

بررسی استفاده از مخلوط گل سنگین پایه آبی و مگنست تینر به عنوان سیال حائل سیمان کاری لوله‌های جداری چاه نفت

امین احمدی^{۱*}، فاطمه امیری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مسجدسلیمان ■ مجتبی آبدیده، شرکت مناطق نفت خیز جنوب

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۱۱/۲۰

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش داور: ۹۸/۰۱/۲۳

واژگان کلیدی:

دوغاب سیمان، مگنست تینر، حائل سیمان کاری، گل پایه آبی

چکیده

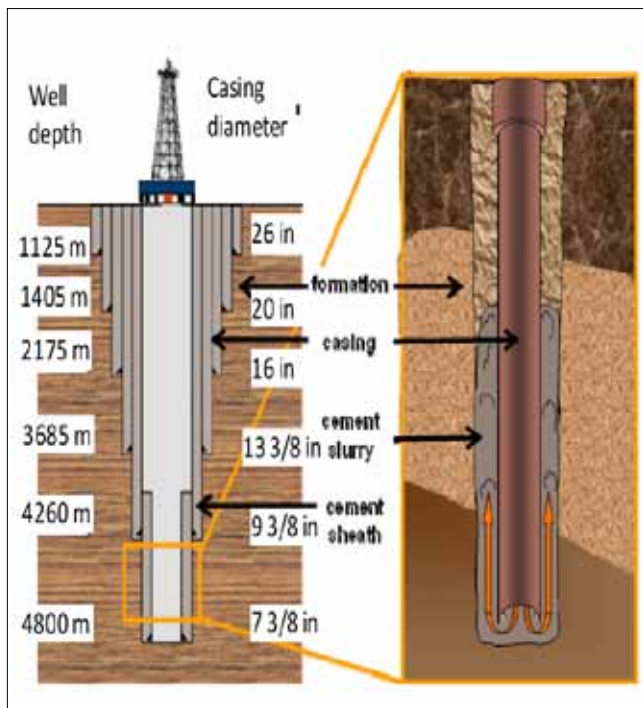
در سیمان کاری لوله‌های جداری چاه نفت معمولاً پیش از پلاگ پایینی از یک سیال به عنوان سیال حائل بین گل و سیمان استفاده می‌شود. در چاه‌هایی که با گل سنگین ($> 100\text{PCF}$) حفر شده‌اند، برای جلوگیری از افت فشار استاتیکی چاه از همان گل سنگین موجود در چاه می‌توان به عنوان حائل سیمان کاری استفاده کرد. اما در صورت تماس سیمان با گل حفاری، گر انرژی سیمان افزایش یافته و دچار ژل شدن می‌شود. این قضیه ریسک سخت شدن ناگهانی سیمان در لوله جداری را افزایش می‌دهد. بنابراین وجود ماده‌ای در گل حائل برای جلوگیری از ژل شدن سیمان در تماس با گل کمک بسیاری به عملیات حفاری چاه می‌کند. در این مقاله تاثیر استفاده از مگنست تینر در گل سنگین پایه آبی به عنوان سیال حائل سیمان کاری لوله‌های جداری چاه نفت بررسی شد.

مقدمه

می‌کند که پلاگ بالایی به پلاگ پایینی برسد و بر روی آن سوار شود یا به اصطلاح bump شود. در این لحظه فشار افزایش پیدا می‌کند. اینک سیمان کاری چاه پایان یافته است (شکل-۱) [۱].

سیال حائل در واقع نوعی محلول بافر می‌باشد 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

پس از آنکه حفاری چاه به عمق مورد نظر، یعنی casing point رسید، لوله‌های جداری را به داخل چاه می‌فرستند و کفشک را off bottom نگه می‌دارند. پس از نصب cementing head برای اطمینان از عملکرد float valve داخل کفشک یا کالر، گل را مدتی در چاه گردش می‌دهند. پلاگ‌های بالا و پایین را به ترتیب در cementing head قرار می‌دهند تا هر یک بر روی ضامن خود قرار گیرند. حائل مورد نظر به میزان مشخص شده از زیر پلاگ‌ها پمپ می‌شود. سپس سیمان در حجم و وزن مشخص به پشت پلاگ پایینی پمپ می‌شود و همزمان با عقب کشیدن ضامن پلاگ پایینی عمل رهاسازی پلاگ نیز با پمپاژ انجام می‌گردد. پس از اتمام پمپاژ سیمان، گل حفاری به پشت پلاگ بالا پمپ می‌شود. با عقب کشیدن ضامن پلاگ بالا و تلمبه کردن گل پشت آن، این پلاگ نیز رها می‌شود و به دنبال دوغاب سیمان وارد لوله‌های جداری می‌گردد. از این لحظه، جابه‌جایی دوغاب سیمان توسط گل حفاری آغاز می‌شود و دوغاب در حالی که محصور بین دو پلاگ است با فشار گل پشت سر خود پایین می‌رود تا زمانی که پلاگ پایینی به کالر می‌رسد و با نشست بر جایگاه خود از حرکت باز می‌ایستد. در این حالت چون پمپاژ گل همچنان ادامه دارد، اختلاف فشاری در طرفین دیافراگم پلاگ پایینی به وجود می‌آید و به سرعت افزایش پیدا می‌کند. وقتی این اختلاف فشار از حد تحمل دیافراگم تجاوز کند، دیافراگم پاره می‌شود و دوغاب سیمان فرصت می‌یابد که از طریق کانال داخلی این پلاگ و روزنه‌ی یکطرفه‌ی کالر، به دالیز چاه راه پیدا کند. جابه‌جایی دوغاب سیمان تا جایی ادامه پیدا



۱ | شمانیک چاه در زمان سیمانکاری { ۲ }

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (Ahmadi.amin68@yahoo.com)

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 آب‌دوست (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 مهندسان مخزن بسیار ناخوشایند می‌باشد زیرا: ۱- بازدهی روش‌های ازدیاد برداشت را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد.

۲- منجر به ارزیابی‌های غیر صحیح از مخزن می‌شود.

۳- تولید ناخواسته سیالات مخزن [۳]

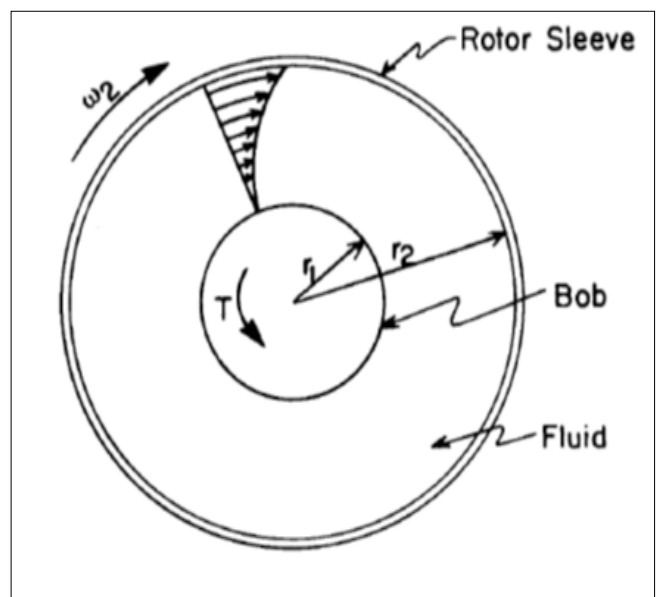
به طور کلی دوغاب سیمان یک سیال آب پایه می‌باشد. به همین دلیل چسبندگی سیمان به سازندی که آب‌دوست می‌باشد حداکثر است. لذا برای انجام یک عملیات سیمان کاری موفق لازم است که قبل از شروع عملیات این شرایط محیا شود که تمیز نمودن دیواره چاه از تراویده گل و تبدیل خصوصیات دیواره چاه از حالت روغنی به آب‌دوست از جمله شرایط می‌باشند. استفاده صحیح از سیالات حائل نقش مهمی در تحقیق این شرایط ایفا می‌کند. سیالات حائل دارای انواع متفاوتی می‌باشند که با توجه به نوع دوغاب سیمان و گل حفاری نوع مناسب آن انتخاب می‌شود. انواع سیالات حائل:

- ۱- آب پایه
- ۲- پایه روغنی
- ۳- امولسیون

از آنجایی که گل دشمن دوغاب سیمان است، اگر آن را آلوده سازد نه تنها باعث ژل‌شدگی شدید دوغاب سیمان می‌شود بلکه روی استحکام تراکمی سنگ آن نیز اثر گذاشته و چه بسا آن را تا حد صفر کاهش دهد [۴،۵].

برای سیمان کاری لوله‌های جداری چاه‌هایی که وزن گل بالایی (بالای ۱۰۰ PCF) دارند، می‌توان با افزودن ماده‌ای با خاصیت تینری به گل مانع از ایجاد ژل‌شدگی دوغاب سیمان پس از تماس گل و سیمان در هنگام خروج دوغاب از پلاگ پائینی شد. در این تحقیق اثر مگنست تینر در گل حفاری سنگین برای استفاده به عنوان حائل در سیمان کاری لوله‌های جداری بررسی شد.

برای ارزیابی خواص رئولوژیکی یک سیال از ویسکومتر چرخشی استفاده می‌شود [۶]. این دستگاه از دو استوانه‌ی هم‌مرکز ساخته شده که سیال بین آنها قرار می‌گیرد. وقتی استوانه‌ی بیرونی می‌چرخد، سیال بین آنها بر استوانه‌ی ساکن گشتاوری را وارد می‌کند که توسط یک فنر اندازه‌گیری می‌شود. در سرعت‌های متفاوت (RPM) زوایای مختلفی (θ) برای یک سیال مورد ارزیابی به دست می‌آید (شکل ۲-۱، ۷).



۲ | نمای زیرین ویسکومتر چرخشی [۶]

۱ | ترکیب نمونه گل سنگین به وزن ۱۵۰ pcf

اجزاء	مقدار	کارایی
آب نمک اشباع (۷۵ PCF)	۳۵۰ CC	فاز اصلی
نشاسته سبز	۱۴ gr	افزایش گر انرویی-کنترل هرزروی صافاب
باریت	۹۰۳ gr	وزن افزا
فروبار	۷۰ gr	وزن افزا

۲ | ترکیب نمونه دوغاب سیمان سنگین به وزن ۱۵۲ pcf

اجزاء	مقدار	کارایی
آب	۲۶۸ CC	فاز اصلی
سیمان کلاس E	۴۵۸ gr	فاز اصلی
هایدنس	۴۴۰ gr	وزن افزا
نمک	۹۵ gr	وزن افزا
بوریک اسید	۶۶/۰ gr	کند کننده- روان کننده

آزمایش‌ها و داده‌ها

یک نمونه گل سنگین به وزن ۱۵۰pcf مطابق با ترکیب جدول-۱ آماده شد:

یک نمونه دوغاب سیمان سنگین به وزن ۱۵۲pcf با ترکیب نشان داده شده در جدول-۲ آماده شد:

بحث و نتایج

برای هر دو نمونه سیال آماده شده توسط دستگاه Rotational Viscometer تست رئولوژی انجام شد که نتایج در جداول-۳ و ۴ نشان داده شده است:

۱۰ گرم مگنست تینر به گل سنگین اضافه شد و به مدت یک دقیقه هم زده شد. از این نمونه نیز تست رئولوژی انجام شد که نتایج به شرح جدول-۵ بود:

گل حاوی مگنست تینر به صورت بازه‌های ۱۰ درصد حجمی به دوغاب سیمان اضافه شد و پس از هم زدن برای قرائت رئولوژی آماده شد. این کار تا اضافه شدن ۶۰ درصد حجمی از گل حاوی مگنست تینر به دوغاب سیمان ادامه یافت. نتایج رئولوژی در جدول-۶ قابل مشاهده است:

در شکل-۳ روند γ_p دوغاب حاصله با افزایش میزان گل حاوی مگنست تینر به آن نشان داده شده است:

همانطور که از شکل-۳ مشخص است حضور مگنست تینر در گل حائل باعث می‌شود که آن میزان اندکی از دوغاب سیمان که پس از خروج از پلاگ پایینی با گل آلوده می‌شود، به مرور روان تر شده و هیچ گونه خطری از لحاظ بندش ناگهانی دوغاب سیمان درون لوله‌ی جداری وجود نداشته باشد.

با استفاده از این داده‌ها و با در نظر گرفتن مدل بینگهام پلاستیک برای سیال حفاری می‌توان دو پارامتر PV و YP را برای سیال مورد نظر به دست آورد [۷].

$$PV = \frac{300}{(N_2 - N_1)} (\theta_{N_2} - \theta_{N_1}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$YP = \theta_{N_1} - PV \frac{1}{300} \quad \text{رابطه (۲)}$$

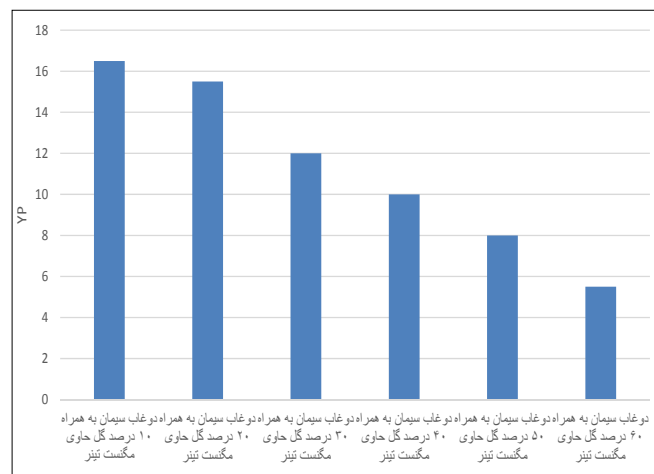
با در نظر گرفتن دو سرعت $N_1 = 300$ و $N_2 = 600$ برای گل حفاری و دو سرعت $N_1 = 100$ و $N_2 = 300$ برای سیمان حفاری داریم:

$$PV = \theta_{600} - \theta_{300} \quad \text{برای گل} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$PV = 1.5(\theta_{300} - \theta_{100}) \quad \text{برای سیمان} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$YP = \theta_{300} - PV \quad \text{برای گل و سیمان} \quad \text{رابطه (۵)}$$

لازم به ذکر است که در ادامه، برای گل از رابطه ۳ و برای سیمان از رابطه ۴ جهت محاسبه PV استفاده شده است.



شکل ۳ | رئولوژی دوغاب سیمان سنگین آغشته به گل سنگین حاوی مگنست تینر

جدول ۳ | نتایج رئولوژی نمونه گل سنگین به وزن ۱۵۰pcf

RPM	۶۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۶۰	۳۰	۶	۳	۱	PV	YP
DIAL READING	225	203	150	92	65	40	18	15	11	22	181

جدول ۴ | نتایج رئولوژی نمونه دوغاب سیمان سنگین به وزن ۱۵۵pcf

RPM	۶۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۶۰	۳۰	۶	۳	۱	PV	YP
DIAL READING	225	203	150	92	65	40	18	15	11	22	181

جدول ۵ | نتایج رئولوژی نمونه گل سنگین به وزن ۱۵۰pcf به همراه ۱۰ گرم مگنست تینر

RPM	۶۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۶۰	۳۰	۶	۳	۱	PV	YP
DIAL READING	198	165	122	75	53	34	16	14	10	33	132

نتیجه‌گیری

کردن مگنست تینر با گل سنگین موجود در چاه می‌توان از این مخلوط جهت ایجاد حائل بین سیمان و گل در انواع عملیات سیمان کاری چاه‌های نفت حاوی گل سنگین استفاده کرد. این مخلوط هر چقدر که بیشتر با سیمان اختلاط یابد نقطه‌ی تسلیم سیال حاصله کاهش یافته و در نتیجه، رئولوژی سیال بهبود می‌یابد تا خطری برای ادامه پمپاژ سیمان پیش نیاید. ■

در مواقعی که چاه با گل سنگین حفاری می‌شود، اگر سیال حائل سیمان کاری سبک وزن باشد، احتمال برگشت سیمان به درون چاه وجود دارد. لذا می‌توان از خود گل سنگین به‌عنوان سیال حائل استفاده کرد ولی باید مطمئن شد که به هنگام تماس گل و سیمان، ژل‌شدگی سیمان رخ ندهد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که با مخلوط

۶ نتایج رئولوژی دوغاب سیمان پس از افزودن گل حاوی مگنست تینر

RPM	دوغاب سیمان به همراه ۱۰ درصد گل حاوی مگنست تینر	دوغاب سیمان به همراه ۲۰ درصد گل حاوی مگنست تینر	دوغاب سیمان به همراه ۳۰ درصد گل حاوی مگنست تینر	دوغاب سیمان به همراه ۴۰ درصد گل حاوی مگنست تینر	دوغاب سیمان به همراه ۵۰ درصد گل حاوی مگنست تینر	دوغاب سیمان به همراه ۶۰ درصد گل حاوی مگنست تینر
600	182	193	148	126	114	110
300	141	131	135	64	56	55
200	102	102	105	48	40	38
100	58	54	53	28	24	22
60	40	58	35	20	17	16
30	28	56	24	13	11	10
6	16	40	15	8	4	4
3	14	34	14	7	3	3
1	10	28	10	6	3	3
PV	124.5	115.5	123	54	48	49.5
YP	16.5	15.5	12	10	8	5.5

منابع

October, 2003.

[6] Ravi K., Bosma M., and Gastbled O., "Safe and Economic Gas Wells through Cement Design for Life of the Well," SPE 75700-MS, SPE Gas Technology Symposium, Calgary, Alberta, Canada, 30 April-2 May, 2002

[7] Haut, R.C., and Crook, R.J., "Laboratory Investigation of Lightweight, Low-Viscosity Cementing Spacer Fluids," presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, Oct. 51981, 7-.

[8] Applied Drilling Engineering, Adam T. Bourgoyne Jr., Keith K. Millheim, Martin E. Chenevert, F.S. Young Jr., First Edition, 1986

[9] Shahriar, A., and Nehdi, M. (2011) Effect of supplementary cementitious materials on rheology of oil well cement slurries. Expected submission: April 2011.

[10] Shahriar, A., and Nehdi, M. (2011) State of the art of oil well cement slurry. Expected submission: May 2011.

[۱] عادل‌زاده، محمدرضا، "اصول مهندسی حفاری"، انتشارات ستایش، فصل چهارم، ۱۳۸۹

[2] Plank, J. (2011). Oil well Cementing, available online at <http://www.bauchemietum.de/master-framework/index.php?p=Tief&i=13&m=1&lang=en>, accessed on 22nd April, 2011.

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

[4] Morris W., Criado M. A., Robles J., and Bianchi G., "Design of High Toughness Cement for Effective Long Lasting Well Isolations," SPE 81001-MS, SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, Port-of-Spain, Trinidad and Tobago, 2730- April, 2003.

[5] Mueller D. T., "Producing Stress-resistant High-temperature/High-pressure Cement Formulations through Microstructural Optimization," SPE 84562-MS, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, USA, 58-