



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00914

(22) Data de depozit: 26/01/2015

(41) Data publicării cererii:
30/05/2018 BOPI nr. 5/2018

(71) Solicitant:
• RUGESCU DRAGOȘ RADU DAN,
STR. PICTOR OCTAV BĂNCILĂ NR. 18,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• RUGESCU DRAGOȘ RADU DAN,
STR. PICTOR OCTAV BĂNCILĂ NR. 18,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(54) MOTOR RACHETĂ ȘI METODĂ DE COMBUSTIE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un motor rachetă destinat aplicațiilor spațiale și comerciale. Motorul conform invenției este alcătuit dintr-o cameră (17) de ardere în care combustia autosusținută a unui propulsant (19) solid, având forma unuia sau mai multor calupuri, este intensificată amplasând pe o chiulasă (4) de injecție unul sau mai multe injectoare (9) prin care este pompat în camera (17) de ardere un debit suplimentar de combustibil în fază lichidă sau gazoasă, necombustibil și neautopropulsant, dozajul debitului de combustibil care induce mărirea impulsului specific fiind asigurat printr-un dispozitiv (16) de presurizare a combustibilului într-un rezervor (8).

Revendicări: 4
Figuri: 2

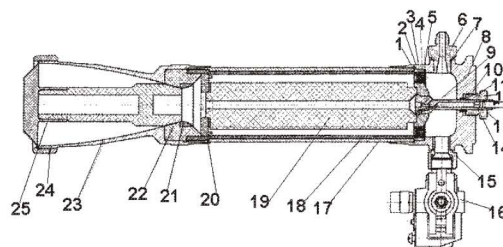
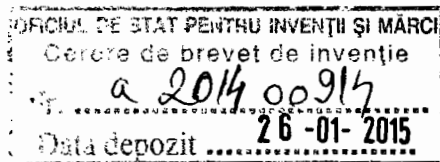


Fig. 2





18

Descrierea invenției

referitoare la cererea de brevet cu titlul "*Motor rachetă și metodă de combustie*" solicitat de Dragoș Radu Dan Rugescu, inventator.

Este cunoscut faptul că motoarele rachetă chimice actuale sunt alcătuite din camera de ardere în care se produce combustia materialelor propulsante solide, lichide, gazoase sau hibride, după starea de agregare în care se păstrează respectivii propulsanți în chiar camera de combustie sau în rezervoare atașate acestora și din unul sau mai multe ajutaje reactive de accelerare a produselor de combustie realizate în camera de ardere. Spre a asigura o eficiență propulsivă ridicată, motorul este proiectat spre a asigura produse de combustie gazoase cu masă moleculară redusă, cu energie totală internă și presiune ridicate ce le induce energie cinetică în ajutor spre a produce un impuls specific ridicat, cu un necesar minim de structură de rezistență a rezervoarelor pentru găzduirea propulsantului la bordul vehiculului de zbor. Cerința unor presiuni relativ mari în camera de ardere implică folosirea unui sistem de alimentare în cazul propulsanților lichizi sau gazoși, sistem ce condiționează structura rezervoarelor, adică a corpului rachetei, astfel încât motorul propriuzis și racheta formează un ansamblu inseparabil denumit motor rachetă.

Motoarele rachetă cu propulsant solid-MRS sunt alcătuite din ajutaje și cameră de ardere cu funcțiunea dublă de combustor și rezervor pentru autopropulsatul solid, racheta și motorul fiind inseparabile. Motorul rachetă cu propulsant solid are propulsantul dispus direct în interiorul camerei de ardere într-unul sau mai multe calupuri cu diferite forme geometrice, forme ce guvernează debitul produs prin autocombustia propulsantului solid. Deși constructiv simple, dezavantajul principal al motoarelor cu solid decurge din cantitatea insuficientă de elemente chimice oxidante ce pot fi înglobate în propulsantul solid, oricare ar fi acesta (omogen sau coloidal, eterogen, plastic etc), ceea ce nu permite extragerea întregii energii chimice disponibile prin oxidarea violentă a elementelor chimice carburante majoritar prezente în compoziția propulsantului. Avantajul simplității constructive și a pornirii rapide este astfel diminuat de energia chimică limitată degajată în procesul de combustie. Alt dezavantaj major îl constituie nivelul ridicat al presiunii de combustie necesară pentru ca aceasta să rămână stabilă, ceea ce antrenează o masă ridicată a structurii de rezistență a motorului și rachetei cu solid în general.

Construcțiile cunoscute de MRL, deși permit introducerea în camerele de ardere a combinațiilor de comburant-carburant lichizi în rapoarte globale optime, cu mase moleculare reduse și conținut energetic înalt, sunt totuși însoțite de considerabile pierderi de eficiență din cauza amestecării incomplete a oxidantului și carburantului, cu atât mai mult în cazul propulsanților lichizi autoinflamabili (hipergolici). Aceste pierderi în eficiența combustiei se pot ridica la aproape 10% și provin din faptul că particulele de oxidant și carburant încep combustia înainte de amestecarea omogenă în raportul optim.

În încercarea de a se spori eficiența propulsivă se folosesc limitat motoarele rachetă hibride-MRH, în care combustia se produce între combinații de carburanți puri și comburanți puri, stocați în stări de agregare opuse. De regulă carburantul pur este solid iar comburantul este lichid. Utilizându-se carburanți puri, ce astfel nu pot arde singuri, este necesară pulverizarea pe suprafața acestora a unui comburant. Din acest motiv, în momentul în care furnizarea lichidului încetează, combustia se oprește, ceea ce constituie un avantaj privind controlul tracțiunii, anulat însă de dezavantajul major constând în gazeificarea și amestecarea incompletă a reactanților, ceea ce reduce deosebit de mult eficiența combustiei, uneori sub 50% și produce de asemenea o puternică instabilitate a arderii, ce antrenează variații mari și rapide de tracțiune. Alt dezavantaj îl constituie nivelul redus al vitezei de consum a solidului, denumită viteză de regresie, și în consecință nivelul redus al tracțiunii extensive a motorului rachetă hibrid. Motorul rachetă combinat, în care se utilizează mediul exterior ca parte a propulsantului, respectiv aer drept oxidant (motoare aerorachetă) sau apă ca fluid de lucru (motoare hidrorachetă), are de asemenea dezavantaje.

Invenția propusă aici oferă noua metodă de sporire a eficienței combustiei autopropulsanților solizi prin pulverizarea, în zona de curgere a produselor de combustie fierbinți dar incomplet arse degajate de autopropulsantul cu insuficient oxigen, sau chiar în zona combustiei din camera de ardere, a unui comburant suplimentar volatil, precum și soluția constructivă superioară de organizare a motorului rachetă compus (MRC), care conduce la o combustie completă, și astfel la o eficiență maximă a extragerii energiei chimice prin combustie, eliminând, pe o cale simplă, neajunsul principal al tuturor autopropulsanților solizi pentru motoare rachetă, anume deficitul major și inevitabil de oxigen și/sau elemente chimice comburante. Comburentul lichid asigură necesarul de elemente oxidante și antrenează un proces de supracombustie rapidă și totală a elementelor reducătoare, până la transformarea integrală a acestora în produse de combustie completă, datorită temperaturii mult mai ridicate de combustie, cu până la 1000C peste valorile proprii autopropulsanților și a caracterului complet gazeificat al reactanților, ceea ce ameliorează considerabil gradul de amestec.

Combustia completă este asigurată prin buna amestecare a fluidului de lucru produs de autopropulsantul solid cu vaporii comburantului lichid volatil, ambele fiind complet pregazeificate și supraîncălzite, inclusiv subprodusele de combustie incompletă monoxid de carbon, hidrogen molecular și alte specii reducătoare și prin alocarea unui suficient de mare timp de combustie prin dimensionarea potrivită a volumului liber al camerei de ardere. Ca rezultat, apar numai produse de ardere cu o compoziție cvasi-stoichiometrică. Se realizează astfel extracția aproape totală de energie chimică din propulsant și se asigură livrarea unui impuls specific superior. Păstrarea masei de lichid comburant la temperaturi normale permite construirea unei structuri a rezervorului mai ușoară decât cea a camerei de ardere și astfel raportul de masă am MRC devine superior MRS echivalent. Raportul de masă mai mare decât al MRS echivalent contribuie mai departe la o eficiență propulsivă superioară a MRC. Se adaugă reducerea la minim a emisiei de monoxid de carbon CO în gazele evacuate, realizând astfel un motor ecologic, cu o complexitate și cu costuri relativ reduse. Eficiența ridicată este însoțită și de valori ridicate ale forței de tracțiune extensive, datorată creșterii debitului prin aportul de oxidant și prin creșterea vitezei de consum a propulsantului. Totodată, presiunea minimă de combustie stabilă se reduce față de cazul propulsantului solid singur, permițând construcția unor camere de ardere ușoare, cu raport de masă avantajos. Masa redusă a camerei este deosebit de atractivă în aplicații cum sunt rachetele antigrindină. Acestea sunt avantajele noului tip de motor rachetă propus.

Deși construcția MRC conform invenției pare similară cu schema de amenajare a MRH, procesele de combustie din noul motor rachetă sunt cu totul diferite, având loc între produsele de ardere auto-gazeificate ale propulsantului solid și comburentul vaporizat, fiind eliminate complet etapele de gazeificare forțată a carburantului, tipice și foarte ineficiente în MRH.

Dacă MRC este proiectat să funcționeze la presiuni de supracombustie reduse sub limita de combustie a autopropulsantului solid singur, atunci prin oprirea admisiei de comburant lichid presiunea în camera de ardere scade și mai mult și combustia autopropulsantului singur se oprește. Astfel MRC asigură inclusiv oprirea simplă și sigură a tracțiunii, oferind aceleași avantaje de control ca și motoarele hibride, dar cu eliminarea dezavantajelor acestora din urmă.

În acest fel, noul tip de motor denumit MRC, conform invenției, utilizează două tipuri de componente propulsante: componenta solidă autopropulsantă, stocată direct în camera de ardere și componenta lichidă oxidantă, adusă din rezervorul propriu în camera de ardere printr-un sistem de alimentare. Atât componenta solidă cât și componenta lichidă pot însă conține atât elemente carburante cât și comburante, în proporții diferite, în funcție de tipul constituenților utilizați. În vreme ce componenta solidă conține totdeauna atât elementele carburante cât și o parte din cele oxidante necesare combustiei, sub forma unui autopropulsant solid, componenta lichidă conține preponderent elemente oxidante, pentru aducerea cantității totale de elemente oxidante la nivelul cerut de combustia completă.

Sporirea impulsului specific produsă prin utilizarea diferiților combustibili cunoscuți împreună cu autopropulsantul solid omogen tip PRTF-100, de fabricație românească, este reprodusă în figura 1. Pentru comparație, impulsul specific al propulsantului solid pur este reprezentat prin linia întreruptă orizontală din partea de jos. Valorile impulsului specific corespund unei presiuni de combustie de 40 bar și destindere în ajutor până la presiunea ambiantă. Cel mai mare spor de impuls specific, aproape 25%, este produs de oxigenul pur, cantitatea necesară de oxigen fiind de numai 25% din amestec, avantajos prin prizma eficienței masice a motorului, dar cu tracțiune extensivă redusă. Urmează ca eficacitate tetranitrometanul, substanță autodetonantă și periculoasă, apoi protoxidul de azot (oxidul nitros), care oferă un spor 15% de impuls specific și cel mai mare spor posibil de tracțiune extensivă, de peste 150%, datorită cantității mari de protoxid la combustie optimă. Din aceste motive protoxidul de azot se recomandă în cazurile în care mărimea tracțiunii extensive este importantă. Performanțe bune are acidul azotic 98%, un oxidant frecvent utilizat în tehnologia spațială. Apa oxigenată cu un spor redus de performanță nu este recomandată pentru MRC. Aceste argumente au condus la realizarea primei versiuni a MRC pentru investigații experimentale, conform descrierii din exemplul de mai jos, bazat pe utilizarea protoxidului de azot drept combustibil suplimentar în vederea creerii unui motor cu impuls specific și total superioare față de MRS echivalente, adică MRS cu același tip de propulsant și cu același volum al camerei de ardere.

Se cunoaște un singur brevet anterior privind o propunere de pulverizare a unui oxidant lichid în camera de ardere a unui motor cu propulsant solid, brevet datând din anul 1956 și datorat lui James Cumming (US2753801A). În nici-un caz funcțional, acel brevet implică un mecanism deficient de alimentare cu propulsant lichid, care nu poate sub nici o formă funcționa, datorită suprapresiunii insuficiente obținută prin autopresurizarea lichidului. Presiunea disponibilă la ieșirea din injectoarele laterale propuse de Cumming p_1 este egală cu presiunea din camera de combustie p_a minus pierderile semnificative acumulate de piston, datorate (1) frecării produse de garniturile inelare (21), care apasă puternic pe peretele lateral (11) și reprezintă 20÷30%, (2) pierderii de presiune în interstițiul din jurul pistonului (27) ~10% și (3) caderii de presiune din injectoarele (16) 10÷20%, toate însumând 40÷60% din p_a .

Presiunea disponibilă la ieșirea din injectoare rămâne la numai $p_1=(0.40\div0.60)p_a$. Pe de altă parte, pentru compozițiile chimice uzuale presiunea din colul tubului Venturi scade cu 30÷40% sub presiunea statică p_a , ca efect Venturi, deci până la $(0.60\div0.70)p_a$, dar peste presiunea critică, altfel ajutorul principal extern nu ar funcționa corect și pierderile acumulate în sistem ar crește inacceptabil. În concluzie, presiunea necesară la ieșirea din injectoare este $p_2=(0.60\div0.70)p_a$. Presiunea disponibilă a lichidului este deci sub cea necesară, adică $p_1 < p_2$ și astfel lichidul nu va curge niciodată de la presiuni mici la presiuni mari. Dizlocarea brevetată de Cumming în realitate nu funcționează. Mecanica fluidelor s-a dovedit din nou dificilă. Mai mult, în brevet nu se argumentează efectele injecției suplimentare de oxidant, care pot fi numai intuite, încât avantajele motorului propus de Cumming nu apar. Totuși acel concept a fost brevetat în Statele Unite ale Americii, deși nu a fost încercat experimental niciodată. Nu există de asemenea reveniri ulterioare cunoscute prin brevete la acest tip de motor combinat. MRC propus prin invenție înlătură toate aceste dezavantaje.

EXEMPLU DE REALIZARE.

Exemplul de realizare al MRC propus este reprezentat în figura 2. Conform acestui desen MRC este alcătuit din corpul proinjectoarelor [1], ventilul proinjectoarelor [2], suportul ventilului [3], chiulasa de injecție [4], elementul de etanșare [5], racordul [6] pentru senzorul de presiune, elementul de etanșare [7], rezervorul de oxidant lichid [8], injectorul central [9], elementul de etanșare [10], presetupa [11], piulița de presare [12], senzorul debitmetric [13], elementul de etanșare [14], racordul [15], dispozitivul de presurizare [16], camera de ardere [17], protecția termică [18], calupul de autopropulsant omogen solid [19], grătarul [20], colul ajutorului [21], ajutorul eterogen [22], divergentul ajutorului [23], capacul ajutorului [24] și amorsorul motorului [25].

Propulsantul solid [19] are forma unui calup cilindric circular. Comburentul lichid, conținut în rezervorul [8], este injectat în camera de combustie prin proinjectoarele [1-2-3]. În procesul de injecție are loc atomizarea și vaporizarea lichidului ușor volatil care, în formă gazoasă, este direcționat uniform pe suprafața calupului de autopropulsant solid, furnizând necesarul de oxigen pentru combustia totală, accelerând viteza de ardere a solidului și reducând presiunea necesară combustiei stabile.

Altă noutate propusă prin invenție este menținerea constantă sau programată a debitului de lichid comburant prin dimensionarea corespunzătoare a proinjectoarelor [3], spre a asigura astfel raportul optim comburant/carburant în camera de combustie [2], care permite modularea tracțiunii după dorință, în condiții de stabilitate asigurată a combustiei, spre deosebire de motoarele hibride, unde modularea tracțiunii este limitată de fenomene severe de instabilitate a combustiei.

EXEMPLU DE METODĂ.

Metoda de realizare a propulsiei eficiente, clamată în invenție, constă din suplimentarea controlată, în camera unde are loc combustia unui propulsant solid de orice tip, omogen sau eterogen, a masei de substanțe chimice oxidante cu exact acea cantitate de oxidant lichid sau gazos care asigură intensificarea combustiei propulsantului solid cu scopul măririi impusului specific și raportului de masă al motorului rachetă la maximum posibil și totodată suprimarea emisiilor poluante rezultate din combustia propulsantului.

Dacă se utilizează drept componentă solidă propulsanții omogeni produși în fabricile naționale, cunoscuți prin calitatea lor ridicată, metoda permite de asemenea revigorarea industriei chimice naționale de propulsanți pentru rachete, la un nivel superior de eficiență și competitivitate, pentru numeroase aplicații spațiale și comerciale.

BIBLIOGRAFIE

1. Dunlap, R., P. G. Willoughby, and R. W. Hermsen (1974), Flowfield in the Combustion Chamber of a Solid Propellant Rocket Motor, *AIAA Journal*, Vol. 12 (1974), No. 10, pp. 1440-1442.
2. Hill, Ph. G., and C. R. Peterson (1992), *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 754 pages.
3. Willcox, M. A., M. Q. Brewster, K. C. Tang, D. S. Stewart, and I. Kuznetsov (2007), Solid Rocket Motor Internal Ballistics, *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 23, No. 3, May-June 2007, pp. 575-584.
4. Rugescu, R. D. (2000), *Theory of Aerospace Flight-Optimization of Atmospheric Ascent* (227p.), ISBN 973-98857-6-4, Ed. Man-Dely IMPEX, Bucharest, 214 pages.
5. [Compendex], R. D. Rugescu (1999), ADDA Rocket Engines Research Program: Principles and Thermo-chemical Data, *Sci. Bulletin of U.P.B.*, series D, Mechanical Engineering, **61**, 3-4(1999), pp. 405-414.

BREVETE

1. Lazarkevitch, M. N. (1920), *Employ des gaz liquefies dans les armes à feu*, FR538388, Issued 1922, 7 pages.
2. Moss, E. W. (1922), *Improvements In Explosive Charges*, Great Britain Patent GB197518, Issued 1923.
3. Brevet d'Invention FR625104, 1927.
4. Leslie A. Skinner, L. A. (1944), Flash reducer, US2444957 A, Issued 1948,
5. Cumming, J. M. (1952), *Combination liquid and solid propellant rocket*, US Patent 2753801A, Issued 1956.

Revendicări

pentru brevetul "*Motor rachetă și metodă de combustie*".

1. Motor rachetă compus (MRC), destinat propulsiei reactive spațiale și comerciale, caracterizat prin aceea că în interiorul unui rezervor este stocată, sub presiune, o cantitate determinată de combustibil lichid care este pulverizat prin injectoare, sub acțiunea sistemului de dislocare, pe suprafața de combustie a unui autoproductant solid pentru intensificarea combustiei acestuia.
2. MRC, destinat aplicațiilor spațiale și comerciale, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că rezervorul de combustibil lichid este menținut la temperatura mediului ambiant, în timp ce temperatura de supracombustie din camera de ardere este mult ridicată, datorită injecției de combustibil, rezervorul fiind astfel fabricat cu pereți subțiri, neprotejați termic, ceea ce îi conferă un raport de masă ridicat.
3. Metodă de sporire a eficienței propulsive caracterizată prin aceea că aducerea unui mediu combustibil suplimentar în camera de ardere pe suprafața generatoare de produse de ardere ale autoproductantului solid sporește raportul de oxigen până la obținerea unei valori maxime a impulsului specific.
4. Metodă de sporire a eficienței propulsive conform revendicării 3, caracterizată prin aceea că injecția masivă de combustibil sporește tracțiunea extensivă a motorului la maximul posibil, maxim specific fiecărui tip de combustibil utilizat.

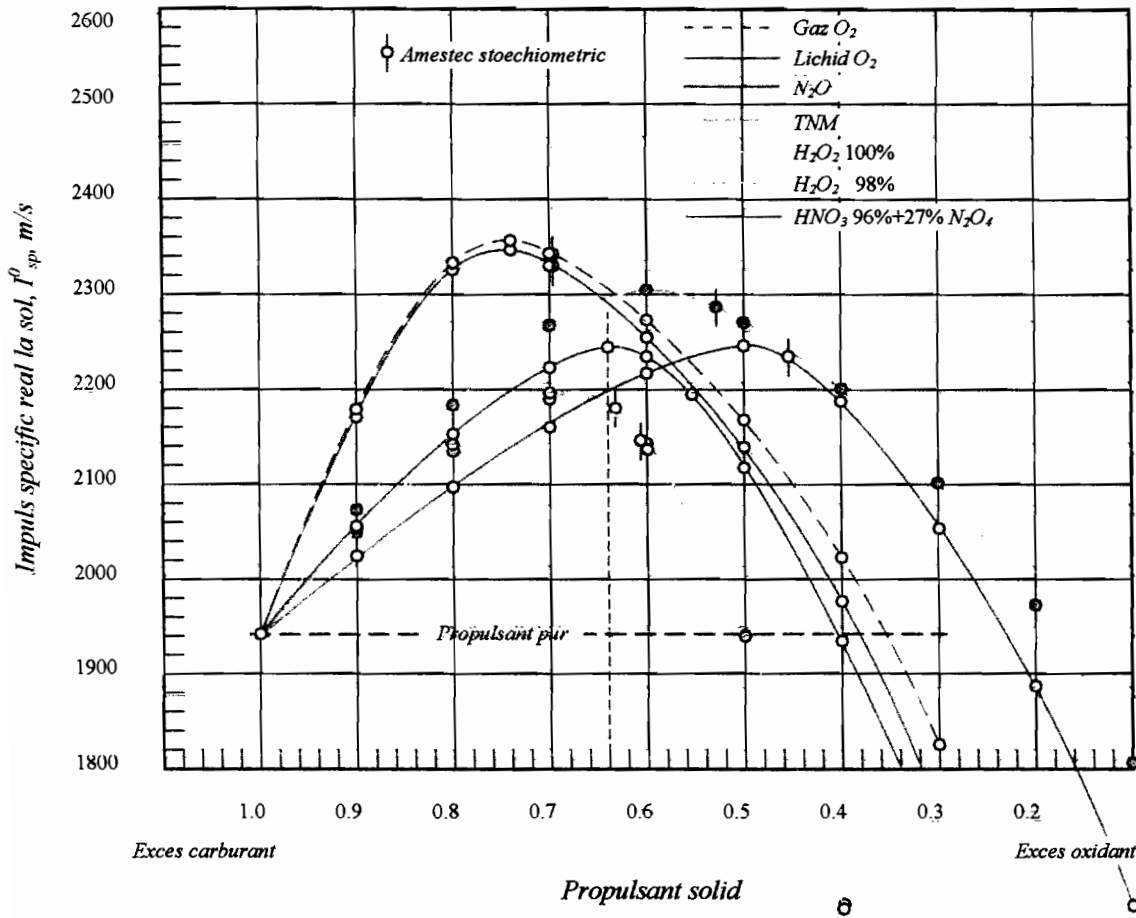


Fig. 1.

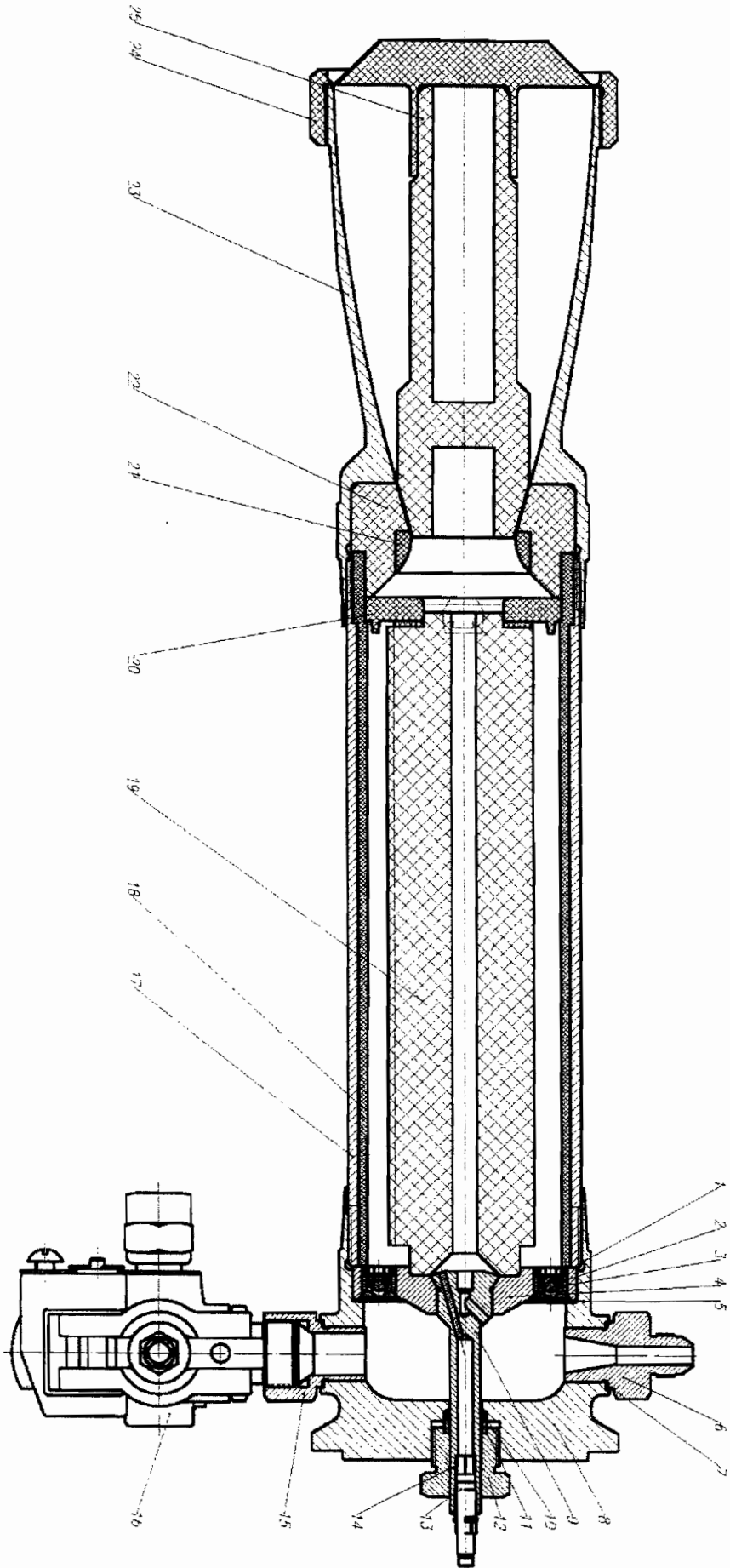


Fig. 2.