بنیاد ملی نخبگان

پیشنهاده

طرح هسته های مسئله محور علمی، پژوهشی و فناورانه

باسمه تعالی

بررسی اثر تزریق نوسانی سیال/اسید بر روی خصوصیات سنگ و یکپارچگی چاه جهت استفاده در چاه‌های کم بازده

استاد خبره:

محمدکاظم امیری

۱ محل فعالیت خبره:

دانشگاه شیراز

۲ لینک صفحه شخصی خبره:

https://scholar.google.com/citations?user=FwR3r-EAAAAJ&hl=en

۳ لینک فیلم توضیح پروژه توسط خبره در سایت آپارات:

...

۴ شرح موضوع طرح پیشنهادی:

آسیب سازند نزدیک چاه، باعث کاهش شدید نفوذپذیری سازند می‌شود و در نتیجه بر بهره وری تاثیر منفی می‌گذارد. این نوع آسیب سازند می‌تواند به یک یا چند مورد از دلایل زیر رخ دهد: آسیب گل و سیمان، آسیب مکانیکی ناشی از حفاری، آسیب ناشی از مشبک‌کاری، رسوب پارافین و آسفالتین، ، لجن های اسیدی، امولسیون‌ها و غیره. بر اساس نوع آسیب، تکنیک انگیزش چاه متفاوت خواهد بود. با این حال، تکنیک های رایج موجود برای انگیزش سازندهای آسیب دیده، شکستگی هیدرولیکی و انگیزش به واسطه اسیدکاری است.

تکنیک جدیدی به نام «نوسان سیالی[1]» برای غلبه بر بسیاری از محدودیت‌های دو تکنیک قبلی پیشنهاد شد. این تکنیک به ویژه زمانی قابل استفاده خواهد بود که عدم قطعیت در مورد کانی شناسی سنگ مخزن وجود داشته باشد. در این روش سازندهای آسیب دیده با قرار گرفتن در معرض امواج فشار متناوب ایجاد شده توسط پمپاژ سیالات از طریق یک نوسانگر سیال تحریک می‌شوند. سیال تزریق شده می‌تواند آب ساده، گازوئیل یا هر حلال دیگری باشد که بتواند از مناطق آسیب دیده عبور کند و به سپس از چاه خارج گردد. چرخه مداوم و متناوب این امواج فشاری باعث می شود آسیب پوسته[2] به نقطه

[1] Fluidic Oscillation
[2] Skin Damage

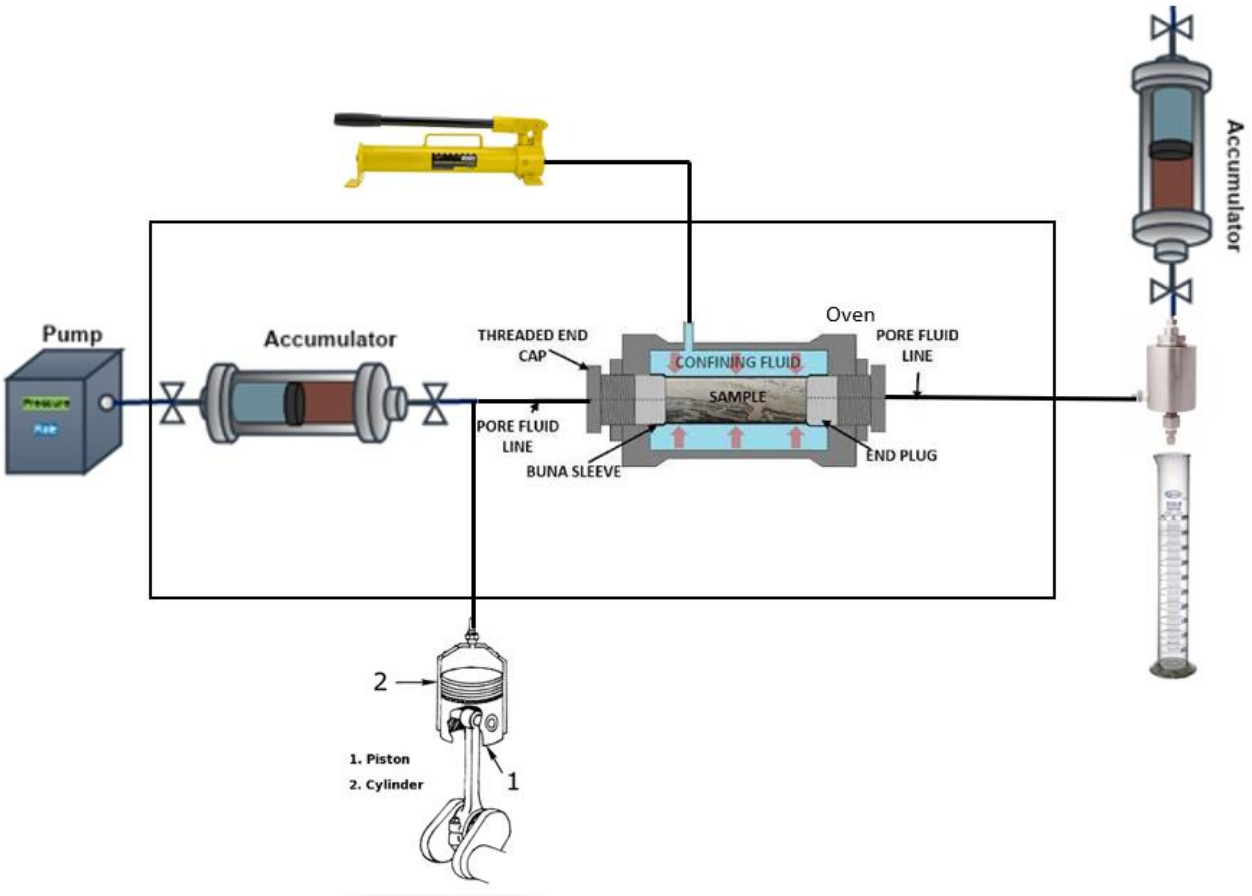
شکست ناشی از خستگی[3] برسد. تزریق هر سیالی در مخزن تاثیراتی بر روی سنگ مخزن (در نزدیکی چاه) و سیمان پشت لوله جداری دارد. از این رو بررسی این تاثیرات در انجام یک عملیات موثر و ایمن بسیار حائز اهمیت است.

در بسیاری از میادین نفتی ایران چاه‌های کم بازده وجود دارند. از میان ۳۰۰۰ چاه حفاری شده در ایران حدود ۷۰۰ چاه کم بازده یا متوقف هستند. یکی از روشهای افزایش بازدهی و احیای این چاه‌ها استفاده از روش‌های نوین انگیزش چاه مانند تزریق اسید/سیال به صورت نوسانی است. در طرح حاضر با ساخت یک ستاپ آزمایشگاهی و سپس استفاده از روش تصویربرداری میکرو سی تی اسکن[4]، اثر تزریق اسید به صورت نوسانی و موج شکل بر روی خصوصیات سنگ مخزن، افزایش بهره‌دهی، سیمان چاه و حفظ یکپارچگی چاه (سیمان- سنگ-لوله جداری) بررسی خواهد شد.

۴-۱ ستاپ آزمایشگاهی

برای انجام آنالیز های دینامیک تاثیر اسید برروی یکپارچگی ستون چاه از یک سیستم سیلابزنی در دما و فشار بالا استفاده خواهد شد. این ستاپ آزمایشگاهی در پژوهشکده ی ازدیاد برداشت دانشگاه شیراز راه اندازی خواهد گردید. می‌توان از این ستاپ به عنوان یکی از دقیق ترین و آسان ترین سیستم های آنالیز فرایند های ازدیاد برداشتی و انگیزش چاه که نیازمند دستگاهی ایمن با توانایی های بالا جهت تزریق انواع اسید می باشد، نام برد. به طور دقیق تر با استفاده از این دستگاه می توان با تکیه بر طراحی خاص فرآیندی آن عواملی مانند قدرت اسید، دبی اسید تزریقی، الگوی تزریقی، جنس سنگ، اثر اسید بر پارامتر های مختلف سنگ و سیمان را به طور دقیق مورد مطالعه قرار داد. علاوه بر این به دلیل طراحی خاص این دستگاه می توان اثر تزریق همزمان اسید و امواج فشاری را مورد بررسی قرار داد. باید به این نکته نیز اشاره نمود که این دستگاه به گونه ای طراحی خواهد شد که امکان استفاده از آن برای فرآیندهای سیلاب زنی با استفاده از مواد شیمیایی، گاز، نانوذرات و مواد میکروبی نیز امکانپذیر باشد. به عبارتی دقیق تر تمامی امکانات یک دستگاه سیلاب زنی مغزه نیز در این دستگاه گنجانده می‌گردد. این سیستم از دو قسمت اصلی تشکیل شده است. ۱-سیستم سیلابزنی ۲- سیستم تولید موج فشاری. همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است، سیستم سیلابزنی از ۱- یک پمپ تزریق فشار بالا ۲-آون ۳-پیستون/سیلندر ۴-مغزه نگهدار ۵-فشار سنج ۶-BPR ۷-پمپ هیدرولیک تشکیل می شود. سیستم تولید موج فشاری نیز از ۱-موتور ۲-تنظیم کننده ی دور موتور ۳-پیستون سل تشکیل شده است.

[3] Fatigue Failure
[4] Micro-CT Scan



شکل ۱: شماتیک سیستم پیشنهادی

۴-۱-۲ سیستم سیلابزنی

در ابتدا به معرفی سیستم سیلابزنی معزه پرداخته خواهد شد. این قسمت هسته‌ی مرکزی ستاپ مورد نظر می باشد و برای بررسی اثر دینامیک تزریق اسید و پارامتر های موثر بر این فرآیند از آن استفاده می‌شود. همانطور که در قسمت قبل گفته شد این سیستم شامل ۱- یک پمپ تزریق فشار بالا ۲-آون ۳-پیستون/سیلندر ۴-مغزه نگهدار ۵-فشار سنج BPR-۶ ۷-پمپ هیدرولیک، می‌باشد که در ادامه به بررسی هرکدام از این اجزا پرداخته خواهد شد.

۴-۱-۲-۱ اجزای ستاپ سیلابزنی

به جهت انجام فرآیند تزریق اسید، بایستی مغزه‌های موجود در داخل محفظه‌ی مغزه نگه‌دار (شکل ۲) قرار گیرند که این محفظه شامل یک استوانه از جنس فلز ضد زنگ با آستانه فشاری ۶۰۰۰ psig می‌باشد و برای قرار گرفتن مغزه در درون مغزه نگه‌دار، از استوانه لاستیکی با قطر ۳/۸۱ سانتی‌متر استفاده شده است. فشارسنج عقربه‌ای نیز جهت مشاهده فشار روباره‌ای به این محفظه متصل گردیده است. هم‌چنین جهت بررسی فشار نقطه ورودی و خروجی به مغزه نگه‌دار از دو فشارسنج استفاده گردیده است. شماتیک سیستم تزریق گاز در شکل ۱ به نمایش درآورده شده است.

شکل ۲: نمای کلی محفظه مغزه نگه‌دار

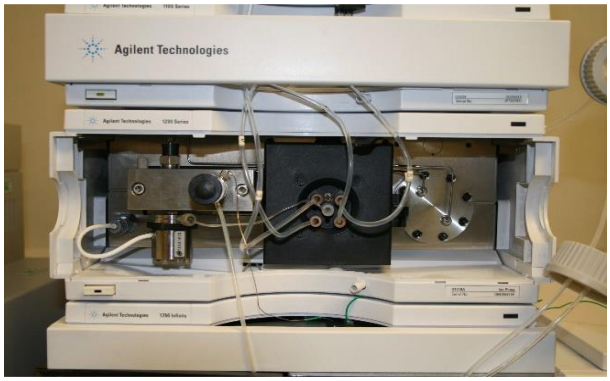
به صورت کلی جهت انجام تزریق به مغزه، پس از قرار دادن مغزه در داخل مغزه نگه‌دار، بایستی توزیع‌کننده‌های هر سمت آن بسته گردد. در صورت کوتاه بودن مغزه و عدم ثابت بودن کامل آن، با استفاده از فاصله‌گذار، دو سمت مغزه کاملا ثابت خواهد ماند. در نهایت بایستی پیش از آغاز تزریق توسط پمپ، با استفاده از پمپ روغنی (شکل ۳) فشار روباره‌ای برروی مغزه اعمال نمود که این مقدار در حدود ۶۰۰ psig بیشتر از فشار تزریق قرار گرفته است.

شکل ۳: پمپ روغنی جهت اعمال فشار روباره‌ای

جهت تزریق سیال توسط پمپ، بایستی سیال درون انباشتگر قرار گیرد. انباشتگر، محفظه‌ای از جنس فلز ضد زنگ بوده که دارای پیستون، ورودی و خروجی می‌باشند (شکل ۴). با قرار دادن پیستون در سیلندر، یک سمت آن توسط سیال تزریقی و سمت دیگر توسط آب مقطر که به پمپ متصل می‌گردد، پر خواهند شد.

شکل ۴: نمای کلی انباشتگر سیال

در نهایت برای تزریق سیال به درون مغزه، بایستی از پمپ تزریق فشار بالا که در شکل زیر به نمایش در آمده است، استفاده گردد. پمپ مورد استفاده در این آزمایش، توانایی تزریق سیال تا نرخ $\frac{cc}{min}$ ۱۰ و تا فشار psig ۶۰۰۰ رو دارا می‌باشد.



شکل ۵: – پمپ تزریق فشار بالا

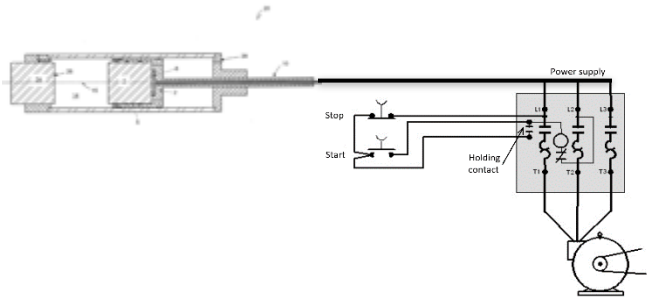
در آخر هنگام تزریق گاز به مغزه، جهت اعمال فشار یکسان در خروجی بایستی فشار نقطه خروج مغزه نگه‌دار، توسط تنظیم‌کننده فشار برگشتی[5] (شکل ۶)، کنترل گردد. این دستگاه به این گونه عمل می کند که با اعمال فشار گاز نیتروژن، از خروج سیال در فشار کمتر از فشار کپسول نیتروژن جلوگیری می‌نماید.

[5] Back pressure regulator (BPR)

شکل ۶: دستگاه تنظیم‌کننده فشار برگشتی

۴-۱-۲-۲ سیستم تولید موج فشاری

سیستم تولید موج فشاری با الهام از سیستم های موجود در صنعت طراحی شده است. سیستم تولید کننده ی موج فشاری در دو حالت فشار پایین و فشار بالا طراحی شده است در سیستم فشار پایین از یک پیستون سیلند ساده تشکیل شده است که بااستفاده از یک موتور و تنظیم کننده ی دور موتور، و بالا و پایین رفتن پیستون ، موج فشاری تولید می کند. می توان با استفاده از معادلات موج به راحتی دور موتور و میزان بالا و پایین رفتن پیستون را به فرکانس تبدیل کرد. شماتیک سیستم تولید کننده ی موج فشاری در فشار پایین در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷: شماتیک سیستم تولید کننده ی موج فشاری

برای ساخت تولید کننده ی موج فشاری فشار بالا و برای جلوگیری از بای پس جریان اسید و جلوگیری از اسیب به اورینگ های اطراف پیستون به لایه پلاستیکی ضخیم قرار داده می شود تا از تماس اسید و پیستون جلوگیری شود. پیستون در هر رفت و برگشت به این لایه ضربه وارد می کند و ارتعاش ایجاد شده می تواند موج فشاری با فرکانس مشخص ایجاد کند. این فرکانس با استفاده از کنترل کننده تنظیم می شود که می تواند رفت و برگشت پیستون را به فرکانس تبدیل کند. سیستم تفاوت زیادی با شکل ۷ نخواهد داشت.

۴-۲ ساخت مغزه همراه با سیمان

در این مرحله به آماده سازی مغزه برای تزریق اسید پرداخته خواهد شد. برای ساخت مغزه دو راهکار مد نظر قرار دارد ۱-استفاده از مغزه ی طبیعی (مختص یکی از میادین نفتی) و قرار دادن یک پایه سیمانی در ورودی ۲- استفاده از مغزه ی مصنوعی و قرار دادن یک لایه سیمانی در ورودی.

۴-۲-۱ ساخت مغزه‌ی مصنوعی به همراه سیمان

در این روش می‌توان با استفاده از ماسه، رزین و سخت کننده‌های صنعتی و بوسیله‌ی قرار دادن فشار برروی مغزه، مغزه هایی با تراوایی های مختلف ساخت. تنها تفاوت در این مورد یک لایه سیمانی در انتهای آن قرار داده می‌شود و در قالب ریخته می‌شود. سپس با دستگاه پرس مغزه‌ی مورد نظر ساخته می‌گردد. در مرحله بعدی برای شبیه‌سازی فرایندی که در چاه های نفتی اتفاق می‌افتد از یک مته‌ی سایز کوچک برای سوراخ کرده مغزه با عمق محدود استفاده می‌شود. و سپس از این مغزه برای فرایند تزریق استفاده خواهد شد.

۴-۲-۲ ساخت مغزه‌ی واقعی به همراه سیمان

در این حالت و استفاده از مغزه های واقعی نیز همان مسیری که در قسمت قبل گفته شد، تکرار خواهد شد. با این تفاوت که بجای رزین، ماسه . سخت کننده از مغزه ی واقعی استفاده می‌شود. دوباره مغزه برای شبیه سازی پرفوریشن با مته‌ی نازک سوراخ خواهد شد. بعد از انجام این مراحل، فرایند تزریق انجام خواهد شد.

۴-۳ بررسی اثر تزریق نوسانی اسید بر روی مغزه و سیمان

در این مرحله با تهیه تصاویری میکروسی تی اسکن از نمونه‌ها قبل از انجام فرآیند تزریق و پس از فرآیند تزریق، اثر تزریق نوسانی اسید بر روی مغزه و سیمان و همچنین حفظ یکپارچگی سیمان و مغزه (به نوعی سیمان و سازند) بررسی می گردد.

۵ هدف گیری خاص این طرح:

اهداف اصلی این طرح شامل موارد زیر می‌باشد:

- طراحی و ساخت یک ستاپ آزمایشگاهی برای شبیه‌سازی فرآیند تزریق نوسانی اسید/سیال
- بررسی اثر تزریق نوسانی صورت گرفته بر روی خصوصیات سنگ مخزن
- بررسی اثر تزریق نوسانی صورت گرفته بر روی یکپارچگی چاه
- بررسی امکان استفاده از این روش برای افزایش بازدهی چاه‌های کم بازده یا متوقف در میادین کربناته

۶ اهمیت انجام این طرح برای کشور:

در حال حاضر از بین ۳۰۰۰ چاه حفاری شده در ایران حدود ۷۰۰ چاه کم بازده یا متوقف هستند. یکی از روشهای افزایش بازدهی و در مدار تولید قراردادن این چاه‌ها استفاده از روشهای نوین انگیزش چاه است. همان‌گونه که بیان شد انگیزش چاه به وسیله اسیدکاری بر روی خصوصیات سنگ و سیمان و در نهایت یکپارچگی چاه تاثیر گذار است. در نظر نگرفتن این اثر ممکن است از طرفی سبب عدم کارایی این روش و از سویی دیگر سبب آسیب جدی به یکپارچگی چاه و از دست رفتن آن گردد. با توجه به اینکه روش نوین تزریق نوسانی اسید/سیال کارامدی بهتری دارد و ضعف روشهای کلاسیک را پوشش می‌دهد، در این طرح اثر روش نوین تزریق نوسانی اسید/سیال بر روی خصوصیات سنگ مخزن، افزایش بهره‌دهی، سیمان و در نهایت یکپارچگی چاه انجام خواهد گرفت تا در بتوان از این روش برای بهبود تولید، افزایش تزریق پذیری و همچنین احیای چاههای کم بازده استفاده نمود.

۷ کارفرما/مشتریان احتمالی پروژه:

شرکت ملی نفت ایران- شرکتهای خدماتی انگیزش چاه

۸ کارهای مشابه انجام شده در داخل یا خارج کشور:

روش اسیدکاری به طور گسترده در صنعت نفت برای افزایش برداشت نفت و گاز از مخازنی که نفوذپذیری پایینی دارند و در نتیجه فعالیت های حفاری، تحریک و تکمیل، آسیب سازند را تجربه می کنند، استفاده می‌شود (Mohsin et al., 2019). این روشی برای حل کردن مخازن کربناته (کلسیت یا دولومیت) با تزریق HCl است که با مواد معدنی موجود در تشکیل سنگ برای افزایش نفوذپذیری و تولید نزدیک به چاه واکنش می دهد (Buijse and Domelen, 1998). کانال‌های کرم‌چاله جدید با وارد کردن سیال تصفیه‌کننده در فشار تزریق پایین چاه درست زیر فشار شکستگی برای دور زدن ناحیه آسیب‌دیده نزدیک سوراخ چاه ایجاد می‌شوند (Amro, 2002; Kiani et al., 2021). کرم چاله ها از واکنش HCl با کانی های $CaCO_3$ و $CaMg(CO_3)_2$ در ماتریکس ایجاد می شوند که از احتمال آسیب تشکیل جلوگیری می کند (Chang et al., 2007).

یکی از مسائل مهم مرتبط با اسیدکاری، اثر مخرب بر روی خواص مکانیکی سنگ‌های کربناته است. واکنش اسیدی با کانی‌های کربناته می‌تواند باعث ضعیف شدن سنگ و در نتیجه احتمال شکست کرم‌چاله و فروپاشی چاه شود (Eide 2012). چندین مطالعه تاثیر اسیدی شدن بر ساختار مکانیکی سنگ و نقش کانی شناسی سنگ بر بازده اسیدی شدن را مورد بررسی قرار داده اند و تایید می کنند که اسیدکاری باعث کاهش استحکام مکانیکی سنگ می‌شود (Martyushev et al., 2022; Walle and Papamichos 2015; Zhang at al., 2020). ارزیابی تاثیر اسیدکاری بر خواص مکانیکی سنگ‌ها برای تعیین شدت تخریب مکانیکی پس از انگیزش به روش اسیدکاری بسیار مهم است. روش‌های ارزیابی متعددی برای درک اصول ضعیف‌شدن سنگ ناشی از اسیدکاری پیشنهاد شده و به طور گسترده در مطالعات دیگران استفاده شده است

(Gou et al., 2021; Alameedy et al., 2022; Mustafa et al., 2022). برخی از ساده‌ترین روش‌ها شامل بازرسی بصری هولوگرافی سنگ و اندازه‌گیری اولیه ابعاد و وزن سنگ است. با این حال، این روش ها فاقد دقت در ارزیابی خصوصیات مکانیکی سنگ‌ها هستند. آزمایش سیلابی مغزه به طور گسترده برای آزمایش‌های اسیدکاری استفاده می‌شود. در این روش اسید به طور مستقیم به مغزه تا اشباع کامل تحت شرایط کنترل شده تزریق می‌شود. سپس حجم اسید باقیمانده برای ارزیابی چگونگی تغییر ساختار منافذ کرم‌چاله‌ها و چگونگی تغییر خواص مکانیکی سنگ جمع‌آوری می‌گردد (Alameedy et al., 2022; Al-Arji et al., 2021; Bazin 2001). تکنیک‌های توموگرافی کامپیوتری اشعه ایکس (CT) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نیز می‌توانند تفسیرهای خوبی از تاثیر اسیدکاری ارائه دهند. استفاده از اشعه ایکس-CT توسط چندین محقق (Fazliakhmetov et al., 2021; Tembely et al; 2021; Zhang et al., 2020) اتخاذ شد که می‌تواند به ایجاد یک تصویر سه بعدی از مغزه کمک کند، روند جریان اسید به داخل سنگ را نشان دهد و منافذ شکستگی را کنترل کنید (Martyushev et al., 2020). علاوه بر این، این تکنیک به ارزیابی تخلخل و نفوذپذیری سنگ پس از اسیدکاری کمک می‌کند. تصاویر SEM یک بررسی کافی از سطح سنگ را ارائه می دهند و به تجسم آسیب ناشی از اسیدکاری روی سطح سنگ کمک می کنند.

به طور کلی، انحلال زیاد اسیدها در کانی‌های سنگی می‌تواند ساختار سنگ، کانی شناسی و خواص مکانیکی اطراف کرمچاله را تغییر دهد (Liu and Mostaghimi, 2007). نونس و همکاران (Nunes et al., 2010) افزایش قابل توجهی در شکنندگی سنگ ناشی از تولید گسترده از سازند را گزارش کرده اند که می‌تواند باعث تضعیف بیشتر خواص مکانیکی سنگ‌ها پس از اسیدکاری شود. نگوین و همکاران (Nguyen el al., 2014) پیشنهاد کردند که تزریق اسید خواص ژئومکانیکی و پتروفیزیکی سنگ‌های کربناته را به دلیل برهمکنش با کانی‌های سنگی در سازندهای درجا اصلاح می‌کند. به طور مشابه، کاهش قابل توجهی در استحکام مکانیکی سنگ پس از اسیدکاری مشاهده شد (Walle and Papamichos, 2015). تخریب سطوح سنگ کربناته عموماً ناشی از سرعت انحلال بالای اسید تزریقی است که باعث کاهش قابلیت هدایت شکستگی، نفوذپذیری و بهره‌وری کلی می‌شود (Al-Anbori and Al-Obaidi, 2016). در تئوری، تنش روباره باعث می‌شود که شکستگی‌ها به سرعت بسته شوند، زیرا ناهنجاری‌هایی که آن را باز نگه می‌دارند بدتر می‌شوند. انبساط چاه و شکست بالقوه ممکن است در اثر اسیدکاری و به دلیل واکنش اسید با دیواره چاه ایجاد شود. این رفتار ممکن است باعث شکست کرمچاله شود و شکنندگی سنگ را افزایش دهد و در نتیجه پتانسیل بالایی برای تضعیف مکانیکی رسوب کربناته ایجاد کند (Al-Anbori and Al-Obaidi, 2016; Safari et al., 2014). مطالعات اخیر نتایج مختلفی را از تضعیف مکانیکی سنگ‌های کربناته ناشی از اسیدکاری ماتریکس نشان داده‌اند. گو و همکاران (Gou et al., 2019) ادعا کردند که تحت شرایط فشار و دمای بالا، عملیات اسیدکاری در سنگ‌های دولومیت تنگ تنها باعث انحلال اسید در سطح سنگ، با تغییر جزئی در تخلخل و نفوذپذیری نمونه‌ها می‌شود. این ممکن است به واکنش‌پذیری کم سنگ‌های دولومیت با اسیدها و زمان طولانی مورد نیاز برای انجام فرآیند دولومیتی شدن نسبت داد، شرطی که در طول

آزمایش برآورده نمی‌شود. از سوی دیگر، علامیدی و همکاران (Alameedy et al., 2022) تضعیف سنگ و تغییر کانی‌شناسی قابل توجهی پس از اسیدکاری نمونه‌های سنگ آهک مشاهده شد.

در مطالعات صورت گرفته در ایران و دنیا اثر تزریق نوسانی سیال/اسید به صورت نوسانی بر روی یکپارچگی سیمان و سازند و حفظ یکپارچگی چاه به ندرت مورد بررسی قرار گرفته است، در طرح حاضر اثر تزریق نوسانی سیال/اسید بر روی خصوصیات سنگ و یکپارچگی چاه جهت استفاده در چاه‌های کم بازده مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۹ نیازمندی‌های این پروژه:

الف) نیازمندی نیروی انسانی:

تخصص‌های مورد نیاز	کارشناسی	کارشناسی ارشد	دکتری	توضیحات
مهندسی نفت	۱		۲	گرایش مخزن و بهره‌برداری جهت جهت آماده‌سازی و انجام تستهای آزمایشگاهی
مهندسی مکانیک			۱	کمک در آماده‌سازی ستاپ
مهندسی برق-الکترونیک			۱	کمک در آماده‌سازی ستاپ
مهندسی صنایع و بازرگانی یا مدیریت			۱	کنترل پروژه و پیشبرد مباحث بازاریابی و اقتصادی طرح
مجموع			۶	

ب) نیازمندی مالی و تجهیزاتی:

عنوان هزینه	هزینه موردی	تامین مالی (میلیون ریال)	توضیحات
تهیه و آماده سازی نمونه‌ها	-	۵ میلیون ریال	خرید رزین و سخت کننده
سیستم سیلابزنی	پمپ تزریق فشار بالا	پانزده میلیارد ریال	در پژوهشکده موجود می باشد

	آوون	دویست میلیون ریال	
	پیستون/سیلندر	دویست و پنجاه میلیون ریال	
	نگهدارنده مغزه	پانصد میلیون ریال	
	فشارسنج	دویست میلیون ریال	
	BPR	چهارصد میلیون ریال	
	پمپ هیدرولیک	سیصد میلیون ریال	
	اسلیو	ده میلیون ریال	باید خریداری شود
سیستم تولید موج فشاری	موتور	صد و بیست و هفت میلیون ریال	این موارد باید ساخته و خریداری شود
	Driver	صد میلیون ریال	این موارد باید ساخته و خریداری شود
	سیستم مکانیکی تولید موج	یک میلیارد و صد و بیست میلیون ریال	این موارد باید ساخته و خریداری شود
هزینه نیروی انسانی	-	دو میلیارد و هفتصد میلیون ریال	
مجموع هزینه‌ها (جهت خریداری و ساخت دستگاه و نیروی انسانی)		چهار میلیارد و شصت و دو میلیون ریال	

۱۰ چشم‌انداز طرح و امکان توسعه:

در بسیاری از چاه‌های ایران از روشهای کلاسیک اسیدکاری برای انگیزش چاه استفاده می‌گردد. در بین ۳۰۰۰ چاه حفاری شده در میادین نفتی و گازی در ایران حدود ۷۰۰ چاه کم بازده یا متوقف هستند. از این رو استفاده از روشهای نوین انگیزش که بتواند در احیای چاه‌های کم بازده موثر باشد می‌تواند ارزش افزوده مناسبی را برای ایران در بر داشته باشد. طبق گزارش شرکت ملی نفت ایران اگر پروژه احیای این ۷۰۰ حلقه چاه با موفقیت به پایان برسد حدود ۸۳ میلیون بشکه در مدت سه سال افزایش تولید تجمعی و نفت خام را به همراه خواهد داشت. طرح حاضر در راستای احیای یکی از چاه‌های کم بازده در ایران پیشنهاد شده است تا بتواند اثرات استفاده از این روش نوین در افزایش بازدهی و از طرفی حفظ یکپارچگی سیستم چاه در عملیات را تزریق را بررسی نماید.

قطعا ادامه طرح پیشنهاد شده، اجرای این روش در چاه مورد نظر و در مقیاس صنعتی توسط شرکت دانش بنیان طرح و اندیشه پتروآزما خواهد بود.

۱۱ زمان‌بندی اجرای طرح:

ماه/کار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
مطالعات کتابخانه ای	❋	❋							
تهیه و آماده سازی نمونه‌ها		❋	❋	❋					
طراحی و ساخت ستاپ		❋	❋	❋	❋				
انجام آزمایشات مختلف						❋	❋	❋	
بررسی اثر تزریق با تصویربرداری به روش میکرو سی تی							❋	❋	
تفسیر نتایج								❋	❋
گزارش نهایی									❋

۱۲ منابع و مراجع

Alameedy U, Al-haleem A. The Impact of Matrix Acidizing on the Petrophysical Properties of the Mishrif Formation: Experimental Investigation. Iraqi Geol J 2022; 55(1E):41–53. https://doi.org/10.46717/igj.55.1E.4Ms-2022-05-20.

Alameedy U, Alhaleem AA, Isah A, Al-Yaseri A, Mahmoud M, Salih IS. Effect of acid treatment on the geomechanical properties of rocks: an experimental investigation in Ahdeb oil field. J Pet Explor Prod Technol 2022;12(12):3425–41.

Al-Anbori ZKA, Al-Obaidi AAI. Some mechanical properties of concrete by using manufactured blended cement with grinded local rocks. J Eng 2016;22(3 SEArticles):1–21.

Al-Arji H, Al-Azman A, Le-Hussain F, Regenauer-Lieb K. Acid stimulation in carbonates: A laboratory test of a wormhole model based on Damk¨ohler and P´eclet numbers. J Pet Sci Eng 2021;203(February):108593. https://doi.org/10.1016/j. petrol.2021.108593.

Amro, M. M. (2002). Laboratory study and field matching of matrix acidizing of petroleum reservoir rocks. J. King Saud Univ. Eng. Sci. 14 (1), 119–135. doi:10.1016/ S1018-3639(18)30748-7

Bazin B. From Matrix Acidizing to Acid Fracturing: A Laboratory Evaluation of Acid/Rock Interactions. SPE Prod Facil 2001;16(01):22–9. https://doi.org/10.2118/66566-PA.

Buijse, M. A., and Domelen, M. S. (1998). “SPE 39583 novel application of emulsified acids to matrix stimulation of heterogeneous formations,” in SPE formation damage control conference (Lafayette, Louisiana: Society of Petroleum Engineers).

Chang, F. F., Qiu, X., and Nasr-El-Din, H. A. (2007). “Chemical diversion techniques used for carbonate matrix acidizing: An overview and case histories,” in Proceedings – SPE international symposium on oilfield chemistry (Houston, Texas, U.S.A: Society of Petroleum Engineers), 574–579. doi:10. 2118/106444-ms

Eide KE. CO2 Sequestration: The effect of carbonate dissolution on reservoir rock integrity. (Norwegian University of Science and Technology); 2012.

Fazliakhmetov AM, Artyushkova OV, Statsenko EO, Kadyrov RI. On the possibility of introducing X-ray computed microtomography into the practice of biostratigraphic research. Georesursy 2021;23(4):12–20. https://doi.org/10 .18599/grs.2021.4.2.

Gou Bo, Zhan Li, Guo J, Zhang R, Zhou C, Wu L, et al. Effect of different types of stimulation fluids on fracture propagation behavior in naturally fractured carbonate rock through CT scan. J Pet Sci Eng 2021;201:108529.

Gou, B., Zeng, M., Guo, J., Lai, J., Liu, Z., Ma, H., … Liu, F. (2019, August). Effects of Hydrochloric Acid on the Mechanical and Elastic Properties of Tight Dolomite. ARMA-CUPB Geothermal International Conference, p. ARMA-CUPB-19-9032.

Kiani, S., Jafari, S., Apourvari, S. N., and Mehrjoo, H. (2021). Simulation study of wormhole formation and propagation during matrix acidizing of carbonate reservoirs using a novel in-situ generated hydrochloric acid. Adv. Geo-Energy Res. 5 (1), 64–74. doi:10.46690/ager.2021.01.07

Liu M, Mostaghimi P. Pore-scale simulation of dissolution-induced variations in rock mechanical properties. Int J Heat Mass Transf 2017;111:842–51. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.04.049.

Martyushev DA, Govindarajan SK, Li Y, Yang Y. Experimental study of the influence of the content of calcite and dolomite in the rock on the efficiency of acid treatment. J Pet Sci Eng 2022;208:109770. https://doi.org/10.1016/j.petrol.20 21.109770.3

Martyushev DA, Yurikov A. Evaluation of opening of fractures in the Logovskoye carbonate reservoir, Perm Krai. Russia Petroleum Research 2021;6(2):137–43. https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2020.11.002.

Mohsin, M., Mysara, Y., Mohyaldinn, E., Muhammad, E., Abdalla, M., Amir, A., et al. (2019). Synthesis and evaluation of Jatropha oil-based emulsified acids for matrix acidizing of carbonate rocks. J. Pet. Explor. Prod. Technol. 9 (2), 1119–1133. doi:10.1007/s13202-018-0530 8

Mustafa A, Alzaki T, Aljawad MS, Solling T, Dvorkin J. Impact of acid wormhole on the mechanical properties of chalk, limestone, and dolomite: Experimental and modeling studies. Energy Rep 2022;8(November):605–16. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.11.249.

Nguyen, M. T., Bemer, E., & Dormieux, L. (2011, June). Micromechanical Modeling of Carbonate Geomechanical Properties Evolution During Acid Gas Injection. 45th U.S. Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, p. ARMA-11-207.

Nunes M, Bedrikovetsky P, Newbery B, Paiva R, Furtado C, de Souza AL.Theoretical Definition of Formation Damage Zone With Applications to Well Stimulation. J Energy Res Technol 2010;132(3). https://doi.org/10.1115/1.4001800.

Safari A, Rashidi F, Kazemzadeh E, Hassani A. Determining optimum acid injection rate for a carbonate gas reservoir and scaling the result up to the field conditions: A case study. J Nat Gas Sci Eng 2014;20:2–7. https://doi.org/10.1016/J.JNGSE.2014.05.017.

Tembely M, AlSumaiti AM, Alameri WS. Machine and deep learning for estimating the permeability of complex carbonate rock from X-ray micro-computed tomography. Energy Rep 2021;7:1460–72. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.02.065.

Walle, L. E., & Papamichos, E. (2015, June 28). Acidizing of Hollow Cylinder Chalk Specimens and its Impact on Rock Strength and Wormhole Network Structure. 49th U.S. Rock Mechanics/Geomechanics Symposium, p. ARMA-2015-566.

Zhang H, Zhong Y, Zhang J, Zhang Y, Kuang J, Yang B. Experimental research on deterioration of mechanical properties of carbonate rocks under acidified conditions. J Pet Sci Eng 2020;185:106612. https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106612.