دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

مروری بر تاثیر نانوذرات هیبریدی در خواص سیال حفاری

رشید پوررجب[۱]، سید ناصر موسوی [۲]

[۱]پردیس صنعتی شهدای هویزه، دانشگاه شهید چمران اهواز، سوسنگرد r.pourrajab@gmail.com

[۲] پردیس صنعتی شهدای هویزه، دانشگاه شهید چمران اهواز، سوسنگرد snasermousavi61@gmail.com

چکیده

گل حفاری یکی از مهمترین اجزای هر عملیات حفاری می باشد و وظایف مختلفی از جمله کنترل فشارهای زیر زمینی، خنک کردن و روانکاری مته و لوله ها، بالا آوردن کنده‌ها و معلق کردن آنها، دیواره سازی و غیره را دارد. همه کارکردهای گل حفاری باید برای ایمنی بیشتر و به حداقل رساندن مشکلات یک چاه بهینه شوند. طراحی نادرست گل حفاری باعث هزینه زیادی در مواد و زمان می‌شود یعنی به طور کلی گیر لوله ها، کیک و فوران اتفاق می‌افتد. بنابراین باید بتوان چگالی و ویسکوزیته سیال حفاری را کنترل کرد و اجازه ندهیم کم یا زیاد شود. مطالعات زیادی در زمینه کاربرد نانوذرات در سیال حفاری صورت گرفته است. نقش نانوذرات در مواردی از جمله رئولوژی گل،کنترل هرزروی سیال، ضخامت کیک گل، خواص فیلتراسیون، پایداری چاه تاثیر دارد. پس چگالی و ویسکوزیته مناسب در غلظت مناسب برای فرموله کردن سیال حفاری از پارامترهای کلیدی در انتخاب ذرات نانو با توجه به وجود سطح ویژه بالای آنها می باشد و به خاطر همین سطح ویژه می‌توانند در ساختار اجزای سیال حفاری به کار روند. سیال حفاری پایه نانویی می تواند راه حلی برای شرایط سخت حفاری مانند جایی که آب به شیل‌ها و دمای بالا و فشار بالا حساسیت دارد، از بین بردن ناپایداری چاه، حجم فیلتراسیون بالا، چسبیدن لوله و باد کردن شیل ها پیدا کند. در این مقاله به بررسی تاثیر حضور نانوذرات بر روی خواص ترموفیزیکی سیال حفاری پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی

نانوذرات هیبریدی، سیال حفاری، ویسکوزیته، چگالی.

۱. مقدمه

گل‌های حفاری در عملیات حفاری نقش مهمی دارند. بنابراین، برای تعیین گل مناسب حفاری، توصیف خواص رئولوژیکی در شرایط هیدرولیک ضروری است. علاوه بر این، استفاده از مدل‌های رئولوژیکی گل‌های حفاری در تعریف رفتار جریان، قابلیت پیش‌بینی آن را در شرایط خاص الزامی می‌کند. سه نوع سیال حفاری در صنعت نفت و گاز وجود دارد . سیالات حفاری پایه آبی، سیالات حفاری پایه روغنی و سیالات حفاری پایه سنتزی. سیالات پایه آبی: سیالاتی سازگار با محیط زیست و کم هزینه در عملیات حفاری که دهه ها ست مورد استفاده قرار می گیرند. سدیم -بنتونایت یک خاک رس مونتموریلونایت است که معمولاً در سیالات حفاری پایه آبی معمولی به دلیل توانایی متورم شدن منحصر به فرد، ظرفیت تبادل یونی، پراکندگی و لایه برداری آسان در آب و خواص رئولوژیکی مناسب استفاده می شود[1] . کاربرد نانوذرات در فناوری سیال حفاری یکی از موارد پیشرفت اخیر در صنایع نفت و حفاری می‌باشد [2] .نانوذرات با خواص منحصر به فرد مانند هدایت حرارتی بالا و سطح ویژه بالا می توانند چالش های سیال حفاری را حل کنند.کاهش آسیب به سازند وهزینه کلی سیال حفاری ، کنترل عصاره سیال و کیک گل، جدا کردن مواد مضر، بهبود انتقال حرارت، روانکاری وخواص رئولوژیکی مانند ویسکوزیته از مزایای اصلی استفاده از نانوذرات در سیالات حفاری می باشد[3] .

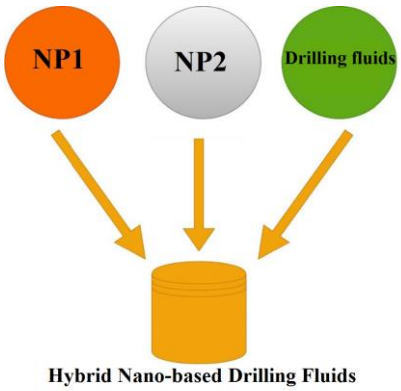
۲. مروری بر پژوهش های پیشین

آفتاب و همکاران در سال ۲۰۱۶ خواص رئولوژی گل حفاری و رفتار مهار شیل را با نانوذرات سیلیکا،نانو تیوب کربنی چند دیواره و نانو تیوب های گرافینی در سیال پایه آبی را تقویت کردند.نتایج نشان داد، حجم هرزروی فیلتراسیون در دمای بالا و فشار بالا، ویسکوزیته پلاستیکی و نقطه واروی با نانوپلیت های گرافینی بهبود می یابند [4] .اسفندیاری و همکاران در سال ۲۰۱۸ خواص رئولوژی و فیلتراسیون سیالات حفاری را با وجود نانوذرات مختلفی به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند.در این کار سعی شده است کارکرد سیال آبی بنتونایتی را توسط چهار نوع نانو ذرات آبدوست به نام اکسید آلومینیوم،دی اکسید تیتانیوم،دی اکسید سیلیکون و اکسید مس را با غلظت های ۰,۰۱ و ۰,۰۵ و ۰,۱ و ۱ درصد وزنی در سیال حفاری پراکنده کنند.نتایج نشان داد نانو ذرات اکسید آلومینیوم مقدار فیلتراسیون گل حفاری را تا ۸۰٪ افزایش می دهند در حالیکه کیفیت گل حفاری در مقایسه با سیال پایه حفاری ضعیف تر می شود.اما با نانوذرات اکسید مس،اکسید سیلیکون و اکسید تیتانیوم کیفیت کیک گل به خصوص در غلظت های زیر ۰,۵ درصد وزنی روند کاهشی داشت .خواص رئولوژی و مقاومت ژله ای در حضور نانوذرات اکسید آلومینیوم و سیلیکون و مس در مقایسه با سیال پایه بهبود یافت. و نتیجه گرفته شد که افزودن نانوذرات با غلظت زیر ۰,۵ درصد به سیال آبی پایه بنتونایتی این پتانسیل را دارد که خواص رئولوژی و فیلتراسیون گل را بهبود ببخشند [5]. پریزاد و همکاران در سال ۲۰۱۸ تقویت سیال حفاری پایه آبی پلیمریکی را با استفاده از نانو ذرات سیلیکا بررسی کردند. در این کار سیال حفاری پلیمری به عنوان سیال پایه مد نظر قرار گرفت. نانوذرات سیلیکا برای بررسی رئولوژی و رسانایی حرارتی و الکتریکی سیالات حاصل به کار می رود. آزمایشات با غلظت های مختلف نانو ذره سیلیکا و نمک KCL به سیال پایه و در دمای مختلف و ۱۹ نرخ برش متفاوت انجام شد. وجود ذرات نانو سیلیکا خواص رئولوژی مانند ویسکوزیته پلاستیکی را بهتر کرد و رسانایی حرارتی و الکتریکی سیالات حفاری را ۲۵٪ و ۴۱٪ به ترتیب رساند. اما حجم فیلتراسیون تا ۲۷٪ کاهش یافت. افزودن نانو ذرات سیلیکا ویسکوزیته در دمای بالا را افزایش می‌دهد و منجر به بهتر شدن عملیات حفاری در عمق پایین می‌شود [6]. سبا و همکاران در سال ۲۰۱۸ کاربرد نانو ذرات اکسید آلومینیوم، اکسید مس و اکسید منیزیم را بر خواص رئولوژی سیال از جمله ویسکوزیته پلاستیکی در سیال پایه آبی را در دو حالت استاندارد آزمایش یعنی دمای اتاق و دمای ۱۲۰ درجه فارنهایت در نظر گرفتند تا تاثیر نانوذرات را بررسی کنند. در اینجا از یک گل ساده با بنتونایت ۷٪ استفاده شد.نتایج نشان داد که مقدار ویسکوزیته پلاستیکی تا ۵۰٪، وقتی نانو ذرات اضافه می‌شوند کاهش می‌یابد [7]. مهدی و همکاران در سال ۲۰۲۰ تاثیر نانوذرات اکسید مس و سیلیکا را بر روی خواص رئولوژی و هرزروی سیال حفاری مورد ارزیابی قرار دادند. در این کار نانو ذرات روی سیالات حفاری آسیب ناپذیر پایه پلی آمینی و پایه بنتونایتی در غلظت های ۰,۵ و ۰,۸ و ۱ و در دمای اتاق و دمای ۸۰ درجه سانتی گراد آزمایش شد. افزودن اکسید مس و سیلیکا به هر دو سیال حفاری تاثیر زیادی روی چگالی و PH نداشته است. اما افزودن ۰,۵٪ وزنی نانوذرات سیلیکا به سیالات آسیب ناپذیر حفاری گمترین تاثیر را در خواص رئولوژی را در مقایسه با سیالات دیگر داشت و در سیال حفاری پایه بنتونایتی به عنوان یک رقیق کننده چگالی را کاهش می‌دهد.

اما نانوذرات اکسید مس در دو سیال به عنوان رقیق کننده عمل می‌کنند و بیشترین کاهش ویسکوزیته پلاستیکی در سیال پایه بنتونایتی تا ۲۴٪ بوجود آمد[8]. میناکوف و همکاران در سال۲۰۱۹ ویسکوزیته سیال حفاری را در دمای مختلف با استفاده از نانو ذرات سیلیکا مورد بررسی قرار دادند. غلظت گل رس ۵٪ بود و غلظت نانو ذرات از ۵٪ تا ۳٪ متغیر است و اندازه ذرات ۱۰ نانومتر است.نتایج نشان داد وقتی غلظت نانوذرات افزایش یابد، ویسکوزیته زیاد می شود. مثلا اگر ۰٫۵٪ نانو ذرات به سیال حفاری اضافه کنیم مقدار ویسکوزیته ۱٫۷ برابر می شود، اگر غلظت نانوذرات کم شود هیچ تاثیری روی چگالی سیال حفاری نخواهد داشت [9].کوک و بال در سال ۲۰۱۹ تاثیر نانو ذرات سیلیکا را بر روی سیال حفاری پایه آبی مورد ارزیابی قرار دادند.و در دو گروه فیلتراسیون و رئولوژی گل آزمایش شد.یک گروه بنتونایت و لیگنوسولفونات بدون کروم و گروه دیگر کربوکسیل متیل سلولز در غلظت های متفاوت بکار رفت تا سیالات پایه بدست آیند.در نتیجه همه نانو ذرات بازدهی فیلتراسیون گل های بنتونایتی را کاهش دادند.و بر عکس کاهش در هرزروی سیال برای بعضی گل های لیگنوسولفنات حاوی نانو ذره مشاهده شد اگر چه هیچ تغییری در ضخامت کیک گل و خواص رئولوژی برای هر دو گروه سیال مشاهده نشد [10]. فرشاد فرهبد در سال ۲۰۲۰، خواص ترموفیزیکی سیال حفاری را با نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و نانو تیوب های کربنی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که نانوتیوبهای کربنی نباید برای بهبود ضریب انتقال حرارت جابجایی و مکانیزم انتقال حرارت جابجایی به کار رود. برای این کار نانوذرات دی اکسید تیتانیوم کاربرد دارد زیرا مقامت انتقال حرارت جابجایی آن پایین است. همچنین ضریب انتقال حرارت هدایتی تقریبا ۲۲٪ افزایش می یابد وقتی که اندازه ذرات Tio2 کاهش می یابد.ضریب انتقال حرارت هدایتی حدود ۱۴٫۷٪ افزایش می یابد وقتی اندازه نانو تیوب های کربنی کاهش می یابد. گرمای ویژه ۱٫۲۶٪، با کاهش اندازه نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم از ۷۶ تا ۵۶ نانومتر افزایش می یابد و همچنین نرخ افزایش ظرفیت گرمایی برای سیال حفاری دارای نانو تیوب های کربنی حدودا ۰٫۶۹٪ است[11]. نایم احمد و همکاران در سال ۲۰۲۰ سیال حفاری را با ترکیب کردن نانوذرات اکسید آهن یا هماتیت با کلرید پتاسیم، گلیکول و گل پایه پلیمری PHPA مورد ارزیابی قرار دادند. این ترکیب را با شش مورد درصد وزنی نانوذرات با افزودن به سیال پایه آزمایش کردند. در افزودن ۳ درصدی نانو ذرات به سیال پایه، ویسکوزیته تقویت شده است و همچنین غلظت بهینه نانوذرات هماتیتی اگر ۰٫۵ درصد وزنی باشد می تواند ویسکوزیته را تا ۱۰٪ بهبود ببخشد[12]. کمالی و همکاران در سال ۲۰۲۱ نانو کامپوزیت کربوکسی متیل سلولز –اکسید آهن را به عنوان اصلاح کننده رئولوژی و به عنوان افزاینده برای کنترل هرزروی سیال مورد ارزیابی قرار دادند و نتایج نشان داد که با افزودن ۵۷٪ نسبت ۱ به ۳ این ترکیب یعنی آهن به کربوکسی،به سیال حفاری پایه مقدار ویسکوزیته به طور قابل ملاحظه ای بهبود می یابداما حجم فیلتراسیون کاهش می یابد.افزودن این ترکیب به سیال حفاری پایه آبی برای کنترل هرزروی سیال این مزیت را دارد تا ویسکوزیته در شرایط آب شور و آب دی یونیزه تقویت شود [13].

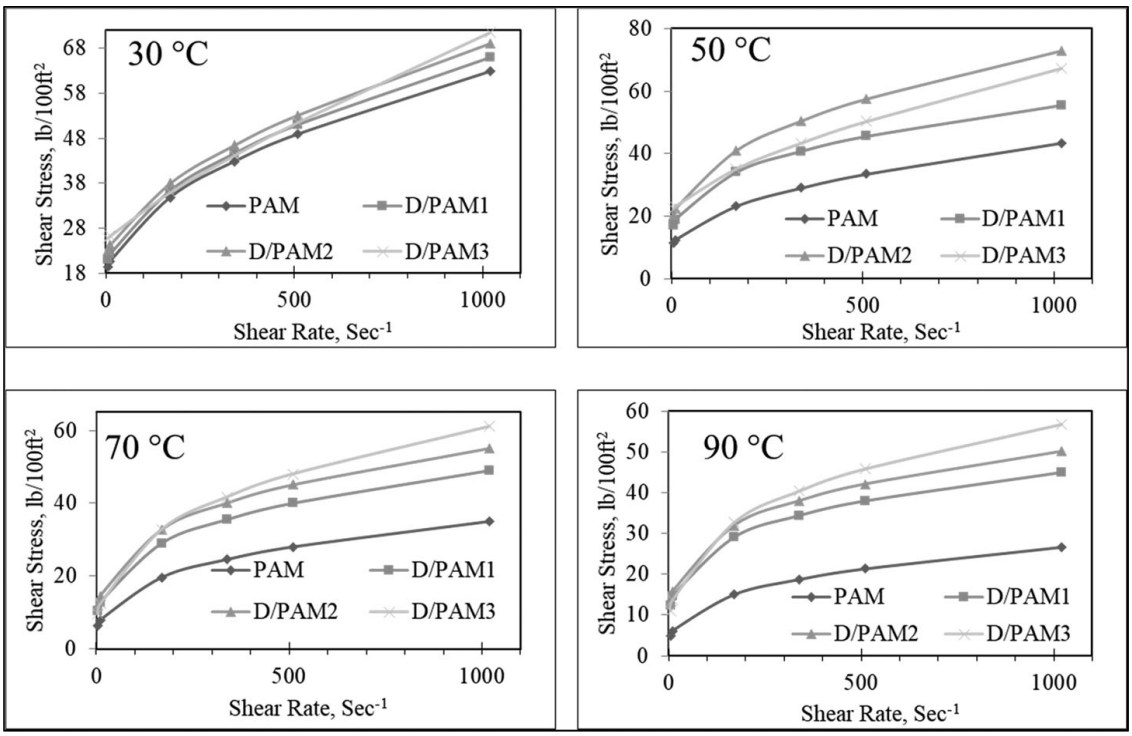
۲. مروری بر نتایج

برای تهیه سیال حفاری که دارای نانوذرات هیبریدی بصورت یکنواخت و همگن باشد روش های متعددی است. یکی از روش‌های متداول آن استفاده از روش چند مرحله ای است. در شکل ۱ نمونه ای از شماتیک روش تهیه این سیال حفاری با نانوذرات هیبریدی را نشان می‌دهد.



شکل ۱. شماتیک تهیه سیال حفاری براساس نانوذرات هیبریدی

با توجه به نتایجی که از بخش قبل برای ویسکوزیته و همچنین دانسیته سیال حفاری بر اساس نانوذرات بدست آمد می‌توان امکان استفاده از این نانوذرات هیبریدی را برای سیال حفاری بررسی کرد. در شکل ۲ نرخ برشی برای سیال حفاری با نانوکامپوزیت و بدون نانوکامپوزیت در دماهای مختلف را مشاهده می‌کنید. با توجه به این شکل مشاهده شد که با افزایش غلظت نانوکامپوزیت ویسکوزیته سیال حفاری افزایش یافت.



شکل ۲. نرخ برشی برای دماهای مختلف برای حالت با نانوکامپوزیت و بدون آن[14]

منابع

[1] Akkouche, A., Benmounah, A., Gueciouer, A., Chalah, K., 2020. Valorization of mixed metal hydroxide on Algerian Na-Bentonite suspensions : application to water-based drilling fluid. . ejpe.2019.12.005, 0–4 .Egyptian Journal of Petroleum. https://doi.org/10.1016/j.

[2] Cheraghian G, Wu Q, Mostofi M, Li MC, Afrand M Sangwai JS. Effect of a novel clay/silica nanocomposite on water-based drilling fluids: improvements in rheological and filtration . .properties. Colloid Surf Physicochem Eng Aspect 2018;555:339-50

[3] Kevin NM, Mahmud HB. Optimization of nano-silica in enhancing the properties of synthetic materials :based drilling fluids for tight gas reservoir conditions. In: IOP conference series .April. No. 1, p. 012075 , 2019;science and engineering, vol. 495. IOP Publishing.

[4] A. Aftab , A.R. Ismail, Z.H. Ibupoto, Enhancing the rheological properties and shale inhibition behavior of water-based mud using nanosilica, multi-walled carbon nanotube, and graphene nanoplatelet 2016, May.

[5] A. Esfandyari Bayat, P. Jalalat Moghanloo, A. Piroozian, R. Rafati, Experimental investigation of rheological and filtration properties of water-based drilling fluids in presence of various

nanoparticles, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 555, 2018, 256-263.,

[6] A. Parizad, K. Shahbazi, A. A. Tanha, Enhancement of polymeric water-based drilling fluid properties using nanoparticles, Journal of Petroleum Science and Engineering, 170, 2018, 813-828.,

[7] Al-saba, M. T., Al Fadhli, A., Marafi, A., Hussain, A., Bander, F., and M. F. Al Dushaishi. Application of Nanoparticles in Improving Rheological Properties of Water Based Drilling Fluids. Paper presented at the SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition, Dammam, Saudi Arabia, April 2018. doi: https://doi.org/10.2118/192239-MS.

[8] Medhi, S., Chowdhury, S., Gupta, D.K. et al. An investigation on the effects of silica and copper oxide nanoparticles on rheological and fluid loss property of drilling fluids. J Petrol Explor Prod Technol 10, 91–101 (2020). https://doi.org/10.1007/s13202-019-0721-y.

[9] Pryazhnikov MI, Mikhienkova EI, Minakov AV, Rudyak VY. Investigation of temperature dependence of drilling mud viscosity with silica nanoparticles addition. InJournal of Physics: Conference Series 2019 Nov 1 (Vol. 1385, No. 1, p. 012038). IOP Publishing.

[10] Kök MV, Bal B. Effects of silica nanoparticles on the performance of water-based drilling fluids. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2019 Sep 1;180:605-14.

[11] Farahbod F. Experimental investigation of thermo-physical properties of drilling fluid integrated with nanoparticles: Improvement of drilling operation performance. Powder Technology. 2021 May 1;384:125-31.

[12] Ahmed N, Alam MS, Salam MA. Experimental analysis of drilling fluid prepared by mixing iron (III) oxide nanoparticles with a KCl–Glycol–PHPA polymer-based mud used in drilling operation. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2020 Dec;10:3389-97.

[13] Kamali F, Saboori R, Sabbaghi S. Fe3O4-CMC nanocomposite performance evaluation as rheology modifier and fluid loss control characteristic additives in water-based drilling fluid. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2021 Oct 1;205:108912.

[14] Aboulrous AA, Betiha MA, Ahmed HE, El-Sayed WR. Improving performance of water-based drilling fluid at elevated temperatures using diatomite/polyacrylamide nanocomposite. Petroleum Science and Technology. 2022 Jan 27;40(3):362-81.