



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2006 00338

(22) Data de depozit: 23.11.2004

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: 30.01.2012 BOPI nr. 1/2012

(30) Prioritate:

28.11.2003 US 60/525,121

(41) Data publicării cererii:

30.08.2007 BOPI nr. 8/2007

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. CA 2004/002015 23.11.2004

(87) Publicare internațională:

Nr. WO 2005/052949 09.06.2005

(73) Titular:

• ONTARIO POWER GENERATION INC.,  
700 UNIVERSITY AVENUE, TORONTO,  
ONTARIO, CA;  
• KINETRICS INC., 800 KIPLING AVE,  
TORONTO, ONTARIO, CA

(72) Inventatori:

• TASHIRO KELVIN, 11 ROBIN RD,  
GUELPH, ONTARIO, CA;

• SEDO JOHN H., 21 TREEGROVE CIRCLE,  
AURORA, ONTARIO, CA;  
• NG MARIO, 10 BRIAR PATH LANE,  
MARKHAM, ONTARIO, CA

(74) Mandatar:

CABINET M.OPROIU - CONSILIERE ÎN  
PROPRIETATE INTELLECTUALĂ S.R.L.  
STR.POPA SAVU NR.42, PARTER,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI

(56) Documente din stadiul tehnicii:

R.A. FINCH ET AL. "APPARATUS FOR  
DETERMINING THERMOPHYSICAL  
PROPERTIES OF SOLIDS BY DIRECT  
ELECTRICAL PULSE HEATING" REVIEW  
OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. VOL. 40,  
NUMBER 9 (SEPTEMBER 1969)  
pp. 1195-1199. WHOLE DOCUMENT;  
US 2003/ 0185333; US 5260218;  
JP 60042647 A; RO 77998

## (54) METODĂ ȘI DISPOZITIV PENTRU INSPECTAREA TUBURILOR DE PRESIUNE ALE REACTOARELOR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un aparat pentru măsurarea temperaturii solubilității terminale a unui solid într-un aliaj capabil să formeze hidruri. Metoda conform invenției cuprinde închiderea circulației printr-un tub de presiune al unui reactor, urmată de inițializarea modificării temperaturii în interiorul tubului de presiune, cu o viteză predeterminată, și, în continuare, de măsurarea modificărilor cu privire la rezistivitatea tubului de presiune, corelată cu modificarea temperaturii, apoi având loc determinarea temperaturii de solubilitate terminală a solidului din modificările măsurate ale rezistivității. Aparatul conform invenției, pentru aplicarea metodei, cuprinde un tub (12) central, plasat în niște carcase (14 și 16) modulate, frontală și posterioară, și cuplat de acestea cu ajutorul unor cleme (16), carcasa (14 și 16) fiind înconjurată de niște bășici (20) și de niște garnituri (22), iar fixare este realizată cu ajutorul unor cleme (24 și 26), fiecare bășică (20) fiind în legătură, prin intermediul câte unui robinet (28), cu o sursă de alimentare cu gaz, astfel încât gar-

niturile (22) pot ajunge în contact cu un perete inferior al unui tub de presiune supus inspectării, în tubul (12) central fiind dispus în ansamblu (30) capacitiv rezonant și un ansamblu (44) de instrumente cu curenți turbionari.

Revendicări: 23

Figuri: 10

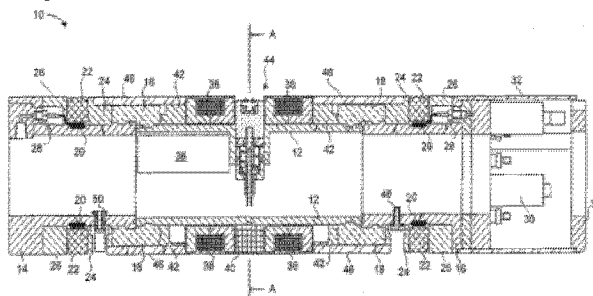


Fig. 1

Examinator: fizician RADU ROBERT



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia

# RO 123390 B1

1           Invenția se referă la o metodă și un dispozitiv pentru inspectarea tuburilor de presiune  
ale reactoarelor, în vederea integrității structurale a acestora.

3           Asigurarea integrității structurale a tuburilor de presiune în reactoarele nucleare  
reprezintă o problemă continuă a analiștilor în ceea ce privește siguranța.

5           Tuburile de presiune servesc ca limite de presiune înaltă ale miezului reactorului. În  
7 timp, într-o funcționare normală, tubul de presiune se corodează, rezultatul fiind absorbția  
9 izotopilor de hidrogen de către material. Izotopii de hidrogen pot forma apoi hidruri solide în  
matrice. Aceste hidruri sunt foarte fragile și pot compromite integritatea structurală a tubului  
de presiune. Un tub de presiune având o concentrație semnificativă de hidruri prezente în  
condiții de funcționare reprezintă un risc de fisurare indus de hidruri.

11          În consecință, este importantă monitorizarea concentrației hidrurilor în materialul  
tubului de presiune în condiții de funcționare.

13          O metodă pentru determinarea concentrației hidrurilor este obținerea unei mostre de  
zgârietură din interiorul tubului de presiune, prelevată în timpul unei întreruperi a funcționării.  
15 Concentrația hidrurilor poate fi determinată utilizându-se o relație Arrhenius corespunzătoare  
dacă este cunoscută concentrația de hidrogen. Mostra poate fi analizată prin metode chimice  
17 pentru a determina concentrația de hidrogen.

19          Dezavantajele metodei pe bază de zgârietură constau în întârzierea determinată de  
trimiterea mostrei la un laborator de testare și așteptarea rezultatelor, riscurile de iradiere  
21 prin manevrarea unei mostre din interiorul tubului de presiune, posibilitatea de contaminare  
a mostrei în timpul manevrării și tranzitului, limitarea posibilității de prelevare la suprafața  
interioară a tubului și imposibilitatea de replevare repetată a aceleiași zone de tub.

23          Alte aplicații utilizează de asemenea materiale care formează hidruri și pot suferi  
deteriorări datorită formării hidrurilor. Unele dintre aceste aplicații implică material plasat în  
25 zone periculoase sau zone care sunt dificil de accesat. În consecință, ar fi avantajos dacă  
ar exista un dispozitiv și o metodă pentru inspectarea unui astfel de material.

27          Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în inspectarea tuburilor de pre-  
siune ale reactoarelor.

29          Conform unui aspect, prezenta invenție oferă o metodă de inspecție a tuburilor de  
presiune ale reactoarelor. Metoda include etapele de închidere a secțiunii tubului de presiune  
31 al reactorului, inițierea unei modificări de temperatură în interiorul tubului de presiune al  
reactorului la o viteză predeterminată, măsurarea modificărilor rezistivității tubului de  
33 presiune al reactorului în legătură cu modificarea temperaturii, și calcularea temperaturii STS  
(Solubilitate Terminală a Solidului) din modificările rezistivității.

35          Într-un alt aspect, prezenta invenție oferă un dispozitiv de inspecție a tuburilor de  
presiune ale reactoarelor. Dispozitivul include un corp al dispozitivului, garnituri detașabile  
37 montate pe corpul dispozitivului pentru etanșarea unei secțiuni a tubului de presiune al reac-  
torului, un radiator pentru controlul modificării temperaturii în interiorul tubului de presiune  
39 al reactorului la o viteză predeterminată și un ansamblu de instrumente pentru măsurarea  
modificărilor rezistivității tubului de presiune al reactorului în legătură cu modificarea  
41 temperaturii.

43          Alte aspecte și caracteristici ale invenției vor fi evidente persoanelor de specialitate  
în domeniu după trecerea în revistă a descrierii următoarelor exemple de realizare specifice  
ale invenției împreună cu figurile însoțitoare.

45          Referința va fi făcută, cu titlu de exemplu, la desenele însoțitoare, care arată un  
exemplu de realizare a prezentei invenții, în care:

47          - fig. 1 prezintă o vedere în secțiune longitudinală a unui dispozitiv pentru inspectarea  
tuburilor de presiune ale reactoarelor, conform prezentei invenții;

49          - fig. 2 prezintă o vedere în secțiune transversală a unui dispozitiv conform fig. 1;

# RO 123390 B1

- fig. 3 prezintă o vedere în secțiune longitudinală a dispozitivului când bășicile sunt umflate;	1
- fig. 4 prezintă o vedere în secțiune transversală a dispozitivului din fig. 3;	3
- fig. 5 prezintă o vedere în secțiune a unui ansamblu de instrumente cu curenți turbionari, conform prezentei invenții;	5
- fig. 6 prezintă o vedere în secțiune a unui corp de instrument și tija instrumentului din ansamblul de instrumente cu curenți turbionari din fig. 5;	7
- fig. 7 prezintă o vedere în secțiune a unui instrument termocuplu, conform prezentei invenții;	9
- fig. 8 prezintă o schemă a metodei de determinare a temperaturii STS într-un tub de presiune al reactorului, conform prezentei invenții;	11
- fig. 9 prezintă un grafic al derivatei tensiunii reale a curentului turbionar, și derivata sa, în funcție de temperatură; și	13
- fig. 10 prezintă un grafic al concentrației hidrogenului în funcție de temperatură pentru un aliaj.	15
Numerele similare sunt utilizate în figuri diferite pentru a desemna componente similare.	17
Concentrația hidrurilor în condiții de funcționare poate fi determinată prin măsurarea concentrației hidrogenului. Concentrația hidrogenului poate fi determinată prin măsurarea temperaturilor la care hidrurile se descompun sau precipită în matrice. Aceste temperaturi sunt cunoscute sub denumirea temperatură de Solubilitate Terminală a Solidului la descompunere STSd și temperatură la precipitare STSp. STS se referă la concentrația hidrogenului în soluția solidă ca funcție de temperatură într-un aliaj. Aceasta se referă de asemenea la prezența sau absența hidrurilor la o temperatură dată și concentrația totală a hidrogenului. Utilizând o relație Arrhenius potrivită, măsurarea STSd sau STSp conduce la aprecierea concentrației hidrogenului în tubul de presiune al reactorului.	19
Temperatura STSd marchează temperatura la care toate hidrurile din matrice vor fi descompuse complet la încălzire. STSp este mai scăzută decât STSd pentru o matrice de zirconiu, și marchează temperatura la care hidrurile vor începe să precipite la răcire.	21
Referința este făcută la fig. 10, care prezintă un grafic 300 al concentrației hidrogenului în funcție de temperatură pentru un aliaj. La punctul A al graficului 300, aliajul include un amestec de hidruri și hidrogen în soluția solidă. La încălzirea aliajului, hidrurile se descompun, iar concentrația hidrogenului în soluția solidă urmează o curbă <b>STSd</b> de la $A_n$ la B.	23
La punctul B, toate hidrurile sunt descompuse în soluția solidă de hidrogen. Încălzirea în continuare până la punctul C nu modifică concentrația hidrogenului în soluția solidă. Punctul B marchează temperatura de descompunere <b>STSd</b> pentru aliaj.	25
La răcire, tot hidrogenul este sub formă de soluție solidă până se atinge punctul D, punct la care hidrurile încep să precipite. Aceasta este temperatura de precipitare <b>STSp</b> . Întrucât răcirea continuă, hidrurile cresc, iar concentrația hidrogenului în soluția solidă scade, deoarece aceasta urmează curba <b>STSp</b> din punctul D în punctul $A_c$ .	27
Într-un exemplu de realizare, tuburile de presiune ale reactoarelor sunt confecționate dintr-un aliaj cu zirconiu, cu toate că prezenta invenție nu este limitată la o metodă sau un aparat pentru utilizarea în asociere cu aliaje cu zirconiu sau în contextul reactoarelor nucleare. Alte utilizări în contextul reactoarelor nucleare includ testarea anumitor elemente de protecție pentru combustibil. Alte componente critice compuse din alte materiale pot fi inspectate utilizând metoda sau aparatul prezentei invenții, cu condiția ca acestea să prezinte caracteristicile necesare, inclusiv relația dintre concentrația hidrurilor în raport cu <b>STSd</b> și <b>STSp</b> și cu hidrurile prezente. De exemplu, ramele din titan ale aeronavelor sau tuburilor de presiune petrochimice din titan pot fi analizate conform prezentei invenții.	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47
	49

# RO 123390 B1

1            **STSp** sau **STSd** pentru un anumit tub reactor pot fi măsurate prin detectarea unei  
discontinuități în coeficientul de temperatură din formula rezistivității, în condiții de creștere  
3 sau scădere controlată a temperaturii. Deoarece temperatura tubului este crescută ușor, va  
fi remarcată o discontinuitate la o anumită temperatură corespunzând **STSd**, și odată ce  
5 **STSd** a fost depășită datorită scăderii temperaturii, o discontinuitate va fi remarcată la o anu-  
mită temperatură corespunzătoare **STSp**.

7            Rezistivitatea aliajelor este afectată de concentrația hidrogenului în soluția solidă.  
Relația de dependență poate fi modelată, utilizând următoarea ecuație:

$$9 \quad \rho_T = \rho_0 (1 + \alpha(T)) + \rho_H C_H(T)$$

11 unde  $C_H(T)$  reprezintă concentrația de hidrogen în soluția solidă ca funcție de temperatură,  
 $\rho_T$  este rezistivitatea totală a aliajului,  $\rho_H$  este efectul hidrogenului asupra rezistivității,  $\rho_0$  este  
rezistivitatea de bază a aliajului, iar  $\alpha(T)$  este coeficientul de temperatură al rezistivității.  
13 Întrucât punctele **STSp** sau **STSd** sunt atinse în cursul răcirii sau încălzirii aliajului, o discon-  
tinuitate este evidentă în coeficientul de temperatură al rezistivității.

15            Metoda pentru inspectarea tuburilor de presiune ale reactoarelor, conform invenției,  
constă în: închiderea secțiunii tubului de presiune al reactorului, inițializarea modificării  
17 temperaturii în interiorul tubului de presiune al reactorului cu o viteză predeterminată, măsu-  
rarea modificărilor cu privire la rezistivitatea tubului de presiune al reactorului corelat cu  
19 modificarea temperaturii și determinarea temperaturii de solubilitate terminală a solidului din  
modificările măsurate ale rezistivității. Metoda mai include o etapă de condiționare a  
21 tubului de presiune al reactorului înainte de inițierea etapei menționate, care etapă men-  
ționată de condiționare include încălzirea secțiunii închise a tubului de presiune al  
23 reactorului.

Referința este făcută acum la fig. 1 și 2. Fig. 1 prezintă o vedere în secțiune longitu-  
25 dinală a unui dispozitiv **10** pentru inspectarea tuburilor de presiune ale reactoarelor. Fig. 2  
prezintă o vedere în secțiune transversală a dispozitivului **10** de-a lungul liniei A-A.

27 Dispozitivul **10** include un tub central **12**, o carcasă modul frontală **14** și o carcasă modul  
posterioră **16**. Tubul central **12** este cuplat la carcasa modul frontală **14** și la carcasa modul  
29 posterioră **16** utilizând clamele **18**. Tubul central **12**, carcasa modul frontală **14** și carcasa  
modul posterioră **16** conferă forma cilindrică dispozitivului **10**.

31 Atât carcasa modul frontală **14**, cât și carcasa modul posterioră **16** includ o bășică  
**20** și o garnitură **22**. Bășicile **20** și garniturile **22** înconjoară carcasa modul frontală **14** și  
33 posterioră **16** și sunt fixate pe poziție cu clamele interioare de fixare **24** și clamele exterioare  
de fixare **26**. Fiecare dintre bășicile **20** sunt cuplate la un robinet **28** corespunzător. Robi-  
35 netele **28** sunt cuplate la un alimentator cu gaz pentru umflarea și dezumflarea bășicilor **20**.  
Umflarea bășicilor **20** forțează garniturile **22** spre exterior, presându-le radial pe suprafața  
37 interioară a unui tub de inspectat.

Carcasa modul posterioră **16** include o valvă manifold **30** pentru alimentarea cu gaz  
39 a robinetelor **28**. O manta **32** și o placă de bază **34** protejează valva manifold **30**.

Tubul central **12** găzduiește un ansamblu capacitiv rezonant **36**, care este utilizat  
41 pentru a alimenta un set de bobine de inducție **38**, amplasate pe exteriorul tubului central **12**.  
Bobinele de inducție **38** sunt montate pe poziție pe partea exterioară a tubului central **12**,  
43 utilizând un distanțier interior **40** și distanțierii exteriorii **42**.

Tubul central **12** găzduiește de asemenea un ansamblu de instrumente cu curenți  
45 turbionari **44**, centrat între bobinele de inducție **38**, așa cum este descris în continuare.

Partea exterioară a dispozitivului **10** dintre cele două garnituri **22** este îmbrăcată de  
47 scuturile termice **46**, pentru protejarea acestora de căldura generată de bobinele de inducție  
**38**. Scuturile **46** reduc de asemenea cantitatea de căldură pierdută din tubul de presiune prin  
49 corpul uneltei.

# RO 123390 B1

Referința este făcută acum la fig. 3 și 4, care arată dispozitivul **10** în vederi în secțiuni transversală și respectiv longitudinală, atunci când bășicile **20** sunt umflate. Este de remarcat din figuri că garniturile **22** au fost împinse către exterior prin umflarea bășicilor **20**.

Ansamblul de instrumente cu curenți turbionari **44** a fost de asemenea deplasat, și se poate vedea ieșind în afară radial la exterior către suprafața cilindrică a dispozitivului **10**. Când garniturile **22** sunt împinse către exterior pe suprafața interioară a unui tub de presiune al reactorului de analizat, atunci ansamblul de instrumente cu curenți turbionari **44** poate fi deplasat pentru a testa tubul de presiune al reactorului, în conformitate cu procedura de testare descrisă în continuare. Într-un exemplu de realizare, ansamblul de instrumente cu curenți turbionari **44** este deplasat prin presiune pneumatică, utilizând gaz furnizat de valva manifold **30**. Gazul furnizat de valva manifold **30** pentru funcționarea bășicilor **20** și a ansamblului de instrumente cu curenți turbionari **44** poate fi orice gaz inert și, într-un exemplu de realizare, este azot.

Referindu-ne acum la fig. 1 și 3, dispozitivul **10** include suplimentar un port pentru injecția gazului **48** pentru injecția gazului în secțiunea închisă, formată în tubul de presiune al reactorului, prin deplasarea garniturilor **22** către suprafața interioară a tubului. Apa este îndepărtată cu ajutorul gazului printr-o deschizătură la baza garniturii **22**. Dispozitivul **10** include de asemenea un senzor de nivel de apă **50** pentru detectarea prezenței apei în secțiunea închisă.

Referința este făcută în continuare la fig. 5, care este o vedere în secțiune a unui ansamblu de instrumente cu curenți turbionari **44**. Pentru a retrace senzorii instrumentelor în timpul depozitării și aducerea la poziția inițială a dispozitivului **10** și pentru a deplasa senzorii instrumentului odată ce dispozitivul **10** este fixat pe poziție, ansamblul de instrumente cu curenți turbionari **44** încorporează un mecanism de întoarcere.

Într-un exemplu de realizare, mișcarea de întoarcere este realizată printr-un ansamblu pneumatic. Ansamblul pneumatic include un piston **52** în interiorul unui corp cilindric **54**. Interiorul corpului cilindric **54** este aliniat cu un manșon cilindric **56**. Corpul cilindric **54** este montat la o placă superioară **58**, având o deschizătură concentrică cu corpul cilindric **54**. Un resort **60** împinge pistonul **52** în poziție retractată. Prin presiune pneumatică, pistonul **52** poate fi împins în sus în corpul cilindric **54**, comprimând resortul **60**. Într-un exemplu de realizare, presiunea este furnizată printr-un orificiu tubular de gaz **66**, care comunică cu interiorul corpului cilindric **54** și are o deschidere în vecinătatea porțiunii de dedesubt a unei flanșe de pe pistonul **52**.

Pistonul **52** include un arbore tubular care găzduiește tija instrumentului **62**. Tija instrumentului **62** este de asemenea tubulară, astfel încât să conțină instalația electrică ce conectează senzorii instrumentului la componentele electronice ale dispozitivului **10**. Tija instrumentului **62** se extinde prin pistonul **52** și în sus prin placa superioară **58** unde este legată la un corp al instrumentului **64**. În consecință, când pistonul **52** este în poziție deplasată, corpul instrumentului **64** și tija instrumentului **62** sunt extinse către exterior de la placa superioară **58**. Corpul instrumentului **64** determină o suprafață exterioară curbă, destinată să apese curentul pe suprafața interioară a unui reactor de presiune cu un diametru cunoscut.

Referința este acum făcută la fig. 6, care arată o vedere în secțiune a corpului instrumentului **64** și tija instrumentului **62**. Corpul instrumentului **64** include un set de senzori pentru măsurarea schimbărilor rezistivității într-un tub de presiune al reactorului și temperaturile asociate. Într-un exemplu de realizare, corpul instrumentului **64** include un instrument termocuplu dual **68**. Instrumentul termocuplu dual **68** este centrat în suprafața exterioară curbată a corpului instrumentului **64**.

# RO 123390 B1

1 Pe fiecare parte a instrumentului termocuplu dual **68**, se găsesc o bobină de trans-  
mitere **70** și o bobină de recepție **72**. Aceste două bobine **70**, **72** sunt destinate pentru indu-  
3 cerea curenților turbionari în corpul tubului de presiune de evaluat. Într-un exemplu de reali-  
zare, bobinele **70**, **72** funcționează la 8 kHz.

5 Instrumentul termocuplu dual **68**, bobina de transmitere **70** și bobina de recepție **72**  
sunt toate încapsulate în corpul instrumentului **64**, astfel încât să se îmbunătățească rugo-  
7 zitatea ansamblului de instrumente cu curenți turbionari **44**. Într-un exemplu de realizare, tija  
instrumentului **62** este confecționată din titan, pentru a se reduce efectele de abatere a  
9 curenților turbionari.

11 Instalația electrică **76** este atașată la instrumentul termocuplu **68**, bobina de trans-  
mitere **70** și bobina de recepție **72** și trece prin corpul instrumentului **64** și prin tija instru-  
mentului **62**. Instalația electrică **76** se extinde prin tija instrumentului **62** și în interiorul tubului  
13 central **12** (fig. 1) al dispozitivului **10**. Instalația electrică **76** include o pereche de fire pentru  
fiecare dintre bobinele **70**, **72** și două perechi de fire pentru instrumentul termocuplu **68**. Cele  
15 4 perechi de fire sunt acoperite cu poliamidă. Ansamblul de instrumente cu curenți turbionari  
**44** poate include un manșon de sticlă **74** pentru a proteja instalația electrică **76** la ieșirea sa  
17 din capătul tijei instrumentului **62**. Instalația electrică **76** poate duce la un conector în inte-  
riorul dispozitivului **10**. La această conexiune internă, firele termocuplului pot fi fire obișnuite  
19 din cupru și poate fi necesară măsurarea temperaturii în acest punct. Această temperatură  
poate fi utilizată ca temperatură a joncțiunii reci pentru calculul temperaturii finale. Într-un  
21 exemplu de realizare, aceasta este implementată utilizând detectori RTD cu peliculă din  
platină de 1000 Ohmi. Conectorul se cuplează la un conector corespunzător care este cuplat  
23 la un cablu care iese în afara dispozitivului **10** și către tubul de presiune.

25 Corpul instrumentului **64** poate fi format pentru a produce o singură piesă solidă,  
încapsulând instalația electrică **76**, instrumentul termocuplu **68**, bobinele **70**, **72** și tija instru-  
mentului **62**. Într-un exemplu de realizare, corpul instrumentului **64** este confecționat din  
27 epoxi de temperatură înaltă umplută cu alumină din Stycast 2764 FT, produs de Emerson  
& Cumming Inc. din Massachusetts. Corpul instrumentului **64** include un singur strat de sticlă  
29 subțire, care acoperă fețele bobinelor **70**, **72** astfel încât să le protejeze împotriva uzurii.  
Straturile subțiri de sticlă pot fi formate în corpul instrumentului **64** și pot, de exemplu, avea  
31 o grosime de 0,005 inch. Aceasta le permite bobinelor **70**, **72** să rămână atât de aproape  
de instrument cât este posibil și totuși să fie încapsulate și protejate.

33 Referința este acum făcută la fig. 7, care prezintă o vedere în secțiune a  
instrumentului termocuplu **68**. Instrumentul termocuplu **68** include piesele corpului principal  
35 **78**, **80** și **82**. Piesele corpului principal **78**, **80** și **82** sunt alese dintr-un material care să aibă  
o conductivitate termică redusă, astfel încât să se minimizeze disiparea căldurii prin material.  
37 Disiparea excesivă de căldură poate avea un impact negativ asupra preciziei măsurării  
temperaturii. Într-un exemplu de realizare, piesele corpului principal sunt confecționate din  
39 VESPEL™, un polimer poliamidic.

41 Instrumentul termocuplu **68** include de asemenea două benzi termocuple **84** tip E,  
fiecare având propria joncțiune metalică centrată în raport cu axa instrumentului termocuplu  
**68**. Benzile **84** sunt sudate la firele **86** de diametru mic, acoperite cu poliamide de tip E.

43 Odată ce instrumentul termocuplu **68** este asamblat, este testat și se realizează un  
tabel de corecție a temperaturii bazat pe testare. Instrumentul termocuplu **68** poate fi apoi  
45 încorporat în corpul instrumentului **64** (fig. 6), care, la rândul său, este încorporat în  
ansamblul de instrumente cu curenți turbionari **44** (fig. 5).

# RO 123390 B1

Funcționarea dispozitivului **10** va fi acum descrisă cu referire la fig. 8, care prezintă o schemă a metodei 100 pentru determinarea temperaturii **STS**, utilizând dispozitivul **10**, conform prezentei invenții. 1  
3

Metoda 100 începe la etapa 102, cu introducerea dispozitivului **10** într-un tub de presiune din zirconiu și poziționarea dispozitivului **10** în secțiunea corespunzătoare a tubului unde trebuie să se realizeze testarea. Într-un exemplu de realizare preferat, poziționarea instrumentului cu curenți turbionari este la partea superioară a tubului de presiune. În etapa 104, secțiunea este închisă prin umflarea bășicilor **20** (fig. 3) pentru a împinge garniturile **22** (fig. 3) radial către exterior pe suprafața interioară a tubului. Această etapă are ca rezultat izolarea volumului interior al tubului între cele două garnituri **22**. De asemenea în etapa 104, ansamblul de instrumente cu curenți turbionari **44** (fig. 3) este deplasat prin presiune pneumatică, pentru a trimite suprafața exterioară curbată a corpului instrumentului **64** (fig. 5) pe suprafața interioară a tubului, astfel aducând instrumentul termocuplu **68** (fig. 6) în contact cu tubul. 5  
7  
9  
11  
13

În condiții normale de întrerupere, tubul de presiune este umplut cu apă care curge la o temperatură de până la 40°C. După închidere, jetul este deviat prin centrul dispozitivului **10**. Acest jet nu va putea fi diminuat pentru a preveni supraîncălzirea oricărui combustibil prezent încă în canal. Apa izolată rămasă trebuie să fie evacuată din volumul închis între garniturile **22**, pentru a controla ciclurile de răcire și încălzire. Prin urmare, în etapa 106, valva manifold **30** (fig. 3) injectează gaz prin portul de injecție a gazului **48** (fig. 3), pentru a îndepărta apa din volumul închis. Într-un exemplu de realizare, gazul este azot, deși se poate folosi orice gaz inert. Apa scapă printr-un mic orificiu existent la partea inferioară a instrumentului într-una dintre garniturile **22**. Nivelul apei este evaluat cu ajutorul senzorului de nivel al apei **50** (fig. 3) prin încălzire și presiunea gazului. 15  
17  
19  
21  
23

Odată ce apa s-a scurs din volumul închis, bobinele de inducție **38** (fig. 1) acționate de un semnal cu putere de 16 kHz sunt utilizate pentru a încălzi secțiunea închisă a tubului de presiune, astfel încât să usuce tubul și ansamblul de instrumente cu curenți turbionari **44** în etapa 108. Bobinele de inducție **38** sunt acționate printr-un ansamblu capacitiv rezonant **36** (fig. 1). Temperatura secțiunii închise a tubului de presiune este crescută la aproximativ 300°C, cu o viteză de aproximativ 20° pe minut. Dispozitivul **10** este protejat împotriva creșterii temperaturii de către scuturile termice **46** de pe exteriorul dispozitivului **10** în zona dintre garniturile **22**. Apa din tubul de presiune de pe celelalte părți laterale ale garniturilor **22** reduce temperatura garniturilor **22**, evitând deteriorarea acestora. Încălzirea tuburilor de presiune asigură descompunerea tuturor hidrurilor. Etapele de scurgere a apei din volumul închis în etapa 106 și încălzirea tubului pentru uscarea dispozitivului **10** și a tubului în etapa 108 pot fi considerate ca fiind condiționatoare. 25  
27  
29  
31  
33  
35

În etapa 110, tubului de presiune i se permite răcirea cu o viteză predeterminată care, într-un exemplu de realizare, este de 10°C pe minut. Este permisă răcirea tubului până la aproximativ 70°C. În timpul acestei etape de răcire, bobinele de transmitere și de recepție **70**, **72** induc curenți turbionari în tubul de presiune și astfel este măsurată rezistivitatea tubului în timpul procesului de răcire. Această informație este utilizată ulterior, în corelație cu datele referitoare la temperatură, înregistrate de către instrumentul termocuplu **68** (fig. 6), pentru a detecta temperatura **STSp** a tubului de presiune. La răcirea tubului de presiune, se va atinge un punct la care hidrurile descompuse încep să precipite (temperatura **STSp**), ceea ce determină discontinuitatea coeficientului de temperatură al rezistivității. Viteza de răcire ar trebui să fie aceeași sau mai mare decât viteza de încălzire în etapa următoare, pentru a precipita noi hidruri cu o mărime mai mică cunoscută impusă. Aceasta îmbunătățește acuratețea ciclului următor de încălzire care determină temperatura **STSd**. 37  
39  
41  
43  
45  
47

# RO 123390 B1

1 După ce tubul de presiune este răcit la aproximativ 70°C, în etapa 112, tubul este  
reîncălzit apoi cu o viteză predeterminată care, într-un exemplu de realizare, este de 10°C  
3 pe minut. Tubul este reîncălzit până la aproximativ 300°C. Reîncălzirea determină descom-  
punerea hidrurilor precipitate la o anumită valoare a temperaturii: **STSd**. Bobinele de trans-  
5 mitere și recepție **70, 72** colectează informațiile privind rezistivitatea în timpul procesului de  
încălzire, pentru identificarea discontinuității corespunzătoare temperaturii **STSd**.

7 În etapa 114, tubul este din nou lăsat să se răcească până la aproximativ 70°C, ca  
și în etapa 110, și o altă măsurătoare a **STSp** este obținută utilizând ansamblul de instru-  
9 mente cu curenți turbionari **44**. Această a doua măsurătoare a **STSp** poate fi obținută pentru  
o mai mare acuratețe, însă poate fi omisă. Rampa de răcire din această etapă poate răci  
11 tubul la aproximativ 100°C.

Odată ce tubul s-a răcit suficient, în etapa 116, garniturile **22** și ansamblul de instru-  
13 mente cu curenți turbionari **44** sunt retrase prin eliberarea gazului presurizat în canalul de  
combustibil via valva maniflod **30**.

15 Metoda 100 include apoi o etapă 118 de calculare a **STSp** și a **STSd** pe baza datelor  
înregistrate de instrumentul termocuplu **68** și bobinele de inducție **70, 72**. Utilizând **STSp** și  
17 **STSd**, concentrația hidrogenului în secțiunea tubului de testat poate fi determinată utilizând  
o relație Arrhenius potrivită.

19 Referința este făcută acum la fig. 9, care prezintă o diagramă 200 a derivatei tensiunii  
reale a curentului turbionar și derivata a doua a sa în funcție de temperatură. Diagrama **200**  
21 include o primă linie **202**, reprezentând o vedere mărită a coeficientului de temperatură al  
rezistivității pentru tubul de presiune în funcție de temperatură. Prima linie **202** prezintă o  
23 creștere ușoară datorată creșterii cantităților de hidrogen dizolvate în matricea de zirconiu.  
Odată ce ultima cantitate de hidrusă s-a dizolvat, prima linie **202** prezintă o discontinuitate  
25 bruscă a temperaturii **STSd**, care în acest caz este 227,6°C.

Diagrama include o a doua linie **204**, reprezentând derivata primei linii **202**. Valoarea  
27 minimă a celei de-a doua linii **204** la 227,6°C identifică discontinuitatea primei linii **202**.

Modul de precipitare este similar ca formă și comportament.

29 Prezenta invenție poate fi realizată în alte forme specifice fără a se depăși carac-  
teristicile sale esențiale. Anumite adaptări și modificări ale invenției vor fi evidente pentru  
31 persoanele de specialitate din domeniu. Prin urmare, exemplele de realizare discutate mai  
sus sunt considerate ca ilustrative, și nu restrictive, întinderea invenției fiind determinată prin  
33 revendicările alăturate, mai degrabă decât prin descrierea de mai sus, iar toate modificările  
care se înscriu în cadrul înțelesului și domeniului echivalenței revendicărilor sunt în  
35 consecință incluse în acestea.



# RO 123390 B1

## Revendicări

	1
1. Metodă pentru inspectarea tuburilor de presiune ale reactoarelor, care constă în următoarele etape:	3
a. închiderea secțiunii tubului de presiune al reactorului;	5
b. inițializarea modificării temperaturii în interiorul tubului de presiune al reactorului cu o viteză predeterminată;	7
c. măsurarea modificărilor cu privire la rezistivitatea tubului de presiune al reactorului corelat cu modificarea temperaturii; și	9
d. determinarea temperaturii de solubilitate terminală a solidului din modificările măsurate ale rezistivității.	11
2. Metodă conform revendicării 1, <b>caracterizată prin aceea că</b> include în plus o etapă de condiționare a tubului de presiune al reactorului înainte de inițierea etapei menționate, care etapă menționată de condiționare include încălzirea secțiunii închise menționate a tubului de presiune al reactorului.	13
3. Metodă conform revendicării 2, <b>caracterizată prin aceea că</b> etapa de condiționare include injecția de gaz inert în secțiunea închisă a tubului de presiune al reactorului, pentru a se scurge orice fluid din secțiunea închisă înainte de etapa de încălzire menționată.	17
4. Metodă conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 3, <b>caracterizată prin aceea că</b> etapa de inițializare a modificării temperaturii include răcirea secțiunii închise a tubului de presiune al reactorului cu o primă viteză predeterminată.	21
5. Metodă conform revendicării 4, <b>caracterizată prin aceea că</b> etapa de inițializare include o etapă ulterioară de reîncălzire a secțiunii închise a tubului de presiune al reactorului cu o a doua viteză predeterminată.	23
6. Metodă conform revendicării 5, <b>caracterizată prin aceea că</b> etapa de inițializare include în plus o etapă ulterioară de răcire a secțiunii închise a tubului de presiune al reactorului cu o a treia viteză predeterminată.	27
7. Metodă conform revendicării 4, <b>caracterizată prin aceea că</b> prima viteză predeterminată menționată este de 10°C pe minut.	29
8. Metodă conform revendicării 5, <b>caracterizată prin aceea că</b> cea de-a doua viteză predeterminată menționată este de 10°C pe minut.	31
9. Metodă conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 8, <b>caracterizată prin aceea că</b> etapa de măsurare include inducerea de curenți turbionari în tubul de presiune al reactorului.	33
10. Metodă conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 9, <b>caracterizată prin aceea că</b> etapa menționată de determinare include în plus determinarea concentrației hidrogenului din temperatura de solubilitate terminală a solidului menționată, utilizând o relație Arrhenius potrivită.	37
11. Metodă conform revendicării 1, <b>caracterizată prin aceea că</b> temperatura de solubilitate terminală a solidului menționată include o temperatură de solubilitate terminală de precipitare a solidului.	41
12. Metodă conform revendicării 1, <b>caracterizată prin aceea că</b> temperatura menționată de solubilitate terminală a solidului include o temperatură de solubilitate terminală de descompunere a solidului.	43
	45

# RO 123390 B1

1 13. Metodă conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, **caracterizată prin**  
2 **aceea că** etapa de determinare a temperaturii de solubilitate terminală a solidului include  
3 identificarea unei discontinuități a coeficientului de temperatură al rezistivității din modificările  
măsurate ale rezistivității.

5 14. Dispozitiv de inspecție pentru inspectarea tuburilor de presiune ale reactoarelor,  
cuprinzând:

7 a. un corp al dispozitivului (10);  
b. garnituri deplasabile (20, 22) montate pe corpul menționat al dispozitivului (10)  
9 pentru închiderea unei secțiuni a tubului de presiune al reactorului;  
c. un radiator (36, 38) pentru controlarea modificării temperaturii în interiorul tubului  
11 de presiune al reactorului cu o viteză predeterminată; și  
d. un ansamblu de instrumente pentru măsurarea modificărilor rezistivității tubului de  
13 presiune al reactorului corelat cu modificarea temperaturii.

15 15. Dispozitiv de inspecție, conform revendicării 14, **caracterizat prin aceea că** cor-  
pul dispozitivului include o țeavă cilindrică (12).

17 16. Dispozitiv de inspecție, conform revendicărilor 14 și 15, **caracterizat prin aceea**  
17 **că** garniturile deplasabile menționate includ garnituri circulare (22) și bășici gonflabile (20)  
19 pentru deplasarea radială a garniturilor circulare (22) menționate pentru a presa suprafața  
interioară a tubului de presiune al reactorului.

21 17. Dispozitiv de inspecție, conform oricăreia din revendicările de la 14 la 16,  
21 **caracterizat prin aceea că** include în plus un sistem manifold de gaz (30) și o sursă (48) de  
gaz inert pentru deplasarea garniturilor (22) menționate.

23 18. Dispozitiv de inspecție, conform oricăreia dintre revendicările de la 14 la 17,  
23 **caracterizat prin aceea că** radiatorul menționat include un radiator cu inducție (38) și un  
25 ansamblu capacitiv rezonant (36) în interiorul corpului menționat și cuplat cu radiatoarele  
(38) menționate.

27 19. Dispozitiv de inspecție, conform revendicării 18, **caracterizat prin aceea că**  
27 corpul menționat al dispozitivului este cilindric și radiatoarele cu inducție (38) menționate  
29 sunt dispuse circumferențial în jurul corpului dispozitivului menționat.

31 20. Dispozitiv de inspecție, conform oricăreia dintre revendicările de la 14 la 19,  
31 **caracterizat prin aceea că** ansamblul de instrumente include un sistem de curenți turbionari  
(44) și un instrument termocuplu (68) pentru măsurarea rezistivității și respectiv temperaturii.

33 21. Dispozitiv de inspecție, conform revendicării 20, **caracterizat prin aceea că** sis-  
temul menționat de curenți turbionari (44) include o bobină de recepție (72) și o bobină de  
35 transmitere (70).

37 22. Dispozitiv de inspecție, conform revendicării 21, **caracterizat prin aceea că**  
37 ansamblul de instrumente menționat mai include un corp (64) al instrumentului în care  
fiecare dintre bobinele menționate de recepție (72) și de transmitere (70), și instrumentul ter-  
39 mocuplu (68) menționat sunt încorporate într-o suprafață exterioară a corpului (64) menționat  
al instrumentului.

41 23. Dispozitiv de inspecție, conform revendicării 22, **caracterizat prin aceea că**  
41 ansamblul de instrumente menționat mai include un mecanism de deplasare cuplat la corpul  
43 menționat al instrumentului pentru extinderea radială a corpului (64) menționat al instru-  
mentului, pentru a atinge o suprafață interioară a tubului de presiune al reactorului cu supra-  
45 fața exterioară a corpului (64) instrumentului menționat.

(51) Int.Cl.

G21C 17/00 (2006.01),  
 G21C 17/017 (2006.01),  
 G21C 17/10 (2006.01),  
 G01N 27/04 (2006.01)

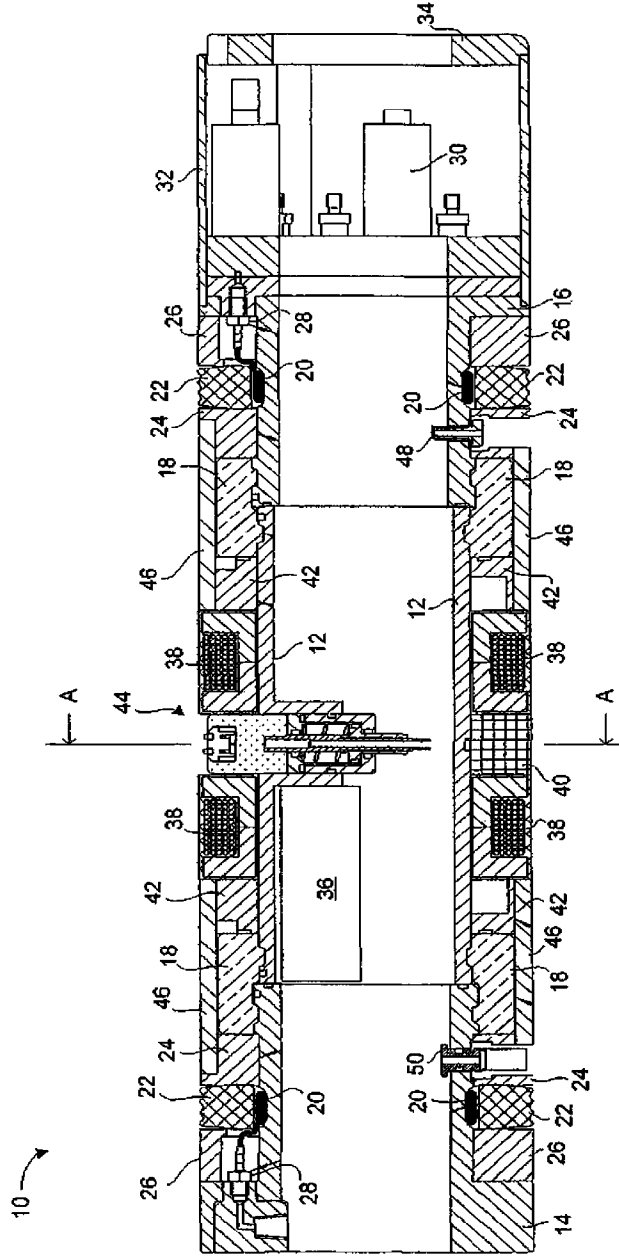


Fig. 1

(51) Int.Cl.

G21C 17/00 (2006.01),  
G21C 17/017 (2006.01),  
G21C 17/10 (2006.01),  
G01N 27/04 (2006.01)

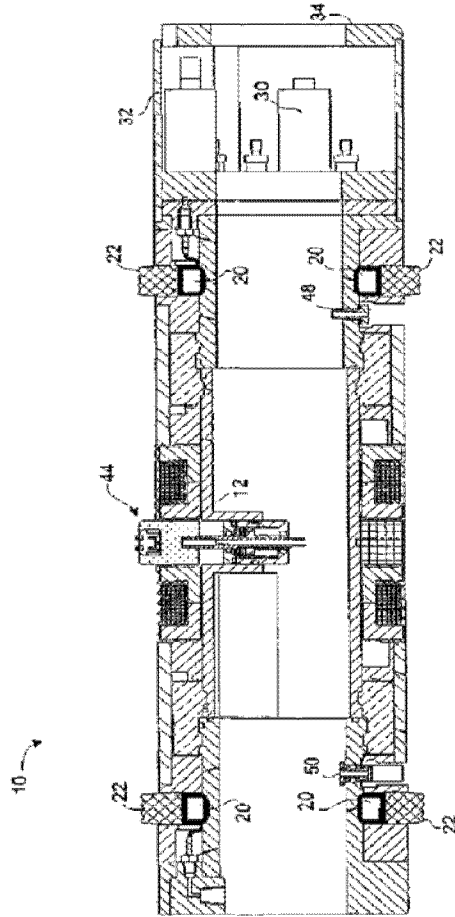


Fig. 2

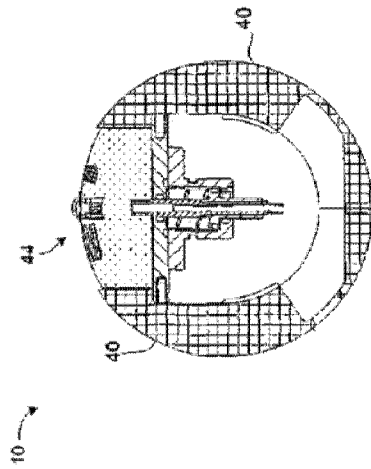


Fig. 3

(51) Int.Cl.

G21C 17/00 (2006.01),  
G21C 17/017 (2006.01),  
G21C 17/10 (2006.01),  
G01N 27/04 (2006.01)

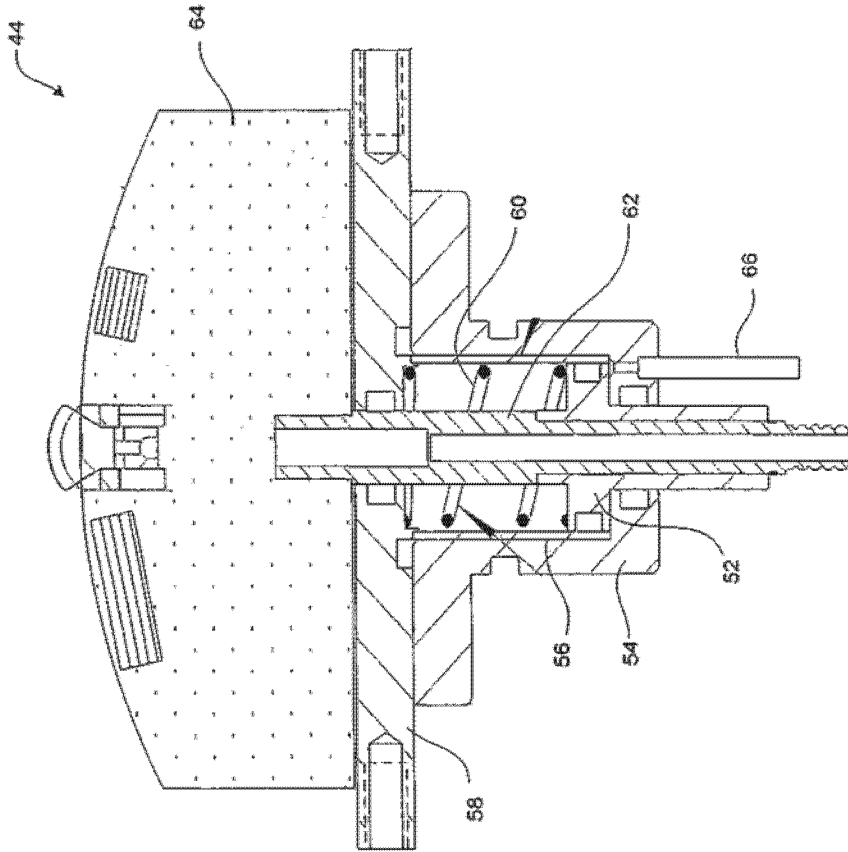


Fig. 5

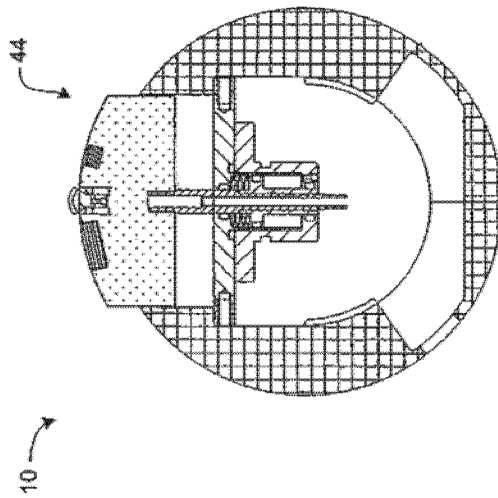


Fig. 4

(51) Int.Cl.

G21C 17/00 (2006.01),  
G21C 17/017 (2006.01),  
G21C 17/10 (2006.01),  
G01N 27/04 (2006.01)

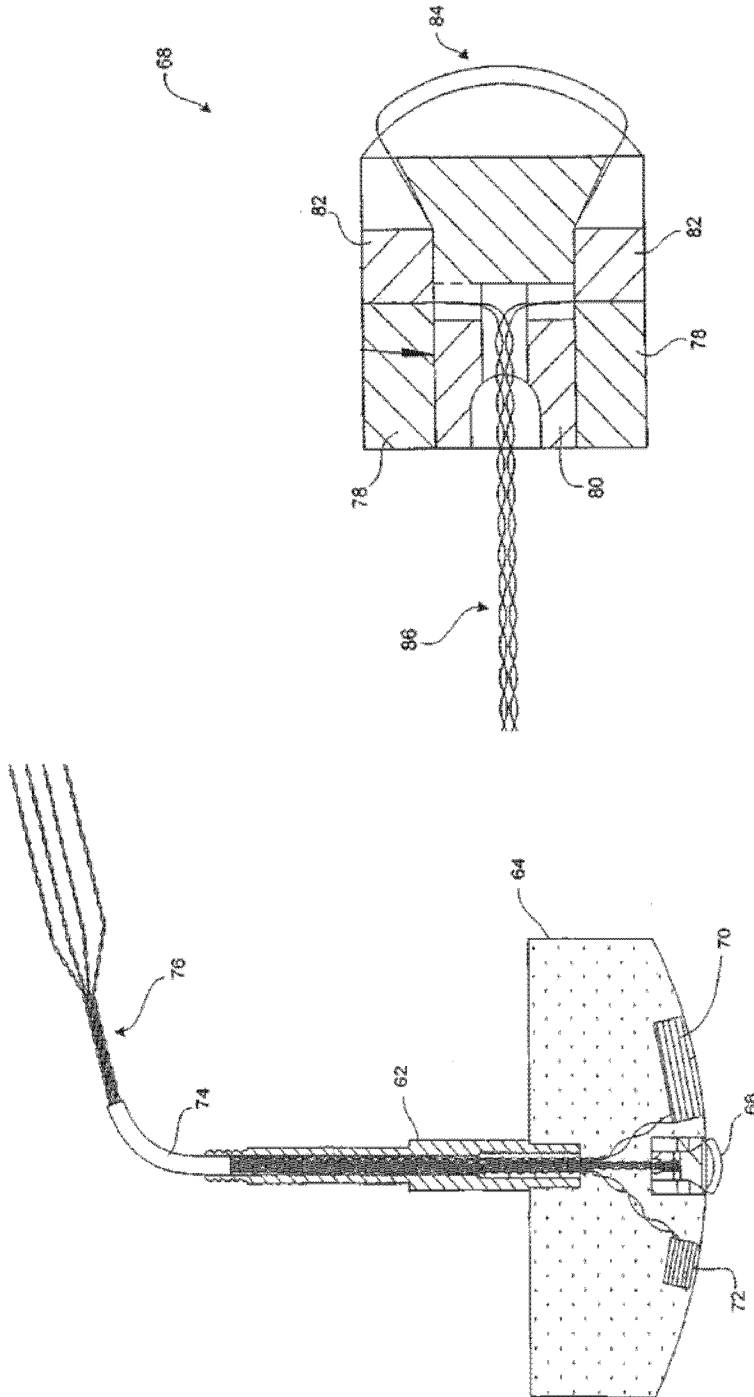


Fig. 7

Fig. 6

(51) Int.Cl.

G21C 17/00 (2006.01),  
 G21C 17/017 (2006.01),  
 G21C 17/10 (2006.01),  
 G01N 27/04 (2006.01)

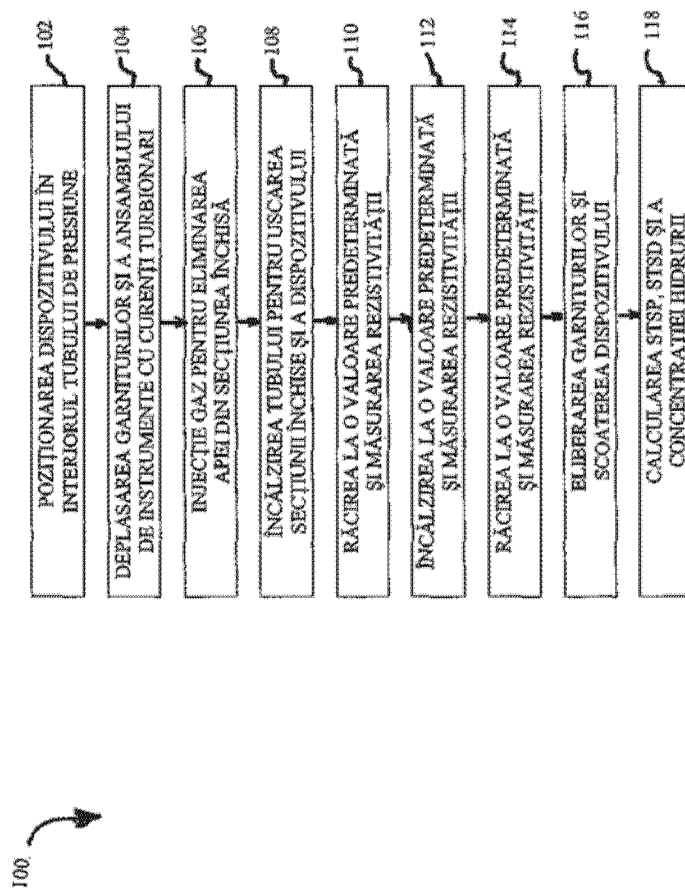


Fig. 8

(51) Int.Cl.

G21C 17/00 (2006.01),  
G21C 17/017 (2006.01),  
G21C 17/10 (2006.01),  
G01N 27/04 (2006.01)

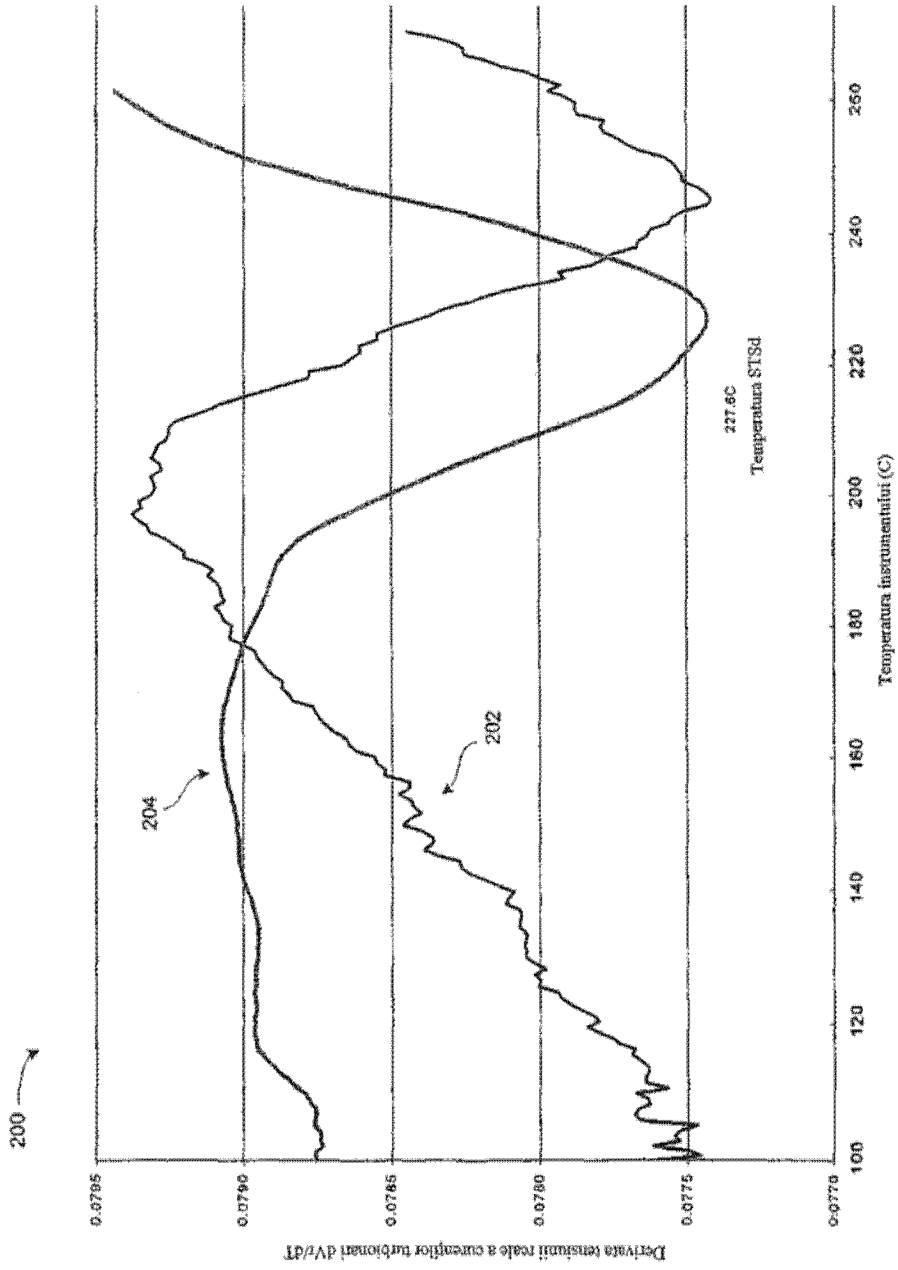


Fig. 9



(51) Int.Cl.

G21C 17/00 (2006.01),  
 G21C 17/017 (2006.01),  
 G21C 17/10 (2006.01),  
 G01N 27/04 (2006.01)

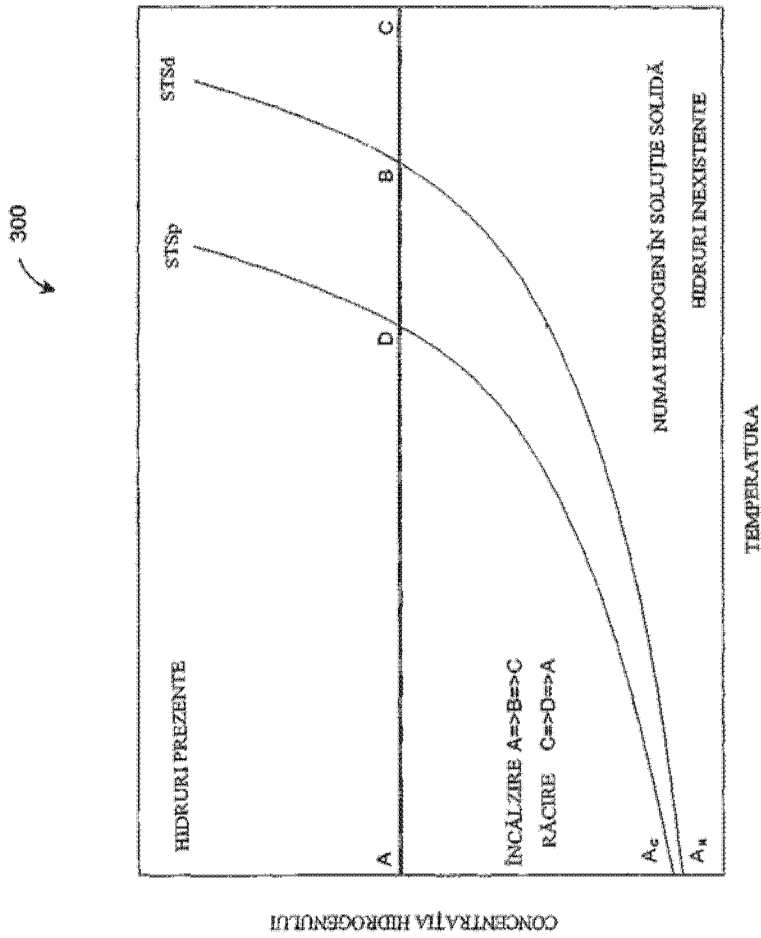


Fig. 10



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
 sub comanda nr. 30/2012