



کاربرد حبابهای کلوئیدی افرونی به عنوان سیال حفاری

علیرضا سلیمانیان^۱، محسن دهودار^۲ پرویز معارفوند^۳

The use of colloidal Gas bubbles as drilling mud

Alireza Soleimanian; Mohsen Dehvedar; Parviz Maarefvand

Email: alireza.soleimanian94@gmail.com

چکیده

استفاده از سیالات افرونی به عنوان یک روش موثر برای کنترل فیلتراسیون با بستن منافذ سنگ استفاده می‌شود و نتیجتاً باعث کاهش میزان آسیب سازندی می‌شود. (khamehchi 2015) هدف ما در این مقاله بررسی کاربردی سیال افرونی پایه نفتی برای مطالعه ی پایداری و رئولوژی آن و در نهایت تحقیق بر روی میزان آسیب سازندی این نوع سیالات است. افرون‌ها پایه نفتی با استفاده ترکیبی از پلیمر و سورفکتانت ساخته می‌شوند و با تغییر غلظت این مواد می‌توان یک فرمولاسیون بهینه را پیشنهاد کرد. پایداری ذرات افرون با بررسی اثر زمان، دما و فشار بر خواص مهم افرون‌ها مثل اندازه حباب‌ها و واروی آنها بررسی می‌شود. هم چنین اثر دما و فشار بر روی دانسیته ی این سیالات بررسی می‌شود. در نهایت عملکرد افرون‌های پایه نفتی در محیط متخلخل بررسی می‌شود و اثرات تغییر در میزان دبی تزریقی نوع سیال تزریقی و ترشوندگی محیط متخلخل روی افت فشار بررسی می‌شود.

کلمات کلیدی

کلمات کلیدی، حباب‌های افرون، پایداری، پلیمر، سورفکتانت، رئولوژی، فیلتراسیون، سیلاب زنی

مقدمه

کاهش فزاینده دسترسی آسان به منابع نفت خام باعث شده است که تمرکز صنایع نفت و گاز به سمت بهره برداری از نفت سنگین و استفاده از مخازن تخلیه شده تغییر کند قوانین سخت گیرانه بعلاوه افزایش تقاضای جهانی نفت باعث افزایش تمرکزها به سمت تکنولوژی‌های بهبود دهنده ی تولید شود. یک راه بسیار مهم برای کاهش هزینه‌ها و بالابردن استانداردها ارتقای تکنولوژی‌های حفاری و استفاده از روش‌های نوین حفاری می‌باشد و برای ارتقای تکنیک‌های حفاری بهبود و بهینه سازی در تکنولوژی سیال حفاری الزام آور است. به خصوص در حفاری مخازن تقریباً تخلیه شده (مخازنی که فشار پایینی دارند و به اواخر عمر خود رسیده‌اند)، نوع خاصی از سیال حفاری مورد نیاز است. علاوه بر کاربرد در مخازن کم فشار در بهره برداری از چاه‌های افقی و چند جانبه نیز استفاده از سیالات حفاری بهبود یافته ضروری به نظر می‌رسد (kuru 2010).

رایج ترین روش حفاری بالاتر نگه داشتن فشار گل از فشار سازندی است. لازم به ذکر است که حفاری به این روش نیز مشکلات

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت-حفاری، دانشگاه صنعتی شریف، ایران

^۲ دانشجوی دکتری مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ایران

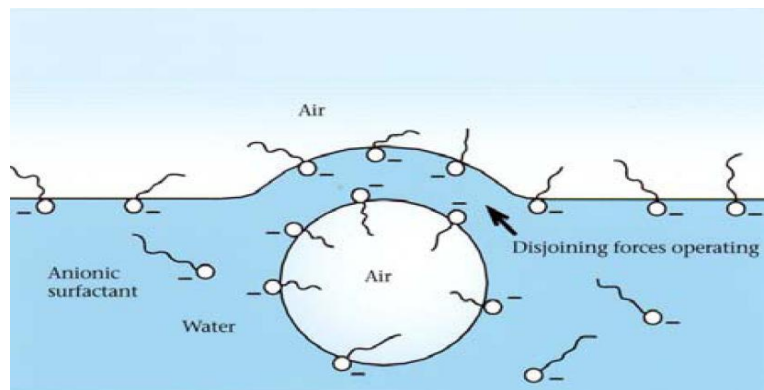
^۳ عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ایران



زیادی را دارد، اگر فشار سیال حفاری در دهانه چاه خیلی بیشتر از فشار سازندی باشد سیال حفاری به درون سازند نفوذ می‌کند که باعث مسدود شدن خلل و فرج سنگ و وقوع آسیب سازندی می‌شود. از مشکلات دیگر می‌توان به مشکل گیر لوله‌های حفاری که به گیر ناشی از اختلاف فشار معروف است اشاره کرد. بنابراین برای حذف مشکلات مذکور استفاده از تکنیک حفاری به روش زیر تعادلی توصیه می‌شود. در این روش فشار سیال حفاری پایین تر از فشار سازندی نگه داشته می‌شود بنابراین به سیال سازند اجازه داده می‌شود در زمان حفاری چاه تولید گردد. یکی از مزایای حفاری به این روش این است که دیگر احتمال نفوذ سیال به درون سازند و ایجاد آسیب سازندی از بین می‌رود. اما حفاری به این روش گران است زیرا نیاز به یک سری تجهیزات مخصوص برای مخلوط کردن هوا با گل دارد. همچنین به دلیل امکان ایجاد فوران از لحاظ ایمنی هم مشکلاتی دارد که به افزایش هزینه‌ها و تامین ایمنی کارکنان می‌توان اشاره کرد. مشکل دیگر این روش ناپایداری دیواره چاه به دلیل کمتر بودن فشار سیال حفاری از فشار سازندی می‌باشد. بنابراین ضرورت استفاده از سیالات افرونی به دلیل موارد ذکر شده در بالا اهمیت دو چندان پیدا می‌کند. (Shivhare2011)

در ادامه مروری خواهیم داشت بر کارهایی که در این زمینه صورت گرفته است:

افرون برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ توسط سبا معرفی شد. افرون یک کلمه یونانی است. که به معنای حباب می‌باشد. بنابراین سبا میکرو حباب‌های شبیه حباب با خصوصیات شبه کلوئیدی را برای افرون تعریف کرد. افرون‌ها حباب‌های ریزی هستند که اندازه‌ی آنها بین ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون است. سبا متذکر شده است که جالب توجه‌ترین خصوصیت این میکرو حباب‌ها، ماهیت غیر پیوسته‌ی^۴ آنها می‌باشد. کوشش‌های فراوانی جهت تعیین خصوصیات افرون انجام شده است.



شکل ۱ ساختار حباب‌های معمولی

⁴ Non coalescence nature



کنترل فیلتراسیون :

به منظور کنترل فیلتراسیون در سیالات حفاری رایج، از جامدات و یا پلیمرها بهره گرفته می‌شود و با ایجاد یک کیک گل بر روی دیواره‌ی چاه از نفوذ صافاب گل به سازند ممانعت به عمل آید. در سیستم سیالات حفاری افرونی، میکرو حباب‌های حاصل شده نقش جامدات پل زن را داشته ولی به جای ایجاد کیک گل، با مسدود سازی منافذ سازند منجر به کاهش فیلتراسیون و آسیب سازند می‌شوند. (Brookey2008). بروکی استفاده از سیالی را که تنش واروی^۵ بالایی داشته باشد و با افزایش تنش به آن، رقیق شود را مناسب استفاده برای سیالات حفاری افرونی دید. لذا پلیمری که این خاصیت را به سیال حفاری بدهد را پیشنهاد داد. با توجه به ویسکوزیته‌ی بالایی که سیالات حفاری افرونی در نرخ‌های برش پایین دارند، همانند یک جامد پل‌زن عمل کرده اما برخلاف جامدات رایج، با توجه به شکل پذیر بودن میکرو حباب‌ها، این سیال توانایی عایق کردن شکاف‌ها و حفرات را نیز دارد. وی از مواد اضافی دیگری نیز جهت کنترل فیلتراسیون مورد استفاده قرار داد. به این منظور او از یک پایدارکننده‌ی حرارتی اولیگوساکارید که به صورت خیلی مؤثر فیلتراسیون را کنترل می‌کرد بهره برد که این ماده LSRV را نیز افزایش داد. همچنین هرزروی اسپارت^۶ را نیز به خوبی کنترل کرد. (هرزروی اسپارت، میزان فیلتراسیونی است که قبل از تشکیل کیک گل وارد سازند می‌شود). گروکوک و همکارانش (۲۰۰۳)، تست‌های کاملی را به منظور آنالیز فیلتراسیون بر روی محیط‌های متخلخل متفاوتی انجام دادند. در نمونه‌هایی که مغزه‌هایی که مغزه از جنس لایمستون با تراوایی بالا بود، اولین اثرسیالات حفاری افرونی بر روی این نمونه‌ها کاهش هرزروی اسپارت بود. در مغزه‌هایی که دارای تراوایی کمی بودند، نرخ فیلتراسیون کاهش بیشتری یافت. در ماسه سنگ‌هایی که دارای تراوایی بالایی بودند، سیالات حفاری افرونی مورد استفاده قرار گرفتند و نتایج نشان دهنده‌ی این بود که این سیال توانایی آن را دارد که فیلتراسیون را حتی در محیط‌های متخلخل با تراوایی بسیار زیاد را نیز کنترل کند که این همان توانایی مسدود سازی سیالات افرونی نامیده می‌شود.

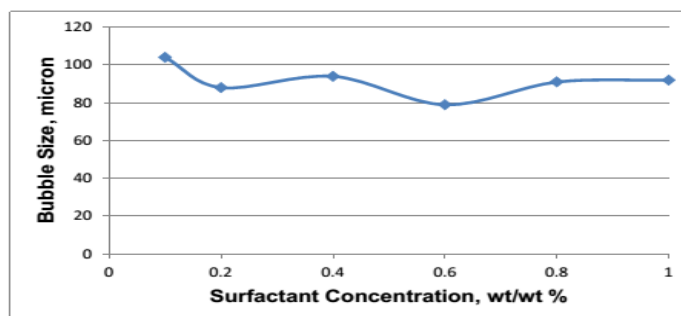
بررسی عوامل مختلف تاثیر گذار بر خواص اساسی افرون ها:

اثر غلظت سورفکتانت بر سایز حباب ها :

اثر غلظت سورفکتانت روی سایز متوسط حباب‌ها (D_{50}) در شکل زیر نشان داده شده است. اگرچه این نمودار روندی مشخص ندارد اما با تغییر دادن غلظت سورفکتانت حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد تلورانس در اندازه حباب‌ها مشاهده می‌شود.

⁵ Yield Point

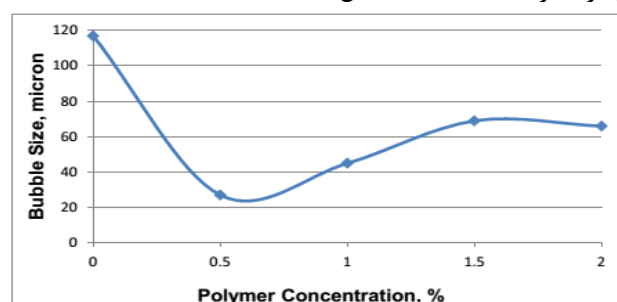
⁶ Spurt loss



شکل 2 تاثیر غلظت سورفکتانت بر سایز متوسط حباب ها (وایت ۲۰۱۰)

اثر غلظت پلیمر :

اثر غلظت پلیمر بر روی سایز متوسط حبابها در شکل زیر آمده است. این نمودار موید این نکته است که افزایش در مقدار ویسکوزیته ی سیال پایه باعث افزایش پایداری سیستم با کاهش اندازه متوسط حبابها می شود. با افزایش غلظت پلیمر از نیم تا صفر درصد جرمی سایز متوسط ذرات تازه ساخته شده تا ۷۰ درصد کاهش می یابد. ۵۰ درصد افزایش در سایز متوسط حبابها حاصل می شود وقتی که غلظت پلیمر از نیم درصد به یک و نیم درصد تغییر یابد و با افزایش غلظت پلیمر به بیش از یک و نیم درصد جرمی به نظر نمی رسد هیچ اثری بر اندازه حبابها دیده قابل مشاهده باشد.



شکل 3 تاثیر غلظت پلیمر بر سایز متوسط حباب ها (شیوهار ۲۰۱۱)

نتیجه گیری:

غلظت مناسب سورفکتانت برای رسیدن به بیشترین Yield میزان ۰.۴٪ جرمی است.



غلظت مناسب پلیمر برای رسیدن به بهترین نتایج در تست فیلتراسیون (API Filtration Test) ۱,۵٪ جرمی است. و میزان ویسکوزیته ی برشی در سیالات با غلظت پلیمر بیش از ۱,۵٪ خیلی زیاد است و این مناسب ما نیست. در نهایت فرمول بهینه برای ساخت افرون‌ها شامل نفت سبک به اضافه چهاردهم سورفکتانت به همراه مقدار ۱,۵٪ پلیمر است

Yield ذرات افرونی با زمان به کندی کاهش می‌یابد. در ابتدا سایز متوسط ذرات افرون به سرعت و به شدت افزایش می‌یابد اما با گذشت مدتی به ثبات می‌رسد. افزایش دما میزان ویسکوزیته ی برشی را کاهش می‌دهد اما میزان هرزروی در تست فیلتراسیون را به صورت چشمگیری افزایش می‌دهد.

منابع:

- [1]- Hashim, M.A., SenGupta, B. and Subramaniam, B. (1995) Investigations on the Flotation of Yeast Cells by Colloidal Gas Aphrons (CGA) Dispersion. *Bioseparation*, 5, 167-173.
- [2]- Shivhare, S. And Kuru, E. (2010) Physico-Chemical Characterization of Non Aqueous Colloidal Gas Aphron Based Drilling Fluids. SPE 133274, presented at the Canadian Unconventional Resources & International Petroleum Conference held in Calgary, Alberta, Canada, October 19–21.
- [3]- Shivhare, S. and Kuru, E. (2011) Rheology and Stability of Non-Aqueous Microbubble Based Drilling Fluids. SPE 141166, presented at the SPE International Symposium on Oilfield Chemistry held in The Woodlands, Texas, USA, April 11–13.