

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2007 00639

(22) Data de depozit: 12.09.2007

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: 30.01.2013 BOPI nr. 1/2013

(41) Data publicării cererii:
29.05.2009 BOPI nr. 5/2009

(73) Titular:
• REGIA AUTONOMĂ PENTRU ACTIVITĂȚI
NUCLEARE - SUCURSALA CERCETĂRI
NUCLEARE PITEȘTI, STR. CÂMPULUI
NR. 1, PITEȘTI- MIOVENI, AG, RO

(72) Inventatori:
• TRUȚĂ CĂLIN ȘTEFAN, STR. BANAT
NR. 11, BL. B 1, SC. B, AP. 20, PITEȘTI, AG,
RO;
• CIOCĂNESCU MARIN,
PIAȚA VASILE MILEA NR. 4,
BL. CENTRU-VEST, SC. B, ET. 7, AP. 27,
PITEȘTI, AG, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
FR 2771545 A1; EP 0296954 A1;
FR 2576705 A1

(54) BARĂ DE CONTROL PENTRU REACTOR NUCLEAR DE CERCETARE, CU PINI ABSORBANȚI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o bară de control cu pini absorbantți, folosită în reactorii nucleari de cercetare, de mică putere, cu uraniu îmbogățit și apă ușoară, care asigură o fiabilitate crescută în funcționarea reactorului, prin eliminarea posibilității de blocare în ghidaj a barelor. Bara de control, conform invenției, este alcătuită din niște pini (A) absorbantți, fabricați din coloane (2) de pastile sintetizate din carbură de bor cu densitate de minimum 70% din cea teoretică, întecuite individual în tuburi (5) de Zircaloy, pini care au plenum pentru acumularea de heliu în partea superioară, și care sunt dispuși vertical pe conturul periferic al secțiunii barei de control, în vecinătatea casetei (1) de ghidaj, unde sunt poziționați și susținuți de coloana (6) centrală, prin intermediul grilei (9) superioare, grilei (10) intermediare și al grilei (11) inferioare, coloană care face legătura între piesele de la partea superioară, respectiv, între flanșa (7) de cuplare împreună cu flotorul (8) cu rol de compensare a greutății aparente, și următorul (12), toate acestea alcătuiind o structură nedemontabilă.

Revendicări: 1
Figuri: 3

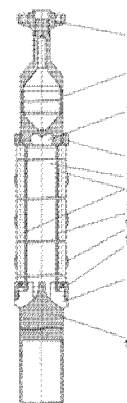


Fig. 3



RO 123509 B1

1 Invenția se referă la o bară de control, cu pini absorbanți de neutroni, pentru un
reactor nuclear de cercetare de mică putere (de ordinul MW - zeci de MW), cu uraniu
3 îmbogățit și apă ușoară.

5 Într-un reactor nuclear, un număr de bare de control identice alcătuiesc sistemul de
control al reactivității. Acestea conțin carbură de bor (B_4C), drept absorbant de neutroni și
7 permit controlul reacției de fisiune (pornirea, oprirea sigură și reglarea puterii reactorului
nuclear). Bara de control descrisă în prezenta invenție se încadrează în categoria barelor de
control ce utilizează deplasarea de elemente absorbante solide.

9 Sunt cunoscute bare de control cu carbură de bor în diferite variante (cu carbură de
bor pulbere compactată, cu compacte sinterizate la rece sau la cald, cu soluții solide de
11 aluminiu - carbură de bor. Formele constructive frecvente sunt:

13 - bare de control cu absorbantul dispus în simetrie cilindrică în canalul barei de
control (la reactorii de mică putere) sau

15 - bare de control cu absorbantul în pini din oțel, caz în care un număr oarecare de pini
compun o bară de control lamelară, sub formă de placă sau cruciformă (pentru reactorii de
putere mai mare).

17 Pentru reactorii de tip TRIGA, sunt cunoscute și barele de control cu absorbantul sub
formă de compacte presate la cald, la densitate apropiată de densitatea teoretică, compacte
19 cu secțiune inelară pătrată, întecuite între mantale din țevă pătrată din aluminiu. Heliul
generat de către carbura de bor în timpul operării reactorului este evacuat periodic din
21 structura barei, în timpul operației de mentenanță.

23 În cazul barelor de control cu manta din țevă pătrată din aluminiu, sudurile TIG pe
manta sunt atât suduri structurale, cât și suduri de închidere etanșă a carburii de bor, iar
25 pierderea etanșeității duce la inundarea întregii bare de control cu apă, cu consecințe
negative în lanț: gaze de radioliză, presiune internă crescută, umflare, blocare în ghidaj,
accentuarea coroziunii, degradarea accentuată a cordoanelor de sudură.

27 Există brevete de invenție, cum ar fi brevetul **FR 2771545 A1**, prezentând o bară de
control pentru reactorul nuclear, ce conține material din carbură de bor granulară, sinterizată,
29 ca absorbant de neutroni, sau brevetul **EP 0296954** și **FR 2576705 A1**, ce prezintă un
element modular, absorbant de neutroni, din tub din oțel-inox sau zirconiu, cu capsule
31 modulare din carbură de bor, sub formă de "creion" (pin). În brevetele menționate, se descrie
utilizarea unui număr de mai multe elemente absorbante, grupate, dar nu există descris
33 conceptul de dispunere a elemenelor absorbante pe periferia locației barei de control, pentru
păstrarea unui canal central cu apă - moderator, pentru mărirea eficienței barei de control
35 în domeniul neutronilor termici.

37 O descriere exhaustivă și competentă a sistemelor de bare de control este conținută
în documentul Agenției Internaționale pentru Energie Atomică IAEA- TECDOC-1132 "
Control Assembly Materials for Water Reactors: Experience, Performance and Perspective".

39 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui sistem de bare
de control mai fiabil, care să permită creșterea securității nucleare a reactorului de cercetare,
41 dar și a eficienței acestuia, și care să înlăture deficiențele constructive și de
exploatare/mentenanță ale modelului de bară cu inel pătrat din carbură de bor întecuit între
43 mantale de Al, deficiențe ce au drept consecință ultimă blocarea barei de control în ghidajul
din zona activă a reactorului, considerată incident de exploatare.

45 Bara de control pentru reactor nuclear de cercetare, conform invenției, rezolvă
această problemă tehnică, prin aceea că este alcătuită din pini absorbanți, grupați, cu
47 dispunere paralelă, în interiorul unei casete de ghidaj, și fixați la partea superioară cu un
dispozitiv de prindere și deplasare, fiecare pin absorbant fiind compus dintr-un tub de
49 zircaloy, cu coloane de pastile sinterizate din carbură de bor, absorbante de neutroni, cu

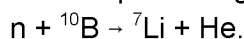
RO 123509 B1

densitate de minimum 70% DT, întecuite individual, astfel încât să existe un plenum pentru	1
acumularea de heliu în partea superioară a tubului. Pentru mărirea eficienței barei de control	
în domeniul neutronilor termici, pini absorbanți sunt dispuși vertical, pe conturul periferic al	3
secțiunii barei de control, în vecinătatea casetei de ghidaj și sunt susținuți de o coloană	
centrală pentru apă, fiind fixați în jurul acesteia, prin intermediul unor grile: superioară, inter-	5
mediară și inferioară. Coloana centrală este solidarizată cu o flanșă de cuplare și un flotor	
de compensare a greutății aparente, la partea superioară, și cu un următor, la partea	7
inferioară, și are niște orificii de circulare a apei prin interiorul unui canal central.	
Bara de control cu pini absorbanți, conform invenției, are următoarele avantaje față	9
de barele de control cu absorbant în formă de inel pătrat, pe care le înlocuiește:	
- realizarea sau procurarea coloanelor de pastile din carbură de bor este mult mai	11
economică decât procurarea compactelor masive sub formă de inel pătrat;	
- în cazul barelor de control cu element absorbant de tip pin (țeavă cilindrică subțire),	13
acesta este cu mult mai rezistent la umflare decât bara de control cu manta din țeavă pătrată	
din Al, la care presiunea internă acumulată deformează foarte ușor mantaua externă, ceea	15
ce poate duce la blocarea barei în ghidaj;	
- în cazul barei de control cu pini, nu mai este necesară vidarea, specifică barelor de	17
control cu manta din țeavă pătrată din Al, și deci nici elemente constructive pentru această	
operație (traseu de vidare, flanșe cu garnitură de etanșare, robinet), elemente care ele însele	19
pot deveni locul unor neetanșeități, și se reduce și numărul de zone susceptibile de	
coroziune și de pierdere a etanșeității;	21
- în cazul barei de control cu pini absorbanți ce face obiectul prezentei invenții, și	
procedul de închidere este mult mai performant și mai bine controlat decât o sudură TIG	23
manuală pe tablă din aluminiu (fiind un proces automat licențiat pentru fabricația de	
combustibil nuclear), iar o eventuală pierdere de etanșeitate la un element absorbant nu	25
antrenează umflarea structurii și blocarea în ghidaj - cele descrise în acest paragraf fiind	
avantajele esențiale ale barei de control din prezenta invenție;	27
- pentru bara de control din prezenta invenție, nu mai este necesară operația	
periodică de evacuare a heliului acumulat în structura barei, ceea ce înseamnă că practic,	29
structura absorbantă nu mai necesită niciun fel de mentenanță pe parcursul duratei de	
utilizare.	31
Invenția este prezentată pe larg, în continuare, în legătură și cu fig. 1...3, care	
reprezintă:	33
- fig. 1, o secțiune transversală printr-o bară de control cu carbură de bor cunoscută,	
în formă de inel pătrat și manta din țeavă pătrată din aluminiu;	35
- fig. 2, secțiune transversală prin bara de control cu pini absorbanți, conform	
invenției;	37
- fig. 3, secțiune longitudinală prin bara de control cu pini absorbanți, conform	
invenției.	39
Pentru bara de control ce face obiectul prezentei invenții, caracteristica esențială	
constă în distribuția absorbantului de neutroni, și anume, distribuția discontinuă, sub formă	41
de coloane de pastile 2 din carbură de bor, întecuite în pini absorbanți A de Zircaloy-4, și	
dispuse periferic pe cele 4 laturi ale secțiunii transversale ale barei, cu un număr egal de pini	43
pe fiecare latură (spre deosebire de așezarea absorbantului sub forma continuă pe periferia	
secțiunii transversale, sau pini în aranjament lamelar sau cruciform). Carbură de bor,	45
conținută în pastilele 2 ce alcătuiesc coloanele, poate fi cu compoziție izotopică naturală sau	
îmbogătită în izotopul Bor-10, și poate avea o densitate de minimum 70% din densitatea	47
teoretică.	

RO 123509 B1

1 Întecuirea absorbantului de neutroni (carbura de bor) se face în tuburi **4** din
Zircaloy-4, utilizând o tehnologie de închidere dop-teacă licențiată pentru fabricația de
3 componente nucleare de clasa 1 (combustibil nuclear), elemente numite în continuare "pini
absorbanti".

5 Pinul absorbant **A** conține atât coloana de pastile **2** din carbură de bor, cât și un
spațiu liber (plenum) în partea superioară, destinat acumulării heliului rezultat în funcționare,
7 din reacția nucleară de captură a neutronului, cu eliberare de heliu, calculat astfel încât să
suporte presiunea internă, dezvoltată pe întreaga durată de viață a barei de control:



9 Pini absorbanti ce intră în componența unei bare din prezenta invenție sunt asamblați
11 într-o structură rigidă, care conservă cât mai multe dintre proprietățile mecanice și
hidrodinamice ale barei pe care o va înlocui (gabarit, interfețe, greutate aparentă, rezistență
13 hidrodinamică la curgerea agentului primar prin locația barei de control). Structura este
acționată pentru a culisa pe verticală, de către același element de acționare, ca și bara pe
15 care o înlocuiește.

17 Pentru comparație, în fig. 1, se arată o casetă de ghidare **1**, care este fixă în zona
activă a reactorului, și în care culisează bara de control propriu-zisă. Carbură de bor **2** este
sub formă de inele pătrate, întecuite între o manta externă **3** și o manta internă **4** din țeavă
19 pătrată din aluminiu. Bara de control este imersată în agentul primar al reactorului, care este
apa ușoară. Apa are o circulație descendentă atât prin canalul central al barei, cât și prin
21 interstițiul dintre caseta de ghidare **1** și mantaua externă **3**. Apa din canalul central are rolul
de a termaliza neutronii rapizi ce traversează dinspre exterior spre interior inelul pătrat din
23 carbură de bor **2**, pentru a-i aduce în zona de energie, unde secțiunea de captură pentru ${}^{10}\text{B}$
devine importantă.

25 Conform fig. 2 , bara de control cu pini absorbanti, conform invenției, păstrează
aceeași casetă de ghidare **1**, dar inelul pătrat din carbură de bor este înlocuit de 16 bucăți
27 de pini absorbanti **A**, alcătuiți din coloane de pastile **2** din carbură de bor, întecuite individual,
în câte un tub **5** de zircaloy cu pereți subțiri.

29 Cele două mantale sunt înlocuite de o coloană centrală **6**, care nu mai are rol de
închidere a carburii de bor, aceasta având rol structural, de a susține cei 16 pini absorbanti
31 **A**, poziționând și centrând totodată alte componente ale barei de control.

33 În fig. 3, se observă o flanșă de cuplare **7**, care este interfața de legătură către
mecanismul electromecanic de acționare și un flotor **8**, utilizat pentru scăderea greutății
aparente a barei de control, până la o valoare suportată de electromagnetul de cuplare al
35 mecanismului de acționare. Agentul primar - apa - este condus într-un canal **b** din coloana
centrală **6**, prin patru orificii de intrare **a**, și iese din structura barei prin patru orificii de ieșire
37 **c**, aflate în partea inferioară, la cuplarea cu un urmăritor **12** (bloc paralipedic plin, din
aluminiu, prezent și la bara de control cu inel pătrat din carbură de bor).

39 Se păstrează astfel funcția de termalizare a neutronilor în apă ușoară, din zona
centrală a barei de control. Coloana centrală **6** susține și poziționează pini absorbanti **A** prin
41 intermediul unei grile superioare **9**, a trei grile intermediare **10** și a unei grile inferioare **11**.

43 Bara de control cu pini absorbanti **A**, realizată conform descrierii de mai sus, având
coloane de pastile **2**, cu înălțimea de 595 mm și densitate de minimum 70% din cea
teoretică, a fost testată pentru determinarea celor două caracteristici de bază: timpul de
45 cădere și capacitatea de compensare (reactivitatea negativă). Timpul de cădere s-a încadrat
în valorile normale, iar capacitatea de compensare a fost cu numai 8% mai scăzută în
47 comparație cu o bara cu inel pătrat din carbură de bor.

RO 123509 B1

Revendicare

Bară de control pentru reactor nuclear de cercetare, cu pini absorbantți, grupați, cu dispunere paralelă, în interiorul unei casete de ghidaj (1), fiecare pin absorbant (A) fiind compus dintr-un tub (5) de zircaloy, cu coloane de pastile sinterizate (2) din carbură de bor absorbante de neutroni, cu densitate de minimum 70% DT, întecuite individual, astfel încât să existe un plenum pentru acumularea de heliu în partea superioară a tubului (5), caracterizată prin aceea că, pentru mărirea eficienței barei de control în domeniul neutronilor termici, concomitent cu eliminarea posibilității de blocare în ghidaj, pinii absorbantți (A) sunt dispuși vertical, doar pe conturul periferic al secțiunii barei de control, în vecinătatea casetei de ghidaj (1), menținând astfel un spațiu central pentru apă, și sunt susținuți de o coloană centrală (6) și trei grile: superioară (9), intermediară (10) și inferioară (11), coloana centrală (6) fiind solidarizată cu o flanșă de cuplare (7) și un flotor (8) de compensare a greutății aparente, la partea superioară, și cu un urmăritor (12), la partea inferioară, și având niște orificii (a, c) de circulare a apei prin interiorul unui canal (b) central.

(51) Int.Cl.

G21C 7/103 (2006.01),

G21C 7/117 (2006.01)

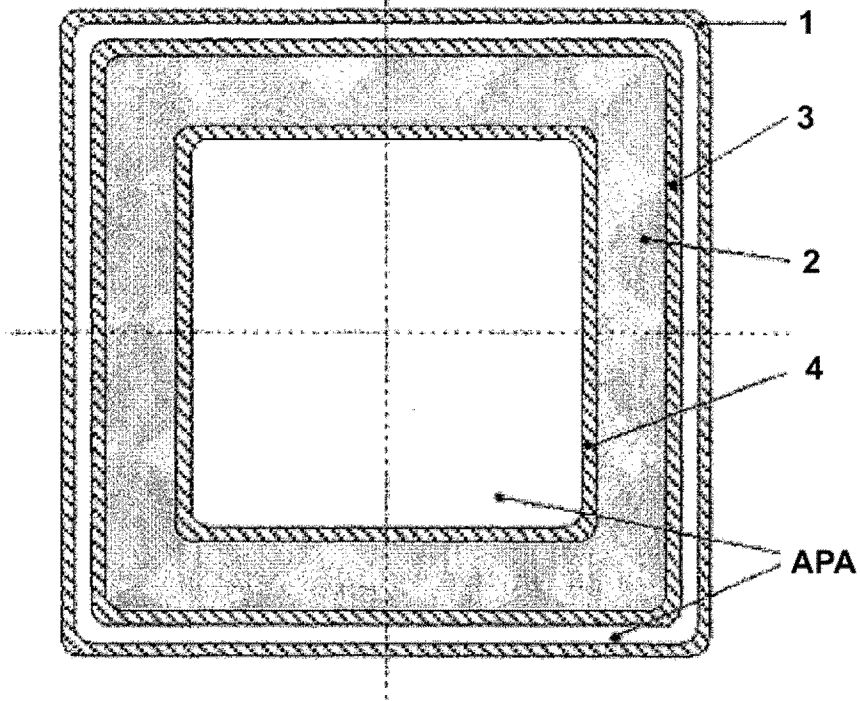


Fig. 1

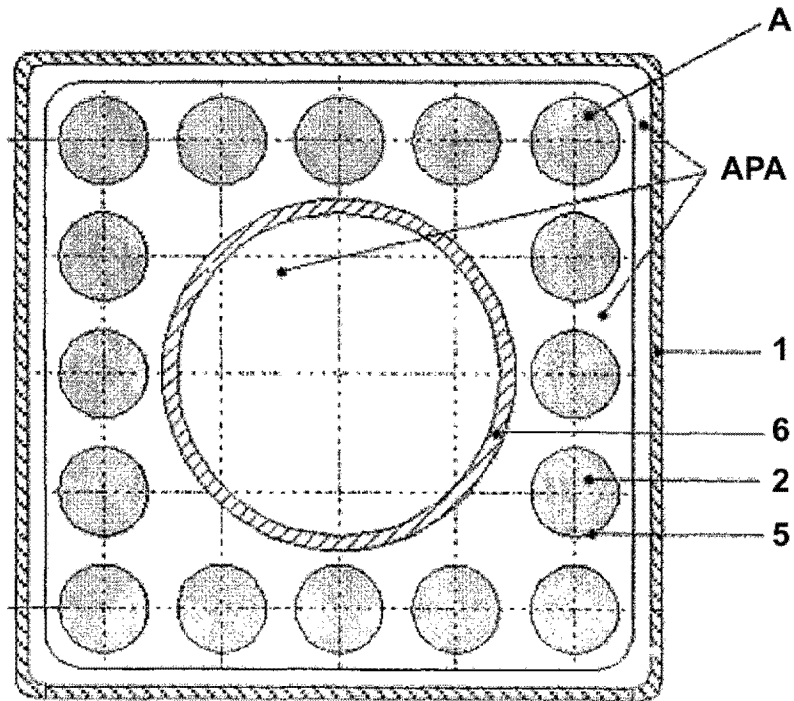


Fig. 2

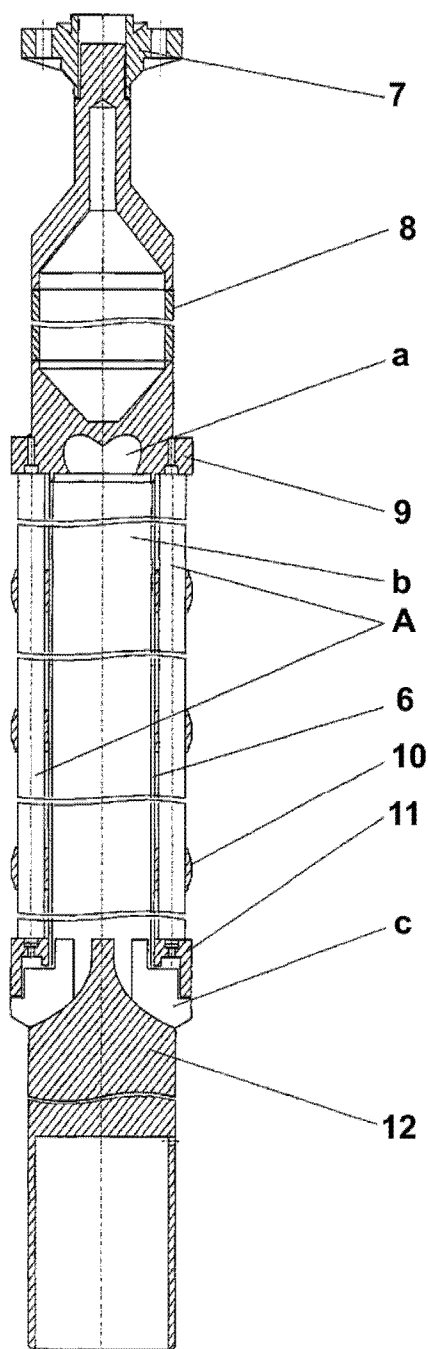


Fig. 3

