



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00025**

(22) Data de depozit: **12/01/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/08/2019** BOPI nr. **8/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/05/2016 BOPI nr. **5/2016**

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

(72) Inventatori:
• **CARLANESCU RAZVAN,**
*STR. DRUMUL TABEREI NR. 14, BL. B3,
SC. 1, AP. 19, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;*
• **PRISECARU TUDOR,**
*STR. RADU POPESCU NR. 17, BL. 24A,
SC. 2, AP. 63, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,
RO;*
• **SILIVESTRU VANENTIN,**
*STR. DORNEASA NR. 16, BL. P58, SC. 2,
ET. 3, AP. 59, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,
RO;*

• **PRISECARU MALINA MIHAELA,**
*STR. RADU POPESCU NR. 17, BL. 24A,
SC. 2, AP. 63, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,
RO;*
• **SANDU CORNEL,** *BD.ION MIHALACHE
NR.164, BL.2 PRIM, SC.A, ET.6, AP.27,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;*
• **TECU VLAD,** *ALEEA MOINEȘTI NR. 7,
BL. I 22, SC. 5, AP. 73, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;*
• **CARLANESCU CRISTIAN,**
*BD. ȘTEFAN CEL MARE NR. 224, BL. 43,
SC. 1, ET. 5, AP. 14, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO*

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**RO 110090 B1; EP 0741849 A1;
EP 0199534 A1**

(54) **CAMERĂ DE ARDERE CU PREAMESTEC ȘI TURBIONARE**



RO 131144 B1

1 Invenția se referă la o cameră de ardere cu preamestec și turbionare, folosită în
2 domeniul turbomotoarelor cu gaze cu combustibili gazoși, în special în care gazele
3 combustibile sunt amestecuri de gaze cu viteze de ardere ridicate, de exemplu hidrogenul.

4 Se cunoaște o cameră de ardere cu preamestec parțial pentru combustibili gazoși,
5 destinată echipării turbomotoarelor, conform documentului **RO 110090 B1**. Intrarea aerului
6 primar în camera de ardere se face prin niște secțiuni ale capului unui tub de foc, care este
7 format dintr-un perete al zonei primare, dintr-un dispozitiv de turbionare și dintr-un dispozitiv
8 de injecție preamestecare situat la interior în partea central axială. Intrarea aerului primar se
9 mai face și prin niște orificii sau fante de recirculare, precum și prin niște orificii de aport
10 global. O parte a aerului pătrunde prin niște secțiuni, distribuindu-se prin niște fante de
11 turbionare, niște orificii de amestec și turbionare, niște canale de turbionare și amestec, și
12 printr-un canal inelar de amestec. O parte a aerului preamestecat cu combustibilul părăsește
13 canalul inelar, iar o altă parte pătrunde prin ejecție prin niște orificii sau direct în canalul de
14 turbionare și amestec, și în fantele de turbionare. Combustibilul gazos pătrunde în
15 dispozitivul de injecție preamestecare printr-un canal unic sau două canalizații separate, iar
16 în continuare, acest combustibil se împarte în combustibil principal ce pătrunde în zona de
17 ardere prin niște orificii înclinate și un orificiu central axial, și în combustibil de preamestec
18 ce pătrunde către aerul din canalele de turbionare, inelar, de amestec sau de turbionare, și
19 amestec printr-un canal inelar și/sau printr-o fantă de reglaj și echilibrare, și prin niște orificii
20 sau fante.

21 Sunt cunoscute camere de ardere cu stabilizare prin turbionare, cu turbionatoare
22 clasice, cu secțiune inelară elicoidală constantă, în care jetul turbionat are caracteristica
23 compactă, combustibilul fiind injectat în centrul jetului de aer turbionat, dezavantajul fiind că
24 produc noxe relativ mari datorită amestecului ce se face gradual în zona primară a tubului
25 de foc.

26 Sunt cunoscute, de asemenea, camere de ardere cu preamestec parțial cu
27 turbionatoare clasice, în care o parte din combustibilul gazos se injectează în canalul de
28 turbionare. Dezavantajul constă în secțiunile constante ale turbionatorului, și în cazul folosirii
29 amestecurilor de combustibili gazoși cu viteza mare de ardere, de exemplu hidrogenul,
30 existând posibilitatea de producere a returului de flacără, cu distrugere prin supraîncălzire
31 și topire.

32 Sunt cunoscute și camere de ardere cu răcirea pereților tubului de foc prin metoda
33 efuziei (orificii dese cu diametru foarte mic). Dezavantajul constă în faptul că, în zona primară
34 a camerei de ardere, în cazul stabilizării clasice, zona răcită a pereților tubului de foc, care
35 se situează în acest caz practic în stratul limită, este spălată de gaze de ardere cu ardere
36 incompletă, contactul cu zona rece înghețând reacția chimică, care produce, prin consecință,
37 noxe.

38 Sunt cunoscute și sisteme de ardere cu preamestec, cu jeturi combinate aer gaze
39 combustibile, în sistem pelicular, mai răspândite la postcombustie, aplicarea lor la camere
40 de ardere necesitând sisteme de stabilizare suplimentare, ceea ce reprezintă un dezavantaj.

41 Problema tehnică obiectivă pe care o rezolvă invenția, constă în admisia în camera
42 de ardere atât a combustibilului, cât și a aerului necesar arderii.

43 Camera de ardere cu amestec și turbionare, conform invenției, rezolvă problema
44 tehnică menționată și înlătură dezavantajele menționate anterior, prin aceea că turbionatorul
45 este prevăzut cu niște pale elicoidale care formează niște canale elicoidale evazate de
46 curgere care se îngustează spre aval și niște ajutaje convergente care formează, la ieșire,
47 jeturi de turbionare cu unghiuri față de direcția axială, orificiile turbionatorului fiind poziționate
48 pe mai multe rânduri (h_1, h_2, h_x), secțiunea acestora micșorându-se treptat în direcția de

RO 131144 B1

curgere dinspre amonte spre aval după relația $h_x=0,5x(\text{secțiunea } h_{(x-1)})$, cu niște canale practicate prin toate palele turbionatorului care comunică cu niște orificii înclinate după un unghi, jetul de amestec aer-gaze combustibile intersectându-se cu jeturi de aer ce pătrund prin niște canalizații practicate la extremitatea aval a unei piese de centrare a turbionatorului, pentru admisia unei părți a aerului în zona primară fiind practicate, pe peretele frontal, niște orificii alungite aliniate după o axă înclinată în aceeași direcție și după unghiul cu care ies jeturile de turbionare din ajutajele convergente, o altă parte a aerului pătrunzând prin niște orificii circulare practicate perpendicular pe suprafața peretelui frontal, raportul între diametrul orificiilor și grosimea peretelui frontal al zonei primare fiind $o/p = 0,25...0,5$, orificiile circulare fiind înclinate în secțiune transversală cu unghiul cu care ies jeturile de turbionare din ajutajele convergente, pe direcție opusă jeturilor de turbionare, raportul între diametrul orificiilor și grosimea peretelui circular al zonei primare fiind $s/r = 0,25...1,0$.

Camera de ardere cu preamestec și turbionare, conform invenției, este formată dintr-o carcasă exterioară, un sistem de injecție, un sistem de aprindere cu bujie și un tub de foc, terminat în aval cu o zonă secundară de diluție.

Sistemul de injecție alimentează cu combustibil gazos un turbionator care este ghidat de o piesă de centrare a turbionatorului. Piesa de centrare a turbionatorului face corp comun cu peretele frontal al zonei primare a camerei de ardere, care se continuă cu un perete cilindric al zonei primare a camerei de ardere, în continuarea fiind zona secundară de diluție a camerei de ardere.

Turbionatorul este format la exterior de niște palete elicoidale care sunt dispuse pe direcție axială de curgere, de grosime minimă constantă pe înălțime și care formează niște canale elicoidale evazate de curgere, cu lățimea mică la bază și lățimea mare la vârf. Canale elicoidale se îngustează monoton spre aval, formând niște ajutaje convergente cu secțiune plan paralelă, formând la ieșire jeturi ce ies cu un unghi față de direcția axială, formând niște jeturi de turbionare. Jeturile de turbionare produc stabilizarea flăcării prin recirculare de gaze. Ajutajele convergente nu permit returul de flacără, datorită secțiunii minime, în special când sunt folosite gaze combustibile cu viteze mari de ardere, cum ar fi hidrogenul. Secțiunile plan paralele ale ajutajelor permit separarea jeturilor de turbionare, la care, prin spațiile dintre jeturile de turbionare este posibil aportul de aer, sau de amestec aer combustibil, fiind creată astfel posibilitatea de stabilizare în spații mai mici și la temperaturi mai scăzute, deci cu reduceri de emisii poluante, în special NO_x .

Alimentarea cu gazele combustibile se face prin pătrunderea acestora printr-un canal interior al turbionatorului și, mai departe, în fluxul de aer, prin niște orificii poziționate pe centru și la baza fiecărui canal de curgere, pe mai multe rânduri, secțiunea acestor orificii micșorându-se monoton în direcția de curgere dinspre amonte spre aval, respectând legea: secțiunea următorului rând de găuri este la jumătate din secțiunea primului rând. Această dispunere și această lege fac posibilă amestecarea optimă a aerului cu gazele combustibile prin asigurarea penetrației jeturilor de combustibil, maxim în amonte și minim în aval.

O altă parte din gazele combustibile, în proporție de maximum 10% din total, sunt distribuite prin niște canale practicate prin toate paletele turbionatorului, canale ce comunică cu niște orificii înclinate în direcția și după unghiul jeturilor principale de gaze de amestec aer combustibil, intersectându-se apoi cu niște jeturi de aer ce pătrund prin canalizații practicate la extremitatea aval a piesei de centrare a turbionatorului. Acest aport de amestec permite o alimentare parțială suplimentară a jeturilor de turbionare, ducând la îmbunătățirea caracteristicilor de stabilizare.

RO 131144 B1

1 Pentru admisia unei alte părți a aerului în zona primară a camerei de ardere, sunt
practicate, pe peretele frontal al zonei primare, niște orificii alungite, aliniate după o axă care
3 începe la diametrul minim al peretelui frontal, de la jumătatea distanței între ajutajele
convergente, axa fiind înclinată în aceeași direcție și după unghiul de ieșire al jeturilor de
5 turbionare din ajutajele convergente. Acest aport de aer permite alimentarea parțială cu
oxigen în stratul limită al jeturilor de turbionare, evitându-se formarea locală de amestecuri
7 bogate.

9 O altă parte a aerului pătrunde prin niște orificii circulare mici, practicate
perpendicular pe suprafața peretelui frontal al zonei primare, raportul între diametrul orificiilor
și grosimea peretelui frontal al zonei primare fiind cuprins între 0,25...0,5. Acest mod de
11 perforare, de regulă executat prin găurire laser, are avantajul permiterii trecerii unui debit mic
de aer, cu penetrare mică, pentru a asigura o ușoară răcire a peretelui și evitarea depunerilor
13 carbonoase.

15 O altă parte a aerului pătrunde prin niște orificii circulare mici, practicate pe peretele
circular al zonei primare, acestea fiind înclinate, în secțiune transversală, cu unghiul cu care
ies jeturile de turbionare din ajutajele convergente, dar curgerea se realizează în direcția
17 opusă acestora, raportul între diametrul orificiilor și grosimea peretelui circular al zonei
primare fiind cuprins între 0,25...1,0. Acest fel de dispunere și înclinare scoate răcirea prin
19 efuzie din zona stratului limită, eliminând posibilitatea înghețării reacțiilor chimice. Efectul de
răcire al pereților, mai mic în acest caz, este permis datorită posibilității de stabilizare de
21 flacără la temperaturi mult mai mici decât în cazurile clasice în zona primară a tubului de foc.

23 Soluțiile constructive prezentate conduc la caracteristici superioare de funcționare,
deoarece secțiunile axial elicoidale de curgere prin turbionator formează ajutaje convergente,
viteza la ieșire din aceste ajutaje fiind superioară vitezei de ardere, în toate regimurile de
25 funcționare ale camerei de ardere, eliminându-se astfel riscul fenomenului de întoarcere de
flacără. Amestecul aer combustibil gazos, cu dozaj sărac, este distribuit pe direcție axială,
27 în canalele de curgere ale turbionatorului, printr-o succesiune de orificii cu diametre monoton
descrescătoare în direcția aval, dimensionarea lor fiind făcută astfel ca penetrația jeturilor
29 de combustibil să fie maximă în amonte și minimă în aval. Această dispunere permite ca, în
secțiunea de ieșire din turbionator, amestecul aer combustibil gazos să fie uniform, condițiile
31 de ardere fiind îndeplinite, iar arderea are loc în jeturi omogene, ducând la scăderea cantității
de noxe emise. Ajutajele convergente la ieșirea din turbionator produc jeturi de turbionare,
33 înclinate radial și axial cu unghiuri care să permită stabilizarea optimă a flăcării. Aceste jeturi,
de formă caracteristică a jeturilor de fante paralelogram alungite, sunt separate între ele,
35 permițând astfel, în procesul de turbionare, să primească, prin efect de ejecție, aport de aer
și amestec aer combustibil, pentru optimizarea dozajului optim. Această optimizare se
37 produce prin aport de amestec aer combustibil și se produce prin amestecul de aer și
combustibil produs de intersecția jeturilor de combustibil livrat de orificiile de combustibil
39 înclinate la unghiul fantelor de ieșire din turbionator cu jeturile de aer radiale. Un aport
suplimentar minim de aer se produce prin ejecție de aerul ce pătrunde prin porțiunea frontală
41 a tubului de foc prin orificii perpendiculare pe peretele tubului de foc. Orificiile dese cu
diametre mici au și rolul suplimentar de eliminare a unei zone de stagnare ce poate produce
43 depuneri carbonoase și supraîncălziri. În zona cilindrică a zonei primare a tubului de foc,
zona spălată de jeturile de turbionare, sunt practicate orificii dese cu diametre mici, înclinate
45 radial la unghiul de ieșire din fantele turbionatorului. Acest fel de dispunere și înclinare
scoate răcirea prin efuzie din zona stratului limită, eliminând posibilitatea înghețării reacțiilor
47 chimice. Efectul de răcire al pereților, mai mic în acest caz, este permis datorită posibilității
de stabilizare de flacără la temperaturi mult mai mici decât în cazurile clasice în zona primară

RO 131144 B1

a tubului de foc. Combinația celor de mai sus permite funcționarea cu amestecuri de gaze combustibile cu viteze mari de ardere, rezultând emisii de noxe reduse, și permite micșorarea dimensiunilor tubului de foc. Soluția poate fi folosită în orice domeniu în care este nevoie de arderea combustibililor sau amestecurilor de combustibili cu viteze mari de ardere, de exemplu hidrogen, în special în domeniul camerelor de ardere și postcombustie ale turbomotoarelor cu gaze industriale și aeroderivative.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1...12, care reprezintă:

- fig. 1, vedere 3D parțial secționată cameră de ardere cu preamestec și turbionare; 9
- fig. 2, secțiune longitudinală a camerei de ardere din fig. 1; 3
- fig. 3, detaliu din fig. 2; 11
- fig. 4, detaliu în vedere izometrică a reperului **B** din fig. 3; 13
- fig. 5, vedere laterală a reperului **B** din fig. 4; 13
- fig. 6, vedere frontală pe direcția **A** din fig. 5; 15
- fig. 7, vedere frontală izometrică pe direcția **B** din fig. 5; 15
- fig. 8, secțiune după planul **C-C** din fig. 7; 17
- fig. 9, secțiune, cu detalii nereprezentate, după planul **D-D** din fig. 3; 17
- fig. 10, secțiune după planul **D-D** din fig. 3; 19
- fig. 11, detaliul **E** din fig. 10; 19
- fig. 12, detaliul **F** din fig. 10. 19

Camera de ardere cu preamestec și turbionare, conform invenției, este formată dintr-o carcasă exterioară, un sistem de injecție **A**, un sistem de aprindere cu bujie și dintr-un tub de foc terminat în aval cu o zonă secundară de diluție. Sistemul de injecție **A** alimentează cu combustibil gazos un turbionator **B**, format la exterior de niște palete elicoidale **1**, care sunt dispuse pe direcție axială de curgere, de grosime minimă **a**, constantă pe înălțime și care formează niște canale elicoidale evazate de curgere, cu lățimea mică **b** la bază și lățimea mare **c** la vârf, care se îngustează monoton spre aval, formând niște ajutaje convergente **d**, cu secțiune plan paralelă de lățime **e** formând, la ieșire, jeturi cu unghiuri α față de direcția axială și formând niște jeturi de turbionare **f**. Alimentarea cu gazele combustibile se face prin pătrunderea acestora printr-un canal interior **g** al turbionatorului **B** și, mai departe, în fluxul de aer prin niște orificii **h** poziționate pe centru și la baza fiecărui canal de curgere, pe mai multe rânduri h_1, h_2, h_x , secțiunea lor micșorându-se monoton în direcția de curgere dinspre amonte spre aval după legea: secțiunea $h_2 = 0,5x$ (secțiunea h_1), $h_x = 0,5x$ (secțiunea $h_{(x-1)}$). O altă parte din gazele combustibile, în proporție de maximum 10% din total, sunt distribuite prin niște canale **i** practicate prin toate paletele **1** turbionatorului **B**, care comunică cu niște orificii **j** înclinate în direcția și după unghiul α , jetul de amestec aer gaze combustibile intersectându-se cu jeturi de aer ce pătrund prin niște canalizații **l** practicate la extremitatea aval a unei piese **C** de centrare a turbionatorului **B**. Pentru admisia unei alte părți ale aerului în zona primară a camerei de ardere, sunt practicate, pe peretele frontal al zonei primare **D**, niște orificii alungite **m** aliniate după o axă care începe la diametrul minim al peretelui frontal, de la jumătatea distanței între ajutajele convergente **d**, axa fiind înclinată în aceeași direcție și după unghiul α cu care ies jeturile de turbionare **f** din ajutajele convergente **d**. O altă parte a aerului pătrunde prin niște orificii circulare mici **n**, practicate perpendicular pe suprafața peretelui frontal al zonei primare **D**, raportul între diametrul **o** al orificiilor **n** și grosimea **p** a peretelui frontal al zonei primare fiind $o/p = 0,25...0,5$. O altă parte a aerului pătrunde prin niște orificii circulare mici **r**, practicate pe peretele circular al zonei primare **E**, fiind înclinate, în secțiune transversală, cu unghiul α cu care ies jeturile de turbionare **e** din ajutajele convergente **f**, pe direcție opusă jeturilor de turbionare **f**, raportul între diametrul **s** al orificiilor **r** și grosimea **p** a peretelui circular al zonei primare fiind $s/r = 0,25...1,0$.

RO 131144 B1

1

Revendicare

3

Cameră de ardere cu preamestec și turbionare alcătuită dintr-un sistem de injecție (A) care alimentează cu combustibil gazos un turbionator (B) aflat în legătură cu un perete frontal (D) al unei zone primare (E) care este prevăzută cu niște orificii (r) circulare pentru admisia unei părți a aerului necesar arderii, alimentarea cu gazele combustibile făcându-se prin pătrunderea acestora printr-un canal interior (g) al turbionatorului (B) și, mai departe, în fluxul de aer prin niște orificii (h), **caracterizată prin aceea că** turbionatorul (B) este prevăzut cu niște pale elicoidale (1) care formează niște canale elicoidale evazate de curgere, care se îngustează spre aval, și niște ajutaje convergente (d) care formează la ieșire jeturi de turbionare (f) cu unghiuri (α) față de direcția axială, orificiile (h) turbionatorului (B) sunt poziționate pe mai multe rânduri (h_1, h_2, h_x), secțiunea lor micșorându-se treptat în direcția de curgere dinspre amonte spre aval după relația $h_x = 0,5x$ (secțiunea $h_{(x-1)}$), cu niște canale (i) practicate prin toate palele (1) turbionatorului (B) care comunică cu niște orificii (j) înclinate în direcția și după unghiul (α), jetul de amestec aer-gaze combustibile intersectându-se cu jeturi de aer ce pătrund prin niște canalizații (l) practicate la extremitatea aval a unei piese (C) de centrare a turbionatorului (B), pentru admisia unei părți a aerului în zona primară (E), fiind practicate, pe peretele frontal (D), niște orificii alungite (m), aliniate după o axă (d) înclinată în aceeași direcție și după unghiul (α) cu care ies jeturile de turbionare (f) din ajutajele convergente (d), o altă parte a aerului pătrunzând prin niște orificii circulare (n), practicate perpendicular pe suprafața peretelui frontal (D), raportul între diametrul (o) orificiilor (n) și grosimea (p) peretelui frontal al zonei primare fiind $o/p = 0,25 \dots 0,5$, orificiile (r) circulare fiind înclinate în secțiune transversală cu unghiul (α) cu care ies jeturile de turbionare (f) din ajutajele convergente (d), pe direcția opusă jeturilor de turbionare (f), raportul între diametrul (s) orificiilor (r) și grosimea (p) peretelui circular al zonei primare fiind $s/r = 0,25 \dots 1,0$.

5

7

9

11

13

15

17

19

21

23

25

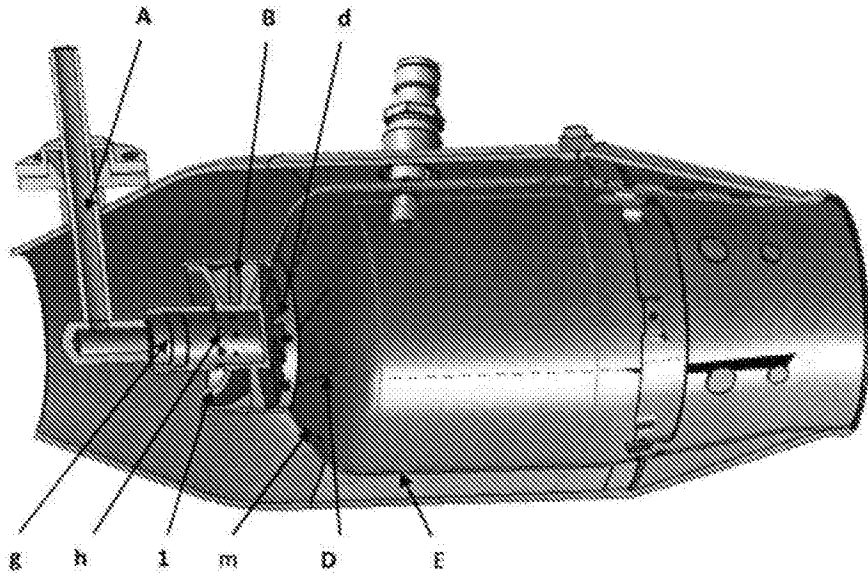


Fig. 1

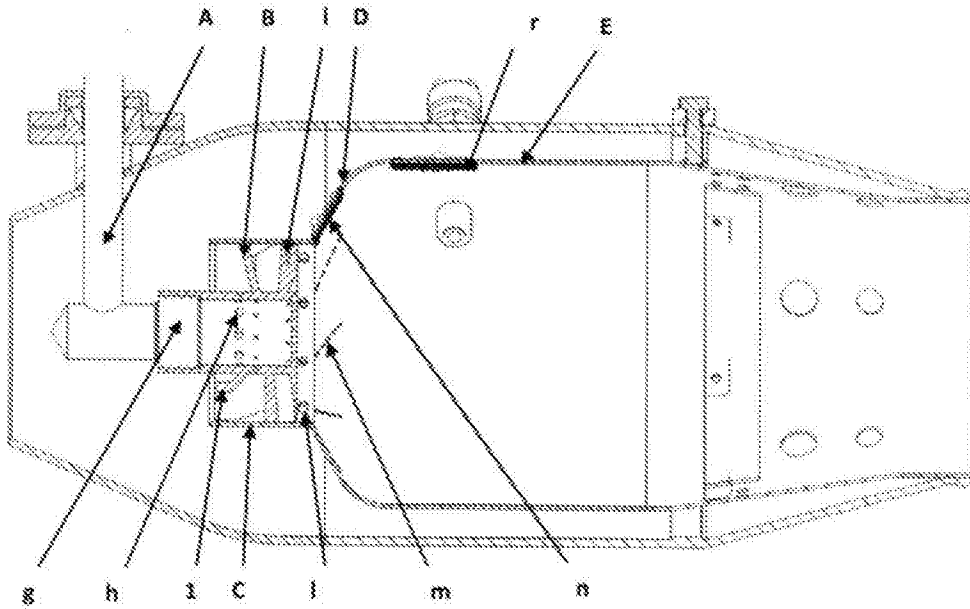


Fig. 2

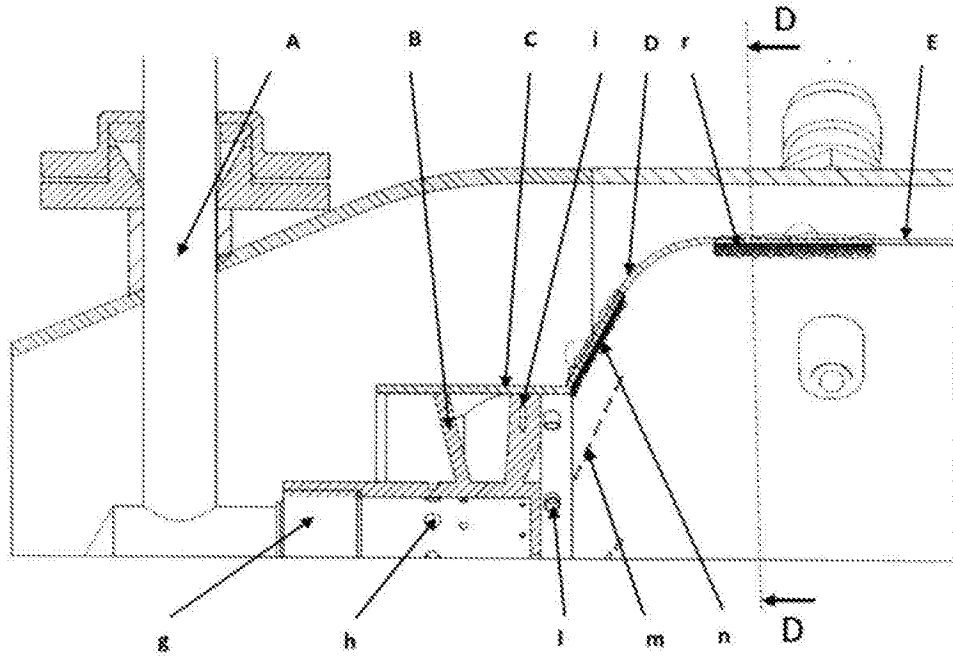


Fig. 3

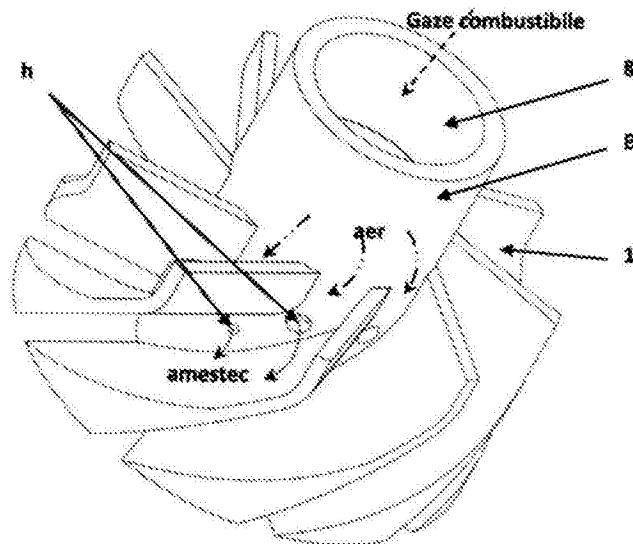


Fig. 4

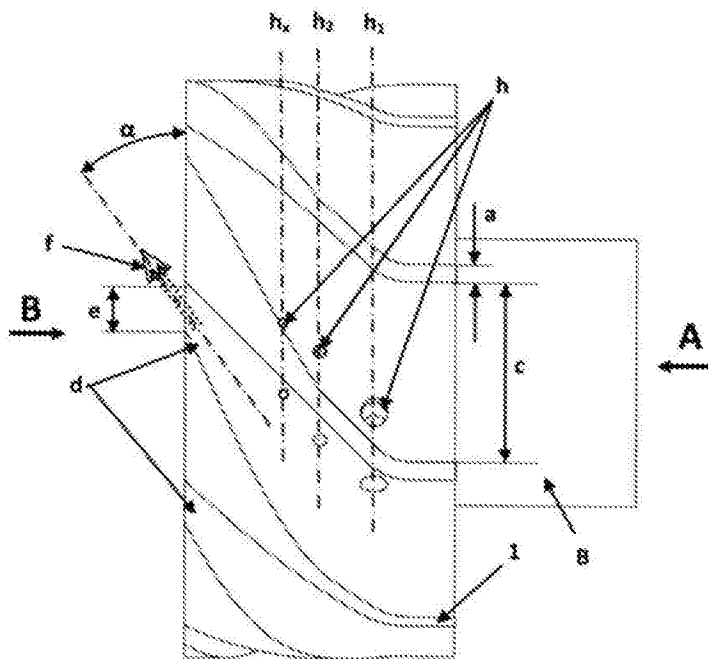


Fig. 5

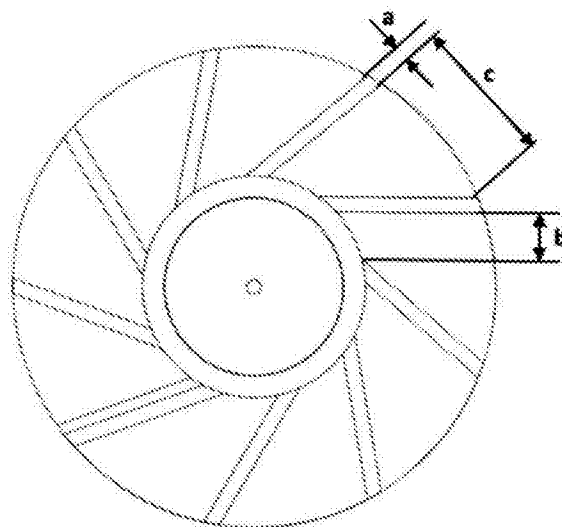


Fig. 6

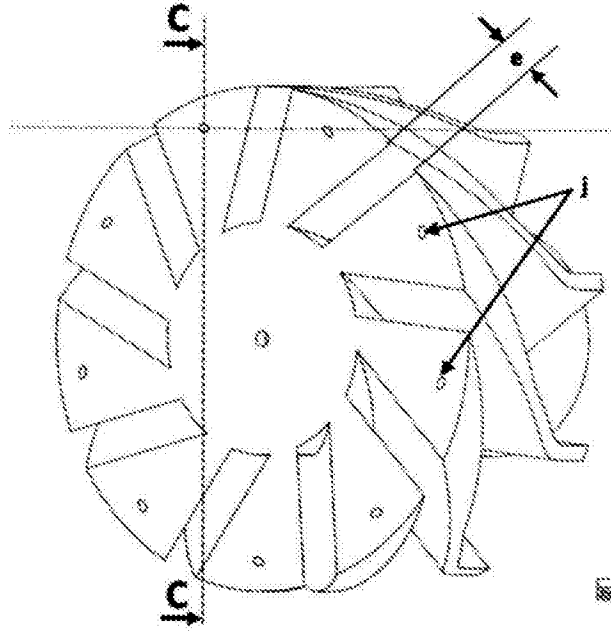


Fig. 7

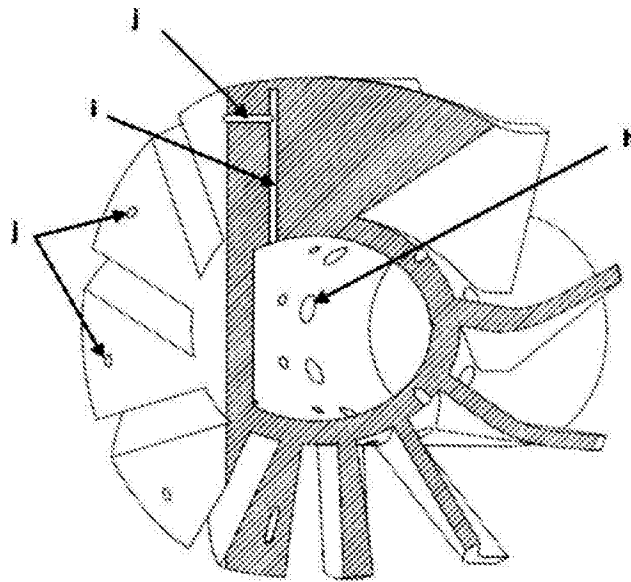


Fig. 8

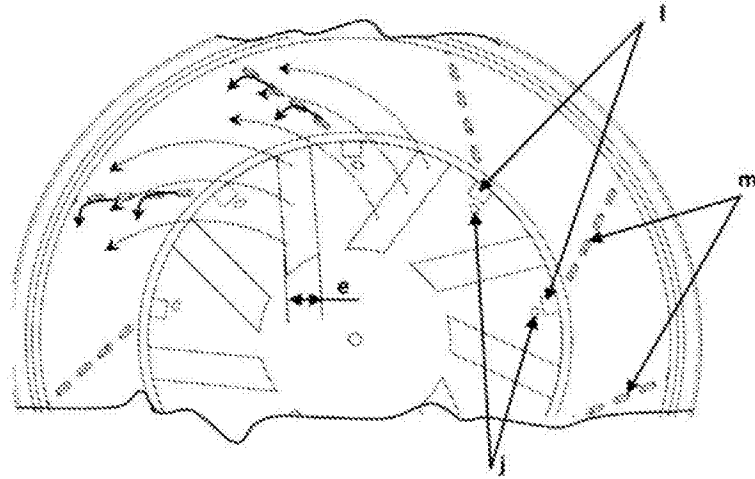


Fig. 9

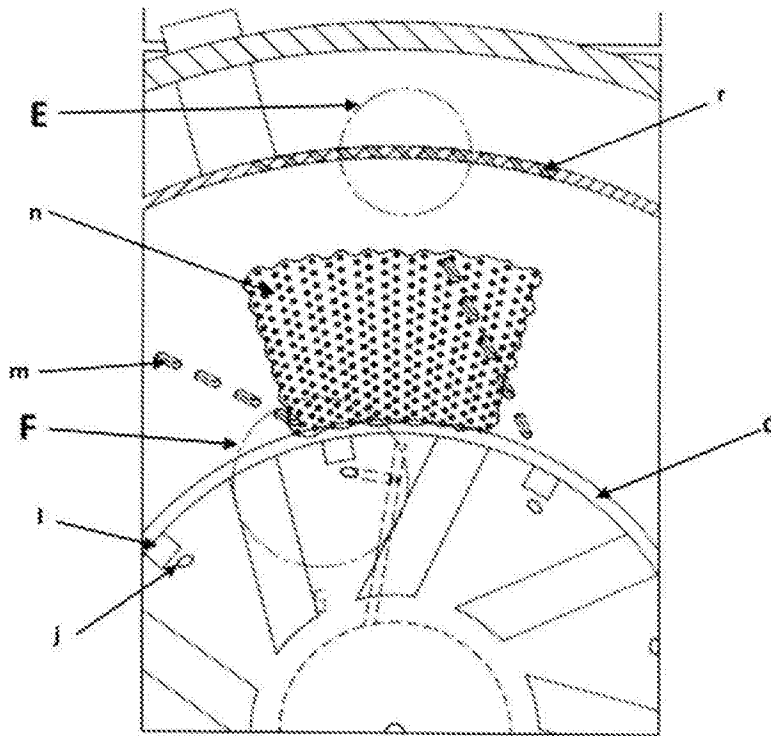


Fig. 10

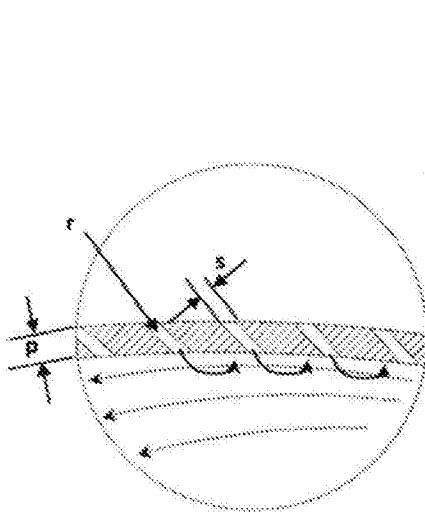


Fig. 11

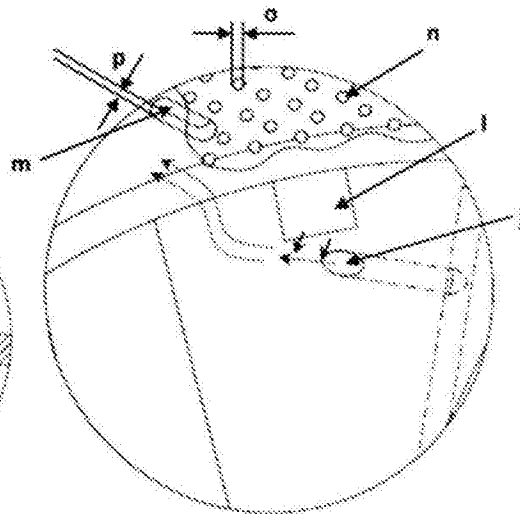


Fig. 12