



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00224

(22) Data de depozit: 10.09.2008

(30) Prioritate:

11.09.2007 US 60/971, 423

(41) Data publicării cererii:

30.03.2011 BOPI nr. 3/2011

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. CA 2008/001601 10.09.2008

(87) Publicare internațională:

Nr. WO 2009/033274 19.03.2009

(71) Solicitant:

• ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED,
2251 SPEAKMAN DRIVE, MISSISSAUGA,
ONTARIO, CA

(72) Inventatori:

• KING JAMES M., 9 AVON CRESCENT,
P.O. BOX 1236, DEEP RIVER, ONTARIO,,
CA;
• SMITH BRUCE A.W., 12 CABOT PLACE,
P.O. BOX 801, DEEP RIVER, ONTARIO,,
CA;
• FEENSTRA PAUL, 17 LA SALLE DRIVE,
DEEP RIVER, ONTARIO,, CA

(74) Mandatar:

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

(54) METODĂ ȘI APARAT PENTRU DETECTAREA ȘI
REPOZIȚIONAREA UNUI DISTANȚIER INELAR ÎN
REACTOARE NUCLEARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un aparat pentru detectarea și poziționarea unui distanțier inelar, folosit pentru a menține poziția unui tub de presiune în cadrul unui tub calandria al unui reactor nuclear. Metoda conform invenției cuprinde etapele de: izolare, din punct de vedere vibrațional, a unei secțiuni a tubului de presiune, vibrare a peretelui tubului de presiune în cadrul secțiunii izolate, detectarea vibrației peretelui la un minim de două poziții axiale, în cadrul secțiunii izolate menționate, și detectarea unei reduceri a nivelului de vibrație a peretelui la una sau mai multe dintre pozițiile axiale menționate, în comparație cu pozițiile axiale rămase. Aparatul conform invenției are o suprafață cilindrică interioară, aflată în contact cu un tub (200) de presiune interior, și o suprafață cilindrică exterioară, aflată în contact cu un tub (400) calandria exterior, și cuprinde: un cap de lucru (100) pentru instrumente, care se introduce în tubul (200) de presiune, capul de

lucru (100) având un prim capăt și un al doilea capăt, câte un bloc de fixare (2) în fiecare dintre capetele menționate, unul sau mai multe elemente de acționare (6), care fac să vibreze tubul (200) interior, și unul sau mai multe accelerometre (8) pentru măsurarea vibrației tubului (200) interior.

Revendicări: 16

Figuri: 10

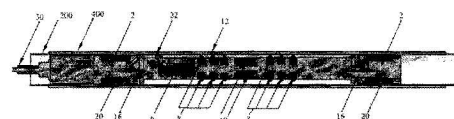
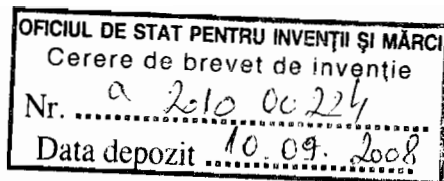


Fig. 3

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





METODĂ ȘI APARAT PENTRU DETECTAREA ȘI REPOZIȚIONAREA UNUI DISTANȚIER INELAR ÎN REACTOARE NUCLEARE

DOMENIUL INVENTIEI

Această invenție se referă în general la o metodă de repositionare a elementelor inelare (distanțiere) care sunt blocate să se deplaseze longitudinal în raport cu un tub cu care sunt asociate, distanțierele fiind amplasate pe o parte a peretelui tubului astfel încât să nu fie direct accesibile prin mijloace mecanice de repositionare.

FUNDAMENTAREA INVENTIEI

Prezenta invenție este aplicabilă în special la repositionarea distanțierelor într-un reactor nuclear, cum este un reactor CANDU®. Într-un reactor CANDU®, tuburile de presiune care conțin fasciculele de combustibil sunt poziționate fiecare în cadrul unui tub calandria. Este necesar să se mențină un spațiu inelar între tubul de presiune și tubul calandria pentru a permite circulația gazelor care izolează termic tubul de presiune fierbinte față de tubul calandria relativ mai rece și moderatorul apă grea care curge în spațiul din exteriorul tubului calandria.

Spațiul inelar este menținut de distanțierele din spațiul inelar, care sunt o parte componentă și care alcătuiesc un canal de combustibil pentru un reactor CANDU®. Aceste distanțiere mențin distanța radială între două tuburi coaxiale, tubul de presiune interior și un alt tub calandria, și ajută tuburile calandria să susțină tuburile de presiune interioare. Există atât distanțiere din spațiul inelar cu ajustaj cu joc cât și cu ajustaj alunecător, care diferă ca concepție.

Un distanțier cu ajustaj cu joc cuprinde un arc elicoidal cilindric realizat dintr-o sârmă cu secțiune transversală pătrată, asamblat pe o sârmă inelară formând un tor. Sârma inelară a distanțierului cu ajustaj cu joc este sudată formând o buclă continuă de dimensiune fixă. Diametrul mic al distanțierului cu ajustaj cu joc este astfel încât este puțin mai mare decât diametrul exterior al tubului de presiune. Ca atare, distanțierul se potrivește lejer în jurul tubului de presiune. Distanțierul stă în poziția sa instalată doar prin frecare și nu datorită tensiunii arcului. Distanțierele cu ajustaj cu joc au fost folosite în reactoarele de tip CANDU® anterioare.

Distanțierul cu ajustaj prin alunecare cuprinde un arc elicoidal cilindric realizat din sârmă cu secțiune transversală pătrată, asamblat pe o sârmă inelară formând un tor. Sârma inelară nu este sudată, prin urmare diametrul mic efectiv al distanțierului poate

să fie mărit prin aplicarea tensiunii pentru a extinde arcul elicoidal cilindric. Concepția distanțierului cu ajustaj prin alunecare este în așa fel încât arcul elicoidal se află sub tensiune când este instalat pe un tub de presiune, rezultând un ajustaj prin alunecare. Desenul distanțierului din spațiul inelar este astfel încât sunt fixate rigid în poziție. Distanțierul este menținut în poziție prin acțiunea arcului și prin frecare. Distanțierul cu ajustaj prin alunecare în mod tipic își menține poziția lor inițială dorită, totuși, poate fi posibil ca un distanțier să se deplaseze din poziția lui dorită, sau, în cursul desfășurării unei operații a unui reactor, poate fi de dorit să se deplaseze poziția unui distanțier.

În mod tipic, într-un canal de combustibil se folosesc patru distanțiere, fiecare distanțier fiind poziționat la o poziție axială diferită. Pentru a asigura suportul necesar, distanțierul din spațiul inelar trebuie să fie amplasate în poziția corespunzătoare; dacă un distanțier nu este în poziția lui, tubul de presiune fierbinte poate veni în contact cu tubul calandria mai rece. Un astfel de contact între tubul de presiune interior și tubul exterior calandria este inacceptabil.

În timpul instalării distanțierelor într-un astfel de reactor, sau, după cum s-a sugerat mai înainte, în timpul funcționării acestuia, distanțierul se pot deplasa de la pozițiile lor cerute, cu consecința că tuburile de presiune vor fi lipsite de configurația necesară de suport pentru a purta sarcina distribuită în timpul funcționării reactorului, iar din încovoierea acestor tuburi pot rezulta probleme serioase. Prin urmare este de dorit să existe modalități de detectare și re poziționare (dacă este necesar) a distanțierelor după instalarea sau chiar după ce reactorul a funcționat pentru câțiva timp. Poziția optimă a unui distanțier poate să se schimbe ușor în timpul duratei de funcționare a reactorului. Poziția distanțierului original instalat se bazează pe condițiile de susținere pe întreaga perioadă de funcționare a reactorului. Totuși, poate să fie de dorit să se re poziționeze distanțierul târziu în viața reactorului pentru a se potrivi mai bine sfârșitului condițiilor de viață. Re poziționarea distanțierelor târziu în durata de viață (de funcționare) a reactorului poate să extindă durata de funcționare a unui reactor cu câțiva ani, aducând un deosebit beneficiu economic.

Aceste distanțiere din spațiul inelar sunt amplasate între tuburile de presiune și tuburile calandria și nu sunt direct accesibile prin mijloace mecanice. Întrucât poziția distanțierului nu este fixată mecanic, se dorește să existe un mijloc pentru detectarea poziției lor.

Brevetul US nr. 4.613.477 („US '477) prezintă o metodă de re poziționare a arcurilor elicoidale inelare, folosite ca distanțiere în spațiul inelar între tuburile de agent

de răcire și tuburile calandria ale reactoarelor nucleare răcite cu fluid. Astfel de arcuri elicoidale inelare nu sunt accesibile direct prin mijloace mecanice. În metoda conform US '477, o bobină electromagnetică este avansată de-a lungul canalului de combustibil selectat până la o poziție adiacentă arcului elicoidal inelar, și un puls de curent este trecut prin bobină să se exercite prin aceasta o forță electromagnetică de respingere asupra arcului elicoidal inelar care are o componentă în direcția de deplasare necesară. Această tehnică este aplicabilă distanțierelor cu ajustaj cu joc care au sârma inelară sudată. Sârma inelară sudată a distanțierului cu ajustaj cu joc formează un circuit electric continuu care este necesar pentru tehnica pe bază electromagnetică. Tehnica electromagnetică nu lucrează asupra distanțierului cu ajustaj forțat, deoarece sârma inelară nesudată nu asigură o cale electrică continuă în cadrul distanțierului.

Rămâne necesitatea unui aparat pentru detectarea și re poziționarea distanțierelor cu ajustaj forțat pentru spațiul inelar.

Această informație de fond este furnizată cu scopul de a face cunoscută informația pe care solicitantul o consideră a fi relevantă prezentei invenții. Nu se intenționează în mod necesar nici o admisiune, nici nu ar trebui să se interpreteze că vreuna dintre informațiile precedente constituie stadiul tehnicii în raport cu prezenta invenție.

PREZENTAREA PE SCURT A INVENȚIEI

În conformitate cu un aspect al prezentei invenții, se realizează o metodă de detectare a unui distanțier din spațiul inelar, având o suprafață cilindrică interioară în contact cu un tub interior și o suprafață cilindrică exterioară în contact cu un tub exterior în general coaxial, metodă care cuprinde etapele de: izolarea din punct de vedere vibrațional a unei secțiuni a tubului interior; vibrarea peretelui tubului interior menționat în cadrul secțiunii izolate menționate; măsurarea vibrației din perete la un minim de două poziții axiale în cadrul secțiunii izolate și detectarea unei reduceri a nivelului de vibrații al peretelui la una sau mai multe din pozițiile axiale menționate în comparație cu poziția (pozițiile) axială(e) rămasă(e), unde reducerea vibrației este o indicație a prezenței distanțierului din spațiul inelar la poziția axială sau aproape de poziția axială la care reducerea vibrației respective a fost detectată.

În conformitate cu un alt aspect al invențiilor de față, se realizează o metodă de re poziționare axială a unui distanțier din spațiul inelar, având o suprafață cilindrică interioară în contact cu un tub interior și o suprafață cilindrică exterioară în contact cu

un tub exterior în general coaxial, metoda respectivă cuprinzând etapele de: izolare din punct de vedere vibrațional a unei secțiuni a peretelui tubului interior adiacent distanțierului din spațiul inelar; determinarea distanțierului din spațiul inelar să meargă de la o condiție de încărcare la o condiție de neîncărcare, astfel încât este în contact doar cu tubul interior menționat; vibrarea spațiului inelar prin vibrarea secțiunii izolate a peretelui la o frecvență dorită astfel încât distanțierul din spațiul inelar este deplasat longitudinal de la o poziție inițială la o poziție cerută, prin care vibrația distanțierului din spațiul inelar produce accelerații suficiente pentru a învinge tensiunea distanțierului din spațiul inelar asupra tubului interior.

În conformitate cu un alt aspect al prezentei invenții, este realizat un aparat pentru detectarea și/sau re poziționarea unui distanțier din spațiul inelar care are o suprafață cilindrică interioară în contact cu un tub interior și o suprafață cilindrică exterioară în contact cu un tub exterior în general coaxial, care cuprinde: un cap de lucru cu instrumente care are un prim capăt și un al doilea capăt; un prim și un al doilea ansamblu al blocului de fixare la primul și respectiv la cel de al doilea capăt menționat al capului de lucru menționat; unul sau mai multe elemente piezo de acționare asociate cu capul de lucru menționat și care pot să fie acționate să vibreze tubul interior menționat; și două sau mai multe accelerometre asociate capului de lucru menționat pentru măsurarea vibrației tubului interior menționat.

DESCRIEREA PE SCURT A DESENELOR

Figura 1 prezintă o configurație a unui tub de presiune interior, un tub calandria exterior și un distanțier din spațiul inelar.

Figura 2 este o reprezentare schematică a unui reactor CANDU® prezentând componentele cheie, inclusiv distanțierele din spațiul interior al canalului de combustibil, tuburile de presiune interioare și tuburile calandria exterioare.

Figura 3A prezintă un cap de lucru conform unui exemplu de realizare din prezenta cerere iar Figura 3B prezintă un cap de lucru din Figura 3A amplasat într-un tub de presiune interior.

Figura 4 prezintă vederi simplificate care arată diferența între formele modului de vibrație pentru un tub de presiune, cu sau fără prezența unui distanțier din spațiul inelar, solicitat – Vederea A – modul de vibrație al unei grinzi, pentru secțiunea circulară – Vederea B – modul de vibrație al unei grinzi pentru secțiunea circulară modificată de prezența forței de reacțiune exercitată de distanțierul din spațiul inelar.

Figura 5 prezintă variația axială a modurilor pentru o grindă dublu fixată cu o secțiune transversală circulară. Săgețile indică direcția de deplasare a distanțierului (la distanță de un ventru și spre un nod).

Figura 6 este o reprezentare grafică a modelelor circumferențiale și axiale pentru grinda dublu fixată, cu o secțiune transversală circulară.

Figura 7 prezintă o reprezentare grafică a funcției de răspuns la frecvență pentru o secțiune de 800 mm secțiune a tubului de presiune în raport cu frecvența, ilustrând diferențele de răspuns când nu există contact între tubul calandria și tubul de presiune (nu există distanțier din spațiul inelar solicitat) și când există contact între tubul calandria/tubul de presiune printr-un distanțier (distanțier din spațiul inelar, solicitat).

Figura 8 prezintă o reprezentare grafică a raportului răspunsului la frecvență față de poziția axială a unui distanțier pentru un domeniu de frecvență în jurul modului (1,1). Distanțierul din spațiul inelar este poziționat la 450 mm de-a lungul tubului de presiune. Reprezentarea grafică arată în mod clar că raportul de răspuns în funcție de frecvență prezintă o minimă locală corespunzătoare poziției distanțierului solicitat.

Figura 9 prezintă o reprezentare grafică a raportului răspunsului în funcție de frecvență a unui distanțier pentru un domeniu de frecvență în jurul modului (2,1). Distanțierul din spațiul inelar este poziționat la 450 mm de-a lungul tubului de presiune. Reprezentarea grafică arată în mod clar că raportul răspunsului în funcție de frecvență prezintă o minimă locală corespunzătoare poziției distanțierului solicitat.

Figura 10 prezintă o reprezentare grafică a răspunsului accelerometrului la un singur impact între un distanțier din spațiul inelar și un tub de presiune, în funcție de timp. Accelerometrul 3 a fost poziționat cel mai aproape de distanțier iar accelerometrul 1 a fost poziționat cel mai depărtat de distanțier.

DESCRIEREA DETALIATĂ A INVENȚIEI

Aparatul și metodele conform prezentei invenții sunt utile pentru detectarea și/sau re poziționarea unuia sau a mai multor distanțiere din spațiul inelar care înconjoară un prim tub de presiune care este poziționat în interiorul lui, și în general coaxial cu el cu un al doilea tub (de exemplu, a se vedea Figura 1). În exemplul prezentat în Figura 1, distanțierul din spațiul inelar menține distanța radială între primul tub (de exemplu, un tub interior) și cel de al doilea tub (de exemplu, un tub exterior). În mod tipic mai multe distanțiere din spațiul inelar lucrează împreună pentru a menține distanța radială dintre primul tub și cel de al treilea tub.

Într-un exemplu specific conform invenției, tubul interior este un tub de presiune, tubul exterior este un tub calandria, iar distanțierul este un distanțier din spațiul inelar, cu ajustaj prin alunecare, după cum se va găsi la un reactor nuclear CANDU®. Într-un alt exemplu specific, distanțierul este un distanțier pentru spațiul inelar, cu ajustaj cu joc. După cum se va aprecia de către specialist, aparatul și metodele conform prezentei cereri pot să fie folosite în alte aplicații la care un tub interior este poziționat în cadrul și coaxial cu un tub exterior iar tuburile sunt menținute distanțate prin unul sau mai multe distanțiere din spațiul inelar.

După cum se va descrie mai detaliat în cele ce urmează, este prevăzut un aparat și o metodă pentru detectarea unui distanțier din spațiul inelar, re poziționarea unui distanțier din spațiul inelar sau detectarea și re poziționarea unui distanțier din spațiul inelar. Metodele se bazează pe utilizarea unui aparat, ca de exemplu un cap de lucru care este introdus în interiorul tubului de presiune.

În cazul unui reactor nuclear, cum este un reactor CANDU®, aparatul (capul de lucru) este introdus într-un tub de presiune când reactorul este oprit. Figura 2 prezintă un exemplu de aranjament a componentelor în cadrul unui reactor CANDU®. Aparatul (capul de lucru) este introdus în tubul de presiune folosind mașinile de introdus standard existente. Mașina de livrare este poziționată la un capăt al canalului de combustibil și poate să formeze un racord etanșat cu capătul canalului de combustibil. Mașina de livrare poate să scoată dopul de închidere de la capătul canalului de combustibil pentru a permite accesul la tubul de presiune. Mașina de introdus poate să introducă capul de lucru cu instrumente într-un canal de combustibil al reactorului CANDU®, și să le poziționeze pe orice lungime de-a lungul canalului de combustibil. Mașina de introdus oferă o interfață mecanică pentru poziționarea capului de lucru cu instrumente și asigură racordurile de service a capului de lucru cu instrumente, ca de exemplu curent electric, semnale de control/feedback, alimentare pneumatică sau alimentare hidraulică. Un exemplu de mașină de introdus adecvată este Sistemul AECL de Inspectare a Canalului de Combustibil.

Capul de lucru cu instrumente

Cu referire acum la Figurile 3A și 3B, capul de lucru cu instrumente **100** este dimensionat pentru introducerea în primul tub, cum este tubul de presiune **200** într-un reactor nuclear și cuprinde elemente de acționare și senzori folosiți pentru detectarea distanțierelor din spațiul inelar, re poziționarea și detectarea/re poziționarea. Capul de

lucru cu instrumente **100** este configurat pentru asocierea funcțională cu o mașină de introducere (nereprezentată), așa cum este adecvat pentru utilizarea într-un mediu umed care ar fi prezent, de exemplu, în tubul de presiune **200** și în exteriorul tubului calandria **400**, a unui reactor nuclear CANDU®.

Capul de lucru cu instrumente **100** cuprinde un ansamblu al blocului de fixare **2**, cuplajul **16**, elementul piezo de acționare **6**, accelerometru **8** și sonda **10** pentru spațiul de curent turbionar.

Ansamblul blocului de fixare.

După cum se arată în figurile 3A și 3B, capul de lucru cu instrumente **100** include ansamblurile blocului de fixare **2** la un prim capăt și la un al doilea capăt al capului de lucru cu instrumente **100**. Fiecare ansamblu al blocului de fixare **2** este atașabil cu posibilitate de demontare la cuplajul **16** și este adaptat pentru rotirea în jurul cuplajului **16**. Fiecare ansamblu al blocului de fixare **2** include elementul (elementele) de fixare **20**, care sunt deplasabile de la o poziție retrasă la o poziție extinsă. În poziția retrasă, elementul (elementele) de fixare **20** nu împiedică deplasarea capului de lucru cu instrumente **100** în cadrul tubului de presiune **200**. În poziție extinsă, elementul (elementele) de fixare **20** angrenează suprafața interioară a tubului de presiune **200**. În poziție extinsă, elementul (elementele) de fixare **20** angrenează suprafața interioară a tubului de presiune **200**. Fiecare ansamblu al blocului de fixare **2** și elementul(ele) **20** sunt operabile pentru utilizare în ridicarea tuburilor de presiune (discutate în cele ce urmează) și sunt de asemenea folosite pentru a izola din punct de vedere vibrațional o secțiune a tubului de presiune **200** între fiecare ansamblu al blocului de fixare **2** la primul și al doilea capăt al tubului de presiune **200** (discutat în cele ce urmează).

Cuplajul **16** este acționat de presiunea hidraulică furnizată de mașina de livrare. Acționarea cuplajului **16** produce un moment între ansamblul blocului de fixare **2** și capul de lucru cu instrumente **100**. Când ansamblul blocului de fixare **2** este fixat la tubul de presiune **200** și cuplajul **16** este acționat, momentul este aplicat la tubul de presiune **200**. Acest moment aplicat la tubul de presiune **200** ridică efectiv tubul de presiune **200** la distanță de tubul calandria **400**. Această operație poate să fie folosită pentru a îndepărta orice sarcină pe un distanțier din spațiul inelar **12** și făcând ca distanțierul din spațiul inelar **12** să iasă din contactul cu tubul calandria **400**. Îndepărtarea sarcinii de la un distanțier din spațiul inelar **12** este necesară pentru a permite distanțierului din spațiul inelar **12** să fie deplasat liber.

Element piezo de acționare.

Capul de lucru cu instrumente **100** include elementul piezo de acționare **6**, care este operabil să aplice vibrații la suprafața interioară a tubului de presiune **200**. În mod tipic doar un element piezo de acționare **6** este inclus într-un cap de lucru cu instrumente **100**. Totuși, mai mult de un element piezo de acționare **6** poate să fie încorporat în capul de lucru cu instrumente **100** dacă se dorește și/sau dacă este necesar.

Elementul piezo de acționare **6** cuprinde un reazem **22** care se poate deplasa dintr-o poziție retrasă într-o poziție extinsă. În poziția retrasă, reazemul **22** nu împiedică deplasarea capului de lucru cu instrumente **100** în cadrul tubului de presiune **200**. În poziție extinsă, reazemul **22** este adus în contact cu peretele interior al tubului de presiune **200**.

Poziția elementului piezo de acționare **6** față de ansamblul blocului de fixare **2** afectează capacitatea elementului piezo de acționare **6** să furnizeze putere pentru a produce vibrarea tubului de presiune în modul dorit. Elementul piezo de acționare **6** are limitări cu privire la deplasarea lui (cursa lui) și forța pe care poate să o aplice. Mărimea forței și a cursei necesare pentru a produce vibrarea tubului de presiune **200** depinde de amplasarea elementului piezo de acționare **6** în raport cu forma modului de vibrații, și prin urmare, de asemenea cu privire la ansamblurile blocurilor de fixare **2**, care definesc lungimea segmentului tubului de presiune care vibrează, și prin urmare efectul modurilor de vibrații. Există o locație sau un domeniu de locații care permite elementului piezo de acționare **6** să producă mai bine forma sau formele dorite ale modului de vibrație. În general, trebuie să se realizeze un echilibru între forță și cursă. În mod tipic, o locație care necesită cursă mai mică necesită de asemenea mai multă forță și vice versa. Caracteristicile performanței elementului piezo de acționare **6** se potrivesc cu cerințele privind forța și cursa ale formei sau formelor modului de vibrație particular.

Când reazemul **22** este în contact cu peretele interior al tubului de presiune **200**, elementul piezo de acționare **6** este operabil pentru a face să vibreze o porțiune a tubului de presiune **200** într-un mod controlat. Elementul piezo de acționare **6** este controlat folosind un amplificator (nereprezentat) și generator de semnal (nereprezentat), astfel încât poate fi făcut să funcționeze la o frecvență dorită. Frecvența de vibrație a elementului piezo de acționare **6** selectată va depinde de o varietate de factori nelimitatori cum sunt condițiile de funcționare, materiale folosite,

preferința utilizatorului, cerințele de reglementare și/sau altele similare. Într-un exemplu de realizare, elementul piezo de acționare **6** generează vibrații la o frecvență naturală a tubului de presiune **200**. Într-un exemplu de realizare, elementul piezo de acționare **6** generează vibrații într-un domeniu de frecvențe de la aproximativ 100 Hz la aproximativ 1500 Hz. Într-un exemplu de realizare, elementul piezo de acționare **6** generează vibrații la aproximativ 400 Hz, ceea ce corespunde modului (1,1). Într-un exemplu de realizare, elementul piezo de acționare **6** generează vibrații la aproximativ 625 Hz, ceea ce corespunde modului (2,1). Într-un exemplu de realizare a invenției, elementul piezo de acționare **6** generează vibrații la aproximativ 1096 Hz, ceea ce corespunde modului (3,1).

După cum s-a observat anterior, fiecare ansamblu al blocului de fixare **2** și elementele de fixare ale ansamblului **20** sunt operabile pentru a izola din punct de vedere vibrațional secțiunea tubului de presiune **200** între fiecare ansamblu al blocului de fixare **2**, la primul și cel de al doilea capăt al tubului de presiune **200**. Înainte de acționarea elementului piezo de acționare **6**, elementele de fixare ale ansamblului **20** pot să fie deplasate în poziție extinsă, venind în contact cu suprafața interioară a tubului de presiune **200**. Când elementele ansamblului **20** sunt în poziție extinsă, porțiunea tubului de presiune **200** între fiecare ansamblu al blocului de fixare **2** este izolat din punct de vedere vibrațional față de restul tubului de presiune **200**. Așa cum se folosește în prezenta descriere, prin izolat din punct de vedere vibrațional se înțelege că vibrațiile produse de elementul piezo de acționare **6** în cadrul porțiunii tubului de presiune **200** delimitat de elementele de fixare **20**, sunt menținute separate sau la distanță de restul tubului de presiune **200** astfel încât să diminueze sau să elimine efectul vibrațiilor asupra restului tubului de presiune **200**.

Accelerometre.

Capul de lucru cu instrumente **100** include accelerometre **8** care detectează vibrațiile tubului de presiune **200**. Accelerometrul(ele) **8** poate(pot) de asemenea să fie folosit(e) pentru a detecta impacturi între distanțierul din spațiul inelar **12** și suprafața exterioară a tubului de presiune **200** în timpul deplasării distanțierului spațiului inelar **12** (discutat în detaliu în cele ce urmează).

Numărul și poziționarea accelerometrului(lor) **8** în capul de lucru cu instrumente **100** variază în funcție de utilizarea intenționată. Accelerometrele sunt în mod tipic folosite în perechi, o pereche constând în două accelerometre **8** amplasate în general la

aceeași poziție axială în capul de lucru cu instrumente, un accelerometru **8** fiind amplasat să măsoare accelerația la partea superioară pe verticală a tubului de presiune **200** și un accelerometru **8** amplasat pentru a măsura accelerația la partea de la bază pe verticală a tubului de presiune **200**.

În mod tipic există cel puțin șase accelerometre **8** (adică trei perechi de accelerometre), totuși, se pot adăuga perechi de accelerometre suplimentare **8**. De dorit, capul de lucru cu instrumente **100** include douăsprezece accelerometre **8** montate ca șase perechi. În exemplul de realizare din Figura 3A, capul de lucru cu instrumente **100** include douăsprezece accelerometre **8**. Exemplul de realizare din Figurile 3A și 3B oferă trei perechi de accelerometre **8** pe fiecare parte a liniei mediane axiale a instrumentului, permițând capului de lucru cu instrumente să măsoare poziția distanțierului din spațiul inelar **12** de fiecare parte a centrului capului de lucru cu instrumente, ceea ce corespunde locațiilor ventrului pentru modurile $j=2$. Într-un alt exemplu de realizare, există doar șase accelerometre **8** (trei perechi) amplasate pe o parte a centrului axial al instrumentului. Într-un exemplu de realizare specific al invenției, instrumentul încorporează mijloace pentru deplasarea accelerometrelor axial în cadrul instrumentului pentru a îmbunătăți rezoluția detecției. Acest lucru se poate realiza prin montarea accelerometrelor **8** într-o componentă fixată cu posibilitate de deplasare în cadrul capului de lucru cu instrumente **100** care poate să fie deplasat axial în cadrul capului de lucru cu instrumente **100** prin mijloace mecanice standard cum ar fi un motor electric și un șurub conducător sau un cilindru hidraulic.

Sonda de măsurare a spațiului curentului turbionar.

Capul de lucru cu instrumente **100** de asemenea include sonda de măsurare **10** a spațiului pentru curentul turbionar pentru a obține măsurători ca să confirme că distanțierul din spațiul inelar **12** este în poziție neîncărcată după ridicarea tubului de presiune. O astfel de utilizare a sondei de măsurare **10** a spațiului curentului turbionar este cunoscută specialistului în domeniu. În exemplul de realizare din Figurile 3A și 3B, capul de lucru cu instrumente **100** include două sonde **10** pentru spațiul pentru curentul turbionar pentru a permite măsurarea simultană a spațiului deasupra și sub tubul de presiune **200**. În alte exemple de realizare, există doar o sondă **10** pentru a măsura spațiul pentru curentul turbionar de sub tubul de presiune. Într-un exemplu de realizare specific al invenției, capul de lucru cu instrumente **100** include trei sonde **10** pentru

spațiul pentru curentul turbionar pentru măsurarea deasupra, sub și pe o parte a tubului de presiune.

Sistemul de conexiuni

Capul de lucru cu instrumente **100** este configurat pentru asocierea funcțională cu sistemul de conexiuni **30**. Sistemul de conexiuni **30** include cabluri electrice adecvate și sau furtunuri hidraulice și/sau pneumatice pentru a conecta capul de lucru cu instrumente **100** la o sursă de alimentare și un sistem de control (nereprezentate) aflate în afara reactorului. Sursa de alimentare aflată în afara reactorului include o alimentare hidraulică (pompa, supape) și surse de alimentare electrice. Această unitate este o sursă de putere și amplificare și poate să fie amplasată lângă reactor, în apropierea serviciilor pentru mașina de livrare.

Postul de control

Capul de lucru cu instrumente **100** este operabil de la postul de control (nereprezentat), care de preferință este amplasat într-un mediu cu radiație scăzută, la distanță de reactor. Postul central include astfel de elemente cum sunt condiționarea semnalului pentru traductoare, mijloace pentru achiziții de date și o interfață a operatorului. Programe pentru scopuri speciale sunt incluse pentru a controla capul de lucru cu instrumente **100** și analizează datele care rezultă din detectarea distanțierului din spațiul inelar **12**, procesele de deplasare și/sau detectare și de deplasare. Proceduri dedicate, subliniate de exemplu în manualul utilizatorului, sunt incluse pentru a dirija/instrui pe operatori în privința detectării distanțierului din spațiul inelar **12** și/sau re poziționarea distanțierului din spațiul inelar **12**. Va fi clar că se poate include capul de lucru cu instrumente **100** sub forma unui kit, pentru a permite adaptarea mașinilor existente.

Metode

În timpul funcționării reactorului, poate să fie posibil ca distanțierele din spațiul inelar **12** să se deplaseze axial de-a lungul tubului de presiune **200**. Această deplasare a distanțierului (lor) **12** din spațiul inelar poate rezulta din vibrarea și/sau ciclul termic al reactorului. Când are loc deplasarea axială a distanțierului (lor) **12**, poate să fie necesar sau de dorit să se re poziționeze distanțierul(ele) **12** din spațiul inelar. În mod alternativ sau suplimentar este posibil ca plasarea inițială a distanțierului (lor) **12** din spațiul inelar

să nu fie optimă sau dorită și aici din nou poate să fie necesar sau de dorit să se re poziționeze distanțierul(ele) din spațiul inelar **12** dintr-o primă poziție într-o a doua poziție.

Capul de lucru cu instrumente **100** poate să fie folosit pentru (i) detectarea distanțierului (lor) din spațiul inelar **12**, (ii) re poziționarea distanțierului din spațiul inelar **12** și/sau (iii) detectarea distanțierului din spațiul inelar **12** în timpul re poziționării. Tehnicile bazate pe vibrații sunt folosite atât pentru detectarea cât și pentru re poziționarea distanțierului din spațiul inelar **12**. Discuția care urmează oferă detalii cu privire la metodele de folosire a aparatului conform prezentei invenții pentru a detecta și/sau re poziționa un distanțier din spațiul inelar; totuși, va fi clar că se pot face variații la următoarele metode fără a se abate însă de la sfera prezentei invenții. Astfel de metode sunt în cadrul sferei prezentei cereri.

Detectarea distanțierului din spațiul inelar

Detectarea distanțierului din spațiul inelar **12** se realizează monitorizând schimbările în răspunsul vibrațiilor tubului de presiune **200** cauzate de prezența distanțierului din spațiul inelar **12**.

Capul de lucru cu instrumente **100** este introdus în tubul de presiune **200** la o poziție inițială. Poziția inițială poate să fie apropiată de o poziție în care un utilizator se așteaptă să se găsească distanțierul din spațiul inelar **12**. În mod alternativ, dacă de exemplu utilizatorul nu știe unde se anticipează a fi distanțierul din spațiul inelar **12**, poziția inițială a capului de lucru cu instrumente **100** poate să fie o poziție arbitrară în cadrul tubului de presiune **200**.

După ce capul de lucru cu instrumente este poziționat la locația aleasă, elementele de fixare **20** sunt acționate să se deplaseze în contact cu și să aplice presiune pe peretele tubului interior în așa fel încât o secțiune a tubului interior este izolată din punct de vedere vibrațional de restul tubului. Izolarea din punct de vedere vibrațional se folosește pentru a stabili un mediu adecvat pentru detectarea modificărilor fără să afecteze restul tubului. Secțiunea izolată este ulterior vibrată prin acțiunea elementului piezo de acționare și se fac măsurători ale accelerației la trei sau mai multe locații axiale pentru a determina răspunsul de frecvență. Măsurătorile din diferite locații axiale sunt comparate și o schimbare relativă în răspunsul de frecvență indică prezența unui distanțier solicitat.

Figura 5 prezintă reprezentarea grafică a primei și celei de a doua forme forme a modului de vibrație axial pentru o grindă fixată dublu. Așa cum se folosește în prezenta descriere, termenul „grindă dublu fixată” poate fi stabilit cu capul de lucru cu instrumente **100** poziționat în locația dorită a tubului de presiune **200**, fiecare ansamblu al blocului de fixare **2** este acționat să deplaseze elementul de fixare a ansamblului **20** din poziția retrasă în poziția extinsă, prin aceasta izolând din punct de vedere vibrațional o porțiune a tubului de presiune **200**.

Figura 6 prezintă formele de moduri de vibrații circumferențiale și axiale pentru o grindă fixată dublu și având o secțiune transversală circulară.

Detectarea poziției distanțierului din spațiul inelar **12** se bazează pe diferențele în răspunsurile de vibrații la partea superioară și la baza tubului de presiune **200** care vibrează în vecinătatea unui distanțier din spațiul inelar **12**, solicitat. Distanțierul din spațiul inelar **12** în primul rând intră în contact cu tubul calandria **400** aproape de baza tubului și transmite forța la tubul de presiune **200** în primul rând la această locație.

Detectarea se realizează prin excitarea unei vibrații întâmplătoare în tubul de presiune **200** folosind elementul piezo de acționare **6** și măsurarea răspunsului tubului de presiune **200** atât la o poziție aflată sus cât și o poziție aflată la baza tubului de presiune **200** folosind accelerometre **8** la trei sau mai multe locații axiale. Accelerația este monitorizată la frecvențe naturale a secțiunii tubului de presiune, unde accelerațiile maxime așteptate sunt cele mai mari. Prezența distanțierului din spațiul inelar **12** modifică accelerația locală și devierea peretelui tubului de presiune, în primul rând la baza tubului de presiune **200**. Acest lucru produce o asimetrie în forma modului de vibrație circumferențial. În timpul utilizării, capul de lucru cu instrumente **100** este poziționat în interiorul tubului de presiune **200** și se excită vibrații întâmplătoare folosind un element piezo de acționare **6**.

O comparație între accelerația tubului de presiune la poziția de sus și poziția de jos este efectuată la multiple poziții axiale pentru a identifica locația(le) distanțierului. Acest lucru este ilustrat în vederile date de Figura 4. Vederea A prezintă o vedere în secțiune transversală axială simplificată a modului de vibrații de tip grindă într-un tub de presiune. Măsurătorile accelerației sunt luate la poziția de sus și la poziția de la bază, desemnate cu a_t și respectiv a_b , în Figura 4. Vederea B prezintă o vedere simplificată a modului de vibrații de tip grindă ‚modificată’ întrucât este afectată de forța de reacțiune de la un distanțier **12** din spațiul inelar, solicitat. Prezența distanțierului **12** din spațiul inelar este determinată comparând măsurătoarea a_t și a_b la diferite locații axiale de-a

lungul tubului de presiune **200**. În absența distanțierului **12** din spațiul inelar, valoarea absolută a a_t și a_b sunt aproximativ egale. Totuși, când este prezent, un distanțier **12** din spațiul inelar, solicitat, există o diferență între a_t și a_b . Valoarea lui a_b este redusă în mod tipic în intervalul de 20-40% comparativ cu valoarea lui a_t . La orice frecvență dată, raportul valorii absolute a accelerației măsurate la partea de sus și la baza tubului de presiune este definit ca funcția răspunsului de frecvență la acea frecvență.

Figura 7 prezintă o reprezentare grafică a spectrului funcției de răspuns de frecvență pentru o secțiune a tubului de presiune, cu sau fără prezența unui distanțier din spațiul inelar, solicitat. Reprezentarea grafică din Figura 7 arată că sunt diferențe semnificative în funcție de răspuns de frecvență cu și fără un distanțier în anumite domenii de frecvență. Această relație permite ca detectarea distanțierului să se facă analizând accelerațiile în cadrul unui domeniu de frecvențe identificate.

Figura 8 este o reprezentare grafică care prezintă raportul răspunsului de frecvență ca funcție de poziția axială de-a lungul tubului de presiune pentru frecvențe în domeniul modului de vibrații (1,1). Distanțierul din spațiul inelar solicitat este amplasat la o poziție axială de 450 mm a unei secțiuni de 800 mm a tubului de presiune. Testarea s-a făcut cu o sarcină de 400 N a distanțierului din spațiul inelar. Funcția de răspuns la frecvență reprezentată grafic prezintă minimum aproximativ 0,6 la amplasarea axială corespunzătoare distanțierului din spațiul inelar.

Figura 9 prezintă o reprezentare grafică a raportului răspunsului de frecvență ca o funcție de poziția axială de-a lungul tubului de presiune pentru frecvențe în domeniul modului de vibrații (2,1). Distanțierul din spațiul, inelar, solicitat, este amplasat la 450 mm poziție axială. Funcția de răspuns la frecvență reprezentată prezintă o minimă de aproximativ 0,76 la locația axială corespunzătoare distanțierului din spațiul inelar.

Ridicarea tubului de presiune

După o anumită perioadă de funcționare a unui reactor, distanțierul **12** din spațiul inelar este în contact cu tubul de presiune **200** și în exteriorul tubului calandria **400** (o condiție de solicitare). Pentru re poziționarea distanțierului **12** din spațiul inelar, este necesar să se scoată distanțierul **12** din spațiul inelar din contactul cu tubul calandria **400** (o condiție nesolicitată), pentru a elibera distanțierul **12** din spațiul inelar pentru deplasare. Distanțierul **12** din spațiul inelar, aflat în mișcare dintr-o condiție de solicitare până la o condiție fără solicitare se efectuează prin aplicarea unui moment de forță la tubul de presiune **200** folosind un cap de lucru cu instrumente **100**. Această procedură

este de asemenea cunoscută specialistului în domeniu sub numele de ridicarea tubului de presiune. Sonda (sondele) **10** pentru spațiul de curent turbionar este/sunt folosită (e) pentru a măsura spațiul dintre tubul de presiune-tubul calandria, pentru a confirma că distanțierul **12** din spațiul inelar este în condiție de nesolicitare. Astfel, sonda(ele) **10** pentru spațiul de curent turbionar pot să fie de asemenea folosite pentru a determina dacă este necesar să se aplice un moment de forță la tubul de presiune **200**.

Capul de lucru cu instrumente **100** este configurat să aplice un moment de forță la tubul de presiune **200**, folosind ansamblul blocului de fixare **2**. Așa cum s-a observat mai sus, ansamblul blocului de fixare **2** este operabil pentru rotirea în jurul cuplajului **16**. Pentru a aplica un moment al forței, capul de lucru cu instrumente **100** este poziționat în cadrul tubului de presiune **200** și elementele **20** ale ansamblului sunt deplasate în poziția extinsă. Fiecare ansamblu al blocului de fixare **2** este rotit (în direcții opuse unul altuia) și un moment de forță este aplicat în planul vertical paralel cu axa tubului de presiune. Momentul de forță aplicat ridică efectiv tubul de presiune interior **200** din tubul calandria exterior **400**, prin aceasta scoțând distanțierul **12** din spațiul inelar din contactul cu tubul calandria **400** și eliberarea distanțierului **12** din spațiul inelar pentru deplasare. Astfel, prin aplicarea momentului forței la tubul de presiune **200**, distanțierul **12** din spațiul inelar este deplasat din condiția de solicitare în condiția de nesolicitare. O astfel de ridicare a tubului de presiune este de asemenea folosită în cazul unui tip de distanțiere din spațiul inelar, cunoscut sub numele de distanțier cu ajustaj cu joc.

Repoziționarea distanțierului din spațiul inelar

Repoziționarea distanțierului **12** din spațiul inelar este realizată prin vibrarea unei secțiuni a tubului de presiune într-un mod controlat. Pentru a repoziționa distanțierul **12** din spațiul inelar, capul de lucru cu instrumente **100** este poziționat în cadrul tubului de presiune **200** la o locație dorită față de distanțierul **12** din spațiul inelar. De preferință, poziția distanțierului **12** din spațiul inelar este determinată așa cum s-a discutat anterior. Odată ce capul de lucru cu instrumente **100** este poziționat în locația dorită, fiecare ansamblu al blocului de fixare **2** este acționat să deplaseze elementul **20** de fixare a ansamblului din poziția retrasă în poziția extinsă, prin aceasta izolând vibrațional o porțiune a tubului de presiune **200**. Această izolare din punct de vedere vibrațional oferă o lungime standard fixă a tubului de presiune **200** amplasată între două ansambluri ale blocurilor de fixare **20** pentru repoziționarea pe bază de vibrații a distanțierului **12** din spațiul inelar. Capul de lucru cu instrumente **100** este folosit să aplice un moment de

forță la tubul de presiune **200**, pentru a ridica tubul de presiune și pentru a depărta sarcina de la distanțierul **12** din spațiul inelar. În anumite cazuri, dacă distanțierul din spațiul inelar ar fi în mod normal în condiția de nesolicitare, este posibil să se deplaseze un distanțier **12** cu ajustaj prin alunecare din spațiul inelar, fără ridicarea tubului de presiune. Descărcarea distanțierului **12** din spațiul inelar este confirmată măsurând spațiul tub de presiune-tub calandria folosind sonda **10** pentru spațiul pentru curent turbionar. Sonda **10** pentru spațiul pentru curent turbionar oferă informații folosite pentru a determina mărimea momentului necesar a fi aplicat la tubul de presiune **200**.

O dată aflat în poziție, distanțierul **12** din spațiul inelar este în poziția de nesolicitare, reazemul **22** din cadrul elementului piezo de acționare **6** este deplasat din poziția retrasă în poziția extinsă. Elementul piezo de acționare **6** este operabil pentru a vibra tubul de presiune **200** la frecvența dorită. Frecvența de vibrație este selectată să se potrivească frecvenței naturale a secțiunii tubului de presiune. În mod tipic se folosește modul (2,1) pentru re poziționarea distanțierului întrucât acest mod oferă cea mai mare eficiență în ceea ce privește puterea furnizată de elementul piezo de acționare contra accelerației tubului la presiune maximă produsă. Totuși, pot să fie folosite alte moduri mai înalte ca de exemplu (2,2) și (2,3). Pentru un tub de presiune umplut cu apă cu o lungime de vibrație activă de 800 mm, frecvențe de 626 Hz și 1096 Hz corespunde modurilor (2,1), (2,2) și respectiv (2,3). Frecvența de vibrație a elementului piezo de acționare **6** selectată va depinde de o varietate de factori nelimitativi, ca de exemplu, condițiile de funcționare, dimensiunea efectivă a tubului de presiune, efectele de amortizare ale capului de lucru cu instrumente, preferința utilizatorului, cerințele de reglementare și altele de acest fel. Frecvența de vibrație produsă poate să fie reglată să se potrivească frecvenței naturale efective prin monitorizarea accelerației tubului de presiune produsă în timpul acționării. Vibrațiile fac să vibreze și distanțierul **12** din spațiul inelar. Aceste vibrații în distanțierul **12** din spațiul inelar produc accelerații care sunt suficient de mari pentru a învinge tensiunea arcului din distanțier și permit distanțierului să se ridice de pe suprafața tubului de presiune. Preferabil, capul de lucru cu instrumente **100** este poziționat pentru a plasa inițial distanțierul **12** din spațiul inelar între un nod și un ventru al formei modului de vibrație generat de vibrații. Vibrațiile fac distanțierul **12** din spațiul inelar să se deplaseze de la ventru și spre un nod (Figura 4). Acest lucru este prezentat grafic în Figura 4, care prezintă două forme de mod axial de grindă dublu fixată. Poziția relativă a distanțierului **12** din spațiul inelar față de forma modului de vibrație determină direcția de deplasare a

distanțierului. Se pot folosi o varietate de forme de mod. Cu cât este mai mare numărul de mod dorit, cu atât mai mare este valoarea puterii necesare pentru a produce o accelerație echivalentă.

Monitorizarea distanțierului din spațiul inelar în timpul re poziționării

Într-un exemplu, deplasarea distanțierului **12** din spațiul inelar este monitorizată în timpul deplasării distanțierului **12** din spațiul inelar. Acest lucru se face folosind accelerometre **8** pentru a detecta impacturile de înaltă frecvență între distanțierul **12** din spațiul inelar și tubul de presiune **200** întrucât distanțierul **12** din spațiul inelar vibrează în timpul deplasării. Se folosesc multe accelerometre la diferite poziții pe capul de lucru cu instrumente **100**. Diferența dintre timpul când se detectează impactul de către accelerometre și mărimea impactului se folosește să se determine locația și deplasarea distanțierului.

Figura 10 este o reprezentare grafică care prezintă accelerația ca funcție de timp, detectată la accelerometrele **8** amplasate la diferite poziții pe capul de lucru cu instrumente **100**. (Fiecare din cele trei accelerometre **8** este desemnat cu 1, 2 și 3). Datele au fost luate de la un singur impact al distanțierului **12** din spațiul inelar cu tubul de presiune **200**. În acest exemplu, accelerometrul **3** a fost amplasat 27 mm axial de la distanțierul **12** din spațiul inelar și lângă partea superioară a tubului de presiune. Accelerometrul **2** a fost amplasat 76 mm axial de la distanțierul **12** din spațiul inelar și de asemenea a fost amplasat lângă baza tubului de presiune. Accelerometrul **1** a fost amplasat 87 mm axial de la distanțierul **12** din spațiul inelar și a fost amplasat lângă baza tubului de presiune. Se va observa din grafic că pornirea răspunsului la accelerație s-a produs mai târziu cu cât mai departe a fost amplasat de accelerometrul de impact **8**. Frontul de undă se deplasează la aproximativ 1700 m/s. Maxima inițială a accelerației este redusă cu cât este mai depărtat accelerometrul de impactul distanțierului din spațiul inelar. Întârzierea și reducerea amplitudinii pot fi folosite pentru a determina poziția impactului distanțierului **12** din spațiul inelar.

Kituri

În mod clar, capul de lucru cu instrumente **100** și/sau componentele capului de lucru cu instrumente **100** pot să fie incluse într-un kit. Un astfel de kit poate în mod optim să includă instrucțiuni de folosire și/sau software pentru operarea capului de lucru cu instrumente **100**.

Toate publicațiile, brevetele și cererile de brevet menționate în această descriere sunt o indicație a nivelului de pricepere al specialiștilor în domeniu cărora această invenție le corespunde și sunt incluse în cele de față ca referință la fel ca și cum fiecare publicație individuală, brevet sau cerere de brevet ar fi fost special și individual indicată să fie încorporată ca referință.

Invenția fiind astfel descrisă, va fi evident că același mod poate să fie modificat în multe feluri. Astfel de variații nu trebuie să fie considerate ca o depărtare de la spiritul și scopul invenției, și toate astfel de modificări care ar fi evidente specialistului în domeniu se intenționează să fie incluse în sfera următoarelor revendicări.

REVENDICĂRI INIȚIALE

P/00002/2010

1. Metodă de detectare a unui distanțier din spațiul inelar, care are o suprafață cilindrică interioară în contact cu un tub interior și o suprafață cilindrică exterioară în contact cu un tub exterior în general coaxial, metoda menționată cuprinzând etapele de:

- (a) izolarea din punct de vedere vibrațional a unei secțiuni a tubului interior;
- (b) vibrarea peretelui tubului interior menționat în cadrul secțiunii izolate menționate;
- (c) detectarea vibrației peretelui la un minimum de două poziții axiale în cadrul secțiunii izolate menționate; și
- (d) detectarea unei reduceri a nivelului de vibrație al peretelui la una sau mai multe din pozițiile axiale menționate în comparație cu poziția (pozițiile) axială (e) rămasă (e),

în care reducerea nivelului de vibrație este o indicație a prezenței distanțierului din spațiul inelar la poziția axială sau lângă poziția axială la care s-a detectat modificarea menționată de vibrație.

2. Metodă conform revendicării 1, în care etapa menționată de izolare din punct de vedere vibrațional a secțiunii tubului interior cuprinde aplicarea presiunii la suprafața cilindrică interioară a peretelui tubului interior, suprafețele cilindrice menționate definind granițele secțiunii izolate din punct de vedere vibrațional.

3. Metodă conform revendicării 1 sau 2, în care etapa de vibrare a peretelui tubului interior menționat folosește vibrații la o frecvență naturală a tubului interior.

4. Metodă conform revendicării 1 sau 2, în care etapa menționată de vibrare a peretelui tubului interior menționat folosește vibrații într-un domeniu de frecvențe de aproximativ 100 Hz la aproximativ 1500 Hz.

5. Metodă conform revendicării 4, în care vibrațiile sunt la o frecvență de aproximativ 400 Hz, aproximativ 625 Hz sau aproximativ 1096 Hz.

6. Metodă conform oricăreia dintre revendicările 1 – 5, în care etapa de detectare menționată include calcularea unui raport de răspuns la frecvență a frecvenței de vibrație măsurate la partea superioară și inferioară a tubului interior menționat la fiecare dintre una sau mai multe poziții axiale.

7. Metodă conform revendicării 6, în care o scădere a raportului de răspuns la frecvență este o indicație a prezenței distanțierului din spațiul inelar la poziția axială

sau aproape de poziția axială în care a fost detectată scăderea raportului de răspuns la frecvență menționată.

8. Metodă de re poziționare axială a unui distanțier din spațiul inelar, care are o suprafață cilindrică interioară în contact cu un tub interior și o suprafață cilindrică exterioară în contact cu un tub exterior în general coaxial, metoda menționată cuprinzând etapele de:

- (a) izolarea din punct de vedere vibrațional a secțiunii de perete a tubului interior adiacent distanțierului din spațiul tubular;
- (b) determinarea distanțierului din spațiul inelar menționat să treacă de la o condiție de solicitare la o condiție fără solicitare;
- (c) vibrarea distanțierului din spațiul inelar prin vibrarea secțiunii izolate a peretelui la o frecvență dorită astfel încât distanțierul din spațiul inelar este deplasat longitudinal de la o poziție inițială la o poziție necesară, prin care vibrația distanțierului din spațiul inelar produce accelerații suficiente pentru a învinge tensiunea distanțierului din spațiul inelar asupra tubului interior.

9. Metodă conform revendicării 8, în care înainte de etapa (a), poziția distanțierului din spațiul inelar este determinată folosind metoda conform oricăreia dintre revendicările 1 – 8.

10. Metodă conform revendicării 8 sau 9, în care etapa menționată de izolare din punct de vedere vibrațional a secțiunii tubului interior cuprinde aplicarea presiunii la suprafața cilindrică interioară a peretelui tubului interior, suprafața cilindrică menționată definind granițele secțiunii izolate din punct de vedere vibrațional.

11. Metodă conform revendicării 9 sau 10, în care după etapa (c) noua poziție a distanțierului din spațiul inelar este determinată folosind metoda conform oricăreia dintre revendicările 1 – 8 și etapele (a) – (c) sunt repetate atât cât este necesar pentru a deplasa distanțierul din spațiul inelar la un loc prescris în jurul tubului interior menționat.

12. Metodă conform uneia dintre revendicările 8 -12, în care în etapa (c) vibrația distanțierului din spațiul inelar este continuată pentru o durată de timp predeterminată.

13. Metodă conform oricăreia dintre revendicările 1 – 12, în care tubul interior menționat este un tub de presiune și tubul exterior menționat este un tub calandria al unui canal de combustibil al unui reactor CANDU®.

14. Aparat pentru detectarea și/sau re poziționarea unui distanțier din spațiul inelar care are o suprafață cilindrică interioară în contact cu un tub interior și o suprafață cilindrică exterioară în contact cu un tub exterior în general coaxial, care cuprinde:

- (a) un cap de lucru cu instrumente care are un prim capăt și un al doilea capăt;
- (b) un prim și un al doilea ansamblu al blocului de fixare la primul și respectiv cel de al doilea capăt, al capului de lucru cu instrumente menționat;
- (c) unul sau mai multe elemente piezo de acționare asociate cu capul de lucru cu instrumente menționat și care poate să fie pus în funcțiune să vibreze tubul interior menționat; și
- (d) unul sau mai multe accelerometre asociate cu capul de lucru cu instrumente menționat pentru măsurarea vibrației tubului interior menționat.

15. Aparat conform revendicării 14, care suplimentar cuprinde o sondă de măsurare a spațiului pentru curentul turbionar.

16. Aparat conform revendicării 14 sau 15, care în mod suplimentar cuprinde un sistem de cabluri electrice, hidraulice și/sau pneumatice sau furtunuri pentru conectarea capului de lucru cu instrumente, menționat la o sursă de putere exterioară și/sau un post de control exterior.

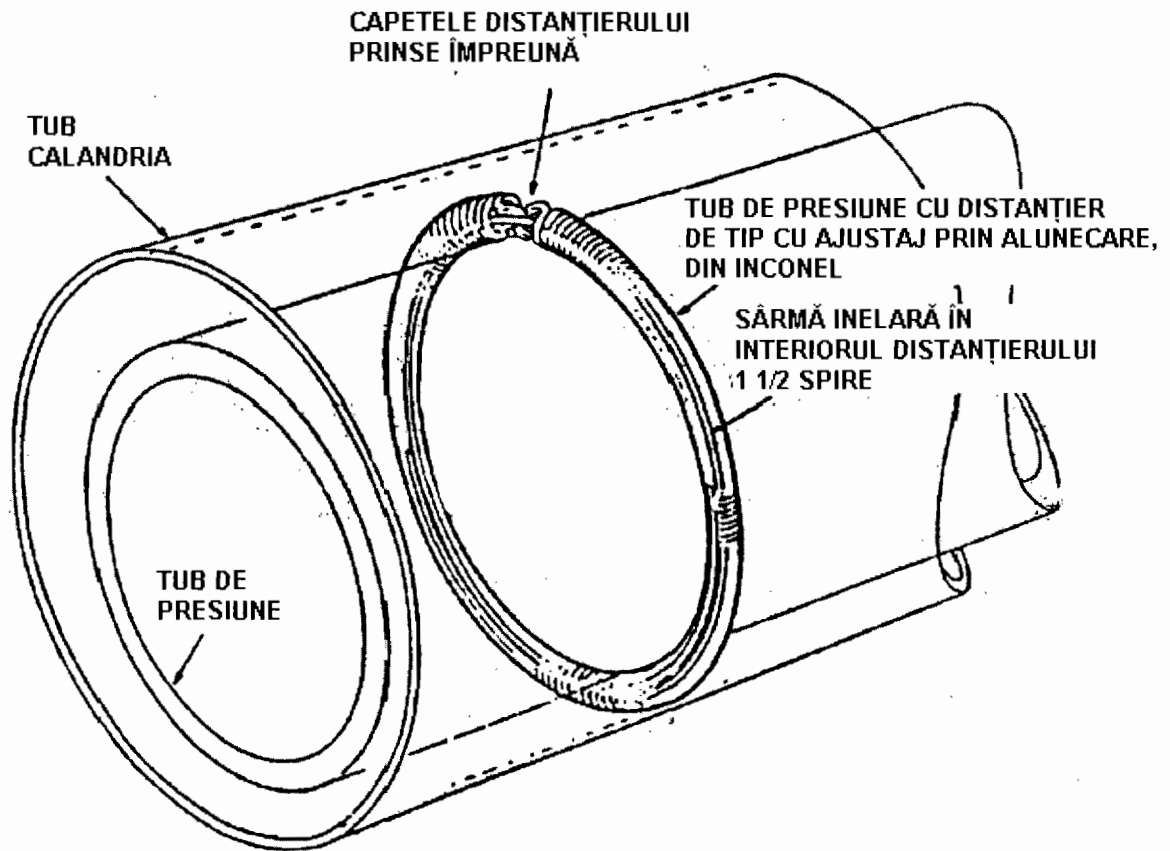


Figura 1

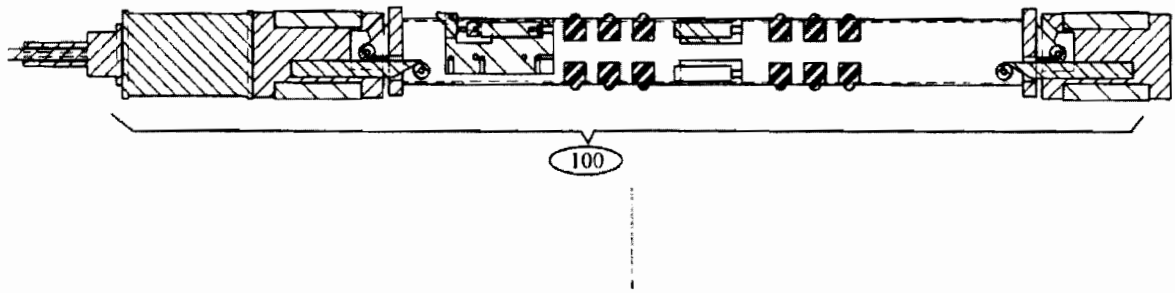


Figura 3A

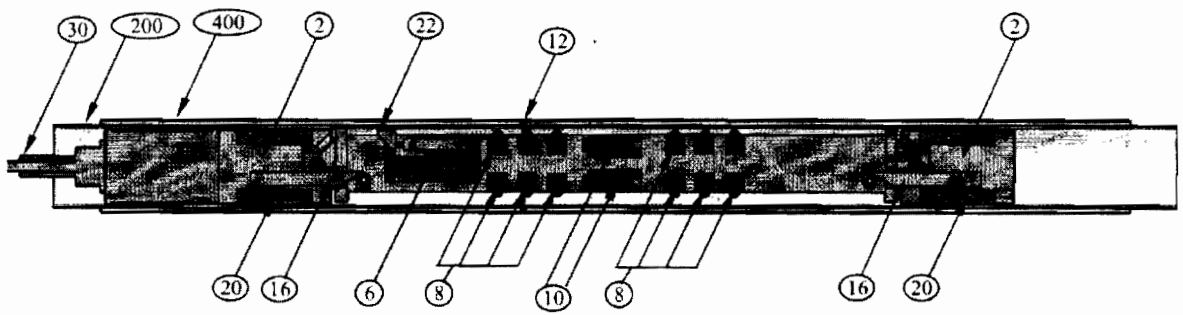


Figura 3B

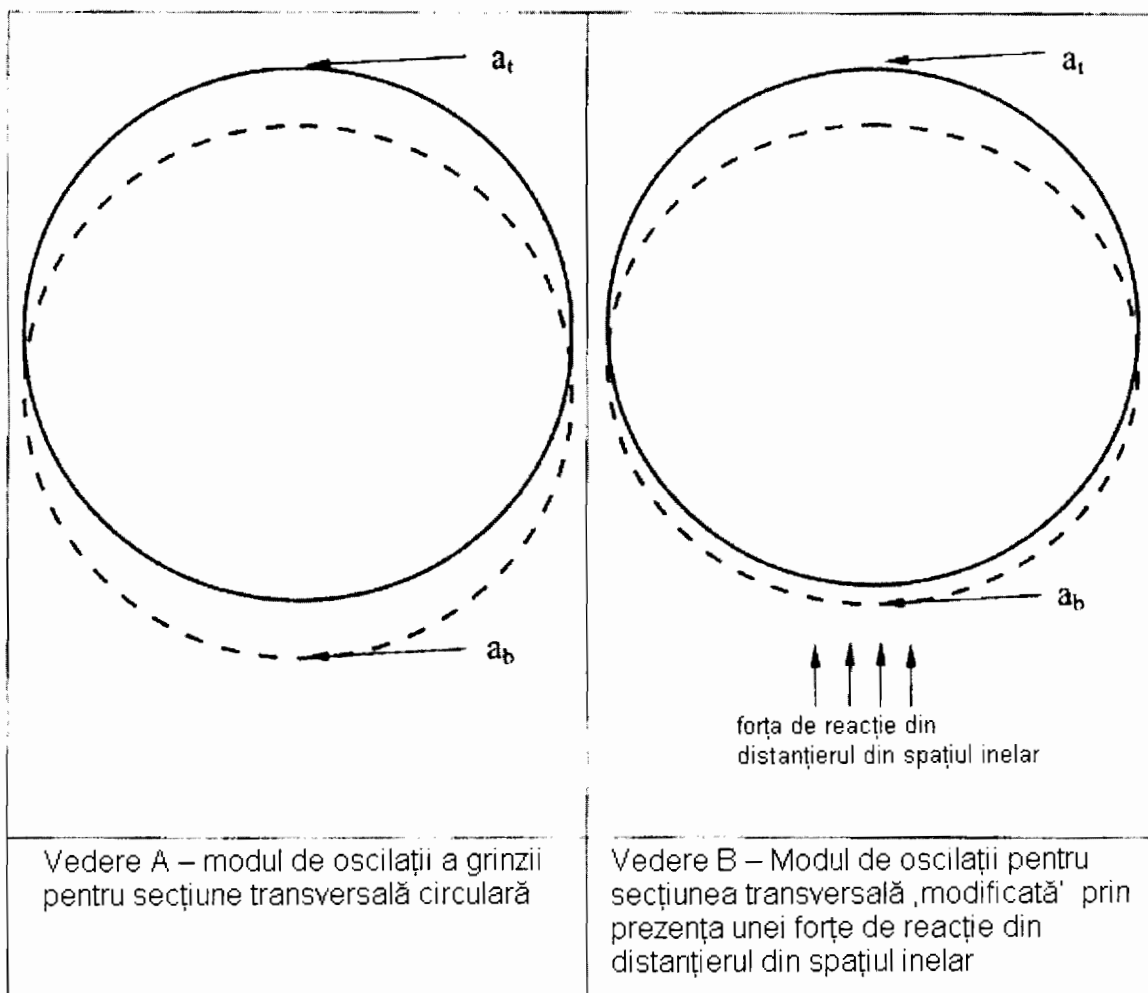


Figura 4

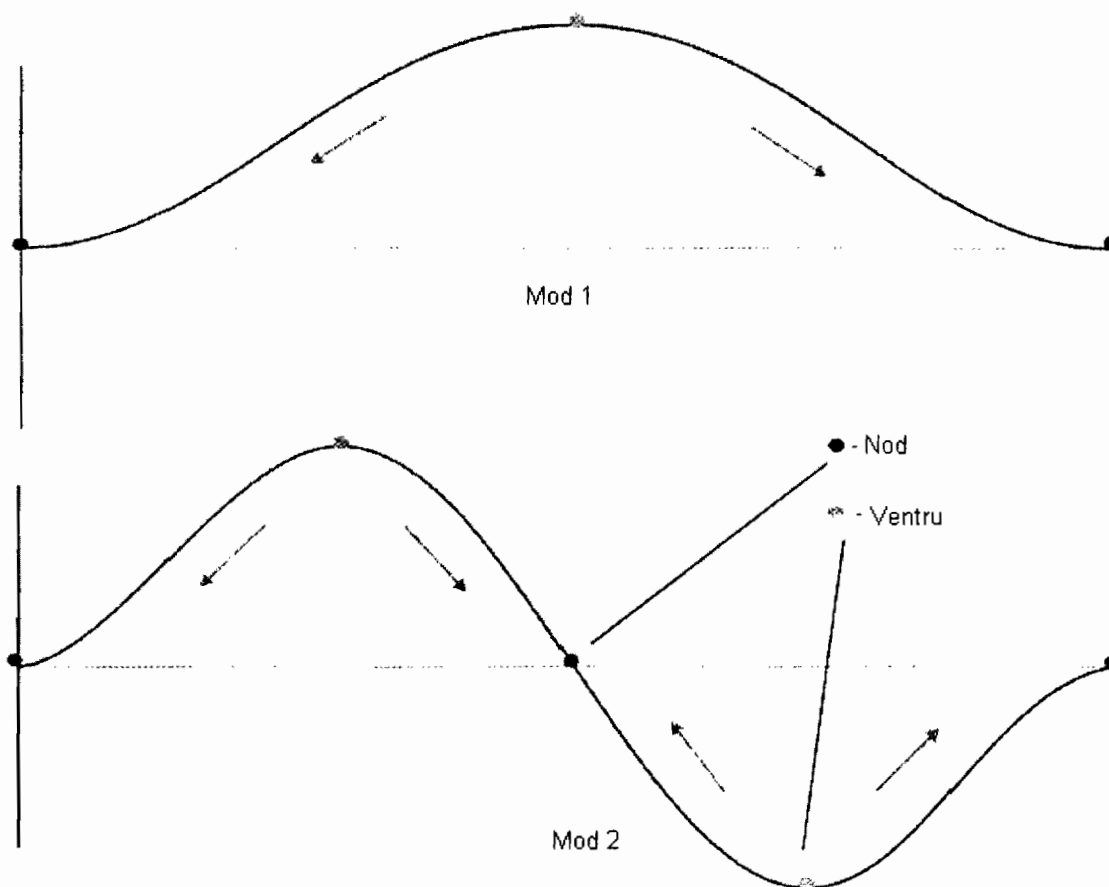


Figura 5

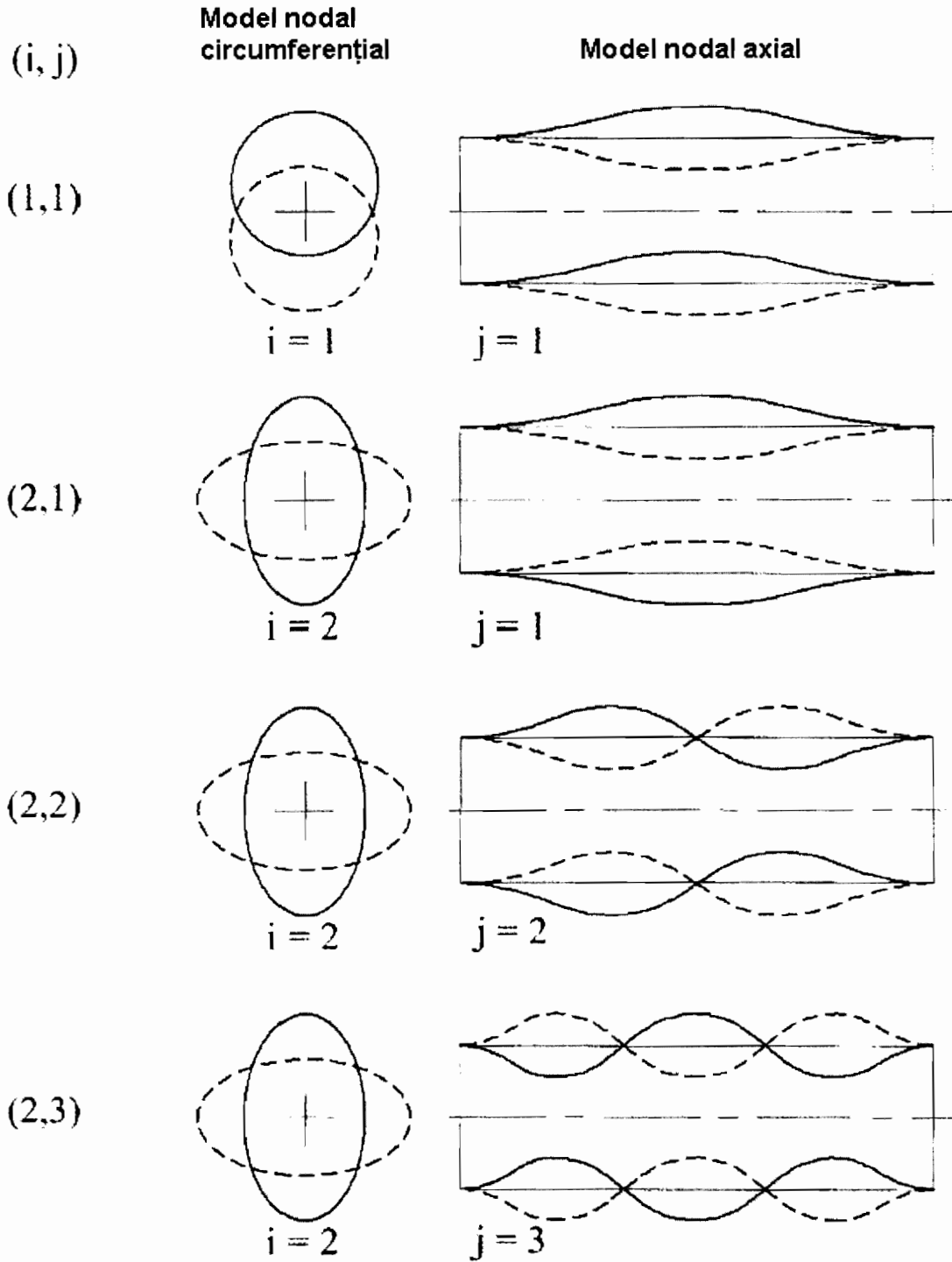


Figura 6

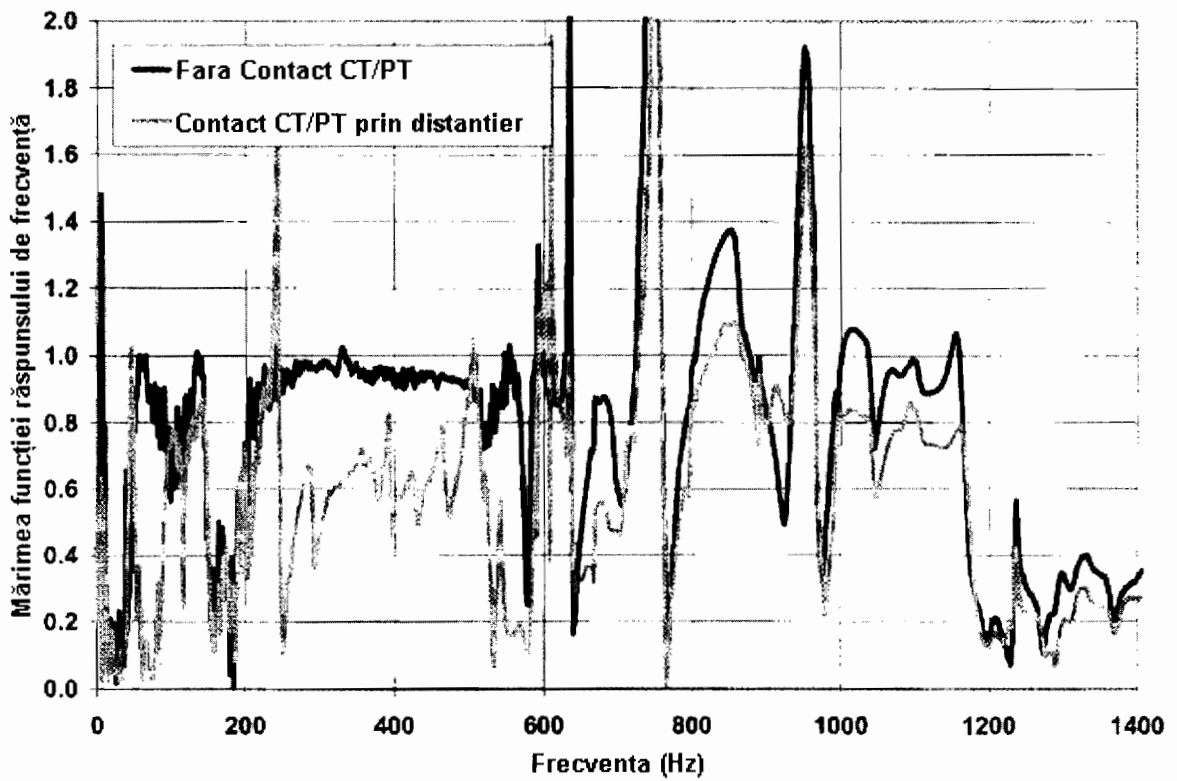


Figura 7

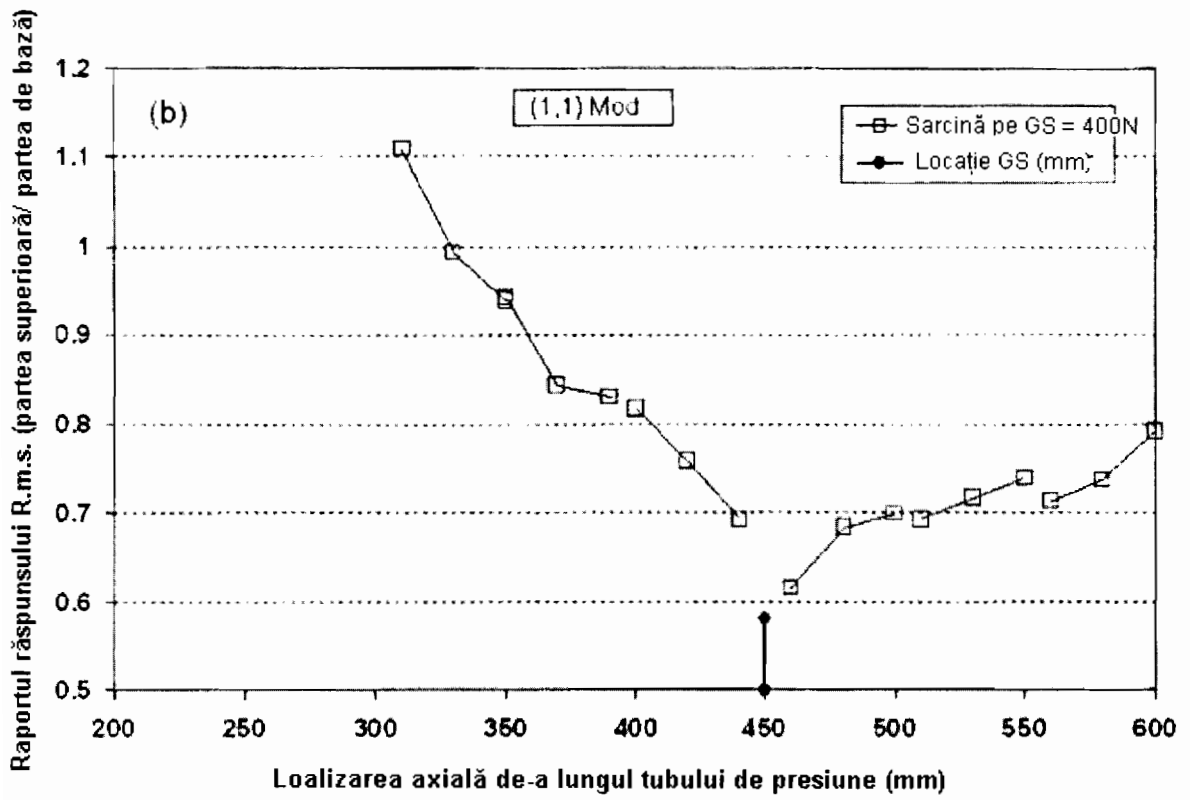


Figura 8

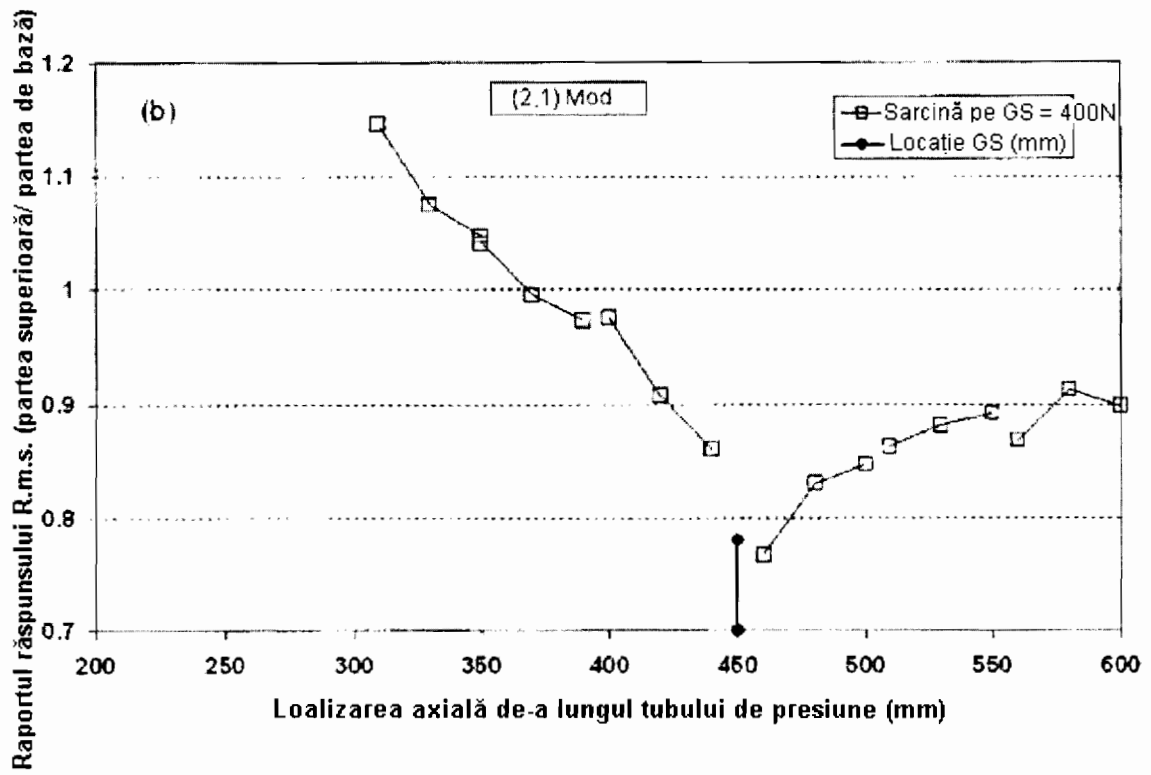


Figura 9

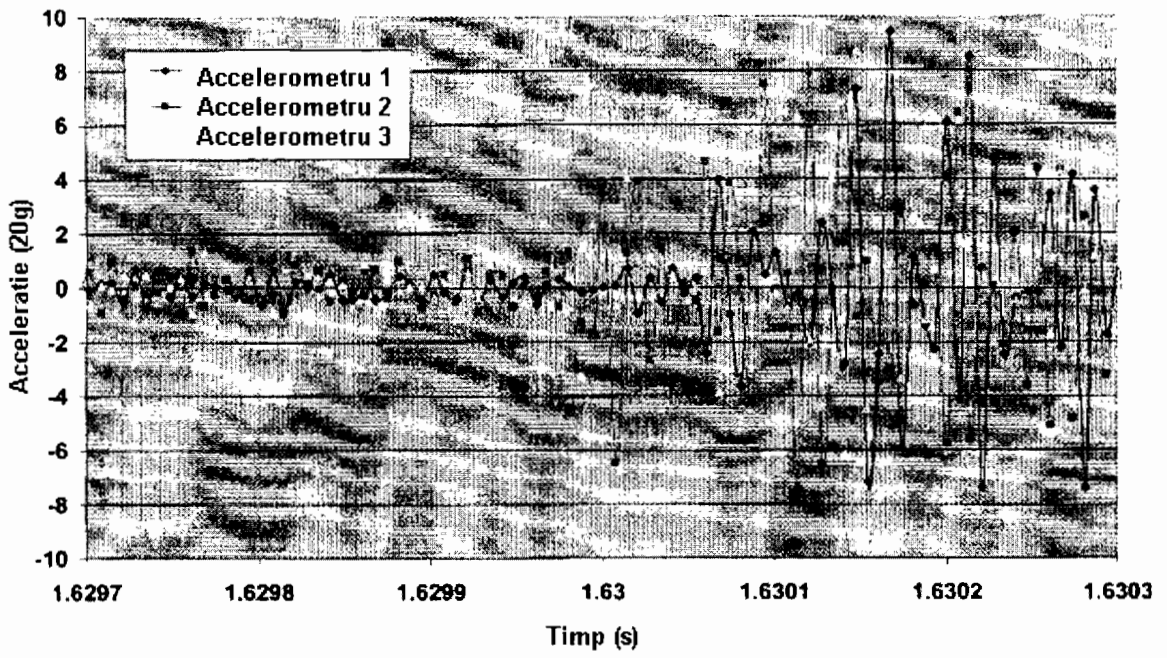


Figura 10

REVENDICĂRI AMENDATE

1. Metodă de detectare a unui distanțier din spațiul inelar, care are o suprafață cilindrică interioară în contact cu un tub interior și o suprafață cilindrică exterioară în contact cu un tub exterior, în general coaxial, metoda menționată cuprinzând etapele de:
 - (a) izolarea din punct de vedere vibrațional a unei secțiuni a tubului interior;
 - (b) vibrarea peretelui tubului interior menționat în cadrul secțiunii izolate menționate;
 - (c) detectarea vibrației peretelui la un minimum de două poziții axiale în cadrul secțiunii izolate menționate; și
 - (d) detectarea unei reduceri a nivelului de vibrație al peretelui la una sau mai multe din pozițiile axiale menționate în comparație cu poziția (pozițiile) axială (e) rămasă (e), în care reducerea nivelului de vibrație este o indicație a prezenței distanțierului din spațiul inelar la poziția axială sau lângă poziția axială la care s-a detectat cea reducere de vibrație.
2. Metodă conform revendicării 1, în care etapa menționată de izolare din punct de vedere vibrațional a secțiunii tubului interior cuprinde aplicarea presiunii la suprafața cilindrică interioară a peretelui tubului interior, la o primă și o a doua poziție, prima și cea de a doua poziție menționate definind granițele secțiunii izolate din punct de vedere vibrațional.
3. Metodă conform revendicării 1 sau 2, în care etapa de vibrare a peretelui tubului interior menționat folosește vibrații la o frecvență naturală a tubului interior.
4. Metodă conform revendicării 1 sau 2, în care etapa de vibrare a peretelui tubului interior menționat folosește vibrații într-un domeniu de frecvențe de aproximativ 100 Hz la aproximativ 1500 Hz.
5. Metodă conform revendicării 4, în care vibrațiile sunt la o frecvență de aproximativ 400 Hz, aproximativ 625 Hz sau aproximativ 1096 Hz.
6. Metodă conform oricăreia dintre revendicările 1 – 5, în care etapa de detectare menționată include calcularea unui raport de răspuns la frecvență a frecvenței de vibrație măsurate la partea superioară și inferioară a tubului interior menționat la fiecare dintre una sau mai multe poziții axiale.
7. Metodă conform revendicării 6, în care etapa de detectare mai include detectarea unei scăderi a raportului de răspuns la frecvență și în care scăderea menționată a raportului de răspuns la frecvență este o indicație a prezenței distanțierului

din spațiul inelar la poziția axială sau aproape de poziția axială în care a fost detectată scăderea raportului de răspuns la frecvență menționată.

8. Metodă de re poziționare axială a unui distanțier din spațiul inelar, care are o suprafață cilindrică interioară în contact cu un tub interior și o suprafață cilindrică exterioară în contact cu un tub exterior în general coaxial, metoda menționată cuprinzând etapele de:

(a) izolarea din punct de vedere vibrațional a secțiunii de perete a tubului interior adiacent distanțierului din spațiul tubular;

(b) determinarea distanțierului din spațiul inelar menționat să treacă de la o condiție de solicitare la o condiție fără solicitare;

(c) vibrarea distanțierului din spațiul inelar prin vibrarea secțiunii izolate a peretelui la o frecvență dorită astfel încât distanțierul din spațiul inelar este deplasat longitudinal de la o poziție inițială la o poziție necesară, prin care vibrația distanțierului din spațiul inelar produce accelerații suficiente pentru a învinge tensiunea distanțierului din spațiul inelar asupra tubului interior.

9. Metodă conform revendicării 8, în care înainte de etapa (a), poziția distanțierului din spațiul inelar este determinată folosind metoda conform oricăreia dintre revendicările 1 - 8.

10. Metodă conform revendicării 8 sau 9, în care etapa menționată de izolare din punct de vedere vibrațional a secțiunii tubului interior cuprinde aplicarea presiunii la suprafața interioară a peretelui tubului interior, la o primă și o a doua poziție, prima și cea de a doua poziție definind granițele secțiunii izolate din punct de vedere vibrațional.

11. Metodă conform oricăreia dintre revendicările 9 sau 10, în care după etapa (c) noua poziție a distanțierului din spațiul inelar este determinată folosind metoda conform oricăreia dintre revendicările 1 - 8 și etapele (a) - (c) sunt repetate atât cât este necesar pentru a deplasa distanțierul din spațiul inelar la un loc prescris în jurul tubului interior menționat.

12. Metodă conform uneia dintre revendicările 8 - 12, în care în etapa (c) vibrația distanțierului din spațiul inelar este continuată pentru o durată de timp predeterminată.

13. Metodă conform oricăreia dintre revendicările 1 - 12, în care tubul interior menționat este un tub de presiune și tubul exterior menționat este un tub calandria al unui canal de combustibil al unui reactor CANDU.

14. Aparat pentru detectarea și/sau re poziționarea unui distanțier din spațiul inelar care are o suprafață cilindrică interioară în contact cu un tub interior și o suprafață cilindrică exterioară în contact cu un tub exterior în general coaxial, care cuprinde:
- (a) un cap de lucru care are un prim capăt și un al doilea capăt;
 - (b) un prim și un al doilea ansamblu al blocului de fixare la primul și respectiv cel de al doilea capăt, al capului de lucru menționat;
 - (c) unul sau mai multe elemente piezo de acționare asociate cu capul de lucru menționat și care poate să fie pus în funcțiune să vibreze tubul interior menționat; și
 - (d) unul sau mai multe accelerometre asociate cu capul de lucru menționat pentru măsurarea vibrației tubului interior menționat.
15. Aparat conform revendicării 14, care suplimentar cuprinde o sondă de măsurare a discontinuității curentului turbionar.
16. Aparat conform revendicării 14 sau 15, care cuprinde în mod suplimentar un sistem de cabluri electrice, hidraulice și/sau pneumatice sau furtunuri pentru conectarea capului de lucru menționat la o sursă de putere exterioară și/sau un post de control exterior.