

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2023 00095

(22) Data de depozit: 02/09/2021

(30) Prioritate:
02/09/2020 US 63/073, 925

(41) Data publicării cererii:
28/06/2024 BOPI nr. 6/2024

(86) Cerere internațională PCT:
Nr. CA 2021/051219 02/09/2021

(87) Publicare internațională:
Nr. WO 2022/047588 10/03/2022

(71) Solicitant:
• EXTERRAN WATER SOLUTIONS ULC,
172127 TH AVENUE N.E., CALGARY,
ALBERTA, CA, CA

(72) Inventatori:
• KIRK TODD WILLIAM, 262211 RR 293,
ROCKYVIEW COUNTY, ALBERTA, CA

(74) Mandatar:
CABINET M.OPROIU - CONSILIERE ÎN
PROPRIETATE INTELECTUALĂ S.R.L.,
STR.POPA SAVU NR.42, PARTER,
SECTOR 1, CP2-229, BUCUREȘTI

(54) APARAT DE FILTRARE CU POROZITATE VARIABILĂ
AVÂND MEDIU DE FILTRARE COMPRESIBIL

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un aparat de filtrare având un mediu de filtrare compresibil cu porozitate variabilă și la o metodă de purificare a mediilor lichide contaminate. Aparatul conform invenției este constituit dintr-o cameră (102) de filtrare cu volum modificabil cu un orificiu (104) de reglare a presiunii, având unul sau mai mulți pereți de închidere flexibili, în care se găsește un mediu (110) de filtrare poros compresibil, are o intrare (112) de fluid printr-o sită (116) cuplată la camera (108) de filtrare prin care se introduce un flux de fluid cu impurități și o ieșire (114) prin altă sită (118) pentru evacuarea fluidului filtrat din camera (108) de filtrare, aparatul având și o structură de modificare a volumului cuplată la sau în asocierie cu camera (102) de filtrare, adaptată pentru a putea permite creșterea sau scăderea volumului camerei (102) de filtrare prin comprimarea sau decompimarea mediului (110) de filtrare poros compresibil din aceasta, astfel încât să regleze în mod corespunzător dimensiunea porilor mediului (110) de filtrare poros compresibil din camera (102) de filtrare. Metoda de filtrare conform invenției are următoarele etape:

a) aplicarea unei presiuni la exteriorul unui balon (126) alungit flexibil elastic care conține mediul de filtrare,

b) introducerea fluxului de fluid (122) încărcat cu contaminanți printr-un capăt (112) de intrare al balonului flexibil și ieșirea acestuia prin capătul (114) opus de ieșire,

c) pentru spălarea mediului (110) de filtrare comprimat din balonul (126) elastic se reduce presiunea exterioră aplicată acestuia și

d) direcționarea fluidului de spălare în capătul (114) de ieșire al balonului (126) flexibil și determinarea acestui fluid să iasă prin capătul (112) de intrare al balonului flexibil.

Revendicări: 12

Figuri: 16

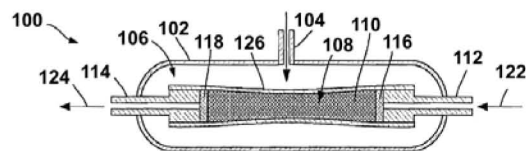


Fig. 2



APARAT DE FILTRARE CU POROZITATE VARIABILĂ AVÂND MEDIU DE FILTRARE COMPRESIBIL

DOMENIUL DEZVĂLUIRII

Prezenta dezvoltare se referă în general la un aparat de filtrare și la o metodă de purificare a mediilor lichide contaminate și, în particular, la un aparat de filtrare având un mediu de filtrare compresibil cu porozitate variabilă.

CONTEXT

Sunt cunoscute dispozitive de filtrare utilizând medii poroase. În general, un astfel de dispozitiv de filtrare cuprinde unul sau mai multe straturi de medii poroase pentru filtrarea sau îndepărtarea în alt mod a impurităților dintr-un flux de fluid. Mediile poroase cuprind o dimensiune specifică a porilor, mai mare decât cea a moleculelor de fluid, pentru a permite fluidului să treacă prin acestea, dar mai mică decât cea a impurităților, pentru a reține impuritățile într-o zonă de acumulare pe partea de intrare a mediilor poroase.

Dispozitivele de filtrare tradiționale asigură de obicei paturi de filtrare fixe din medii poroase având dimensiuni fixe ale porilor (spațiile interstițiale dintre particulele de mediu sau materialul mediului). Totuși, de obicei, trebuie să se înlocuiască dispozitivele de filtrare cu dimensiuni diferite ale porilor atunci când este necesară filtrarea impurităților diferite.

Sunt cunoscute și dispozitive de filtrare cu dimensiuni reglabile ale porilor. De exemplu, cererea de brevet european ser. nr. 2.638.940, intitulată „Aparat de uz casnic conducător de apă cu un filtru reglabil”, a lui Bischof și colab. prezintă un filtru având un strat de filtrare deformabil elastic, care este prevăzut cu mai multe adâncituri deschise. Stratul de filtrare deformabil elastic este întins și/sau este compresibil. Adânciturile deschise sunt extinse vertical pentru a filtra părțile laterale ale stratului de filtrare. Stratul de filtrare deformabil elastic este întins și/sau este compresibil de-a lungul direcției respective de extindere a adânciturilor deschise.

Cererea de brevet PCT ser. nr. PCT/KR02/00308, intitulată „Filtru cu dimensiunea porilor controlabilă”, a lui Kang dezvoltă un filtru cu dimensiunea porilor controlabilă pentru separarea și îndepărtarea solidului în suspensie și

eliminarea solidului capturat de dispozitiv. Materialele de filtrare sunt construite pe suportul de material de filtrare superior și suportul de material de filtrare inferior de tip radial față în față la o anumită distanță în tubul de filtrare, formând un strat de filtrare. În funcție de direcția și gradul de rotație al mânerului superior conectat la axa de rotație superioară, materialele de filtrare vin împreună în centru de-a lungul suportului de material de filtrare superior și al suportului de material de filtrare inferior. Apoi, o parte sau ambele părți sunt răsucite în direcții opuse și concentrate în jurul țevii perforate situate la nivelul axei centrale sau readuse la starea inițială. În consecință, dimensiunea porului creat între materialele de filtrare poate fi ajustată, permițând efectuarea operațiunilor de filtrare și spălare la un nivel adecvat.

Brevetul SUA nr. 3.747.769, intitulat „Presă cu filtru de unică folosință compresibil pentru sânge”, aL lui Brumfield dezvăluie un mediu de filtrare din spumă plastică elastică, comprimat, cu celule deschise, având diametrul mediu al deschiderilor porilor celulelor cu valori selectate cuprinse între 25 și 150 de microni, dispuse ca un volum plan într-o presă cu filtru de unică folosință reglabil. Mediul de filtrare este dispus între o pereche de plăci rigide de presă cu filtru, care sunt la rândul lor dispuse în structura presei cu filtru. Presa poate asigura un mijloc de control reglabil adecvat pentru varierea diametrului mediu al deschiderilor porilor, prin varierea compresiunii mediului de filtrare. O carcasă flexibilă a presei cu filtru oferă mijloace de a ajuta circulația sângelui prin mediul de filtrare și de separare a aerului antrenat în sânge în presa cu filtru.

Publicația cererii de brevet SUA nr. 2008/0184881A1, intitulată „Sită moleculară cu ochiuri ajustabile”, a lui Zhou și colab. dezvăluie site moleculare pe bază de cadru metal-organic cuprinzând pori cu o deschidere a porilor reglabilă în funcție de temperatură. Sitele moleculare cu dimensiunea porilor reglabilă în funcție de temperatură cuprind o multitudine de grupări metal legate cu o multitudine de liganzi amfifili, fiecare ligand cuprinzând un fragment hidrofob funcționalizat și un fragment hidrofil funcționalizat și în care grupurile de metal și fragmentele hidrofobe de ligand amfifil formează un strat de grupare metal, stratul de grupare metal formând cel puțin un por hidrofil. Pe fiecare parte a stratului de grupare metal, o multitudine de fragmente hidrofobe ligand amfifil asociate cooperează cu stratul de grupare metal pentru a forma un tri-strat, iar o multitudine de trei straturi sunt ținute în apropiere unul de celălalt pentru a forma cel puțin o cameră hidrofobă. Fragmentele hidrofobe formează pori hidrofobi cu dimensiunea porilor reglabilă în funcție de temperatură.

Când sunt ajustate la o temperatură preselectată, deschiderile porilor reglabile în funcție de temperatură permit trecerea moleculelor având o dimensiune mai mică decât dimensiunea deschiderii porilor reglabile la temperatura preselectată.

Cu toate acestea, există o nevoie ca un aparat mecanic relativ simplu, dar fiabil din punct de vedere mecanic, să poată ajusta dinamic dimensiunea porilor pentru a putea ajusta dinamic dimensiunea impurităților sub formă de particule care sunt îndepărtate dintr-un flux de fluid, și adaptat pentru a fi curățat mai ușor decât mediile de filtrare existente.

SUMARUL INVENȚIEI

Conform unui aspect al acestei dezvăluiri, este furnizat un aparat de filtrare. Aparatul de filtrare cuprinde: o cameră de filtrare cu volum modificabil având unul sau mai mulți pereți laterali flexibili și primind în aceasta un mediu de filtrare poros compresibil; o intrare de fluid cuplată la camera de filtrare pentru introducerea unui flux de fluid de intrare cu impurități în camera de filtrare; o ieșire de fluid cuplată la camera de filtrare pentru evacuarea unui flux de fluid filtrat din camera de filtrare; și o structură de modificare a volumului în asociere cu sau cuplată la camera de filtrare, pentru reglarea volumului camerei de filtrare pentru reglarea caracteristicilor porilor mediului de filtrare poros.

În unele exemple de realizare, aparatul de filtrare mai cuprinde: un vas care primește în acesta camera de filtrare cu intrarea de fluid și ieșirea de fluid extinzându-se în afara vasului. Vasul cuprinde: un mediu de reglare a presiunii în spațiul inelar dintre camera de filtrare și vas; și un orificiu de reglare a presiunii în comunicație de fluid cu spațiul inelar dintre camera de filtrare și vas pentru reglarea presiunii mediului de reglare a presiunii.

În unele exemple de realizare, mediul de reglare a presiunii este sub formă de particule.

În unele exemple de realizare, mediul de reglare a presiunii constă în coji de nucă zdrobite și/sau cărbune activ.

Conform unui aspect al acestei dezvăluiri, este furnizat un aparat de filtrare. Aparatul de filtrare cuprinde: o cameră de filtrare cu volum modificabil având unul sau mai mulți pereți de închidere flexibili și care primește în ea un mediu de filtrare poros compresibil; o intrare de fluid cuplată la camera de filtrare pentru introducerea unui

flux de fluid de intrare cu impurități în camera de filtrare; o ieșire de fluid cuplată la camera de filtrare pentru evacuarea unui flux de fluid filtrat din camera de filtrare; și o structură de modificare a volumului cuplată la sau în asociere cu camera de filtrare, adaptată să permită creșterea sau scăderea volumului camerei de filtrare astfel încât să comprime sau să decomprime mediul de filtrare poros compresibil din aceasta astfel încât să ajusteze în mod corespunzător dimensiunea porilor ai mediului de filtrare poros compresibil din camera de filtrare menționată.

În unele exemple de realizare, respectiva cameră de filtrare și respectiva structură de modificare a volumului cuprind un element gol alungit, flexibil elastic, subțire.

În unele exemple de realizare, aparatul de filtrare cuprinde suplimentar: un vas care primește în acesta camera de filtrare cu intrarea de fluid și ieșirea de fluid extinzându-se în afara vasului. Vasul cuprinde: un mediu de reglare a presiunii într-un spațiu inelar dintre camera de filtrare și vas; și un orificiu de reglare a presiunii în comunicație de fluid cu spațiul inelar dintre camera de filtrare și vas pentru reglarea presiunii mediului de reglare a presiunii.

În unele exemple de realizare, mediul de reglare a presiunii este un fluid.

În unele exemple de realizare, mediul de filtrare poros compresibil constă în coji de nucă zdrobite sau vulcanizat termoplastice turnabil prin suflare, cum ar fi Viprene™, sau un material de cărbune activ.

În unele exemple de realizare, (i) structura de modificare a volumului cuprinde cel puțin un piston mobil, iar volumul structurii de modificare a volumului menționate poate fi modificat prin mișcarea pistonului menționat.

Într-o perfecționare suplimentară a acesteia, respectiva cameră de filtrare cu modificare de volum cuprinde un balon alungit format dintr-un material flexibil elastic; și (iii) balonul este situat în structura de modificare a volumului.

Într-un alt aspect larg al prezentei invenții, invenția se referă la o metodă de filtrare a unui fluid care conține un contaminant, cuprinzând etapele de:

(i) aplicare a unei presiuni la exteriorul unui balon flexibil elastic alungit care conține în interiorul acestuia un mediu de filtrare compresibil, astfel încât să se comprime respectivul mediu de filtrare compresibil;

(ii) direcționare a unui flux de fluid încărcat cu contaminanți într-un capăt de intrare al balonului flexibil elastic menționat și determinare a fluidului filtrat să iasă printr-un capăt de ieșire al balonului flexibil elastic menționat;

(ii) atunci când se dorește spălarea mediului de filtrare comprimat, reducere a presiunii aplicate la exteriorul balonului flexibil elastic și reducerea astfel a presiunii aplicate mediului de filtrare din balonul flexibil elastic și permiterea mediului compresibil menționat din balonul flexibil elastic menționat să se extindă; și

(iii) direcționare a unui fluid de spălare în capătul de ieșire menționat al balonului flexibil elastic și determinarea fluidului de spălare menționat să iasă prin capătul de intrare al balonului flexibil elastic menționat.

În mod avantajos, atunci când se reduce temporar compresiunea aplicată la balonul elastic flexibil și, astfel, se reduce temporar compresiunea aplicată pe mediul de filtrare conținut în acesta, se poate obține o creștere temporară a dimensiunii porilor interstițiali din mediul de filtrare, ceea ce permite astfel o mai bună spălare inversă a mediului de filtrare compresibil folosind un fluid de spălare.

După aceea, filtrarea normală poate fi reluată eficient ca și cum filtrul ar fi nou și nu există nicio reducere sau o mică reducere a capacității de filtrare a materialului de filtrare atunci când acesta este apoi comprimat pentru a relua operația de filtrare, deoarece porii interstițiali ai fluidului de filtrare au fost spălați eficient de contaminantul filtrat.

Într-o perfecționare suplimentară a metodei de mai sus, etapa de reducere a presiunii pe respectivul balon flexibil elastic cuprinde reducerea presiunii fluidului care este furnizat într-o regiune care înconjoară un exterior al balonului flexibil elastic.

Într-o perfecționare alternativă a metodei prezentei invenții, etapa de reducere a presiunii pe respectivul balonul gol alungit cuprinde etapa de reducere a forței pe care un piston mobil o aplică pe o porțiune a balonului flexibil elastic menționat.

Într-un alt aspect larg al prezentei invenții, este furnizată o metodă de modificare reglabilă a cantității de filtrare a unui fluid contaminat, cuprinzând etapele de:

(i) aplicare a unei presiuni la exteriorul unui balon alungit flexibil elastic care conține în interiorul acestuia un mediu de filtrare compresibil, astfel încât să se comprime respectivul mediu de filtrare compresibil;

(ii) direcționare a unui flux de fluid încărcat cu contaminanți într-un capăt de intrare al balonului flexibil elastic menționat și determinare a fluidului filtrat să iasă printr-un capăt de ieșire al balonului flexibil elastic menționat;

(ii) atunci când se dorește să se reducă o concentrație de contaminant în fluxul de fluid încărcat cu contaminanți, creșterea presiunii aplicate în jurul exteriorului balonului flexibil elastic și, astfel, creșterea presiunii aplicate mediului de filtrare menționat din balonul flexibil elastic menționat, astfel încât să se comprime suplimentar mediul de filtrare menționat din balonul flexibil elastic menționat.

În mod avantajos, o astfel de perfecționare suplimentară permite personalizarea în timp real a mediului de filtrare pentru a crește imediat capacitatea de filtrare atunci când contaminanți de o dimensiune mai mică sunt detectați într-un flux de contaminanți care este filtrat, fără a fi nevoie să se oprească fluxul de fluid contaminat, schimbarea filtrului cu unul cu dimensiune a porilor scăzută, înainte de a putea continua reluarea filtrării unui flux de fluid contaminat.

SCURTĂ DESCRIERE A DESENELOR

FIG. 1 este o vedere schematică în secțiune transversală a unui aparat de filtrare, conform unor exemple de realizare a acestei dezvoltări, în care aparatul de filtrare cuprinde un vas care primește în el o cameră de filtrare cu volum modificabil umplută cu un mediu de filtrare poros;

FIG. 2 este o vedere schematică în secțiune transversală a aparatului de filtrare prezentat în FIG. 1, în care volumul camerei de filtrare este redus pentru creșterea porozității și/sau reducerea mărimii porilor mediului de filtrare poros;

FIG. 3 este o vedere schematică în secțiune transversală a aparatului de filtrare prezentat în FIG. 1, în care volumul camerei de filtrare este ajustat pentru ajustarea porozității și/sau a mărimii porilor mediului de filtrare poros;

FIG. 4 este o vedere schematică în secțiune transversală a aparatului de filtrare prezentat în FIG. 1, în care volumul camerei de filtrare este mărit pentru reducerea porozității și/sau mărirea dimensiunii porilor mediului de filtrare poros pentru spălare;

FIG. 5 este o vedere în perspectivă a unui aparat de filtrare, conform unor exemple de realizare a acestei dezvoltări;

FIG. 6 este o vedere frontală a aparatului de filtrare prezentat în FIG. 5;

FIG. 7 este o vedere în plan a aparatului de filtrare prezentat în FIG. 5 cu linii întrerupte ilustrând structura internă a acestuia;

FIG. 8 este o vedere laterală a aparatului de filtrare prezentat în FIG. 5 cu linii întrerupte ilustrând structura internă a acestuia;

FIG. 9 este o vedere în secțiune transversală mărită a secțiunii A a aparatului de filtrare prezentat în FIG. 8;

FIG. 10 este o vedere schematică în secțiune transversală a unui aparat de filtrare, în conformitate cu unele exemple de realizare a acestei dezvoltări;

FIG. 11A și 11B sunt vederi în secțiune transversală de-a lungul unei direcții laterale a aparatului de filtrare prezentat în FIG. 10, în care aparatul de filtrare este configurat la diferite niveluri de compresiune;

FIG. 12A și 12B sunt vederi în secțiune transversală de-a lungul unei direcții laterale a aparatului de filtrare, în conformitate cu unele exemple de realizare a acestei dezvoltări, în care aparatul de filtrare este configurat la diferite niveluri de compresiune;

FIG. 13 este un desen schematic al echipamentului de testare utilizat în testele efectuate și descrise aici;

FIG. 14 este o reprezentare grafică a datelor obținute care arată relația dintre porozitatea mediului și presiunea de supraîncărcare (compresiunea suportului) pentru un mediu standard „A” (coji de nucă zdrobite) și un mediu mai compresibil (Viprene™);

FIG. 15 este o reprezentare grafică a datelor obținute care arată relația dintre compresiunea mediului în raport cu 3 presiuni diferite de compresiune (1, 20 și 40 psi) pentru un mediu standard industrial (coji de nucă zdrobite) și cantitatea de contaminant (în ppm) la ieșirea filtrului, totul în funcție de timp; și

FIG. 16 este o reprezentare grafică a datelor obținute care arată relația dintre concentrația rămasă în ppm la ieșirea filtrului, în timp, cu privire la două medii de filtrare diferite „A” și „B”, la o presiune comună de suprasarcină de 20 psi.

DESCRIEREA DETALIATĂ A UNOR EXEMPLE PREFERATE DE REALIZARE A INVENȚIEI

Cu referire la FIG. 1, este prezentat un aparat de filtrare, identificat în general prin numărul de referință 100. Așa cum este prezentat, aparatul de filtrare 100 cuprinde un vas exterior 102 având un orificiu de reglare a presiunii 104 și care primește în acesta o structură de filtrare 106.

Orificiul de reglare a presiunii 104 este în comunicație de fluid cu un dispozitiv de presiune adecvat, cum ar fi o pompă (nefigurată) pentru reglarea presiunii în vasul exterior utilizând un mediu adecvat de reglare a presiunii pneumatice sau hidraulice. De exemplu, în unele exemple de realizare, mediul de reglare a presiunii poate fi un mediu adecvat în fază gazoasă, cum ar fi aer, CO₂, N₂ și/sau altele asemenea. În alte exemple de realizare, mediul de reglare a presiunii poate fi un mediu adecvat în fază lichidă, cum ar fi apa, uleiul și/sau altele asemenea.

Structura de filtrare 106 cuprinde o cameră de filtrare 108 care primește în ea un mediu de filtrare poros 110. Camera de filtrare 108 este cuplată la și în comunicație de fluid cu o intrare de fluid 112 și o ieșire de fluid 114 printr-o sită de intrare 116 și, respectiv, o sită de ieșire 118. Intrarea de fluid 112 se extinde în afara vasului exterior 102 pentru a primi un flux de fluid de intrare „contaminat” 122 având un fluid țintă cu impurități și pentru a injecta fluxul de fluid de intrare 122 în camera de filtrare 108 prin elementul de intrare 116, care reține mediul de filtrare 110 în imediata apropiere a acestuia, astfel încât să poată rezista forței din aval a fluidului de intrare sub presiune introdus în mediul de filtrare 110. Ieșirea de fluid 114 se extinde din vasul exterior 102 pentru evacuarea din vasul 102 prin intermediul elementului de evacuare 118 care, de asemenea, reține mediul de filtrare 110 în imediata apropiere a acestuia, astfel încât să poată rezista forței inverse a fluidului sub presiune introdus în mediul de filtrare 110 în timpul unui ciclu de curățare, totuși, în timpul funcționării normale, ieșirea de fluid primește în general un flux filtrat care cuprinde în general fluidul țintă, dar în mod substanțial fără impuritățile antrenate inițial în acest fluid țintă.

În aceste exemple de realizare, fluxul de fluid de intrare 122 poate fi un lichid cum ar fi apa, uleiul și/sau altele asemenea, cu impurități solide. Cu toate acestea, persoanele de specialitate în domeniu ar aprecia că, în alte exemple de realizare, fluxul de fluid de intrare 122 poate fi sub orice formă adecvată. De exemplu, fluidul țintă poate fi gaz și/sau lichid. Impuritățile pot fi gaze, lichide și/sau solide sau combinații ale acestora.

Mediul de filtrare 110 poate fi un material adecvat pentru formarea unui volum poros în camera de filtrare 108 pentru evacuarea impurităților solide din lichid, structura porilor, forma, dimensiunea și/sau porozitatea fiind reglabile sub presiune sau la modificarea volumul camerei de alimentare 108.

În unele exemple de realizare, mediul de filtrare 110 poate fi sub formă de particule, cum ar fi cojile de nucă zdrobite, cărbune activ și/sau altele asemenea, cu forme, dimensiuni și/sau compresibilități adecvate care, atunci când sunt situate în camera de filtrare 108, pot forma un strat poros sau un volum cu densitatea particulelor acestuia și astfel caracteristicile porilor acestuia sunt reglabile variabil la aplicarea presiunii sau la modificarea volumului camerei de filtrare 108.

În unele exemple de realizare, mediul de filtrare 110 poate fi sub forma unui sau mai multor materiale spongioase deformabile sub presiune, cum ar fi Viprene™, care este o marcă comercială a Alliance Polymers and Services Ltd. din Westland, Michigan pentru un vulcanizat termoplastice turnabil prin extrudare prin suflare care poate fi turnat prin suflare în presă, turnat prin suflare cu aspirație sau coextrudat secvențial 3D, astfel încât să fie alcătuit dintr-o multitudine de pori de dimensiune micronică dispersați în mod substanțial uniform.

În aceste exemple de realizare, exteriorul flexibil 126 al camerei de filtrare 108 este impermeabil în raport cu fluxul de fluid de intrare 122 și își poate schimba volumul sub presiunea externă pentru ajustarea structurii porilor, forma sau mărimea și/sau porozitatea mediului de filtrare 110 din acesta. De exemplu, în exemplul de realizare prezentat în FIG. 1, camera de filtrare 108 cuprinde un element de tub 126 flexibil impermeabil, cum ar fi un manșon de cauciuc cuplat la intrarea de fluid 112 și la ieșirea de fluid 114, la capetele opuse ale acestuia.

Manșonul de cauciuc 126 își poate schimba volumul sub presiune. De exemplu, așa cum se arată în FIG. 2, o pompă (nefigurată) poate crește presiunea mediului de reglare a presiunii din vasul 102 care, la rândul său, comprimă manșonul de cauciuc 126. În consecință, volumul camerei de filtrare 108 este redus, dând naștere la o dimensiune fină a porilor pentru filtrarea impurităților de dimensiuni mici din fluxul de fluid de intrare 122.

Așa cum este prezentat în FIG. 3, pompa poate scădea presiunea mediului de reglare a presiunii din vasul 102 care, la rândul său, decomprimă manșonul de cauciuc 126. În consecință, volumul camerei de filtrare 108 este crescut, dând naștere la o dimensiune mare a porilor pentru filtrarea numai a impurităților de dimensiuni mari din fluxul de fluid de intrare 122 (adică, impuritățile de dimensiuni mai mici pot trece prin acesta).

Așa cum este prezentat în FIG. 4, pompa poate scădea suplimentar presiunea mediului de reglare a presiunii din vasul 102 (de exemplu, provocând o presiune

negativă în vasul 102 în raport cu presiunea exterioară a acestuia, sau chiar provocând un vid sau aproape vid în vasul 102), care, la rândul său, decompimă în continuare manșonul de cauciuc 126. În consecință, volumul camerei de filtrare 108 este crescut suplimentar, dând naștere la o dimensiune mai mare a porilor, potrivită pentru spălarea sau spălarea în contracurent a mediului de filtrare 110.

FIG. 5 este o vedere în perspectivă a aparatului de filtrare 100 conform unor exemple de realizare a acestei dezvăluiri. FIG. 6 este o vedere frontală a aparatului de filtrare 100 din aceste exemple de realizare.

Așa cum este prezentat, aparatul de filtrare 100 cuprinde un vas tubular 102 cuplat detașabil la două cuplaje de capăt 132 și 134 la capetele opuse ale acestora, cu un cuplaj de capăt 132 cuprinzând intrarea de fluid 112 și celălalt cuplaj de capăt 134 cuprinzând ieșirea de fluid 114. Vasul tubular 102 cuprinde un orificiu de reglare a presiunii 104 pe acesta, între intrarea și ieșirea de fluid 112 și 114.

Într-un exemplu de realizare, vasul tubular 102 poate fi o țevă de oțel cu o lungime de 48" (adică, 48 inch) sau 1219 milimetri (mm) și un diametru exterior (OD) de 4-1/4" sau 108 mm. Orificiul de reglare a presiunii 104 este un National Pipe Taper (NPT; American National Standard Taper Pipe Thread) de 1/2" sau 13 mm Thredolet® (Thredolet este o marcă înregistrată a Bonney Forge Corporation din Mt Union, PA, S.U.A.).

Așa cum este prezentat în FIG. 7 și 8, vasul tubular 102 este umplut cu un mediu de reglare a presiunii (nefigurat) și primește în acesta un manșon de cauciuc 126 fixat detașabil sau cuplat în alt mod la cuplajele de capăt 132 și 134. În unele exemple de realizare, manșonul de cauciuc 126 este fabricat din cauciuc flexibil Viton® (Viton® este o marcă comercială înregistrată a The Chemours Company din Wilmington, Delaware, S.U.A.) sau din cauciuc buna și are un diametru de aproximativ 1,5", o lungime de aproximativ 45" și o grosime de aproximativ 1/8" până la aproximativ 1/4". Manșonul de cauciuc 126 formează camera de filtrare 108 și primește în aceasta mediul de filtrare 110 care este în comunicație de fluid cu intrarea și ieșirea de fluid 112 și 114 prin elementele de intrare și ieșire 116 și 118 (nereprezentate).

FIG. 9 prezintă detaliul cuplajului de capăt 134 care are o structură similară cu celălalt cuplaj de capăt 132. Pentru ușurința descrierii, o direcție sau o poziție de-a lungul axei longitudinale a vasului tubular 102 departe de centrul vasului tubular 102 este desemnată o direcție sau poziție depărtată, iar o direcție sau poziție de-a lungul

axei longitudinale apropiată de centrul vasului tubular 102 este desemnată o direcție sau poziție apropiată.

Cuplajul de capăt 134 din aceste exemple de realizare cuprinde un opritor înclinat 142, o inserție 144, un lagăr de presiune cu ace-rola 146 și un capac filetat de țevă 148. Așa cum este prezentat în FIG. 9, capătul vasului tubular 102 are un diametru interior (ID) mărit, formând astfel un scaun orientat depărtat 152 pentru primirea opritorului înclinat 142. Opritorul înclinat 142 cuprinde un orificiu în mod substanțial în formă de trunchi de con, cu ID la capătul depărtat al acestuia mai mare decât cel de la capătul apropiat al acestuia, care este adaptat să comprime un capăt evazat al elementului de tub impermeabil flexibil 126.

Inserția 144 cuprinde un corp principal cilindric 156 cu un OD puțin mai mic decât ID mărit al vasului tubular 102, un capăt depărtat cilindric 158 cu un OD mai mic și o porțiune apropiată 160 configurată în mod substanțial în formă de trunchi de con, cu OD la capătul depărtat al acesteia mai mare decât cel de la capătul apropiat al acestuia. Inserția 144 are dimensiuni adecvate, astfel încât, atunci când este primită în capătul mărit ID al vasului tubular 102 și elementul de tub flexibil impermeabil, suprafața exterioară înclinată a porțiunii apropiate 160 forțează și prinde capătul evazat al tubului flexibil impermeabil 126 față de suprafața interioară înclinată a opritorului înclinat 142 pentru a fixa între ele un capăt al manșonului de cauciuc 126. Unul sau mai multe inele O 162 pot fi utilizate pentru a etanșa inserția 144 față de suprafața interioară a vasului tubular 102. Inserția 144 cuprinde, de asemenea, o gaură longitudinală 164 care formează ieșirea de fluid 114. În aceste exemple de realizare, ieșirea de fluid 114 (și, de asemenea, intrarea de fluid 112) are un diametru de 1/2" sau 13 mm.

Rulmentul de presiune cu ace-rola 146 este cuplat la inserția 144 în jurul capătului depărtat cilindric 158 al acestuia. Capacul țevii filetate 148 cuprinde un perete lateral 166 cu filete 171 pe suprafața interioară a acestuia și un perete de capăt 168 având un orificiu 170 pentru extinderea capătului depărtat cilindric 158 al inserției 144 prin acesta. Capacul filetat de țevă 148 este cuplat la capătul mărit ID al vasului tubular 102 prin cuplarea filetelor 171 de pe suprafața sa interioară cu filete corespunzătoare (neprezentate) de pe suprafața exterioară a capătului mărit ID al vasului tubular 102. Peretele de capăt 168 al capacului filetat de țevă 148 presează inserția 144 pentru a reține ferm capătul manșonului de cauciuc 126 în poziție.

Aparatul de filtrare 100 din aceste exemple de realizare poate fi utilizat pentru filtrarea unui fluid de intrare, cum ar fi apa produsă, cu un debit de aproximativ 12 galoane pe minut (gpm) per picior pătrat (gpm/ft^2) până la aproximativ $25 \text{ gpm}/\text{ft}^2$ la aproximativ 1,5 inch diametru. Impuritățile sau contaminantul fluidului de intrare este de la aproximativ 20 de părți per milion (ppm) până la aproximativ 100 ppm ulei și solide în suspensie cu dimensiunea medie a particulelor de aproximativ 5 microni (adică micrometru, μm) până la 25 μm . Diferența de presiune dintre presiunea din vasul tubular 102 (adică, exteriorul manșonului de cauciuc 126) și cea din manșonul de cauciuc 126 este reglabilă între aproximativ 10 livre per inch pătrat (psi) și aproximativ 1000 psi.

Funcționarea aparatului de filtrare 100 este similară cu cea descrisă mai sus. În particular, prin reglarea presiunii din vasul tubular 102 prin orificiul de reglare a presiunii 104, volumul manșonului de cauciuc 126 este astfel modificat, ajustând astfel porozitatea și/sau dimensiunea porilor mediului de filtrare 110 din acesta pentru dimensiuni de filtrare specifice ale impurităților sau pentru spălare.

FIG. 10 prezintă un aparat de filtrare 100 în unele exemple de realizare. Aparatul de filtrare 100 din aceste exemple de realizare este similar cu cel prezentat în FIG. 1, cu excepția faptului că, în aceste exemple de realizare, un piston mobil 202 este utilizat pentru modificarea volumului manșonului de cauciuc 126.

Similar cu aparatul de filtrare din exemplele de realizare descrise mai sus, în aceste exemple de realizare, poziția pistonului 202 poate fi ajustată pentru a modifica volumul camerei de filtrare 108 pentru a comprima sau decomprima mediul de filtrare 110 în interiorul manșonului de cauciuc 126, pentru ajustarea prin aceasta a caracteristicilor porilor și a mărimii porilor unui astfel de mediu de filtrare 110 pentru a obține diferite performanțe de filtrare sau pentru spălare, așa cum se arată în FIG. 11A și 11B. Utilizarea manșonului de cauciuc 126 simplifică designul pistonului 202 eliminând necesitatea etanșării și/sau a unei raclete (care poate fi altfel necesară pentru curățarea suprafeței interioare a vasului 102 pentru a asigura o mișcare lină a pistonului 202), dar într-un astfel de design modificat, un astfel de manșon de cauciuc nu este neapărat necesar, iar camera de filtrare 108 poate conține doar mediul de filtrare compresibil 110.

FIG. 12A este o vedere în secțiune transversală (de-a lungul unei direcții laterale) a unui aparat de filtrare 100 conform unor exemple de realizare a acestei dezvoltări. Aparatul de filtrare 100 din aceste exemple de realizare este similar cu cel

prezentat în FIG. 10 la 11B, cu excepția faptului că manșonul de cauciuc 126, în aceste exemple de realizare, are o secțiune transversală dreptunghiulară cu pereți laterali pliabili. Un astfel de manșon de cauciuc 126 poate fi avantajos pentru a obține o compresiune și decompresiune uniforme a camerei de filtrare 108 pentru a asigura o densitate uniformă a mediului de filtrare 110 în întreaga cameră de filtrare 108.

ECHIPAMENT DE TESTARE EXPERIMENTAL ȘI PROCEDURA DE TESTARE ȘI REZULTATE

Aparatul de testare și procedura de testare

Un aparat de testare, așa cum este prezentat în Fig. 13, a fost utilizat pentru a confirma un număr de ipoteze privind operabilitatea invenției.

În aparatul de testare utilizat și așa cum se arată în Fig. 13, o apă de alimentare (apă de la robinet) este conținută în vasul 502 și a fost pompată prin pompa tip seringă 508 pentru a se uni cu fluidul contaminant (ulei) furnizat din rezervorul 504 printr-o pompă tip seringă 505 similară. A fost prevăzut un regulator de reținere a uleiului 506 pentru a regla raportul „ulei în apă”. Pentru a crea o emulsie ulei în apă, fluxul de apă și ulei amestecate „Y” a fost trecut printr-o pompă cu palete 510 controlată de un variator de frecvență (VFD), care a cauzat forfecarea uleiului și antrenarea acestuia în picături mici de dimensiunea 21-26 microni în fluxul de fluid contaminat rezultat „A”. Fluxul de fluid contaminat „A” rezultat a fost alimentat la intrarea de fluid 700 a unui exemplu de realizare a aparatului de filtrare 520 conform prezentei invenții, având un balon flexibil elastic 126 care conține unul dintre cele două medii compresibile 110, în oricare dintre cele două forme (nelimitative), Așa cum este prezentat mai jos:

Tabelul 1: Medii compresibile (nelimitative) „A” și „B” testate:

Filtru compresibil Mediul „A”	Coji de nucleă zdrobite cu compresibilitate relativ scăzută cu dimensiunea de 10-12 ochiuri
Filtru compresibil Mediul „A”	-un vulcanizat termoplastic turnabil prin extrudare prin suflare fabricat de Alliance Polymers And Services, LLC di Romulus,

	<p>Michigan, comercializat sub marca înregistrată Viprene™, cu compresibilitate relativ ridicată.</p> <p>Viprene poate fi turnat prin suflare în presă, turnat prin suflare cu aspirație sau co-extrudat secvențial 3D, și poate fi optimizat cu compresibilitate specifică sau duritate măsurată, de la o duritate 45A-50D la temperaturi variind de la 40°F la 347°F, concomitent cu păstrarea flexibilității.</p> <p>Viprene™ utilizat a fost din „seria G” cu o duritate de 45A-50D.</p>
--	--

În timpul curgerii înainte sau al operațiunii normale de filtrare, fluxul de fluid contaminat „A” a fost direcționat prin intrarea de fluid **700** în sistemul de medii de filtrare **520** unde a intrat în balonul flexibil elastic **126** format din cauciuc sintetic impermeabil.

Dimensiunea picăturilor de ulei a fost măsurată de dispozitivul din seria FlowCam 8000 fabricat de Fluid Imaging Technologies, iar concentrația de ulei în apă (OIW) (în părți per milion „ppm”) a fost măsurată cu un dispozitiv InfraCal 2 fabricat de Spectro Scientific. OIW a fost validat suplimentar prin serviciile unei terțe părți independente.

Manometrele **525** și **527** au fost utilizate pentru a măsura scăderea de presiune diferențială pe mediul de filtrare **110**, fiecare fiind calibrat în prealabil cu certificate de calibrare.

Manometrul **526** a fost utilizat și calibrat suplimentar pentru a măsura presiunea fluidului (denumită în continuare „presiune de suprasarcină”) aplicată spațiului inelar interior **600** din jurul balonului flexibil elastic **126**, care a fost utilizat la compresiunea și decompresiunea balonului flexibil elastic **126** pentru a regla astfel cantitatea de compresiune a mediului de filtrare **126** și, astfel, pentru a regla porozitatea mediului de filtrare **126**.

Uleiul folosit a fost API 26, iar sarcina medie de intrare la intrarea de fluid **700** a fost de 50 ppm, cu o dimensiune medie a picăturilor de ulei de intrare de 21-26 microni.

Tabelul II de mai jos stabilește parametrii de testare suplimentari utilizați, după cum urmează:



TABELUL II

Debit de intrare	510 cm ³ /min
Debit pompă ulei de intrare	0,03 mL/min

În timpul curgerii înainte, fluidul contaminat „A” a fost furnizat la intrarea superioară de fluid 700 a sistemului de medii de filtrare 520, a curs prin mediul de filtrare aglomerat etanș 110 în balonul flexibil elastic 126 și fluidul filtrat „Z” iese din capătul de ieșire 701 al aparatului 520. A fost furnizată apă sub presiune, de la rezervorul 527 prin pompa 528 până la zona interstițială 600 dintre exteriorul vasului și balonul flexibil elastic 126, pentru a permite o compresiune suplimentară a mediului de filtrare, într-un increment de 20 psi, de la 0 psi la 40 psi.

Ulterior, fluidul tratat „Z” a fost introdus într-un ejector volumetric de ulei liber 550, care a ajutat la captarea oricărui ulei liber care este antrenat în fluxul de ieșire al filtrului, înainte ca fluidul filtrat „Z” să treacă într-un rezervor de eliminare 560. Punctele de eșantionare 529 și b au fost utilizate pentru a măsura dimensiunea și concentrația picăturilor de ulei, atât la intrarea 700, cât și la ieșirea 701, respectiv.

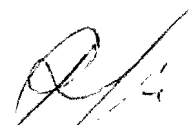
Designul a permis ca presiunea fluidului să fie aplicată la nivelul deschiderii „B” la regiunii interstițiale 600, permițând astfel ca niveluri variate de compresibilitate să fie aplicate balonului flexibil elastic de filtrare 126.

Analiză și constatări

Testarea volumului porilor și a porozității a fost efectuată pentru a confirma efectul de creștere a cantității de compresiune a mediului de filtrare și, astfel, scăderea dimensiunii porilor (spații interstițiale) în mediul A și respectiv mediul B.

A fost măsurată mai întâi cantitatea de spațiu de umplere cu fluid în fiecare mediu A și B. După aceea, presiunea de suprasarcină aplicată în trepte de 10 psi, de la 0 psi la 100 psi, și a fost înregistrată cantitatea de lichid împinsă din balonul flexibil elastic care conține mediul A sau respectiv mediul B. Cunoscând volumul de mediu necesar pentru a umple sistemul, volumul porilor și porozitatea au fost apoi calculate ca un procent.

Figura 14 prezintă o tabelare a porozității înregistrate ca procent din volumul total al mediilor respective, cu presiunile de suprasarcină furnizate extinzându-se în trepte de 10 psi de la 0 psi la 100 psi.



După cum se poate observa din Fig. 14, mediul compresibil A, reprezentat de coji de nucă cu granulația 10-20 ochiuri, a fost mai puțin compresibil, suferind o reducere a porozității atunci când a fost comprimat, de la aproximativ 40% la aproximativ 30% (adică 10%). Mediul compresibil B, fiind mai compresibil, a suferit o reducere a porozității de la aproximativ 35% la 10% (adică 25%). În mod avantajos, așa cum se poate vedea din Fig. 14, mediul B are capacitatea de a-și modifica porozitatea într-un interval mai larg folosind diferite suprasarcini.

Folosind mediul A și valorile măsurate pentru concentrația de ulei la ieșirea de fluid 701 în comparație cu intrarea de fluid, pe o perioadă de 24 de ore de alimentare cu fluid contaminat, s-au obținut următoarele rezultate:

Tabelul III - Eficiența de îndepărtare medie pentru mediul A la diferite reduceri de porozitate

Presiunea de suprasarcină (care, din Fig. 14, poate fi calibrată la reducerea de porozitate)	Eficiența medie de îndepărtare a contaminanților
0 psi	< 80%
20 psi	96%
40 psi	98%

Prin referire la Fig. 14 și Tabelul III de mai sus, se poate observa clar că compresiunea Mediului A, astfel încât să reducă porozitatea acestuia cu ~10% (de la 40% la 30%) a crescut eficiența de îndepărtare a mediului de filtrare 126 cu peste 18%.

Alte teste similare au fost de asemenea efectuate atât cu Mediul B, cât și cu Mediul A, dar folosind o presiune de suprasarcină constantă de 20 psig. Tabelul IV de mai jos prezintă rezultatele obținute în ceea ce privește eficiența de îndepărtare medie

TABEL IV- Funcționare 48 de ore cu mediile A și B, la 20 psi OB, 50 ppm sarcină de ulei la intrarea de ulei

MEDIU	Eficiența de îndepărtare medie
MEDIUL A	92%
MEDIUL B	96%

Fig. 15 prezintă rezultatele unui mediu compresibil „A” la diferite valori de reducere a porozității (compresiune) obținute folosind presiuni de suprasarcină a filtrului de 0 psi, 20 psi și 40 psi, și concentrația respectivă de contaminant măsurată la ieșirea de fluid 701 a aparatului de filtrare 520, în funcție de timp.

După cum se poate vedea din Fig. 15, pe măsură ce compresiunea filtrului de mediu a fost crescută și, astfel, porozitatea mediului de filtrare și dimensiunea porilor au fost reduse în mod corespunzător, concentrația contaminantului de ulei la ieșirea de fluid 701 a scăzut. Mai mult, pentru valori mai mari de compresiune ale mediilor de filtrare, cu atât a fost mai consistentă și mai stabilă reducerea concentrației de contaminant.

Fig. 16 prezintă concentrația de ieșire OIW, atât în raport cu Mediul A, cât și pentru Mediul B, în timp, utilizând o presiune constantă de suprasarcină de 20 psi, care în cazul Mediului A, din Fig. 14, a dus la o reducere de aproximativ 6% a porozității și care, în cazul Mediului B, a dus la o reducere de aproximativ 12% a porozității.

După cum se poate observa din Fig. 16, Mediul A a avut o medie de 6-7 ppm OIW la ieșire, în timp ce Mediul B a avut o medie de 2-3 ppm.

În aplicațiile la scară mare, există astfel un avantaj de proiectare în implementarea invenției și a metodei prezentei invenții, folosind un mediu compresibil având o compresibilitate care are ca rezultat o reducere a porozității de ~10% (în acest caz 12%), ceea ce are ca rezultat o capacitate de filtrare crescută capabilă, cel puțin folosind acești parametri, de o reducere de ~ 200-300% a concentrației de părți per milion la o ieșire a fluidului din sistemul de medii compresibile.

În consecință, printre altele, aparatul de testare din Fig. 13, utilizat în mod corespunzător, a stabilit:

- că compresiunea crescută a unui mediu de filtrare compresibil poate produce nu doar o scădere semnificativă a porozității, ci și o scădere substanțială a părților per milion de contaminant la ieșirea filtrului;

- că compresiunea crescută a unui mediu de filtrare compresibil, reducând astfel într-o măsură mai mare dimensiunea porilor într-un mediu de filtrare, poate face concentrația nu doar mai redusă, dar și constant mai redusă pe perioade mai lungi de timp;

- că utilizarea unui mediu mai ușor de compresibil ca mediu de filtrare având un grad mai mare de compresibilitate și, astfel, mai uniform compresibil, poate avea

ca rezultat, toate celelalte condiții fiind egale, o creștere a eficienței medii de îndepărtare și o mai mare reducere a părților per milion de contaminant la ieșirea filtrului; și

- că utilizarea unui mediu mai ușor compresibil ca mediu de filtrare având un grad mai mare de compresibilitate și, astfel, mai uniform compresibil poate avea ca rezultat, toate celelalte condiții fiind egale, nu doar o reducere a părților per milion de contaminant la ieșirea filtrului, ci și menținerea unei astfel de reduceri a concentrației de contaminant în fluidul care iese prin ieșirea de fluid pe un interval de timp mai mare.



REVENDICĂRI

1. Aparat de filtrare cuprinzând:

o cameră de filtrare cu volum modificabil având unul sau mai mulți pereți de închidere flexibili și conținând în aceasta un mediu de filtrare poros compresibil;

o intrare de fluid cuplată la camera de filtrare pentru introducerea unui flux de fluid de intrare cu impurități în camera de filtrare;

o ieșire de fluid cuplată la camera de filtrare pentru evacuarea unui flux de fluid filtrat din camera de filtrare; și

o structură de modificare a volumului cuplată la sau în asocieră cu camera de filtrare cu volum modificabil, adaptată să permită creșterea sau scăderea volumului camerei de filtrare cu volum modificabil astfel încât să comprime sau să decompresioneze mediul de filtrare poros compresibil din aceasta, astfel încât să micșoreze sau să mărească în mod corespunzător dimensiunea porilor mediului de filtrare poros compresibil din camera de filtrare menționată.

2. Aparat de filtrare conform revendicării 1, în care respectiva cameră de filtrare cu volum modificabil cuprinde un balon alungit subțire, flexibil elastic, în mod substanțial impermeabil, conținut în camera de filtrare menționată.

3. Aparat de filtrare conform revendicării 1, în care respectiva structură de modificare a volumului cuprinde în plus:

un vas cuprinzând camera de filtrare cu volum modificabil cu intrarea de fluid și ieșirea de fluid extinzându-se în afara vasului;

în care vasul cuprinde:

un mediu de reglare a presiunii într-un spațiu inelar dintre camera de filtrare și vas; și

un orificiu de reglare a presiunii în comunicație de fluid cu spațiul inelar dintre camera de filtrare și vas, pentru reglarea presiunii mediului de reglare a presiunii.

4. Aparat de filtrare conform oricăreia dintre revendicările 1 la 3, în care mediul de reglare a presiunii este un fluid.

5. Aparat de filtrare conform oricăreia dintre revendicările 1 la 3, în care mediul de filtrare poros compresibil este un mediu de filtrare selectat din grupul de medii de filtrare constând din coji de nucă zdrobite, cărbune activ și un vulcanizat termoplastic modelabil prin extrudare prin suflare.

6. Aparat de filtrare conform revendicării 1, în care:

(i) structura de modificare a volumului cuprinde cel puțin un piston mobil, și volumul structurii de modificare a volumului menționate poate fi modificat prin mișcarea pistonului menționat.

7. Aparat de filtrare conform revendicării 6, în care, în plus:

(ii) respectiva cameră de filtrare cu volum modificabil cuprinde un balon alungit format dintr-un material flexibil elastic; și

(iii) balonul alungit menționat este situat în structura de modificare a volumului menționată.

8. Metodă de filtrare a unui fluid conținând un contaminant, cuprinzând etapele de:

(i) aplicare a unei presiuni la exteriorul unui balon alungit flexibil elastic conținând în interiorul acestuia un mediu de filtrare compresibil, astfel încât să comprime respectivul mediu de filtrare compresibil;

(ii) direcționare a unui flux de fluid încărcat cu contaminanți într-un capăt de intrare al balonului flexibil elastic menționat, și determinare a fluidului filtrat să iasă printr-un capăt de ieșire al balonului flexibil elastic menționat;

(ii) atunci când se dorește spălarea respectivului mediu de filtrare comprimat, reducere a presiunii aplicate la exteriorul balonului flexibil elastic și, astfel, reducere a presiunii aplicate mediului de filtrare din balonului flexibil elastic și permiterea respectivului mediu compresibil din balonul flexibil elastic să se extindă; și

(iii) direcționare a unui fluid de spălare în capătul de ieșire menționat al balonului flexibil elastic și determinare a fluidului de spălare menționat să iasă prin capătul de intrare al balonului flexibil elastic.

9. Metodă conform revendicării 8, în care etapa de reducere a presiunii la balonul flexibil elastic cuprinde reducerea unei presiuni a fluidului care este furnizat într-o regiune înconjurând un exterior al balonului flexibil elastic.

10. Metodă conform revendicării 8, în care etapa de reducere a presiunii la balonul gol alungit cuprinde etapa de reducere a unei forțe pe care un piston mobil o aplică pe o porțiune a balonului flexibil elastic menționat.

11. Metodă de filtrare a unui fluid conținând un contaminant, cuprinzând etapele de:

(i) aplicare a unei presiuni la exteriorul unui balon alungit flexibil elastic conținând în interiorul său un mediu de filtrare compresibil, astfel încât să se comprime respectivul mediu de filtrare compresibil;

(ii) direcționare a unui flux de fluid încărcat cu contaminanți într-un capăt de intrare al balonului flexibil elastic menționat și determinare a fluidului filtrat să iasă printr-un capăt de ieșire al balonului flexibil elastic menționat;

(ii) atunci când se dorește să se reducă o concentrație de contaminant în fluxul de fluid încărcat cu contaminanți menționat, creșterea presiunii aplicate în jurul unei părți exterioare a balonului flexibil elastic menționat și, astfel, creștere a presiunii aplicate mediului de filtrare menționat din balonul flexibil elastic menționat, astfel încât să se comprime suplimentar mediul de filtrare în balonul flexibil elastic menționat.

12. Metodă conform revendicării 11, în care presiunea crescută aplicată la un exterior al balonului flexibil elastic scade porozitatea acestuia cu cel puțin 10%.

1/9

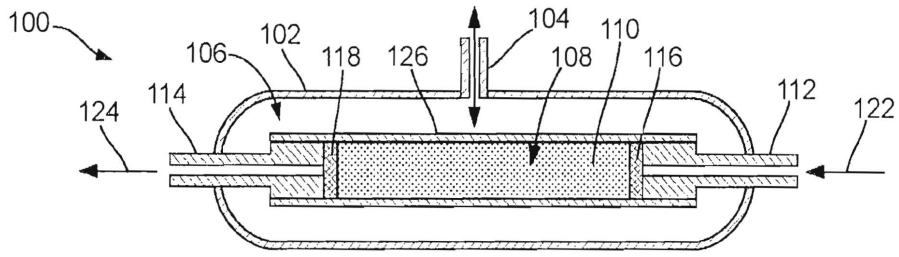


FIG. 1

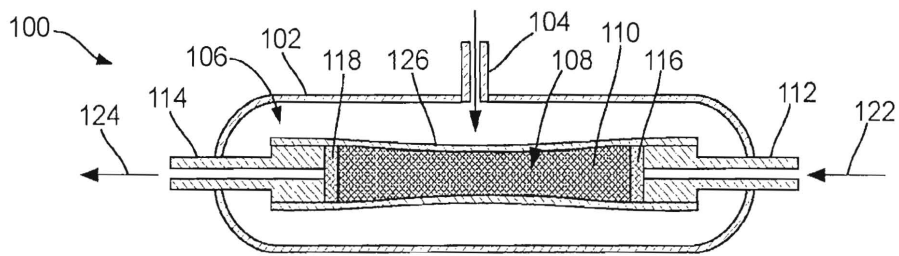


FIG. 2

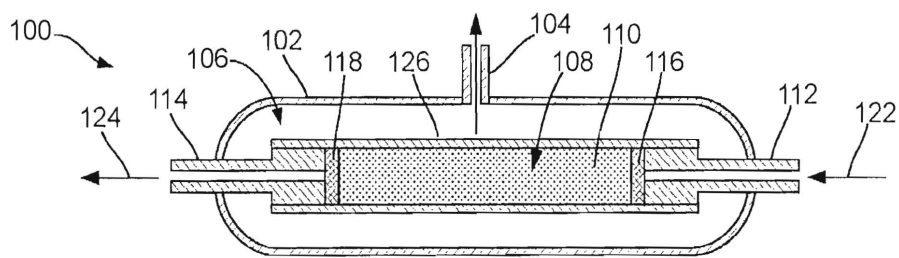


FIG. 3

2/9

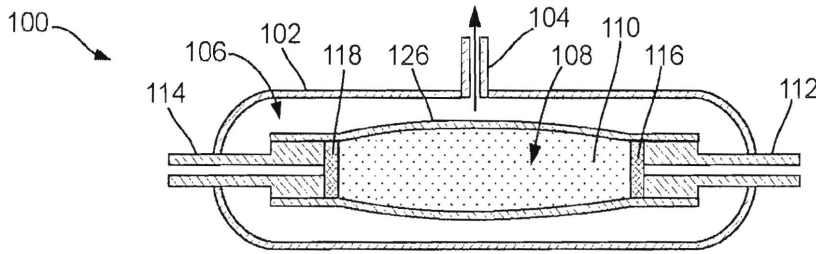


FIG. 4

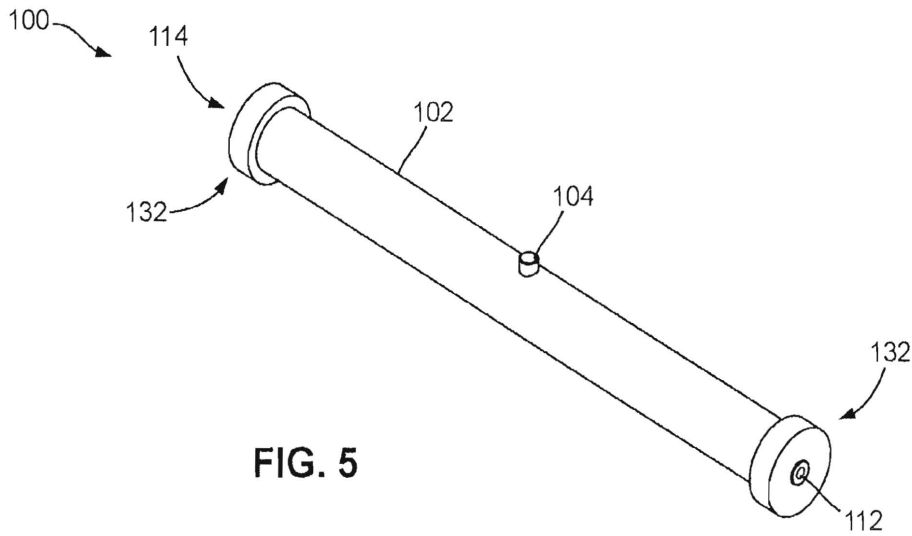


FIG. 5

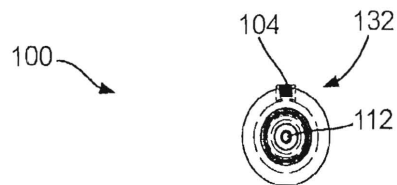


FIG. 6

3/9

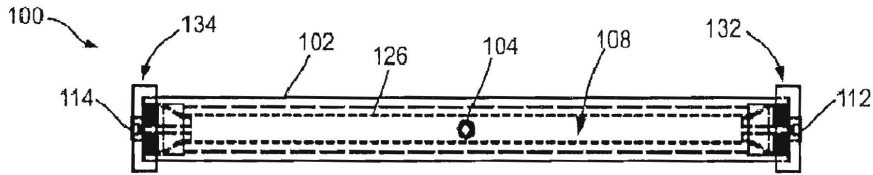


FIG. 7

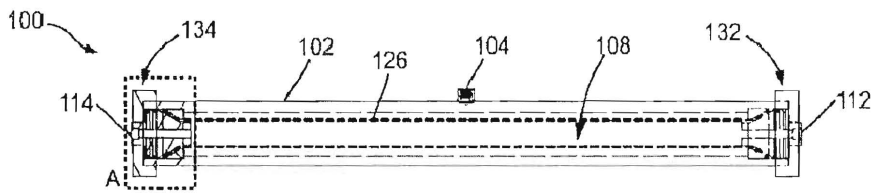


FIG. 8

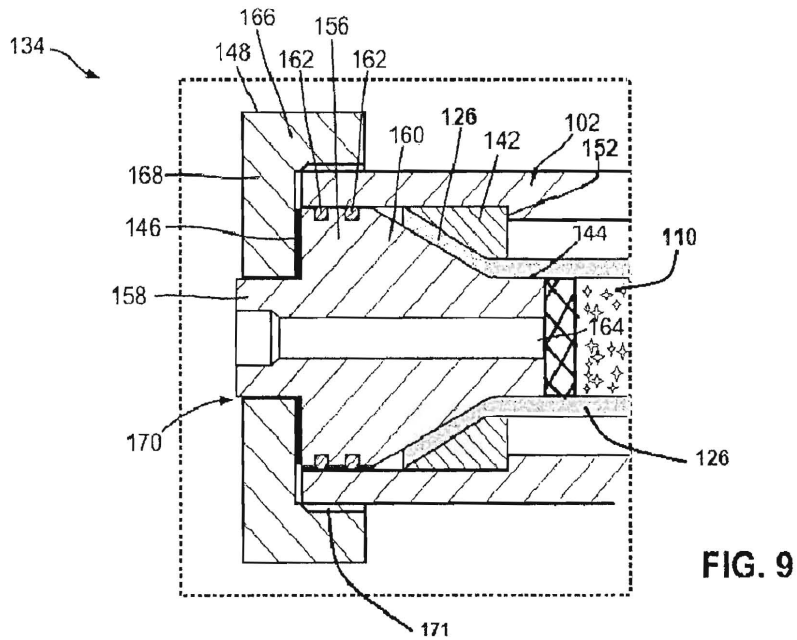


FIG. 9

4/9

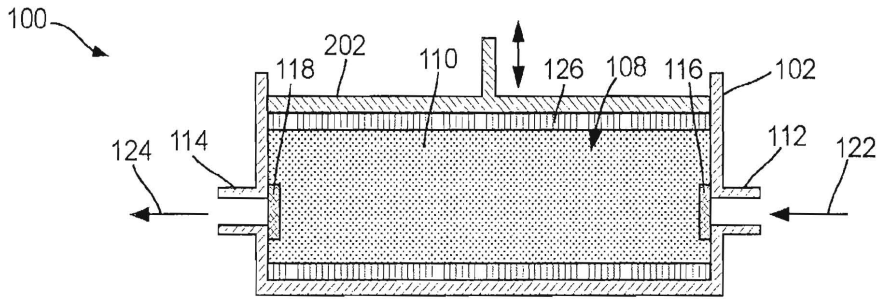


FIG. 10

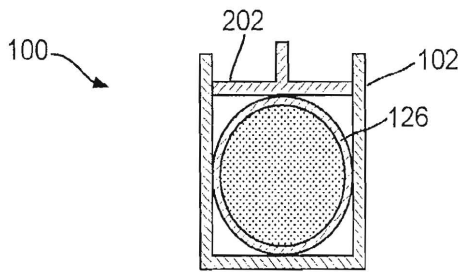


FIG. 11A

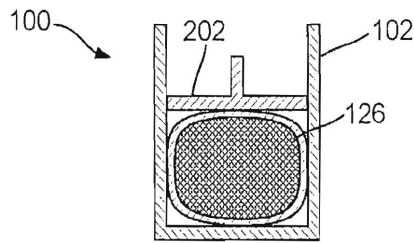


FIG. 11B

5/9

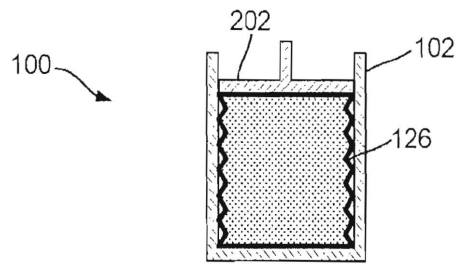


FIG. 12A

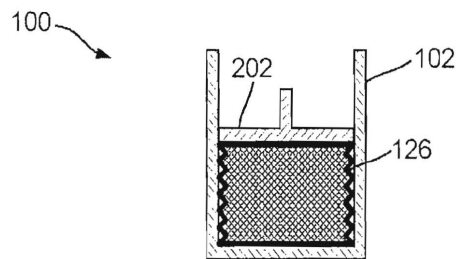


FIG. 12B

A handwritten signature or mark, possibly a stylized name or initials, located in the bottom right corner of the page.

FIG. 14

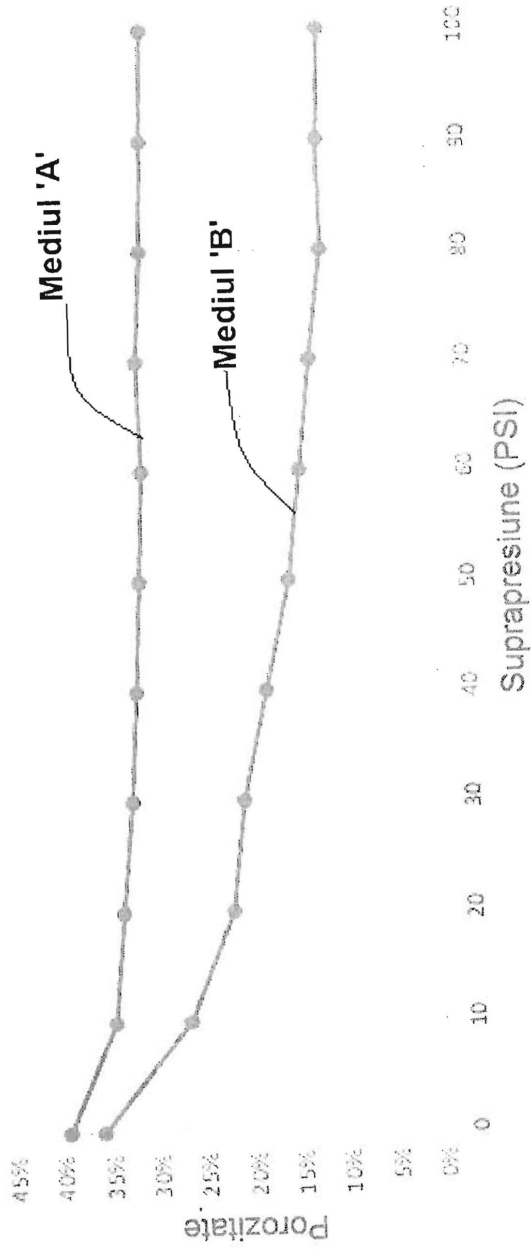


FIG. 15

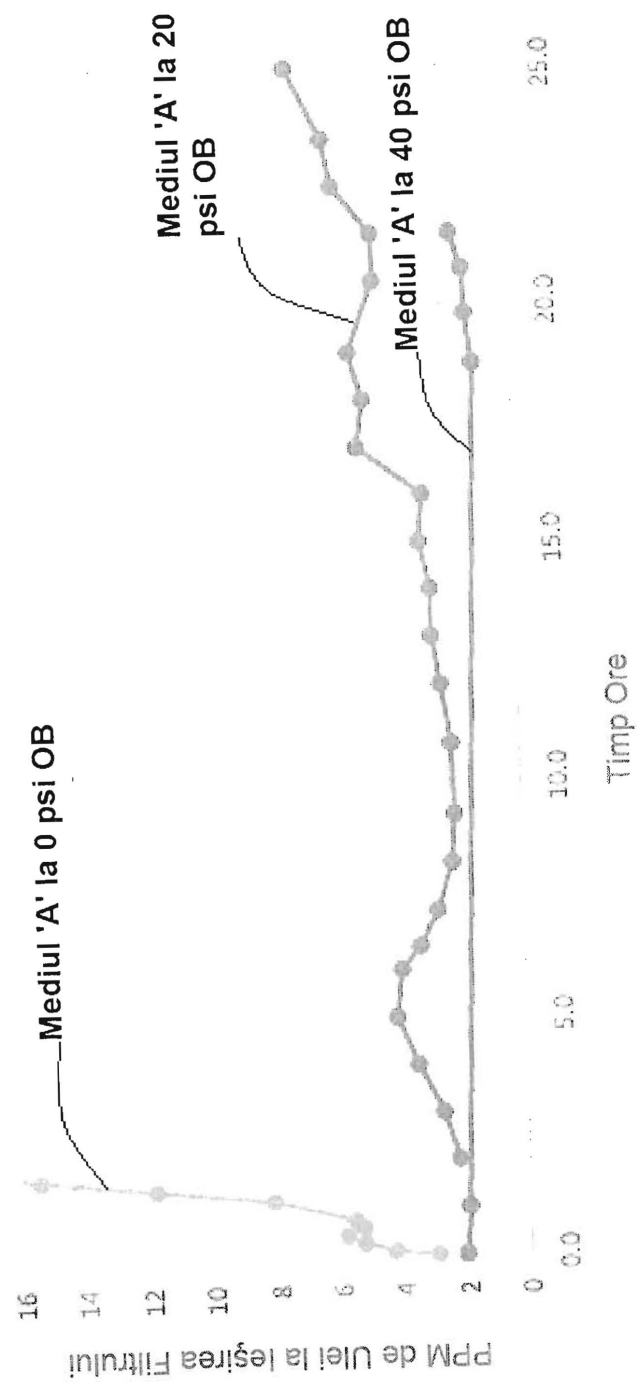


FIG. 16

