



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00935

(22) Data de depozit: 15/11/2017

(41) Data publicării cererii:
30/05/2019 BOPI nr. 5/2019

(71) Solicitant:
• REGIA AUTONOMĂ TEHNOLOGII
PENTRU ENERGIA NUCLEARĂ
PITEȘTI-SUCURSALA INSTITUTUL
DE CERCETĂRI NUCLEARE PITEȘTI,
STR.CÂMPULUI NR.1, MIOVENI, AG, RO

(72) Inventatori:
• TRUȚĂ CĂLIN, STR.BANAT NR.11, BL.B1,
SC.B, AP.20, PITEȘTI, AG, RO;

• PĂUNOIU CONSTANTIN,
STR.SFÂNTA VINERI NR.78, BL.P17, SC.C,
ET.4, AP.16, PITEȘTI, AG, RO;
• BĂRBOS DUMITRU, CALEA BUCUREȘTI
NR.22, BL.34, SC.B, AP.7, PITEȘTI, AG, RO

*Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenelor depuse conform art. 35,
alin. (20), din HG nr. 547/2008.*

(54) PROCEDEU OPTIMIZAT DE SUDARE PENTRU ELEMENT
COMBUSTIBIL NUCLEAR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu optimizat de sudare cu electrod nefuzibil în mediu de gaz inert TIG pentru închiderea etanșă a elementelor combustibile nucleare experimentale și pentru reactori nucleari de cercetare, procedeu care asigură atât fiabilitate crescută în fabricație prin echilibrarea regimului termic la sudare între obiectele îmbinate, cât și exploatare în condiții de securitate nucleară. Procedeu conform invenției pentru optimizarea sudării îmbinării dop (1) - teacă (2) utilizează simultan penseta (3) de cupru cu rol de echilibrare a regimului termic prin răcirea tecii, poziționată în imediata apropiere a îmbinării, un guler (g) profilat pe dopul (1) pentru stabilizarea direcțională a arcului electric și protejarea pensetei, și ca material de adaos pentru reducerea tendinței de fisurare la solidificare prin forma convexă a sudurii, și un tampon (4) elastic care înlocuiește pinola standard a poziționerelor de sudare și permite dilatarea axială a ansamblului în timpul sudării, care, prin efect sinergetic cu răcirea asigurată de pensetă (3), cumulat cu dilatarea liberă permisă de tamponul (4) și arcul (5), va elimina aproape complet balonarea și formarea unei punji (11) de gaz la rădăcina și apariția porozității în cordon.

Revendicări inițiale: 1
Revendicări amendate: 2
Figuri: 3

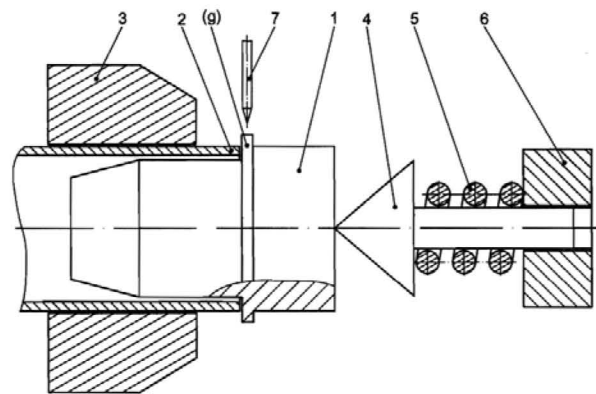


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



PROCEDEU OPTIMIZAT DE SUDARE PENTRU ELEMENT COMBUSTIBIL

NUCLEAR

DESCRIERE

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2017 00935
Data depozit15.11.2017..

Invenția se referă la un procedeu optimizat de sudare TIG aplicat la fabricarea elementelor combustibile nucleare experimentale sau de serie mică pentru reactoare nucleare de cercetare, mai precis la operația de sudare dop-teaca din procesul de fabricație.

Intr-un reactor nuclear există un număr de elemente combustibile nucleare, fiecare fiind alcătuit dintr-o coloană de pastile sau baghete de material fisionabil, separată de mediul exterior printr-o teacă (tub cu pereți subțiri) închisă la capete cu dopuri sudate. Teacă cu dopuri sudate constituie așa-numită "barieră de securitate" a elementului combustibil, cu rolul de a împiedica eliberarea produsilor radioactivi generați de materialul fisionabil în funcționare, în agentul primar de răcire și mai departe în mediul înconjurător, iar sudura dop-teacă este o componentă esențială al barierei de securitate și pentru care se cere un înalt nivel de etanșitate și rezistență mecanică corespunzătoare. Funcția de securitate a acestei bariere trebuie îndeplinită atât pe parcursul duratei de utilizare a combustibilului nuclear în reactor, cât și pe parcursul stocării acestuia până la condiționarea finală.

Sunt cunoscute diverse metode (proceduri) de sudare dop-teacă aplicate în fabricarea elementelor combustibile, cum ar fi sudarea cap-la-cap sub presiune prin rezistență, aplicată de exemplu la fabricarea de serie a combustibilului de tip CANDU, sudare în mediu de gaz inert cu electrod nefuzibil (TIG), sudare cu plasmă, sudare laser sau cu fascicol de electroni. Dintre aceste metode, sudarea TIG are avantajul de a fi o tehnologie foarte flexibilă în raport cu materialele de bază, cu dimensiunile elementului combustibil și cu forma dopului, fiind în același timp o tehnologie relativ ușor de aplicat și care nu necesită investiții foarte mari. Sudarea TIG este aplicată pe scară largă pentru elemente combustibile experimentale sau pentru fabricarea în serie mică a elementelor pentru reactoare de cercetare.

Sudarea TIG a elementelor combustibile se realizează de regulă cu ajutorul echipamentelor semi-automate sau computerizate cu poziționer de tip strung, la care subansamblul de sudat (subansamblul dop-teacă) este fixat în universalul poziționerului și apoi rotit sub un pistol de sudare vertical fix, cu electrodul în planul



imbinarii circumferentiale sau foarte aproape de acesta. De regula, sudarea este autogena (fara material de adaos), materialele de baza fiind in general oteluri austenitice, aliaje de nichel, aliaje de zirconiu. Din considerente constructive deseori dopul trebuie mentinut presat axial (si centrat) timpul sudarii, iar aceasta se realizeaza de regula prin presare statica cu pinola pozitionerului.

Caracteristic pentru sudura dop-teaca este faptul ca ea trebuie realizata intre componente (reper) cu capacitate calorica foarte diferita in zona sudurii, mult mai mica in teaca fata de dop, aceasta avand consecinte directe asupra ratei de rebut in fabricatie si asupra calitatii mecano - metalurgice a sudurii (fiabilitatea in exploatare).

Informatiile publice privind acest domeniu sunt relativ putine. Sunt cunoscute brevete de inventie in care se evidentiaza problema dezechilibrului termic intre cei doi membri ai imbinarii dop-teaca si se propun solutii de corectare.

De exemplu, brevetul US 5968375, propune utilizarea unui arc electric nesimetric produs prin modificarea duzei pistolului TIG. Aceasta solutie prezinta in mod evident dezavantaje majore: arc instabil si turbioane care compromit capacitatea de protectie a gazului inert.

Brevetul US 4921663 doreste sa evite topirea excesiva a tecii in raport cu dopul si propune alternativ sudarea la o distanta oarecare de capatul tecii, cu patrundere suficienta pentru a realiza o imbinare teaca – dop in adancime (suprapusa). Solutia descrisa are insa dezavantajul major ca zona nesudata de sub capatul tecii constituie un interstiu ingust dar neetans fata de agentul primar de racire, foarte susceptibil la coroziune.

In cererea de brevet US 2003/0016777A1 se propune egalizarea termica a membrilor sudurii prin uzinarea unui canal in dop in zona imbinarii. Absenta radacinii la sudare creste semnificativ gradul de dificultate si rata de rebut: se reduce mult plaja de parametri in care se obtin suduri reproductibile, iar cordonul obtinut poate fi usor concav, cunoscuta fiind tendinta crescuta la fisurarea la solidificare in acest caz.

Exista si alte brevete de inventie si lucrari stiintifice publicate (EPA 0344527; US 3725635 ; US 4188521; I. Sannen, et. all, "Refabrication of Fuel Rods – Qualification of End Plug Welds") care cuprind scheme de detaliu ale echipamentelor utilizate nemijlocit la sudarea dop-teaca chiar in centre nucleare avansate (ex. SCK-CEN, Belgia), inasa nici unul nu contine elementele originale care fac subiectul prezentei inventii asa cum vor fi descrise in continuare (penseta de racire in imediata proximitate a imbinarii, gulerul profilat pe dop, tamponul elastic).



Problema tehnica pe care o rezolva inventia consta in corectarea simpla si eficienta a dezechilbrului termic intre membri imbinarii si deci minimizarea ratei de rebut la sudare, concomitent cu corectarea altor deficiente intalnite la sudarea dop-teaca prin procedeu TIG care afecteaza negativ nivelului de etanseitate cum ar fi tendinta de fisurare la solidificare asociata cordoanelor plane sau concave, balonarea tecii si porozitatea indusa de formarea unei pungi de gaz la radacina sudurii, sau care afecteaza negativ caracteristicile metalurgice (marimea de graunti in teaca, extinderea zonei influentate termic ZIT)

Procedeul de sudare optimizat, conform inventiei, rezolva aceasta problema tehnica si inlatura dezavantajele de mai sus, prin aceea ca utilizeaza suplimentar si **simultan** unele elemente constructive atasate pozitionerului de sudare si sau aparinand pieselor de sudat (elemente care in sine sunt principial cunoscute in tehnica, dar care nu au fost identificate in stadiul tehnicii in legatura cu sudarea dop – teaca nici independent si cu atat mai putin simultan) :

- A. Penseta (**3**) de cupru cu rol de echilibrare a capacitatilor calorice intre membrii imbinarii si de racire a tecii in zona adiacenta sudurii,
- B. Gulerul (**g**) profilat pe dop in imediata vecinatate a imbinarii, cu rol de insert consumabil si de stabilizarea directionala laterala a arcului electric, si
- C. Tamponul (**4**) elastic ce preseaza dopul in pozitia de sudare permitand insa dilatarea termica axiala.


Utilizarea eficienta a pensetei de cupru (in imediata vecinatate a sudurii) este posibila prin asocierea, conform inventiei, cu gulerul care impiedica devierea accidentala a arcului pe marginea pensetei.

Utilizarea pensetei este sinergica cu utilizarea tamponului elastic, prin aceea ca ambele contribuie la limitarea deformarii radiale induse de dilatarea termica

Procedeul de sudare optimizat este aplicabil in productia de elemente combustibile experimentale la nivel de laborator, dar si in productia de elemente combustibile destinate realimentarii reactorilor de cercetare, la nivel de serie mica sau medie, acolo unde se aplica procedeul TIG.

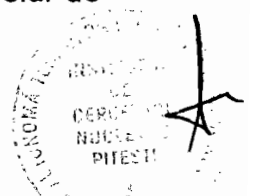
Procedeul de sudare optimizat are, conform inventiei, urmatoarele avantaje fata de solutiile cunoscute in stadiul tehnicii:

- a. Sudarea in penseta de cupru plasata la distanta mica de imbinare este mult mai toleranta fata de variatiile de proces (amperaj, distanta, etc.) in raport cu alte solutii in care se reduce capacitatea calorica a dopului, prin aceea ca aceste



variatii vor fi "absorbite" de capacitatea calorica suplimentara introdusa de penseta; cu alte cuvinte, se poate suda la valori mai mari ale energiei de arc ce garanteaza patrunderea minima dorita fara riscul topirii excesive a tecii, deci se reduce rata de rebutare.

- b. Sudarea in penseta de cupru este mai toleranta fata de variatiile jocului radial dop-teaca (conforme cu proiectul sau urmare a erorilor de executie) si rugozitatea suprafetelor de contact, prin aceea ca prin compresia mecanica puternica si uniforma exercitata pe teaca, jocul radial tinde se se anuleze iar coeficientul de transfer termic este sensibil crescut si reproductibil
- c. Racirea asigurata de penseta de cupru situata imediata proximitate a imbinarii sudate previne cresterea in exces a grauntilor materialului tecii precum si scaderea intinderii ZIT (zona influentata termic), asigurand astfel cresterea rezistentei mecanice si a rezistentei la coroziune
- d. Racirea asigurata de penseta de cupru diminueaza considerabil dilatarea termica axiala si radiala in timpul sudarii ceea ce, in conjunctie cu tamponul elastic descris in continuare, previne aparitia balonarii si formarii unei pungi de gaz la radacina sudurii, sursa de porozitate.
- e. Gulerul profilat pe dop asigura o zona de amorsare sigura a arcului electric, fara riscul de a afecta distructiv marginea tecii, chiar daca electrodul este de la inceput positionat lateral foarte aproape de planul imbinarii, nemaifiind necesare deplasari laterale pe dupa amorsare si la stingerea arcului, ca in unele solutii anterioare cunoscute
- f. Gulerul profilat pe dop asigura stabilitatea laterala a arcului (se previne "serpuirea" arcului si eventual devierea arcului pe penseta), prin aceea ca arcul in mod evident arcul se mentine pe distanta minima electrod -piesa
- g. Gulerul profilat pe dop reduce tendinta de fisurare la solidificare prin aceea ca forma usor convexa a cordonului rezultata din aportul de material de adaos (rol de insert consumabil), este cunoscuta in practica sudarii ca fiind favorabila solidificarii fara defecte
- h. Reducerea tendintei de fisurare la solidificare creste in mod evident nivelul de etanseitate al sudurilor si deci reduce rata de rebut.



- i. Tamponul elastic contribuie substantial la cresterea nivelului de etanseitate a sudurii, prin aceea ca permite dilatarea termica axiala lejera a ansamblului dop-teaca in timpul sudarii fara a provoca balonare ca in cazul presarii cu o pinola rigida, evitand astfel formarea unei pungi de gaz initial fierbinte, sursa de formare a porozitatii in cordonul de sudura.

Din cele prezentate mai sus, rezulta ca utilizarea simultana a pensetei de cupru, a gulerului profilat in dop si a tamponului elastic, prin efectul sinergic al acestora, aduce ca beneficii principale reducerea substantiala a ratei de rebut a sudurilor concomitent cu cresterea semnificativa a nivelului de etanseitate.

Inventia este prezentata pe larg, in continuare, in legatura si cu figurile 1, 2 si 3, care reprezinta:

- Figura 1 - o sectiune transversala cu vedere prin zona de interes (zona imbinarii dop-teaca) a elementului combustibil, cu interfetele cu positionerul echipamentului de sudare
- Figura 2 - vedere izometrica schematica a pensetei impreuna cu vederea unui sector de cupru din componenta pensetei
- Figura 3 - schita descriptiva a balonarii tecii prin dilatare termica axiala limitata mecanic.

Procedeul optimizat ce face obiectul prezentei inventii este realizat practic in configuratia schitata in Figura 1, in care se observa subansamblul de sudat format din dopul 1 si teaca 2, asezat sub electrodul 7 in penseta de cupru 3, cu dopul 1 in contact cu tamponul 4, si facand uz de elementele constructive descrise in prezenta inventie, dupa cum urmeaza :

- Penseta de cupru 3 este formata din trei sectoare de cupru 8 (Figura 2), fiecare sector prevazut cu gauri de prindere 9 si cu suprafata de strangere 10 pe teaca, suprafata prelucrata cu aceeasi raza de curbura ca si raza tecii.
- Cele trei sectoare de cupru 8 sunt atasate cu mare precizie de pozitionare pe trei bacuri "soft" (un set comercial compatibil cu universalul positionerului) astfel incat sa formeze un inel masiv de cupru (Figura 2). cu usoara strangere pe teaca 2. Pentru fiecare diametru nominal de teaca se executa cate o penseta dedicata.
- Dopul 1 este o piesa cilindrica cu trei diametre, avand o parte externa fata de teaca 2, o parte interna (de angajare in teaca) si, suplimentar fata de dopurile

obisnuite, gulerul **g** de latime cca 0.5 mm si suprainaltat (radial) cu cca 0.2 – 0.3 mm fata de teaca **2** si partea externa a dopului **1**.

- Tamponul **4** este o piesa de tip pinola, ghidat axial in bucsa **6** a papusii mobile a positionerului si impins catre dopul **1** al elementului combustibil in pozitia de sudare cu ajutorul arcului de compresiune **5**, cu o forta ce poate fi crescuta progresiv prin modificarea pozitiei bucsii **6**

Secvential procedeul optimizat se desfasoara asemanator cu sudarea circumferentiala uzuala, avand insa urmatoarele elemente caracteristice conform inventiei :

- Teaca **2** este pozitionata in penseta astfel incat intre planul imbinarii dop-teaca si marginea pensetei **3** sa ramana o distanta sigura la care nu exista riscul devierii arcului electric (la amorsare sau in timpul sudarii) pe penseta **3**. In practica, aceasta distanta poate fi de cca. 2 mm, pentru o distanta electrod **7** – guler **g** de 0.6 – 0.8 mm.
- Teaca **2** astfel pozitionata este asgurat temporar impotriva deplasarii laterale cu un alt tampon la capatul opus capatului care se sudeaza
- Prin deplasarea bucsii **6** catre dop se apasa cu tamponul **4** pe dopul **1** pana cand se realizeaza contactul ferm intre suprafetele imbinarii (tinand cont dupa caz si de prezenta sau absenta unui arc de compresiune in interiorul tecii **2** intre coloana combustibila si dop **1**, arc ce tinde sa indeparteze dopul **1** din pozitia de sudare)
- In aceste conditii de pozitionare relativa, penseta de cupru **3** este stransa puternic cu ajutorul universalului pe teaca, situatie in care se realizeaza atat contact termic bun pe suprafata externa a tecii **2** dar si contact termic imbunatatit si reproductibil intre suprafata interna a tecii **2** si portiunea de anjagare a dopului **1** in teaca **2**, prin aceea ca forta de strangere normala a universalului transmisa elastic prin peretele tecii **2** (grosime de perete cca 0.4 mm) anuleaza practic jocul radial (5-20µm nominal), reducand variabilitatea datorata jocului si calitatii suprafetelor.
- Electrocul **7** pentru sudarea TIG se pozitioneaza desupra gulerului **g**, la o distanta laterala fata de planul imbinarii determinata anterior prin incercari astfel incat baia de sudura sa se formeze simetric fata de acest plan, in conditiile



termice concrete date de utilizarea pensetei **3**. In practica, distanta laterala este de cca 0.35 mm pentru teaca **2** si gulerul **g** din acest exemplu de realizare.

- Desfasurarea sudarii are loc intr-o maniera comuna sudarii circumferentiale pentru tuburi subtiri prin rotirea ansamblului de sudat sub electrodul **7** fix si cu un program automat de sudare cu corelare intre parametri electrici si cinematici; caracteristic inventiei este ca racirea asigurata de penseta **3** se realizeaza practic pe doua cai : (a) direct, preluand conductiv caldura de pe suprafata exterioara a tecii **2** si (b) indirect, prin imbunatatirea substantiala a conductiei catre masa dopului **1**.
- Pe durata sudarii, ca efect al dilatarii termice a subansamblului sudat, tamponul **4** va executa o miscare fina de translatie axiala, urmarind deplasarea fetei dopului **1** cu care este in contact, fara sa limiteze mecanic aceasta deplasare dar mentinand presiunea de contact si implicit alinierea pieselor.

In practica, un astfel de ansamblu, avand ca materiale de baza aliaje de nichel (Incoloy 800 si Inconel 600), daca este sudat fara penseta **3**, se dilata axial in cursul sudarii cu aprox. 0.15 - 0.20 mm, iar dupa racire se constata ca ansamblul nu revine complet la cota initiala anterioara (se induce o deformare plastica, permanenta). Daca insa ansamblul se sudeaza, conform inventiei, in penseta **3** cu parametri de sudare identici cu cei utilizati in sudarea fara penseta, dilatarea axiala se reduce, datorita racirii suplimentare, la numai 0.05 mm. Este evident ca presarea cu un tampon fix in primul caz (fara penseta **3**) va induce deformari radiale permanente, localizate in zona de 2 - 3 mm puternic incalzita din imediata vecinatate a sudurii (balonare cu inaltimea h de marime comparabila cu dilatarea axiala), in timp ce solutia prezentata in inventie (prin efectul racirii in penseta **3** cumulat cu dilatarea libera permisa de tamponul **4** si arcul **5**) va elimina aproape complet balonarea si deci formarea unei pungi de gaze **11** la radacina (Figura 3), gaze care difuzeaza in baie si maresc porozitatea.

In practica, un astfel de ansamblu, avand ca materiale de baza aliaje de nichel (Incoloy 800 si Inconel 600), sudat cu guler **g** conform prezente inventii, va prezenta un cordon usor convex, cu o suprainaltare de cca 0.05 - 0.10 mm suficienta pentru a contracara tendinta de fisurare la cald si suficient de mica pentru a nu perturba regimul de curgere al agentului primar de racire in functionare.

In practica, prin utilizarea simultana a elementelor constructive descrise in prezenta inventie si prin efectul cumulat obtinut, rata de rebutare (rejectate la control vizual, topire incompleta) estimata pe loturi totalizand cca 60 de suduri este de cca 1.7%. Pentru sudurile admise la controlul vizual, testul de etanseitate cu heliu a evidentiat valori ale ratei de scapari in partea inferioara a decadei 10^{-10} std cm^3/s ($= 10^{-11}$ Pa m^3/s , cu 3 ordine de marime sub valorile limita acceptate in fabricatia elementelor combustibile nucleare pentru reactoare de cercetare), iar testele specifice de rezistenta mecanica (tractiune, explozie) au indeplinit fara exceptie criteriul de acceptare comun pentru astfel de suduri – defectarea in teaca, la distanta de zona sudurii.

REVENDICARE

Procedeu de sudare TIG aplicat la operatia de sudare dop-teaca in fabricarea elementelor combustibil nucleare, optimizat, **caracterizat prin aceea ca**, in vederea scaderii ratei de rebutare, cresterii semnificative a nivelului de etanseitate si cresterii calitatii mecano-metalurgice a sudurii (limitarea cresterii grauntilor materialului tecii, scaderea intinderii ZIT, reducerea tendintei de fisurare la cald, diminuarea deformarii radiale), utilizeaza simultan si cu efecte sinergice:

- **Penseta (3)** de cupru cu rol de echilibrare a capacitatilor calorice intre membrii imbinarii si de racire a tecii (2) in zona adiacenta sudurii prin conductie atat in penseta (3) cat si spre dopul (1), alcatuita din 3 sectoare de cupru (8) profilate special si fixate pe bacurile universalului pozitionerului de sudare .
- **Gulerul (g)** profilat pe dop (1) in imediata vecinatate a imbinarii, cu rol de stabilizarea directionala laterala a arcului electric si totodata de insert consumabil, si
- **Tamponul (4)** ce preseaza axial dopul (1) in pozitia de sudare cu ajutorul arcului (5) permitand totodata dilatarea termica axiala



DESENE

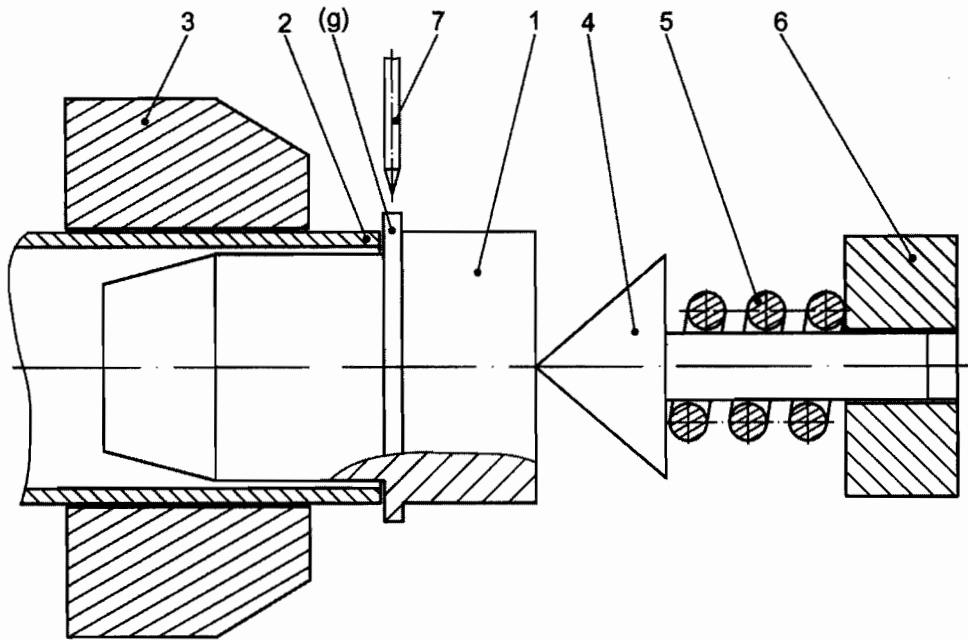


Figura 1

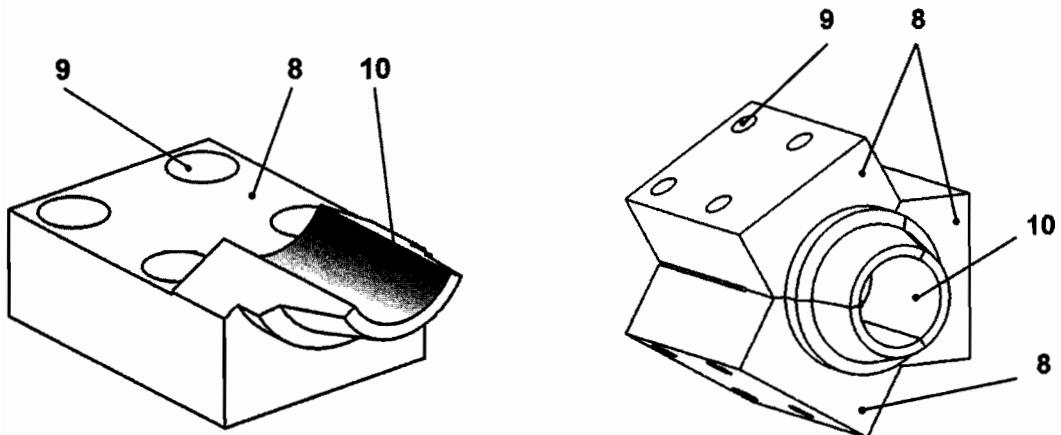


Figura 2

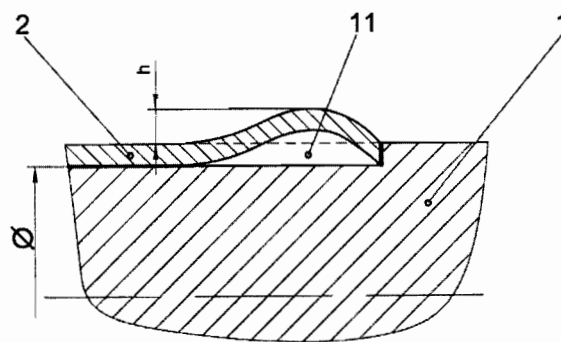


Figura 3



REVENDICĂRI

1. Procedeu de sudare optimizat pentru element combustibil nuclear prin procedeu TIG în poziționar tip strung, între teaca (2) cu grosime de perete mică și dopul (1) masiv în raport cu teaca (2) și care trebuie menținut presat în poziția de sudare, **caracterizat prin aceea că include următoarele etape complementare de pregătire a condițiilor inițiale:** a) poziționarea tecii (2) în penseta (3) alcătuită din 3 sectoare (8) de cupru profilate după raza tecii (2) și fixate pe bacurile universalului poziționerului de sudare, la o distanță foarte mică de planul îmbinării de aproximativ 2 mm, b) presarea elastică axială a dopului (1) în poziția de sudare de către tamponul (4) acționat de arcul (5), comprimat progresiv atât cât este necesar pentru asigurarea contactului ferm între piese în îmbinare, c) strângerea puternică a pensetei (3) pentru asigurarea contactului termic ferm între penseta (3) și teaca (2) dar și între teaca (2) și dopul (1) prin eliminarea jocului radial între acestea în scopul echilibrării capacităților calorice și răcirii locale eficiente și d) poziționarea electrodului lateral fata de îmbinare, deasupra gulerului (g) cu rol de insert consumabil și stabilizare direcțională a sudării, la o distanță care să evite amorsarea accidentală pe teaca (2) și devierea arcului electric pe penseta (3).
2. Procedeu de sudare optimizat pentru element combustibil nuclear conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că pe durata sudării, penseta (3), prin poziționarea sa relativă la îmbinare răcește eficient chiar zona de dilatare termică maximă a tecii (2) din vecinătatea îmbinării, reducând deformarea tecii (2) indusă de dilatare și acționează sinergic cu tamponul (4) acționat de arcul (5) a cărui elasticitate permite dilatarea termică axială, redusă deja prin prezența pensetei, fără o limitare mecanică rigidă ce produce inerent balonarea locală a tecii (2), realizându-se astfel o sudură circumferențială care conservă cilindricitatea tecii.**

