



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00374**

(22) Data de depozit: **28/05/2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/12/2018** BOPI nr. **12/2018**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2013 BOPI nr. **11/2013**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE- DEZVOLTARE PENTRU
TEHNOLOGII CRIOGENICE ȘI IZOTOPICE
- ICSI RM.VÂLCEA, STR.UZINEI NR.4,
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO**

(72) Inventatori:
• **IONETE EUSEBIU ILARIAN,
STR. LUCEAFĂRULUI NR. 6, BL. A2, SC. A,
AP. 18, RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;**

• **IONETE ROXANA ELENA,
STR. LUCEAFĂRULUI NR. 6, BL. A2, SC. A,
AP. 18, RÂMNICU-VÂLCEA, VL, RO;**
• **MONEA BOGDAN FLORIAN,
STR. REPUBLICII NR. 7, BL. R21, SC. A,
AP. 2, RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**CN 2518081 Y; GB 2313445 A; RO 95752;
GB 752822**

(54) **DEBITMETRU DIFERENȚIAL PENTRU AMESTECURI
BIFAZICE DE FLUIDE CRIOGENICE**



RO 129019 B1

1 Invenția se referă la un debitmetru pentru amestecuri bifazice de fluide criogenice.
2 La nivel mondial, în ultima perioadă de timp se fac eforturi intense pentru dezvoltarea
3 de noi tipuri de senzori, miniaturizarea și eficientizarea acelor deja existenți, scăderea
4 consumurilor acestora, precum și pentru găsirea de noi modele, soluții și metode analitice
5 performante pentru măsurarea valorilor generate de către acești senzori.

6 Prezenta invenție vine în sprijinul acestui deziderat, rezolvând problema măsurării
7 debitelor de amestec bifazic al unor fluide criogenice, care au această proprietate, în special
8 de hidrogen și azot. Acest amestec bifazic, pentru fiecare fluid criogenic în parte, în special
9 de hidrogen și azot, apare și se poate obține în anumite condiții specifice de presiune și
10 temperatură.

11 Amestecurile bifazice de fluide criogenice, în special de hidrogen și azot, se prezintă
12 sub forma unui "noroi", constând în particule solide aflate în suspensie sau în mișcare în
13 masa de lichid. Aceste amestecuri au proprietăți diferite față de forma lichidă dar și față de
14 forma solidă.

15 De exemplu, hidrogenul cu „noroi” este un fluid criogenic alcătuit din două faze ale
16 hidrogenului, solid și lichid, format din particule solide de hidrogen înghețat, aflate în
17 hidrogen lichid (la punctul triplu pentru para-hidrogen: $P_t = 0,007042 \text{ MPa} = 52,82 \text{ Torr}$,
18 $T_t = 13,80 \text{ K}$). Comparativ cu hidrogenul lichid, la punctul normal de fierbere (densitatea
19 $70,79 \text{ kg/m}^3$), densitatea hidrogenului cu noroi la punctul triplu este cu aproximativ 16% mai
20 mare la o rată a masei solide (fracție solidă) de 50% (densitate $81,48 \text{ kg/m}^3$) și capacitatea
21 calorică criogenică, puterea frigorifică a lichidului criogenic (entalpia) este cu aproximativ
22 18% mai mare. Aplicațiile anticipate includ combustibil pentru nave spațiale reutilizabile,
23 agent de răcire pentru producerea de neutroni la rece, precum și mijloc de transport și de
24 depozitare de hidrogen, ca o sursă curată de energie. La un raport al maselor (fracțiunea
25 solidă) în jurul valorii de 50%, transportul prin conducte poate fi efectuat în același mod ca
26 și pentru fluidele normale. Hidrogenul cu noroi este destinat să îmbunătățească
27 performanțele echipamentelor care utilizează hidrogen lichid, precum și să contribuie la o
28 mai mare compactare cu o greutate mai mică. Conceptul de utilizare a hidrogenului cu noroi
29 în loc de hidrogen lichid este similar cu utilizarea heliului superfluid în echipamente
30 supraconductoare concepute pentru heliu lichid, astfel încât să permită o îmbunătățire în
31 performanță. Odată cu dezvoltarea de materiale supraconductoare la temperaturi înalte a
32 devenit posibil să se răcească echipamentele supraconductoare chiar și cu azot lichid, iar
33 răcirea cu azot cu noroi este, de asemenea, luată în considerare, astfel că tehnologia pe
34 bază de hidrogen cu noroi ar putea fi aplicată fără modificări substanțiale.

35 Din documentul **CN 2518081Y/2002** este cunoscută o metodă de determinare a
36 debitului unui fluid bifazic și un debitmetru diferențial, cu o intrare tubulară a fluidului, o ieșire
37 tubulară coaxială cu aceasta, și minimum două ramuri tubulare curbate, de conexiune între
38 ieșirea și intrarea debitmetrului, pe pereții interiori ai intrării, ieșirii și ai ramurilor tubulare
39 curbate de conexiune fiind fixate armături metalice electroconductive, care formează două
40 condensatoare electrice cu o armătură cilindrică, separate între ele de o zonă izolatoare,
41 care, conectate la un circuit electronic diferențial, permit determinări ale diferențelor de
42 presiune și, implicit, ale debitului fluidului trecut forțat prin debitmetru.

43 De asemenea, documentul **GB 2313445 A** prezintă o metodă și un debitmetru de
44 determinare a debitului unui fluid prin trecerea acestuia printr-un corp tubular, cu două
45 perechi de armături metalice interioare, fixate pe pereții corpului tubular, care formează două
46 condensatoare electrice care, conectate la un circuit electronic comparativ, permit
47 determinarea debitului fluidului, iar documentul **RO 95752** prezintă un debitmetru numeric,
48 compus dintr-un corp cu două membrane elastice în interior, și o plăcuță metalică mediană

RO 129019 B1

care formează, împreună cu aceste membrane elastice, două condensatoare a căror capacitate variază în funcție de debitul fluidului care trece printre armăturile condensatoarelor care astfel permit determinarea debitului fluidului vehiculat. 1
3

Mai este cunoscut și documentul **GB 752822/1956**, care prezintă un debitmetru pentru lichide, îmbunătățit prin dispunerea în interiorul corpului tubular a unui corp hidrodinamic tip con dublu, de creștere a vitezei fluidului și facilitare a trecerii forțate a acestuia prin corpul debitmetrului. 5
7

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în măsurarea debitului unor fluide criogenice bifazice, în particular-hidrogen și azot, cu un debitmetru capacitiv diferențial, cu două condensatoare dispuse succesiv, izolate electric între ele, prin trecerea forțată a fluidului de lucru prin interiorul debitmetrului, fără a necesita elemente de liniștire a turbulențelor curgerii, și fără a exista pericolul acumulărilor de elemente solide, gheață criogenică, pe elementele constitutive ale senzorilor. 9
11
13

Debitmetrul diferențial pentru amestecuri bifazice de fluide criogenice, conform invenției, rezolvă această problemă tehnică prin aceea că are o intrare tubulară a fluidului, o ieșire tubulară coaxială cu aceasta, o parte tubulară de conexiune, și niște armături metalice electroconductive pe pereții interiori ai intrării, ieșirii și ai părții de conexiune, care formează două condensatoare electrice separate între ele de o zonă izolatoare electric, noutatea constând în faptul că aceste condensatoare din corpul debitmetrului sunt cilindrice, cu prelungire conică, și sunt dispuse într-o configurație de tip con cu vârf semisferic inclus în alt con având la partea de vârf un tub de intrare, respectiv, de ieșire a fluidului, cu elemente izolatoare electric între ele, împreună cu care constituie un ansamblu cu pereți dubli, printre care circulă fluidul al cărui debit se determină prin variația capacității acestor condensatoare. 15
17
19
21
23

Invenția prezintă avantajul că permite măsurarea debitului unor fluide criogenice bifazice, în particular, hidrogen și azot, prin trecerea forțată a fluidului de lucru prin interiorul debitmetrului, fără a necesita elemente de liniștire a turbulențelor curgerii, și fără a exista pericolul acumulărilor de elemente solide, gheață criogenică, pe elementele constitutive ale senzorilor. 25
27
29

Invenția este prezentată pe larg în continuare, în legătură și cu fig. 1...4, ce reprezintă: 31

- fig. 1, secțiune transversală prin debitmetrul conform invenției;

- fig. 2, secțiune prin interiorul debitmetrului;

- fig. 3, fig. 4, rezultate experimentale privind măsurătorile efectuate cu niște condensatoare cilindrice, la diferite temperaturi, imersate în hidrogen lichid, între punctul normal de fierbere și punctul triplu al hidrogenului. 33
35

Conform invenției, debitmetrul diferențial pentru amestecuri bifazice de fluide criogenice are o intrare tubulară a fluidului, o ieșire tubulară coaxială cu aceasta, o parte tubulară de conexiune între ieșirea și intrarea fluidului de lucru, și niște armături metalice electroconductive **1''**, **3''** pe pereții interiori ai intrării, ieșirii și ai părții de conexiune, care formează două condensatoare electrice **C₁**, **C₂** cilindrice, cu prelungire conică, și dispuse într-o configurație de tip con **c**, **c'** cu vârf semisferic inclus în alt con **1**, **3**, având la partea de vârf un tub de intrare **a**, respectiv, de ieșire **b** a fluidului, cu elemente izolatoare electric **2**, **2'** între ele, împreună cu care constituie un ansamblu cu pereți dubli, printre care circulă fluidul al cărui debit se determină prin variația capacității acestor condensatoare. 37
39
41
43
45

RO 129019 B1

1 Principiul acestui debitmetru se bazează pe forțarea curgerii și determinarea trecerii
amestecului bifazic printre plăcile unui număr de condensatoare inelare, dispuse succesiv
3 unul după altul. Condensatoarele inelare constau din doi cilindri coliniari, cu capete conice,
dispuși concentric cu o anumită distanță între ei. Forțarea curgerii amestecului bifazic de fluid
5 criogenic printre plăcile condensatoarelor se face cu ajutorul unui element de tip con, dispus
în cadrul corpului debitmetrului, care face ca fluidul să se distribuie uniform între plăci, una
7 dintre plăci fiind în continuarea conului. Refacerea profilului de curgere a fluidului, după ce
acesta a trecut prin debitmetru, prin succesiunea de condensatoare, se face cu același tip
9 de con dispus invers.

Principiul de măsură se bazează pe măsurarea diferențelor dintre constanta
11 dielectrică specifică a fluidelor criogenice, în special hidrogen și azot, în starea lichidă și în
starea solidă. Prin măsurarea valorilor capacității condensatoarelor electrice C_1 , C_2 inelare,
13 la înmuierea acestora în lichidul criogenic (lichid care, în condițiile specifice de presiune și
temperatură, nu prezintă particule solide), se realizează calibrarea acestora. Având în vedere
15 că, din motive de instalare sau de formă geometrică, aceste condensatoare C_1 , C_2 nu pot fi
identice, calibrarea se realizează individual pentru fiecare condensator în parte. Aria secțiunii
17 transversale de curgere pentru fiecare condensator în parte se determină prin proiectul
tehnic și prin măsurare directă.

19 Pentru un condensator circular formula de calcul a capacității este:

$$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon_r l \cdot 1/\ln(R/r) , \text{ unde:}$$

- 21 - ϵ_0 este permitivitatea dielectrică a vidului;
- ϵ_r este permitivitatea dielectrică relativă a mediului dintre armături;
23 - R este raza interioară a armăturii exterioare;
- r este raza exterioară a armăturii interioare.

25 Valorile de capacitate măsurate cu cele două condensatoare reprezintă niște valori
de capacitate în funcție de timp. Prin calculul funcției de corelare încrucișată, dintre aceste
27 două valori, se determină viteza de curgere a fluidului printre armăturile condensatoarelor.
Fie X(t) și Y(t) semnalele de ieșire generate de primul și de cel de-al doilea senzor capacitiv
29 drept funcții de timp. Funcția de corelare încrucișată R(τ) este definită ca fiind

$$31 \quad R(\tau) = \int_0^t X(t)Y(t)(t - \tau)dt$$

33 unde τ este o variabilă. Prin modificarea parametrului τ , maximul funcției R(t) este
atins atunci când τ devine egal cu timpul real de tranzit al pulsului de densitate, altfel spus,
35 atunci când un vârf de densitate este detectat de primul și apoi de către următorul senzor.

Prin urmare, având în vedere că:

37 debitul masic = Densitatea x Viteza de curgere x Aria secțiunii transversale de curgere,
avem la dispoziție toate elementele necesare determinării debitului.

39 Literatura de specialitate prezintă o diversitate de metode de investigare a debitelor
de lichide criogenice, în special hidrogen și azot, de la metode de măsurare generale,
41 aplicabile tuturor fluidelor, până la metode specifice fiecărui tip de fluid în parte. Debitmetrele
pentru măsurarea amestecurilor bifazice ale aceluiași fluid criogenic sunt foarte puțin
43 descrise.

Într-una dintre lucrările prezentate (Ohira, K et al., "Development of a high -accuracy
45 capacitance - type densimeter for slush hydrogen, JSME Int. J, Ser. B 2000, 43(2): 162-170),
debitmetrul este constituit din două plăci plane sau dintr-o placă plană și un număr de fire
47 conductoare.

RO 129019 B1

Invenția propusă descrie un debitmetru pentru amestecuri bifazice de fluide criogenice, în special hidrogen și azot, bazat pe succesiunea unui număr de condensatoare cilindrice, conform cu fig. 1, unde θ_1 și θ_2 sunt unghiurile celor două conuri.	1 3
Un prim pas esențial în măsurarea debitului bifazic de fluid criogenic constă în constrângerea curgerii acestuia printre armăturile unui număr de condensatoare cilindrice, cu ajutorul unor elemente de constrângere de tip con ascuțit, astfel încât profilul de curgere să fie identic pentru toate, iar amestecul să fie uniform distribuit între armături. Refacerea curgerii se face prin introducerea unui alt element de tip con, dispus invers, la ieșire din zona de măsură a condensatoarelor. Spre deosebire de alte forme constructive prezentate în literatura de specialitate, prezentul concept se deosebește prin introducerea elementelor de tip con, ce forțează curgerea fluidului bifazic, și împiedică blocarea senzorului cu bucățile de gheață criogenică, ce sunt parte a amestecului bifazic, și sunt antrenate în curgere. Introducerea de elemente de tip con, pentru restricționarea curgerilor de fluide, este un concept cunoscut, însă introducerea elementelor de tip con-în-con, formând un ansamblu capacitiv de măsurare a debitului unui fluid, nu este prezentată. Cele două conuri, având unghiuri diferite, creează o secțiune de curgere variabilă și, astfel, bucățile de gheață criogenică se blochează înainte de a ajunge în zona elementelor sensibile, această zonă fiind continuu umplută cu fluidul al cărui debit se dorește a fi măsurat.	5 7 9 11 13 15 17

RO 129019 B1

Revendicare

1

3

5

7

9

11

13

Debitmetru diferențial pentru amestecuri bifazice de fluide criogenice, care are o intrare tubulară a fluidului, o ieșire tubulară coaxială cu aceasta, o parte tubulară de conexiune între ieșirea și intrarea fluidului de lucru, și niște armături metalice electroconductive (**1''**, **3''**) pe pereții interiori ai intrării, ieșirii și ai părții de conexiune, care formează două condensatoare electrice (**C₁**, **C₂**) separate între ele de o zonă izolatoare electric, **caracterizat prin aceea că** aceste condensatoare (**C₁**, **C₂**) din corpul debitmetrului sunt cilindrice, cu prelungire conică, și sunt dispuse într-o configurație de tip con (**c**, **c'**), cu vârf semisferic inclus în alt con (**1**, **3**), având la partea de vârf un tub de intrare (**a**) și, respectiv, de ieșire (**b**) a fluidului, cu elemente izolatoare electric (**2**, **2'**) între ele, împreună cu care constituie un ansamblu cu pereți dubli, printre care circulă fluidul al cărui debit se determină prin variația capacității acestor condensatoare.

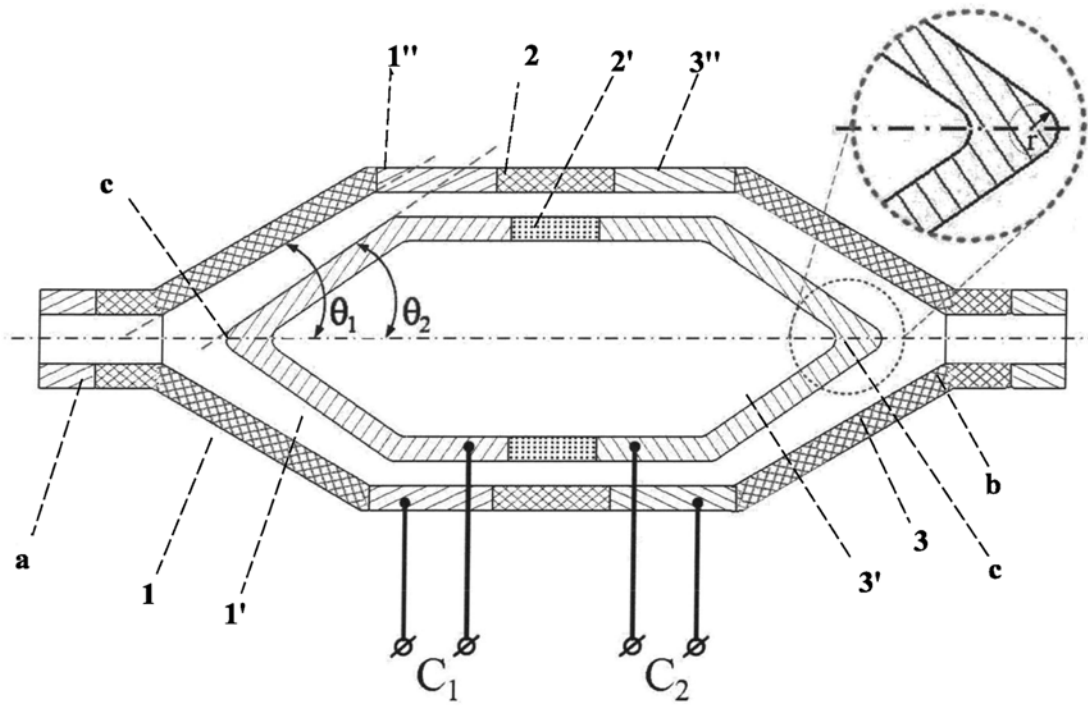


Fig. 1

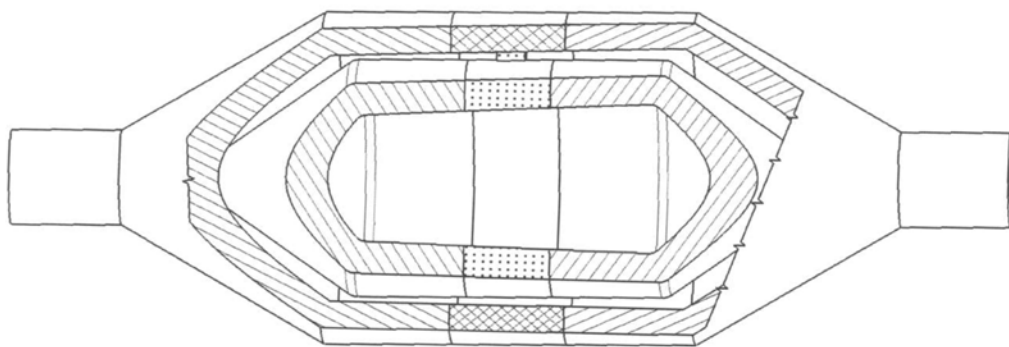


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G01F 1/24 (2006.01);

G01N 27/22 (2006.01)

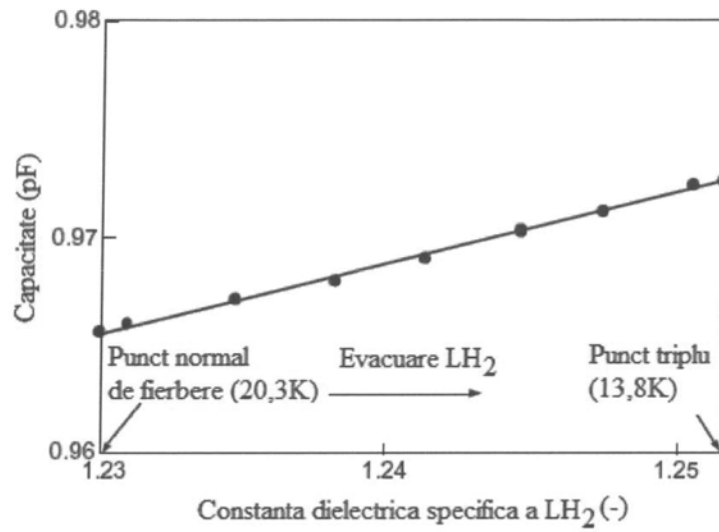


Fig. 3

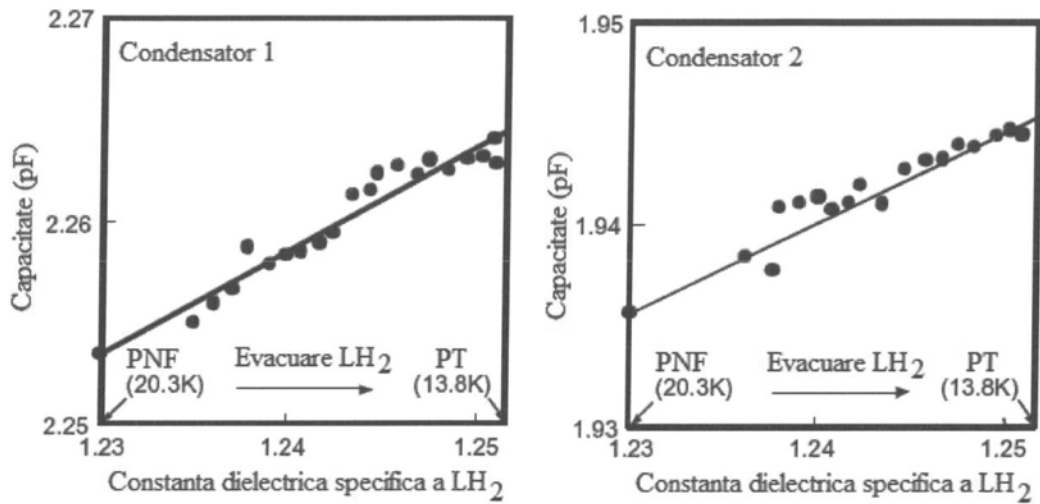


Fig. 4

