



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00917

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

(30) Prioritate:

23/06/2017 CA 62/524418

(41) Data publicării cererii:

30/06/2020 BOPI nr. 6/2020

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. CA 2018/050776 22/06/2018

(87) Publicare internațională:

Nr. WO 2018/232531 27/12/2018

(71) Solicitant:

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

(72) Inventatori:

• 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 ALINIEREA TUBURILOR
UNUI REACTOR NUCLEAR ȘI FITINGURI DE CAPĂT
UTILIZÂND GEOMETRIA TUBURILOR**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă pentru poziționarea unui tub calandria în interiorul unui vas calandria al unui reactor nuclear. Metoda, conform invenției, cuprinde determinarea unui arc restricționat al tubului calandria, determinarea unui arc nerestricționat al tubului calandria, calcularea unui unghi de aliniere între un unghi vectorial al arcului restricționat al tubului calandria și un unghi vectorial al arcului nerestricționat al tubului calandria într-o locație axială, și poziționarea tubului calandria în raport cu reactorul nuclear, pentru a orienta unghiul de aliniere într-o poziție operațională.

Revendicări: 23

Figuri: 23

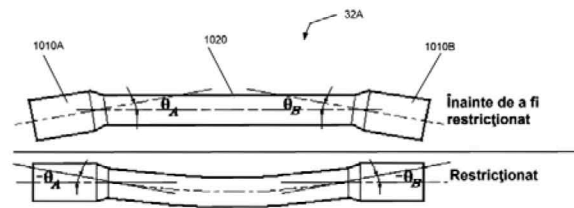


Fig. 10



11/2

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>a 2019 00917</u>
Data depozit <u>22-06-2018</u>

SISTEM ȘI METODĂ PENTRU ALINIAREA TUBURILOR UNUI REACTOR NUCLEAR ȘI FITINGURI DE CAPĂT UTILIZÂND GEOMETRIA TUBURILOR

REFERINȚĂ LA CERERI ASOCIATE

[0001] Această cerere revendică toate avantajele, inclusiv prioritatea cererii de brevet provizorie din Statele Unite ale Americii US 62/524,418, depusă la 23 iunie 2017 și intitulată: " SISTEM ȘI METODĂ PENTRU ALINAREA TUBURILOR UNUI REACTOR NUCLEAR ȘI FITINGURI DE CAPĂT UTILIZÂND GEOMETRIA TUBURILOR", care este încorporată aici prin citare în integralitatea ei.

DOMENIUL

[0002] Prezenta invenție se referă la domeniul ansamblurilor de canale de combustibil ale unui reactor nuclear, iar unele exemple de realizare se referă la metode și sisteme pentru poziționarea tuburilor calandria și a tuburilor de presiune în cadrul unui 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 la 30 de ani. După acest timp, canalele de combustibil existente pot fi eliminate și pot fi instalate canale de combustibil.

[0004] Alinierea corectă a componentelor canalelor 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 furnizează o metodă pentru poziționarea unui tub calandria în interiorul unui vas de calandria al unui reactor nuclear. Metoda include determinarea unui arc restricționat al tubului calandria; determinarea unui arc

nerestricționat al tubului calandria; calcularea unei sume vectoriale a arcului restricționat al tubului calandria și a arcului restricționat al tubului calandria într-o locație axială specifică de-a lungul tubului calandria; și poziționarea tubului calandria în raport cu reactorul nuclear pentru a orienta suma vectorială într-o poziție operațională.

[0006] Într-un alt exemplu de realizare, invenția furnizează o metodă pentru poziționarea unui tub calandria în interiorul unui vas de calandria al unui reactor nuclear. Metoda include determinarea unui arc al tubului calandria; orientarea tubului calandria, astfel încât arcul să fie într-o orientare în general în sus; și orientarea unui subansamblu care include un tub de presiune și un prim fitting de capăt în raport cu un al doilea fitting de capăt poziționat în interiorul unei găuri a unei plăci de tuburi poziționate pe fața reactorului. Primul fitting de capăt este cuplat cu o primă gaură a unei prime plăci de tuburi și tubul de presiune este poziționat în interiorul tubului calandria. Metoda include, în plus, etapele de exercitare a unei forțe descendente pe primul fitting de capăt; și fixarea tubului calandria într-o poziție operațională.

[0007] Într-un alt exemplu de realizare, invenția furnizează o metodă de poziționare a unui tub calandria în interiorul unui vas de calandria al unui reactor nuclear. Metoda include determinarea unui arc restricționat al tubului calandria; determinarea unui arc nerestricționat al tubului calandria; calcularea unui unghi de aliniere între un unghi vectorial al arcului restricționat al tubului calandria și un unghi vectorial al arcului nerestricționat al tubului calandria într-o locație axială; și poziționarea tubului calandria în raport cu reactorul nuclear pentru a orienta unghiul de aliniere într-o poziție operațională.

[0008] Alte aspecte ale invenției vor deveni evidente luând în considerare descrierea detaliată și desenele însoțitoare.

SCURTĂ DESCRIERE A DESENELOR

[0009] FIG. 1 este o vedere în perspectivă a unui reactor de tip CANDU™.

[0010] FIG. 2 este o vedere secționată a unui ansamblu de canale de combustibil a reactorului de tip CANDU™.

[0011] FIG. 3 este o vedere laterală secționată a întregului ansamblu de canale de combustibil, prezentând săgeata.

[0012] FIG. 4 este o vedere laterală secționată a unui tub de presiune al ansamblului de canale de combustibil care prezintă o orientare a tubului de presiune în raport cu un fitting de capăt în conformitate cu unele exemple de realizare.

[0013] FIG. 5 este o vedere laterală secționată a capătului de subansamblu al ansamblului de canale de combustibil, care arată un instrument de măsurare a dezinierii instalat pentru a măsura valoarea dezinierii.

[0014] FIG. 6 este o schemă de flux care ilustrează un proces de instalare pentru instalarea unui tub calandria în reactor, conform unui exemplu de realizare a invenției.

[0015] FIG. 7 este o vedere laterală secționată a întregului ansamblu de canale de combustibil care arată forțele exercitate pe baza procesului de instalare din Fig. 6.

[0016] FIG. 8 este o schemă de flux care ilustrează un proces de instalare pentru instalarea unui tub calandria în reactor, în conformitate cu o altă realizare a invenției.

[0017] FIG. 9 este o vedere laterală secționată a întregului ansamblu de canale de combustibil care arată forțele exercitate pe baza procesului de instalare din Fig. 8.

[0018] FIG. 10 prezintă exemple de vederi ale unui tub calandria nerestricționat și restricționat.

[0019] FIG. 11 prezintă exemple de vederi ale arcurilor nerestricționat și restricționat ale unui tub calandria.

[0020] FIG. 12 este o diagramă vectorială care ilustrează arcul restricționat, indus și liber.

[0021] FIG. 13 prezintă exemple de mecanisme pentru măsurarea arcurilor.

[0022] FIG. 14 prezintă un exemplu de armătură de restricționare.

[0023] FIG. 15 prezintă o diagramă vectorială care ilustrează un caz în care arcul indus și arcul liber sunt în direcții opuse.

[0024] FIG. 16 este un grafic care prezintă exemple de profiluri teoretice de arcuri restricționate.

[0025] FIG. 17 prezintă un tub de presiune cu primul capăt cuplat.

[0026] FIG. 18 prezintă exemple de formule de deviere a fasciculului.

[0027] FIG. 19 prezintă exemple de profiluri de corpuri de tub.

[0028] FIG. 20 prezintă un tub de presiune cu un prim capăt cuplat și două exemple de puncte țintă.

[0029] FIG. 21 prezintă un exemplu de diagramă vectorială a arcului tubului de presiune.

[0030] FIG. 22 prezintă un exemplu de diagramă vectorială a arcului tubului de presiune.

[0031] FIG. 23 arată un exemplu de relație de coordonate.

DESCRIERE DETALIATĂ

[0032] Înainte de a fi explicate în detaliu oricare dintre exemplele de 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 realizări și de a fi practică sau de a fi realizată în diverse moduri.

[0033] FIG. 1 este o perspectivă a miezului unui reactor exemplificativ al unui reactor de apă grea sub presiune de tip CANDU™ (PHWR) 6. În unele exemple de realizare, 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 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 vas calandria 10 al reactorului tip CANDU™ 6, conține un moderator de apă grea. Vasul 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, un număr de ansambluri de canale de combustibil 28 trec prin plăcile de tuburi 18 ale vasului calandria 10 de la primul capăt 22 la cel de-al doilea capăt 24.

[0034] La fel ca în exemplul de realizare ilustrat, 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 (adică, în placa de tuburi 18 și respectiv scutul de capăt 64).

[0035] 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 respective din plăcile de tuburi 18. În unele exemple de realizare, se folosește o inserție de îmbinare laminată la CT 34 pentru a fixa CT 32 la placa de tuburi 18 în interiorul găurilor. 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.

[0036] Așa cum se arată și în FIG. 2, fiecare capăt al fiecărui ansamblu de canale de combustibil 28 este prevăzut cu un fitting de capăt 50 situat în afara plăcii de tuburi 18 corespunzătoare. La capătul terminal al fiecărui fitting de capăt 50, este prevăzut un dop de închidere 52. 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 fittingurile 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 fittingul 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 racordurile de capăt specifice 50, fittingul de capăt 50 cel mai apropiat de fața reactorului va fi indicat cu simbolul " ' ", iar fittingul de capăt 50 cel mai aproape de o parte a subansamblului (de exemplu, partea ansamblului de canale de combustibil 28 cel mai îndepărtat de fața reactorului) va fi indicat cu simbolul " " " .

[0037] Revenind la FIG. 2, un ansamblu armătură de poziționare 60 și burduful 62 sunt de asemenea cuplate la fiecare 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, dezvoltarea se poate aplica și altor tipuri de reactoare, inclusiv reactoarelor care au componente similare cu cele ilustrate în FIG 1-2.

[0038] FIG. 3 ilustrează o reprezentare schematică a unei secțiuni transversale a unui ansamblu de canale de combustibil 28 în poziția 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 parte de-a lungul extensiilor 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 arcele să fie orientate în sus (de exemplu, poziția arcului maxim este în jos în raport cu capetele tuburilor CT 32 sau PT 36). În unele exemple de realizare, orientarea PT 36, astfel încât arcul să fie orientat în sus, reduce arcul în combinația CT/PT cu aproximativ 0,2 - 0,5 micro-radiani. O

multitudine de arcuri cu manșetă 48 este poziționată de-a lungul extinderii longitudinale a PT 36 pentru a preveni contactul între PT 36 și CT 32. În exemplul de realizare din FIG. 3, ansamblul de canale de combustibil 28 include patru arcuri cu manșetă 48. Poziția arcului al 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 exemple de realizare care utilizează mai multe sau mai puține arcuri cu manșetă 48.

[0039] Poziționarea tuburilor CT 32 și a tuburilor PT 36 este complexă datorită formei tuburilor CT și a tuburilor PT. După cum este ilustrat în FIG. 10, un tub calandria poate include un corp și porțiuni de capăt extinse la fiecare capăt al corpului. În unele exemple de realizare, porțiunile de capăt extinse au un diametru mai mare decât corpul. În unele exemple de realizare, porțiunile de capăt extinse ale tuburilor au formă cilindrică care sunt conectate la corpul tubului. Datorită procesului de fabricație sau altele, porțiunile de capăt extinse pot avea axe care nu sunt perfect concentrice cu axa corpului tubului. În mod alternativ sau suplimentar, axele porțiunilor de capăt extinse pot să nu fie perfect paralele cu axa corpului tubului. De exemplu, în cadrul exemplului de CT 32A din FIG. 10, axa primei porțiuni de capăt extinsă 1010A și axa corpului tubului 1020 sunt decalate cu un unghi Θ_A ; iar axa celei de-a doua porțiuni de capăt extinsă 1010B și axa corpului tubului 1020 sunt decalate cu un unghi Θ_B .

[0040] Când cele două porțiuni de capăt extinse 1010A, 1010B sunt restricționate în poziții astfel încât axele celor două porțiuni de capăt extinse sunt paralele sau în mod substanțial coaxiale, așa cum este ilustrat în FIG. 10, alinierea imperfectă a porțiunilor de capăt extinse în starea lor liberă determină o arcuire a tubului calandria.

[0041] În unele exemple de realizare, arcuirea tubului calandria când cele două porțiuni de capăt extinse ale tubului sunt prinse rigid sau sunt susținute în alt mod în poziții care sunt aliniate, este denumită arc restricționat. În unele exemple de realizare, arc restricționat al tubului poate fi definit atunci când porțiunile de capăt extinse sunt securizate de dispozitive de fixare care sunt poziționate la o distanță particulară (de exemplu, 232 inch sau la o distanță la care porțiunile de capăt extinse ar fi securizate în ansamblul de canale de combustibil) și sunt poziționate astfel încât să fie într-o aliniere particulară (de exemplu, substanțial coaxiale/concentrice sau având o aliniere în care porțiunile de capăt extinse ar fi fixate în ansamblul de canale de combustibil).

[0042] Cu referire la FIG. 11, datorită procesului de fabricație sau altele, un tub calandria poate avea o formă de arc atunci când este în stare liberă (de exemplu,

când capetele sale extinse sunt nerestricționate). În unele exemple de realizare, această arcuire poate fi denumită arc liber sau arc nerestricționat.

[0043] Când porțiunile de capăt extinse ale tubului sunt restricționate, arcul rezultat este denumit arc restricționat. Așa cum este ilustrat de FIG. 11, diferența dintre arcul restricționat și arcul nerestricționat este arcuirea cauzată de restrângerea porțiunilor de capăt extinse. În unele exemple de realizare, această arcuire cauzată de restrângerea porțiunilor de capăt extinse este denumită arc indus. Cu alte cuvinte, arcul restricționat este arcul indus plus arcul liber/nerestricționat. Această relație este ilustrată în FIG. 12.

[0044] În unele exemple de realizare, componentele arcului restricționat pot fi recuperabile/reduce atunci când sunt contracarate de greutatea tuburilor. În consecință, în unele situații, poate fi benefic să se poziționeze un tub într-o poziție în care arcul recuperat (adică, arcul restricționat și efectele de contracarare a gravitației pe tuburi).

[0045] Formele de arc ale tuburilor CT 32 și ale tuburilor PT 36 în diferite stări (liberă, restricționată, etc.) pot fi definite în raport cu un punct de referință, cum ar fi o linie centrală axială a tubului calandria. În unele cazuri, o porțiune arcuită 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 arcuită 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.

[0046] În unele exemple de realizare, arcul unui tub poate fi definit pe baza unui sistem de coordonate polare în raport cu centrul unui tub drept. În unele exemple de

realizare, coordonatele polare pot fi definite ca locații axiale particulare ale tubului. În unele exemple de realizare, coordonatele polare ale arcurii pot fi definite în centrul axial al tubului. În unele exemple de realizare, arcuirea tubului poate fi definită într-o locație axială care corespunde locației unui distanțier, a unui arc sau a unei alte componente structurale sau a altei componente a canalului. În unele exemple de realizare, arcuirea tubului este definită la 37,5" +/- 1" de o parte și de alta a centrului axial al tubului.

[0047] În unele exemple de realizare, arcuirea tubului este definită într-o locație axială și un vector între centrul secțiunii transversale a unui tub drept și centrul tubului real.

[0048] Pentru a determina o poziție operațională (de exemplu, în cazul în care arcul recuperat al tubului este în sus), se obțin atât un arc nerestricționat, cât și un arc restricționat pentru fiecare CT 32.

[0049] În unele exemple de realizare, arcul restricționat poate fi măsurat cu unul dintre echipamentele ilustrate în FIG. 13. Cele două porțiuni de capăt extinse ale tubului sunt prinse în două mecanisme concentrice identice. Într-o abordare, aceste două mecanisme (și sistemul de mandrină) sunt instalate pe rulmenți și sunt libere să se rotească. Pentru a capta TIR (cursa totală indicată) maximă, este utilizat un calibru indicator cu cadran care este instalat în locația orizontală. Efectul greutății tubului asupra citirii unui indicator cadran poate fi neglijabil, deoarece brațul indicator se deplasează în direcție orizontală.

[0050] Într-o altă abordare, în loc să se întoarcă tubul în raport cu un calibru indicator cu cadran staționar, tubul este fixat pe două dispozitive de fixare staționare și calibrul este rotit în jurul tubului pe un inel de bază. Conceptul acestei măsurări este de a găsi centrul geometric al secțiunii transversale în curs de examinare în raport cu centrul celor două dispozitive de fixare.

[0051] Așa cum este ilustrat în FIG. 14, în unele exemple de realizare, cele două dispozitive de fixare includ un cadru metalic din două piese și două jumătăți manșon de nailon detașabil. Inserții de nailon de diferite dimensiuni pot fi utilizate pentru a se potrivi cu diferite diametre de porțiuni de capăt extinse. Pentru a evita deformarea capetelor tuburilor de către dispozitivul de fixare și pentru a garanta că dispozitivele de fixare sunt suficient de rigide pentru a îndrepta și alinia capetele extinse unul față de celălalt, se poate utiliza un dop ID reglabil pentru a sprijini capetele din interior.

[0052] În unele exemple de realizare, arcul tuburilor CT 32 sau arcul tuburilor PT 36 pot fi măsurate de producător în punctul de fabricație. În alte exemple de realizare, arcul tuburilor CT 32 sau al tuburilor PT 36 poate fi măsurat la fața locului (de exemplu, în punctul de instalare sau la o locație de punere în practică din apropiere) pentru a ține cont de orice modificare a arcului tuburilor CT 32 sau a tuburilor PT 36 care a avut loc în timpul transportului. În unele exemple de realizare, arcul tuburilor CT 32 sau arcul tuburilor PT 36 poate fi măsurat utilizând un laser.

[0053] Într-o abordare, după ce arcul nerestricționat și arcul restricționat ale CT 32 sunt măsurate, se calculează o sumă vectorială a arcului nerestricționat și a arcului restricționat ale CT 32. Suma vectorială poate fi calculată manual sau de către un dispozitiv de calcul. Suma vectorială este utilizată pentru a orienta CT 32, astfel încât arcul nerestricționat și arcul restricționat să fie orientate în sus (de exemplu, poziția arcului maxim este în jos în raport cu capetele CT 32 sau PT 36) atunci când CT 32 este într-o poziție operațională (FIG. 3). În unele exemple de realizare, orientarea CT 32 astfel încât suma vectorială a arcului restricționat și a arcului nerestricționat să fie orientată în sus atunci când în poziția operațională poate îmbunătăți orientarea CT 32 (adică, astfel încât CT 32 să fie mai drept sau mai puțin arcuit) în raport cu un punct predeterminat de pe PT 36 cu 1 până la 2 micro-radiani. În unele exemple de realizare, suma vectorială asigură orientarea de rotație și locația axială a arcului pentru ca o porțiune specificată a CT 32 să fie aliniată cu un punct de referință, cum ar fi, de exemplu, o gaură specifică a plăci de tuburi 18. În unele exemple de realizare, în boltă poate fi configurat un sistem de coordonate global ("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 vasului calandria 10. În astfel de exemple de realizare, suma vectorială a arcului restricționat și a arcului nerestricționat ale CT 32 poate fi utilizată pentru orientarea CT 32 în raport cu GCS.

[0054] În unele exemple de realizare, orientarea CT directă astfel încât suma vectorială a arcului restricționat și a arcului nerestricționat orientată cu fața în sus poate garanta sau poate crește probabilitatea ca arcul recuperat să fie în sus.

[0055] Într-o altă abordare, se poate presupune că, în cel puțin un caz, arcul indus ca rezultat al îmbinării rulate ar fi în aceeași direcție a vectorului arcul indus teoretic/măsurat al direcției arcului restricționat, dar cu o valoare netă care este egală sau mai mică decât arcul indus măsurat.

[0056] În consecință, cu referire la FIG. 15, dacă tubul calandria este instalat într-o direcție astfel încât orientarea arcului liber 9FB și a arcului restricționat 9RB sunt poziționate în egală măsură pe fiecare parte a poziției orei 12, arcul rezultat al CT după realizarea îmbinării rulate va fi sau va fi probabil în direcția ascendentă. FIG. 15 prezintă un exemplu de caz extrem în care arcul indus (IB) și arcul liber (FB) sunt în direcții opuse, cu o contribuție puternică a celui indus în dispozitivul de inspectare. FIG. 15 arată, de asemenea, de ce, în cazul în care arcul indus de pe fața reactorului este de numai 40% din ceea ce a fost observat în timpul inspecției de fabricație, atunci când se utilizează această linie de ghidare pentru orientare, arcul restricționat rezultat al reactorului ar rămâne totuși în direcția ascendentă.

[0057] În unele exemple de realizare, această abordare pentru orientarea CT poate fi bazată pe următoarele formule:

$$\alpha_{FB} = \alpha_{RB} = \frac{|\theta_{FB} - \theta_{RB}|}{2} \text{ pentru } |\theta_{FB} - \theta_{RB}| < 180^\circ \text{ sau}$$

$$= \frac{360 - |\theta_{FB} - \theta_{RB}|}{2} \text{ pentru } |\theta_{FB} - \theta_{RB}| > 180^\circ$$

[0058] Profilurile teoretice ale arcului restricționat al exemplurilor de tuburi au fost reprezentate în FIG. 16. Pentru a ușura generarea de puncte de intrare reprezentând profiluri CT, funcția sinusoidală a fost utilizată pentru a genera profiluri simulate. După cum se poate observa în FIG. 16, pentru majoritatea cazurilor, graficele sinusoidale pot reprezenta bine curbele reale.

[0059] FIG. 3 și 4 ilustrează orientarea unui PT 36 în raport cu o gaură 74 a unui fitting de capăt 50' cel mai apropiat de fața reactorului. PT 36 este exact aliniat cu gaura 74 a fittingului de capăt 50' cel mai apropiat de fața reactorului pentru a verifica dacă o orientare în direcția în jos a PT 36 în raport cu fittingul de capăt 50 nu depășește unghiul 76 predeterminat. În unele exemple de realizare, unghiul 76 predeterminat este de aproximativ 2 micro-radiani. Poziționarea precisă a tuburilor CT 32 simplifică procesul de instalare pentru PT 36 și poate permite sărirea etapelor de verificare a alinierii, reducând timpul necesar procesului de reutilare. În exemplul de realizare ilustrat în FIG. 3, tuburile CT 32 ar trebui să fie orientate astfel încât o linie centrală a unei secțiuni transversale a CT 32 din apropierea celui de-al treilea arc cu manșetă 48" să fie aliniată cu o linie centrală a găurii plăcii de tuburi 18 cea

mai apropiată de reactor sau să fie ușor deasupra găurii plăcii de tuburi 18 cea mai apropiată de reactor. Într-o astfel de orientare, greutatea PT 36 este suportată pe al treilea arc cu manșetă 48". În consecință, orientând CT 32 astfel încât linia centrală a secțiunii transversale a CT 32 să fie aliniată cu linia centrală a găurii plăcii de tuburi 18 cea mai apropiată de fața reactorului, PT 36 poate fi introdus în CT 32 și ghidat în aliniament precis cu gaura fittingului de capăt 50 cel mai apropiat de fața reactorului, fără măsurare suplimentară sau verificare a poziționării. Poziția arcului poate fi diferită în alte exemple de realizare sau în exemple de realizare care utilizează mai multe sau mai puține arcuri cu manșetă 48.

[0060] FIG. 5 ilustrează un exemplu de realizare a unui instrument de aliniere 78 pentru măsurarea unei orientări a tuburilor PT 26 în raport cu fittingul de capăt 50. Instrumentul de aliniere 78 include un arbore 82, o pereche de rulmenți 86, elemente de protecție 90, o primă sondă 94 și o a doua sondă 98. Rulmenții 86 sunt poziționați la capetele arborelui 82. Elementele de protecție 90 sunt poziționate de-a lungul arborelui 82 și distanțate în apropierea unui capăt al arborelui 82 care este cel mai aproape de fața reactorului atunci când instrumentul de aliniere 78 este poziționat în interiorul găurii 74 a fittingului de capăt 50. Prima sondă 94 și a doua sondă 98 sunt poziționate în apropierea unui al doilea capăt al arborelui 82. Când instrumentul de aliniere 78 este poziționat în gaura 74 a fittingului de capăt 50, prima sondă 94 și a doua sondă 98 sunt orientate pentru a angaja un capăt al PT 36. Prima sondă 94 și a doua sondă 98 sunt poziționate pentru a detecta o înălțime a PT 36 în raport cu o axă centrală a găurii 74 în diferite poziții axiale de-a lungul PT 36. Un unghi între PT 36 și o axă a fittingului de capăt 50 poate fi calculat pe baza înălțimilor detectate de prima sondă 94 și a doua sondă 98.

[0061] Pe măsură ce reactorul 6 îmbătrânește, poate fi necesară eliminarea tuburilor CT 32 și a tuburilor PT 36 și înlocuirea tuburilor CT 32 și tuburilor PT 36 cu tuburi CT 32 și PT 36 noi într-un procedeu cunoscut sub numele de "retubare". FIG. 6 este o schemă de flux care ilustrează un proces de instalare pentru CT 32 al reactorului 6 în conformitate cu un exemplu de realizare a invenției. Arcul restricționat și arcul nerestricționat ale CT 32 sunt măsurate (blocul 102). Suma vectorială a arcului restricționat și a arcului nerestricționat ale CT 32 este calculată (blocul 106). Etapele prezentate în blocul 102 și blocul 106 pot fi efectuate la locul de fabricație a CT 32, într-o zonă de implementare din apropierea reactorului 6 sau o locație de lucru de retubare. Orientarea de rotație și locația axială a arcului tubului CT 32 în poziția



operațională sunt determinate în raport cu găurile plăcii de tuburi 18 sau GCS, astfel încât suma vectorială a arcului restricționat și a arcului nerestricționat să fie orientată în sus în poziția operațională (blocul 110). Tubul CT 32 este apoi rotit în orientarea de rotație calculată în blocul 110 (blocul 122). În unele exemple de realizare, o orientare a CT 32 este măsurată după ce CT 32 a fost rotit în orientarea de rotație. După ce CT 32 a fost poziționat în orientarea de rotație, CT 32 este translatat axial în poziția CT 32 în locația axială a poziției operaționale (blocul 126). În unele exemple de realizare, orientarea de rotație și/sau locația axială a CT 32 este măsurată după ce CT 32 a fost translatat axial. CT 32 este apoi fixat în poziția operațională folosind inserțiile de îmbinare laminate CT 34 (blocul 130). După ce tuburile CT 32 ale vasului calandria 10 au fost înlocuite, vasul calandria 10 este umplut cu moderator de apă grea (blocul 134). Umplerea vasului calandria 10 cu moderatorul de apă grea aplică o forță 136 în general în sus (FIG. 7) pe tuburile CT 32, ceea ce reduce apăsarea indusă de gravitație pe tuburile CT 32, ceea ce reduce și mai mult dezalinierea tuburilor CT 32. Tuburile PT 36 pot fi apoi instalate în tuburile CT 32 (blocul 138).

[0062] Fig. 7 este o reprezentare schematică a unui vas calandria 10 care a fost umplut cu un moderator de apă grea și care include un CT care a fost poziționat în poziția operațională, așa cum este descris în metoda din FIG. 6. Așa cum se arată în FIG. 7, CT 32 și PT 36 nu sunt susținute pe o mare parte de-a lungul extinderii lor longitudinale atunci când CT 32 și PT 36 sunt instalate în reactorul 6. Forța ascendentă 118 este aplicată în apropierea fittingului de capăt. În realizarea ilustrată, forța 118 poate ajuta la îmbunătățirea alinierii dintre fittingul de capăt 50 cel mai apropiat de reactor și PT 36 cu aproximativ 0,44 până la 2,15 micro-radiani. Moderatorul de apă grea exercită o forță ascendentă 136 de-a lungul unei extinderi longitudinale a CT 32. În unele exemple de realizare, forța ascendentă 136 exercitată de moderatorul de apă grea poate susține greutatea tuburilor PT 36, reducând sau eliminând curbarea indusă de gravitație a tuburilor PT. În construcția ilustrată, moderatorul de apă grea poate îmbunătăți alinierea CT 32 cu aproximativ 1 - 1,8 micro-radiani. În poziția operațională, CT 32 și PT 36 sunt poziționate în general, astfel încât arcele să fie orientate în sus. În realizarea din FIG. 7, poziția arcului CT 32 este, în general, în apropierea unui al treilea arc cu manșetă 48".

[0063] În unele exemple de realizare, poate fi necesar să se ia în considerare alinierea tubului de grătar 65 în raport cu un plan orizontal absolut. Luarea în considerare a alinierii tubului de grătar 65 în raport cu planul orizontal absolut, poate

reduce arcul cu aproximativ +/- 51 micro-radiani. În unele exemple de realizare, planul orizontal absolut poate fi stabilit în raport cu o axă X, o axă Y sau o axă Z a GSC. FIG. 8 este o schemă de flux care ilustrează un proces de instalare pentru CT 32 pentru o astfel de realizare. Procesul de instalare din FIG. 8 include etape similare cu cele prezentate în blocurile 78 -134 din exemplul de realizare din FIG. 6. Din motive de concizie, aceste etape nu vor fi descrise în detaliu aici.

[0064] Întorcându-ne acum la blocul 138, un capăt al PT 36 este cuplat cu fittingul de capăt 50" într-o orientare predeterminată. Capătul tubului PT 36 este apoi fixat la fittingul de capăt 50" folosind o îmbinare laminată pentru a forma un subansamblu 38 (blocul 142). În unele exemple de realizare, PT 36 este poziționat într-o orientare predeterminată sau optimizată în raport cu PT 36. 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 locația de lucru. Fittingul de capăt 50" este cuplat cu placa de tuburi 18 lângă fața reactorului (blocul 146). În unele exemple de realizare, blocul 142 poate apărea înainte de blocul 146, blocul 142 poate apărea după blocul 146 sau blocul 142 poate apărea în același timp cu blocul 146. PT 36 al subansamblului 38 este apoi trasat axial pentru a introduce PT 36 în CT 32 și o gaură a plăcii de tuburi 18 până când un capăt liber (de exemplu capătul care nu este cuplat cu fittingul de capăt 50") este lângă fittingul de capăt 50" (blocul 148). Fittingul de capăt 50" cel mai apropiat de partea subansamblului (de exemplu, fittingul de capăt 50" cel mai îndepărtat de fața reactorului) este împins în jos (blocul 152) prin exercitarea unei forțe descendente 146 pe fittingul de capăt 50" cel mai aproape de partea subansamblului. În unele exemple de realizare, fittingul de capăt 50" este împins în jos de o curea fixată cu un capăt exterior 150 al fittingului de capăt 50" adaptat pentru a împinge capătul exterior 150 în angajament cu partea superioară (de exemplu, "poziția orei 12") a găurii plăcii de tuburi 18. Fittingul de capăt 50" cel mai apropiat de fața reactorului este apoi ridicat (blocul 156) prin exercitarea unei forțe ascendente 118 (FIG. 9) pe fittingul de capăt 50" cel mai apropiat de fața reactorului. În unele exemple de realizare, fittingul de capăt 50" cel mai apropiat de fața reactorului este ridicat la un unghi maxim admis de jocurile rulmenților (de exemplu, ridicând fittingul de capăt cât mai sus posibil, în timp ce PT 36 este poziționat în interiorul găurii 74 a fittingului de capăt 50"). În unele construcții, fittingul de capăt la 50" cel mai apropiat de fața reactorului este acționat cu ajutorul unui cric.

[0065] Fig. 9 este o reprezentare schematică a unui vas calandria 10 care a fost umplut cu un moderator de apă grea și care include un CT care a fost poziționat în poziția operațională, așa cum este descris în metoda din FIG. 8. Așa cum se arată în FIG. 10, CT 32 și PT 36 nu sunt susținute pe o mare parte de-a lungul extinderilor lor longitudinale atunci când CT 32 și PT 36 sunt instalate în reactorul 6. Forța ascendentă 118 aplicată de cric este aplicată lângă fittingul de capăt. În realizarea ilustrată, forța 118 poate ajuta la îmbunătățirea alinierii dintre fittingul de capăt 50 cel mai apropiat de reactor și PT 36 cu aproximativ 0,44 până la 2,15 micro-radiani. Forța descendentă 136 aplicată de curea este poziționată în apropierea capătului exterior al fittingului de capăt 50 cel mai apropiat de partea de subansamblu a reactorului 6. În unele construcții, forța descendentă 136 poate reduce arcul CT 32 cu aproximativ 0,2 - 0,4 micro-radiani. Moderatorul de apă grea exercită o forță ascendentă 136 de-a lungul unei extinderi longitudinale a CT 32. În construcția ilustrată, moderatorul de apă grea poate îmbunătăți alinierea CT 32 cu aproximativ 1 - 1,8 micro-radiani. În poziția operațională, CT 32 și PT 36 sunt poziționate în general, astfel încât arcele să fie orientate în sus. În realizarea din FIG. 7, poziția arcului tubului CT 32 este, în general, în apropierea unui al treilea arc cu manșetă 48".

[0066] În unele exemple de realizare a metodelor prezentate în FIG. 6 și FIG. 8, PT 36 poate fi introdus în CT 32 într-o poziție de inserție în care arcul tubului PT 36 este orientat în general în sus. În alte realizări ale metodelor prezentate în FIG. 6 și FIG. 8, PT 36 poate fi rotit în raport cu CT 32 descris în blocul 82 pentru a orienta arcul tubului PT 36 departe de arcul tubului CT 32, pentru a reduce efectul dezalinerii induse de gravitație a arcului tubului PT 36 și arcul tubului CT 32, care ajută la menținerea distanțierelor inelare 48 captive și reduce arcul total în combinația CT/PT, deoarece PT 36 este culisat axial față de CT 32.

[0067] În unele exemple de realizare, o platformă de echipamente de returare ("RTP") și alte suporturi de scule și echipamente pot fi instalate în apropierea reactorului 6 în timpul operațiunilor de reutilare. RTP este o platformă reglabilă pe care se efectuează o mare parte din operațiile de îndepărtare și instalare a componentelor canalelor 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 vasului calandria 10, folosind tehnologia de urmărire cu

laser. Prin poziționarea coloanelor în acest fel, RTP este poziționată în locația construită a vasului calandria 10 (incluzând pasul și abaterea), care oferă o bază de scule 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 („IWTs”). Mesele IWT oferă o platformă care susține echipamentele de retubare. În unele exemple de realizare, cricuri și/sau curele pot fi conectate cu mesele ITW. În astfel de realizări, cricurile și/sau curelele pot fi poziționate în raport cu CT-urile 32 cu un grad ridicat de precizie utilizând GCS. Cricurile și/sau curelele pot fi acționate în raport cu mesele ITW sau tuburile CT 32 cu un grad ridicat de precizie utilizând GCS.

[0068] În unele exemple de realizare, dispozitivul de rotație poate include un element de apucare, un acționator de rotație și un senzor de poziție. Elementul de apucare poate fi adaptat pentru a prinde cel puțin un perete interior sau un perete exterior al CT 32. În unele exemple de realizare, elementul de apucare poate include brațe de prindere care pot fi acționate pentru a prinde tubul CT 32. În alte realizări, elementul de apucare poate include un guler reglabil pentru cuplarea CT 32 pentru a distribui uniform o forță de prindere în jurul circumferinței CT 32, reducând potențialul de deformare al CT 32 de către elementul de apucare. În exemplele de realizare în care gulerul reglabil este adaptat pentru a cupla peretele exterior al PT 36, gulerul reglabil poate fi strâns în jurul CT 32. În exemplele de realizare în care gulerul reglabil este adaptat pentru a cupla peretele interior al CT 32, gulerul reglabil poate fi extensibil pentru a prinde peretele interior al CT 32 după ce gulerul reglabil a fost poziționat în interiorul tubului CT 32. În unele exemple de realizare, mecanismul de prindere poate include un prim guler reglabil pentru a prinde peretele exterior al CT 32 și un al doilea guler reglabil pentru a prinde peretele interior al CT 32. Într-un exemplu de realizare preferat, elementul de prindere poate apuca atât peretele interior, cât și peretele exterior ai CT 32 pentru a preveni deformarea CT 32.

[0069] În unele exemple de realizare, acționatorul de rotație poate fi un motor adaptat pentru a roti un arbore de ieșire cuplat 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 detecta o rotație unghiulară a arborelui de ieșire. În alte

construcții, senzorul de poziție poate fi montat lângă CT 32 pentru a detecta un unghi de rotație al CT 32. Senzorii de poziție exemplificativi includ codificatoare rotative cu laser, optice sau magnetice.

[0070] În unele exemple de realizare, pistonul poate include un element de prindere, un acționator de 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 CT 32. Elementul de prindere poate fi în mod substanțial similar cu elementul de prindere descris mai sus în legătură cu elementul de rotație. Acționatorul de 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 de translație pot include servomotoare, acționatoare pneumatice sau cilindri hidraulici. În unele exemple de realizare, senzorul de poziție poate fi cuplat cu un arbore de ieșire al motorului pentru a detecta translația arborelui de ieșire. În alte exemple de realizare, senzorul de poziție poate fi montat în apropierea CT 32, pentru a detecta translația CT 32. În unele exemple de realizare, senzorul de poziție poate include senzori de proximitate laser, optici sau magnetici. 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 distanța până la o porțiune marcată a ieșirii acționatorului de translație sau o porțiune marcată a CT 32.

[0071] În unele exemple de realizare, dispozitivul de rotație și pistonul pot fi unelte separate. În alte realizări, dispozitivul de rotație și pistonul pot fi incluse în același instrument.

[0072] În realizări care includ RTP și mesele IWT, instrumentele utilizate pentru instalarea CT 32 pot fi poziționate pe RTP sau IWT. Instrumentele instalate pe RTP sau mesele ITW pot fi poziționate și acționate cu mare precizie în ceea ce privește tuburile CT 32 folosind 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.

[0073] În unele exemple de realizare, CT 32 poate fi orientat manual în raport cu gaura plăcii de tuburi 18.

[0074] În unele exemple de realizare, poziționarea tubului de presiune poate fi bazată pe unghiul de înclinare și/sau excentricitatea capetelor tubului de presiune. După tăierea tubului de presiune la lungimea finală a acestuia și înainte de fabricarea subansamblului, alinierea părții de reactor a tubului de presiune (uneori denumită LCRJ – îmbinare laminată cu joc redus) sau primul capăt poate fi măsurată în raport cu subansamblul (uneori denumit ZCRJ - îmbinare laminare cu joc zero) sau al doilea capăt. Această aliniere în fiecare plan care trece prin a doua axă de referință de capăt este formată din două componente, după cum urmează:

1. Primul unghi de înclinare al capătului (α)
2. Excentricitatea capătului LCRJ în raport cu a doua axă de capăt (λ)

[0075] Această dezaliniere poate fi măsurată atunci când ambele capete sunt în stare liberă sau când cel de-al doilea capăt este prins la ultimii 3 - 5 inch, prezentată ca dimensiunea L_{CL} în Figura 17. Efectul greutateii poate fi izolat în timpul acestei măsurători și nu poate influența rezultatele.

[0076] Dezalinierea protecției în raport cu capătul ZCRJ în orice plan care trece prin axa capătului ZCRJ este următoarea:

$$\text{Dezaliniere} = M = \alpha + \frac{2\lambda}{3(L_{PT} - L_{CL})}$$

[0077] În cazul în care unghiul de înclinare a capătului LCRCJ (α) este unghiul axei ultimilor 2 - 3 inch ai capătului tubului și este stabilit ca unghiul dintre proiecția umbrei axei capătului LCRJ pe planul de studiu. Unghiul α este pozitiv atunci când privim prin capătul LCRJ către capătul ZCRJ, axa capătului LCRJ este în direcția ascendentă, așa cum se arată în Figura 17.

[0078] Excentricitatea (λ) a capătului LCRJ este distanța din centrul oricărei secțiuni transversale a tubului situat în ultima 1/2 de inch a capătului de tub în raport cu axa capătului ZCRJ. Excentricitatea este pozitivă atunci când este în susul axei ZCRJ în planul de studiu, așa cum se arată în Figura 17.

[0079] Trebuie identificat planul care traversează axa capătului ZCRJ al tubului și în care dezalinierea M este maximizată cu un număr pozitiv. Unghiul acestui plan în raport cu adâncitura de marcaj (de exemplu, un marcaj de referință pe tub) poate fi marcat permanent cu un marcaj dublu sau temporar cu un marcaj detașabil sau nu este marcat deloc, dar este urmărit pe o foaie de înregistrare. Poziția rotativă a tubului de presiune în raport cu gura laterală a alimentatorului poate fi stabilită astfel

încât dezalinierea maximă a capătului LCRJ al tubului de presiune la fața vestică a reactorului în raport cu capătul ZCRJ al sub-ansamblului să fie în direcția ascendentă; adică ora 12.

[0080] Dezalinierea unui capăt al unui fascicul în raport cu celălalt capăt este definită cu două componente ale

- 1) Unghiul de înclinare al capătului LCRJ (α)
- 2) Excentricitatea capătului LCRJ în raport cu axa ZCRJ (λ)

[0081] Scopul acestei lucrări este acela de a identifica efectul net al dezalinerii capătului LCRJ al tubului de presiune, în raport cu capătul ZCRJ, când subansamblul este format și introdus prin fața de est a reactorului.

[0082] Capătul ZCR, după ce a fost rulat la fittingul de capăt și delimitat de rulmenții din partea de est, reprezintă o grindă în consolă. Ecuațiile de curbare a grinzii pentru suportul în consolă sunt prezentate în tabelul din FIG. 18 pentru referință.

[0083] FIG. 19 prezintă 4 scenarii diferite pentru profilul corpului de tub. Unghiul (α) al capătului în partea dreaptă a schiței reprezentând capătul LCRJ al unui tub de presiune în raport cu cealaltă parte și, după cum se poate vedea, este același pentru toate cele patru profiluri. Ceea ce diferă în toate cele patru profiluri este excentricitatea (λ) pentru aceste profiluri.

[0084] Presupunem că al doilea fitting de capăt LCRJ este în linie cu fittingul de capăt al subansamblului atunci când ambele sunt delimitate în cadrul sistemului de rulmenți similar. (Această presupunere este valabilă, deoarece toate celelalte aranjamente de lagăre sunt modelate separat și efectul locațiilor alternative ale fittingurilor de capăt este suprapus pe forma canalului de combustibil din aranjament nominal).

[0085] Pentru ca respectivul capăt liber care se deplasează vertical să devină în linie verticală cu capătul ZCRJ (capăt fix), capătul liber va fi înclinat la unghiul β găsit în tabelul cu curbura grinzii din FIG. 18:

[0086]
$$\beta = \frac{PL^2}{2EI}$$
 (de reținut că β este prezentat ca θ în tabelul din FIG. 18)

[0087]
$$\lambda = \frac{PL^3}{3EI}$$

[0088] Prin urmare, unghiul β este:

[0089]
$$\beta = \frac{2\lambda}{3L}$$

[0090] Prin urmare, unghiul total al capătului LCRJ PT după ce este aliniat cu fittingul de capăt ZCRJ este:

$$\text{Dezaliniere} = M = \alpha + \beta = \alpha + \frac{2\lambda}{3(L_{PT} - L_{CL})}$$

[0091]

[0092] Metoda de măsurare propusă prin grupul de scule este să se prindă capătul ZCRJ al tubului de presiune și să se măsoare valoarea totală a indicatorului (TIR) a două puncte la capătul liber (capătul LCRJ) al tubului. Aceste două exemple de puncte țintă sunt la 2,5 inch unul de altul, iar primul se află la 3/8 inch de capătul tubului (vezi FIG. 20).

- 1) ZCRJ PT sunt prinse mai întâi cu adâncitura de marcaj la ora 12 (vezi FIG. 21).
- 2) Ambele micrometre (scula care măsoară topografia suprafeței de obicei în microni) pornește de la zero în raport cu un cilindru de referință care este perfect aliniat la capătul de prinde al capătului ZCRJ
- 3) Apoi, carcasa micrometrului se deplasează la capătul LCRJ în locația axială setată pentru a scana suprafața capătului LCRJ.
- 4) Din citirea TIR a micrometrului, trebuie localizată locația centrului secțiunii transversale PT în punctele P1 și P2.
- 5) Centrul punctelor P1 și P2 în direcția orizontală este reprezentat în principiu de componentele x1 și x2 ale punctelor P1 și P2.
- 6) Tubul trebuie apoi rotit la 90° și strâns din nou conform FIG. 22.
- 7) Deplasarea TIR a micrometrului de la secțiunile transversale 1 și 2 furnizează componenta Y a punctelor y1 și y2.
- 8) După găsirea componentelor X și Y ale punctelor P1 și P2 de la capătul LCRJ, pentru fiecare grad de unghi θ , cuprins între 0 și 359 grade, componentele X și Y ale punctelor P1 și P2 pot fi translatate în noul sistem de coordonate X' și Y' după o rotație unghiulară.
- 9) Rotirea unghiulară pentru transferul de la sistemul de coordonate X și Y la X' și Y' cu unghiul θ din sistemul inițial este după cum urmează:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}$$

10) După conversia lui X și Y în noul sistem de coordonate X' și Y' pentru rotația completă de la 0 la 359°, unghiul format din punctele P1 și P2 pe planul ZY' poate fi calculat după cum urmează:

$$\alpha_{12} = \tan^{-1} \left(\frac{y'_2 - y'_1}{z_2 - z_1} \right)$$

Unde:

$$Z_1 = (L_{PT} - L_{CL} - 3/8'')$$

$$Z_2 = Z_1 - 2,5''$$

L_{PT} = Lungimea tăiată a tubului de presiune

L_{CL} = Lungime de cuplare de prindere la capătul ZCRJ al tubului de presiune.

(Vezi FIG. 23)

11) Dezalinierea în planul Y'Z, care se află la unghiul rotativ θ față de adâncitura de marcaj inițială, este găsită după cum urmează:

$$\text{Dezaliniere în planul Y'Z} = M_\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y'_2 - y'_1}{z_2 - z_1} \right) + \frac{2y'_1}{3(L_{PT} - L_{CL})}$$

12) După repetarea calculelor de mai sus pentru fiecare 1° al unghiului θ de la 0 la 359°, poate fi identificat și marcat pentru instalare unghiul în care dezalinierea M_θ este maximă. Acest punct rotativ care are un unghi θ față de adâncitura de marcaj poate fi aliniat la orientarea la ora 12 pe fața reactorului.

[0093] În unele cazuri, prin rotirea tubului de presiune, valorile X și Y pot fi măsurate fără a fi necesar să se compenseze neapărat efectul greutateii tubului.

[0094] De asemenea, trebuie menționat faptul că exemplele de realizare 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 a configurației și a aranjamentului acestora sunt posibile fără a se îndepărta de spiritul și scopul prezentei invenții, așa cum sunt prevăzute în revendicările anexate.

REVEDICĂRI

1. Metodă pentru poziționarea unui tub calandria în interiorul unui vas de calandria al unui reactor nuclear, metoda cuprinzând:

determinarea unui arc restricționat al tubului calandria;

determinarea unui arc nerestricționat al tubului calandria;

calcularea unui unghi de aliniere între un unghi vectorial al arcului restricționat al tubului calandria și un unghi vectorial al arcului nerestricționat al tubului calandria într-o locație axială; și

poziționarea tubului calandria în raport cu reactorul nuclear pentru a orienta unghiul de aliniere într-o poziție operațională.

2. Metodă conform revendicării 1, în care unghiul de aliniere este orientat în general în sus în poziția operațională.

3. Metodă conform revendicării 1, în care unghiul de aliniere este unghiul unei sume vectoriale a arcului restricționat al tubului calandria și arcul nerestricționat al tubului calandria.

4. Metodă conform revendicării 1, în care unghiul de aliniere este o medie a unghiului vectorial al arcului restricționat și unghiul vectorial al arcului nerestricționat.

5. Metodă conform revendicării 1, în care unghiul de aliniere este un unghi al arcului restricționat.

6. Metodă conform revendicării 1, în care poziționarea tubului calandria cuprinde rotirea tubului calandria pe baza unui unghi relativ între unghiul de aliniere și un unghi de referință asociat cu tubul calandria pentru a orienta unghiul de aliniere în poziția operațională.

7. Metodă conform revendicării 1, cuprinzând suplimentar etapele de aliniere a unui capăt al unui tub de presiune cu o gaură a unui prim fitting de capăt și formarea unui subansamblu prin securizarea capătului tubului de presiune la fittingul de capăt.

8. Metodă conform revendicării 3, cuprinzând suplimentar etapa de introducere a subansamblului în tubul calandria până când un capăt liber al tubului de presiune este aproape de o gaură a unui al doilea fitting de capăt poziționat într-o gaură a unei plăci de tuburi poziționată în apropierea unui miez al reactorului nuclear.

9. Metodă conform revendicării 4, cuprinzând suplimentar etapa de ridicare a celui de-al doilea fitting de capăt.

10. Metodă conform revendicării 3, cuprinzând suplimentar etapa de exercitare a unei forțe descendente pe primul fitting de capăt cuplat.

11. Metodă conform revendicării 1, cuprinzând suplimentar etapa de fixare a tubului calandria în poziția operațională.

12. Metodă conform revendicării 5, cuprinzând suplimentar etapa de poziționare a unui tub de presiune în interiorul tubului calandria.

13. Metodă conform revendicării 6, cuprinzând suplimentar etapa de umplere a vasului de calandria cu moderator înainte de poziționarea tubului de presiune în interiorul tubului calandria.

14. Metodă conform revendicării 1, în care o linie mediană a tubului calandria este orientată în raport cu o linie mediană a unei găuri a unei plăci de tuburi poziționată în interiorul vasului de calandria.

15. Metodă conform revendicării 1, în care tubul calandria este orientat în raport cu un sistem de coordonate global.

16. Metodă pentru poziționarea unui tub calandria în interiorul unui vas de calandria al unui reactor nuclear, metoda cuprinzând:

determinarea unui arc al tubului calandria;

orientarea tubului calandria, astfel încât arcul să fie într-o orientare în general

în sus;

orientarea unui subansamblu incluzând un tub de presiune și un prim fitting de capăt, primul fitting de capăt fiind cuplat cu o primă gaură a unei prime plăci de tuburi și tubul de presiune poziționat în interiorul tubului calandria, în raport cu un al doilea fitting de capăt poziționat în interiorul unei găuri a unei plăci de tuburi poziționată pe o față a reactorului:

exercitând o forță în jos pe primul fitting de capăt; și
securizarea tubului calandria într-o poziție operațională.

17. Metodă conform revendicării 12, în care primul capăt este distanțat de o față a reactorului nuclear.

18. Metodă conform revendicării 12, în care etapa de determinare a unui arc al tubului calandria include:

determinarea unui arc restricționat al tubului calandria; și
determinarea unui arc nerestricționat al tubului calandria.

19. Metodă conform revendicării 14, cuprinzând suplimentar etapele de:

calculare a unei sume vectoriale a arcului restricționat al tubului calandria și a arcului restricționat al tubului calandria; și
poziționarea tubului calandria în raport cu reactorul nuclear pentru a orienta suma vectorială într-o poziție operațională.

20. Metodă conform revendicării 12, cuprinzând suplimentar etapa de poziționare a unui tub de presiune în interiorul tubului calandria.

21. Metodă conform revendicării 16, cuprinzând suplimentar etapa de umplere a vasului calandria cu moderator înainte de poziționarea tubului de presiune în interiorul tubului calandria.

22. Metodă conform revendicării 12, în care o linie mediană a tubului calandria este orientată în raport cu linia mediană a unei găuri a unei plăci de tuburi poziționată în interiorul vasului calandria.

23. Metodă conform revendicării 12, în care tubul calandria este orientat în raport cu un sistem de coordonate global.

1/23

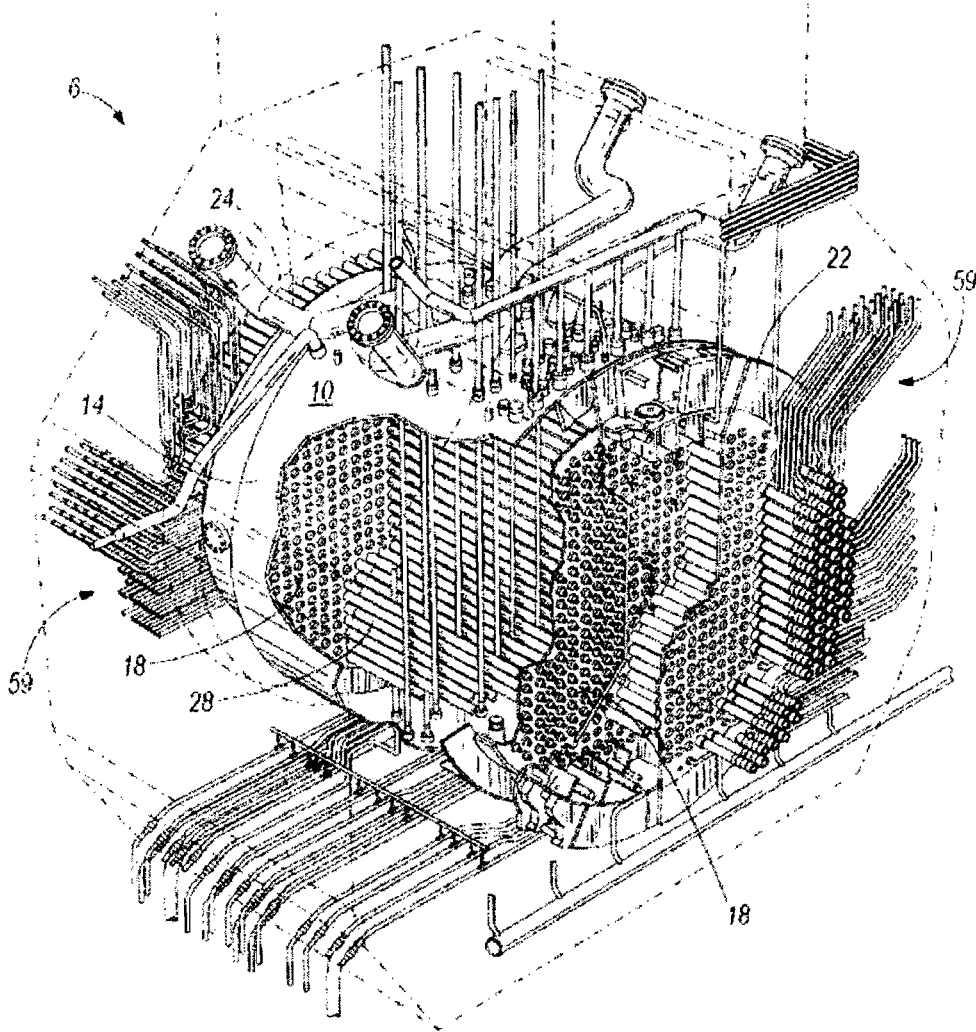


Fig. 1

2/23

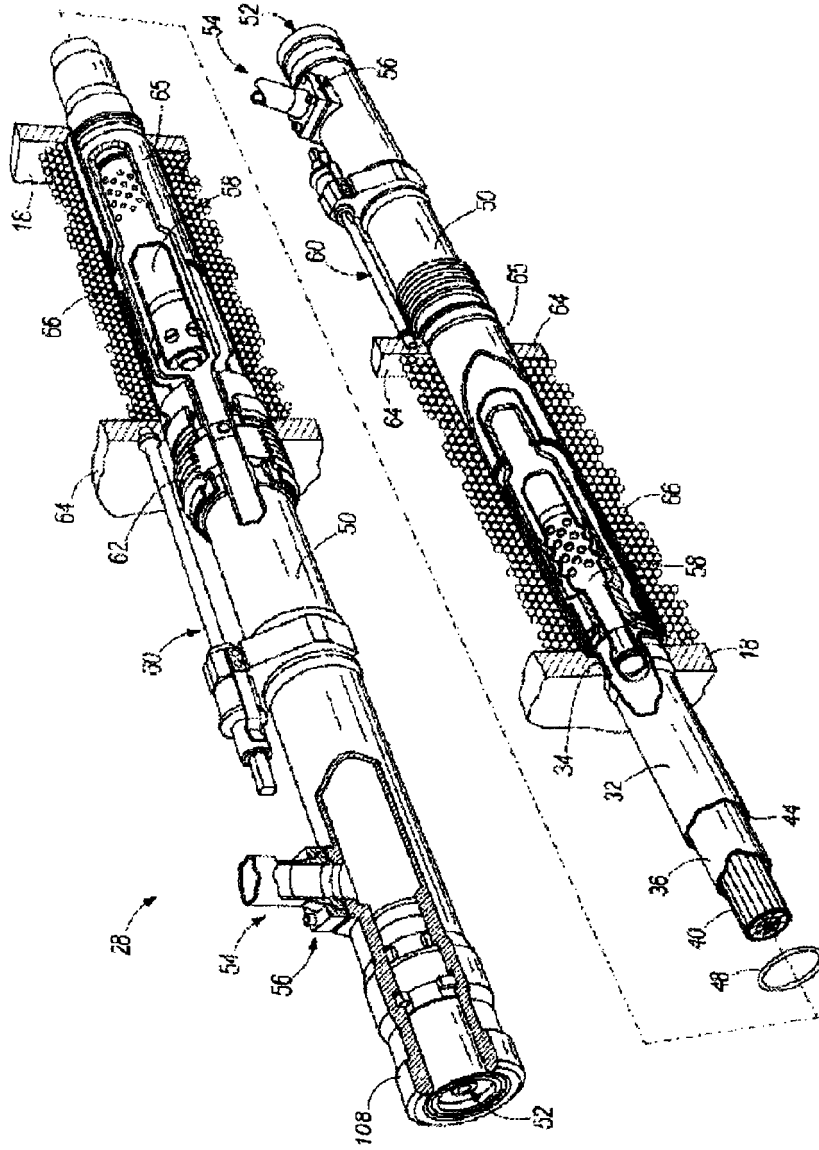


Fig. 2

3/23

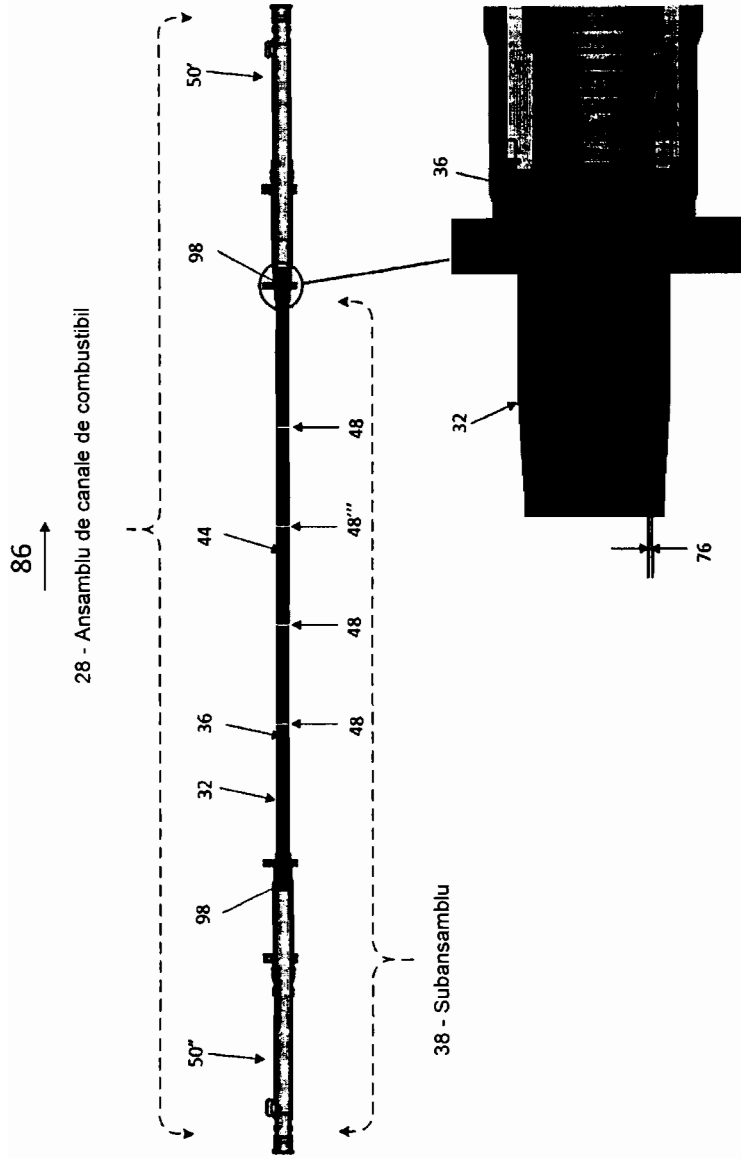


Fig. 3

4/23

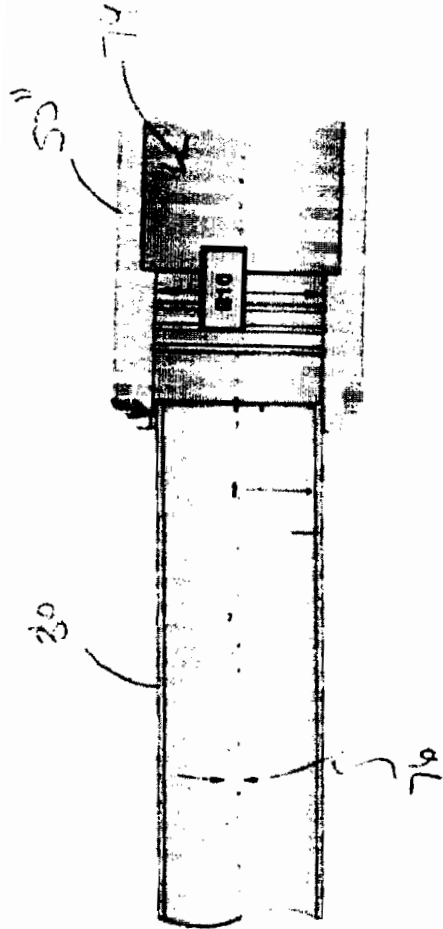


Fig. 4

78 - Instrument de aliniere

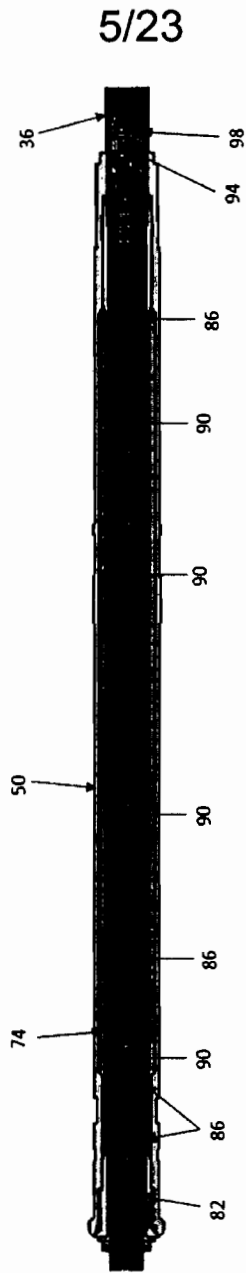


Fig. 5

6/23

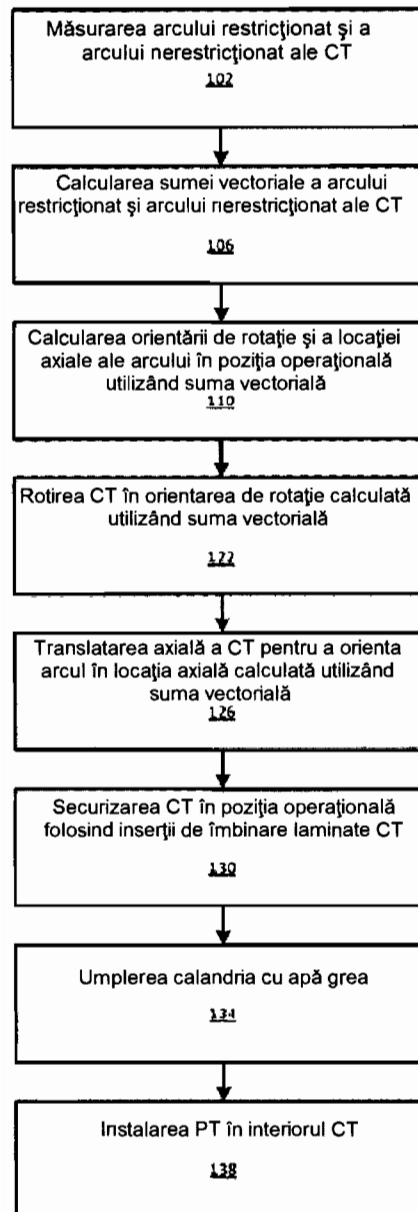


Fig. 6

7/23

28 - Ansamblu canale de combustibil

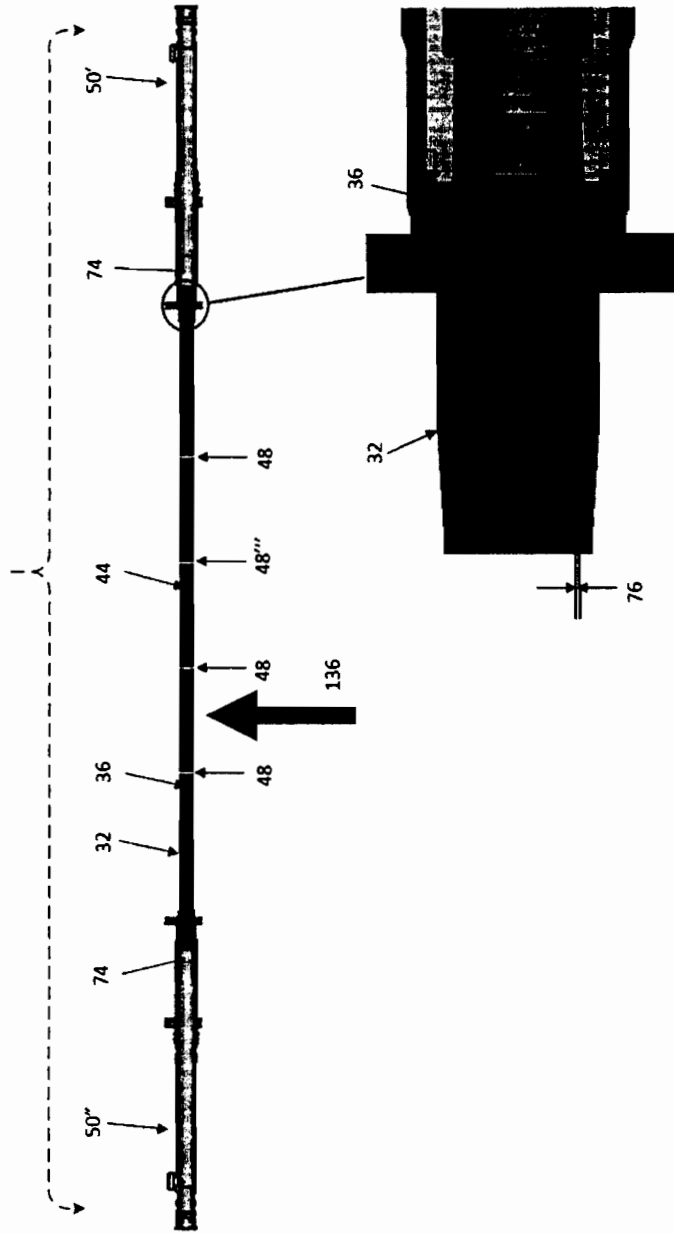


Fig. 7

8/23

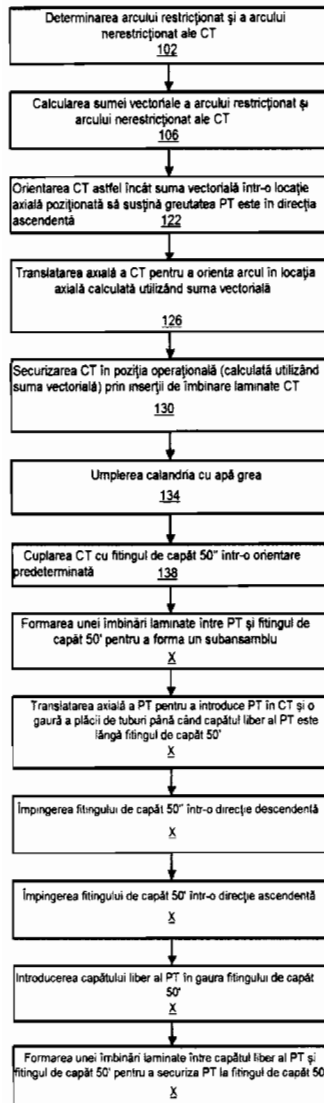


Fig. 8

9/23

28 - Ansamblu canale de combustibil

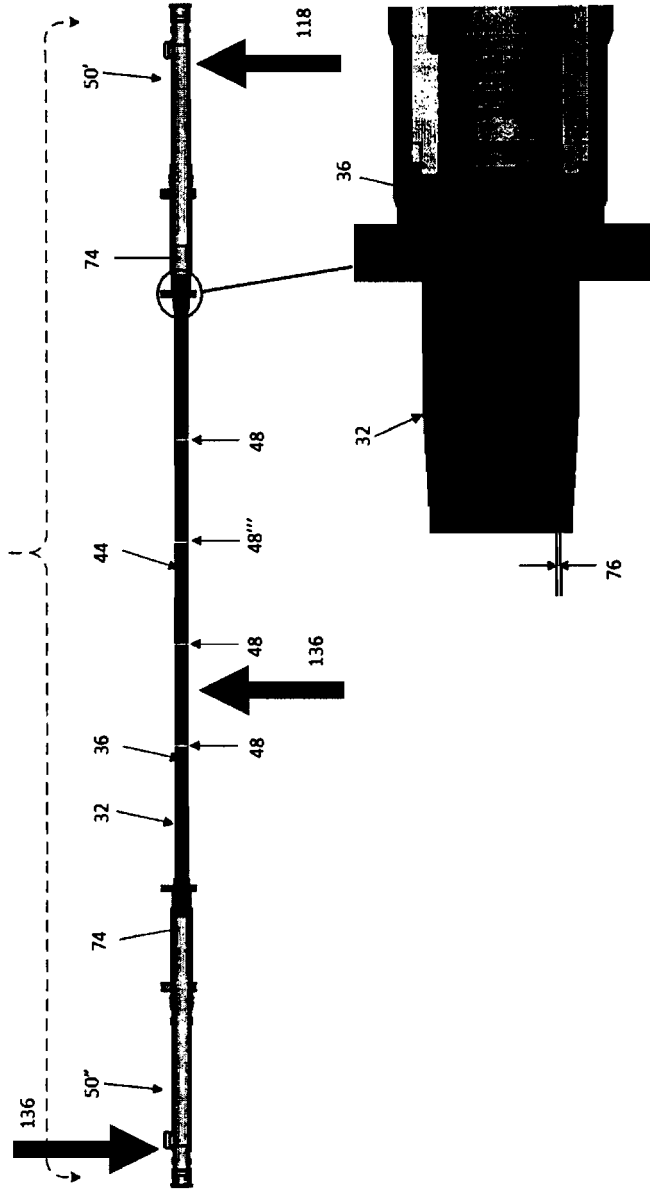
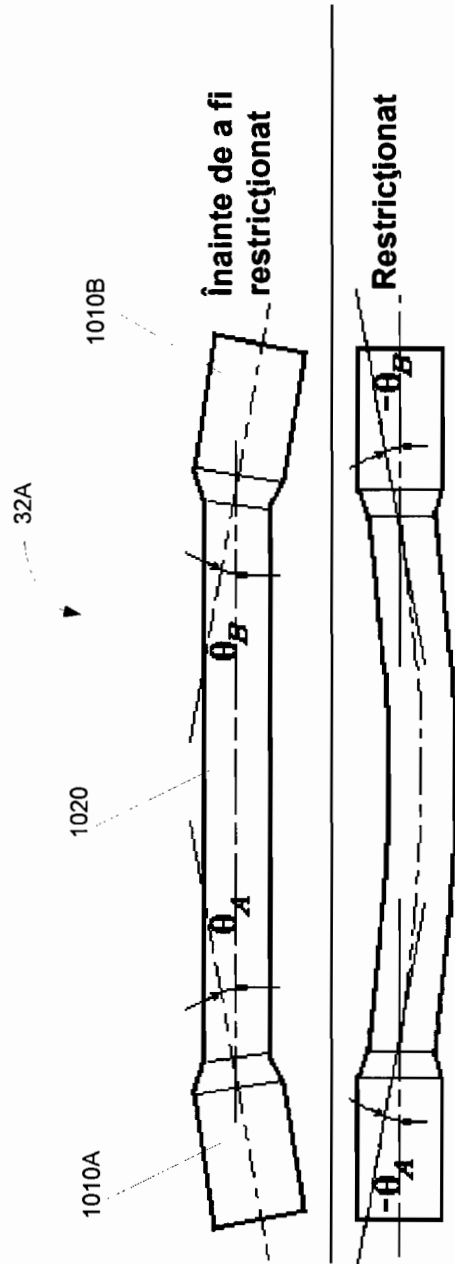


Fig. 9



10/23

FIG. 10

11/23

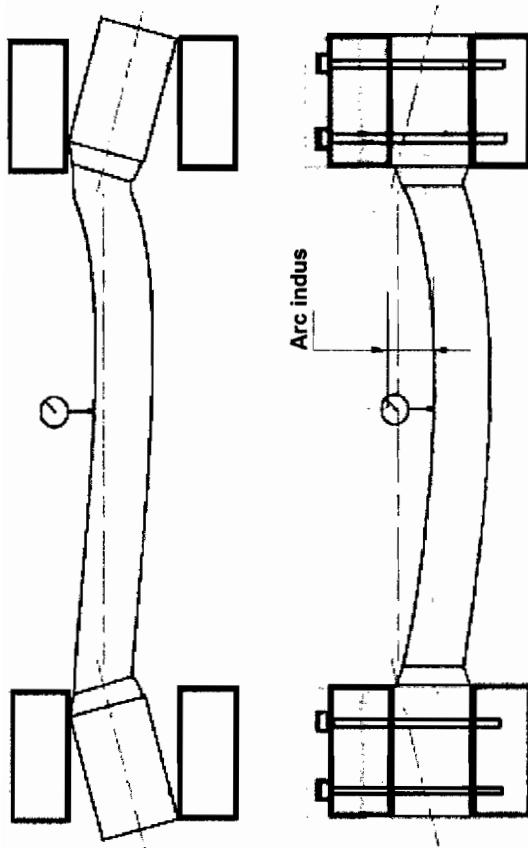


FIG. 11

12/23

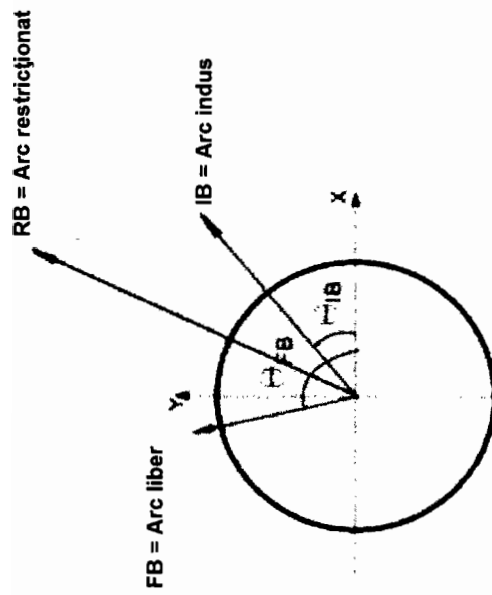


FIG. 12

13/23

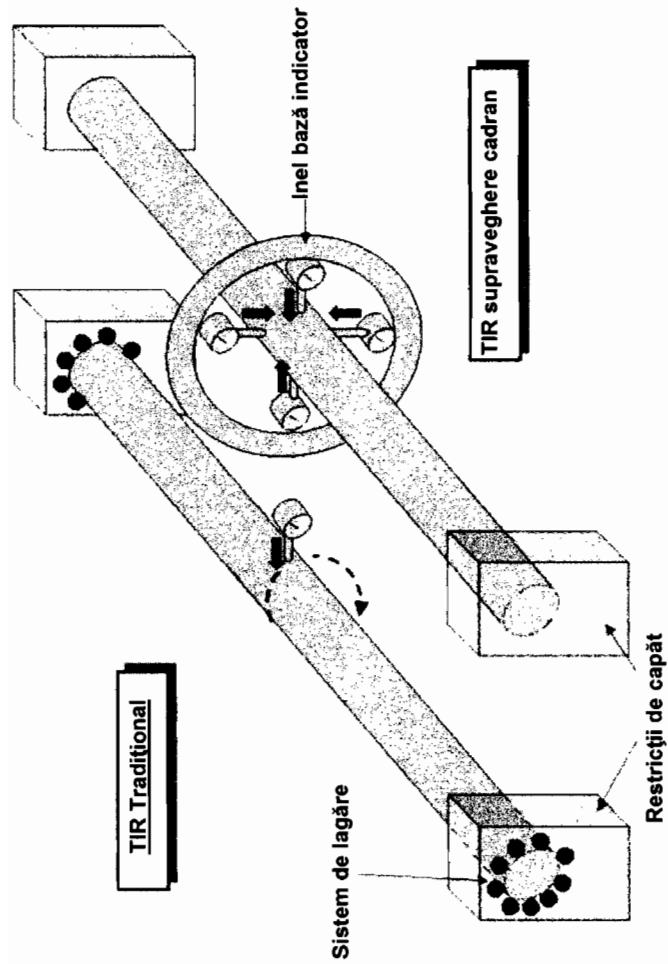


FIG. 13

14/23

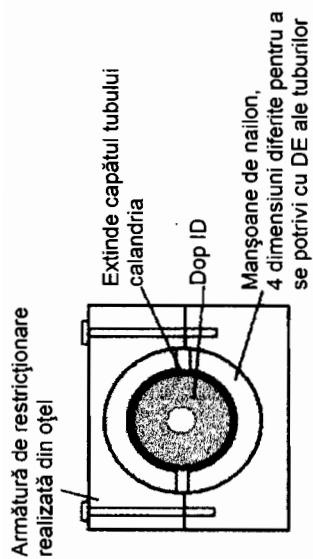


FIG. 14

15/23

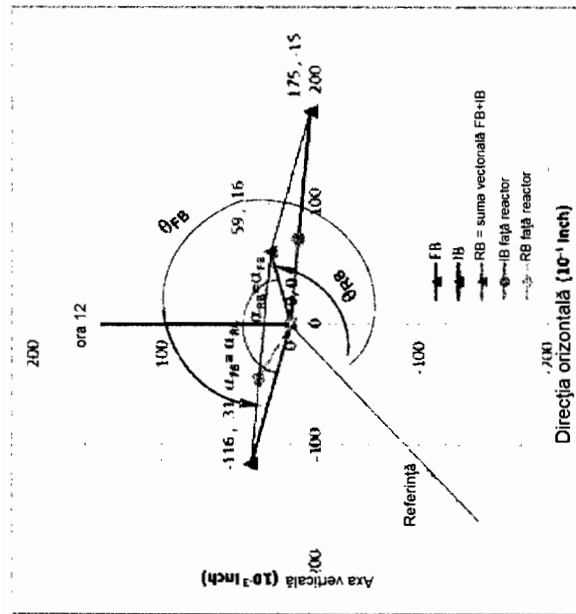


FIG. 15

16/23

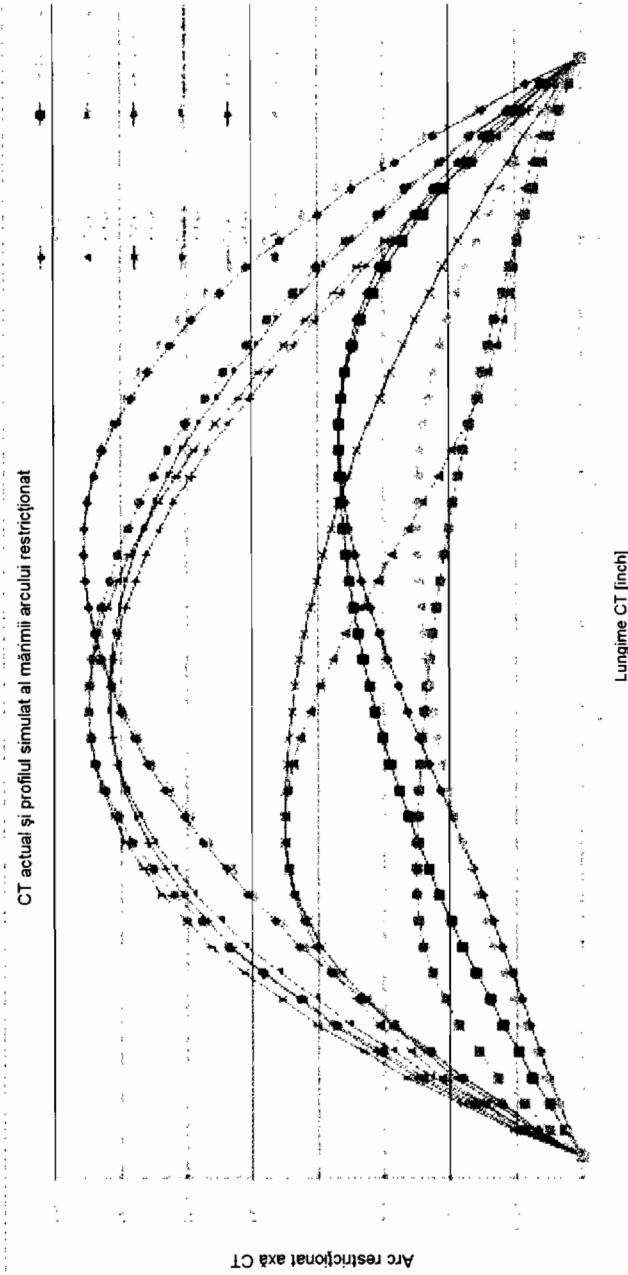
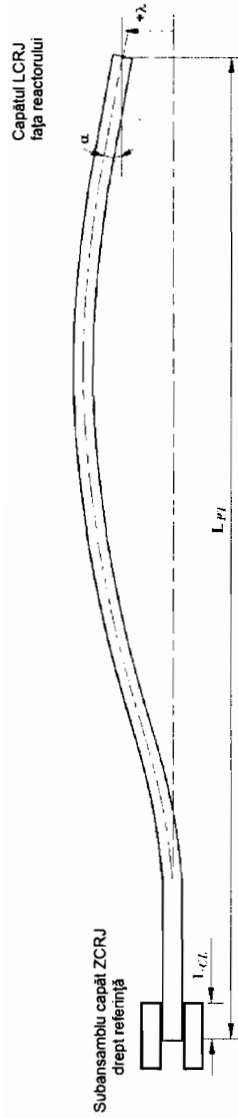


FIG. 16

17/23



Unghiul de înclinare (α) și excentricitatea (λ) capătului LCRJ în raport cu capătul ZCRJ al PT

FIG. 17

105

18/23

FORMULE CURBARE GRINDĂ

TIP GRINDĂ	INCLINARE LA CAPĂTUL LIBER	CURBARE ÎN ORICE SECȚIUNE ÎN TERMIENI DE x	CURBURA MAXIMĂ
1. Grindă în consolă - Sarcină concentrată P la capătul liber		$v = \frac{Px^2}{6EI} (3l - x)$	$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{3EI}$

FIG. 18

19/23

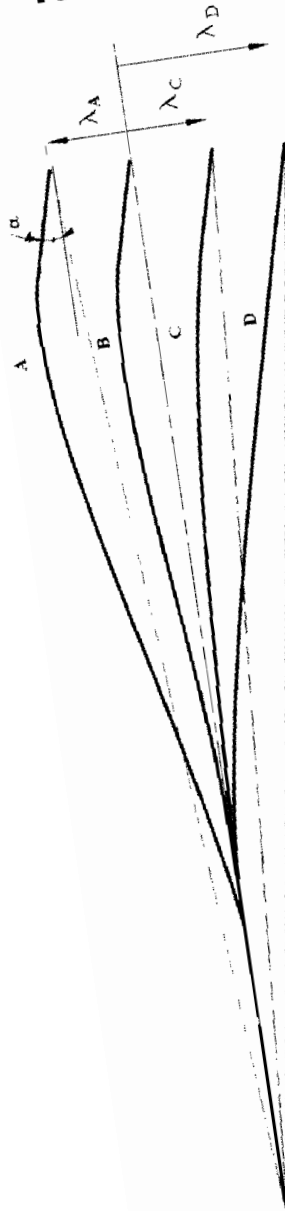


FIG. 19

20/23

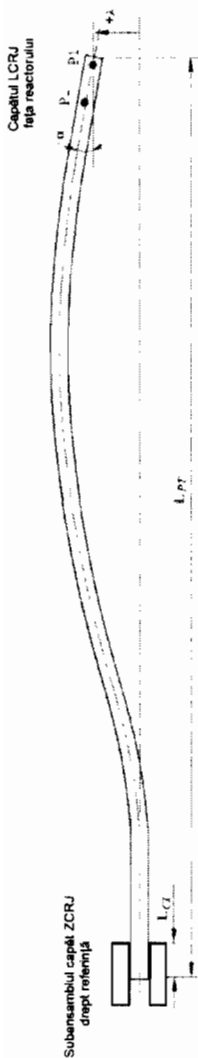


FIG. 20

21/23

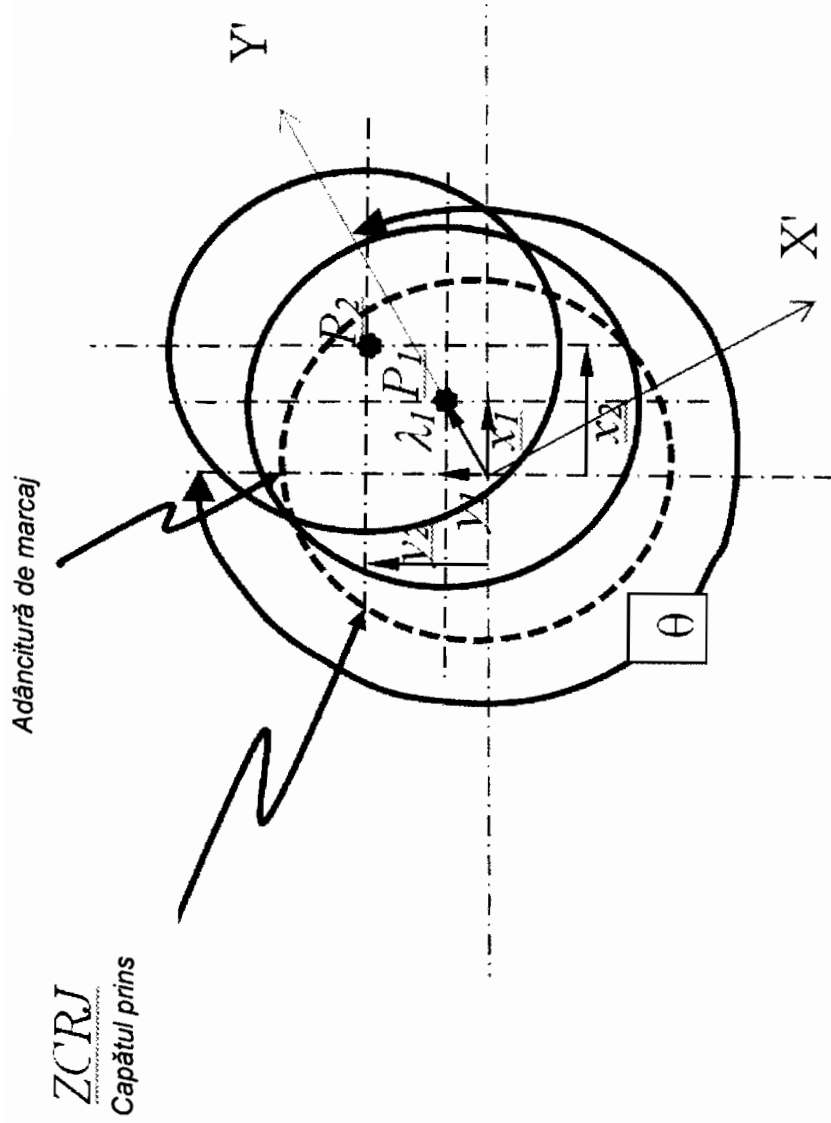


FIG. 21

22/23

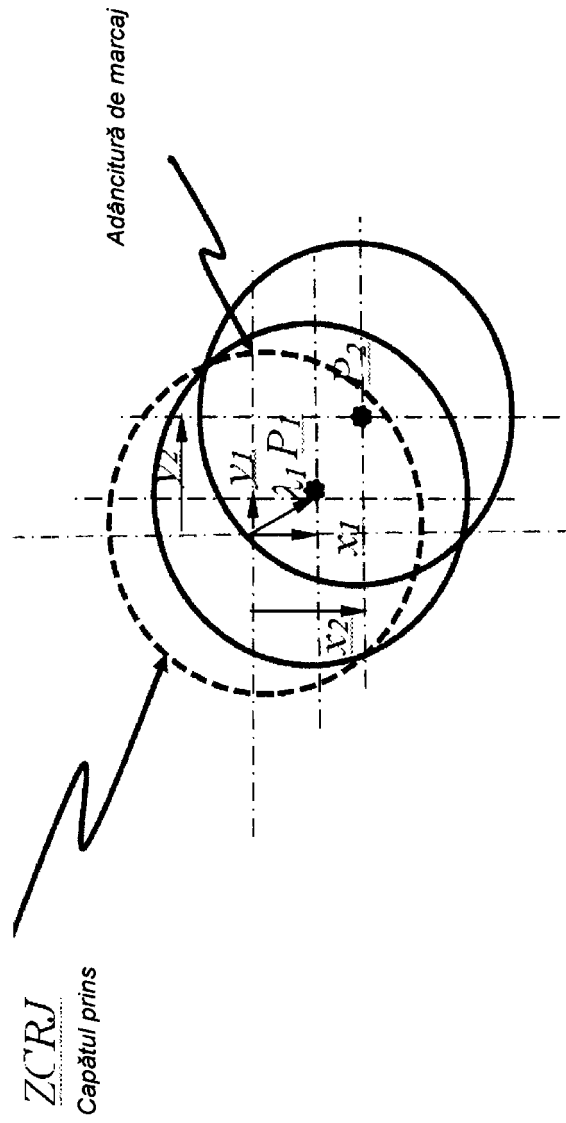


FIG. 22

23/23

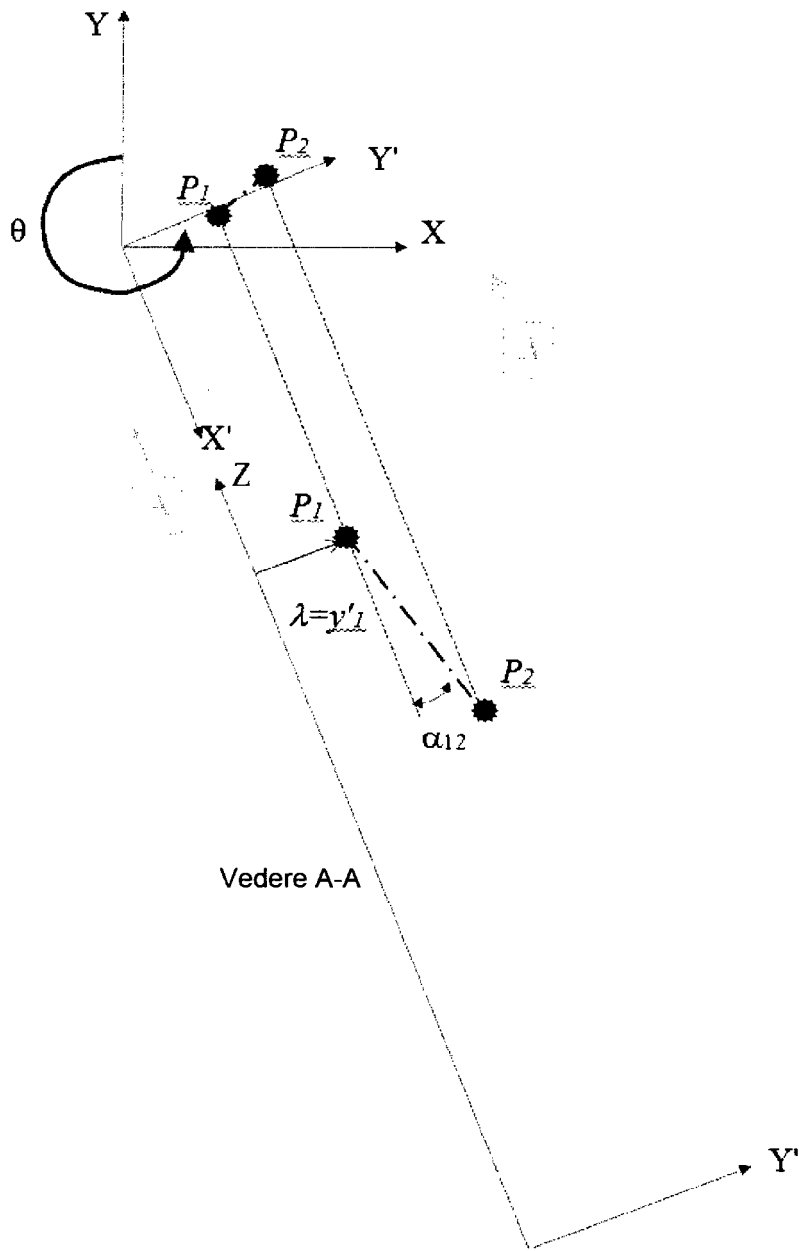


FIG. 23