



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2018 00223**

(22) Data de depozit: **10/11/2015**

(41) Data publicării cererii:
28/09/2018 BOPI nr. **9/2018**

(86) Cerere internațională PCT:
Nr. **US 2015/059823 10/11/2015**

(87) Publicare internațională:
Nr. **WO 2017/082865 18/05/2017**

(71) Solicitant:
• **HALLIBURTON ENERGY SERVICES,
INC., 3000 N.SAM HOUSTON PARKWAY
E., 77032-3219, HOUSTON, TEXAS, US**

(72) Inventatori:
• **WALTON ZACHARY WILLIAM,
2204 SOUTHERN CT., 75006,
CARROLLTON, TEXAS, US;**
• **FRIPP MICHAEL LINLEY,
3826 CEMETERY HILL RD., 75007,
CARROLLTON, TEXAS, US**

(74) Mandatar:
**ROMINVENT S.A.,
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,
SECTOR 1, BUCUREȘTI**

(54) **DISPOZITIVE DE IZOLARE A PUȚULUI DE FORAJ,
CU ELEMENTE DE GLISARE DEGRADABILE ȘI BENZI
DE ALUNECARE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la niște dispozitive de izolare a puțului de foraj cu elemente de glisare degradabile, și benzi de alunecare, și la niște variante de realizare a acestora. Dispozitivul conform invenției poate cuprinde un dorn, niște elemente degradabile de glisare, dispuse în jurul dornului, și realizate dintr-un aliaj metalic degradabil, selectat din grupul constând într-un aliaj de magneziu, un aliaj de aluminiu și orice combinație a acestora, și cel puțin un element de pachet dispus de-a lungul dornului, iar elementele degradabile de glisare pot fi formate dintr-un material metalic degradabil, opțional, dispozitivul de izolare a puțului de foraj mai putând să includă niște benzi de alunecare degradabile, formate dintr-un material metalic degradabil, sau dintr-un polimer degradabil.

Revendicări: 21
Figuri: 5

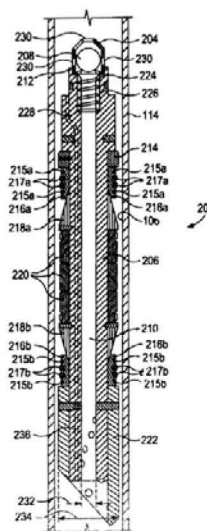


Fig.2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



DISPOZITIVE DE IZOLARE A PUȚULUI DE FORAJ CU ELEMENTE DE GLISARE DEGRADABILE ȘI BENZI DE ALUNECARE

STADIUL TEHNICII

[0001] Prezenta descriere se referă la variante de realizare ale unor dispozitive de izolare pentru puțul de foraj.

[0002] În ceea ce privește puțurile de foraj, pentru echiparea sondei și stimularea producției de hidrocarburi se utilizează o varietate de scule pentru utilizare în gaura de foraj. De exemplu, este adesea de dorit să se etanșeze porțiuni dintr-o gaură de foraj, cum ar fi în timpul operațiilor de fracturare, când diferite fluide și suspensii sunt pompate de la suprafață într-o coloană de tubaj care căptușește puțul de foraj și care sunt forțate să iasă în afară prin coloana de tubaj, într-o formațiune subterană care înconjoară garnitura de foraj. Astfel, devine necesar să se etanșeze gaura de foraj și, prin urmare, să se asigure o izolare zonală la locul formațiunii subterane dorite. Dispozitivele de izolare a puțurilor de foraj, cum ar fi pachere, obturatoare punte și obturatoare de fracturare (adică obturatoare "frac"), sunt proiectate pentru aceste scopuri generale și sunt bine cunoscute în domeniul producerii de hidrocarburi, cum ar fi petrol și gaze. Astfel de dispozitive de izolare ale gurilor de foraj pot fi utilizate în contact direct cu suprafața dinspre formațiune a găurii de foraj, cu o garnitură de foraj carcasată, extinsă și fixată în interiorul găurii de foraj sau cu o sită sau o plasă de sârmă.

[0003] După ce operațiunea desfășurată în gaura de foraj este terminată, etanșarea realizată de dispozitivul de izolare a puțului de foraj trebuie distrusă și unealta în sine trebuie îndepărtată din gaura de foraj. Îndepărtarea dispozitivului de izolare a puțului de foraj poate permite începerea operațiunilor de producție de hidrocarburi, fără să fie împiedicate de prezența instrumentului de lucru pe gaura de foraj. Îndepărtarea dispozitivelor de izolare pentru puțurile de foraj este, totuși, realizată în mod tradițional printr-o operațiune de recuperare complexă, care implică sfărâmarea sau perforarea unei părți din dispozitivul de izolare a puțului de foraj și extragerea ulterioară a porțiunilor rămase. Pentru a realiza acest lucru, o garnitură de foraj cu instrumente de dislocare având atașată la capătul distal o freză sau un burghiu este introdusă în gaura de foraj și direcționată la dispozitivul de izolare a puțului de foraj, pentru a sfărâma sau perfora dispozitivul de izolare a puțului de foraj. După

perforarea dispozitivului de izolare a puțului de foraj, porțiunile rămase ale dispozitivului de izolare a puțului de foraj pot fi prinse și extrase înapoi la suprafață cu ajutorul garniturii de foraj cu instrumente de lucru, pentru a fi debarasate. După cum se poate aprecia, această operație de extragere poate fi un proces costisitor și consumator de timp.

SCURTĂ DESCRIERE A DESENELOR

[0004] Următoarele figuri sunt incluse pentru a ilustra anumite aspecte ale exemplurilor de realizare și nu ar trebui considerate ca fiind exemple de realizare exclusive. Obiectul prezentei invenții este apt pentru a fi supus unor modificări considerabile, transformări, combinații și similitudini în termeni de formă și funcțiune, așa cum va fi înțeles de persoanele de specialitate din domeniu și având beneficiul acestei dezvoltări.

[0005] FIG. 1 este un sistem de sonde care poate utiliza unul sau mai multe principii ale prezentei dezvoltări, conform uneia sau mai multor variante de realizare.

[0006] FIG. 2 este o vedere laterală transversală a unui obturator frac care poate aplica principiile prezentei dezvoltări.

[0007] FIG. 3 este o vedere în perspectivă a obturatorului frac din FIG. 2.

[0008] FIG. 4 este o vedere în perspectivă a unui obturator frac care poate aplica principiile prezentei dezvoltări.

[0009] FIG. 5 este o vedere în secțiune transversală a unui obturator frac în funcționare, conform uneia sau mai multor variante de realizare a prezentei invenții.

DESCRIERE DETALIATĂ

[0010] Prezenta dezvoltare descrie variante de realizare a dispozitivelor de izolare a puțului de foraj, care sunt realizate din materiale degradabile, și metodele lor de utilizare în timpul unei operații pe o formațiune subterană. În particular, prezenta invenție descrie dispozitive de izolare a puțurilor de foraj care au benzi de alunecare compuse dintr-un material degradabil (care se mai numește aici și "benzi degradabile de alunecare") care se degradează într-un mediu de foraj la un moment dorit, în timpul desfășurării unei operații pe o formațiune subterană (sau simplu "operație de formațiune"). Aceste materiale degradabile (denumite colectiv și "substanțe

degradabile") sunt discutate mai detaliat mai jos. Așa cum este utilizată aici, sintagma "dispozitiv de izolare a puțului de foraj" și variante gramaticale ale acestuia se referă la un dispozitiv care este amplasat într-o gaură de foraj pentru a izola o porțiune a puțului de foraj localizată sus, de o porțiune poziționată dedesubt, astfel încât fluidul să poată fi forțat în formațiunea subterană înconjurătoare a dispozitivului. Așa cum se utilizează aici, termenii "bilă de etanșare" și "bilă frac", precum și variantele gramaticale ale acestora, se referă la un element sferic sau sferoidal, conceput pentru a etanșa o porțiune a unui dispozitiv de izolare a găurii de foraj care acceptă fluide, cum ar fi diametrul interior al unui dorn, redirectionând astfel tratamentele de zăcământ în alte porțiuni ale unei zone țintă dintr-o formațiune subterană. Un exemplu de bilă de etanșare este o bilă frac dintr-un dispozitiv de izolare a puțului de foraj cu obturator frac. Așa cum este utilizat aici, termenul "element de pachet" și variantele gramaticale ale acestuia se referă la un element expandabil, gonflabil sau dilatabil, care se extinde față de o carcasă sau o gaură de foraj pentru a etanșa gaura de foraj.

[0011] Unul sau mai multe exemple de realizare ilustrative sunt descrise mai jos. Nu toate caracteristicile unei implementări concrete sunt descrise sau prezentate în această cerere de brevet, din motive de claritate. Se înțelege că, pentru punerea în aplicare a unei variante de realizare concrete care încorporează variantele de realizare dezvăluite aici, sunt necesare numeroase decizii specifice punerii în aplicare pentru a obține obiectivele dezvoltatorului, cum ar fi respectarea regulamentelor referitoare la sistem, legate de litologie, legate de afaceri, legate de legislație și alte constrângeri, care variază în funcție de implementare și de-a lungul timpului. În timp ce eforturile unui dezvoltator pot fi complexe și consumatoare de timp, astfel de eforturi ar trebui să fie, de fapt, o activitate de rutină pentru cei cu pregătire obișnuită în domeniu, care beneficiază de această dezvăluire.

[0012] Trebuie notat faptul că, atunci când sintagma "aproximativ" este menționată la începutul unei liste numerice, aceasta modifică fiecare număr al listei numerice. În unele liste numerice referitoare la intervale, unele limite inferioare listate pot fi mai mari decât unele limite superioare listate. Un specialist în domeniu va recunoaște faptul că subsetul selectat va necesita selectarea unei limite superioare care să depășească limita inferioară selectată. Dacă nu este indicat altfel, toate numerele care exprimă cantități de ingrediente, proprietăți cum ar fi greutatea moleculară, condiții de reacție etc., utilizate în descrierea de față și în revendicările asociate

trebuie să fie înțelese ca fiind modificate în toate cazurile de sintagma "aproximativ". Așa cum este utilizată aici, sintagma "aproximativ" încorporează +/- 5% din fiecare valoare numerică. De exemplu, dacă valoarea numerică este "aproximativ 80%", atunci aceasta poate fi de 80% +/- 5%, echivalentul a 76% până la 84%. În consecință, dacă nu se specifică altceva, parametrii numerici stabiliți în următoarea specificație și în revendicările atașate sunt aproximări care pot varia în funcție de proprietățile dorite, care se caută pentru a fi obținute prin variantele de realizare exemplificative descrise aici. Cel puțin, și nu ca o încercare de limitare a aplicării doctrinei echivalențelor asupra obiectului revendicării, fiecare parametru numeric ar trebui interpretat cel puțin în lumina numărului de cifre semnificative raportate și prin aplicarea tehnicilor obișnuite de rotunjire.

[0013] În timp ce compozițiile și metodele sunt descrise aici în termeni de "cuprinzând" diferite componente sau etape, compozițiile și metodele pot "consta în esență din" sau pot fi "alcătuite din" diferite componente și faze. Atunci când termenul "cuprinzând" este utilizat într-o revendicare, acesta este cu înțeles deschis.

[0014] Așa cum este utilizat aici, termenul "substanțial" înseamnă în mare măsură, dar nu neapărat în întregime.

[0015] Utilizarea termenilor direcționali cum ar fi deasupra, dedesubt, partea superioară, partea inferioară, în sus, în jos, în stânga, în dreapta, pe direcție ascendentă în gaură, pe direcție descendentă în gaură și altele similare sunt utilizate în legătură cu variantele de realizare ilustrative așa cum sunt ilustrate în figuri, direcția ascendentă fiind îndreptată spre partea superioară a figurii corespunzătoare și direcția descendentă fiind îndreptată spre partea de jos a figurii corespondente, direcția ascendentă în gaură fiind îndreptată spre suprafața sondei, iar direcția descendentă în gaură fiind îndreptată spre baza puțului.

[0016] Exemplele de realizare ale invenției de față sunt direcționate către dispozitive de izolare degradabile ale puțului de foraj (de exemplu, obturatoare frac, obturatoare punți și pachere) care sunt prevăzute cu benzi degradabile. Așa cum se utilizează aici, termenul "degradabil" și toate variantele sale gramaticale (de exemplu, "degrada", "degradare", "de degradare", "dizolva", "dizolvare" și altele asemenea) se referă la dizolvarea sau conversia chimică a materialelor solide, astfel încât rezultă produse finale solide cu masă redusă sau rezultate de integritate structurală redusă prin cel puțin una dintre solubilizare, degradare hidrolitică sau entități formate biologic (de exemplu, bacterii sau enzime), reacții chimice (inclusiv reacții electrochimice și

galvanice), reacții termice, reacții induse de radiație sau combinații ale acestora. În degradarea completă nu rezultă produse finale solide sau forma structurală se pierde. În unele cazuri, degradarea materialului poate fi suficientă pentru ca proprietățile mecanice ale materialului să fie reduse la un punct în care materialul nu-și mai menține integritatea și, în esență, se dezintegrează sau se desprind și se răspândesc în jur. Condițiile de degradare sunt specifice în general condițiilor din puțul de foraj, în care un stimulul extern poate fi utilizat pentru inițierea sau pentru a efectua rata de degradare, unde stimulul extern există în mod natural în gaura de foraj (de exemplu, presiune, temperatură) sau este introdus în gaura de foraj (de exemplu, fluide, substanțe chimice). De exemplu, pH-ul fluidului care interacționează cu materialul poate fi schimbat prin introducerea unui acid sau a unei baze, sau un electrolit poate fi introdus sau poate apărea în mod natural pentru a induce corodarea galvanică. Sintagma "mediu de foraj" și variantele gramaticale ale acesteia includ atât mediile de foraj care există în mod natural, cât și materialele sau fluidele introduse în gaura de foraj. Expresia "cel puțin o porțiune" și variantele gramaticale ale acesteia, cu referire la o componentă care are cel puțin o porțiune compusă dintr-un material sau o substanță degradabilă (de exemplu, "cel puțin o porțiune dintr-o componentă este degradabilă" sau "cel puțin o porțiune a elementelor de glisare și/sau a benzilor de alunecare este degradabilă" și variante ale acestora) se referă la cel puțin aproximativ 80% din volumul acelei părți care este formată din materialul sau substanța degradabilă.

[0017] Materialele degradabile ale benzilor de alunecare degradabile pot avea în vedere un timp între dispunerea dispozitivului de izolare a puțului de foraj și momentul când se efectuează o anumită operațiune pe puțul de foraj, cum ar fi o operațiune de fracturare hidraulică). Mai mult, materialele degradabile iau în considerare tratamente cu acizi și stimularea cu oxizi a puțului de foraj. În unele variante de realizare, materialele degradabile pot necesita o suprafață de curgere mai mare sau o capacitate de curgere mai mare pentru a permite desfășurarea operațiunilor de producție, fără a împiedica sau obstrucționa în mod nejustificat curgerea fluidului în timp ce dispozitivul de izolare a puțului de foraj se degradează. Ca rezultat, operațiunile de producție pot fi realizate eficient în timp ce dispozitivul de izolare a puțului de foraj se degradează și fără a impune restricții semnificative de presiune.

[0018] Unele variante de realizare a prezentei dezvăluiri se referă la metode de utilizare a unui dispozitiv degradabil de izolare a puțului de foraj și, în particular, la un obturator frac, în timpul unei operații de fracturare hidraulică. De exemplu, un obturator frac poate fi introdus într-o gaură de foraj dintr-o formațiune subterană, în conformitate cu exemplele de realizare descrise aici. Gaura de foraj poate fi de tip orificiu deschis sau poate avea o coloană de tubaj în interior. Obturatorul frac cuprinde o multitudine de componente care se referă la cel puțin un dorn, elemente degradabile de glisare, opțional benzi de alunecare degradabile și un element de pacher. Benzile de alunecare degradabile pot fi realizate dintr-un material metalic degradabil, cum ar fi un aliaj metalic degradabil, în care aliajul metalic degradabil este un aliaj de magneziu sau aliaj de aluminiu sau o combinație a acestora. Opțional, benzile de alunecare degradabile pot fi compuse dintr-un polimer degradabil, în care polimerul degradabil este un polimer care se degradează în fluide pe bază de apă sau într-un fluid pe bază de ulei, ale căror compoziții vor fi descrise în continuare. Și alte componente ale obturatorului frac pot fi alcătuite dintr-un material degradabil. De exemplu, dornul, elementele degradabile de glisare, bila frac sau o combinație a acestora, pot fi realizate, cel puțin parțial, dintr-un material metalic degradabil (de exemplu, un aliaj metalic degradabil), un polimer degradabil sau o combinație a acestora. Mai mult decât atât, elementele de pacher, bila frac sau o combinație a acestora pot fi constituite, cel puțin parțial, dintr-un polimer degradabil, fără a se îndepărta de obiectul prezentei invenții.

[0019] Elementele degradabile de alunecare sau o componentă cuplată la acestea (de exemplu, butoanele cuplate la acestea) se află în contact de fricțiune cu peretele puțului de foraj sau cu coloana de tubaj, în funcție de configurația puțului de foraj din formațiunea subterană. Așa cum se utilizează aici, termenul "perete" și variantele gramaticale ale acestuia (de exemplu, peretele puțului de foraj), cu referire la o gaură de foraj, fac trimitere la fața exterioară de rocă care leagă gura de puț forată. Elementul de pacher al obturatorului frac este comprimat pe peretele găurii de foraj sau al coloanei de tubaj, pentru a fixa obturatorul frac în gaura de foraj, așa cum este descris mai jos. Cel puțin o perforare este practică în formațiunea subterană, prin peretele puțului de foraj sau al coloanei de tubaj (și orice ciment dispus între peretele puțului de foraj și coloana de tubaj, dacă acesta este inclus). În unele variante de realizare, o multitudine de perforări sau un grup de perforări sunt practicate în formațiunea subterană, fără a se îndepărta de obiectul prezentei dezvăluiri. Așa cum

se utilizează aici, termenul "perforare" și variantele gramaticale ale acestuia se referă la un tunel de comunicare creat printr-un perete al unui puț de foraj, inclusiv printr-o coloană de tubaj, într-o formațiune subterană, prin care pot trece fluidele de producție. Perforațiile pot fi realizate, prin orice mijloc adecvat, într-o formațiune subterană, incluzând, dar fără a se limita la, încărcături explozive formate, pistoale de perforare, perforare cu gloanțe, foraj hidraulic abraziv sau foraj hidraulic cu lichid de înaltă presiune, fără a se îndepărta de obiectul prezentei dezvăluiri.

[0020] Formațiunea subterană este fracturată hidraulic prin cel puțin o perforare. Așa cum este utilizat aici, termenul "fracturare hidraulică" și derivatele gramaticale ale acestuia se referă la un tratament de stimulare în care fluidele sunt pompate cu viteză și presiune ridicate, pentru a depăși un gradient de fracturare dintr-o formațiune subterană, cu scopul de a determina crearea sau îmbunătățirea fracturărilor. Termenul "gradient de fracturare" și variantele gramaticale ale acestuia se referă la presiunea necesară pentru a determina sau a îmbunătăți operațiunile de fracturare dintr-o formațiune subterană, la o adâncime dată. Aceasta înseamnă că gradientul de fracturare poate varia într-o anumită formațiune subterană, în funcție de adâncimea acesteia.

[0021] Benzile degradabile de alunecare și alte componente degradabile ale dispozitivului de izolare a puțului de foraj sunt degradate cel puțin parțial în mediul din puțul de foraj. Așa cum este utilizat aici, termenul "cel puțin parțial degradant" și variante gramaticale ale acestuia (de exemplu, "care se degradează cel puțin parțial", "parțial degradată" și altele asemenea), cu referire la degradarea unei componente corespunzătoare a unui dispozitiv de izolare pentru puțul de foraj, se referă la degradarea componentei cel puțin până în punctul în care aproximativ 20% sau mai mult din masa componentei se degradează. De exemplu, aliajul metalic degradabil care formează benzile de alunecare degradabile este cel puțin parțial degradat în prezența unui electrolit, în mediul din puțul de foraj. Producerea unei hidrocarburi (de exemplu, petrol și/sau gaz) din formațiunea subterană poate continua. În unele cazuri, degradarea materialului degradabil și producerea unei hidrocarburi pot să apară simultan sau, alternativ, în serie, fără a se îndepărta de scopul prezentei dezvăluiri. Cu alte cuvinte, ordinea, dacă este cazul, a degradării și a producției depind de selecția unui anumit material degradabil (de exemplu, aliaj metalic degradabil sau combinație de aliaje), de stimulii de degradare (de exemplu, electrolitul sau alt stimul) și alți factori asemănători, și de orice combinație a acestora.

În mod corespunzător, în unele variante de realizare, producția poate începe înainte de degradare, sau procesul de degradare poate începe înainte de producție. Deși degradarea poate începe și se poate termina înainte să înceapă procesul de producție, se presupune că atât degradarea, cât și producția vor avea loc simultan în decursul cel puțin unui anumit moment de timp (sau durată), indiferent de care proces este inițiat mai întâi.

[0022] FIG. 1 ilustrează un sistem de puțuri **100** care poate încorpora sau, altfel, utiliza unul sau mai multe principii ale prezentei invenții, conform uneia sau mai multor variante de realizare. După cum este ilustrat, sistemul de puțuri **100** poate include o turlă de foraj de exploatare **102** (denumită și "macara") care este plasată pe suprafața terestră **104** și se extinde de-a lungul și în jurul unei găuri de foraj **106** care penetrează o formațiune subterană **108**. Turla de foraj de exploatare **102** poate fi o platformă de foraj, o instalație de exploatare, un dispozitiv de intervenție sau altele asemenea. În unele variante de realizare, turla de foraj de exploatare **102** poate fi omisă și înlocuită cu o execuție sau instalare standard pe suprafață a capului de foraj, fără a se îndepărta de domeniul de aplicare al dezvoltării. În timp ce sistemul de sonde **100** este ilustrat ca fiind o operațiune terestră, se consideră că principiile prezentei invenții pot fi aplicate în mod egal în cazul oricărei aplicații de exploatare **102** maritimă sau submarină, unde turla de foraj de exploatare poate fi o platformă plutitoare sau o instalație submarină de cap de foraj, cunoscute în general în domeniu.

[0023] Gaura de foraj **106** poate fi forată în formațiunea subterană **108** folosind orice tehnică adecvată de forare și poate să se extindă într-o direcție substanțial verticală de la suprafața pământului **104**, de-a lungul unei porțiuni verticale de foraj **110**. La un moment dat în gaura de foraj **106**, porțiunea verticală de gaură de puț **110** poate să devieze de la direcția verticală în raport cu suprafața terestră **104** și să treacă într-o porțiune substanțial orizontală **112** a puțului de foraj, deși nu este necesară o astfel de abatere. Adică, gaura de foraj **106** poate fi verticală, orizontală sau deviată, fără a se îndepărta de obiectul prezentei dezvoltări. În anumite variante de realizare, gaura de foraj **106** poate fi completată prin cimentarea unei coloane de tubaj **114** în gaura de foraj **106** de-a lungul întregii lungimi sau a unei părți a acesteia. Așa cum este utilizat aici, termenul "tubaj" nu se referă numai la carcasă, așa cum este cunoscută în general în domeniu, dar și la linerul puțului de foraj, care cuprinde secțiuni tubulare cuplate cap la cap, dar care nu se extind la o poziție de suprafață. În alte exemple de

realizare, totuși, coloana de tubaj **114** poate fi omisă din toată sau dintr-o porțiune a găurii de foraj **106** și principiile prezentei invenții se pot aplica în mod egal și în mediul "gaură deschisă".

[0024] Sistemul de puțuri **100** poate include în plus un dispozitiv de izolare a puțului de foraj **116**, care poate fi transportat în gaura de foraj **106** pe un transportator **118** (denumit, de asemenea, "garnitură de instrumente"), care se extinde de la turla de foraj de exploatare **102**. Dispozitivul de izolare a puțului de foraj **116** poate include sau, altfel, cuprinde orice tip de carcasă sau dispozitiv de izolare a găurii de foraj cunoscut persoanelor de specialitate în domeniu, incluzând, dar fără a se limita la, un obturator frac, un obturator punte, un deflector dislocabil, un pachet de puț de foraj, un obturator ștergător, un obturator de ciment sau orice combinație a acestora.

[0025] Transportorul **118** care livrează dispozitivul de izolare a puțului de foraj **116** pe direcție descendentă în gaura de puț poate fi, dar nu se limitează la, de tip cablu, mono-cablu, o linie electrică, tubulatură înfășurată, țevă de foraj, tubulatură de producție sau altele asemenea. Dispozitivul de izolare a puțului de foraj **116** poate fi transportat în jos pe gaura de foraj către o locație țintă (nereprezentată) din puț de foraj **106**. La locul țintă, dispozitivul de izolare a puțului de foraj poate fi acționat sau "setat" pentru a etanșa puțul de foraj **106** și pentru a asigura un punct de izolare la fluid în gaura de foraj **106**. În unele variante de realizare, dispozitivul de izolare a puțului de foraj **116** este pompat la locația țintă utilizând presiunea hidraulică aplicată de la turla de foraj de exploatare **102** amplasată la suprafața **104**. În astfel de exemple de realizare, transportorul **118** servește la menținerea controlului dispozitivului de izolare a puțului de foraj **116** în timp ce traversează puțul de foraj **106** și asigură puterea necesară pentru a acționa și fixa dispozitivul de izolare a puțului de foraj **116** din momentul în care ajunge la locul țintă. În alte exemple de realizare, dispozitivul de izolare a puțului de foraj **116** cade liber până la poziția țintă, sub acțiunea forței gravitaționale, pentru a traversa toată lungimea sau o parte a găurii de foraj **106**.

[0026] Specialiștii în domeniu vor aprecia faptul că, deși FIG. 1 ilustrează dispozitivul de izolare a puțului de foraj **116** ca fiind dispus și care funcționează în porțiunea orizontală **112** a puțului de foraj **106**, exemplele de realizare descrise aici sunt aplicabile în egală măsură la utilizarea în porțiunile puțului de foraj **106** care sunt verticale, deviate sau înclinate în alt mod. De asemenea, trebuie remarcat faptul că o multitudine de dispozitive de izolare a puțului de foraj **116** pot fi plasate în gaura de

foraj **106**. În unele exemple de realizare, de exemplu, în gaura de foraj **106** pot fi dispuse mai multe dispozitive de izolare a puțului de foraj **116** (de exemplu, șase sau mai multe), pentru a diviza gaura de foraj **106** în intervale mai mici sau "zone" pentru stimulare hidrolică.

[0027] FIG. 2 și 3, cu referire în continuare la FIG. 1, ilustrează o vedere în secțiune transversală și, respectiv, o vedere în perspectivă a două obturatoare frac **200** diferite, exemplificative, care pot utiliza unul sau mai multe dintre principiile prezentei invenții. Așa cum este utilizat aici, termenul "obturator frac" (la care se face referire și ca "obturator de fracturare") și variante gramaticale ale acestuia, se referă la un dispozitiv de izolare a puțului de foraj care izolează fluxul de fluid în cel puțin o direcție în raport cu obturatorul, de obicei izolarea este deasupra obturatorului. În timp ce prezenta descriere folosește obturatoare frac pentru a ilustra diverse exemple de realizare ale elementelor degradabile de glisare și ale benzilor de alunecare degradabile, aceste exemple de realizare pot fi aplicate elementelor de glisare și benzilor de alunecare ale celorlalte dispozitive de izolare a puțului de foraj menționate anterior și sunt cuprinse în aria de protecție revendicată de prezenta cerere de brevet.

[0028] Obturatorul frac **200** poate fi similar sau identic cu dispozitivul de izolare a puțului de foraj **116** din FIG. 1. În consecință, obturatorul frac **200** poate fi configurat să se extindă în, și să etanșeze, puțul de foraj **106** la o locație țintă și, prin urmare, să împiedice curgerea fluxului de fluid peste obturatorul frac **200** în cazul operațiilor de pregătire pentru exploatare sau stimulare a puțului de foraj. În unele variante de realizare, așa cum este ilustrat, gaura de foraj **106** poate fi căptușită cu carcasa **114** sau cu un alt tip de căptușeală sau tubulatură de foraj, în care poate fi amplasat în mod adecvat obturatorul frac **200**. În alte exemple de realizare, totuși, carcasa **114** poate fi omisă și obturatorul frac **200** poate fi fixat sau, altfel, amplasat într-un mediu ne-închis sau "gaură liberă".

[0029] Așa cum este ilustrat, obturatorul frac **200** poate include o cușcă cu bile **204** care se extinde de la, sau, altfel, este cuplată cu, capătul superior al dornului **206**. O bilă de etanșare, bilă frac **208**, este dispusă în cușca cu bile **204**, iar dornul **206** definește un canal central longitudinal de curgere **210**. Dornul **206** este prevăzut, de asemenea, cu un scaun sferic **212** la capătul său superior. În alte exemple de realizare, bila frac **208** poate fi lansată în transportorul **118** (FIG.1) pentru a ateriza la

partea superioară a obturatorului frac **200**, în loc să fie transportată în interiorul cuștii cu bile **204**.

[0030] Unul sau mai multe inele distanțiere **214** (unul ilustrat) poate fi fixat pe dornul **206** și, altfel, se poate extinde în jurul acestuia. Inelul distanțier **214** asigură un reazem care reține axial un set de elemente degradabile glisante superioare **216a**, care sunt poziționate, de asemenea, circumferențial în jurul dornului **206**. Așa cum este ilustrat, un set de elemente degradabile glisante inferioare **216b** poate fi dispus distal față de elementele degradabile glisante superioare **216a**. Elementele degradabile glisante superioare **216a** restricționează benzile de alunecare degradabile **215a**; și elementele degradabile glisante inferioare **216b** sunt constrânse de benzile de alunecare degradabile **215b**. Așa cum este utilizat aici, termenul "constrâns" înseamnă cel puțin parțial închis într-un material de substanță de suport. Benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** pot constrânge elementele degradabile glisante **216a**, respectiv, **216b**, prin orice metodă cunoscută. Exemple de metode adecvate pot include, dar nu se limitează la, prin intermediul unei fixări prin presare, printr-o fixare prin termo-contractare, prin intermediul unui adeziv, prin fixarea prin interferență, prin fixare cu joc, printr-o carabină și altele asemenea. De exemplu, elementele degradabile glisante **216a**, **216b**, benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** sau o combinație a acestora pot fi prelucrate dintr-un material metal degradabil. Într-un alt exemplu, elementele degradabile glisante **216a**, **216b**, benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** sau o combinație a acestora pot fi turnate din material metalic degradabil topit sau, altfel, lichid. Într-un alt exemplu, benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** pot fi fabricate dintr-un polimer degradabil.

[0031] Elementele degradabile glisante **216a**, **216b** sunt prevăzute cu niște butoane încorporate. Butoanele **217a**, **217b**, care pot fi realizate dintr-un material metalic degradabil, se extind de la elementele degradabile glisante **216a**, respectiv **216b**, pentru a pătrunde sau a mușca dintr-o suprafață a găurii de foraj și pentru a cupla, prin fricțiune, elementele degradabile glisante **216a**, **216b**, cu suprafața găurii de foraj (de exemplu, un perete al găurii de foraj, un perete al coloanei de tubaj, cum ar fi coloana de carcasare și altele asemenea) atunci când obturatorul frac **200** este acționat. Deși fiecare dintre elementele degradabile glisante **216a**, **216b** este prezentat având două benzi de alunecare degradabile **215a**, **215b** și, respectiv, trei sau patru butoane **217a**, **217b** înglobate în acesta, se va considera că orice număr de benzi și de butoane degradabile, inclusiv una sau o pluralitate (doi, trei, patru,

cinci, șase, opt, zece, douăzeci și altele) de benzi și/sau butoane degradabile pot fi încorporate în fiecare element degradabil glisant, fără a se îndepărta de obiectul prezentei invenții. Mai mult decât atât, numărul de benzi de alunecare degradabile ale elementelor degradabile glisante superioare **216a** și ale elementelor degradabile glisante inferioare **216b** și orice elementele degradabile glisante suplimentare incluse ca parte a obturatorului frac **200**, pot avea același număr sau un număr diferit de benzi de alunecare degradabile, fără a se îndepărta de scopul prezentei invenții. În plus, deși benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** prezentate în FIG. 2 sunt reprezentate având formă dreptunghiulară sau pătrată în secțiune transversală, benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** pot avea oricare altă formă, fără a se îndepărta de scopul prezentei dezvăluiri. De exemplu, configurația benzilor de alunecare degradabile poate fi cilindrică, tronconică, conică, sferoidă, piramidală, poliedru, octaedru, cubică, de prismă, hemisferică, con, tetraedru, cuboid și altele asemenea, și orice combinație a acestora, fără a se îndepărta de obiectul prezentei invenții. Aceasta înseamnă că benzile de alunecare degradabile pot avea parțial o formă și parțial una sau mai multe alte forme.

[0032] Una sau mai multe pene de alunecare **218** (ilustrate, de exemplu, ca pene de alunecare superioare și inferioare **218a** și respectiv **218b**) pot fi poziționate, de asemenea, circumferențial în jurul dornului **206**, așa cum este descris mai detaliat mai jos. În mod colectiv, termenul "ansamblu de alunecare" include cel puțin elementele degradabile glisante **216a**, **216b**, benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b**, butoanele **217a**, **217b**, precum și penele de alunecare **218a**, **218b**. În unele cazuri, butoanele și penele de alunecare pot fi compuse din materiale degradabile. În consecință, în unele variante de realizare, ansamblul de alunecare poate fi un ansamblu degradabil de alunecare, în care toate componentele acestuia sunt cel puțin parțial degradabile.

[0033] În mod alternativ, FIG. 4, cu referire în continuare la FIG. 2 și 3, ilustrează o vedere în perspectivă a unei porțiuni superioare a unui obturator frac exemplificativ **300**, care poate utiliza unul sau mai multe principii ale prezentei dezvăluiri. FIG. 4 ilustrează, în mod specific, un ansamblu alternativ de alunecare, în care porțiunile rămase ale obturatorului frac **300** corespund obturatorului frac **200** din FIG. 2 și 3. Elementele degradabile glisante superioare **316a** de juxtapunere sunt conectate prin niște urechi **321**. Penele de alunecare **318** includ niște nervuri **319** care sunt proiectate să gliseze printr-un spațiu **323** format între elementele degradabile

glisante superioare de juxtapunere **316a** și urechile **321**. Elementele degradabile glisante **316a** se extind apoi spre exterior și butoanele **317a** corodează, penetrează sau mușcă o suprafață a găurii de foraj și aduc în contact de fricțiune elementele degradabile glisante **316a** cu suprafața găurii de foraj când obturatorul frac **200** este pus în mișcare. În exemplele de realizare din FIG. 4 și în alte exemple de realizare similare, ansamblul de alunecare include cel puțin elementele degradabile glisante **316a** cu urechile **321** care conectează elementele degradabile glisante **316a**, butoanele **317a** și penele de alunecare **318a** cu nervurile **319**. În unele exemple de realizare, ansamblul de alunecare poate fi un ansamblu de alunecare degradabil în care toate componentele acestuia sunt cel puțin parțial degradabile.

[0034] În unele cazuri, poate fi implementat un hibrid între varianta de realizare din FIG. 2 și 3 și exemplul de realizare din FIG.4, în care ansamblul superior de alunecare este configurat așa cum este ilustrat și descris în FIG. 2 și 3, iar ansamblul de alunecare inferior este configurat așa cum este ilustrat și descris în FIG. 4 sau invers.

[0035] Cu referire la FIG. 1-4, un ansamblu pachet constând în unul sau mai multe elemente de pachet expandabile sau gonflabile **220** (denumite aici colectiv ca element de pachet **220**) poate fi dispus între penele de alunecare superioare **218a**, **318a** și penele de alunecare inferioare **218b** (nerepresentate în FIG. 4) și dispuse, de altfel, în jurul dornului **206**. Se va aprecia faptul că ansamblul particular de pachet prezentat în FIG. 2 este pur reprezentativ, deoarece există mai multe aranjamente de pachet cunoscute și utilizate în domeniu. De exemplu, în timp ce trei elemente de pachet **220** sunt ilustrate în FIG. 2, principiile prezentei dezvăluiri sunt aplicabile în egală măsură dispozitivelor de izolare a puțurilor de foraj care utilizează mai mult sau mai puțin de trei elemente de pachet **220**, fără a se îndepărta de obiectul invenției.

[0036] Un sabot **222** poate fi poziționat, sau fixat în alt mod, pe dornul **206**, la capătul său inferior sau distal. După cum se va aprecia, partea inferioară a obturatorului frac **200**, **300** nu este necesar să fie un sabot **222**, ci poate fi orice tip de secțiune care să servească la terminarea structurii obturatorului frac **200**, **300** sau, altfel, pentru a servi drept conector pentru conectarea obturatorului frac **200**, **300** la alte unelte, cum ar fi o supapă, tubulatură sau alte echipamente pentru puțul de foraj.

[0037] În unele exemple de realizare, un arc **224** poate fi dispus într-o incintă **226** definită în dornul **206** și poziționat coaxial cu, și cuplată hidraulic la, culoarul central de fluid **210**. La un capăt, arcul **224** solicită un umăr **228** definit de incinta **226**, iar la

capătul său opus, arcul **224** se cuplează și sprijină bila frac **208**. Colivia cu bile **204** poate defini o multitudine de orificii **230** (trei ilustrate) care permit să fie străbătute de fluxul de fluide, permițând astfel fluidelor să străbată toată lungimea obturatorului frac **200, 300** prin culoarul central de fluid **210**.

[0038] Pe măsură ce obturatorul frac **200, 300** este coborât în gaura de foraj **106**, arcul **224** împiedică bila frac **208** să se cupleze cu scaunul de bile **212**. Ca urmare, fluidele pot trece prin obturatorul frac **200, 300** (adică prin orificiile **230** și prin culoarul central de curgere **210**). Cușca cu bile **204** reține bila frac **208** astfel încât să nu se piardă în timpul tranzitării găurii de foraj **106** spre locația țintă. Odată ce obturatorul frac **200, 300** ajunge la poziția țintă, se poate utiliza un instrument pentru instalare (nereprezentat) de un tip cunoscut în domeniu pentru a deplasa obturatorul frac **200, 300** din poziția sa nefixată (prezentată în FIG. 2), într-o poziție stabilită. Instrumentul pentru instalare poate opera prin intermediul a diverse mecanisme pentru a ancora obturatorul frac **200, 300** în gaura de foraj **106**, incluzând, dar fără a se limita la, montare hidraulică, montare mecanică, montare prin expandare, montare prin dilatare și altele asemenea. În poziția montată, elementele degradabile de glisare **216a, 216b** și elementele de pacher **220** se extind și vin în contact cu gaura de foraj **106** (de exemplu, cu suprafața puțului de foraj atunci când gaura de foraj este necasetată sau cu carcasa **114** atunci când gaura de foraj este carcasată).

[0039] Atunci când se dorește etanșarea puțului de foraj **106** la locația țintă cu obturatorul frac **200, 300**, fluidul este injectat în gaura de foraj **106** și direcționat la obturatorul frac **200, 300** având un debit predeterminat, care învinge forța elastică a arcului **224** și forțează bila frac **208** pe direcție ascendentă, până când se cuplează etanș la scaunul sferic **212**. Atunci când bila frac **208** este cuplată cu scaunul sferic **212**, iar elementele de pacher **220** sunt în poziția lor stabilită, trecerea fluxului de fluid pe lângă sau prin obturatorul frac **200, 300** în direcția descendentă este împiedicată în mod eficient. Adică, elementele de pacher **220** se extind și exercită o forță de compresie asupra găurii de foraj **106** (de exemplu, pe suprafața găurii de foraj atunci când gaura de foraj este necarcasată sau pe carcasa **114** atunci când gaura de foraj este carcasată). Metoda de extindere a elementelor de pacher **220** și de presare a acestora pe suprafața puțului de foraj (de exemplu, pe suprafața carcasei **112** sau a puțului de foraj **106**) poate fi realizată prin orice mijloace adecvate pentru fixarea obturatorului frac **200, 300**. De exemplu, în conformitate cu exemplele de realizare descrise aici, în unele cazuri, elementele de pacher **220** sunt

comprimate prin deplasarea dornului **206** aparținând obturatorului frac **200, 300**, astfel încât dornul **206** se mișcă într-o direcție în raport cu obturatorul frac **200, 300** determinând extinderea elementelor de pachet **220** într-o direcție axială și presarea pe gaura de foraj **106** (de exemplu, pe suprafața găurii de foraj atunci când gaura de foraj este necarcată sau pe carcasa **114** atunci când gaura de foraj este carcată).

[0040] În alte exemple de realizare, elementele degradabile de glisare **216a, 216b** sunt prevăzute cu o barieră casantă (de exemplu, benzile degradabile de alunecare **215a, 215b**), care înconjoară cel puțin parțial suprafața exterioară a acestuia, în care bariera casantă se sfărâmă sau, altfel, este compromisă, pentru a permite expansiunea elementelor de pachet **220** și presarea lor pe puțul de foraj **106**. De exemplu, bariera casantă poate fi distrusă prin deplasarea dornului **206**, prin simplul contact cu puțul de foraj **106** sau cu alte porțiuni ale găurii de foraj **106**, sau prin alte mijloace mecanice, expunând astfel elementele de pachet **220** la mediul din puț de foraj. În consecință, elementele de pachet **220** pot fi expandabile ele însele sau ruperea barierei casante poate declanșa acționarea mecanică a obturatorului frac **200, 300** pentru a determina extinderea elementelor de pachet **220** și compresia pe puțul de foraj **106**. Alte mijloace de comprimare a elementelor de pachet **220** pe gaura de foraj **106** pot fi, de asemenea, adecvate conform variantelor de realizare descrise aici, fără a se depărta de obiectul prezentei dezvăluiri.

[0041] După ce obturatorul frac **200, 300** este montat, operațiile de pregătire pentru exploatare sau stimulare pot fi realizate prin injectarea unui fluid de tratare sau de exploatare în gaura de foraj **106** și forțarea trecerii fluidului de tratare/exploatare din gaura de foraj **106** într-o formațiune subterană deasupra obturatorului frac **200, 300**. Ca urmare a operațiilor de pregătire pentru exploatare și/sau de stimulare, obturatorul frac **200, 300** trebuie să fie îndepărtat din gaura de foraj **106** pentru a permite desfășurarea operațiilor de producție în mod eficient, fără a fi împiedicate în mod excesiv de amplasarea obturatorului frac **200**. În conformitate cu prezenta descriere, pe lângă elementele degradabile de glisare **216a, 216b, 316a** și benzile de alunecare degradabile **215a, 215b**, diferite componente ale obturatorului frac **200** pot fi realizate din unul sau mai multe materiale degradabile. De exemplu, cel puțin dornul obturatorului frac **200** este compus dintr-un material metalic degradabil. Suplimentar, alte componente pot fi făcute din materialul metalic degradabil, un alt material degradabil (de exemplu, un polimer degradabil), sau un material

nedegradabil, fără a se îndepărta de scopul prezentei dezvoltări. Materialele degradabile selectate pot asigura timp între montarea obturatorului frac **200** și momentul când se efectuează o operație dorită de exploatare sau de stimulare, cum ar fi o operație de fracturare hidrolică. Așa cum s-a discutat mai sus, perioada de timp dintre începutul degradării obturatorului frac **200** și etapa de producție pe o formațiune subterană fracturată hidrolic poate varia, fără a se îndepărta de scopul prezentei dezvoltări.

[0042] În anumite situații, poate fi de dorit să se mărească suprafața de curgere sau capacitatea de curgere prin și/sau în jurul obturatorului frac **200**. Conform prezentei descrieri, obturatorul frac **200** poate prezenta o suprafață de curgere mare sau o capacitate de curgere mare prin și/sau în jurul obturatorului frac **200**, astfel încât să nu împiedice, să obstrucționeze sau să inhibe în mod nejustificat operațiile de producție în timp ce obturatorul frac **200** se degradează, astfel încât acesta nu mai asigură etanșarea. Ca urmare, operațiunile de producție pot să se desfășoare în timp ce obturatorul frac **200** continuă să se dizolve și/sau să se degradeze și fără a crea o restricție semnificativă de presiune în gaura de foraj **106**.

[0043] În FIG. 5, cu referire, în continuare, la FIG. 1-4, obturatorul frac **200, 300** este prezentat ca fiind dispus între Zona de producție **A** și Zona de producție **B** din formațiunea subterană **402**. Într-o operație convențională de fracturare, înainte de a fixa obturatorul frac **200, 300** pentru a izola Zona **A** de Zona **B**, cel puțin o perforare, și în acest exemplu, o multitudine de perforări **400**, sunt realizate cu ajutorul unui instrument de perforare (nereprezentat) prin coloana de tubaj **404** și cimentul **408**, pentru a se extinde în Zona de producție **A**. În acele exemple de realizare în care coloana de tubaj **404** și cimentul **408** nu sunt dispuse în gaura de foraj **406**, perforările **400** din Zona **A** (precum și acele perforări **410** la care se face referire mai jos în legătură cu Zona **B**) se fac direct în formațiunea **402** din gaura de foraj **404**. După aceea, în gaura de foraj **406** se introduce un fluid de stimulare a puțului, cum ar fi prin coborârea unei scule (nereprezentată) în gaura de foraj **406** pentru descărcarea fluidului de stimulare la o presiune relativ mare sau prin pomparea lichidului direct de la turla de foraj **112** (FIG.1) în gaura de foraj **406**, peste un gradient de fracturare a formațiunii **402**. Fluidul de stimulare a puțului trece prin perforările **400** în Zona de producție **A** a formațiunii **402**, pentru stimularea recuperării fluidelor sub formă de hidrocarburi conținând petrol și gaz. Aceste fluide

de producție trec din Zona A, prin perforațiile **400** și până la gaura de foraj **406**, pentru recuperarea la suprafața **104** (FIG. 1).

[0044] Obturatorul frac **200, 300** este apoi coborât de un transportor (de exemplu, transportul **118** din FIG. 1) la adâncimea dorită în gaura de foraj **406**, iar elementele de pachet **220** (FIG. 2) sunt montate față de coloana de tubaj **404**, astfel izolând Zona **A**, așa cum se arată în FIG. 3, și "fixând" obturatorul frac **200, 300**. Datorită designului obturatorului frac **200, 300**, culoarul central de curgere **210** (FIG. 2) al obturatorului frac **200, 300** permite fluidului din Zona izolată **A** să curgă în sus prin obturatorul frac **200, 300**, în timp ce împiedică curgerea în jos în Zona izolată **A**. În consecință, fluidele de producție din Zona **A** continuă să treacă prin perforațiile **400**, în gaura de foraj **406** și în sus prin culoarul central de curgere **210** (FIG.1) al obturatorului frac **200, 300**, înainte de a curge în gaura de foraj **406** deasupra obturatorului frac **200, 300** pentru recuperarea la suprafața **104** (FIG.1).

[0045] După ce obturatorul frac **200, 300** este fixat în poziție, așa cum se arată în FIG. 5, un al doilea set de perforări **410** pot fi apoi realizate în formațiunea **402** prin coloana de tubaj **404** și cimentul **408** adiacent Zonei intermediare de producție **B** a formațiunii **402**. Zona **B** este apoi supusă tratamentului cu fluid de stimulare pentru puț, determinând lichidele recuperate din Zona **B** să treacă prin perforațiile **410** în gaura de foraj **406**. În această zonă a puțului de foraj **406** de deasupra obturatorului frac **200, 300**, fluidele recuperate din Zona **B** se vor amesteca cu fluidele recuperate din Zona **A**, înainte de a curge în sus prin gaura de foraj **406**, pentru a fi recuperate, de exemplu, la suprafața **104**, așa cum este ilustrat în FIG. 1.

[0046] Dacă se vor efectua operații suplimentare de fracturare, cum ar fi recuperarea hidrocarburilor din Zona **C**, în interiorul găurii de foraj **406** se pot instala obturatoare frac suplimentare **200, 300**, pentru a izola fiecare zonă din interiorul formațiunii **402**. Fiecare obturator frac **200, 300** permite fluidului să curgă în sus prin aceasta, din Zona **A** situată în partea cea mai de jos, în Zona **C** situată la partea superioară a formațiunii **402**, dar fluidul sub presiune nu poate curge în jos prin obturatorul frac **200, 300**.

[0047] După terminarea operațiilor de stimulare hidraulică (adică "gata pentru producerea de hidrocarburi"), obturatorul frac **200, 300** trebuie îndepărtat din gaura de foraj **406**. În acest context, așa cum s-a arătat mai sus, degradarea elementelor degradabile glisante **216a, 316a, 216b**, a benzilor de alunecare degradabile **215a, 215b** și a altor componente degradabile a început sau este deja în desfășurare, cum

ar fi, datorită expunerii mediului de foraj. De exemplu, un lichid de electrolit poate fi utilizat ca fluid de stimulare sau ca fluid post-spălare pentru a induce degradarea componentelor fabricate din aliaje metalice degradabile (de exemplu, elementele degradabile glisante **216a**, **316a**, **216b** și benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b**), în timp ce materialele degradabile în petrol se pot degrada pe măsură ce fluidele de hidrocarburi produse curg pe lângă obturatorul frac **200**, **300**, la suprafața **104** (FIG.1). În unele cazuri, componentele alcătuite din aliaje metalice degradabile se pot degrada după contactul prelungit cu fluidele electrolitice prezente în mod natural în formațiunea **402** și/sau gaura de foraj **406**. În unele exemple de realizare preferate, elementele degradabile glisante **216a**, **316a**, **216b**, benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** și alte componente degradabile sunt compuse dintr-un aliaj metalic degradabil. Sunt adecvate și alte combinații în ceea ce privește proprietățile de degradare, fără a se îndepărta de la obiectul prezentei invenții, așa cum s-a discutat mai sus, de exemplu.

[0048] În unele variante de realizare, indiferent dacă apare mai întâi degradarea componentelor obturatorului frac **200**, **300** sau producerea hidrocarburilor din formațiunea **402**, nu intervine nici o intervenție pe gaura de foraj între fracturarea hidrolică a formațiunii subterane (adică introducerea fluidului de stimulare prin perforațiile **400** și/sau **410**) și degradarea sau producția. Așa cum se utilizează aici, expresia "intervenție în gaura de foraj" se referă la introducerea unei scule sau a unui transportor în gaura de foraj **406** numai în scopul îndepărtării unei scule sau a resturilor din gaura de foraj. În consecință, o astfel de "intervenție în puțul de foraj" se referă la introducerea unei scule sau a unui transportor pentru îndepărtarea obturatorului frac **200**, **300** descris aici sau a resturilor rezultate de la obturatorul frac **200**, **300**, de exemplu, ca urmare a degradării uneia sau mai multor componente sau porțiuni ale obturatorului frac **200**, **300**. Conform unui alt exemplu, o intervenție în puțul de foraj poate fi rularea unei tubulaturi spiralate, în care tubulatura spiralată se introduce și traversează o anumită distanță în gaura de foraj **406**, în scopul îndepărtării unei scule sau a reziduurilor. Într-un alt exemplu, o intervenție în gaura de foraj poate fi o operațiune de frezare, în care un cuțit pentru frezare este rulat în gaura de foraj **406** pentru a sfărâma anumite unelte. Într-un alt exemplu, o intervenție în sondă poate să se refere la folosirea unui recipient pentru deșeuri cu ajutorul căruia să se elimine resturile. În descrierea de față, expresia "intervenție în gaura de foraj" nu include, prin urmare, introducerea unui instrument necesar pentru producție,

cum ar fi un pachet de producție. În consecință, în cazul în care degradarea începe imediat după fracturarea hidrolică, nu intervine nici o intervenție în sondă între fracturarea hidrolică și inițierea degradării. În alte variante de realizare, indiferent care dintre operațiunile de degradare sau de producție începe ultima, nu are loc nici o intervenție în sondă între fracturarea hidrolică și ultima dintre: începutul operației de degradare sau începutul operației de producție. Aceasta înseamnă că nu poate avea loc nici o intervenție în puțul de foraj între fracturarea hidrolică și începutul degradării, între fracturarea hidrolică și începutul producției și/sau între fracturarea hidrolică și ambele dintre începutul degradării și începutul producției. În toate cazurile, lipsa intervenției în puțul de foraj poate fi doar o lipsă de intervenție în puțul de foraj dincolo de obturatorul frac **200, 300** sau poate fi o lipsă de intervenție în puțul de foraj considerând gaura de foraj ca un întreg (adică, întreaga lungime a puțului de foraj). Intervențiile în puțul de foraj sunt costisitoare, există riscul de a rămâne blocate în gaura de foraj, au potențialul de a deteriora formațiunea din cauza acțiunii pistoanelor de extracție asupra fluidelor asociate și altele asemenea. Minimizarea numărului de intervenții în puțul de foraj, precum și a dimensiunii instrumentului de intervenție, este astfel importantă pentru menținerea integrității puțului de foraj și pentru minimizarea costurilor. De exemplu, un instrument de circulație a nisipului cu dimensiuni mai mici implică mai puține probleme de intervenție decât un cuțit de freză cu diametru mai mare, ceea ce conduce la situația de a se putea evita o intervenție în puțul de foraj datorită exemplelor de realizare ale prezentei dezvoltări.

[0049] În unele variante de realizare, obturatorul frac **200, 300** sau alt dispozitiv de izolare **116** a puțului de foraj este compus în principal din materiale degradabile (de exemplu, cel puțin aproximativ 80% în greutate) și este proiectat să se descompună într-un interval de timp, pe parcursul operării într-un mediu de foraj, astfel eliminând necesitatea de a executa operații de frezare sau de perforare asupra obturatorului frac **200, 300** sau asupra altui dispozitiv de izolare **116** a găurii de foraj **406**, indiferent dacă această degradare începe înainte sau după producția hidrocarburilor din aceasta. Degradarea determină ca obturatorul frac **200, 300** sau alt dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116** să-și piardă integritatea structurală și/sau funcțională și să fie îndepărtat din coloana de tubaj **404**. Componentele rămase ne-degradabile sau degradabile ale obturatorului frac **200, 300** sau ale altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116** vor cădea pur și simplu în partea inferioară a găurii de foraj **406**. În

diferite variante de realizare alternative, degradarea uneia sau mai multor componente ale obturatorului frac **200, 300** sau a altui dispozitiv de izolare **116** a găurii de foraj realizează o funcție de acționare, deschide un pasaj, eliberează un element blocat sau, altfel, modifică modul de funcționare al obturatorului frac **200, 300** sau a altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116**, de asemenea eliminând orice necesitate de a acționa prin frezare sau perforare asupra obturatorului frac **200, 300** sau asupra altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116** din puțul de foraj **406**. De exemplu, așa cum s-a menționat anterior, cel puțin o porțiune din bila frac **208** poate fi compusă dintr-o substanță degradabilă, incluzând un material metalic degradabil și/sau un polimer degradabil, astfel încât la degradare, culoarul de curgere blocat anterior de bila frac **208** este deschis.

[0050] Îndepărtarea obturatorului frac **200, 300** sau a altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116**, așa cum este descris aici, din gaura de foraj **406**, prin metode de degradare este mai eficientă din punct de vedere al costului și mai puțin consumatoare de timp decât îndepărtarea obturatoarelor frac convenționale (sau dispozitive de izolare a găurii de foraj), care necesită efectuarea a uneia sau mai multor ture în gaura de foraj **406** cu o freză sau un burghiu, pentru măcinarea sau tăierea treptată a sculei. În schimb, dispozitivele de izolare a puțului de foraj și obturatoarele frac descrise aici sunt detașabile în timp, la simpla expunere la un mediu din puțul de foraj, care există în mod natural sau artificial (de exemplu, după introducerea unui stimul extern). Descrierea exemplelor concrete de realizare a obturatorului frac **200, 300** sau a altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116**, precum și sistemele și metodele de îndepărtare a obturatorului frac **200, 300** sau a altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116** din gaura de foraj **406**, descrise aici, au fost prezentate cu scopul de ilustrare și descriere și nu intenționează să fie exhaustive sau să limiteze această dezvoltare la variantele precise dezvoltate. Multe alte modificări și variațiuni sunt posibile. În particular, tipul de obturator frac **200, 300** sau alt dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116** sau componentele particulare care alcătuiesc obturatorul frac **200, 300** sau alt dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116** (de exemplu dornul, elementele degradabile glisante și altele asemenea) pot fi diferite.

[0051] Materialele degradabile care compun elementele degradabile glisante **216a, 216b**, benzile de alunecare degradabile **215a, 215b** și alte componente degradabile ale obturatorului frac **200, 300** sau ale altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116**

sunt, de preferință, metale degradabile, aliaje metalice degradabile sau o combinație a acestora. În unele cazuri, materialele degradabile care compun benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** pot fi polimeri degradabili. Mai mult decât atât, aceste materiale degradabile (metal sau polimer) pot fi, în unele cazuri, degradate prin expunerea la fluide apoase care cuprind electroliți (denumite aici și "soluție apoasă de electroliți"). În general, lichidul apos care poate degrada materialele degradabile atunci când sunt expuse la acesta poate consta în, dar fără a se limita la, apă dulce, apă sărată (de exemplu, apă conținând una sau mai multe săruri dizolvate în ea), saramură (de exemplu, apă saturată cu sare), apă de mare sau combinații ale acestora. În consecință, fluidul apos poate cuprinde săruri ionice, care formează o soluție apoasă electrolitică, adecvată în mod special pentru degradarea materialului metalic degradabil, de exemplu, și așa cum este discutat mai în detaliu mai jos. Fluidul apos poate veni din gaura de foraj **406**, din formațiunea subterană **402** sau din ambele, poate fi introdus de un operator de foraj sau poate fi o combinație a acestora.

[0052] În unele cazuri, benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** și alte componente ale obturatorului frac **200**, **300** sau ale altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116** pot fi formate din materiale degradabile cum ar fi polimerii degradabili care se degradează prin expunerea la fluidele de hidrocarburi. Fluidele de hidrocarburi pot include, dar nu se limitează la, țiței brut, un distilat fracționat de țiței brut, un derivat gras al unui acid, un ester, un eter, un alcool, o amină, o amidă sau o imidă, o hidrocarbură saturată, o hidrocarbură nesaturată, o hidrocarbură ramificată, o hidrocarbură ciclică și orice combinație a acestora. Temperatura ridicată poate fi superioară temperaturii de tranziție vitroasă a polimerului degradabil cum ar fi un polimer pe bază de tiol. În unele cazuri, temperatura ridicată poate fi o temperatură mai mare de aproximativ 60° C (140° F).

[0053] Materialele degradabile care formează diferite componente ale obturatorului frac **200** se pot degrada printr-un număr de mecanisme. De exemplu, substanțele degradabile se pot degrada prin coroziune galvanică, dilatare, dizolvare, sub acțiunea unei modificări chimice, supuse degradării termice în combinație cu oricare dintre cele de mai sus și orice combinație a acestora. Degradarea prin coroziune galvanică se referă la coroziunea care apare atunci când două metale diferite sau două aliaje metalice sunt în conectivitate electrică unul cu celălalt și ambele sunt în contact cu un electrolit, aceasta incluzând coroziunea micro-galvanică. Așa cum se

utilizează aici, termenul "conectivitate electrică" înseamnă că cele două metale diferite sau cele două aliaje metalice fie se ating, fie sunt în imediata apropiere unul față de celălalt, astfel încât atunci când sunt contactați cu un electrolit, electrolitul devine conductiv electric și are loc migrarea ionilor de la un metal la celălalt metal. Atunci când substanța degradabilă este un material metalic degradabil, materialul degradabil se degradează prin coroziune galvanică.

[0054] Degradarea prin dilatare implică absorbția de către substanța degradabilă a unui fluid din mediul puț de foraj, astfel încât proprietățile mecanice ale substanței degradabile sunt afectate. Aceasta înseamnă că substanța degradabilă continuă să absoarbă lichidul până când proprietățile sale mecanice nu mai sunt capabile să mențină integritatea substanței degradabile și se destramă cel puțin parțial. În unele exemple de realizare, o substanță degradabilă poate fi proiectată pentru a se degrada numai parțial prin dilatare, pentru a se asigura că proprietățile mecanice ale componentei obturatorului frac **200** fabricate din substanța degradabilă sunt suficient de rezistente pe durata operației specifice în care este utilizată componenta. Degradarea prin dizolvare implică utilizarea unei substanțe degradabile care este solubilă sau, în alt mod, susceptibilă de a fi solubilă într-un fluid din mediul de puț de foraj (de exemplu, un lichid apos sau un fluid de hidrocarburi), astfel încât fluidul să nu fie neapărat încorporat în substanța degradabilă (precum în cazul degradării prin dilatare), dar substanța degradabilă devine solubilă la contactul cu fluidul. Degradarea prin acțiunea unei modificări chimice poate implica ruperea legăturilor din scheletul substanței degradabile (de exemplu, scheletul polimerului) sau poate determina reticularea legăturilor substanței degradabile, astfel încât substanța degradabilă devine fragilă și se rupe în bucăți mici la contactul cu forțe chiar și mici, care sunt previzibile în mediul de foraj. Degradarea termică implică o descompunere chimică datorată căldurii, cum ar fi căldura prezentă într-un mediu de foraj. Degradarea termică a unor substanțe degradabile descrise aici poate să apară la temperaturi de mediu ale sondelor mai mari de aproximativ 93° C (sau aproximativ 200° F) sau mai mari de aproximativ 50° C (sau aproximativ 122° F). Fiecare metodă de degradare poate funcționa concomitent cu una sau mai multe dintre celelalte metode de degradare, fără a se îndepărta de la scopul prezentei dezvăluiri.

[0055] Cu referire acum la materialele metalice degradabile din prezenta descriere, termenul "material metalic degradabil" (de asemenea, denumit mai simplu "metal degradabil") se poate referi la viteza de dizolvare a materialului metalic degradabil,

iar viteza de dizolvare poate corespunde unei viteze de pierdere de material la o anumită temperatură și într-un mediu specific de foraj, cum ar fi în prezența unui electrolit. În cel puțin o variantă de realizare, materialele metalice degradabile descrise aici prezintă o rată medie de degradare într-o pondere mai mare de aproximativ 0,01 miligrame pe centimetru pătrat (mg/cm^2), pe oră, la 93°C (echivalent cu aproximativ 200°F), în timp ce sunt expuse la o soluție de clorură de potasiu 15% (KCl). De exemplu, în unele exemple de realizare, materialele metalice degradabile pot avea o viteză medie de degradare mai mare decât valorile din intervalul cuprins între aproximativ $0,01\text{mg}/\text{cm}^2$ și aproximativ $10\text{mg}/\text{cm}^2$ pe oră, la o temperatură de aproximativ 93°C în timpul expunerii la o soluție KCl de 15%, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. De exemplu, viteza de degradare poate fi de aproximativ $0,01\text{mg}/\text{cm}^2$ până la aproximativ $2,5\text{mg}/\text{cm}^2$ sau aproximativ $2,5\text{mg}/\text{cm}^2$ până la aproximativ $5\text{mg}/\text{cm}^2$ sau aproximativ $5\text{mg}/\text{cm}^2$ până la aproximativ $7,5\text{mg}/\text{cm}^2$ sau aproximativ $7,5\text{mg}/\text{cm}^2$ până la aproximativ $10\text{mg}/\text{cm}^2$ pe oră, la o temperatură de 93°C , în timp ce este expus la o soluție de KCl de 15%, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea.

[0056] În alte cazuri, materialul metalic degradabil poate prezenta o viteză de degradare astfel încât materialul pierde mai mult de 0,1% din masa totală, pe zi, la 93°C , într-o soluție KCl de 15%. De exemplu, în unele variante de realizare, materialele metalice degradabile descrise aici pot avea o rată de degradare astfel încât acestea pierd între aproximativ 0,1% și aproximativ 10% din masa totală pe zi, la 93°C , într-o soluție de KCl 15%, incluzând orice valoare și subset dintre acestea. De exemplu, în unele exemple de realizare, materialul metalic degradabil poate pierde între aproximativ 0,1% și aproximativ 2,5%, sau între aproximativ 2,5% și aproximativ 5% sau între aproximativ 5% până la aproximativ 7,5%, sau între aproximativ 7,5% până la aproximativ 10% din masa totală pe zi, la 93°C , în soluție de KCl de 15%, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. Fiecare dintre aceste valori caracterizând materialul metalic degradabil este hotărâtoare pentru exemplele de realizare ale prezentei descrieri și poate depinde de un număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, tipul de material metalic degradabil, mediul puțului de foraj și altele asemenea.

[0057] Trebuie remarcat faptul că diferitele viteze de degradare observate într-o soluție KCl de 15% reprezintă doar un mijloc de definire a vitezei de degradare a materialelor metalice degradabile descrise aici, prin referire la contactul cu un

electrolit specific la o temperatură specifică. Utilizarea dispozitivului de izolare a puțului de foraj **200**, care are în compunere un material metalic degradabil, poate fi pusă în practică prin expunerea la alte medii de foraj pentru inițierea degradării, fără a se îndepărta de scopul prezentei dezvoltări.

[0058] Mai trebuie remarcat faptul că materialele degradabile nemetalice, de asemenea discutate aici, care pot fi utilizate pentru formarea componentelor obturatorului frac **200**, pot prezenta în plus o rată de degradare în aceeași pondere sau gamă ca și cea a materialului metalic degradabil, ceea ce poate permite utilizarea anumitor materiale degradabile, care se degradează la o viteză mai mare sau mai mică decât alte materiale degradabile (inclusiv materialele metalice degradabile), pentru formarea obturatorului frac **200**.

[0059] Degradarea materialului metalic degradabil poate avea loc în intervalul cuprins între aproximativ 5 zile până la aproximativ 40 de zile, cuprinzând orice valoare sau subset dintre acestea. De exemplu, degradarea poate avea loc între aproximativ 5 zile până la aproximativ 10 zile, sau de la aproximativ 10 zile până la aproximativ 20 de zile, sau de la aproximativ 20 de zile la aproximativ 30 de zile, sau de la aproximativ 30 de zile la aproximativ 40 de zile, cuprinzând orice valoare și subset dintre ele. Fiecare dintre aceste valori reprezentând materialul metalic degradabil este hotărâtoare pentru exemplele de realizare ale prezentei descrieri și poate depinde de un anumit număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, tipul de material metalic degradabil, mediul puțului de foraj și altele asemenea.

[0060] Materialele metalice degradabile adecvate care pot fi utilizate în conformitate cu exemplele de realizare ale prezentei descrieri includ metale și aliaje metalice corodabile galvanic sau degradabile. Astfel de metale și aliaje metalice pot fi configurate să se degradeze prin coroziune galvanică în prezența unui electrolit (de exemplu, saramură sau alte fluide care conțin sare, prezente în gaura de foraj **106**). Așa cum este utilizat aici, un "electrolit" este orice substanță care conține ioni liberi (adică un atom sau grup de atomi încărcăți pozitiv sau negativ), care fac substanța un bun conductor electric. Electrolitul poate fi selectat din grupul constând în soluții ale unui acid, o bază, o sare și combinații ale acestora.

[0061] Electrolitii pot include, dar nu se limitează la, un anion de halogenură (de exemplu, fluorură, clorură, bromură, iodură și astatidă), o sare de halogenură, un oxoanion (inclusiv oxoanioni monomeri și polioxoanioni) și orice combinație a acestora. Exemple adecvate de săruri de halogenuri pentru utilizare ca electroliti

conform prezentei invenții pot include, dar nu se limitează la acestea, o fluorură de potasiu, o clorură de potasiu, o bromură de potasiu, o iodură de potasiu, o clorură de sodiu, o bromură de sodiu, o iodură de sodiu, o fluorură de sodiu, o fluorură de calciu, o clorură de calciu, o bromură de calciu, o iodură de calciu, o fluorură de zinc, o clorură de zinc, o bromură de zinc, o iodură de zinc, o fluorură de amoniu, o clorură de amoniu, o iodură de amoniu, o clorură de magneziu, carbonat de potasiu, nitrat de potasiu, nitrat de sodiu și orice combinație a acestora. Oxianionii utilizați ca electrolit conform prezentei invenții pot fi în general reprezentați prin formula $A_xO_y^{z-}$, în care A reprezintă un element chimic și O este un atom de oxigen; x, y și z sunt numere întregi cuprinse în intervalul dintre aproximativ 1 până la aproximativ 30, și pot fi, sau nu, același număr întreg. Exemple de oxoanioni adecvați pot include, dar nu sunt limitate la, carbonați (de exemplu, carbonat acid (HCO_3^-)), borat, nitrat, fosfat (de exemplu, fosfat acid (HPO_4^{2-})), sulfat, nitrit, clorit, hipoclorit, fosfit, sulfid, hipofosfit, hiposulfid, trifosfat și orice combinație a acestora. Alți ioni liberi obișnuiți care pot fi prezenți într-un electrolit pot include, dar nu se limitează la, sodiu (Na^+), potasiu (K^+), calciu (Ca^{2+}), magneziu (Mg^{2+}) și orice combinație a acestora. De preferință, electrolitul conține ioni de clor. Electrolitul poate fi un fluid care este introdus în gaura de foraj **106** sau un fluid care iese din gaura de foraj **106**, cum ar fi dintr-o formațiune subterană înconjurătoare (de exemplu, formațiunea **108** din FIG.1).

[0062] În unele variante de realizare, electrolitul poate fi prezent într-un fluid de bază apos până la saturație, pentru a intra în contact cu componentele materialului metalic degradabil ale obturatorului frac **200**, care pot varia în funcție de tipul de material metalic degradabil, de fluidul apos de bază selectat și altele asemenea, precum și de orice combinație a acestora. În alte exemple de realizare, electrolitul poate fi prezent în lichidul de bază apos, în intervalul cuprins de la aproximativ 0,001% până la aproximativ 30% în greutate din fluidul apos de bază, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. De exemplu, electrolitul poate fi prezent într-o proporție de la aproximativ 0,001% până la aproximativ 0,01%, sau de la aproximativ 0,01% până la aproximativ 1%, sau de la aproximativ 1% până la aproximativ 6%, sau de la aproximativ 6% până la aproximativ 12%, sau de la aproximativ 12% la aproximativ 18%, sau de la aproximativ 18% până la aproximativ 24%, sau de la aproximativ 24% până la aproximativ 30% în greutate de lichid de bază apos. Fiecare dintre aceste valori este importantă pentru exemplele de realizare ale prezentei descrieri și poate depinde de un număr de factori care includ, dar nu se limitează la, compoziția

materialului metalic degradabil, componentele dispozitivului de izolare a puțului de foraj alcătuit din materialul metalic degradabil, tipul de electrolit selectat, alte condiții ale mediului de foraj și altele asemenea.

[0063] Materialele metalice degradabile pentru a fi utilizare la formarea cel puțin a dornului **206** și/sau a elementelor glisante **216 a, b** ale obturatorului frac **200** pentru utilizare în aplicarea metodelor descrise aici pot include un material metalic care este corodabil galvanic într-un mediu de foraj, cum ar fi în prezența unui electrolit, așa cum s-a discutat anterior. Materialele metalice degradabile pot include, dar nu se limitează la, aur, aliaje de aur-platină, argint, nichel, aliaje de nichel-cupru, aliaje de nichel-crom, cupru, aliaje de cupru (de exemplu, aramă, bronz etc.), crom, staniu, aliaje de staniu (de exemplu, aliaj de cositor și plumb, aliaj de lipit etc.), aluminiu, aliaje de aluminiu (de exemplu, aliaj de siluminiu, aliaj de magneziu etc.), fier, aliaje de fier (de exemplu, fontă, fontă brută etc.), zinc, aliaje de zinc (de exemplu, zamak etc.), magneziu, aliaje de magneziu (de exemplu, electron, magnox etc.), beriliu, aliaje de beriliu (de exemplu aliaje de beriliu-cupru, aliaje de beriliu-nichel) și orice combinație a acestora.

[0064] Aliajele de magneziu adecvate includ aliajele având magneziu într-o concentrație cuprinsă în intervalul de la aproximativ 60% până la aproximativ 99,95% în greutate din aliajul de magneziu, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. În unele exemple de realizare, concentrația de magneziu poate fi cuprinsă în intervalul de la aproximativ 60% până la aproximativ 99,95%, de la 70% până la aproximativ 98% și preferabil de la aproximativ 80% până la aproximativ 95% în greutate din aliajul de magneziu, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. Fiecare dintre aceste valori este importantă pentru exemplele de realizare ale prezentei descrieri și poate depinde de un număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, tipul de aliaj de magneziu, gradul de degradare dorit al aliajului de magneziu și altele asemenea.

[0065] Aliajele de magneziu cuprind cel puțin un alt ingredient în afară de magneziu. Celelalte ingrediente pot fi alese dintre unul sau mai multe metale, unul sau mai multe nemetale sau o combinație a acestora. Metalele adecvate care pot fi aliate cu magneziu includ, dar nu se limitează la, litiu, sodiu, potasiu, rubidiu, cesiu, beriliu, calciu, stronțiu, bariu, aluminiu, galiu, indiu, staniu, taliu, plumb, titan, vanadiu, crom, mangan, fier, cobalt, nichel, cupru, zinc, ytriu, zirconiu, niobiu, molibden, ruteniu, rodiiu, paladiu, praseodim, argint, lantan, hafniu, tantal, tungsten, terbiu, reniu, osmiu,

iridiu, platină, aur, neodim, gadoliniu, erbiu, oxizi ai oricăruia dintre metalele menționate și orice combinații ale acestora.

[0066] Ne-metalele adecvate care pot fi aliate cu magneziu includ, dar nu se limitează la, grafit, carbon, siliciu, nitrură de bor și combinații ale acestora. Carbonul poate fi sub formă de particule de carbon, fibre, nanotuburi, fulerene și orice combinație a acestora. Grafitul poate fi sub formă de particule, fibre, grafene și orice combinație a acestora. Magneziul și ingredientele cu care formează aliaje pot fi într-o soluție solidă și nu într-o soluție sau un compus parțial în care pot fi prezente incluziuni inter-granulare. În unele variante de realizare, magneziul și ingredientele de aliaj ale acestuia pot fi distribuite uniform în tot aliajul de magneziu, dar, după cum se va aprecia, pot apărea unele variații minore în distribuția particulelor de magneziu și a ingredientelor sale pentru aliaj. În alte exemple de realizare, aliajul de magneziu este o construcție sinterizată.

[0067] În unele variante de realizare, aliajul de magneziu poate să prezinte o solicitare de întindere cuprinsă în intervalul de la aproximativ 15000 livre pe inch pătrat (psi) la aproximativ 50000 psi, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. De exemplu, în unele variante de realizare, aliajul de magneziu poate avea un efort de întindere cuprins între aproximativ 15000 psi și aproximativ 30000 psi, sau de la aproximativ 30000 psi la aproximativ 40000 psi, sau de la aproximativ 40000 psi la aproximativ 50000 psi, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. Fiecare dintre aceste valori este importantă pentru exemplele de realizare ale prezentei invenții și poate depinde de un număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, componenta obturatorului frac **200** fabricat din aliajul degradabil de magneziu, compoziția aliajului degradabil de magneziu și altele asemenea, precum și orice combinație a acestora.

[0068] Aliajele de aluminiu adecvate includ aliajele având aluminiu într-o concentrație din intervalul cuprins între aproximativ 40% și aproximativ 99% în greutate din aliajul de aluminiu, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. De exemplu, aliajele de magneziu adecvate pot avea concentrații de aluminiu de la aproximativ 40% până la aproximativ 50%, sau de la aproximativ 50% până la aproximativ 60%, sau de la aproximativ 60% până la aproximativ 70%, sau de la aproximativ 70% până la aproximativ 80%, sau de la aproximativ 80% până la aproximativ 90%, sau de la aproximativ 90% până la aproximativ 99% din greutatea aliajului de aluminiu, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. Fiecare dintre aceste valori este

importantă pentru exemplele de realizare ale prezentei invenții și poate depinde de un număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, tipul de aliaj de aluminiu, gradul de degradare dorit al aliajului de aluminiu și altele asemenea.

[0069] Aliajele de aluminiu pot fi din aliaje de aluminiu forjate sau turnate și cuprind cel puțin un alt ingredient în afară de aluminiu. Celelalte ingrediente pot fi selectate din: unul sau mai multe metale, nemetale și combinații ale acestora descrise mai sus cu referire la aliajele de magneziu, adăugarea aliajelor de aluminiu permițând în plus să conțină magneziu.

[0070] În unele exemple de realizare, materialele metalice degradabile pot fi un aliaj metalic degradabil, care poate prezenta o formă de matrice nano-structurată și/sau incluziuni inter-granulare (de exemplu, un aliaj de magneziu cu incluziuni acoperite cu fier). Astfel de aliaje metalice degradabile pot include suplimentar un dopant, în care prezența agentului dopant și/sau a incluziunilor inter-granulare crește viteza de degradare a aliajului metalic degradabil. Alte materiale metalice degradabile includ materiale galvanice structurate în soluție. Un exemplu de material galvanic structurat în soluție este zirconiu (Zr) care conține un aliaj de magneziu (Mg), în care diferite domenii din aliaj conțin diferite procente de Zr. Aceasta conduce la o cuplare galvanică între aceste domenii diferite, care provoacă coroziune micro-galvanică și degradare. Un alt exemplu de material corodabil galvanic, structurat în soluție, este un aliaj de magneziu ZK60, care include de la 4,5% până la 6,5% zinc, minimum 0,25% zirconiu, 0% până la 1% altele și magneziu în completare; AZ80, care include 7,5% până la 9,5% aluminiu, 0,2% până la 0,8% zinc, 0,12% mangan, 0,015% altele și magneziu de echilibrare; și AZ31, care include 2,5% până la 3,5% aluminiu, 0,5% până la 1,5% zinc, 0,2% mangan, 0,15% altul și magneziu în completare. Fiecare dintre aceste exemple reprezintă % din greutatea aliajului metalic. În unele variante de realizare, "altele" pot include materiale necunoscute, impurități, aditivi și orice combinație a acestora.

[0071] Aliajele degradabile metalice de magneziu pot fi structurate în soluție cu alte elemente cum ar fi zinc, aluminiu, nichel, fier, carbon, staniu, argint, cupru, titan, elemente de pământuri rare și altele asemenea și orice combinație a acestora. Aliajele degradabile metalice de magneziu pot fi structurate în soluție cu elemente cum ar fi nichel, fier, carbon, staniu, argint, cupru, titan, galiu și altele asemenea, precum și orice combinație a acestora.

[0072] În unele exemple de realizare, un aliaj, cum ar fi un aliaj de magneziu sau un aliaj de aluminiu descrise aici, are un dopant inclus în acesta, cum ar fi în timpul fabricării. De exemplu, dopantul poate fi adăugat la unul dintre elementele de aliere înainte de amestecarea tuturor celorlalte elemente din aliaj. De exemplu, în timpul fabricării unui aliaj de aluminiu AZ, agentul dopant (de exemplu, zincul) poate fi dizolvat în aluminiu, urmat de amestecarea cu aliajul rămas, magneziu și alte componente, dacă acestea sunt prezente. Cantități suplimentare de aluminiu pot fi adăugate după dizolvarea dopantului, fără a se îndepărta de la obiectul prezentei invenții, pentru a se obține compoziția dorită. Agenții dopanți adecvați pentru includerea în materialele din aliaje metalice degradabile descrise aici pot include, dar nu se limitează la, fier, cupru, nichel, galiu, carbon, tungsten, argint și orice combinație a acestora.

[0073] Agentul dopant poate fi inclus în materiale metalice degradabile din aliaj de magneziu și/sau aluminiu descrise aici, într-o cantitate cuprinsă de la aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% în greutate din materialul metalic degradabil, cuprinzând fiecare valoare și subset dintre ele. De exemplu, agentul dopant poate fi prezent într-o cantitate cuprinsă de la aproximativ 0,05% până la aproximativ 3%, sau de la aproximativ 3% până la aproximativ 6%, sau de la aproximativ 6% până la aproximativ 9%, sau de la aproximativ 9% până la aproximativ 12%, sau de la aproximativ 12% până la aproximativ 15% din greutatea materialului metalic degradabil, cuprinzând fiecare valoare și subset dintre acestea. Alte exemple includ un dopant într-o cantitate cuprinsă de la aproximativ 1% până la aproximativ 10% în greutate din materialul metalic degradabil, cuprinzând fiecare valoare și subset dintre acestea. Fiecare dintre aceste valori este importantă pentru exemplele de realizare ale prezentei descrieri și poate depinde de un număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, tipul de aliaj de magneziu și/sau aluminiu selectat, viteza dorită de degradare, mediul de foraj și altele asemenea, precum și orice combinație a acestora.

[0074] Ca exemple specifice, materialul metalic degradabil din aliaj de magneziu poate cuprinde un dopant de nichel în intervalul cuprins de la aproximativ 0,1% la aproximativ 6% (de exemplu, aproximativ 0,1%, aproximativ 0,5%, aproximativ 1%, aproximativ 2%, aproximativ 3%, aproximativ 4%, aproximativ 5%, aproximativ 6%) din greutatea aliajului, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea; un dopant de cupru în intervalul cuprins de la aproximativ 6% până la aproximativ 12% (de

exemplu, aproximativ 6%, aproximativ 7%, aproximativ 8%, aproximativ 9%, aproximativ 10%, aproximativ 11%, aproximativ 12%) din greutatea aliajului, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea; și/sau un dopant de fier în intervalul cuprins de la aproximativ 2% până la aproximativ 6% (de exemplu, aproximativ 2%, aproximativ 3%, aproximativ 4%, aproximativ 5%, aproximativ 6%) din greutatea aliajului, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. Așa cum s-a descris mai sus, fiecare dintre aceste valori este critică în ceea ce privește exemplele de realizare ale prezentei descrieri, pentru a influența cel puțin viteza de degradare a aliajului de magneziu.

[0075] Ca exemple specifice, materialul metalic degradabil din aliaj de aluminiu poate cuprinde un dopant de cupru în intervalul cuprins de la aproximativ 8% la aproximativ 15% (de exemplu, aproximativ 8%, aproximativ 9%, aproximativ 10%, aproximativ 11%, aproximativ 12%, aproximativ 13%, aproximativ 14%, aproximativ 15%) din greutatea aliajului, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea; un dopant de mercur în intervalul cuprins de la aproximativ 0,2% până la aproximativ 4% (de exemplu, aproximativ 0,2%, aproximativ 0,5%, aproximativ 1%, aproximativ 2%, aproximativ 3%, aproximativ 4%) în greutate din aliaj, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea; un dopant de nichel în intervalul cuprins de la aproximativ 1% până la aproximativ 7% (de exemplu, aproximativ 1%, aproximativ 2%, aproximativ 3%, aproximativ 4%, aproximativ 5%, aproximativ 6%, aproximativ 7%) din greutatea aliajului, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea; un dopant de galiu în intervalul cuprins de la aproximativ 0,2% până la aproximativ 4% (de exemplu, aproximativ 0,2%, aproximativ 0,5%, aproximativ 1%, aproximativ 2%, aproximativ 3%, aproximativ 4%) din greutatea aliajului, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea; și/sau un dopant de fier în intervalul cuprins de la aproximativ 2% la aproximativ 7% (de exemplu, aproximativ 2%, aproximativ 3%, aproximativ 4%, aproximativ 5%, aproximativ 6%, aproximativ 7%) din greutatea aliajului, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. Așa cum s-a descris mai sus, fiecare dintre aceste valori este critică în ceea ce privește exemplele de realizare ale prezentei descrieri, cel puțin pentru a influența viteza de degradare a aliajului de aluminiu.

[0076] Materialele degradabile de metal (de exemplu, aliaje de magneziu și/sau aluminiu) descrise aici pot cuprinde în plus o cantitate de material denumită "material suplimentar", care este definit ca fiind diferit de aliajul primar, de alte materiale de aliere specifice care formează aliajul dopat sau de dopant. Acest material

suplimentar poate include, dar nu se limitează la, materiale necunoscute, impurități, aditivi (de exemplu, aceia incluși în mod intenționat pentru a ajuta în ceea ce privește proprietățile mecanice) și orice combinație a acestora. Materialul suplimentar minim, dacă este cazul, influențează accelerația vitezei de coroziune a aliajului dopat. În consecință, materialul suplimentar poate, de exemplu, să inhibe rata de coroziune sau poate să nu aibă nici un efect asupra acestuia. Așa cum s-a definit aici, termenul "minim" cu referire la efectul vitezei de accelerare se referă la un efect a cărui pondere nu reprezintă mai mult de aproximativ 5%, în comparație cu situația în care se constată absența unui material suplimentar. Acest material suplimentar poate intra în materialele metalice degradabile din prezenta descriere ca urmare transportului natural dinspre materiile prime, ca urmare a oxidării materialului metalic degradabil sau a altor elemente, a proceselor de fabricație (de exemplu, procese de topire, procese de turnare, procese de aliere și altele asemenea) sau alte condiții asemănătoare, și orice combinație a acestora. În mod alternativ, materialul suplimentar poate fi inclus în mod intenționat în aditivii plasați în materialul metalic degradabil pentru a conferi o calitate benefică acestora, cum ar fi ca agent de întărire, ca inhibitor de coroziune, accelerator de coroziune, agent de întărire (adică pentru a crește rezistența sau rigiditatea, incluzând, dar fără a se limita la, o fibră, o particulă, o țesătură de fibre și altele asemenea și combinații ale acestora), siliciu, calciu, litiu, mangan, staniu, plumb, toriu, zirconiu, beriliu, ceriu, praseodim, ytriu și altele asemenea, și orice combinație a acestora. În general, materialul suplimentar este prezent în materialul metalic degradabil descris aici într-o cantitate mai mică decât aproximativ 10% din greutatea materialului metalic degradabil, fără nici un material suplimentar (adică, 0%).

[0077] Exemple de materiale metalice degradabile din aliaje de magneziu, specifice, pentru utilizare conform exemplelor de realizare ale prezentei invenții pot include, dar nu se limitează la, un aliaj de magneziu MG dopat, un aliaj de magneziu WE dopat, un aliaj de magneziu AZ dopat, un aliaj de magneziu AM dopat sau un aliaj de magneziu ZK dopat. Așa cum s-a definit aici, un "aliaj de magneziu MG dopat" este un aliaj care conține cel puțin magneziu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; un "aliaj de magneziu WE dopat" este un aliaj care conține cel puțin un metal de pământuri rare, magneziu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; un "aliaj de magneziu AZ dopat" este un aliaj care conține cel puțin aluminiu, zinc, magneziu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum

s-a definit aici; un "aliaj de magneziu AM dopat" este un aliaj care conține cel puțin aluminiu, mangan, magneziu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; și un "aliaj de magneziu ZK" este un aliaj care conține cel puțin zinc, zirconiu, magneziu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici.

[0078] Aliajul de magneziu MG dopat cuprinde aproximativ 75% până la aproximativ 99,95% magneziu, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% materialul suplimentar, fiecare reprezentând procente în greutate din aliajul de magneziu dopat MG. Aliajul de magneziu WE dopat cuprinde aproximativ 60% până la aproximativ 98,95% magneziu, aproximativ 1% până la aproximativ 15% un metal de pământ rar sau o combinație de metal de pământ rar, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de magneziu WE dopat. Metalul de pământ rar poate fi selectat din grupul constând în scandiu, lantan, ceriu, praseodim, neodim, promet, samariu, europiu, gadoliniu, disprosiu, holmiu, erbiu, tuliu, yterbiu, lutețiu, ytriu și orice combinație a acestora. Aliajul de magneziu AZ dopat cuprinde aproximativ 57,3% până la aproximativ 98,85% magneziu, aproximativ 1% până la aproximativ 12,7% aluminiu, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de magneziu AZ dopat. Aliajul de magneziu dopat ZK cuprinde aproximativ 58% până la aproximativ 98,94% magneziu, aproximativ 1% până la aproximativ 12% zinc, aproximativ 0,01% până la aproximativ 5% zirconiu, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de magneziu ZK dopat. Aliajul de magneziu AM dopat cuprinde aproximativ 61% până la aproximativ 97,85% magneziu, aproximativ 2% până la aproximativ 10% aluminiu, aproximativ 0,1% până la aproximativ 4% mangan, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de magneziu AM dopat. Fiecare dintre aceste valori este critică în raport de exemplele de realizare ale prezentei descrieri și poate depinde de un număr de factori care includ, dar fără a se limita la, viteza de degradare dorită, tipul de dopant (dopanți) selectat (selectați), prezența și tipul de material suplimentar, și altele asemenea, precum și combinații ale acestora.

[0079] Exemple specifice de materiale metalice degradabile din aliaje de aluminiu pentru utilizare conform exemplurilor de realizare a prezentei invenții pot include, dar nu se limitează la, un aliaj de aluminiu silumin dopat (mai simplu denumit, de asemenea, "aliaj silumin dopat"), un aliaj de aluminiu Al-Mg dopat, un aliaj de aluminiu Al-Mg-Mn dopat, un aliaj de aluminiu Al-Cu dopat, un aliaj de aluminiu Al-Cu-Mg dopat, un aliaj de aluminiu Al-Cu-Mn-Si dopat, un aliaj de aluminiu Al-Cu-Mn-Mg dopat, un aliaj de aluminiu Al-Cu-Mg-Si-Mn dopat, un aliaj de aluminiu Al-Zn dopat, un aliaj de aluminiu Al-Cu-Zn dopat și orice combinație a acestora. Așa cum s-a definit aici, un "aliaj de aluminiu silumin dopat" este un aliaj care conține cel puțin siliciu, aluminiu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum a fost definit aici; un "aliaj de aluminiu Al-Mg dopat" este un aliaj care conține cel puțin magneziu, aluminiu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; un "aliaj de aluminiu Al-Mg-Mn dopat" este un aliaj care conține cel puțin magneziu, mangan, aluminiu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; un "aliaj de aluminiu Al-Cu dopat" este un aliaj care conține cel puțin cupru, aluminiu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; un "aliaj de aluminiu Al-Cu-Mg dopat" este un aliaj care conține cel puțin cupru, magneziu, aluminiu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; un "aliaj de aluminiu Al-Cu-Mn-Si dopat" este un aliaj care conține cel puțin cupru, mangan, siliciu, aluminiu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; un "aliaj de aluminiu Al-Cu-Mn-Mg dopat" este un aliaj care conține cel puțin cupru, mangan, magneziu, aluminiu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; un "aliaj de aluminiu Al-Cu-Mg-Si-Mn dopat" este un aliaj care conține cel puțin cupru, magneziu, siliciu, mangan, aluminiu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; un "aliaj de aluminiu Al-Zn dopat" este un aliaj care conține cel puțin zinc, aluminiu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum s-a definit aici; și un "aliaj de aluminiu Al-Cu-Zn dopat" este un aliaj care conține cel puțin cupru, zinc, aluminiu, dopant și material suplimentar opțional, așa cum este definit aici.

[0080] Aliajul de aluminiu silumin dopat cuprinde aproximativ 62% până la aproximativ 96,95% aluminiu, aproximativ 3% până la aproximativ 13% siliciu, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de aluminiu silumin dopat. Aliajul de aluminiu Al-Mg dopat conține aproximativ 62% până la aproximativ 99,45% aluminiu, aproximativ 0,5% până la

aproximativ 13% magneziu, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de aluminiu Al-Mg dopat. Aliajul de aluminiu Al-Mg-Mn dopat conține aproximativ 67% până la aproximativ 99,2% aluminiu, aproximativ 0,5% până la aproximativ 7% magneziu, aproximativ 0,25% până la aproximativ 1% mangan, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de aluminiu Al-Mg-Mn dopat. Aliajul de aluminiu Al-Cu dopat cuprinde aproximativ 64% până la aproximativ 99,85% aluminiu, aproximativ 0,1% până la aproximativ 11% cupru, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de aluminiu Al-Cu dopat.

[0081] Aliajul de aluminiu Al-Cu-Mg dopat cuprinde aproximativ 61% până la aproximativ 99,6% aluminiu, aproximativ 0,1% până la aproximativ 13% cupru, aproximativ 0,25% până la aproximativ 1% magneziu, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de aluminiu Al-Cu-Mg dopat. Aliajul de aluminiu Al-Cu-Mn-Si dopat cuprinde aproximativ 68,25% până la aproximativ 99,35% aluminiu, aproximativ 0,1% până la aproximativ 5% cupru, aproximativ 0,25% până la aproximativ 1% mangan, aproximativ 0,25% până la aproximativ 0,75% siliciu, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant, și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de aluminiu Al-Cu-Mn-Si dopat. Aliajul de aluminiu Al-Cu-Mn-Mg dopat cuprinde aproximativ 70,5% până la aproximativ 99,35% aluminiu, aproximativ 0,1% până la aproximativ 3% cupru, aproximativ 0,25% până la aproximativ 0,75% mangan, aproximativ 0,25% până la aproximativ 0,75% magneziu, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de aluminiu Al-Cu-Mn-Mg dopat. Aliajul de aluminiu Al-Cu-Mg-Si-Mn dopat cuprinde aproximativ 67,5% până la aproximativ 99,49% aluminiu, aproximativ 0,5% până la aproximativ 5% cupru, aproximativ 0,25% până la aproximativ 2% magneziu, aproximativ 0,1% până la aproximativ 0,4 % siliciu, aproximativ 0,01% până la aproximativ 0,1% mangan, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material

suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de aluminiu Al-Cu-Mg-Si-Mn dopat. Aliajul de aluminiu Al-Zn dopat cuprinde aproximativ 45% până la aproximativ 84,95% aluminiu, aproximativ 15% până la aproximativ 30% zinc, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de aluminiu Al-Zn dopat. Aliajul de aluminiu Al-Cu-Zn dopat cuprinde aproximativ 63% până la aproximativ 99,75% aluminiu, aproximativ 0,1% până la aproximativ 10% cupru, aproximativ 0,1% până la aproximativ 2% zinc, aproximativ 0,05% până la aproximativ 15% dopant și aproximativ 0% până la aproximativ 10% material suplimentar, fiecare reprezentând procente din greutatea aliajului de aluminiu Al-Cu-Zn dopat.

[0082] În unele exemple de realizare, în care cel puțin două componente ale obturatorului frac **200, 300** sau ale altui dispozitiv de izolare a puțului de foraj **116** sunt realizate dintr-un material metalic degradabil (de exemplu, un aliaj degradabil de aluminiu și/sau magneziu), fiecare componentă poate cuprinde metale diferite care generează o cuplare galvanică care fie accelerează, fie decelerează viteza de degradare a altei componente a obturatorului frac **200, 300** sau a altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116** care este cel puțin parțial compusă dintr-o substanță degradabilă, fie că este un material metalic degradabil sau un material nemetalic degradabil (de exemplu, un polimer degradabil), cum ar fi elementul de pachet **220**. După cum se poate aprecia, astfel de variante pot depinde de locul în care metalele diferite se află în seria galvanică. În cel puțin un exemplu de realizare, o cuplare galvanică poate fi generată prin încorporarea sau atașarea unei substanțe sau a unei bucăți de material catodic într-o componentă anodică. De exemplu, cuplarea galvanică poate fi generată prin dizolvarea aluminiului în galiu. O cuplare galvanică poate fi generată, de asemenea, prin utilizarea unui anod solubil cuplat la materialul metalic degradabil. În astfel de exemple de realizare, viteza de degradare a materialului metalic degradabil poate fi decelerată până când anodul solubil este dizolvat sau corodat în alt mod. De exemplu, elementele degradabile glisante **216a, 216b** și benzile de alunecare degradabile **215a, 215b** pot fi compuse dintr-un material metalic degradabil, iar benzile de alunecare degradabile **215a, 215b** pot fi un material mai electronegativ decât elementele degradabile glisante **216a, 216b**. Într-o astfel de formă de realizare, cuplarea galvanică dintre benzile de alunecare degradabile **215a, 215b** și elementele degradabile glisante **216a, 216b** poate

determina ca benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** să acționeze ca un anod și să se degradeze înainte de elementele degradabile glisante **216a**, **216b**. Odată ce benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** s-au degradat, elementele degradabile glisante **216a**, **216b** se vor dizolva sau se vor degrada în mod independent.

[0083] În unele variante de realizare, componenta obturatorului frac **200**, **300** sau a altui dispozitiv de izolare a puțului de foraj **116**, realizată dintr-un material metalic degradabil (de exemplu, elementele degradabile glisante **216a**, **316a**, **216b** și benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b**) așa cum a fost descris aici, poate prezenta o densitate relativ scăzută. Densitatea scăzută se poate dovedi avantajoasă în ceea ce privește posibilitatea de plasare a obturatorului frac **200**, **300** sau a altui dispozitiv de izolare a puțului de foraj **116** în puțuri de foraj extinse, cum ar fi găuri laterale cu lungime extinsă. După cum se va aprecia, cu cât există mai multe componente ale dispozitivului de izolare a puțului de foraj compuse dintr-un material metalic degradabil (sau alt material) având o densitate scăzută, cu atât este mai mică densitatea obturatorului frac **200**, **300** sau a altui dispozitiv de izolare a puțului de foraj **116** în ansamblu. În unele variante de realizare, materialul metalic degradabil este un aliaj de magneziu sau un aliaj de aluminiu și poate avea o densitate mai mică de 3 g/cm^3 , sau mai mică de 2 g/cm^3 , sau mai mică de 1 g/cm^3 , sau chiar mai mică. În alte exemple de realizare, în care materialul metalic degradabil este un material care este mai ușor decât oțelul, densitatea poate fi mai mică de 5 g/cm^3 , sau mai mică de 4 g/cm^3 , sau mai mică de 3 g/cm^3 , sau mai mică de 2 g/cm^3 , sau mai mică de 1 g/cm^3 , sau chiar mai mică. Cu titlu de exemplu, includerea litiului într-un aliaj de magneziu poate reduce densitatea aliajului.

[0084] În unele exemple de realizare, elementul de pacher **220** al obturatorului frac **200** poate fi compus dintr-un polimer (de exemplu, un elastomer) care este suficient de flexibil (adică elastic) pentru a asigura o etanșare la fluid între două porțiuni ale unei secțiuni de foraj. Poate fi de dorit ca ponderea degradării să determine ca elementul de pacher **220** să nu mai mențină o etanșare la fluid în gaura de foraj, care să fie capabilă să mențină presiunea diferențială. Cu toate acestea, deoarece elementele degradabile glisante **216a**, **216b** și benzile de alunecare degradabile **215a**, **215b** și, opțional, alte componente ale obturatorului frac **200**, **300** sau alte dispozitive de izolare a găurii de foraj **116** sunt, în plus, compuse dintr-o substanță degradabilă, degradarea a cel puțin trei componentele nu implică necesitatea ca elementul de pacher **220** să se degradeze de la sine până la punctul distrugerii

etanșării la fluid. În mod similar, poate fi de dorit ca elementul de pacher **220** să fie compus dintr-un elastomer degradabil și, în unele cazuri, degradarea elementului de pacher **220** poate fi de dorit să se realizeze mai rapid decât orice alte componente degradabile ale obturatorului frac **200, 300** sau ale altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116**, astfel încât fluxul de fluid să fie restabilit în gaura de foraj chiar înainte de degradarea ulterioară care duce la pierderea integrității structurale a obturatorului frac **200, 300** sau a altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116**.

[0085] Viteza de degradare a polimerului degradabil poate fi accelerată, rapidă sau normală, așa cum este definită aici. Degradarea accelerată poate fi în intervalul cuprins între aproximativ 2 ore până la aproximativ 36 de ore, cuprinzând orice valoare sau subset dintre acestea. Degradarea rapidă poate fi realizată în intervalul cuprins între aproximativ 36 de ore și aproximativ 14 zile, cuprinzând orice valoare sau subset dintre acestea. Degradarea normală poate fi considerată ca fiind cuprinsă în intervalul de la aproximativ 14 zile până la aproximativ 120 de zile, cuprinzând orice valoare sau subset dintre acestea. În consecință, degradarea poate fi între aproximativ 120 minute, până la aproximativ 120 zile. De exemplu, degradarea polimerului degradabil poate fi de la aproximativ 2 ore, la aproximativ 30 de zile, sau de la aproximativ 30 de zile, la aproximativ 60 de zile, sau de la aproximativ 60 de zile, la aproximativ 90 de zile, sau de la aproximativ 90 de zile, la aproximativ 120 de zile, cuprinzând orice valoare sau subset dintre acestea. Fiecare dintre aceste valori este importantă și depinde de un număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, tipul de polimer degradabil selectat, condițiile mediului de foraj și altele asemenea.

[0086] Polimerul degradabil care formează cel puțin o porțiune dintr-o componentă a obturatorului frac **200, 300** sau a altui dispozitiv de izolare a găurii de foraj **116** (de exemplu, elementul de pacher **220**) poate fi un material care este cel puțin parțial degradabil într-un mediu de foraj, incluzând, dar fără a se limita la, un cauciuc poliuretanic (de exemplu, poliuretani turnați, poliuretani termoplastici, poliuretani din polieteran); un cauciuc poliuretanic pe bază de poliester (de exemplu, poliuretani termoplastici pe bază de poliester lactonă); un cauciuc poliuretanic pe bază de polieter; un polimer pe bază de tiol (de exemplu, 1,3,5-triacriloilhexahidro-1,3,5-triazină); un polimer tiol-epoxi (de exemplu, având o grupă funcțională epoxidică, cum ar fi eter diglicidil bisfenol-A, triglicidilizocianurat și/sau eter triglicidil trimetilopropan); un cauciuc acid hialuronic; un cauciuc polihidroxiobutirat; un elastomer de poliester; un elastomer de poliester amidă; o rășină pe bază de amidon

(de exemplu, amidon-poli (alcool etilen-co-vinilic), un amidon-alcool polivinilic, un amidon-acid polilactic, amidon-policaprolactonă, amidon-poli (butilen succinat) și altele asemănătoare); un polimer polietilen tereftalat; un termoplastice din poliester (de exemplu, copolimeri polieter/ester, copolimeri poliester/ester); un polimer de acid polilactic; un polimer polibutilen succinat; un polimer de acid polihidroxi-alcanoic; un polimer de polibutilen tereftalat; o polizaharidă; chitină; chitosan; o proteină; un poliester alifatic; poli (ϵ -caprolactona); un poli (hidroxibutirat); poli (etilenoxid); poli (fenilactidă); un poli (aminoacid); un poli (ortoester); polifosfazenă; o polilactidă; o poliglicolidă; o poli (anhidridă) (de exemplu, poli (anhidrida adipică), poli (anhidrida suberică), poli (anhidrida sebacică), poli (anhidrida dodecandioică), poli (anhidrida maleică) și poli (anhidrida benzoică) și altele asemenea); o poliepiclorhidrină; un copolimer de oxid/poli-epiclorhidrină de etilenă; un terpolimer de epiclorhidrină/oxid de etilen/alil glicidil eter; copolimeri ai acestora; terpolimerii acestora; și orice combinație a acestora.

[0087] În unele variante de realizare, polimerul degradabil poate fi, de preferință, un cauciuc poliuretanic, un cauciuc poliuretanic pe bază de poliester sau un cauciuc poliuretanic pe bază de polieter (per ansamblu numit simplu "cauciuc pe bază de poliuretan"). Aceste cauciucuri pe bază de poliuretan se degradează în apă printr-o reacție hidrolitică, deși alte metode de degradare pot fi, de asemenea, aplicate pentru a determina gradul de degradare a cauciucurilor pe bază de poliuretan. Așa cum este utilizată aici, expresia "reacție hidrolitică" și variantele acesteia (de exemplu, "degradarea hidrolitică") se referă la degradarea unui material prin scindarea legăturilor chimice în prezența (de exemplu, prin adăugare de) unui fluid apos. Cauciucurile pe bază de poliuretan se formează în mod tradițional prin reacția unui poliizocianat cu un polioliol. În exemplele de realizare descrise aici, deși nelimitative, polioliolul pentru formarea unui cauciuc pe bază de poliuretan poate fi un polioliol din ulei natural, un polioliol poliesteric (de exemplu, polibutadieni (de exemplu, adipatul de polibutandiol), policaprolactone, policarbonați și altele asemenea) sau un polioliol polieteric (de exemplu, politetrametilen eter glicol, polioxipropilen glicol, polioxietilen glicol și altele asemenea). Deoarece polioliolii polieterici sunt, în mod tipic, mai reactivi din punct de vedere hidrolitic decât polioliolii poliesterici și polioliolii din uleiuri naturale, pot fi preferați polioliolii polieterici, în special atunci când degradarea polimerului degradabil se bazează numai pe contactul lichid apos și nu, în plus, pe alți stimuli de degradare. Cu toate acestea, oricare polioliol poate fi utilizat pentru a

forma cauciuc pe bază de poliuretan, pentru a fi utilizat ca polimer degradabil conform celor descrise aici, și fiecare este important pentru variantele de realizare dezvăluite, în condițiile în care ponderea dorită a degradării în timp poate depinde de un număr de factori, incluzând condițiile din formațiunea subterană, operația din formațiunea subterană care este efectuată și altele asemenea. Se pot utiliza, de asemenea, combinații ale acestor polioli, fără a se îndepărta de obiectul prezentei invenții.

[0088] În consecință, viteza de degradare hidrolitică a unui cauciuc pe bază de poliuretan pentru utilizare pe post de polimeri degradabili descriși aici poate fi ajustată și controlată pe baza ordinii adității de polioli, precum și a proprietăților și cantităților de polioli. Ca exemplu, în unele variante de realizare, cantitatea de polioli este inclusă într-o gamă de cantități cuprinsă în intervalul începând de la aproximativ 0,25 la aproximativ 2 raport stoechiometric al poliizocianatului în cauciucul pe bază de poliuretan, cuprinzând orice valoare și subset dintre ele. De exemplu, polioliul poate fi inclus într-o proporție de aproximativ 0,25 până la aproximativ 0,5, sau de aproximativ 0,5 până la aproximativ 1, sau de aproximativ 1 până la aproximativ 1,5, sau de aproximativ 1,5 până la aproximativ 2 raport stoechiometric al poliizocianatului în cauciucul pe bază de poliuretan, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. Fiecare dintre aceste valori este importantă pentru exemplele de realizare descrise aici și poate depinde de un număr de factori incluzând, dar fără să se limiteze la, viteza de degradare hidrolitică dorită, tipul de polioli (i) selectat (selectați), mediul din puțul de foraj și altele asemenea.

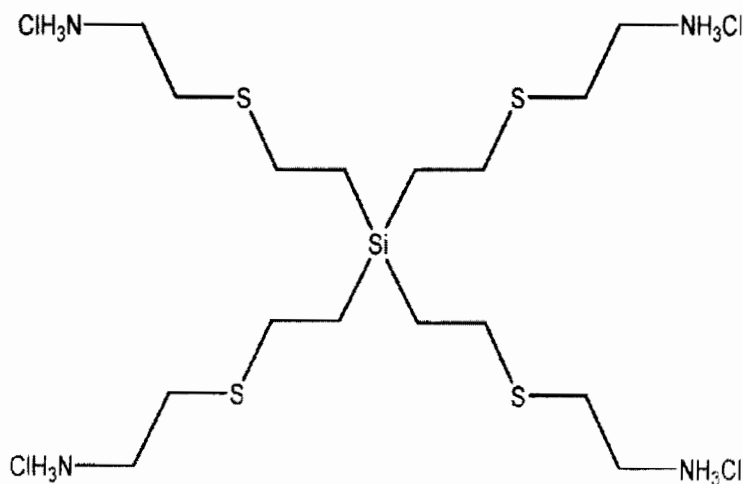
[0089] În unele exemple de realizare, unde polimerul degradabil selectat este un cauciuc pe bază de poliuretan (de exemplu, pentru formarea elementului de pachet **220** și/sau a bilei frac **208**), includerea unui inițiator de funcționalitate scăzută îi poate conferi flexibilitate acestuia. Astfel de inițiatori cu funcționalitate scăzută pot include, dar fără a se limita la, dipropilen glicol, glicerină, soluție sorbitol/soluție de apă și orice combinație a acestora. Așa cum este utilizat aici, termenul "inițiator de funcționalitate scăzută" și variantele gramaticale ale acestuia se referă la numărul mediu de locuri reactive la izocianat per moleculă, în intervalul cuprins de la aproximativ 1 până la aproximativ 5. Acești inițiatori de funcționalitate redusă conferă flexibilitate elementului de pachet **220** și pot fi incluși în cauciucurile pe bază de poliuretan descrise aici, într-o pondere inclusă în intervalul de la aproximativ 1%, până la aproximativ 50% în greutate de polioli din cauciucul pe bază de poliuretan,

cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. De exemplu, inițiatorii de funcționalitate scăzută pot fi incluși în cauciucurile pe bază de poliuretan într-o cantitate de aproximativ 1% până la aproximativ 12,5%, sau de aproximativ 12,5% până la aproximativ 25%, sau de aproximativ 25% până la aproximativ 37,5%, sau de aproximativ 37,5% până la aproximativ 50% în greutate de polioli din cauciucul pe bază de poliuretan, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. În plus, în unele variante de realizare, polioli cu greutate moleculară mai mare, pentru utilizare la formarea cauciucurilor pe bază de poliuretan descrise aici, pot conferi flexibilitate elementului de pachet **220** descris aici. De exemplu, în unele variante de realizare, greutatea moleculară a polioliilor selectați poate fi cuprinsă în intervalul de la aproximativ 200 Dalton (Da), până la aproximativ 20000 Da, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. De exemplu, greutatea moleculară a polioliilor poate fi de aproximativ 200 Da până la aproximativ 5000 Da, sau de aproximativ 5000 Da până la aproximativ 10000 Da, sau de aproximativ 10000 Da până la aproximativ 15000 Da, sau de aproximativ 15000 Da până la 20000 Da, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. Fiecare dintre aceste valori este importantă pentru exemplele de realizare descrise aici și poate depinde de un număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, flexibilitatea dorită a polimerului degradabil (și astfel a componentei compusă cel puțin parțial din acesta), tipul de operațiune care se efectuează în formațiunea subterană, mediul din sonda de foraj și altele asemenea.

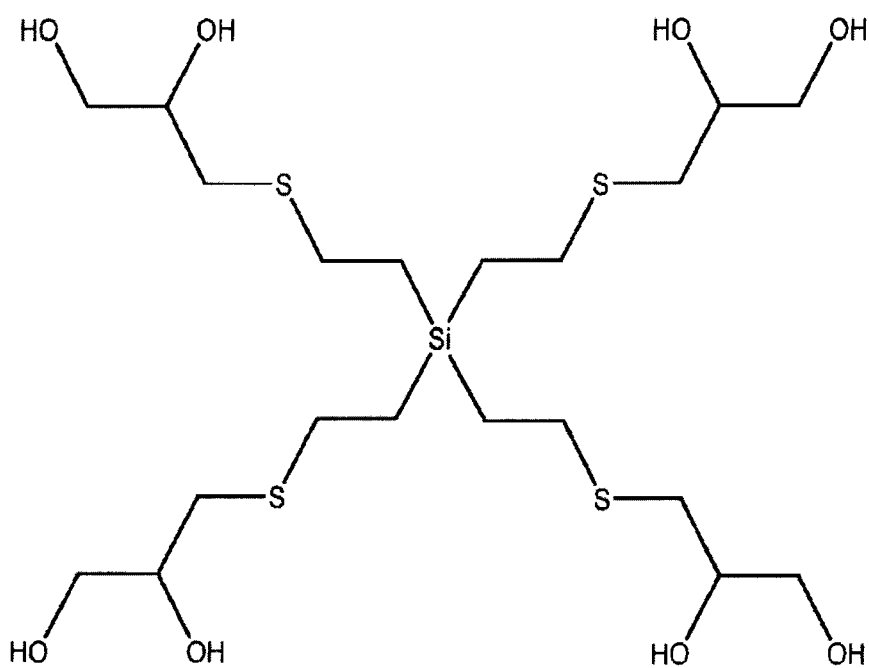
[0090] În unele exemple de realizare, polimerul degradabil descris aici poate fi format dintr-un polimer pe bază de tiol. Așa cum este utilizat aici, termenul "tiol" este echivalent cu termenul "sulfhidril". Polimerul pe bază de tiol poate cuprinde cel puțin o grupă funcțională tiol. În unele exemple de realizare, polimerul pe bază de tiol poate cuprinde grupe funcționale tiol în intervalul cuprins de la aproximativ 1 până la aproximativ 22, cuprinzând fiecare valoare și subset dintre ele. De exemplu, polimerul pe bază de tiol poate conține grupe funcționale tiol într-o cantitate de aproximativ 1 la aproximativ 5, sau de 5 la aproximativ 10, sau de 10 la aproximativ 15, sau de 15 la aproximativ 20, sau de 20 la aproximativ 22, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. În alte exemple de realizare, polimerul pe bază de tiol poate cuprinde chiar și un număr mai mare de grupe funcționale tiol. Fiecare dintre aceste valori este critică pentru exemplele de realizare ale prezentei descrieri și poate depinde de un număr de factori care includ, dar nu se limitează la, viteza de degradare dorită, procesul de degradare dorit și altele asemenea.

[0091] Polimerul pe bază de tiol poate fi, dar nu este limitat la, un produs de reacție tiol-en, un produs de reacție tiol-in, un produs de reacție tiol-epoxi și orice combinație a acestora. Polimerii pe bază de tiol, indiferent că este vorba de produs de reacție tiol-en, tiol-in sau tiol-epoxi, poate fi definit aici ca fiind, în general, produsul de reacție al unei grupe funcționale tiol și al unei grupe funcționale nesaturate și poate fi format prin reacții chimice tip „clic”. Grupa funcțională tiol este un compus organosulf, care conține sulfhidril cu legături de carbon, reprezentat prin formula -C-SH sau R-SH, în care R reprezintă o grupă de atomi de alcan, alchenă sau alta conținând carbon.

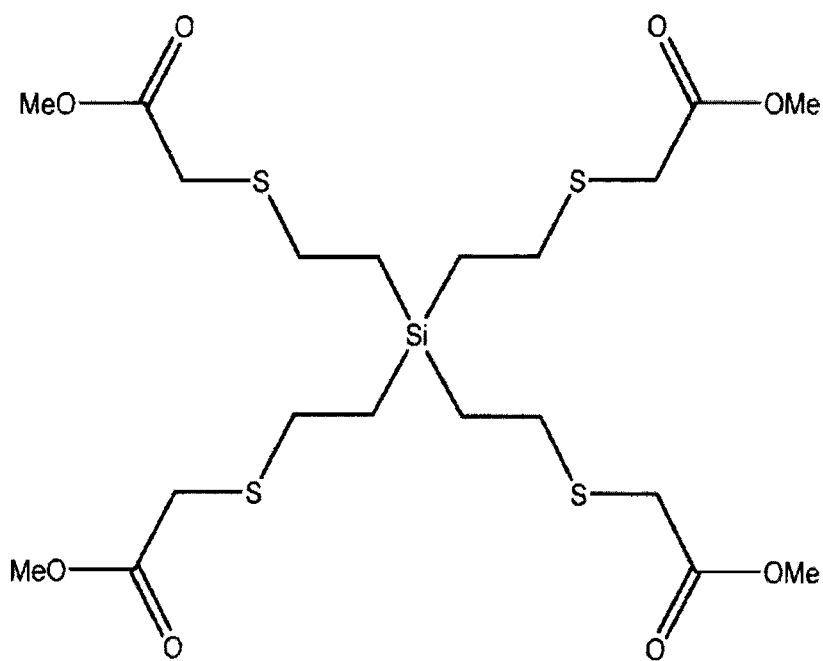
[0092] Reacțiile tiol-en pot fi caracterizate ca fiind versiunea cu sulf a unei reacții de hidro-sililare. Produsul de reacție tiol-en poate fi format prin reacția a cel puțin unei grupe funcționale tiol cu o varietate de grupe funcționale nesaturate incluzând, dar fără a se limita la, o maleimidă, un acrilat, o norbornenă, o legătură dublă carbon-carbon, un silan, o adiție nucleofilă de tip Michael și orice combinație a acestora. Așa cum se utilizează aici, termenul "adiție nucleofilă de tip Michael" și variantele gramaticale ale acestuia se referă la adiția nucleofilă a unui carbanion sau a altui nucleofil la un compus carbonil α , β - nesaturat, având structura generală $(O = C)-C^{\alpha} = C^{\beta}$. Un exemplu de produs de reacție tiol-en adecvat poate include, dar nu se limitează la, 1,3,5-triacriloilhexahidro-1,3,5-triazină. Exemple de produși de reacție tiol-en/silan adecvați, care pot fi utilizați pentru formarea a cel puțin unei porțiuni a obturatorului frac **200** sau a componentei acestuia includ, dar nu se limitează la, următoarele formule 1-6:



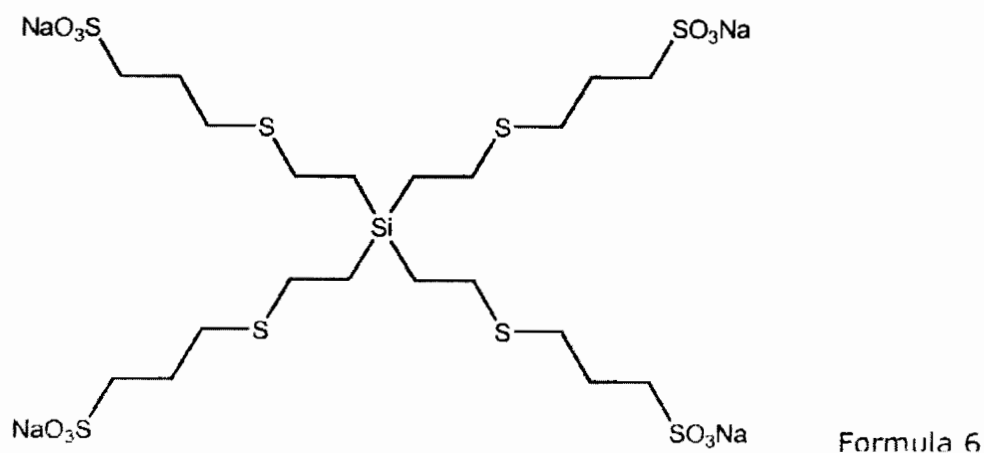
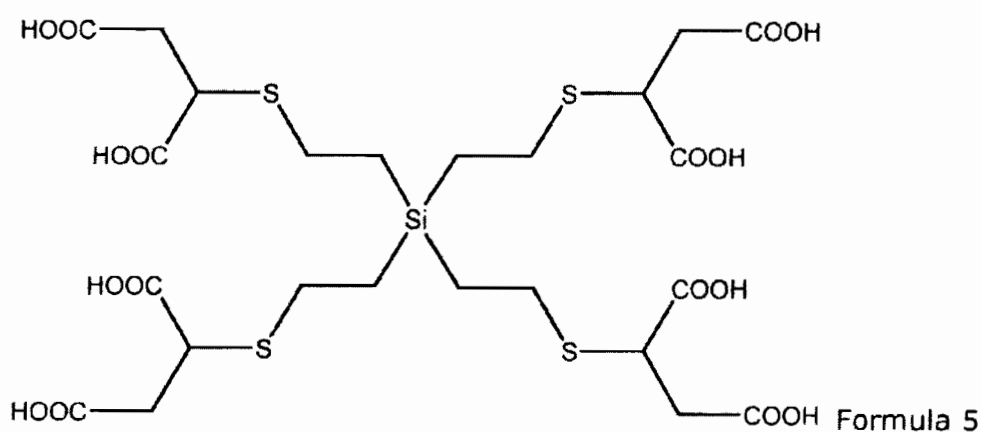
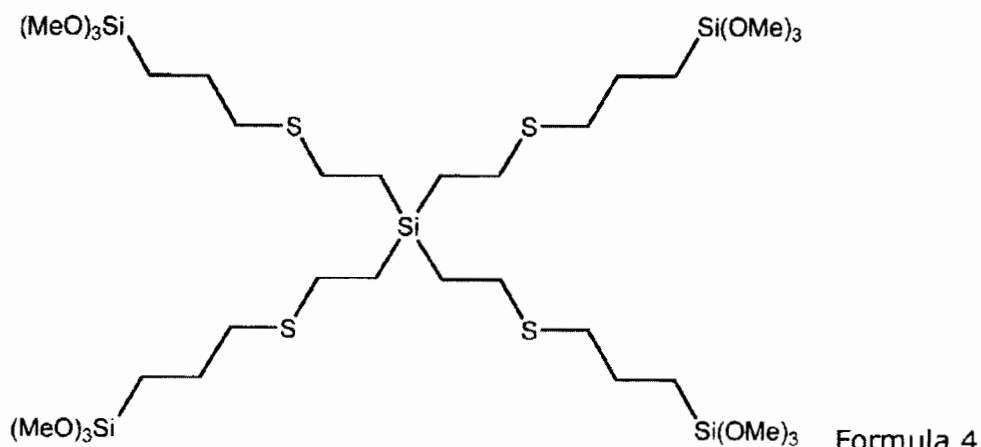
Formula 1



Formula 2



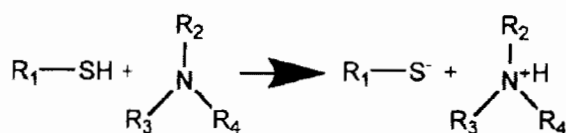
Formula 3



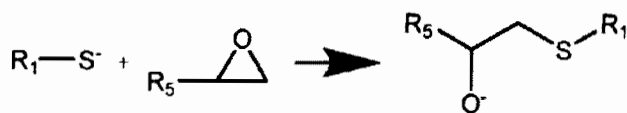
[0093] Produșii de reacție tiol-in pot fi caracterizați printr-o reacție de adiție organică între o grupă funcțională tiol și o alchină, alchinea fiind o hidrocarbură nesaturată având cel puțin o legătură triplă carbon-carbon. Reacția de adiție poate fi facilitată de un inițiator radical sau de iradiere UV și se desfășoară printr-o specie de radical

sulfanil. Reacția poate fi, de asemenea, amino-mediată sau catalizată de un metal de tranziție.

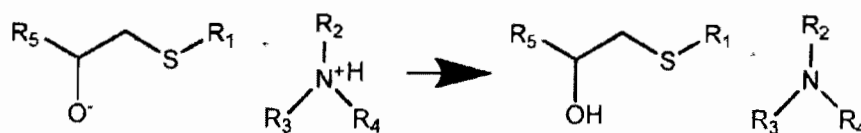
[0094] Producții de reacție tiol-epoxi pot fi preparați printr-o reacție tiol-en cu cel puțin o grupă funcțională epoxidică. Grupele funcționale epoxidice adecvate pot include, dar nu se limitează la, un eter glicidil, o amină glicidil sau ca parte a unui sistem inelar alifatic. Exemple specifice de grupe funcționale epoxidice pot include, dar nu se limitează la, eter bisfenol-A diglicidil, triglicidilzocianurat, eter trimetilolpropan triglicidil și orice combinație a acestora. Producții de reacție tiol-epoxi pot fi dezvoltate prin unul sau mai multe dintre mecanismele prezentate mai jos; cu toate acestea, pot fi utilizate și alte mecanisme, fără a se îndepărta de obiectul prezentei invenții:



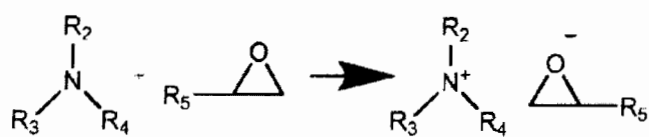
Mecanism 1



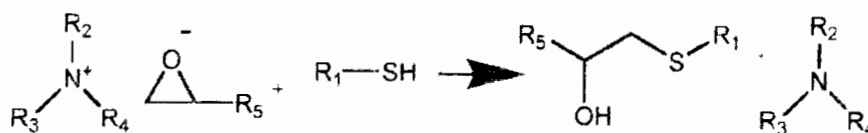
Mecanism 2



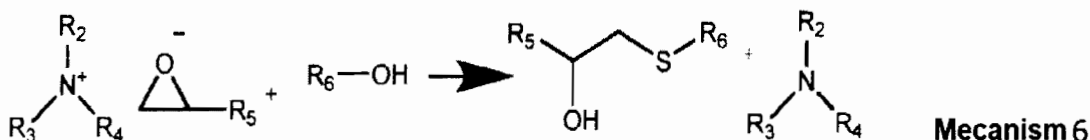
Mecanism 3



Mecanism 4



Mecanism 5



[0095] Așa cum s-a menționat mai sus, polimerul pe bază de tiol poate include cel puțin o grupă funcțională tiol și cel puțin o grupă funcțională degradabilă. Astfel de grupe funcționale degradabile pot include, dar nu sunt limitate la, unul sau mai multe dintre: un monomer degradabil, un oligomer degradabil sau un polimer degradabil. Exemple specifice de grupe funcționale degradabile pot include, dar nu se limitează la, un acrilat, o lactidă, o lactonă, o glicolidă, o anhidridă, o lactamă, un alil, un polietilen glicol, un hidrogel pe bază de polietilen glicol, un aerogel, o poli (lactidă), un poli (acid glicolic), un poli (vinil alcool), o poli (N-isopropilacrilamidă), o poli (ϵ -caprolactonă), un poli (hidroxibutirat), o polianhidridă, un policarbonat alifatic, un policarbonat aromatic, un poli (ortoester), un poli (hidroxi ester eter), un poli (ortoester), un poli (aminoacid), un poli (etilen oxid), o polifosfazenă, o poli (fenilactidă), un poli (hidroxibutirat), un dextran, un chitină, o celuloză, o proteină, un poliester alifatic și orice combinație a acestora.

[0096] În unele variante de realizare, polimerul pe bază de tiol cuprinde cel puțin o polietilenă pe bază de glicol hidrogel, cum ar fi una formată dintr-un polietilenglicol norbornen cu patru brațe, care este reticulat cu reticulanți care conțin ditiol, pentru a forma un hidrogel reticulat chimic cu scopul de a obține proprietăți de dilatare. Proprietățile de dilatare ale unui astfel de hidrogel pot varia în funcție de un număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, densitatea rețelei, gradul de reticulare și orice combinație a acestora. În unele exemple de realizare, gradul de reticulare poate fi crescut în funcție de dorință, pentru a obține un modul de tracțiune mai mare și un procent redus de dilatare.

[0100] Bila frac **208** poate fi compusă din material metalic degradabil sau din polimer degradabil, așa cum s-a descris mai sus. De exemplu, bila frac **208** poate fi realizată din acid poliglicolic (PGA) și/sau acid polilactic (PLA). În alte exemple de realizare, bila frac **208** sau orice altă componentă poate fi alcătuită dintr-un material degradabil incluzând, dar fără a se limita la, materialele metalice degradabile (de exemplu, aliaje degradabile de magneziu și/sau de aluminiu) descrise mai sus, polimerii degradabili descriși mai sus, sticlă degradabilă, o sare deshidratată și orice combinație a

acestora. Aceasta înseamnă că cel puțin o porțiune dintr-o singură componentă poate fi compusă din mai mult de un material degradabil, așa cum este descris aici. În general, materialul metalic degradabil, materialul de sticlă degradabil și sărurile deshidratate sunt rigide și asigură structura, în timp ce polimerul degradabil este flexibil (adică elastic), ceea ce va condiționa componentele particulare ale obturatorului frac **200** care sunt compuse din oricare dintre aceste materiale. Desigur, variația în ceea ce privește aceste materiale poate depăși termenii acestei generalizări, fără îndepărtarea de obiectul prezentei invenții. În plus, în alte exemple de realizare, orice componentă a obturatorului frac **200** poate fi realizată dintr-un material nemetalic degradabil. Orice material nedegradabil (de exemplu, metale, materiale plastice, sticlă și altele asemenea) poate fi utilizat în mod suplimentar pentru a forma o componentă a obturatorului frac **200**.

[0101] Exemplele de material adecvat degradabil din sticlă pot include, dar nu se limitează la, polialchenoat de sticlă, polialchenoat de sticlă de borat, sticlă de fosfat de calciu, sticlă acid polilactic/fosfat de calciu, sticlă fosfat, sticlă de silice și orice combinație a acestora. O sare deshidratată este adecvată pentru a fi utilizată în exemplele de realizare ale prezentei descrieri dacă aceasta se va degrada în timp pe măsură ce se hidratează. De exemplu, un material borat anhidru solid sub formă de particule, care se degradează în timp, poate fi adecvat în acest sens. Exemple specifice de materiale de borat anhidru solid sub formă de particule care pot fi utilizate includ, dar nu se limitează la, tetraborat de sodiu anhidru (cunoscut și ca borax anhidru) și acid boric anhidru. Aceste materiale de borat anhidru sunt doar puțin solubile în apă. Cu toate acestea, în timp și ca urmare a căldurii dintr-un mediu subteran, materialele borat anhidre reacționează cu lichidul apos înconjurător și sunt hidratate. Materialele borat hidratate rezultate sunt foarte solubile în apă în comparație cu materialele borate anhidre și, ca urmare, se degradează în fluidul apos. În unele cazuri, timpul total necesar pentru degradarea materialelor borat anhidre într-un fluid apos este cuprins în intervalul de la aproximativ 8 ore, la aproximativ 72 de ore, în funcție de temperatura zonei subterane în care sunt plasate. Alte exemple includ săruri organice sau anorganice cum ar fi acetat trihidrat.

[0102] În unele exemple de realizare, polimerul degradabil care formează una sau mai multe componente ale obturatorului frac **200** (de exemplu, cel puțin dornul **206** și/sau elementele de glisare **216a, b**) poate avea un polimer termoplastic încorporat în acesta. În unele cazuri, polimerul degradabil este el însuși un termoplastic, caz în

care poate fi încorporat un polimer termoplastic diferit în acesta, în conformitate cu exemplele de realizare descrise aici. Așadar, materialul termoplastic poate servi ca polimer pentru formarea uneia sau mai multor componente ale obturatorului frac **200**, singur sau în combinație, fără a se îndepărta de scopul prezentei invenții. Polimerul termoplastic poate modifica rezistența, elasticitatea sau modulul unei componente a obturatorului frac **200** (de exemplu, elementul de pachet **220** și/sau bila frac **208**) și poate, de asemenea, să controleze viteza de degradare a acestuia. Polimerii termoplastici adecvați pot include, dar nu se limitează la, polipropilenă, un poliester alifatic (de exemplu, acid poliglicolic, acid polilactic, policaprolactonă, polihidroxiacanoat, polihidroxiacanat, polihidroxiacetat, adipat de polietilenă, polibutilen succinat, acid poli (lactico-glicolic), poli-3-hidroxiacetat-co-3-hidroxiacetat, policarbonat și altele asemănătoare) și orice combinație a acestora. În anumite situații, așa cum s-a arătat mai sus, substanța degradabilă poate fi un termoplastic, care poate fi combinat cu una sau mai multe alte substanțe degradabile (în combinație) sau cu un termoplastic dintre cele enumerate mai sus.

[0103] Cantitatea de polimer termoplastic care poate fi încorporată în polimerul degradabil este selectată astfel încât să confere o calitate dorită (de exemplu, elasticitate), fără a afecta ponderea dorită a degradării. În unele exemple de realizare, polimerul termoplastic poate fi inclus într-o cantitate din intervalul cuprins de la aproximativ 1% până la aproximativ 91% în greutate din polimerul degradabil, cuprinzând orice valoare sau subset dintre ele. De exemplu, polimerul termoplastic poate fi inclus într-o cantitate însemnând aproximativ 1% până la aproximativ 25%, sau aproximativ 25% până la aproximativ 50%, sau aproximativ 50% până la aproximativ 75%, sau aproximativ 75% până la aproximativ 91% în greutate din polimerul degradabil, cuprinzând orice valoare sau subset dintre acestea. Fiecare dintre aceste valori este importantă pentru exemplele de realizare descrise aici și poate depinde de un număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, flexibilitatea dorită a polimerului degradabil, viteza de degradare dorită a substanței degradabile, mediul puțului de foraj, și altele asemenea, precum și combinații ale acestora.

[0104] Un agent de întărire poate fi inclus suplimentar în polimerul degradabil, ceea ce poate crește durabilitate, rigiditatea sau rezistența la încovoiere a componentei obturatorului frac **200** care include cel puțin o porțiune din polimerul degradabil. Astfel de agenți de ranforsare pot fi reprezentați de o particulă, o fibră, o țesătură din fibre și orice combinație a acestora.

[0105] Particulele pot fi de orice dimensiune potrivită pentru încorporarea în polimerul degradabil, cum ar fi în intervalul cuprins de la aproximativ 400 mesh la aproximativ 40 mesh, conform standardului U.S. Sieve Series, și cuprinzând orice valoare sau subset dintre acestea. De exemplu, dimensiunea particulelor pentru încorporarea în polimerul degradabil poate fi cuprinsă în intervalul de la aproximativ 400 mesh până la aproximativ 300 mesh, sau de aproximativ 300 mesh până la aproximativ 200 mesh, sau de aproximativ 200 mesh până la aproximativ 100 mesh, sau de aproximativ 100 mesh până la aproximativ 40 mesh, cuprinzând orice valoare și subset dintre acestea. Mai mult decât atât, nu este nevoie ca particulele să fie cernute sau filtrate la o dimensiune particulară sau specifică a ochiurilor pentru particule sau conform unei distribuții speciale a dimensiunii particulelor, în schimb poate fi utilizată mai degrabă o distribuție largă sau cuprinzătoare a dimensiunilor particulelor, deși o distribuție îngustă a dimensiunii particulelor este de asemenea potrivită.

[0106] În unele exemple de realizare, particulele pot fi, în mod substanțial, sferice sau non-sferice. Particulele de propant substanțial non-sferice pot fi cubice, poligonale sau orice altă formă non-sferică. Astfel de particule substanțial non-sferice pot fi, de exemplu, în formă de cub, în formă dreptunghiulară, în formă de tijă, în formă de elipsă, în formă de con, în formă de piramidă, în formă plană, în formă aplatizată sau în formă de cilindru. Aceasta înseamnă că, în variantele de realizare în care particulele sunt în esență non-sferice, raportul de aspect al materialului poate să cuprindă de la o formă plană a materialului, la o configurație cubică, octogonală sau orice altă configurație.

[0107] Particulele adecvate pentru a fi utilizate ca agenți de întărire în exemplele de realizare descrise aici pot cuprinde orice material adecvat pentru utilizarea în polimerul degradabil care asigură una sau mai multe dintre caracteristicile rigiditate, durabilitatea sau rezistență la deformare sau orice alt beneficiu suplimentar. Materialele adecvate pentru aceste particule pot include, dar nu se limitează la, argilă organofilă, făină de silice, oxid de metal, nisip, bauxită, materiale ceramice, materiale din sticlă, materiale polimerice (de exemplu acetat de etilen vinil sau materiale compozite), materiale politetrafluoroetilen, fragmente de coji de nucă, particule rășinoase întărite care cuprind fragmente de coji de nucă, fragmente de coji de semințe, particule rășinoase întărite care cuprind fragmente de coji de semințe, fragmente de sămburi de fructe, particule rășinoase întărite care cuprind fragmente

de sâmburi de fructe, lemn, particule compozite și combinații ale acestora. Particulele compozite adecvate pot conține un liant și un material de umplutură, în care materialele de umplutură adecvate includ silice, alumina, carbon pirogenic, negru de fum, grafit, mică, dioxid de titan, barită, meta-silicat, silicat de calciu, caolin, talc, zirconiu, bor, cenușă zburătoare, microsferă din sticlă goală, sticlă solidă și combinații ale acestora.

[0108] Fibrele pentru utilizare ca agenți de întărire în polimerul degradabil pot fi de orice dimensiune și din orice material adecvat pentru a fi inclus în acesta. În unele exemple de realizare, fibrele pot avea o lungime mai mică de aproximativ 1,25 inch și o lățime mai mică de aproximativ 0,01 inch. În unele variante de realizare, poate fi utilizat un amestec de diferite dimensiuni de fibre. Fibrele adecvate pot fi formate din orice material adecvat pentru utilizare sub formă de particule, așa cum s-a descris anterior, precum și materiale care includ, dar nu se limitează la, fibre de carbon, nanotuburi de carbon, grafen, fulerenă, o fibră ceramică, o fibră de plastic, o fibră de sticlă, o fibră metalică și orice combinație a acestora. În unele exemple de realizare, fibrele pot fi țesute împreună pentru a forma o țesătură de fibre pentru utilizare în polimerul degradabil.

[0109] În unele exemple de realizare, agentul de întărire poate fi inclus în polimerul degradabil într-o cantitate cuprinsă în intervalul de la aproximativ 1% până la aproximativ 91% în greutate din polimerul degradabil, cuprinzând orice valoare sau subset dintre acestea. De exemplu, agentul de întărire poate fi inclus într-o cantitate de aproximativ 1% până la aproximativ 25%, sau de aproximativ 25% până la aproximativ 50%, sau de aproximativ 50% până la aproximativ 75%, sau de aproximativ 75% până la aproximativ 91% în greutate din polimerul degradabil, cuprinzând orice valoare sau subset dintre acestea. Fiecare dintre aceste valori este importantă pentru exemplele de realizare ale prezentei descrieri și poate depinde de un număr de factori incluzând, dar fără a se limita la, rigiditatea dorită a polimerului degradabil, rezistența dorită a polimerului degradabil, rezistența salină dorită la fluaj a polimerului degradabil, tipul de polimer degradabil selectat și altele asemenea și orice combinație a acestora.

[0110] Conform unei variante de realizare, fiecare dintre substanțele degradabile poate include unul sau mai mulți indicatori prezentați aici. Indicatorul (indicatorii) poate fi, fără limitare, radioactiv, chimic, electronic sau acustic. Un indicator poate fi util în ceea ce privește determinarea, în timp real, a informațiilor cu privire la viteza

de dizolvare a substanței degradabile. Prin faptul că sunt capabili să monitorizeze prezența indicatorului, lucrătorii de la suprafață pot lua decizii pe moment, care pot influența viteza de dizolvare a porțiunilor rămase din obturatorul frac **200**, **300** sau ale altui dispozitiv de izolare a puțului de foraj **116**.

[0111] În unele variante de realizare, substanța degradabilă poate fi încapsulată, cel puțin parțial, într-un al doilea material, sau "manta", dispusă pe toată componenta sau doar pe o porțiune a componentei date a obturatorului frac **200**. Mantaua poate fi configurată pentru a ajuta la prelungirea degradării componentei date a obturatorului frac **200**. Mantaua poate servi, de asemenea, la a proteja componenta de abraziunea din interiorul puțului de foraj **106**. Mantaua poate fi permeabilă, fragilă (de exemplu, după cum s-a discutat anterior cu privire la comprimarea elementul de pachet **220** față de carcasa sau peretele puțului de foraj) sau cuprinde un material care este cel puțin parțial detașabil la o viteză dorită, în mediul din puțul de foraj. În oricare scenariu, mantaua poate fi proiectată astfel încât să nu interfereze cu capacitatea obturatorului frac **200** de a forma o etanșare la fluid în puțul de foraj **106**.

[0112] Mantaua poate cuprinde orice material adecvat pentru utilizare într-un mediu de foraj și, în funcție de componenta pe care o încapsulează, mantaua poate fi sau nu elastică, astfel încât să se poată extinde odată cu expansiunea corespunzătoare a componentei. De exemplu, o manta friabilă se poate rupe pe măsură ce elementele de pachet **220** se extind pentru a forma o etanșare la fluid prin comprimarea pe o carcasă sau pe un perete a unei găuri de foraj, în timp ce o manta permeabilă poate rămâne pe poziție pe elementele de pachet **220** în timp ce acestea formează etanșarea la fluid. Așa cum este utilizat aici, termenul "permeabil" se referă la o structură care permite trecerea de fluide (inclusiv lichide și gaze) prin aceasta și nu se limitează la o anumită configurație.

[0113] Mantaua poate cuprinde oricare dintre substanțele degradabile menționate mai sus. În unele exemple de realizare, mantaua poate fi realizată dintr-o substanță degradabilă care se degradează la o viteză mai mare decât cea a substanței degradabile care formează componenta. Alte materiale adecvate pentru manta includ, dar nu se limitează la, o acoperire TEFLON®, o ceară, un ulei de uscare, un poliuretan, un epoxid, un poliacrilic reticulat parțial hidrolizat, un material silicat, o sticlă, un material anorganic durabil, un polimer, acid polilactic, alcool polivinilic, clorură de poliviniliden, o acoperire hidrofobă, vopsea și orice combinație a acestora.

[0114] În unele exemple de realizare, toată suprafața exterioară sau o porțiune a suprafeței exterioare a unei componente date al obturatorului frac **200** poate fi tratată pentru a împiedica degradarea. De exemplu, suprafața exterioară a unei componente date poate fi supusă unui tratament care ajută la prevenirea degradării substanței degradabile sau care ajută la reducerea vitezei de degradare. Tratamente adecvate pot include, dar nu se limitează la, un tratament de acoperire anodică, un tratament de oxidare, un tratament de conversie a sării de crom, un tratament dicromat, un tratament de acoperire anodică cu fluorură, un tratament de oxidare anodică dură și orice combinație a acestora. De exemplu, un tratament de anodizare poate duce la depunerea unui strat de anodizare de material, pe suprafața exterioară a unei componente date. Stratul de anodizare poate cuprinde materiale cum ar fi, dar fără a se limita la, ceramică, metale, polimeri, epoxizi, elastomeri, materiale plastice sau orice combinație a acestora și pot fi aplicate utilizând orice procedee adecvate cunoscute specialiștilor în domeniu. Exemple de procedee adecvate care au ca rezultat obținerea unui strat de anodizare includ, dar nu se limitează la, acoperire anodizată soft, acoperire anodizată, placare cu nichel fără alimentare electrică, acoperire prin oxidare anodică dură, acoperiri ceramice, acoperire cu bile de carbură, acoperire cu material plastic, acoperire prin pulverizare la cald, acoperire cu combustibil și oxigen, de mare viteză (HVOF), o acoperire nano HVOF, o acoperire metalică.

[0115] În unele exemple de realizare, toată suprafața exterioară a unei componente date a obturatorului frac **200** sau o porțiune a acesteia poate fi tratată sau acoperită cu o substanță configurată pentru a spori degradarea materialului degradabil. De exemplu, un astfel de tratament sau acoperire poate fi configurat pentru a îndepărta o acoperire sau un tratament de protecție sau pentru a accelera în alt fel degradarea substanței degradabile a componentei date. Un exemplu este un material metalic degradabil acoperit cu un strat de acid poliglicolic (PGA). În acest exemplu, PGA este supus hidrolizei și face ca fluidul înconjurător să devină mai acid, ceea ce va accelera degradarea materialului metalic degradabil de dedesubt.

[0116] Variantele de realizare descrise aici pot include, dar nu se limitează la, variantele de realizare A - D.

[0117] Varianta de realizare A este o metodă care cuprinde: introducerea unui dispozitiv de izolare a puțului de foraj într-o gaură de foraj care penetrează o formațiune subterană, dispozitivul de izolare a puțului de foraj cuprinzând un dorn,

elemente degradabile de glisare dispuse în jurul dornului și într-o primă poziție de-a lungul dornului, și cel puțin un element de pachet dispus într-o a doua poziție de-a lungul dornului, în care elemente degradabile de glisare sunt compuse dintr-un aliaj metalic degradabil selectat din grupul constând într-un aliaj de magneziu, un aliaj de aluminiu și orice combinație a acestora; cuplarea prin fricțiune a elementelor degradabile de glisare sau a butoanelor prevăzute pe acestea, cu o suprafață de foraj; comprimarea cel puțin a unui element de pachet pe suprafața găurii de foraj, pentru a fixa dispozitivul de izolare a găurii de foraj în gaura de foraj; aducerea în contact a aliajului metalic degradabil cu un electrolit; și degradarea cel puțin parțială a aliajului metalic degradabil. Varianta de realizare A poate include opțional: în care nu există o intervenție pe puțul de foraj în scopul îndepărtării dispozitivului de izolare a puțului de foraj sau a reziduurilor provenite de la dispozitivul de izolare a puțului de foraj, din gaura de foraj.

[0118] Varianta de realizare B este o metodă care cuprinde: **(a)** introducerea unui obturator frac într-o gaură de foraj care penetrează o formațiune subterană, obturatorul frac cuprinzând cel puțin un dorn, elemente de glisare și un element de pachet, în care elemente de glisare sunt compuse dintr-un aliaj metalic degradabil din grupul constând într-un aliaj de magneziu, un aliaj de aluminiu și orice combinație a acestora; **(b)** cuplarea prin fricțiune a elementelor de glisare sau a butoanelor cuplate la acestea cu o suprafață de foraj din formația subterană; **(c)** comprimarea elementului de pachet pe suprafața găurii de foraj pentru a fixa obturatorul frac; **(d)** realizarea a cel puțin unei perforări în formațiunea subterană; **(e)** fracturarea hidrolică a formațiunii subterane prin cel puțin o perforare; **(f)** aducerea în contact a aliajului metalic degradabil cu un electrolit; **(g)** degradarea cel puțin parțială a aliajului metalic degradabil; și **(h)** producerea unei hidrocarburi din formațiunea subterană. Varianta de realizare B poate include opțional unul sau mai multe dintre: Elementul 1: în care elementul de pachet este cel puțin parțial compus dintr-un polimer degradabil; Elementul 2: în care etapa **(g)** începe înainte de începerea etapei **(h)**; Elementul 3: în care nu există nici o intervenție pe puțul de foraj în scopul îndepărtării obturatorului frac sau a reziduurilor de la obturatorul frac din puțul de foraj între etapele **(e)**, **(g)** și **(h)**; Elementul 4: în care nu există nici o intervenție pe puțul de foraj în scopul îndepărtării obturatorului frac sau a resturilor de la obturatorul frac din puțul de foraj între etapele de la **(e)** și **(g)**, și în care oricare dintre etapele **(g)** sau **(h)** începe înaintea celeilalte; Elementul 5: metoda cuprinzând suplimentar: mișcarea

dornului pe obturatorul frac, prin aceasta comprimând elementul de pacher; Elementul 6: metoda mai cuprinde: distrugerea unei bariere friabile dispusă cel puțin parțial în jurul elementului de pacher, prin aceasta comprimând elementul de pacher; Elementul 7: metoda mai cuprinde: dispunerea unei bile metalice degradabile pe un scaun sferic al obturatorului frac, pentru a crea o etanșare la fluid între acestea; și Elementul 8: metoda cuprinzând în plus: dispunerea unei bile polimerice degradabile pe un scaun sferic al obturatorului frac, pentru a crea o etanșare la fluid între acestea. Exemple de combinații pot include, dar nu se limitează la: Elementul 7 sau 8 în combinație cu Elementul 1; Elementul 2 în combinație cu Elementul 1; Elementul 5 în combinație cu unul sau mai multe dintre Elementele 1-4; și Elementul 6 în combinație cu unul sau mai multe dintre Elementele 1-4.

[0119] Varianta de realizare **C** este un dispozitiv de izolare a puțului de foraj care cuprinde: un dorn; elemente degradabile de glisare dispuse în jurul dornului și compuse dintr-un aliaj metalic degradabil selectat din grupul constând într-un aliaj de magneziu, un aliaj de aluminiu și orice combinație a acestora; și cel puțin un element de pacher dispus de-a lungul dornului.

[0120] Varianta de realizare **D** este un sistem care cuprinde: o sondă care penetrează o formațiune subterană; și dispozitivul de izolare a puțului de foraj conform variantei de realizare C, dispus în gaura de foraj.

[0121] Variantele de realizare C și D pot include opțional unul sau mai multe dintre: Elementul 9: dispozitiv de izolare a găurii de foraj care mai cuprinde: cel puțin o bandă de alunecare degradabilă care constrânge elementele degradabile de glisare; Elementul 10: Elementul 9 și în care cel puțin o bandă de alunecare degradabilă este compusă din polimer degradabil; Elementul 11: Elementul 9 și în care aliajul metalic degradabil este un prim aliaj metalic degradabil; și în care cel puțin o bandă de alunecare degradabilă este alcătuită dintr-un al doilea aliaj metalic degradabil care este mai electronegativ decât primul aliaj metalic degradabil; Elementul 12: dispozitivul de izolare a puțului de foraj cuprinzând în plus: cel puțin o ureche dispusă între două elemente degradabile glisante de juxtapunere; Elementul 13: în care elementele degradabile de glisare cuprind (1) elemente degradabile de glisare superioare, dispuse pe o porțiune superioară a dornului și compuse dintr-un prim aliaj metalic degradabil și (2) elemente degradabile de glisare inferioare, dispuse pe o porțiune inferioară a dornului și compuse dintr-un al doilea aliaj metalic degradabil; și în care cel puțin un element de pacher este dispus de-a lungul dornului, între

elementele degradabile de glisare superioare și inferioare; Elementul 14: Elementul 13 și dispozitivul de izolare a puțului de foraj cuprinzând suplimentar: cel puțin o bandă de alunecare degradabilă care constrânge elementele degradabile de glisare superioare; și cel puțin o ureche dispusă între două elemente degradabile de glisare inferioare de juxtaponere; Elementul 15: Elementul 13 și dispozitivul de izolare a găurii de foraj mai cuprinde: cel puțin o bandă de alunecare degradabilă care constrânge elemente degradabile de glisare inferioare; și cel puțin o ureche dispusă între două elemente degradabile de glisare superioare juxtaponuse; și Elementul 16: în care cel puțin 80% din greutatea dispozitivului de izolare a puțului de foraj este compusă dintr-un material degradabil. Exemple de combinații pot include, dar nu sunt limitate la: Elementele 9 și 12 în combinație; Elementul 13 în combinație cu Elementul 10 sau Elementul 11; și Elementul 16 în combinație cu unul sau mai multe dintre Elementele 9-15.

[0122] Prin urmare, prezenta invenție este adaptată în bună măsură pentru a atinge finalitatea și avantajele menționate, precum și obiectivele care sunt inerente în consecință. Exemplele de realizare particulare dezvăluite mai sus sunt doar ilustrative, deoarece prezenta invenție poate fi modificată și practică în moduri diferite, dar echivalente, evidente pentru specialiștii în domeniu care au avantajul cunoștințelor cuprinse aici. Mai mult decât atât, nu sunt prevăzute limite în ceea ce privește detaliile de construcție sau de proiectare prezentate aici, altele decât cele descrise în revendicările de mai jos. Prin urmare, este evident că exemplele concrete ilustrative descrise mai sus pot fi schimbate, combinate sau modificate și toate aceste variante sunt considerate ca fiind conform obiectului și spiritului prezentei invenții. Invenția prezentată corespunzător în mod ilustrativ poate fi practică în absența oricărui element care nu este dezvăluit în mod specific aici și/sau orice element opțional dezvăluit aici. În timp ce compozițiile și metodele sunt descrise în termeni de "cuprinzând", "conținând" sau "incluzând" diverse componente sau etape, compozițiile și metodele pot de asemenea să "constea în esență din" sau "constau" în diferite componente și etape. Toate numerele și intervalele descrise mai sus pot varia în funcție de o anumită pondere. Ori de câte ori este prezentat un interval numeric cu o limită inferioară și o limită superioară, orice număr și orice interval cuprins în intervalul respectiv este dezvăluit în mod specific. În particular, fiecare domeniu de valori (de forma "de la aproximativ a, la aproximativ b", sau, echivalent, "de la aproximativ a la b", sau, echivalent, "de la aproximativ a-b") dezvăluit aici

trebuie înțeles că menționează fiecare număr și interval cuprins în cadrul gamei mai largi de valori. De asemenea, termenii din revendicări au semnificația lor simplă, obișnuită, cu excepția cazului în care sunt definiți altfel, explicit și clar, de către solicitant. Mai mult, articolele nehotărâte "o" sau "un", așa cum sunt utilizate în revendicări, sunt definite aici ca însemnând unul sau mai mult de unul dintre elementele pe care le introduce.

REVENDICĂRI

1. Metodă care cuprinde:

introducerea unui dispozitiv de izolare pentru puțul de foraj într-un puț de foraj care penetrează o formațiune subterană, dispozitivul de izolare pentru puțul de foraj cuprinzând un dorn, elemente degradabile de glisare dispuse în jurul dornului, și într-o primă poziție de-a lungul dornului, și cel puțin un element de pachet dispus într-o a doua poziție de-a lungul dornului, în care elementele degradabile de glisare sunt realizate dintr-un aliaj metalic degradabil selectat din grupul constând într-un aliaj de magneziu, un aliaj de aluminiu și orice combinație a acestora;

cuplarea prin fricțiune dintre elementele degradabile de glisare sau butoanele degradabile cuplate la acestea și o suprafață a puțului de foraj;

comprimarea respectivului cel puțin un element de pachet pe suprafața puțului de foraj pentru a fixa dispozitivul de izolare pentru puțul de foraj în gaura de foraj;

punerea în contact a aliajului metalic degradabil cu un electrolit; și

degradarea cel puțin parțială a aliajului metalic degradabil.

2. Metodă conform revendicării 1, în care nu există nici o intervenție pe puțul de foraj pentru îndepărtarea dispozitivului de izolare a puțului de foraj sau a deșeurilor din gaura de foraj.

3. Metodă care cuprinde:

(a) introducerea unui obturator de fracturare într-o gaură de foraj care penetrează o formațiune subterană, obturatorul de fracturare cuprinzând cel puțin un dorn, elemente de glisare și un element de pachet, în care glisierile sunt compuse dintr-un aliaj metalic degradabil selectat din grupul constituit dintr-un aliaj de magneziu, un aliaj de aluminiu și orice combinație a acestora;

(b) cuplarea prin fricțiune a elementelor de glisare sau a butoanelor cuplate la acestea, cu o suprafață a puțului de foraj din formațiunea subterană;

(c) comprimarea elementului de pachet pe suprafața puțului de foraj pentru a fixa obturatorul de fracturare;

(d) crearea a cel puțin unei perforări în formațiunea subterană;

(e) fracturarea hidrolică a formațiunii subterane prin respectiva cel puțin o perforare;

(f) punerea în contact a aliajului metalic degradabil cu un electrolit;

(g) degradarea cel puțin parțială a aliajului metalic degradabil; și

- (h) producerea unei hidrocarburi din formațiunea subterană.
4. Metodă conform revendicării 3, în care elementul de pachet este compus cel puțin parțial dintr-un polimer degradabil.
 5. Metodă conform revendicării 3, în care etapa (g) începe înainte de începerea etapei (h).
 6. Metodă conform revendicării 3, în care nu există nici o intervenție pe puțul de foraj pentru îndepărtarea din gaura de foraj a obturatorului de fracturare sau a deșeurilor rezultate de la obturatorul de fracturare între etapele (e), (g) și (h).
 7. Metodă conform revendicării 3, în care nu există nici o intervenție pe puțul de foraj pentru îndepărtarea din gaura de foraj a obturatorului de fracturare sau a deșeurilor rezultate de la obturatorul de fracturare, între etapele (e) și (g), și în care oricare din etapele (g) sau (h) începe înaintea celeilalte.
 8. Metodă conform revendicării 3, care mai cuprinde: mișcarea dornului pe obturatorul de fracturare, presând prin aceasta elementul de pachet.
 9. Metodă conform revendicării 3, care mai cuprinde: ruperea unei bariere friabile dispusă cel puțin parțial pe elementul de pachet, presând prin aceasta elementul de pachet.
 10. Metodă conform revendicării 3, care mai cuprinde: dispunerea unei bile metalice degradabile pe un scaun sferic al obturatorului de fracturare, pentru a realiza o îmbinare etanșă la fluid între acestea.
 11. Metodă conform revendicării 3 care mai cuprinde: dispunerea unei bile polimerice degradabile pe un scaun sferic al obturatorului de fracturare, pentru a realiza o îmbinare etanșă la fluid între acestea.
 12. Dispozitiv de izolare a puțului de foraj cuprinzând:
 - un dorn;
 - elemente degradabile de glisare dispuse în jurul dornului, realizate dintr-un aliaj metalic degradabil selectat din grupul constând într-un aliaj de magneziu, un aliaj de aluminiu și orice combinație a acestora; și
 - cel puțin un element de pachet dispus de-a lungul dornului.
 13. Dispozitiv de izolare a puțului de foraj conform revendicării 12, care mai cuprinde:
 - cel puțin o bandă de alunecare degradabilă care constrânge elementele degradabile de glisare.

14. Dispozitiv de izolare a puțului de foraj conform revendicării 13, în care respectiva cel puțin o bandă de alunecare degradabilă este compusă dintr-un polimer degradabil.

15. Dispozitiv de izolare a puțului de foraj conform revendicării 13, în care aliajul metalic degradabil este un prim aliaj metalic degradabil; și în care respectiva cel puțin o bandă de alunecare degradabilă este compusă dintr-un al doilea aliaj metalic degradabil, care este mai electronegativ decât primul aliaj metalic degradabil.

16. Dispozitiv de izolare a puțului de foraj conform revendicării 13, care mai cuprinde:
cel puțin o ureche între două elemente degradabile de glisare care se juxtapun.

17. Dispozitiv de izolare a puțului de foraj conform revendicării 12, în care elementele degradabile de glisare cuprind (1) niște elemente degradabile de glisare superioare dispuse în jurul unei porțiuni superioare a dornului și fiind compuse dintr-un prim aliaj metalic degradabil, și (2) niște elemente degradabile de glisare inferioare dispuse în jurul unei porțiuni inferioare a dornului și compuse dintr-un al doilea aliaj metalic degradabil; și în care cel puțin un element de pachet este dispus de-a lungul dornului, între elementele de glisare superioare și cele inferioare.

18. Dispozitiv de izolare a puțului de foraj conform revendicării 17, care mai cuprinde:
cel puțin o bandă de alunecare degradabilă care constrânge elementele degradabile de glisare superioare; și

cel puțin o ureche dispusă între două elemente degradabile de glisare inferioare care se juxtapun.

19. Dispozitiv de izolare a puțului de foraj conform revendicării 17, care mai cuprinde:
cel puțin o bandă de alunecare degradabilă care constrânge elementele degradabile de glisare inferioare; și

cel puțin o ureche dispusă între două elemente degradabile de glisare superioare care se juxtapun.

20. Dispozitiv de izolare a puțului de foraj conform revendicării 12, în care cel puțin 80% din greutatea dispozitivului de izolare a puțului de foraj este compusă dintr-un material degradabil.

21. Sistem care cuprinde:

o gaură de foraj care penetrează o formațiune subterană; și
dispozitivul de izolare a puțului de foraj conform revendicării 12 dispus în gaura de foraj.

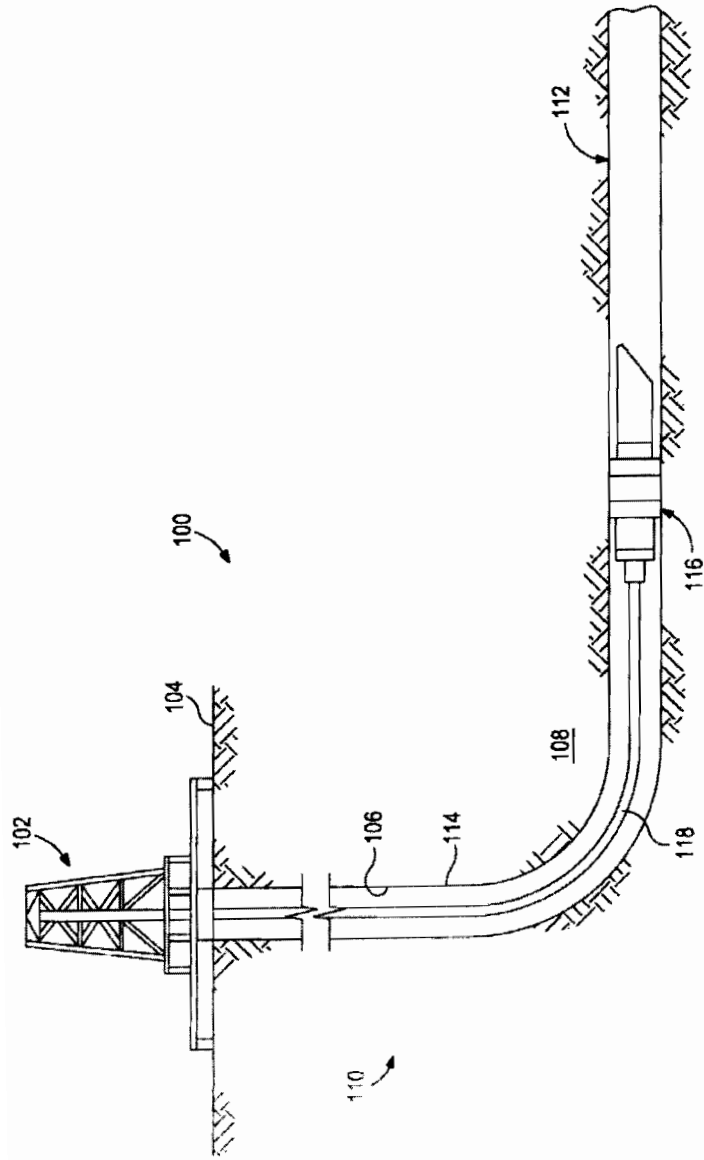


FIG. 1

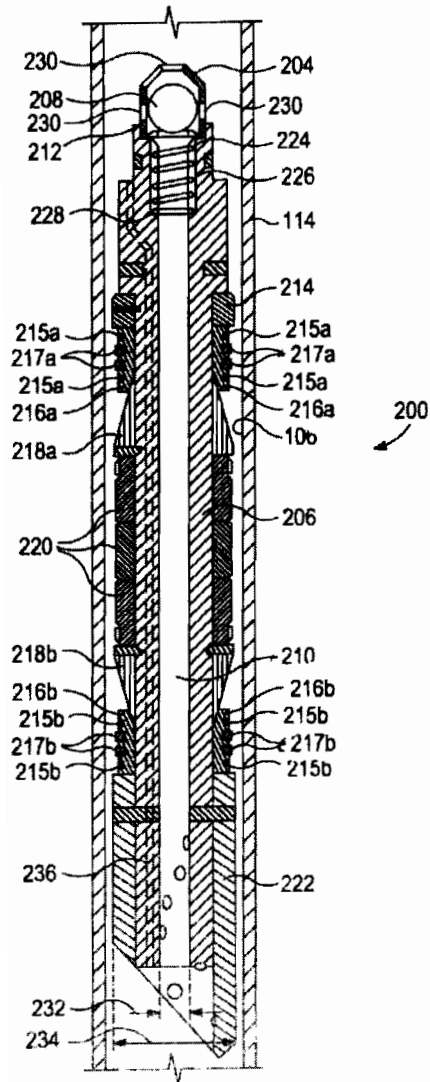


FIG. 2

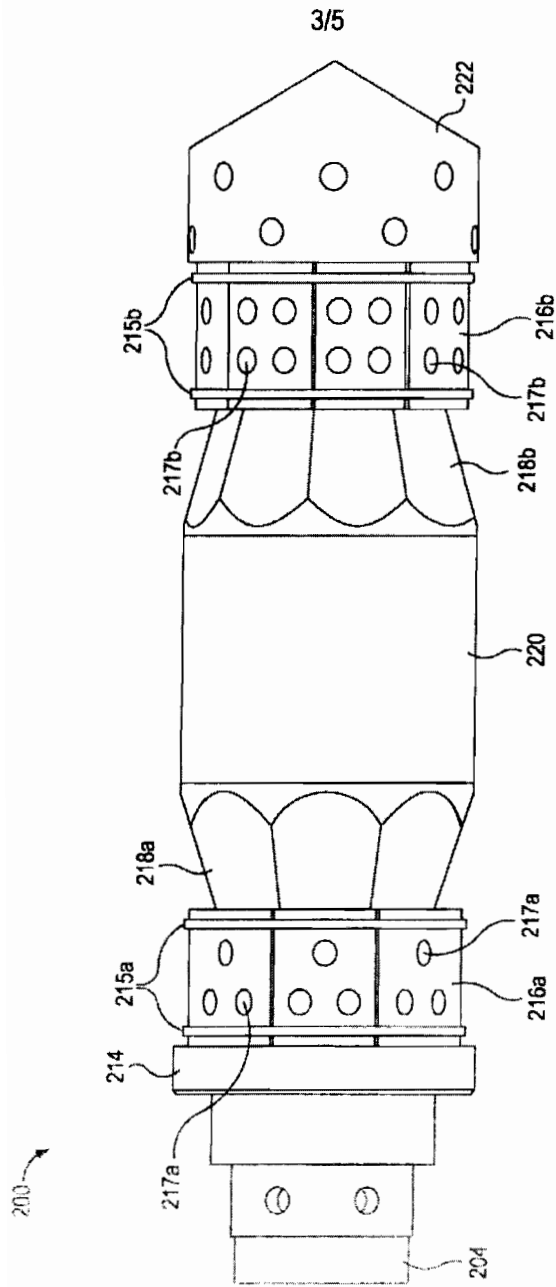


FIG. 3

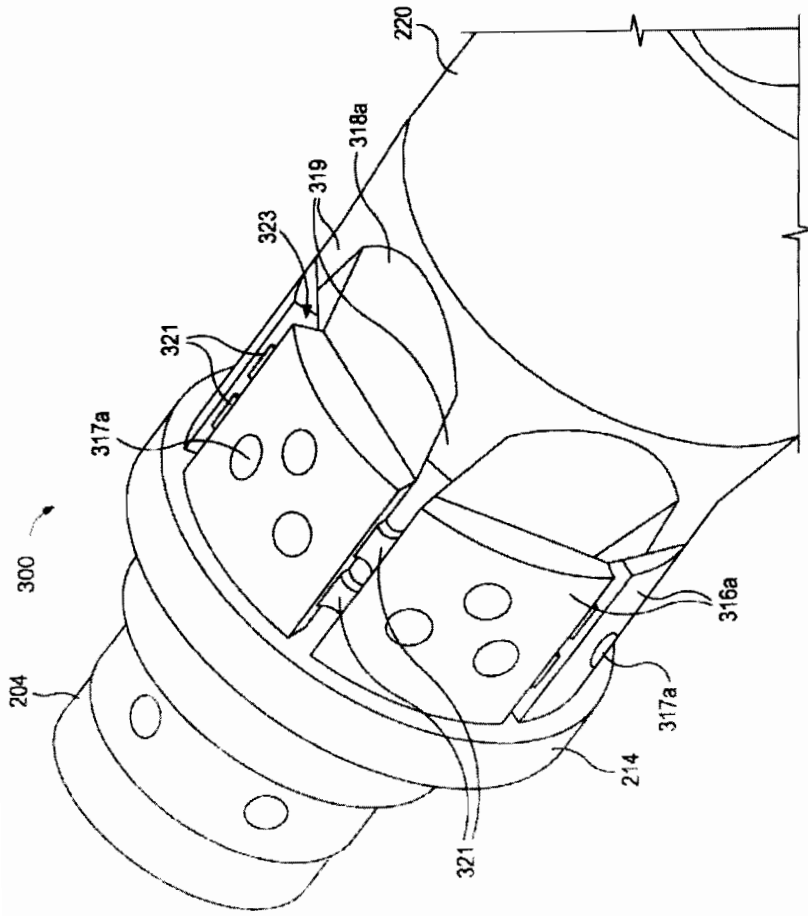


FIG. 4

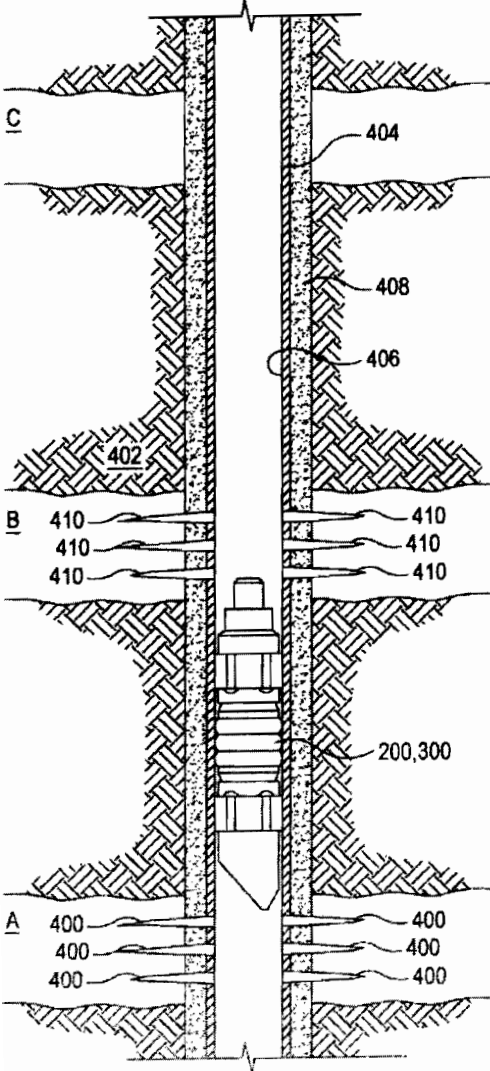


FIG. 5