

ارزیابی کاربرد نانوذرات در افزایش سرعت حفاری چاه های نفت و گاز

میربهمن غنی زاده^{1*}، احسان اسماعیل نژاد²

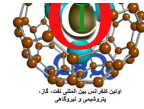
1- دانشجوی مهندسی نفت، دانشگاه حکیم سبزواری،

2- عضو هیئت علمی گروه نفت و پتروشیمی دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده:

با گسترش صنایع و نیاز روافزون آنها به منابع نفت و گاز، ضروری است که سرعت و دقت در فرآیند تولید نفت و گاز نیز افزایش یابد. در حفاری چاه های نفت و گاز، مشکلاتی از قبیل گیر رشته حفاری در چاه، ریزش شیل سازند به داخل چاه و برخی اوقات تجمع خرده های حفاری در اطراف مته باعث مشکلات متعددی می شود که باعث اتلاف وقت و هزینه می شود. در این مقاله استفاده از نانوذرات برای حل این مشکلات احتمالی در چاه ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. امید می رود با گسترش کاربرد نانوتکنولوژی در صنایع ایران، بخصوص در صنایع نفت و گاز، شاهد خودکفایی و پیشرفت کشورمان در این حوزه باشیم.

واژه های کلیدی: سرعت حفاری، مشکلات چاه ها، نانوذرات.



1- مقدمه:

فناوری نانو را می توان از پیشرفته ترین فناوری های بشری دانست که کاربردهای گوناگون آن می تواند جهان آینده جهان را متحول نماید. تغییر خصوصیات مواد در مقیاس نانومتری تحت تاثیر خصوصیات مکانیک کوانتومی، الکترون ها و برهم کنش های اتمی است. با ایجاد ساختارهای نانومتری، کنترل خصوصیتی از مواد نظیر رفتار مغناطیسی، هدایت الکتریکی، استحکام، نقطه ذوب و ... بدون تغییر ترکیب شیمیایی آنها امکان پذیر است. این مساله می تواند منجر به استفاده نانوفناوری در زمینه های مختلفی همچون صنایع الکترونیک، پزشکی، داروسازی، مواد، صنایع شیمیایی و نفت و گاز گردد [۱].

سرعت حفاری چاه های نفت و گاز یکی از پارامترهای مهم در فرآیند تولید منابع هیدروکربنی می باشد که عدم توجه کافی به آن باعث ضررهای بسیاری می شود. پژوهشگران همواره به دنبال افزایش سرعت حفاری چاه های چاهها بوده اند. استفاده از گل های حفاری خاص، مته های جدید، پیشنهاد استفاده از لیزر برای حفاری و مشبک کاری، تعدادی از این اقدامات در راستای افزایش سرعت حفاری می باشد.

در صنعت نفت و گاز کشور ما نیاز به استفاده از این تکنولوژی در قسمت حفاری بسیار ضروری می باشد، چرا که ایران جزء بزرگترین تولیدکننده های نفت و گاز دنیا می باشد و افزایش تقاضا لزوم این امر را آشکارتر می کند. در ادامه به بررسی کاربرد این تکنولوژی جدید در بخش حفاری خواهیم پرداخت.

2- کاربرد نانوذرات برای افزایش پایداری شیل [۲]

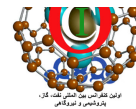
در مطالعه ای آزمایشگاهی که توسط Taner Sensoy در دانشگاه تگزاس بر روی گل های پایه آبی انجام شده است، تاثیر نانوذرات در جلوگیری از نفوذ سیال به شیل های سخت و نرم مورد بررسی قرار گرفته است.

استفاده از گل های پایه آبی می تواند باعث رسوخ سیال از گل به داخل شیل شود، که این نفوذ باعث انبساط و کاهش پایداری چاه می شود. خلل و فرج موجود در شیل بسیار ریز هستند و مواد جامد موجود در گل قادر به نفوذ و تشکیل کیک گل نیستند. نانوذرات تهیه شده در آزمایشگاه به گل اضافه شدند. همچنین حساسیت نانوذرات به دما و غلظت نمک موجود نیز تعیین شد. چهار نوع گل در برای شیل های منطقه آتوکای^۱ آمریکا و مکزیک (با حضور و عدم حضور نانوذرات در گل پایه آبی) مورد بررسی قرار گرفت. اندازه گیری ها نشان داد که با اضافه کردن نانو ذرات، تراوایی شیل به سیال گل (نسبت به حالتی که نانوذرات در گل حضور ندارند) به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد.

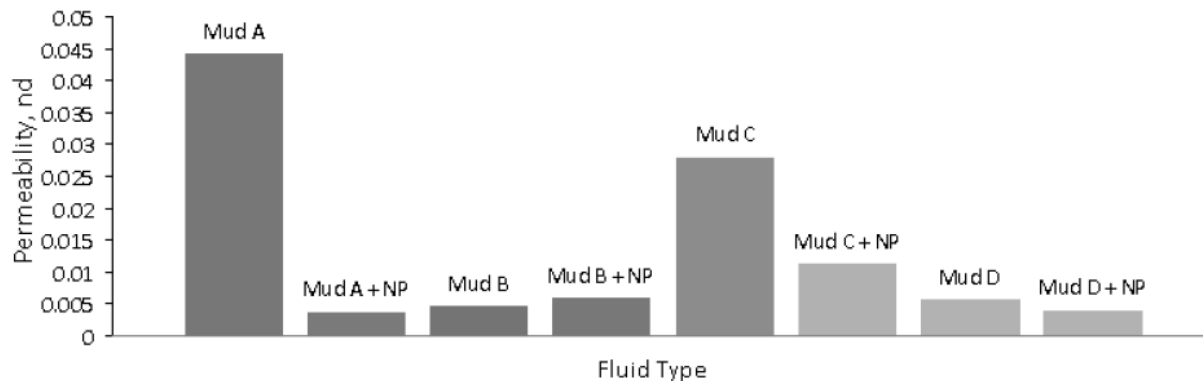
نتایج نشان می دهد که نانوذرات تراوایی شیل منطقه ای آتوکا را با ضریب 5 تا 50٪ کاهش می دهد. استفاده از نانوذرات در این نوع شیل باعث شد تا از هرزروی آب تا حدود 98٪ جلوگیری شود. خاصیت غشایی شیل (که معیاری از فشار اسمزی نیز می باشد) تا حد زیادی افزایش یافت. اسکن الکترونی شیل بعد از قرار گرفتن در معرض نانوذرات نشان می دهد که نانوذرات خلل و فرج شیل را می بندند. این آزمایشات ثابت می کند که استفاده از نانوذرات باعث جلوگیری از مشکلات حاصل از شیل های واکنش گر نیز می شود.

شکل زیر تاثیر حضور نانوذرات در چهار نوع گل بر تراوایی شیل را بر حسب nd (نانودارسی) نشان می دهد.

¹ آتوکا شهری است در ایالات اوکلاهامای آمریکا



شکل 1- تاثیر نانوذرات بر تراوایی شیل منطقه آتوکا به چهار نوع گل



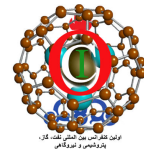
3- افزایش قدرت انتقال خرده ها توسط گل [۳]

یکی از مهم ترین وظایف گل حفاری، انتقال خرده های حفاری به سطح زمین می باشد، که به این خاصیت، قدرت انتقال گفته می شود. قدرت انتقال به خواص رئولوژیکی گل، دبی جریان، سرعت ته نشینی ذرات، اندازه ذرات و توزیع آنها، نرخ نفوذ مته و ... بستگی دارد. هرچه قدر میزان انتقال خرده های حفاری از داخل چاه بیشتر باشد، نرخ نفوذ مته و در نتیجه سرعت حفاری بیشتر خواهد شد.

نانوذرات باعث بهبود خواص رئولوژیکی، مکانیکی و گرمایی گل می شود. وجود نانوذرات در گل حفاری ممکن است در مقابل ته نشینی و رسوب شدن آن مقاومت ایجاد کند. تحقیقات نشان می دهد که نانوگل ها خواص ویژه ای برای استفاده در چاهها دارند، چراکه انتقال حرارت، کاهش نیروی درگ، خاصیت ژله ای گل، بهبود می یابد. در پژوهشی [5]، استفاده از نانوذرات کربن سیاه در گل حفاری باعث تشکیل کیک گل پیوسته تری شد که در نتیجه آن فیلتراسیون و ضخامت کیک گل کاهش یافت.

در این تحقیق [3] از نانوتیوب های چند لایه^۱ (شکل 2) در گل های پایه آبی جهت افزایش قدرت انتقال آن استفاده شده است. استفاده از این مواد همچنین باعث مقاومت بیشتر ذرات در برابر نیروی گرانشی و در نتیجه رسوب گذاری می شود. شکل 3 مدل سیستم دکل را نشان می دهد که در مطالعات آزمایشگاهی از آن استفاده شده است. در این مطالعه از ذراتی با اندازه 2، 2/8 و 4/8 میلی متر استفاده شده است. گل پایه آبی با حجم 10lb./gal همراه با حجم های مختلفی از نانوتیوب های چند لایه در چاه استفاده شد و لازم به ذکر است که سرعت در فضای آنالوس از 29/2 تا 102/1 فوت بر دقیقه متغیر بود. با اندازه گیری میزان ذرات مختلف بازیابی شده و اندازه گیری خواص گل در سطح زمین نتایج زیر بدست آمد:

¹ WBM



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

شکل 2: شکل نانوتیوب های چندلایه (که از میکروگرافی¹ FESEM و TEM² بدست آمده است).



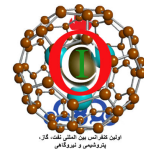
- 1- خصوصیات گل از جمله گرانروی گل پایه آبی با افزایش میزان نانوتیوب چندلایه در آن، افزایش می یابد. دیگر خواص گل نیز به همین ترتیب بهبود یافتند. جدول 1 یک خلاصه ای از این نتایج را نشان می دهد. لازم به ذکر است که با افزایش گرانروی گل، قدرت انتقال خرده ها نیز بیشتر می شود.
- 2- سرعت لغزش³ ذرات ماسه نیز با افزایش حجم نانوتیوب چندلایه به طور جزئی کاهش می یابد. (برای اطلاع از جزئیات سرعت لغزش در گل حفاری به فصل نهم مرجع [7] مراجعه کنید).
- 3- شکل 4 نشانگر میزان خرده های بازبایی شده می باشد. که این مقدار بیانگر قدرت انتقال خرده ها از چاه به سطح زمین می باشد. این نتایج نشان می دهند که با افزایش میزان نانوتیوب چندلایه در گل، قدرت انتقال و در نتیجه میزان خرده های بازبایی شده در سطح بیشتر می شود.
- 4- بررسی ها نشان داد که سرعت گل در فضای آنالوس با افزایش مقدار نانوتیوب های چند لایه به طور جزئی افزایش می یابد.

جدول 1: خصوصیات گل با مقادیر مختلف نانوتیوب های چندلایه

¹ Field Emission Scanning Electron Microscopy

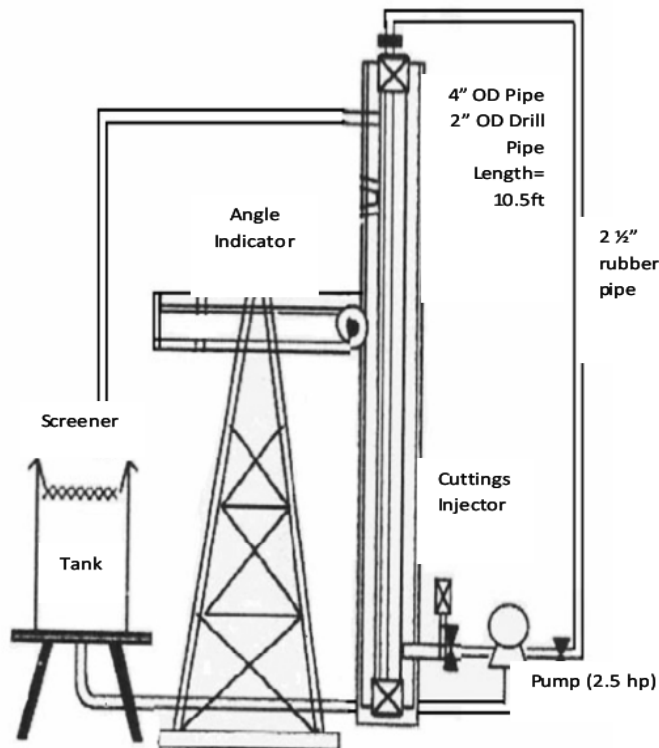
² Transition Electron Microscopy (TEM)

³ Slip Velocity



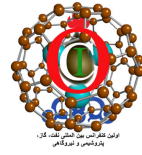
Mud	Viscosity at 600 rpm (cP)	Apparent viscosity (cP)	Gel strength (gms)
Water Based Mud (WBM)	30	19.5	30 (51)
WBM+ 0.001% MWNTs	40	20	28 (36)
WBM + 0.003% MWNTs	40	20	30 (30)
WBM + 0.005% MWNTs	41	20.5	32 (45)
WBM + 0.01% MWNTs	44	22	28 (45)

شکل 3: مدل سیستم مورد استفاده شده در آزمایش



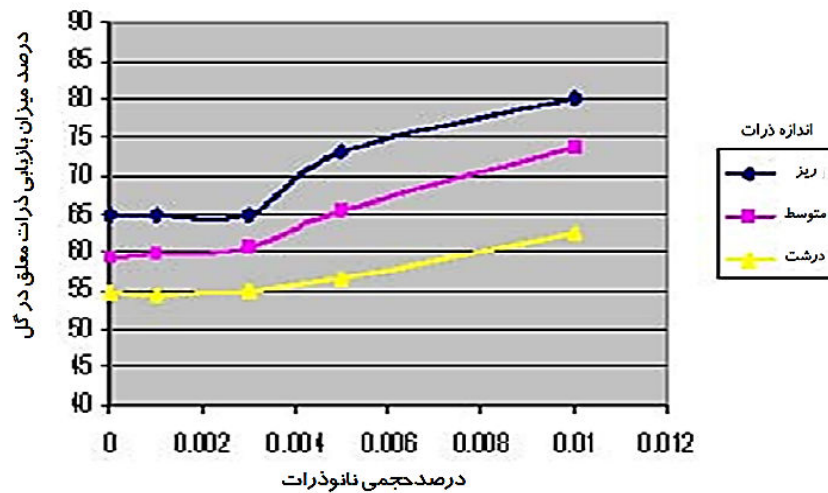
جدول 2: خصوصیات و سرعت لغزش خرده های حفاری

Cutting size	Diameter (mm)	Slip velocity at				
		0.00% (ft/min)	0.001% (ft/min)	0.003% (ft/min)	0.005% (ft/min)	0.01% (ft/min)
Small (SAS)	2.0	9.12	9.04	9.04	8.97	8.76
Medium (MAS)	2.8	12.77	12.67	12.67	12.56	12.27
Big (BAS)	4.8	21.91	21.72	21.72	21.54	21.04



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

شکل 4: اثر حجم نانوذرات بر میزان بازیابی حفاری در سطح



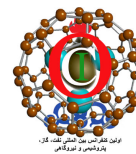
4- نقش نانوذرات در کاهش اصطکاک بین رشته حفاری و دیواره چاه [۴]

اصطکاک بین رشته حفاری و دیواره چاه یکی از عواملی است که باعث کاهش گشتاور رشته حفاری و در نتیجه کاهش نرخ نفوذ مته^۱ (سرعت حفاری) می شود. در حالت عادی با افزایش وزن روی مته^۲، ثابت اصطکاک بیشتر می شود، که استفاده از نانوذرات باعث کاهش آن می شود، چراکه نانوذرات کروی کربن با اندازه 10 تا 325 مش (Mesh) باعث بهبود خاصیت روان کاری گل می شود. به دلیل قابلیت تشکیل لایه نازک نانوذرات در سطح تماس بین لوله و چاه، اصطکاک کاهش و لذا سرعت حفاری زیاد می شود.

شکل 4: کاهش ثابت اصطکاک (f) با افزایش وزن رشته حفاری

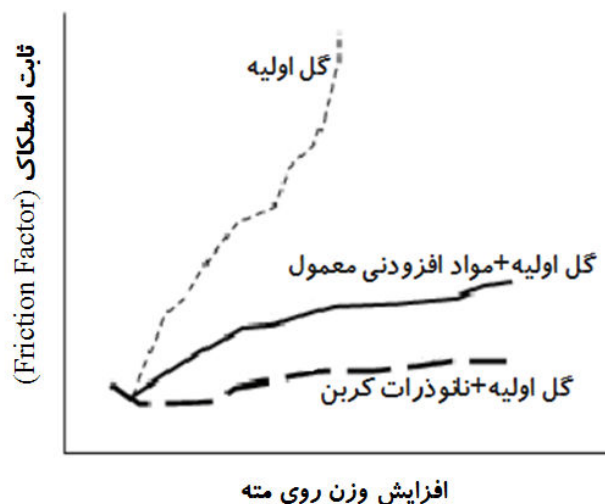
¹ Rate of Penetration

² Weight On Bit



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



5- کاهش گیرلوله های حفاری

گیر کردن لوله های حفاری در طول فرآیند حفاری چاه های نفت و گاز مشکلات و هزینه های بسیاری را ایجاد می کند. این اتفاق ممکن است ناشی از عوامل مختلفی باشد. یکی از این دلایل افزایش ضخامت کیک گل می باشد. بدترین حالت آن گیر لوله در حین حفاری در سازندهای شکافدار و گسل ها می باشد. مته در این نوع سازندها گیر می کند و قادر به حرکت نمی شود. در ایران سازندهای آسماری و ایلام از نوع شکافدار هستند.

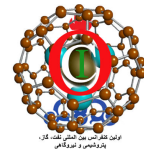
استفاده از نانوذرات در گل حفاری باعث کاهش گیر لوله ناشی از ضخامت کیک گل می شود. بر طبق آزمایشات انجام شده، استفاده از نانوذره ی کربن سیاه¹ (ماده ای است که در داخل ایران تولید می شود و به راحتی در دسترس می باشد) نتایج بسیار رضایت بخشی را در کاهش ضخامت کیک گل بدست می دهد. آزمایشات انجام شده در برخی چاه های اهواز و Abb-Taymoor (جنوب غربی ایران) نشان می دهد که کاربرد این مواد باعث کاهش ضخامت کیک گل شده و احتمال گیر لوله ها را نیز کاهش می دهد. شکل 2 تاثیر نانوذرات را بر ضخامت کیک گل نشان می دهد. [5]

در آزمایش دیگری نیز ضخامت کیک گل و بسته شدن خلل و فرج سازند تراوا (غیر از سازند تولیدی) در یکی دیگر از نتایج استفاده از نانوذرات [6] در گل حفاری بود.

برای اطلاع بیشتر از نحوه تاثیر ضخامت گل بر گیر لوله می توانید به این منبع [7] رجوع کنید.

جدول 2- تاثیر افزودن کربن سیاه بر کاهش کیک گل [5]

Pressure & Temperature	Initial mud cake thickness	Adding 2% by volume of carbon black to mud	Percentage of improvement
6.89 bar, 27 °C (100 psi, 80 °F)	3.18 mm (4/32 in.)	2.38 mm (3/32 in.)	25%
34.47 bar, 148.9 °C (500 psi, 300 °F)	8.73 mm (11/32 in.)	6.35 mm (8/32 in.)	27%



6- نتایج:

با توجه به تاثیرات قابل توجه نانوذرات بر پارامترهای مختلف حفاری، کاربرد این تکنولوژی در حفاری باعث حل بسیاری از مشکلات در این زمینه خواهد شد. مواردی که در این مقاله بررسی شده‌اند، جزء مشکلات متداولی است که در اکثر چاه‌های نفت و گاز ایجاد می‌شود. ریزش شیل، گیرکردن لوله حفاری و هرزروی سیال به داخل سازند در حفاری چاه‌ها باعث بروز مشکلات بسیاری می‌شود و نهایتاً باعث می‌شود که هزینه‌های بسیاری را متحمل شویم. با حل این مشکلات با روش‌های نوین، حفاری‌های سریع‌تر و کم‌هزینه‌تری خواهیم داشت.

منابع:

-
- [1] Research Institute of Petroleum Industry. Official site, ripi.ir.
- [2] Taner Sensoy, 2009; "use of nanoparticles for maintaining shale stability". Presented to the faculty of the graduate school of the University of Texas at Austin.
- [3] Ariffin Samsuri and Amir Hamzah, "improvement by multiwall carbon nanotubes additive". Department of Petroleum Engineering, Faculty of Petroleum and Renewable Energy Engineering, Universiti Teknologi, Malaysia.
- [4] Dr. Jamil Abdo, M. Danish Haneef, College Of Engineering, Sultan Qaboos University. "Nanoparticles: Promising Solution To Overcome Stern Drilling Problems.
- [5] Abouzar MP, Bandar DA (2008). "Using Nanoparticles to Decrease Differential Pipe Sticking and Its Feasibility in Iranian Oil Fields". Oil and Gas Business.
- [6] Subhash N. Shah, Ph.D., P.E., Narayan H. Shanker, and Chinenye C. Ogugbue." Well Construction Technology Center", University of Oklahoma Future Challenges of Drilling Fluids and Their Rheological Measurements. Copyright 2010, AADE.
- [7] Drilling Fluids Reference Manual. Baker Hughes. Revised 2006.