



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2020 00191**

(22) Data de depozit: **08/04/2020**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/12/2021** BOPI nr. **12/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/10/2020 BOPI nr. **10/2020**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE
TURBOMOTOARE - COMOTI,
BD.IULIU MANIU NR.220 D, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **PARASCHIV ALEXANDRU,
STR.LIBERTĂȚII, NR.5, BL.AC14, SC.B,
ET.2, AP.19, PLOPENI, PH, RO;**

• **CONDruz MIHAELA RALUCA,
STR.NĂȘĂUD, NR.9, BL.21, SC.1, ET.4,
AP.50, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **PUȘCAȘU CRISTIAN,
INTR.CAPORAL DAVID IONESCU NR.5,
AP.1, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **FRIGIOESCU TIBERIUS FLORIAN,
SAT ALBEȘTII UNGURENI, NR.582,
COMUNA ALBEȘTII DE ARGES, AG, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
RO 127339 B1; CN 110376085 (A)

(54) **INSTALAȚIE AUTOMATIZATĂ PENTRU TESTAREA LA ȘOC
TERMIC, OXIDARE ȘI COROZIUNE A ACOPERIRILOR CU
ROL DE BARIERĂ TERMICĂ**



RO 134516 B1

1 Invenția se referă la o instalație automatizată de testare utilizată pentru realizarea de
încercări la șoc termic, oxidare ciclică de lungă durată și coroziune la temperaturi ridicate a
3 acoperirilor de suprafață cu rol de barieră termică utilizate pentru protecția componentelor
gazodinamice complexe din turbinele cu gaze utilizate în industria energetică și a
5 transporturilor.

 Sunt cunoscute diverse instalații de testare a materialelor la temperaturi ridicate.
7 Aceste instalații au ca punct comun o incintă, o sursă de energie termică și un sistem de
răcire accelerată.

9 Se cunoaște o instalație de testare la șoc termic a materialelor, conform documentului
RO 127339 B1, ce presupune deplasarea unei epruvete dintr-o incintă încălzită într-o altă
11 incintă unde este răcită rapid. Instalația este alcătuită dintr-un sistem (A) de încălzire, format
dintr-un cuptor 1 vertical, ce asigură încălzirea unei epruvete 2 la o temperatură maximă de
13 1700°C, printr-un orificiu de acces prevăzut la partea inferioară a cuptorului 1, ce mai este
prevăzut cu două orificii pentru un termocuplu 4 de control și măsurarea temperaturii
15 cuptorului 1, și pentru un termocuplu 5 de control a încălzirii cuptorului 1, și cu un al patrulea
orificiu, pentru vizualizarea și măsurarea temperaturii pe suprafața epruvetei 2, cu ajutorul
17 unui pirometru 6, în condițiile în care epruveta 2 este prevăzută cu un sistem C de prindere
și cu niște sisteme B și D de deplasare a epruvetei 2 pe verticală și, respectiv, într-o zonă
19 de răcire, unde este montat un sistem E de răcire cu gaze, format dintr-un compresor 21,
niște filtre de aer 22 și 23, un robinet 24 acționat electromagnetic, niște traductoare 25, 26
21 și 27 de temperatură, de presiune și, respectiv, de debit, niște duze 28 de răcire prevăzute
cu o clemă 30 pivotantă, pentru reglarea poziției duzelor 28, și dintr-un sistem G de comandă
23 și control, care, la rândul lui, este alcătuit dintr-un sistem de achiziție date de la termocuplele
4 și 5, piometre 6, 15 și 16, de la niște controlere ale unor brațe 7, 10 și 20 robot care intră
25 în alcătuirea sistemelor C, D și E de prindere și de deplasare a epruvetei 2, și de la traduc-
toare 25, 26 și 27, și dintr-un sistem de comandă.

27 Se mai cunoaște documentul **CN 110376085 (A)** care se referă la un dispozitiv și o
metodă de testare la șoc termic cu creșterea temperaturii cu presiune parțială, controlabilă,
29 a oxigenului. Dispozitivul cuprinde un sistem de pompare a vidului, un sistem de încălzire,
un sistem de măsurare a temperaturii, un sistem de umflare, un sistem de răcire, un sistem
31 de achiziție de date și un sistem computerizat. În plus, metoda realizată prin utilizarea
dispozitivului descris include: pornirea sistemului de pompare a vidului și realizarea unui grad
33 de vid într-un cuptor de etanșare care să atingă o valoare prestabilită; pornirea sistemului
de încălzire pentru a crește temperatura într-un cuptor de încălzire la o temperatură
35 prestabilită, astfel încât să se realizeze un mediu de vid cu temperatură ridicată; și apoi
introducerea unei anumite cantități de oxigen în cuptorul de etanșare până la o valoare
37 prestabilită, astfel încât să se formeze o atmosferă oxidantă la temperatură ridicată, nece-
sară testului de șoc termic. În timpul procesului de testare, sistemul computerului controlează
39 deschiderea și închiderea unei electrovalve pe baza feedback-ului în timp real a valorilor
presiunii parțiale și a oxigenului colectat, astfel încât să controleze sursa de oxigen pentru
41 a injecta oxigen în cuptorul de etanșare.

 Se cunoaște un echipament destinat testării la șoc termic și coroziune a acoperirilor
43 de tip barieră termică destinate protecției palelor de turbină, conform documentului
US 2015/0355074 A1, care asigură testarea pieselor prin expunerea acestora în flacără, iar
45 agentul coroziv este distribuit fie printr-o duză situată în centrul torței, fie prin introducerea
în incintă a aerului încărcat cu agenți corozivi. Echipamentul include și un sistem complex
47 de detecție a degradărilor acoperirilor. Dezavantajul acestui echipament este reprezentat de
faptul că este destinat strict testării în flacără a acoperirilor de tip barieră termică, neputând
49 simula și alte tipuri de testări la temperaturi ridicate.

RO 134516 B1

Se mai cunoaște un echipament utilizat pentru testarea la șoc termic a materialelor, conform documentului **US 2007/0127544 A1**, unde procesul de încălzire este realizat cu ajutorul unor rezistențe așezate fie la baza incintei în care este introdusă proba, fie în interiorul acesteia, în cazul în care se dorește testarea probelor la temperaturi mai ridicate. Răcirea rapidă a piesei se poate realiza în urma distribuirii unor fluide de răcire (azot lichid, argon lichid, dioxid de carbon lichid) în incintă, printr-o serie de canale. Principalul dezavantaj al instalației este dat de faptul că, pentru atingerea unei temperaturi ridicate, este necesară modificarea sistemului de încălzire, iar efectul de șoc termic se realizează exclusiv prin introducerea unor fluide de răcire.

Se cunoaște un aparat și o metodă utilizate pentru testarea la șoc termic a materialelor ceramice, conform documentului **US 9,885,616 B2/2018**. Aparatul este compus dintr-un cuptor și un dispozitiv pentru glisarea probelor în interiorul acestuia. Răcirea este asigurată de un flux de gaz prin intermediul unei fante a cuptorului. Temperatura probei este determinată la nivelul a două secțiuni ale acesteia, pe suprafața răcită și pe suprafața diametral opusă de cea răcită (în zona caldă), iar valorile sunt înregistrate electronic. Forma constructivă a instalației o face potrivită pentru testarea, în special, a materialelor ceramice de tip bloc, fiind dificil de adaptat pentru alte tipuri de materiale și forme constructive.

Se cunoaște o instalație destinată testării acoperirilor de tip barieră termică prin expunerea acestora la cicluri termice, conform documentului **US 6,568,846 B1/2003**, care este alcătuită dintr-un laser și un sistem de oglinzi ce asigură încălzirea probei. Deși permit controlarea procesului de încălzire și determinarea precisă a temperaturii la nivelul probei, instalația prezintă un dezavantaj major prin faptul că nu are un sistem de răcire a probei, ci doar un sistem de prindere care diminuează fluxul de aer pentru a nu influența măsurătorile realizate la nivelul acesteia.

Dezavantajul principal al acestor instalații este reprezentat de faptul că nu pot fi utilizate în mod automatizat pentru realizarea mai multor tipuri de încercări la temperaturi ridicate, fiind destinate exclusiv testării la cicluri de șoc termic, coroziune la temperaturi ridicate sau oxidare ciclică de lungă durată.

Problema tehnică obiectivă pe care o rezolvă invenția este aceea de a realiza o instalație care să permită testarea simultană a două probe cu acoperiri de suprafață cu rol de barieră termică, la cicluri de șoc termic, oxidare ciclică de lungă durată, coroziune la cald sau combinații ale acestora.

Instalația automatizată pentru testare la șoc termic, oxidare și coroziune a acoperirilor cu rol de barieră termică, conform invenției, rezolvă problema tehnică menționată și elimină dezavantajele enumerate anterior, prin aceea că sistemul de încălzire se află în legătură cu un sistem de prindere al probelor care este alcătuit dintr-un termocuplul de tip K introdus într-o teacă metalică, racordat la tija metalică prin dispozitivul de prindere și ghidare, fixat prin strângere cu două șuruburi, șaibe și piulițe între probele aduse de sistemul de deplasare în zona de răcire a instalației, unde fluxul de gaze cu particule corozive ce trece prin țeava de presiune prevăzută cu două capete diametral opuse, orientate perpendicular pe suprafața probelor de testare impactează suprafața probelor până când temperatura acestora atinge de 24°C.

Acoperirile cu rol de barieră termică utilizate pentru protecția componentelor gazodinamice complexe ale turbinelor cu gaze funcționează la temperaturi de operare ridicate și în condiții extreme care diferă în funcție de domeniul de utilizare al turbinei. În cazul acoperirilor utilizate în turbinele cu gaze industriale, se pretează testarea acestora la oxidare izotermă sau ciclică de lungă durată la temperaturi ridicate, în prezența unor compuși

RO 134516 B1

1 corozivi specifici celor rezultați în urma arderii combustibilului. Pe de altă parte, acoperirile
utilizate în turbinele de aviație sunt supuse la temperaturi mai ridicate, însă pentru durate mai
3 scurte de timp decât cele utilizate în aplicații energetice, în prezența unor compuși corozivi
proveniți din diferite medii (nisip, săruri, cenușă etc.).

5 Instalația de testare, conform invenției, permite realizarea de încercări la cicluri de
șoc termic, oxidare ciclică de lungă durată și coroziune la cald în intervalul de temperatură
7 24°C-1400°C. Pentru realizarea ciclurilor de șoc termic, răcirea se realizează cu aer com-
primat, însă, în funcție de cerințe, sistemul de răcire al instalației poate permite utilizarea de
9 argon, azot și dioxid de carbon în stare lichidă pentru o răcire mai rapidă până la temperaturi
negative. Precizia de măsurare a temperaturii probelor în timpul testării este asigurată de
11 fixarea prin strângere cu șurub, șaibă și piuliță, a termocuplului de tip K aflat între două
probe, dispuse paralel una față de altă. Înainte de realizarea ciclurilor de încălzire-răcire,
13 camerele video poziționate paralel cu probele de testare captează câte o imagine cu
suprafața acestora. Sistemul de deplasare a probelor, acționat de sistemul de comandă și
15 control, deplasează termocuplul și probele în cuptorul electric, unde sunt încălzite la o
temperatură și pentru o durată de timp prestabilită. Ulterior atingerii acestor condiții, sistemul
17 de deplasare poziționează probele în zona de răcire a instalației, moment în care electro-
ventilul montat pe țeava de presiune se deschide permițând răcirea rapidă a probelor,
19 producând șocul termic. Încercarea la oxidare ciclică de lungă durată a probelor (netestate
sau testate în prealabil la alte tipuri de degradare) se realizează în mod similar încercării la
21 șoc termic cu excepția faptului că probele sunt menținute în cuptor la o temperatură
constantă pentru o durată mai lungă de timp, iar răcirea se realizează lent, în aer.

23 Încercarea la coroziune a probelor (netestate sau testate în prealabil la cicluri de șoc
termic și/sau oxidare) se realizează prin pulverizarea, în timpul răcirii rapide a probelor, a
25 unei mici cantități de pulberi corozive provenite dintr-un recipient de stocare a pulberilor prin
căderea liberă în țeava de presiune, în urma deschiderii unui robinet de tip fluture, acționat
27 de un servomotor comandat de tabloul de comandă și control. Cantitatea de pulbere este
pulverizată pe suprafețele fierbinți ale probelor în momentul deschiderii unui electroventil
29 care permite fluxului de gaze să treacă prin țeava de presiune și să impactiveze suprafețele
probelor.

31 Instalația automatizată pentru testare la șoc termic, oxidare și coroziune a acoperirilor
cu rol de barieră termică, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

33 - permite realizarea mai multor tipuri de încercări la temperaturi ridicate (șoc termic,
oxidare, coroziune), simulând astfel condițiile extreme la care funcționează componentele
35 turbinelor cu gaze industriale și de aviație;

- permite testarea în mod automatizat a două probe ce pot avea formă rectangulară,
37 cilindrică sau neregulată, cu sau fără acoperiri de suprafață cu rol de barieră termică.
Condițiile și parametrii de testare ai sistemelor de deplasare, răcire forțată și dozare
39 controlată a agenților corozivi sunt setate prin intermediul tabloului de comandă și control al
instalației.

41 - un alt avantaj al instalației este reprezentat de sistemul integrat de autodetectare
al degradării probelor testate la cicluri de încălzire-răcire. La începutul testării, sistemul de
43 autodetectare achiziționează cu ajutorul camerelor video câte o imagine cu suprafața de
interes a probelor. Ulterior fiecărui ciclu de răcire, camerele video achiziționează câte o
45 imagine cu aceeași suprafață a probelor. Această imagine este procesată prin tehnica
binarizării în sistemul de comandă și control și comparată cu cea achiziționată la începutul
47 testării. Prin achiziția și procesarea imaginilor, exfolierea sau degradarea suprafețelor
probelor sunt detectate automat ca urmare a modificării pixelilor, iar ariile totale ale pixelilor

RO 134516 B1

asociații acoperirii (pixeli albi) și respectiv, suprafețelor exfoliate (pixeli negri) sunt măsurate și comparate cu cele măsurate în stare inițială, până la momentul în care gradul de degradare al suprafețelor depășește un prag impus;	1
- realizarea de cicluri combinate sau individuale de șoc termic, oxidare și coroziune la cald;	3
- testare automatizată cu precizie și repetabilitate ridicată;	5
- permite încălzirea rapidă la temperaturi de până la 1400°C și răcirea rapidă la temperatură ambiantă sau la temperaturi negative;	7
- sistem precis de autodectare a exfolierii acoperirilor;	9
- permite testarea simultană a două probe în aceleași condiții;	11
- precizie ridicată de măsurare a temperaturii probelor;	11
- probele testate pot avea formă rectangulară, cilindrică sau neregulată.	11
Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1...4, care reprezintă:	13
- fig. 1, vedere de ansamblu a instalației de testare cu probele în poziție de repaus/răcire;	15
- fig. 2, secțiune după un plan G-G din fig. 1 a instalației de testare cu probele în poziție de încălzire;	17
- fig. 3, detaliul I din fig.1 ;	19
- fig. 4, detaliul J din fig. 2, în secțiune transversală.	19
Instalația automatizată pentru testare la șoc termic, oxidare și coroziune a acoperirilor cu rol de barieră termică, conform invenției, este compusă dintr-un sistem A de încălzire care este alcătuit dintr-un cuptor electric 1 care asigură o încălzire uniformă până la o temperatură maximă de 1400°C și care este prevăzut cu un termocuplu 3 de tip S, iar în partea frontală cu o ușă de acces 4 și cu o fantă de acces 5 prin care sunt introduse și scoase probele de testare. Instalația cuprinde un sistem B de deplasare în zonele de încălzire și răcire ale instalației care este compus dintr-un suport metalic 6 anexat la cuptorul electric 1 al sistemului A de încălzire, pe care este fixată o axă de deplasare liniară 7 conectată la un tablou de comandă și control 8 . Axa de deplasare liniară 7 induce mișcări în plan vertical unei sănii 9 , unde sunt fixate prin strângere o flanșă 10 și o tijă metalică 11 .	21
Instalația automatizată pentru testare la șoc termic, oxidare și coroziune a acoperirilor cu rol de barieră termică, conform invenției, este compusă dintr-un sistem C de prindere a probelor care este compus dintr-o teacă 12 metalică în care este introdus termocuplul 13 de tip K al sistemului A de încălzire conectat la tabloul de comandă și control 8 al sistemului B de deplasare în zonele de încălzire și răcire ale instalației, în extremitatea căruia sunt prinse prin strângere niște probe 2 de formă rectangulară. Probele 2 de formă rectangulară au o suprafață frontală acoperită și una neacoperită și sunt prevăzute în partea superioară cu două găuri pentru prindere. Sistemul C de prindere permite testarea și a altor tipuri de probe de formă cilindrică sau neregulată din materiale refractare, cu sau fără acoperiri cu rol de barieră termică. Fixarea termocuplului 13 de tip K între cele două probe 2 se realizează prin strângere cu șurub, șaibă și piuliță, astfel încât să fie în contact cu suprafețele neacoperite ale probelor 2 , poziționate paralel una față de cealaltă. Termocuplul 13 de tip K este introdus în teaca 12 metalică ce are sudat în partea superioară un capac 14 metalic paralelipipedic, astfel încât să asigure etanșarea termică a incintei de încălzire prin acoperirea fantei de acces 5 în timpul menținerii probelor 2 în cuptorul electric 1 . Teaca 12 metalică în care este fixat termocuplul 13 de tip K cu probele 2 este legată de tijă metalică 11 printr-un dispozitiv 15 de prindere și ghidare care are rol și de centrare a probelor 2 deasupra orificiului de acces 5 a cuptorului electric 1 .	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47

RO 134516 B1

1 Instalația automatizată pentru testare la șoc termic, oxidare și coroziune a acoperirilor
cu rol de barieră termică cuprinde un sistem **D** de răcire al probelor **2** care este compus
3 dintrun compresor **16** prevăzut cu un regulator de gaze **17** ce asigură o presiune de 1,5 bari
a gazelor de răcire care trec printr-o țevă de presiune **18**. Fluxul de gaze de răcire este oprit
5 de un electroventil **19** conectat la tabloul de comandă și control **8** al sistemului **B** de
deplasare în zonele de încălzire și răcire, care se deschide în momentul în care probele **2**
7 sunt scoase din cuptorul electric **1** după atingerea temperaturii și duratei de menținere
presetate. Țeava de presiune **18** racordată la electroventilul **19** este prevăzută la extremitate,
9 deasupra fantei de acces **5**, cu două capete diametral opuse, orientate perpendicular pe
suprafața probelor **2** de testare.

11 Instalația mai are în componență un sistem **E** de dozare al agentului coroziv sub
formă de pulbere, care este alcătuit dintr-un recipient **20** cu capac care conține un mixt de
13 pulberi corozive cu dimensiuni cuprinse în intervalul 50-300 μm, un robinet **21** de tip fluture
acționat de un servomotor **22** conectat la tabloul de comandă și control **8**. În momentul în
15 care sistemul **B** de deplasare aduce probele în zona de răcire, servomotorul **22** acționează
prin deschiderea cu 5 grade, timp de o secundă și închiderea robinetului **21** de tip fluture,
17 permițând căderea liberă a aproximativ 3 grame de pulberi din recipientul **20** cu capac în
țeava de presiune **18**. În funcție de granulația pulberilor corozive utilizate, cantitatea de
19 pulbere pulverizată și de frecvența dozărilor (la unul sau mai multe cicluri de răcire), instalația
permite dozarea unei cantități variabile de pulberi prin rotirea cu 3-10 grade a robinetului **21**
21 de tip fluture, pentru o durată de 1-3 secunde, pulberi care vor fi pulverizate pe suprafața
probelor **2** în momentul activării sistemului de răcire.

23 Instalația, conform invenției, cuprinde un sistem **F** de autodectare a degradării
probelor, care este compus din niște suporturi de cameră **23**, **23'** pe care sunt montate
25 paralel niște camere video **24**, **24'** îndreptate spre suprafețele probelor **2**, conectate la tabloul
de comandă și control **8**. Înainte de începerea testării, camerele **24**, **24'** achiziționează câte
27 o imagine cu suprafața probelor **2** care se va folosi în timpul încercărilor ca referință pentru
stabilirea nivelului de degradare al suprafeței probelor. La fiecare ciclu termic, după răcirea
29 probelor **2** la temperatura minimă presetată în tabloul de comandă și control **8**, camerele
video **24**, **24'** achiziționează imagini cu suprafețele probelor **2** care, în mod automat, se vor
31 procesa și compara în tabloul de comandă și control **8** cu imaginile realizate în stare inițială.
Procesarea constă în binarizarea imaginilor și măsurarea ariilor pixelilor albi, asociați
33 suprafeței totale a acoperirii și a ariilor pixelilor negri, asociați suprafeței exfoliate a acoperirii.
În momentul în care sistemul de autodectare înregistrează o scădere a ariei acoperirilor
35 față de starea inițială de peste 20%, limită maximă prevăzută în standardul SR EN ISO
13123 (2012), tabloul de comandă și control **8** va comanda oprirea procesului de testare.

RO 134516 B1

Revendicări

1. Instalație automatizată pentru testare la șoc termic, oxidare și coroziune a acoperirilor cu rol de barieră termică, compusă dintr-un sistem (A) de încălzire, o axă de deplasare liniară (7) conectată la un tablou de comandă și control (8) cu o sanie (9) ce efectuează mișcări de deplasare în plan vertical a unei tije metalice (11) racordată printr-un dispozitiv (15) de prindere și ghidare la un sistem (C) de prindere al unor probe (2), permițând introducerea probelor (2) într-un cuptor electric (1) și deplasarea acestora în zona de răcire a instalației, unde un sistem de răcire (D) comandat de tabloul de comandă și control (8) asigură răcirea controlată a probelor (2) și pulverizarea pulberilor corozive dozate controlat într-o țeavă de presiune (18) cu ajutorul unui sistem (E) de dozare, iar un sistem (F) de autodectare a degradărilor probelor măsoară la fiecare ciclu termic ariile degradate ale probelor, **caracterizată prin aceea că** sistemul (A) de încălzire se află în legătură cu un sistem (C) de prindere al probelor care este alcătuit dintr-un termocuplul (13) de tip K introdus într-o teacă (12) metalică, racordat la tija metalică (11) prin dispozitivul (15) de prindere și ghidare, fixat prin strângere cu două șuruburi, șaibe și piulițe între probele (2) aduse de sistemul (B) de deplasare în zona de răcire a instalației, unde fluxul de gaze cu particule corozive ce trece prin țeava (18) de presiune prevăzută cu două capete diametral opuse, orientate perpendicular pe suprafața probelor (2) de testare impactează suprafața probelor (2) până când temperatura acestora atinge de 24°C. 3
2. Instalație automatizată pentru testare la șoc termic, oxidare și coroziune a acoperirilor cu rol de barieră termică, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** sistemul (E) de dozare al pulberilor corozive permite dozarea a trei grame de pulberi corozive dintr-un recipient (20) cu capac în țeava (18) de presiune prin deschiderea cu cinci grade, timp de o secundă și închiderea unui robinet (21) de tip fluture acționat de un servomotor (22) comandat de tabloul de comandă și control (8) în momentul în care probele (2) sunt aduse de sistemul (B) de deplasare în zona de răcire a instalației. 5
3. Instalație automatizată pentru testare la șoc termic, oxidare și coroziune a acoperirilor cu rol de barieră termică, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** sistemul (F) de autodectare cu camerele video (24, 24') poziționate în dreptul suprafețelor probelor (2), achiziționează imagini ale suprafețelor probelor înainte de testare și după fiecare ciclu de răcire, pe care le transmite la tabloul de comandă și control (8) unde sunt procesate utilizând tehnica binarizării în vederea măsurării ariei totale a pixelilor albi și negri asociați suprafețelor acoperite și respectiv, suprafețelor exfoliate sau neacoperite, până când nivelul de degradare atinge 20% din suprafața totală a acoperirii, moment în care se acționează automat oprirea testării. 7

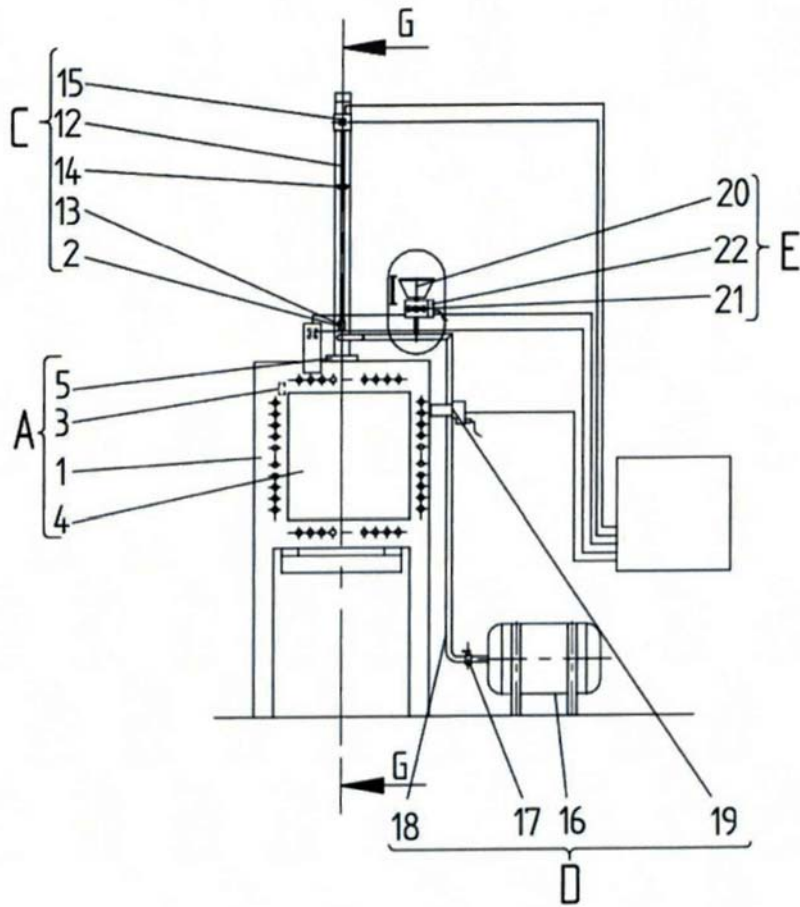


Fig. 1

(51) Int.Cl.

G01N 3/60 (2006.01),

G01N 25/72 (2006.01)

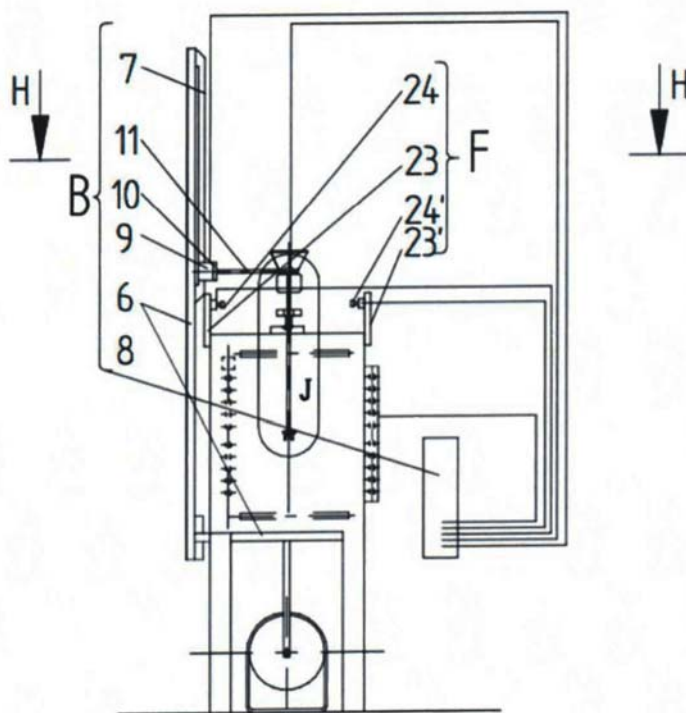


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G01N 3/60 (2006.01);

G01N 25/72 (2006.01)

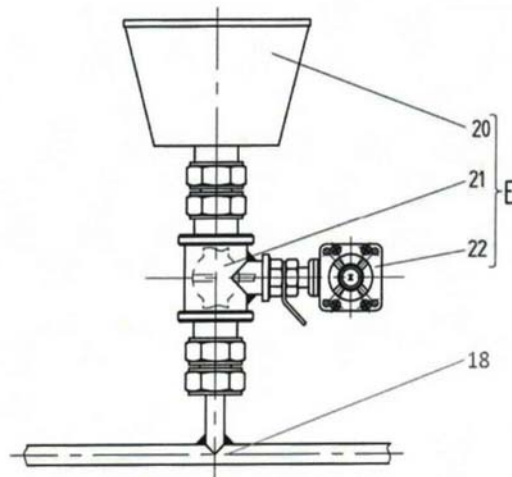


Fig. 3

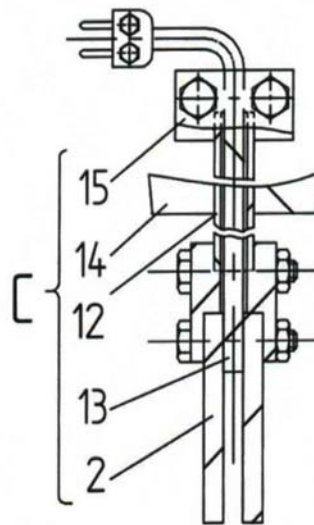


Fig. 4

