



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00933

(22) Data de depozit: 22/06/2018

(30) Prioritate:

23/06/2017 US 62/524422

(41) Data publicării cererii:

30/06/2020 BOPI nr. 6/2020

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. CA 2018/050775 22/06/2018

(87) Publicare internațională:

Nr. WO 2018/232530 27/12/2018

(71) Solicitant:

• CANDU ENERGY INC.,
2251 SPEAKMAN DRIVE, MISSISSAUGA,
L5K1B2, ONTARIO, CA

(72) Inventatori:

• STRANART JEAN-CLAUDE,
63 NORGROVE CRESCENT, TORONTO,
ONTARIO, M9P3C7, CA;
• ZIAEI REZA, 82 DON RIVER BLVD.,
TORONTO, ONTARIO, M2N2M9, CA

(74) Mandatar:

ROMINVENT S.A.,
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,
SECTOR 1, BUCUREȘTI

(54)

SISTEM ȘI METODĂ PENTRU ALINIAREA TUBURILOR UNUI REACTOR NUCLEAR ȘI FITINGURILOR DE CAPĂT, UTILIZÂND ROTAȚIA TUBURILOR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de orientare a unui tub de presiune în raport cu un tub calandria într-un ansamblu de canale de combustibil al unui reactor nuclear. Metoda, conform invenției, include orientarea unui subsansamblu, cuprinzând un tub de presiune cuplat cu un prim fitting de capăt în ansamblul de canale de combustibil, într-o poziție intermediară, poziția intermediară fiind bazată pe o orientare a unui arc al tubului de presiune, cuplarea subsansamblului cu un al doilea fitting de capăt poziționat la o placă de tuburi de reactor, rotirea subsansamblului și a celui de-al doilea fitting de capăt pentru a orienta tubul de presiune într-o poziție operațională, și securizarea tubului de presiune în această poziție operațională.

Revendicări: 23

Figuri: 6

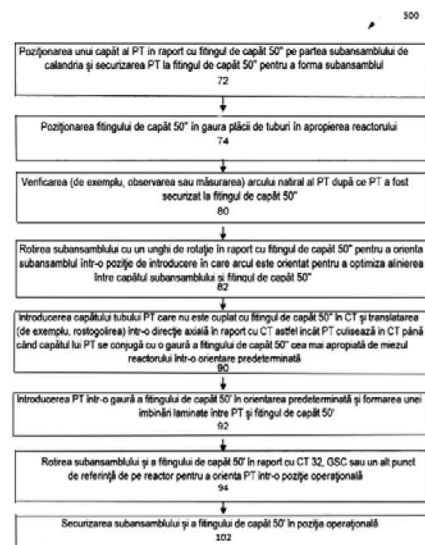


Fig. 5

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 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).



82

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <i>a 2019 00933</i>
Data depozit <i>22-06-2018</i>

SISTEM ȘI METODĂ PENTRU ALINIAREA TUBURILOR UNUI REACTOR NUCLEAR ȘI FITINGURILOR DE CAPĂT UTILIZÂND ROTAȚIA TUBURILOR

REFERINȚĂ LA CERERI ASOCIATE

[0001] Această cerere revendică toate avantajele, inclusiv prioritatea cererii de brevet provizorie din Statele Unite ale Americii 62/524,422, depusă la 23 iunie 2017 și intitulată: "SISTEM ȘI METODĂ PENTRU ALINIAREA TUBURILOR UNUI REACTOR NUCLEAR ȘI FITINGURILOR DE CAPĂT UTILIZÂND ROTAȚIA TUBURILOR", care este încorporată prin citare în integralitatea ei.

DOMENIUL

[0002] Prezenta invenție se referă la domeniul ansamblurilor de canale de combustibil ale unui reactor nuclear și unele exemple de realizare se referă la sisteme și metode de poziționare a unui tub de presiune în raport cu un tub calandria într-un ansamblu de canale de combustibil al reactorului nuclear.

CONTEXTUL INVENȚIEI

[0003] Reactoarele nucleare sunt concepute pentru a avea o durată de viață operațională. De exemplu, reactoarele de tip CANDU™ ("CANada Deuterium Uranium") din a doua generație pot fi proiectate să funcționeze aproximativ 25-30 de ani. După acest timp, canalele de combustibil existente pot fi eliminate și pot fi instalate canale de combustibil noi.

[0004] Alinierea corectă a componentelor canalului de combustibil, care poate include poziționarea tuburilor alungite în deschiderile sau găurile existente, poate fi o provocare.

REZUMAT

[0005] Într-un exemplu de realizare, invenția oferă o metodă de asamblare a unui ansamblu de canale de combustibil al unui reactor nuclear. Metoda include: orientarea unui subansamblu cuprinzând un tub de presiune cuplat cu un prim fitting de capăt, în ansamblul de canale de combustibil într-o poziție intermediară, poziția

intermediară fiind bazată pe o orientare a arcului tubului de presiune; cuplarea subansamblului cu un al doilea fitting de capăt poziționat la o placă de tuburi de reactor; rotirea subansamblului și a celui de-al doilea fitting de capăt pentru a orienta tubul de presiune într-o poziție operațională; și fixarea tubului de presiune în poziția operațională.

[0006] Într-o altă formă de realizare, invenția oferă o metodă de asamblare a unui ansamblu de canale de combustibil al unui reactor nuclear. Metoda include determinarea unei orientări a arcului unui tub de presiune al ansamblului de canale de combustibil; determinarea unei orientări a arcului unui tub calandria al ansamblului de canale de combustibil; instalarea tubului calandria într-o poziție operațională; orientarea tubului de presiune față de un prim fitting de capăt într-o orientare predeterminată; cuplarea tubului de presiune cu primul fitting de capăt pentru a forma un subansamblu; orientarea subansamblului într-o poziție de introducere; introducerea subansamblului în tubul calandria; cuplarea subansamblului cu un al doilea fitting de capăt poziționat într-o placă de tuburi de reactor într-o orientare predeterminată; rotirea subansamblului și a celui de-al doilea fitting de capăt în raport cu tubul calandria pentru a orienta tubul de presiune într-o poziție operațională.

[0007] Într-o altă formă de realizare, invenția furnizează o metodă pentru orientarea unui tub de presiune al unui reactor nuclear în raport cu un tub calandria al reactorului nuclear. Metoda include fixarea tubului calandria în reactorul nuclear într-o orientare oarecare; cuplarea tubului de presiune cu un prim fitting de capăt pentru a forma un subansamblu; rotirea tubului de presiune în raport cu tubul calandria pentru a orienta un arc al tubului de presiune într-o orientare predeterminată; introducerea tubului de presiune în tubul calandria; și rotirea tubului de presiune în raport cu tubul calandria pentru a orienta tubul de presiune în poziția operațională.

[0008] Într-o altă formă de realizare, invenția furnizează o metodă pentru orientarea unui tub de presiune al unui reactor nuclear în raport cu un tub calandria al reactorului nuclear. Metoda include fixarea tubului calandria în reactorul nuclear într-o orientare preferată; cuplarea tubului de presiune cu un prim fitting de capăt pentru a forma un subansamblu, tubul de presiune fiind într-o orientare oarecare în raport cu primul fitting de capăt; introducerea tubului de presiune în tubul calandria; cuplarea subansamblului cu un al doilea fitting de capăt; rotirea subansamblului și a celui de-al doilea fitting de capăt în raport cu un punct de referință al reactorului către o orientare predeterminată; cuplarea tubului de presiune la cel de-al doilea fitting de capăt;

fixarea tubului de presiune la al doilea fitting de capăt pe fața reactorului în orientarea predeterminată; și rotirea subansamblului și a celui de-al doilea fitting de capăt în raport cu tubul calandria pentru a orienta tubul de presiune într-o poziție operațională.

[0009] Alte aspecte ale invenției vor deveni evidente luând în considerare descrierea detaliată și desenele însoțitoare.

SCURTĂ DESCRIERE A DESENELOR

[0010] FIG. 1 este o vedere în perspectivă a unui reactor tip CANDU™.

[0011] FIG. 2 este o vedere secționată a unui ansamblu de canale de combustibil al unui reactor tip CANDU™.

[0012] FIG. 3 este o reprezentare schematică a unei secțiuni transversale a unui canal de combustibil al reactorului într-o poziție operațională, conform unui exemplu de realizare a invenției.

[0013] FIG. 4 este o reprezentare schematică a unui canal de combustibil al reactorului într-o poziție de introducere în conformitate cu un exemplu de realizare a invenției.

[0014] FIG. 5 este o diagramă care ilustrează un procedeu de instalare pentru instalarea unui tub de presiune în reactor, conform unui exemplu de realizare a invenției.

[0015] FIG. 6 este o diagramă care ilustrează aspectele unui exemplu de proces de instalare pentru instalarea unui tub de presiune în reactor, conform unui exemplu de realizare a invenției.

DESCRIEREA DETALIATĂ

[0016] Înainte de a fi explicate în detaliu orice realizare a invenției, trebuie înțeles că INVENȚIA nu este limitată în aplicarea sa la detaliile de construcție și la dispunerea componentelor prezentate în descrierea următoare sau ilustrate în desenele însoțitoare. Invenția este capabilă de alte exemple de realizare și de a fi practică sau de a fi realizată în diverse moduri. În orice realizare dezvăluită, termenii „aproximativ” sau „în general” pot fi înlocuiți cu „într-un procent din” ceea ce este specificat, unde procentul include 0,1, 1,5 și 10 procente.

[0017] FIG. 1 este o perspectivă a miezului de reactor al unui exemplu de reactor cu apă grea sub presiune de tip CANDU™ (PHWR) 6. În unele exemple, PHWR poate fi un reactor CANDU™ de 100-300 MW, un reactor CANDU™ de 600 MW, un reactor CANDU™ de 900 MW sau un reactor CANDU™ de 1000 MW. Miezul reactorului este conținut în mod tipic într-o boltă care este sigilată cu un blocaj de aer pentru controlul și protecția radiațiilor. Deși aspectele invenției sunt descrise cu referire specială la reactorul de tip CANDU™ 6 pentru comoditate, invenția nu se limitează la reactoarele tip CANDU™ și poate fi utilă și în afara acestui domeniu particular. Revenind la FIG. 1, un vas în general cilindric, cunoscut sub numele de calandria 10 al reactorului de tip CANDU™ 6, conține un moderator de apă grea. Calandria 10 are o carcasă inelară 14 și o placă de tuburi 18 la un prim capăt 22 și la un al doilea capăt 24. Plăcile de tuburi 18 includ o multitudine de deschideri (denumite aici "găuri") care acceptă fiecare un ansamblu de canale de combustibil 28. Așa cum se arată în FIG. 1, o serie de canale de combustibil 28 trec prin plăcile de tuburi 18 ale calandria 10 de la primul capăt 22 la al doilea capăt 24.

[0018] La fel ca în exemplul de realizare ilustrat în FIG. 1 și 2, în unele exemple de realizare, miezul reactorului este prevăzut cu doi pereți la fiecare capăt 22, 24 al miezului de reactor: un perete interior definit de placa de tuburi 18 la fiecare capăt 22, 24 al miezului de reactor și un peretele exterior 64 (denumit adesea "scut de capăt") amplasat la o distanță în exteriorul plăcii de tuburi 18 la fiecare capăt 22, 24 al miezului de reactor. Un tub de grătar 65 se întinde pe distanța dintre placa de tuburi 18 și scutul de capăt 64 la fiecare pereche de găuri 19 (adică, în placa de tuburi 18 și respectiv scutul de capăt 64).

[0019] FIG. 2 este o vedere secționată a unui ansamblu de canale de combustibil 28 al miezului de reactor ilustrat în FIG. 1. După cum este ilustrat în FIG. 2, fiecare ansamblu de canale de combustibil 28 include un tub calandria ("CT") 32 care înconjoară alte componente ale ansamblului de canale de combustibil 28. Tuburile CT 32 acoperă fiecare distanța dintre plăcile de tuburi 18. De asemenea, capetele opuse ale fiecărui CT 32 sunt primite în interior și sigilate la nivelul găurilor 19 respective din plăcile de tuburi 18. În unele exemple de realizare, se folosește o inserție de îmbinare laminată, de exemplu inserția de tub calandria 34 pentru a fixa CT 32 la placa de tuburi 18 în interiorul găurilor 19. Un tub de presiune ("PT") 36 formează un perete interior al ansamblului de canale de combustibil 28. PT 36 asigură o conductă pentru agentul de răcire al reactorului și fasciculele sau

ansamblurile de combustibil 40. PT 36, de exemplu, susține în general două sau mai multe ansambluri de combustibil 40 și acționează ca o conductă pentru agentul de răcire al reactorului care trece prin fiecare ansamblu de combustibil 40. Un spațiu inelar 44 este definit de un gol între fiecare PT 36 și CT 32 corespunzător. Spațiul inelar 44 este umplut în mod normal cu un gaz circulant, cum ar fi dioxid de carbon uscat, heliu, azot, aer sau amestecuri ale acestora. Unul sau mai multe distanțiere inelare sau arcuri cu manșetă 48 sunt dispuse între CT 32 și PT 36. Distanțierile inelare 48 mențin golul dintre PT 36 și CT 32 corespunzător, permițând în același timp trecerea gazului inelar prin și în jurul distanțierelor inelare 48.

[0020] Așa cum se arată și în FIG. 2, fiecare capăt al fiecărui ansamblu de canale de combustibil 28 este prevăzut cu un ansamblu fitting de capăt 50 situat în afara plăcii de tuburi 18 corespunzătoare. La capătul terminal al fiecărui ansamblu fitting de capăt 50 este prevăzut dop de închidere 58. Fiecare fitting de capăt 50 include de asemenea un ansamblu de alimentare 54. Ansamblurile de alimentare 54 alimentează agentul de răcire al reactorului în sau îndepărtează agentul de răcire al reactorului din tuburile PT 36 prin intermediul tuburilor de alimentare 59 (FIG. 1). În particular, pentru un singur ansamblu de canale de combustibil 28, ansamblul de alimentare 54 de la un capăt al ansamblului de canale de combustibil 28 acționează ca un alimentator de intrare, iar ansamblul de alimentare 54 de la capătul opus al ansamblului de canale de combustibil 28 acționează ca un alimentator de ieșire. Așa cum se arată în FIG. 2, ansamblurile de alimentare 54 pot fi atașate la ansamblurile de fittinguri de capăt 50 folosind un ansamblu de cuplare 56 care include un număr de șuruburi, șaibe, garnituri și/sau alte tipuri de conectori. Tubul de grătar 65 (descriș mai sus) înglobează conexiunea dintre ansamblul fitting de capăt 50 și PT 36 care conține ansamblurile de combustibil 40. Rulmenții cu bile de protecție 66 și apa de răcire înconjoară exteriorul tuburilor de grătar 65, ceea ce oferă o protecție suplimentară împotriva radiațiilor. În construcția ilustrată, fittingurile de capăt 50 sunt cuplate cu capetele tuburilor PT 36. În scopul comodității, atunci când ne referim la fittingurile de capăt 50 specifice, fittingul de capăt 50 cel mai apropiat de fața reactorului va fi indicat cu simbolul " " și fittingul de capăt 50 cel mai aproape de o parte a subansamblului (de exemplu, partea ansamblului de canale de combustibil 28 cea mai îndepărtată de fața reactorului) va fi indicat cu simbolul " " .

[0021] Revenind la FIG. 2, un ansamblu armătură de poziționare 60 și burduful 62 sunt de asemenea cuplate la fiecare ansamblu fitting de capăt 50. Burduful 62 lasă

ansamblurile de canale de combustibil 28 să se miște axial - o capacitate care poate fi importantă atunci când ansamblurile de canale de combustibil 28 suferă modificări de lungime în timp, ceea ce este frecvent în multe reactoare. Ansamblurile de armături de poziționare 60 pot fi utilizate pentru a seta un capăt al unui ansamblu de canale de combustibil 28 fie într-o configurație blocată care fixează poziția axială, fie într-o configurație deblocată. Ansamblurile de armături de poziționare 60 sunt de asemenea cuplate la scutul de capăt 64. Ansamblurile de armături de poziționare 60 ilustrate includ fiecare o tijă având un capăt care este primit într-o gaură a scutului de capăt 64 respectiv. În unele exemple de realizare, capătul tijei și gaura din scutul de capăt 64 sunt filetate. Din nou, trebuie înțeles că, deși un reactor tip CANDU™ este ilustrat în FIG. 1-2, dezvăluirea se poate aplica și altor tipuri de reactoare, inclusiv reactoarelor care au componente similare cu cele ilustrate în FIG 1-2.

[0022] Pe măsură ce reactorul 6 îmbătrânește, poate fi necesară eliminarea tuburilor CT 32 și a tuburilor PT 36 și înlocuirea tuburilor CT 32 și a tuburilor PT 36 cu tuburi CT 32 și PT 36 noi într-un procedeu cunoscut sub numele de "re-tubare". În unele exemple de realizare, tuburile PT 36 sunt instalate în tuburile CT 32 nou instalate. În alte exemple de realizare, tuburile PT 36 pot fi instalate în tuburile CT 32 existente.

[0023] Poziționarea tuburilor CT 32 și a tuburilor PT 36 este complexă datorită formei CT-urilor și a PT-urilor. CT-urile 32 și PT-urile 36 au o formă înclinată în raport cu un punct de referință, cum ar fi o linie centrală axială, datorită formei alungite și a procesului de fabricație. În unele cazuri, o porțiune înclinată a CT 32 sau a PT 36 poate fi localizată în apropierea unui centru al CT 32 sau al PT 36. În alte cazuri, porțiunea înclinată a CT 32 sau a PT 36 poate fi în afara centrului, de exemplu mai aproape de unul dintre capetele CT 32 sau PT 36, sau de unul dintre capetele CT 32 sau ale PT 36. Un arc al tuburilor CT 32 sau un arc al tuburilor PT 36 este măsurat în general înainte ca tuburile CT 32 sau tuburile PT 36 să fie instalate în reactorul 6 pentru a determina o poziție a arcului într-o orientare de rotație și într-o locație axială. Termenul „orientare de rotație” este utilizat în general pentru a se referi la o orientare unghiulară în raport cu un punct de referință cunoscut, cum ar fi „poziția orei 12”. Termenul „locație axială” este utilizat în general pentru a se referi la o poziție de-a lungul unei extinderi longitudinale a CT 32 sau PT 36. În unele exemple de realizare, tuburile PT 36 includ marcaje pentru a indica orientarea de rotație și/sau poziția axială a arcului. Întrucât tuburile PT 36 sunt poziționate în interiorul tuburilor CT 32, arcul fiecărui PT 36 este orientat rotativ și axial în raport cu fiecare CT 32 respectiv,

asigură că spațiul inelar 44 dintre PT 36 și CT 32 este dimensionat adecvat pentru a permite circulația gazelor în spațiul inelar 44.

[0024] În unele exemple de realizare, arcul tuburilor CT 32 sau arcul tuburilor PT 36 pot fi măsurate de producător la punctul de fabricație. În alte exemple de realizare, arcul tuburilor CT 32 sau PT 36 poate fi măsurat la fața locului (de exemplu, la punctul de instalare sau la o locație de impementare din apropiere) pentru a ține cont de orice modificare a arcului tuburilor CT 32 sau PT 36 care a avut loc în timpul transportului. În unele exemple de realizare, arcul tuburilor CT 32 sau arcul tuburilor PT 36 pot fi măsurate cu ajutorul unui laser.

[0025] FIG. 3 ilustrează o reprezentare schematică a unei secțiuni transversale a unui ansamblu de canale de combustibil 28 într-o poziție operațională în conformitate cu unele exemple de realizare. Așa cum se arată în FIG. 3, CT 32 și PT 36 nu sunt susținute în mare măsură de-a lungul extinderii lor longitudinale atunci când CT 32 și PT 36 sunt instalate în reactorul 6. În poziția operațională, CT 32 și PT 36 sunt poziționate în general astfel încât arcurile să fie orientate în sus (de exemplu, poziția arcului maxim este în jos în raport cu capetele CT 32 sau PT 36). O multitudine de arcuri cu manșetă 48 este poziționată de-a lungul întinderii longitudinale a PT 36 pentru a preveni contactul între PT 36 și CT 32. În realizarea din FIG. 3, ansamblul de canale de combustibil 28 include patru arcuri cu manșetă 48. Poziția arcului tubului CT 32 este, în general, în apropierea unui al treilea arc cu manșetă 48". Poziția arcului poate fi diferită în alte exemple de realizare sau în aplicații care utilizează mai multe sau mai puține arcuri cu manșetă 48.

[0026] FIG. 4 ilustrează o reprezentare schematică a unei secțiuni transversale a unui ansamblu de canale de combustibil 28 într-o poziție de introducere în conformitate cu unele exemple de realizare. PT 36 arătat FIG. 4 a fost rotit în general cu 180 de grade în raport cu poziția operațională (FIG. 3), astfel încât arcul tubului PT 36 este orientat în jos (de exemplu, poziția arcului maxim este în sus față de capetele CT 32 sau PT 36) .

[0027] FIG. 5 este o diagramă care ilustrează un proces de instalare pentru PT 36 al reactorului 6 conform unui exemplu de realizare a invenției. În timpul procesului de instalare, PT 36 este poziționat cu CT 32, care a fost fixat în găurile plăcii de tuburi 18 folosind inserții de îmbinare laminate CT 34. Ca o etapă inițială, un capăt al PT 36 este poziționat în raport cu fittingul de capăt 50" și fixat la fittingul de capăt pentru a forma un subansamblu 38 (blocul 72). În unele exemple de realizare, PT 36 este

poziționat într-o orientare predeterminată sau optimizată în ceea ce privește fittingul de capăt 50". În unele exemple de realizare, PT 36 este cuplat cu fittingul de capăt 50" în afara locației, de exemplu într-o cameră curată. În alte exemple de realizare, PT 36 este cuplat cu fittingul de capăt 50" în locație de lucru. Fittingul de capăt 50' este cuplat cu placa de tuburi 18 în apropierea feței reactorului (blocul 74). În unele exemple de realizare, blocul 72 poate apărea înainte de blocul 74, blocul 72 poate apărea după blocul 74, sau blocul 72 poate apărea în același timp cu blocul 74. După ce PT 36 a fost fixat la fittingul de capăt 50", arcul natural al PT 36 este verificat (de exemplu, orientarea rotativă și/sau poziția axială este vizualizată sau măsurată) (blocul 80). Subansamblul 38 este apoi rotit cu un unghi de rotație în raport cu fittingul de capăt 50' pentru a orienta subansamblul 38 într-o poziție de introducere în care arcul este orientat pentru a optimiza alinierea între capătul PT 36 și fittingul de capăt 50' (FIG. 4) (blocul 82). Unghiul de rotație poate fi între 0 și 360 de grade. În unele exemple de realizare, unghiul de rotație este de aproximativ 180 de grade în raport cu o orientare în sus a arcului (de exemplu, arcul cu fața în jos) pentru a determina forța de gravitație care acționează asupra PT 36 pentru a reduce arcul. În alte exemple de realizare, unghiul de rotație este de aproximativ 90 de grade de la o orientare în sus a arcului, pentru a reduce curbarea zonei arcuite datorită gravitației. În exemplele de realizare în care poziția de rotație a arcului tubului PT 36 este marcată, marcajul pe PT 36 poate fi aliniat cu o poziție specifică de-a lungul unei circumferințe a CT 32 sau a plăcii de tuburi 18 (de exemplu, „poziția orei 12”).

[0028] Cu referire continuă la FIG. 5, un capăt al PT 36 care nu este cuplat cu fittingul de capăt 50" este introdus în CT 32 și PT 36 este apoi translatat (de exemplu, rostogolit) într-o direcție axială 86 (FIG. 3) în raport cu CT 32, astfel încât PT 36 alunecă în interiorul CT 32 până când capătul tubului PT 36 se conjugă cu o gaură a fittingului de capăt 50' cea mai aproape de fața reactorului într-o orientare predeterminată (blocul 90). Rotirea subansamblului 38 descrisă în blocul 82 orientează arcul PT 36 pentru a reduce efectul alinierii induse de gravitație a arcului tubului PT 36 și gaura fittingului de capăt 50' pentru a îmbunătăți alinierea între PT 36 și fittingul de capăt 50'. În exemplele de realizare în care poziția axială a arcului axial al PT 36 este marcată, rostogolirea axială se oprește atunci când marcajul pe PT 36 atinge o poziție axială predeterminată în raport cu fittingul de capăt 50'. În continuare, PT 36 este complet introdus în gaura fittingului de capăt 50' în orientarea predeterminată și se formează o îmbinare laminată între PT 36 și fittingul de capăt 50'

(blocul 92). În continuare, subansamblul 38 și fittingul de capăt 50' sunt rotite în raport cu CT 32, GSC sau un alt punct de referință al reactorului 6 pentru a orienta PT 36 în poziția operațională (FIG. 3) (blocul 94). În unele exemple de realizare, subansamblul 38 este rotit în direcția opusă și cu aproximativ același unghi ca și rotirea din blocul 82. Subansamblul 38 și fittingul de capăt 50' sunt apoi fixate în poziția operațională (blocul 102). În unele exemple de realizare, PT 36 este securizat în raport cu CT 32 atunci când PT 36 este în poziția operațională. În unele exemple de realizare, PT 36 este poziționat în raport cu linia centrală a CT 32, în raport cu o gaură din placa de tuburi 10, GCS sau un alt punct de referință al reactorului 6. În alte exemple de realizare, PT 36 poate fi poziționat astfel încât arcul PT 36 să fie aliniat cu arcul tubului CT 32. În alte exemple de realizare, PT 36 poate fi orientat în orice poziție axială sau de rotație în raport cu CT 32.

[0029] În unele exemple de realizare, arcul tubului CT 32 poate fi măsurat după ce CT 32 a fost fixat în găurile plăcii de tuburi 18. O orientare de rotație sau axială a arcului tubului PT 36 poate fi măsurată înainte ca PT 36 să fie rulat în CT 32, după ce PT 32 a fost rotit în CT 32, dar înainte ca PT 36 să fie rotit în poziția operațională sau în orice moment în timpul rulării PT 36 în CT 32. O orientare de rotație sau axială a arcului tubului PT 36 poate fi măsurată după ce PT 36 a fost rotit în poziția operațională, dar înainte ca PT 36 să fie securizat în raport cu CT 32. O orientare de rotație sau axială a arcului tubului PT 36 poate fi măsurată după ce PT 36 a fost securizat în poziția operațională. În unele exemple de realizare, niciuna dintre aceste măsurători nu este luată. În alte exemple de realizare, unele dintre aceste măsurători pot fi luate sau toate aceste măsurători pot fi luate.

[0030] În unele exemple de realizare, o platformă de echipamente pentru re-tubare ("RTP") și alte suporturi de echipamente și echipamente pot fi instalate în apropierea reactorului 6 în timpul operațiilor de re-tubare. RTP este o platformă reglabilă pe care se efectuează o mare parte din operațiile de îndepărtare și instalare a componentelor canalului de combustibil. În unele exemple de realizare, RTP este o mașină de sine stătătoare care nu se bazează pe structurile instalației existente pentru poziționare sau mișcare. RTP poate fi amplasată cu precizie în interiorul bolții, în raport cu punctul central al calandria 10, folosind tehnologia de urmărire cu laser. Prin poziționarea coloanelor în acest fel, RTP este poziționată în locația construită a calandria 10 (incluzând tangajul și deviația), care oferă o bază de echipamente de precizie care permite utilizarea indexării de înaltă precizie în fiecare locație de grătar.

Instalate și montate pe RTP și care servesc drept bază pentru livrarea echipamentelor în faza de îndepărtare, sunt una sau mai multe mese de lucru de instalare („IWT”). Mesele IWT oferă o platformă care susține echipamente de re-tubare. În boltă poate fi configurat un sistem global de coordonate („GCS”). GCS permite măsurători precise și repetabile în întreaga clădire a reactorului. GCS este un sistem virtual de coordonate, unde originea este poziționată cât mai aproape de centrul calandria 10.

[0031] În unele exemple de realizare, dispozitivul de rotație poate include un element de prindere, un acționator de rotație și un senzor de poziție. Elementul de prindere poate fi adaptat pentru a prinde cel puțin un perete interior sau un perete exterior al PT 36. În unele exemple de realizare, elementul de prindere poate include brațe de prindere care pot fi acționate pentru a prinde PT 36. În alte exemple de realizare, elementul de prindere poate include un guler reglabil pentru cuplarea PT 36 pentru a distribui uniform o forță de apucare în jurul circumferinței PT 36, reducând potențialul de deformare al PT 36 de către elementul de prindere. În exemplele de realizare în care gulerul reglabil este adaptat pentru a angaja peretele exterior al PT 36, gulerul reglabil poate fi strâns în jurul PT 36. În exemplele de realizare în care gulerul reglabil este adaptat pentru a angaja peretele interior al PT 36, gulerul reglabil poate fi expandabil pentru a prinde peretele interior al PT 36 după ce gulerul reglabil a fost poziționat în interiorul PT 36. În unele exemple de realizare, elementul de prindere poate include un prim guler reglabil pentru a prinde peretele exterior al PT 36 și un al doilea guler reglabil pentru a prinde peretele interior al PT 36. Într-un exemplu de realizare preferat, elementul de prindere poate apuca atât peretele interior, cât și peretele exterior al PT 36 pentru a preveni deformarea PT 36.

[0032] În unele exemple de realizare, acționatorul de rotație poate fi un motor adaptat pentru a roti un arbore de ieșire cu cel puțin o porțiune a elementului de prindere. Motorul poate fi controlat la un grad ridicat de precizie și poate fi acționat pentru a roti elementul de prindere la un grad ridicat de precizie. În unele exemple de realizare, senzorul de poziție poate fi un codificator rotativ cuplat cu un arbore de ieșire al motorului pentru a sesiza o rotație unghiulară a arborelui de ieșire. În alte construcții, senzorul de poziție poate fi montat lângă PT 36 pentru a sesiza un unghi de rotație al PT 36. Senzorii de poziție exemplificativi includ codificatoarele rotative cu laser, optice sau magnetice.

[0033] În unele exemple de realizare, pistonul poate include un element de prindere, un acționator în translație și un senzor de poziție. Elementul de prindere poate fi adaptat pentru a prinde cel puțin un perete interior sau un perete exterior al PT 36. Elementul de prindere poate fi substanțial similar cu elementul de prindere descris mai sus în ceea ce privește elementul de rotație. Acționatorul în translație este adaptat pentru a acționa elementul de prindere într-o direcție liniară, care este în general paralelă cu o axă longitudinală a PT 36 sau CT 32. Exemplele de acționatoare în translație pot include servomotoare, acționatoare pneumatice sau cilindri hidraulice. În unele exemple de realizare, senzorul de poziție poate fi cuplat cu un arbore de ieșire al motorului pentru a sesiza translația arborelui de ieșire. În alte exemple de realizare, senzorul de poziție poate fi montat în apropierea PT 36 pentru a detecta translația PT 36. În unele exemple de realizare, senzorul de poziție poate include senzori laser, optici sau magnetici de proximitate. În alte exemple de realizare, senzorul de poziție poate include un senzor de proximitate, cum ar fi un senzor de proximitate cu laser, adaptat pentru a detecta o distanță până la o porțiune marcată a ieșirii servomotorului de translație sau o porțiune marcată a PT 36.

[0034] În unele exemple de realizare, dispozitivul de rotație și pistonul pot fi echipamente separate. În alte exemple de realizare, dispozitivul de rotație și pistonul pot fi incluse în același echipament.

[0035] În exemplele de realizare care includ RTP și IWT, echipamentele utilizate pentru instalarea tuburilor PT 36 pot fi poziționate pe RTP sau pe IWT. Echipamentele instalate pe RTP sau ITW pot fi poziționate și acționate cu o precizie ridicată în ceea ce privește tuburile PT 36 și CT 32 cu ajutorul GCS. De exemplu, dispozitivul de rotație poate fi poziționat în raport cu CT 32 folosind GCS. Mijloacele de prindere ale dispozitivului de rotație și/sau ale acționatorului de translație al dispozitivului de rotație pot fi controlate (de exemplu, rotite sau repositionate) folosind coordonatele GCS. Într-un alt exemplu, pistonul poate fi poziționat în raport cu CT 32 folosind GCS. Mijloacele de prindere ale pistonului și/sau ale acționatorului de translație al pistonului pot fi controlate (de exemplu, rotite sau repositionate) folosind coordonatele GCS.

[0036] În unele exemple de realizare, PT 36 poate fi orientat manual în raport cu CT 32.

[0037] FIG. 6 prezintă aspecte ale unui alt exemplu de metodă de asamblare a unui ansamblu de canale de combustibil. Orice aspect al exemplurilor descrise mai sus poate fi aplicat în mod similar la această metodă.

[0038] În etapa 610, un subansamblu este orientat în reactorul nuclear într-o poziție intermediară bazată pe o orientare a arcului unui tub de presiune. Subansamblul include tubul de presiune cuplat cu un prim fitting de capăt.

[0039] În unele exemple de realizare, poziția intermediară definește o poziție a subansamblului în reactorul nuclear, care nu este poziția de capăt operațională. În unele exemple de realizare, în poziția intermediară, subansamblul a fost introdus în gaura reactorului nuclear, dar nu a fost încă securizat într-o poziție operațională (adică poziția în care va fi subansamblul atunci când reactorul nuclear funcționează).

[0040] În unele exemple de realizare, atunci când se află în poziția intermediară, arcul tubului de presiune este în sens descendent. În unele exemple de realizare, arcul tubului de presiune se referă la arcul natural al tubului de presiune datorită fabricării și/sau alinierii necorespunzătoare atunci când un capăt este fixat la un fitting de capăt. În unele exemple de realizare, un arc indică o direcție și/sau o mărime a deplasării unei poziții de-a lungul tubului în raport cu poziția pe tub, dacă ar fi perfect drept. În unele exemple de realizare, arcul definește direcția și mărimea unei poziții având cea mai mare deplasare în raport cu un tub drept. În unele exemple de realizare, direcția este definită în raport cu un punct de referință (de exemplu, pe tubul de presiune).

[0041] În unele exemple de realizare, atunci când se află în poziția intermediară, arcul tubului de presiune este în sens descendent. Arcul tubului de presiune este în sens descendent atunci când direcția arcului este sub orizontală față de sol sau direcția de gravitație. În unele exemple de realizare, atunci când se află în poziția intermediară, arcul tubului de presiune este substanțial în direcția solului sau în direcția gravitației. În unele situații, atunci când sunt în direcția în jos, capetele tubului de presiune sunt, în general, mai sus decât punctul cel mai de jos al arcului. În unele exemple de realizare, atunci când se află în poziția intermediară, arcul tubului de presiune se află la 10, 20, 30 sau 45 de grade față de o direcție verticală în jos.

[0042] În unele exemple de realizare, atunci când se află în poziția intermediară, arcul tubului de presiune este o combinație între o înclinare naturală a tubului și înclinația cauzată de gravitație. Când arcul natural al tubului de presiune este orientat în jos, cel puțin în unele aspecte (de exemplu, o porțiune a vectorului care definește

arcul) este complementar cu înclinația cauzată de forța de gravitației pe tubul de presiune.

[0043] În unele situații, prin adăugarea arcului natural și a forței de gravitație, arcul poate fi crescut sau maximizat. În unele cazuri, acest lucru poate asigura că arcul combinat rezultat este într-o direcție în jos.

[0044] În etapa 620, subansamblul din poziția intermediară este conectat cu un al doilea fitting de capăt în reactor. În unele cazuri, cel de-al doilea fitting de capăt se află pe poziție la o placă de tuburi a reactorului. În unele cazuri, securizarea subansamblului cu cel de-al doilea fitting de capăt când arcuirea naturală și cea indusă de gravitație sunt complementare, securizează arcul tubului de presiune rezultat în sens descendent.

[0045] În etapa 630, subansamblul este rotit pentru a orienta tubul de presiune într-o poziție operațională. În unele exemple de realizare, tubul de presiune este rotit în poziția operațională prin rotirea subansamblului la 90 până la 180 de grade. În unele exemple de realizare, acest lucru rotește arcul securizat pentru a fi într-o direcție în sus.

[0046] Arcul tubului de presiune este în direcție ascendentă, când direcția arcului este deasupra orizontalei față de sol sau direcția de gravitație. În unele exemple de realizare, atunci când se află în poziția operațională, arcul tubului de presiune este substanțial vertical sau opus direcției de gravitație. În unele situații, când arcul este în direcția în sus, capetele tubului de presiune sunt, în general, mai jos decât punctul cel mai înalt al arcului. În unele exemple de realizare, atunci când se află în poziția operațională, arcul tubului de presiune se află la 10, 20, 30 sau 45 de grade față de o direcție verticală în sus.

[0047] În unele cazuri, prin asigurarea că arcul tubului de presiune este în jos atunci când este fixat în poziția intermediară, prin rotirea arcului într-o direcție în sus, acest lucru poate contribui la asigurarea că arcul de pornire teoretic în poziția de operare este în sus. În unele situații, acest lucru asigură că cel puțin o porțiune din arcul în poziția de operare este în direcția opusă forței de gravitație. Acest lucru ajută la minimizarea sau reducerea în alt mod a curbării tubului de presiune în funcționare.

[0048] În unele cazuri, curbarea tubului de presiune poate fi nedorită pentru funcționarea și/sau durata de viață de funcționare a ansamblului de canale de combustibil.

[0049] În etapa 640, tubul de presiune este fixat în poziția de funcționare. În unele exemple de realizare, aceasta include rularea sau securizarea în alt mod a tubului de presiune în raport cu tubul calandria, placa de tuburi și/sau reactorul nuclear.

[0050] De asemenea, trebuie menționat faptul că exemplele descrise mai sus și ilustrate în figurile însoțitoare sunt prezentate doar cu titlu de exemplu și nu sunt destinate ca o limitare a conceptelor și principiilor prezentei invenții. Ca atare, va fi apreciat de către o persoană cu pregătire medie în domeniu că diverse modificări ale elementelor și configurația și aranjamentul lor sunt posibile fără a se îndepărta de spiritul și scopul prezentei invenții, așa cum este prezentat în revendicările anexate.

REVEDICĂRI

1. Metodă de asamblare a unui ansamblu de canale de combustibil al unui reactor nuclear, metoda cuprinzând:

orientarea unui subansamblu, cuprinzând un tub de presiune cuplat cu un prim fitting de capăt, în ansamblul de canale de combustibil într-o poziție intermediară, poziția intermediară fiind bazată pe o orientare a un arc al tubului de presiune;

cuplarea subansamblului cu un al doilea fitting de capăt poziționat la o placă de tuburi de reactor;

rotirea subansamblului și a celui de-al doilea fitting de capăt pentru a orienta tubul de presiune într-o poziție operațională; și

securizarea tubului de presiune în poziția operațională.

2. Metodă conform revendicării 1, în care orientarea subansamblului în poziția intermediară cuprinde:

cuplarea tubului de presiune cu primul fitting de capăt pentru a forma subansamblul;

orientarea subansamblului într-o poziție de introducere; și

introducerea subansamblului într-un tub calandria instalat în ansamblul de canale de combustibil.

3. Metodă conform revendicării 2, în care, atunci când se află în poziția de introducere, arcul tubului de presiune este orientat pentru a promova alinierea între subansamblu și cel de-al doilea fitting de capăt.

4. Metodă conform revendicării 2, în care, atunci când se află în poziția de introducere, translația subansamblului în tubul calandria orientează tubul de presiune în poziția intermediară.

5. Metodă conform revendicării 1, în care, în poziția intermediară, arcul tubului de presiune este într-o direcție descendentă.



- 6.** Metodă conform revendicării 1, în care, în poziția operațională, arcul tubului de presiune este într-o direcție ascendentă.
- 7.** Metodă conform revendicării 1, în care, în poziția intermediară, cel puțin un aspect al unui arc natural al tubului de presiune și arcul determinat de gravitație sunt complementare.
- 8.** Metodă conform revendicării 7, în care cuplarea subansamblului cu al doilea fitting de capăt securizează arcul determinat de o combinație a arcului natural și a arcului cauzat de gravitație în poziția intermediară.
- 9.** Metodă conform revendicării 8, în care, în poziția operațională, arcul securizat este într-o direcție ascendentă.
- 10.** Metodă conform revendicării 1, cuprinzând determinarea orientării arcului tubului de presiune.
- 11.** Metodă conform revendicării 10, cuprinzând determinarea orientării arcului tubului de presiune după ce tubul de presiune a fost cuplat cu primul fitting de capăt pentru a forma subansamblul.
- 12.** Metodă conform revendicării 1 cuprinzând:
plasarea sau identificarea unui marker indicativ al unei poziții de rotație a arcului pe tubul de presiune; și
orientarea markerului tubului de presiune față de o poziție de referință a tubului calandria.
- 13.** Metodă conform revendicării 1, cuprinzând:
plasarea unui marker indicativ al unei poziții axiale a arcului pe tubul de presiune; și
orientarea markerului tubului de presiune față de o poziție de referință a tubului calandria.



- 14.** Metodă conform revendicării 1, cuprinzând securizarea fixă a tubului calandria în interiorul reactorului nuclear.
- 15.** Metodă conform revendicării 1, cuprinzând orientarea tubului de presiune față de tubul calandria.
- 16.** Metodă conform revendicării 15, cuprinzând orientarea tubului de presiune în raport cu tubul calandria, astfel încât arcul tubului de presiune să fie distanțat rotativ de un arc al tubului calandria.
- 17.** Metodă conform revendicării 16, în care orientarea tubului de presiune în raport cu tubul calandria include rotirea tubului de presiune cu un prim unghi și în care orientarea tubului de presiune în raport cu tubul calandria pentru a alinia arcul tubului de presiune în raport cu arcul tubului calandria include rotirea tubului de presiune cu un al doilea unghi.
- 18.** Metodă conform revendicării 17, în care primul unghi este în general același cu al doilea unghi.
- 19.** Metodă conform revendicării 17, în care primul unghi este unul dintre 90 de grade și 180 de grade.
- 20.** Metodă conform revendicării 17, în care primul unghi este diferit de al doilea unghi.
- 21.** Metodă conform revendicării 17, în care cel puțin unul din primul unghi și cel de-al doilea unghi este unul de 90 grade sau 180 grade.
- 22.** Metodă conform revendicării 17, care cuprinde suplimentar fixarea tubului de presiune în raport cu tubul calandria atunci când arcul tubului de presiune este aliniat în raport cu arcul tubului calandria.
- 23.** Metodă conform revendicării 1, în care un unghi dintre tubul de presiune și un fitting de capăt cuplat tubul calandria este mai mic de 2 micro-radiani.



1/6

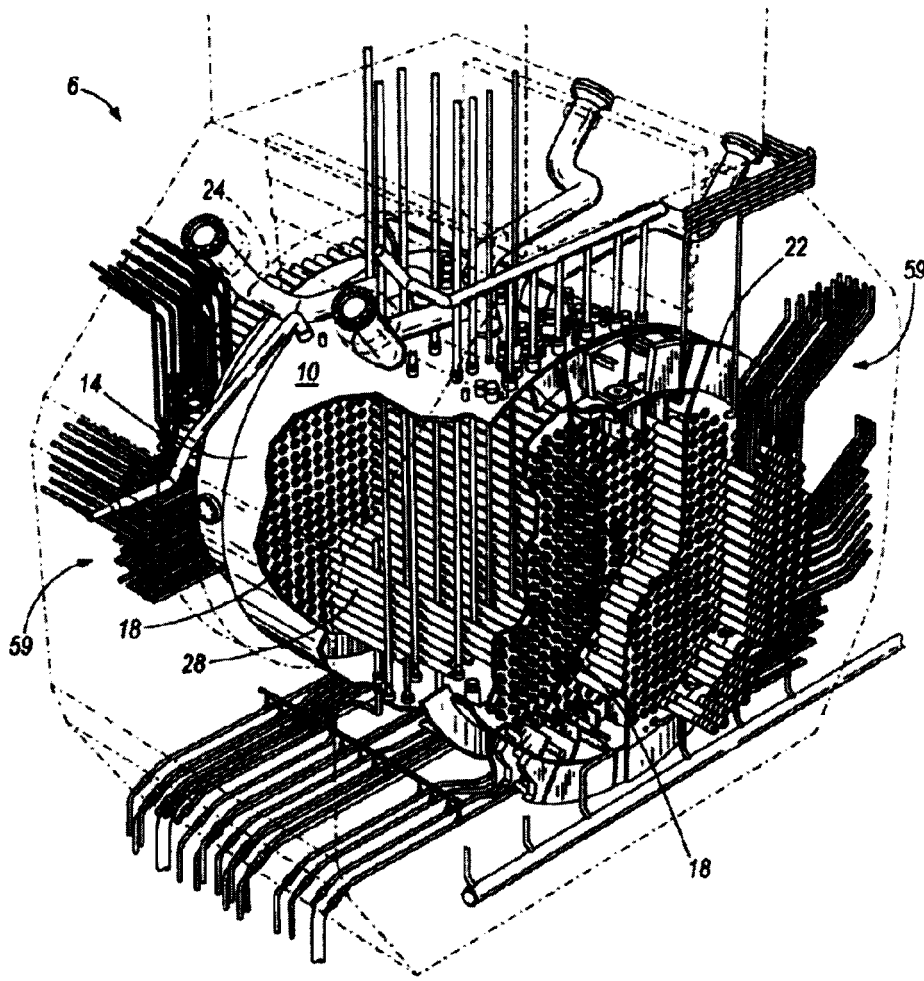


FIG. 1

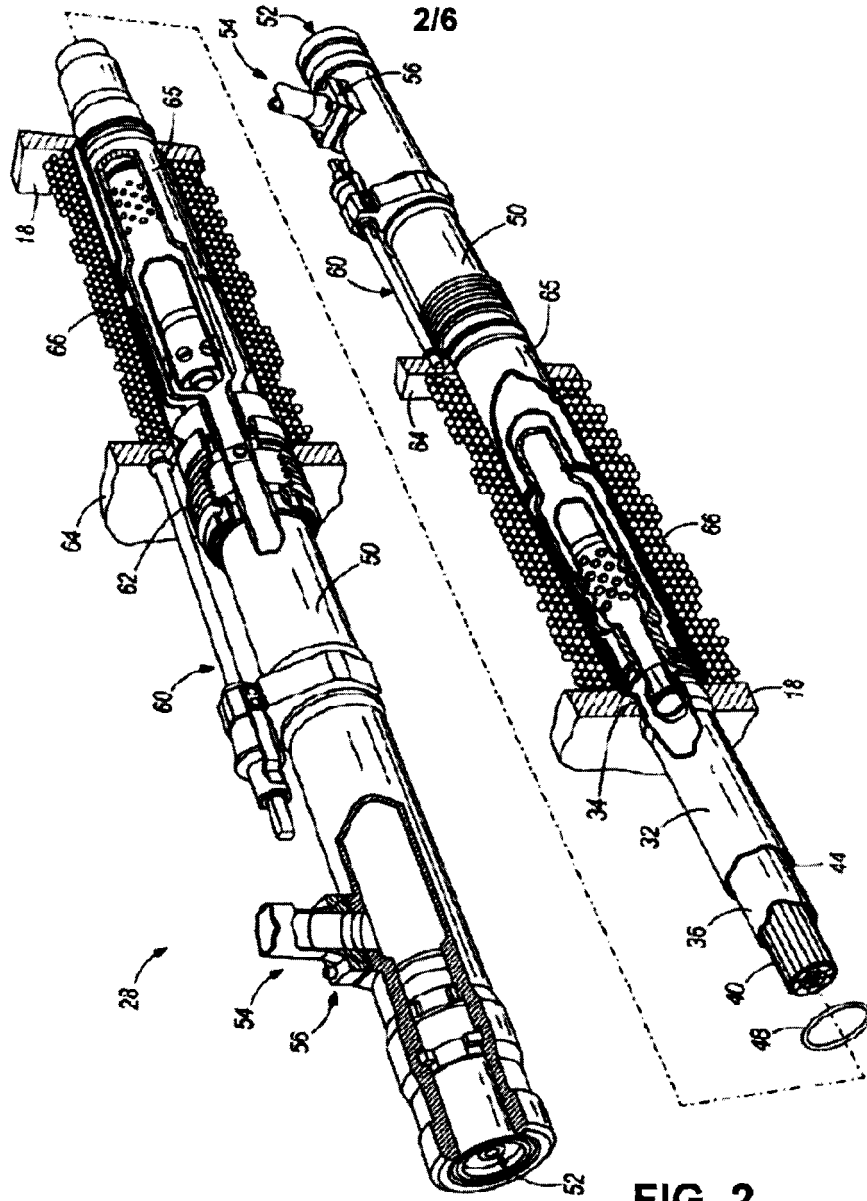


FIG. 2

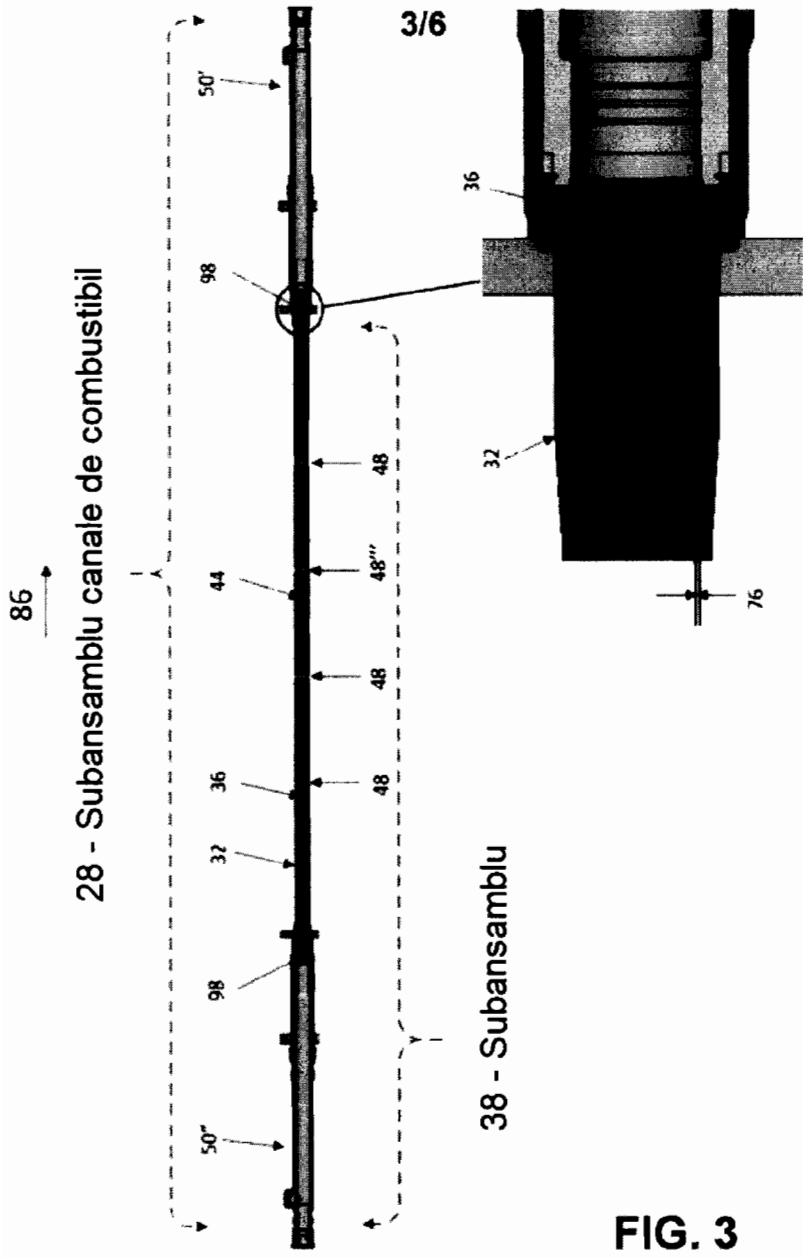


FIG. 3

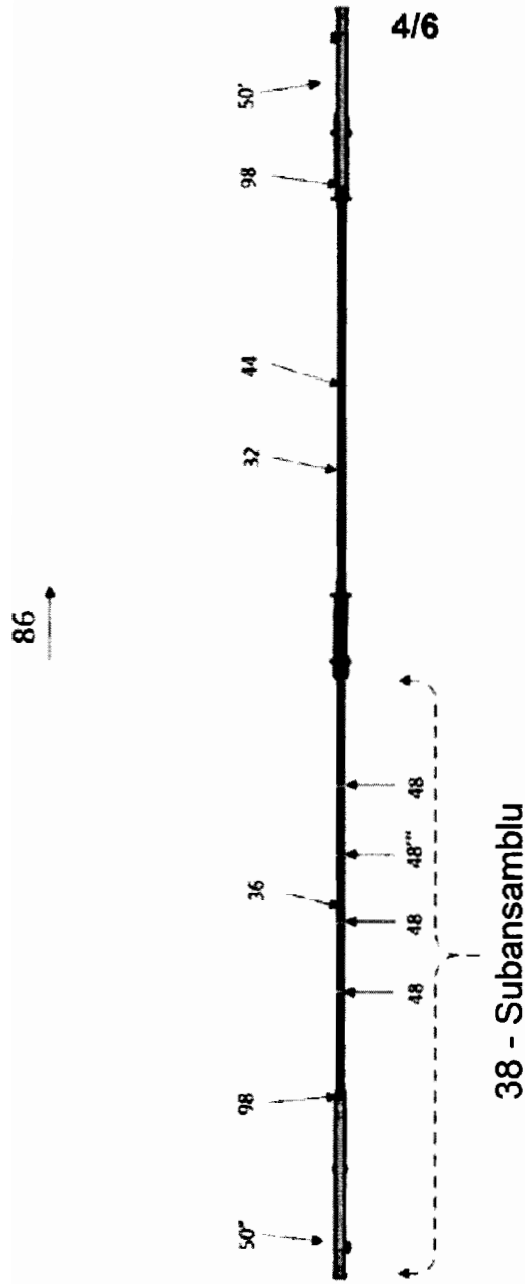


FIG. 4

5/6

500

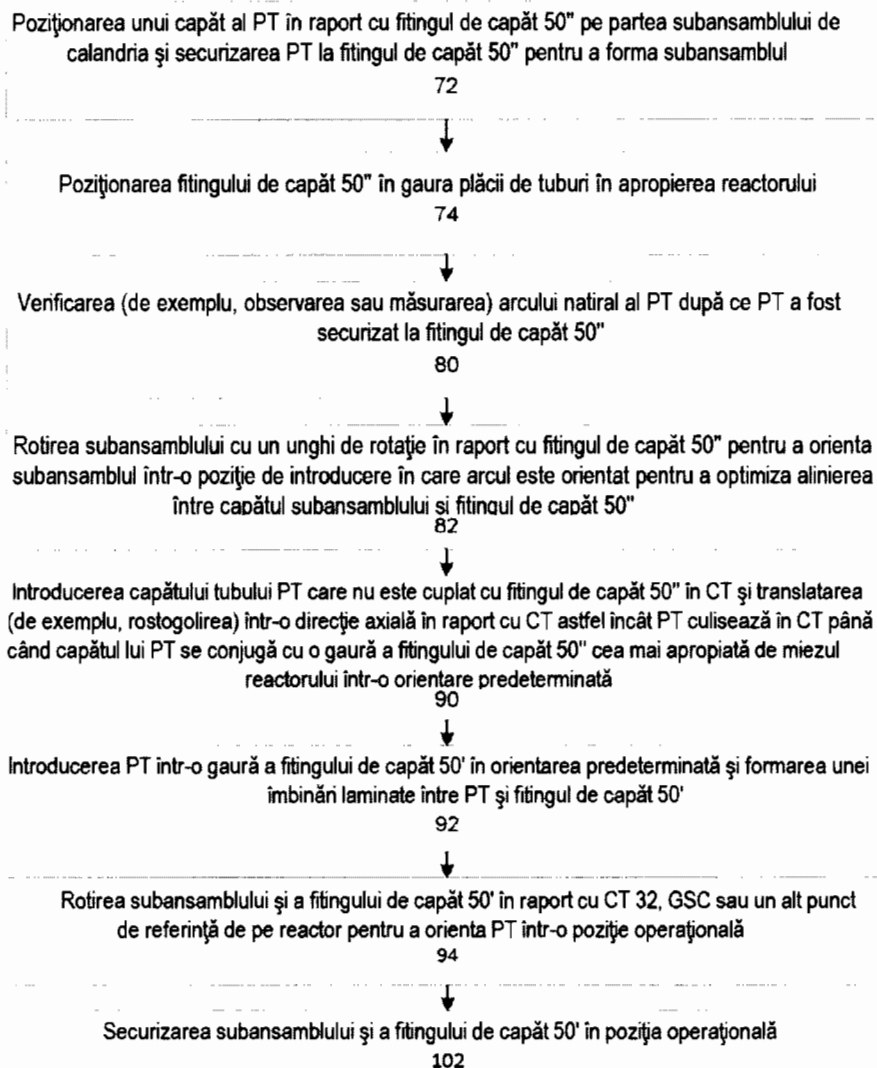


FIG. 5

6/6

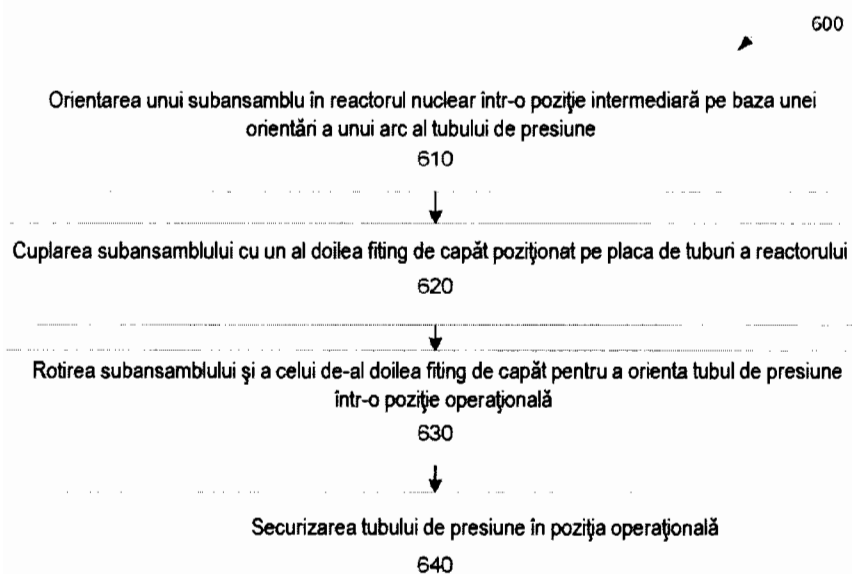


FIG. 6