

UNELE ASPECTE PRIVIND UTILIZAREA TEHNOLOGIILOR NECONVENȚIONALE LA PRELUCRAREA ROȚILOR DINȚATE PRECESIONALE

I. Bostan, V. Dulgheru, I. Dicusară
Universitatea Tehnică a Moldovei

GENERALITĂȚI

Roțile dințate sunt organe de mașini de complexitate relativ înaltă, care necesită precizie de prelucrare ridicată și caracteristici mecanice deosebite ale materialului. În domeniul prelucrării angrenajelor de putere mare și medie există tehnologii convenționale avansate și utilaj performant.

Dezvoltarea vertiginoasă a domeniilor, cum ar fi mecanica fină, utilajul medical, sistemele de dirijare cu diferite procese necesită mecanisme de acționare de dimensiuni mici și foarte mici (de ordinul micronilor). Turația înaltă a micromotoarelor electrice (până la 100.000min^{-1}) necesită transmisii mecanice cu raport de transmitere mare. Posedând posibilități cinematice foarte largi (raportul de transmitere până la 5000 într-o singură treaptă realizată doar cu 4 elemente de bază), precizie cinematică înaltă, construcție simplă, angrenajele precesionale își pot găsi o aplicație largă în domeniile nominalizate.

Perspectivă largă de utilizare în domeniul prelucrării roților dințate pentru mini – și microangrenaje au astfel de tehnologii neconvenționale bazate pe utilizarea energiei fasciculelor de electroni, laserului, jetului de apă, razelor X, electroeroziunii filiforme etc.

PRELUCRAREA ROȚILOR DINȚATE CU LASER

Folosirea energiei optice în prelucrarea materialelor constituie o nouă posibilitate de prelucrare pentru industriile prelucrătoare, opțiune pe care industriile s-au grăbit să și-o însușească.

Nu numai viteza de execuție și calitatea superioară a tăieturilor cu laser, a sudurilor sau prelucrării superficiale cu laser i-au determinat pe specialiști să-i acorde o mare atenție, dar și faptul că aceasta constituie o sursă ideală de energie pentru automatizare. Utilizarea laserului pentru prelucrarea materialelor capătă o importanță economică crescândă. Avantajul laserului rezidă, în acest

context, în prelucrarea rapidă și fără contact, a diferitor materiale, lumina laser putând fi aplicată cu mare precizie și exact controlată.

Una dintre cele mai de perspectivă aplicații ale laserelor de putere mare sunt procesele de tăiere a materialelor. Pentru procesele de tăiere se folosesc în special lasere cu bioxid de carbon CO_2 . Laserele cu CO_2 sunt cele mai efective, având randamentul aproximativ de 15-20%. Mai mult ca atât emisia cu lungimea de undă de $10,6\mu\text{m}$ este absorbită de un mare număr de materiale, inclusiv cele metalice, sticlă, cuarț, lemn, piele, materiale sintetice.

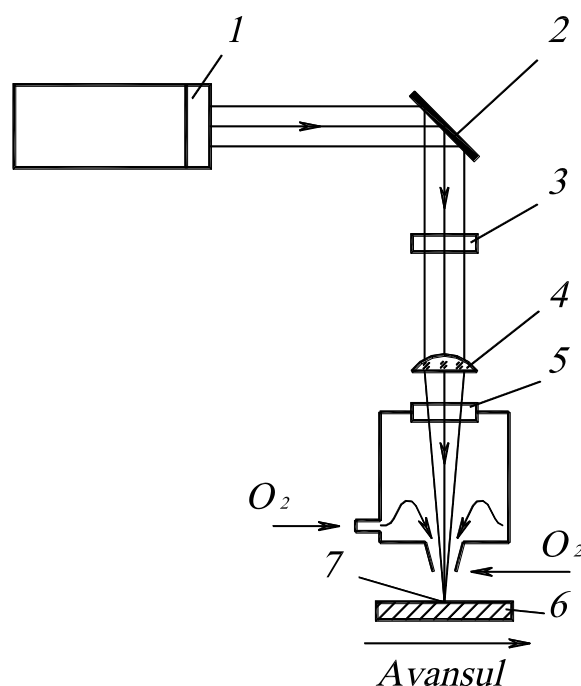


Figura 1. Schema tăierii laser cu introducerea în zona de tăiere a jetului de oxigen:

1—laser; 2—oglină; 3—clapetă; 4—lentilă; 5—fereastră; 6—semifabricat; 7—punctul focal.

La tăiere de obicei se folosește schema care prevede folosirea unui jet de gaz, care contribuie la înlăturarea materialelor rezultate în urma distrugerii produselor ușor inflamabile și inițierea reacției chimice în zona acționării fascicolului laser pe materialele metalice [1]. În primul caz se folosesc

gazele inerte cum ar fi azotul, iar în al doilea, în zona de tăiere se introduce oxigen [2, 3].

Schema metodei de tăiere a materialelor cu fascicol laser cu introducerea în zona de tăiere a unui jet de oxigen este prezentată în (fig.1). Generat de instalația 1, fascicolul laser este focalizat de către un sistem optic corespunzător pe suprafața semifabricatului supus prelucrării. Coaxial cu fascicolul laser în zona de tăiere se introduce un jet de oxigen, care îndeplinește două funcții: contribuie la absorbirea unei cantități mai mari de energie luminoasă prin formarea la suprafața a unei pelicule de oxizi și înlătură topitura și produsele rezultate în urma distrugerii materialului din zona de tăiere până când materialul nu va fi tăiat în întregime. Fascicolul laser este o sursă de căldură cu o concentrație mare a energiei, ceea ce conduce la micșorarea lățimii de tăiere, diminuarea zonei de influență termică, și posedă o viteză de tăiere mai mare în comparație cu orice alt procedeu de tăiere termică. Lățimea de tăiere este de dimensiunea petei fascicolului în planul focal sau chiar mai mic, iar mărimea zonei influențate termic este de ordinul 0,05—0,2mm.

Funcția pe care o are laserul în operațiile de prelucrare a roților dințate este aceea de a produce căldură sub forma unui fascicol concentrat de fotoni. Fascicolul este orientat, focalizat optic cu ajutorul oglinzilor sau a lentilelor, pe suprafața piesei de prelucrat unde energia fotonilor este absorbită și transformată în căldură. Localizarea, suprafața, forma, energia și durata acțiunii sunt gata verificate pentru a produce reacția cerută și anume: subtopire, topire sau evaporare.

Caracteristicile laserului ca sursa de căldură industrială constau în faptul că energia este:

- Curată—nu există combustibil sau bombardare cu ioni.
- Ușor de transportat la punctele de lucru fără a fi nevoie de vid. Fascicolul poate fi folosit la distanțe considerabile față de laser (aproximativ 100 m).
- Ușor de controlat pentru a produce suprafața și forma specifică zonei de căldură fără jeturi complexe sau electrozi.
- Absorbită în suprafața piesei de prelucrat, căldura este astfel localizată, micșorând pierderile termice și măbind eficiența procesului.
- Multifuncțională—o singură sursă poate efectua o diversitate de operații.

Laserul este capabil să taie multe materiale prin evaporarea unui orificiu pe care-l traversează. Cu atât mai mult cu ajutorul tehnologiei laser se pot tăia dinții roților după ce au fost supuse unui

tratament termic. Acest fapt elimină neajunsul deformării piesei, care, fiind prelucrată mecanic, urma să fie tratată termic după prelucrare, numărul operațiilor fiind mai mare. La materialele care se topesc se folosește un jet de gaz coaxial care îndepărtează produsul topit. Neexecutarea acestei operațiuni produce o sudură. Acest jet de gaz, de asemenea, poate adăuga căldură în zona în care se efectuează tăierea dacă materialul reacționează exotermic cu el (de exemplu: oțelul și O_2).

Această căldură va fi adăugată numai acolo unde temperatura depășește temperatura de aprindere, altminteri ea va răci piesa, astfel reducând căldura din zona afectată termic. Zona influențată de căldură este, în orice caz, mică datorită vitezelor mari de prelucrare și datorită gradului mare de localizare a energiei.

Tehnologia de tăiere laser prezintă următoarele caracteristici:

- Nedirecțională—taie la fel de bine în toate direcțiile. Pentru a evita efectele de polarizare este folosit un sistem optic propriu. De asemenea este necesar să se înceapă operațiunea de tăiere de la o margine. Este ușor de utilizat pentru profilare;
- Este o tăietură de calitate superioară—tăietura și zona influențată termic îngustă (făcând economie de material) prelucrează o suprafață aproape netedă, reducând necesitatea unei debavurări ulterioare;
- Nu necesită contact direct și nici un efort de tăiere. Este ideală pentru tăierea materialelor flexibile cum sunt tablele subțiri;
- Nu se produce o uzură a instalației;
- Mici distorsiuni termice;
- Materialele dificile sau dure pot fi tăiate cu ușurință;
- Riscurile de prăfuire sunt minime;
- Un laser poate efectua operații în mai multe puncte de lucru;
- Este ușor de automatizat.

PRELUCRAREA ROȚILOR DINȚATE CU RAZE X

Pentru prelucrarea roților dințate de dimensiuni foarte mici ($d=(10\div 1000)\mu\text{m}$) se utilizează tehnologii complexe în baza razelor X. Un interes deosebit prezintă procesul LIGA (acronimul german pentru litografie cu raze X, electrodepozitare și turnare). În acest scop la Centrul de cercetări din Karlsruhe a fost construit un sinhrotron, la care sunt amplasate tangențial laboratoarele celor 19 institute de cercetări, care

utilizează razele X obținute pentru diverse aplicații, inclusiv și la prelucrarea pieselor de dimensiuni foarte mici din componența microsystemelor. Metoda a fost elaborată, brevetată și implementată de Institutul de Tehnologii Microstructurale de la Centrul de Cercetări din Karlsruhe, Germania și este aplicată pentru fabricarea roților dințate din microangrenaje.

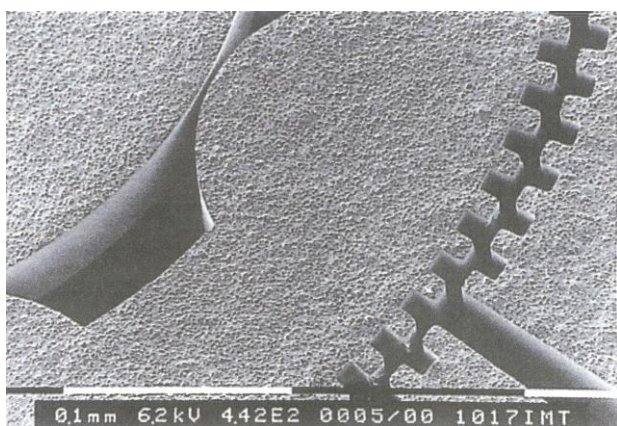


Figura 2. Roți dințate ale unui micro-reductor.

Această tehnologie permite obținerea unor suprafețe cu performanțe impresionante: rugozitatea suprafețelor $Ra < 50\text{nm}$; precizia de poziționare $\pm 5\mu\text{m}$; calitatea conform ISO DIN EN 9001 (certificată în 1999).

DISPOZITIV DE PRELUCRARE

Profilul dinților roților dințate, utilizate în angrenajul precesional, se modifică în funcție de valorile unghiurilor axoidei conice δ , de unghiul de conicitate a roților β , de unghiul de nutație θ , de numărul de dinți al roților dințate Z_1 , Z_2 și de corelația între acești parametri [4, 5].

Prelucrarea acestor profile a devenit mai accesibilă odată cu propunerea de către Dl academician Ion Bostan a unei metode care asigură realizarea unei mulțimi de profile ale dinților, utilizându-se o sculă cu aceiași parametri geometrici [6]. În continuare se propune o variantă originală de dispozitiv dirijat numeric având la bază metode moderne de obținere a profilului roților dințate precesionale bazate pe tehnologii neconvenționale cum ar fi: fascicolul de electroni, microplasma, laserul, jetul de apă, razele X, electroeroziunea filiformă etc. Principiul de funcționare a dispozitivului de generare a danturii roților dințate precesionale cu comandă numerică constă în următoarele: semifabricatului i se comunică o serie

de mișcări coordonate între ele, în raport cu axa (în cazul dat) fascicolului laser care este fix, cu parametri care depind de profilul dinților. Coordonarea mișcărilor semifabricatului asigură rotirea acestuia cu un dinte la un ciclu închis al tuturor celorlalte mișcări.

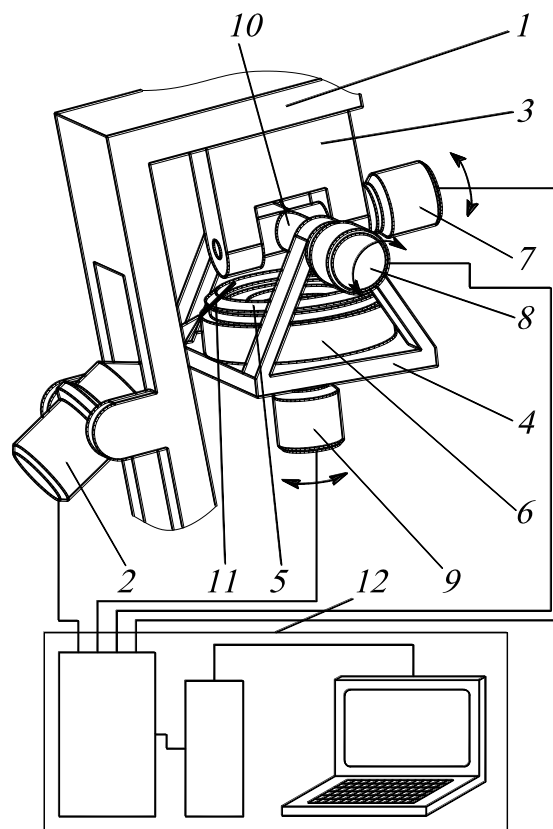


Figura 3. Dispozitiv de generare a danturii roților dințate precesionale cu comandă numerică:

1—carcasă; 2—generator laser; 3—furca superioară; 4—furca inferioară; 5—semifabricatul; 6—masă rotativă; 7, 8, 9—servomotor; 10—inimă de încrucișare; 11—fascicol laser; 12—sistem de comandă.

Suprafața descrisă de fascicolul laser care prezintă nu altceva decât o imitație a generatoarei rolei, față de semifabricatul în mișcare, reproduce un corp oarecare, imaginabil, numit *roată generatoare*.

Cu ajutorul sistemului de comandă al dispozitivului, semifabricatul și scula sunt acționate într-o mișcare coordonată – mișcare de rulare. Ca rezultat, suprafața dintelui se obține ca înfășurătoarea unei serii de mișcări consecutive ale semifabricatului față de fascicolul laser.

Vederea generală a dispozitivului de generare a danturii roților dințate precesionale cu comandă

numerică este prezentată în (fig. 3). Dispozitivul include carcasa 1, generatorul laser 2, furca superioară 3, furca inferioară 4, semifabricatul 5, fixat pe masa rotativă 6, servomotoarele 7, 8 și 9, inima de încrucișare 10, fascicol laser 11, sistemul de comandă 12.

La primirea semnalelor electrice conform ecuațiilor parametrice [4] de la sistemul de comandă prin intermediul servomotoarelor 7 și 8 semifabricatului 5 i se comunică mișcare de precesie în jurul centrului fix de precesie O. Mișcarea de precesie se obține la balansarea inimii de încrucișare 10 împreună cu furca inferioară 4 și semifabricatul 5, fixat pe masa rotativă 6 și la rotirea servomotoarelor 8 și 9 în jurul axei servomotorului 7 și balansarea concomitentă a furcii inferioare 4, cu semifabricatul 5, fixat pe masa rotativă 6 și servomotorul 9 în jurul axei servomotorului 8. În același timp fiecărui ciclu închis al mișcării precesionale îi corespunde rotirea semifabricatului 5 împreună cu masa rotativă 6 cu un dinte în jurul axei servomotorului 9.

Pentru compensarea erorii de schemă a satelitului la rotirea lui sfero-spațială și a mecanismului de legătură, ecuațiile parametrice se vor modifica, considerând erorile respective. Cu alte cuvinte, la prelucrarea dinților prin metoda propusă, profilul lor se corectează cu o valoare egală cu eroarea unghiulară a arborelui condus, generată de mecanismul de legătură al satelitului cu carcasa și de mișcarea lui sfero-spațială.

CONCLUZII

Prelucrarea roților dințate de dimensiuni mici și foarte mici, unde dimensiunile sunt de ordinul toleranțelor la prelucrarea mecanică, este practic imposibilă prin utilizarea tehnologiilor convenționale de prelucrare. Acest fapt impune utilizarea tehnologiilor, care posedă perspective largi de utilizare în domeniul prelucrării roților dințate pentru mini – și microangrenaje cum ar fi tehnologiile neconvenționale bazate pe utilizarea energiei fascicolelor de electroni, laserului, jetului de apă, razelor X, electroeroziunii filiforme etc.

Semifabricatul fiind mult mai ușor ca capul laser va efectua toate mișcările necesare pentru generarea profilului dinților roților dințate precesionale.

Efectuarea tuturor mișcărilor de generare se obțin cu ajutorul servosistemelor de precizie. Aceasta asigură: obținerea întregii game de profiluri cu același dispozitiv, modificările numărului de dinți Z, unghiurilor (axoidului conic δ , de nutați θ),

vitezei de prelucrare etc, se va efectua prin intermediul calculatorului cu softurile respective; dispozitivul permite, de asemenea, corecția formei profilului.

Dispozitivul elaborat permite obținerea danturii în toate cazurile când aceasta din urmă poate fi generată de o dreaptă (fascicol laser, raze X, electroeroziune cu fir, microplasmă, jet de apă etc.).

Dispozitivul asigură prelucrarea unei game largi de tipodimensiuni de roți, inclusiv roți conice și permite automatizarea procesului.

În anumite condiții este posibilă utilizarea dispozitivului și pentru măsurarea profilului obținut și compararea lui cu cel teoretic.

Efectul economic se va obține în urma: reducerii numărului de operații; productivității înalte—se elimină un rost îngust de material; în majoritatea cazurilor prelucrări ulterioare nu sunt necesare; trecerea de la o formă de profil lata se efectuează rapid fără ajustări suplimentare a dispozitivului; semifabricatele pot fi prelucrate după tratamentul termic.

Bibliografie

1. *Rycalin N., Uglov A., Zuev I., Kokora A.* Lazernaâ i electronno-lučeavaâ obrabotka materialov: Spravočnik, – M.: Mašinstroenie, 1985, 496s.
2. *Vejco V., Libenson M.* Lazernaâ obrabotka. L.: Lenizdat, 1990. 192s.
3. *Banasik M., Dworak J.* Achievements in industrial laser welding and cutting. "BI.IS.GL.", 1999, vol. 43, nr.5, p. 110-135, 5 fig., 18 ref.bibl.
4. *Bostan I.* Precessionnye peredaci s mnogoparnym zacepleniem. Chișinău, Știința, 1992, 356p.
5. *Bostan, I., Babaian, I.* Precessionnaia peredacia// Brevet de invenție nr. 1563319, I.cl. F16H1/32. Publ. 30.09.84. Bul. nr.36.
6. *Bostan, I., Babaian, I.* Sposob obrabotki modificirovannyh zubiev elementov precessionnoi zubciatoi pary// Brevet de invenție nr. 1663857, I.cl. B23F9/06. (Petru uz de serviciu) 1988.