



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **335505**

(13) **B1**

NORGE

(51) Int Cl.

C04B 28/02 (2006.01)
C04B 14/04 (2006.01)
C04B 14/24 (2006.01)
C04B 16/08 (2006.01)
C04B 20/00 (2006.01)
C09K 8/46 (2006.01)
C09K 8/473 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20020432	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2000.07.06 PCT/EP2000/06459
(22)	Inng.dag	2002.01.28	(85)	Videreføringsdag	2002.01.28
(24)	Løpedag	2000.07.06	(30)	Prioritet	1999.07.29, FR, 9909847
(41)	Alm.tilgj	2002.01.28			
(45)	Meddelt	2014.12.22			
(73)	Innehaver	Sofitech NV, Rue de Stalle 140, B-1180 Brussel, BE-, Belgia			
(72)	Oppfinner	André Garnier, 1, avenue du Colonel Fabien, F-78210 Saint-Cyr-l'Ecole, FR-, Frankrike			
		Bruno Drochon, 33, rue de la Baignade, F-93160 Noisy-le-Grand, FR-, Frankrike			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Sementeringsoppslemming med lav tetthet og lav porøsitet for oljebrønner og lignende
(56)	Anførte publikasjoner	GB 2027687 A US 5571318 A
(57)	Sammendrag	

Oppfinnelsen angår en sementoppslemming for sementering en oljebrønn eller lignende, hvor oppslemmingen har en densitet som ligger i området 0,9 g/cm³ til 1,3 g/cm³, og består av en fast fraksjon og en flytende fraksjon, og med porøsitet (volumforhold av flytende fraksjon til fast fraksjon) som ligger i området 38% til 50%. Slike sementer har bemerkelsesverdige mekaniske egenskaper på grunn av deres svært lave porøsitet, til tross for at de har svært lav densitet.

Foreliggende oppfinnelse angår boreteknikker for oljebrønner, gassbrønner, vannbrønner, geotermiske brønner, og lignende. Mer presist angår oppfinnelsen sementeringsoppslemminger med lav densitet og lav porøsitet.

Etter at en oljebrønn eller lignende er blitt boret, føres fôringsrør eller rørspiraler ned gjennom borehullet og sementeres over hele eller deler av sin høyde. Sementering tjener spesielt til å eliminere eventuell fluidutveksling mellom de forskjellige formasjonslagene som borehullet passerer gjennom og forhindrer at gass stiger opp gjennom ringrommet som omgir fôringen, eller den tjener til å begrense inntrengning av vann inn i en brønn i produksjon. Naturligvis er et annet hovedformål med sementering å konsolidere borehullet og å beskytte fôringen.

Når den fremstilles og mens den så injiseres i brønnen slik at den kan plasseres i sonen som skal sementeres, så må sementeringsoppslemmingen oppvise relativt lav viskositet og den må ha reologiske egenskaper som er praktisk talt konstante. Når den imidlertid er på plass, vil en ideell sement imidlertid hurtig utvikle høy trykkfasthet slik at annet arbeid med brønnen som bygges hurtig kan starte igjen, og spesielt for å muliggjøre at boring kan fortsette.

Densiteten for sementen må justeres slik at trykket ved bunnen av brønnen i det minste kompenserer for poretrykket i de geologiske formasjonene gjennom hvilke brønnen går, for å unngå en eventuell risiko for erupsjon. På samme måte som denne nedre grense for densitet, er det også en øvre grense. Denne øvre grense er slik at det hydrostatiske trykket generert av søylen av sement pluss falltapene på grunn av fluidene som pumpes må forbli under frakturingsstrykket for berget i seksjonen som sementeres. Visse geologiske formasjoner er svært sprø og krever densiteter nær densiteten for vann eller endog lavere.

Risikoen for erupsjon avtar med søylehøyde, slik at densiteten som kreves for å kompensere poretrykket da er lavere. I tillegg er sementering av en stor søylehøyde fordelaktig, ettersom dette gjør det mulig å redusere antallet av seksjoner som sementeres. Etter at en seksjon er blitt sementert, må boring gjenopptas med en mindre diameter, slik at med et stort antall seksjoner kreves det at hullet som skal bores nær overflaten har en stor diameter, noe som forårsaker høye kostnader på grunn av det store volum av berg som skal bores og på grunn av den høye vekten av stål som kreves for fôringsseksjonene på grunn av deres store diametre.

Alle disse faktorene favoriserer anvendelse av sementoppslemminger med svært lav densitet.

Sementoppslemmingene som er mest anvendt har densiteter på ca. 1900 kg/m³, som er ca. det dobbelte av densiteten som er ønsket for visse avleiringer. For å gjøre dem lettere er den enkleste teknikk å øke mengden av vann under tilsetningen av stabiliserende additiver (kjent som "ekstendere") til oppslemmingen, med det formål å unngå avsetning av partikler og/eller at fritt vann dannes på overflaten av oppslemmingen. Det er åpenbart at det med denne teknikken ikke kan nås en så lav densitet som nær 1000 kg/m³. Videre har herdede sementer dannet fra slike oppslemminger i høy grad redusert trykkfasthet, en høy grad av permeabilitet og dårlig adhesivkapasitet. Av disse grunner kan denne teknikken ikke anvendes for å komme under densiteter på ca. 1300 kg/m³ under fortsatt behold av god isolasjon mellom geologiske lag og tilveiebringelse av tilstrekkelig forsterkning for føringen.

En annen teknikk består i å gjøre sementoppslemmingen lettere ved å injisere gass i den (generelt luft eller nitrogen) før den stivner. Mengden av luft eller nitrogen som tilsettes er slik at den ønskede densiteten oppnås. Den kan være slik at det dannes et sementskum. Denne teknikken gir ytelse som er litt bedre enn ved den foregående teknikk, ettersom densiteten for gass er lavere enn densiteten for vann, slik at mindre må tilsettes. Likevel forblir densiteten for oljeindustri anvendelser i praksis begrenset til densiteter over 1100 kg/m³, selv med utgangspunkt i oppslemminger som allerede er blitt gjort lettere med vann. Over en viss "skumkvalitet", dvs. et visst forhold av gassvolum til volum av den skummede oppslemming, faller stabiliteten for skummet svært hurtig, trykkfastheten for skummet etter at det har stivnet blir for lav, og skummets permeabilitet blir for høy, slik at holdbarheten bringes i fare i et varmt vandig medium som inkluderer ioner som i større eller mindre grad er aggressive mot sement.

US 3,804,058 og GB 2,027,687A beskriver anvendelse av hult glass eller keramiske mikrosfærer for å produsere sementoppslemminger med lav densitet for anvendelse i olje- og gassindustrien.

Et formål med foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe sementeringsoppslemminger som er mer spesielt tilpasset for sementering av oljebrønner eller lignende, og som både har lav densitet og lav porøsitet, og som oppnås uten innføring av gass.

I henhold til oppfinnelsen oppnås dette mål ved hjelp av en sementoppslemming for sementering av en oljebrønn eller lignende, hvor oppslemmingen har en densitet som ligger i området 0,9 g/cm³ til 1,3 g/cm³, spesielt i området 0,9

g/cm³ til 1,1 g/cm³, og som består av en fast fraksjon og en flytende fraksjon, og med porøsitet (forhold mellom flytende fraksjonsvolum og totalvolum) som ligger i området 38% til 50%, og fortrinnsvis mindre enn 45%.

Den faste fraksjonen består av en blanding som omfatter:

- 5 - 60% til 90% (volum) av lettvektspartikler med en midlere størrelse som ligger i området 20 mikron (µm) til 350 µm;
- 10% til 30% (volum) av mikro-sement med en midlere partikkeldiameter som ligger i området 0,5 µm til 5 µm;
- 0 til 20% (volum) av Portlandsement, med partikler med en midlere diame-
10 ter som ligger i området 20 µm til 50 µm; og
- 0 til 30% (volum) gips.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører en sementoppslemming for sementering av en oljebrønn eller lignende, hvor oppslemmingen har en densitet som ligger i området 0,9 g/cm³ til 1,3 g/cm³, og som består av en fast fraksjon og en
15 flytende fraksjon, og med porøsitet (forhold mellom flytende fraksjonsvolum og totalvolum) som ligger i området 38% til 50%, kjennetegnet ved at den faste fraksjonen omfatter 60 volum% til 90 volum% av lettvektspartikler med en midlere størrelse som ligger i området 20 µm til 350 µm; 10 volum% til 30 volum% av mikro-sement med en midlere partikkeldiameter som ligger i området 0,5 µm til 5 µm;
20 0 til 20 volum% av Portlandsement, med partikler med en midlere diameter som ligger i området 20 µm til 50 µm; og 0 til 30 volum% gips.

Ytterligere utførelsesformer av sementoppslemmingen i henhold til oppfinnelsen fremgår av de uselvstendige patentkrav.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører også anvendelse av oppslemmingen i henhold til oppfinnelsen ved sementering av oljebrønner, gassbrønner eller lignende brønner.

De lave porøsiteter som oppnås gjør det mulig å optimalisere mekaniske egenskaper og permeabilitet. Ved å oppvise mekaniske egenskaper som er langt bedre enn de for konvensjonelle lettgjorte systemer, og permeabiliteter som er lavere, er lekkasjemotstanden og adhesjonsegenskapene for ultrallettvektsement og motstanden til slike formuleringer mot kjemiske angrep således langt bedre
30 enn med systemer som nå er i bruk for lave densiteter, selv om oppfinnelsen gjør det mulig å oppnå densiteter som er eksepsjonelt lave, og som spesielt er lavere enn densiteten for vann. I tillegg krever oppslemmingen i henhold til oppfinnelsen

ikke gass, noe som således gjør det mulig å unngå den logistikk som ellers ville være nødvendig for fremstilling av skummede sementer.

Fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen er kjennetegnet ved at partikkelformige additiver inkorporeres i sementoppslemming, slik at de i kombinasjon med hverandre og med de andre partikkelformige komponenter av oppslemmingen, og spesielt med partiklene av mikro-sement (eller sammenlignbart hydraulisk bindemiddel), fører til en kornstørrelsesfordeling som i betydelig grad endrer oppslemmingens egenskaper. De nevnte partikkelformige additiver er organiske eller uorganiske og de er valgt på grunn av sin lave densitet.

Den lave densiteten oppnås ved å kombinere lettvektspartikler og sement (eller et sammenlignbart hydraulisk bindemiddel). Ikke desto mindre vil de reologiske og mekaniske egenskaper bare være tilfredsstillende dersom størrelsen på partiklene og volumfordeling derav velges på en slik måte at kompaktheten for den faste blandingen maksimeres.

For en fast blanding som har to komponenter (lettvektspartiklene og mikro-sementen), oppnås denne maksimale kompakthet generelt for et volumforhold av lettvektspartikler til mikro-sement som ligger i området 70:30 til 85:15, og fortrinnsvis i området 75:25 til 80:20, for lettvektspartikler valgt til å være av en størrelse som er minst omtrent 100 ganger størrelsen av partiklene av mikro-sement, dvs. generelt partikler som har en størrelse på mer enn 100 μm . Disse verdiene kan variere, spesielt som en funksjon av den større eller mindre spredning i kornstørrelsesfordelingen for lettvektspartiklene. Partikler som har en midlere størrelse på over 20 μm kan også anvendes, men ytelsen er ikke så god. Partikler på mer enn 350 μm anvendes generelt ikke på grunn av den smale størrelse på ringromspaltene som skal sementeres.

Blandinger som har tre eller flere komponenter er foretrukket ettersom de gjør det mulig å oppnå større kompakthet dersom de midlere størrelser av de forskjellige komponenter er betydelig forskjellige. Det er for eksempel mulig å anvende en blanding av lettvektspartikler med en midlere størrelse på 150 μm , lettvektspartikler med en midlere størrelse på 30 μm , og mikro-sement, ved et volumforhold som ligger nær 55:35:10, eller litt borte fra disse optimale forhold, idet blandingen består av 50% til 60% (volum) av de første lettvektspartikler med midlere diameter som ligger i området 100 μm til 400 μm , 30% til 45% av de andre lettvektspartikler med midlere diameter som ligger i området 20 μm til 40 μm , og 5% til 20% mikro-sement. Avhengig av anvendelsen kan fraksjonen av lettvekts-

partikler av middels størrelse erstattes av Portlandsement av ordinær størrelse, spesielt klasse G Portlandsement.

Betegnelsen "mikro-sement" anvendes i oppfinnelsen for å betegne hvilket som helst hydraulisk bindemiddel som utgjøres av partikler med midlere størrelse på ca. 3 μm og inkludert ingen, eller minst ikke noe betydelig antall av, partikler med størrelse over 10 μm . De har et spesifikt overflateareal pr. enhetsvekt som bestemt ved luftpermeabilitetstesten og som generelt er ca. 0,8 m^2/g .

Mikro-sementen kan i hovedsak utgjøres av Portlandsement, spesielt en klasse G Portlandsement som typisk omfatter ca. 65% kalk, 25% silika, 4% aluminiumoksid, 4% jernoksider, og mindre enn 1% manganoksid, eller like godt en blanding av Portland-mikrosement med mikroslagg, dvs. en sammensetning hvor det hovedsakelig anvendes blandinger laget av klinker omfattende 45% kalk, 30% silika, 10% aluminiumoksid, 1% jernoksider og 5% til 6% manganoksid (bare de viktigste oksidene er nevnt her, og disse konsentrasjonene kan naturligvis variere litt avhengig av leverandøren). For anvendelser ved svært lav temperatur ($< 30^\circ\text{C}$), foretrekkes Portland-mikrosement fremfor en blanding av mikro-sement og slag på grunn av dens reaktivitet. Dersom stivning ved rette vinkler er påkrevet, kan gips (plaster) anvendes for alle eller noen av partiklene med middels størrelse.

Lettvektspartiklene har typisk en densitet på mindre enn 2 g/cm^3 , og generelt mindre enn 0,8 g/cm^3 . Som eksempel er det mulig å anvende hule mikrosfærer, spesielt av siliko-aluminiat, kjent som cenosfærer, en rest som oppnås ved brenning av kull og som har en midlere diameter på ca. 150 μm . Det er også mulig å anvende syntetiske materialer så som hule glassperler, og mer spesielt foretrukket er perler av natrium-kalsium-borsilikat-glass og som oppviser høy trykkfasthet, eller også mikrosfærer av en keramikktype, f.eks. av silika-aluminiumoksid-type. Disse lettvektspartiklene kan også være partikler av et plastmateriale så som perler av polypropylen.

Generelt justeres densiteten for oppslemmingen i hovedsak som en funksjon av hvilke lettvektspartikler som velges, men det er også mulig å variere forholdet av vann til faststoff (det holdes i området 38 volum% til 50 volum%), mengden av mikro-sement eller av sammenlignbart hydraulisk bindemiddel (i området 10% til 30%), og tilsetning av Portlandsement av ordinær størrelse som en erstatning for en del av lettvektspartiklene.

Naturligvis kan oppslemmingen også omfatte ett eller flere additiver av typer så som dispergeringsmidler; antifrysemidler; midler som holder tilbake vann;

sementstivningsakseleratorer eller -forsinkere, og/eller skumstabilisatorer, idet disse additivene vanligvis settes til den flytende fasen, eller dersom det er hensiktsmessig inkorporeres i den faste fasen.

Formuleringer laget i samsvar med oppfinnelsen har mekaniske egenskaper som er betydelig bedre enn de for skummede sementer med den samme densitet. Trykkfasthetene er svært høye og porøsitetene svært lave. Som et resultat er permeabilitetene flere størrelsesordener mindre enn de for skummede sementer med samme densitet, slik at slike systemer får bemerkelsesverdige egenskaper når det gjelder hardhet.

Fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen forenkler i betydelig grad sementeringsoperasjonen, ettersom enhver type logistikk som kreves for skumming unngås.

Oppslemminger fremstilt i samsvar med oppfinnelsen har også den fordel at alle karakteristikker for oppslemmingen (reologi, stivne/herdetid, trykkfasthet, ...) kan bestemmes på forhånd for oppslemmingen slik den anbringes i brønnen, til forskjell fra skummede oppslemminger hvor visse parametere bare kan måles på oppslemmingen før innføringen av gass (stivnetid).

De følgende eksempler illustrerer oppfinnelsen uten å begrense dens ramme.

20 EKSEMPEL 1

Oppslemminger med lav densitet og lav porøsitet kan oppnås fra blandinger av partikler av to eller tre (eller også flere) forskjellige størrelser, så lenge som pakkingsvolumfraksjonen (PVF = packing volume fraction) optimaliseres.

Egenskapene for tre oppslemminger fremstilt i samsvar med oppfinnelsen beskrives og sammenlignes med de for en konvensjonell lavdensitets utvidet oppslemming og for et skummet system.

Oppslemming A: En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 55 volum% av hule sfærer tatt fra cenosfærer med en gjennomsnittlig størrelse på 150 μm (spesifikk vekt 0,75); 35 volum% av glass-mikrosfærer med en gjennomsnittlig størrelse på 30 μm , og 10 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. 3 μm .

De anvendte mikrosfærene selges av 3MTM under navnet Scotchlite S60/10000, idet slike mikrosfærer har en densitet på 0,6 g/cm³ og en kornstørrel-

sesfordeling slik at 10% av partiklene (volum) har en størrelse på mindre enn 15 μm , 50% mindre enn 30 μm , og 90% mindre enn 70 μm . Disse partiklene ble valgt spesielt på grunn av deres høye trykkfasthet (90% av partiklene motstår isostatisk kompresjon på 68,9 MPa eller 10 000 psi).

5 Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at det ble sikret at volumprosenten av væske i oppslemmingen var 42%: vann-tilbakeholdingsmiddel basert på 2-akrylamido-2-metylpropan-sulfonsyre (AMPS) med 0,2% (vekt% av pulver, dvs. alle de faste partikler til sammen (mikro-sement, mikrosfærer og cenosfærer for denne oppslemming A)); et antiskum-middel med 0,113 liter
10 (0,03 gallons) pr. sekk av pulver; og en supermykner basert på polynaftalensulfonat med 0,265 liter (0,07 gallons) pr. sekk av pulver. Det bør observeres at en sekk pulver er definert analogt med sekker av sement og som en sekk inneholdende 45,359 kg blanding, med andre ord 1 gpb = 0,03834 liter (/) av additiv pr. kg blanding.

15 **Oppslemming B:** En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 78 volum% av hule sfærer oppnådd fra cenosfærer med en gjennomsnittlig størrelse på 150 μm og en densitet på 0,63 g/cm³, og 22 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. 3 μm .

Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at det
20 ble sikret at volumprosenten av væske i oppslemmingen var 42%: vann-tilbakeholdingsmiddel basert på AMPS-polymer med 0,2 vekt% av pulver; et antiskum-middel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver; og en supermykner basert på polynaftalensulfonat med 0,379 liter (0,1 gallons) pr. sekk av pulver.

25 **Oppslemming C:** En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 78 volum% av Scotchlite glass-mikrosfærer med en midlere størrelse på 30 μm ; og 22 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. 3 μm .

30 Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at det ble sikret at volumprosenten av væske i oppslemmingen var 45%: vann-tilbakeholdingsmiddel basert på AMPS-polymer med 0,2 vekt% av pulver; et antiskum-middel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver; og en super-

mykner basert på polynaftalensulfonat med 0,549 liter (0,145 gallons) pr. sekk av pulver.

Oppslemming D: En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 78,4 volum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer og med en midlere størrelse på 150 μm (densitet $0,72 \text{ g/cm}^3$) og 21,6 volum% av klasse G Portlandsement.

Vann og det følgende additiv ble blandet med nevnte pulver slik at volumprosenten av væske i oppslemmingen var 57%: et antiskum-middel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver.

10

Oppslemming E: En konvensjonell oppslemming med densitet 1900 kg/cm^3 ble fremstilt basert på en klasse G Portlandsement.

Oppslemmingen ble skummet med en mengde skum på 50%, slik at det ble oppnådd en oppslemming med endelig densitet på 950 kg/m^3 .

15

Oppslemming	A	B	C	D	E
Densitet	924	1068	1056	1130	950
Porøsitet	42%	42%	45%	57%	78%*
PV	87	68	65		
Ty	3,7	8,6	3,4		
CS	11,7	19,3	14,5	2,48	4,62

Densitetene er uttrykt i kg/m^3 . Reologi uttrykkes ved hjelp av en strømningssterskel Ty i Pascal, og ved plastisk viskositet PV i $\text{mPa}\cdot\text{s}$ eller centipoise, under anvendelse av Bingham-fluidmodellen. Disse parametrene ble bestemt ved omgivelsestemperatur. CS betyr trykkfastheten etter 24 timer for sement herdet ved 60°C ved et trykk på 6,9 MPa, og den er angitt i Mpa.

20

* I dette tilfelle ble porøsiteten beregnet som volum av gass + vann til totalt volum av oppslemmingen.

Det kan sees at for oppslemmingene fremstilt i samsvar med oppfinnelsen er trykkfastheten spesielt høy for densiteter som er så lave og at disse oppslemmingene oppviser utmerket reologi til tross for deres lave porøsitet.

25

EKSEMPEL 2

For oppslemminger med en densitet over $0,959 \text{ g/cm}^3$ (8 pounds pr. gallon = ppg), kan en del av lettvektspartiklene erstattes av klasse G sement.

5 **Oppslemming A:** En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 55 volum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer med en midlere størrelse på $150 \mu\text{m}$; 35 volum% av Scotchlite glass-mikrosfærer med en midlere størrelse på $30 \mu\text{m}$; og 10 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. $3 \mu\text{m}$.

10 Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at volumprosenten av væske i oppslemmingen var 42%: vann-tilbakeholdingsmiddel basert på AMPS-polymer med 0,2 vekt% av pulver; et antiskum-middel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver; og en supermykner basert på polynaftalensulfonat med 0,265 liter (0,07 gallons) pr. sekk av pulver.

15

Oppslemming B: En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 5 volum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer med en midlere størrelse på $150 \mu\text{m}$; 25 volum% av Scotchlite glass-mikrosfærer med en midlere størrelse på $30 \mu\text{m}$; 10 volum% av en klasse G Portlandsement, og 10 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. $3 \mu\text{m}$.

20 Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at det ble oppnådd en volumprosent av væske i oppslemmingen på 42%: vann-tilbakeholdingsmiddel basert på AMPS-polymer med 0,2 vekt% av pulver; et antiskum-middel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver; og en supermykner basert på polynaftalensulfonat med 0,038 liter (0,01 gallons) pr. sekk av pulver.

25

Oppslemming C: En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 55 volum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer med en midlere størrelse på $150 \mu\text{m}$; 20 volum% av Scotchlite glass-mikrosfærer med en midlere størrelse på $30 \mu\text{m}$; 15 volum% av en klasse G Portlandsement, og 10 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. $3 \mu\text{m}$.

30

Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at det ble oppnådd en volumprosent av væske i oppslemmingen på 42%: vann-tilbakeholdingsmiddel basert på AMPS-polymer med 0,2 vekt% av pulver; et antiskum-

middel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver; og en supermykner basert på polynaftalensulfonat med 0,038 liter (0,01 gallons) pr. sekk av pulver.

Oppslemming D: En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 55 volum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer og med en midlere størrelse på 150 μm ; 15 volum% av Scotchlite glass-mikrosfærer med en midlere størrelse på 30 μm ; 20 volum% av en klasse G Portlandsement, og 10 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. 3 μm .

Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at det ble oppnådd en volumprosent av væske i oppslemmingen på 42%: vann-tilbakeholdingsmiddel basert på AMPS-polymer med 0,2 vekt% av pulver; et antiskummiddel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver; og en supermykner basert på polynaftalensulfonat med 0,038 liter (0,01 gallons) pr. sekk av pulver.

Densitetene er uttrykt i kg/m^3 . Reologi uttrykkes ved hjelp av strømningsterskelen T_y i Pascal, og ved plastisk viskositet PV i $\text{mPa}\cdot\text{s}$ eller centipoise, under anvendelse av Bingham-fluidmodellen. Disse parametrene ble bestemt ved omgivelsestemperatur. CS betyr trykkfastheten etter 24 timer og etter 48 timer for sement herdet ved 60°C ved et trykk på 6,9 MPa, og den er angitt i Mpa.

Oppslemming	A	B	C	D
Densitet	924	1068	1140	1218
Porøsitet	42%	42%	42%	42%
PV	87	90	100	109
T_y	7,7	8,8	9,0	11,2
CS (24 timer)	7,58	18,3	19,7	20,7
CS (48 timer)	9,0	19,0	29,7	28,3

Tilsetning av Portlandsement som en del av partiklene med "middels størrelse" gjør det mulig å dekke hele området av densiteter fra $0,959 \text{ g/cm}^3$ til $1,32 \text{ g/cm}^3$ (8 ppg til 11 ppg) og trykkfastheten forbedres i betydelig grad. Denne tilsetningen forstyrrer ikke de reologiske egenskapene på noen måte.

EKSEMPEL 3

For oppslemminger med en densitet over $0,959 \text{ g/cm}^3$ (8 pounds pr. gallon = ppg), kan en del av lettvektspartiklene erstattes av mikro-sement eller av en blanding av mikro-sement og slagg.

- 5 **Oppslemming A:** En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 55 volum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer med en midlere størrelse på $150 \mu\text{m}$; 30 volum% av Scotchlite glass-mikrosfærer med en midlere størrelse på $30 \mu\text{m}$; og 15 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. $3 \mu\text{m}$.

- 10 Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at volumprosenten av væske i oppslemmingen ble 42%: vann-tilbakeholdingsmiddel basert på AMPS-polymer med 0,2 vekt% av pulver; et antiskum-middel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver; og en supermykner basert på polynaftalensulfonat med 0,265 liter (0,07 gallons) pr. sekk av pulver.

- 15 **Oppslemming B:** En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 55 volum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer med en midlere størrelse på $150 \mu\text{m}$; 25 volum% av Scotchlite glass-mikrosfærer med en midlere størrelse på $30 \mu\text{m}$, og 20 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. $3 \mu\text{m}$.

- 20 Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at det ble oppnådd en volumprosent av væske i oppslemmingen på 42%: vann-tilbakeholdingsmiddel basert på AMPS-polymer med 0,2 vekt% av pulver; et antiskum-middel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver; og en supermykner basert på polynaftalensulfonat med 0,038 liter (0,01 gallons) pr. sekk av pulver.

25

Oppslemming	A	B
Densitet	990	1056
Porøsitet	42%	42%
CS (24 timer)	11,2	21,4
CS (48 timer)	11,7	22,1

Densiteter er uttrykt i kg/m^3 . CS betyr trykkfasthet etter 24 timer og etter 48 timer for sement herdet ved 60°C ved et trykk på 6,9 MPa, og den er angitt i Mpa.

Øking av innholdet av mikro-sement og slaggblanding er årsak til eksepsjonell trykkfasthetsytelse ved $1,08 \text{ g/cm}^3$ (9 ppg).

5

EKSEMPEL 4

Avhengig av de ønskede mekaniske egenskaper (fleksibilitet, evne til å motstå høye trykk), kan forskjellige lettvektspartikler anvendes så lenge som PVF optimaliseres.

10

Oppslemming A: En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 55 volum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer med en midlere størrelse på $150 \mu\text{m}$; 30 volum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer med en midlere størrelse på $45 \mu\text{m}$, og 15 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. $3 \mu\text{m}$.

15

Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at volumprosenten av væske i oppslemmingen var 42%: vann-tilbakeholdingsmiddel basert på AMPS-polymer med 0,2 vekt% av pulver; et antiskum-middel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver; og en supermykner basert på polynaftalensulfonat med 0,265 liter (0,07 gallons) pr. sekk av pulver.

20

Oppslemming B: En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 55 volum% av partikler av polypropylen med en midlere størrelse på $300 \mu\text{m}$; 30 volum% av Scotchlite glass-mikrosfærer med en midlere størrelse på $30 \mu\text{m}$, og 15 volum% av en blanding av Portland mikro-sement og slagg med en midlere størrelse på ca. $3 \mu\text{m}$.

25

Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at det ble oppnådd en volumprosent av væske i oppslemmingen på 42%: en retarder basert på rensede lignosulfonater med 0,22 vekt% av pulver; et vann-tilbakeholdingsmiddel basert på AMPS-polymer med 0,2 vekt% av pulver, og en supermykner basert på polynaftalensulfonat med 0,189 liter (0,05 gallons) pr. sekk av pulver.

30

Oppslemming	A	B
Densitet	990	1068

Porøsitet	42%	42%
PV	93	116
Ty	20	9,3
CS (24 timer)	18,3	10,3 *
CS (48 timer)	18,7	22,1 *

Densiteter er uttrykt i kg/m^3 . Reologi uttrykkes ved hjelp av strømnings-
terskelen Ty i Pascal, og ved plastisk viskositet PV i $\text{mPa}\cdot\text{s}$ eller centipoise, under
anvendelse av Bingham-fluidmodellen. Disse parametrene ble bestemt ved omgi-
5 velsestemperatur. CS betyr trykkfasthet etter 24 timer for sement herdet ved 60°C
ved et trykk på 6,9 MPa, og den er angitt i Mpa.

* Trykkfasthet ved 24 timer for sement herdet ved 104°C under et trykk på
20,7 MPa, uttrykt i MPa.

10 EKSEMPEL 5

For lavtemperaturanvendelser kan blandingen av mikro-sement og slag
erstattes med ren mikro-sement, eller gips (plaster) kan settes til for å erstatte
partiklene med medium størrelse.

15 Vi har sammenlignet en formulering i henhold til oppfinnelsen med en
skummet gipsformulering (plaster formulation).

Oppslemming A: En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 42,7 vo-
lum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer med en midlere størrelse på $150\ \mu\text{m}$;
20 20 volum% av hule sfærer avledet fra cenosfærer med en midlere størrelse på $45\ \mu\text{m}$;
27,3 volumprosent gips, og 10 volum% av en blanding av Portland mikro-
sement og slag med en midlere størrelse på ca. $3\ \mu\text{m}$.

Vann og de følgende additiver ble blandet med dette pulveret slik at volum-
prosenten av væske i oppslemmingen ble 42%: retarder basert på rensede ligno-
sulfonater med 0,189 liter (0,05 gallons) pr. sekk av pulver; vann-tilbakehol-
25 dingsmiddel i eksemplet med 0,151 liter (0,04 gallons) pr. sekk av pulver, og et
antiskum-middel med 0,113 liter (0,03 gallons) pr. sekk av pulver.

Oppslemming B (referanse): Denne oppslemmingen er i samsvar med kjent teknikk. En blanding av pulvere ble fremstilt. Den omfattet 40 volum% av klasse G sement og 60 volum% av gips (plaster). Vann og additiver ble blandet med pulveret slik at densiteten for oppslemmingen ble 1900 kg/m³.

- 5 For å skumme denne oppslemming ble det bare tilsatt konvensjonelle fuktemidler: D138 og F052.1 i et forhold på 1:1. Mengden som tilsettes avhenger av skumkvalitet. Den ble justert slik at det ble oppnådd en oppslemming som hadde en densitet på 1320 kg/m³.

Densiteter		1320	1218
Oppslemming A (i henhold til oppfinnelsen)	Q		0
	PV		112
	Ty		6,7
	CS (ved 12 timer for sement herdet ved 4°C under 6,9 MPa)		2,41
	CS (ved 24 timer for sement herdet ved 25°C under 6,9 MPa)		14,8
Oppslemming B (referanse)	Q	30%	
	CS (ved 24 timer for sement herdet ved 18°C under atmosfærisk trykk)	2,96	
	CS (ved 48 timer for sement herdet ved 18°C under atmosfærisk trykk)	4,55	

10

Densiteter er uttrykt i kg/m³. Reologi uttrykkes ved hjelp av strømningssterskelen Ty i Pascal, og ved plastisk viskositet PV i mPa·s eller centipoise, under anvendelse av Bingham-fluidmodellen. Disse parametrene ble bestemt ved omgivelsestemperatur. CS betyr trykkfastheten under betingelsene angitt i tabellen, og er angitt i Mpa.

15

P a t e n t k r a v

1. Sementoppslemming for sementering av en oljebrønn eller lignende, hvor oppslemmingen har en densitet som ligger i området $0,9 \text{ g/cm}^3$ til $1,3 \text{ g/cm}^3$, og
 5 som består av en fast fraksjon og en flytende fraksjon, og med porøsitet (forhold mellom flytende fraksjonsvolum og totalvolum) som ligger i området 38% til 50%,
 k a r a k t e r i s e r t v e d at den faste fraksjonen omfatter
 - 60 volum% til 90 volum% av lettvektspartikler med en midlere størrelse som ligger i området $20 \text{ }\mu\text{m}$ til $350 \text{ }\mu\text{m}$;
 - 10 - 10 volum% til 30 volum% av mikro-sement med en midlere partikkeldiameter som ligger i området $0,5 \text{ }\mu\text{m}$ til $5 \text{ }\mu\text{m}$;
 - 0 til 20 volum% av Portlandsement, med partikler med en midlere diameter som ligger i området $20 \text{ }\mu\text{m}$ til $50 \text{ }\mu\text{m}$; og
 - 0 til 30 volum% gips.
- 15 2. Sementoppslemming i henhold til krav 1,
 k a r a k t e r i s e r t v e d en porøsitet på mindre enn 45%.
3. Sementoppslemming i henhold til hvilke som helst av de foregående krav,
 20 k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte lettvektspartikler har en densitet mindre enn 2 g/cm^3 , og fortrinnsvis mindre enn $0,8 \text{ g/cm}^3$.
4. Sementoppslemming i henhold til krav 3,
 k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte lettvektspartikler er valgt fra hule mikrosfærer,
 25 r e r, spesielt siliko-aluminat-mikrosfærer eller cenosfærer, syntetiske materialer så som hule glassperler, og mer spesielt perler av natrium-kalsium-borsilikat-glass, keramiske mikrosfærer, f.eks. av silika-aluminiumoksidtype, eller perler av plastmateriale så som polypropylenperler.
- 30 5. Sementoppslemming i henhold til hvilke som helst av de foregående krav,
 k a r a k t e r i s e r t v e d at oppslemmingen har ett eller flere additiver av de følgende typer: dispergeringsmidler, antifrysemidler, vann-tilbakeholdingsmidler, sementstivningsakseleratorer eller -retarderingsmidler, og skumstabilisatorer.
- 35 6. Sementoppslemming i henhold til hvilke som helst av de foregående krav,

k a r a k t e r i s e r t v e d a t den faste fraksjonen av oppslemmingen består av lettvektspartikler med diameter som ligger i området 100 μm til 350 μm og av partikler av mikrosement, hvor forholdet av lettvektspartikler til mikrosement ligger i området 70:30 til 85:15.

5

7. Anvendelse av oppslemmingen i henhold til hvilke som helst av de foregående krav ved sementering av oljebrønner, gassbrønner eller lignende brønner.