

تهیه و تنظیم:

رامین برومند، دانشجوی کارشناسی ارشد تولید و بهره برداری نفت (طرح دو گانه) دانشگاه کر تین استرالیا و دانشگاه صنعت نفت تهران

آدرس: تهران-ستار خان -خسرو جنوبی- جنب باشگاه صنعت نفت- دانشگاه صنعت نفت تهران

پست الکترونیکی: raminboroumand@yahoo.com

کلمات کلیدی: سیال حائل ، سیال ژلاتینی ، سورفکتنت ، تراویده گل ، آب دوست

طراحی سیال حائل برای عملیات سیمانکاری

چکیده

سیالات حائل (spacers) از اهمیت ویژه ای در عملیات سیمانکاری برخوردار هستند، به نحوی که با استفاده از این سیالات موفقیت عملیات سیمانکاری تا ۱۰۰٪ افزایش می یابد. با توجه به اهمیت این سیالات در صنعت نفت و وابستگی کشور در این زمینه به شرکتهای خارجی، طراحی و تولید این سیالات در داخل کشور امری کاملاً ضروری و اجتناب ناپذیر است. بنابراین با همکاری پژوهشگاه صنعت نفت اولین سیال حائل برای استفاده در چاههای نفت کشور طراحی و ساخته شد. این سیال قابلیت رقابت با انواع خارجی خود را دارا می باشد و باعث صرفه جویی ارزی برای کشور خواهد شد.

مقدمه

تاریخچه مصرف سیالات حائل در صنعت نفت جهان به حدود نیم قرن پیش بر می گردد و تاثیر مصرف این سیالات در بهبود نتایج سیمانکاری کاملاً به اثبات رسیده است. نحوه عملکرد این سیالات به این شکل است که به عنوان یک واسطه بین دوغاب سیمان و گل حفاری قرار می گیرند و از مخلوط شدن این دو سیال که منجر به تشکیل شدن یک سیال ژلاتینی میشود جلوگیری می کند. سیال ژلاتینی که در محل اختلاط دوغاب سیمان و گل حفاری ایجاد میشود دارای خصوصیات ریزولوژیکی می باشد که پمپ کردن آن را غیر ممکن میکند و منجر به شکست عملیات سیمان کاری می شود. بنابراین جلوگیری از اختلاط دوغاب سیمان و گل حفاری از اهمیت به سزائی برخوردار است. این جلوگیری می تواند به دو شکل فیزیکی و شیمیایی صورت گیرد.

اهمیت سیمان کاری در چاه

سیمان کاری در چاه نفت به عملیاتی اطلاق می شود که طی آن دوغاب سیمان به پشت لوله جداری پمپ می شود.

نقش سیمان پشت لوله جداری در تولید و بهره برداری از چاه:

۱. جلوگیری از ارتباط سیالات در سازندهای مختلف
۲. جلوگیری از مهاجرت گاز در پشت لوله جداری و فوران چاه
۳. جلوگیری از تولید بیش از حد آب
۴. جلوگیری از خوردگی لوله جداری
۵. جلوگیری از ریزش دیواره چاه و گیر کردن رشته حفاری [۱]

اگر به هر علتی سیمان کاری چاه موفقیت آمیز نباشد بی شک یکی از سناریوهای بالا برای چاه اتفاق می افتد که منجر به تحمیل هزینه های کلان به پروژه می شود. در بدترین حالت ممکن هزینه های تحمیلی منجر به شکست پروژه ، به علت غیر اقتصادی بودن، می شود.

با توجه به اهمیت سیمان کاری برای چاه های نفت، شرکتهای سرویس دهنده این عملیات تلاشی بی وقفه در جهت رفع نواقص و ارتقاء کار خود را دارند. عواملی که باعث بهبود عملیات سیمان کاری می شوند عبارتند از:

۱. شستشوی چاه قبل از سیمان کاری
۲. حرکت لوله جداری حین سیمان کاری
۳. در مرکز قرار دادن لوله جداری قبل از سیمان کاری
۴. استفاده از جریان اغتشاشی برای پمپ کردن دوغاب سیمان
۵. استفاده از سیال حائل [۲]

هر کدام از عوامل بالا تاثیر به سزایی در بهبود نتایج عملیات سیمان کاری دارا می باشند. استفاده از سیال حائل تنها عاملی میباشد که اهمیت آن به نحو کامل درک نشده است به همین دلیل تلاشی در جهت تولید این سیال مهم در داخل کشور صورت نگرفته است.

سیال حائل (spacer)

سیال حائل در واقع نوعی محلول بافر می باشد که بین دوغاب سیمان و گل حفاری پمپ میشود تا از مخلوط شدن این دو سیال ناسازگار جلوگیری کند. سیال حائل وظایف مهمی بر عهده دارد که عبارتند از:

۱. جلوگیری از تشکیل شدن سیال ژلاتینی در محل اختلاط دوغاب سیمان و گل حفاری
 ۲. شستن تراویده گل از دیواره چاه
 ۳. تغییر خصوصیات دیواره سازند از حالت روغنی به آب دوست (در صورت استفاده از گل پایه روغنی)
- در صورت استفاده نکردن از سیال حائل سناریوهای متفاوتی ممکن است برای چاه رخ دهد که در بدترین حالت چاه باید به دلیل عدم توانایی در پمپ کردن سیال ژلاتینی و تکمیل عملیات سیمان کاری نیمه کاره رها شود. در حالت دوم ممکن است به دلیل افزایش فشار، جهت پمپ کردن سیال ژلاتینی، سازندهای شکننده دچار شکستگی شده که این امر برای مهندسین مخزن بسیار ناخوشایند می باشد زیرا:

۱. بازدهی روشهای ازدیاد برداشت را به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش می دهد
۲. منجر به ارزیابی های غیر صحیح از مخزن می شود
۳. تولید نا خواسته سیالات مخزن [۳]

به طور کلی دوغاب سیمان یک سیال آب پایه می باشد به همین دلیل چسبندگی سیمان به سازندی که آب دوست می باشد حداکثر است. به همین دلیل برای انجام یک عملیات سیمان کاری موفق لازم است که قبل از شروع عملیات این شرایط مهیا شوند که تمیز نمودن دیواره چاه از تراویده گل و تبدیل خصوصیات دیواره چاه از حالت روغنی به آب دوست از جمله این شرایط می باشند. استفاده صحیح از سیالات حائل نقش مهمی در تحقق این شرایط دارا می باشد. سیالات حائل دارای انواع متفاوتی می باشند که با توجه به نوع دوغاب سیمان و گل حفاری نوع مناسب آن انتخاب می شود. انواع سیالات حائل:

۱. آب پایه
۲. پایه روغنی
۳. امولسیون

هر کدام از این انواع مزایا و معایب مختص به خود را دارا می باشند. برای مثال سیال حائل آب پایه از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر و از لحاظ زیست محیطی آلودگی کمتری ایجاد می کند ولی از قدرت شستشوی کمتری برخوردار است. در مقابل سیالات پایه روغنی و امولسیون دارای قدرت شستشوی بهتری می باشند ولی تاثیرات زیست محیطی آنها و قیمت بالاتر باعث می شود که از مقبولیت کمتری برخوردار باشند.

طراحی سیال حائل

هر سیال حائل دارای خصوصیات کلیدی می باشد که در حقیقت علت اصلی استفاده از این سیالات نیز می باشند. این خصوصیات کلیدی عبارتند از:

۱. سازگاری با هر دو سیال دوغاب سیمان و گل حفاری
۲. ویسکوزیتی کنترل شده برای ایجاد حالت پیستون مانند جهت حول دادن گل حفاری
۳. قابلیت پمپ کردن با تجهیزات سیمان کاری
۴. قابلیت حمل خرده های حفاری
۵. قابلیت شستشوی تراویده گل از سطح سازند
۶. تبدیل خصوصیات سازند به آب دوست
۷. مقرون به صرفه بودن [۴]

برای طراحی یک سیال حائل با کارایی بالا تمام موارد فوق باید مد نظر باشند. جهت مرتفع کردن خصوصیات اساسی سیال حائل، یک سری از مواد شیمیایی باید به سیال پایه (آب یا نفت گاز) اضافه شوند که عبارتند از:

۱. وزن افزا: جهت افزایش وزن مخصوص تا حد مورد نظر
۲. ویسکوزیفایر: تنظیم ویسکوزیتی سیال حائل
۳. رقیق کننده گل حفاری: کاهش ویسکوزیتی گل حفاری
۴. سورفکتانت (surfactant): تبدیل خصوصیات سازند از روغنی به آب دوست
۵. کنترل کننده هرزروی سیال (fluid loss agent)
۶. امولسیفایر [۵]

همان گونه که قبلاً ذکر شد سیال حائل نقش یک واسطه بین دوغاب سیمان و گل حفاری را دارا می باشد بنابراین خصوصیات ریولوژیکی این سیال باید بین خصوصیات ریولوژیکی دوغاب سیمان و گل حفاری قرار گیرد. این اصل پایه و اساس طراحی تمام سیالات حائل می باشد.

خصوصیات ریولوژیکی دوغاب سیمان < خصوصیات ریولوژیکی سیال حائل > خصوصیات ریولوژیکی گل حفاری

در زمان طراحی سیال حائل برای هر چه این اصل مهم باید مورد توجه قرار گیرد زیرا در غیر اینصورت اهداف مورد نظر به طور کامل محقق نخواهند شد.

طراحی و تولید سیال حائل برای سازند آسماری در میدان ماروون

میدان ماروون که در نزدیکی شهر اهواز قرار گرفته است با دارا بودن ۱۸۷ حلقه چاه فعال از مهمترین میدانی نفتی کشور است که بخش اعظم نفت کشور را تولید می کند. با توجه به اهمیت این میدان و وجود برخی مشکلات در زمینه سیمان کاری چاههای این میدان، که دلیل بروز برخی از این مشکلات نبود سیال حائل مناسب می باشد، تصمیم گرفته شد که سیال حائل مناسب برای سازند آسماری (سازند مخزن) این میدان طراحی شود.

سیالاتی که در حال حاضر توسط شرکتهای داخلی به عنوان سیال حائل استفاده می شوند عبارتند از:

۱. آب نمک
۲. نفت گاز (گازوئیل)

لازم به ذکر است که هر دو سیال فوق در صنعت نفت دنیا به عنوان رقیق کننده (preflush) کاربرد دارند و تنها در ایران است که به عنوان سیال حائل کاربرد دارند. دو دلیل عمده که می توان برای استفاده نکردن از این سیالات به عنوان سیال حائل ذکر کرد عبارتند از:

۱. آب نمک قابلیت شستشوی تراویده گل را ندارد

۲. نفت گاز(گازوئیل) دیواره سازند را روغنی می کند

البته گاهی اوقات که شرکتهای خارجی مانند شلومبرژر و داوول (Schlumberger& Dowell) عملیات سیمان کاری چاه را بر عهده دارند سیالات حائل اختصاصی خود را استفاده می کنند که فرمولاسیون آنها کاملاً محرمانه می باشند.

مراحل طراحی و ساخت سیال حائل

۱. جمع آوری اطلاعات در زمینه دوغاب سیمان و گل حفاری

۲. مشخص نمودن خصوصیات ریولوژیکی سیال حائل

۳. بررسی افزاینده های مورد نظر

۴. تهیه سیال حائل و انجام تستهای آزمایشگاهی

همان گونه که ذکر شد سیال مورد نظر جهت استفاده در سازند آسماری (میدان ماروون) طراحی شده است. بنابراین خصوصیات ریولوژیکی دوغاب سیمان و گل حفاری مورد استفاده در چاه مورد نظر باید مشخص شوند. تا سیال حائل بر اساس آنها طراحی شود. لازم به ذکر است که جهت انجام تستهای آزمایشگاهی، دوغاب سیمان و گل حفاری مورد استفاده در چاه باید شبیه سازی شوند.

بر اساس اصلی که ذکر شد خصوصیات ریولوژیکی سیال حائل باید بین خصوصیات ریولوژیکی دوغاب سیمان و گل حفاری قرار گیرند بنابراین با داشتن خصوصیات ریولوژیکی دوغاب سیمان و گل حفاری می توان خصوصیات سیال حائل مورد نظر را تعیین کرد.

Mud rheological properties @85 deg F					
Density	Fluid loss(@ 480 psi)	Plastic viscosity	ES	Yield point	Gel strength
62 pcf	9 cc	23 cp	350 v	10 lbf/100ft2	5/6

جدول (۱)- خصوصیات ریولوژیکی گل حفاری

Cement slurry properties				
Density	Free water	Thickening time	Plastic viscosity	Yield point
92 pcf	4 ml	258 min	10 cp	13 lbf/100ft2

جدول (۲)- خصوصیات ریولوژیکی دوغاب سیمان

جهت تعیین خصوصیات ریولوژیکی سیال حائل از دو جدول فوق کمک گرفته شده است. وزن مخصوص سیال حائل ۷۰ پوند بر فوت مکعب در نظر گرفته شد که طبق استانداردهای طراحی باید نزدیکتر به وزن مخصوص گل حفاری باشد.

افزاینده‌های مورد استفاده در سیال حائل طراحی شده

پس از انجام تستهای آزمایشگاهی متعدد، فرمولاسیون نهائی این سیال حائل به شرح زیر می باشد:

- ❖ آب (سیال پایه)
- ❖ نمک (وزن افزا و بازدارنده آماس شیل)
- ❖ Salt water clay (وزن افزا)
- ❖ CMC HV C-6 (ویسکوزیفایر)
- ❖ CFR-1 (سورفکتانت)

Agents	H2O	SWC	NaCl	CMC HV C-6	CFR-1	PV (cp)	YP (lbf/100ft2)	Density (pcf)
Test 9	-----	----	-----	-----	-----	۸	19	70

جدول (۳) - خصوصیات سیال حائل تست شده

پس از طراحی سیال حائل نوبت به انجام تستهای آزمایشگاهی مربوط به سازگاری این سیال با دوغاب سیمان و گل حفاری می رسد.

	Density(pcf)	PV(cp)	YP(lbf/100ft2)	Thickening time(min)
Mud	62	23	10	
Cement	92	10	13	258
Cement+10% mud	-----	29	62	102
Cement+20% mud	Too thick to measure			

جدول (۴) - عدم سازگاری دوغاب سیمان و گل حفاری پایه روغنی

جدول (۴) به خوبی نشان می دهد که پس از مخلوط نمودن دوغاب سیمان با ۱۰٪ گل حفاری پایه روغنی یک سیال ژلاتینی با ویسکوزیتی و نقطه تسلیم بالا ایجاد می شود که پمپ کردن آن بسیار مشکل و یا غیر ممکن است.

	Density(pcf)	PV(cp)	YP(lbf/100ft2)	Thickening time(min)
Spacer	70	8	19	-----
Cement 1	92	10	13	258
Cement1+10% spacer	91	12	16	472
Cement 2	-----	14	16	230
Cement2+20% spacer	-----	12	14	650

جدول (۵) - سازگاری دوغاب سیمان و سیال حائل

نتایج آزمایش سازگاری دوغاب سیمان و سیال حائل به خوبی مشخص می کند که سیال حائل طراحی شده کمترین اثر مخرب (افزایش ویسکوزیتی و نقطه تسلیم) را بر روی دوغاب سیمان دارا می باشد. این امر به دلیل آن است که تغییر خصوصیات رپولوژیکی دوغاب سیمان بسیار ناچیز می باشد که بهترین حالت ممکن می باشد. پس از انجام آزمایش سازگاری دوغاب سیمان و سیال حائل نوبت به انجام تست مقاومت فشاری می رسد که توسط دستگاههای اتوکلاو اولترا سونیک انجام می شود. برای انجام این تست چهار نمونه ساخته می شود. نمونه اول دوغاب سیمان بدون آلودگی می باشد و نمونه های دیگر با سیال حائل و گل حفاری پایه روغنی آلوده شده اند.

Sample	50 psi(hr:min)	500 psi(hr:min)	24 hour strength (psi)
Neat cement	7:20	9:52	1144
Cement+10% mud	13:10	Do not reach	430
Cement+10% spacer	11:5	14:20	590
Cement+20% spacer	14:35	Do not reach	445

جدول (۶) - تست مقاومت فشاری

نتایج تست به خوبی بیانگر این موضوع هستند که هر دو سیال مورد آزمایش (سیال حائل و گل حفاری پایه روغنی) باعث کاهش مقاومت فشاری دوغاب سیمان می شوند. اما ذکر این نکته ضروری است که تمام سیالات حائل مشابه خارجی نیز باعث کاهش مقاومت فشاری دوغاب سیمان می شوند. یک راه حل ساده که برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است اینست که ۱ یا ۲ بشکه دوغاب سیمان اضافی پمپ شده تا دوغاب سیمان آلوده به سیال حائل از چاه خارج شده و مشکل مقاومت فشاری سیمان حل شود. برای مشاهده قابلیت شستشوی گل حفاری پایه روغنی کافی است که یک سلول آزمایشگاهی را به گل حفاری پایه روغنی آغشته نمود و سپس با سیال حائل سعی کنیم آن را شستشو دهیم نتیجه کار باید با چشم قضاوت شود که کاری آسان می باشد. نتایج حاصله برای این سیال کاملاً رضایت بخش بودند.

نتایج و یافته ها

نتیجه کلی این پروژه طراحی و تولید یک سیال حائل برای استفاده در چاههای داخلی می باشد که این امر از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا:

- اولین سیال تولید شده از این نوع در داخل کشور می باشد
- قطع وابستگی و صرفه جویی ارزی
- افزایش نرخ موفقیت عملیات سیمان کاری

توصیه

تولید این سیال اولین گام در جهت خود کفا کردن صنعت نفت کشور در این زمینه می باشد و برای رسیدن به استانداردهای جهانی موانعی پیش رو می باشد که با توجه خاص مسئولان دلسوز نظام و صنعت نفت قابل حل می باشند.
منابع

1- Cementing Manual, Implications of Cementing on Well Performance

Michael J. Economides Schlumberger Dowell, 1990.

2- Cementing Manual, Mud Removal, Dominique Guillot, Hugo Hendriks,

Françoise Callet, and Benoit Vidick, Schlumberger Dowell, 1990.

3- Christopher F. Lockyear, and Ashley P. Hibbert,” Integrated Primary Cementing Study Defines Key Factors for Field Success” Paper JPT, December 1989.

4- Waremburg Phil, M. Kirksey James, and E Bannister Charles, “Improving Cement Bond in the Rocky Mountain Area by the Use of Spacer, Wash, and Thixotropic Cement” Paper SPE 9031, May 14-18 1980

5- Benge Glen,” Field Study of Offshore Cement-Spacer Mixing” Paper SPE 19864, September 1990.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.