

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00354

(22) Data de depozit: 22/06/2021

(41) Data publicării cererii:
29/10/2021 BOPI nr. 10/2021

(71) Solicitant:
• TOROK ARPAD, STR. TRANSILVANIEI
NR. 29, BL. B54, AP. 54, ORADEA, BH, RO

(72) Inventatori:
• TOROK ARPAD, STR. TRANSILVANIEI
NR. 29, BL. B54, AP. 54, ORADEA, BH, RO

(54) SISTEME DE CONDIȚIONARE A AERULUI
CU DECONTAMINARE PRIN TRATAMENT TERMIC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la niște sisteme de condiționare a aerului destinat respirației cu decontaminare prin tratament termic, utilizând un procedeu în care tranșe succesive de aer sunt comprimate, menținute o perioadă de timp la o anumită temperatură, iar apoi lăsate să se destindă până la presiunea și temperatura de utilizare. Sistemele de decontaminare, conform invenției, folosesc această succesiune de operații care are loc în unul, sau mai multe calcinatoare, realizate prin asamblarea unor componente termotehnice: niște compresoare (2.1) și niște detentoare (2.2) de diverse tipuri, cu un piston (2.3), sau, rotative, echipate cu niște supape (2.15 și 2.25) unisens, sau cu supape cu secțiune mare de trecere, niște mecanisme (2.33) electro-mecanice care permit reglarea debitelor, presiunilor și temperaturilor aerului vehiculat, niște elemente rezistive de încălzire și schimbătoare de căldură, niște rezervoare (2.3) de aer decontaminat, filtre de praf, de aerosoli, de bioxid de carbon, supape de by-passare, iar după calcinare, aerul decontaminat este direcționat spre incinta activă adăpostită de o mască individuală ventilată de o incintă de tratament individual, sau de o încăpere cu destinație publică, calcinatorul putând fi integrat și într-un sistem (SCCA) centralizat de condiționare a aerului, realizat numai cu dispozitive din stadiul rehnicii, sau putând fi adăugate dispozitive noi, care fac obiectul acestei invenții, și anume, densificatoare și rarefioare, recuperatoare de căldură cu ecart mic de temperatură, densificatoarele și rarefioarele propuse

caracterizându-se prin prezența unui burete termic caracterizat printr-o suprafață mare în contact cu gazul în curs de comprimare, suprafață care nu se micșorează în timpul procesului de comprimare.

Revendicări: 22
Figuri: 26

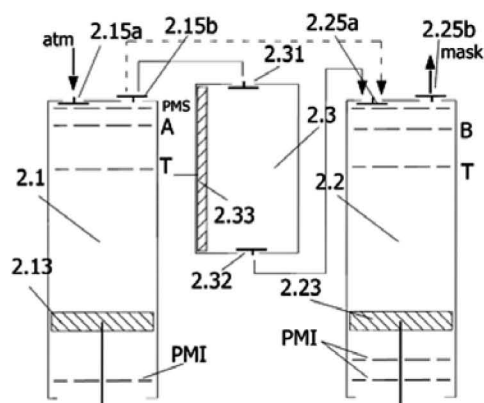


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2021 354
Data depozit	22-06-2021

1

SISTEME DE CONDIȚIONARE A AERULUI CU DECONTAMINARE PRIN TRATAMENT TERMIC

Invenția se referă la un procedeu prin care oricărui sistem de condiționare a aerului din stadiul actual al tehnicii, local sau centralizat, i se poate implementa, prin tratare termică, un sistem termodinamic de decontaminare a aerului destinat respirației. Acest sistem de decontaminare și sterilizare poate fi aplicat și în mod independent de cel de condiționare, dar poate fi aplicat și unor configurații noi de sisteme de condiționare a aerului, propuse prin această invenție.

În afara sistemelor de filtrare a aerului contaminat (individuale sau centralizate), cu un grad mai mare, sau mai mic de reținere a agenților patogeni (și nepatogeni), în stadiul actual al tehnicii există o multitudine de procedee de sterilizare a aerului destinat habitatului, care se bazează pe comportarea agenților patogeni sub acțiunea distructivă a diferitelor procese fizice sau chimice: iradierea germicidă cu raze ultraviolete, adsorbția germeilor cu carbon activat, sterilizarea prin ionizare, sterilizarea cu plasmă, sterilizarea prin trecerea aerului contaminat printr-un mediu polarizat electronic, oxidarea fotocatalitică și cea fotoelectrochimică, atragerea particulelor într-un bioreactor, oxidarea particulelor prin generare de ozon (un oxidant foarte puternic), etc. Eficiența acestor tehnologii, cel puțin în condiții de laborator, poate fi deosebit de mare. Deși unele din aceste tehnologii sunt într-o fază mai puțin avansată de cercetare, sau elaborat și sunt aplicate din ce în ce mai mult, unele procedee de sterilizare bazate pe aceste fenomene, dar mai trebuiesc rezolvate o serie de probleme de securitate, de reducerea costurilor de producție și de întreținere, etc.

Sterilizarea termodinamică (sisteme de decontaminare a aerului prin tratament termic) distruge agenții patogeni prin incinerare. Deși aceste sisteme sunt ușor de realizat și de implementat și pot fi extrem de eficiente (eficiență 100%, pentru o temperatură de incinerare suficient de ridicată, aplicată o perioadă de timp suficient de mare), sunt destul de puțin folosite în stadiul actual al tehnicii. Au fost studiate și propuse spre brevetare și utilizare mai multe procedee. Iată câteva exemple :

- US2564898 (A): Air sterilizer
- US5441710 (A): Air flow sterilizer
- GB499074 (A): Arrangement for electrically heating air and other gases to high temperatures
- US3654432 (A): Electrically heated catalytic air purifier
- US5874050 (A): Room air sterilization device
- FR2574298 (A1): Device for sterilisation by means of ducts with high temperature gradient
- EP2522371 (A1): Method and device for sterilization of a fluid phase
- CN203984693 (U) Ceramic heating core and air purifier employing same)
- WO2005007207: Method and apparatus for the sterilisation of air that is intended to ventilate spaces requiring air with a low micro-organism content

Majoritatea acestor brevete și cereri de brevet, propun încălzirea, de cele mai multe ori prin mijloace electrice, a unui flux de aer, în convecție liberă, sau forțată, până la o temperatură considerată suficientă pentru calcinarea tuturor agenților patogeni vizați, urmată de refularea aerului cald în habitatul ales (după recuperarea, cel puțin parțială a căldurii primite sau, după amestecarea lui cu aerul din mediul ambiant). Unele din sistemele bazate pe aceste procedee au ajuns în faza de comercializare. Cel mai utilizat asemenea produs utilizează rezistoare electrice pentru încălzirea unui miez ceramic prevăzut cu o multitudine de canale înguste prin care trece aerul destinat utilizării. De cele mai multe ori, sistemele de decontaminare a aerului prin tratament termic sunt utilizate independent. Doar sistemele de decontaminare bazate pe procedee de sterilizare prin filtrare, prin ionizare, sau cu iradierea germicidă cu raze ultraviolete sunt folosite, în stadiul actual al tehnicii, în sistemele de condiționare a aerului.

1

Un alt procedeu de sterilizare termodinamică este aducerea aerului destinat respirației, prin comprimarea lui cvasiadiabatică până la o presiune corespunzătoare, dincolo de temperatura de calcinare. Procedeu a fost propus în cererile de brevet US3966407 (A): "Air sterilizing compressor system", FR2539629A1/1983: "Process for producing sterile air for medical use and installation for carrying out said method", FR2758987A1/1997: „Sterilisation of air from hospital operating theatre”, ș.a. De exemplu, în primul dintre ele, este propus un sistem ce constă dintr-o buclă închisă de circulație a fluxului de aer, buclă care include incinta medicală ce necesită aer sterilizat, un compresor (este propus unul axial) care să aducă aerul până la o temperatură apropiată de cea de sterilizare (propusă a fi 300⁰ F), un regenerador care să corecteze și să mențină această temperatură un timp suficient pentru neutralizarea patogenilor (utilizând temperatura gazelor de eșapament a turbinei de gaz utilizată pentru acționarea compresorului), un detentor cvasiadiabatic (este propusă o turbină de expansiune) care să reducă temperatura gazului furnizat de regenerador până la temperatura necesară, sisteme adiacente de condiționare a aerului (filtrare, umidificare, tratare termică, etc). În alte cereri de brevet, pentru comprimarea și destinderea aerului sunt propuse și alte tipuri de compresoare, inclusiv cele cu piston, dar toate procedeele propuse sunt concepute pentru debite mari de aer, destinate unor încăperi cu volum mare, în special unora cu destinație medicală.

Invenția prezentată aici pornește de la CIB A/00025/27.01.2021 în care este descris un "Sistem de decontaminare a aerului prin tratament termic", bazat pe același procedeu de sterilizare termodinamică, de aducere a temperaturii aerului destinat respirației (aer aflat într-o anumită locație, la temperatura mediului ambiant și la presiune atmosferică) până la cea de calcinare, prin comprimarea lui cvasiadiabatică până la presiunea corespunzătoare acestei temperaturi, urmată de o perioadă de menținere a aerului la această temperatură într-un regenerador, și de o destindere cvasiadiabatică „în oglindă”, până la temperatura mediului. O răcire, sau o încălzire (pe cale electrică, sau termodinamică) a aerului din regenerador, permite livrarea lui la o temperatură prestabilită (care poate fi diferită de cea a mediului ambiant). Spre deosebire de sistemele descrise anterior, în această cerere de brevet, atât compresorul cât și detentorul sunt dispozitive cu deplasare pozitivă, acționate electric, iar corecția temperaturii din regenerador se face tot prin procedee electrice, sau prin acțiune mecanică. Aceste caracteristici noi fac ca noul sistem să poată fi utilizat în mult mai multe domenii, să fie mai flexibil, să permită o gamă largă și ușor modificabilă de debite, de presiuni și de temperaturi, să poată fi realizat și la dimensiuni mici, astfel încât se pot realiza și sisteme de protecție **individuale**, precum și sisteme portabile. Un alt mare avantaj al acestui sistem este faptul că cea mai mare parte a energiei mecanice consumate de compresor este returnată sistemului de către detentor, reducând la minimum consumul energetic necesar sterilizării. Acesta este un avantaj hotărâtor față de oricare alt sistem de sterilizare, iar flexibilitatea sistemului îl face ușor de implantat în orice sistem de ventilare, de încălzire/răcire și de condiționare a aerului destinat respirației. El este compatibil și poate fi cuplat cu majoritatea celorlalte sisteme de sterilizare din stadiul actual al tehnicii. Scopul principal al sistemului de sterilizare propus este obținerea unei sterilizări cât mai eficiente, la un preț de cost cât mai redus.

Dezavantajul sistemului constă în faptul că, atunci când este amplasat în spații circulate, necesită luarea unor măsuri de siguranță și de protecție pentru evitarea consecințelor unor accidente care ar putea fi generate de defecțiuni materiale (uzură, defecte de fabricație) sau de funcționare, deoarece atingerea unei temperaturi de calcinare de minimum 200⁰ C, prin comprimare adiabatică, necesită presiuni mai mari de 5,4 atmosfere, iar pentru temperaturi mai mari (necesare în cazul proceselor rapide), se ajunge la presiuni și mai mari. Din acest motiv, sistemele de sterilizare propuse în cererea A/00025/27.01.2021 sunt recomandate, cu precădere, instalațiilor centralizate, amplasate într-un spațiu tehnic securizat. Pentru sistemele locale și pentru cele individuale, aceste tipuri de sisteme de sterilizare sunt complete, conform

invenției pe care o propunem aici, cu dispozitive suplimentare, care asigură protecția necesară. Prin adăugarea unor dispozitive suplimentare cu rol de condiționare a aerului, se pot obține **sisteme combinate de sterilizare și de condiționare** a aerului, mai eficiente și mai ieftine decât cele din stadiul actual al tehnicii.

O primă modalitate de a realiza această combinație poate fi obținută prin implantarea sistemelor de sterilizare, așa cum sunt ele descrise în CIB A/00025, direct în sistemele de condiționare a aerului din stadiul actual al tehnicii, cumulând în acest fel, atât avantajele cât și dezavantajele celor două tipuri de instalații.

O modalitate îmbunătățită de realizare a acestei combinații este de a crea sisteme noi, în care componentele sistemului de sterilizare, prin operațiile pe care le execută, să capete un rol și în sistemul de condiționare a aerului, rezultatul fiind, pentru toate domeniile de aplicare, realizarea de sisteme de condiționare a aerului cel puțin la fel de performante, și care realizează, simultan, și funcția de sterilizare.

Metoda cea mai performantă de realizare a sistemelor combinate de sterilizare și de condiționare a aerului este aceea de a modifica structura sistemelor de condiționare a aerului, înlocuind unele componente ale acestora utilizate în stadiul actual al tehnicii, cu o serie de componente noi, propuse în această invenție, componente care să permită satisfacerea simultană a tuturor cerințelor specifice ambelor obiective urmărite, cu costuri de producere și de exploatare acceptabile. Realizarea acestui deziderat necesită ca dispozitivele termotehnice din compunerea sistemului combinat (în mod deosebit compresoarele și detentoarele) să aibă caracteristici energetice diferite de cele ale dispozitivelor similare din stadiul actual al tehnicii. Evident, aceste noi dispozitive, mai performante, pot căpăta utilizări și în alte domenii de interes ale tehnicii, cum ar fi recuperarea energiei reziduale, lichefierea gazelor și sistemele de stocare a energiei.

Descrierea invenției se va face în legătură cu următoarele figuri:

- fig. 1: schema de principiu a calcinatorului cu un singur piston și cu valve unisens
- fig. 2: schema de principiu a calcinatorului cu un singur piston și cu robinet cu 3 căi
- fig. 3: schema de principiu a calcinatorului cu două pistoane, un rezervor și două valve unisens
- fig. 4: schema de principiu a calcinatorului cu două pistoane, un rezervor și robinet cu 3 căi
- fig. 5: schema de principiu a calcinatorului cu două pistoane și robinet cu 3 căi
- fig. 6: schema de principiu a compresorului cu paletă
- fig. 7: schema de principiu a calcinatorului cu dispozitive cu paletă și rezervor intermediar
- fig. 8: masca individuală ventilată
- fig. 9: schema de principiu a unității combinate de sterilizare și de condiționare a aerului
- fig. 10: schema de principiu a densificatorului
- fig. 10a: densificator cu ferestre pentru admisie și refulare
- fig. 10b: densificator cu minidensificator pentru refulare
- fig. 11: burete termic din arcuri elicoidale cu secțiune dreptunghiulară
- fig. 11a: densificator cu casetă de refulare
- fig. 12: burete termic din arcuri elicoidale și plăci metalice
- fig. 12a: sistem de cuplare dintre plăci și resorturi
- fig. 12b: burete termic din arcuri elicoidale și plăci metalice intercalate
- fig. 12c: burete termic din arcuri și plăci metalice intercalate, în poziția comprimată
- fig. 13: burete termic din corzi elastice și plăci metalice orizontale
- fig. 14: burete termic din arcuri elicoidale și plăci metalice orizontale cu aripioare verticale
- fig. 14a: burete termic din fig. 14 în stare de maximă comprimare
- fig. 14b: burete termic din fig. 14 în stare de comprimare parțială
- fig. 15: burete termic din plăci metalice elastice arcuite
- fig. 16: burete termic din plăci metalice plane și plăci elastice arcuite; secțiune transversală și secțiune în plan

- fig. 17: burete termic din plăci metalice plane orizontale montate pe suportți culisanți
- fig. 18: burete termic din plăci metalice plane orizontale montate pe suportți-armonică
- fig. 19: tijă telescopică a unui piston solid acționat hidraulic
- fig. 20: densificator cu piston lichid etajat
- fig. 21: densificator cu piston lichid etajat și aspersoare
- fig. 22: secțiune orizontală a densificatorului cu piston lichid din fig.21
- fig. 23: detaliu de instalare a aspersoarelor din fig.21
- fig. 24: configurație rezultată prin combinarea unui densificator cu piston lichid, a unui grup de densificatoare cu piston solid și a unui densificator cu piston de gaz
- fig. 25: densificator în două trepte realizat pe structura unui schimbător de căldură în plăci
- fig. 26: densificator în două trepte, la care prima treaptă este realizată cu densificatoare cu piston lichid cu bule

A. Instalația de sterilizare. Pentru obținerea efectului de decontaminare, invenția propune aparatul denumit, în continuare, „**calcinator**”. Având la bază acest aparat, prin combinarea lui cu elemente ale sistemelor din stadiul actual al tehnicii (în principal, măști individuale și componentele necesare realizării unei ventilări a incintei de lucru) pot fi create o multitudine de **sisteme individuale**, cu utilizări multiple, pentru o multitudine de scopuri, cu grade diferite de complexitate și cu performanțe adaptate scopului propus. Toate aceste sisteme trebuie să asigure debitul de aer sterilizat necesar respirației confortabile pentru un individ, cu un maximum de siguranță, și cu parametrii medicali, fizici și chimici optimi. Întrucât necesarul de aer nu este în permanență același (cca 12 L/min în timpul activităților ușoare, cca 60 L/min în timpul activităților intense), se proiectează dimensiunile sistemului pentru un debit de 100 L/min (luând în considerare și pierderile prin neetanșeități) și se dotează cu un robinet (sau un alt procedeu) de reglare a debitului, manual, sau automat. Pentru aplatizarea fluctuațiilor de presiune cauzate de alternanța inspirație/expirație, volumul aerului dintre calcinator și mască trebuie să fie suficient de mare, sau să poată fi variat, de exemplu prin intercalarea unui sac gonflabil. În acest caz, instalația de sterilizare se obține prin combinarea a două componente: **calcinatorul** (aparatul activ, care produce aerul decontaminat) și **masca individuală ventilată** (partea pasivă, care protejează aerul decontaminat pe tot traseul parcurs). Pentru a asigura posesorului posibilitatea de deplasare, sistemul trebuie prevăzut cu un sistem de alimentare sigur și economic.

Obținerea unor instalații **centralizate** se realizează prin combinarea unui calcinator cu debit corespunzător, cu sisteme de colectare a aerului, cu sisteme de distribuire a aerului decontaminat, cu alte aparate specifice sistemelor de ventilare/climatizare, cu alte tipuri de aparate de decontaminare și cu sistemele individuale de protecție. Invenția propune și alte soluții tehnice prin care celelalte elemente ale sistemului: măști, filtre, conducte de legătură, supape, sisteme de alimentare cu energie, etc sunt modificate pentru valorificarea întregului potențial oferit de metoda calcinării.

1. Calcinatorul. Proiectarea acestui dispozitiv se face ținând seama de destinația lui precisă: clasa (sau clasele) de microorganisme care trebuie combătută. Aceasta determină temperatura minimă T_m până la care trebuie încălzit aerul pentru obținerea efectului de calcinare și durata minimă t_m de menținere a acesteia, necesare pentru distrugerea completă a acestei/acestor clase de agenți patogeni. Dacă această temperatură minimă este depășită, și se ajunge la o valoare admisibilă T_{adm} , există o durată de timp $t_d < t_m$, în care temperatura aerului depășește temperatura minimă T_m , suficientă pentru o calcinare completă. Acest fapt permite adoptarea unei strategii de calcinare **nonstop**: creșterea progresivă a temperaturii aerului până la valoarea T_{adm} , peste valoarea T_m , urmată de o descreștere imediată (fără pauză) sub această valoare, astfel încât timpul în care valoarea temperaturii depășește valoarea T_m să fie superior valorii t_d . În funcție de strategia aleasă, se alege configurația calcinatorului.

Obținerea temperaturii necesare calcinării se face prin comprimarea cvasiadiabatică a gazului aspirat din mediul ambiant, realizată cu ajutorul unui compresor, iar a temperaturii necesare respirației, printr-un proces de destindere a acestuia (combinat, dacă e necesar și cu alte procedee termice suplimentare). Calcinatorul este realizabil cu orice tip de compresor și de detentor care pot îndeplini cerințele impuse de varianta de funcționare aleasă, prin urmare alegerea acestuia se face în funcție de performanțele de volum, greutate, cost, comoditate, etc ale întregului ansamblu. În descrierea care urmează, ne vom raporta, pentru exemplificare, îndeosebi la compresoare și detentoare cu piston.

Ideal ar fi ca procesul de comprimare a aerului aspirat să fie perfect adiabatic, caz în care, procesul de destindere perfect adiabatică care l-ar succeda, ar recupera integral energia consumată pentru comprimare. Cum un asemenea proces nu poate fi realizat din cauza schimbului de căldură inerent dintre aer și corpul compresorului (respectiv, al detentorului), la care se adaugă schimbul de căldură dintre corpul compresorului și mediul ambiant, procesul de comprimare-destindere duce la realizarea unei pompe de căldură, consumatoare de energie. Unul din obiectivele principale ale proiectantului acestui aparat trebuie să fie obținerea unui consum minim de energie pe fiecare ciclu, pentru a asigura un consum energetic redus (pentru aparatele individuale, acest obiectiv determină o sursă de alimentare de dimensiuni reduse) și un sistem mai ușor, mai comod și mai simplu de manevrat, cu un cost mai mic.

C.1 Varianta cu un piston. Dacă regimul de funcționare, descris în continuare, permite distrugerea completă a agentului patogen, aparatul de calcinare prevăzut cu un dispozitiv de acționare corespunzător, poate fi realizat cu un singur compresor 1, sau 1.a (Fig.1), care preia și rolul detentorului. Compresorul acestui aparat este compus din cilindrul 1.1, capacul 1.2, pistonul 1.3 și mecanismul de acționare 1.4. În capacul compresorului sunt montate două supape unisens (check valves) 1.5a și 1.5b (câte una pentru fiecare direcție de curgere). Partea inferioară a cilindrului, prin care se deplasează tija, sau biela pistonului, se deschide spre carter. Aerul refulat de calcinator fiind destinat respirației, la ieșirea din calcinator se montează un filtru de ulei și alte dispozitive de purificare.

Dacă natura agenților patogeni permite acest lucru, se adoptă strategia nonstop, în care compresorul 1.a (Fig.1) este acționat printr-un sistem clasic bielă-arbore cotit. Lungimea cilindrului compresorului este mai mare decât cursa pistonului, astfel încât între punctul mort superior și capac se formează un rezervor în care pot fi instalate componente ale dispozitivului (de exemplu, rezistențe electrice pentru încălzire 1r, termocuple, schimbătoare de căldură, etc). Turația motorului de acționare (care determină durata unui ciclu) se alege suficient de mică, astfel încât timpul necesar pistonului să parcurgă distanța dintre punctul T în care este atinsă temperatura minimă T_m în timpul cursei de comprimare și punctul în care această temperatură este atinsă în timpul cursei de destindere, să fie mai mare decât valoarea t_d .

În momentul inițial, cu pistonul în PMS, în rezervor se găsește aer la presiune atmosferică, supapa de admisie 1.5a este deschisă, iar supapa de refulare 1.5b (în această configurație, supapa 1.5b este acționată prin comenzi mecanice, sau electrice) este închisă. În regim staționar, deplasarea pistonului spre PMI, care determină umplerea părții inferioare a cilindrului cu aer la presiune atmosferică, este urmată imediat (fără pauză) de o deplasare spre PMS, trecând prin punctul T. Această deplasare este însoțită de comprimarea aerului până la presiunea nominală, corespunzătoare temperaturii T_{adm} . Pistonul nu staționează nici în această poziție, ci se deplasează, din nou, spre PMI. Ambele supape fiind închise, are loc destinderea aerului până la o presiune apropiată de p_{atm} , însoțită de recuperarea energiei de comprimare. Când pistonul ajunge în PMI, se deschide comandat, supapa de refulare 1.5b, astfel încât la deplasarea spre PMS care urmează, un volum de aer egal cu cel dintre PMI și PMS este refulat spre spațiul de lucru.

În cazul în care se cere un debit de alimentare fără fluctuații (de exemplu, dacă incinta de lucru are un volum redus), sistemul va fi compus din mai multe compresoare (cu defazarea corespunzătoare între pozițiile pistoanelor) acționate de către același arbore.

Dacă nu există motive de a limita superior această temperatură, alegerea temperaturii maxime T_{adm} trebuie să fie un compromis între avantajul scăderii (chiar până spre zero) duratei minime de menținere a acesteia (cu consecințe de simplificare constructivă și reducere de costuri) și dezavantajul creșterii pierderilor energetice, a creșterii costurilor cu izolarea termică și cu măsurile de siguranță suplimentare.

Staționarea temporară a pistonului în punctul mort superior (sau micșorarea vitezei de deplasare a pistonului în această zonă) poate fi realizată, de exemplu, printr-un mecanism cu disc canelat 1.4b, sau printr-un alt tip de sistem cu came, prin acționarea pistonului cu ajutorul unui motor cu turație variabilă, prin folosirea unui motor hidraulic cu debit variabil (sau cu viteză variabilă) care generează un piston lichid a cărui viteză de deplasare variază conform unei funcții prescrise 1.4g, etc. În Fig.1 este reprezentat un dispozitiv care utilizează mecanismul cu disc canelat. Un exemplu de astfel de sistem este cel din cererile de brevet FR2747155, WO/2008/094058. La acest tip de mecanism, tija 1.3a a pistonului este antrenată de mecanismul de acționare 1.4a, prin intermediul unui ax și al discurilor 1.4b. Pe una din suprafețele acestor discuri sunt profilate canale de ghidare 1.4p (al căror profil este dictat de ecuația mișcării 1.4g) în care rulează rulmenții 1.4c, care transmit energie mecanică atât dinspre axul motor spre piston, cât și în sens invers. În Fig.1 se poate remarca, atât pe curba 1.4g, cât și pe configurația canalului 1.4p, că pe durata unui ciclu (o rotație a discului canelat 1.4p), pistonul trece de două ori prin PMI și o singură dată prin PMS.

În acest regim, după o cursă completă a pistonului, din punctul mort superior PMS până în punctul mort inferior PMI (timp în care are loc admisia aerului în cilindru prin supapa de admisie), are loc închiderea supapei și deplasarea în sens invers a pistonului. După atingerea temperaturii minime de calcinare în interiorul compresorului (punctul T), pistonul își continuă cursa spre punctul mort superior, până în punctul A (punct în care temperatura gazului este superioară limitei minime de calcinare), unde staționează pentru un timp t_{mt} , după care compresorul devine detentor și pistonul execută cursa de întoarcere, ambele supape ale compresorului fiind închise. Pe durata acestei curse de întoarcere, pistonul cedează mecanismului motor energia primită în timpul cursei de comprimare (mai puțin cea pierdută prin frecare și cea pierdută prin transferul termic către mediul ambiant, atât pe durata cursei dute-vino, cât și în timpul staționării). După trecerea pistonului prin PMI, se deschide supapa de refulare și are loc evacuarea gazului din cilindru, spre punctul de utilizare.

Din punct de vedere al proceselor de transfer de căldură, intensitatea acestora depinde de temperatura pereților cilindrului pistonului și de temperatura lubrifianului în timpul regimului staționar. Regimul staționar apare doar după o perioadă de timp de la pornirea aparatului, fiind necesară o perioadă de tranziție până la stabilizarea regimului nominal (ai cărui parametri se modifică și atunci când există fluctuații importante ale parametrilor mediului ambiant). În regim staționar, temperatura lubrifianului (de obicei, cu câteva grade Celsius superioară temperaturii mediului) este aproape constantă și depinde în special de modul în care este conceput și în care funcționează sistemul său de răcire. Și temperatura pereților cilindrului se stabilizează la anumite valori, dar nu este uniformă, existând variații atât radiale (în grosimea pereților cilindrului), cât și axiale. În zona punctului mort inferior PMI temperaturile pereților sunt doar cu puțin superioare temperaturii mediului, dar iau valori din ce în ce mai mari, pe măsură ce ne apropiem de punctul mort superior PMS. În Fig.2 este redată o diagrama T-s aproximativă a ciclului termodinamic parcurs de aerul din acest dispozitiv:

- curba **a-b** corespunde admisiei gazului aflat la presiunea atmosferică p_0 , având volumul specific v_0 , interval în care gazul, în contact cu pereții mai calzi, suferă o ușoară încălzire izobară, cu atât mai pronunțată, cu cât durata acestei etape este mai mare

- curba **b-c** corespunde comprimării cvasiizentropice: la începutul transformării, simultan cu comprimarea are loc și o absorbție de căldură dinspre pereții cilindrului, pentru ca, după ce temperatura gazului o depășește pe cea a pereților, sensul tranferului de căldură să se inverseze (această inversare nu este simultană în tot cilindrul). Punctul **c** (corespunzător punctului A al cilindrului) este cel în care temperatura gazului din cilindru atinge valoarea sa maximă.

- curba **c-d** descrie răcirea izocoră din intervalul de timp în care pistonul staționează în punctul superior **c** (A).

- curba **d-e** corespunde unei destinderi aproape adiabatică, însoțită de schimburi de căldură cu pereții cilindrului. Dacă pistonul revine în PMI, punctele **a** și **e** sunt situate pe aceeași izocoră. Temperatura și presiunea din acest punct sunt strâns legate de viteza de deplasare a pistonului (care, în interiorul unui ciclu, poate fi modificat în sensul dorit, prin sistemul de came), de temperatura maximă din cilindru (căreia îi corespunde o presiune maximă, dependentă de lungimea cursei pistonului până în punctul **A** și de timpul de staționare al pistonului în punctul **A**). În cele mai multe cazuri, datorită pierderilor de căldură din sistem spre mediu, atât temperatura cât și presiunea din punctul **e** sunt inferioare celor din punctul **a**. Dacă, din punct de vedere al confortului termic, o temperatură inferioară poate fi dorită, o presiune inferioară celei atmosferice presupune un lucru mecanic suplimentar (care va fi compensat parțial printr-o comprimare în sens invers, agentul motor fiind presiunea atmosferică). Sistemul cu came cu care este dotat aparatul, permite ca schimbarea sensului de deplasare al pistonului, după destindere, să se producă într-un punct diferit de PMI (punctul **1m** de pe graficul 1.4g). Prin înlocuirea discului profilat 1.4p, poziția **1m** poate fi mutată în orice alt punct prestabilit al cursei (de exemplu, punctul **e1**, pe aceeași izotermă, sau punctul **e2**, pe aceeași izobară cu punctul **b**). Pozițiile corespunzătoare ale pistonului sunt redată în Fig.1. Prin această metodă, pot fi obținute temperaturi ale aerului sterilizat inferioare temperaturii mediului, cu prețul unei energii consumate suplimentare și o creștere a temperaturii unui agent frigorific, sau a mediului în care este amplasat regenerorul.

O reducere a pierderilor de energie se poate realiza prin izolarea suplimentară a zonei celei mai calde a cilindrului li și/sau prin micșorarea transferului de căldură dintre pereții cilindrului din această regiune și pereții mai reci, din apropierea PMI, prin înglobarea în structura pereților a unui inel 1s cu conductivitate termică scăzută.

În ambele configurații descrise (în funcție de strategia aleasă), pentru micșorarea pierderilor generate de supapele cu secțiune de trecere redusă, cilindrul aparatului poate fi echipat (Fig.2) cu un singur orificiu de admisie-evacuare (pentru a realiza un diametru cât mai mare al căii de acces în cilindru), conectat la corpul unui ventil cu 3 căi 1.6 (care admite numai pozițiile fixe: închis 1.6a, mediu ambiant 1.6b, incintă activă 1.6c) comandat electric, sau mecanic. Ventilul cu 3 căi 1.6 este un robinet sferic 1.7 în a cărui bilă sunt prelucrate căile de trecere ale gazului. Bila robinetului este acționată prin intermediul axului 1.8 și a unui arbore cu came pentru sincronizarea corectă a etapelor de funcționare.

Poziția 1.6a este o poziție intermediară (de trecere) între faza de refulare și cea de admisie, poziția 1.6b este poziția în care are loc admisia aerului ambiant, poziția 1.6c este poziția în care are loc refularea aerului decontaminat, iar poziția 1.6d, similară cu poziția 1.6a, este poziția în care are loc comprimarea și destinderea.

Acest tip de valvă poate fi folosit cu succes și în alte aplicații.

C.2 Varianta cu două pistoane. În varianta analizată anterior, pentru a furniza incintei active o cantitate de aer decontaminat egală cu volumul cilindrului, pistonul trebuie să execute două curse aproape complete. În plus, o staționare a pistonului în apropierea PMS mărește timpul necesar furnizării acestui volum de aer. Aceeași cantitate de aer decontaminat poate fi obținută cu un aparat cu doi cilindri, fiecare având volumul egal cu jumătate din volumul cilindrului din varianta precedentă, dacă o tranșă de aer este livrată la fiecare ciclu dus-întors.

Elementele componente ale aparatului sunt reprezentate în Fig.3, cele 5 etape de

realizare ale obiectivului propus sunt aceleași, dar sunt repartizate între compresorul 2.1 (primele două faze ale ciclului complet) și detentorul 2.2 (celelalte 3 faze), deplasarea celor două pistoane fiind asigurată de mecanisme cu came, sau cu discuri profilate montate pe același ax, asigurând celor două aparate cicluri de aceeași durată:

- într-o primă fază **I**, cu supapa de admisie deschisă, pistonul 2.13 se deplasează din PMS spre PMI, absorbind aer din atmosferă

- în faza a doua **II**, pistonul 2.13 se deplasează în sens contrar, cu ambele supape închise, până în punctul A, de maximă temperatură, comprimând cvasiizentropic gazul admis. Când pistonul 2.13 ajunge în punctul A, pistonul 2.23 ajunge în PMS al cilindrului 2.2.

- urmează o fază corelată **III**, în care se deschid supapele 2.15b și 2.25a, în care pistonul 2.13 se deplasează spre PMS al cilindrului 2.1, iar pistonul 2.23 se deplasează spre PMI al cilindrului 2.2, până în punctul B (corespondentul pe acest cilindru al punctului A). Cele două mișcări sunt efectuate în așa fel încât volumul mărginit de cele două pistoane să rămână constant pe durata acestui transfer. În urma acestei faze, gazul comprimat din cilindrul 2.1 este transferat în cilindrul 2.2, (pe conducta figurată cu linie întreruptă în Fig.3) fără consum de energie și fără ca gazul să-și modifice temperatura. Din acest moment se închide calea de comunicare dintre cei doi cilindri, se deschide supapa de admisie a compresorului 2.1 și acesta își reia ciclul descris anterior. Tot din acest moment, în detentor poate avea loc o fază de staționare programată a pistonului, fază în care are loc un transfer termic (răcirea, sau încălzirea izocoră a gazului admis din detentor, în funcție de caracteristicile impuse gazului din incinta activă.

- faza următoare din detentor este cea de destindere cvasiadiabatică **IV**, cu supapele 2.25a și 2.25b închise, fază în care detentorul cedează energie mecanică axului central al mecanismului de antrenare. La fel ca și în cazul precedent, pistonul poate fi programat, înainte de pornirea aparatului (prin înlocuirea discului profilat 1.4p), să se oprească, după destindere, în poziția care corespunde celui mai favorabil punct de pe diagramă, care să satisfacă și cerințele de consum energetic minim și confortul maxim în incinta activă. În acest sens, lungimea detentorului poate fi diferită de cea a compresorului.

- faza **V** are loc tot în detentor, constă în evacuarea gazului din cilindru, prin supapa de evacuare 2.25b, spre incinta activă și se termină când pistonul 2.23 ajunge în PMS, simultan cu sosirea pistonului 2.13 în punctul A.

C.3 Varianta cu două pistoane și un rezervor intermediar. Atunci când distrugerea agentului patogen necesită o perioadă de timp mai mare, sau atunci când se dorește un nivel superior de confort în incinta activă, e potrivit a se introduce un rezervor 5 între compresor și detentor. Prezența acestuia nu modifică substanțial diagrama de funcționare descrisă anterior. El preia integral faza **III** de răcire izocoră. Tranzitarea gazului se face prin cele două supape: supapa 2.31, care face legătura printr-o conductă, cu orificiul de evacuare a gazului comprimat din primul cilindru și supapa 2.32, care face legătura cu orificiul de admitere a gazului în detentor. Se păstrează și cerința ca mișcarea celor două pistoane să se sincronizeze în așa fel încât volumul de gaz dintre ele să nu se modifice pe durata transferului.

Prezența rezervorului oferă posibilitatea ca tuturor componentelor aparatului (inclusiv rezervorului) să li se asigure un nivel ridicat de izolare termică, reducând la maximum pierderile energetice. În afara pierderilor inerente de căldură, singurul transfer termic se face în mod controlat, printr-un circuit prevăzut cu două schimbătoare de căldură prin care circulă agentul termic (cald, sau rece): unul instalat în rezervor, celălalt în afara lui (acesta cedează căldură mediului ambiant, sau o primește de la o sursă de energie). De asemenea, prezența rezervorului oferă posibilitatea de a îmbunătăți caracteristicile gazului decontaminat prin introducerea unor procese termodinamice suplimentare. De exemplu, pistonul 2.33 din Fig.2, în intervalul de timp dintre două operații de transvazare a gazului prin rezervor, poate executa o comprimare, urmată de o destindere (cu recuperarea aproape integrală a energiei consumate

în procesul de comprimare), cu scopul realizării unei calcinări suplimentare, simultan cu transferul termic controlat.

Pornirea aparatului după orice staționare, necesită aducerea sistemului (gaz și aparate) la parametrii optimi ai regimului de funcționare. Pentru acest lucru, fiecare aparat are prevăzută între peretele exterior și izolația termică o rezistență electrică, comandată automat/manual. E recomandat ca pereții cilindrilor să fie confecționați din materiale cu conductivitate scăzută (sau, cel puțin să fie prevăzute cu un inel izolant amplasat în structura pereților, în apropierea PMS, pentru a reduce circulația căldurii de-a lungul pereților).

Mai facem o mențiune cu privire la supapele și conductele de legătură prin care circulă gazul de lucru: acestea trebuie să aibă o secțiune cât mai mare (mai ales în cazul vitezelor mari de circulație), cu suprafețe cât mai lise, pentru a reduce la maxim procesele ireversibile. Lungimea conductelor de legătură dintre calcinator și masca individuală trebuie să fie cât mai mică, de aceea, atunci când este posibil, aceste componente se amplasează unul în apropierea celuilalt.

C3.1. Varianta cu două pistoane, cu secțiuni mari de trecere. Și această variantă de calcinator pot fi realizate cu secțiuni mari ale elementelor străbătute de gazul de lucru. În Fig.4 și 5, între compresorul 2.1 și detentorul 2.2 se montează un robinet sferic 2.4, comandat electric, sau mecanic, cu ajutorul axului 2.61.

În primul caz (Fig.5), bila sferică a robinetului este goală în interior, formând rezervorul intermediar de aer decontaminat (prin urmare, diametrul interior al rezervorului este calculat în funcție de timpul necesar menținerii gazului la temperatura maximă). Robinetul poate avea două poziții. În poziția **b** sunt deschise două căi de circulație: aerul atmosferic pătrunde în compresorul 2.1, prin deplasarea pistonului 2.13 din PMS în PMI, iar simultan, aerul decontaminat din detentorul 2.2 este refulat spre incinta activă, prin deplasarea pistonului 2.23 din PMI în PMS. După ce, cele două pistoane au ajuns în aceste poziții extreme, robinetul comută în poziția **a**, în care, aparent, toate căile de comunicație sunt închise. Are loc, mai întâi, comprimarea aerului admis, prin deplasarea pistonului compresorului 2.1 până în punctul **c** din diagrama Ts din Fig.2 (punctul de presiune și de temperatură maximă). În acest moment, în urma unei comenzi mecanice, se deschid simultan supapele 2.41 și 2.42, care comprimă resorturile 2.43. Pistonul 2.13 își continuă deplasarea din poziția **c** până în PMS, iar pistonul 2.23 din PMS al cilindrului 2.2 în poziția **c** a acestuia. În acest fel, aerul comprimat din compresor este transferat în rezervor, iar un volum echivalent, având aproximativ aceeași presiune și aceeași temperatură, pătrunde în detentor. În acest moment, cele două supape se închid, iar pistonul detentorului 2.2 își continuă cursa până în PMI (timp în care, pistonul 2.12 al compresorului staționează în poziția PMS). Din acest punct ciclul este reluat identic.

În al doilea caz (Fig.5), bila sferică 2.4 a robinetului este prevăzută cu două cavități identice, cu volumul egal cu cel al unei tranșe de aer comprimat. Robinetul, cu o mișcare de rotație într-un singur sens, staționează în 6 poziții principale, decalate între ele cu cca. 60° . În poziția **a** a acestuia, pistonul 2.13 al compresorului pleacă din PMS și ajunge în PMI, aspirând aer atmosferic, iar pistonul 2.23 al detentorului pleacă din PMI și ajunge în PMS, refulând aerul decontaminat spre masca individuală ventilată. În poziția **b**, pistonul detentorului staționează în PMS, iar cel al compresorului pleacă din PMI și ajunge în PMS, comprimând aerul din cilindru în cavitatea corespunzătoare a robinetului. Când pistonul ajunge în PMS, robinetul comută în poziția **c**, ambele pistoane staționând în PMS corespunzător. Aerul comprimat este transvazat deasupra pistonului detentorului. Acum, gazul comprimat se destinde, cedând pistonului 2.23 energia mecanică acumulată și deplasând pistonul în PMI. O nouă comutare cu 60° ne readuce în poziția **a** și ciclul este reluat identic, livrând două tranșe de gaz la fiecare rotație completă a robinetului 2.6.

C.4. Varianta cu dispozitive rotative. Remarcăm faptul că în aceste variante, operațiile executate de pistonul compresorului sunt foarte simple, necesitând un număr redus

de reglaje. Din acest motiv, pentru a simplifica construcția aparatului și pentru a obține un gabarit mai mic și un preț redus, aceste faze ale procesului (admisia, compresia și transferul gazului comprimat) pot fi preluate de un compresor rotativ (cu palete în rotor, cu șurub, melc, cu lobi). Oricare ar fi tipul compresorului ales, sincronizarea acestuia cu pistonul detentorului (în intervalul de timp în care acesta execută operația de admisie a gazului) trebuie proiectată în așa fel încât pierderile de energie ale calcinatorului să fie minime.

Pentru exemplificare, vom utiliza un dispozitiv foarte simplu: o variantă de compresor cu o paletă în rotor. Deși este foarte rar utilizat în stadiul actual al tehnicii, considerăm acest dispozitiv foarte potrivit acestei aplicații. Varianta pe care o vom analiza, caracterizată prin faptul că utilizează o singură paletă în rotor (fig.6) este descrisă mai amănunțit în cererea de brevet RO 128041(A2). Aparatul este compus dintr-un stator (un cilindru gol 3.1), în interiorul căruia se rotește în jurul centrului său, rotorul (un alt cilindru 3.2, de regulă plin, dar care poate fi gol, pentru anumite aplicații), cu diametrul mai mare decât raza statorului. În rotor se practică o creștătură, de obicei de-a lungul diametrului, în care se introduce o paletă 3.3 cu lungimea mai mică decât adâncimea creștăturii, și cu grosimea egală cu lățimea acesteia (suprafețele laterale ale paletei lunecă etanș pe suprafețele interioare ale creștăturii). Lățimea paletei este egală cu înălțimea statorului (suprafețele bazelor paletei alunecă, de asemenea etanș pe suprafețele interioare ale bazelor statorului). Rotorul este, de obicei, tangent într-un punct la suprafața interioară a peretelui statoric. În aplicația noastră, este preferabil un contact pe o suprafață mai mare, prin urmare, am recurs la o deformare a peretelui statoric în zona de contact. Paleta poate culisa de-a lungul creștăturii, iar atunci când vârful său atinge peretele statorului, îl împarte în două camere, etanșe între ele. Această poziție extremă a paletei este asigurată de forța centrifugă generată de rotirea paletei, precum și de presiunea unui resort 3.4 plasat în creștătură. Energia mecanică acumulată în resort este returnată motorului de antrenare prin forța cu care paleta apasă asupra peretelui statoric atunci când iese din creștătură. Uneori, resortul poate fi înlocuit cu un fluid sub presiune, închis între paletă și fundul creștăturii (un gaz, sau un lubrifiant dacă se poate asigura în mod convenabil o cale de circulație între creștătură și un rezervor). Pe lângă rolul funcțional, de a asigura avansarea paletei către peretele statorului, acest lichid duce la formarea unui film lubrifiant în jurul paletei, precum și între suprafețele alunecătoare ale rotorului și statorului, lichid care are și rol de etanșare.

Înălțimea rotorului poate fi egală cu înălțimea interioară a statorului (secțiunea 1-1bis), caz în care cele două suprafețe lunecă una pe cealaltă, sau poate fi mai mare (secțiunea 1-1), caz în care mișcarea de alunecare dintre bazele statorului și pereții rotorului este asigurată de rulmenții 3.9, sau de segmenti, garnituri, etc. Rotorul mașinii este cuplat mecanic cu un motor (electric sau mecanic), iar în cazul unui detentor, cu un generator sau o sarcină mecanică. De o parte și de cealaltă a generatoarei de tangentă, se găsesc cele două orificii pentru admisia, respectiv pentru refularea fluidului de lucru. În cazul în care aparatul are funcție de compresor, admisia 3.6 este liberă, iar pe conducta de refulare 3.7 se montează o supapă 3.7a. Dacă mașina are funcție de detentor, admisia se face printr-un ventil 3.6a, iar refularea este, de obicei, liberă. Pentru anumite aplicații se pot folosi supape pe ambele canale, iar în cazul utilizării ca suflantă, ambele căi pot fi permanent deschise.

În Fig.7 este exemplificat modul în care poate fi utilizat compresorul cu paletă pentru realizarea unui calcinator echipat cu rezervor intermediar. O tranșă de aer atmosferic este absorbită de către compresor, prin deplasarea paletei din PMI în PMS, simultan cu comprimarea aerului deja existent în cilindru. Temperatura de calcinare este atinsă când paleta culisantă ajunge în poziția T, iar cea maximă, când ajunge în poziția A, poziție în care este comandată deschiderea supapei de evacuare 3.6a. În acest moment, paleta detentorului se găsește în PMI, iar supapa de admisie 3.7a a detentorului se deschide simultan cu cea a compresorului. Gazul comprimat, aflat în acest moment în compresor, este transvazat în rezervor, iar un volum egal de gaz din acesta este transvazat în detentor. Datorită geometriei

diferite a acestor două volume de gaz, în timpul acestui proces gazul este supus unor modificări de volum în ambele sensuri, cu un consum de energie aproape nul. Când paleta compresorului ajunge în PMS, cea a detentorului ajunge în poziția A. Deplasarea acestei palete spre PMI se face cu cedare de energie către axul motor și are ca rezultat destinderea gazului comprimat introdus în primul sector al cilindrului, cu atingerea temperaturii de lucru, cât și refularea gazului existent în al doilea sector, către incinta activă.

Asamblarea celor 3 componente principale ale calcinatorului se poate face prin suprapunerea lor, astfel încât compresorul și detentorul să aibă un rotor comun (în care cele două palete sunt decalate), cu o repartitie destul de uniformă a sarcinii mecanice.

Prin urmare, sistemul propus în această descriere realizează distrugerea completă a acestor microorganisme prin încălzirea aerului destinat respirației până la o temperatură suficient de mare pentru distrugerea microorganismelor, urmată de revenirea la temperatura optimă indicată procesului de respirație și introducerea acestuia în circuit, prin livrarea aerului decontaminat, spre "incinta activă" (în cazul aparatelor individuale: spațiul ermetic închis situat între mască și fața utilizatorului, iar în cazul celor centralizate: încăperea în care are loc activitatea comună). Acest proces asigură o siguranță maximă utilizatorului aparatului individual. Pentru extinderea siguranței și asupra spațiului în care se găsește purtătorul aparatului, procesul trebuie repetat și asupra aerului expirat, înainte de evacuarea sa în mediul ambiant.

2. Masca ventilată individuală. Prezența unui sistem individual de vehiculare a aerului prin incinta activă a măștii individuale oferă posibilitatea de a mări gradul de protecție al acesteia (prin crearea unei suprapresiuni în incinta activă, care crează o barieră împotriva pătrunderii accidentale a aerului nedecontaminat) și al gradului de confort (aerul decontaminat poate fi livrat la presiunea și la temperatura dorită). Gradul de performanță al elementelor de filtrare poate fi mărit pe seama unui consum energetic mai mare. Pentru a profita de aceste avantaje, masca destinată să funcționeze cu acest sistem trebuie să realizeze un spațiu cu aer destinat respirației (incinta activă) cât mai etanș și cât mai confortabil. Materialele destinate realizării acestei incinte trebuie să fie rigide, dar să ofere o oarecare maleabilitate pentru a se adapta diferitelor configurații faciale și diferitelor mișcări ale mușchilor feței. Varianta pe care o recomandăm este folosirea între mască și față, a unei camere toroidale 4.4 din Fig.8 (având forme și dimensiuni adaptate potențialilor utilizatori), dintr-un material foarte elastic, maleabil și ușor, amplasat pe conturul închis al măștii, ca un perete, astfel încât, în zona incintei active, să fie singura parte componentă în contact direct cu purtătorul măștii (Fig.8). Interiorul acestui tor se umple cu aer, a cărui presiune trebuie să asigure cel mai bun compromis între gradul de confort (să exercite o presiune moderată asupra feței) și cel de etanșitate al incintei active. În cazul persoanelor cu activitate intensă și variată, presiunea poate fi modificată fără înlăturarea măștii, utilizând chiar aerul furnizat de compresorul aparatului, printr-un racord destinat acestui scop. În unele situații, interiorul incintei active poate fi divizat în două zone, printr-un perete suplimentar, realizat din aceleași materiale ca și peretele exterior. Acesta separă complet activitatea de inspirație a aerului de cea de expirație.

În interiorul incintei active astfel realizate se pot monta diverse dispozitive pentru creșterea gradului de confort: rezistențe de încălzire, punți cu substanțe higroscopice, sisteme simple de microfonie, senzorii unor sisteme de măsurare, etc. și conductorii electrici aferenți, al căror punct de plecare este o mufă conectoare amplasată pe peretele exterior al măștii. În peretele exterior al acestei incinte sunt practicate două orificii 4.3 în care se montează racordurile pentru cele două furtune. Pentru a asigura condiții optime respirației, precum și o optimizare a debitului de aer vehiculat (în cazul în care puterea suflantei, sau a calcinatorului este reglabilă), în dreptul acestor orificii pot fi montate clapete unisens (acționate de diferențele de presiune care apar în timpul respirației), sau electrovalve (comandate automat, în funcție

de semnalele primite de la senzori de presiune, sau de la senzori care sesizează mișcările toracelui).

Materialele din care este realizată masca trebuie să fie ușor decontaminabile prin metodele clasice (ștergere cu alcool, cu substanțe dezinfectante, etc). Masca devine foarte sigură (și a fost concepută în acest scop) dacă incinta activă nu este deschisă nici o dată între două decontaminări.

Această mască poate fi realizată în diverse mărimi și configurații, cu o zonă activă mai mult sau mai puțin voluminoasă, în funcție de activitatea desfășurată de purtătorul ei. Acolo unde este nevoie poate fi înglobată într-un costum de protecție. Alegerea mărimii și configurației sistemului sa face ținând cont de avantajele pe care le oferă un sistem individual cât mai compact (prin montarea calcinatorului și, eventual, și a sistemului de alimentare, pe același suport cu masca). Sistemul de prindere 4.2 este cel cu curele și cataramă, cu sisteme rapide de închidere/deschidere. Complementar măștii, îmbrăcate înaintea montării acesteia, pot fi utilizate căști, cagule, sisteme simple de protecție a părului, sau a bărbii, mănuși, etc. Atât masca cât și furtunurile de racordare și dispozitivele complementare se realizează cu suprafețe exterioare lise, din materiale reutilizabile, ușor și rapid decontaminabile.

3. Sistemul de alimentare. Alimentarea consumatorilor de energie din aceste sisteme de decontaminare se face de la rețeaua electrică existentă, în cazul sistemelor fixe, sau de la un sistem de acumulatori, în cazul sistemelor mobile. Cum orice sistem mobil devine fix într-un anumit moment, iar acumulatorii necesită reîncărcări periodice, aceste instalații sunt prevăzute cu un cablu de alimentare, cu redresorul pentru convertirea curentului, iar pentru un spor de siguranță, cu un alternator. În acest fel, purtătorului unei măști individuale trebuie să i se ofere cât mai multe posibilități de alimentare a sistemului individual, prin montarea de prize de curent în mijloacele de transport în comun, săli de clasă, biblioteci, săli de spectacole, localuri publice, etc, chiar în parcuri și pe diferite căi pietonale.

În lipsa unei rețele de alimentare apropiate, purtătorul măștii poate să-și creeze singur energia necesară, cu ajutorul unei manivele, a unei pompe manuale, a unei pedale acționate cu piciorul, sau a altui dispozitiv adecvat. Pentru persoanele în mișcare, există diverse sisteme care transformă o parte din energia de deplasare a purtătorului, în energie electrică. De asemenea, alternatorul poate fi acționat preluând energie mecanică de la vehiculul cu care se face deplasarea: bicicletă, trotinetă, role, cărucior cu roțile, cărucioare tractate manual și destinate special pentru transportul unei instalații fixe de mici dimensiuni, etc.

As. Sisteme de decontaminare.

Așa cum a reieșit din descrierea componentelor sistemului, aparatul propus poate fi realizat într-o multitudine de variante, cu multiple posibilități de utilizare, în diferite medii, cu grade de siguranță și de confort diferite, la o gamă extinsă de prețuri de cost. În toate cazurile, siguranța destinatarului trebuie să primeze.

A11. Sisteme individuale cu suflantă. Acest sistem este extrem de simplu, de dimensiuni mici, cu un consum mic de energie. El intră în componența tuturor sistemelor individuale ca sistem de siguranță în caz de avarie, dar poate fi realizat și ca sistem independent, dacă se acceptă gradul său de siguranță mai redus.

Sistemul este compus din (Fig.8) masca individuală, furtunul și filtrul de intrare, montate pe racordul de intrare al măștii 4.31, furtunul și filtrul de ieșire, montate la racordul de ieșire 4.32, suflanta, montată pe traseul furtunului de aducțiune, de preferat pe un suport fix, sistemul de alimentare, montat pe același suport, o conductă de by-pass și o clapetă cu două căi, care permite by-passarea suflantei în cazul în care aceasta nu funcționează. Prezența suflantei pe furtunul de aducțiune necesită ca acest furtun să fie realizat din materiale mai rezistente și să fie prevăzut cu un sistem pentru fixarea lui de suportii fixați pe echipamentul purtătorului.

Filtrele 4.5 pentru acest sistem se confecționează din materiale neperisabile, care permit o decontaminare ușoară și o reutilizare multiplă. Pot fi realizate cu suprafețe mari de absorbție a aerului. În figura 4 am exemplificat printr-un filtru-balon (un filtru cilindric, care îmbracă un schelet ușor, format din colivia 4.52, din capacul 4.51 și din racordul 4.53. Filtrul poate fi realizat din o singură piesă compactă, sau poate fi produs sub forma unor role din care se derulează un număr variabil de straturi filtrante, în funcție de gradul de filtrare recomandat). Furtunurile flexibile, ușor de prelungit, oferă posibilitatea plasării filtrului în cele mai favorabile zone din care este aspirat aerul destinat respirației și în care este refulat aerul expirat. De asemenea, filtrul poate fi realizat sub forma unui filtru-buzunar (filtru plat, care conține un strat plat de aer, închis între o față multistrat, absorbantă și o față plină, amplasată pe echipament).

Așa cum am mai arătat, masca individuală ventilată, prin prezența suflantei (sau a calcinatorului), care produce un flux continuu de aer, oferă condiții de confort superioare sistemelor din stadiul actual al tehnicii. Chiar și în regim de avarie, când suflanta nu funcționează, oferă avantajul utilizării unor filtre reutilizabile, cu suprafețe mari de absorbție și cu posibilitatea selectării locului de amplasare.

Ai2. Sisteme individuale cu un calcinator. Față de sistemul descris anterior, acest sistem are suplimentar în componență, unul din tipurile de calcinator descrise anterior. Dacă a fost ales un sistem mai simplu și mai ușor, acesta se poate monta pe furtunul de aspirație, în paralel cu suflanta și cu by-passul, sau în serie cu ea, dar în paralel cu alt by-pass. O altă posibilitate este transformarea (în caz de avarie) calcinatorului în suflantă (de exemplu, în cazul variantei cu compresoare cu paletă, prin blocarea comandată a supapelor în poziția deschis).

O altă variantă de montare este realizarea uneia, sau a două incinte separate, în care să fie plasate majoritatea componentelor mecanice și electrice ale sistemului. Aceste cutii, prevăzute cu dispozitive de fixare corespunzătoare, pot fi montate la brâu, pe spate, pe piept, pe cască. Amplasarea acestora trebuie să asigure trasee cât mai scurte și mai sigure. Atunci când este pornit calcinatorul, filtrul de aspirație poate fi by-passat, fiind înlăturată o rezistență pneumatică importantă. Acest by-pass poate fi realizat prin montarea unui teu pe conducta de aspirație, după filtrul de avarie. Pe ramificația teului se montează un cartuș filtrant simplu, prevăzut cu un capac. Prin înlăturarea capacului se deschide o cale directă spre mediul ambiant.

Ai3. Sisteme individuale cu două calcinatoare. Acestea sunt cele mai complexe, dar și cele mai sigure sisteme, întrucât pe lângă o protecție sigură a purtătorului asigură și o protecție a mediului ambiant, prin calcinarea aerului expirat. Ele se realizează prin montarea pe conducta de refulare a sistemului descris anterior, a unui calcinator suplimentar. Se prevăd, de asemenea, toate sistemele de siguranță: by-passarea calcinatorului, includerea de conducte și clapete care permit interschimbabilitatea celor două calcinatoare, by-passarea filtrului de refulare, etc. De asemenea, sistemul oferă posibilitatea ca, prin introducerea unor filtre pentru dioxid de carbon pe conducta de refulare, aerul expirat să poată fi reintrodus în sistem, reducând debitul de aer care trece prin calcinatorul de pe conducta de aspirație.

Ac. Sistemele centralizate se bazează pe crearea unui sistem bine calculat și implementat de circulație a aerului, astfel încât acesta să ajungă în mod eficient la o multitudine de utilizatori, combinat cu o decontaminare centralizată, prin calcinare, prin filtrare chimică și mecanică, prin ozonificare, nebulizare, tratare cu raze ultraviolete, etc.

Ac.1. Sisteme centralizate de purificare. Aceste sisteme sunt destinate purificării aerului destinat respirației din toate tipurile de încăperi, precum și alimentării cu aer decontaminat a unor grupuri de măști individuale ventilate. De cele mai multe ori, ele au în componență un calcinator dimensionat în mod corespunzător, conductele de distribuție, instalații suplimentare de tratare a aerului, etc. În funcție de destinația încăperilor deservite, sistemele independente de calcinare trebuie să realizeze o colectare judicioasă a aerului contaminat, calcinarea lui și distribuirea în incinta respectivă. Soluția cea mai economică este combinarea

acestor sisteme cu instalațiile de ventilare și de condiționare a aerului existente, iar în cazul proiectelor noi, realizarea de instalații multifuncționale economicoase.

Încăperile cu destinație publică (mijloace de transport public auto, feroviare, aeriene, săli de clasă, săli de spectacole, restaurante, etc) pot fi echipate cu un calcinator dimensionat în mod corespunzător și cu o serie de conducte de colectare și de distribuție. Ambele tipuri de conducte sunt prevăzute, din loc în loc, cu puncte de racordare individuale (suplimentar, și cu prize electrice), la care se pot conecta purtători individuali de măști ventilate. Aceste măști vor fi utilizate în regimul cel mai simplu (fără calcinator, cu/fără suflantă), reducând la minimum consumul energetic al purtătorului măștii.

Ac.2. Sisteme individuale de tratament. Dacă calcinatorul de pe conducta de refulare are un debit egal, sau puțin mai mare decât cel al calcinatorului de pe conducta de aducțiune, se poate realiza o incintă activă cu presiune negativă, la care scăpările de gaz spre mediul ambiant sunt reduse la o valoare minimă. Acest sistem poate fi utilizat în cazul purtătorilor de agenți patogeni declarați, sau prezumptivi. În aceste cazuri, incinta activă este adaptată noilor cerințe.

Pentru varianta de mască individuală descrisă anterior, poate fi utilă varianta cu barieră despărțitoare între circuitul de inspirație și cel de expirație, care oferă posibilitatea creșterii diferenței de presiune dintre cele două compartimente, până la o valoare prestabilită prin montarea în peretele despărțitor a unei supape unisens, cu presiunea de deschidere reglabilă. Purtătorul unei asemenea măști poate elimina voită (în momentul în care vorbește, citește cu voce tare, sau cântă) prin expirație, o cantitate mare de viruși, care este direcționată spre calcinator. Putem presupune că prin repetarea acestor operații, cantitatea de viruși eliminată din aparatul respirator poate duce la o încetinire temporară a influențelor negative produse de aceștia și la creșterea eficienței tratamentului antiviral. În aceste cazuri, masca individuală poate fi înlocuită cu un punct fix de tratament: la conducta de intrare în calcinator (în montaj fix) se atașează o căscă simplă (de exemplu, un perete cilindric transparent, deschis la partea inferioară, care acoperă în întregime capul pacientului). Dacă acest sistem de aspirație a aerului, posibil contaminat, este realizat la o scară mai mare (prin înlocuirea cilindrului de mici dimensiuni și prin creșterea puterii calcinatorului), poate primi și alte utilizări, în secțiile de tratament, sau în spațiile publice. De pildă, folosirea unei incinte active în care să încapă un pacient și o mică măsură, în combinație cu o serie de măsuri de protecție împotriva contactului direct, poate asigura hrănirea acestuia (sau exercitarea altor activități) în condiții de siguranță sanitară avansată. Folosirea unor incinte cu presiune negativă de dimensiuni ceva mai mari, pot asigura desfășurarea unor activități cu mai multe persoane, asigurând în același timp o oarecare siguranță persoanelor neimplicate direct în aceste activități.

B. Sisteme combinate de sterilizare și de condiționare a aerului SCSC.

Sistemele de sterilizare **individuale**, descrise anterior, au rolul de a furniza aer decontaminat unui singur individ, eventual unui grup redus de indivizi, aflați în aceeași locație și racordați prin furtune individuale la același aparat. Ele alimentează o mască ventilată, împreună cu care se constituie într-un **aparat de respirat izolant**, similar celor din stadiul actual al tehnicii (PAPR). Dacă dispozitivul de calcinare al acestui aparat este prevăzut cu un rezervor de aer sterilizat, conținutul lui poate fi, așa cum am descris deja, supus unor tratamente suplimentare (încălzire, răcire, uscare, umidificare, ionizare, dezodorizare, etc). Aparatul va furniza, în circuit deschis, debitul nominal (cca 100 L/min) de aer sterilizat și condiționat, asigurând necesarul de aer al unui individ. Dacă calcinatorul este proiectat pentru un debit mai mare, el poate trata aerul necesar pentru ventilarea unei incinte, sau a unui spațiu adiacent și poate înlocui cu succes aparatele locale de aer condiționat, aducând în plus, funcția de sterilizare a aerului.

În mod similar, sistemele de sterilizare centralizate aferente unui spațiu oarecare, descrise anterior, pot deveni sisteme combinate centralizate de sterilizare și de condiționare a

aerului, dacă asigură aerului tratat debitul și caracteristicile climatice de confort impuse de cerințele valabile pentru spațiile de destinație..

În ambele cazuri, unitatea **combinată de sterilizare și de condiționare a aerului, UCSC** va fi compusă (Fig9) din:

- un sistem de colectare a aerului AHU1, similar cu sistemele de colectare a aerului AHU, specifice unui sistem HVAC conceput pentru spațiul respectiv

- un compresor adiabatic CA, care ridică temperatura (și implicit, presiunea) aerului colectat, peste temperatura de calcinare, specific unuia din sistemele de sterilizare SSA descrise anterior

- un regenerator RG, specific sistemelor de sterilizare SSA

- un detentor adiabatic DA1, care reduce temperatura, și implicit, presiunea aerului sterilizat, până la temperatura și presiunea dorită în unitatea de tratare. Dacă temperatura și presiunea aerului sterilizat obținute după comprimare sunt convenabile operațiunilor de climatizare, acest detentor și regeneratorul nu mai sunt necesare

- unitatea de tratare UT, care este un rezervor în care au loc operațiunile de climatizare specifice unui sistem HVAC conceput pentru spațiul respectiv.

- un detentor adiabatic DA2, care reduce temperatura (și implicit, presiunea) aerului sterilizat din UT, până la temperatura finală. Dacă temperatura finală este convenabilă operațiunilor de climatizare, e suficient un singur detentor montat între regenerator și UT.

- un sistem AHU2 de distribuire a aerului sterilizat și condiționat, similar cu sistemele de manipulare a aerului AHU, specific unui sistem HVAC adecvat spațiului respectiv

- opțional, unul sau mai multe compresoare CI și detentoare DI izotermice, montate între două elemente ale sistemului, atunci când temperatura de la ieșirea primului element este adecvată operațiunilor din elementul următor, dar este recomandată o modificare a presiunii

Toate elementele componente ale acestor sisteme USCS pot fi regăsite printre aparatele și dispozitivele care se produc în stadiul actual al tehnicii, dar pentru obținerea unor performanțe satisfăcătoare, caracteristicile unora dintre ele trebuie modificate, întrucât aerul sterilizat furnizat de dispozitivele de calcinare poate avea parametrii termodinamici mult diferiți de cei ai aerului prelucrat în instalațiile de climatizare. Din această categorie fac parte compresoarele și detentoarele izotermice și unitatea de tratare.

Compresorul izotermic CI (densificatorul) este utilizat pentru a mări presiunea unui volum dat de gaz, fără a-i modifica substanțial temperatura. În stadiul actual al tehnicii, acest deziderat poate fi realizat satisfăcător de către compresoarele "aproape izotermice", la care, prin construcție, sunt luate unele măsuri pentru a reduce cât mai mult indicele politropic al comprimării: creșterea raportului dintre diametrul cilindrului și cursa activă a pistonului, pulverizarea abundentă a unui lichid (apă, cel mai adesea) în timpul comprimării, generarea, sau introducerea de spumă în timpul comprimării, introducerea în interiorul cilindrului a unor inserții metalice cu suprafață mare de contact, combinată cu utilizarea unui piston lichid. Toate aceste măsuri dau rezultate doar corelate cu viteze ale pistonului variabile pe durata unui ciclu complet: la începutul comprimării, când lucrul mecanic instantaneu necesar este redus, pentru o anumită putere cedată de mecanismul de acționare, viteza poate fi comparabilă cu cea a compresoarelor adiabaticice dar, o dată cu creșterea presiunii gazului, lucrul mecanic instantaneu necesar crește, prin urmare, pentru aceeași putere, viteza pistonului trebuie să scadă. În stadiul actual al tehnicii, pentru rapoarte de comprimare de ordinul sutelor, durata unui ciclu poate fi de ordinul secundelor, pentru rapoarte mai mari de comprimare fiind necesare mai multe trepte de comprimare, sau cicluri cu frecvență și mai mult redusă. Rezultatele pot fi îmbunătățite dacă viteza pistonului este controlată pe toată durata ciclului de comprimare, în așa fel încât aceeași viteză să scadă corelat cu creșterea presiunii din cilindru, pe măsură ce se apropie de valoarea finală, pe măsură ce se reduce suprafața (deci și fluxul termic) prin care excesul de căldură al gazului comprimat este transferat spre mediul exterior, sau spre altă sursă rece).

Compresorul propus prin această invenție, pentru care în continuare, vom utiliza și denumirea de “**densificator**”, folosește într-o măsură mai mare, sau mai mică, potrivit aplicațiilor concrete deservite și variantei constructive alese, una sau mai multe tehnici de micșorare a indicelui politropic al comprimării, din stadiul actual al tehnicii. Suplimentar, în toate variantele descrise, utilizate în diverse aplicații, între fața interioară a pistonului 5.2 (Fig.10), și capacul cilindrului 5.1, densificatorul are motat, un “**burete termic**” 5.3. Acesta este un corp solid deformabil, cu volum variabil, dar cu o suprafață în contact direct cu gazul ambiental aproape constantă, a cărei deformare este în permanență controlată prin poziția pistonului. Cel mai simplu de implementat este un burete sub forma unui sistem multialveolar (spumă obținută din compuși metalici, sau nemetalici, plăci cu suprafețe mari, neregulate) realizat din materiale cu deformare controlabilă, cu capacitate termică mare, de preferință metalice (acestea având și conductivitatea termică mare), sau din cauciuc natural, cauciuc sintetic, din elastomeri, din polimeri elastici, din izopren, etc. Alveolele sistemului sunt constituite din golurile formate între diverse benzi, sau plăci metalice, corzi sau bare elastice, arcuri, resorturi, membrane, țesături din materiale elastice și neelastice, metalice și nemetalice, diverși produși cu alveole deschise (care comunică toate între ele), din alte tipuri de componente metalice elastice, sau neelastice, saci gonflabili cu pereți elastici, etc. Ideal este ca, volumul instantaneu al buretelui V_B , compus din volumul total al componentelor sale solide și cel al gazului din alveole, pentru oricare din pozițiile pistonului, să nu se modifice în mod semnificativ, după un număr mare de procese de comprimare. Sunt acceptabile totuși, unele mici variații, dacă acestea sunt oscilații în jurul unei valori medii.

Un asemenea corp se realizează prin reuniunea dintre o parte solidă, cu un volum V_s puțin variabil atunci când este comprimat și o parte gazoasă, cu volumul $V_{g_{in}}$, variabil descrescător, atunci când buretele este comprimat. Alveolele volumului $V_{g_{in}}$ comunică între ele și cu mediul înconjurător. Dacă sistemul conține și alveole gazoase închise, ele sunt considerate ca făcând parte din volumul V_s (chiar dacă suferă variații de volum în procesul de comprimare și absorb și energie mecanică, direct din energia furnizată de piston). În starea inițială (în repaus, sau după o ușoară comprimare), cu pistonul în PMI (punctul mort inferior), buretele poate fi încadrat într-un volum inițial V_i și o suprafață exterioară limitatoare inițială S_i . În starea finală (de maximă comprimare), cu pistonul în PMS (punctul mort superior), el poate fi încadrat într-un volum final V_f și o suprafață exterioară limitatoare finală S_f . Elementele solide care compun partea solidă V_s au fiecare o suprafață exterioară individuală, în contact cu componenta $V_{g_{in}}$ a buretelui. Suma tuturor acestor suprafețe individuale este suprafața de contact S_c , prin care buretele absoarbe o parte din căldura introdusă de piston în timpul comprimării gazului. În timpul operației de comprimare, această suprafață se micșorează destul de puțin, prin deformarea produsă de comprimare, dar poate suferi variații importante atunci când două suprafețe individuale se suprapun, eliminând gazul dintre ele, sau formând o alveolă închisă.

De asemenea, în timpul procesului de comprimare, în diferite faze ale acestuia, în interiorul cilindrului compresorului (vom considera conceptul de *cilindru* în sensul său cel mai larg, secțiunea perpendiculară pe ax putînd avea o formă oarecare, nu neapărat circulară) poate să apară un volum oarecare, variabil, de lichid V_L , mărginit de suprafața limitatoare variabilă S_L . În zonele în care partea lichidă aderă la elemente solide din componența pistonului, sau ale buretelui termic, suprafața acoperită este considerată ca făcând parte din S_L . De exemplu, dacă toate suprafețele interioare ale componentelor cilindrului sunt acoperite cu lubrifianț, transferul termic are loc între gaz și lichid prin suprafața S_L , urmînd ca evacuarea excesului de căldură să se facă prin transferul termic dintre lichid și componentele metalice. Volumul lichidului poate fi format dintr-un singur component, sau dintr-o serie mare de componente, împrăștiate atât în componenta $V_{g_{in}}$ a buretelui, cât și în afara lui, în volumul de gaz $V_{g_{ex}}$, dintre burete și pereții compresorului.

Prin urmare, când pistonul densificatorului se găsește în PMI, volumul inițial al cilindrului V_{iCY} este alcătuit dintr-un volum de gaz $V_{gi} = V_{gin} + V_{gex}$, volumul părții solide a buretelui V_s și, eventual, volumul inițial de lichid V_{Li} (aici, fiind inclusă și cantitatea inițială de lubrifianț din cilindru). În cazul compresoarelor cu piston solid, volumul V_{Li} și temperatura T_{Li} ale acestui lubrifianț au variații nesemnificative în procesul de comprimare: o cantitate de lubrifianț egală cu cea introdusă (în mod continuu, sau la un anumit moment al ciclului) prin conducta de admisie, este evacuată în același mod, prin conducta de refulare. O dată cu evacuarea acestei tranșe de lubrifianț este evacuată și o parte Q_L din aportul de căldură al acțiunii pistonului din perioada aceluși ciclu de comprimare.

În cazul compresoarelor cu piston solid, pe măsură ce pistonul se deplasează spre PMS, V_L și V_S rămân nemodificate, în schimb, ambele componente V_{gin} și V_{gex} ale V_g se micșorează în mod corespunzător. O cantitate Q_i de energie termică, egală cu lucrul mecanic instantaneu W_i efectuat de piston este transferată instantaneu întregii cantități de gaz din cilindru, care are tendința de a-și mări temperatura în mod uniform. Particulele de gaz aflate în imediata apropiere a pistonului, a capacului și a pereților cilindrului, a particulelor de lubrifianț, precum și cele din apropierea și din interiorul buretelui termic, le transferă acestora o parte din această căldură, astfel încât indicele politropic al comprimării este mai mic decât indicele adiabetic. Distribuția temperaturilor din interiorul volumului de gaz devine neuniformă, ducând la o temperatură medie instantanee T_{mi} a gazului. De asemenea, particulele solide și cele lichide care au primit energie termică de la gazul din cilindru, transferă o parte din această căldură particulelor solide și lichide din imediata lor vecinătate, iar acestea o transmit, prin conducție, în restul corpului (lichid sau, solid), ceea ce duce la temperaturi neuniforme ale pistonului, ale capacului, ale pereților, ale lubrifianțului și ale buretelui și la apariția unor temperaturi medii instantanee ale acestora: T_{pmi} , T_{cmi} , T_{wmi} , T_{lmi} , respectiv T_{smi} . Trebuie remarcat faptul că, datorită îndeosebi raportului mare dintre masa elementelor solide și lichide din proces și masa gazului din cilindru, la rapoarte de comprimare nu foarte mari (sub 100), temperatura elementelor solide și lichide crește foarte puțin, pe durata unui singur ciclu (oricât ar fi prelungită aceasta). O creștere semnificativă apare doar la rapoarte foarte mari de comprimare, sau după un număr mare de cicluri. De aceea, vom analiza procesul de comprimare care se petrece într-un regim staționar, în care temperaturile medii instantanee T_{pmi} , T_{cmi} , T_{wmi} , T_{lmi} , și T_{smi} nu se modifică pe durata unui ciclu.

O comprimare izotermică, în care gazul și mediul care îl înconjoară să aibă aceeași temperatură (temperatura ideală T_{amb}), nu este posibilă întrucât, pentru a evacua energia primită de la piston, temperatura gazului T_g trebuie să fie (oricât de puțin) superioară celei a mediului înconjurător T_{amb} . Viteza cu care această energie este evacuată depinde de mărimea diferenței dintre aceste temperaturi. Studiile teoretice și experimentale întreprinse de numeroși cercetători asupra acestor procese au ajuns la concluzia că din punct de vedere energetic, cea mai eficientă strategie prin care o cantitate m_g de gaz cu presiunea p_1 și temperatura T_{amb} este adusă la presiunea p_2 și temperatura T_{amb} este un proces în trei pași:

- o comprimare izentropică până la temperatura de lucru T_{iC}
- o comprimare izotermică la temperatura de lucru T_{iC} , până la o presiune $p_3 > p_2$
- o destindere izentropică până la temperatura T_{amb} și presiunea p_2

Alegerea temperaturii de lucru T_{iC} se face pentru fiecare caz particular și este un compromis între cantitatea de energie consumată suplimentar față de comprimarea ideală (la temperatura ideală T_{amb}) și durata ciclului de comprimare.

Obținerea unei comprimări perfect izotermice, la o temperatură T_{iC} a gazului din cilindru se poate obține dacă, energia termică instantanee transmisă de piston gazului din cilindru (egală cu lucrul mecanic instantaneu cedat de piston) este egală cu energia termică instantanee preluată de la gaz de către componentele compresorului (piston, capac, pereți, lubrifianț și burete), care sunt în contact direct cu acest gaz, prin suprafețele A_p , A_c , A_w , A_L , respectiv A_S .

Acest transfer termic este patronat de legea lui Newton: $Q_i = h_i A_i (T_{ic} - T_{amb})$, unde Q_i este rata instantanee a transferului termic pentru componenta i ($i = p, c, w, L$, sau s), iar h_i este coeficientul respectiv de transfer termic. Prin urmare, trebuie satisfăcută ecuația $W_i = \Sigma h_i A_i (T_{ic} - T_{amb})$, pentru fiecare moment al ciclului de comprimare. Aici, W_i este lucrul mecanic instantaneu al pistonului. În general, variabilele care apar în această ecuație sunt cunoscute, cu excepția coeficienților h_i , pentru care cercetările teoretice, dar mai ales cele experimentale, pot furniza aproximări, satisfăcătoare pentru numeroase situații practice. Menționăm totuși că, despre influența modificărilor de presiune și de temperatură (datorate comprimării) asupra acestui coeficient sunt publicate puține rezultate.

Pentru compresoarele cărora li se cunosc caracteristicile dimensionale și de material (atât ale compresorului, cât și ale mediului ambiant), pentru o temperatură T_{ic} a gazului și o temperatură inițială T_{amb} a mediului și a elementelor componente ale compresorului, impunerea condiției de a realiza comprimarea izotermică ne conduce la o ecuație diferențială în care singura necunoscută este funcția $v_{ic}(t)$: variația în timp, pe durata unui ciclu, a vitezei de deplasare a pistonului. Dacă se respectă relația de mișcare descrisă de $v_{ic}(t)$, temperatura gazului rămâne la valoarea T_{ic} pe toată durata t_{ic} a ciclului, iar energia consumată pentru comprimare este minimă, în comparație cu orice altă relație de mișcare $v(t)$, pentru un ciclu cu durata t_{ic} . Pentru o diferență de temperatură $\Delta T = T_{ic} - T_{amb}$ standardizată, se poate defini o **viteză standard de start izotermic**, egală cu viteza $v_{ic}(t_0)$ din momentul inițial al ciclului, o mărime care poate caracteriza orice compresor (sau detentor) din punct de vedere al capabilității de a efectua schimb termic cu mediul său ambiant.

Această ecuație de echilibru justifică toate procedeele utilizate în stadiul actual al tehnicii pentru creșterea coeficientului politropic al proceselor de destindere și de comprimare a gazelor și vaporilor. Toate aceste procedee măresc, prin diferite metode, suma $C_T = \Sigma h_i A_i$ (coeficientul global de transfer termic): prin creșterea coeficientului de transfer termic al unuia, sau mai multor componente, sau prin creșterea suprafeței de transfer termic, prin introducerea de componente solide, sau lichide suplimentare: lubrifianți, picături de lichid, spumă apoasă, inserții metalice, etc. Caracteristica comună a acestor procedee este efectul lor neuniform și limitat atât în spațiul cilindrului cât și pe durata ciclului de comprimare. Coeficientul global de transfer termic este dependent de poziția pistonului, iar o relație pentru calcularea $v_{ic}(t)$ este, în această situație destul de dificilă.

Buretele termic elastic poate fi realizat în așa fel încât, în condițiile de temperatură și presiune concrete ale procesului respectiv, suprafața totală a componentelor sale constructive ΣA_{jb} (și coeficientul de transfer termic corespunzător $\Sigma h_{jb} A_{jb}$, unde j se referă la ordinea componentelor) să rămână aproape constantă pe toată durata comprimării. Dacă această suprafață este suficient de mare, contribuția celorlalte elemente care contribuie la coeficientul de transfer termic global (de exemplu, pereții laterali), este nesemnificativă. Dacă coeficienții h_{jb} sunt constanți, sau dacă variația lor poate fi considerată liniară în raport cu presiunea, vom obține pentru $v_{ic}(t)$, în cazul comprimării, o descreștere exponențială în timp, mult mai puțin accentuată decât în situația în care coeficientul $\Sigma h_i A_i$ se micșorează o dată cu deplasarea pistonului (mai ales la presiuni mari). Prin urmare, cantitatea de gaz comprimat având o anumită presiune și temperatură, obținută în același interval de timp, prin utilizarea a două compresoare, caracterizate prin aceeași viteză de start izotermic, dar diferite din punct de vedere constructiv (unul fiind echipat cu un piston lichid și cu inserții metalice cu suprafața inițială A_I , descrescătoare o dată cu deplasarea pistonului, celălalt echipat cu un piston solid și cu un burete metalic elastic având suprafața de transfer termic constantă A_I), diferă de la unul la altul, cu atât mai mult cu cât crește raportul de comprimare.

De exemplu, într-un compresor cu piston solid uzual, confecționat din piese metalice menținute la temperatura constantă T_{amb} , cilindrul având lungimea de 30 cm și diametrul de 20cm, dacă temperatura gazului aspirat are presiunea p_{amb} și temperatura $T_{ic} = T_{amb} + 10^\circ C$, se

poate produce o comprimare izotermică până la presiunea $p_1 = 7.39 p_{amb}$ ($7.39 = e^2$) cu o durată de 166s, dacă viteza inițială a pistonului este de 3.6 mm/s, iar apoi scade exponențial până la 0.49 mm/s. În acest mod, într-o oră sunt efectuate aprox. 20 de cicluri și se obțin cca 0.2 m³ de gaz comprimat. Într-un compresor identic cu acesta, dar cu diametrul de 200 cm, curba de variație a vitezei pistonului pentru o comprimare izotermică este aceeași (contribuția peretelui lateral la evacuarea surplusului de căldură am considerat-o, în ambele cazuri, neglijabilă), dar se obțin cca 20 m³ de gaz comprimat, consumând (și transferând mediului) o energie de 100 de ori mai mare. Dacă în acest compresor introducem un burete termic elastic, confecționat din 100 de plăci, din același metal cu pistonul și capacul, cu grosimea de 0.1 mm și cu diametrul de cca 199 cm, distanțate între ele cu ajutorul unor distanțieri elastici, la o distanță inițială de 3 mm, comprimarea izotermică cu viteza $v_{ic}(t)$, din primul ciclu, se produce la o viteză a pistonului de cca 100 de ori mai mare. Dacă în sistem este implementat și un procedeu eficient de evacuare în exterior a surplusului de căldură, regimul izotermic se menține și pentru ciclurile următoare. Pentru a păstra volumul inițial al compresorului, lungimea cilindrului trebuie mărită cu cca 1 cm pentru a compensa grosimea buretelui în starea total comprimată (plus o lungime corespunzătoare implementării unui sistem de răcire adecvat), caz în care, într-o oră de funcționare se pot obține cca 2000 m³ de gaz comprimat.

Într-o comprimare izotermică, energia mecanică transferată de către piston gazului din cilindru (a cărui temperatură este T_{ic}) și transformată în căldură este preluată integral de către elementele componente ale compresorului (care, fiind în contact și cu mediul ambiant, îi transmit acestuia o parte din această energie) și de către buretele termic (care este în contact cu elementele componente ale compresorului pe porțiuni foarte mici, în rest fiind în contact doar cu gazul din cilindru). Prin urmare, dacă suprafața activă a buretelui este mult mai mare decât suprafețele active ale compresorului, cea mai mare parte a energiei termice în exces este preluată de către burete, a cărui temperatură crește treptat, temperatura elementelor componente ale compresorului modificându-se mult mai puțin. Dacă energia termică preluată de burete nu este eliminată, temperatura T_{ic} a gazului nu va putea fi menținută la această valoare, decât dacă viteza pistonului este redusă în mod corespunzător. Datorită raportului foarte mare între densitatea gazului și cea a elementelor solide și lichide ale buretelui, în cazul respectării în continuare a ecuației mișcării $v_{ic}(t)$, creșterea temperaturii acestora (și, în consecință, a gazului din cilindru) este lentă, fiind necesar un număr N important de curse ale pistonului pentru ca această modificare să fie sesizabilă în creșterea puterii mecanice absorbite de mecanismul de acționare al pistonului (N este cu atât mai mare cu cât masa buretelui este mai mare). Dacă densificatorul continuă să funcționeze fără a elimina căldura acumulată de burete, energia mecanică primită din exterior de către piston este acumulată atât ca energie potențială depozitată în rezervorul cu gaz comprimat, cât și în buretele termic, sub formă de energie internă. Când temperatura buretelui ajunge la valori mari, energia acumulată în burete este echivalentă cu energia potențială depozitată într-un rezervor de dimensiuni apreciabile, conținând gaz comprimat la o presiune apreciabilă. Aceste considerații teoretice justifică două strategii diferite de utilizare a densificatorului:

- fără sistem de răcire a buretelui, ceea ce permite acumularea în interiorul lui a unei cantități apreciabile de energie termică
- cu sistem de răcire a buretelui, ceea ce permite păstrarea acestuia la o temperatură constantă T_{amb} , deci păstrarea temperaturii gazului la o valoare T_{ic}

Trebuie remarcat faptul că la acest tip de configurație a compresorului și la acest mod de deplasare a pistonului, deoarece coeficientul $\Sigma h_i A_i$ este aproape constant pe toată durata comprimării izotermice, chiar dacă raportul de comprimare este foarte mare, împărțirea procesului de comprimare în mai multe etape (trepte diferite, între care gazul este răcit în schimbătoare de căldură exterioare, până la T_{amb}) devine inutilă. Rămâne însă utilă, o precomprimare politropică, sau una aproape izotermică a gazului, cu un tip de compresor mai

simplu, din stadiul tehnicii, cu ajutorul căruia să se obțină volumul inițial de gaz (introdus prin supapa de admisie la o semicursă a pistonului), având temperatura T_{iz} (deci, cu înlocuirea compresorului adiabatic care avea rolul de a aduce gazul la această temperatură) și presiunea de pornire $\varepsilon_f \cdot p_0$. Se evită, în acest mod, deplasările rapide ale pistonului, cele cu viteză mare din faza inițială și se folosește cu mai mare eficiență porțiunea cilindrului din apropierea PMI.

În funcție de caracteristicile aplicației în care apare necesitatea comprimării izoterme, se pot realiza o varietate foarte mare de configurații posibile pentru construcția compresorului și a buretelui termic. În figurile 10 – 18 sunt prezentate câteva exemple de densificatoare cu **piston solid** (acestea utilizează cantități fixe de lichid doar pentru lubrifiere, pentru răcirea buretelui în timpul comprimării și pentru evacuarea gazului comprimat rămas în cilindru când pistonul ajunge în PMS, fără a avea vreun rol în comprimarea gazului)

Configurațiile cele mai simple se obțin prin modificarea configurației compresoarelor din stadiul actual al tehnicii, prin introducerea într-un astfel de aparat a unui burete termic. Compresorul din Fig.10 are în componență carcasa 5.1 (compusă din capacul cu supapele 5.5 și pereții laterali), pistonul 5.2 și buretele termic 5.3. Funcționarea lui este identică cu cea a unui compresor fără burete: admisia gazului se face prin supapa de admisie, prin deplasarea pistonului din punctul mort superior PMS spre punctul mort inferior PMI, cu supapa de refulare închisă, iar comprimarea până la presiunea dorită p_f , prin deplasarea acestuia din punctul mort inferior PMI spre punctul T, cu ambele supape închise, interval în care are loc și transferul preponderent de căldură dinspre gaz spre burete. Când pistonul ajunge în acest punct, se deschide supapa de refulare, astfel încât gazul cu presiunea p_f este evacuat spre destinația dorită, prin deplasarea pistonului din punctul T în punctul mort superior PMS. Dacă rezervorul de destinație este suficient de mare, în acest interval de timp, gazul primește numai energia mecanică de deplasare $W_d = p_f \cdot V_{gf}$.

Când pistonul se găsește în PMS, în interiorul buretelui și în spațiul dintre burete și pereții cilindrului pot rămâne volume importante de gaz comprimat (așa numitul “volum mort”), care se vor destinde până la p_{amb} înainte de deschiderea supapei de admisie, ceea ce, la fel cu situația din cazul compresoarelor din stadiul tehnicii, duc la micșorarea debitului final de gaz comprimat, micșorare cu atât mai importantă cu cât raportul de comprimare al compresorului este mai mare. Pentru evitarea acestui fenomen pot fi implementate o serie de soluții constructive, dintre care câteva sunt descrise în Fig. 10a, 10b, Fig.11 și 11a.

Compresorul din Fig.11 ilustrează acest tip de configurație: buretele termic 5.4 al acestui compresor este un arc metalic elastic elicoidal, cu secțiunea spirei dreptunghiulară, un capăt al arcului fiind fixat de capacul 5.1, celălalt de pistonul 5.2. Cu pistonul în PMI, arcul este în stare detensionată (sau are o ușoară pretensionare). În reprezentarea din figură, pistonul este într-o poziție intermediară, care poate coincide cu punctul T. Remarcăm că și în situația în care, cu pistonul în PMS, spirele arcului sunt lipite între ele (tensionarea este maximă), volumul mort al compresorului (care include un spațiu cilindric cu diametrul egal cu diametrul interior al arcului și spațiul inelar dintre arc și pereții cilindrului) este destul de mare. Acesta poate fi redus prin introducerea în acest spațiu a unor arcuri suplimentare, cu diametre reduse, sporind suprafața de transfer termic. O eliminare totală a volumului mort se poate realiza prin introducerea în cilindru, încă din faza inițială, a unei faze lichide a buretelui termic: o cantitate corespunzătoare de lubrifianț, sau lichid caloportor. O soluție care poate rezolva simultan și eliminarea unei cantități apreciabile din energia termică excedentară acumulată de buretele termic este realizarea unui circuit complet de răcire, prin circulația unui debit constant de lubrifianț, sau prin introducerea, în mod continuu, a unei spume apoase de răcire, cu eliminarea ciclică a lichidului în exces, sau pulverizarea continuă, sau intermitentă (spre sfârșitul ciclului de comprimare) a unui lichid de răcire, sau prin orice altă metodă care combină în mod avantajos acțiunea pistonului solid cu cea a unui piston lichid. Dacă debitul de agent de răcire

care circulă prin acest circuit este corelat în mod corespunzător cu presiunea instantanee a gazului din cilindru și cu viteza instantanee a pistonului, comprimarea este izotermică.

În aceste noi configurații, devine avantajoasă utilizarea unor procedee noi, corespunzătoare noilor condiții, de refulare din cilindru a gazului comprimat. În figura 10a, ambele supape 5.5 din figura 10 au fost înlocuite cu ferestrele largi 5.6, create în pereții laterali ai cilindrului (în cazul unui cilindru cu secțiune dreptunghiulară, lățimea ferestrei poate fi egală cu grosimea buretelui din momentul în care pistonul este în PMS, iar lungimea lui poate fi egală cu lățimea peretelui), care permit o circulație rapidă, cu ireversibilități reduse, a gazului și a lichidului. Buretele termic este realizat din plăci plane 5.11. În reprezentarea din figură, pistonul este în PMS, cu supapa de admisie 5.6a deschisă. Supapa rămâne deschisă până când pistonul ajunge în PMI. În acest interval de timp, cu pistonul într-o poziție intermediară, poate fi activat circuitul de răcire (nereprezentat în figură, format din densificator, schimbător de căldură, ventilele închis/deschis și conductele de legătură). Prin introducerea intermitentă în cilindru (o singură dată pentru un număr N de cicluri) a unui agent de răcire, poate fi eliminat excesul de căldură acumulat după efectuarea unui număr mare de cicluri de comprimare. În timpul operației de răcire, pistonul poate îmbunătăți, prin scurte deplasări, eficiența acestei operații. După încheierea fazei de răcire, pistonul trebuie să mai execute o deplasare până în PMS pentru evacuarea agentului de răcire din cilindru, apoi, după comutarea corespunzătoare a ventilelor, este admis gaz în cilindru, prin deplasarea pistonului în PMI. În cilindru rămâne exact cantitatea de lichid necesară pentru eliminarea volumului mort.

Operațiunea de refulare a gazului comprimat se face prin fereastra 5.6r și conducta 5.6c, care face legătura cu rezervorul de stocare (sau o altă destinație utilă) și care poate fi umplută cu gazul de lucru, sau cu lichidul din circuitul hidraulic asociat, având presiunea p_f . În cazul în care în conductă se găsește lichid, fereastra 5.6a servește numai pentru admisia gazului. În acest caz, când pistonul, în cursa sa spre PMS, ajunge în punctul T, deschiderea ferestrei 5.6r permite lichidului din conducta 5.6c să pătrundă în cilindru și să înlocuiască gazul comprimat la presiunea p_f . Acesta, datorită forțelor arhimedice, ajunge în partea superioară a rezervorului de stocare, fiind înlocuit de un volum egal de lichid. La rândul său, o parte din acest lichid este refulat înapoi în conductă, prin deplasarea pistonului din punctul T în PMS. Când pistonul ajunge în PMS și fereastra de refulare se închide la comanda sistemului de control, în cilindru rămâne exact cantitatea de lichid necesară eliminării volumului mort. Această cantitatea de lichid poate rămâne permanent în cilindru, ca fracțiune lichidă a buretelui termic. În această configurație, eliminarea excesului de căldură se face prin înlocuirea acestei fracțiuni cu lichid mai rece, în timpul operației de refulare (lichidul mai cald fiind supus unor forțe ascensionale), operație a cărei durată poate fi prelungită (periodic, sau la fiecare ciclu) prin comenzile transmise pistonului de către sistemul de control. Altă posibilitate de înlocuire a acestei fracțiuni, cu mărirea debitului de gaz vehiculat, este de a elimina lichidul rămas în cilindru, în timpul operațiunii de admisie a gazului proaspăt, prin deschiderea unei supape situate în piston (cu deversarea lichidului în carterul densificatorului), sau prin absorbția lui printr-o conductă componentă a unui circuit de răcire, echipat cu un schimbător de căldură adecvat.

Alte configurații posibile pentru evacuarea gazului comprimat sunt prezentate în figura 10b, în care 5.1a este un densificator de dimensiuni reduse, a cărui fereastră de admisie 5.6a este, în același timp, fereastră de evacuare pentru densificatorul 5.1, cu care are un perete comun. Acest mini-densificator este prevăzut cu pistonul 5.2a și cu un burete termic realizat din plăci plane 5.11a. Deplasarea pistonului 5.2 din PMS în PMI duce la admisia în ambii cilindrii a gazului de lucru la presiunea p_f . Prima fază a comprimării se realizează prin deplasarea pistonului 5.2 din PMI în punctul T, interval în care, volumul gazului din densificatorul 5.1a nu se modifică, dar gazul din acest cilindru este comprimat în același raport cu gazul din cilindru 5.1, iar buretele său contribuie la acumularea energiei termice excedentare. Condițiile de comprimare din cele două densificatoare fiind diferite, vor fi diferite.

pe toată durata comprimării, și temperaturile gazului și ale bureților termici pe care le conțin. Frațiunea lichidă a buretelui din densificatorul 5.1 poate fi astfel aleasă încât, atunci când pistonul 5.2 ajunge în PMS, aceasta să ocupe în întregime tot volumul cilindrului neocupat de fracțiunea solidă, fără a pătrunde de loc în cilindrul 5.1a, tot volumul inițial de gaz din cilindrul să fie transferat în cilindrul 5.1a, iar presiunea lui să ajungă la valoarea finală p_f . În cilindrul 5.1a, gazul poate fi supus unei noi trepte de comprimare izotermică, sau poate fi evacuat în rezervorul de stocare, prin deplasarea pistonului 5.2a din PMI în PMS. În aplicațiile în care gazului comprimat i se impun condiții severe de puritate, buretele termic al densificatorului 5.1a se realizează numai cu fracțiune solidă, astfel încât volumul mort să fie cât mai mic. În caz contrar, este preferabilă suplimentarea fracțiunii solide 5.3a cu o fracțiune lichidă 5.3b, care să asigure debitul maxim de gaz comprimat (mini-densificatorul din dreapta figurii 10b).

Eliminarea energiei termice absorbite de buretele termic se poate face, pentru toate configurațiile descrise, cu unul din procedeele descrise anterior. Atunci când, pentru scopul pentru care este utilizat densificatorul este utilă recuperarea energiei furnizate sistemului prin intermediul pistonului, pot fi implementate dispozitive pentru recuperarea energiei termice acumulate de buretele termic. În figura 11a este reprezentat un astfel de procedeu, aplicat densificatorului din figura 11. Acest densificator are un burete termic compus dintr-o fracțiune solidă (un arc elicoidal cu secțiune dreptunghiulară) și o fracțiune lichidă care elimină complet volumul mort al cilindrului, atunci când pistonul se găsește în PMS. Admisia și refularea gazului se fac prin supapele 5.5 din capacul densificatorului (Fig. 11), sau prin ferestrele 5.6c din pereții laterali. Așa cum am menționat anterior, dacă densificatorul nu este prevăzut cu un circuit de răcire, temperatura gazului (și implicit, lucrul mecanic necesar comprimării pentru un ciclu) și a buretelui termic cresc, progresiv, după un număr N suficient de mare de cicluri de comprimare. Căldura pe care o primește gazul este acumulată, împreună cu energia mecanică acumulată, în rezervorul de stocare a gazului comprimat. După un număr mare de cicluri de comprimare, când temperatura buretelui ajunge la o valoare convenabilă, buretele densificatorului poate fi extras în întregime din densificator, depozitatat într-o încălțată izolată și înlocuit cu un burete identic, cu temperatura T_{amb} . Acest lucru este posibil dacă cilindrul are o secțiune dreptunghiulară, ferestrele laterale 5.6c și capacele care le închid au lățimea egală cu a buretelui comprimat și lungimea egală cu a peretelui lateral și dacă, în momentul imediat anterior extragerii, capacele laterale 5.6c și plăcile marginale ale buretelui 5.4a se cuplează între ele mecanic, astfel încât să poată fi translatate, culisând pe suprafața pistonului, apoi pe șine exterioare (de exemplu, împinse de un piston 5.2d, sau prin tracrare).

La proiectarea și realizarea buretelui termic trebuie avute în vedere câteva obiective:

- capacitatea termică cât mai mare
- reducerea la maximum a distanței dintre orice punct al volumului ocupat de gaz și cel mai apropiat punct al volumului ocupat de un element solid, sau unul lichid, pe toată durata procesului de comprimare
- păstrarea pe o durată de timp cât mai mare a caracteristicilor sale termice, elastice și a dimensiunilor constructive din starea netensionată
- volumul total al elementelor sale componente să fie cât mai mic (cu excepția cazului când buretele este și depozit util de energie termică)
- "volumul mort" cât mai mic
- crearea de protuberanțe care să mărească coeficienții de transfer termic h_i
- asigurarea unei circulații cât mai facile a gazului și a lichidului în toată incinta densificatorului, pentru a reduce pierderile prin frecare
- crearea deliberată, în volumul de gaz, a unor regiuni cu temperaturi diferite, pentru a provoca deplasări convective ale gazului: executarea de mici orificii în elementele buretelui, folosirea unor plăci executate din țesături metalice, cu ochiuri mici, etc

- reducerea la maximum a posibilității de frecare între elementele componente ale buretelui, precum și între acestea și pereții cilindrului

Pentru a înlătura posibilitatea ca buretele să se miște liber în cilindru și pentru a înlăturarea posibilității ca acesta să vină în contact cu pereții cilindrului, una din soluții este montarea unor tije de ghidare 5.7 (Fig. 12 și 15) fixate de piston, care străpung capacul prin orificii prevăzute cu garnituri de etanșare 5.8 (sau, viceversa). Dacă aceste tije sunt realizate din tuburi termice, se obține și o creștere a coeficientului global de transfer termic, atât prin coeficientul lor propriu de transfer termic, cât și prin circulația convectivă pe care o provoacă în interiorul gazului.

La densificatorul din Fig. 12, arcurile elastice elicoidale (cu secțiune circulară, dreptunghiulară, etc) 5.12 (la care în spațiul interior sunt montate arcurile 5.13, mai mici în diametru) servesc ca suport pentru o serie de plăci orizontale 5.11. Pentru a păstra nemodificate proprietățile arcurilor 5.12, cel mai adesea e necesar ca fixarea plăcilor 5.11 să se facă prin intermediul unui înveliș deformabil 5.12a ca în figura 12a. Acest înveliș poate fi continuu, pe toată lungimea spirei, sau poate fi realizat din inele montate din loc în loc. Fixarea plăcilor pe arcuri este facilitată atunci când sunt folosite arcuri conice (diametrul spirelor scade de la bază spre spira superioară). În acest fel, numărul plăcilor montate poate crește foarte mult, asigurând în acest fel o suprafață de transfer termic foarte mare și, în consecință, o viteză mare a pistonului, sau o diferență foarte mică între temperatura gazului și cea a buretelui termic. În cazul densificatoarelor combinate (cu piston solid, suplimentat cu un piston lichid, arcul 5.13 poate fi înlocuit cu un tub elicoidal, deschis la capătul interior, dintr-un material deformabil (de exemplu, polietilenă) prin care circulă lichid cu presiunea egală cu cea a gazului din cilindru.

La configurația din Fig. 12b, este evitată fixarea directă repetată a plăcilor de partea laterală a arcurilor, prin mărirea numărului de arcuri utilizate: se pleacă de la o placă de bază pe care se așează un număr redus (4,6,8, ...) de arcuri de lungime L egală, pe care se așează cea de-a doua placă. Placa următoare se fixează de partea laterală a arcurilor, prin intermediul materialului suport 13.a. la distanța dorită (densitatea maximă se obține când această distanță este zero, cu arcurile complet comprimate). Această placă servește ca suport pentru un nou set de arcuri de aceeași lungime L . Pentru montarea lor sunt necesare orificii de trecere corespunzătoare, în toate plăcile intermediare. Peste aceste arcuri se montează o nouă placă orizontală. Montarea este continuată, în această ordine, până la umplerea tuturor spațiilor intermediare. Figura 12c e o secțiune prin plăcile inferioare ale buretelui, atunci când pistonul se găsește în PMS.

Densificatorul din Fig. 13 este realizat din plăcile orizontale 11, fixate pe corzile elastice 5.7a, prin intermediul unui înveliș suport 5.7b. Când pistonul se găsește în PMI, corzile elastice sunt ușor tensionate, iar când pistonul se găsește în PMS, tensionarea este maximă. Pentru a asigura o densitate maximă a plăcilor, se poate mări numărul corzilor montate și intercalarea seturilor de plăci metalice.

În figura 14 este reprezentată o configurație de densificator în care, plecând de la configurația din figura 12, suprafața prin care se realizează absorbția căldurii din gazul în curs de comprimare de către buretele termic este mărită considerabil prin montarea de aripioare verticale. Există un foarte mare grad de libertate în ceea ce privește forma acestor aripioare, dimensiunile lor (o grosime mare asigură o creștere mai lentă a temperaturii buretelui, o distanță mai mică între aripioare asigură o răcire mai bună a gazului, o lățime mai mare a acestora reduce numărul necesar de plăci orizontale, un diametru mai mare al orificiilor practice atât în plăcile verticale, cât și în cele orizontale asigură o circulație convectivă eficientă și pierderi de frecare mai mici în lichidul ce va fi introdus la finalul comprimării, pentru evacuarea gazului comprimat, etc). Numărul mai mic de plăci orizontale asigură posibilitatea ca stabilitatea buretelui să fie asigurată prin garnituri (nu neaparat etanșe) montate pe circumferința fiecăreia din aceste plăci (presiunea în cilindru rămâne uniformă datorită

orificiilor practicate în plăci), sau prin role de ghidare, a căror frecare este minimă. În figura 14 este reprezentat buretele termic al unui asemenea densificator, cu pistonul într-o poziție intermediară, iar în figura 14a, același burete cu pistonul în PMS. Când pistonul este în PMS, gazul comprimat este distribuit în mod neuniform în tot volumul cilindrului. Evacuarea sa se poate face prin procedeul descris în figura 10a: deschiderea ferestrei 5.6r spre conducta de refulare 5.6c (în care se găsește lichid la presiunea p_f , determină, dacă această fereastră este situată la cota maximă, înlocuirea gazului din cilindru, cu lichid la aceeași presiune. Dacă temperatura lichidului este inferioară temperaturii buretelui, el va prelua și va evacua o parte din energia termică acumulată de burete, cu atât mai mare, cu cât va staționa o perioadă mai îndelungată în cilindru.

Pot fi realizate configurații în care aripioarele verticale sunt pereții laterali ai unei zone din cilindru (într-o secțiune în plan orizontal, ele sunt o succesiune de cercuri concentrice, sau de dreptunghiuri cu laturile din ce în ce mai mici, sau de alte figuri geometrice amplasate una în alta), iar plăcile orizontale au marginile înălțate, asemenea unor tăvițe (5.11c, figura 14b). Înălțimea marginilor tăvițelor va determina mărimea fracțiunii lichide a buretelui 5.11a, care trebuie să asigure, atunci când pistonul este în punctul T, ca presiunea în cilindru să atingă valoarea p_f , în caz contrar, supapa de refulare se va deschide în altă poziție a pistonului.

Configurația din figura 14b prezintă și o altă diferență față de configurația din figura 14: buretele termic este realizat fără arcurile elastice dintre plăcile orizontale, dar densificatorul este prevăzut cu un mecanism de blocare-deblocare (nereprezentat în figură) care face ca acțiunea pistonului să se transmită acestor plăci în mod succesiv, nu simultan. Aceasta are ca urmare modificarea atât a curbei de variație a presiunii din cilindru, cât și repartiția în timp și în spațiu a distribuției energiei termice acumulate de buretele termic. În reprezentarea din figură, pistonul este în poziția în care doar două plăci orizontale au fost deplasate, iar lichidul de pe aceste plăci a fost împins să ocupe spațiile dintre plăcile verticale.

Densificatoarele din Fig. 15 și 16 au, de asemenea, în compunere bureți termici realizați din componente metalice elastice și neelastice care, atunci când pistonul este în PMS, ocupă aproape în întregime volumul interior al densificatorului. Cel din Fig. 15 este construit prin alternarea unor plăci plane 5.11 cu o serie de plăci arcuite 5.14, întregul ansamblu fiind stabilizat de o tijă 5.7, care are unul din capete fixat de capacul cilindrului, iar celălalt capăt străpunge pistonul printr-un orificiu executat în piston și etanșat cu garnitura 5.8. Densificatorul din figura 16 este asemănător, dar plăcile intermediare, montate între plăcile plane, sunt o îmbinare între porțiuni plane 5.11, și porțiuni 5.15 realizate din elemente elastice arcuite. În secțiunea I-I este reprezentată o vedere interioară, de sus, a sistemului.

Acest tip de bureți termici, precum și alte configurații la care volumul la care ajunge gazul atunci când pistonul se găsește în PMS este foarte mic, poate fi folosit pentru reducerea consumului de energie al compresoarelor cu indice politropic supraunitar, compresoare la care obiectivul principal urmărit nu este realizarea unei comprimări izotermice, ci obținerea unui volum mare de gaz comprimat, într-un interval de timp cât mai scurt. Acest obiectiv poate fi realizat într-un mod mai economic decât în stadiul actual al tehnicii, prin introducerea în compresor a unui burete termic cu o suprafață de absorbție cât mai mare, obținută cu elemente acumulative cu un volum cât mai mic, asociat cu un sistem de lubrifiere în flux continuu, care să preia și funcția de răcire a buretelui și să reducă cât mai mult volumul mort atunci când pistonul se găsește în PMS. Introducerea, în plus, a unui sistem de acționare a pistonului care (la o durată a ciclului de comprimare egală cu a unui compresor clasic), să introducă o viteză a pistonului mai mare în faza de refulare, în cea de admisie și în prima parte a cursei active a pistonului, și o viteză mai mică spre finalul procesului de comprimare, micșorează și mai mult consumul de energie și eficientizează și funcționarea sistemului de răcire.

Oricărui compresor cu indice politropic supraunitar din stadiul tehnicii i se poate reduce consumul de energie necesar acționării, dacă în interiorul cilindrului său se introduce un burete

termic care să respecte aceste recomandări. De cele mai multe ori, aceasta implică unele modificări constructive ale compresorului inițial, necesare pentru scurtarea cursei pistonului (sau alungirea părții utile a cilindrului) cu o valoare G_b , egală cu grosimea buretelui în stare complet comprimată și pentru adecvarea sistemului de ungere la noile cerințe. În condițiile evoluției prețurilor la energie și a obiectivelor de reducere a poluării termice și a celei cu noxe, cheltuielile necesare acestor adaptări vor fi recompensate.

Pentru densificatoare pot fi realizate și configurații fără componente elastice. Densificatorul din figura 17 (o secțiune orizontală prin cilindru) are în componență un burete termic realizat din plăci metalice cu grosimea cât mai mică (dacă se dorește o densitate mare), dar suficient de mare pentru ca plăcile să nu sufere, din cauza greutății proprii, sau a mișcărilor executate, deformări remanente. Pentru a asigura plăcilor o poziție orizontală stabilă, precum și o distanțare cu valoare variabilă (în funcție de poziția pistonului), în interiorul cilindrului se montează un număr suficient de port-suporturi 5.19, amplasați în imediata apropiere a pereților, în așa fel încât mișcările unuia dintre ei să nu deranjeze mișcările celorlalți. În figura 17, secțiunea I-I este o secțiune verticală prin cilindru, executată în zona în care sunt montați port-suporturile. Port-suportul se confecționează sub forma unei lamele înguste pe a căror față interioară (cea orientată spre interiorul cilindrului) sunt montate, (prin sudare, nituire, ambutisare, etc) suporturi 5.20 ai plăcilor. Suporturile se confecționează din tablă, sârmă, piese prelucrate prin așchiere, etc și sunt într-un număr egal cu cel al plăcilor, sau un submultiplu al acestui număr, dacă se apelează la tehnica plăcilor intercalate. Un capăt al port-suportului se fixează, prin intermediul unei articulații mobile, de o eclisă 5.18 fixată rigid de piston. Pe celălalt capăt al lamelei, se fixează, tot printr-o articulație mobilă, un braț scurt rotitor, care are atașată o rolă de ghidare 5.16, care poate rula pe o șină, sau într-un canal 5.17 din capacul cilindrului. Plăcile orizontale sunt dreptunghiulare, ocupând aproape toată suprafața secțiunii orizontale, dar au practicate o serie de decupări pentru a evita coliziunea cu port-suporturile și cu suporturile de pe nivelurile învecinate, precum și pentru a crea manșetele 5.21 care calcă pe toți suporturile de la nivelul respectiv.

Când pistonul este în PMI, port-suporturile fac unghiul minim (aproape 0°) cu axa verticală, iar distanța dintre plăci este maximă. Pe măsură ce pistonul se deplasează, unghiul făcut de axa longitudinală a port-suporturilor cu verticala crește, iar distanța dintre plăci se micșorează. Când pistonul este în PMS, port-suporturile fac unghiul maxim (aproape 90°) cu axa verticală, iar distanța dintre plăci este minimă. La o prelucrare îngrijită a componentelor, plăcile se pot suprapune perfect, fără spații intermediare, asigurând un volum mort mic și o circulație facilă pentru lichidul destinat să înlocuiască acest gaz.

Figura 18 prezintă o secțiune orizontală prin cilindru al unui densificator care, de asemenea, are în componență un burete termic realizat din plăci metalice 5.11 cu grosimea foarte mică, sprijinite pe un sistem de port-suporturi. Port-suporturile sunt realizate dintr-o înșiruire de perechi de eclise 5.23 și 5.24, amplasate în planuri verticale paralele. Ambele eclise au un orificiu situat central prin care trece un bolț în jurul căruia se pot roti, bolț care poate fi unul din suporturile unei plăci orizontale, sau poate fi atașat rigid de placă. Capetele ecliselor sunt cuplate, prin articulații mobile cu alte două perechi de eclise (una inferioară și una superioară), iar perechile de eclise extreme sunt mai scurte și se cuplează prin articulații mobile cu câte un suport 5.22, unul fixat pe piston, celălalt pe capacul cilindrului. În "lupa" din Fig. 18A este prezentată o vedere frontală a sistemului de port-suporturi, în poziția care corespunde pistonului aflat în PMS, iar în secțiunea I-I o vedere frontală a întregului burete, corespunzătoare pistonului aflat într-o poziție intermediară. În această configurație, o densitate mare de plăci orizontale 5.11 se poate asigura numai prin mărirea numărului de port-suporturi, asociată cu un procedeu de intercalare a plăcilor orizontale.

Modul de acționare a pistoanelor acestor tipuri de densificatoare se alege în funcție de obiectivul urmărit prin comprimarea gazului. Atunci când introducerea buretelui termic în

structura cilindrului are ca scop doar realizarea unei reduceri a energiei consumate, prin modificarea indicelui politropic, acționarea pistonului se face prin unul din procedeele din stadiul tehnicii intrate în uzul curent. Dacă însă, se urmărește o comprimare cât mai apropiată de comprimarea izotermică (mai ales atunci când se urmărește și un raport mare de comprimare) este necesară folosirea unui sistem care să modifice instantaneu viteza pistonului în funcție de poziția lui (de raportul de comprimare instantaneu). Unul din procedeele utilizate în acest scop este implementarea în sistemul de acționare a unui sistem de came adecvat, de pildă sistemul de acționare cu canal profilat descris anterior și prezentat în figura 1. Alt procedeu potrivit acestui obiectiv este cel al acționării cu motor electric liniar (de regulă, montat pe tija pistonului), cu tensiune constantă și curent variabil. Acest procedeu este avantajos în cazul comprimării izotermice întrucât acest tip de comprimare implică egalitatea dintre energia mecanică cedată de piston și energia termică cedată de gaz buretelui și elementelor componente ale densificatorului. În cazul unui coeficient constant de transfer termic global, această egalitate implică menținerea constantă a curentului furnizat.

Rapoartele mari de comprimare implică diferențe mari între lucrul mecanic instantaneu efectuat de piston în momentul startului și cel de la sfârșitul procesului de comprimare. Din acest motiv, în aceste cazuri este recomandată folosirea unei acționări hidraulice, în care forța care determină deplasarea pistonului este presiunea unui lichid furnizat de un motor hidraulic, cu turație variabilă (sau cu debit variabil). Prin urmare, diferența mare de lucru mecanic între diferite etape ale procesului se traduce în variații mari de debit de lichid. În unele sisteme din stadiul tehnicii, reducerea ecartului de debit între diferitele momente ale procesului este rezolvată prin folosirea combinată a unui piston solid și a unui lichid.

În figurile 19 și 19.a, este prezentat un piston solid telescopic, acționat hidraulic, cu pistonul în PMI, respectiv într-o poziție intermediară. În configurația din figură, prima parte a cursei pistonului este divizată, prin construcția telescopică a tijei pistonului, în 4 segmente de lungime egală și un segment de lungime variabilă dar, atât numărul segmentelor cât și lungimea lor sunt la latitudinea proiectantului. Prima porțiune 6.1o, a tijei este atașată rigid de piston în centrul acestuia și se termină cu un inel exterior 6.2, cu diametrul mai mare decât diametrul tijei. Celelalte secțiuni, 6.1a, 6.1b, 6.1c și 6.1d, sunt cilindrii inelari, cu diametrul interior egal cu diametrul exterior al inelului exterior 6.2 al segmentului precedent și cu diametrul exterior egal cu diametrul interior al inelului interior 6.3 al segmentului următor. Inelele exterioare ale fiecărui segment culisează pe suprafața interioară a segmentului următor, iar inelele interioare culisează pe suprafața exterioară a segmentului precedent, garniturile 5.8 asigurând etanșarea. În configurația din figură, spațiul dintre suprafața inferioară a pistonului și suprafețele superioare ale inelelor interioare, precum și cel dintre suprafețele exterioare ale unui segment și suprafețele interioare ale segmentului următor sunt vidate, dar pot fi realizate configurații în care acest spațiu este ocupat de un fluid lichid, sau gazos, la presiune atmosferică, dacă în grosimea aripilor interioare sunt prevăzute canale pentru circulația acestuia, iar prin corpul unuia dintre segmente este realizat un canal, care prin intermediul unui tub flexibil realizează o legătură între acest fluid și un rezervor exterior. Se pot, de asemenea, realiza configurații în care presiunea acestui fluid diferă de cea atmosferică.

Când pistonul este în PMI, lichidul furnizat de un motor hidraulic pătrunde prin poarta 6.4 și apasă asupra inelului exterior al segmentului 6.1o, a cărui suprafață este mult mai mică decât suprafața pistonului și întrucât presiunea gazului din densificator este redusă, viteza pistonului va fi mare. Pe măsură ce presiunea gazului din densificator crește, viteza pistonului se micșorează. În momentul în care acest inel exterior calcă pe suprafața inferioară a inelului interior al segmentului 6.1a, mișcarea de deplasare se transmite și acestui segment, fapt care determină ca lichidul de lucru să pătrundă sub fața inferioară a inelului său interior. Întrucât suprafața activă se majorează, viteza pistonului are un salt crescător, pentru a se micșora din nou, pe măsura deplasării pistonului. Saltul crescător al vitezei pistonului se repetă de fiecare

dată când inel exterior al unui segment calcă pe suprafața inferioară a inelului interior al segmentului următor. Când și segmentul 6.1d este antrenat în mișcare, suprafața activă devine egală cu cea a pistonului și deplasarea acestuia continuă, fără salturi, cu viteză descrescătoare, până în momentul în care puterea pistonului o egalează pe cea necesară comprimării. Puterea motorului poate fi depășită dacă, telescoparea continuă, în același mod, cu segmente inelare cu suprafața interioară a inelului exterior mai mari decât diametrul pistonului (și decât al cilindrului densificatorului), adăugând și un cilindru suplimentar, cu diametru corespunzător.

În compresoarele cu piston lichid din stadiul tehnicii este utilizată o componentă lichidă, aceasta având proprietăți remarcabile de lubrifiere și de etanșare, de reducere la minimum a volumului mort, de agent de răcire și de agent de transmitere a energiei mecanice de comprimare. Într-un **densificator cu piston lichid**, folosirea acestor proprietăți se face în așa fel încât suprafața de transfer termic dintre gaz și buretele termic să rămână nemodificată (sau să se micșoreze cât mai lent) o perioadă cât mai mare de timp. Un exemplu este densificatorul cu piston lichid din figura 20, în care componenta lichidă are, preponderent, rolul unui piston care acționează simultan în N compresoare elementare. Gazul din fiecare din aceste compresoare elementare cedează căldură, în principal, către două suprafețe circulare 7.3a, cu diametrul aproape egal cu diametrul cilindrului în care sunt instalate. Dacă plăcile orizontale 7.3a ar lipsi, cilindrul 7.1, capacul 7.2 și pistonul lichid ar constitui un compresor cu piston lichid, cu un volum inițial aproximativ egal cu suma volumelor celor N compresoare elementare, dar cu o suprafață de transfer termic (variabilă), doar cu o fracțiune mai mare decât cea a unui compresor elementar. Datorită modului în care sunt dispuse aceste plăci, pistonul lichid acționează simultan în fiecare din cele N compresoare elementare, ceea ce duce la formarea a N pistoane elementare, viteza fiecăruia dintre ele fiind de N ori mai mică decât viteza pistonului unic, iar energia termică corespunzătoare acestei puteri se distribuie pe o suprafață de contact de N ori mai mare. Prin urmare, putem realiza o comprimare izotermică pentru aproximativ aceeași cantitate de gaz, cu o turație a motorului hidraulic (care furnizează agentul lichid) de N ori mai mare (aceeași putere, distribuită într-un interval de timp de N ori mai scurt).

Pornind de la această idee, pot fi realizate o multitudine de configurații. În figura 20, densificatorul este cilindric (în unele aplicații este mai avantajoasă o secțiune dreptunghiulară), iar în figura 22 este reprezentată o secțiune în plan, orizontală, la nivelul unui compresor elementar. Plăcile orizontale 7.3 și 7.4 separă compresorul de rezervorul sub presiune constantă 7g, respectiv de pistonul lichid 7l. Aici, pistonul lichid este format dintr-un volum de agent lichid (același lichid cu cel din rezervorul 7g), conținut în spațiul dintre placa 7.4 și pistonul solid 7.5, egal cu volumul liber al compresorului. Densificatorul absoarbe gazul de comprimat prin supapa 7a (situată în compresorul elementar superior), atunci când pistonul 7.5 se deplasează din PMS spre PMI. Simultan, lichidul din densificator este transvazat în rezervorul 7l. Refularea gazului comprimat se face la nivelul fiecărui compresor elementar, prin ferestrele 7.6a, practicate în peretele despărțitor 7.6. Acest perete despărțitor, împreună cu peretele lateral 7.1 și cu cei doi pereți intermediari verticali 7.6b (figura 22) mărginesc un sector inelar 7s, care comunică liber cu rezervorul 7g, fiind în permanență inundat de agentul lichid cu presiunea p_f din rezervor. Deschiderea ferestrelor 7.6a se face prin deplasarea unui capac mobil (pistonul 7.7) care calcă etanș (prin intermediul unor garnituri) pe peretele 7.6 și este comandată de un presostat diferențial 7p, atunci când pistonul 7.5 este în poziția T și presiunea p_f a lichidului din densificator este egală cu cea din rezervorul 7g. În acest moment, presiunea gazului din fiecare compresor elementar este egală cu presiunea p_f , la care se adaugă greutatea coloanei de lichid dintre punctul de măsură și cota lichidului din compresorul respectiv. Deplasarea pistonului 7.7 determină înlocuirea întregii cantități de gaz comprimat din densificator cu agent lichid din rezervorul 7g și determină coborârea nivelului lichidului din acest rezervor. Dacă pistonul 7.5 își continuă cursa spre PMS, cantitatea de lichid dintre nivelul T și nivelul PMS (egală cu

volumul de gaz comprimat în timpul unei curse a pistonului) este evacuată prin conductele 7r spre un alt dispozitiv cu presiunea p_f (de pildă, un rezervor, sau un generator hidraulic).

Răcirea lichidului și a plăcilor din densificator se poate face prin recircularea (continuă, sau intermitentă) a agentului lichid din rezervorul 7l. O creștere a suprafețelor de transfer termic se poate realiza dacă conducta prin care se face admisia gazului în densificator este alimentată de către un generator de spumă. De asemenea, se poate introduce, la momentul potrivit, spumă, sau gaz comprimat, direct în lichidul fiecărui compresor elementar, cu ajutorul unor conducte subțiri. În unele configurații, acest gaz comprimat, poate proveni chiar din rezervorul 7g.

Densificatorul din figura 21 este construit pe același principiu, al suprapunerii unui număr mare de compresoare elementare cu piston lichid, realizate prin montarea intercalată a pereților lor superiori și inferiori, 7.3s, respectiv 7.3i. Față de configurația precedentă, fiecare compresor elementar are atașat un distribuitor de agent, din care agentul lichid pentru comprimare este pulverizat în compresor, preluând și rolul de agent de răcire al gazului. Similar cu configurația anterioară, un perete orizontal 7.3 separă densificatorul 7c de rezervorul 7g, care este în comunicare directă cu un rezervor 7s amplasat, de data aceasta, în centrul densificatorului, având o formă cilindrică și fiind separat de densificator prin peretele cilindric 7.6, în care sunt executate ferestrele 7.6a, la nivelul fiecărui compresor elementar. Fiecăreaia din aceste ferestre îi corespunde o fereastră similară, situată la același nivel, în peretele cilindric 7.7, amplasat în interiorul cilindrului 7.6, astfel încât aceste ferestre să se suprapună în poziția „deschis” și să permită trecerea gazului și a lichidului dintr-un compartiment în celălalt. Obturarea acestor ferestre în poziția „închis” se face prin rotirea cu un unghi corespunzător, sau prin deplasare verticală, a peretelui cilindric 7.7, în așa fel încât garniturile de etanșare montate pe suprafața exterioară a cilindrului 7.6 în jurul ferestrelor să blocheze toate căile de trecere a gazului. Un sector din peretele lateral, cu înălțimea egală cu cea a densificatorului, prevăzută cu garnituri de etanșare corespunzătoare și prevăzută cu un sistem de deplasare în plan orizontal, constituie o fereastră 7.8, prin care este eliminat agentul lichid din compresoarele elementare (după refularea gazului comprimat și închiderea supapelor 7.6a) și este introdus, prin fereastra 7a, gazul de comprimat, la presiunea inițială.

În unele configurații, când densificatorul este realizat cu ajutorul unor plăci paralele foarte apropiate unele de altele, sau cu ajutorul unor inserții cu alveole mici, sau a unor plase țesute cu ochiuri foarte mici, în cazul lichidelor a căror vâscozitate depășește o anumită limită, este eficientă implementarea unor dispozitive pentru reducerea timpului necesar evacuării lichidului din densificator, după faza de refulare a gazului comprimat. În figurile 21 (“lupa” 7.10a) și 23, un astfel de dispozitiv este realizat prin fragmentarea plăcilor superioare 7.3s ale fiecărui compresor elementar, prin decuparea unui sector inelar și înlocuirea lui cu un sector inelar mobil având diametrul exterior mai mare, iar cel interior mai mic, decât diametrele similare ale sectorului decupat. Sectoarele inelare mobile se fixează toate pe una sau mai multe tije 7.9, într-o poziție inferioară plăcii 7.3s corespunzătoare, în așa fel încât, prin garniturile montate pe marginile suprafeței superioare, să nu permită circulația aerului și a lichidului spre compresorul inferior, atunci când tijele 7.9 sunt în poziția “închis”. Deplasarea întregului sistem tije-plăci spre o poziție inferioară determină deschiderea unor căi de acces în care frecările lichid-plăci să fie mult diminuate. O creștere a eficienței circulației lichidului se obține atunci când aceste deplasări se fac cu viteze mari, cu porniri și opriri bruște, astfel încât să fie învinse forțele generate de tensiunea superficială a lichidului.

Iată succesiunea fazelor din densificator: agentul lichid este introdus în rezervorul 7l, unde se distribuie în distribuitoarele de lichid dintre plăcile inferioare 7.3i ale unui compresor elementar și cele superioare 7.3s ale compresorului elementar următor. Stratul de gaz dintre aceste plăci este împins prin orificiile 7.10 ale plăcii inferioare în interiorul compresorului situat deasupra. Pot fi implementate diverse dispozitive de reglare a debitului gazului care trece prin aceste orificii. În configurația din figura 23, un simplu dop (al cărui guler calcă pe tija

pistoanelor microcompresoarelor 7.10p, care în poziția inițială conțin gaz la presiune atmosferică) obturează complet calea de acces atunci când presiunea gazului din distribuitor ajunge la valoarea la care toate distribuitoarele sunt pline cu lichid. Presiunea lichidului continuă să crească (nu și cea a gazului) până în momentul deschiderii supapelor 7.11a care permit pătrunderea lichidului în aspersoarele 7.11. Și pentru supapele 7.11 pot fi implementate diferite sisteme de deschidere și de reglare, adecvate aplicației concrete în care este utilizat densificatorul. De asemenea, pot fi alese diferite tipuri de aspersoare, ba chiar combinarea a mai multor tipuri, montate în poziții diferite. În configurația din figura 23, supapa este un dop de etanșare dirijat de un resort pretensionat, iar aspersorul este un simplu capac în formă de disc, având prevăzute pe partea laterală orificii de stropire în plan orizontal. Această supapă se deschide atunci când diferența dintre presiunea lichidului din distribuitor și cea a gazului din compresorul elementar corespunzător este mai mare decât o valoare prereglată. Această diferență se menține aproape constantă pe toată durata comprimării, dar poate avea mici diferențe de la un compresor elementar la altul. Pătrunderea lichidului în compresoarele elementare determină creșterea presiunii în fiecare din acestea, precum și creșterea corespunzătoare a energiei termice transmisă de gaz buretelui termic, burete în care un rol important revine picăturilor de lichid dispersate în gazul în curs de comprimare. În cazul rapoartelor mari de comprimare, când și înălțimea coloanei de gaz din compresoarele elementare este mică și cursa picăturilor de lichid dispersate este mică, creșterea gradului de absorbție a energiei termice este majorat prin menținerea unui volum mare de lichid introdus în sistem, cu evacuarea în exterior a lichidului în exces.

Apelând la aceleași idei, pot fi realizate numeroase configurații de densificatoare cu piston lichid, având ca subansamblu principal unul, sau mai multe densificatoare cu piston solid. Oricare din densificatoarele descrise anterior, sau realizate pe aceleași principii constructive poate fi utilizat. În aceste configurații, funcționalitatea sistemului și adaptarea lui la diferite aplicații particulare depind de numărul și volumul inițial al densificatoarelor, precum și de cantitatea de energie mecanică pe care pot ele să o acumuleze pe perioada comprimării. O asemenea configurație este descrisă în figura 24. Densificatoarele 7g, echipate cu un burete termic compus din plăcile elastice 7.3, sunt introduse în cilindrul unui compresor cu piston lichid și separate de fluidul din cilindru prin pereții dintr-un material elastic 7.14, sau numai deformabil (în unele configurații sunt suficienți pereții deformabili ai densificatorului cu piston solid). Incintele astfel create comunică cu stratul de gaz superior 7gs din cilindrul compresorului cu piston lichid, aflată sub capacul 7.2 al cilindrului. Dacă în acest strat se instalează un burete termic (în figură, o rețea metalică reticulată), el devine un compresor izotermic suplimentar, echipat cu ventilele de admisie și de evacuare 7.12. Agentul lichid de comprimare introdus în cilindru, va comprima gazul aflat aici, provocând și o deplasare a lui spre stratul superior 7gs, iar de aici, spre interiorul compresoarelor 7g. În același timp, presiunea agentului lichid se exercită și asupra pereților compresoarelor 7g. Datorită elasticității plăcilor ce compun bureții termici, în prima fază, modificarea volumului compresoarelor 7g este de mică amplitudine, totuși energia termică produsă prin comprimarea gazului din cilindru, este cedată parțial și bureților termici 7g. În această fază, atât compresoarele 7g, cât și densificatorul 7gs se comportă ca un compresor cu piston de gaz, presiunea care comprimă gazul din interiorul lor fiind dată, în principal, de gazul care pătrunde în compresor. În a doua fază, pereții compresoarelor 7g sunt presați până când plăcile ce alcătuiesc buretele se suprapun, faza lichidă a fiecărui burete ocupă volumul mort al fiecărui compresor elementar, iar gazul comprimat este acumulat numai în compresorul 7gs. Din acest moment, comprimarea poate continua, până la realizarea raportului de comprimare dorit, în compresorul 7gs, singurul rămas activ și devenit un compresor cu piston lichid clasic. Energia mecanică acumulată în elementele elastice ale compresoarelor 7g este recuperată în faza post refulare, prin dirijarea lichidului evacuat din cilindru, spre un generator hidraulic.

Densificatorul în două trepte de comprimare D2T este realizat conform schemei de principiu din figura 25. Treapta întâia de comprimare **T1** poate fi orice compresor 8.3 din stadiul tehnicii, oricare din tipurile de densificatoare 8.1 descrise în secțiunile anterioare, sau orice combinație de compresoare și densificatoare care refulează în același colector 8.8. Condițiile care asigură o eficiență superioară a sistemului sunt: o secțiune mare și fără obstacole a căilor de admisie și de refulare a gazului, o deschidere sensibilă, rapidă și cu pierderi mici de presiune a căii de refulare, existența unei fracțiuni lichide a buretelui termic al cărei volum să fie astfel reglat (înainte, sau în timpul funcționării), încât de fiecare dată când pistonul ajunge în PMS, volumul mort al cilindrului compresorului să fie egal cu zero. În funcție de aplicația deservită, deschiderea supapei de refulare se poate face la o presiune fixă a gazului din colector (poziție fixă a punctului T al pistonului), sau la o presiune variabilă (plecând de la p_i).

Randamentul cel mai bun de utilizare a energiei primite de sistem se obține atunci când T1 realizează o comprimare izotermică, până la presiunea p_{f1} , cu un ΔT cât mai mic (când compresorul activ al acestei trepte este un densificator). Există numeroase aplicații în care există și o cerere de energie termică (sisteme cu cogenerare, sisteme de stocare a energiei cu depozitare de energie termică, etc). În astfel de situații, precum și în cazul în care se cere o viteză mare de conversie a energiei, este utilă folosirea compresoarelor adiabatice.

În aplicațiile în care se cere stocare de energie termică, prima treaptă a D2T conține și un schimbător de căldură **SCP** la presiune constantă, care are rolul de a aduce gazul la o temperatură cât mai apropiată de T_{amb} , fără a modifica presiunea de ieșire din compresor. Pentru diferite obiective propuse, pot fi utilizate diverse metode pentru determinarea volumului optim al schimbătorului, dar e cert că acesta trebuie să fie cel puțin cu un ordin de mărime mai mare decât cel al compresorului. În cele mai multe aplicații, pot fi utilizate schimbătoarele în plăci, gaz/lichid (sau gaz/agent frigorific la temperatura de fierbere), în contracurent, astfel încât la ieșirea primarului se obține gaz comprimat, la presiunea p_{f1} și temperatura egală cu temperatura de intrare a agentului de răcire (de regulă, T_{amb}), iar la ieșirea secundarului se obține lichid cu temperatura T_f .

În ambele tipuri de aplicații, în această treaptă de comprimare se obține gaz la presiunea p_{f1} și temperatura T_i , apropiată de T_{amb} . Colectorul acestei trepte este treapta a doua de comprimare **T2**, realizat ca un densificator cu piston de gaz, cu presiunea de admisie p_{f1} și cea de refulare p_{f2} , asociat cu un sistem eficient de eliminare a energiei termice excedentare. Și de această dată, volumul acestui densificator trebuie să fie mai mare decât al compresoarelor din prima treaptă. Până la atingerea presiunii p_{f2} , volumul acestui densificator este menținut aproximativ constant, cu mici oscilații provocate de sistemul de răcire, sistemul fiind lipsit de elemente solide în mișcare. De asemenea, suprafața totală a suprafețelor solide care preiau energie termică de la gazul în curs de comprimare nu se modifică. Vor exista variații numai ale suprafețelor instantanee ale fazei lichide a buretelui termic, dar mai ales a debitului de agent de răcire, care în faza inițială poate fi nul, dar trebuie să crească pe măsura creșterii presiunii.

După atingerea presiunii p_{f2} , comprimarea poate continua prin micșorarea volumului densificatorului, sau gazul cu această presiune este transvazat într-un rezervor. Ambele aceste operațiuni se pot realiza prin intermediul unui piston lichid, dar pot fi realizate și configurații cu piston solid.

Și de această dată, configurația aleasă este foarte flexibilă și adaptabilă la cele mai complexe aplicații practice. Atunci când se dorește o comprimare izotermică cu un raport mare de comprimare, sistemul funcționează absorbind în T1 gaz cu presiunea p_i din rezervorul-sursă (de regulă, din atmosferă) și comprimându-l izotermic. La prima cursă a pistonului, presiunea gazului în toate componentele sistemului este aceeași (p_i), prin urmare supapa de refulare din T1 este deschisă, astfel încât tot gazul va fi comprimat. Energia necesară comprimării este foarte mică (aproximativ egală cu energia necesară deplasării volumului respectiv de gaz, sub respectiva presiune constantă. La următoarea cursă a pistonului, pentru că $p_f \approx p_i$, deschiderea

supapei are loc la scurt timp după pornirea pistonului, consumul de energie fiind, și de această dată, foarte mic, prin urmare, viteza de deplasare a pistonului poate fi foarte mare. De asemenea, e justificată folosirea simultană a mai multor compresoare. Treptat, presiunea de deshidere a supapei de refulare crește, volumul la care ajunge gazul din cilindru la această presiune se micșorează, prin urmare crește și energia de comprimare în ambele trepte, crește temperatura componentelor solide și a celor lichide ale sistemului, precum și energia termică evacuată spre mediul ambiant. Creșterea de presiune în a doua treaptă de comprimare rămâne mică, dar energia necesară comprimării crește, datorită creșterii presiunii. Să remarcăm faptul că, în SCP, pe lângă schimbul de căldură dintre cele două fluide, are loc și o comprimare izotermică a gazului din primarul schimbătorului (comprimare cu piston de gaz).

O soluție simplă de realizare a densificatorului cu piston de gaz 8.2 este folosirea unui schimbător de căldură în plăci, ale cărei garnituri să fie dimensionate pentru presiuni mai mari decât p_{f2} . Prin secundarul 8.2a al schimbătorului 8.2 circulă în mod continuu, în circuit închis, cu o viteză ce depinde de raportul instantaneu de comprimare, un fluid de răcire. Acest circuit include, în exterior, un schimbător de căldură 8.5 fluid/mediu ambiant. Intrarea circuitului primar este cuplată la conducta colectoare care, la rândul său, este cuplată, prin intermediul supapelor de refulare, cu compresoarele din prima treaptă, sau la SCP, în timp ce ieșirea circuitului primar (folosită pentru evacuarea gazului comprimat) este, de regulă, închisă.

O creștere considerabilă a eficienței întregului sistem, prin micșorarea ecarterului ΔT , poate fi realizată prin introducerea în secundarul densificatorului a unui agent frigorific în stare de echilibru lichid/vapori, și implementarea în acest sistem a conductelor necesare pentru ca acest secundar să devină un sistem de răcire cu tuburi termice (gravitaționale, sau cu capilaritate). Într-o altă variantă, prin introducerea în secundar a unui agent frigorific într-o stare apropiată de cea de echilibru, acesta poate deveni evaporatorul unui motor termic, cu ciclu Rankine, sau ORC. Pentru realizarea motorului termic, schimbătorul de căldură 8.5 este înlocuit cu un condensator, care primește agent prin turbina 8.4 și evacuează condensul cu pompa 8.6. În această configurație, viteza tuturor pistoanelor în faza de comprimare poate fi majorată, pentru că energia mecanică consumată suplimentar, datorită majorării ecarterului de temperatură ΔT , este recuperată integral în motorul termic. De asemenea, este ușor de implementat un sistem combinat al celor două configurații, în care sistemul de recuperare al energiei să se activeze doar după depășirea unei limite de temperatură.

Dacă în acest sistem sunt introduse și rezervoarele de gaz sub presiune constantă 8.7, densificatorul câștigă o nouă treaptă de comprimare: după ce gazul din T2 (și cel din colectorul 8.8) a ajuns la valoarea p_{f1} , se deschide o cale de alimentare din acest colector, a rezervoarelor 8.7. Rezervoarele 8.7 vor depozita în continuare, gazul comprimat în T1. Atunci când în aceste rezervoare este gaz suficient, se poate trece la treapta următoare de comprimare: compresoarele și densificatoarele din T1 (dacă sunt proiectate să reziste acestor presiuni) se vor alimenta cu gaz la presiunea p_{f1} , din rezervoarele sub presiune constantă 8.7, ceea ce va face ca procesul de comprimare descris anterior să se repete, dar într-un domeniu nou de presiuni.

În figura 26 este prezentat un alt tip de densificator cu piston de gaz. Acesta se prezintă sub forma unui rezervor 9.1. O soluție avantajoasă pentru răcirea pereților este instalarea acestui rezervor în interiorul unui rezervor mai mare, cu lichid, în care presiunea să fie menținută, în permanență, egală cu cea din rezervorul 9.1. Acest lucru permite ca pereții rezervorului 9.1 să poată fi mai subțiri, permițând o evacuare mai rapidă a căldurii.

Alimentarea cu gaz la temperatura T_i și la presiunea p_{f1} , variabilă, se face printr-un sistem de densificatoare, compresoare și schimbătoare de căldură, cu un colector comun 9.2, similar celui din exemplul anterior (figura 25). În interiorul rezervorului este instalat un burete termic conform invenției, proiectat în funcție de caracteristicile și cerințele sistemului, adaptat sistemului de alimentare cu gaz și sistemului de răcire. În figura 26, partea principală a buretelui o reprezintă un sistem 9.1b de bare de diverse grosimi și plăci verticale de diverse lățimi,

dispuse la distanțe suficient de mici unele de altele (pentru a realiza o bună captare a căldurii acumulate de gazul din rezervor), dar suficient de mari pentru a permite o scurgere ușoară a agentului de răcire.

Lichidul necesar răcirii gazului este repartizat între partea inferioară a rezervorului 9.1, între schimbătorul de căldură **sec**, sistemul de aspersoare 9.1b, corpul pompei 9.4 și sistemul de conducte. Sistemul permite instalarea oricărui tip de aspersor din stadiul tehnicii, numărul și repartizarea acestora, debitul și ecartul de presiune, unghiul de dispersie, mărimea picăturilor produse, și alte caracteristici, fiind alese în funcție de caracteristicile aplicației. În multe aplicații, e suficient un sistem de aspersoare care să genereze o ceață densă și permanentă de picături foarte mici, suportul aspersoarelor preluând rolul de burete solid. De asemenea, e recomandabilă realizarea de zone cu temperaturi diferite, care să genereze curenți de gaz ascendenți.

În configurația din figura 26, a fost ales un sistem de aspersoare montate în partea superioară a densificatorului, care împrăștie picăturile de lichid în plan orizontal. O cantitate importantă din acest lichid rămâne atașată pe elementele buretelui solid, contribuind la limitarea creșterii temperaturii acestora.

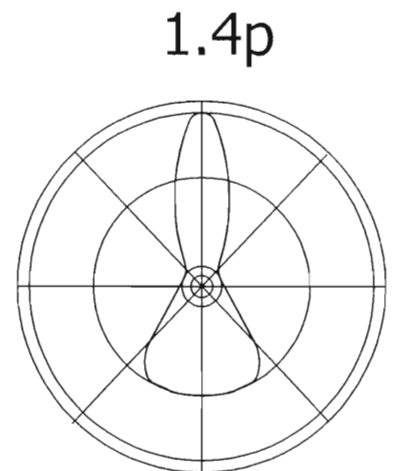
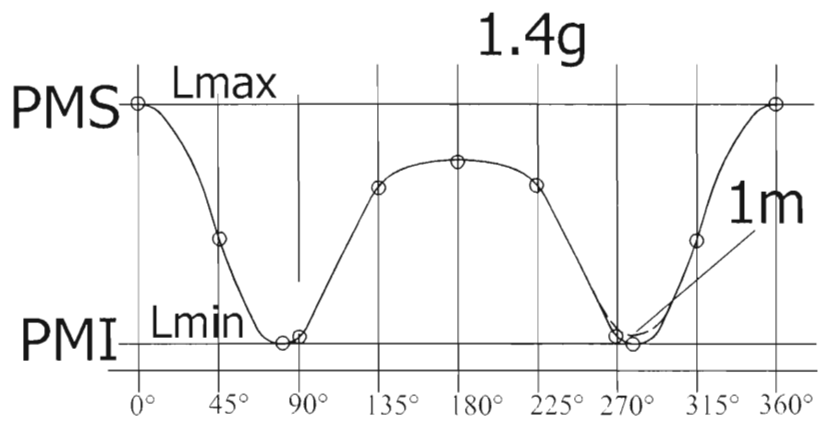
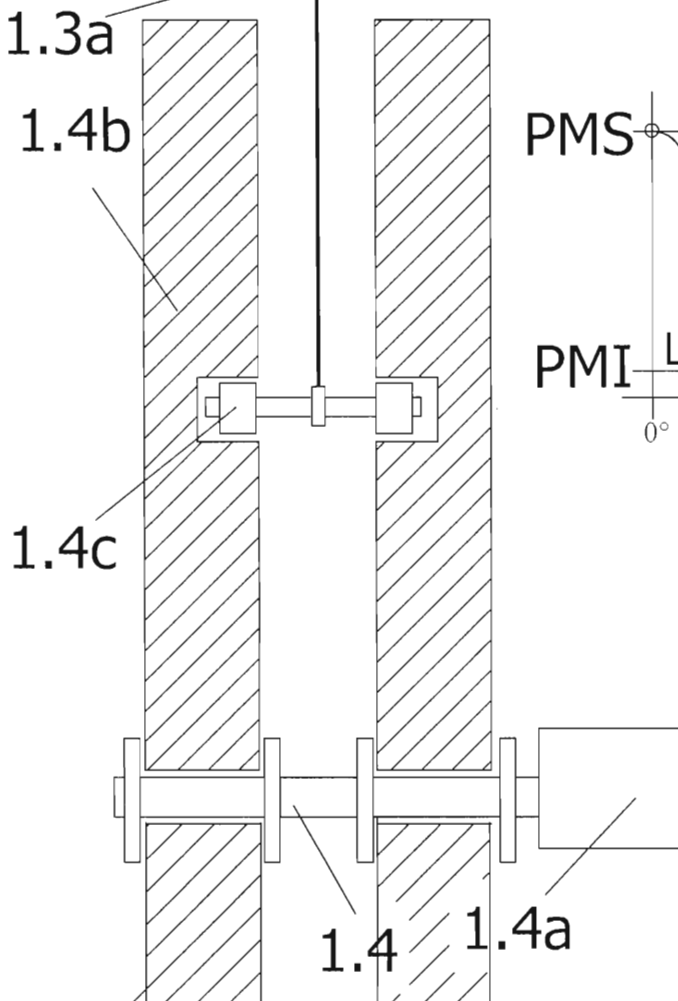
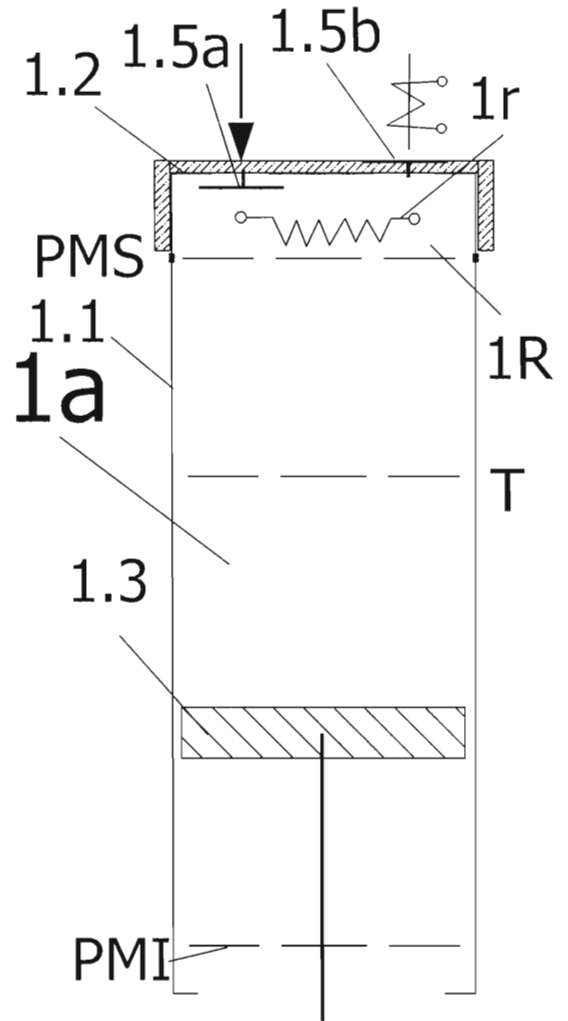
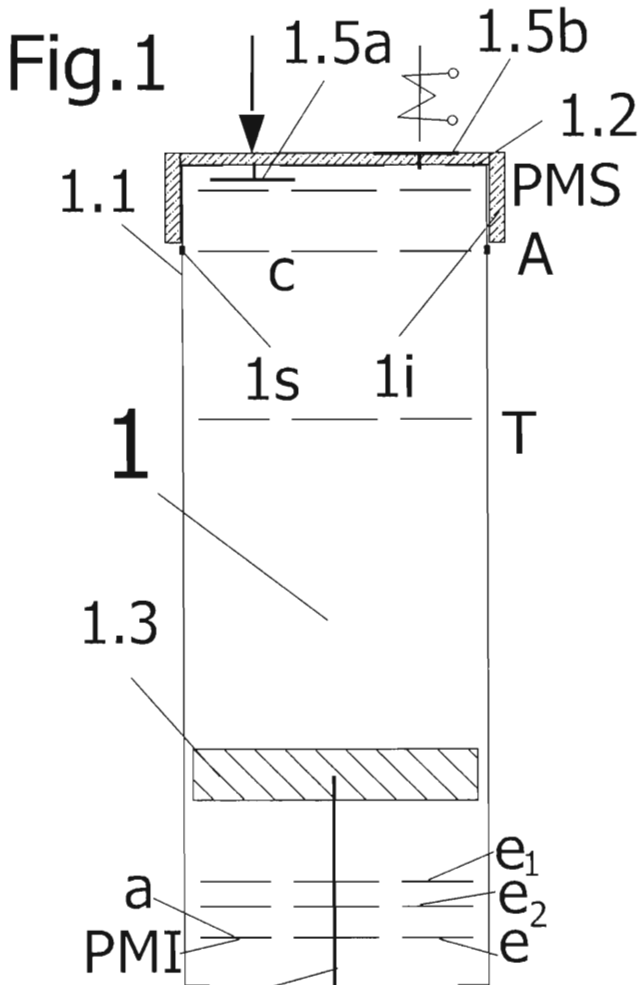
În plus, în această configurație, lichidul de răcire contribuie la comprimarea și răcirea gazului din treapta T1, prin densificatoarele cu bule 9.3, realizate chiar pe conductele de transport ale agentului de răcire, prin injectarea lor cu gaz din colectorul treptei T1. De aici, gazul ajunge în aspersoare și refulat în densificator, chiar în zonele cu cele mai mari temperaturi ale gazului. Dacă gazul din treapta T1 este injectat într-un fascicul de țevi cu diametrul suficient de mic, el nu va forma bule ci, datorită tensiunii superficiale a lichidului, straturi succesive de gaz, alternând cu straturi de lichid, ceea ce îmbunătățește condițiile de transfer a căldurii dintre cele două medii.

Configurația aleasă folosește și alte procedee de răcire din stadiul tehnicii și anume, creșterea suprafețelor de transfer termic prin introducerea, sau crearea de spumă apoasă. Pentru a realiza acest deziderat, în faza lichidă 9.11 a buretelui termic de la baza densificatorului, la care se pot adăuga tăvițe cu lichid 9.12, se adaugă o serie de surfactanți pentru reducerea tensiunii superficiale a lichidului, ceea ce favorizează formarea de spumă atunci când în lichid se introduce gaz comprimat provenind din colectorul primei trepte.

REVENDICĂRI

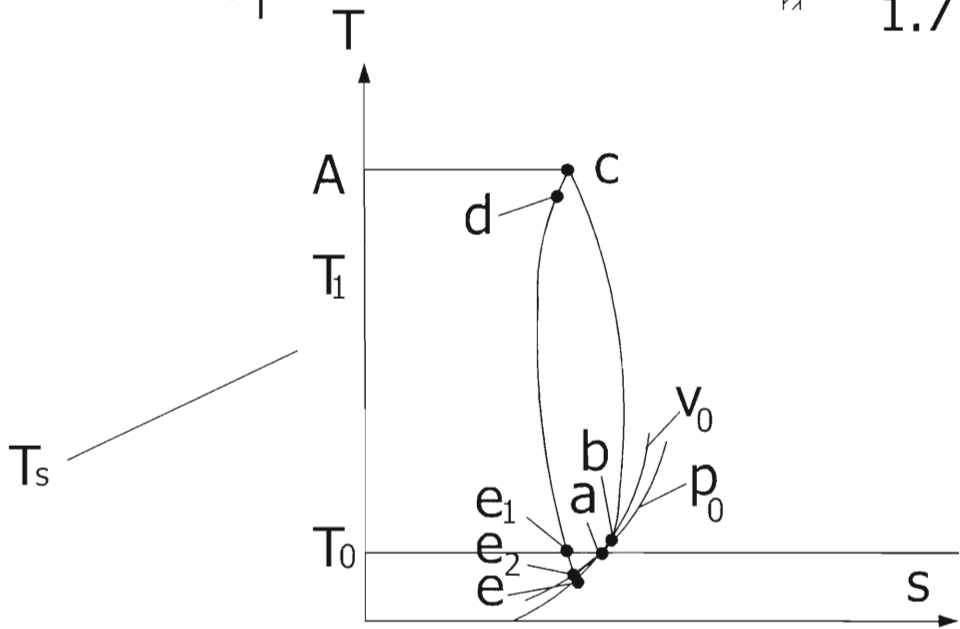
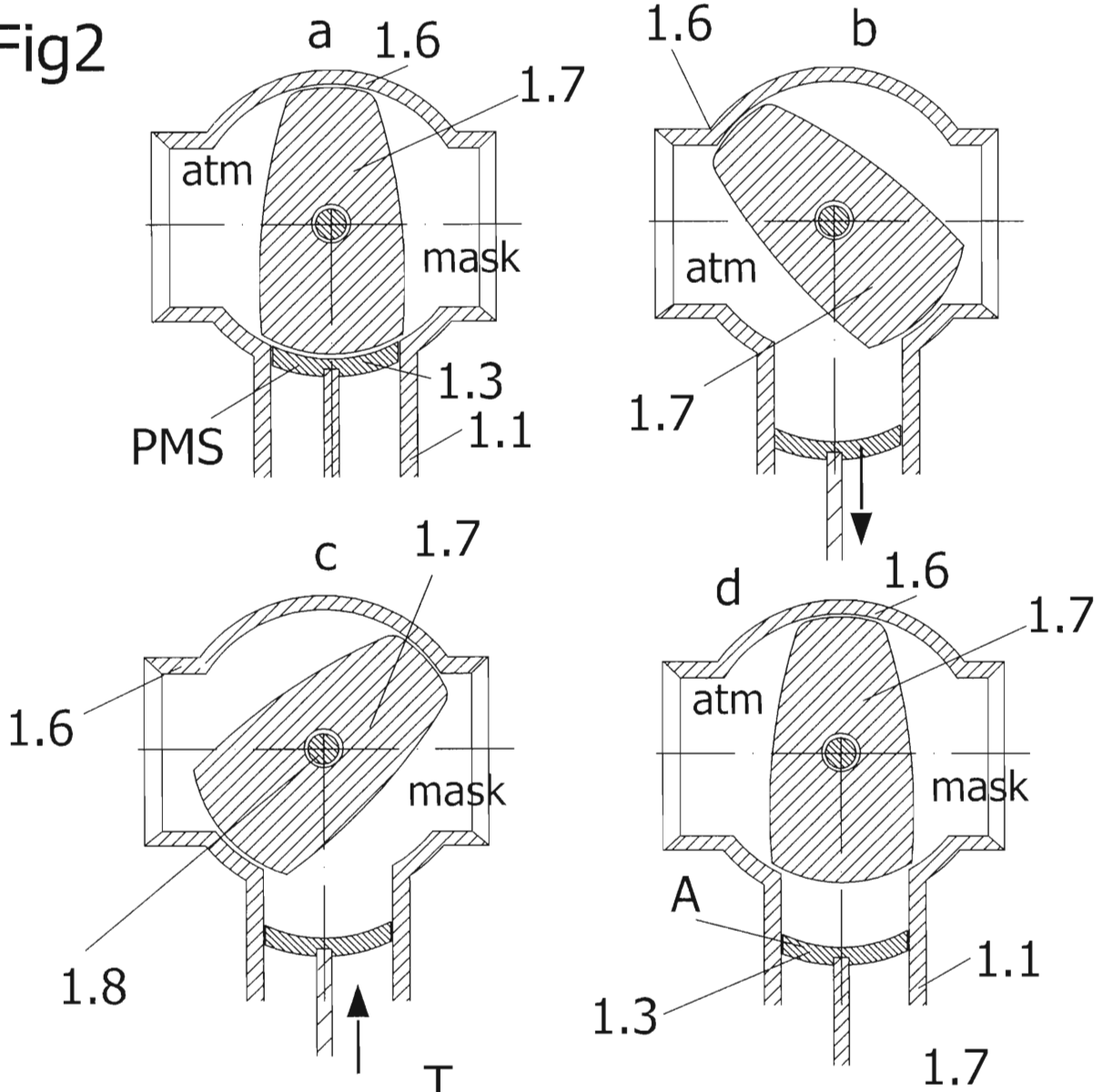
1. Procedeu pentru decontaminarea aerului, caracterizat prin aceea că temperatura acestuia este ridicată rapid prin comprimare mecanică, iar după o perioadă de timp este adusă, prin destindere mecanică, la temperatura necesară utilizării.
2. Dispozitiv mecanic, denumit în continuare **calcinator**, caracterizat prin aceea că, printr-o succesiune ordonată de operații, realizează procedeul tehnic din revendicarea 1.
3. Calcinator conform revendicării 2, caracterizat prin aceea că, operațiile de comprimare și de destindere a gazului au loc în aceeași incintă.
4. Ventil cu 3 sau mai multe căi, destinat să echipeze cilindrii unui calcinator conform revendicării 2, sau al altui aparat mecanic, caracterizat prin aceea că este prevăzut cu o clapetă sferică cu multiple canale pe suprafața exterioară, care prin pozițiile ocupate asigură multiple căi de comunicație între elementele sistemului.
5. Ventil cu 3 sau mai multe căi, conform revendicării 4, caracterizat prin aceea că în interiorul clapetei sferice se amplasează un rezervor.
6. Calcinator conform revendicării 2, caracterizat prin aceea că, cel puțin unele din etapele calcinării sunt realizate de compresoare cu clapetă.
7. Dispozitiv denumit în continuare **mască ventilată**, caracterizat prin aceea că asigură o înlocuire permanentă a aerului din incinta activă și fiind un utilizator final al sistemului de calcinare, întrunește o serie de proprietăți care duc la creșterea eficienței procedeului din revendicarea 1.
8. Perete gonflabil, caracterizat prin aceea că asigură etanșarea incintelor active ale măștilor ventilate conform revendicării 7 și a altor tipuri de măști.
9. Mască ventilată conform revendicării 7, caracterizată prin aceea că este prevăzută cu două racorduri, unul pentru conducta cu aer decontaminat, legată la filtrul de admisie, iar cealaltă pentru aerul viciat, legată la filtrul de evacuare, pe traseul fiecărei conducte fiind montate dispozitive destinate tratării gazului respectiv.
10. Filtru pentru purificarea gazelor, destinat măștilor ventilate din revendicarea 7 și altor tipuri de măști, caracterizat prin aceea că se montează la capătul unui furtun flexibil, ceea ce permite modificarea poziției sale și a locului său de amplasare.
11. Compresor cu piston din compunerea calcinatorului din revendicarea 2 numit, în continuare, **densificator**, caracterizat prin aceea că, deplasarea pistonului este controlată, prin dispozitive mecanice și electrice, în așa fel încât temperatura gazului din compresor să rămână aproximativ constantă în timpul comprimării
12. Detentor cu piston din compunerea calcinatorului din revendicarea 2 numit, în continuare, **rarefiator**, caracterizat prin aceea că, deplasarea pistonului este controlată, prin dispozitive mecanice și electrice, în așa fel încât temperatura gazului din compresor să rămână aproximativ constantă în timpul destinderii
13. Densificator realizat conform revendicării 11 și rarefiator realizat conform revendicării 12, caracterizate prin aceea că, în interiorul cilindrului acestora este montat un dispozitiv, numit în continuare, **burete termic**, realizat din componente solide și lichide, a căror suprafață totală în contact cu gazul din cilindru este mare și relativ constantă în timpul comprimării și destinderii gazului
14. Burete termic, conform revendicării 13, caracterizat prin aceea că este realizat din arcuri elicoidale și alte elemente elastice și neelastice, dispuse în așa fel încât să revină la forma inițială după înlăturarea forței deformatoare

15. Burete termic, conform revendicării 14, caracterizat prin aceea că este realizat din corzi elastice și plăci metalice plane
16. Burete termic, conform revendicării 13, caracterizat prin aceea că este realizat din plăci metalice plane orizontale montate pe suportți culisanți
17. Burete termic, conform revendicării 13, caracterizat prin aceea că este realizat din plăci metalice plane orizontale montate pe suportți-armonică
18. Densificator cu piston lichid, conform revendicării 11, caracterizat prin aceea că tija pistonului este telescopică, realizată din segmente prin adăugarea cărora presiunea exercitată de lichid asupra gazului din cilindru crește în trepte
19. Densificator cu piston lichid, conform revendicării 11, caracterizat prin aceea că agentul lichid este repartizat pe un număr mare de plăci plane suprapuse
20. Densificator realizat conform revendicării 11, denumit în continuare **densificator cu piston de gaz**, caracterizat prin aceea că nu conține în interior piese solide în mișcare, volumul de lichid din interior este aproximativ constant, iar gazul este introdus permanent, prin intermediul unor densificatoare cu piston solid sau/și lichid, cu o presiune egală cu cea a gazului din interior
21. Densificator cu piston de gaz, conform revendicării 20, caracterizat prin aceea că este realizat pe structura unui schimbător de căldură în plăci
22. Densificator cu piston de gaz, conform revendicării 20, caracterizat prin aceea că, prima sa treaptă de comprimare este realizată cu densificatoare cu piston lichid cu bule



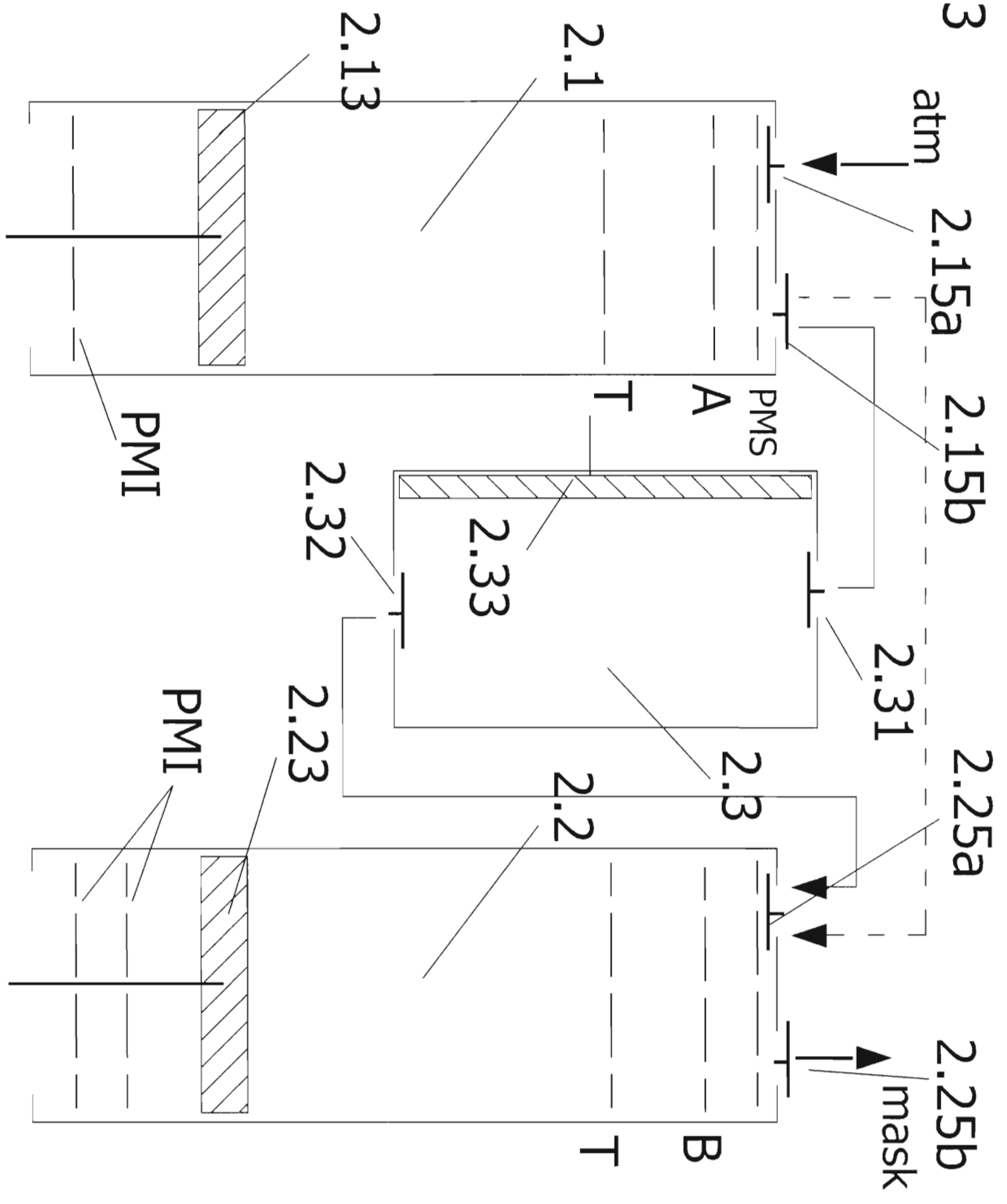
albot

Fig2



Handwritten signature or mark.

Fig.3



slow

Fig.4

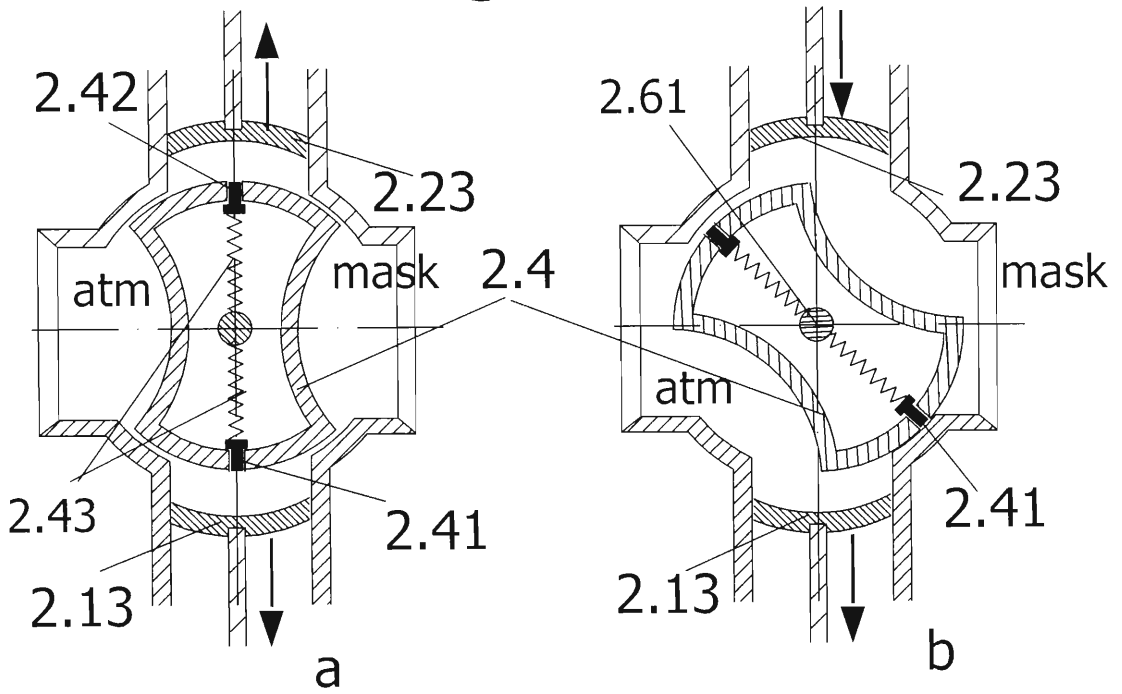
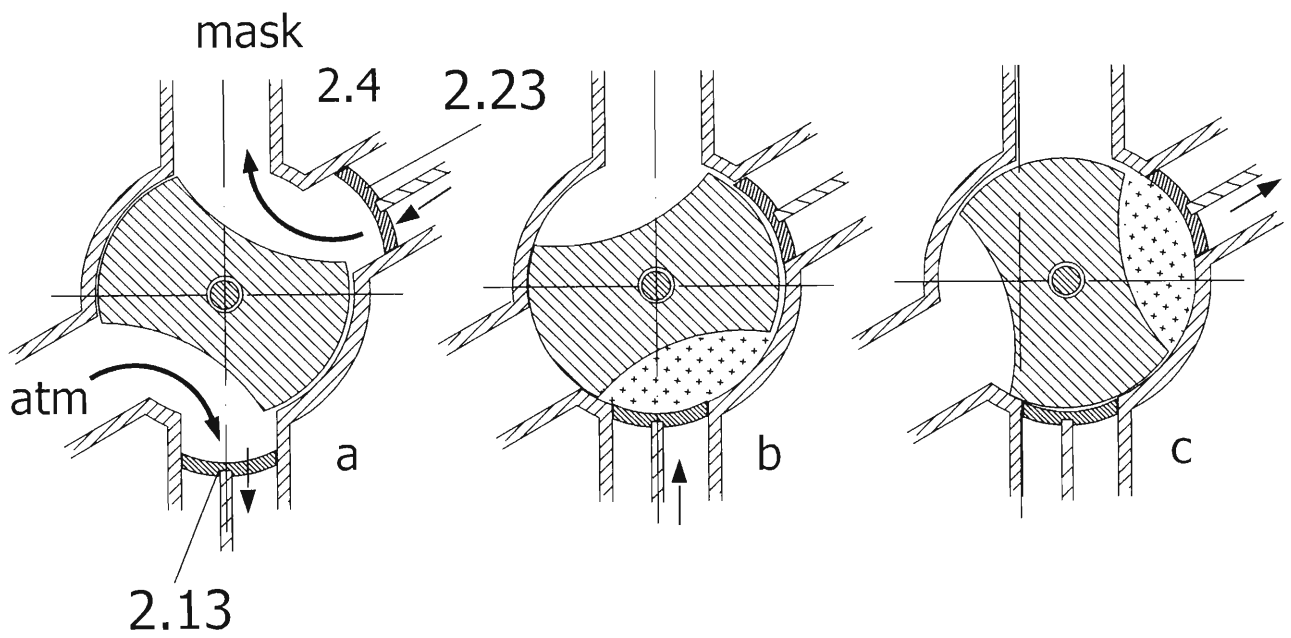
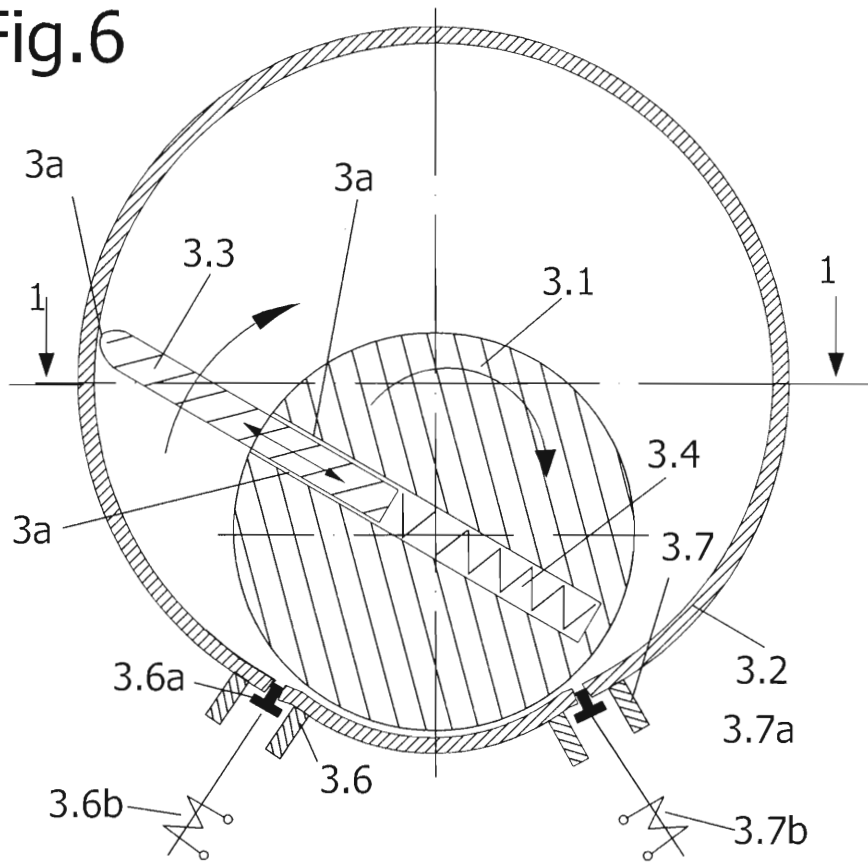


Fig.5

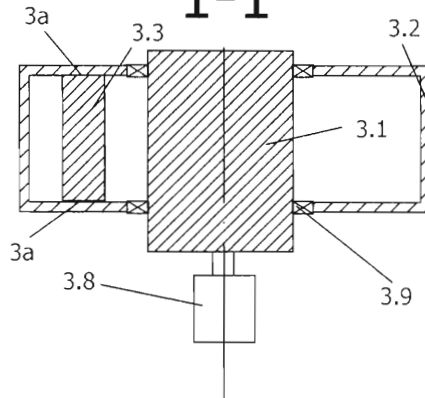


abw

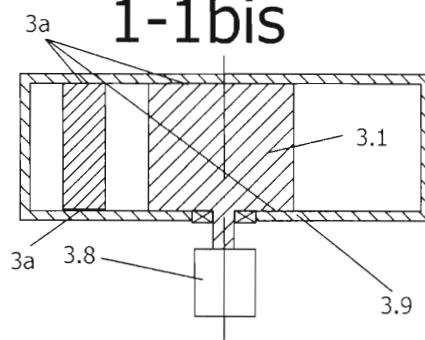
Fig.6



1-1

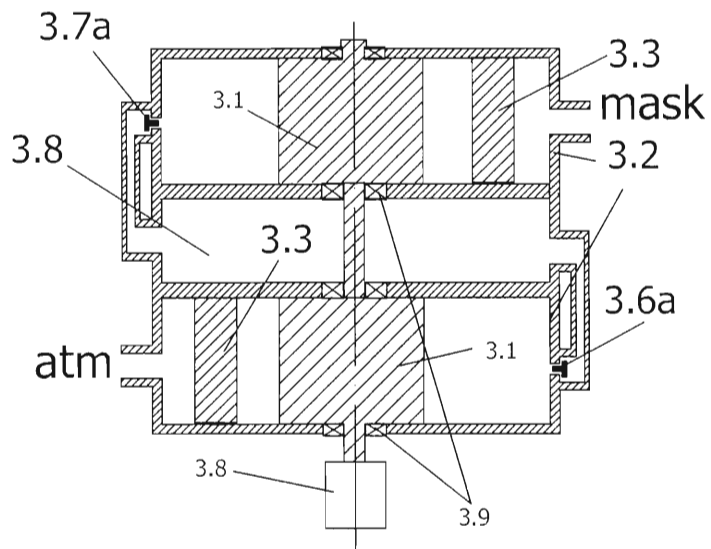
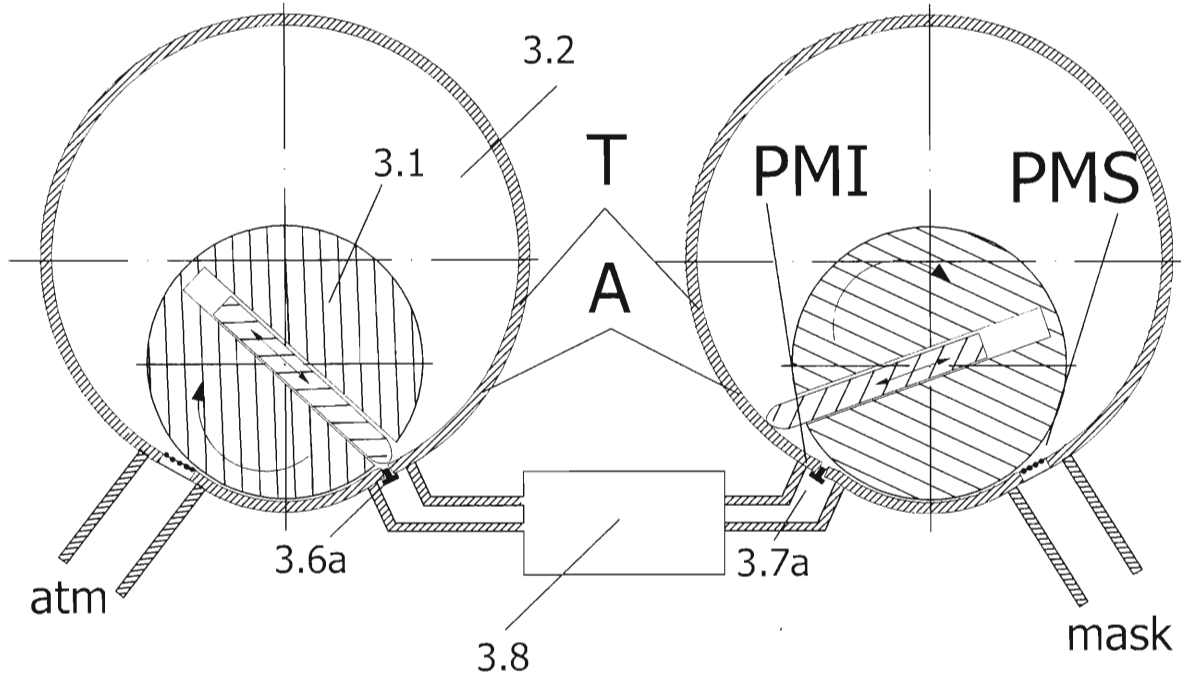


1-1bis



alibi

Fig.7



Handwritten signature or mark.

Fig.8

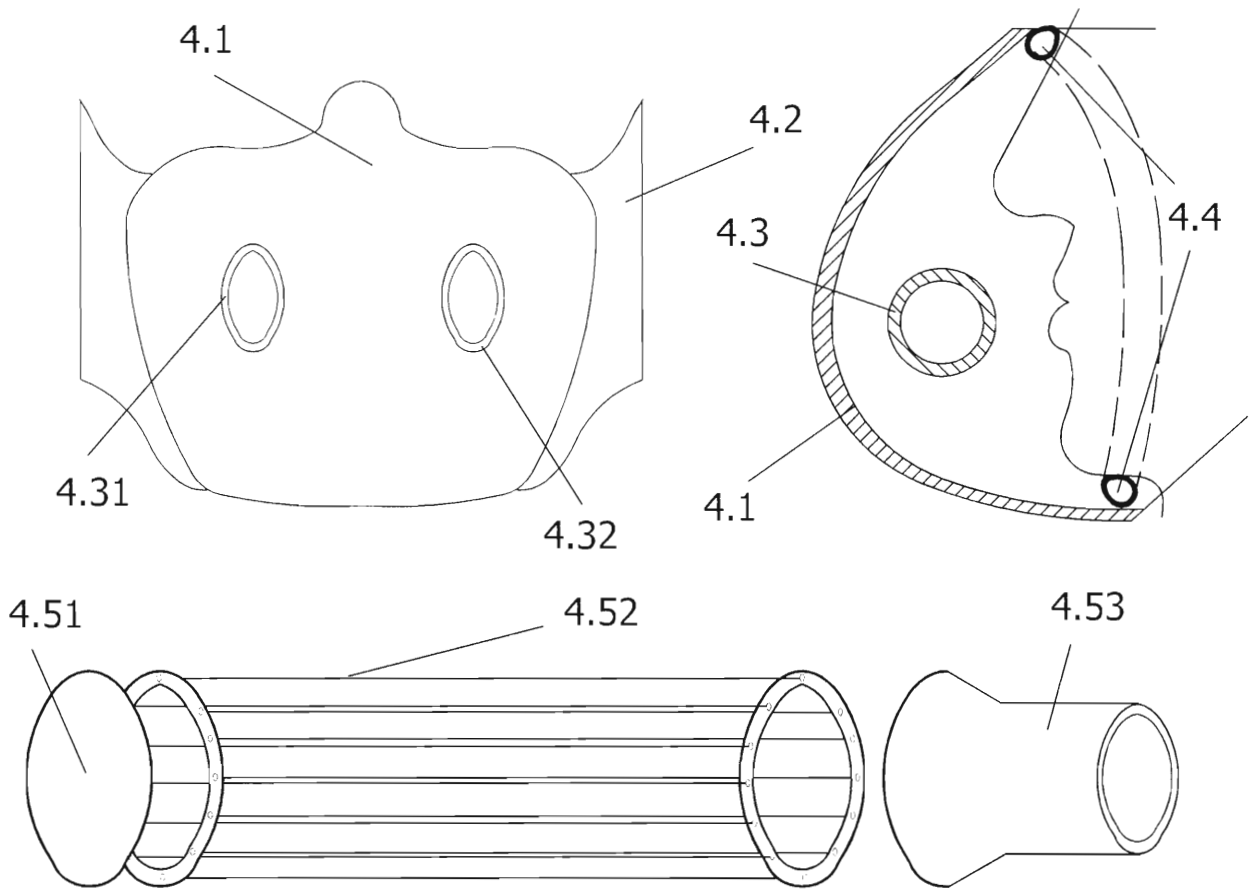
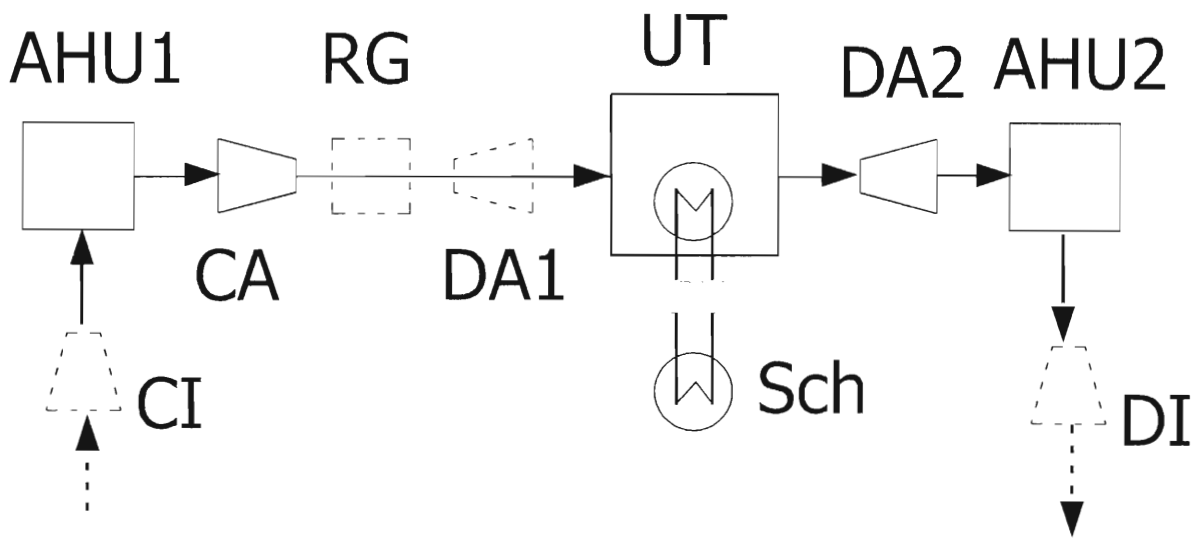
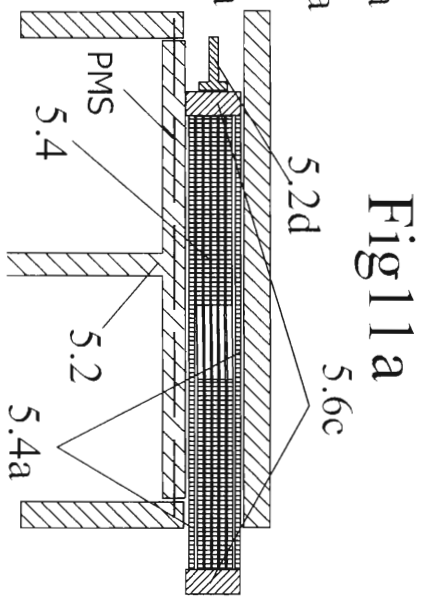
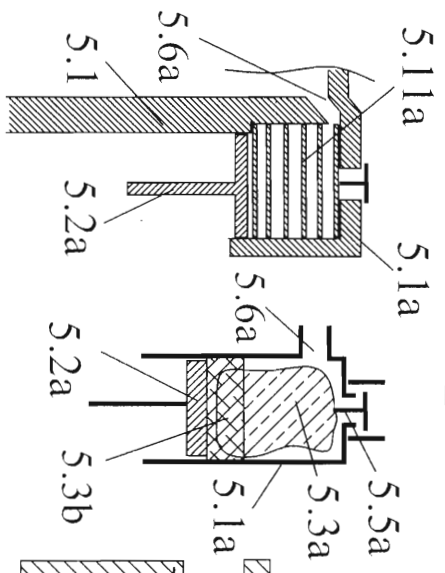
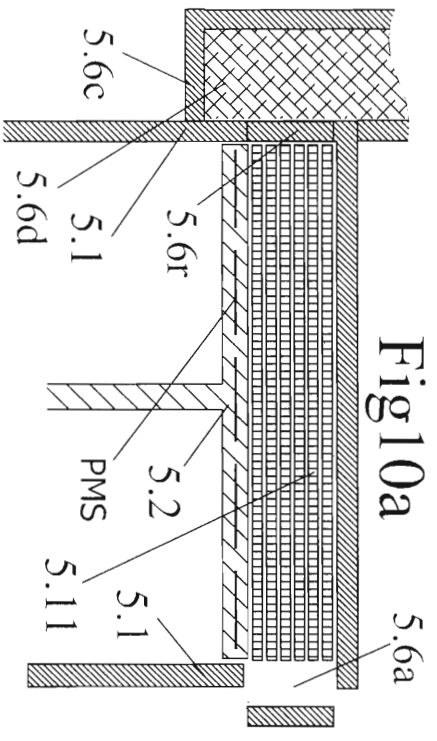
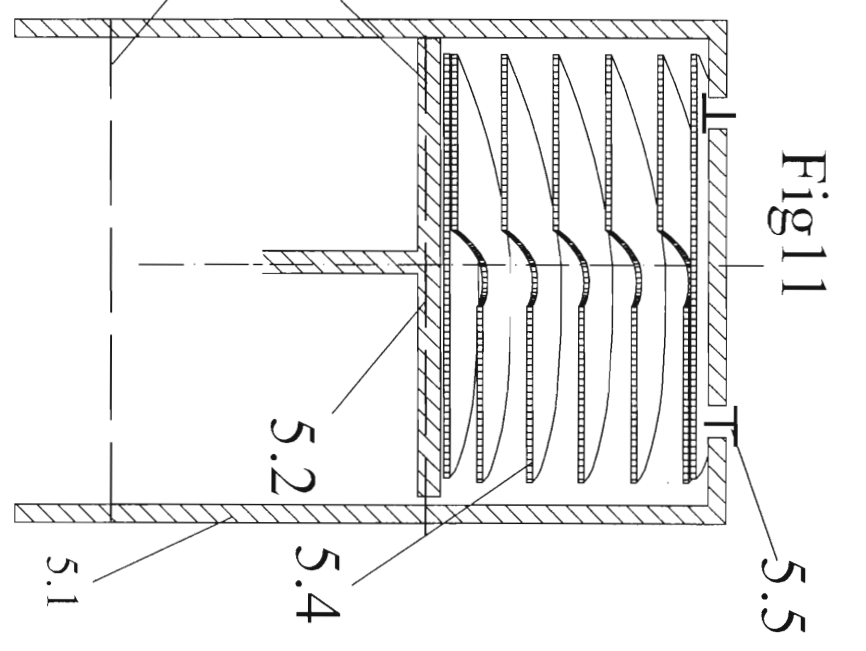
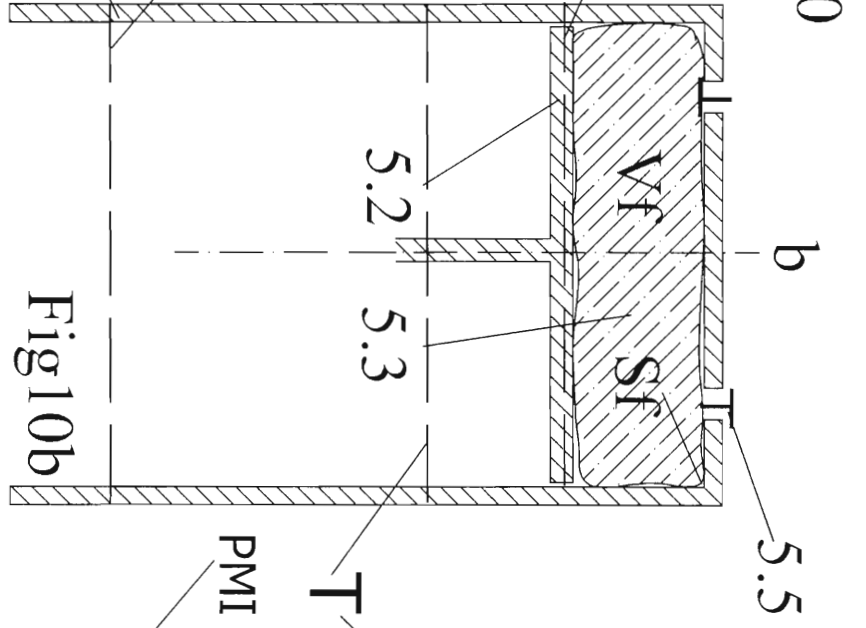
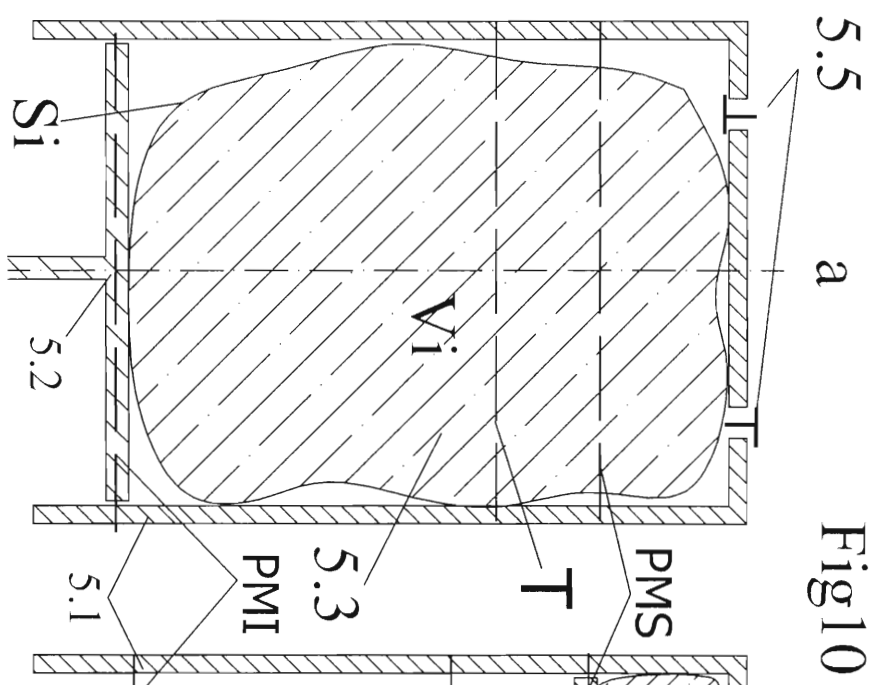


Fig.9



alors



alors

Fig12

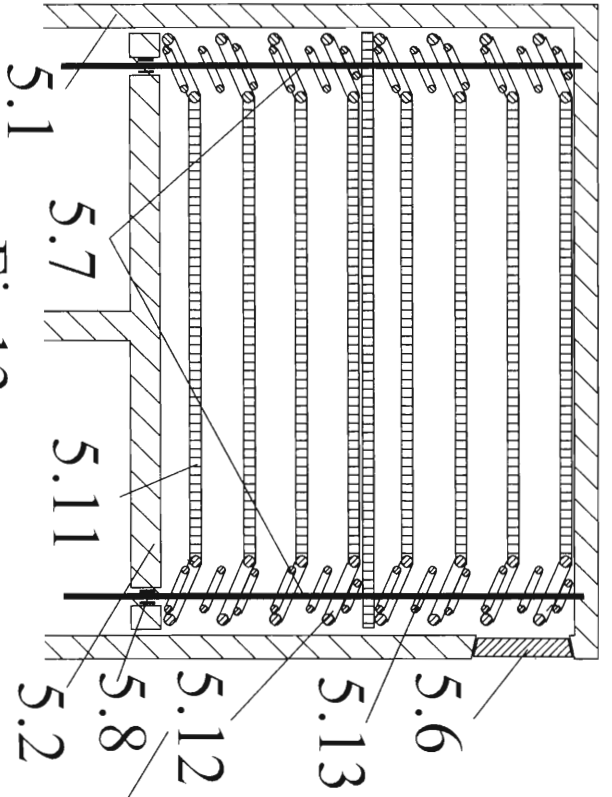


Fig13

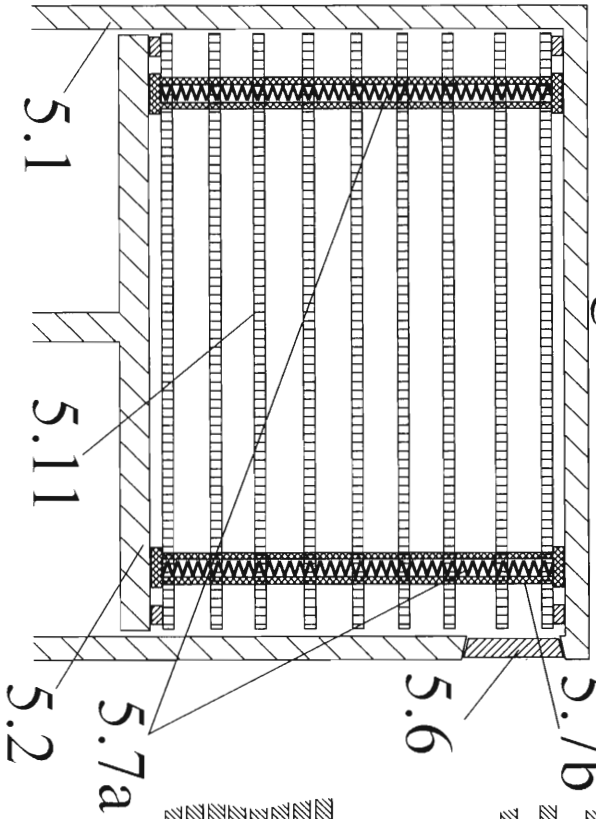


Fig12a

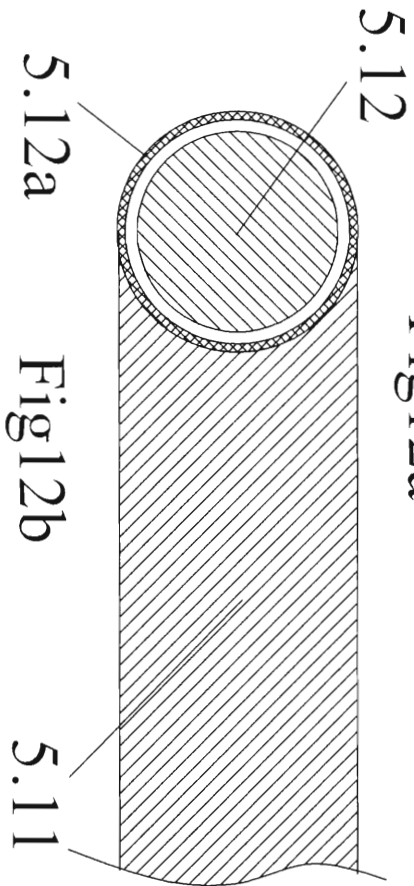


Fig12b

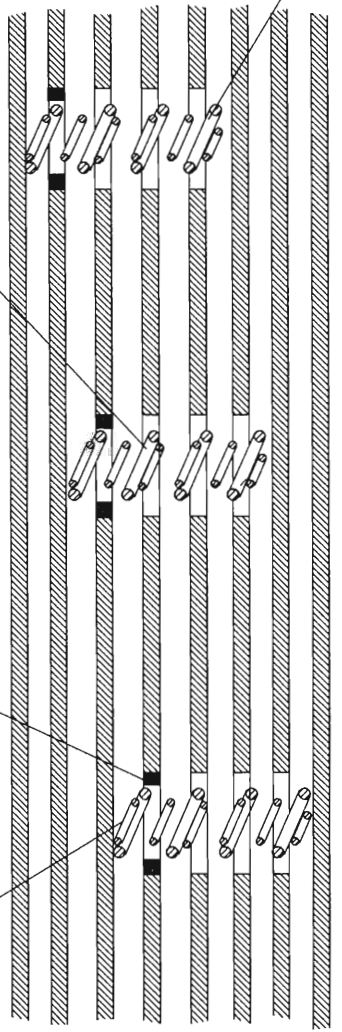
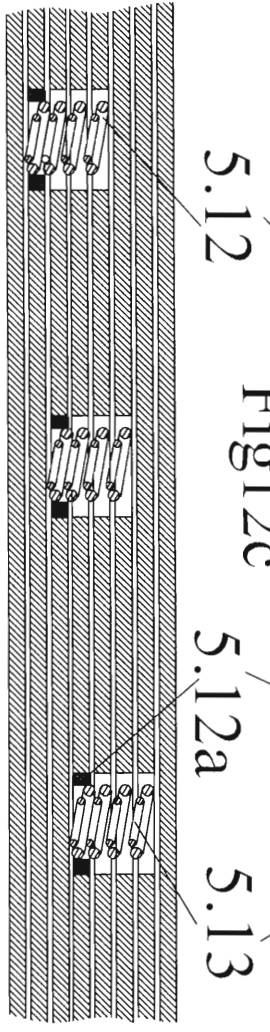
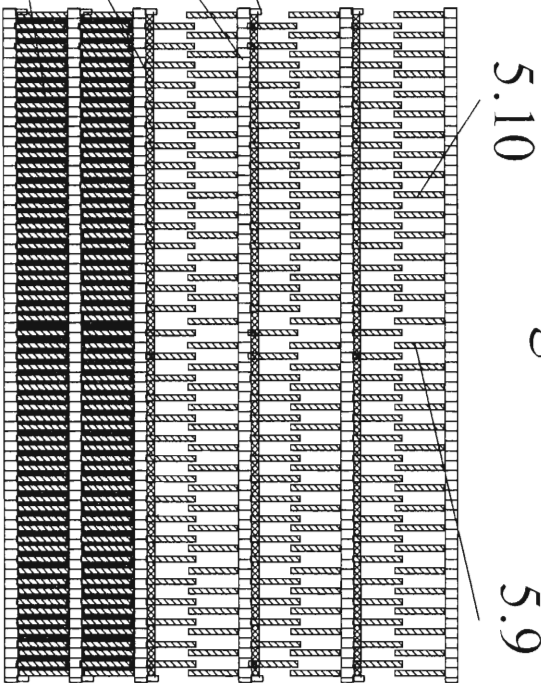
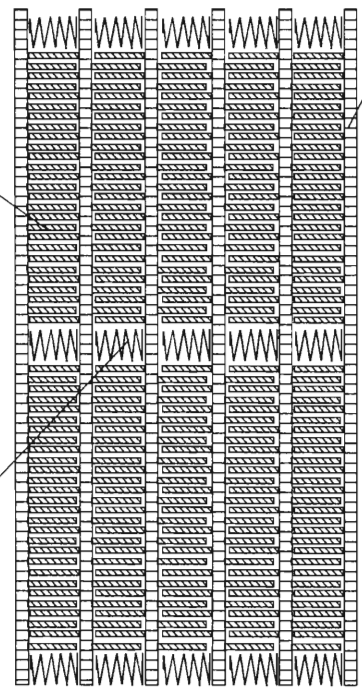
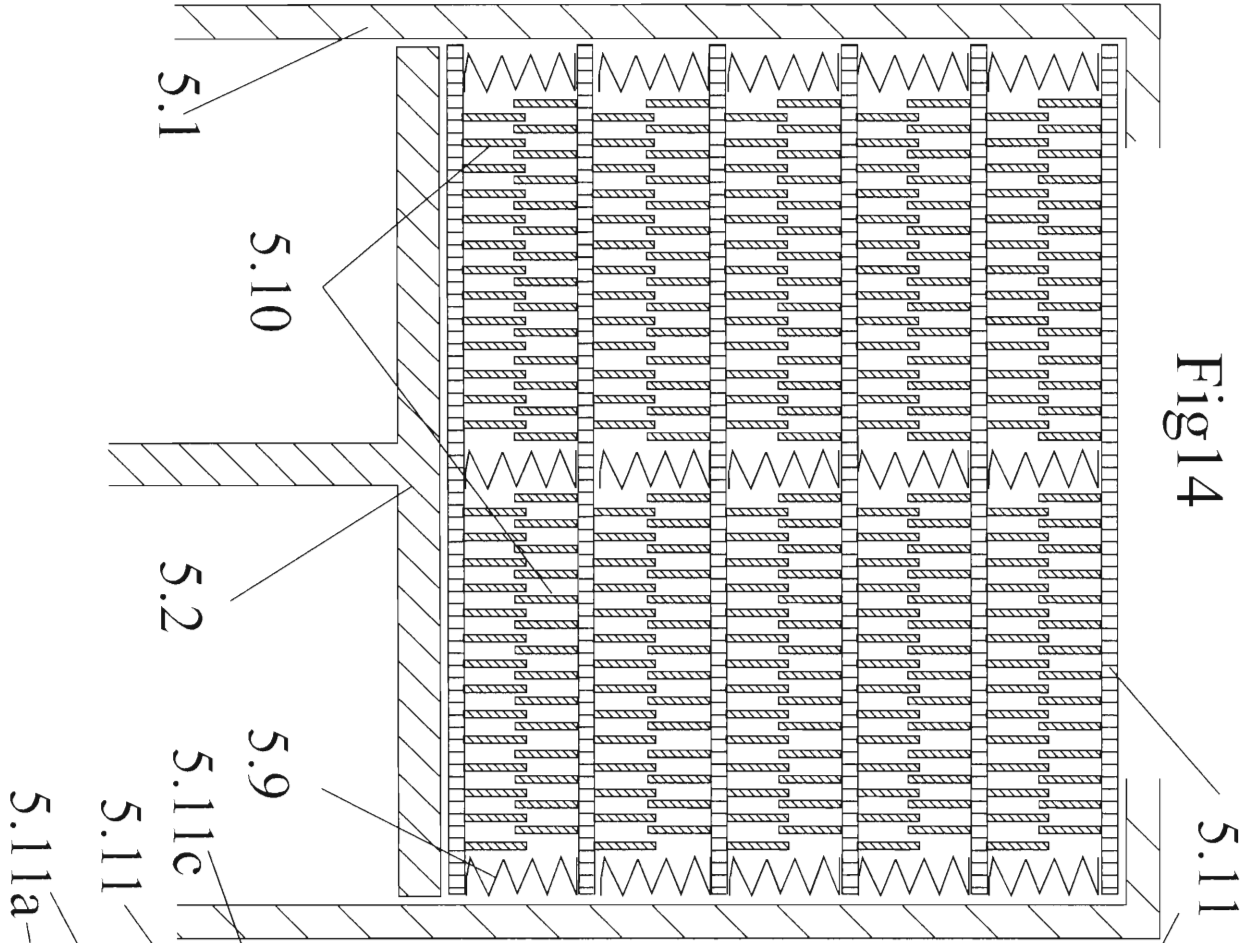


Fig12c



Flow



above

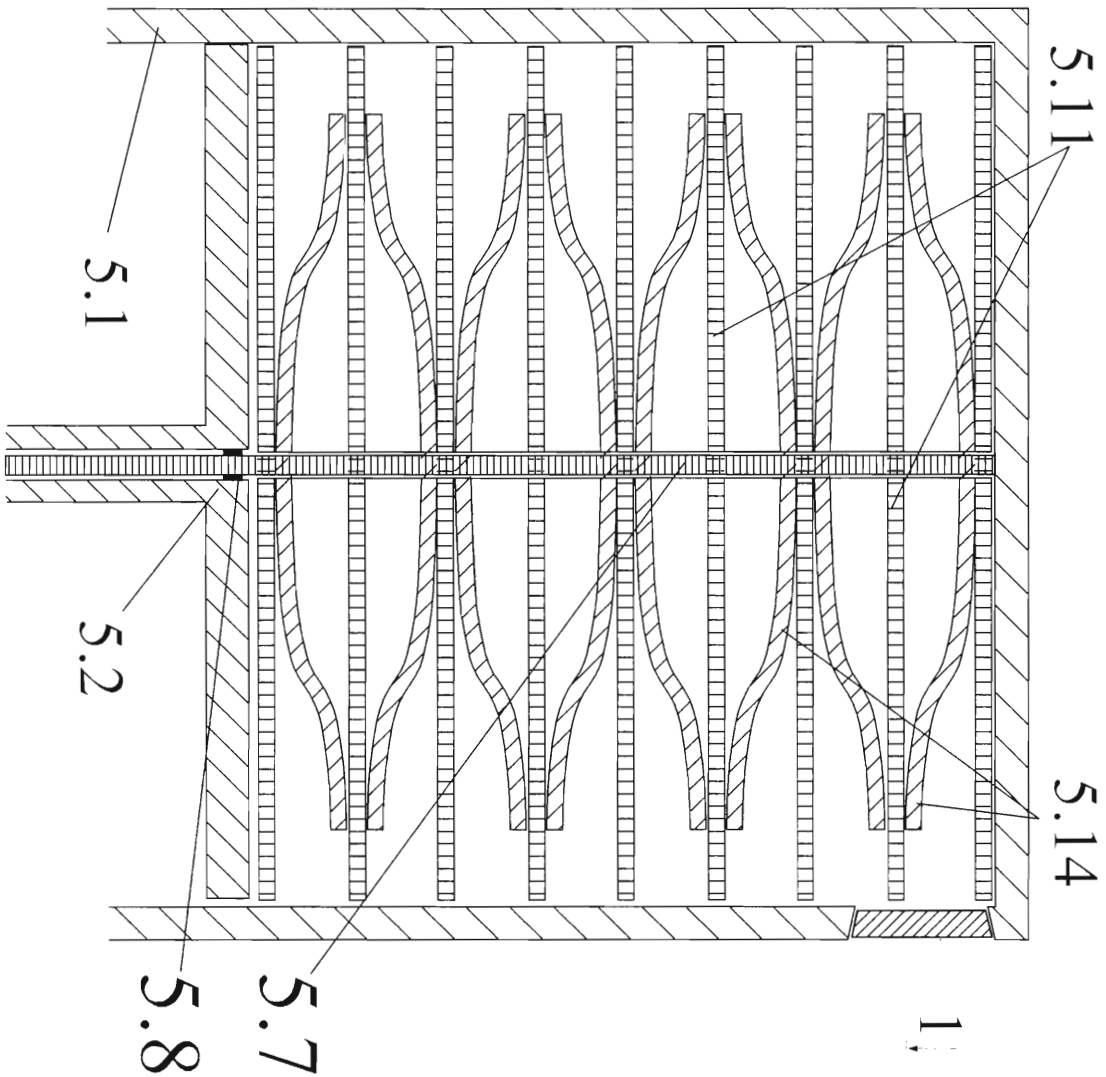


Fig15

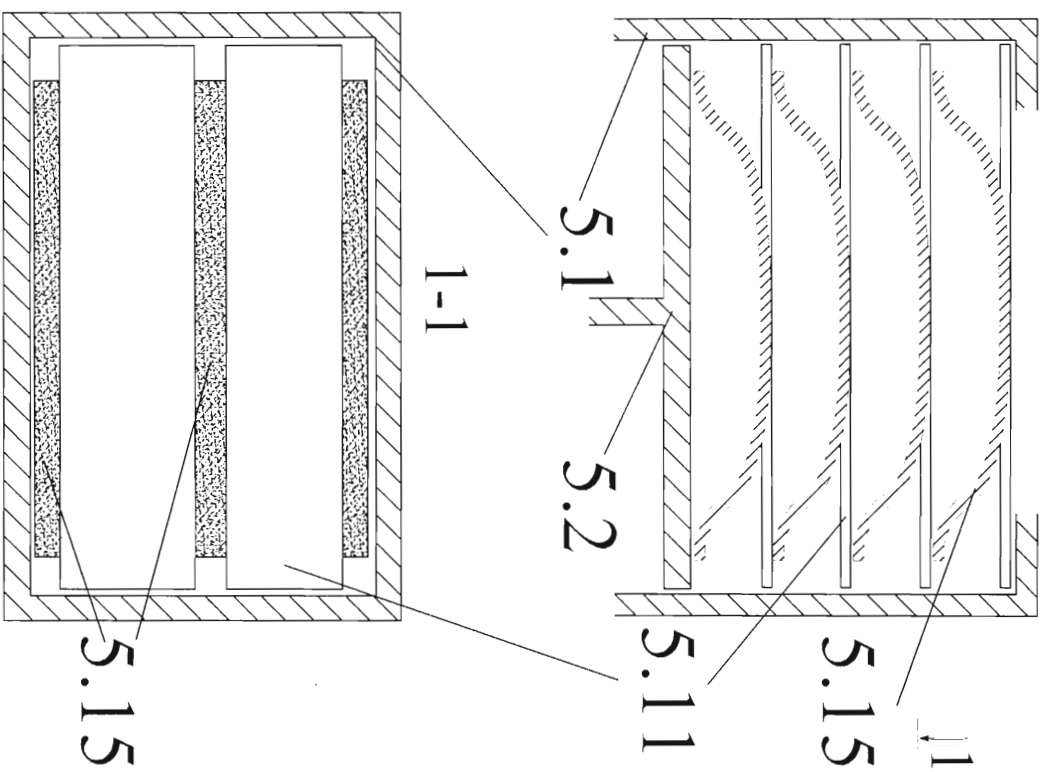


Fig16

Fig17

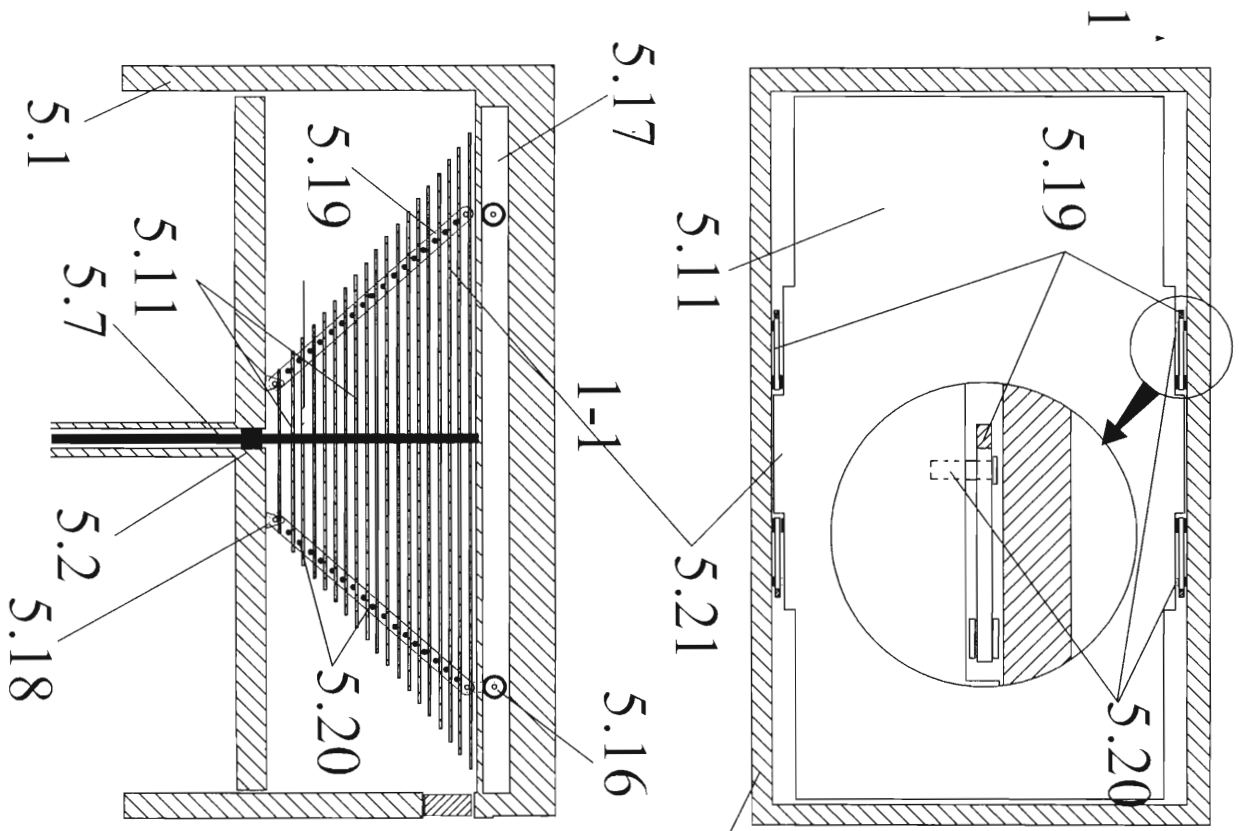


Fig18

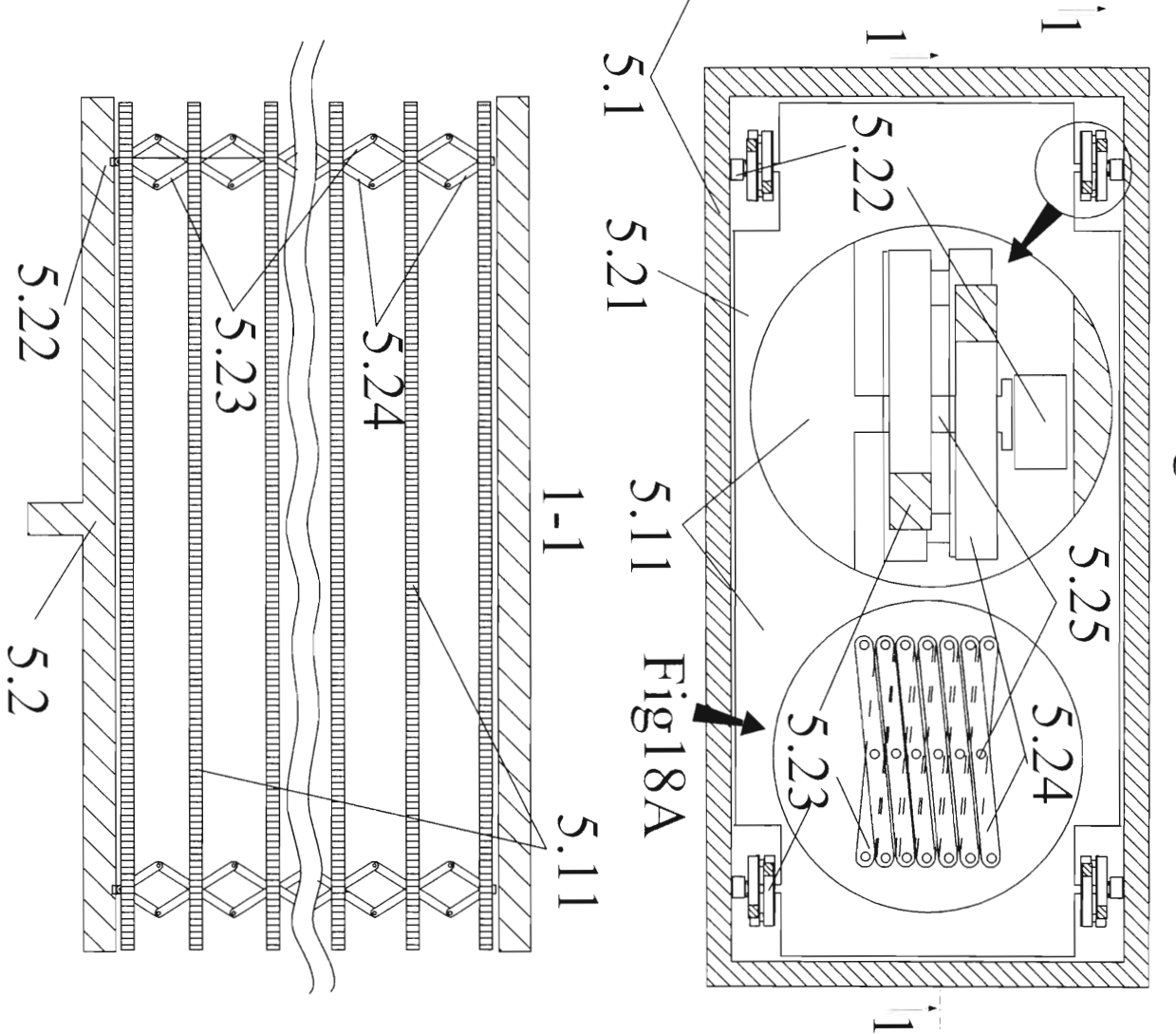
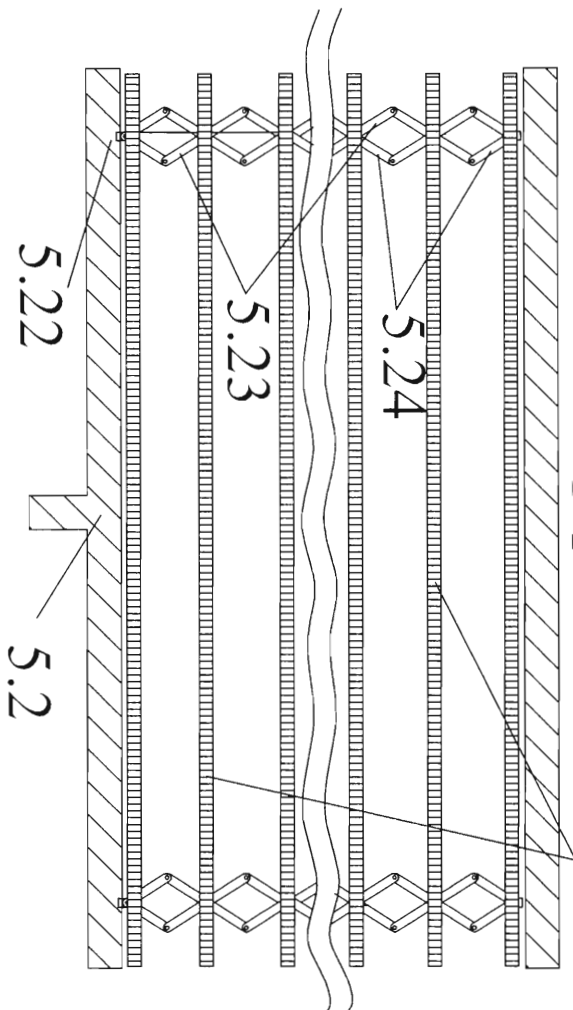
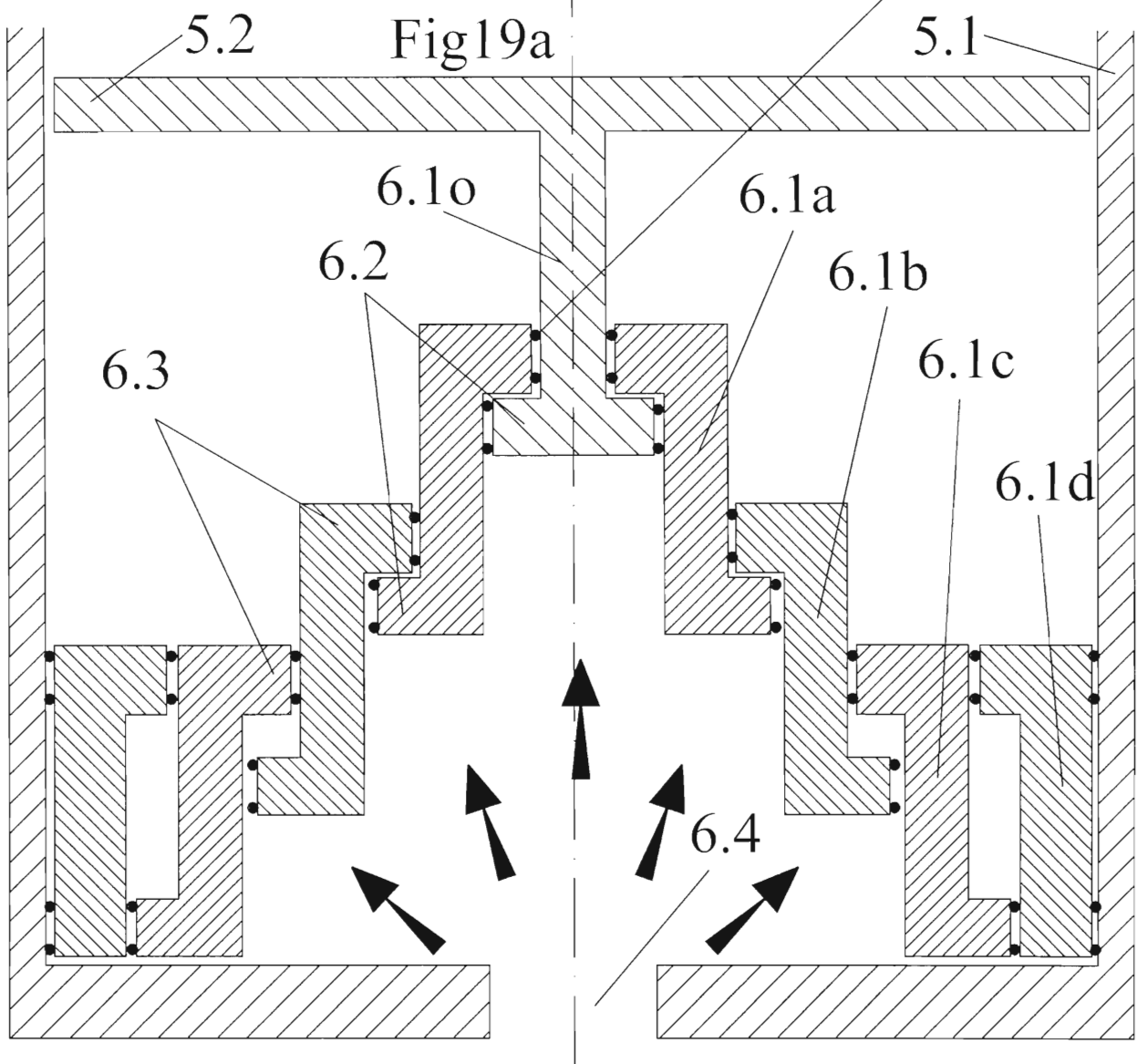
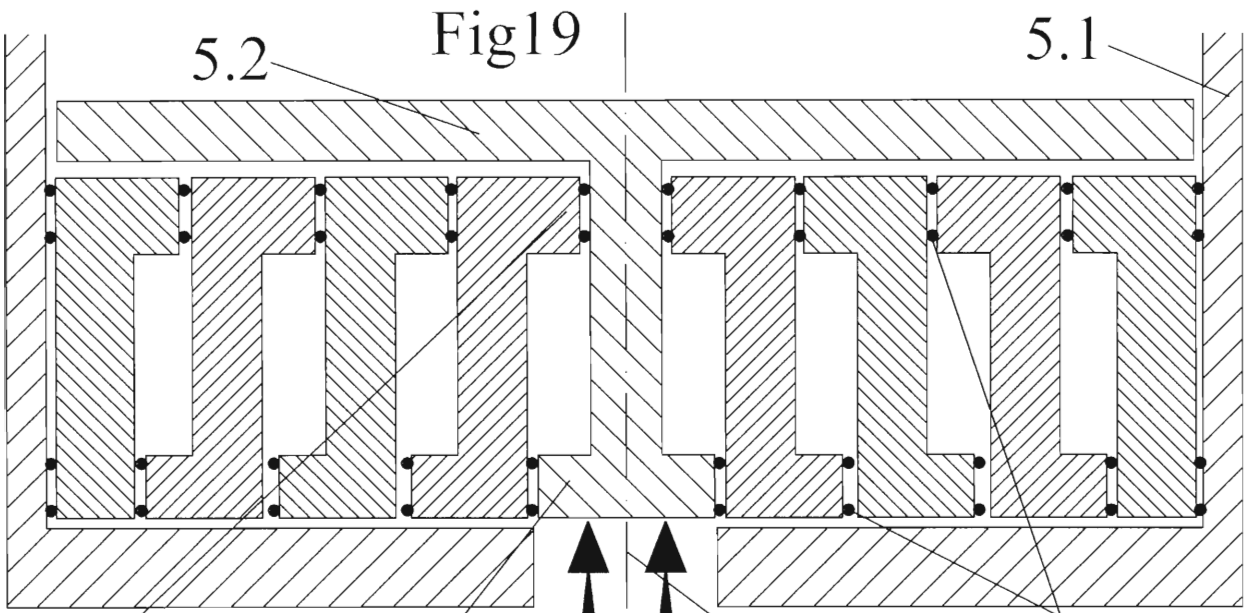


Fig18A

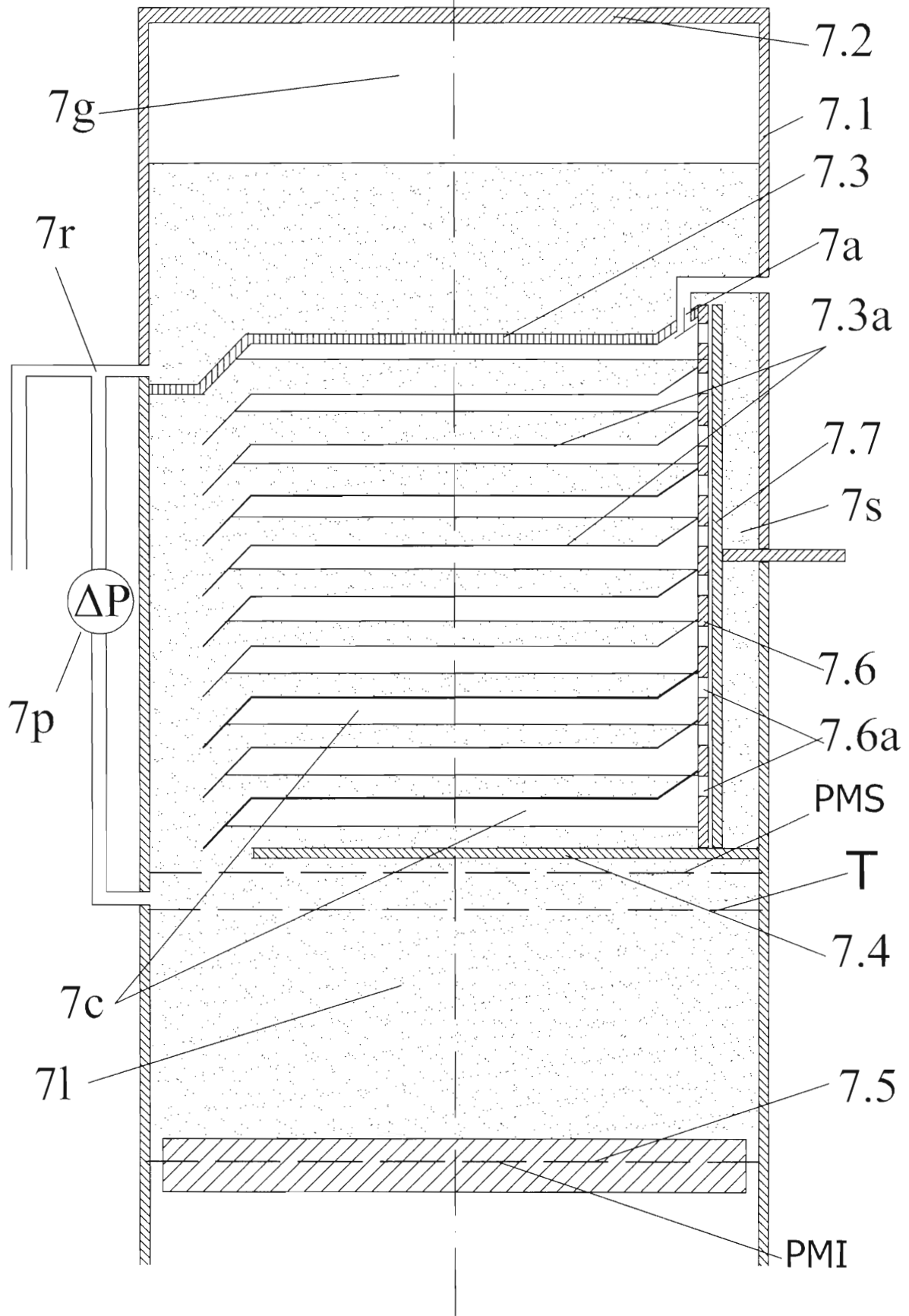


Handwritten signature or mark



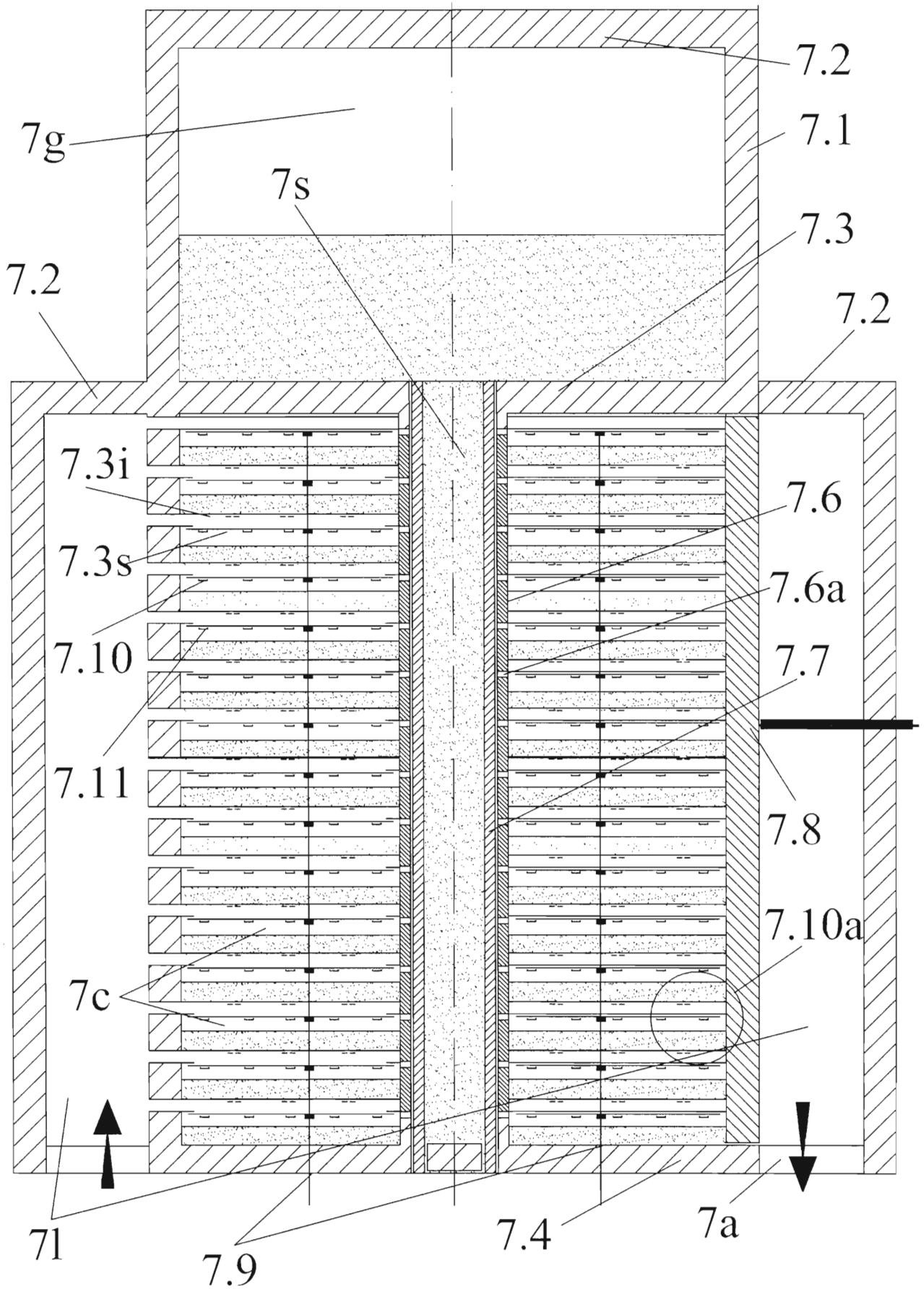
above

Fig20

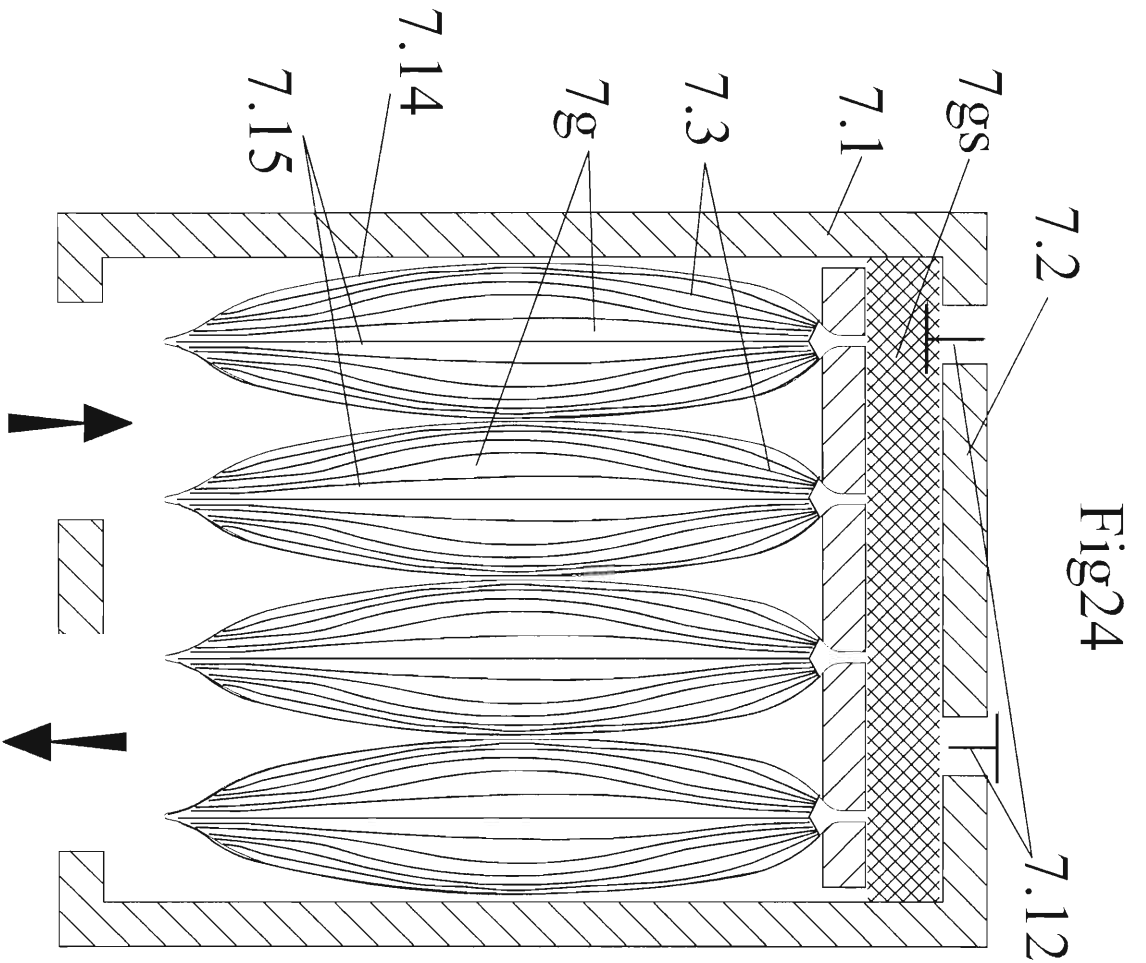
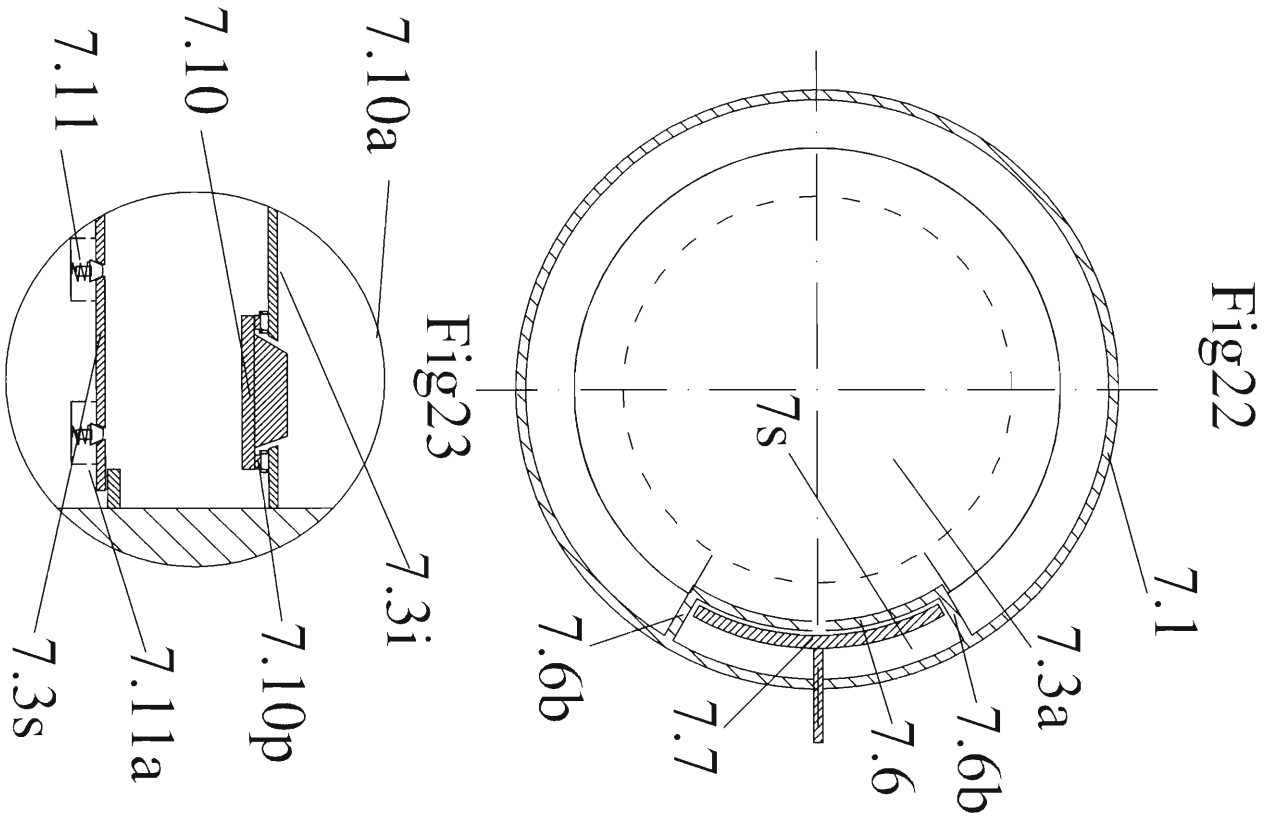


algori

Fig21



albor



Handwritten signature or mark

Fig25

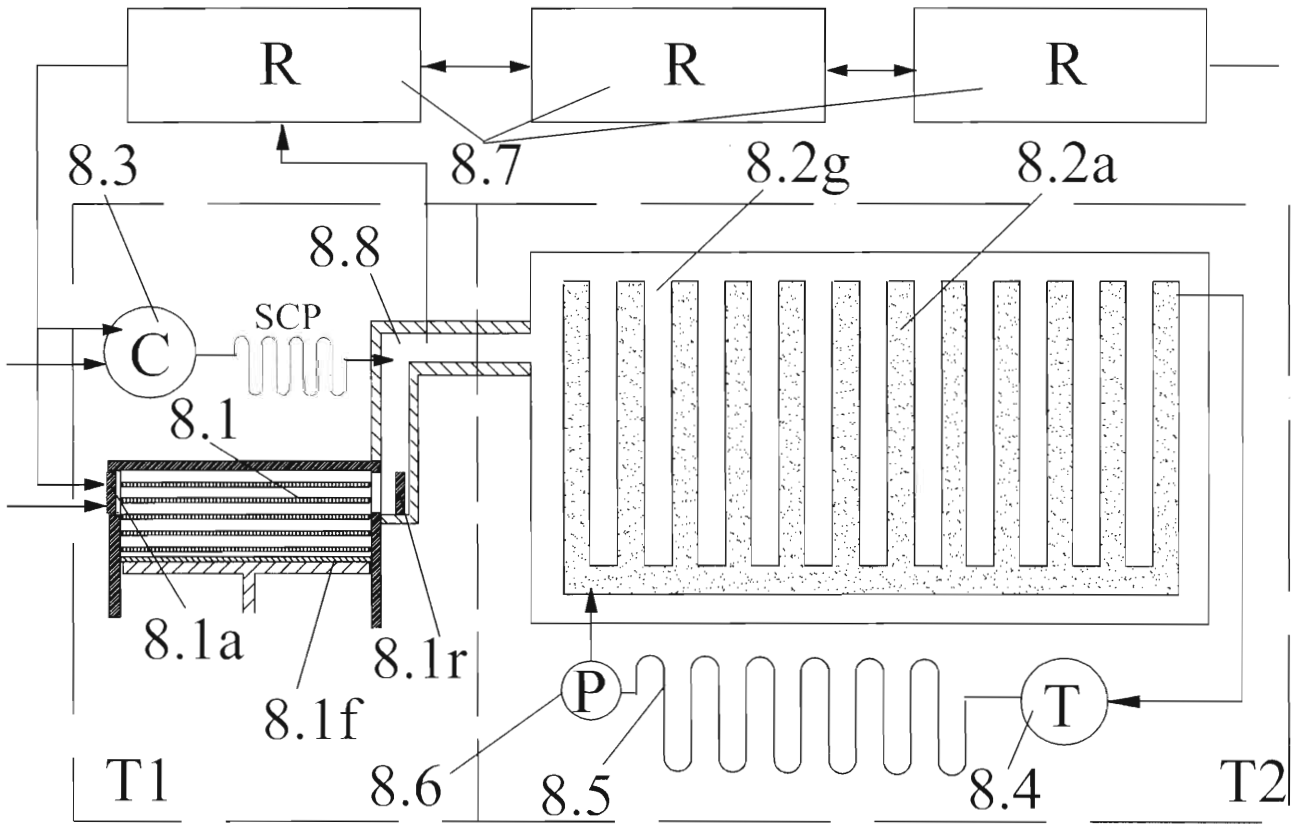
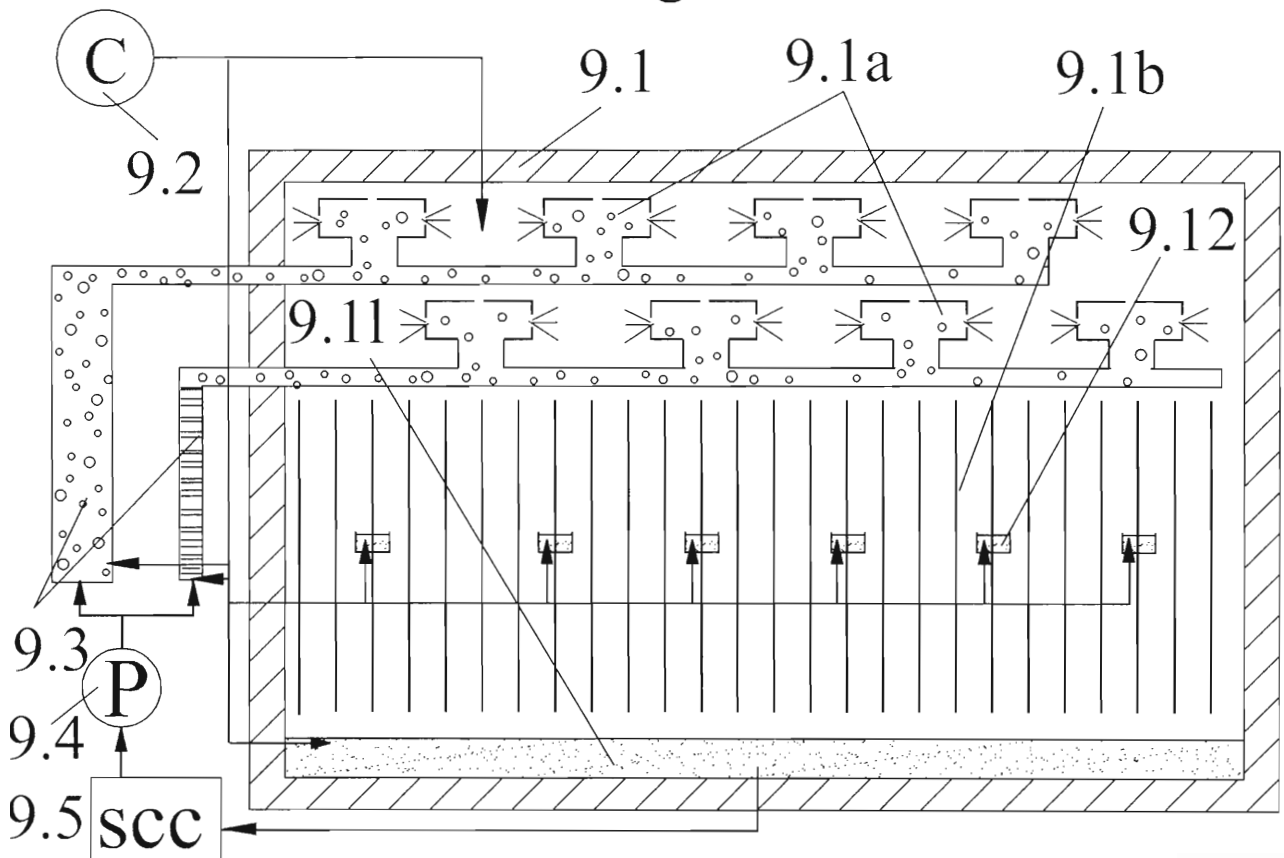


Fig26



Handwritten signature or mark.