

مقاله پژوهشی

مطالعه و بررسی روند تغییر خواص رئولوژی گل حفاری در هنگام استفاده از افزایه زانتان گام

ابراهیم جمشیدی

گروه فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات نفت و انرژی، واحد امیدیه، دانشگاه آزاد اسلامی، امیدیه، ایران

چکیده

با توجه به اهمیت بخش مهمی از هزینه‌های حفاری که به سیالات حفاری اختصاص دارد، انتخاب صحیح سیال حفاری برای هر سازند بسیار حیاتی است. این انتخاب باید با دقت و شناخت کامل از خصوصیات سنگ‌ها و سازندهای مورد حفاری انجام شود تا هزینه‌های اضافی و مشکلات ناشی از انتخاب نادرست سیال حفاری، کاهش یابد. برای افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های حفاری، لازم است که به دقت انتخاب سیال حفاری صورت گیرد. استفاده از سیالات حفاری مناسب می‌تواند به پایداری چاه کمک کرده و از ایجاد مشکلاتی مانند ریزش شیل‌ها و تنگ شدن حفره چاه جلوگیری نماید.

پژوهش ما با هدف بهبود عملکرد گل حفاری در اثر افزودن پلیمر زانتان گام طراحی شده است. با تحلیل دقیق تأثیر این افزودنی بر خواص گل حفاری، امکان بهبود رئولوژی سیال حفاری و افزایش کارایی آن وجود دارد. نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهد که افزودن زانتان گام به گل حفاری، باعث افزایش خواصی از جمله ویسکوزیته پلاستیکی و نقطه تسلیم می‌شود. این افزایش در خواص ژلاتینی ۱۰ ثانیه و ۱۰ دقیقه نیز قابل مشاهده است. این در حالی است که صافاب گل حفاری و ضخامت کیک آن کاهش می‌یابد. این نتایج می‌تواند به بهبود عملکرد گل حفاری در شرایط دما و اسیدیته ثابت کمک کند.

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



واژه‌های کلیدی:

گل حفاری، پلیمر زانتان گام، رئولوژی

* نویسنده مسوول: ابراهیم جمشیدی

پست الکترونیکی: ebrahim.jamshidi13631361@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.82281/jnec.2024.1209564>

مقدمه

تاریخچه گل حفاری به دوران باستان باز می‌گردد، زمانی که چینی‌ها ابتدایی‌ترین کاربردهای این ماده را در معدن‌کاری و حفاری‌کننده‌ها دریافت کردند. از آن زمان تا به امروز، گل حفاری به عنوان یکی از ابزارهای حیاتی در صنعت نفت و گاز شناخته شده است [۱]. استفاده از گل حفاری در صنعت حفاری نه تنها به نرم کردن کنده‌ها و افزایش سرعت حفاری کمک می‌کند، بلکه از اهمیت بسزایی برخوردار است. از آنجا که حفاری چاه‌های نفت و گاز اغلب در شرایط دشواری انجام می‌شود، استفاده از گل حفاری به عنوان یک ماده کلیدی در تسهیل این فرآیند بسیار حیاتی است [۲].

در قرن نوزدهم، با پیشرفت تکنولوژی حفاری، مهندسان به روش‌های جدیدی برای استفاده از گل حفاری پرداختند. از جمله این روش‌ها می‌توان به استفاده از مواد پلاستیکی برای تقویت دیواره‌های چاه و جلوگیری از نفوذ آب اشاره کرد [۳]. همچنین، استفاده از گل حفاری برای جلوگیری از هرزروی آب و اندود دیواره‌های چاه با مواد خاص، از دیگر کاربردهای مهم این ماده است. با پیشرفت روزافزون صنعت نفت و گاز، استفاده از گل حفاری به عنوان یکی از ابزارهای اصلی در حفاری چاه‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار شده است. امروزه، مهندسان با استفاده از گل حفاری، می‌توانند به راحتی و با کارایی بالا، کنده‌ها را نرم کنند و از انسداد چاه‌ها جلوگیری کنند [۴].

به طور کلی، گل حفاری به عنوان یکی از مواد حیاتی در صنعت حفاری شناخته می‌شود و از اهمیت بسزایی برخوردار است. این ماده با توانایی‌های منحصر به فرد خود، به بهبود کارایی و کارایی حفاری چاه‌ها کمک بسیاری می‌کند و به عنوان یک ابزار ضروری در صنعت نفت و گاز مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵]. با توجه به اینکه گل حفاری در زمینه استخراج نفت و گاز بسیار پر اهمیت بوده و به آسانتر شدن عمل استخراج کمک شایانی می‌کند بنابراین به این نتیجه می‌رسیم که گل حفاری یکی از عناصر اساسی و بی‌پایان در حفاری چاه‌های نفت و گاز است [۶]. این فرآیند پیچیده که با مراحل متعددی همراه است، نقش بسیار مهم و اساسی در تثبیت چاه‌ها، کنترل فشار، تنظیم تردد مواد و حفاظت از مخازن نفتی دارد. گل حفاری با استفاده از مواد مختلفی نظیر خاک رس، گل سیلیسی، پلیمرها و مواد شیمیایی، چاه‌ها را تثبیت می‌کند و از تراکم نفت به سمت سطح زمین جلوگیری می‌کند [۷]. این فرآیند از اهمیت ویژه‌ای در ایجاد چاه‌های نفتی پایدار و ایمن برخوردار است. با توجه به اهمیت گل حفاری در صنعت نفت و گاز، تحقیقات و توسعه‌های مستمر در این زمینه ادامه دارد و امیدواریم که آینده‌ای روشن‌تر برای حفاری چاه‌های نفتی رقم بزند [۸].

صمغ زانتان

صمغ زانتان^۱ یک پلی‌ساکارید حل شده در آب است که در بسیاری از کارخانجات تولید می‌شود. این ماده به عنوان یک پلیمر طبیعی شناخته می‌شود و در صنایع مختلف به کار می‌رود. در صنعت حفاری، این ماده به عنوان XC-پلیمر^۲ شناخته می‌شود و برای تعلیق‌سازی گل و کنترل گرانیروی آن استفاده می‌شود. غلظت مناسب برای افزودن صمغ زانتان به ترکیب گل معمولاً بین ۰/۲ تا ۱ پوند در هر بشکه است. این ماده باعث افزایش پایداری و عملکرد گل می‌شود و بهبودی در عملکرد حفاری ایجاد می‌کند. به عنوان یک عامل مهم در صنعت حفاری، صمغ زانتان باعث بهبود کیفیت و کارایی فرآیندهای حفاری می‌شود.

زانتان یک بیوپلیمر است که از واکنش باکتری با شکر تولید می‌شود (مطابق شکل شماره (۱)) و از آن برای مختلف محصولات در صنایع مختلف استفاده می‌شود. این ماده دارای پایداری حرارتی^۳ بالا و خاصیت تیکسوتروپی^۴ است که برای گل حفاری بسیار مؤثر است. زانتان به عنوان یک پلیمر منحصر به فرد، امکان ایجاد ژله‌ای قوی و پایدار را فراهم می‌کند که برای کاربردهای صنعتی بسیار مهم است. این ماده توانایی کنترل رئولوژی^۵ محلول‌ها را دارد و در محیط‌های با pH مختلف نیز کارایی خوبی دارد. به عنوان یک ماده پلیمری پیشرفته، زانتان از آب نمک‌ها به خوبی جذب می‌شود و در برابر شرایط مختلف محیطی مقاومت خوبی دارد [۹].

صمغ زانتان به عنوان یک عامل تعلیق‌دهنده در فرآیند گل حفاری استفاده می‌شود. اما علاوه بر این کاربرد، این ماده معمولاً برای کنترل گرانیروی گل حفاری نیز به کار می‌رود. از نظر ترکیب شیمیایی، صمغ زانتان دارای یک نوع آنیونی است و دارای پنج حلقه تکراری است. این حلقه‌ها شامل دو حلقه به عنوان شاخه اصلی و سه حلقه به عنوان شاخه جانبی می‌باشند. شاخه اصلی حاوی سه حلقه از جنس حلقه شکر است.

- 1 Xanthan Gum
- 2 XC-Polymer
- 3 Thermal Stability
- 4 Thixotropy Property
- 5 Rheology

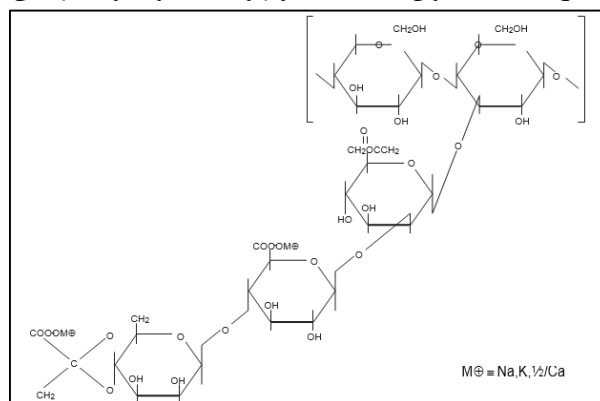
گروه‌های عامل مختلفی از قبیل کربوکسیل، کربنیل و هیدروکسیل به شاخه‌های جانبی متصل شده‌اند که باعث ایجاد خصوصیات گرانشی زایی زانتان می‌شود. این خصوصیات گرانشی زایی باعث می‌شود که صمغ زانتان به عنوان یک گرانشی زای در ساختار گل حفاری استفاده شود [۱۰]. با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد صمغ زانتان، این ماده یکی از انتخاب‌های اصلی برای کنترل گرانشی زای در فرآیند گل حفاری می‌باشد. از آنجا که گرانشی زای می‌تواند به مشکلات جدی در فرآیند حفاری منجر شود، استفاده از صمغ زانتان می‌تواند بهبود قابل توجهی در کارایی و کارایی فرآیند حفاری ایجاد کند.

به طور کلی، صمغ زانتان با ترکیب شیمیایی منحصر به فرد و خصوصیات گرانشی زایی که دارد، یک انتخاب عالی برای استفاده در صنعت حفاری می‌باشد. این ماده باعث بهبود عملکرد و کنترل بهتر از گرانشی زای در فرآیند گل حفاری می‌شود و به وضوح نقش مهمی در بهبود کارایی و کارایی این صنعت دارد.

زانتان یک ماده شبه پلاستیک است که در شرایط خاصی خصوصیات منحصر به فردی دارد. با افزایش تنش برشی روی محلول، گرانشی زای آن کاهش می‌یابد. این ویژگی‌ها در مواردی مانند داخل لوله حفاری یا نازل‌های مته حفاری بسیار مهم است. در این شرایط، گرانشی زای سیال کاهش می‌یابد و به حدی که از لحاظ گرانشی زای شبیه به آب می‌شود.

در شرایط متفاوتی مانند فضای حلقوی چاه، که میزان برش کمتر است، پیوندهای هیدروژنی سیال تشکیل شده و گرانشی زای آن افزایش می‌یابد. این خصوصیات منحصر به فرد زانتان آن را به یک ماده ژلاتینی تبدیل می‌کند. در واقع، سیال به دلیل خاصیت بندش مولکولی، در حالتی که حرکتی ندارد، به حالت ژلاتینی تبدیل می‌شود. صمغ زانتان در برخی موارد به گل حفاری اضافه می‌شود و به عنوان جایگزینی برای رس‌ها برای افزایش گرانشی زای و حالت معلق‌سازی ذرات جامد در محلول استفاده می‌شود. این ویژگی‌ها زانتان را به یک ماده بسیار مهم و کاربردی در صنایع مختلف، به ویژه صنایع حفاری، تبدیل کرده است.

استفاده از زانتان در فرآیندهای حفاری و استخراج نفت و گاز، بهبود کارایی و کاربردی بودن این صنایع را افزایش می‌دهد. این ماده با خصوصیات منحصر به فرد خود، توانایی ایجاد ژلاتین‌سازی و افزایش گرانشی زای را داراست که از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به این ویژگی‌ها، زانتان به عنوان یک ماده حیاتی در صنایع مختلف شناخته شده است و نقش بسیار مهمی در بهبود فرآیندها و کارایی این صنایع دارد. از این رو، استفاده از زانتان در صنایع مختلف به عنوان یک راهکار مؤثر و کارآمد مورد توجه قرار می‌گیرد [۱۱].



شکل ۱- ساختار صمغ زانتان

روش تحقیق

در این بخش از پژوهش، ابتدا گل حفاری پایه به عنوان سیال مبنا ساخته می‌شود. این گل حفاری پایه باید دارای خواص مناسبی باشد تا بتواند به عنوان پایه‌ای مناسب برای افزودنی‌های دیگر عمل کند. سپس، افزایش‌های مناسب به این سیال حفاری پایه افزوده می‌شود. این افزایش‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که خواص سیال حفاری بهبود یابد و عملکرد آن بهتر شود. در این مرحله، خواص گل حفاری پایه مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. این اندازه‌گیری‌ها به ما کمک می‌کند تا تاثیر هر یک از افزودنی‌ها بر روی خواص سیال حفاری را بررسی کنیم و بتوانیم بهترین ترکیب را برای حفاری در چاه‌ها پیشنهاد دهیم. قبل از بررسی مراحل ساخت انواع مختلف گل‌ها، لازم است که روش و اصول ساخت این گل‌ها را در آزمایشگاه توضیح دهیم. برای ساخت گل حفاری پایه، باید به دقت مواد مورد نیاز را با آب مناسب ترکیب کرده و به نسبت مناسبی از آن استفاده کرد. با توجه به موارد فوق، می‌توانیم به بیان روش ساخت هر یک از گل‌های مختلف بپردازیم. این گل‌ها باید

دارای خواص مورد نیاز برای حفاری باشند و باید به گونه‌ای طراحی شوند که عملکرد سیال حفاری را بهبود بخشند. با رعایت اصول و روش‌های صحیح، می‌توانیم بهترین نوع سیال حفاری را برای حفاری در چاه‌ها انتخاب کنیم و عملکرد بهینه‌ای را از آن به دست آوریم.

– روش ساخت گل حفاری پایه

به منظور تهیه سیال حفاری پایه، ابتدا می‌بایستی به ازای هر پوند از مقدار ماده جامد مورد استفاده در عملیات میدانی مقدار گرم ماده جامد و به ازای هر گالن در عملیات میدانی، مقدار مایع در حجم (cc) ۳۵۰ استفاده نمود. به عبارت دیگر می‌توان گفت جهت ساخت یک نمونه از گل حفاری با وزن (lb/gal) ۱، می‌بایستی مقدار (gr) ۱ از ماده مورد نظر را با (cc) ۳۵۰ آب ترکیب نمود. لازم به توضیح است که هر یک از این گل‌ها در وزن مخصوص خاصی ساخته می‌شود که در ادامه نتایج ساخت گل‌های پایه و گل‌های با افزودنی آورده شده است.

– روش ساخت گل‌های حفاری با افزودنی زانتان گام

• حجم مورد نیاز از آب را (مطابق آنچه در بالا توضیح داده شد) در ظرف مربوط به دستگاه مخلوط‌کن گل حفاری می‌ریزیم. وزن مورد نیاز از بنتونیت را به کمک ترازوی دیجیتال وزن نموده و در ظرف مربوط به دستگاه مخلوط‌کن گل ریخته و به مدت زمان ۷ دقیقه به طور کامل با آب موجود در آن مخلوط می‌کنیم. وزن مورد نیاز از افزودنی زانتان گام را به کمک ترازوی دیجیتال وزن نموده و در ظرف مربوط به دستگاه مخلوط‌کن گل ریخته و مجدداً به مدت زمان ۱۴ دقیقه به طور کامل با آب موجود در آن مخلوط می‌کنیم تا گل حفاری مورد نظر ساخته شود. بایستی توجه نمود که این مراحل برای ساخت تمامی گل‌های حفاری در این پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین افزودن هرگونه مواد جامد از جمله زانتان گام بایستی به آرامی انجام شود تا از ایجاد رسوب مواد جامد و کلوخه شدن این مواد جلوگیری به عمل آید. ضمن آنکه کلیه تست‌های آزمایشگاهی مربوط به اندازه‌گیری رئولوژی گل‌های حفاری ساخته شده در دمای ۱۲۰ درجه فارنهایت و اسیدیته ۹/۵ اندازه‌گیری شده است.

تجزیه و تحلیل نتایج رئولوژی گل‌های حفاری مختلف

گل حفاری شماره (۱) به وزن (pcf) ۷۵

نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص و ویژگی‌های گل حفاری شماره (۱) به وزن (pcf) ۷۵ در جدول شماره (۱) آورده شده است. خواص رئولوژی آورده شده در این جدول نشان می‌دهد که در دمای ثابت ۱۲۰ درجه فارنهایت و اسیدیته ۹/۵ گل حفاری، با افزودن مقادیر مختلف زانتان گام به گل از ۰/۵ تا ۲ پوند، خواصی از گل حفاری از جمله ویسکوزیته پلاستیکی، نقطه تسلیم، خواص ژلاتینی ۱۰ ثانیه و ۱۰ دقیقه افزایش می‌یابند در حالی که میزان صافاب گل حفاری و ضخامت کیک گل در حال کاهش است. نکته قابل توجه آن است که این روند تغییرات رئولوژی در اثر افزودن ماده زانتان گام در سایر گل‌های ساخته شده نیز به طور مشابه با این گل می‌باشد که در ادامه نیز آورده شده است. تاثیر افزودنی زانتان گام بر افزایش ویسکوزیته پلاستیکی و نقطه تسلیم به این دلیل است که این دو پارامتر از گل حفاری به میزان غلظت ذرات جامد موجود در سیال بستگی دارند، به طوری که با افزایش زانتان گام مصرفی، این دو خاصیت نیز افزایش خواهند یافت. همچنین افزایش میزان زانتان گام افزودنی، باعث می‌شود که خاصیت ژلاتینی ۱۰ دقیقه نسبت به خاصیت ژلاتینی ۱۰ ثانیه بالاتر رود که دلیل این موضوع، تاثیر مدت زمان حضور زانتان گام در گل حفاری بر روی خواص رئولوژی آن از جمله خاصیت ژلاتینی ۱۰ دقیقه خواهد بود. یعنی هرچه زمان حضور زانتان گام در گل حفاری بیشتر می‌شود به تبع آن، تاثیر این ماده بر رئولوژی گل حفاری نیز بیشتر خواهد بود.

جدول ۱- خواص رئولوژی گل حفاری شماره (۱) به وزن (pcf) ۷۵

MW (PCF)	Θ_{600}	Θ_{300}	Θ_{200}	Θ_{100}	Θ_6	Θ_3	PV	YP	GEL (10s/10min)	F.L (CC)	THIC (INCH)	TEMP (F)	PH	X.GUM (LB)
75	10	6	4	2	2	1	4	2	1/2	9	6/32	120	9.5	0
75	20	13	11	9	3	2	7	6	2/3	8.5	5.2/32	120	9.5	0.5
75	33	22	19	15	4	3	11	11	3/5	8	4.6/32	120	9.5	1
75	43	29	25	14	5	4	14	15	4/7	7.4	4/32	120	9.5	1.5
75	54	37	31	24	7	5	17	20	5/9	7	3.7/32	120	9.5	2

گل حفاری شماره (۲) به وزن (pcf) ۸۰

نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص و ویژگی‌های گل حفاری شماره (۲) به وزن (pcf) ۸۰ در جدول شماره (۲) آورده شده است. خواص رئولوژی آورده شده در این جدول نشان می‌دهد که در دمای ثابت ۱۲۰ درجه فارنهایت و اسیدیته ۹/۵ گل حفاری، تاثیر افزودن مقادیر مختلف زانتان گام به گل از ۰/۵ تا ۲ پوند بر خواص و رئولوژی گل حفاری تا حدود بسیار زیادی مشابه تاثیر افزودن زانتان گام به گل حفاری شماره (۱) به وزن (pcf) ۷۵ می‌باشد. در اینجا نیز شاهد بالا رفتن خواصی از گل حفاری از جمله ویسکوزیته پلاستیکی، نقطه تسلیم، خواص ژلاتینی ۱۰ ثانیه و ۱۰ دقیقه و کاهش میزان صافاب گل حفاری و ضخامت کیک گل خواهیم بود.

جدول ۲- خواص رئولوژی گل حفاری شماره (۲) به وزن (pcf) ۸۰

MW (PCF)	Θ_{600}	Θ_{300}	Θ_{200}	Θ_{100}	Θ_6	Θ_3	PV	YP	GEL (10s/10min)	F.L (CC)	THIC (INCH)	TEMP (F)	PH	X.GUM (LB)
80	15	9	7	5	2	1	6	3	1/2	8.6	5.4/32	120	9.5	0
80	26	17	14	11	3	2	9	8	2/4	8	4.6/32	120	9.5	0.5
80	40	26	21	17	5	3	14	12	3/6	7.5	4.2/32	120	9.5	1
80	50	33	28	22	6	4	17	16	4/8	7	3.7/32	120	9.5	1.5
80	61	41	34	28	7	5	20	21	5/9	6.6	3.5/32	120	9.5	2

گل حفاری شماره (۳) به وزن (pcf) ۹۰

نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص و ویژگی‌های گل حفاری شماره (۳) به وزن (pcf) ۹۰ در جدول شماره (۳) آورده شده است. خواص رئولوژی آورده شده در این جدول نشان می‌دهد که در دمای ثابت ۱۲۰ درجه فارنهایت و اسیدیته ۹/۵ گل حفاری، تاثیر افزودن مقادیر مختلف زانتان گام به گل از ۰/۵ تا ۲ پوند بر خواص و رئولوژی گل حفاری تا حدودی شبیه به گل‌های حفاری شماره (۱) و (۲) است با این تفاوت که از این وزن به بعد تاثیر زانتان گام بر خاصیت ژلاتینی ۱۰ دقیقه به مراتب بیشتر از دو حالت قبل است یعنی این گل حفاری در صورت توقف عملیات حفاری، توانایی نگهداری و تعلیق کنده‌ها را برای مدت زمان طولانی‌تری خواهد داشت.

جدول ۳- خواص رئولوژی گل حفاری شماره (۳) به وزن (pcf) ۹۰

MW (PCF)	Θ_{600}	Θ_{300}	Θ_{200}	Θ_{100}	Θ_6	Θ_3	PV	YP	GEL (10s/10min)	F.L (CC)	THIC (INCH)	TEMP (F)	PH	X.GUM (LB)
90	27	16	14	9	2	1	11	5	1/3	6	3.2/32	120	9.5	0
90	39	25	22	16	4	3	14	11	2/5	5.4	3/32	120	9.5	0.5
90	50	33	26	20	5	4	17	16	4/8	5	2.7/32	120	9.5	1
90	64	42	33	27	8	5	22	20	6/11	4.4	2.2/32	120	9.5	1.5
90	75	50	43	33	9	6	25	25	8/15	4	2/32	120	9.5	2

گل حفاری شماره (۴) به وزن (pcf) ۱۰۰

نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص و ویژگی‌های گل حفاری شماره (۴) به وزن (pcf) ۱۰۰ در جدول شماره (۴) آورده شده است. خواص رئولوژی آورده شده در این جدول نشان می‌دهد که در دمای ثابت ۱۲۰ درجه فارنهایت و اسیدیته ۹/۵ گل حفاری، تاثیر افزودن مقادیر مختلف زانتان گام به گل از ۰/۵ تا ۲ پوند بر خواص و رئولوژی گل حفاری تا حدودی شبیه به گل حفاری شماره (۳) است با این تفاوت که در این وزن، تاثیر زانتان گام بر خاصیت ژلاتینی ۱۰ دقیقه به نسبت به گل شماره (۳) نیز بیشتر است. البته همانگونه که پیش از این ذکر گردید، این روند افزایش خاصیت ژلاتینی ۱۰ دقیقه از گل شماره (۳) به بعد تقریباً در تمامی گل‌های حفاری به شدت مشاهده می‌شود.

جدول ۴- خواص رئولوژی گل حفاری شماره (۴) به وزن (pcf) ۱۰۰

MW (PCF)	Θ_{600}	Θ_{300}	Θ_{200}	Θ_{100}	Θ_6	Θ_3	PV	YP	GEL (10s/10min)	F.L (CC)	THIC (INCH)	TEMP (F)	PH	X.GUM (LB)
100	36	22	18	13	3	2	14	8	2/3	4.4	2.2/32	120	9.5	0
100	47	30	24	21	5	3	17	13	3/7	4	2/32	120	9.5	0.5
100	60	39	32	25	7	4	21	18	4/10	3.5	1.8/32	120	9.5	1
100	67	44	37	29	8	5	23	21	6/13	3	1.5/32	120	9.5	1.5
100	79	53	45	35	13	6	26	27	8/22	2.4	1.2/32	120	9.5	2

گل حفاری شماره (۵) به وزن (pcf) ۱۱۰

نتایج حاصل از اندازه گیری خواص و ویژگی های گل حفاری شماره (۵) به وزن (pcf) ۱۱۰ در جدول شماره (۵) آورده شده است. خواص رئولوژی آورده شده در این جدول نشان می دهد که در دمای ثابت ۱۲۰ درجه فارنهایت و اسیدیته ۹/۵ گل حفاری، تاثیر افزودن مقادیر مختلف زانتان گام به گل از ۰/۵ تا ۲ پوند بر خواص و رئولوژی گل حفاری باعث کاهش محسوسی در حجم صافاب گل نسبت به گل های قبلی می گردد. این کاهش حجم صافاب بر کاهش ضخامت کیک گل نیز تاثیرگذار خواهد بود که نشان می دهد افزودن زانتان گام در این حالت می تواند تاثیر بسزایی در کنترل صافاب گل حفاری داشته باشد و احتمالاً امکان استفاده از افزودنی زانتان گام در گل های حفاری سنگین در مناطقی با شکستگی بالا به دلیل کنترل میزان صافاب گل مؤثرتر می باشد.

جدول ۵- خواص رئولوژی گل حفاری شماره (۵) به وزن (pcf) ۱۱۰

MW (PCF)	Θ_{600}	Θ_{300}	Θ_{200}	Θ_{100}	Θ_6	Θ_3	PV	YP	GEL (10s/10min)	F.L (CC)	THIC (INCH)	TEMP (F)	PH	X.GUM (LB)
110	50	30	23	17	3	2	20	10	2/5	3.2	1.8/32	120	9.5	0
110	63	39	31	23	6	4	24	15	4/9	2.8	1.4/32	120	9.5	0.5
110	79	50	42	32	9	5	29	21	6/12	2.4	1.2/32	120	9.5	1
110	93	60	51	39	13	7	33	27	8/23	2.2	1.1/32	120	9.5	1.5
110	110	72	62	45	18	9	38	34	13/32	1.8	1/32	120	9.5	2

گل حفاری شماره (۶) به وزن (pcf) ۱۲۰

نتایج حاصل از اندازه گیری خواص و ویژگی های گل حفاری شماره (۶) به وزن (pcf) ۱۲۰ در جدول شماره (۶) آورده شده است. خواص رئولوژی آورده شده در این جدول نشان می دهد که در دمای ثابت ۱۲۰ درجه فارنهایت و اسیدیته ۹/۵ گل حفاری، تاثیر افزودن مقادیر مختلف زانتان گام به گل از ۰/۵ تا ۲ پوند بر خواص و رئولوژی گل حفاری تا حدودی شبیه به گل حفاری شماره (۵) است. در اینجا نیز کنترل بسیار مناسبی بر صافاب گل حفاری صورت می گیرد و البته خاصیت ژلاتینی ۱۰ دقیقه نیز به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد.

جدول ۶- خواص رئولوژی گل حفاری شماره (۶) به وزن (pcf) ۱۲۰

MW (PCF)	Θ_{600}	Θ_{300}	Θ_{200}	Θ_{100}	Θ_6	Θ_3	PV	YP	GEL (10s/10min)	F.L (CC)	THIC (INCH)	TEMP (F)	PH	X.GUM (LB)
120	65	39	32	23	5	3	26	13	3/6	2.7	1.4/32	120	9.5	0
120	79	49	41	34	7	4	30	19	5/10	2.4	1.2/32	120	9.5	0.5
120	96	61	49	38	10	6	35	26	9/20	2.2	1.1/32	120	9.5	1
120	110	71	60	47	16	8	39	32	12/29	1.8	1/32	120	9.5	1.5
120	130	85	72	57	22	11	45	40	15/41	1.6	0.9/32	120	9.5	2

گل حفاری شماره (۷) به وزن (pcf) ۱۳۵

نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص و ویژگی‌های گل حفاری شماره (۷) به وزن (pcf) ۱۳۵ در جدول شماره (۷) آورده شده است. خواص رئولوژی آورده شده در این جدول نشان می‌دهد که در دمای ثابت ۱۲۰ درجه فارنهایت و اسیدیته ۹/۵ گل حفاری، تاثیر افزودن مقادیر مختلف زانتان گام به گل از ۰/۵ تا ۲ پوند بر خواص و رئولوژی گل حفاری تقریباً شبیه به گل حفاری شماره (۶) است.

جدول ۷- خواص رئولوژی گل حفاری شماره (۷) به وزن (pcf) ۱۳۵

MW (PCF)	Θ_{600}	Θ_{300}	Θ_{200}	Θ_{100}	Θ_6	Θ_3	PV	YP	GEL (10s/10min)	F.L (CC)	THIC (INCH)	TEMP (F)	PH	X.GUM (LB)
135	85	50	40	33	6	3	35	15	4/7	2.2	1.1/32	120	9.5	0
135	103	64	51	38	11	6	39	25	8/19	1.9	1/32	120	9.5	0.5
135	127	82	69	52	19	10	45	37	14/35	1.6	0.9/32	120	9.5	1
135	151	102	87	73	24	15	49	53	26/51	1.4	0.8/32	120	9.5	1.5

گل حفاری شماره (۸) به وزن (pcf) ۱۴۵

نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص و ویژگی‌های گل حفاری شماره (۸) به وزن (pcf) ۱۴۵ در جدول شماره (۸) آورده شده است. خواص رئولوژی آورده شده در این جدول نشان می‌دهد که در دمای ثابت ۱۲۰ درجه فارنهایت و اسیدیته ۹/۵ گل حفاری، تاثیر افزودن مقادیر مختلف زانتان گام به گل از ۰/۵ تا ۲ پوند بر خواص و رئولوژی گل حفاری تقریباً شبیه به گل حفاری شماره (۷) است.

جدول ۸- خواص رئولوژی گل حفاری شماره (۸) به وزن (pcf) ۱۴۵

MW (PCF)	Θ_{600}	Θ_{300}	Θ_{200}	Θ_{100}	Θ_6	Θ_3	PV	YP	GEL (10s/10min)	F.L (CC)	THIC (INCH)	TEMP (F)	PH	X.GUM (LB)
145	89	51	39	26	5	2	38	13	3/6	1.4	0.8/32	120	9.5	0
145	108	64	51	35	10	5	44	20	7/14	1.2	0.7/32	120	9.5	0.5
145	133	82	67	50	16	8	51	31	12/29	1	0.6/32	120	9.5	1
145	157	100	84	65	23	13	57	43	18/44	0.8	0.5/32	120	9.5	1.5

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج دقیق حاصل از سناریوهای مختلف ساخت گل و اندازه‌گیری ویژگی‌های سیال حفاری، در این بخش از مقاله به بیان نتیجه‌گیری نهایی پژوهش و بررسی تاثیر استفاده از زانتان گام بر خواص رئولوژی گل حفاری پرداخته شده است. این تحلیل‌ها نقش حیاتی در تصمیم‌گیری‌های مهم مربوط به حفاری دارند.

- نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تاثیر افزودنی زانتان گام بر افزایش ویسکوزیته پلاستیکی و نقطه تسلیم بستگی به میزان و غلظت ذرات جامد موجود در سیال دارد. از این رو با افزایش زانتان گام، این خواص نیز افزایش می‌یابند. ضمن آنکه بالاترین میزان افزایش ویسکوزیته در گل‌های شماره (۶) و (۸) و بالاترین میزان افزایش نقطه تسلیم در گل شماره (۷) رخ داده است.

- افزایش میزان زانتان گام افزودنی، باعث افزایش خواص ژلاتینی ۱۰ ثانیه و ۱۰ دقیقه گل حفاری به طور قابل ملاحظه‌ای می‌شود. این امر نشان‌دهنده تاثیر بیشتر زمان حضور زانتان گام بر روی خواص رئولوژی گل حفاری است. به عبارت دیگر، مدت زمان حضور زانتان گام می‌تواند

تأثیر زیادی بر کیفیت و خواص ژلاتینی گل حفاری داشته باشد. بنابراین، اهمیت انتخاب میزان مناسب زانتان گام افزودنی در فرآیند حفاری بسیار حائز اهمیت است. بیشترین افزایش خاصیت ژلاتینی ۱۰ ثانیه و ۱۰ دقیقه متعلق به گل شماره (۷) می باشد.

- این پژوهش نشان می دهد که افزودن مقادیر مختلف زانتان گام در گل حفاری می تواند به کاهش حجم صافاب و ضخامت کیک گل منجر شود. این امر نشان دهنده تأثیر مثبت این افزودنی در کنترل صافاب گل حفاری است، به ویژه در مناطق با شکستگی بالا. بیشترین میزان کاهش در صافاب گل حفاری و ضخامت کیکی گل نیز متعلق به گل شماره (۸) می باشد.

بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش می توان گفت که با استفاده از زانتان گام، امکان بهبود عملکرد گل حفاری در شرایط دشوار و پیچیده وجود دارد. همچنین این تحقیقات نشان می دهند که استفاده از این افزودنی می تواند به بهبود خواص و رئولوژی گل حفاری کمک کند.

References

- 1- Azar, J., & Robello, S. G. (2007). "Drilling Engineering". Tulsa, Oklahoma, USA: Penn Well Corporation, Pages 44-47.
- 2- Caenn, R., Darelly, H. C., & Gray, G. R. (2011). "Composition and properties of drilling and completion fluids", Sixth Edition, Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier, USA, Pages 51-67.
- 3- MI-Swaco, 1998, "Drilling Fluids Engineering Manual Version 2.1.
- 4- Sifferman, T., Muijs, H., Fanta, G., Felker, F., Erhan, S. Starch-Lubricant Compositions For Improved Lubricity and Fluid Loss in Water-Based Drilling Muds. in SPE 80213-MS. 2003.
- 5- Underdown, D.R., Calvert, A.L., Newhouse, D.P. Comparison of HEC and XC Polymer Gravel Pack Fluids. in SPE 19751-MS, Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, Texas. 1989.
- 6- Davison, j. m., clarry, s., saasen, a., allouchem, boding, d. et al: rheology of various drilling conditions & the importance of accurate predictions, of downhole fluid hydraulics, paper spe 56632.
- 7- Darley H.C.H. & Gray G.R., Composition and properties of drilling and completion fluid, 5th Ed., pp.188-200, 1988.
- ۸- بازیار، حسین و سلیمانی، مهرداد و پیرقره باغی، محمود، ۱۳۹۲، بررسی نقش پتاسیم کلراید و پلیمر PHPA بر ویژگی های جریانی و عملکرد سیال حفاری در کاهش تورم شیل ها، اولین کنفرانس ملی مهندسی اکتشاف منابع زیرزمینی، شاهرود.
- ۹- نیکفرد، علی و شجیرات، آزاده و عسگری پیربلوطی، برزو، ۱۳۹۹، مطالعه آزمایشگاهی استفاده از صمغ های طبیعی زانتان گام و اسفرزه در کنترل رئولوژی و فیلتراسیون گل حفاری پایه آبی، همایش ملی پژوهش های دانش بنیان در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی، اهواز.
- ۱۰- وکیلی، محمدحسن و زراسوندنیا، سعید، ۱۳۹۵، مطالعه اثر مخلوط بیوپلیمر- ماده فعال سطحی بر عملکرد گل حفاری پایه آبی، مجله پژوهش نفت، دوره: ۲۶، شماره: ۲.
- ۱۱- یادگار صالحی، محمد و رحیمی، مجتبی، ۱۴۰۱، تاثیر نانوذرات سیلیس بر عملکرد سیالات حفاری پایه آبی و مقایسه عملکرد آن با پلیمر طبیعی زانتان گام.