



(12) **PATENT**

(11) **342100**

(13) **B1**

NORGE

(19) NO

(51) Int Cl.

C09K 8/58 (2006.01)

C09K 8/68 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20075119	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2007.10.09	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	2007.10.09	(30)	Prioritet	2007.06.28, US, 60/946,882
(41)	Alm.tilgj	2008.12.29			
(45)	Meddelt	2018.03.26			
(73)	Innehaver	M-I LLC, 5950 North Course Drive, US-TX77072 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	David Antony Ballard, 6 William Mackie Avenue, GB-AB392PQ STONEHAVEN, Storbritannia			
		Mark Sanders, 5950 North Course Drive, US-TX77072 HOUSTON, USA			
(74)	Fullmektig	BRYN AARFLOT AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for å behandle en formasjon
(56)	Anførte publikasjoner	US 2005/227874 A1, US 2006/144592 A1, US 2005/006093 A1
(57)	Sammendrag	

Fremgangsmåte for å behandle en formasjon som inkluderer anbringelse av et oksiderende bryterfluid i et område av formasjonen okkupert av en gel, og gi det oksiderende bryterfluid tilstrekkelig tid å nedbryte gelen.

Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for behandling av en formasjon ved anvendelse av kjemisk nedbrytbare geler og brytersystemer for å nedbryte geler dannet nede i borehullet.

- 5 Tapt sirkulasjon er et tilbakevendende boreproblem som er kjennetegnet ved tap av boreslam nede i brønnen til formasjoner som er frakturerte, svært permeable, porøse, kavernøse eller omfattende druserom («vugular»). Disse jordformasjoner kan inkludere skiferbergarter, sand, grus, skjell-lag, rev-
- 10 avsetninger, kalk, dolomitt og kritt, blant andre. Andre problemer som man støter på under boring og produksjon av olje og gass inkluderer fastkjørte rør, hullkollaps, tap av brønnskroll og tap av eller nedsatt produksjon.
- 15 Økte slamtap kan også forekomme når slamvekten, som er nødvendig for brønnskroll og for å opprettholde et stabilt borehull, overskrider bruddresistensen til formasjonene. En spesielt utfordrende situasjon oppstår i uttømte reservoarer, hvori fall i poretrykk svekker hydrokarbonbærende bergarter,
- 20 men nærliggende bergarter eller bergarter som forekommer mellom og parallelt med andre lag, slik som skiferbergarter, opprettholde deres poretrykk. Dette kan gjøre boring av bestemte uttømte områder umulig fordi slamvekten som kreves for å understøtte skiferen overskrider bruddresistensen til
- 25 sand og silt.

- Andre situasjoner oppstår hvor isolering av bestemte områder inni en formasjon kan være fordelaktig. En metode for å øke produksjonen i en brønn er f.eks. å perforere brønnen på en
- 30 rekke forskjellige steder, enten i den samme hydrokarbonbærende sonen eller i forskjellige hydrokarbonbærende soner, og derved øke strømmen av hydrokarboner inn i brønnen. Problemet forbundet med produksjon fra en brønn på denne måte vedrører kontroll av strømmen av fluider fra brønnen og
- 35 driften av reservoaret. I en brønn som produserer fra en rekke separate soner (eller fra lateraler i en multilateral brønn) hvori en sone har et høyere trykk enn en annen sone, kan f.eks. sonen med høyere trykk munne ut i sonen med lavere

2

trykk i stedet for i overflaten. Likeledes, i en horisontal brønn som strekker seg gjennom en enkelt sone, kan perforeringer nær "hælen" til brønnen, det vil si nærmere overflaten, begynne å produsere vann før de perforeringer som er nær "tåen" til brønnen. Produksjon av vann nær hælen reduserer den totale produksjon fra brønnen.

Under boreprosessen sirkuleres slam ned i hullet for fjerne bergarter så vel som for å avlevere midler for å bekjempe de mange problemer som er beskrevet ovenfor. Slamsammensetninger kan være vann eller oljebasert (inkluderende mineralolje, biologisk olje, dieselolje eller syntetiske oljer) og kan omfatte vektmaterialer, surfaktanter, proppematerialer og geler. I et forsøk på å overvinne disse andre problemer, er fornettbar eller absorberende polymerer, sirkulasjonstapmaterial (LCM) piller og trykkinjeksjoner av sement blitt benyttet. Geler, spesielt, er blitt funnet til å kunne anvendes for å forhindre slamtap, for å stabilisere og forsterke borehullet og for soneisolering og vannutkoblingsbehandlinger.

US 2005/227874 vedrører blandinger og metoder for frakturering av underjordiske reservoarer ved å inkludere en delvis forestret, polyalkoksyliert polyol som en oksydasjonsbryter-retarder i det vandige fraktureringsfluidet for å forsinke dens gelbrytningsegenskaper med oksydasjonsbryteren. De forsinkede gelbrytningsegenskapene vil føre til kontrollert brudd av fraktureringsfluidet som reduserer eller eliminerer skader på formasjonen og gjør det lettere å rydde opp. Geleringsmidlene innbefatter hydratiserbare polymerer som inneholder, i tilstrekkelig konsentrasjon og reaktiv stilling, cis-hydroksyl, karboksyl, sulfat, sulfonat, amino eller amid. Spesielt egnede polymerer er polysakkarider og derivater derav.

US 2006/144592 vedrører en fremgangsmåte for behandling av en underjordisk formasjon omfattende å tilveiebringe et viskosifisert behandlingsfluid som omfatter en basevæske og

et geleringsmiddel, som tilveiebringer en bryterblanding som omfatter en oksydasjonsbryter og en bryteraktivator som omfatter et metall og et protein som tillater det viskosifiserte behandlingsfluid å interagere med

5 bryterblandingen, behandle den underjordiske formasjonen med det viskosifiserte behandlingsfluidet og tillate reduksjon av en viskositet til det viskosifiserte behandlingsfluid.

Geleringsmidlene innbefatter hydratiserbare polymerer som inneholder funksjonelle grupper som hydroksyl, cis-hydroksyl,

10 karboksylsyrer, sulfater, sulfonater, fosfater, fosfonater, aminosyrer, amider eller derivater derav og for eksempel biopolymerer som omfatter naturlige modifiserte og derivatiserte polysakkarider og derivater derav, guar og derivater derav, cellulose og derivater derav, samt

15 syntetiske polymerer så som polyakrylat.

US 2005/006093 vedrører metoder og sammensetninger for å konsolidere proppemiddel i frakturer dannet i underjordiske soner. Proppemiddelpartiklene har et belegg av herdbar

20 harpiks, inkludert en gelbryter, og geleringsmidlene inkluderer guar gummi, guar gummi-derivater og cellulose-derivater.

Mens der har vært et økt antall utviklinger innen gelteknologi for anvendelse nede i borehullet, kan stabile geler som deretter kan nedbrytes kjemisk ved anvendelse av et bryter-system finne anvendelse i situasjoner hvor en gel er blitt feilplassert eller må fjernes senere fra formasjonen.

30 Der eksisterer følgelig et kontinuerlig behov for utvikling innen gelteknologi og midler for kjemisk nedbrytning av geler dannet nede i borehullet.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte for å

35 behandle en formasjon ifølge krav 1.

Fremgangsmåten inkluderer plassering av et oksyderende bryterfluid i et område i formasjonen som er okkupert av en

gel og hvor man gir det oksyderende bryterfluid tilstrekkelig tid til å nedbryte gelen.

Særlige utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelse er
5 angitt i kravene 2-8.

Andre aspekter og fordeler med oppfinnelsen vil fremgå fra den etterfølgende beskrivelse og de vedlagte kravene.

10 **Kjemisk nedbrytbare geler**

Geler ifølge den foreliggende beskrivelse kan inkludere dem som f.eks. er dannet ved fornetting av geldannelsesmidler. I enkelte utførelsesformer kan geldannelsesmidler eller materialene som skal fornettes inkludere ligninger, lignosulfonater,
15 er, tanniner, garvesyrer og kombinasjoner derav. I andre utførelsesformer kan materialer som skal fornettes inkludere modifiserte ligniner, modifiserte lignosulfonater, modifiserte tanniner, modifiserte garvesyrer og kombinasjoner derav. I visse utførelsesformer kan tanniner modifiseres til ha
20 et høyre fenolinnhold. I visse andre utførelsesformer kan tanniner behandles med aminer.

I andre utførelsesformer kan geldannelsesmidler inkludere biopolymerer, stivelser, karboksymetylcellulose, polyakrylater,
25 er, polyakrylamider og kombinasjoner derav. I andre utførelsesformer kan geldannelsesmidler inkludere polyaminer slik som dietylentriamin og trietylentetramin, og lignende. I ytterligere utførelsesformer kan geldannelsesmidler inkludere polyeteraminer, polyvinylaminer og polyetyleniminer.

30

I noen utførelsesformer kan stivelser inkludere naturlige stivelser, kjemisk modifiserte stivelser og blandinger av en eller flere naturlige og/eller kjemisk modifiserte stivelser. Naturlige stivelser kan inkludere dem som potet, hvete,
35 tapioka, ris, mais og røtter med et høyt stivelsesinnhold, blant annet. Kjemisk modifiserte stivelser kan inkludere karboksymetylstivelse, hydroksyetylstivelse, hydroksypropylstivelse, acetatstivelse, sulfamatstivelse, fosfatstivelse og

nitrogenmodifisert stivelse, blant andre. I ytterligere utførelsesformer kan kombinasjoner av hvilke som helst av de ovenfor angitte materialer som skal fornettes, anvendes.

5 Den ønskede gelen kan oppnås ved å reagere de ovennevnte gelledannelsesmidler og et fornettingsmiddel. I enkelte utførelsesformer kan fornettingsmiddelet inkludere etylenglykoldiglycidyleter, propylenglykoldiglycidyleter, butylenglykoldiglycidyleter, sorbitolpolyglycidyleter, aziridinderivater,
10 epoksyfunksjonaliserte polyalkalenglykoler, en oksydert stivelse (polymerisk dialdehyd) og kombinasjoner derav.

I andre utførelsesformer kan fornettingsmiddelet inkludere et acetal som kan hydrolyseres for å produsere aldehydet in
15 situ. Fornettingsmiddelet kan f.eks. inkludere et aldehydaddukt, et tetrametoksypropan, eller bisulfittaddisjonsforbindelsene av aldehydene. Et formaldehydaddukt kan f.eks. dannes ved å reagere formaldehyd og en forbindelse valgt fra svovelsyre og dens vannoppløselige salter, slik som alkali-
20 metallsaltene (f.eks. natrium- eller kaliumsalter). I en utførelsesform kan det anvendte saltet være natriumbisulfitt. I tillegg til å anvende alkalimetallsaltene, kan ammoniumsalter og tertiære aminsalter av svovelsyre slik som ammoniumbisulfitt eller trimetylaminsulfitt anvendes for å
25 danne et addukt.

I andre utførelsesformer kan fornettingsmiddelet være et diepoksyd eller et triepoksyd. I ytterligere utførelsesformer kan fornettingsmiddelet inkludere trimetylolpropan-
30 triglycidyleter, diglycidyleter av neopentylglykol, epoksidert 1,6-heksandiol, 1,4-butandiol diglycidyleter (BDDGE), 1,2,7,8-diepoksyoktan, 3-(bis(glycidoksymetyl)-metoksy)-1,2-propandiol, 1,4-cykloheksandimetanol diglycidyleter, 4-vinyl-1-cykloheksendiepoksyd, 1,2,5,6-diepoksycyklooktan og
35 bisfenol A diglycidyleter, eller kombinasjoner derav.

Dannelsen av slike geler er beskrevet U.S. patent nr. 11/

717 632. Oppfinneren av den foreliggende oppfinnelse har funnet et passende brytersystem som kan tillate plassering og påfølgende fjerning av gel, som gir større anvendbarhet av gelene og økt suksess. Videre, mens den ovenfor angitte gel
5 inkluderer tanniner, ligniner osv., fornettet med epoksybaserte fornettingsmidler, er det også forventet at brytersystemene kan anvendes i andre typer av geler, f.eks. geler av elastomer-type slik som polyuretaner og polyureaer. Slike er geler er f.eks. beskrevet i U.S. patentsøknad nr.
10 60/942 346 og 60/914 604.

Gelegenskaper

Hardheten til gelen er den styrke som er nødvendig for å bryte gelstrukturen, som kan kvantifiseres ved å måle den
15 kraften som kreves for at en nål skal penetrere tverrbindingsstrukturen. Hardhet er mål på gelens evne til å motstå en etablert grad av penetrering av en testnål som drives inn i prøven ved en konstant hastighet.

20 Hardhet kan måles ved å anvende et Brookfield QTS-25 Texture Analysis Instrument. Dette instrument består av en måleverdiger med foranderlig design som er forbundet med en belastningscelle. Måleverdigeren kan drives inn i en testprøve ved spesifikke hastigheter eller belastninger for å
25 måle de etterfølgende parametere eller egenskaper hos en prøve: elastisitet, adhesjon, herding, bruddfasthet, brudd- evne, avtrekksfasthet, hardhet, kohesivitet, relaksasjon, gjenvinning, strekkfasthet-bristepunkt og spredningsevne. Hardheten kan måles for å drive en sylindrisk måleverdiger
30 med flat front og diameter 2,5 mm inn i gelprøven ved en konstant hastighet på 30 mm per minutt. Når måleverdigeren er i kontakt med gelen, påføres en styrke til måleverdigeren som skyldes motstand i gelstrukturen inntil den svikter, som måles via belastningscellen og dataprogramvare. Idet
35 måleverdigeren beveger seg gjennom prøven, måles styrken på måleverdigen og dybden av penetreringen. Styrken på måleverdigeren måles ved forskjellige penetreringsdybder, slik som 20, 25 og 30 mm, som tilveiebringer en indikasjon på

gelens totale hardhet. Den initiale toppkraft kan f.eks. måles ved det punktet der gelen først svikter, nær kontaktpunktet, etterfulgt av måling av høyeste og laveste verdier som målt etter dette punkt hvor måleverdigiveren beveger seg
5 gjennom gelens hovedmasse.

I enkelte utførelsesformer kan gelen ifølge den foreliggende beskrivelse ha en hardhetsverdi fra 0,02 til 196,13 N (2 til 20000 gram-force). I andre utførelsesformer kan den
10 resulterende gelen være en myk elastisk gel med en hardhetsverdi i området fra 0,02 til 0,20 N (2 til 20 gram-force). I andre utførelsesformer kan den resulterende gelen være en fast gel med en hardhetsverdi fra 0,20 til 0,98 N (20 til 100 gram-force). I andre utførelsesformer kan den
15 resulterende gelen variere fra hard til seig, med en hardhetsverdi fra 0,98 til 196,13 N (100 til 20000 gram-force); fra 2,94 til 147,10 N (300 til 15000 gram-force) i andre utførelsesformer; fra 4,90 til 98,10 N (500 til 10000 gram-force) i ytterligere utførelsesformer; fra 9,81 til
20 88,26 N (1000 til 9000 gram-force) i ytterligere andre utførelsesformer.

I andre utførelsesformer kan hardheten av gelen variere med penetreringsdybden. Gelen kan f.eks. ha en hardhet på 2,94 N
25 (300-gram-force) eller større ved en penetreringsdybde på 20 mm i enkelte utførelsesformer. I andre utførelsesformer, kan gelen ha en hardhet på 9,81 N (1000 gram-force) eller større ved en penetreringsdybde på 20 mm; 29,42 N (3000 gram-force) eller større ved en penetreringsdybde på 20 mm i andre
30 utførelsesformer; og 49,03 N (5000 gram-force) eller større ved en penetreringsdybde på 25 mm i ytterligere andre utførelsesformer.

Med hensyn til de variabler som angitt i over (dvs. temperatur, tid, osv.), vil de fagkyndige på området i lys av den
35 foreliggende beskrivelse forstå at ved å anvende den foreliggende beskrivelse som en veiledning kan egenskaper skredersys som ønsket.

Viskositet

Viskositeten til gelsammensetningene kan påvirkes av konsentrasjonene av en eller flere av geldannelsesmiddelet, viskositetsøkeren og faststoffene tilstede i sammensetningen. Når konsentrasjonen av geldannelsesmiddelet, viskositetsøkeren eller faststoffene øker, vil viskositeten til gelsammensetningen øke. I enkelte utførelsesformer kan konsentrasjonen av geldannelsesmiddelet variere fra 8-25 vekt%. I andre utførelsesformer kan konsentrasjonen av geldannelsesmiddelet variere fra 10-20 vekt%. Ytterligere utførelsesformer kan konsentrasjonen av geldannelsesmiddelet variere fra 11-17%.

Viskositet kan måles ved å anvende et Brookfield DV - II+ viskosimeter. En fagkyndig på området vil forstå at viskositetsmålingene vil avhenge av temperaturen til gelsammensetningen, typen av spindel og antall omdreininger per minutt. Viskositetsområdene som angitt heri ble målt ved 20°C ved anvendelse av et Brookfield DV - II+ viskosimeter med en LV2 spindel. Viskositeten kan måles ved å senke viskosimeteret til prøvens sentrum inntil spindelen er senket ned i midten av nedsenkingsmerket. Man bør passe på at luft ikke fanges under spindelen. Viskosimeteret kan deretter startes etter at viskosimeteret er innstilt til den ønskede RPM. Dersom mere enn en RPM skal anvendes, bør viskosimeteret starte ved den lavest ønskelig RPM. Dette reduserer mengdens skjærkraft som introduseres i prøven, og resulterer i mere nøyaktige avlesninger ved lavere RPMer.

I enkelte utførelsesformer kan blanding av geleringsmiddelet og fornettingsmiddelet gi gelsammensetninger med en initial viskositet som varierer fra 0,5 Pa.s (500 centipoise) til 20 Pa.s. (20000 centipoise) målt ved 20°C ved anvendelse av en LV2 spindel ved lave rotasjonshastigheter (12 opm eller mindre). I andre utførelsesformer kan blandingen av geleringsmiddelet og fornettingsmiddelet produsere gelsammensetninger med en initial viskositet som varierer fra

1 Pa.s (1000 centipoise) til 5 Pa.s (5000 centipoise) som målt ved 20°C ved anvendelse av en LV2 spindel ved lave rotasjonshastigheter (12 opm eller mindre). Som anvendt heri refererer den initiale viskositet til viskositeten av sammensetningen før vesentlig reaksjon av fornettingsmiddelet og geldannelsesmiddelet.

Gjennomtrengningstrykk

Gjennomtrengningstrykket for gelen kan også vise forseglings-egenskapene til gelene. Gjennomtrengningstrykk kan måles ved å anvende et "Permeability Plugging Apparatus". En fagkyndig på området vil forstå at gjennomtrengningstrykk-målinger vil være avhengig av temperaturen til gelsammensetningen, herdetid, osv. Gjennomtrengningstrykket kan måles ved å pumpe og la gelene herde/aldre i en tilstrekkelig tidsperiode på et porøst substrat slik som en keramisk skive eller sandsteinkjerne etterfulgt av testing ved påføring av trykk på substratet som inneholder gelen deri. Det geldannede substratet kan deretter anbringes i et testapparat med en saltoppløsning i umiddelbar nærhet av substratet. Trykk på saltløsningen kan økes og trykket hvorved saltløsning begynner å strømme gjennom skiven (om noe) kan måles som gjennomtrengningstrykket. Geler ifølge den foreliggende beskrivelse kan i enkelte utførelsesformer ha et gjennomtrengningstrykk som er større enn 8,89 MPa (1000 psi).

Bryterfluid

Bryterfluider som kjemisk kan nedbryte gelene ifølge den foreliggende beskrivelse kan inkludere oksyderende bryterfluider som inneholder f.eks. et basisfluid og et oksydationsmiddel. Passende oksydationsmidler kan inkludere hypokloritter, slik som litium- og/eller natriumhypokloritt og peroksyder (som inkluderer peroksydaddukter), andre forbindelser som inkluderer er peroksybinding slik som persulfater, perborater, perkarbonater, perfosfater og persilikater. I en spesiell utførelsesform kan et peroksyd slik som magnesiumperoksyd eller kalsiumperoksyd anvendes i brytersystemet i

- den foreliggende beskrivelse. Videre, i forskjellige utførelsesformer, kan den effektive konsentrasjonen av oksydasjonsmiddelet variere fra 2,85 g/dm³ (1 lb/bbl) til 142,65 g/dm³ (50 lbs/bbl), eller opp til 25 volumprosent i en annen utførelsesform. En fagkyndig på området vil imidlertid forstå at mengden av oksydasjonsmiddel ved en spesiell anvendelse f.eks. kan avhenge av typen (og styrken) av det anvendte oksydasjonsmiddel.
- Bestemte utførelsesformer av den foreliggende beskrivelse anvender oksydative brytere som er blitt innkapslet, som eventuelt kan anbringes nede i borehullet i geleringsfluidet eller det geldannende fluidet som et internt oksydasjonsmiddel. For formålet med den foreliggende beskrivelse, er en innkapslet oksydativ bryter et oksydasjonsmiddel som har et belegg som er tilstrekkelig til å kontrollere frigivelsen av oksydasjonsmiddel inntil et sett med betingelser valgt av operatøren inntreffer. Enkelte generelle innkapslingsmaterialer kan inkludere naturlige og syntetiske oljer, naturlige og syntetiske polymerer og enteriske polymerer og blandinger derav. En rekke innkapslingsmetoder kan alternativt anvendes uten at man avviker fra rammen for den foreliggende beskrivelse. Videre kan andre interne oksydasjonsmidler inkludere faste oksydasjonsmidler slik som magnesiumperoksyd eller kalsiumperoksyd, som eventuelt kan være innkapslet. Således, der hvor et internt oksydasjonsmiddel anvendes i geleringsfluidet, etter at geleringsfluidet er plassert nede i borehullet og gelerer, kan det interne oksydasjonsmiddel trigges til å begynne å nedbryte gelen.
- En rekke metoder kan anvendes for bevirke triggering eller frigivelse av oksydasjonsmiddelet ved forekomster av spesifikke betingelser som ønsket av operatøren. Oksydasjonsmiddelet kan f.eks. bevirkes til å frigjøres ved en forandring i temperatur, trykk, pH, abrasjon eller hvilken som helst av en eller flere av disse eller andre miljøfaktorer. I en spesiell utførelsesform, er metoden hvorved oksydasjonsmiddelet frigis fra innkapslingsmaterialet for formålene med å

nedbryte en dannet gel i en underjordisk brønn, ved å la oksydasjonsmiddelet trigges eller frigis fra innkapslingsmaterialet ved en forandring i pH i miljøet nede brønnen.

- 5 Ved anvendelse av innkapslede oksydasjonsmidler bør en passende belegningspolymer foretrukket danne en film rundt oksydasjonsmiddelet og kan velges slik at belegget vil forbi i alt vesentlig intakt inntil de ønskede frigivelsesbetingelser inntreffer, f.eks. en forandring i pH for formålene med
10 filterkakefjerning. I en spesiell utførelsesform inkluderer innkapslingsmaterialet enteriske polymerer som defineres for formålene i den foreliggende beskrivelse som polymerer hvis solubilitetsegenskaper er pH avhengige. Her betyr dette at oksydasjonsmiddelfrigivelse fremmes ved en forandring fra
15 betingelser fra en første forhåndsbestemt pH verdi til en andre forhåndsbestemt pH betingelse.

- Enteriske polymerer anvendes vanligvis innen den farmasøytiske industrien for å kontrollere frigivelse av legemidler
20 og andre farmasøytiske midler over tid. Bruk av enteriske polymerer tillater kontrollert frigivelse av den oksydative bryter under forhåndsbestemte betingelser for pH eller pH og temperatur. Glascol familien av polymerer er f.eks. akrylbaserte polymerer (tilgjengelig fra Ciba Specialty
25 Chemicals) og betraktes som passende enteriske polymerer for den foreliggende beskrivelse fordi oppløseligheten avhenger av pH i oppløsningen.

- Utførelsesformer av gelene som omtalt heri kan utvise større
30 fleksibilitet ved bruk i borehull og oljefeltanvendelse. De kjemisk nedbrytbare geler kan f.eks. anvendes innen områder som inkluderer: soneisolering ved økt oljeutvinning (EOR); tapt sirkulasjon; borehull (WB) forsterkningsbehandlinger; reservoaranvendelser slik som for å kontrollere permeabiliteten av formasjonen, osv. Ved å ha midler for kjemisk ned-
35 brytning av gelene beskrevet heri kan, straks gelen er dannet nede i hullet, denne fjernes etter bruk eller fjernes i det

tilfellet at den er feilplassert av operatøren. I forskjellige utførelsesformer kan således en gel ifølge den foreliggende beskrivelse anbringes i et område i et borehull eller formasjon, den kan tillates å geldanne, og gelen kan
5 deretter fjernes ved å anvende bryterfluidene eller interne brytere omtalt heri på grunn av feilplassering av gelen eller bortfall av behovet for gelen.

Eksempler

10 En rekke gelsystemer ble testet for deres forseglingsegenskaper ved anvendelse av et Permeability Plugging Apparatus (PPA), så vel som deres kjemiske spaltingsevne. Gelsystemene som ble testet inkluderer FORM-A-PLUG II, FORM-A-SET AK, EMS-8400 og AKL, som alle er tilgjengelige fra M-I LLC (Houston,
15 Texas).

Den eksperimentelle prosedyre er som følger:

1. PPA enheten og den keramiske skiven ble oppvarmet til 60°C
20 (140°F). Testprøver ble blandet, innført og testet umiddelbart i apparatet ved å anvende 10 µm og 60 µm keramikkskiver ved 60°C (140°F) og 3,45 MPa (500 psi).
2. Fluid ble strømmet gjennom skiven i 30 minutter, inntil
25 strømmen opphørte.
3. Prøvene fikk deretter stå i PPA cellen i 16 timer ved 60°C (140°F) og omgivelsestrykk.
- 30 4. Etter 16 timer med statisk varmealdring ble PPA cellen åpnet, det geldannede fluidet under skiven ble fjernet og eventuell filterkake på skiveoverflaten ble forsiktig fjernet.
- 35 5. 10% NaCl saltlake ble plassert i PPA prøvekommeret og cellen ble igjen satt sammen og testet igjen som i det første trinnet beskrevet ovenfor.

6. Trykk på saltlaken ble økt i 0,69 Mpa (100 psi) økninger i 10 minutters intervaller til maksimal 6,89 MPa (1000 psi). Trykket hvorved saltlaken begynte å strøme gjennom skiven (om noe) ble målt som gjennomtrengningstrykket.

Prøver testet i PPA inkluderer de etterfølgende, alle i 10% NaCl:

- FORM-A-PLUG II uten CaCO₃ tetningsfaststoffer
- 10 • FORM-A-PLUG II med 50 ppb CaCO₃ tetningsfaststoffer
- FORM-A-PLUG II med 100 ppb CaCO₃ tetningsfaststoffer
- FORM-A-SET AK uten CaCO₃ tetningsfaststoffer
- FORM-A-SET AK med 50 ppb CaCO₃ tetningsfaststoffer
- FORM-A-SET AK med 100 ppb CaCO₃ tetningsfaststoffer
- 15 • EMS-8400 uten CaCO₃ tetningsfaststoffer
- EMS-8400 med 50 ppb CaCO₃ tetningsfaststoffer

Resultatene var som følger:

System	Gjennomtrengnings-trykk (psi)
FORM-A-PLUG II uten CaCO ₃ tetningsfaststoffer	>100
FORM-A-PLUG II med 50 ppb CaCO ₃ tetningsfaststoffer	>100
FORM-A-PLUG II med 100 ppb CaCO ₃ tetningsfaststoffer	>100
FORM-A-SET AK uten CaCO ₃ tetningsfaststoffer	>100
FORM-A-SET AK med 50 ppb CaCO ₃ tetningsfaststoffer	>100
FORM-A-SET AK med 100 ppb CaCO ₃ tetningsfaststoffer	>100
EMS-8400 uten CaCO ₃ tetningsfaststoffer	>1000
EMS-8400 med 50 ppb CaCO ₃ tetningsfaststoffer	>1000
EMS-8400 - uten CaCO ₃ tetningsfaststoffer med -25% EMI-1706 og +25% EMI-1708	>1000
EMS-8400 - uten CaCO ₃ tetningsfaststoffer med -25% EMI-1706	>1000

20

Trykkfasthetsmålinger

- Uhindrede trykkfasthetsmålinger ble gjennomført på QTS teksturanalysatoren. QTS analysatoren presser en sylindrisk stålstav inn i gelprøven ved en programmert hastighet og

25

måler den psi som er nødvendig for å bryte gjennom overflaten av den gelerte prøven. Alle prøver ble statistisk aldret ved 60°C (140°F) i 16 timer før testing. pH i standardformuleringen var 10,0.

5

Resultatene av trykkfasthetstesten var som følger:

Prøve	Trykkfasthet MPa (psi)
10 EMS-8400 standardformulering	0,17 (24,5)
EMS-8400 uten EMI-1740	0,15 (22,0)
EMS-8400 -25% EMI-1706	0,53 (76,8)
EMS-8400 -25% EMI-1044 +25% EMI-1708	0,53 (76,5)
EMS-8400 -25% EMI-1044 -25% EMI-1708	0,58 (84,4)
15 EMS-8400 standardformulering ved pH 9,0	0,79 (115,3)
EMS-8400 standardformulering ved pH 9,5	1,01 (147,1)

Økning av fornettingskonsentrasjon og nedsettelse av pH synes å øke trykkfasthetene for fluidene. Alle de ovennevnte formuleringer forseglest imidlertid 10 µm keramikkskivene mot 10% saltvannsstrøm opp til 6,89 MPa (1000 psi).

Spalting av endelige geldannede produkter

Med erkjennelse om at spaltingen av det geldannede produkt kan være ønskelig, ble en rekke kjemiske oppløsninger testet med det geldannede produkt for å bestemme den mest effektive behandlingen.

Det ble funnet at natrium- og litiumhypoklorittoppløsninger, i konsentrasjoner slik som 5%, effektivt spalter og oppløser det geldannede EMS-8400 materialet. Resultatene er vist nedenfor.

		1 t	2 t	3 t	16 t	amt av ppt
DI vann						
	Romtemperatur	ingen forandring	ingen forandring	ingen forandring	ingen forandring	ingen
5% Na-hypokloritt						
	Romtemperatur	50% borte	75% borte	95% borte	100% borte	lett klar
	60oC (140°F)	100% borte	-	-	-	lett uklar
5% Li-hypokloritt						
	Romtemperatur	ingen forandring	25% borte	50% borte	100% borte	lett uklar
	60oC (140°F)	50% borte	100% borte	--	-	lett klar
10% Li-hypokloritt						
	Romtemperatur	ingen forandring	25% borte	50% borte	100% borte	Omfattende uklar
	60oC (140°F)	50% borte	75% borte	95% borte	100% borte	Omfattende uklar
10% Li-hypokloritt						
	Romtemperatur	25% borte	50% borte	75% borte	100% borte	Omfattende uklar
	60oC (140°F)	50% borte	75% borte	95% borte	100% borte	Omfattende klar

Fordelaktig er det beskrevet utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelse for geler som kan fjernes etter plassering i en formasjon. Spesielt, ved å anvende et oksyderende bryterfluid kan gelen fjernes. Således tillater kombinasjonen et gelsystem som utviser stabilitet med hensyn til temperatur, pH og trykkforandringer som lett kan fjernes ved anvendelse av det oksyderende bryterfluid som omtalt heri.

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for å behandle en formasjon,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter:
 - 5 å anbringe en gel i et område av formasjonen;
å anbringe en oksyderende bryter i et område av formasjonen,
og
gi den oksyderende bryter tilstrekkelig tid til å nedbryte
gelen;
 - 10 hvor gelen omfatter minst en av et lignin, et lignosulfonat,
et tannin, en garvesyre, et modifisert lignin, et modifisert
lignosulfonat, et modifisert tannin, en modifisert garvesyre
og kombinasjoner derav fornettet med et fornettingsmiddel,
eller minst en av en polyurea- eller polyuretangel; og
 - 15 hvor fornettingsmiddelet omfatter minst en av
etylenglykoldiglycidyleter, propylenglykoldiglycidyleter,
butylenglykoldiglycidyleter, trimetylolpropantriglycidyleter,
sorbitolpolyglycidyleter, diglycidyleter av neopentylglykol,
epoksidert 1,6-heksandiol, aziridinderivater, karbodiimider,
 - 20 blokkerte isocyanater, epoksyfunksjonaliserte polyalkalen-
glykoler, en oksydert stivelse, et polymert dialdehyd, et
aldehydaddukt, et tetrametoksypropan, et hydrolysert acetal
og kombinasjoner derav.
- 25 2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, hvor anbringelse av
den oksyderende bryter omfatter:
inkludering av den oksyderende bryter i et oksyderende
bryterfluid.
- 30 3. Fremgangsmåte som angitt i krav 2, hvor det oksyderende
bryterfluid omfatter minst en av en hypokloritt og et
peroksyd.
4. Fremgangsmåte som angitt i krav 3, hvor det oksyderende
35 bryterfluid omfatter minst en av litium- og natrium-
hypokloritt.

5. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, hvor anbringelse av gelen og den oksyderende bryter omfatter å:
inkludere den oksyderende bryter i et geldannelsesfluid;
anbringe geldannelsesfluidet i et område av formasjonen;
5 tillate geldannelsesfluidet å geldanne i området av formasjonen; og
aktivere den oksyderende bryter for å nedbryte/spalte gelen.
6. Fremgangsmåte som angitt i krav 5, hvor den oksyderende
10 bryter er innkapslet.
7. Fremgangsmåte som angitt i krav 5, hvor den oksyderende bryter er minst ett av kalsium- og magnesiumperoksyd.
- 15 8. Fremgangsmåte som angitt i hvilket som helst av kravene 1 til 7, hvor gelen utviser et gjennomtrengningstrykk som er større en 6,89 MPa (1000 psi).