

# طراحی و ساخت یک سیال حفاری پایه آبی و دوست‌دار محیط زیست برای جایگزینی با سیالات حفاری پایه روغنی مورد استفاده در حفاری سازندهای حساس به آب

پژوهش‌نفت

سال بیستم

شماره ۶۳

صفحه ۳۸-۲۷، ۱۳۸۹

علی فجری\*، علیرضا نصیری، حبیبه شیخ رستم‌آبادی و سید علیرضا مرتضوی

پژوهشگاه صنعت نفت، واحد پژوهش حفاری

Ghajaria@ripi.ir

سیالات حفاری پایه روغنی مورد استفاده در صنعت حفاری علاوه بر کاهش هزینه‌ها، می‌تواند در حفاظت از محیط زیست و کاهش آسیب‌های وارده بر افراد در تماس با سیال حفاری مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: حفاری، شیل، ناپایداری دیواره چاه، سیال حفاری پایه آبی، سیال حفاری پایه روغنی، پلیمر، گلیکول

## مقدمه

شیل‌ها به دلیل ویژگی‌های خاص خود عامل بسیاری از مشکلات در حین عملیات حفاری می‌باشند. برخی از عوامل مکانیکی مثل فشار گل حفاری، تنش‌های حرارتی، حرکت رشته حفاری (ضربه زدن و مکش) و یا حرکت پلاستیکی شیل و عوامل شیمیایی مثل آبگیری یا دفع آب، می‌توانند باعث تغییر شکل و یا تخریب شیل‌ها و در نهایت ایجاد مشکلات در عملیات حفاری شوند.

## چکیده

در این تحقیق با استفاده از نتایج شناسایی انجام شده بر روی سازندهای شیلی میدین ایران و بررسی تاریخچه حفاری در این سازندها، یک سیال حفاری پایه آبی و دوستدار محیط زیست برای جایگزینی با سیالات حفاری پایه روغنی طراحی و ساخته شده است. این سیال دارای خواص مطلوبی برای حفاری در این لایه‌ها می‌باشد. در ساخت این سیال از افزایش‌های جدیدی شامل عوامل بازدارنده، نسل جدید پلیمرها و جامدات سایزبندی شده استفاده شده است. از اهم ویژگی‌های این سیال کنترل نفوذ صاف‌آب و فشار گل به درون سازند، کاهش فعالیت رس‌ها از طریق تغییر ماهیت آنها، پایداری سازند، پایداری کندهای حفاری، کاهش آسیب وارده به سازند، پایداری در مقابل درجه حرارت‌های بالا و تغییر اسیدیته و توانایی سازگاری با انواع آلاینده‌هایی که در خلال عملیات حفاری وارد گل می‌شوند را می‌توان نام برد. خاصیت روان‌سازی و بازیافت کندهای شیلی در سیال ساخته شده در مقایسه با سایر سیالات مشابه بهتر می‌باشد. جایگزینی این سیال با

سیال موجود در حفره شیل، مقدار فعالیت شیل و تعیین ویژگی‌های مشکل ساز شیل‌ها مثل آماس و پراکندگی و غیره می‌باشد [۴]. برای دستیابی به نتایج دقیق در آزمایش‌های شناسایی شیل‌ها، نمونه‌ها باید شرایط اولیه خود را حفظ کرده باشند. تغییر سریع ماهیت کنده‌ها و مغزه‌های شیلی در اثر تغییر شرایط تنش و فشار و از دست دادن سیالات محتوی شیل، دقت اطلاعات به دست آمده در مورد شیل‌ها را محدود می‌کند [۵]. اطلاعات کلی مثل موقعیت میدان، زمین شناسی عمومی ناحیه، عمق، فشار، دما، اطلاعات تکتونیکی، زمین شناسی ساختمانی و غیره تا حد ممکن از منابع مختلف قابل استحصال می‌باشند.

مطالعه تاریخچه حفاری چاه‌های حفر شده در این نواحی نیز یکی دیگر از مراحل شناسایی است. مشخصات سازند، نوع مشکل، نوع و خصوصیات سیال حفاری، مدت زمان تماس سازند با سیال حفاری، راه کارهای استفاده شده در حل مشکل و نتایج به دست آمده از جمله اطلاعاتی هستند که از مدارک، قابل دستیابی هستند. در مرحله شناسایی مستقیم، ترکیب کانی‌شناسی نمونه‌های شیل دریافتی از نظر کمی و کیفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بر روی نمونه‌های بالک، آزمایش XRD انجام شد و با مشاهده نشانه‌هایی از کانی‌های رسی در نمونه، آزمایش استخراج کانی‌های رسی از نمونه‌ها انجام گرفت و نمونه‌ها به روش‌های نرمال، حرارتی و اشباع اتیلنی آماده‌سازی شدند. تهیه تصویرهای SEM<sup>۲</sup>، طیف سنجی پرتوهای گامای نمونه و اندازه‌گیری ظرفیت تبادل یونی نمونه‌های مغزه از دیگر آزمایش‌های شناسایی بودند. نمودارهای پتروفیزیکی برای شناسایی محل، نوع و مقدار سازندهای شیلی مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین محل‌های ناپایداری دیواره چاه شامل تنگ شدگی و گشادشدگی و پیش‌بینی فشار سیال سازند از طریق این نمودارها تعیین شدند. با توجه به شناسایی‌ها و مطالعات انجام شده بر روی سازندهای شیلی ایران، به‌طور کلی ویژگی‌های این سازندها را می‌توان به شرح زیر بیان کرد [۶ و ۷]:

۱- بر اساس اطلاعات موجود مهمترین انواع ناپایداری‌های

ناپایداری حفره باز، افزایش گشتاور و اصطکاک در رشته حفاری، هرزروی گل، افزایش جامدات گل، گشادگی چاه، سیمان کاری ضعیف، تنگ شدن چاه و یا گیرکردن رشته حفاری از نتایج ناپایداری شیل‌ها می‌باشند. مجموع موارد فوق منجر به اتلاف زمان و هزینه‌های بسیاری در صنعت حفاری می‌شوند [۱]. روش‌های حل این مشکلات نیز شامل روش‌های مکانیکی مثل افزایش وزن گل یا تراشیدن دیواره چاه و یا روش‌های شیمیایی مثل استفاده از سیالات حفاری بازدارنده است. از آنجاکه کانی‌های رسی از اجزای اصلی تشکیل دهنده سنگ‌های رسوبی سطح زمین هستند، هرگونه عملیات حفاری ما را به ناچار با مشکلات ناشی از آنها مواجه می‌کند. لذا شناخت درست خصوصیات و ویژگی‌های کانی‌های رسی و نیز سازندهای شیلی که عامل این مشکلات هستند و ارائه راهکارهای مناسب برای رفع آنها از الزامات هر عملیات حفاری موفق می‌باشد. مطالعات و تحقیقات زیادی برای شناخت و حل دقیق مشکلات مربوط به شیل‌ها انجام گرفته است، اما هنوز راه حل کاملی در این خصوص ارائه نشده است. سیالات حفاری پایه روغنی تاکنون بهترین گزینه برای حفاری در سازندهای شیلی بوده‌اند اما به علت هزینه بالا و مسائلی که برای محیط زیست ایجاد می‌کنند، برای جایگزین کردن آنها با یک سیال پایه آبی و دوست‌دار محیط زیست تلاش می‌شود. تا به حال از افزودنی‌های خاص در سیالات حفاری پایه آبی به‌منظور پایدارسازی سازندهای حساس مثل نمک‌ها، پلیمرها، آسفالتین‌ها، گیلسونیت‌ها، گرافیت‌ها، سیلیکات‌ها و گلیکول‌ها استفاده شده است [۳-۱]. متخصصین بر این باورند که نمی‌توان دستورالعمل واحدی برای رفع مشکلات شیل‌ها در سطح جهانی پیشنهاد داد بلکه باید برای هر منطقه بر اساس شرایط موجود بهترین راه حل ممکن را ارائه کرد.

### شناسایی شیل‌ها و بررسی تاریخچه حفاری در مناطق مختلف ایران

گام اول در طراحی سیالات بازدارنده، شناسایی کامل سازندهای شیلی است. هدف از شناسایی شیل‌ها، تعیین نوع کانی‌های رسی موجود در نمونه شیل، خصوصیات

1. X-Ray Diffraction

2. Scanning Electron Microscope

- حفاری یک سازند شیلی پس از شناسایی کامل سازند شیلی و شرایط محیطی حاکم، معمولاً شامل مراحل زیر است [۸]:
- ۱- تعیین وزن و رئولوژی سیال حفاری.
  - ۲- چگونگی جلوگیری از نفوذ صاف آب و فشار گل به درون سازند.
  - ۳- تبدیل رس‌ها به کانی‌هایی با فعالیت کمتر.
  - ۴- کنترل pH گل.
  - ۵- بررسی تاثیر آلاینده‌های الکترولیتی بر سیال حفاری.
  - ۶- بررسی پایداری در برابر دمای زیاد و زمان.
  - ۷- بررسی میزان صدمه‌رسانی به لایه‌های بهره‌ده.
  - ۸- بررسی خاصیت روان‌کاری گل.

#### مراحل طراحی آزمایشگاهی

با توجه به خواص مورد نیاز برای این سیال و شرایط کاربردی آن در مناطق عملیاتی مشکل‌دار با انجام آزمایش‌های متعدد ساخت نمونه، مطلوب‌ترین افزایه‌ها انتخاب شدند و در مقادیر مختلف به منظور رسیدن به اهداف فنی مورد نظر در آزمایش‌های ساخت گل در آزمایشگاه مورد استفاده قرار گرفتند. پس از آن بهترین فرمولاسیون برای سیال حفاری پیشنهادی با وزن مخصوص  $1/2 \text{ g/cm}^3$  به شرح ذیل به دست آمد. لازم به ذکر است که طراحی این سیال به گونه ایست که با تغییرات جزئی می‌توان سیالات حفاری با وزن‌های مختلف را نیز فرموله کرد.

ساخت یک بشکه آزمایشگاهی این گل شامل مراحل زیر است:

- ۱-  $350$  سی‌سی از یک نوع آب منطقه (حاوی  $3072 \text{ ppm Ca}^{2+}$ ،  $39783 \text{ ppm NaCl}$  و  $24140 \text{ ppm Cl}^-$ ) تهیه می‌شود.
- ۲- بی‌کربنات سدیم به آب اضافه شده و ۱ دقیقه مخلوط می‌شود.
- ۳- پلیمرهای کنترل‌کننده افت صاف آب اضافه می‌شوند و ۲۰ دقیقه در دور بالا مخلوط می‌شوند.
- ۴- پلیمر PHPA اضافه و ۲۰ دقیقه در دور بالا مخلوط می‌شود.
- ۵- پلیمر ایجاد گرانیوی اضافه شده و ۲۰ دقیقه در دور بالا مخلوط می‌شود.
- ۶- نمک‌ها اضافه و ۱۰ دقیقه مخلوط می‌شوند.
- ۷- گلیکول اضافه و ۱۰ دقیقه مخلوط می‌شود.

- موجود در سازندهای شیلی ریزش و تنگی دیواره چاه می‌باشد.
- ۲- ناپایداری مکانیکی به واسطه تنش‌های تکتونیکی در سازندهای شکننده، نفوذ سیال حفاری بین شکاف‌های موجود در شیل‌ها و یا آبیگری کانی‌های رسی و متلاشی شدن ساختار شیل می‌تواند علت ریزش‌ها باشد. علت تنگی چاه نیز می‌تواند تغییر شکل پلاستیکی و یا تأثیر هیدراسیون گل و واکنش سنگ و سیال باشد.
  - ۳- به علت وجود پایداری نسبی در حفاری با سیالات پایه روغنی، دلیل عمده ناپایداری شیل، واکنش شیل‌ها با گل‌های پایه آبی است.
  - ۴- این سازندها دارای فشار نرمال می‌باشند، لذا احتمال ناپایداری به واسطه فشار بالای حفره منتهی است.
  - ۵- در این میددین استفاده از گل پایه روغنی، همیشه پایداری چاه را به همراه ندارد، یعنی ناپایداری‌ها می‌توانند منشأ مکانیکی نیز داشته باشند.

#### ویژگی‌های گل طراحی شده

- پس از تحلیل اطلاعات چاه‌ها، شامل اطلاعات زمین‌شناسی، حفاری و پتروفیزیک مناطق مختلف، وجود هر دو نوع شیل ریزشی و آماسی در سازندهای مورد حفاری ایران قطعی به نظر می‌رسد [۶ و ۷]. گل طراحی شده با در نظر گرفتن همه احتمالات تأثیرگذار، می‌تواند ویژگی‌های زیر را داشته باشد [۸] و به عنوان یک سیال حفاری جدید مورد استفاده قرار گیرد:
- ۱- دارای کمترین احتمال واکنش با شیل آبیگری و آماس می‌باشد.
  - ۲- دارای قابلیت استحکام بخشی به وسیله تبادل یونی می‌باشد.
  - ۳- دارای خواص رئولوژیکی کنترل شده برای کاهش مشکل ناپایداری شیل‌هاست.
  - ۴- دارای افت صاف آب کمینه می‌باشد.
  - ۵- در مقابل دما و آلاینده‌ها پایدار می‌باشد.
  - ۶- کمترین آسیب را به سازندهای بهره‌ده وارد می‌کند.

#### طراحی و ساخت سیال حفاری

یک برنامه قدم به قدم طراحی سیال حفاری مناسب در

جدول ۱- فرمولاسیون گل پیشنهادی

ترتیب افزودن	نوع ماده	مقدار	زمان اختلاط	کارکرد در سیال
۱	آب منطقه	۳۵۰ سی سی		
۲	بی کرینات سدیم	۱ گرم	۱ دقیقه	حذف یون‌های دو ظرفیتی
۳	پلیمرهای سنتزی کنترل افت صاف آب <sup>۱</sup>	۱+۶ گرم	۲۰ دقیقه	کنترل افت صاف آب
۴	پلیمر PHPA	۱ گرم	۲۰ دقیقه	کپسول کننده سطح شیل
۵	بیوپلیمر XC	۱/۵ گرم	۲۰ دقیقه	ایجاد گرانیروی
۶	کلرید پتاسیم	۲۱ گرم	۱۰ دقیقه	پایدار سازی شیل
۷	کلرید سدیم	۹۱ گرم	۱۰ دقیقه	ایجاد وزن
۸	گلیکول	۱۷/۵ سی سی	۱۰ دقیقه	پایدار سازی
۹	کرینات کلسیم دانه بندی شده	۵ گرم	۵ دقیقه	ایجاد کیک و تنظیم وزن
۱۰	پتاس	۰/۲ گرم	۵ دقیقه	تنظیم pH

مطلوب بوده و به دلیل وجود پلیمرهای ویژه، حتی بعد از حرارت افت صاف آب سیال پیشنهادی کاهش داشته است. اندود صافی ایجاد شده دارای پیوستگی و ضخامت بسیار مناسب بوده (شکل ۲) که این امر سبب می شود سیال پیشنهادی بتواند دیواره سازی مناسبی را در اطراف چاه ایجاد کرده و از کاهش قطر چاه و خطر گیر لوله ها ممانعت کند. علاوه بر موارد مذکور، سیال پیشنهادی به مدت ۴۸ ساعت در یک استوانه مدرج به صورت استاتیک نگهداری شد که پایداری آن با زمان بسیار مناسب بوده و هیچ گونه به هم خوردن همگنی سیال (دوفازی) مشاهده نشد (شکل ۳).

۸- کرینات کلسیم سایز بندی شده اضافه و ۵ دقیقه مخلوط می شود

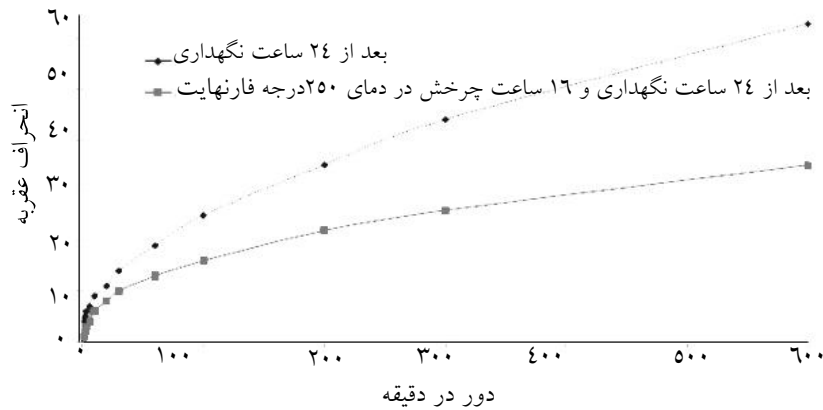
۹- پتاس اضافه و ۵ دقیقه مخلوط می شود.

مراحل ۱ تا ۹ همراه با کارکرد و مقادیر مواد در جدول آورده شده اند. خواص به دست آمده از این گل در دو مرحله بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در مرحله اول و ۱۶ ساعت هات رول در دمای ۲۵۰ درجه فارنهایت در مرحله دوم در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت اندازه گیری شد (جدول ۲). همان گونه که از نتایج جدول ۲ و شکل ۱ مشخص است رئولوژی سیال پیشنهادی قبل و بعد از چرخش، بسیار

جدول ۲- خواص گل پیشنهادی

قبل از چرخش در حرارت	بعد از چرخش در حرارت	
۳۱/۵	۱۷/۵	گرانیروی ظاهری (cp)
۱۹	۹	گرانیروی پلاستیک (cp)
۲۵	۱۷	نقطه واروی (lbf/100 ft <sup>2</sup> )
۶	۳	مقاومت زله ای ۱۰ ثانیه (lbf/100 ft <sup>2</sup> )
۷	۴	مقاومت زله ای ۱۰ دقیقه (lbf/100 ft <sup>2</sup> )
--	۲/۶	افت صاف آب (cm <sup>3</sup> )
۹	۸	pH
۱/۲	۱/۲	وزن مخصوص گل (gr/cm <sup>3</sup> )

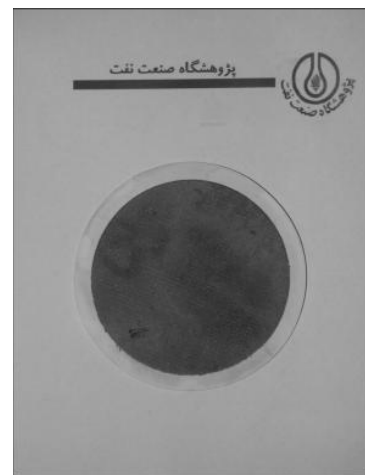
۱- دو نوع پلیمر که یکی کنترل کننده افت صاف آب بوده و دیگری تینر می باشد.



شکل ۱- رثولوزی گل



شکل ۳- پایداری گل با زمان



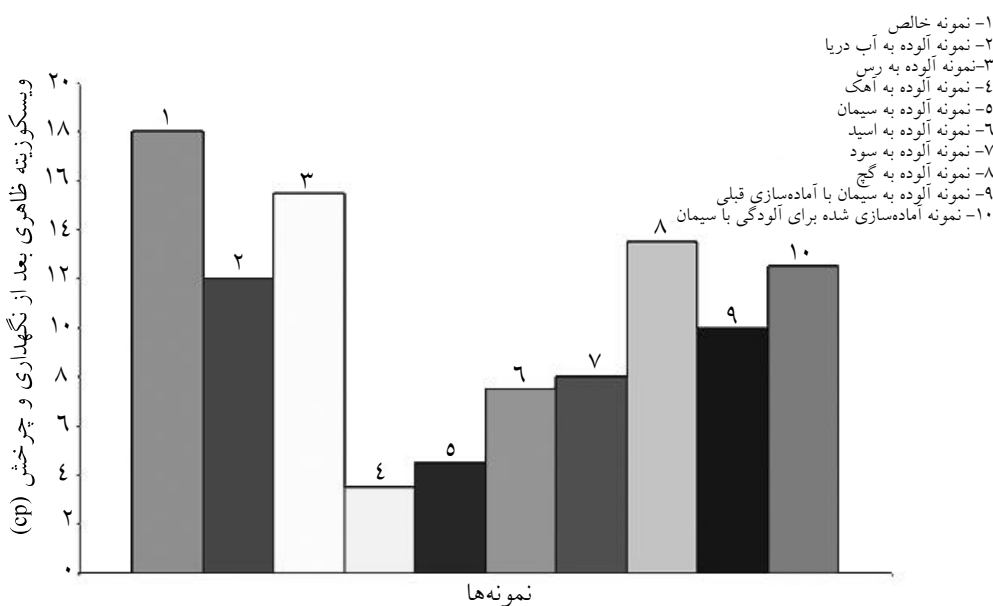
شکل ۲- کیفیت کیک گل

قرار گرفت تا ضمن بررسی اثر آنها، راه‌های مقابله با آنها و امکان استفاده مجدد در عملیات حفاری مورد مطالعه قرار گیرد. بدین منظور نمونه سیال حفاری به ترتیب با ۱۰ درصد حجمی آب دریا، ۲۵ گرم بنتونیت حفاری، ۱۰/۵ گرم سیمان، ۱۰/۵ گرم آهک، ۱۰/۵ گرم گچ و ۳ سی سی اسید سولفوریک خالص آلوده شد و بعد از ۲۴ ساعت نگهداری و ۱۶ ساعت چرخش در دمای ۲۵۰ درجه فارنهایت، خواص آن در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت اندازه‌گیری شد که نتایج آن به صورت نمودارهای میله‌ای در شکل‌های ۴ تا ۱۰ آمده است. در این اشکال خواص سیال پیشنهادی قبل و بعد از آلودگی مقایسه شده است. اشکال ۴ تا ۱۰ به ترتیب ویسکوزیته ظاهری، ویسکوزیته پلاستیک، نقطه واروی، افت صاف‌آب، استحکام ژله‌ای و pH سیال پایه (آب دریای مورد استفاده برای

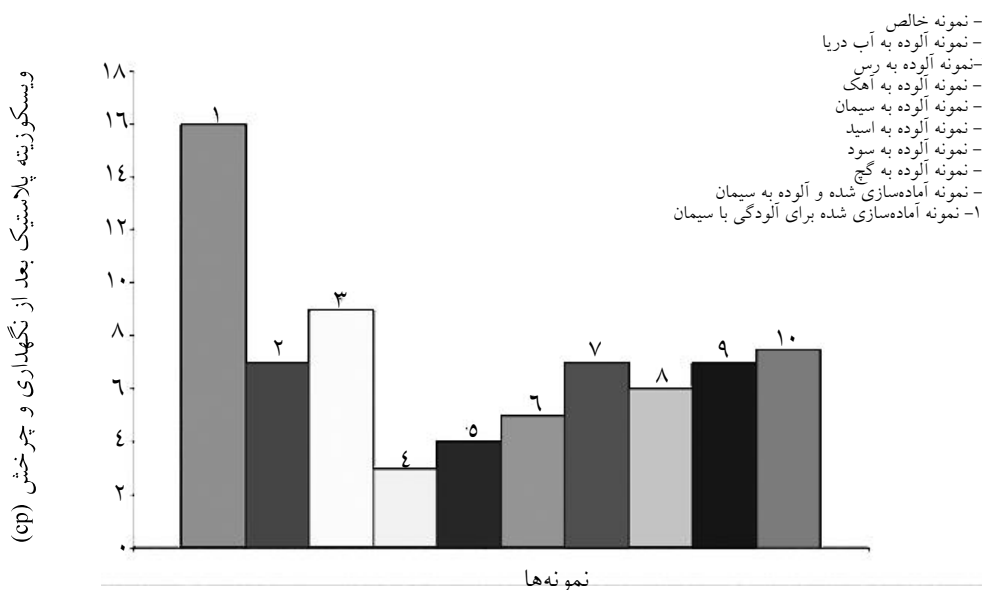
**بررسی تأثیر آلاینده‌ها بر سیال حفاری پیشنهادی**  
سیال حفاری در حین عملیات، همواره در معرض آلودگی با آلاینده‌های مختلف می‌باشد که خواص فیزیکی و شیمیایی سیال را تحت تأثیر قرار می‌دهند. متداول‌ترین آلاینده‌ها در صنعت حفاری شامل آب دریا، جامدات فعال (رس)، آهک، گازهای اسیدی، سیمان و ژئپس هستند که در حین عملیات حفاری در اثر حفر سازندهای مختلف به صورت مایع و جامد و گاز به سیستم سیال حفاری وارد می‌شوند. از این رو سیال مناسب باید طوری طراحی شود که در مقابله با این آلاینده‌ها کمترین تغییرات در خواص فیزیکی و شیمیایی را داشته باشد و در صورت لزوم امکان اصلاح آن با روش‌های فیزیکی و شیمیایی وجود داشته باشد. لذا در ادامه آزمایش‌های طراحی سیال حفاری پیشنهادی، این سیال در معرض آلاینده‌های فوق

سیال حفاری قابل دفع است، اما سیمان و آهک اثرات تخریبی شدیدی بر خواص سیال حفاری داشته و عملاً سیال حفاری غیر قابل استفاده می‌شود. توجه این اتفاق می‌تواند اینگونه باشد که سیمان و آهک هنگام انحلال در آب، pH را تا حدود ۱۲ بالا می‌برند و pH بالا باعث می‌شود که پلیمرهای موجود در گل هیدرولیز شده و توسط کلسیم رسوب داده شده و کارکرد خود را از دست بدهند.

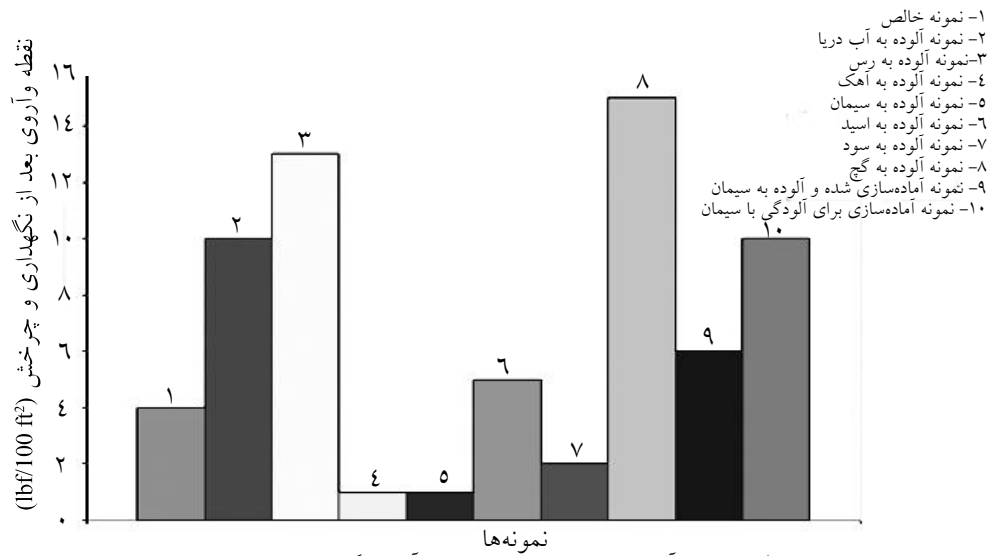
ساخت این نمونه با نمونه ارائه شده در جدول ۲ متفاوت است و منجر به اختلاف جزئی در خواص سیال حفاری شده است) و نمونه‌های آلوده شده را با هم مقایسه می‌کند. نتایج به‌دست آمده حاکی از این است که سیال حفاری پیشنهادی در مقابل آلودگی آب دریا، جامدات فعال (رس)، گازهای اسیدی و ژپس دارای پایداری قابل قبولی است و تغییرات جزئی به‌وجود آمده در خواص سیال با بهسازی‌های معمول مثل استفاده از تینرها و یا رقیق کردن



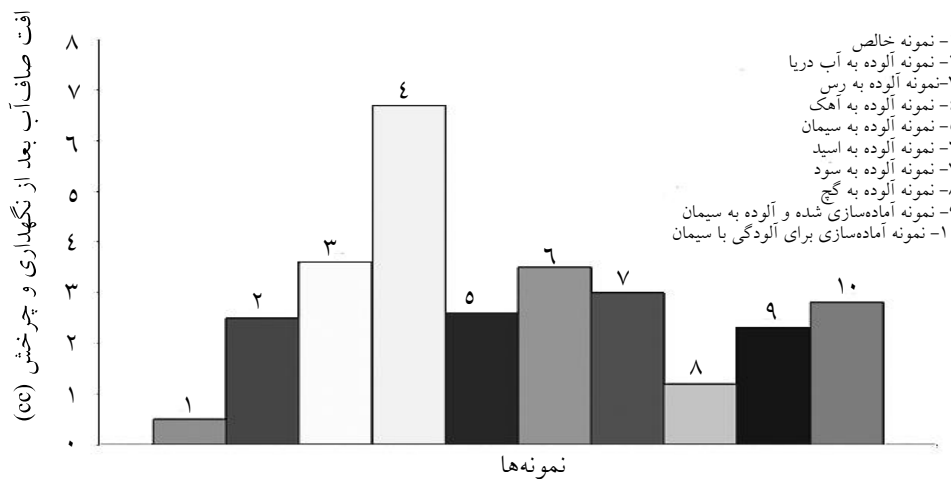
شکل ۴- اثر آلاینده‌های مختلف بر ویسکوزیته ظاهری گل پیشنهادی



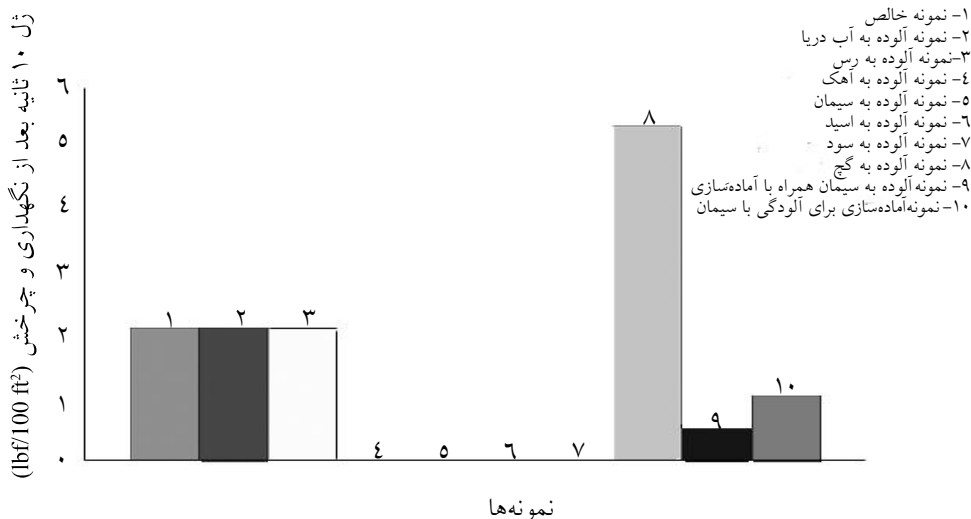
شکل ۵- اثر آلاینده‌های مختلف بر ویسکوزیته پلاستیک گل پیشنهادی



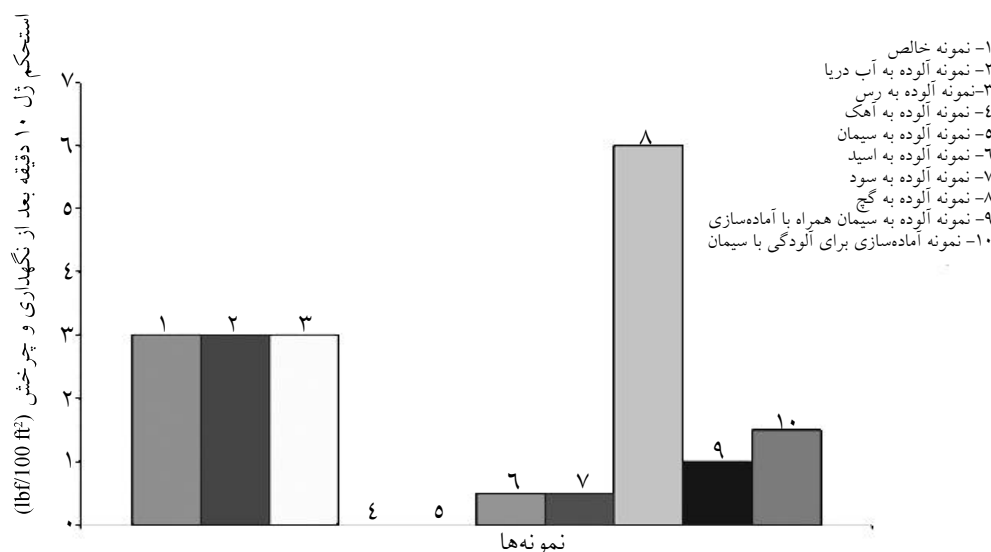
شکل ۶- اثر آلاینده‌های مختلف بر نقطه و آرومی گل پیشنهادی



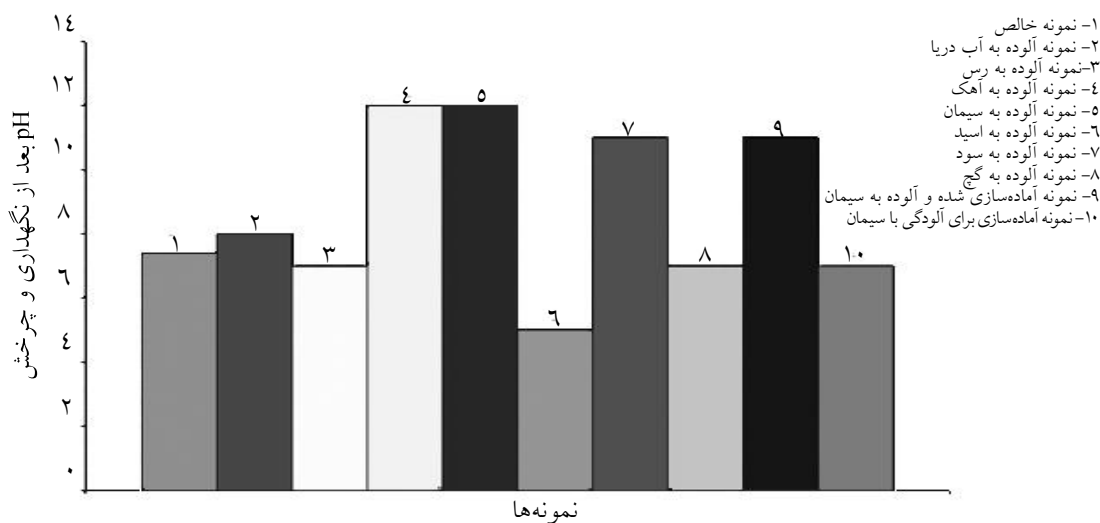
شکل ۷- اثر آلاینده‌های مختلف بر افت صاف آب گل پیشنهادی



شکل ۸- اثر آلاینده‌های مختلف بر استحکام ژله‌ای ۱۰ ثانیه گل پیشنهادی

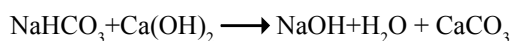
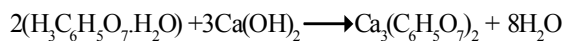


شکل ۹- اثر آلاینده‌های مختلف بر استحکام ژله‌ای ۱۰ دقیقه گل پیشنهادی



شکل ۱۰- اثر آلاینده‌های مختلف بر pH گل پیشنهادی

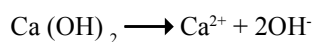
pH با استفاده از اسید سیتریک و بی‌کربنات سدیم برای رسوب دادن کلسیم آماده‌سازی شود. اسید سیتریک طبق معادله زیر عمل می‌کند:



به منظور رفع مشکل گل پیشنهادی، قبل از آلودگی، نمونه‌ها با افزودن ۱/۵ گرم اسید سیتریک و ۱/۵ گرم سودااش آماده‌سازی می‌شوند. در ادامه دو نمونه ساخته و آماده‌سازی شده و یکی از آنها با ۱۰/۵ گرم سیمان آلوده شد. خواص نمونه‌ها قبل و بعد از آلوده شدن و بعد از ۱۶ ساعت چرخش در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد و در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شدند. در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ تاثیر آماده‌سازی

### رفع مشکل آلودگی به سیمان و آهک

در حین حفاری احتمال آلودگی سیال حفاری با سیمان یا آهک وجود دارد. سیمان، کمپلکس سیلیکات آهک است. سیمان و آهک هنگام انحلال در آب طبق واکنش برگشتی، یون کلسیم آزاد می‌کنند:



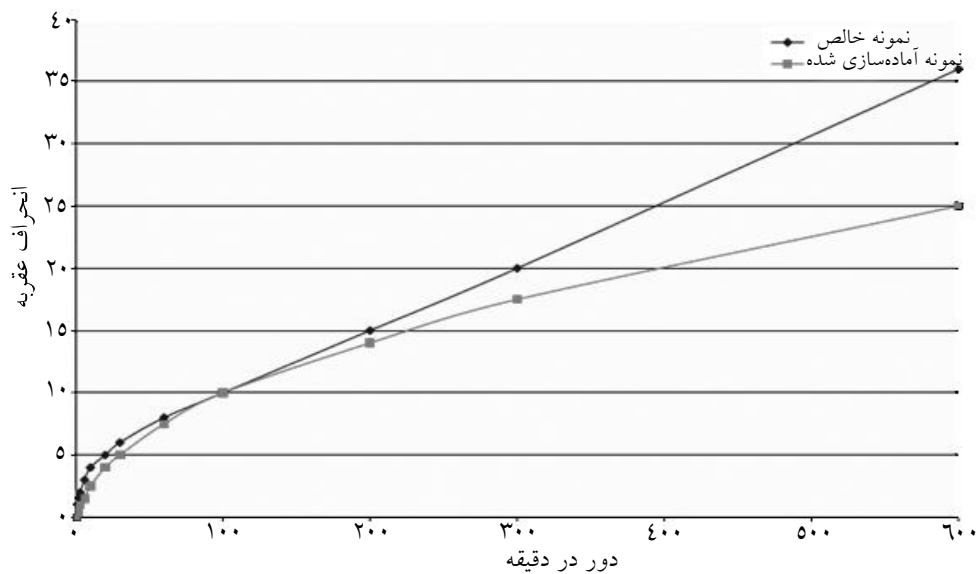
هیدروکسید کلسیم، pH را تا حدود ۱۲ بالا می‌برد و موجب می‌شود که پلیمرهای موجود در گل، هیدرولیز شده و سپس توسط کلسیم رسوب داده شوند و کارکرد خود را از دست بدهند. بنابراین کاهش pH و حذف کلسیم برای حل مشکل پیشنهاد می‌شوند. برای رفع مشکل مذکور باید سیال حفاری پیشنهادی قبل از حفاری سیمان برای کاهش



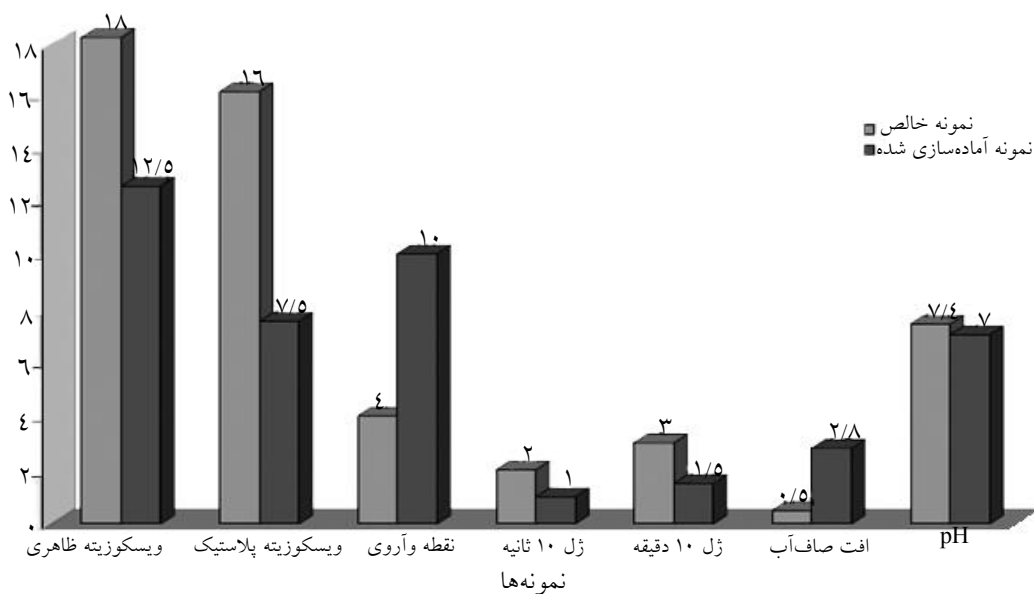
اثرات تخریبی آلودگی سیمان را تا مقدار قابل قبولی کاهش داده است، لذا پیشنهاد می‌شود در مواقعی که احتمال آلودگی سیال حفاری به این نوع آلاینده‌ها وجود دارد، مثل زمان حفاری پاشنه لوله‌های جداری و آستری بعد از سیمان‌کاری، ابتدا سیال حفاری بدین روش آماده‌سازی شده و سپس عملیات حفاری انجام شود.

بر رئولوژی و خواص سیال حفاری نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، آماده‌سازی سیال پیشنهادی اثر تخریبی بر خواص آن ندارد.

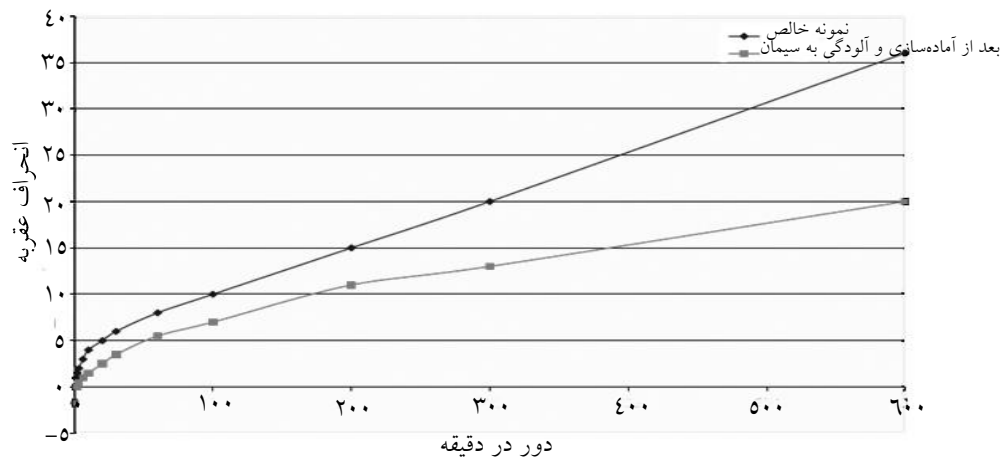
در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ اثرات آلودگی به سیمان بر خواص سیال حفاری آماده شده نشان داده شده است. به‌طوری‌که مشاهده می‌شود، آماده‌سازی سیال حفاری



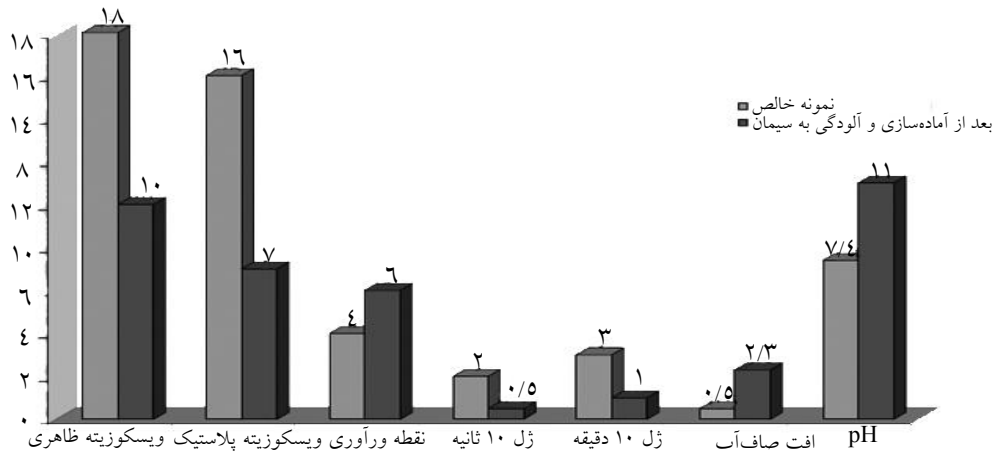
شکل ۱۱- اثر آماده‌سازی بر رئولوژی گل پیشنهادی



شکل ۱۲- اثر آماده‌سازی بر خواص گل پیشنهادی



شکل ۱۳- اثر آلودگی بر رئولوژی گل پیشنهادی



شکل ۱۴- اثر آماده سازی و آلودگی بر خواص گل پیشنهادی

استفاده از پلیمرهای مناسب و ممانعت از نفوذ آسیب رساننده‌ها به سازند با کاهش افت صاف آب سیال حفاری و ساخت کیک نازک با نفوذپذیری کم انجام می‌گیرد، هر چند رفع آسیب‌های احتمالی به واسطه قابل حل بودن تمام افزودنی‌های این سیال در اسیدهای متداول، ساده می‌باشد.

#### بررسی خاصیت روان‌سازی نمونه گل ساخته شده

یک سیال حفاری مناسب باید خاصیت روان‌سازی و کاهش اصطکاک بین رشته حفاری و چاه را داشته و نیروهای مقاوم گشتاور و اصطکاک را کاهش دهد. افزایش این اصطکاک به‌خصوص در حفاری‌های انحرافی مشاهده می‌شود. در سیال پیشنهادی استفاده از مواد خاص مثل گلیکول و پلیمرها به نمونه گل خاصیت روانی می‌دهند. این خاصیت

#### خاصیت کاهش فعالیت رس‌ها به واسطه تعویض یونی و

##### عدم آسیب به سازند در نمونه گل ساخته شده

خاصیت دیگر سیالات بازدارنده، تبدیل رس‌ها به کانی‌هایی با فعالیت کمتر می‌باشد، این امر با تعویض یک کاتیون موجود در فضای بین ورقه‌های رس با یون دیگری که پتانسیل آماس کانی رسی را کاهش می‌دهد، انجام می‌پذیرد. توانایی یک کاتیون برای جایگزین شدن به جای کاتیون دیگر به طبیعت کاتیون‌ها و غلظت‌های نسبی آنها بستگی دارد. استفاده از نمک پتاسیمی در این گل باعث جایگزینی کاتیون پتاسیم می‌شود که سبب پایداری بیشتر سنگ شیلی می‌شود [۲]. افزایش سختی کنده‌های حفاری رول شده در نمونه گل، نشانه کارکرد مناسب سیال حفاری است. کاهش آسیب وارده به سازند در این سیال حفاری با

یکپارچگی کنده‌های حفاری در مقایسه با سایر سیالات حفاری پایه آبی بازدارنده بهتر است.

### نتیجه‌گیری

۱- نتایج به‌دست آمده موید کارکرد مناسب گل طراحی شده در شرایط چاه می‌باشد.

۲- نتایج آزمایش‌های انجام شده بیانگر توانایی بالای سیال حفاری ساخته شده در تحمل آلودگی‌ها به جز آلودگی به سیمان و آهک می‌باشد. تغییرات جزئی به‌وجود آمده در خواص سیال حفاری در اثر این آلودگی‌ها با انجام بهسازی‌های متداول در محل سکوی حفاری قابل اصلاح می‌باشد.

۳- نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده خاصیت روان‌سازی خوب و نزدیک گل روغنی به گل طراحی شده می‌باشد.

۴- تقریباً اکثر ذرات شیل بعد از چرخش حرارتی در گل طراحی شده بازیافت می‌شوند. از طرفی مشاهده شد که ذرات بازیافتی دارای استحکام بالاتری نسبت به قبل شده‌اند و این به علت اثرات بجامانده از خواص گل بر روی شیل‌ها است که در شرایط چاه می‌تواند به پایدارسازی دیواره کمک کند. با توجه به استفاده از نمونه شیل با قدرت آماس بالا، درصد بازیابی برای این نمونه گل درصد بالایی می‌باشد که حاکی از توانایی قابل ملاحظه گل طراحی شده در پایدار نگه داشتن سازندهای شیلی است. درصد بازیافت این گل از انواع دیگر بیشتر بوده و تقریباً قابل مقایسه با سیال پایه روغنی است.

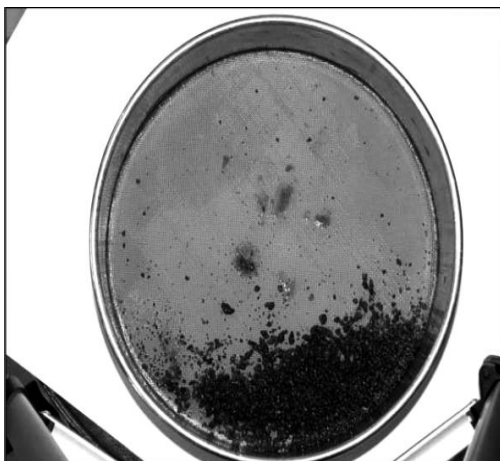
گل در آزمایشگاه به‌وسیله دستگاه E-P MUD TESTER اندازه‌گیری شد. برای این نمونه گل، مقاومت ضریب پوسته گل با یک نمونه گل روغنی مقایسه شد که جدول ۳ نتایج این مقایسه را نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه خاصیت روان‌سازی سیال ساخته شده با گل روغنی

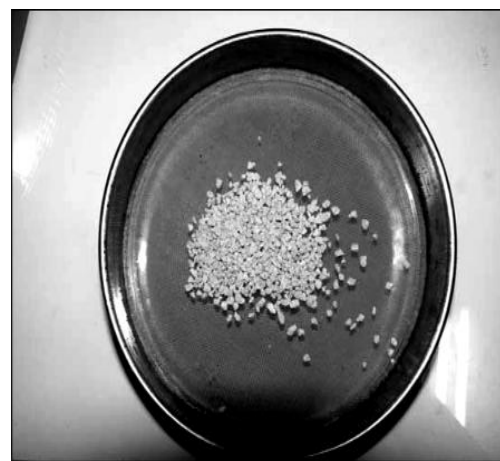
مقاومت ضریب پوسته	
گل روغنی (psi)	گل گلیکولی (psi)
۳۶۴۶۵	۳۵۵۳۳

### بررسی نتایج واکنش سیال حفاری با نمونه‌های شیل

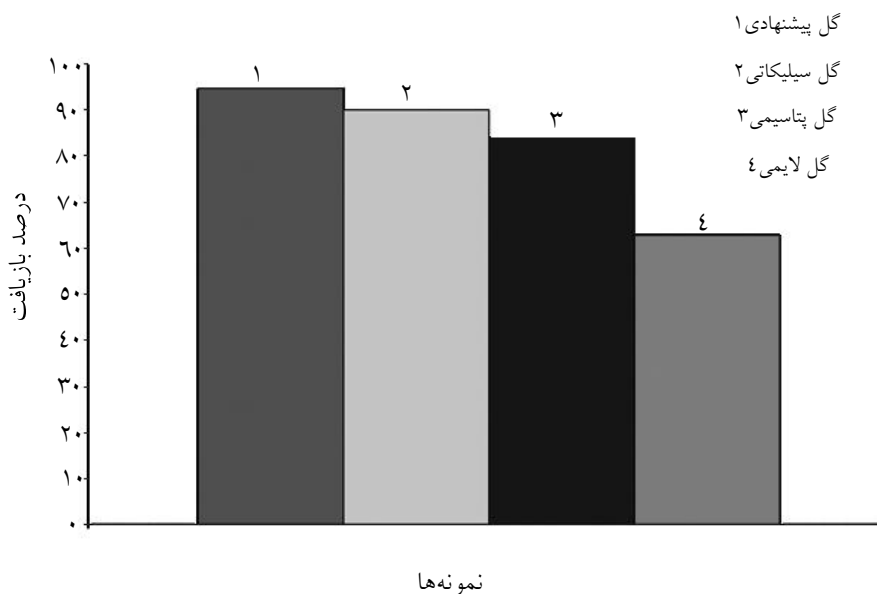
بررسی نتایج واکنش سیال حفاری با نمونه شیل از روش‌های متداول در طراحی سیال حفاری مناسب شیل‌هاست که با استفاده از دستگاه‌های مختلف آزمایشگاهی انجام شد. در این آزمایش از استاندارد Recovery Hot Rolling (API-13I) برای بررسی خاصیت بازدارندگی سیال پیشنهادی استفاده می‌شود. ۱۹/۱ گرم از دانه‌های شیل بین مش‌های ۵ و ۱۰ انتخاب شدند (شکل ۱۵) و به مدت ۱۷ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد در داخل گل طراحی شده رول شدند. دانه‌های شیل بازیافتی روی توری مش ۳۵، بعد از خشک شدن در گرم کن ۱۸/۱ گرم بوده‌اند (شکل ۱۶). درصد بازیابی دانه‌های شیل ۹۴/۷۶ درصد می‌باشد. مقایسه نتایج بازیافت کنده‌های شیلی در تعدادی از انواع مختلف سیالات حفاری در نمودار شکل ۱۷ مشاهده می‌شود. به‌طوری‌که مشخص است بازده این سیال حفاری در حفظ



شکل ۱۶- نمونه شیل بعد از چرخش حرارتی



شکل ۱۵- نمونه شیل قبل از چرخش حرارتی



شکل ۱۷- مقایسه درصد بازیافت کننده‌های شیلی در انواع سیالات حفاری

#### منابع

- [1] Van Oort E., "On the physical and chemical stability of shales", Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 38, pp 213-235, 2008.
- [2] Abdollahi M., Varamesh A. Rekabdar M. & Nasiri A.R., "Synthesis and use of amphoteric carboxymethylcellulose graft copolymers in the environmentally-acceptable water-based drilling fluids as a water-sensitive shale stabilizer", Iranian Journal of Polymer Science and Technology, Vol. 22, No.6, pp., 2010.
- [3] Jafary C.S., Tahmasbi K. & Arsanjani N., "The possibility of replacing OBMs with emulsified glycol mud systems in drilling low-pressure zones of Iranian oilfields", IADC/SPE Paper Number 114067-MS. , 2008
- [۴] پوشهری ع.، راکعی ع.، مطالعه رفتار شیل‌ها در عملیات حفاری، جزوه آموزشی، کتابخانه مرکزی شرکت ملی نفت مناطق نفت خیز جنوب. ۱۳۷۴
- [5] Eslinger E. & Pevear D., *Clay minerals for petroleum geologists and engineers*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Tulsa, 1988.
- [۶] قجری ع.، مطالعه و بررسی لایه‌های شیلی در عملیات حفاری چاه‌های میدین سیری D و C و راه حل‌های اجرا جهت جلوگیری از ریزش شیل، پروژه تحقیقاتی، پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۸۸
- [۷] سلیمانی م.، شناسایی جامع سازندهای شیلی میدان فروزان، پروژه تحقیقاتی، پژوهشگاه صنعت نفت. ۱۳۸۲
- [8] Darcy H.C.H. & Gray G.R., *Composition and properties of drilling and completion fluids*, 5<sup>th</sup> Ed., Gulf Professional Publishing, Houston, Texas, 1983
- [9] Sergio A.B. da Fontoura, Claudio Rabe, Rosana F.T. Lomba, "Characterization of shales for drilling purposes", SPE/ISRM 78218, 2002.