

SIMPLIFICAREA STRUCTURII CINEMATICE A MAȘINILOR- UNELTE – CERINȚĂ ÎN SPRIJINUL DEZVOLTĂRII DURABILE

SIMPLIFYING THE KINEMATIC STRUCTURE OF MACHINE- TOOLS – A REQUIREMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Romeo CIOARĂ

“Transilvania” University of Brasov, Romania

Rezumat. Deși nu există încă metode suficient de precise de cuantificare a impactului asupra mediului al consumurilor de materiale, este evident efectul pozitiv al reducerii acestora asupra costurilor globale ale producției de bunuri industriale. Ca urmare minimizarea consumurilor de materiale este una din principalele direcții ale proiectării ecologice. Această orientare este cunoscută în cercetările actuale ca “*acțiune de dematerializare*”.

Multe bunuri industriale se realizează utilizând mașini-unelte. Acestea sunt executate în foarte mare măsură din metal, înglobând în ele preponderent **materie, energie** și – încă în insuficientă măsură – **informație**. Funcțiile lor se realizează în cea mai mare parte prin purtători materiali ai informațiilor specifice, de regulă supradimensionați, obținuți prin tehnologii agresive față de mediul natural. În cazul mașinilor-unelte, dematerializarea trebuie să se concretizeze prin reducerea masei totale a lor și implicit prin reducerea consumului de resurse. Această cale este benefică atât sub aspectul costului de fabricație, cât și – mai ales – sub cel ecologic.

În lucrare se arată inclusiv că dematerializarea mașinilor-unelte poate fi însoțită de creșterea importanței a performanțelor și a domeniului lor de utilizare. S-a luat ca exemplu o mașină-unelte complexă, de danturat roți dințate cilindrice prin mortezare cu cuțit-roată. Pentru a obține o funcție în plus – cea de danturare și pe contur necircular – funcție ea în sine una complexă, calea tradițională de soluționare impune creșterea complexității cinematice a mașinii, reflectată mai ales printr-un număr mult sporit de componente (piese), deci consum suplimentar de resurse materiale. O rezolvare modernă s-a bazat pe un alt mod de materializare a informațiilor în construcția mașinii; majoritatea informațiilor necesare nu se înglobează material în componentele mașinii, ci sunt transferate către un sistem electronic adecvat. Numărul de componente al noii mașini este mult mai mic chiar și decât al mașinii luată de referință.

Cuvinte cheie: mașini-unelte, dezvoltare durabilă, danturare, dematerializare, cinematică

1. Introducere

Numărul de componente mecanice din structura unei mașini-unelte contribuie substanțial la masa totală a acesteia și implicit la consumul de materii prime și energie. Cel mai bine se reflectă aceasta în relație cu structura și complexitatea lanțurilor cinematice. Ca urmare, obținerea aceluiași deplasări ale sculei sau semifabricatului de prelucrat,

Abstract. Although to date no sufficiently accurate methods are available to quantify the environmental impact of material consumption, the positive effect of its reduction on the global costs of industrial goods production is evident. Consequently the minimization of material consumption is one of the main directions of ecological design. In current research this orientation is known as “*dematerialization actions*”.

Numerous industrial goods are manufactured on machine-tools. Machines are made to a large extent from metal, including **material, energy** and –to an insufficient extent yet – **information**. Their functions are achieved mostly by material bearers of specific information, typically over-dimensioned, obtained by means of environment-aggressive technologies. In the case of machine-tools dematerialization needs to be achieved by reducing their total mass and implicitly by reducing resource consumption. This path is beneficial from both the manufacturing and, particularly, the environmental aspects.

In addition the paper shows that machine-tool dematerialization can be accompanied by a significant increase of their performance and applicability. The discussed example is that of a complex cylindrical gear shaping machine-tool with disk cutters. In order to achieve an additional function – gear cutting also along a non-circular contour – by itself a complex one, the traditional approach would be increasing the kinematic complexity of the machine, materialized by a in increased number of components (parts), thus an increased material consumption. A modern solution is based on a different materialization of information in machines manufacturing; thus most information are not materially included in machine parts, but are transferred by an adequate electronic system. The number of components of such a new machine is even smaller than that of the initial machine, used as a reference.

Key words: machine-tools, sustainable development, gear cutting, dematerialization, kinematics

1. Introduction

The number of mechanical components included by the structure of a machine-tool contributes substantially to its total mass and implicitly to the consumption of raw materials and energy. This is best reflected in relation to the structure and complexity of the linkages. Consequently a modality of reducing material

utilizând lanțuri cinematice alcătuite dintr-un număr cât mai mic de componente, prin care se transmit, se reglează și se transformă mișcările necesare generării suprafețelor, constituie o modalitate de reducere a consumului de material [1].

Trecerea de la subsisteme mecanice de reglare și de transformare a mișcărilor la subsisteme electrice, hidraulice sau combinate a permis scurtarea lanțurilor cinematice și, implicit, reducerea consumurilor de materiale. Utilizarea unor motoare de acționare speciale a permis eliminarea mecanismelor mecanice de reglare a lanțurilor cinematice, așa cum sunt cutiile de viteze și/sau de avansuri.

Mecanismele mecanice pentru reglarea discretă a turațiilor și vitezelor de deplasare, chiar în condițiile unui număr mare de trepte, măresc mult masa și gabaritul mașinilor, fără să asigure valori optime ale parametrilor de lucru. Pierderile de viteză, randamentul energetic redus și consumul mare de materiale pentru executarea cutiilor de viteze sunt principalele motive care argumentează reconsiderarea modului de reglare a lanțurilor cinematice. Au fost concepute și puse în exploatare mașini-unelte la care motorul de antrenare, cu turație continuu reglabilă sau în trepte, este plasat direct pe arborele principal, astfel încât lanțul cinematic tradițional, pentru preluarea mișcării de la sursă, pentru transmiterea și reglarea acesteia, s-a redus la un număr minim de componente.

În cele ce urmează se prezintă un alt exemplu de simplificare a structurii cinematice a unei mașini-unelte. Simplificarea se bazează pe înlocuirea în lanțul cinematic a unor elemente de structură mecanice cu motoare pas cu pas și utilizarea calculatorului.

2. Premisele cercetării

Este cunoscută [2] posibilitatea creșterii performanțelor unor sisteme tehnice prin utilizarea de roți dințate necirculare, cu centroide închise sau deschise, figura 1.

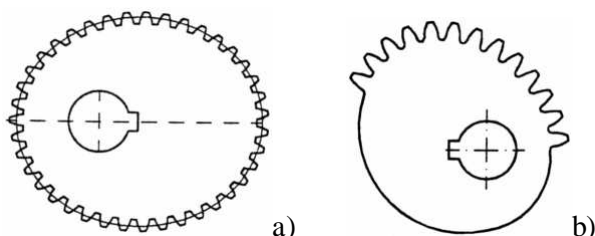


Figura 1. Danturi cilindrice necirculare cu centroidă închisă (a) și deschisă (b)
Figure 1. Non-circular cylindrical gear with a closed (a) and an open centroid (b)

Angrenaje necirculare se pot utiliza inclusiv în structura mașinilor-unelte de mortezat dantură, în vederea optimizării mișcării principale de translație a sculei, figurile 2 și 3.

consumption is achieving the same displacements of the tool or machined part by linkages including a smaller number of components that transmit, adjust and transform the movements required for surface generation. [1].

Replacing mechanical adjustment and movement transformation subsystems by electrical, hydraulic or hybrid ones has allowed the diminishing of linkages and implicitly reduction of material consumption. The utilization of special driving motors has allowed the elimination of the mechanical linkage adjustment mechanisms, like gear and/or feed boxes.

Mechanical mechanisms for incremental adjustment of speed and velocities, even for a large number of gear ratios, significantly increase mass and overall dimensions of machines, without however ensuring optimum values of the working parameters. Velocity losses, reduced energy efficiency and increased material consumption for the manufacturing of gearboxes are the main reasons for reconsidering linkage adjustment. Machine-tools have been conceived and developed with the driving motor, with continuously or incrementally adjustable speed, placed directly of the main shaft, thus reducing the traditional linkage, used for transmitting and adjusting motion received from a source, to a minimum of components.

Further on another example of simplifying the kinematic structure of a machine-tool is presented. Simplification is based on replacing certain mechanical elements of the linkage with step-by-step motors and utilization of a computer.

2. Premises of research

Literature [2] presents the possibility of increasing the performance of technical systems by using non-circular gears with closed or open centroids as shown in Figure 1.

Non-circular gears can be used includingly in the structure of gear shaping machine-tools, in view of optimizing the main translation motion of the tools, as shown in Figures 2 and 3.

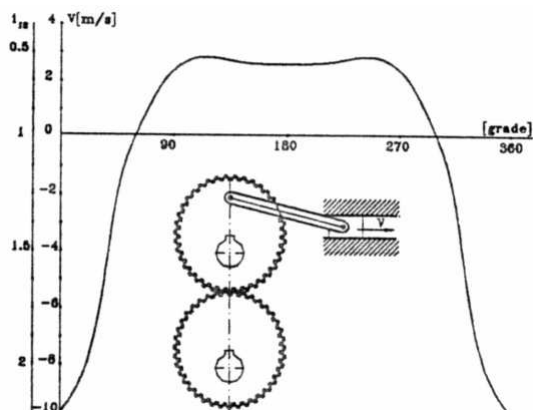


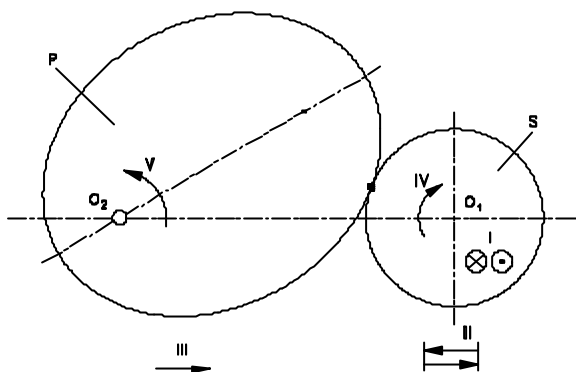
Figura 2. Graficul variației vitezei unui culisor antrenat printr-un angrenaj format din roți eliptice [2]
Figure 2. Velocity variation graph of a sliding block driven by elliptic gears [2]

Deși sunt evidente avantajele angrenajelor necirculare, utilizarea acestora este foarte redusă, principalul motiv fiind dat de dificultățile de realizare a lor. Sesizând acest aspect au fost demarate cercetări privind modul de generare al danturilor cilindrice necirculare.

3. Mișcări necesare la generarea danturilor cilindrice necirculare

Generarea danturilor necirculare utilizând scule profilate, de exemplu prin frezare cu freze deget-modul sau disc-modul, prin divizare discretă, nu se recomandă, productivitatea prelucrării și precizia danturii fiind scăzute. De mare interes este obținerea acestor danturi prin generare cinematică.

Studiile efectuate au identificat mișcările și reglajele necesare unei pentru a putea prelucra danturi cilindrice necirculare, cu centroide închise sau deschise [4, 5], figura 4:



- I** - mișcarea principală, rectilinie-alternativă de mortezare. Este executată de sculă;
II - mișcarea de apropiere-depărtare relativă între sculă și piesă, necesară pentru a evita frecarea pe suprafețele de așezare ale sculei în timpul curselor

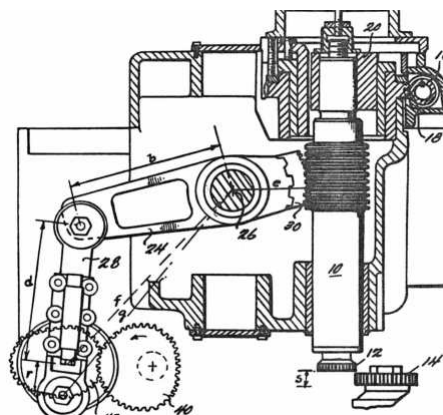


Figura 3. Mecanismul mișcării principale la o mașină de mortezat Lorentz, cu angrenaj necircular inclus [3]
Figure 3. Main motion generating mechanism in a Lorentz gear shaping machine, including a non-circular gear [3]

Despite the evident advantages of non-circular gears, their utilization is limited due to the difficulties encountered in their manufacturing. Starting from this aspect research has been initiated concerning the generation of non-circular cylindrical gears.

3. Motions required for the generation of non-circular cylindrical gears

The generation of non-circular gears by profiled tools, for example by milling with hobs or disk cutters and incremental indexing is not recommended due to low its productivity and precision. Hence the special interest coming to manufacturing such gears by kinematic generation.

The conducted study has identified the motions and adjustments required for machining non-circular cylindrical gears with closed or open centroids [4, 5], as shown in Figure 4:

Figura 4. Poziția reciprocă piesă-sculă și mișcările necesare acestora în procesul de generare a danturilor cilindrice necirculare prin mortezare cu cuțit-roată
Figure 4. Relative position of tool and blank part and motions required in non-circular gear generation by shaping with disk cutters

- I** – linear – alternating shaping main motion, carried out by the tool;
II – relative closing – distancing motion of tool and blank, required for avoiding friction on the clearance surfaces of the tool during its return

de gol ale acesteia. Se poate executa fie de sculă, fie de piesă. La mașina MD 250 și similarele se aplică prima variantă;

III - mișcarea de avans radial, necesară atât pentru poziționare reciprocă între piesă și sculă, cât și ca mișcare de lucru. Poate fi realizată fie de către sculă, fie de către piesă. La mașina MD 250 se folosește ce-a de-a doua variantă. La prelucrarea roților dințate cilindrice necirculare, prin mișcarea de avans radial se obține în orice moment distanța dintre axe necesară dintre axa sculei și axa de rotație a piesei. Aceasta este variabilă în funcție de raza polară a centroidei piesei de danturat. Într-o primă fază a procesului de prelucrare, la mișcarea curentă de avans radial se adaugă o mișcare de avans radial suplimentară, de pătrundere, uniformă, până când se obține înălțimea dorită a dinților danturii;

IV - mișcarea de avans circular a sculei. Este parte a mișcării de rulare. Trebuie să asigure egalitatea vitezelor tangențiale la piesă și sculă în punctul de contact dintre centroidele acestora. Poate fi mișcare uniformă sau variabilă, continuă sau discretă. Autorul înclină spre a recomanda ca mișcarea de avans circular a sculei să fie uniformă și continuă la mașinile cu structură mecanică și uniformă și discretă (secvențială) la mașinile cu comandă numerică;

V - mișcarea de avans circular a piesei. Este parte a mișcării de rulare. Trebuie să asigure egalitatea vitezelor tangențiale la piesă și sculă în punctul de contact dintre centroidele acestora. Poate fi mișcare uniformă sau variabilă, continuă sau discretă. Autorul înclină spre a recomanda ca mișcarea de avans circular a piesei să fie variabilă și continuă la mașinile cu structură mecanică și variabilă și discretă (secvențială) la mașinile cu comandă numerică.

În plus, la proiectarea și prelucrarea roților dințate cilindrice necirculare trebuie avut în vedere următoarele:

- evitarea ascuțirii danturii peste limita admisă, în zonele deplasate pozitiv;
 - evitarea subtăierii danturii în zonele deplasate negativ;
 - asigurarea unui grad de acoperire minim ($\epsilon_{\min} > 1$) pentru funcționare lină și continuă a angrenajului;
 - prevederea semifabricatului cu un reper de orientare și fixare bine definit, care să permită prinderea semifabricatului pe platoul mașinii într-un anumit mod orientat față de direcția ce unește centrul de rotație al sculei cu centrul de rotație al piesei.
- Poziția unghiulară inițială a piesei de prelucrat nu poate fi oarecare, ci una anume!** Construcția mașinii trebuie să reflecte această cerință;

stroke. Motion carried out either by the tool or the blank. The first variant is applied in machine MD 250 and similar ones;

III – radial feed motion, required for the relative positioning of tool and part, and as a working motion. Can be carried out by either tool or blank. The second variant is used in machine MD 250. In machining of non-circular gears radial feed ensures at any given moment the necessary distance between the respective rotation axes of tool and blank. This distance is variable depending on the polar radius of the blank centroid. In a first phase of machining to the current radial feed a supplementary radial feed is added, ensuring uniform penetration until the desired tooth height is reached;

IV – tool circular feed is part of the rolling motion. It ensures equal tangential velocities in both tool and blank in the contact point of their respective centroids, and can be a uniform or variable, continuous or incremental motion. The author tends to recommend tool circular feed to be uniform and continuous on machines with a mechanical structure, and uniform and incremental on NC machines;

V – circular feed of the blank is part of the rolling motion. It ensures equal tangential velocities in both tool and blank in the contact point of their respective centroids, and can be a uniform or variable, continuous or incremental motion. The author tends to recommend blank circular feed to be variable and continuous on machines with a mechanical structure, and variable and incremental on NC machines.

In addition, design and machining of non-circular gears needs to consider the following:

- avoid gear sharpening exceed the admitted limit, in areas with a positive shift;
- avoid undercutting teeth in areas with a negative shift;
- ensure a minimum contact ration ($\epsilon_{\min} > 1$) in view of soft and continuous functioning of the gear;
- endowing the blank with a well defined mark for orientation and fastening, thus allowing its clamping on the machine at a certain angle in relation to the connecting line of the tool and blank rotation centres. **The initial angular position of the blank cannot be random, but is a well-defined!** This requirement will be reflected by the construction of the machine;

- dacă și scula ar avea posibilitatea orientării poziției sale unghiulare pentru momentul începutului mișcării de rulare, atunci planul median al unui dinte (sau gol) anume al piesei poate fi proiectat și realizat astfel încât să aibă o orientare dorită față de un reper anume al acesteia (canal de pană, alezaj de orientare, direcția unei excentricități etc.). Avantajele oferite de o astfel de posibilitate, deși doar în parte identificate, sunt deosebite.

- if the tool had the possibility of adjusting its angular position at the initial time of the rolling motion, then the mean plane of a given tooth (or space in-between) of the blank could be designed and machined such as to have a desired orientation towards a certain selected mark on it (like a wedge groove, orientation bore, direction of an eccentricity, etc.). Even if only partially identified, the advantages of such a possibility are considerable.

4. Cinematica mașinilor de prelucrat danturi cilindrice necirculare prin mortezare cu cuțit-roată

Studiile au fost orientate către adaptarea mașinilor de danturat prin mortezare cu cuțit-roată pentru a fi capabile să prelucreze astfel de danturi. S-au analizat toate structurile cinematice cunoscute de mașini de danturat prin mortezare cu cuțit-roată, dar ca referință a fost aleasă mașina românească MD 250, a cărei schemă cinematică se prezintă în figura 5.

4. Kinematics of non-circular cylindrical gear shaping machines with disk cutters

The study focused on adapting gear shaping machines with disk enabling them for the machining of non-circular gears. All known kinematic structures of gear shaping machines with disk cutters were analyzed, the selected reference machine being the MD 250 of Romanian make, its kinematic diagram being presented in Figure 5.

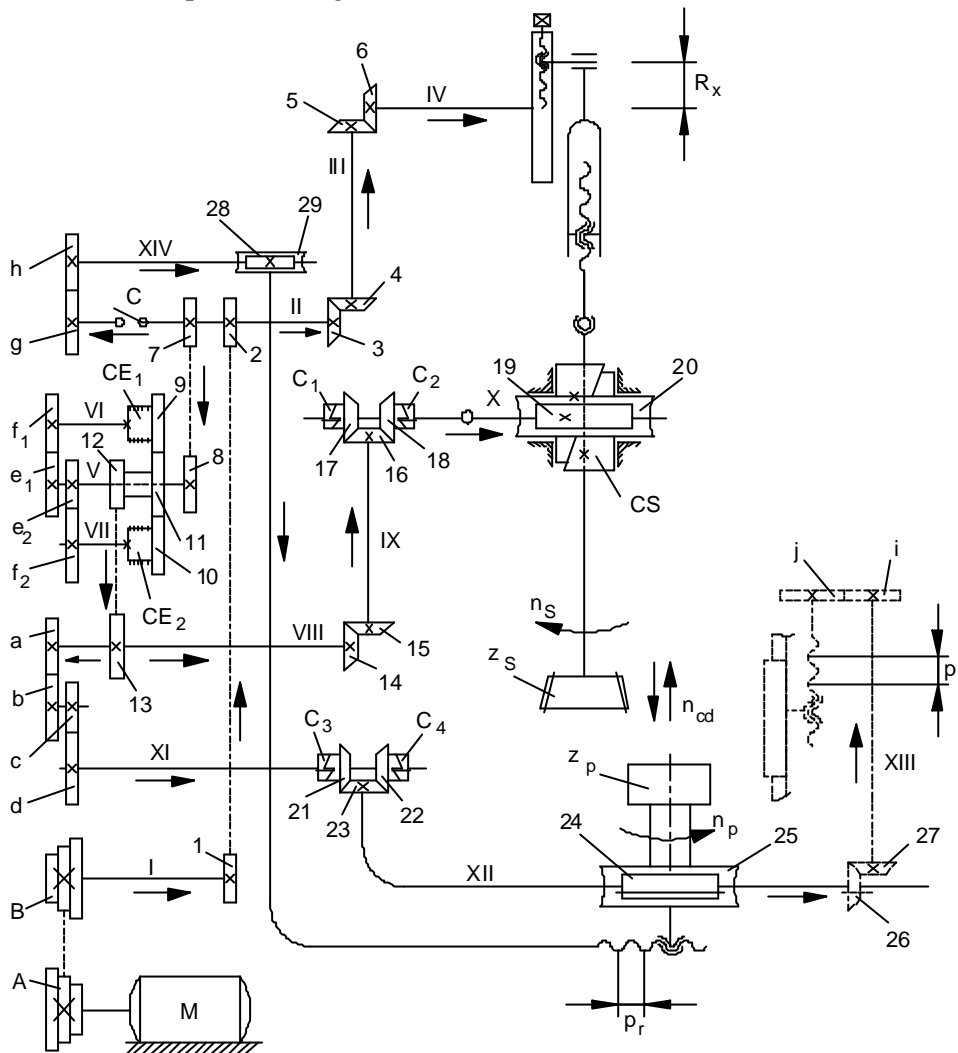


Figura 5. Schema cinematică a mașinii MD 250
Figure 5. Kinematic diagram of the MD 250 machine

Au fost identificate două scheme cinematice pentru mașini de prelucrat danturi cilindrice necirculare prin mortezare cu cuțit-roată [6], figurile 6 și 7, obținute prin completarea adecvată a cinematicii mașinii MD 250. Posibilitatea de a prelucra danturi exterioare sau interioare, cu restricțiile cunoscute, se păstrează.

La schema din figura 6 mișcarea de avans circular neuniformă este realizată de către sculă. Grupul D de mecanisme cuprinde un mecanism cu camă-disc, reperul 57, un mecanism cremalieră-pinion, 59 și 60, și un mecanism diferențial sumator. Acesta din urmă însumează mișcarea uniformă de avans circular, primită de la arborele 71, cu mișcarea variabilă transmisă cremalierii de către camă. Rezultă o mișcare de rotație neuniformă, dependentă de profilul camei 57, care este transmisă sculei drept mișcare de avans circular.

Two kinematic diagrams were identified for non-circular gear shaping machines with disk cutters [6], as shown in Figures 6 and 7, obtained by adequate additions to the MD 250 kinematics, while preserving its capacity of machining external or internal gears, with the known restrictions.

In the diagram of Figure 6 the non-uniform circular feed is carried out by the tool. Group D of mechanisms includes a disk cam mechanism, part 57, a pinion-rack mechanism, 59 and 60 and a differential summing mechanism. The latter sums the uniform circular feed received from shaft 71 and the variable motion transmitted to the rack by the cam. A non-uniform rotation result, depending on the profile of cam 57, which is then further transmitted as circular feed.

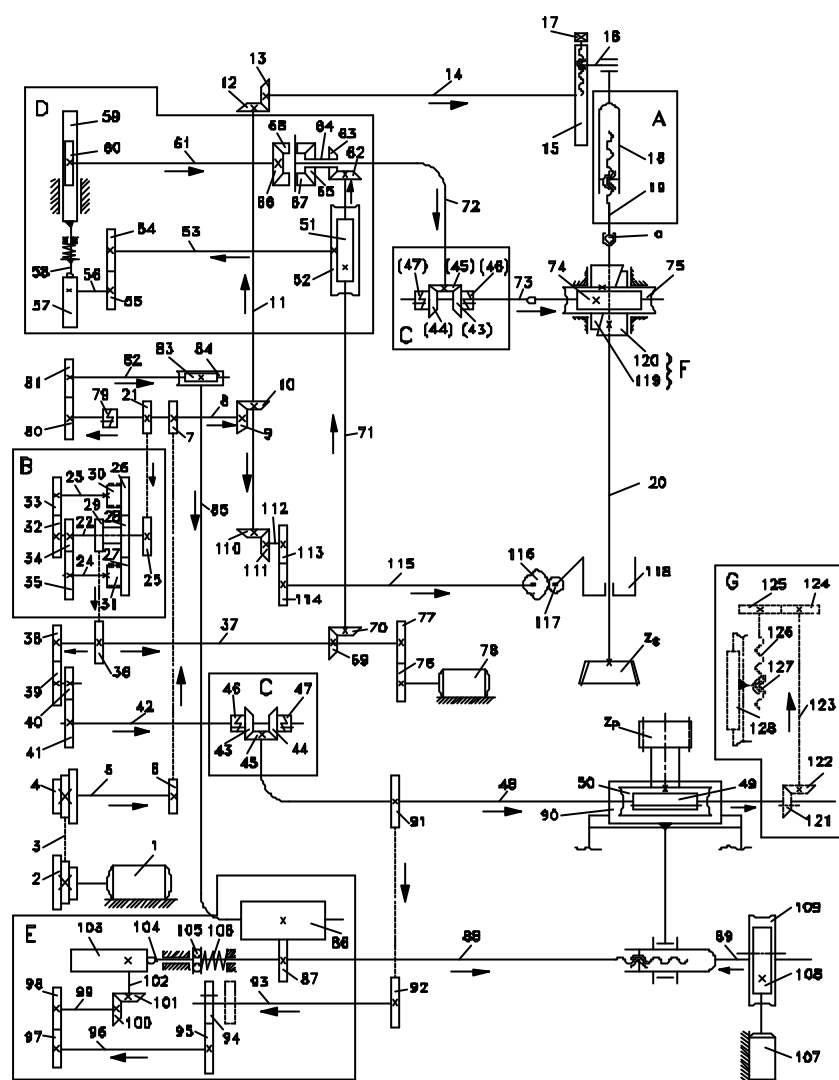


Figura 6. Schemă cinematică a unei mașini de danturat pe contur necircular, prin mortezare cu cuțit-roată, cu mișcare de avans circular variabil la sculă, obținută prin completarea necesară a cinematicii mașinii MD 250

Figure 6. Kinematic diagram of a non-circular contour gear shaping machine with variable circular feed disk cutter, obtained by the necessary additions to the kinematics of the MD 250

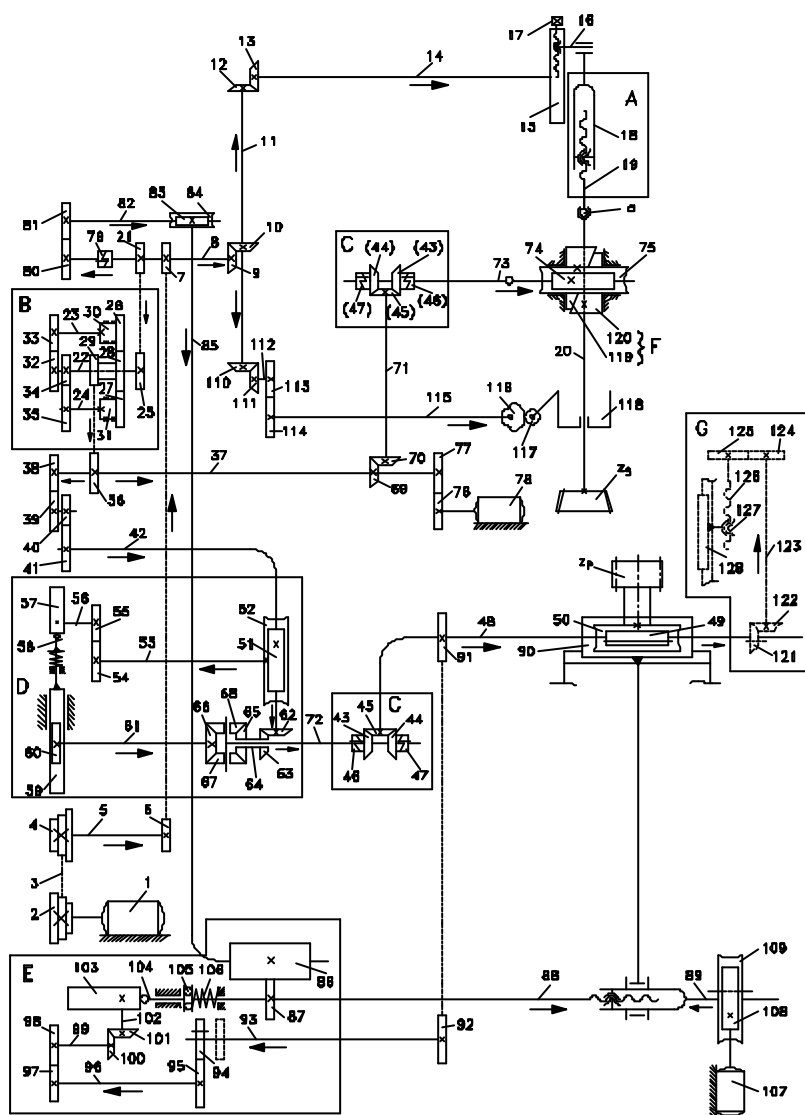


Figura 7. Schemă cinematică a unei mașini de danturat pe contur necircular, prin mortezare cu cuțit-roată, cu mișcare de avans circular variabil la piesă, obținută prin completarea necesară a cinematicii mașinii MD 250

Figure 7. Kinematic diagram of a non-circular contour gear shaping machine with disk cutter and variable circular feed of the blank, obtained by the necessary additions to the kinematics of the MD 250

La schema din figura 7 mișcarea de avans circular neuniformă este realizată de către piesă, grupul D de mecanisme fiind de această dată inclus în lanțul cinematic de avans circular al piesei.

În ambele cazuri mișcarea de avans radial variabilă este executată de piesă. Această funcție este asigurată de grupul de mecanisme E. Mișcarea de avans radial de pătrundere, temporară, activă în prima parte a procesului de prelucrare a danturii, se obține ca urmare a mișcării de rotație a șurubului conducător 88. Mișcarea de avans radial neuniformă este prezentă în tot timpul prelucrării. Această mișcare se obține de la cama-disc 103, profilată adecvat și antrenată în mișcare de rotație uniformă, care antrenează direct în mișcare de translație șurubul conducător 88.

In the diagram of Figure 7 the non-uniform circular feed is carried out by the blank, group D of mechanisms being in this case included in the circular feeding linkage of the blank.

In both cases the variable radial feed is carried out by the blank, a function ensured by group E of mechanisms. The radial feed for penetration is a temporary motion, obtained in the first part of the gear cutting process by the rotation of driving screw 88. The non-uniform radial feed is present throughout the entire machining process. This motion is obtained by disk cam 103, of adequate profile, driven into uniform rotation, and directly causing the translation of driving screw 88.

Simpla comparație a schemei cinematice din figura 5 cu cele prezentate în figurile 6 și 7 evidențiază creșterea semnificativă a complexității ultimelor, inclusiv prin creșterea apreciabilă a numărului de piese din structura lor. Pentru a obține o funcție în plus – cea de danturare pe contur necircular – funcție ea în sine una complexă, calea tradițională de soluționare impune consumul suplimentar de resurse, în cazul de față reflectat printr-un număr mult sporit de componente, la care se adaugă informația necesară construirii și exploatarea unei astfel de mașini.

5. O soluție simplă și durabilă: mașină de prelucrat danturi cilindrice necirculare prin mortezare cu cuțit-roată, cu comandă numerică

Complexitatea soluțiilor găsite – deși corecte din punct de vedere teoretic și posibil de aplicat, dar eficiente doar în anumite condiții – a fost considerată o piedică importantă în calea aplicării practice și a motivat continuarea cercetărilor. Obiectivul fixat a fost găsirea unor soluții cinematice mult simplificate pentru mașini de danturat pe contur necircular, dar care să nu reducă aria de aplicare caracteristică variantelor deja găsite.

Variantele tradiționale înglobau aproape toată informația necesară funcționării mașinii în chiar structura sa cinematică. La soluțiile moderne, mașinile-unelte cu comandă numerică, informația are un rol mult amplificat, asigură o remarcabilă și rapidă adaptabilitate a mașinilor la noi sarcini de producție și, ceea ce este deosebit de important în contextul lucrării de față, permite o simplificare deosebită a structurii cinematice.

Structura cinematică a unei mașini de prelucrat danturi cilindrice necirculare prin mortezare cu cuțit-roată, cu comandă numerică, [7], se prezintă în figura 8. Soluția prezentată are caracteristic faptul că majoritatea informațiilor necesare sunt transferate către un sistem electronic adecvat, făcând posibilă astfel dematerializarea în mare măsură a unei astfel de mașini. Numărul de componente al unei mașini având structura celei prezentate în figura 8 este mult mai mic, nu numai decât al uneia care are o structură cinematică ca cea din figurile 6 sau 7, mașini având aceleași funcții caracteristice, dar și decât al mașinii MD 250 luată de referință.

Schema din figura 8 are o structură fără lanțuri cu legătură cinematică rigidă, complet necaracteristică mașinilor tradiționale de danturat prin rulare. Lanțurile cinematice de rulare și de avans sunt antrenate independent de la motoare pas cu pas

A simple comparison of the kinematic diagram of Figure 5 with those presented in Figures 6 and 7 highlights the significant increase in complexity of the latter two, also by the considerable increase of the number of components included by their structure. In order to obtain an additional function – the non-circular contour gear cutting – in itself complex function, the traditional approach requires extra consumption of resources, in this case reflected by the significantly larger number of components, in addition to the information required for constructing and deploying such a machine.

5. A simple and sustainable solution: non-circular cylindrical gear shaping machine with disk cutter and numerical control

The complexity of the identified solutions – although theoretically correct and entirely implementable – has been deemed an important hindrance to practical application and has motivated further research. The set objective was identifying significantly simplified solutions for non-circular contour gear cutting machines, without however reducing the area of applicability of the already known variants.

The traditional variants include in their kinematic structure almost the entire quantity of information necessary for the operation of the machine. In modern solutions, namely in NC machine-tools the role of information is considerably amplified, ensuring a remarkable and swift adaptability of these machines to new manufacturing tasks, and, an aspect of highest importance within the context of this paper, allowing significant simplifying of the kinematic structure.

Figure 8 presents the kinematic structure of a non-circular gear shaping NC machine with disk cutter [7]. A characteristic of this solution is that the majority of required information is transmitted by an adequate electronic system, allowing large scale dematerialization of such machines. A machine structured as shown in Figure 8 has a considerably smaller number of components not only than that of a machine of similar functions and having the kinematic structure of Figure 6 or 7, but also than the reference machine MD 250.

The structure of the diagram in Figure 8 is free of rigid kinematics linkages, totally uncharacteristic to traditional gear cutting machines by rolling. The rolling and feed linkages are driven independently by step-by-step motors and are endowed with the

și sunt dotate cu traductorii necesari pentru confirmarea execuției corecte a mișcărilor. O astfel de mașină se impune a lucra secvențial, cel puțin din punctul de vedere al lanțurilor cinematice antrenate de motoarele pas cu pas.

necessary transducers to confirm correct execution of the motions. Such a machine required sequential operation, at least from the viewpoint of linkages driven by step-by-step motors.

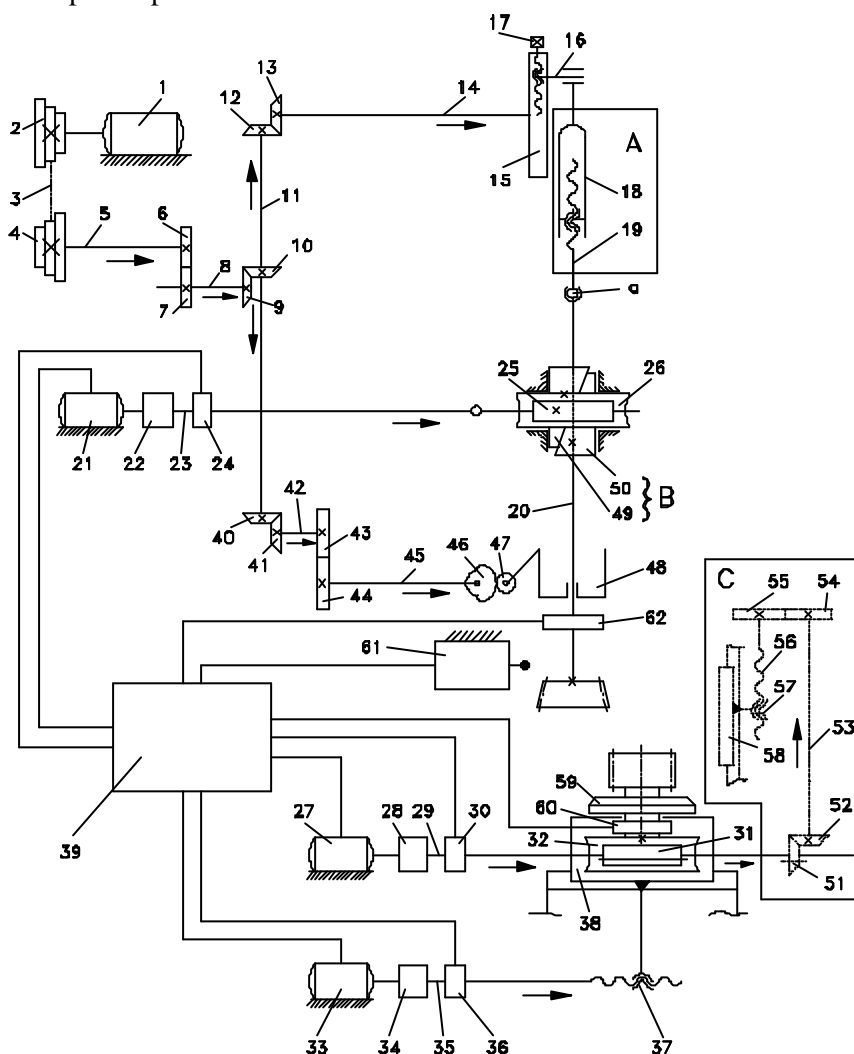


Figura 3. Schema cinematică a unei mașini de danturat pe contur circular și necircular, prin mortezare cu cuțit-roată, asistată de calculator

Figure 3. Kinematic diagram of a circular and non-circular contour computer aided gear shaping machine with disk cutter

Conducerea numerică conferă mașinii atribute suplimentare, semnificative fiind:

- flexibilitatea – poate prelucra la fel de ușor piese unicat, cu danturi circulare sau necirculare, sau serii de piese identice, de module identice sau diferite;
- reducerea practic la zero a timpilor necesari pentru reglare;
- poate evolua cu ușurință către un centru de prelucrare pentru danturi cilindrice drepte, indiferent dacă acestea sunt interioare sau exterioare, cu centroide închise sau deschise, circulare sau necirculare.

Numerical control endows the machine with certain significant additional attributes:

- flexibility – the easy machining of either single parts with circular or non-circular teeth, or of series of identical parts, with identical or different modules;
- reduction to practically zero of the required adjustment times;
- easy further development towards a machining centre for straight cylindrical teeth, regardless whether internal or external, with open or closed centroids, circular or non-circular.

6. Concluzii

Societatea modernă este bazată pe cunoaștere, informația fiind considerată un atribut esențial.

În esență, conceptul de dezvoltare durabilă are ca fundament responsabilitatea umană, care trebuie să se manifeste coerent față de sine și față de mediu, un obiectiv major fiind asigurarea condițiilor de dezvoltare pentru generațiile următoare.

Resursele materiale și energetice fiind limitate, consumul acestora trebuie să fie sustenabil. Pe de altă parte, informația este la rândul său o resursă, care se dezvoltă cantitativ și calitativ pe măsură ce se utilizează. Ca urmare, dezvoltarea durabilă a societății umane se bazează în mod esențial pe consumul de informație, tendința fiind aceea de dematerializare a produselor.

În cazul mașinilor-unelte, dematerializarea trebuie să se concretizeze prin reducerea masei lor și implicit prin reducerea consumului de resurse. Această cale este benefică atât sub aspectul costului de fabricație, cât și – mai ales – sub cel ecologic.

Cazul particular al mașinilor-unelte de prelucrat danturi cilindrice necirculare prin mortezare cu cuțit-roată, prezentat în lucrarea de față, face dovada că dematerializarea produselor este posibilă și pentru construcții complexe.

Nu este de neglijat asigurarea unei durate de viață mare pentru mașinile-unelte, posibil de prelungit prin refabricare sau reechipare. Această abordare ar avea ca efect pe termen mediu și lung reducerea presiunii asupra mediului prin reducerea consumurilor materiale și energetice necesare pentru înlocuirea mașinilor-unelte ieșite din uz.

References

1. Tureac, I. et al.: *Eco-design and sustainable development, with applications in machines manufacturing (Proiectare ecologică și dezvoltare durabilă, cu aplicații în construcția de mașini)*. "Transilvania" University Press, Brasov, Romania, 2003, ISBN 973-635-186-6 (in Romanian)
2. Manolea, D.: *Contributions to the theory and construction of gears with variable transmission ratios (Contribuții la teoria și construcția angrenajelor cu raport de transmitere variabil)*. PhD thesis. "Transilvania" University of Brasov, 1997 (in Romanian)
3. Bean, A.I.: *Gear shaper driving means*. Patent US no. 3382767
4. Cioară, R., Pisarciuc, C.: *Non-circular gears and non-circular contour gear cutting machines (Danturi necirculare și mașini de danturat pe contur necircular)*. "Transilvania" University Press, Brasov, Romania, 2001, ISBN 973-8124-29-8 (in Romanian)
5. Cioară, R., Pisarciuc, C.: *Cinematic Demands Imposed to Gear Slotting Machines with Fellow's Cutter for Noncircular Gears*. Annals of MTeM for 2001 & Proceedings of 5th International MTeM Symposium, 4th-6th October 2001, Technical University of Cluj-Napoca, p. 139-142, ISBN 973-85354-1-7
6. Cioară, R.: *Circular and non-circular cylindrical gear shaping NC machine with disk cutter (Mașină de danturat roți dințate cilindrice circulare și necirculare prin mortezare cu cuțit-roată)*. Patent RO no. 119002
7. Cioară, R.: *Circular and non-circular gear shaping NC machine with disk cutter (Mașină cu comandă numerică pentru danturat roți dințate cilindrice circulare și necirculare, prin mortezare cu cuțit-roată)*. Patent RO no. 121502

Lucrare primită în Ianuarie 2009

Received in January 2009