrică, cazul strunjirii, fig. 1.4 a), sau ca proiecție ortogonală, cazul rabotării, fig. 1.4 b).*

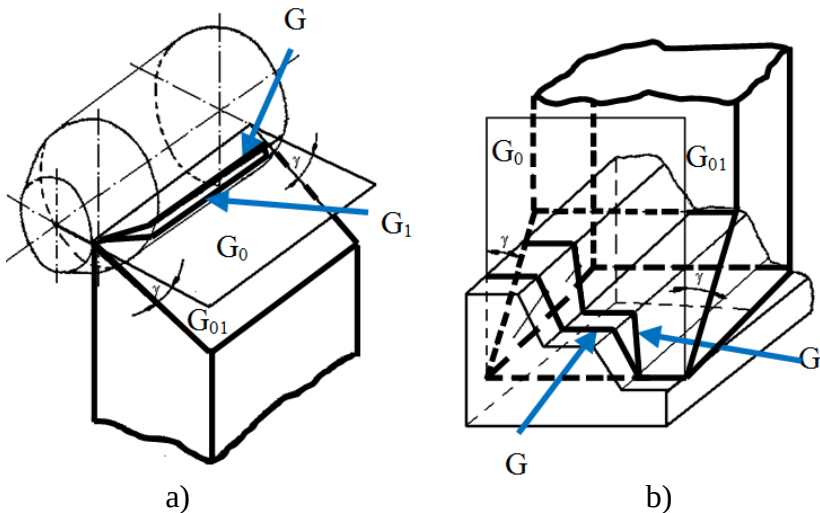


Fig. 1.4 Generarea cu generatoare materializată

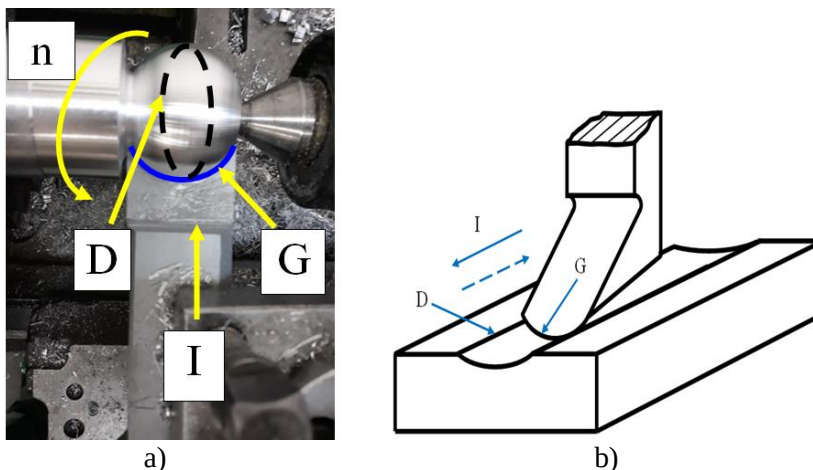


Fig. 1.5 Exemple de suprafețe obținute cu generatoare materializată