

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00646

(22) Data de depozit: 15/09/2016

(41) Data publicării cererii:
30/03/2018 BOPI nr. 3/2018

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• PREDOI MIHAI VALENTIN,
CALEA PLEVNEI NR. 94, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;

• PETRE CRISTIAN CĂTĂLIN,
STR. BRUXELLES NR. 19A, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;
• CRAIFĂLEANU ANDREI,
STR. P.I.CEAIKOVSKI NR. 1, SC. A, ET. 2,
AP. 8, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• BOIANGIU MIHAI, BD. BUCUREȘTII NOI
NR. 76, BL. A12, SC. B, AP. 74, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;
• VASILE OVIDIU, ALEEA MASA TĂCERII
NR. 2, BL. A, ET. 3, AP. 43, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) METODĂ DE ADAPTARE A TRADUCTOARELOR
ULTRASONICE PENTRU INSPECȚIA CONDUCTELOR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă pentru inspecția cu ultrasunete a conductelor, atât în exterior, cât și în interior. Metoda conform invenției constă în inspecția unei conducte (3) cu ajutorul unei pene (2) care permite adaptarea unui traductor (1) de unde longitudinale mono-element la suprafața cilindrică a conductei (3), asigurând sincronismul frontului undelor ultrasonore pe întreaga suprafață inspectată, pana (2) fiind alcătuită dintr-un set de plăci (4 și 5) realizate dintr-un material transparent la ultrasunete, cum ar fi metal având grosimea și lungimea calculate pentru fiecare traductor (1) ultrasonor, și pentru fiecare geometrie de conductă (3) în parte.

Revendicări: 3
Figuri: 3

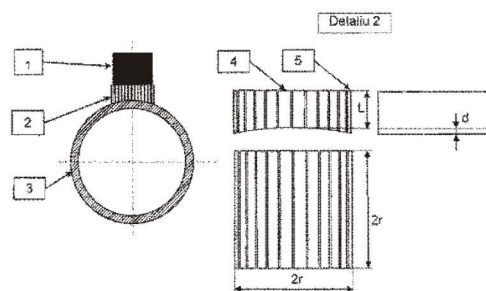


Fig. 1



METODA DE ADAPTARE A TRADUCTOARELOR ULTRASONORE PENTRU INSPECTIA CONDUCTELOR

PREDOI Mihai Valentin, PETRE Cristian Cătălin, CRAIFĂLEANU Andrei,
BOIANGIU Mihai, VASILE Ovidiu

Descrierea invenției

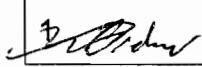
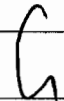
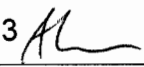
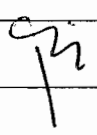
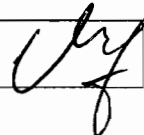
Invenția se referă la o **metodă de adaptare a traductoarelor ultrasonore pentru inspecția conductelor**, care asigură transmiterea undelor longitudinale de la traductor la peretele conductelor, sincron pentru toată suprafața inspectată, deși drumul acustic este mai scurt pe centrul traductorului față de marginile sale, datorită formei cilindrice a peretelui conductei. Se evită astfel ecourile parazite în semnalul receptat de la conducta inspectată. Metoda se poate aplica și în cazurile mai rare în care traductorul trebuie aplicat pe suprafața interioară a conductei, caz în care drumul acustic este mai lung pe centrul traductorului față de cel de la marginile sale.

În prezent, se folosesc așa-numite „pene” din policarbonat, care au o față plană pe care se presează traductorul ultrasonor, care uzual are fața plană și circulară, iar fața în contact cu conducta este profilată cilindric pentru un contact bun cu peretele conductei. Pentru inspecția peretelui conductei, penna este simetrică având fața dinspre traductor paralelă cu axa conductei. Pentru inspecția cordoanelor de sudură ale conductei, fața dinspre traductor este înclinată față de axa conductei, după legea refracției Snell-Descartes.

Preocupări recente legate de geometria penelor de adaptare („coupling wedge” în limba engleză) pentru traductoarele multi-element (phase array) constau în fațete care permit determinarea temperaturii penei (US20140352436 A1). Ecourile provenind din forma geometrică specială a penei de cuplare pot servi la identificarea penei (US20100250151 A1). Chiar pentru cele mai noi tehnici de inspecție cu auto-focalizare (CN105372331 A) se folosesc însă tot pene de adaptare monobloc. Unele pene de adaptare au geometrii care permit determinarea vitezei undelor prin acestea (JP2014921116 A). Niciuna dintre soluțiile analizate nu rezolvă însă problema drumului acustic diferit între centrul și marginea traductorului, care apare la inspecția conductelor.

Problema pe care o rezolvă invenția se referă la sincronismului fronturilor de undă extreme: a) central: definit de axa traductorului și a conductei și b) paralel cu acesta dar tangent la marginea traductorului. Această problemă este cu atât mai importantă cu cât conductele au diametru mai mic și grosime de perete mai mare.

Concret, metoda se bazează pe diferența de viteză de grup ale undelor ghidate simetrice (modul S0) în plăci din același material, la aceeași frecvență, dar de grosimi diferite. Pe baza acestei proprietăți, metoda permite proiectarea unei pene de adaptare formată dintr-un pachet de plăci subțiri, care este arătată în diferite variante în Fig. 3.

	2		3		4		5	
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Avantajele invenției față de stadiul actual al tehnicii sunt următoarele:

1. Semnalul ultrasonor de la traductor pătrunde în peretele conductei simultan pe întreaga suprafață a conductei aflată în dreptul traductorului.
2. Se evită ecourile parazite din conductă care îngreunează interpretarea semnalelor receptate de traductor, în vederea identificării defectelor.
3. Pana se poate realiza din plăcuțe de metal, ceea ce permite inspecții la temperatură ridicată.
4. Metoda se poate aplica și pentru a proiecta pene de adaptare pentru inspecția conductelor cu traductorul plasat la interiorul acestora (vezi Fig. 3 b).

Prezentăm în continuare un exemplu de realizare a invenției, cu referire la Fig. 1, care se referă la inspecția cu ultrasunete de la exteriorul conductei, în care:

- (1) – traductor ultrasonor mono-element, pentru unde longitudinale, de formă cilindrică;
- (2) – pana de adaptare propusă prin prezenta invenție
- (3) – conducta inspectată
- (4) – placa/plăcile centrale, mai groase și mai scurte (L) ale penei de adaptare
- (5) – plăcile periferice, mai subțiri și mai lungi ($L+d$) ale penei de adaptare

Conform invenției, modalitatea de asigurare a unor viteze diferite ale undelor la o frecvență centrală dată în plăci din același material, este bazată pe diferențele de viteză de grup, funcție de grosimea H a plăcii, pentru undele axial-simetrice numite S_0 , într-un anumit domeniu al produsului fH (frecvență x grosime), marcat (S) în Fig. 2.

Ca exemplu de aplicare a metodei, considerăm o țevă de diametru nominal $D_n=1,5''$ care are raza exterioară $R_e=19$ mm. Un traductor de $1''$ diametru are pastila piezoelectrică emițătoare-receptoare a undelor longitudinale de rază $r=12,7$ mm.

Diferența de drum d (cf. Fig. 1) dintre distanța parcursă de fasciculul ultrasonor în lungul axei traductorului și la periferia acestuia, este :

$$d = R_e - \sqrt{R_e^2 - r^2} = 2,86 \text{ mm.} \quad (1)$$

Viteza de grup pentru modul S_0 în intervalul de frecvențe selectat scade de la $5,4$ mm/ μ s la $3,4$ mm/ μ s (cf. Fig. 2). Dacă undele ar avea spre exemplu, pe centrul fasciculului viteza c_1 și pe marginea sa viteza c_2 , atunci undele trebuie să parcurgă în același timp cele două drumuri:

$$t = \frac{L}{c_1} = \frac{L+d}{c_2} \quad (2)$$

Rezultă de aici cota minimă L (cf. Fig. 2) a penei de adaptare:

$$L = d \frac{c_1}{c_2 - c_1} \quad (3)$$

1	2	3	4	5

Alegând din domeniul notat (S) pe Fig. 2, vitezele de grup minimă c_1 și maximă c_2 , din condiția de sincronism (2), rezultă grosimile minimă H_{min} și maximă H_{max} ale plăcilor care formează pana: pentru $c_1 \rightarrow fH_{max}$ și pentru $c_2 \rightarrow fH_{min}$. Dacă se aleg spre exemplu, valori din domeniul indicat în Fig. 2: $c_1=4 \text{ mm}/\mu\text{s}$ și $c_2=5 \text{ mm}/\mu\text{s}$, pentru o frecvență centrală a traductorului de $f=1 \text{ MHz}$, rezultă:

$$c_{\min} = 4 \text{ mm} / \mu\text{s} \xrightarrow{\text{Fig.2}} fH_{\max} = 1,75 \text{ MHz} \cdot \text{mm} \rightarrow H_{\max} = 1,75 \text{ mm}$$

$$c_{\max} \rightarrow 5 \text{ mm} / \mu\text{s} \xrightarrow{\text{Fig.2}} fH_{\min} = 1,25 \text{ MHz} \cdot \text{mm} \rightarrow H_{\min} = 1,25 \text{ mm}$$

Din formula (3) rezultă $L = 4,86 \frac{4}{5-4} = 19,44 \text{ mm}$. La margine, pana va avea prin urmare o grosime $L+d=19,44+4.86=24,3 \text{ mm}$ (vezi Fig. 3a).

Dacă inspecția cu ultrasunete se face de la interiorul conductei, plăcile mai subțiri și mai lungi vor fi amplasate la centrul penei de adaptare, iar cele mai groase și mai scurte la marginea penei de adaptare (vezi Fig. 3 b).

Dimensiunile și numărul plăcuțelor care se assemblează pentru a forma acest tip de pană de adaptare, se determină ținând cont de simetria față de centrul penei. De o parte a planului de simetrie se adaugă n plăcuțe, de grosime H_n , care se calculează astfel:

(a) Diferența de drum d_n se recalculează din formula (1) pentru fiecare pereche n de plăcuțe, pentru $r_n = \sum_{i=1}^{n-1} H_i$, $n > 1$.



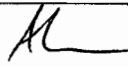
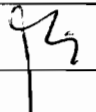
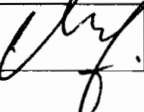
(b) Se calculează viteza c_n în plăcuța n , din condiția de sincronism (2): $t = \frac{L}{c_1} = \frac{L+d_n}{c_n}$

(c) Conform domeniului S din Fig. 2, eventual recalculată dacă materialul plăcilor nu este otelul, se stabilește grosimea plăcuțelor din perechea n .

(d) Iterațiile (a)...(c) se opresc la atingerea/depășirea valorii H_{min} calculată ca mai sus, din produsul fH_{min} care corespunde la c_{max} .




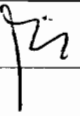
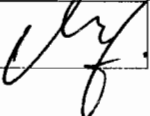
Această nouă metodă de proiectare a unei pene de adaptare conduce la un pachet de plăcuțe de grosime diferită, separate prin straturi subțiri din material izolator acustic (aer, hârtie, folie de polietilenă) și strânse mecanic prin șuruburi sau coliere.

După ce se formează pachetul de plăcuțe, muchiile acestora se vor șlefui pentru a se obține un bun contact cu suprafață cilindrică exterioară (vezi Fig. 3a) sau interioară (vezi Fig. 3 b) a conductei.

	2		3		4		5	
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Revendicări

- 1) Metoda de adaptare a traductoarelor ultrasonore (vezi Fig. 1, poz.1) pentru inspecția conductelor (v. Fig. 1, poz. 3) este caracterizată prin aceea că folosește proprietatea de dependență a vitezelor de grup ale pulsurilor ultrasonore în plăci, de grosimea acestora.
- 2) Pe baza metodei din revendicarea 1, se proiectează pene de adaptare (vezi Fig. 1, poz. 2), caracterizate prin aceea că sunt formate dintr-un pachet de plăci paralele (Fig. 1, poz.4 - poz.5), de grosimi și lungimi calculate conform algoritmului din metoda menționată în revendicarea 1. Pana de adaptare se poate realiza din materiale metalice, deci temperatura conductelor inspectate poate fi mai ridicată decât în cazul penelor folosite în prezent.
- 3) Penele de adaptare proiectate conform revendicării 2, sunt caracterizate prin aceea că pot avea forma adaptată la inspecția conductelor de la exterior (vezi Fig. 3 a) dar și de la interiorul acestora (Fig. 3 b), pentru inspecția pe direcția perpendiculară pe axa conductei. Aceste pene pot fi folosite nu numai pentru inspecția pe direcție perpendiculară așa cum sunt prezentate în Fig. 3 a, b, ci și pentru inspecția cordoanelor de sudură ale conductelor (vezi Fig. 3c).

	2		3		4		5	
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Figuri

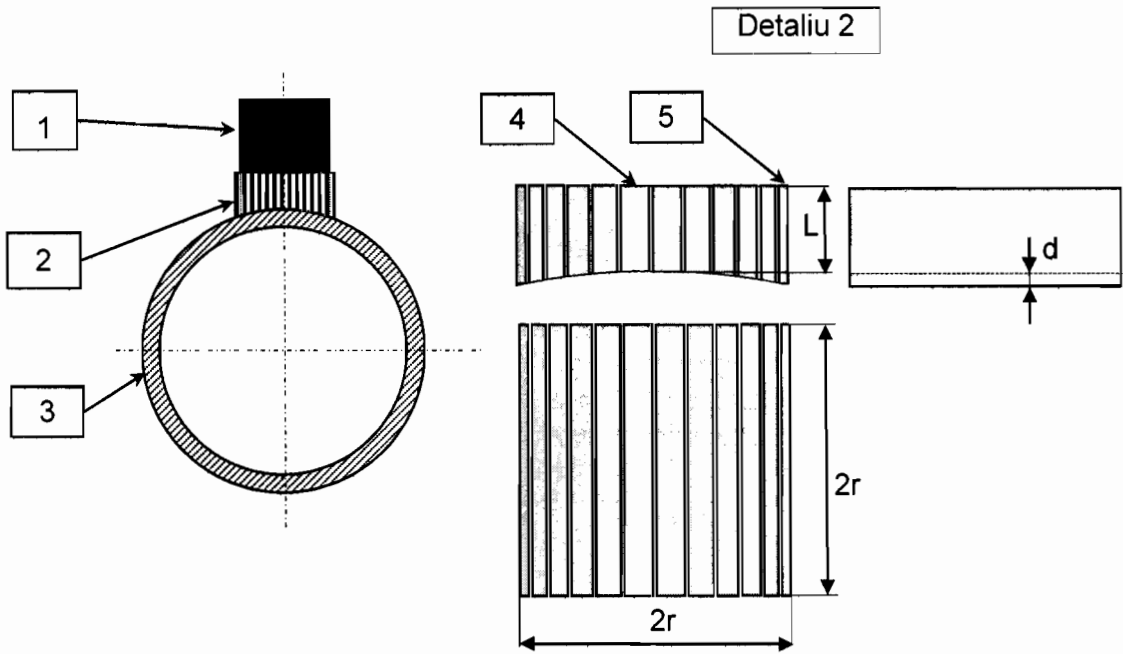


Fig. 1

<i>[Signature]</i>	2	<i>[Signature]</i>	3	<i>[Signature]</i>	4	<i>[Signature]</i>	5	<i>[Signature]</i>
--------------------	---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------

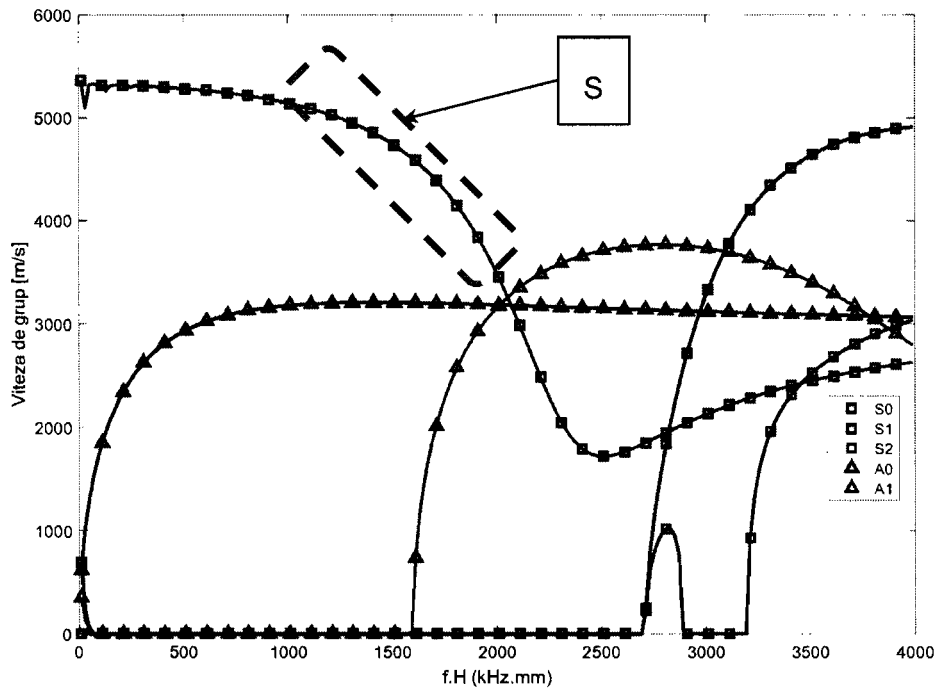


Fig. 2

<i>Arbun</i>	2	<i>C</i>	3	<i>H</i>	4	<i>Fi</i>	5	<i>dy</i>
--------------	---	----------	---	----------	---	-----------	---	-----------

18

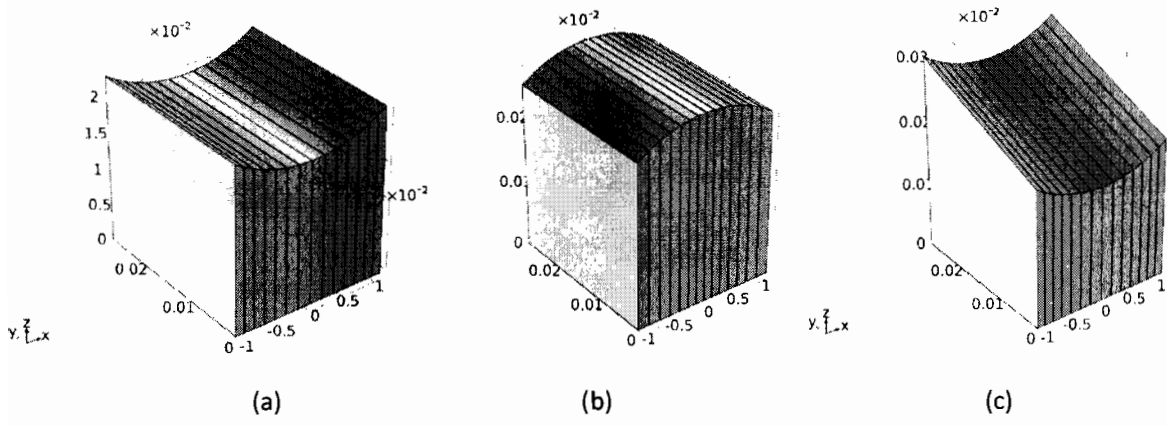


Fig. 3

<i>Roberto</i>	2	<i>C</i>	3	<i>Alu</i>	4	<i>Pa</i>	5	<i>Clay</i>
----------------	---	----------	---	------------	---	-----------	---	-------------