

Invenția se referă la tehnologia construcției de mașini, în special la prelucrarea roților dințate.

Este cunoscut un procedeu de prelucrare a dinților angrenajului precesional, care conține o sculă, ce imită condițiile reale de exploatare prin deplasări coordonate în raport cu sistemul mobil de coordonate (X_1, Y_1, Z_1) și cel fix (X, Y, Z) , originea cărora coincide cu centrul mișcării sfero-spațiale, axa Z_1 formând cu axa Z unghiul de nutație și descriind o suprafață conică cu vârful în centrul mișcării sfero-spațiale iar sculei i se comunică o mișcare oscilatorie față de coordonatele X_1 și Y_1 în conformitate cu ecuația

$$X = -Ri(1 - \cos\Theta) \cos\psi \sin\psi$$

$$Y = -Ri(\sin 2\psi + \cos\Theta \cos 2\psi)$$

$$Z = -Ris\Theta \cos\psi,$$

unde: Ri este coordonată curentă a axelor mobile, egală cu distanța de la originea coordonatelor X, Y, Z până la planul în care se află punctul examinat;

Θ – unghiul de nutație, egal cu unghiul între axele Z și Z_1 ;

ψ – unghiul de precesie.

Axa sculei trecând prin centrul mișcării de precesie sub unghi față de planul format de axele X_1 și Y_1 . În care scula este executată în formă de disc profilat la extremitate cu o rază R . Centrul de profilare a discului cu raza R la începutul prelucrării se aranjează pe conul de divizare de prelucrare a roții cu vârful în centrul mișcării sfero-spațiale, axa de rotire a sculei se amplasează perpendicular la axa de rotire a semifabricatului, iar axa discului se amplasează simetric față de axa Z_1 [1].

Dezavantajele acestui procedeu constau în uzura neuniformă a sculei, apariția arsurilor, microfisurilor, din care cauză utilizarea materialului abraziv a sculei devine irațională, are loc măcinarea suprafeței sculei abrazive, apar vibrațiile – toate acestea conducând la scăderea calității suprafeței prelucrate.

Problema pe care o rezolvă invenția este sporirea capacității de așchiere și, ca urmare, micșorarea tensiunilor termice în zona de contact a sculei cu piesa, excluderea arsurilor și microfisurilor de pe suprafață, ceea ce conduce la sporirea durabilității angrenajului, la utilizarea mai rațională a materialului abraziv și la lărgirea posibilităților tehnologice.

Procedeu conform invenției înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că constă în comunicarea unei scule a unei mișcări, care imită condițiile reale de exploatare prin deplasări coordonate în raport cu un sistem mobil de coordonate (X_1, Y_1, Z_1) și unul fix (X, Y, Z) , originea cărora coincide cu centrul mișcării sfero-spațiale, axa Z_1 formând cu axa Z unghi de nutație și descriind o suprafață conică cu vârful în centrul mișcării sfero-spațiale, iar sculei i se mai comunică o mișcare oscilatorie față de coordonatele X_1 și Y_1 în conformitate cu ecuația:

$$X = -Ri(1 - \cos\Theta) \cos\Psi \sin\Psi;$$

$$Y = -Ri(\sin 2\Psi + \cos\Theta \cos 2\Psi);$$

$$Z = -Ris\Theta \cos\Psi,$$

unde: Ri este coordonata axelor mobile egală cu distanța de la originea coordonatelor X, Y, Z până la planul în care se află punctul fix;

Θ - unghiul de nutație, egal cu unghiul între axele Z și Z_1 ;

Ψ - unghiul de precesie,

axa sculei trecând prin centrul mișcării de precesie sub unghi față de planul format de axele X_1 și Y_1 , sculei executate în formă de disc profilat la extremitate, cu o rază R , i se comunică o mișcare liniară suplimentară de-a lungul dintelui sub unghi $\delta \geq 0$ față de planul format de axele X_1 și Y_1 ; la începutul prelucrării, centrul de profilare a discului cu raza R se instalează pe conul de divizare de prelucrare a roții cu vârful în centrul mișcării sfero-spațiale, axa de rotație a sculei se plasează perpendicular la axa de rotație a semifabricatului, axa discului se plasează simetric față de axa Z_1 , iar la sfârșitul cursei de prelucrare, centrul razei R a sculei se abate de la conul de divizare de prelucrare a roții cu vârful în centrul mișcării sfero-spațiale cu o valoare dată. Scula este executată în formă de discuri profilate înclinate la unghi mai mare ca unghiul de nutație Θ și este compusă din trei discuri abrazive, dintre care cele laterale sunt executate pe bază de liant flexibil.

Scula conține un corp pe care este fixat un strat cu proeminențe așchietoare, care au o lungime a curbei diferită în fiecare secțiune a discului dată de relația:

$$l_i = \frac{2\pi Dz_i}{z_{\max} n}$$

unde: D – diametrul discului abraziv;

z_i – mărimea adaosului la piesa prelucrată, înlăturată de sectorul i al profilului discului;

z_{\max} – mărimea maximă a adaosului la piesa prelucrată;

n – numărul de proeminențe așchietoare pe disc, care este un număr par;

l_i – lungimea curbei proeminenței așchietoare a sectorului i al profilului discului.

Proeminențele și adânciturile sculei au o lungime diferită, iar raportul dintre lungimea proeminenței și următoarea adâncitură este constant, proeminențele și adânciturile pe diametru sunt simetrice astfel ca să fie respectată egalitatea:

$$\left(\frac{k_1}{k_2} = \frac{k_3}{k_4} = \dots = \frac{k_{n-1}}{k_n} \right) = \left(\frac{s_1}{s_2} = \frac{s_3}{s_4} = \dots = \frac{s_{n-1}}{s_n} \right)$$

unde: n – este un număr par de adâncituri pe suprafața discului abraziv.

Scula este executată din discuri abrazive cu șaibe de trecere între ele, amplasate pe un dorn cu găuri radiale, suprafața centrală a dornului este despărțită prin separatoare în două canale pentru transmiterea a două amestecuri eterogene de ungere și răcire, totodată un canal axial comunică cu găurile radiale și canelurile apropiate, executate pe suprafața exterioară a dornului în locurile unde sunt montate discurile abrazive, iar al doilea canal comunică cu găurile radiale executate în șaibele de trecere cu cavități între discurile abrazive și canelurile apropiate, executate pe suprafața interioară a alezajului șaibelor de trecere.

Scula este executată ca un ansamblu format dintr-un grup de discuri abrazive fixate pe corp fără jocuri axiale între ele și înclinată față de suprafață sub un unghi mai mare ca unghiul de nutație Θ .

Scula abrazivă este executată ca un ansamblu format din două discuri abrazive fixate pe corp cu spațiu liber între ele, care are un unghi mai mare ca unghiul de nutație Θ .

Scula abrazivă este executată ca un ansamblu format din două discuri abrazive fixate pe un corp cu spațiu liber între ele în formă curbilinie.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1...11, care reprezintă:

- fig. 1, schema procedurii de prelucrare a dinților când unghiul de înclinare δ față de planul format de axe X_1, Y_1 este de $\delta \geq 0$;

- fig. 2, o variantă a sculei abrazive (formată din trei discuri);

- fig. 3, vederea generală a altei variante a sculei abrazive profilate;

- fig. 4, secțiunea A-A a fig. 3;

- fig. 5, secțiunea B-B a fig. 3;

- fig. 6, vederea generală a altei variante a sculei abrazive profilate;

- fig. 7, secțiunea A-A a fig. 6;

- fig. 8-11, vederile generale la diferite scule abrazive profilate.

Traectoria mișcării sculei este legată cu sistemul de coordonate mobil (X_1, Y_1, Z_1), iar a mașinii-unelte – cu sistemul de coordonate fix (X, Y, Z). La începutul prelucrării, aceste două sisteme de coordonate coincid în punctul O , numit centrul mișcării sfero-spațiale. Semifabricatul (roata dințată) se rotește cu o viteză unghiulară ω în jurul axei care coincide cu axa Z . Centrul razei sculei la început de prelucrare se contopește cu conul generator al semifabricatului, iar deplasarea sculei sub unghiul $\delta \geq 0$ față de planul format de axe X_1, Y_1 , se asigură prin reglarea căruciorului. Scula execută o mișcare de rotație în jurul axei O_1-O_1 , căreia i se comunică, față de dinții danturați, o mișcare oscilatorie în raport cu sistemul de coordonate $OXYZ$. În același timp axa Z_1 a sistemului de coordonate $OX_1Y_1Z_1$ (legat cu scula) se amplacează față de axa Z sub un unghi de nutație Θ și descrie o suprafață conică (prezentată cu o linie întreruptă) cu origine în centrul mișcării sfero-spațiale.

Totodată și sistemul de coordonate mobil $OX_1Y_1Z_1$ este fixat față de sistemul de coordonate fix astfel, ca axe X_1, Y_1 să se deplaseze în jurul axelor corespunzătoare după traiectoriile care au parametri caracterizate conform unghiurilor Euler – nutație Θ și precesie ψ .

Astfel, la rotirea axei Z_1 în jurul axei Z , sculei i se comunică o mișcare oscilatorie față de sistemul de coordonate $OXYZ$, caracterizate de unghiurile lui Euler – nutație Θ și precesie ψ , descrisă de relațiile:

$$X = -Ri(1 - \cos\Theta) \cos\psi \sin\psi;$$

$$Y = -Ri(\sin^2\psi + \cos\Theta \cos^2\psi);$$

$$Z = -Ri \sin\Theta \cos\psi,$$

unde: Ri este coordonată curentă a axelor mobile, egală cu distanța de la originea coordonatelor X, Y, Z până la planul în care se află punctul examinat;

Θ – unghiul de nutație egal cu unghiul între axe Z și Z_1 ;

ψ – unghiul de precesie.

Când se prelucrează dinții roților dințate care lucrează în pereche cu un satelit cu role plat, căruciorul se reglează astfel ca la deplasarea sculei traiectoria ei să fie înclinată sub un unghi β față de sistemul de coordonate fix astfel, ca axe X_1, Y_1 , iar la prelucrarea roților dințate lucrează în pereche cu satelitul cu role în formă de con, căruciorul se reglează astfel ca la deplasarea sculei traiectoria ei să fie înclinată sub un unghi $(\beta + \delta)$ față de planul format de axe X_1, Y_1 .

Corespunzător, când unghiul de înclinare a căruciorului este egal cu β față de planul format de axe X_1, Y_1 , orice punct care se afla pe axa imaginară $O-O$ a sculei descrie aceleași traiectorie ca și a punctelor se află pe axa Y , iar când unghiul de înclinare a căruciorului este egal cu $(\beta + \delta)$ față de planul format de axe X_1, Y_1 , traiectoriile descrise de punctele care se află pe axa imaginară $O-O$ și care trec prin centrul mișcării sfero-spațiale și centrul razei R , se deosebesc de traiectoriile, descrise de punctele axei Y după formă și dimensiuni. Cu cât este mai mare unghiul δ de înclinare a sculei, cu atât va fi mai mare diferența dintre aceste traiectorii.

Contopind în unul întreg la începutul prelucrării traiectoriile deplasării sculei față de sistemul fix de coordonate $OXYZ$ descrise de relațiile și traiectoriile mișcării oscilante a sculei față de același sistem putem, pe parcursul deplasării sculei de-a lungul dintelui să obținem un profil al dinților roților transmisiilor precesionale cu un angrenaj multipar.

Pentru realizarea procedurii dat poate fi utilizat dispozitivul, ce conține un corp 1 având un element de reazem executat în formă de semicilindru pentru rezemarea lui în lăcașul mașinii-unelte, o traversă 2, prinsă prin intermediul șuruburilor de corpul 1, un arborele-manivelă 3, un balansier 4. Balansierul 4 permite prinderea unui braț reglabil 5. Așezarea simetrică a brațului se asigură prin intermediul unei pene prismatice 6. Pentru ca o sculă 7 împreună cu un

mecanism de acționare să se regleze la unghiul necesar ($\square + \delta$), brațul 5 poate să se rotească în jurul unui știft 8 variind valoarea unghiului ($\square + \delta$) între planul format de axele X,Y,Z, și traiectoria sculei.

Axele fixă și mobilă ale arborelui-manivelă 3 se intersectează într-un punct (centrul mișcării sfero-spațiale) amplasat pe axa unui semifabricat 9. Balansierul 4 are o legătură cinematică cu un sistem mobil de coordonate $OX_1Y_1Z_1$, iar corpul 1 – cu un sistem de coordonate fix OXYZ. Totodată axa arborelui-manivelă 3 coincide cu axa Z_1 , iar axa de rotire a semifabricatului 9 – cu axa Z.

La rotirea arborelui-manivelă 3, balansierului 4 și sculei 1 i se comunică o mișcare oscilantă în jurul centrului mișcării sfero-spațiale O – punctului de intersecție a axelor fixe și mobile ale arborelui-manivelă 3. Totodată sculei i se comunică o mișcare cu ajutorul unui mecanism 10. Mecanismul 10 (poate fi electromecanic sau pneumatic) la rândul său deplasează un cărucior 11 în care se instalează scula 7 cu mecanismul de acționare. Pentru o deplasare rectilinie corectă căruciorul 11 este ghidat de ghidajele executate în el.

Balansierul oscilant nu se rotește în jurul propriei axe geometrice, ci doar execută oscilații în jurul axei Y a sistemului de coordonate fix OXYZ cu unghiul Θ . Aceasta se asigură prin blocarea balansierului cu ajutorul unui mecanism 12 de legătură cinematică, care realizează încă o funcție – comunică sculei 7 o mișcare auxiliară, descrisă de unghiurile lui Euler Θ și ψ .

Varierea unghiului ($\beta + \delta$) de înclinare a sculei 7 se asigură prin rotirea unui tub filetat 13, care permite varierea deplasării unghiulare a căruciorului 11.

Procedeu propus de prelucrare combinată abrazivă (fig. 2) se realizează cu ajutorul unei scule 7 formată din trei discuri abrazive 14, 15, 16 așezate pe un dorn 17, distanțate de șaibe 18 și prinse cu o piuliță 19. Scula 7 primește o mișcare de rotație de la un motor (pe figuri nu este prezentat). Discurile laterale sunt executate pe baza unui liant flexibil, toate discurile sunt amplasate sub un unghi mai mare decât unghiul de nutație Θ . O astfel de construcție a sculei 7 permite să asigurăm la prelucrare o mișcare a granulelor abrazive în direcția tangențială. Zona de așchiere la o rotație a sculei 7 își schimbă poziția, adică la o rotație a sculei 7 cu discurile abrazive 14, 15, 16, toate punctele periferice ale zonelor de așchiere execută o mișcare de-a lungul axei de rotire a sculei 7. Datorită acestei mișcări a stratului așchietor a discurilor 14, 15, 16 are loc o rectificare treptată, care este condusă de o temperatură joasă de așchiere față de cea tradițională de așchiere. Nu se înregistrează suprafețe cu arsuri și microfisuri. Unghiul de înclinare a discurilor 14, 15, 16 permite de a spori numărul granulelor abrazive care participă la așchiere. Dacă la o rectificare tradițională la așchiere participă în jurul de 5...15% atunci numărul granulelor abrazive poate fi mărit de n ori, în funcție de unghiul de înclinare a discurilor 14, 15, 16. Discurile laterale 14, 16 sunt executate pe baza unui liant în bază de vulcanit sau cauciuc.

Părțile flexibile ale discurilor, indiferent de forța radială constantă de apăsare spre semifabricat lucrează în condiții de presiuni variabile. În cazul când scula execută mișcarea de precesie, elementele flexibile contactează consecutiv cu profilul dintelui prelucrând-ul ba dintr-o parte, ba din alta. Așchiera combinată în direcția longitudinală și axială cu scula 7 dată asamblată condiționează o rețea de urme și microrelief ca la rectificarea cu mișcări vibratorii. Productivitatea unui astfel de procedeu este de 2...8 ori mai mare, față de cel obișnuit de rectificare. În același timp consumul sculei 7 abrazive se micșorează cu 30%.

În fig. 3, 4, 5 se prezintă discul abraziv propus ale cărui muchii așchietoare ale stratului abraziv au o lungime variabilă în orice secțiune a discului. Proeminențele au o lungime așchietoare diferită în fiecare secțiune a discului, date de relația:

$$l_i = \frac{2\pi D z_i}{z_{\max} n}$$

unde: D – diametrul discului abraziv;

z_i – mărimea adaosului la piesa prelucrată, înlăturată de sectorul i al profilului discului;

z_{\max} – mărimea maximă a adaosului la piesa prelucrată;

n – numărul de proeminențe așchietoare pe disc trebuie să constituie un număr par;

l_i – lungimea curbei proeminenței așchietoare a sectorului profilului discului.

La o astfel de formă a muchiilor așchietoare, uzura nu modifică profilul discului și discul nu necesită profilare. Prin urmare sporește productivitatea procesului, scad cheltuielile legate de scula și de costul prelucrării. Scula 7 este compusă dintr-un corp 20 și un strat care conține abrazivi, care prezintă prin sine muchii așchietoare 21 urmate de adâncituri 22. Deoarece stratul abraziv este format din muchii așchietoare 21 care se rânduiesc cu adânciturile 22, unde lungimea muchiei așchietoare pe fiecare porțiune a discului este direct proporțională valorii adaosului înlăturat de această porțiune, lucrul specific, care revine unui grăunte abraziv, efectuată de toate muchiile așchietoare ale discului este același. Datorită acestui fapt, stratul abraziv se uzează uniform, păstrează neschimbat profilul discului și nu apare necesitatea de a fi ascuțit. Datorită adânciturilor 22, zona de așchiere de pe suprafața discului se răcește mai bine și mai ușor se îndepărtează produsele parvenite în urma procesului de așchiere.

În fig. 6, 7 se prezintă discul abraziv propus pe suprafața de lucru a căruia sunt amplasate muchii așchietoare 23 și adâncituri 24. Această sculă are o rezistență sporită la dimensiune prin micșorarea temperaturii în zona de contact și micșorarea valorii tripațiilor radiale ale discului. Valoarea constantă de micșorare a temperaturii în zona de contact se asigură prin raportul uniform de prelungire a muchiilor așchietoare ($k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$) și a adânciturilor urmate ($s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$), adică:

$$\left(\frac{k_1}{k_2} = \frac{k_3}{k_4} = \dots = \frac{k_{n-1}}{k_n} \right) = \left(\frac{s_1}{s_2} = \frac{s_3}{s_4} = \dots = \frac{s_{n-1}}{s_n} \right)$$

unde: n – este un număr par de adâncituri de pe o jumătate din discul abraziv.

Scula 7 conține discuri abrazive 25, 26, 27 cu șaibe de trecere între ele 28, amplasate pe dornul 29 cu găuri radiale 30. Suprafață centrală a dornului suplimentar este despărțită de separator 31 în două canale pentru transmiterea a două amestecuri eterogene de ungere-răcire. Unele canale axiale 32 sunt legate cu găurile radiale 30 și cu canalele apropiate, executate pe suprafața exterioară a dornului în locurile unde sunt montate discurile abrazive, iar celelalte 33 – de găurile radiale, canalele apropiate, executate pe suprafața interioară a alezajului șaibelor de trecere și a găurilor radiale, executate în șaibele de trecere cu cavități între discurile abrazive. Discurile abrazive sunt prinse prin intermediul șaibelor 34 și piulițelor 35.

Scula abrazivă (fig. 9) este un ansamblu format dintr-un grup de discuri abrazive 36 fixate pe dornul 37 fără jocuri axiale între ele și înclinate față de suprafață sub un unghi mai mare ca unghiul de nutație Θ .

Scula abrazivă (fig. 10) este un ansamblu format din două discuri abrazive 38 fixate pe corp 39 cu spațiu liber între ele, discurile abrazive sunt așezate sub un unghi mai mare ca unghiul de nutație Θ .

Scula abrazivă (fig. 10) este un ansamblu format din două discuri abrazive 40 fixate pe corp 41 cu spațiu liber de formă curbilinie dintre ele, discurile abrazive sunt așezate sub un unghi mai mare ca unghiul de nutație Θ .

Utilizarea oscilației zonei de așchiere prin discuri și întreruperea zonei de rectificare în direcția transversală permite de a înăspri regimurile de așchiere, a spori vibro-stabilitatea și a micșora tensiunea termică a procesului.

Procedul propus de prelucrare abrazivă combinată cu discuri își poate găsi utilizare în diverse întreprinderi de prelucrare mecanică, care se preocupă de rectificarea materialelor greu prelucrabile și permite prin schimbarea unghiului de înclinare a discurilor și a jocului între ele, a spori productivitatea procesului de prelucrare prin optimizarea rezistenței termice a procesului de prelucrare a diferitor materiale și calitatea procesului prin oscilarea zonei de așchiere.