

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2004 00524**

(22) Data de depozit: **11.12.2002**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.09.2011** BOPI nr. **9/2011**

(30) Prioritate:

13.12.2001 FR 01/16138

(41) Data publicării cererii:

30.11.2007 BOPI nr. **11/2007**

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. **FR 2002/04296**

(87) Publicare internațională:

Nr. **WO 03/050527** **19.06.2003**

(73) Titular:

• **VALLOUREC & MANNESMANN TUBES,**
130, RUE DE SILLY,
BOULOGNE BILLANCOURT, FR

(72) Inventatori:

• **BISIAUX BERNARD, 3, RESIDENCE**
MARIN LA MESLEE, VALENCIENNES, FR;
• **VAHE MICHEL, 166, GRAND RUE,**
PORT-SUR-SAMBRE, FR;
• **CRETENOT GUILLAUME,**
1309 RUE DE LA DALLE,
SAINT ROMUALD, QUEBEC, CA

(74) Mandatar:

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

(56) Documente din stadiul tehnicii:

EP 0841580 A; US 5027659 A;
US 5533401 A; FR 2796153 A;
US 4404853 A; RO 55017

(54) INSTALAȚIE DE CONTROL NEDISTRUCTIV PENTRU PRODUSE METALURGICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o instalație pentru controlul nedistructiv, cu detectoare cu ultrasunete, al produselor metalurgice. Instalația conform invenției, pentru controlul nedistructiv al țevilor metalice (T), constă dintr-un detector cu ultrasunete (3), ce cuprinde elemente traductoare (CI) ce pot fi excitate, fiecare, la momentele selectate. Un circuit în aval (2, 4, 5), de prelucrare a semnalelor captate, analizează un răspuns global (7) al țevii, la o excitație cu ultrasunete. Elementele traductoare (CI) nu sunt excitate decât pentru a produce o singură emisie, iar circuitul din aval (4) reface eșantioanele (Sij) semnalelor detectate, fiecare, printr-un element traductor (CI), pentru a le asocia totodată timpilor succesivi (tj), proporțional corespunzător, astfel încât să fie calculate mai multe răspunsuri globale, prin modificarea decalajelor dintre numiții timpii succesivi.

Revendicări: 23

Figuri: 15

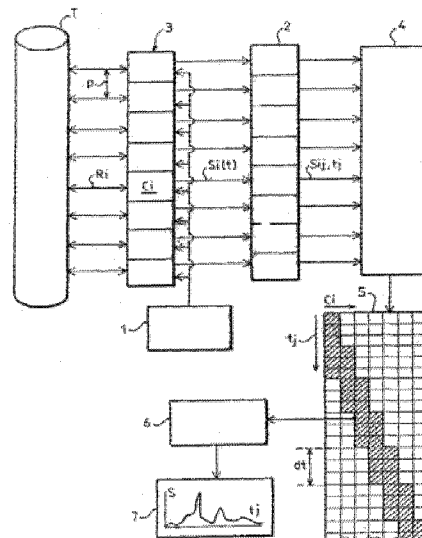


Fig. 6

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 123344 B1

1 Invenția se referă la o instalație de control nedistructiv pentru produse metalurgice
și, în mod deosebit, la controlul nedistructiv al țevilor.

3 Fabricarea țevilor se face pe cât posibil complet automat. La ieșirea de pe banda de
fabricație, țevile sunt supuse unui control nedistructiv cu ultrasunete, cu scopul de a detecta
5 la acestea, în mod selectiv, pe bază de încercări, unul sau mai multe defecte de tipul: defecte
de suprafață de orientare longitudinală și/sau transversală, interioară și/sau exterioară;
7 defecte de grosime și/sau în grosime; este controlat de asemenea diametrul interior și cel
exterior.

9 Pentru a controla țevile în totalitatea lor, acestea sunt antrenate într-o mișcare relativ
elicoidală în raport cu detectoarele cu ultrasunete, iar ultrasunetele sunt emise sub forma
11 unor pachete de unde direcționate cu cadență ridicată, cu o frecvență a pachetului numită
"de recurență".

13 Legarea detectorului la țeavă, în mod indirect, se efectuează printr-un lichid, în
general apa. În practică, pentru detectarea diferitelor defecte menționate mai sus, sunt
15 prevăzute detectoare cu unde ultrasonore longitudinale, care "insonorizează" țeava conform
unghiurilor de incidență diferite. Unghiurile de incidență sunt reglate în funcție de numeroși
17 parametri, cum ar fi dimensiunile țevii, proprietățile ei de transmisie ultrasonoră, tipurile de
defecte urmărite etc.

19 Frecvența de recurență a pachetelor de unde direcționate este limitată de timpul de
parcurs dus și întors al ultrasunetelor în lichidul de legătură și în metalul țevii. O durată de
21 parcurs ridicată determină reducerea frecvenței de recurență și, pe această cale,
productivitatea controlului nedistructiv.

23 Potrivit unor moduri de realizare cunoscute, detectoarele sunt fixe, iar țeava este
antrenată într-o mișcare elicoidală.

25 Conform altor variante de realizare cunoscute, detectoarele sau palpatoarele cu
ultrasunete sunt antrenate în mișcare de rotație cu o viteză de câteva mii de rotații pe minut,
27 în jurul unei țevi care se deplasează cu o viteză liniară ce poate ajunge până la aproximativ
1 metru pe secundă.

29 Într-o altă variantă de realizare cunoscută este utilizat un detector constând dintr-o
multitudine de elemente traductoare cu ultrasunete care înconjoară țeava. Excitarea
31 succesivă a grupurilor de elemente traductoare permite trecerea la "formarea" unui fascicul
ultrasonor, la care se poate asocia un unghi de incidență pe țeava. Aceasta permite de
33 asemenea rotirea fasciculului în jurul țevii prin comutarea grupurilor de elemente excitate,
și înlocuirea mecanică a detectoarelor, descrisă mai sus, printr-un baleiaj electronic
35 (FR-A-2796153).

37 Un caz special de control este cel al țevilor fără sudură, obținute prin tragere sau
"străpungere" la cald a barelor cilindrice. Acest procedeu de fabricație conduce la așa
numitele defecte "oblice" sau în elice, care prezintă o anumită înclinare în raport cu axa țevii.
39 Această înclinare poate fi pozitivă sau negativă, urmând sensul elicei.

41 Înclinarea defectelor depinde de tipul de fabricație utilizat și, în anumite cazuri, de
stadiul de formare al defectelor. Astfel aceeași instalație de control poate și trebuie să
controleze defectele a căror înclinare poate varia între -20 și +30° și chiar mai mult.

43 Ori, cea mai mică înclinare determină o accentuată atenuare a ecourilor reflectate de
defecte atunci când incidența fasciculului a fost optimizată în vederea detectării defectelor
45 strict longitudinale.

47 Brevetul **US 3924453** descrie detectoarele clasice care determină divergența sau
decalarea mecanică a fasciculului ultrasonor într-un plan care trece prin axa țevii (procedeu
numit al "divergenței torice"). Gama de înclinare detectabilă este cu toate acestea limitată.

RO 123344 B1

Pe de altă parte, utilizarea detectoarelor cu elemente multiple care permit formarea unui fascicul ultrasonor, a cărui deflecție este adaptată pentru a detecta o înclinare a defectului dat, permite teoretic, rezolvarea acestei probleme. Trebuie deci corectat fiecare pachet de unde direcționate în așa fel încât fiecărui pachet să-i corespundă o incidență optimă pentru o înclinare dată.

Fiecare pachet de unde direcționate implică un timp de propagare în apă la dus, un timp de propagare (un dus-întors, sau mai multe) într-o țevă și, din nou, un timp de propagare în apă la întoarcere. Dacă se urmărește multiplicarea pachetelor de unde în funcție de numărul de incidențe dorite, această tehnică nu se aplică niciodată industrial, mai ales din cauza duratelor de propagare cumulate, deoarece multiplicarea produce pachete de unde excesive. Aceste durate de propagare cumulate sunt caracteristici fizice care nu pot scădea în timp.

Prezenta invenție își propune să amelioreze situația, prin creșterea productivității instalației de control, păstrând totodată o detectare eficientă a defectelor, în special a defectelor înclinate față de axa țevii.

Invenția propune în acest scop o instalație de control nedistructiv pentru produsele metalurgice, în special cu cuplare indirectă, constând dintr-un:

- dispozitiv detector cu ultrasunete format dintr-un ansamblu de elemente traductoare ultrasonore (Ci) accesibile selectiv;

- circuit în amonte, pentru a excita în mod selectiv elementele traductoare la momentele selectate;

- circuit în aval, pentru a culege semnalele captate la întoarcere de către elementele traductoare, și

- element component de prelucrare (care poate fi încorporat în circuitul din aval) care să analizeze semnalele captate, ca răspuns global al unui produs metalurgic la o excitație ultrasonoră.

Potrivit unei caracteristici a instalației:

- circuitul din amonte este adaptat pentru a opera prin pachete de unde direcționate, asociate aceleiași legi temporale de excitație a elementelor traductoare,

- circuitul din aval constă dintr-o memorie, și este adaptat pentru a memora eșantioanele de semnale captate (S_{ij}) de către fiecare element traductor, corespunzător fiecărui pachet de unde direcționate, la o adâncime temporală selectată, și

- componenta de prelucrare poate coopera cu această memorie astfel încât:

- * pentru fiecare pachet de unde direcționate, să citească și să însumeze în mod repetat grupele de eșantioane (S_{ij}) care corespund diferitelor elemente traductoare (Ci), precum și momentelor (t_j) defazate de la un element la altul, și aceasta conform unei anumite legi temporale de prelucrare, proprie fiecărei repetiții, ceea ce permite ca pentru fiecare pachet de unde direcționate să fie calculate o mulțime de răspunsuri reconstituite (S_T, α_T) din care fiecare corespunde unei deflecții α_T (multiprelucrare), și

- * să analizeze răspunsul global constând din ansamblul acestor răspunsuri reconstituite.

Astfel, pornind de la un singur pachet de unde, poate fi dedusă o mulțime de răspunsuri ultrasonore, corespunzând fiecare unei incidențe "simulate", aleasă ulterior.

Potrivit unuia din avantajele oferite de prezenta invenție, viteza de analiză a produselor metalurgice nu mai este deci limitată decât de timpii de prelucrare necesari.

Într-o variantă de realizare avantajoasă, circuitul din aval cuprinde un bloc de numărare a semnalelor captate, iar memoria este adaptată pentru a coopera cu blocul de numărare în vederea stocării amplitudinii semnalelor captate de către fiecare element traductor, pe de o parte în funcție de momentele succesive, și pe de altă parte în funcție de elementele traductoare active.

RO 123344 B1

1 Într-o variantă de realizare, circuitul din aval cuprinde mijloace de calcul capabile să
definească o repartizare a întârzierilor care se aplică semnalelor captate, respectiv pentru
3 a se obține un răspuns global care corespunde unei emisii urmând o deflexie de fascicul
aleasă.

5 În mod avantajos, mijloacele de calcul sunt adaptate în plus pentru a ține cont de
caracteristicile de emisie ale elementelor traductoare, cum sunt convergența fasciculelor
7 emise de către fiecare element, în definirea repartiției întârzierilor aplicate.

Invenția poate avea diferite variante, în special următoarele, care pot fi combinate:

9 - la fiecare pachet de unde direcționate de emisie, legea temporală de excitație poate
să nu aibă nici o defazare între elementele traductoare; de asemenea, ea poate avea astfel
11 de defazări; mai pot fi prevăzute și ambele cazuri, adică un pachet de unde direcționate fără
defazare și unul sau câteva pachete de unde cu defazare, în funcție de care se păstrează
13 prelucrarea multiplă a fiecărui pachet de unde;

- pachetul sau pachetele de unde direcționate cu defazări pot facilita definirea
15 ulterioară (la prelucrare multiplă) a deflexiilor mari de fascicul, pentru care atenuarea undelor
ultrasonore ar trebui să fie luată în calcul;

17 - este prevăzută o mișcare relativ elicoidală între țeavă și dispozitivul detector
ultrasonor, deplasând țeava sau detectorul ori deplasându-le pe amândouă;

19 - detectorul poate fi unidimensional, adică o epruvetă liniară de elemente traductoare,
dispusă aproape paralel cu axa de deplasare a țevilor, sau o epruvetă cel puțin parțial arcuită
21 (de exemplu un trunchi de cilindru, sau un trunchi de sector de cilindru), care să înconjoare
țeava;

23 - elementul de prelucrare poate fi adaptat în vederea prelucrării semnalelor de
întoarcere pe grupe distincte de elemente ale epruvetei. Acesta reprezintă de fiecare dată
25 un "detector virtual", împreună cu un subansamblu al elementelor traductoare ale
detectorului. În felul acesta se deplasează simultan ansamblul elementelor detectorului, în
27 timp ce la fiecare pachet de unde sunt analizate ulterior semnalele primite de diferite
detectoare virtuale, pentru o (sau fiecare) lege de defazare dorită;

29 - dispozitivul detector cu ultrasunete poate cuprinde o rețea bidimensională de
elemente traductoare (nu neapărat plană). Se pot distinge aici coloanele și rândurile sau
31 șirurile. Coloanele și/sau rândurile pot fi utilizate ca detector unidimensional, de tipul celui
menționat. O astfel de rețea bidimensională de detectoare este numită "mozaic";

33 - detectorul mozaic poate servi ca detector de defecte înclinate, fără a necesita o
deplasare fizică relativ elicoidală. Într-adevăr, el permite o "rotire electronică" a fasciculului.
35 Prin "rotire electronică" se înțelege o adaptare a diferitelor detectoare virtuale, care să
baleieze circumferința produselor (cel puțin parțial, completarea rotației fiind la nevoie
37 realizată prin deplasarea fizică). Circuitul din aval este adaptat deci astfel încât să poată
calcula repartizarea întârzierilor, în același timp între elementele aceluiași rând și între
39 elementele aceleiași coloane.

Alte caracteristici și avantaje pe care le prezintă invenția vor reieși din descrierea
41 detaliată de mai jos, precum și din desenele anexate, unde:

- fig. 1 reprezintă o țeavă T care are un defect înclinat D;

43 - fig. 2A reprezintă un dispozitiv de control cu ultrasunete, cu o incidență aleasă
într-un plan în secțiune longitudinală a țevii T care trece prin axa acesteia;

45 - fig. 2B reprezintă un dispozitiv de control cu ultrasunete cu o incidență aleasă,
într-un plan în secțiune transversală a țevii T;

47 - fig. 3 reprezintă schematic detectoarele τ_i și întârzierile n care se aplică pentru a
crea o deviație α , a priori, a unei raze de ultrasunete R_i ;

RO 123344 B1

- fig. 4 reprezintă o diagramă care prezintă incidențele fasciculului de ultrasunete care se aplică pentru o înclinare β a unui defect prezent în țeava; 1
- fig. 5 reprezintă un pachet de unde ultrasonore direcționate, cu o coloană de apă CE materializând interfața dintre detectorul C și țeava T, acest pachet de unde ultrasonore parcurgând mai întâi apa, apoi metalul țevii T; 3
5
- fig. 6 reprezintă schematic o instalație pentru detectarea defectelor, conform prezentei invenții; 7
- fig. 7 reprezintă schematic divergența δ a unui fascicul F_1 pe care-l emite un detector cu ultrasunete C, de lățime dată L; 9
- fig. 8 reprezintă schematic intensitățile selectate ale semnalelor primite, fără a se ține cont de o focalizare aplicată fasciculului cu ultrasunete (hașuri verticale) și ținând cont de această focalizare (hașuri orizontale); 11
- fig. 9 reprezintă o diagramă a duratelor globale de propagare a undelor ultrasonore și a duratelor de calcul (pe ordonată în microsecunde) în funcție de numărul de înclinării ale defectelor care pot fi detectate (pe abscisă), conform procedurii anterioare (linii întrerupte scurte și lungi) și conform invenției (linie continuă) și prin procedeul optimizat, în sensul prezentei invenții (linii întrerupte); 13
15
17
- fig. 10 reprezintă amplitudinea semnalului primit (plecând de la fasciculul inițial nedeviat) pentru mai multe înclinării (3 ale unui defect detectat cu un detector conform fig. 6 și un detector standard utilizat în metoda clasică (linii curbe punctate); 19
- fig. 10 B și 10 A sunt curbele de semnale A-SCAN, obținute pe defectele înclinate printr-o metodă conform invenției și, respectiv, printr-o metodă de fascicule demultiplicate, conform tehnicii anterioare; 21
23
- fig. 11 reprezintă pierderea de sensibilitate (prin atenuare acustică) pentru înclinării mari avute în vedere, folosind tehnica fasciculelor demultiplicate (curba cu linie continuă) și prin folosirea tehnicii cu fascicul unic conform invenției (curba cu linii întrerupte); și 25
- fig. 12 reprezintă un dispozitiv de control cu ultrasunete, într-o variantă de realizare care utilizează un detector în arc; 27
- fig. 13 reprezintă un detector de control cu ultrasunete, într-o variantă de realizare care utilizează un detector "mozaic"; 29
- fig. 14 reprezintă răspunsul unei creștături sau trepte în funcție de pozițiile relative ale acestora și ale epruvetei, pentru detectoare virtuale juxtapuse și formate din 8 elemente; 31
- fig. 15 reprezintă răspunsul unei creștături sau trepte în funcție de pozițiile relative ale acestora și ale epruvetei pentru detectoare virtuale suprapuse parțial 50% și formate din 8 elemente. 33
35
- Desenele și descrierea de mai jos conțin, în esență, elemente cu caracter sigur. Ele vor putea servi deci nu numai la o mai bună înțelegere a prezentei invenții dar vor contribui, de asemenea, la definirea ei, dacă este cazul. 37
- Referindu-ne la fig. 1, țeava T care iese dintr-o linie de fabricație prezintă un defect înclinat D, sub un unghi de înclinare (3 în raport cu axa longitudinală a țevii. 39
- În special în cazul unui procedeu de fabricație a țevilor fără sudură, în care se străpung la cald barele metalice dintre cilindri, țevile T prezintă uneori astfel de defecte, în elice, cu o anumită înclinare β față de axa țevii T. 41
43
- Referitor la fig. 2A, un dispozitiv de control nedistructiv al țevilor T constă dintr-un dispozitiv detector C, format din unul sau mai multe elemente traductoare cu ultrasunete, care "insonorizează" țeava T prin emiterea ultrasonoră a unui pachet de unde direcționate cu o anumită cadență, numită frecvență de recurență, de exemplu apropiată de 4 KHz. În 45
47

RO 123344 B1

1 principiu, cuplarea dintre detectorul cu ultrasunete și țeava metalică **T** este indirectă. Între
2 detectorul **C** și țeava există o coloană de lichid, în special de apă, astfel încât undele
3 ultrasonore pe care le emite detectorul se propagă mai întâi în apă și apoi în țeavă.

4 Incidența fasciculului de ultrasunete emise de detectoarele **C** poate fi definită, în
5 spațiu, de două unghiuri de incidență. Relativ la fig. 2A, o rază incidentă **R1** formează cu o
6 normală **N** la țeavă un unghi α_T (deflexie axială sau longitudinală) într-un plan de secțiune
7 longitudinală la țeava **T**, acest plan incluzînd axa țevii. Al doilea unghi care permite definirea
8 incidenței fasciculului este unghiul α_L din fig. 2B. Raza **R1** pe care o emite detectorul **C**
9 formează un unghi α_L în raport cu normala **N** a țevii **T**. Acest unghi α_L (deflexie transversală)
10 este definit într-un plan de secțiune transversală, perpendicular pe axa țevii **T**.

11 Defectul **D** este situat în principiu pe suprafața exterioară sau interioară a țevii **T** sau
12 în apropierea acestor suprafețe. Defectul cuprinde o componentă longitudinală, precum și
13 o componentă transversală a cărei proporție este în funcție de unghiul β al defectului.
14 Această înclinare β este definită în raport cu generatoarea țevii cilindrice **T**, paralelă cu axa
15 țevii și poate fi pozitivă sau negativă.

16 Țeava propriu-zisă are în general o mișcare elicoidală relativă în raport cu detectorul
17 **C** pentru a controla aproape toată suprafața țevii. De-a lungul axei țevii, componenta mișcării
18 elicoidale relative este rectilinie, cu viteza aproape constantă, putînd ajunge până la
19 aproximativ 1 m/s. Componenta rotativă a mișcării elicoidale relative poate fi generată prin
20 rotirea detectorului în jurul axei țevii sau printr-o rotire a țevii în jurul axei sale, detectorul fiind
21 fix, sau printr-o combinație a acestor rotiri. În cele două cazuri, detectorul se orientează pe
22 țeavă conform unei deflexii transversale α_L apropiată de 17° , pentru a detecta defectele
23 longitudinale, sau conform unei deflexii axiale α_T apropiată de 17° , pentru a detecta defectele
24 transversale. Aceste deflexii α_L și α_T au valori diferite pentru alt mediu de propagare decât
25 apa și pentru țevile din alt material decât oțelul. Orientarea poate fi prestabilită (nu reglabilă)
26 sau reglabilă mecanic într-o oarecare măsură, dar reglarea poate fi de lungă durată și
27 delicată.

28 În tehnica modernă, mai evoluată, se utilizează o mulțime de elemente traductoare
29 **Ci** (fig. 3), a căror normală este perpendiculară pe țeava. Se aplică elementelor traductoare
30 întârzierile de emisie respective τ_i , pentru a crea o defazare între undele elementare
31 respective emise **O_i**, ceea ce se traduce printr-o diferență de funcționare între undele
32 respective emise **R_i**. Fasciculul care rezultă din ansamblul undelor emise prezintă atunci o
33 energie maximă conform unei deflexii α , acționată electronic prin comanda momentului de
34 emisie a elementelor **Ci**. În felul acesta, ansamblul întârzierilor aplicate τ_i definește o
35 repartizare a întârzierilor, numită legea de fază sau legea temporală, pe rețeaua de
36 detectoare **Ci** și, ca atare, deflexia α a fasciculului de emisie rezultă din diferite unde
37 emise **R_i**.

38 Elementele traductoare sunt dispuse pe o epruvetă. Cunoscând pasul pe dintre
39 fiecare element **Ci**, se poate construi repartizarea întârzierilor care se aplică la emisie pe
40 diferitele elemente (legea fazelor) pentru a se obține o deflexie α dată, plecând de la formula
41 (1):

$$\sin \alpha = V \cdot dt / pe,$$

42 unde dt este întârzierea care se aplică între cele două elemente consecutive, iar V viteza
43 unei unde longitudinale ultrasonore în apă ($V=1490 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Fasciculul astfel format și deviat
44 sub unghiul α ajunge pe țeava conform incidenței α , altfel spus unghiul de incidență pe
45 produs este practic unghiul de deflexie al fasciculului.
46
47

RO 123344 B1

Pentru a recepționa semnalul în condiții optime, adică în direcția incidenței de emisie, se aplică aceeași lege a fazelor semnalelor reflectate de un defect și primite la întoarcere de diferite elemente C_i .

Pot fi de asemenea excitate grupe succesive de elemente C_i pentru a realiza un baleiaj electronic, de exemplu în jurul țevii, dacă elementele C_i sunt în arc de cerc sau echivalent.

În general, defectele înclinate sunt greu de detectat în același timp cu defectele longitudinale, mai ales pentru că o incidență optimizată a fasciculului de ultrasunete pentru controlul defectelor lungi produce un răspuns foarte atenuat pe defectele înclinate, chiar ușor înclinate. De exemplu, atenuarea depășește în general un factor 2, pentru o înclinare de defect de 5° . Ori aici se caută să fie detectate în mod simultan defectele longitudinale și cele înclinate (dacă se poate, cu o înclinare cuprinsă între $+35^\circ$ și -35° cel puțin, fără pierdere de sensibilitate).

Detectarea defectelor înclinate necesită deci adaptarea unghiurilor α_L și α_T , care variază cu înclinarea unui defect. Într-adevăr, referindu-ne la fig. 4, se pare că optim pentru detectarea unui defect longitudinal ($\beta=0$) este 17° pentru unghiul α_L , în timp ce unghiul α_T este nul. Aceste valori α_L și α_T sunt inversate bineînțeles pentru o înclinare a defectului de 90° (defect transversal). De exemplu, pentru o înclinare β de 45° , unghiurile α_L și α_T corespund deflexiilor de aproximativ 12° , într-un plan transversal și respectiv într-un plan longitudinal (fig. 2A și 2B).

Într-adevăr, pentru înclinări mai mici de 30° , variațiile unghiului α_L sunt relativ mici și pot fi neglijate (variația de cel mult 3° a unghiului la începutul descreșterii unghiului α_L în funcție de înclinarea β). În schimb, introducerea unghiului α_L permite detectarea defectelor înclinate, cu o înclinare mai mică de 30° în valoare absolută.

Astfel, când se urmărește detectarea defectelor înclinate, se urmărește să se fixeze valoarea lui α_L la 17° și să varieze α_T în planul secțiunii longitudinale a țevii T, de exemplu într-o plajă de deplasare cuprinsă între -10° și $+10^\circ$ pentru a detecta diferite înclinări posibile, inclusiv înclinarea nulă (defecte longitudinale).

Pentru detectarea defectele înclinate, brevetul **US 3924453** propune un procedeu optic (numit de divergență torică) care constă nu în împrăștierea (acțiune divergentă) fasciculului în planul longitudinal al țevii, cu ajutorul unei lentile, ci dimpotrivă, în focalizarea acestui fascicul în planul perpendicular (planul din fig. 2B). Se ajunge în felul acesta la un câmp de detectare, relativ limitat, de ordinul a 10° în jurul unei înclinări urmărite ($-10^\circ < \alpha_T < +10^\circ$). În plus, acest procedeu prezintă inconvenientul unei sensibilități variabile în funcție de înclinare. Pot fi identificate deci imperfecțiuni care ar fi acceptabile și pot fi neglijate unele defecte inacceptabile.

Un alt procedeu al prezentei invenții constă din formarea unui fascicul deviat cu un unghi α_T , cu ajutorul unui detector în formă de epruvetă având o multitudine de elemente traductoare, în timp ce unghiul α_L este fixat prin configurația celulei (de preferat aproape de 17°).

În fig. 7, un detector C emite într-adevăr un fascicul de ultrasunete F1, a cărui margine extremă formează, cu normala detectorului C, un unghi δ numit unghi de divergență (sau de deschidere). Divergența δ este dată de formula (2):

$$\sin \delta = 1,22 \lambda / L$$

RO 123344 B1

1 unde λ este lungimea de undă a fascicului în apă, iar L este lățimea unui element traductor
al detectorului (fig. 7). În orice caz, divergența rămâne mai mare decât unghiul α_T maxim
3 (11°) pentru a detecta înclinarea $\beta = 30^\circ$.

În mod avantajos, este utilizată această divergență pentru a atinge valorile α_T dorite.

5 De exemplu, pentru ultrasunetele emise în apă la 5 MHz cu elementele C_i cu lățimea
de 1,4 mm a unei epruvete liniare, δ ajunge la 15° .

7 Folosind o lege a fazelor corespunzătoare emisiei elementelor C_i , conform formulei
(1) și fig. 3, se poate forma un fascicul deviat cu un unghi α_T , cât timp valoarea lui α_T este
9 mai mică decât divergența δ dată de formula (2). În acest caz, este posibilă corectarea
"electronică" α_T , modificând legea fazelor, fără a fi necesară orientarea detectorului în
11 această direcție. Se aplică atunci aceeași lege a fazelor la semnalele primite la întoarcere
și se însumează semnalele returnate defazate pentru a se obține astfel un răspuns global
13 maximizat.

Acest procedeu urmărit de beneficiar, permite urmărirea unei înclinări date, cu o
15 precizie corectă și cunoscută, și obținerea unui răspuns unitar pentru diferitele înclinări
posibile ale defectelor țevii. Tabelul din anexa A1 cuprinde rezultatele încercărilor preliminare
17 cu deflexia fascicului, în vederea detectării defectelor înclinate (metoda pachetelor multiple
de unde direcționate).

19 Mai exact, aceste rezultate prezintă amplitudinea ecourilor obținute la întoarcere
pentru diferite înclinări ale defectelor și diferite valori de deflexie α_T ale fascicului și în
21 funcție de valorile coeficientului de amplificare a semnalelor. Valorile indicate cu caractere
îngroșate corespund valorilor de deflexie utilizate pentru a detecta o înclinare dată. Se
23 constată că rezultatele obținute pentru coeficienții de amplificare sunt satisfăcătoare (23,5 dB
pentru creșterea sau treapta de 25°).

25 Se poate compensa, în plus, variația de precizie a detectării în funcție de deflexia
utilizată, astfel încât să se obțină o precizie uniformă de detectare a defectelor, oricare ar fi
27 înclinarea lor.

În schimb, pentru fiecare înclinare urmărită, este nevoie să se efectueze un pachet
29 grupat de unde direcționate ale elementelor traductoare ale detectorului. Astfel, dacă sunt
analizate mai multe înclinări de defecte, trebuie să fie prevăzut un același număr de pachete
31 de unde ultrasonore direcționate, deoarece trebuie să fie prevăzută o lege a întârzierii,
specifică emisiei și recepției, pentru fiecare înclinare urmărită.

33 În fig. 5, un pachet de unde ultrasonore direcționate **R1** se compune dintr-o distanță
de parcurs în apă T_e , urmată de o distanță de parcurs în țeava T_m (parcurs util), aceste
35 distanțe de parcurs fiind de durate proporționale cu grosimea materialelor parcurse. Din
motive acustice, coloana de apă **CE** care scaldă interfața între detectorul **C** și țeava **T** este
37 astfel încât timpul de parcurs în apă este mai mare decât timpul de parcurs în metalul țevii.

În special, timpul total al unui pachet de unde ultrasonore direcționate T_t este dat de
39 relația:

$$T_t = T_e + T_m, \text{ unde } T_e > T_m.$$

41 În aplicarea metodei de detectare a defectelor înclinate prin pachet multiplu de unde
ultrasonore direcționate, dacă n este numărul total de înclinări căutate, timpul total T_t devine:

$$43 \quad T_t = n.(T_e + T_m)$$

Pentru pachete de unde direcționate cu cadențe industriale clasice (apropiate de
45 4 KHz pentru efectuarea unui simplu control al defectelor longitudinale), nu pot fi detectate
decât aproximativ una sau două înclinări, în afară de defectele longitudinale detectate prin
47 tehnica pachetelor multiple de unde în cazul țevilor relativ groase (aproximativ 36 mm
grosime), ținând cont de timpii de propagare a fasciculelor cu ultrasunete.

RO 123344 B1

Detectarea defectelor înclinate, în sensul prezentei invenții, se bazează pe un principiu și mai diferit.	1
Conform invenției, se acționează elementele traductoare C_i ale unei epruvete liniare dispusă paralel cu axa țevii astfel încât la emisie, toate elementele sunt activate deodată (aproape fără defazare). Altfel spus, "devierea fizică a emisiei" este nulă. În schimb, o deviere "virtuală" a fascicului se bazează pe semnalele de întoarcere, decalând momentele când sunt însumate semnalele primite, pentru fiecare element C_i .	3 5 7
În fig. 6, elementele traductoare C_i ale detectorului sunt dispuse, în exemplul descris, conform unei epruvete 3 . Această epruvetă este fixă în instalația de control, iar direcția ei generală este paralelă cu axa țevii T care este controlată. Această epruvetă este înclinată la un unghi α_L de aproape 17° față de normala țevii într-un plan cu secțiune transversală al țevii (planul din fig. 2), iar țeava T este antrenată într-o mișcare elicoidală în lungul axei sale. Acest unghi α_L de 17° corespunde unghiului optim α_L pentru detectarea defectelor cu înclinare mică (β mai mic de aproximativ 30°).	9 11 13
Elementele C_i sunt excitate de un circuit de comandă 1 pentru a emite fiecare o undă ultrasonoră de impuls R_i cu frecvența ultrasonoră de ordinul a 5 MHz. În mod preferențial, elementele C_i sunt astfel comandate încât să emită în același timp, adică aproape fără defazare. Undele ultrasonore reflectate de un defect și captate la întoarcere de fiecare element C_i sunt transformate în semnale electrice $S_i(t)$. Aceste semnale analogice $S_i(t)$ sunt transformate de către convertizoarele analogice/numerice 2 , funcționând de exemplu la de 10 ori frecvența ultrasonoră, de exemplu de 50 MHz.	15 17 19 21
Convertizoarele analogice/numerice 2 sunt conectate la o memorie 4 , pentru a stoca, pe o adâncime temporală de mai multe zeci de microsecunde, datele numerice care formează probele de semnal S_{ij} (de exemplu în amplitudine), asociate respectiv cu momentele t_j în expresia S_{ij} , indicele / corespunde unui indicator de element C_i din epruvetă 3 , în timp ce j corespunde unui indicator de moment t_j .	23 25
Un modul de calcul din instalație selectează din memoria 4 o mulțime de eșantioane de semnale S_{ij} decalate, pe de o parte, în funcție de indicele i al elementelor C_i , iar, pe de altă parte, în funcție de momentele succesive t_j și suma eșantioanelor de semnale decalate. Însumarea se poate face de exemplu în amplitudine instantanee sau prin orice alt mod corespunzător.	27 29 31
Matricea care conține referința 5 din fig. 6 reprezintă, cu titlu de exemplu, modul în care sunt efectuate calculele, precum și structura memoriei 4 . Matricea 5 poate fi considerată ca un circuit sau componentă de prelucrare (sau chiar ca un modul de prelucrare, fără ca noțiunea de modul să implice ideea de individualizare).	33 35
Memoria 4 este dispusă preferențial în adrese asociate cu un indice de coloană i (corespunzând elementelor C_i) și cu un indice de linie j (corespunzând momentelor succesive t_j).	37
Modulul de prelucrare 5 calculează întârzierile dt care se aplică între coloanele succesive i ; conform formulei (1), cu deflexia α_T .	39
$dt = pe \cdot \sin \alpha_T / V$	41
Valorile de întârziere dt sunt de ordinul mai multor zeci de nanosecunde.	
Modulul de prelucrare selectează în continuare, cu o precizie de ordinul nanosecunde, valori ale lui S_{ij} , într-un ansamblu de coloane de elemente C_i , decalate temporal. Se face apoi suma acestor eșantioane la fiecare moment t_j pentru a defini un semnal de răspuns reconstituit pentru deflexia α_T :	43 45
$S_{tj}(\alpha_T) = S_{1,j} + S_{2,j+2dt} + S_{3,j+4dt} + \dots + S_{n,j+2(n-1)dt}$	47

RO 123344 B1

1 O astfel de însumare permite readucerea în fază la nivelul elementelor traductoare ale
semnalelor emise în același moment care au realizat distanțe de parcurs în timp de parcurs
3 diferiți de dt la ducere și de dt la întoarcere, între cele două elemente.

5 După calcularea valorii lui dt conform formulei (1), se utilizează însumarea efectuată
mai sus pentru a maximiza energia fasciculului în direcția deflexiei α_T .

7 Tabelul din anexa A2 cuprinde rezultatele încercărilor de deflexie α_T ale fasciculului
pentru a detecta defectele înclinate, prin metoda din prezenta invenție. El permite
determinarea valorilor cu dublă deflexie ($2\alpha_T$) care corespund defazărilor ($2\alpha_T$) la ducere și
9 la întoarcere. Pentru diferite înclinări, valoarea ($2\alpha_T$) utilizată corespunde valorilor de
amplitudine indicate cu caractere îngroșate din tabel. Acest tabel oferă, de asemenea,
11 valorile coeficientului de amplificare pentru diferite valori ale lui α_T . Aceste valori sunt
acceptabile chiar în cazul valorilor mari ale lui α_T .

13 În cele de mai sus, s-a considerat o deviație temporală dt constantă între momentele
succesive t_j , ceea ce corespunde unei legi a întârzierilor liniare **NF** (fig. 8) cu dt constant.
15 Această lege nu ține cont de o focalizare care este susceptibilă a se aplica fasciculului cu
ultrasunete pe țeavă. Pentru a se ține cont de această focalizare în legea întârzierilor,
17 defazarea dt descrește până la minimum și apoi crește până la valoarea inițială. În fig. 8,
intensitățile **Sij** selectate formează, pentru un timp t_j , în matricea **5** a coloanelor **Ci** și liniile
19 t_j , o linie **FOC** curbă.

21 Mijloacele de prelucrare permit calcularea unui răspuns reconstituit pentru diferite
unghiuri de deflexie α_T .

23 Modulul **6** al instalației recuperează semnalele de răspunsuri reconstituite **St** (α_T)
pentru a trasa un semnal utilizabil direct printr-un dispozitiv de vizualizare **7** (ecran de
vizualizare sau alt dispozitiv). Dispozitivul **7** reprezintă deci un semnal numit "A-SCAN"
25 constând din impulsurile ecourilor ultrasonore reconstituite în funcție de timp și pentru una
sau mai multe deflexii alese α_T .

27 Conform unuia din avantajele oferite de prezenta invenție, timpul total **TT** pentru a
urmări nînclinări, cu notațiile precedente folosite, este dat de relația:

$$29 \quad T_T = T_e + T_m + n \cdot T_{calc}$$

T_{calc} fiind timpul de calcul care se poate exprima în funcție de T_m , de unde

$$31 \quad T_T = T_e + n \cdot G \cdot T_m$$

33 Unde **G** este un coeficient reprezentând viteza de prelucrare pe lanțul care constă din
convertizoarele analogice/numerice, memoria **4**, selectarea intensităților în gama de intensi-
tăți stocate, etc. Astfel, cu cât **G** este mai mic, cu atât viteza de prelucrare este mai mare.

35 Conform unuia din avantajele oferite de prezenta invenție, se elimină în felul acesta
timpul de parcurs în apă pentru (n-1) înclinări.

37 Cu mijloacele electronice și informatice actuale, **G** este întotdeauna mai mic de 1 și
poate fi sub 0,5 cu mijloacele electronice ultrarapide. Astfel, limitările nu mai sunt acustice,
39 ci electronice, deoarece factorul care limitează devine, în prezenta invenție, timpul de calcul
care necesită prelucrările de mai sus. Limitările nu mai sunt deci fizice ci evolutive, în pas
41 cu progresele privind rapiditatea circuitelor electronice.

43 Fig. 9 reprezintă, pentru o grosime dată a țevii, duratele totale **Tt** pentru detectarea
defectelor înclinate, în funcție de numărul **n** de înclinări controlate. Acest grafic se stabilește
pe baza tehnicii anterioare cu demultiplicarea pachetelor de unde direcționate (defazăre între
45 elementele **Ci**, de la emiter, pentru fiecare deflexie α_T , ceea ce corespunde curbei trasată
cu linii întrerupte lungi și scurte). Se utilizează de asemenea, conform invenției, metoda cu
47 un factor **G** egal cu 1 (linie întreruptă) referitoare la o schemă electronică standard și cu un
factor **G** de 0,5 (linie punctată) relativă la o schemă electronică ultrarapidă.

RO 123344 B1

Se remarcă de asemenea că, cu cât factorul G este mic, cu atât durata necesară pentru a urmări mai multe înclinări este mică, ceea ce permite creșterea vitezei de control a țevilor, în special într-o linie de control a țevilor la ieșirea din linia de prelucrare.	1 3
Dispozitivul detector are o lungime adaptată la pasul de control al instalației, de exemplu de ordinul a 100 mm. Ori defectele care trebuie detectate au o lungime care poate fi net inferioară, de exemplu de 20 mm. Un defect cu lungimea de 100 mm, sau de lungime echivalentă epruvetei (3) produce un semnal pe fiecare din elementele epruvetei și deci un semnal reconstituit intens, prin însumare. În schimb un defect de 20 mm creează un semnal pe 20% din elementele epruvetei și deci un semnal reconstituit de 5 ori mai puțin intens decât cel pentru un defect de 100 mm.	5 7 9
O imperfecțiune de 100 mm lungime va putea fi astfel ușor de detectat iar un defect de 20 mm poate fi mai greu sau deloc detectat.	11
Pentru a compensa acest inconvenient, se utilizează o soluție care constă în a efectua prelucrarea numai pe câteva elemente ale epruvetei pentru același pachet de unde direcționate al tuturor elementelor epruvetei. De exemplu, prelucrarea poate fi efectuată pe un grup de 8 elemente ale unei epruvete de 64 de elemente și se reia prelucrarea pe alte grupuri sau loturi de 8 elemente ale epruvetei. Grupul de 8 elemente se numește "detector virtual".	13 15 17
Fiecare grup dă, după însumarea semnalelor S_{ij} pe cele 8 elemente, un semnal de răspuns reconstituit elementar pentru deflexia α_T . Se poate reține ca răspuns reconstituit global semnalul reconstituit elementar dintre semnalele reconstituite ale diverselor grupuri sau loturi, care prezintă o amplitudine de vârf maximă. Fiecare grup de elemente, "detector virtual", se deduce din cel precedent prin translația unui pas π , numit pas de suprapunere parțială.	19 21 23
Fie N_T numărul total de elemente al epruvetei și N_V numărul de elemente traductoare ale detectorului virtual. Atunci când pasul de suprapunere parțială este cuprins între 1 și N_V , rămânând strict inferior lui N_V , există încălecare sau suprapunere parțială a grupurilor de elemente care formează detectorul virtual. Când pasul de suprapunere parțială π este egal cu N_V , grupurile de elemente care formează detectorul sunt dispuse unele lângă altele. Când pasul de suprapunere parțială este mai mare decât N_V și mai mic decât N_T , diferitele grupuri de elemente ale detectorului nu realizează o acoperire totală a elementelor detectorului.	25 27 29 31
Se efectuează un număr maxim de prelucrări ale semnalelor pe cele N_V elemente ale detectorului virtual. Numărul de grupuri de elemente posibile este dat de formula (3): $N = \text{numărul de elemente libere (nesuprapuse) ale traductorului virtual } \{(N_T - N_V) / \pi\} + 1$. De exemplu:	33 35
- dacă $N_T = 64$, $N_V = 8$ și $\pi = 1$, atunci $N = 57$. În acest caz, două grupuri de elemente succesive au 7 elemente comune.	37
- dacă $N_T = 64$, $N_V = 8$ și $\pi = 8$, atunci $N = 57$. În acest caz, două grupuri de elemente succesive nu au nici un element comun.	39
- dacă $N_T = 64$, $N_V = 8$ și $\pi = 4$, atunci $N = 57$. În acest caz, două grupuri de elemente succesive au 4 elemente comune, ceea ce corespunde unei acoperiri de 50% a grupurilor de elemente succesive.	41
După ce au fost reținute răspunsurile totale reconstituite ale N grupe de elemente, ceea ce reprezintă o amplitudine de vârf maximă pentru deflexia α_T urmărită, se pot efectua de asemenea calculele pentru alte valori ale deflexiei α_T .	43 45
Într-o variantă de execuție, pot fi determinate mai întâi diferitele semnale de răspuns elementare reconstituite pentru diferite unghiuri α_T și un grup de elemente care formează detectorul virtual și apoi să se efectueze aceleași calcule pentru celelalte grupuri de elemente.	47 49

RO 123344 B1

1 Se va determina, în toate cazurile, răspunsul total reconstituit pentru o deflexie dată,
reținând răspunsul elementar care furnizează, pentru această deflexie, o amplitudine de vârf
3 maximă.

5 Când se analizează grupurile de detectoare virtuale care sunt situate la capetele
eprovetei, semnalul de răspuns este perturbat de absența elementelor de o parte și de alta
7 a detectorului virtual. Iată de ce, este preferabil să se elimine $(Nv/2)$ elemente de la fiecare
extremitate a epruvetei, ale diverselor grupuri de elemente ale detectorului virtual.

9 Numărul maxim de grupuri de elemente care formează detectorul virtual se reduce
în acest caz la:

$N' = \text{numărul de elemente libere (nesuprapuse) ale traductorului virtual } \{(NT-2 Nv)/\pi\} + 1$

11 Așa cum rezultă din tabelul din anexa A2, semnalul total reconstituit este amplificat
în mod diferit pentru fiecare valoare a lui α_T , pentru ca precizia controlului să fie echivalentă
13 pentru diferite valori ale lui α_T .

15 Într-o variantă de execuție, coeficientul de amplificare va putea fi uniform, în timp ce
pragul de început al defectului este adaptat la fiecare valoare α_T .

17 Beneficiarul a efectuat încercări "statice" de control al defectelor înclinate, pe o țeava
din oțel cu diametrul de 96 mm și grosimea de 12 mm. Au fost practicate creștături de
aproximativ 5% din grosimea țevii pentru a simula defectele înclinate. Înclinarea defectelor
19 este cuprinsă între 0 și 25°, iar lungimea lor în sens longitudinal este de aproximativ 12 mm.

21 Detectoarele utilizate sunt comercializate de societatea Imasonic sub denumirea de
Imasonic (marcă depusă). Pasul pe între elemente este de 1,5 mm (cu o lățime L de 1,4 mm
23 pentru un element). Dispozitivul are în total 32 elemente cu o focalizare mecanică de 50 mm
în apă. În exemplul de celulă utilizată, deflexia α_L poate fi fixată mecanic la 17°. Electronica
25 aplicată este o electronică marca RDTech de tip FOCUS 32/128 capabilă să gestioneze 32
elemente în paralel.

27 Ținând cont de geometria elementelor traductoare, divergența lor a este de ordinul
a 15°, și este complet adaptată valorilor de deflexie care se aplică pentru a detecta defectele
înclinate pentru o înclinare cuprinsă între -25° și +25°. Încercările statice au fost efectuate
29 plecând de la un detector cu 8 elemente pentru a analiza semnalul la întoarcere. Defectul
este dispus în dreptul detectorului virtual. Un astfel de detector virtual are o lungime de
31 recepție de aproximativ 9 mm, bine adaptată la lungimea defectului studiat (12 mm).

33 În fig. 10, atenuarea răspunsului unei creștături în funcție de înclinarea ei (0°, 5° sau
10°) este mai redusă decât cea obținută cu detectoarele clasice cu un singur element cu
35 lățimea apropiată de 10 mm. În mod tipic, pentru un detector clasic, atenuarea este de cel
puțin 5 dB pentru o creștătură la 5°, în timp la detectoarele utilizate în prezenta invenției
37 permit o atenuare mai mică de 1 dB pentru aceeași înclinare a creștăturii.

39 Totodată, pentru înclinări β mai mari de +20° sau mai mici de -20° (fig. 11), Benefi-
ciarul a constatat o sensibilitate sau precizie ceva mai mică, în semnalele de răspuns
reconstituit (instalație conform invenției), față de cazul în care s-ar utiliza o instalație cu
41 pachet multiplu de ultrasonore direcționate, cu același tip de epruvetă, și de fiecare dată cu
un pachet de unde direcționate corespunzător înclinării preferențiale urmărite, ceea ce dă
un "traseu emisie-recepție adaptat".

43 În realitate, în instalația conform invenției nu există deplasare pe defect a unui
fascicul deviat a priori (la emitere) cu un unghi preferențial α , cum se poate face cu
45 o instalație cu pachet multiplu de unde ultrasonore direcționate; prezenta invenției
procedează doar la repunerea în fază a semnalelor primite, la sosirea lor, pe elementele
47 traductoare. Aceste semnale primite conțin componenta reflectată (în mod exact, "retrodif
uzată") de către defect și repunerea ei în fază, ceea ce permite reconstituirea răspunsului
49 elementar simplu, apoi global, pentru o deflexie α_T dată.

RO 123344 B1

Dar această repunere în fază la recepție conține semnale care nu au făcut obiectul unei puneri în fază corespunzătoare emisiei. Rezultă că ea are semnale primite care nu au parcurs exact "traseul emisie-recepție adaptat". Potrivit regulii generale, încercările efectuate de beneficiar au arătat că, în condiții normale de funcționare, atenuarea relativă (de la un element detector la altul), care rezultă din această diferență de traseu, era suficient de mică pentru a fi considerată neglijabilă, cel puțin într-o anumită gamă de înclinări.	1 3 5
Coeficientul de amplitudine care se aplică instalației, conform invenției, nu este cu toate acestea redibitoriu sau neglijabil și, în plus, coeficientul de productivitate de control pentru mai multe înclinări contrabalansează din plin acest inconvenient privind cea mai mică sensibilitate.	7 9
Fig. 10A și 10 B prezintă o înregistrare A-SCAN a aceluiași defect cu înclinarea de 20°, pe o instalație cu pachet multiplu de unde ultrasonore direcționate și, respectiv pe o instalație cu prelucrare numită de "post achiziționare", conform invenției. Din fig. 10A și 10B rezultă că cele două tipuri de instalații permit de asemenea detectarea defectului înclinat la 20°; în aceste figuri, semnalul EI reprezintă ecoul de interfață apă/oțel, iar semnalul ED reprezintă ecoul de defect. Segmentul din dreapta amplitudinii 30% corespunde criteriului de defect (poartă temporală și intensitate).	11 13 15 17
Beneficiarul a efectuat de asemenea încercări dinamice pentru a determina în special zonele utile de detectare ale detectoarelor virtuale. Aceste încercări dinamice au fost efectuate pe aceleași țevi ca cele de mai sus, dar cu o creștătura de 20 mm lungime și o înclinare $\beta = 0^\circ$ pentru a determina orificiile de detectare. Astfel, înclinarea defectului nu influențează măsurătoarea. Încercările au fost realizate pe același tip de material ca în cazul încercărilor statice și pe o celulă mecanică a unei instalații de tipul celei cu reglare a unghiului α_L . Unghiul α_L a fost optimizat pe semnalul venit de la un defect longitudinal exterior ($p = 0^\circ$). Beneficiarul a utilizat de asemenea o poartă Sofranel 5052GPD cu o bandă de frecvență de 4-12 MHz.	19 21 23 25
Fig. 14 și 15 prezintă răspunsul creștăturii de 20 mm, în funcție de pozițiile relative ale creștăturii și ale epruvetei de 32 de elemente cu lungimea totală de 48 mm, pentru două serii de grupuri de elemente ale detectorului virtual format din 8 elemente.	27 29
Pentru un pas de suprapunere parțială $p_i = 8$ elemente, grupurile de elemente succesive imediate nu se suprapun și nu se încăleacă, ca în configurația clasică cu palpatoare cu diametrul de 15 mm.	31
Fig. 14 prezintă o zonă utilă a detectorului cu -2dB de 31 mm, sau 65% din epruvetă; orificiile de detectare sunt mai mici de 1,5 dB și prezintă o lungime destul de redusă pentru a nu împiedica detectarea creștăturii de 25 mm lungime.	33 35
Pentru un pas de suprapunere parțială $p_i = 4$ elemente, grupurile de elemente succesive imediate se suprapun sau se încăleacă 50%. Nu se mai constată orificii de detectare, dar numărul grupurilor de elemente și timpii de calcul sunt dublați de asemenea.	37
Încercările statice și dinamice efectuate demonstrează că instalația cu prelucrare post achiziție, conform invenției, permite detectarea defectelor înclinate cuprinse între -20° și 20° .	39
Pentru a fi atinse valori de peste 20° , poate fi utilizată instalația și metodologia de prelucrare post achiziție realizând o defazare pe singurul pachet de unde ultrasonore direcționate al tuturor elementelor dispozitivului detector astfel încât să formeze un fascicul care să aibă "o deflexie fizică la emisie", care să nu fie nulă, ci să fie de exemplu de 5° .	41 43
Prelucrarea semnalelor captate la întoarcere este asemănătoare cu prelucrarea descrisă mai sus, care constă dintr-o stocare a eșantioanelor S_{ij} , o selecție a valorilor S_{ij} decalate conform unei legi a întârzierilor și o însumare a acestor valori decalate pentru	45 47

RO 123344 B1

1 fiecare calcul de răspuns reconstituit sub o deflexie α_T . Semnalul returnat de defect este deci
mai puțin atenuat pentru deflexiile mari α_T și pot fi exploatare mai bine capacitățile de
3 divergență δ ale elementelor C_i ale epruvetei.

Această metodă prezintă totodată unele inconveniente. Într-adevăr, optimizarea
5 deflexiei α_L nu se mai efectuează pe un defect drept ($\beta = 0^\circ$), ci pe un defect cu o înclinare
de 20° . În plus, această metodă nu permite detectarea înclinărilor mari pozitive și negative
7 și deplasarea grupurilor de elemente care formează detectoarele virtuale poate fi mai
complexă prin utilizarea pachetelor de unde ultrasonore direcționate cu defazare la emisie.

9 Fig. 12 reprezintă o altă variantă de realizare a unei instalații, conform invenției,
destinată controlului defectelor longitudinale de pe țevi. Conform acestei figuri, dispozitivul
11 detector este alcătuit dintr-o epruvetă liniară în arc de cerc **13** iar diferitele elemente ale
detectorului sunt dispuse de-a lungul arcului de cerc. Țevile **T** care sunt controlate sunt
13 deplasate de-a lungul axei lor iar planul epruvetei este perpendicular pe axul țevilor. Se
aplică un pachet de unde direcționate pe ansamblul **Nt** al elementelor detectorului, cu sau
15 fără defazare între elemente. Se aplică același tratament post achiziție ca cel descris mai sus
pentru a determina un răspuns reconstituit pentru o deflexie α_L dată, și pentru diferite
17 detectoare virtuale din epruvetă, astfel încât să se realizeze de exemplu o rotire electronică
a fasciculului în jurul țevii, după cum s-a indicat mai sus.

19 Fig. 13 reprezintă o altă variantă de realizare, conform invenției. În această figură,
dispozitivul detector este amplasat pe o suprafață cilindrică și constă dintr-un mozaic sau
21 dintr-o rețea de elemente montate pe rânduri paralele între ele, de exemplu
13-1,...13-i,...13-n, după cum rezultă din figură. În exemplul dat, fiecare rând este o
23 generatoare a suprafeței cilindrice a detectorului. Țevile care urmează a fi controlate sunt
deplasate de-a lungul axei lor, coaxial cu suprafața cilindrică a detectorului.

25 În fig. 12 și 13, circuitul de comandă (sau circuitul din amonte, pentru emisie) este
notat cu **10**, iar ansamblul de recepție (sau circuitul din aval) este notat cu **13**.

27 Circuitul din amonte **10** este adaptat pentru a produce același pachet de unde
ultrasonore direcționate al tuturor elementelor traductoare, cu sau fără defazare între
29 elementele apropiate. În situația din fig. 13, de exemplu, se poate realiza o defazare între
rândurile dispuse succesiv, astfel încât să producă un fascicul înclinat optim în planul de
31 secțiune dreaptă a țevilor (deflexie α_L aproape de 17°), dar fără defazare între elementele
aceluiași rând, și se poate realiza o rotire electronică a fasciculului în jurul țevii, utilizând
33 diferite detectoare virtuale.

Se efectuează o prelucrare post achiziție a semnalelor de întoarcere stocate, conform
35 invenției, pentru a reconstitui un semnal de răspuns pentru unghiurile α_L optimizate
(aproximativ 17°) și pentru unghiurile α_T cuprinse între -5° și $+5^\circ$.

37 O astfel de instalație cu detector mozaic permite controlul mai multor înclinări de
defecte cu ritmicitate mare (de la -20° la 20°) cu un avans rectiliniu al țevilor din instalație
39 diferit de instalațiile descrise anterior care utilizează un avans elicoidal pentru a detecta
defectele înclinate.

41 De asemenea, pe această instalație pot fi alese regulile de înclinare, în mod variabil
dar selectat, fasciculul de întoarcere urmând o secțiune dreaptă a țevilor sau urmând un plan
43 longitudinal al țevilor pentru a optimiza unghiurile α_T și α_L (de exemplu $\alpha_T = 17^\circ$ cu $\alpha_T = 0^\circ$,
 $\alpha_T = 13^\circ$ cu $\alpha_T = 11^\circ$).

45 Pe această instalație pot fi utilizate detectoare virtuale bidimensionale. În acest caz,
detectoarele sunt deplasate cu un pas de suprapunere parțială π care are o componentă
47 axială și o componentă circulară sau tangențială.

RO 123344 B1

Instalațiile descrise au ca punct comun capacitatea de a crește ritmul sau cadența controlului efectuând o singură prelucrare post achiziție a semnalelor de întoarcere. Pot fi prevăzute simplificări ale exemplurilor descrise precum și combinații ale caracteristicilor exemplurilor descrise, în special în funcție de tipul de control care se dorește a fi efectuat, combinat sau separat.

ANEXA A1

Deflexie α_T	Coeficient de amplificare (db)	Amplitudinea ecoului pe creștătură conform înclinării (%)						
		0	5	10	15	20	25	45
0	14,4	90	50	10				
1	15,4	70	90	40	15			
3	15,8	10	55	90	55	20		
4	16,8		20	75	90	30	10	
5	20			55	>100	90	30	
7	23,5			10	40	83	90	

ANEXA A2

Deflexie dublă $2\alpha_T$	Coeficient de amplificare (db)	Amplitudinea ecoului pe creștătură conform înclinării (%)						
		0	5	10	15	20	25	45
0	11	90	53	10				
3	12	20	90	20				
6	15,5		20	90	10			
8	20,5	25	20	35	90	10		
11	32,2	80	50	35	50	90		
16	40	>100	>100	90	65	65	70	

RO 123344 B1

Revendicări

1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45
47

1. Instalație de control nedistructiv pentru produsele metalurgice, în special cu cuplare indirectă, conținând:

- un dispozitiv detector cu ultrasunete (3) format dintr-un ansamblu de elemente traductoare cu ultrasunete (Ci), accesibile selectiv;

- un circuit în amonte (1), care excită în mod selectiv elementele traductoare la momentele alese;

- un circuit în aval (2, 4) pentru a primi semnalele captate la întoarcere prin elementele traductoare, și

- o componentă de prelucrare (5) care analizează semnalele captate, ca răspuns global (7) al unui produs metalurgic la o excitare cu ultrasunete, **caracterizată prin aceea că circuitul din amonte (1) este adaptat pentru a opera prin pachete de unde ultrasonore direcționate, asociate aceleiași legi temporale de excitare a elementelor traductoare, prin aceea că circuitul în aval (2, 4) include o memorie (4), și este adaptat să stocheze eşantioanele semnalelor captate (Sij) de fiecare element traductor, în concordanță cu fiecare pachet de unde, pe o adâncime temporală aleasă, prin aceea că elementul component de prelucrare poate coopera cu această memorie pentru:**

- a citi și a însuma (5), pentru fiecare pachet de unde ultrasonore direcționate, în mod repetat, grupele de elemente sau eşantioane (Sij) corespunzând diferitelor elemente traductoare (Ci), precum și momentelor (tj) decalate de la un element la altul, și aceasta conform unei legi temporale de prelucrare alese, proprie fiecărei repetări, ceea ce permite calcularea pentru fiecare pachet de unde a unei mulțimi de răspunsuri reconstituite (S_T, α_T) din care fiecare răspuns corespunde unei deflexii α_T la emisie, și,

- a analiza răspunsul global constând din ansamblul acestor răspunsuri reconstituite.

2. Instalație conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că elementele traductoare cu ultrasunete (Ci) sunt de divergență (δ) cel puțin egală cu unghiul de deflexie maxim, pentru diferitele răspunsuri reconstituite.**

3. Instalație conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că circuitul din aval cuprinde un bloc de numărare (2) a semnalelor captate de fiecare din elementele (Ci) ale dispozitivului detector (3).**

4. Instalație conform revendicării 3, **caracterizată prin aceea că memoria (4) este adaptată pentru a coopera cu blocul de numărare (2) pentru a stoca eşantioanele semnalelor (Sij) captate de către fiecare element detector, în funcție de momentele succesive, pe de o parte și de elementele traductoare active pe de altă parte.**

5. Instalație conform revendicării 4, **caracterizată prin aceea că elementul component de prelucrare include mijloace de calcul (5) capabile să definească repartițiile întârzierilor care se aplică la semnalele captate, respectiv, pentru a obține, pentru fiecare repartiție, un răspuns reconstituit care să corespundă unui pachet de unde direcționate conform unei deflexii de fascicul aleasă (α_T).**

6. Instalație conform uneia din revendicările 4 și 5, **caracterizată prin aceea că elementul de prelucrare include mijloacele de selecție care-i permit să acceadă la memorie în funcție de timpii asociați eşantioanelor, pentru fiecare element detector.**

7. Instalație conform uneia din revendicările precedente, **caracterizată prin aceea că circuitul din amonte (1) este asociat unei legi temporale de excitare care corespunde unei excitații a elementelor traductoare (Ci), aproape fără defazare între ele.**

RO 123344 B1

8. Instalație, conform uneia din revendicările precedente, **caracterizată prin aceea** 1
că circuitul din amonte (1) asociat unei legi temporale de excitare corespunde unei excitări 3
a elementelor traductoare (C_i), cu defazări între ele care definesc un fascicul înclinat la 3
emisie, și prin aceea că, în prezența acestei legi temporale de excitare, componenta de 5
prelucrare (5) este adaptată pentru a defini repartizările întârzierilor care se aplică 5
semnalelor captate, ținând cont de defazările dintre elementele traductoare la excitare, astfel 7
încât răspunsurile reconstituite să corespundă fiecare unei deflexii α_T centrată în jurul 7
unghiului de deflexie fizică a fascicului la emisie.
9. Instalație conform uneia din revendicările precedente, **caracterizată prin aceea** 9
că fiecare din grupele de eșantioane (S_{ij}) constituie împreună un anumit subansamblu de 11
elemente traductoare, numit detector virtual. 11
10. Instalație conform revendicării 9, **caracterizată prin aceea că** elementul 13
component de prelucrare (5) este adaptat pentru a calcula mai multe răspunsuri elementare 13
reconstituite ale produsului la același pachet de unde direcționate la aceeași deflexie α_T , 15
pentru diferite subansambluri ale dispozitivului detector. 15
11. Instalație conform revendicării 10, **caracterizată prin aceea că** elementul 17
component de prelucrare (5) este adaptat pentru a calcula răspunsul reconstituit sub forma 17
unei funcții a răspunsurilor elementare reconstituite pentru o aceeași deflexie α_t și pentru 19
diferite subansambluri ale dispozitivului traductor. 19
12. Instalație conform revendicării 11, **caracterizată prin aceea că** răspunsul 21
reconstituit al produsului la un pachet de unde ultrasonore direcționate sub o deflexie α_t este 21
răspunsul elementar care prezintă amplitudinea de vârf maximă. 21
13. Instalație conform uneia din revendicările 9 la 12, **caracterizată prin aceea că** 23
elementul component de prelucrare (5) este adaptat pentru a calcula răspunsurile 23
reconstituite pentru diferite deflexii α_t , cu diferite subansambluri ale dispozitivului detector. 25
14. Instalație conform uneia din revendicările 9 la 13, **caracterizată prin aceea** 27
că diferitele subansambluri ale dispozitivului detector, pentru a calcula răspunsuri 27
reconstituite ale produsului la un pachet de unde ultrasonore direcționate sub o deflexie α_t , 29
conțin aproape același număr (N_v) de elemente traductoare. 29
15. Instalație conform revendicării 14, **caracterizată prin aceea că** subansamblurile 31
componente ale dispozitivului detector sunt astfel alese, încât la fiecare început de bandă 31
protectoare este îndepărtat un număr de elemente apropiat de jumătatea ($N_v/2$) a numărului 33
de elemente traductoare ale unui subansamblu. 33
16. Instalație conform uneia din revendicările 14 și 15, **caracterizată prin aceea că** 35
două subansambluri consecutive se deduc unul din celălalt cu un pas π , numit pas de 35
suprapunere parțială. 35
17. Instalație conform revendicării 16, **caracterizată prin aceea că** două 37
subansambluri consecutive conțin elemente comune. 37
18. Instalație conform uneia din revendicările de la 9 la 17, **caracterizată prin aceea** 39
că numărul ales de subansambluri ale dispozitivului detector, pentru a calcula un răspuns 39
reconstituit la o deflexie α_T , corespunde sensibil numărului maxim al subansamblurilor 41
posibile pentru pasul de suprapunere parțială π ales și pentru numărul N_v de elemente alese 41
din ($NT - N_v$). 43
19. Instalație conform uneia din revendicările anterioare, destinată controlului produ- 45
selor metalurgice de tipul țevilor din oțel (T), **caracterizată prin aceea că** aceasta comportă 45
mijloacele de antrenare a țevilor, conform unei mișcări elicoidale în jurul axei țevilor, și prin 47
aceea că dispozitivul detector cu ultrasunete este realizat sub forma unei epruvete liniare (3) 47

RO 123344 B1

1 de elemente traductoare, dispuse aproape paralel cu axa țevii (T) și adaptată pentru ca
fasciculul de ultrasunete la emisie să aibă o anumită deflexie (α_L) într-un plan cu secțiune
3 transversală al țevii (T), ceea ce permite detectarea în special a defectelor înclinate.

5 20. Instalație conform uneia din revendicările 1 la 18, destinată controlului produselor
metalurgice de tipul țevilor din oțel, **caracterizată prin aceea că** are mijloace de antrenare
a țevilor (T) conform unei mișcări rectilinii în lungul axei lor, și prin aceea că dispozitivul
7 detector cu ultrasunete este realizat sub forma unei epruvete liniare (3) de elemente
traductoare, dispusă aproape paralel cu axa țevii (T) și adaptată pentru ca fasciculul cu
9 ultrasunete la emisie să aibă o anumită deflexie (α_L) într-un plan cu secțiune transversală
al țevii (T), epruveta fiind rotită în jurul țevii, fapt ce permite detectarea în special a defectelor
11 înclinate.

13 21. Instalație conform uneia din revendicările 1 la 18, destinată verificării produselor
metalurgice de tipul țevilor din oțel, **caracterizată prin aceea că** aceasta comportă mijloace
de antrenare a țevilor (T) conform unei mișcări rectilinii în lungul axei lor, și prin aceea că
15 dispozitivul detector cu ultrasunete este realizat sub forma unei epruvete (3) de elemente
traductoare, aproape în arc de cerc, dispusă în jurul unei țevi (T), ceea ce permite detectarea
17 în special a defectelor longitudinale.

19 22. Instalație conform uneia din revendicările 1 la 18, **caracterizată prin aceea că**
include mijloace de antrenare a țevilor (T) conform unei mișcări rectilinii în lungul axei lor, și
prin aceea că dispozitivul detector cu ultrasunete cuprinde o rețea de elemente traductoare
21 (13) adaptate sensibil la o suprafață cilindrică coaxială la o țeavă (T), în mai multe rânduri
de elemente paralele între ele și la axa țevii (T), și prin aceea că circuitul din aval și
23 componenta lui de prelucrare pot determina repartițiile întârzierilor pe semnalele captate la
întoarcere de către elementele unui subansamblu sau ale ansamblului rețelei, ceea ce
25 permite detectarea în special a defectelor înclinate.

27 23. Instalație conform revendicărilor precedente, **caracterizată prin aceea că** ele-
mentul component de prelucrare este încorporat în circuitul din aval.

(51) Int.Cl.
G01N 29/07 (2006.01);
G01N 29/11 (2006.01);
G01N 29/24 (2006.01);
G01N 29/04 (2006.01)

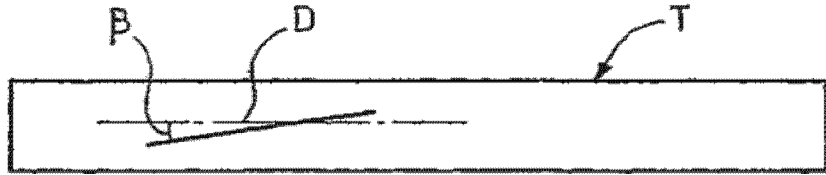


Fig. 1

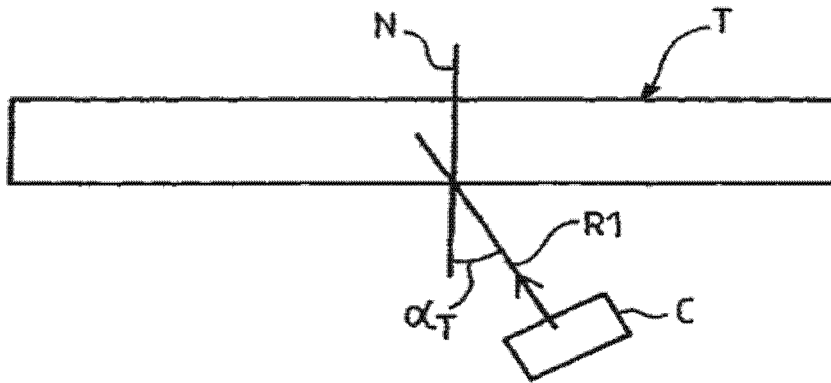


Fig. 2A

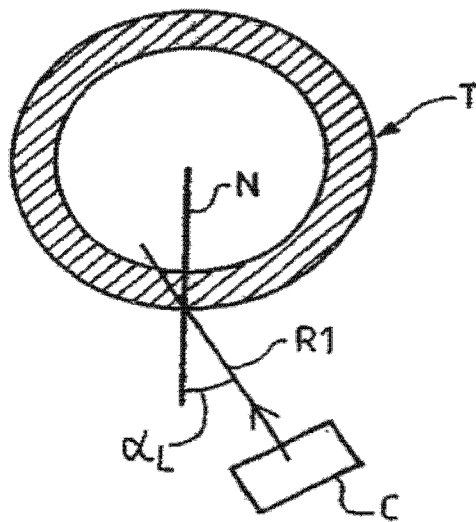


Fig. 2B

(51) Int.Cl.
 G01N 29/07 (2006.01);
 G01N 29/11 (2006.01);
 G01N 29/24 (2006.01);
 G01N 29/04 (2006.01)

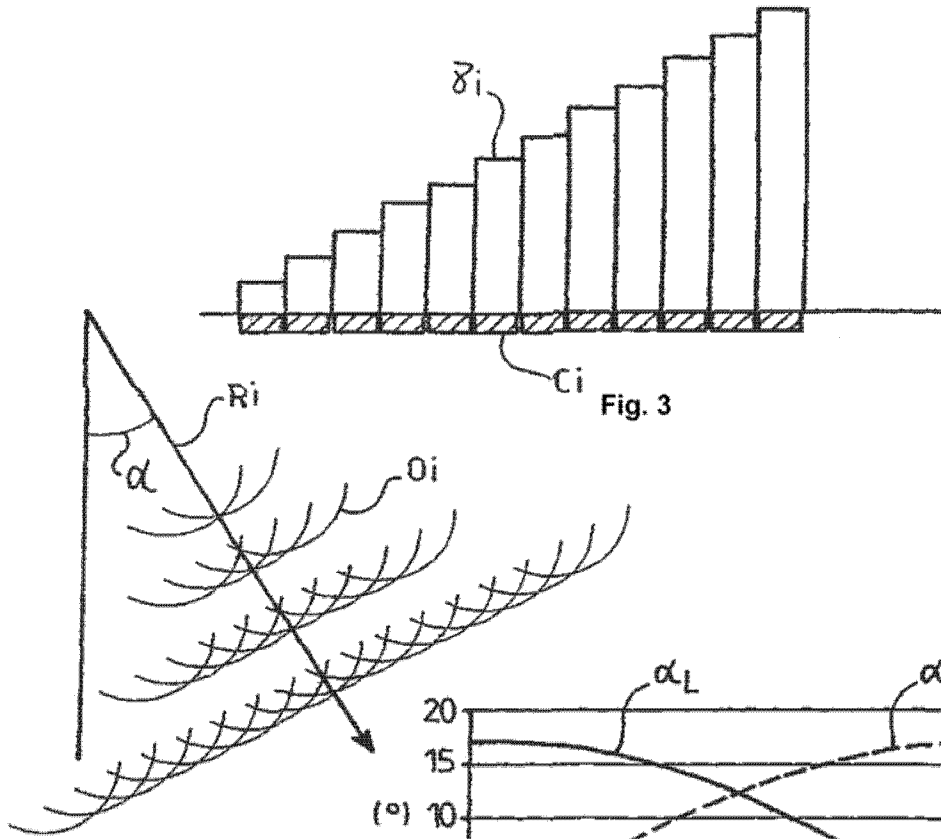


Fig. 3

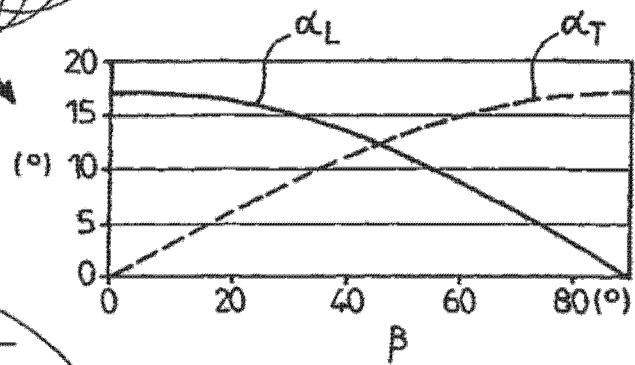


Fig. 4

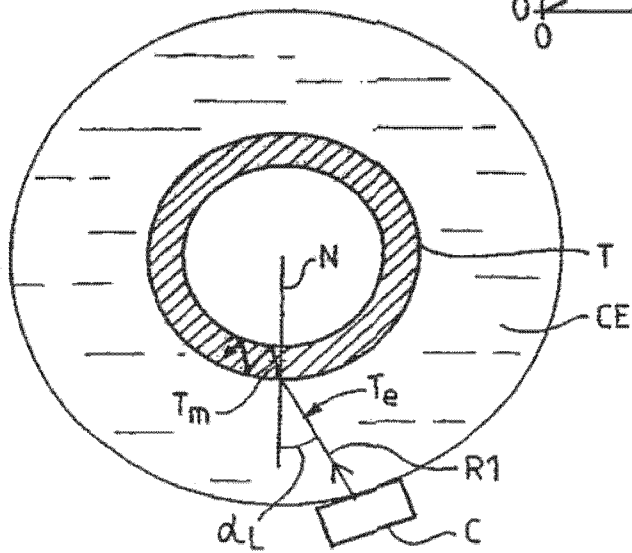


Fig. 5

(51) Int.Cl.
 G01N 29/07 (2006.01);
 G01N 29/11 (2006.01);
 G01N 29/24 (2006.01);
 G01N 29/04 (2006.01)

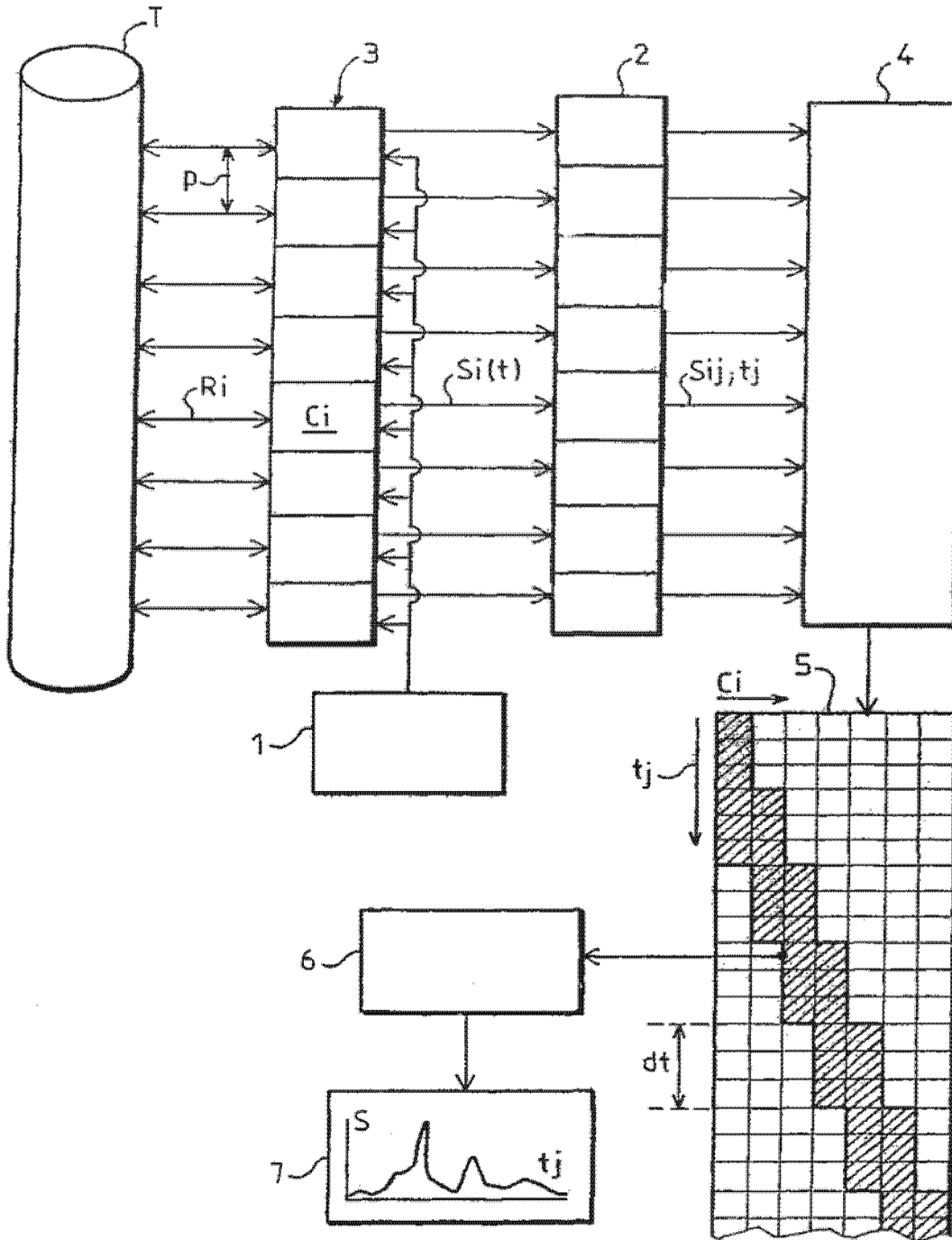


Fig. 6

(51) Int.Cl.
 G01N 29/07 (2006.01);
 G01N 29/11 (2006.01);
 G01N 29/24 (2006.01);
 G01N 29/04 (2006.01)

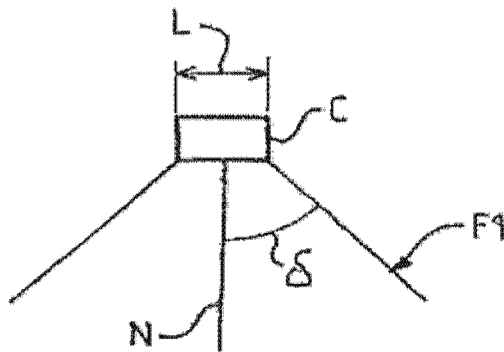


Fig. 7

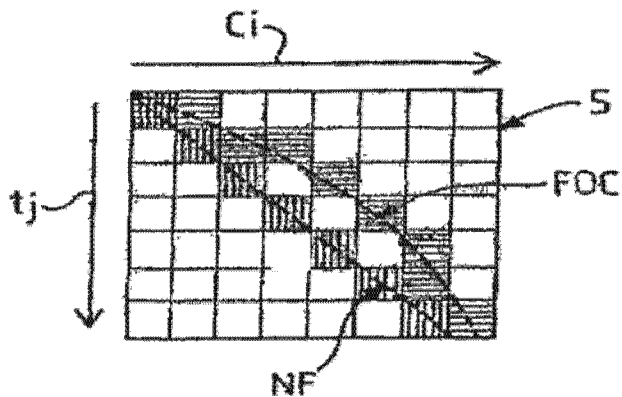


Fig. 8

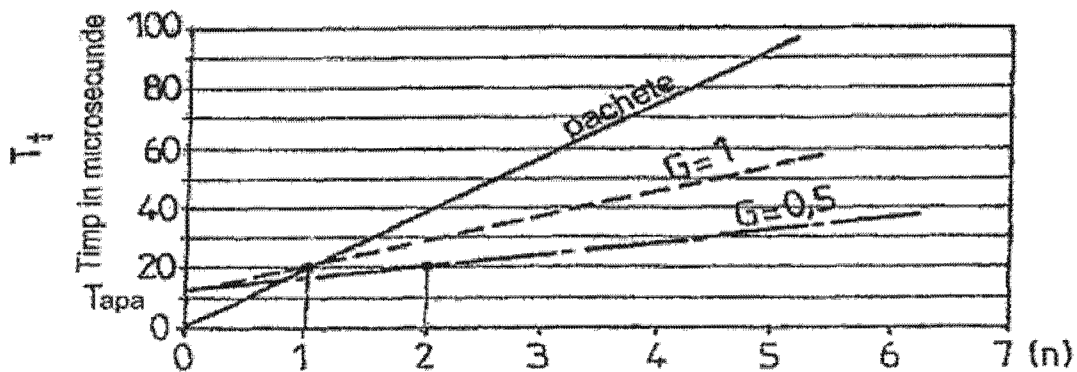


Fig. 9

(51) Int.Cl.

G01N 29/07 (2006.01);

G01N 29/11 (2006.01);

G01N 29/24 (2006.01);

G01N 29/04 (2006.01)

$\beta=0^\circ$ $\beta=5^\circ$ $\beta=10^\circ$

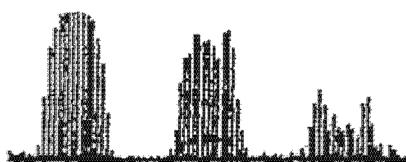


Fig. 10

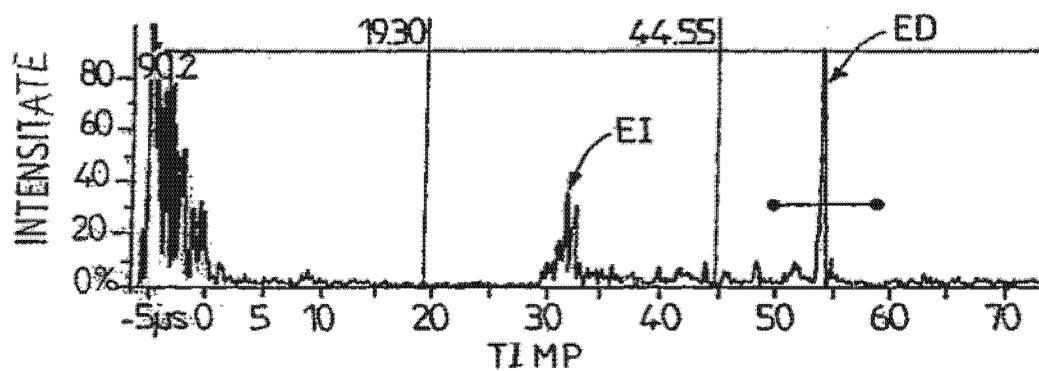


Fig. 10A

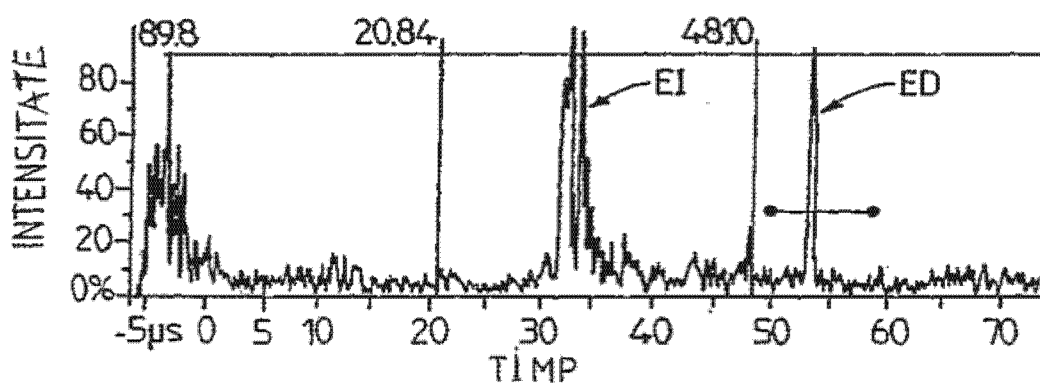


Fig. 10B

(51) Int.Cl.
G01N 29/07 (2006.01);
G01N 29/11 (2006.01);
G01N 29/24 (2006.01);
G01N 29/04 (2006.01)

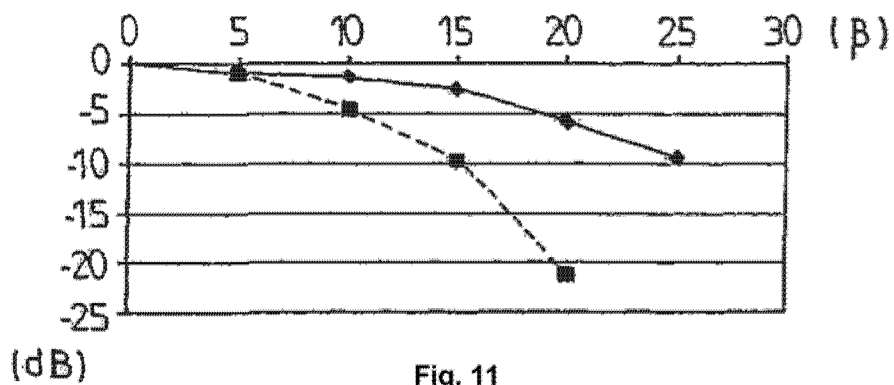


Fig. 11

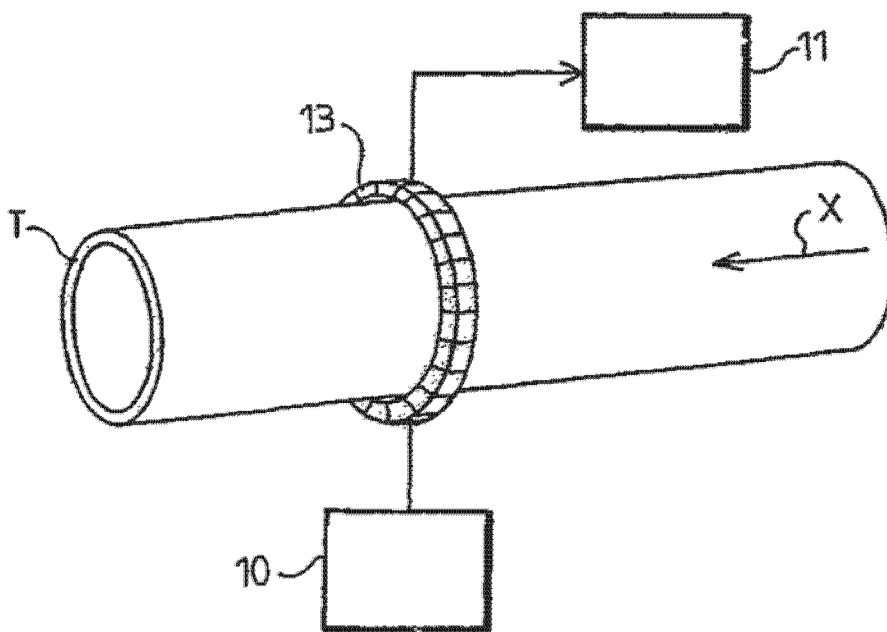


Fig. 12

(51) Int.Cl.
G01N 29/07 (2006.01);
G01N 29/11 (2006.01);
G01N 29/24 (2006.01);
G01N 29/04 (2006.01)

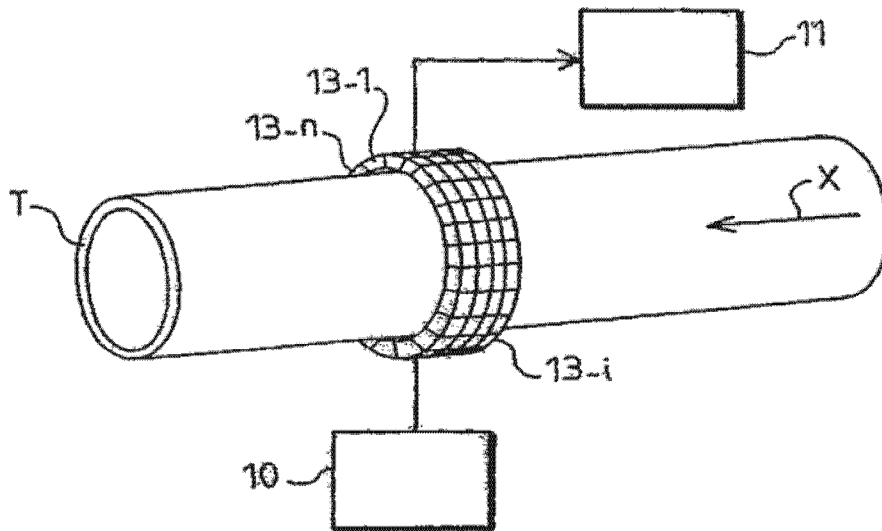


Fig. 13

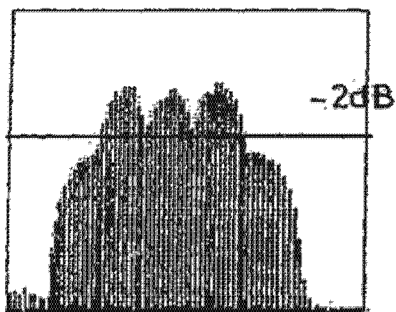


Fig. 14

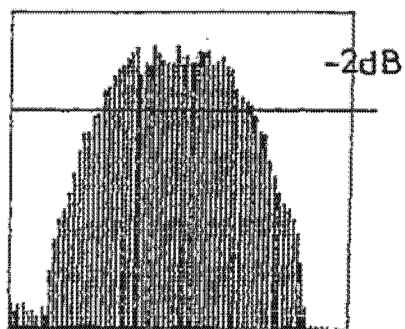


Fig. 15



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci