



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 00353**

(22) Data de depozit: **21.04.2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.07.2015** BOPI nr. **7/2015**

(41) Data publicării cererii:
30.06.2011 BOPI nr. **6/2011**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **MARINESCU NICULAE ION,
ȘOS.IANCULUI NR.68, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;**

• **GHICULESCU LIVIU DANIEL,
BD.RÂMNICU SĂRAT NR.4, BL.H 9, SC.1,
AP.8, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **NANU ALEXANDRU SERGIU,
STR.CEAHLĂUL NR.21, BL.67, SC.A, ET.6,
AP.41, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
RO 125516 A0; US 4393292

(54) **ECHIPAMENT PENTRU FINISARE PRIN ELECTROEROZIUNE
ASISTATĂ DE ULTRASUNETE, A MICROGĂURILOR**



RO 126381 B1

1 Invenția se referă la un procedeu și la un echipament de finisare a microgăurilor prin
2 electroeroziune asistată de ultrasunete, după ce acestea au fost prelucrate prin degroșare
3 cu ajutorul laserului. Echipamentul se poate monta pe o mașină de prelucrare prin
4 electroeroziune volumică uzuală și se conectează la un generator de ultrasunete.

5 Sunt cunoscute procedeele și echipamentele de prelucrare a microgăurilor cu
6 ajutorului laserului, folosind tehnica prin percuție și prin electroeroziune asistată sau
7 neasistată de ultrasunete cu ajutorul unor electrozi-sculă filiformi sau tubulari.

8 Din cererea de brevet **RO a 2009 01069**, este cunoscut un echipament de prelucrare
9 a microfantelor adânci prin electroeroziune asistată de ultrasunete, care poate fi montat pe
10 o mașină de prelucrare prin electroeroziune, alcătuit dintr-un lanț ultrasonic pentru vibrarea
11 unui electrod-sculă, dintr-un dispozitiv de prindere reglare și rotire a lanțului ultrasonic, un
12 ghidaj longitudinal al electrodului-sculă și dintr-un dispozitiv de prindere și reglare a
13 ghidajului electrodului-sculă de tip lamelă, care este poziționat cu precizie în raport cu piesa
14 de prelucrat prin introducerea sa în ghidajul realizat din două semipatine, confecționate din
15 material electroizolant cu un coeficient de frecare redus, ghidajul având mai multe ștuțuri
16 pentru injecția unui lichid dielectric și niște fante care permit accesul lichidului dielectric pe
17 lungimea electrodului-sculă.

18 Din brevetul **US 4393292** se cunosc o metodă și un aparat pentru prelucrarea prin
19 electroeroziune asistată de ultrasunete, a unor găuri mici și adânci, metodă ce constă în
20 pomparea lichidului dielectric, prin electrodul tubular în gaura de prelucrat, concomitent cu
21 vibrarea ultrasonică a electrodului. Aparatul este format dintr-un concentrator ultrasonic,
22 prevăzut cu un suport de prindere a electrodului-sculă tubular filiform, un ghidaj longitudinal
23 al electrodului-sculă și dintr-un dispozitiv de prindere a ghidajului longitudinal, printr-un ștuț
24 prevăzut în concentratorul ultrasonic introducându-se lichid dielectric. Piesa de lucru este
25 solidarizată printr-un dispozitiv de prindere pe masa mașinii.

26 Dezavantajele soluțiilor menționate anterior constau în:

27 - productivitate scăzută în raport cu alte procedee chiar și în condițiile asistării cu
28 ultrasunete;

29 - vibrarea piesei de prelucrat cu frecvență ultrasonică la prelucrarea prin
30 electroeroziune a microgăurilor, utilizată în cazul soluțiilor cunoscute limitează drastic gama
31 dimensională a pieselor prelucrate;

32 - la creșterea adâncimii microgăurilor, instabilitatea prelucrării prin electroeroziune
33 crește datorită evacuării dificile din interstițiul de prelucrare a particulelor de material
34 prelevate, ceea ce produce reducerea calității și preciziei suprafeței prelucrate precum și a
35 productivității;

36 - la prelucrarea microgăurilor adânci de diametre foarte mici, electrodul-sculă se
37 poate deforma ceea ce produce reducerea preciziei și calității suprafeței prelucrate.

38 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în finisarea unor microgăuri cu
39 precizie ridicată.

40 Echipamentul pentru finisarea prin electroeroziune asistată de ultrasunete a micro-
41 găurilor este alcătuit dintr-un dispozitiv de prindere și reglare a lanțului ultrasonic de vibrație
42 a electrodului-sculă, un suport reglabil compus din două tije verticale, o traversă care susține
43 un dispozitiv de ghidare longitudinală a unui electrod-sculă, un lanț ultrasonic ce include un
44 dispozitiv de prindere a electrodului-sculă și ștuțuri pentru introducerea de lichid dielectric,
45 la care dispozitivul de ghidare longitudinală prezintă o bucușă de ghidare, superioară, o bucușă
46 de ghidare inferioară și niște prisme în V cu suprafețe de ghidare ce formează un unghi de
47 90°, distanțate de niște arcuri elicoidale și apropiate, pentru a forma un ajustaj alunecător cu
48 electrodul-sculă, reglat cu ajutorul unui șurub, filetat într-un corp și un arc lamelar aflat în

RO 126381 B1

contact cu una dintre prisme, deplasarea pe direcție radială a prismelor fiind asigurată de un știft care pătrunde într-una dintre prisme, iar bucșa de ghidare inferioară are niște fante paralele cu axa electrodului-sculă prin care se injectează lichidul dielectric, iar dispozitivul de prindere a electrodului-sculă cuprinde trei bacuri conjugate cu axele dispuse la 120°, distanțate de niște arcuri elicoidale, deplasarea radială a bacurilor realizându-se cu o piuliță care exercită presiune pe niște suprafețe conice ale bacurilor și o forță de reacțiune pe o suprafață conică a concentratorului lichidul dielectric fiind introdus prin ștuțul filetat, spre electrodul-sculă tubular, etanșat cu un manșon de cauciuc, presat cu o piulița introdusă într-o gaură conică și o gaură cilindrică din concentrator.

Procedeele de prelucrare a microgăurilor, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- asigură o productivitate ridicată prin degroșarea cu laser și precizie ridicată prin finisarea prin electroeroziune asistată de ultrasunete, care corectează abaterile de la cilindricitate;

- asigură prelucrarea unor piese cu gamă largă dimensională prin vibrarea ultrasonică a electrodului-sculă cu dimensiuni relativ constante și nu a piesei;

- asigură productivitate și calitate ridicată a suprafeței prelucrate prin reducerea fenomenelor de scurt-circuit între electrodul-sculă și piesă, datorită evacuarii îmbunătățite a particulelor prelevate prin cavitația indusă ultrasonic în interstițiul de prelucrare;

- asigură creșterea calității suprafeței prelucrate prin reducerea stratului topit și resolidificat (strat alb) la electroeroziune prin prelevarea ridicată a acestuia ca efect al cavitației induse ultrasonic în interstițiul de prelucrare.

Echipamentul pentru finisarea prin electroeroziune asistată de ultrasunete a microgăurilor, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- asigură vibrarea electrodului-sculă cu dimensiuni relativ constante ceea ce permite prelucrarea unor piese cu game dimensionale largi;

- asigură precizie ridicată prin ghidarea electrodului-sculă pe lungime mare și cât mai aproape de piesa prelucrată;

- deformarea electrodului-sculă este redusă prin asigurarea coaxialității dintre lanțul ultrasonic și ghidajul inferior cu posibilitatea rotirii în jurul axelor conținute în planul orizontal;

- asigură spălarea eficientă cu lichid dielectric a interstițiului de prelucrare prin interiorul unui electrod-sculă tubular și pe suprafața exterioară în cazul unui electrod filiform, cumulat cu efectul cavitației induse ultrasonic în interstițiul de prelucrare datorită oscilațiilor cu frecvență ultrasonică pe direcția axei microgăurii;

- montarea ușoară pe mașina de electroeroziune cu ajutorul canalelor cu profil T aparținând mesei mașinii și capului de lucru al mașinii.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...8, care reprezintă:

- fig. 1, schița operației de finisare prin electroeroziune asistată de ultrasunete a unei microgăuri străpunse după ce aceasta a fost degroșată anterior prin prelucrarea cu laser în impulsuri;

- fig. 2, ansamblul echipamentului pentru finisarea prin electroeroziune asistată de ultrasunete a microgăurilor;

- fig. 3, suportul reglabil al dispozitivului de ghidare a electrodului-sculă;

- fig. 4, dispozitivul de ghidare multiplă a electrodului-sculă și de alimentare cu lichid dielectric pe suprafața exterioară a electrodului-sculă;

- fig. 5, ghidarea electrodului-sculă cu ajutorul sistemului de prisme;

- fig. 6, ghidarea electrodului-sculă cu ajutorul bucșei cu fante longitudinale;

RO 126381 B1

- 1 - fig. 7, dispozitivul de prindere a electrodului-sculă pe lanțul ultrasonic și de
alimentare cu lichid dielectric prin interiorul electrodului-sculă tubular;
- 3 - fig. 8, bacurile de prindere a electrodului-sculă.
- Procedeul de finisare a microgăurilor străpunse prin electroeroziune asistată de
5 ultrasunete (fig.1) constă în următoarele faze:
- după prelucrarea de degroșare cu laser în impulsuri de mare productivitate, din care
7 rezultă microgaura **1** cu diametre de 0,1-0,9 mm în piesa **1b** a cărei suprafață **1a** are abateri
mari de la cilindricitate cu valori de 0,01-0,3 mm și conicitate, reprezentând în total circa
9 10-30% din diametrul găurii, datorită dispunerii izotermelor de topire a materialului, produse
de impulsurile laser succesive se introduce pe la partea superioară, în interiorul microgăurii
11 o bucsă **2** care face parte dintr-un set de astfel de bucșe, astfel încât între suprafața găurii
inițiale **1a** și suprafața exterioară a bucșei **2a** să existe un joc diametral minim cu valori de
13 0-5 μm ;
- introducerea electrodului-sculă **3** în bucșa **2**, astfel încât între suprafața interioară
15 a bucșei **2b** și suprafața exterioară a electrodului-sculă **3a** să existe un joc diametral minim
cu valori de 0-5 μm ;
- extragerea bucșei **2** după ghidare, pe la partea inferioară a microgăurii străpunse
17 realizate prin prelucrare cu laser în impulsuri astfel încât în acest moment, prelucrarea prin
19 electroeroziune asistată de ultrasunete poate începe;
- finisarea prin electroeroziune prin producerea descărcărilor electroerozive între
21 suprafața exterioară a electrodului-sculă **3a** și suprafața găurii inițiale **1a**, folosind trepte de
curent de 0,1-1 A, tensiune de amorsare de 60 V, timpi de impuls de 2-6 μs și timpi de pauză
23 2-4 μs , suma timpilor impuls și de pauză fiind mai mică decât semiperioda de oscilație
ultrasonică pentru a valorifica efectul undelor de șoc induse ultrasonic după fiecare
25 semiperioadă de întindere a lichidului dielectric; simultan electrodul-sculă are o mișcare de
oscilație **4** pe direcția axei longitudinale a microgăurii cu frecvență ultrasonică nominală de
27 40 KHz (perioadă de 25 μs) și amplitudine de 1-5 μm , puterea consumată pe lanțul ultrasonic
fiind de 50-130 W, suficient pentru depășirea pragului de producere a cavitației ultrasonice
29 în interstițiul de prelucrare. Se corectează abaterile de la cilindricitate, rezultate de la
prelucrarea cu laser prin prelevarea prin electroeroziune a proeminențelor de pe suprafața
31 **1a**, descărcările electrice producându-se cu prioritate între aceste proeminențe și suprafața
electrodului-sculă datorită interstițiului de prelucrare redus. De asemenea, prin vibrațiile
33 ultrasonice ale sculei cu parametri menționați anterior, se produce cavitație ultrasonică în
interstițiul de prelucrare, care generează unde de șoc cu presiuni de ordinul 10 MPa, ca
35 urmare a imploziei colective a bulelor de gaz din interstițiu, la fiecare final de semiperioadă
de întindere a lichidului dielectric din interstițiul de prelucrare. Undele de șoc direcționate în
37 lungul interstițiului lateral de prelucrare (direcția longitudinală a axei microgăurii) contribuie
de asemenea la prelevarea proeminențelor de pe suprafața microgăurii **1a**, rezultate de la
39 prelucrarea cu laser, dar și a materialului topit de descărcare, corectându-se abaterile de la
cilindricitate. Undele de șoc induse ultrasonic prelevează cu prioritate proeminențele prin
41 forfecare, acestea având rezistență la forfecare mai redusă decât restul suprafeței.
- Asigurarea vibrației ultrasonice a electrodului-sculă este mai ușoară, datorită dimen-
43 siunilor sale relativ constante, decât dacă ar fi fost vibrată piesa **1b**, care poate avea variații
dimensionale mari. Cavitația indusă ultrasonic în interstițiul de prelucrare contribuie la creș-
45 terea productivității prin prelevarea ultrasonică suplimentară a materialului, reducerea fenom-
enelor de scurt-circuit între sculă și piesă, datorită evacuării îmbunătățite a particulelor

RO 126381 B1

prelevate din interstițiul de prelucrare. Se reduce rugozitatea Ra sub 0,1 μm și crește calitatea stratului superficial prin prelevarea aproape în întregime (peste 90%) a stratului topit de descărcare care are tensiuni termice ridicate și implicit microfisuri. 1
3

Dacă microgaura inițială **1** este nestrăpunsă, poziționarea electrodului-sculă **3** în raport cu axa microgăurii se realizează cu mijloace de vizare optică, prelucrarea electroerozivă asistată de ultrasunete pentru corectarea abaterilor realizându-se similar. Dificultățile de spălare a interstițiului de prelucrare comparativ cu prelucrarea găurilor străpunse sunt rezolvate prin injecția lichidului dielectric prin interiorul electrodului-sculă tubular, precum și prin spălarea laterală a acestuia, la care se adaugă efectul favorabil produs de cavitația indusă ultrasonic în interstițiul de prelucrare. 5
7
9

Echipamentul pentru pentru finisarea prin electroeroziune asistată de ultrasunete a microgăurilor (fig. 2) este compus din: dispozitivul **5** de prindere și reglare a lanțului ultrasonic de vibrare a electrodului-sculă de tip tubular sau filiform (netubular), lanțul ultrasonic **6** pentru vibrarea electrodului-sculă **3** de tip tubular sau filiform pe direcție longitudinală (conform săgeții duble), dispozitivul **6a** de prindere a electrodului-sculă pe lanțul ultrasonic și alimentare cu lichid dielectric și etanșare, suportul reglabil **7** de prindere și reglare a ghidajului electrodului-sculă și dispozitivul de ghidare longitudinală **8** a electrodului-sculă și alimentare cu lichid dielectric pe suprafața laterală a electrodului-sculă. Pe figură, mai sunt reprezentate placa **9** cu canale **T** a capului de lucru pe care se prinde dispozitivul **5** și placa cu canale **T** a mesei de lucru pe care se prinde suportul reglabil **7**. Elementele **9** și **10** aparțin mașinii de electroeroziune pe care se montează echipamentul. 11
13
15
17
19
21

Suportul reglabil **7** al dispozitivului de ghidare a electrodului-sculă (fig. 3) este compus din: tijele verticale **11** care prezintă la partea inferioară tălpile **11a**, care servesc la prinderea dispozitivului pe placa **10** cu canale **T** și la partea superioară suprafețele filetate **11b** cu ajutorul cărora se fixează traversa **12** cu șuruburile **13** asigurate cu șaibe grower **13a**; tijele **11** și traversa **12** prezintă suprafețele sferice conjugate **11c** și **12a** cu ajutorul cărora ghidajul se poate roti în jurul axelor conținute în plan orizontal, pentru a asigura coaxialitatea dintre axa ghidajului și axa electrodului-sculă **3**; piulița **14** realizează prinderea pe traversa **12** a corpului ghidajului **15** care are o suprafață filetată conjugată **15a** (fig. 4). Tijele **11** fac parte dintr-un set care permite poziționarea corpului ghidajului **15** cât mai aproape de suprafața frontală a piesei prelucrate **1b**; reglarea ghidajului **15** la distanța minimă de piesa **1b** se poate realiza și prin introducerea pe axele tijelor **11**, între suprafața frontală a taversei **12b** și șaibe grower **13a** a unor șaibe plate de reglare (nefigurate): reglarea coaxialității dintre axa lanțului ultrasonic și axa ghidajului se realizează grosier prin mișcările mesei mașinii de electroeroziune în plan orizontal și fin prin rotirea dispozitivelor **5** și **7** în jurul axelor conținute în plan orizontal. 23
25
27
29
31
33
35

Dispozitivul de ghidare longitudinală **8** al electrodului-sculă și de alimentare cu lichid dielectric pe suprafața exterioară a electrodului-sculă (fig. 4) este format din: bucșa superioară **16** și inferioară **17** și prismele **18** în V cu suprafețe de ghidare care formează un unghi de 90° (fig. 5), care ghidează electrodul-sculă, asigurând deformația minimă a acestuia, elementele **16**, **17** și **18** sunt realizate din material electroizolant cu coeficient de frecare redus (de exemplu teflon); ștuțul **19** alimentează cu lichid dielectric de la agregatul mașinii de electroeroziune camera **20** din corpul **15b**; în continuare, lichidul dielectric pătrunde prin fantele **17b** din bucșa de ghidare inferioară **17** (fig. 6), orientate paralel cu axa electrodului-sculă, asigurând spălarea laterală a acestuia în interstițiul de prelucrare; suprafețele **17a** ghidează electrodul-sculă; bucșa inferioară **17** ca și aceea superioară **16** prezintă o suprafață filetată **17c** și una de strângere **17d** cu ajutorul cărora se montează bucșele **16** și **17** pe corpul **15** 37
39
41
43
45
47

RO 126381 B1

1 și **15b** (fig. 6); prismele conjugate **18** și **18a** (fig. 5) sunt distanțate de arcurile **22** pentru a
permite ghidarea unor electrozi-sculă **3** de diametre diferite în zona centrală a corpului **5** și
3 apropiate de șurubul **23** și arcul lamelar **24**; se asigură astfel un ajustaj alunecător între pris-
mele **18** și electrodul-sculă **3** prin rotirea șurubului **23**; știftul **21** asigură deplasarea prismelor
5 **18** pe direcție radială având axa pe aceeași direcție; corpul **15** prezintă o suprafață cilindrică
interioară **15c**, conjugată cu suprafețele exterioare ale prismelor **18**, care menține prismele
7 în proximitate.

Dispozitivul de prindere **6a** al electrodului-sculă pe lanțul ultrasonic și de alimentare
9 cu lichid dielectric prin interiorul electrodului-sculă tubular (fig. 7) cuprinde: trei bacuri radiale
25, cu axele dispuse la 120° , care prind electrodul-sculă **3** într-un centru - punct de amplitudine
11 maximă al undelor staționare formate în lanțul ultrasonic - bacurile **25** sunt distanțate de
arcurile **26** (fig. 8) pentru a permite prinderea unor electrozi-sculă **3** de diametre diferite și
13 apropiate, strângerea electrodului-sculă **3** fiind asigurată prin rotirea piuliței **27** care se înfile-
tează în concentratorul **28**; strângerea se realizează prin exercitarea de către piulița **27** a unei
15 forțe pe suprafața conică inferioară **27a** și producerea unei forțe de reacțiune pe suprafața
conică superioară **28a** care aparține concentratorului **28**; bacurile **25** prezintă suprafețe conice
17 conjugate **27a** și **28a** (fig. 8). Ștuțul **29** (fig. 7) asamblat prin filetare în concentratorul **28**,
într-un punct nodal - punct de amplitudine nulă - permite introducerea lichidului dielectric prin
19 orificiul radial **28b** practicat în corpul concentratorului **28** și apoi prin interiorul electrodului
tubular **3**; se realizează astfel spălarea prin injecție a interstițiului de prelucrare și eliminarea
21 eficientă a particulelor prelevate la prelucrarea microgăurilor adânci; manșonul de cauciuc
3a, introdus în corpul concentratorului **28** pe la gaura conică **28c** care se continuă cu gaura
23 cilindrică **28d**, presat cu piulița **27**, etanșează electrodul-sculă **3** astfel încât circulația lichidului
dielectric să se facă numai prin interiorul electrodului-sculă.

25 În cazul electrozilor filiformi netubulari, alimentarea cu lichid dielectric se face numai
pe suprafața laterală a acestora, iar concentratorul nu mai are prevăzut ștuțul de alimentare
27 în punctul nodal și sistemul de etanșare cu garnitură de tip manșon elastic din fig. 7. Varianta
aceasta se poate folosi la finisarea prin electroeroziune asistată de ultrasunete a microgăurilor
29 mai puțin adânci.

RO 126381 B1

Revendicare

	1
Echipament pentru finisarea prin electroeroziune asistată de ultrasunete a microgăurilor prelucrate inițial cu laser în impulsuri, alcătuit dintr-un dispozitiv (5) de prindere și reglare a lanțului ultrasonic de vibrare a electrodului-sculă, un suport reglabil (7) compus din două tije verticale (11), o traversă (12) care susține un dispozitiv de ghidare longitudinală (8) a unui electrod-sculă (3), un lanț ultrasonic (6) pentru vibrarea pe direcție longitudinală ce include un dispozitiv (6a) de prindere a electrodului-sculă (3) și ștuțuri pentru introducerea de lichid dielectric, caracterizat prin aceea că dispozitivul de ghidare longitudinală (8) prezintă o bucsă de ghidare, superioară (16), o bucsă de ghidare inferioară (17) și niște prisme în V (18, 18a) cu suprafețe de ghidare ce formează un unghi de 90°, distanțate de niște arcuri elicoidale (22) și apropiate, pentru a forma un ajustaj alunecător cu electrodul-sculă (3), reglat cu ajutorul unui șurub (23) filetat într-un corp (15) și un arc lamelar (24) aflat în contact cu una dintre prismele (18a), deplasarea pe direcție radială a prismelor (18, 18a) fiind asigurată de un știft (21) care pătrunde într-una dintre prismele (18), iar bucsa de ghidare inferioară (17) are niște fante (17b) paralele cu axa electrodului-sculă (3) prin care se injectează lichidul dielectric, iar dispozitivul de prindere (6a) a electrodului-sculă (3) cuprinde trei bacuri conjugate (25) cu axele dispuse la 120°, distanțate de niște arcuri elicoidale (26), deplasarea radială a bacurilor realizându-se cu o piuliță (27) care exercită presiune pe niște suprafețe conice (27a) ale bacurilor (25) și o forță de reacțiune pe o suprafață conică (28a) a concentratorului (28), lichidul dielectric fiind introdus prin ștuțul (29) filetat, spre electrodul-sculă (3) tubular, etanșat cu un manșon de cauciuc (3a), presat cu o piuliță (27) introdusă într-o gaură conică (28c) și o gaură cilindrică (28d) din concentrator (28).	3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23

(51) Int.Cl.
B23H 9/16 (2006.01),
B23H 7/38 (2006.01),
B23Q 3/04 (2006.01)

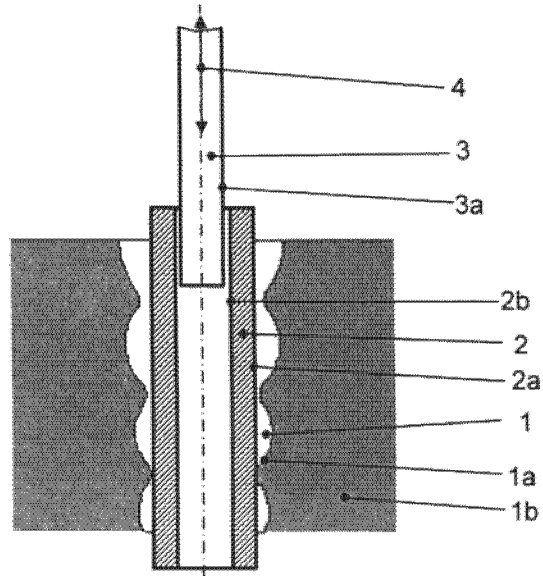


Fig. 1

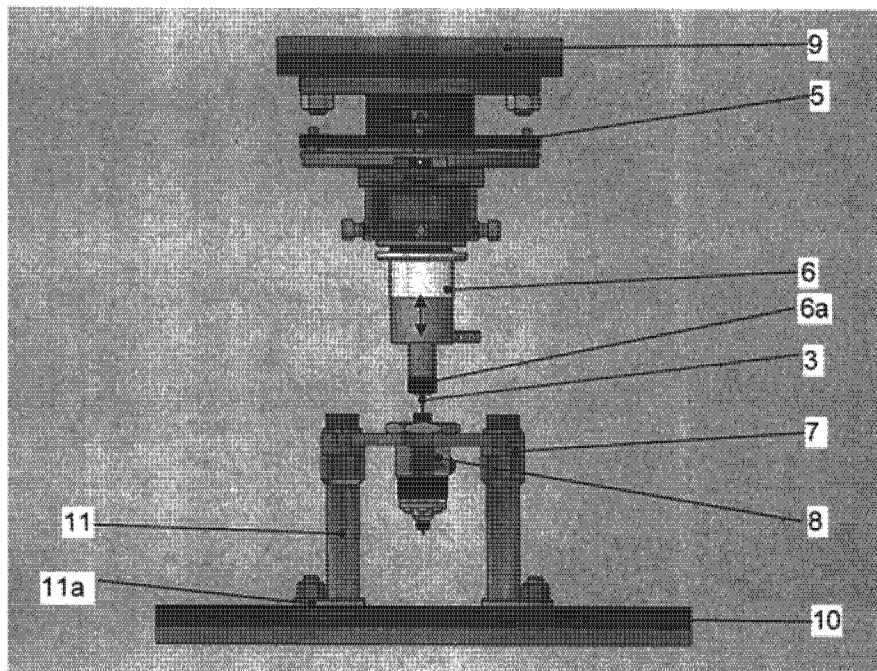


Fig. 2

(51) Int.Cl.
B23H 9/16 (2006.01);
B23H 7/38 (2006.01);
B23Q 3/04 (2006.01)

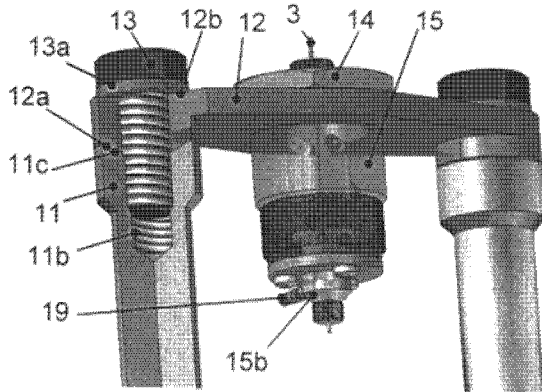


Fig. 3

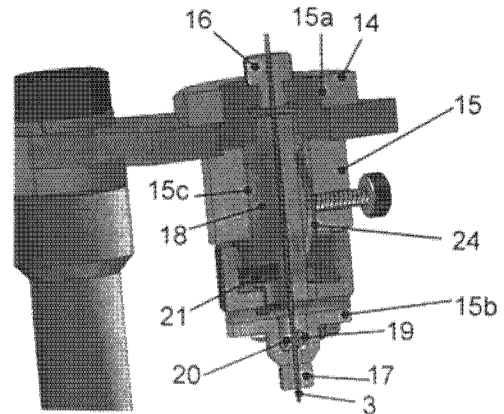


Fig. 4

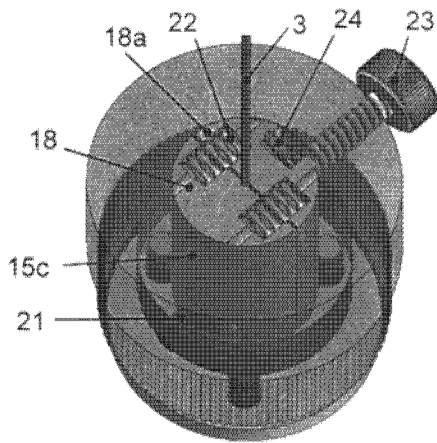


Fig. 5

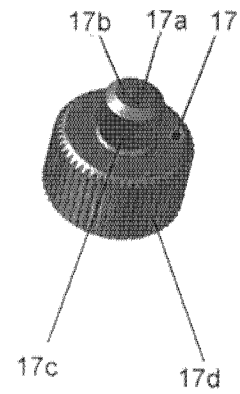


Fig. 6

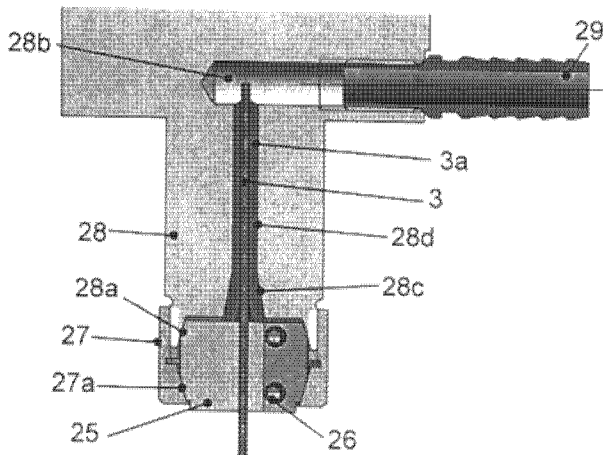


Fig. 7

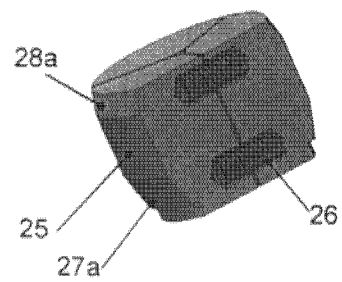


Fig. 8



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 433/2015