



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00447**

(22) Data de depozit: **18/06/2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/07/2017** BOPI nr. **7/2017**

(41) Data publicării cererii:
30/01/2014 BOPI nr. **1/2014**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA "PETRU MAIOR" DIN
TÂRGU MUREȘ, STR. NICOLAE IORGA
NR. 1, TÂRGU MUREȘ, MS, RO**

(72) Inventatori:
• **POZDÎRCĂ ALEXANDRU,**
ALEEA CARPAȚI, BL. 43, AP. 79,
TÂRGU MUREȘ, MS, RO;
• **CHEȚAN PAUL SEBASTIAN,**
STR. GHEORGHE POP DE BĂSEȘTI
NR. 13, AP. 14, TÂRGU MUREȘ, MS, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 7979988 B2

(54) **METODĂ DE PRELUCRARE A ARBORILOR MELCAȚI**



1 Invenția se referă la o metodă de prelucrare a arborilor melcați, destinată fabricării
arborilor melcați arhimedici.

3 Este cunoscut documentul **US 7979988 B2**, care conține un prim obiect al soluției
tehnice, un angrenaj melcat compus dintr-un arbore melcat și o roată dințată elicoidală, iar al
5 doilea obiect este reprezentat printr-o metodă de producere a acestuia. Angrenajul melcat este
de tip Niemann. Metoda de producere a arborelui melcat conține trei faze: realizarea unui
7 semifabricat cilindric din care se va prelucra arborele melcat; tăierea unei suprafețe exterioare
a semifabricatului cilindric, pentru a forma în jurul acesteia un dinte elicoidal, rezultând un
9 arbore melcat semifinit; aplicarea unui proces de finisare de suprafață la arborele melcat semi-
finit, fără a aplica un tratament termic de îmbunătățire.

11 Este cunoscută o metodă de prelucrare a arborilor melcați, compusă din trei faze:
degroșare, pre-finisare, finisare (**Maros D., ș.a., “Angrenaje melcate”, Editura Tehnică,
13 București, 1966**). La degroșare se urmărește îndepărtarea unui volum cât mai mare de mate-
rial, în condiții cât mai economice, în scopul obținerii unei danturi apropiate de cea finală. Pe
15 flancul dintelui arborelui melcat, după degroșare, se lasă un adaos de material, având forma
și dimensiunile corespunzătoare, din punct de vedere tehnologic, pentru a realiza o finisare de
17 calitate.

Datorită productivității ridicate, cele mai frecvente procedee tehnologice de degroșare
19 practicate sunt: frezarea prin copiere cu freză disc; prelucrarea prin rostogolire cu cuțit-roată;
prelucrarea prin rostogolire cu freză melc (**Elekes C., “Scule pentru melci și roți melcate”,
21 Editura LITERA, 1985**). După degroșare urmează un tratament termic, apoi finisarea. Finisarea
se execută prin strunjire sau rectificare.

23 Conform unei reguli tehnologice generale, arborii melcați confecționați din oțel de
îmbunătățire termică se finisează prin strunjire, iar cei confecționați din oțel de cementare se
25 finisează prin rectificare. Finisarea prin strunjire este aplicabilă arborilor melcați ZA, ZE și ZN.
În general, valoarea rugozității suprafețelor realizate prin strunjire variază între limitele: $R_a =$
27 $= 6,3 \dots 0,8 \mu m$ (**Litvin F.L., Fuentes A., “Geometria angrenajelor și teorie aplicată”, Ediția
a doua, Editura Dacia, Cluj Napoca, 2009** - traducere după Gear Geometry and Applied
29 Theory, Second Edition, Litvin F.L, Fuentes A., Cambridge University Press, 2004).

Prelucrarea arborilor melcați, plecând de la un semifabricat cilindric, include operații de
31 strunjire, frezare și rectificare, între care se interpune un tratament termic aplicat danturii melcu-
lui și zonelor de lagăr. Uzual, aceste operații au loc pe utilaje diferite, astfel încât itinerarul teh-
33 nologic clasic presupune o serie de depozitări intermediare ale piesei, transport și re poziționări
pe fiecare utilaj.

35 Metoda cunoscută prezintă următoarele dezavantaje la nivelul prelucrării arborilor
melcați:

37 - apelează la un itinerar tehnologic complex, de durată, în care piesa semifabricată este
transportată de la un utilaj la altul, cu poziționări repetate și depozitări intermediare;

39 - poziționările repetate conduc la o pierdere a preciziei dimensionale și la nevoia de
definire a mai multor dispozitive care să asigure menținerea preciziei piesei;

41 - procedeele productive de degroșare a danturii melcului presupun utilizarea unor scule
cu preț de cost ridicat, care nu se justifică în cazul seriilor mici de fabricație;

43 - în cadrul finisării prin strunjire a danturii arborelui melcat este necesară o durată mai
mare de timp de prelucrare pentru obținerea unei calități corespunzătoare a flancurilor.

45 Pentru simplificarea itinerarului tehnologic, se propune comasarea operațiilor de strunjire
și frezare pe același utilaj - de tip strung echipat cu cap de frezare. În acest fel, sunt eliminați
47 timpii rezultați din transportul produsului între utilaje și din operațiile de prelucrare. Pe un strung

echipat cu cap de frezare, cu aceeași prindere a arborelui melcat se pot realiza un număr mai mare de operații de tip frezare-strunjire, având ca rezultat implicit mărirea preciziei dimensionale - fără a mai fi necesară utilizarea unui set mărit de dispozitive.

Calitatea scăzută a suprafeței flancurilor arborelui melcat și randamentul scăzut al prelucrării, obținut prin strunjire, pot fi îmbunătățite prin frezarea danturii acestuia. În vederea frezării danturii arborelui melcat, pentru a menține un cost scăzut al sculelor folosite, este indicată utilizarea frezelor cilindrice standard în toate fazele de degroșare, iar finisarea să se facă prin tratament de îmbunătățire realizat aprioric.

Problema tehnică pe care invenția își propune să o rezolve constă în reducerea timpului de execuție a arborilor melcați, concomitent cu reducerea numărului de utilaje implicate în prelucrarea arborilor melcați.

Metoda de prelucrare a arborelui melcat, conform invenției, constă în degroșarea și finisarea dinților arborilor melcați cu freze cilindro-frontale, având următoarele faze de prelucrare: degroșarea golului dintre dinții arborelui melcat, care se realizează cu o freză cilindro-frontală ce prelucrează corpul arborelui melcat până când muchia frezei ajunge tangentă simultan la ambele flancuri ale golului; semifinisarea flancurilor golului, care se realizează cu aceeași freză cilindro-frontală, așezată cu fața cilindrică tangențial la flancul prelucrat, lăsând un adaos de material pentru finisarea finală; degroșarea la fundul golului se realizează cu altă freză cilindro-frontală, aleasă astfel încât raza de colț a frezei să fie tangentă la flancurile golului, dar și centrată pe axa de simetrie a golului; finisarea la picior a dintelui se realizează cu aceeași freză cilindro-frontală de la faza anterioară, care coboară până la cota finală a adâncimii golului; finisarea celor două flancuri se realizează cu altă freză cilindro-frontală, așezată cu fața cilindrică tangențial la flancurile golului.

Metoda de prelucrare a arborelui melcat, conform invenției, este alcătuită din următoarea succesiune de faze:

- degroșarea golului;
- semifinisarea celor două flancuri;
- semifinisarea fundului golului;
- finisarea la picior a dintelui flancului;
- finisarea celor două flancuri.

Pentru degroșarea golului unui arbore melcat se utilizează o freză cilindro-frontală de diametru mare. Degroșarea se compune dintr-o succesiune de faze care realizează așchierea cu o adâncime de așchiere calculată. Fiecare fază constă din două treceri, determinate astfel încât muchia frezei să fie în contact cu câte un flanc al golului. Ultima fază constă dintr-o singură trecere, muchia frezei fiind în contact simultan la ambele flancuri.

După finalizarea ultimei treceri a ultimei faze a operației de degroșare, se execută o semifinisare a flancurilor prin netezirea treptelor rezultate, prelucrând întâi un flanc și apoi pe celălalt cu freza așezată cu fața cilindrică tangențial la flancul respectiv și lăsând un adaos de prelucrare pentru finisarea finală. Diametrul frezei permite ca aceeași sculă să poată fi utilizată atât la operația de degroșare, cât și la operația de semifinisare a flancurilor.

Îndepărtarea adaosului de prelucrare rămas pe fundul golului se face în cadrul operației de degroșare la fundul golului. Pentru această operație, se alege o freză cilindro-frontală care are un diametru mai mic decât distanța la bază, în secțiunea axială, între 2 dinți consecutivi. La început, se îndepărtează un adaos astfel încât raza de colț a frezei să ajungă tangentă la flancurile profilului, freza fiind centrată pe axa de simetrie a golului. Tot cu această freză se execută și operația următoare, cea de finisare la picior a dintelui arborelui melcat. Operația este compusă din trei faze: prima fază se realizează cu freza centrată pe axa de simetrie a golului, dar coborâtă până la cota finală a adâncimii golului, a doua și a treia fază se realizează cu freza rămasă, la aceeași cotă, dar deplasată față de axa golului în stânga, respectiv, dreapta.

1 Ultima operație este cea de finisare a celor două flancuri. Pentru această operație, se
alege o freză cilindro-frontală care are un diametru mediu. Finisarea flancurilor se execută
3 prelucrând întâi un flanc și apoi pe celălalt cu freza așezată cu fața cilindrică tangențial la flancul
respectiv. Degajarea realizată de raza frezei de semifinisare a fundului dintelui determină pro-
5 tejarea muchiei frezei de finisare a flancurilor. În vederea reducerii erorilor de profil la prelucra-
rea arborilor melcați arhimedici, se introduc corecții asupra unghiului de înclinare al frezei și
7 corecții de deplasare axială.

Metoda de prelucrare a arborilor melcați, conform invenției, prezintă următoarele
9 avantaje:

- elimină timpii intermediari de transport, pregătire și încheiere, realizați între operația
11 de degroșare și finisare, asigurând o bună precizie geometrică în realizarea profilului axial al
arborelui melcat;

- asigură un preț de cost scăzut, datorită timpului de prelucrare mic (timp de prelucrare
13 mai scăzut cu circa 400% în cazul producțiilor de serie mică și mijlocie) și a utilizării unor freze
cilindro-frontale standard, neprofilate;

- permite prelucrarea arborilor melcați direct din material îmbunătățit și asigură o calitate
17 foarte bună a suprafeței, evitându-se astfel operația de rectificare a arborilor melcați.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură și cu fig. 1...7, care
19 reprezintă:

- fig. 1, schema degroșării golului;

21 - fig. 2, schema semifinisării pe flancuri;

- fig. 3, schema degroșării la fundul golului;

23 - fig. 4, schema finisării la picior a dintelui;

- fig. 5, schema finisării flancurilor;

25 - fig. 6, detaliul din fig. 5;

- fig. 7, prelucrarea arborelui melcat pe un strung CNC echipat cu cap de frezare.

27 Metoda de prelucrare a arborilor melcați, conform invenției, are următoarele faze de
prelucrare: degroșarea golului dintre dinții arborelui melcat **1** se realizează cu o freză
cilindro-frontală **2**, ce prelucrează corpul arborelui melcat **1**, până când muchia frezei **2** ajunge
29 tangențial simultan la ambele flancuri **b**; semifinisarea flancurilor **b** se realizează cu aceeași freză
cilindro-frontală **2**, așezată cu fața cilindrică tangențial la flancul prelucrat, lăsând un adaos de
31 prelucrare pentru finisarea finală; degroșarea la fundul golului se face cu altă freză
cilindro-frontală **3**, aleasă astfel încât raza de colț a frezei **3** să fie tangențială la flancurile **b**, dar
33 și centrată pe axa de simetrie a golului; finisarea la picior a dintelui se realizează cu aceeași
freză **3**, de la faza anterioară, care coboară până la cota finală a adâncimii golului; finisarea
35 celor două flancuri **b** se realizează cu altă freză **4**, poziționată cu fața cilindrică tangențial la
flancurile **b**.

Profilul axial al unui arbore melcat generat de prelucrarea cu o freză cilindro-frontală
39 diferă de profilul teoretic arhimedic. Tabelul 1 prezintă abaterile profilului axial real față de lina
dreaptă a profilului arhimedic pentru două valori ale unghiului de înclinare al frezei, pentru un
41 arbore melcat cu următoarele caracteristici:

- modul axial = 10 mm;

43 - coeficient diametral = 7,6;

- parametru elicoidal = 7,6;

45 - raza frezei cilindrice = 5 mm.

Tabelul 1 1

a [mm]	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha = 20.35^\circ$
0	0,000	0,000
5	-0,022	0,011
10	-0,053	0,013
15	-0,098	0,000
19	-0,152	-0,027

Abaterile din tabel sunt măsurate la diferite diametre ale arborelui melcat. Față de arborele melcat arhimedic teoretic, cel generat cu freza cilindro-frontală prezintă un flanc ușor convex, ceea ce poate conduce la o localizare mai bună a contactului pe înălțimea dintelui.

Corectarea erorilor trebuie să țină seama de posibilitățile oferite de utilajul cu comandă numerică folosit. În exemplul prezentat, s-a utilizat un strung cu comandă numerică în 4 axe, la care axele controlate numeric sunt: **X**, **Z**, **B**, **C**. Controlul axei **Z** permite translatarea profilului axial în lungul axei arborelui melcat **1**. Controlul axei **B** permite corectarea unghiului α . În exemplul prezentat, s-a ales ca axa frezei **4** să fie concurentă cu axa arborelui melcat **1**, deci excentricitatea să fie zero - caz în care nu este necesar un control asupra unei axe **Y**. Prin aplicarea corecțiilor pe axele **Z** și **B** se caută reducerea erorilor profilului axial realizat, față de cel arhimedic ales ca referință.

Pentru arborele melcat și utilajul ales pentru prelucrare, în Tabelul 1 sunt prezentate abaterile profilului axial în lungul axei arborelui melcat, măsurate la corectarea unghiului de înclinație al frezei de la 20° la $20,35^\circ$. Se observă reducerea abaterilor maxime la nivelul valorii de 0,027 mm. Semnul abaterii indică dacă punctul profilului real este la stânga (minus) sau la dreapta (plus) profilului nominal. Regimul tehnologic aplicat pentru un arbore melcat cu modul axial $m = 10$ mm, la utilizarea unor freze cilindro-frontale cu plăcuțe din carbură metalică, produse de EMUGE-FRANKEN, este indicat în Tabelul 2.

Tabelul 2 27

Nr. crt.	Operația	Scula	Regim	Timp [min]
1	Degroșare pe flancuri 5 treceri	Diametru: $\Phi 12$	Viteza de așchiere: 120 m/min	9
		Lungime: 16/73	Turația: 3200 rot/min	
		Cod sculă: 2897A.012	Avansul pe dinte: 0,08 mm/dinte	
		Cod portsculă: 6563.12080	Viteza de avans: 1024 mm/min	
2	Seminifisare pe flancuri 2 treceri	Diametru: $\Phi 12$	Viteza de așchiere: 140 m/min	2.5
		Lungime: 16/73	Turația: 3800 rot/min	
		Cod sculă: 2897A.012	Avansul pe dinte: 0,10 mm/dinte	
		Cod portsculă: 6563.12080	Viteza de avans: 1520 mm/min	

Tabelul 2 (continuare)

Nr. crt.	Operația	Scula	Regim	Timp [min]
3	Degroșare la fundul golului	Diametru: $\Phi 8$; Colț: R2	Viteza de așchiere: 80 m/min	6
		Lungime: 19/63	Turația: 3200 rot/min	
		Cod sculă: 2673A.008020	Avansul pe dinte: 0,03 mm/dinte	
	2 treceri	Cod portsculă: 6563.08065	Viteza de avans: 400 mm/min	
4	Finisare la picior a dintelui	Diametru: $\Phi 8$; Colț: R2	Viteza de așchiere: 100 m/min	5
		Lungime: 19/63	Turația: 4000 rot/min	
		Cod sculă: 2673A.008020	Avansul pe dinte: 0,04 mm/dinte	
	2 treceri	Cod portsculă: 6563.08065	Viteza de avans: 640 mm/min	
5	Finisare pe flancuri	Diametru: $\Phi 8$	Viteza de așchiere: 90 m/min	4
		Lungime: 16/68	Turația: 3400 rot/min	
		Cod sculă: 2887A.008	Avansul pe dinte: 0,028 mm/dinte	
	2 treceri	Cod portsculă: 6563.08065	Viteza de avans: 760 mm/min	
Timp de bază total [minute]:				26.5

Pentru compararea noii metode cu cea tradițională, caracterizată prin degroșarea și finisarea pe strung a arborilor melcați, au fost evaluați doi parametri: timpul de prelucrare și, respectiv, rugozitatea așteptată. Tabelul 3 prezintă rezultatele studiului comparativ pentru un arbore melcat, al cărui melc este de modul axial $m = 10$ mm; din datele prezentate în tabel rezultă o micșorare a timpilor de circa 4 ori a noii metode în raport cu cea tradițională, precum și o creștere a calității rugozității R_a a flancului de la 6,3 μm la 0,8 μm .

Tabelul 3

Parametru	Tehnologie veche	Tehnologie nouă
Timp, ore		
Timp de bază strunjiri cilindrice	0,946	0,333
Timp auxiliar strunjiri cilindrice	0,376	
Timp de bază prelucrare melc	1,07	0,400
Timp auxiliar prelucrare melc	0,456	
Timp total, Ore	2,848	0,733
Calitate, μm		
Rugozitate flanc, R_a	6,3	0,8

Metodă de prelucrare a arborilor melcați, ce constă în faze de degroșare și finisare a
dinților arborilor melcați cu freze cilindro-frontale, **caracterizată prin aceea că** are următoarele
faze de prelucrare: degroșarea golului dintre dinții arborelui melcat (1) se realizează cu o freză
cilindro-frontală (2), ce prelucrează corpul arborelui melcat (1), până când muchia frezei (2)
ajunge tangentă simultan la ambele flancuri (b); semifinisarea flancurilor (b) se realizează cu
aceeași freză cilindro-frontală (2), așezată cu fața cilindrică tangențial la flancul prelucrat,
lăsând un adaos de prelucrare pentru finisarea finală; degroșarea la fundul golului se face cu
altă freză cilindro-frontală (3), aleasă astfel încât raza de colț a frezei (3) să fie tangentă la
flancurile (b), dar și centrată pe axa de simetrie a golului; finisarea la picior a dintelui se
realizează cu aceeași freză (3), de la faza anterioară, care coboară până la cota finală a
adâncimii golului; finisarea celor două flancuri (b) se realizează cu altă freză (4), poziționată cu
fața cilindrică tangențial la flancuri (b).

(51) Int.Cl.

B23F 13/00 (2006.01),

B23G 1/32 (2006.01)

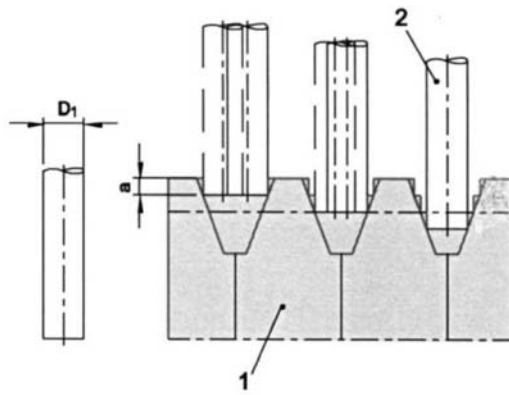


Fig. 1

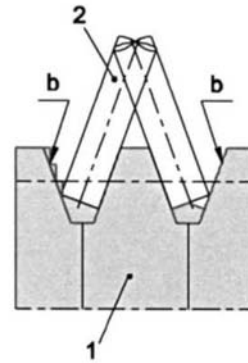


Fig. 2

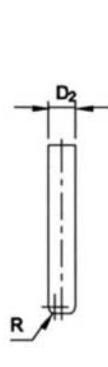


Fig. 3

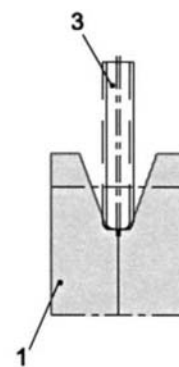


Fig. 4

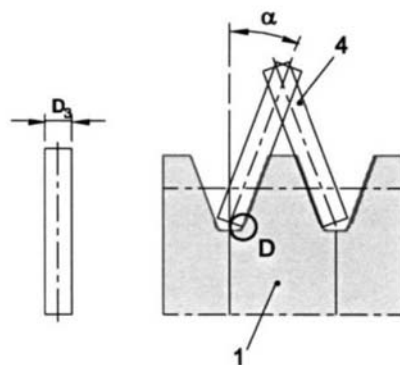


Fig. 5

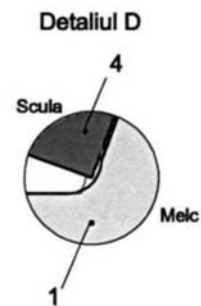


Fig. 6

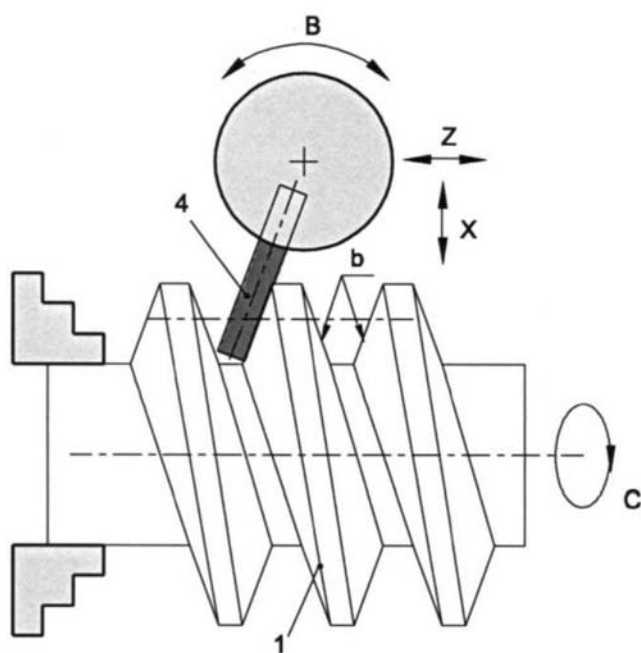


Fig. 7