

(11) Patent numeris: **3991**

(51) Int. Cl.⁵: **G01N 29/00**

(21) Paraiškos numeris: **IP2026**

(22) Paraiškos padavimo data: **1994 08 12**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **1996 02 26**

(45) Patent paskelbimo data: **1996 06 25**

(72) Išradėjas:

Vladimir N. Belonenko, RU
Armen P. Sarvazjan, RU

(73) Patent savininkas:

Aktsionernoe Obschestvo Zakrytogo Tipa "Biotekhinvest",
Chernomorsky bulvar 18-32, Moscow, RU

(74) Patentinis patikėtinis:

Reda Žaboliienė, 7, UAB "Metida", Pilies g. 8/1-2, 2600 MTP Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Skysčių fizikinių savybių nustatymo įtaisas

(57) Referatas:

Skysčių fizikinių savybių nustatymo įtaisas pritaikomas prietaisų gamyboje skysčių fizikinių savybių, tokių kaip izoterminis ir adiabatinis suspaudžiamumas, tankis, šiluminio išsiplėtimo koeficientas, ultragarso greitis ir sugėrimas, preciziškiems išmatavimams, pagal kuriuos nustatomas šiluminis imlumas, kitos termofizinės ir termodinaminės savybės, funkcijos, potencialai. Įtaisą sudaro aukšto slėgimo korpusas (1) su matavimų kamera, stūmoklis (8), signalų sužadinimo ir priėmimo, duomenų registravimo ir apdorojimo blokas (14), virpesių keitiklis (5), sumontuotas kameros viduje ir sudarantis du susisiekiiančius matavimų skyrius - su pastovia (6) ir kintama (7) akustinėmis bazėmis. Tarp stūmoklio ir virpesių keitiklio gali būti patalpinta slystanti stūmoklinė įvorė (17). Šiuo įtaisu padidinamas skysčių fizikinių savybių išmatavimų tikslumas, esant skirtingiems slėgiams, tūriams ir temperatūroms.

Išradimas priskiriamas prietaisų gamybai ir gali būti pritaikytas preciziniams skysčių fizikinių savybių išmatavimams, esant aukštam slėgimui naftos, dujų, mašinų gamybos pramonėje, medicinos, biologijos ir k.t. srityse.

Žinomas aukšto slėgimo įtaisas (V.N.Belonenko "Ultrasonics", 1991, Vol.29, March, p.108), turintis akustinę kamerą su kintama baze ir presą su stūmokliu, kuriuos vienija hidraulinis mazgas. Sujungus stūmoklį su poslinkių indikatoriumi galima nustatyti stūmoklio poslinkio atstumą, tiriamo slegiamo skysčio tūrio, tankio ir izoterminio suspaudžiamumo pokytį. Įtaiso trūkumą sudaro netikslus minėtų charakteristikų nustatymas.

Labiausiai artimas savo esme yra skysčių parametrų kontrolės ultragarsinis įtaisas (aut. liud. TSRS N 122629, G 01 N 29/100, 1986). Įtaisa sudaro aukšto slėgimo kamera su stūmokliu ir ultragarsiniai pjezokeitikliai, patalpinti korpuso išorėje, impulsinių signalų sužadinimo, jų priėmimo, apdorojimo ir duomenų registravimo elektroninis blokas.

Įtaiso trūkumą sudaro netikslus akustinių parametrų, tankio ir suspaudžiamumo nustatymas.

Esminis išvardintų įtaisų trūkumas yra netikslus izoterminio suspaudžiamumo koeficiento nustatymas. Tai labai sumažina akustinių metodų tikslumą ir neleidžia jų patikimai panaudoti skysčių termofizikinių savybių, tokių, kaip izobarinio C_p ir izochorinio C_v šilumos imlumo nustatymui, kadangi santykis

$$C_p / C_v = \beta_T / \beta_s$$

kur

β_T - izoterminio suspaudžiamumo koeficientas,

$\beta_s = 1/\rho c^2$ - adiabatinio suspaudžiamumo koeficientas,

ρ - tankis,

c - garso greitis.

Kuomet ultragarso greitis nustatomas labai tiksliai, suspaudžiamumo ir šilumos imlumo koeficiento tikslus nustatymas priklauso nuo tikslaus tankio ir tūrio nustatymo ir jų kitimo temperatūros ir slėgio poveikyje.

Šio išradimo tikslas - padidinti skysčių fizikinių savybių matavimų tikslumą, esant įvairiems PVT (P - slėgis, V - tūris, T - temperatūra).

Šis uždavinys išsprendžiamas tuo, kad įtaise, turinčiame kamerą su skysčiu, stūmoklį, korpusą, termostatą, virpesių keitiklį, signalų sužadinimo, priėmimo, duomenų registravimo ir apdorojimo bloką, virpesių keitiklis patalpintas kameros viduje lygiagrečiai stūmoklio galiniam paviršiui tokiu būdu, kad sudaro du matavimo skyrius - su pastovia ir kintama akustinėmis bazėmis.

Visais šio išradimo pritaikymo atvejais pakanka minėtos esminių požymių visumos, kadangi pjezokristalo spinduliavimas į skyrių su pastovia akustine baze leidžia nustatyti garso greitį ir sugėrimą, o spinduliavimas į skyrių su kintama akustine baze - stūmoklio poslinkį. Atstumas, kuriuo perstumiamas stūmoklis, nustatomas arba signalo praėjimo laiku, arba bangos ilgiu ir dažniu, ir/arba pusbangių, telpančių į atstumą tarp kristalo ir stūmoklio atpindžio paviršių, skaičiumi. Tokia virpesių keitiklio padėtis įgalina stūmoklio dėka suderinti slėgio sudarymo funkciją su preciziniu poslinkio, tūrio kitimo, tankio, izoterminio suspaudžiamumo, ultragarso greičio ir sugėrimo, izobarinio ir izochorinio šilumos imlumo, šiluminio išsiplėtimo koeficiento ir kitų termofizikinių savybių, termodinaminių funkcijų ir potencialų ir t.t. išmatavimu. Be to, stūmoklio dėka kompensuojamas tūrio kitimas įvairiose PVT sąlygose.

Kintamos bazės skyriaus panaudojimas kartu su pastovios bazės skyriumi žymiai praplečia įtaiso galimybes, matuojant

garso gesimo koeficientą. Atliekant nepertraukiamą virpesių sužadšinimą ir matavimus rezonatoriniame režime, galima nustatyti poslinkį, o, tuo pačiu, ir izoterminį suspaudžiamumą, matuojant virpesių dažnumą, t.y. žymiai tiksliau.

Jei matavimo kameros tūris žymiai viršija jo kitimo dydį, tai parodymai tampa stabilesni ir tikslesni. Tai susiję su tūrio, tankio, suspaudžiamumo, šiluminio išsiplėtimo koeficiento ir t.t. kitimu, kadangi tikslus šių rodiklių nustatymas priklauso nuo kintamos ir pastovios bazių tūrių santykio, nuo santykio

$$\Delta V/V, \Delta f/f$$

tikslaus tūrio, virpesių dažnumo išmatavimo, kur V ir ΔV - tūris ir jo kitimas,

f ir Δf - dažnumas ir jo kitimas kintamoje akustinėje bazėje. Dėl to įmanoma panaudoti įtaisą ir kitiems tikslams, pavyzdžiui, preciziškam temperatūros matavimui.

Vienok, kameros tūrį tikslinga parinkti optimaliu ir jo reikšmę sąlygoja pageidaujamas matuojamų dydžių tikslumas. Per didelis kameros tūris padaro sudėtingesnėmis slėgimo sukūrimo ir palaikymo sistemas, padidina įtaiso gabaritus ir metalo sąnaudas.

Skyrių sujungimas suvienodina sąlygas juose, supaprastina įtaisą ir padidina jo patikimumą.

Kuomet stūmoklio diametras didesnis nei spinduliuojančio į stūmoklio pusę virpesių keitiklio paviršiaus diametras, sumažinami signalo difrakciniai iškreipimai.

Patalpinus slystančią stūmoklinę įvorę kanale tarp stūmoklio ir virpesių keitiklio, padidinamas įtaiso hermetiškumas įvorės ir kanalo paviršių pritrinimo ir papildomo stūmoklio užsandarinimo dėka, kadangi atšvaito funkciją atlieka įvorė ir reikalavimai stūmoklio įleidimui žymiai supaprastėja.

Tai praplečia ir įtaiso galimybes, atliekant tyrimus žymiai didesniame slėgio ir temperatūros kitimų diapazone. Patalpinus minėtą įvorę, žymiai padidėja išmatavimų tikslumas, kadangi užtikrinamas įvorės atspindžio paviršiaus ir virpesių keitiklio spinduliuojančio paviršiaus lygiagretumas. Tą sunku pasiekti užsandarinto stūmoklio atspindžio paviršiumi, nes jis neišvengiamai kryps nuo pageidaujamos padėties sandarinimų (arba riebokšlių) poveikyje.

Stūmoklinės įvorės priešingo galo įlenkimas jos vidun papildomai hermetizuoja matavimo kamerą, didinant slėgimą, ir, praktiškai, visiškai pašalina kitų atspindėtų bangų, išskyrus pagrindinę, poveikio galimybę.

Užpildžius erdvę tarp stūmoklio ir įvorės skysčiu, turinčiu didesnę tamprumo modulį nei tiriamasis skystis, galima žymiai efektyviau perduoti slėgimą į matavimo kamerą pagrindiniu stūmokliu. Parinkus nesusimaišančius skysčius, sumažinama jų prasiskverbimo į tarpelį tarp įvorės ir korpuso paviršiaus tikimybė.

Jei įtaiso korpusas arba jo elementas sudaro su stūmokliu plunžerinę porą, padidėja matavimų tikslumas ir įtaiso patikimumas. Stūmoklis užsandinamas taip pat šiuo tikslu ir, kartu, pasiekiamų slėgimų diapazono praplėtimui.

Įtaiso konstrukcija paaiškinama brėžinių pagalba.

Fig.1 parodyta principiali įtaiso konstrukcija.

Fig.2 parodyta įtaiso su stūmokline įvore konstrukcija.

Įtaisą sudaro aukšto slėgimo korpusas 1, kuriame laikiklyje 2 su kiaurymėmis 3 tvirtinimo elementais 4 pritvirtintas virpesių keitiklis 5 (šiuo atveju - ličio niobato V-36 pjezokristalas) tokiu būdu, kad sudaro du matavimų skyrius - su pastovia 6 ir kintama 7 akustinėmis bazėmis. Matavimų skyriuose slėgis sudaromas stūmokliu 8 su atspindinčiu ultragarsinės bangos paviršiumi 9. Stūmoklis 8 su korpuso 1 elementu, kuriame jis juda, sudaro plunžerinę porą. Per kiaurymę 10 matavimų kamera užpildoma skysčiu.

Kameroje įrengti slėgimo daviklis 11 (pvz. manganininis monometras) ir temperatūros daviklis 12 (pvz. termopora), sujungti dangtelyje 13 padarytais neparodytais aukšto slėgimo elektros įvadais su signalų sužadinimo ir priėmimo, registravimo ir apdorojimo elektroniniu bloku 14. Su bloku 14 aukšto slėgimo elektros įvadais taip pat sujungti elektrodai, užpurkšti pjezokristalo 5 paviršiuje (neparodyti). Dangtelyje 13 padarytas atspindžio paviršius 15, lygiagretus pjezokristalo 5 spinduliuojančiam paviršiui.

Matavimų skyriai 6 ir 7 gali būti užpildomi vienu ir tuo pačiu tyrinėjamu skysčiu arba ir tyrinėjamu, ir, pavyzdžiui, etaloniniu skysčiu. Tuo atveju slėgimas iš skyriaus 7 perduodamas į skyrių 6 per neparodytą tamprą elementą, uždarantį kiaurymes 3 ir atskiriantį skysčius, davikliai 11 ir 12 nebereikalingi, kadangi skyrius 6 gali būti naudojamas slėgio ar temperatūros matavimui.

Matavimų atlikimui, kintant temperatūrai ir termodinaminėms sąlygoms, įtaisas patalpinamas po neparodytu termostatinio gaubtu.

Išradimas iliustruojamas sekančiais pavyzdžiais.

Pavyzdys 1. Fig.2 pateiktas dar vienas įtaiso variantas, kuriame pjezokristalas 5 padalina matavimų kamerą į skyrių 6 su pastovia akustine baze ir skyrių 7 su kintama baze. Skyrių susisiekimui kristale 5 padarytos kiaurymės 16. Tarp stūmoklio 8 ir pjezokristalo 5 patalpinta stūmoklinė įvorė 17 su atspindžio paviršiumi 18 ir įlenktu įvorės vidun paviršiumi 19. Sandarinimas 20 pagerina hermetizaciją ir praplečia slėgimų diapazoną.

Pavyzdys 2. Papildomi virpesių keitikliai (neparodyti) gali būti sumontuoti vietoje atspindžio paviršių 15 dangtelyje 13 ir/arba 9 stūmoklyje 8. Toks keitiklių išdėstymas padaro konstrukciją šiek tiek sudėtingesne, bet, tuo pat metu, praplečia įtaiso galimybes, tampa įmanoma panaudoti įvairias matavimų schemas, supaprastėja praėjusio per skystį signalo išskyrimas. Kaip ir prototipe, papildomi keitikliai gali būti patalpinti korpuso išorėje. Tuo atveju

dangtelio ir stūmoklio dydžiai apskaičiuojami kaip akustinės kliūtys, arba juose įmontuojami garsolaidžiai.

Matavimai atliekami sekančiu būdu.

Žinomais būdais apskaičiuojamas užpildomas tyrinėjamo skysčiu įtaiso tūris. Per kiaurymę 10 atliekama matavimų kameros vakuumizacija. Įtaisas ir tyrinėjamo skysčio mėginys (neparodytas), šiuo atveju - dujų kondensatas, patalpintas termostate kambario (arba pageidaujamoje) temperatūroje.

Toje pačioje temperatūroje žinomais būdais, pavyzdžiui, hidrostatinio svėrimo būdu, nustatomas kondensato tankis. Po to dujų kondensatu užpildomi skyriai 6, 7, užaklinama kiaurymė 10, termostato dėka pasiekama ir palaikoma reikalinga matavimams atlikti temperatūra. Į pjezokristalą 5 siunčiamas sinusoidinis signalas. Skyriujė su pastovia baze interferometru išmatuojamas rezonansinis dažnumas, ultragarso greitis ir sugėrimas. Stūmoklio poslinkiu didinamas slėgimas abiejuose skyriuose ir nustatoma akustinių charakteristikų priklausomybė nuo slėgimo, esant pastoviai temperatūrai. Pagal virpesių dažnumo kitimą, slenkant stūmokliui, nustatomas jo poslinkio dydis ir tūrio bei tankio kitimas, o davikliu 11 išmatuojamas slėgimas skyriuose.

Izoterminio suspaudžiamumo koeficientas apskaičiuojamas iš reiškinių:

$$\beta_T = - \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T = k \left(\frac{\partial f_{\text{rez}}}{\partial P} \right)_T, \quad \text{kur}$$

V - tūris,

T - temperatūra,

P - slėgimas,

f_{rez} - rezonansinis dažnumas,

k - proporcingumo koeficientas.

Kintamos akustinės bazės rezonatorinio skyriaus rezonansinių dažnumų santykis su pastovios akustinės bazės rezonatorinio skyriaus rezonansiniais dažnumais leidžia

kompensuoti temperatūrinių pokyčių poveikį rezultatams.

Tankį galima apskaičiuoti iš reiškinių

$$\frac{\rho_p}{\rho_0} = \frac{V_0}{V_p} \quad \text{kur}$$

ρ_0, V_0 - tankis ir tūris, esant atmosferiniam slėgiui,

ρ_p, V_p - tankis ir tūris, esant slėgiui P.

Žinant tradicinius akustinius parametrus ir izoterminį suspaudžiamumą bei tankį, žinomais būdais apskaičiuojamas termodinaminių, termofizikinių, molekuliarinių-kinetinių ir fizikinių-cheminių savybių, funkcijų, potencialų ir t.t. kompleksas. Įtaiso fizikiniai principai leidžia panaudoti konstrukciją panašiems tikslams ir su kitomis virpesių šaltinių (keitiklių) rūšimis.

Išradimas gali būti efektyviausiai pritaikytas skysčių fizikinių savybių preciziškiems išmatavimams naftos, dujų, mašinos gamybos pramonėse, o taip pat medicinoje ir biologijoje. Įtaisas žymiai praplečia akustinių metodų galimybes, kadangi juo galima tiksliai nustatyti ne tik tradicinius akustinius parametrus, bet ir termofizikines savybes, kurios iki šiol buvo nustatomos kalorimetriniais metodais.

Šios srities specialistui akivaizdžios ir kitos įtaiso galimybės ir privalumai

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Skysčių fizikinių savybių nustatymo įtaisas, turintis korpusą (1) su matavimų kamera, stūmoklį (8), virpesių keitiklį (5), signalų sužadinimo ir priėmimo, duomenų registravimo ir apdorojimo bloką (14), besiskiriantis tuo, kad keitiklis (5) sumontuotas kameros viduje lygiagrečiai stūmoklio (8) galiniam paviršiui (9) tokiu būdu, kad padalina kamerą į du matavimų skyrius - su kintama (7) ir pastovia (6) akustinėmis bazėmis.

2. Įtaisas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad skyriaus su pastovia baze (6) tūris didesnis už skyriaus su kintama baze (7), o visas matavimų kameros tūris žymiai didesnis už jos tūrio kintančią dalį.

3. Įtaisas pagal 1, 2 punktus, besiskiriantis tuo, kad matavimų skyriai su pastovia ir kintama bazėmis veikia kaip rezonatoriai.

4. Įtaisas pagal 1-3 punktus, besiskiriantis tuo, kad skyriai su pastovia (6) ir kintama (7) bazėmis yra susisiekiantys.

5. Įtaisas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad virpesių keitiklis (5) pagamintas iš pjezokristalo.

6. Įtaisas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad jis turi stūmoklinę įvorę (17) su galiniu atspindžio paviršiumi (18), nukreiptu į virpesių keitiklį (5), slystančiai sumontuotą tarp stūmoklio (8) ir virpesių keitiklio (5), be to, stūmoklinės įvorės (17) galas (19), nukreiptas į priešingą virpesių keitikliui pusę, yra įlenktas vidun, o erdvėje tarp stūmoklio (8) ir įvorės (17) yra mažesnio suspaudžiamumo skystis nei tiriamasis, pavyzdžiui, skystis, nesusimaišantis su tiriamuoju skysčiu.

7. Įtaisas pagal 1, 6 punktus, besiskiriantis tuo, kad stūmoklis (8) ir/arba stūmoklinė įvorė (17) bei korpuso elementas, kuriame juda stūmoklis ir/arba stūmoklinė įvorė, yra pagaminti kaip plunžerinė pora.

8. Įtaisas pagal 1, 7 punktus, besiskiriantis tuo, kad stūmoklis (8) yra užsandarintas.



