

# بررسی و بهبود عملیات انگیزش چاه با اسیدکاری ماتریکسی در یک مخزن نفتی جنوب ایران

پژوهش نفت

سال بیستم  
شماره ۶۲  
صفحه ۹۴-۱۰۶، ۱۳۸۹

منصور زویدوویان پور<sup>۱\*</sup>، سیدرضا شادی زاده<sup>۲</sup> و سیروس ممینی<sup>۳</sup>  
۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان، دانشکده مهندسی شیمی  
۲- دانشگاه صنعت نفت آبادان  
۳- شرکت ملی نفت ایران  
Mansoor353@Yahoo.com

تحقیق و کارهای مشابه انجام شده در میدان مورد مطالعه و نیز میدانهای مشابه دیگر، ارزیابی عملیات اسیدکاری در بخش بحث و تفسیر مطالب به تفصیل آورده شده است. نتایج حاصله بیانگر این است که از میان ۹ حلقه چاه مورد مطالعه فقط چاههای ۲۰، ۲۲ و ۳۸ مناسبترین کاندیدها جهت عملیات اسیدکاری ماتریکسی هستند. در انتها، به دلیل معطلات موجود در روش اسیدکاری ماتریکسی، بکارگیری روش شکافت هیدرولیکی در مخازن ایران یکی از پیشنهادهای ارائه شده در این مقاله است.

واژه‌های کلیدی: انگیزش چاه، ماتریکس اسید، چاه آزمایی، آنالیز گرهی

## مقدمه

عملیات انگیزش چاه توسط اسیدکاری برای افزایش بهره‌وری و تزریق پذیری چاه‌های نفت و گاز تولیدی و یا متروک شده طی سالیان متمادی در صنعت نفت در حال انجام می‌باشد. آزمایش‌های فشارگذرا<sup>۲</sup> و تحلیل کارایی چاه به‌طور مستقیم

1. Abandoned  
2. Pressure Transient Test

## چکیده

عملیات انگیزش توسط اسیدکاری به منظور افزایش تولید یا تزریق‌پذیری چاه‌های نفت و گاز تولیدی و یا متروک شده در مخازن نفت جنوب ایران به طور گسترده‌ای انجام می‌شود که عمده‌ترین عملیات انگیزش، نوع ماتریکس اسید می‌باشد. این نوع عملیات اسیدکاری جهت بهبود نفوذپذیری و رسیدن به یک پوسته منفی انجام می‌گیرد. هدف از این مقاله بررسی این نوع عملیات اسیدکاری و ارائه راهکارهایی جهت بهبود این عملیات در تعداد ۹ حلقه چاه در یکی از مخازن نفتی جنوب ایران می‌باشد. نتایج بهره‌برداری بعد از اسیدکاری در میدان مورد مطالعه نشان دهنده عدم کارایی اغلب این عملیات می‌باشد. در این مقاله بعد از مقدمه، تاریخچه عملیات ماتریکس اسید در بعضی از میادین جنوب ایران در سال‌های اخیر نشان داده شده است. ارزیابی اسیدکاری در مراحل قبل و بعد از عملیات انگیزشی در ۹ حلقه چاه با استفاده از نرم‌افزار Pansys و انجام آنالیز گرهی آنها توسط نرم‌افزار Pipesim، بخش نتایج این مقاله را به خود اختصاص می‌دهد. با استفاده از نتایج حاصل و بررسی تاریخچه عملیات اسیدکاری در میدان مورد مطالعه با پیشینه

گرهی، موقعیت دقیق هرگونه آسیب در چاه قابل شناسایی است. روابط قابل قبول متعددی برای محاسبه جریان چندفازی قائم از قبیل [۶]Begg& Brill، [۷]Duns& Ros، [۸]Hagedorn& Brown و [۹]Orkizew، موجود است. یکی دیگر از موارد مهم در موفقیت آمیز شدن عملیات اسیدکاری ماتریکسی، انتخاب چاه مناسب می‌باشد. این مرحله به دلیل دارا بودن لایه‌های مختلف با نفوذپذیری متفاوت در سازندهای کربناته، به کلیدی‌ترین و بحرانی‌ترین فعالیت در اسیدکاری ماتریکسی مبدل شده است. مرجع [۱۰] اطلاعات ارزشمندی در رابطه با انتخاب چاه را ارائه داده است.

یکی دیگر از دلایل عدم موفقیت آمیز بودن عملیات اسیدکاری ماتریکسی، روش ارسال اسید به سازند است. در روش گسترده<sup>۱</sup>، اسید از سطح زمین از مسیرهای لوله جداری و آستری در چاه پمپ می‌شود که از این طریق هرگونه مواد زائد و ناخالص موجود در لوله مغزی و سیالات زیر مجرا بند<sup>۲</sup> مانند گل به صورت مستقیم وارد سازند می‌شوند. استفاده از لوله مغزی سیار<sup>۳</sup>، مشکلات ارسال مواد زائد و آسیب‌رسان به سازند را برطرف می‌کند [۱۱]. در مواقعی که به دلیل وجود مانع و یا آسیب‌دیدگی لوله جداری، نیاز به تعمیر چاه وجود داشته باشد، برای اسیدکاری از دکل نیز استفاده می‌شود. مزایای فنی و اقتصادی استفاده از لوله مغزی سیار در مقایسه با روش گسترده توسط محققان زیادی بررسی شده است [۱۴-۱۲]. تشکیل لخته<sup>۴</sup> آسفالتین بر اثر تحریک اسید، یکی دیگر از عوامل مهم در عدم موفقیت عملیات انگیزش چاه‌های نفت و گاز است. مدل پیشنهادی در مرجع [۱۵]، اثرات افزایش‌های مختلف بر لخته شدن نفت خام را بررسی می‌کند و می‌تواند به‌عنوان ابزار طراحی در عملیات اسیدکاری و به‌منظور کاستن از خطرات تشکیل لخته مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به وجود آسفالتین (که یکی از معضلات اساسی مخزن مورد مطالعه می‌باشد)، پارافین، آهن و غیره در مخزن و همچنین برای جلوگیری از خوردگی فلز و آسیب‌های

به فعالیت مخزن ارتباط دارند و معمولاً قبل از هرگونه عملیات انگیزش چاه به‌منظور شناسایی میزان آسیب، فشار مخزن، شعاع تخلیه چاه و مهم‌تر از همه اثر پوسته<sup>۵</sup> مشخص می‌شوند. آسیب سازند در چاه‌های نفت، گاز و تزریق آب، یکی از دلایلی است که به کاهش بهره‌وری یا تزریق‌پذیری منجر می‌شود. یکی از روش‌های مهم در پایش اثر پوسته، بررسی حالت گذرای فشار در مراحل قبل و بعد از عملیات اسیدکاری است [۱]. علاوه بر نوع و منبع آسیب سازند، باید عوامل مهم دیگری نیز در عملیات انگیزش چاه مورد توجه قرار گیرند. محاسبات بهره‌وری بر پایه معیارهای مذکور، مهندس بهره‌بردار را در برآورد حداکثر نرخ تولید چاه بعد از عملیات اسیدکاری یاری می‌کند.

کاهش تولید ممکن است دلیلی غیر از آسیب اطراف دهانه چاه داشته باشد [۲]. تنها طریق شناسایی علت کاهش تولید بررسی فشار از عمق سازند تا سرچاه، با استفاده از تاریخچه تولید، چاه آزمایی و بررسی فشارهای جریان چاه‌ها همانند روش آنالیز گرهی<sup>۶</sup> می‌باشد [۳]. در مرجع [۴] به تفصیل درباره این روش و مزایای آن در بهینه‌سازی چاه‌های نفت و گاز توضیح داده شده است. آسیب فقط در اطراف سازند محاط کننده دهانه ته چاه به وجود نمی‌آید، بلکه به آسانی در داخل لوله مغزی، پوشش شنی یا در مجرای مشبک کاری شده پوشش شنی نیز بروز می‌کند. در بعضی موارد، اسیدکاری ماتریکسی<sup>۷</sup>، قادر به کاهش اثر پوسته مثبت نیست، تراکم ناچیز مشبک کاری‌ها، جریان چندفازی و جریان گازی آشفته از جمله عواملی هستند که باعث بروز اثر پوسته مثبت می‌شوند. جهت غلبه بر آسیب سازند<sup>۸</sup>، اسیدکاری ماتریکسی باعث حذف یا تقلیل ناحیه صدمه دیده اطراف دهانه چاه می‌شود ولی در مقابل روش شکافت هیدرولیکی<sup>۹</sup> باعث حذف ناحیه صدمه دیده نمی‌شود بلکه هدف آن ایجاد ارتباط مستقیم بین ناحیه آسیب ندیده و حفره چاه است. در مرجع [۵]، فهرستی از شاخص‌های بارز در عملیات اسیدکاری ماتریکسی آورده شده است. آنالیز گرهی، فشارهای تولیدی در وضعیت پایدار چاه را پیش‌بینی و شاخص‌های بارز را تصحیح می‌کند. با مقایسه فشارهای اندازه‌گیری شده واقعی و آنالیز

1. Skin	6. Bullhead
2. Nodal Analysis	7. Packer
3. Matrix Acidizing	8. Coiled Tubing
4. Formation Damage	9. Sludge
5. Hydraulic Fracturing	

دارای کمترین مقاومت در مقابل آنها باشد، مانند مناطق با نفوذپذیری بالا یا مناطقی که کمتر آسیب دیده‌اند. به دلیل اینکه آسیب سازند باید کاملاً در ناحیه تولیدی حذف شود، باید یک سیستم انحراف موثر مورد استفاده قرار گیرد. در مرجع [۱۶]، یک روش جدید انحراف اسید مورد استفاده قرار گرفته است که بر پایه تکنولوژی پلیمری همراه<sup>۲</sup> است. روش‌های متنوع انحراف به تفصیل در مراجع [۱۹-۱۷] آمده است.

موارد متعدد عدم موفقیت آمیز بودن اسیدکاری ماتریکسی در مقایسه با دیگر عملیات در یک میدان نفتی (مانند شکافت هیدرولیکی)، در گزارشات مختلف آمده است [۲۰ و ۲۱]. یکی از دلایل عمده شکست عملیات اسیدکاری ماتریکسی، ارزان قیمت بودن این عملیات است. به هر حال به صورت کلی سمت و سوی صنعت بالادستی نفت به دلیل افزایش تعداد چاه‌های نیازمند به اسیدکاری ماتریکسی تغییر یافته است که عمدتاً به دلیل نیاز به بهینه‌سازی و برداشت صیانتی از مخازن و مزایای عملیاتی و اقتصادی این عملیات است [۲۲]. این وضعیت باعث ارتقاء تلاش‌های جدی برای توسعه روش‌ها و تکنولوژی جدید در عملیات اسیدکاری می‌شود [۲۳ و ۲۴]. بر اساس گزارش یکی از شرکت‌های متولی تولید نفت در ایران، تعداد ۷۵ چاه در سال به روش گسترده اسیدکاری می‌شوند. علاوه بر عدم افزایش بهره دهی در بسیاری از چاه‌های اسیدکاری شده، تولید آب و آسفالتین نیز مزید علت شده است. به منظور بررسی این موضوع، تعداد ۹ حلقه چاه در یکی از مخازن کربناته شرکت B انتخاب شدند. بیشتر چاه‌ها در این مخزن با استفاده از دکل، لوله مغزی سیار و روش گسترده، اسیدکاری شده‌اند.

در این پژوهش، ابتدا تاریخچه انجام عملیات اسیدکاری در شرکت B بررسی و سپس در بخش نتایج تحقیق، چاه‌آزمایی و آنالیز گرهی در چاه‌های انتخاب شده بررسی می‌شود. در قسمت بحث و تفسیر مطالب، ارزیابی نتایج کار به همراه مشکلات عملیات اسیدکاری از قبیل روش قراردادن اسید در چاه، افزایش‌های به کار گرفته شده، سیستم انحراف و غیره تشریح می‌شود. نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادات نیز در انتهای این مقاله آمده است.

ناشی از گل حفاری، افزودن افزایه‌ها به سیال اسیدکاری ضروری به نظر می‌رسد.

رسوبات آسفالتین نیز مشکلات قابل توجهی را در چاه‌های تزریقی و تولیدی تأسیسات سطح الارضی، خطوط لوله و نیز در فرایندهای پالایشگاهی ایجاد می‌کنند. در مرجع [۱۶] نشان داده شده است که به کارگیری حلال‌هایی مانند زایلن در قبل و بعد از عملیات انگیزش در چاه‌های نفت و گاز ایران، باعث نفت دوست شدن<sup>۱</sup> سازند می‌شود. استعداد تشکیل لخته بر اساس ماهیت فیزیکی و شیمیایی نفت خام توسط تحریک اسید، بیشتر در نفت‌هایی که درجه API آنها مساوی یا بیش از ۲۷ و محتوای آسفالتین آنها مساوی یا کمتر از ۳٪ وزنی باشد، بیشتر می‌باشد [۱۷]. در مرجع [۱۵]، تأثیرات غلظت‌های مختلف اسید، نوع اسید، حلال شستشوی قبل از مرحله اصلی اسیدکاری، افزایه‌های کنترل آهن، غلظت‌های مختلف یون‌های آهن دو و سه ظرفیتی، غلظت حلال‌های دو جانه، نوع بازدارنده‌های خوردگی و انواع مواد فعال در سطح برای تعیین درصد وزنی لخته آسفالتین، مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج زیر حاصل شد:

- ۱- غلظت آستانه اسیدکلریدریک برای تشکیل لخته، ۱۵٪ شناخته شد.

- ۲- اسید هیدروفلوریک به جز در غلظت‌های پایین‌تر از ۳٪، باعث تشدید روند تشکیل لخته می‌شود.

- ۳- وجود یون‌های آهن دو و سه ظرفیتی، یک عامل بالقوه در تشکیل لخته است، گرچه یون‌های آهن سه ظرفیتی، تشکیل لخته را به مراتب بیش از یون‌های دو ظرفیتی آهن تسریع می‌بخشند.

- ۴- استفاده از حلال‌های دو جانه با غلظت بیش از ۵٪، استعداد تشکیل لخته را افزایش خواهد داد.

- ۵- افزایه‌های کنترل کننده آهن، مانند اسید سیتریک، EDTA و NTA، از عوامل تشکیل لخته شناخته شدند.

- ۶- مواد فعال در سطح مانند Fluoro-surfactant, Non-emulsifier, Wetting agent، اثرات معتناهی بر تشکیل لخته دارند [۱۵]. جایگزینی مناسب و صحیح سیال در چاه برای پوشش مناسب در تمام منطقه دلخواه، یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار در موفقیت آمیز بودن یا شکست اسیدکاری ماتریکسی می‌باشد. این سیال‌ها در هنگام تزریق به‌طور طبیعی تمایل به حرکت در مسیری را دارند که

1. Oil-wet

2. Associated Polymer Technology

## سوابق عملیات اسیدکاری ماتریکسی و شرکت‌های

### سرویس دهنده

در دهه گذشته در شرکت B، بیش از ۷۰۰ چاه در میادین نفتی، به روش ماتریکسی، اسیدکاری شده‌اند. از این تعداد، بیش از ۶۰۰ حلقه چاه تولیدی نفتی بوده و مابقی چاه‌های گازی و دفع آب<sup>۱</sup> بوده‌اند. به جز حدود ۴۰ چاه اسیدکاری شده توسط شرکت DOWEL در سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲، مابقی عملیات اسیدکاری توسط یکی از شرکت‌های داخلی انجام شده است. تعداد کل چاه‌های اسیدکاری شده یک دهه گذشته در شرکت B در شکل ۱ نشان داده شده است. شکل ۲ نیز میانگین تعداد عملیات اسیدکاری توسط ۵ شرکت زیرمجموعه شرکت B را نشان می‌دهد.

## انواع اسید مصرفی و مشخصات نفت خام میدان مورد مطالعه

انواع عمده اسیدهای مصرفی که توسط شرکت‌های سرویس دهنده در دهه اخیر در شرکت B مورد استفاده قرار گرفته‌اند، در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین مشخصات نفت خام یکی از چاه‌های موجود در میدان مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است.

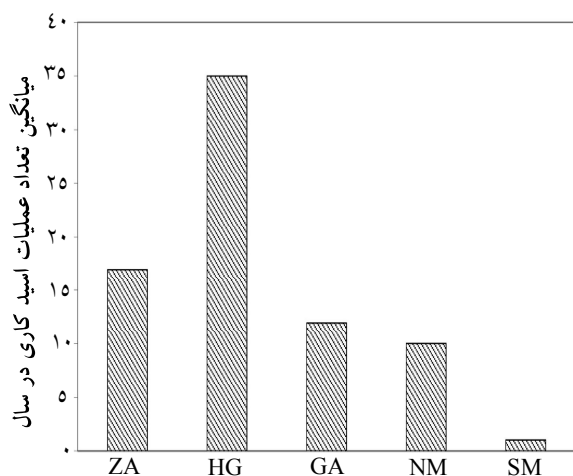
## انواع عمده افزایه‌های مصرفی

قبل از استفاده از هرگونه افزایه، آزمایش‌های سازگاری<sup>۲</sup> در شرایط ایستا انجام می‌گیرد (علیرغم ضروری بودن انجام

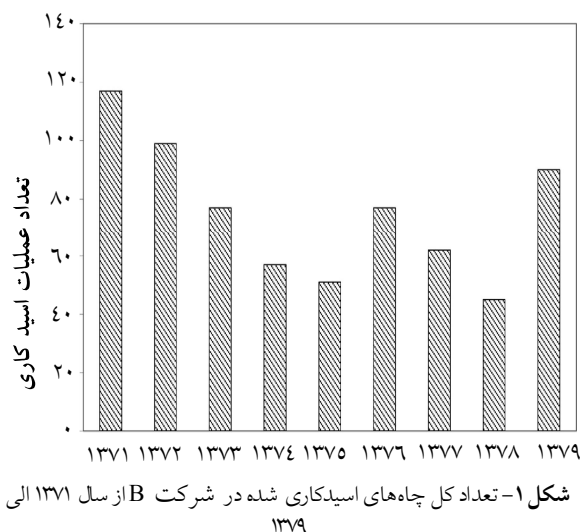
## عملیات اسیدکاری در میدان‌های نفتی ایران

بعد از اتمام حفاری چاه، مسئولیت انجام آزمایش‌های فشاری ایستا و جریانی، مشبک کاری و آزمایش‌های ساخت فشار به منظور مشخص کردن قابلیت‌های چاه و محدودیت‌های آن، به عهده اداره مهندسی بهره‌برداری است. اگر چاه در زمان عملیات حفاری دارای آسیب فراوان باشد، جریان سیال هیدروکربنی به سطح وجود نخواهد داشت. در این حالت عملیات تعمیر چاه به واسطه لوله مغزی سیار و تزریق مقدار ۴۰۰۰ تا ۸۰۰۰ گالن اسید کلریدریک با درصدهای مختلف (۱۵ تا ۲۸ درصد) برای زدودن آسیب چاه و رسیدن به فشار تزریقی مناسب انجام می‌گیرد.

اگر سیال جریانی چاه قادر به رسیدن به سرچاه است ولی فشار جریانی کمتری در مقایسه با چاه‌های مجاور میدان داشته باشد، آزمایش تزریق‌پذیری به وسیله گازوئیل توسط روش اسیدکاری گسترده برنامه‌ریزی خواهد شد تا از رسیدن اسید به سازند مورد نظر اطمینان حاصل شود. در حالتی که تزریق‌پذیری چاه با فشار ۲۰۰۰ پاوند بر اینچ مکعب (پام)، کمتر از ۲ بشکه در دقیقه باشد، ضروری است که زون تولیدی چاه توسط لوله مغزی سیار اسیدکاری شود. اگر تزریق‌پذیری چاه بیش از ۲ بشکه در دقیقه باشد، اسیدکاری ماتریکسی توسط روش اسیدکاری گسترده، قابل انجام خواهد بود.



شکل ۲- میانگین تعداد عملیات اسیدکاری در شرکت‌های زیرمجموعه شرکت B از سال ۱۳۷۱ الی ۱۳۷۹



شکل ۱- تعداد کل چاه‌های اسیدکاری شده در شرکت B از سال ۱۳۷۱ الی ۱۳۷۹

1. Water Disposal  
2. Compatibility Tests

جدول ۲- مشخصات نفت خام یکی از چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه

مشخصات	مقدار	واحد
دی اکسید کربن	۴/۴۲۷	درصد وزنی
سولفید هیدروژن	۱/۸۱۲	درصد وزنی
سولفور	۳/۳	درصد وزنی
آهن	۲/۶	ppm
آسفالتین	۷/۱۵	درصد حجمی
واکس	۳/۹	درصد وزنی
نقطه ذوب آسفالتین	۴۰	درجه سانتیگراد
کلرید سدیم	۷۳	پوند در هر هزار بشکه
هیدروکسید پتاسیم	۱۰	پوند در هر هزار بشکه
گرانروی	۰/۸۱	سانتی پواز
وزن حجمی (۶۰ درجه فارنهایت)	۰/۹۰۵۸۳	--
API	۲۶/۷۱	--

به‌علاوه موارد فوق، شرکت DOWEL از کنترل کننده آهن برای جلوگیری از آسیب سازند استفاده کرده است.

### انواع عمده انحراف کننده‌ها

در عملیات اسیدکاری در میداین شرکت B سه نوع عمده منحرف کننده<sup>۱۷</sup> اسید مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- ۱- تک دانه‌ای<sup>۱۸</sup>
  - ۲- اسید بنزوئیک<sup>۱۹</sup>
  - ۳- درزگیرهای تویی (گویچه) غیرشناور<sup>۲۰</sup>
- به جای استفاده از پیشرفت‌های حاصل شده در روش‌های متنوع انحراف (مانند استفاده از جامدات، ژل و فوم و ...)، در میداین نفتی شرکت B کماکان از روش‌های معمول قدیمی استفاده می‌شود.

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Leak off control acid (LCA)   | 11. Non Emulsifier           |
| 2- Self diverting acid (SDA)     | 12. Suspending Agent         |
| 3- Emulsified acid (50:50)       | 13. Demulsifier              |
| 4- Super emulsified acid (70:30) | 14. Anti Sludge              |
| 5- Chemical retarded acid        | 15. Retarding Agent          |
| 6- Mud acid                      | 16. Mutual Solvent           |
| 7- Intensified acid              | 17. Diverter                 |
| 8- Clay acid                     | 18. Unibeads                 |
| 9. Dynamic Condition             | 19. Benzoic Acid             |
| 10. Corrosion Inhibitor          | 20. Non Buoyant Ball Sealers |

جدول ۱- انواع عمده اسیدهای استفاده شده در عملیات انگیزش در شرکت B

شرکت ملی حفاری ایران	شرکت شلمبرژه
اسید کلریدریک ۲۸٪	اسید کلریدریک ۲۸٪
اسید کلریدریک ۱۵٪	اسید کلریدریک ۱۵٪
اسید کنترل کننده نشت <sup>۱</sup>	اسید کلریدریک ۱۵٪
اسید خود انحراف <sup>۲</sup>	اسید امولسیون (۵۰:۵۰) <sup>۳</sup>
اسید امولسیون با درجه بالا (۷۰:۳۰) <sup>۴</sup>	اسید امولسیون (۷۰:۳۰)
اسید DAD برای چاه‌های آسفالتینی	اسید تاخیری شیمیایی <sup>۵</sup>
اسید گل (۱۲:۳) <sup>۶</sup>	اسید گل (۱۲:۳)
اسید تقویت شده <sup>۷</sup>	اسید تقویت شده
اسید رس <sup>۸</sup>	

آزمایش‌های خاص در حالت پویا<sup>۹</sup> و شرایط مخزن). انواع افزودنی‌هایی که در اسیدکاری چاه‌های شرکت B مورد استفاده قرار می‌گیرند، به قرار زیر است:

- ۱- ضد خوردگی<sup>۱۰</sup> که باعث کاهش نرخ واکنش اسید با تجهیزات درون چاهی و سطحی الارضی می‌شود.
- ۲- غیر امولسیون<sup>۱۱</sup> که موجب ممانعت از تشکیل امولسیون بین فازهای آبی و غیر آبی می‌شود.
- ۳- عامل معلق کننده<sup>۱۲</sup> که سبب ممانعت از رسوب ذرات ریز می‌شود.
- ۴- کاهش دهنده کشش سطحی
- ۵- خشتی کننده امولسیون<sup>۱۳</sup> که باعث شکست امولسیون‌های نفت- آب می‌شود.
- ۶- ضد لخته<sup>۱۴</sup> که عمل ممانعت از تولید امولسیون ضخیم میان نفت و اسید به واسطه تشکیل یک لایه نازک بین سطح تماس دو سیال را انجام می‌دهد.
- ۷- عامل کندکار اسید<sup>۱۵</sup> که کندکننده نرخ واکنش اسید قبل از مصرف نهایی آن است.
- ۸- حلال دو جانبه<sup>۱۶</sup> که حل شونده در محلول‌های آبی و هیدروکربن، آب دوست کردن سازند و کاهش دهنده اشباع آب در اطراف دهانه چاه می‌باشد.

### نتایج کار

به دلیل انجام قسمت اعظم عملیات اسیدکاری در سازندهای کربناته، تعداد ۹ حلقه چاه در یکی از مخازن نفتی در شرکت B انتخاب شدند. در این تحقیق سعی شده است که چاه آزمایی و انتخاب مدل های مناسب به منظور بررسی و استفاده در مدل چاه های مخزن به طور دقیق انجام پذیرد. انجام آنالیز گرهی نیز با استفاده از اطلاعات چاه آزمایی مدل چاه ها با استفاده از مدل تکمیل حالت کاذب<sup>۱</sup> انجام شد تأثیر پارامترهای پوسته و نفوذپذیری به تفصیل مورد مطالعه قرار گرفت.

### عملیات چاه آزمایی

تعداد ۹ حلقه چاه در میدان نفتی که دارای اطلاعات فشار بودند برای مطالعه انتخاب شدند. تعداد ۴ حلقه چاه دارای اطلاعات فشار لازم برای انجام آنالیز چاه آزمایی در قبل و بعد از عملیات اسیدکاری بوده و تعداد ۵ حلقه چاه فاقد این اطلاعات در قبل از عملیات اسیدکاری بودند. انجام

عملیات به دست آوردن اطلاعات فشاری در میدان مورد مطالعه با استفاده از فشارسنج مکانیکی Amerada انجام شد که دارای دقت بالایی نمی باشد. هدف اصلی از انجام این ارزیابی، تعیین پوسته و نفوذپذیری چاه ها بود. ارزیابی چاه آزمایی در این تحقیق، توسط نرم افزار Pansys، انجام شد. فقدان داده های زمانی اولیه، تفسیر Wellbore Storage را پیچیده کرد. با توجه به تکمیل بعضی از چاه ها در لایه های مختلف، آزمایش عملکرد جریان ورودی انتخابی<sup>۲</sup>، انجام نشد که نتیجه آن بالا رفتن درجه عدم قطعیت ارزیابی ها می شود. بر اساس مطالعات انجام شده، عملیات ماتریکس اسید در چاه های نفتی با نفوذپذیری مساوی یا بیش از ۱۰ میلی دارسی موفقیت آمیز خواهد بود [۲۵]. لذا یکی از مهم ترین عوامل در انتخاب چاه به منظور اسیدکاری، دارا بودن نفوذپذیری مساوی یا بیش از ۱۰ میلی دارسی است. بر اساس ارزیابی چاه آزمایی که در جدول ۳ نشان داده شده است، موارد زیر نتیجه گیری می شود:

۱- میانگین مقدار نفوذپذیری در ارزیابی انجام شده، ۷

جدول ۳- نتایج آزمایش های چاه آزمایی

شماره چاه	زمان تست	نام سازند	شماره لایه	مدل جریانی مخزن	نفوذپذیری (میلی دارسی)	پوسته	اندیس بهره برداری (STB/d/psi)
۴	۶	سروک	۱-۳	شکاف عمودی/انتشار نامحدود <sup>۳</sup>	۶	۰	۱/۶۵
۵	۶۷	سروک	۱-۳	شعاعی همگن <sup>۴</sup>	۷	--	--
۱۸	۱۲	ایلام	۱-۲-۳	شکاف عمودی/ریزش یکسان <sup>۵</sup>	۹	--	--
۲۰	۱۲	سروک	۲-۳	شعاعی همگن	۱۰/۵	--	--
۲۲	۷۲	سروک	۲-۳	شکاف عمودی/ریزش یکسان	۱۰/۲	۲	۰/۶۵
۲۳	۲۴	سروک	۱-۲-۳	شکاف عمودی/انتشار نامحدود	۲	۱	۱/۱
۲۵	۶۹	سروک	۱-۲-۳	شعاعی همگن	۵/۳	۲/۵	۱/۱
۲۸	۱۲	سروک	۱-۲	شعاعی همگن	--	--	--
۳۸	۶۸	سروک	۲-۳	شعاعی همگن	--	--	--

1. Pseudo Steady State
2. Selective Inflow Performance Test
- 3-Vertical fracture/finite conductivity
4. - Radial homogeneous
- 5- Vertical fracture/uniform flux.



پیش فرض برای سیستم می‌باشد. در این تحقیق، معادله Hagedorn & Brown به عنوان معادله جریانی پیش فرض انتخاب شد و با وارد کردن اطلاعات ضروری برای شبیه سازی سیستم، با انتخاب عملگرهای مختلف، نرخ جریان متوقع و مطابق با چاه‌های میدان مورد مطالعه حاصل شد.

در مدل های تهیه شده که بر اساس مدل جریانی کاذب و با استفاده از اطلاعات چاه آزمایشی انجام شد، دبی متوقع از هر چاه با استفاده از حساسیت سنجی نسبت به پوسته انجام شد. نتایج نشان دهنده افزایش دبی تولید با کم شدن اثر پوسته است. شکل های ۳ و ۴ آنالیز گرهی چاه های شماره ۵ و ۱۸ را نشان می دهند. در این شکل ها محور عمودی فشار را بر حسب پام و محور افقی تولید نفت در سرچاه را بر حسب بشکه نشان می دهد. انجام آنالیز گرهی یکی از عوامل مهم در شناسایی چاه های منتخب برای انجام عملیات ماتریکس اسید می باشند. در این تحقیق، چاه های ۴، ۵ و ۲۵ دارای محدودیت تکمیل هستند که برای انجام عملیات اسیدکاری قبل از تغییر تکمیل مناسب نمی باشند. چاه های ۱۸، ۲۰، ۲۲، ۲۳، ۲۸ و ۳۸ دارای محدودیتی از نظر تکمیل نمی باشند.

### بحث و تفسیر مطالب

چاه آزمایشی و آنالیز گرهی، نقش مهمی در تمامی مراحل اسیدکاری ماتریکسی به عهده دارند. با توجه به تحقیقات انجام شده، عدم شناسایی مناسب کانی های متشکله سنگ مخزن، سیستم انحراف اسید غیر موثر و عدم کارایی روش قرار دادن اسید، عدم استفاده از افزایش های خاص (مانند کنترل کننده آهن)، فقدان تحقیقات آزمایشگاهی برای آزمایش های جریانی مغزه و آنالیزهای آسیب سازند، آسیب های سازندی عمیق و استفاده از اسید کلریدریک با درصد بالا بدون در نظر گرفتن وجود کانی های سیلیسی، از جمله موارد دیگری هستند که باعث عدم موفقیت آمیز بودن عملیات انگیزشی می باشند که در ادامه به تفصیل بحث و تفسیر خواهند شد.

میلی داری است. چاه ۲۲ دارای بالاترین نفوذپذیری در میان چاه ها با مقدار ۱۱/۳ میلی داری است. با توجه با بالا بودن مقدار نفوذپذیری چاه های ۲۰، ۲۲ و ۳۸، این چاه ها برای انجام عملیات ماتریکس اسید انتخاب شدند.

۲- اغلب چاه ها دارای پوسته مثبت بوده که نتایج بعد از اسیدکاری نشان دهنده برطرف نشدن این پوسته و در نتیجه موفقیت آمیز نبودن عملیات اسیدکاری است (چاه های ۴، ۲۳ و ۲۵).

۳- اندیس بهره برداری<sup>۱</sup> میانگین در این چاه ها، ۱/۲۵ است که چاه ۲۸ با عدد ۰/۵ دارای کمترین و چاه ۱۸ با مقدار ۲/۳ دارای بیشترین PI می باشد.

۴- کم بودن زمان آزمایش ساخت فشار<sup>۲</sup>، محدودیت های مخزن مانند مرزهای مخزن، گسل و غیره را به وضوح مشخص نمی سازد.

### آنالیز گرهی چاه ها در میدان مورد مطالعه

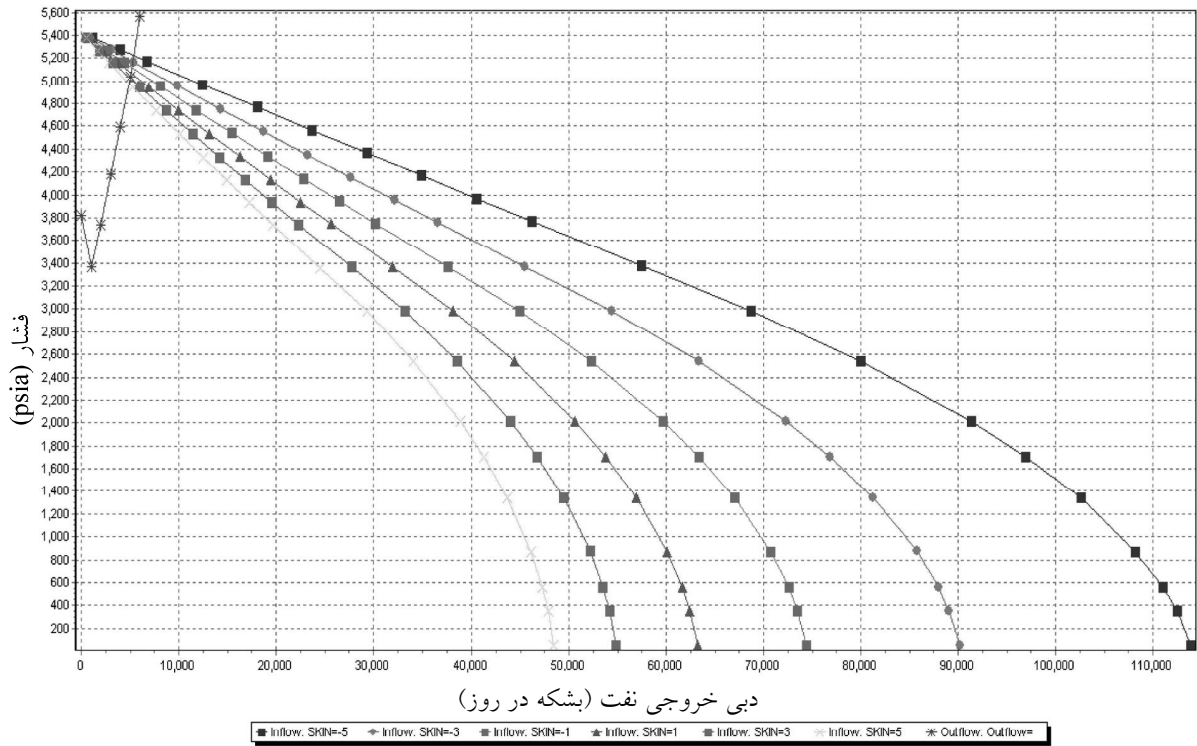
با جمع آوری اطلاعات حاصل از چاه آزمایشی، آزمایش های فشار استاتیک و فشار جریانی چاه از ابتدای بهره برداری تا زمان شبیه سازی و با استفاده از نرم افزار Pipesim، شبیه سازی و مولفه های مهم چاه از قبیل فشارهای جریانی و استاتیک، نرخ جریان و پتانسیل جریانی باز مطلق چاه<sup>۳</sup> تعیین شدند. در ابتدا یک مدل فیزیکی از چاه که شامل تکمیل<sup>۴</sup> و لوله مغزی می باشد، طراحی گردید. در مرحله بعد مدل سیال انتخاب شد. مدل سیال برگزیده، مدل نفت سیاه است. سپس معادله جریانی مناسب برای جریان چندفازی قائم انتخاب شد. مهمترین مرحله، انتخاب عملگرهای لازم از قبیل مقطع فشار-دما و آنالیز سیستم یا آنالیز گرهی بر روی چاه است. با وارد کردن اطلاعات حقیقی چاه از قبیل اطلاعات سنگ و سیال، فشار میانگین مخزن، فشار سرچاهی، اندازه لوله مغزی و عمق قرارگیری، مدل فیزیکی مخزن طراحی و مدل نفت سیاه نیز به سیستم معرفی شد. انتخاب بهترین معادله جریانی که با اطلاعات حقیقی بهترین تطابق را داشته باشد، قدم بعدی بود. معادله جریانی Hagedorn & Brown از میان چهار معادله در مراجع دیگر Duns & Ros, Begg & Brill, Mukherjee & Brill, Govier, Aziz & Fogarasi نزدیکترین و بهترین معادله جریانی

1. Productivity Index (PI)

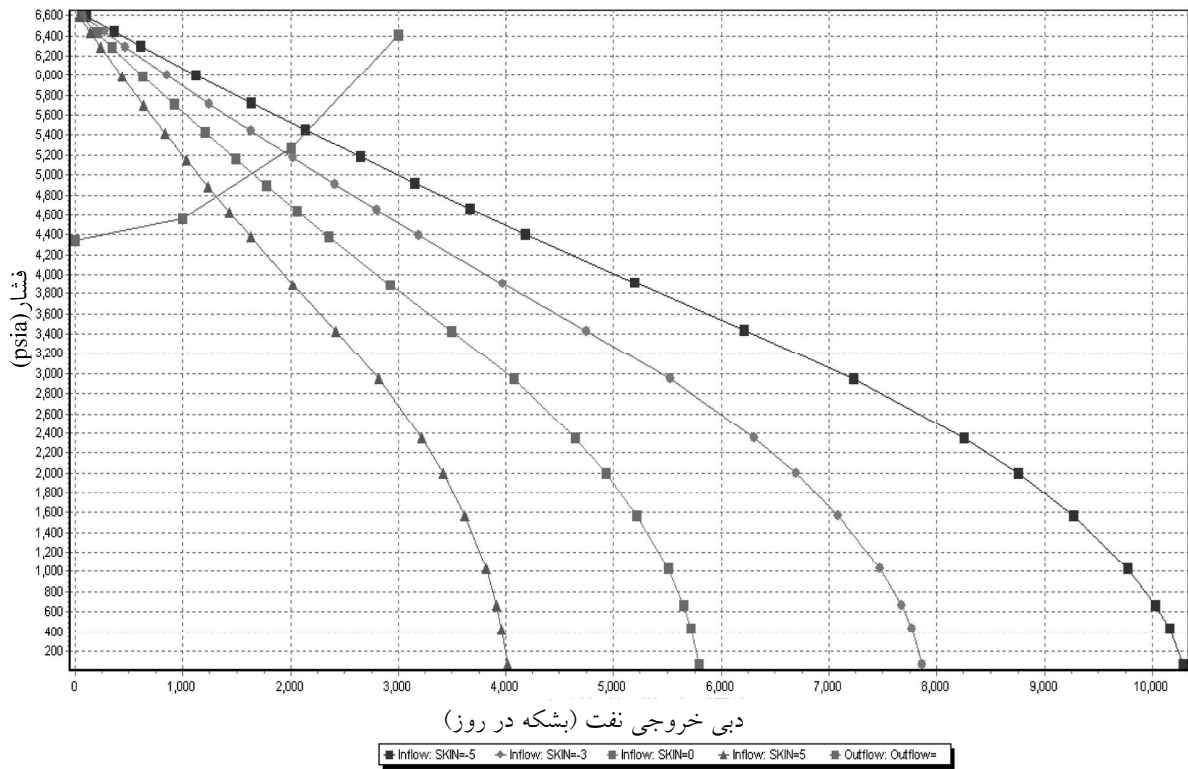
2. Buildup

3. Absolute Open Flow Potential

4. Well Completion



شکل ۳- تولید نفت در سر چاه آنالیز گرهی چاه ۵



شکل ۴- تولید نفت در سر چاه آنالیز گرهی چاه ۱۸



## بررسی چاه آزمایی

در بررسی چاه آزمایی، بر اساس اطلاعات موجود، دلیل اصلی وجود مشکل در بهره‌دهی چاه‌ها، نفوذپذیری پایین آنها می‌باشد، بدین منظور و برای تغییر هندسه جریان در محیط متخلخل، باید به ضرورت انجام شکافت هیدرولیکی به عنوان گزینه برتر اندیشید. علاوه بر موارد گفته شده، کارایی عملیات حفاری باید در جهت کاهش آسیب سازندی، ارتقاء یابد. بررسی اثر پوسته چاه ۱۸ نشان می‌دهد که این چاه دارای اثر پوسته تکمیل و آسیب سازند است، بنابراین قبل از انجام هرگونه عملیات اسیدکاری برای حذف اثر آسیب، بایستی نسبت به تکمیل مشبک کاری در لایه مورد نظر اقدام شود. با توجه به اهمیت مقدار نفوذپذیری در انتخاب چاه برای اسیدکاری، تنها چاه‌های ۲۰، ۲۲ و ۳۸، برای عملیات ماتریکس اسید، مناسب می‌باشند.

## آنالیز گرهی

استفاده از آنالیز گرهی به همراه اندازه‌گیری حقیقی افت فشار به پیش‌بینی موقعیت هرگونه آسیب در ته چاه کمک فراوانی می‌کند. روش گرهی برای بررسی سیستم کل چاه از مرز مخزن و ته چاه تا نقطه انتهایی سیستم بهره‌برداری، کاربرد دارد. عدم به‌کارگیری مناسب از این آنالیز که با استفاده از نرم‌افزارهای موجود از قبیل Pipesim، امکان‌پذیر است، سبب شناخت محدودیت‌های موجود در سیستم بهره‌برداری می‌شود. برخی مراجع، ضمن توضیح این روش، اطلاعات خوبی در رابطه با استفاده از آنالیز گرهی در بهینه‌سازی تولید از چاه‌های نفتی در ایران را نشان داده‌اند [۲۶و۴]. عدم استفاده از لوله مغزی در چاه‌ها با توجه به کاسته شدن از تولید به دلایل مختلف، عدم حساسیت سنجی به اندازه کاهنده و ... در میدان مورد مطالعه، عیناً قابل ملاحظه است. بخش مهمی از مشکل موجود در تکمیل چاه‌های موجود در میداندین نفتی جنوب ایران در مرجع [۲۷] به تفصیل بررسی شده است. در چاه شماره ۱۸، حساسیت سنجی نسبت به مقادیر مختلف پوسته انجام شده است و همان‌طور که منحنی‌های ارتباط عملکرد ورودی<sup>۱</sup> نشان می‌دهند با کاهش پوسته (از +۵ تا

۵-)، تولید نفت افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت. شیب تند منحنی عملکرد لوله مغزی<sup>۲</sup> به دلیل افزایش قابل ملاحظه فشار اصطکاکی، یکی از محدودیت‌های مهم در تولید از چاه شماره ۵ است که در شکل شماره ۳ به وضوح دیده می‌شود. لذا نوع تکمیل چاه یکی از عوامل محدود کننده در این چاه است. افزودن قطر لوله مغزی به افزایش تولید در این چاه می‌انجامد. انجام آنالیز گرهی یکی از عوامل مهم در شناسایی چاه‌های منتخب برای انجام عملیات ماتریکس اسید می‌باشد. در این تحقیق چاه‌های ۴، ۵ و ۲۵ دارای محدودیت تکمیل هستند که مناسب انجام عملیات اسیدکاری، قبل از تغییر و تکمیل نمی‌باشند. چاه‌های ۱۸، ۲۰، ۲۲، ۲۳، ۲۸ و ۳۸ دارای محدودیتی از نظر تکمیل نمی‌باشند.

## ضرورت بررسی کانی شناسی سازند، نوع و درصد اسید مصرفی و افزایش‌ها

بررسی و شناخت دقیق کانی‌های متشکله و بافت سنگ مخزن به‌علاوه دست‌ورالعمل‌های میدانی از عوامل مهم انتخاب سیستم اسید سازگار و سیال مناسب برای ارتقاء کارایی عملیات اسیدکاری می‌باشند. در میدان مورد مطالعه، عملیات اسیدکاری بدون انجام آزمایش‌های لازم به‌واسطه ابزار خاص (همانند آزمایش جریان مغزه)، انجام می‌گیرد. سازندهای ایلام و سروک از جنس آهک با درصد کمی از دولومیت هستند. کانی‌های تشکیل دهنده نیز شامل کلسیت، رس، سیدریت، دولومیت، آنگلزیت، پیریت، کوارتز و مقدار کمی فلدسپار می‌باشند.

از نکات قابل توجه، وجود درصد کمی سیلیس به صورت رگه‌هایی در کلسیت در سازندهای ایلام و سروک است [۲۸] که احتمالاً می‌تواند یکی از علل بازدهی پایین عملیات اسیدکاری در این مخزن می‌باشد. در نتیجه کاربرد اسید و افزایش‌های آن در شرایط ته چاه ممکن است منجر به بروز مشکلات جدی شود. با عنایت به پیشینه تحقیق به دلیل استفاده از اسید با غلظت بالا (اسید کلریدریک ۲۸٪)، در چاه‌های ۲۲ و ۲۳ و ۱۸ از طرفی عدم استفاده از مواد ضدلخته، آسفالتین تولید شده است. فقدان افزایش‌های مورد نیاز (همانند کنترل کننده آهن)، فرایند رسوب آسفالتین

1. Inflow Performance Relationship (IPR)

2. Tubing Outflow or Intake Performance Curve (TPC)

روش، قسمت اعظم مواد از قبیل براده‌ها، لخته‌ها و ...، به سازند منتقل شده و باعث بروز مشکلات جدی خواهد شد. علاوه بر این، چاه‌های ۲۰ و ۲۳، به دلیل آسیب لوله جداری و لوله آستره به واسطه دکل تعمیر شد و بعد از آن به روش گسترده، تعمیر شدند. یکی از نکات جالب در اینجاست که چاه ۳۸، فقط به واسطه لوله مغزی سیار اسیدکاری شد و نتایج بهره‌برداری بعدی آن، نتایج خوبی را نشان می‌دهد. ولی اسیدکاری مجدد چاه‌های ۲۸ و ۲۳، به واسطه روش گسترده، تاثیر خوبی بر نتایج بهره‌برداری نداشته است.

با عنایت به مطالب بالا، استفاده از روش گسترده در میدان مورد مطالعه پیشنهاد نمی‌شود. ولی استفاده از لوله مغزی سیار که با وسایل مکانیکی مجهز شده باشد (مانند مجراند متورم شونده<sup>۱</sup>) توصیه می‌گردد. علاوه بر این موفقیت‌آمیز بودن به‌کارگیری انحراف‌کننده‌هایی از قبیل فوم و ژل به‌همراه لوله مغزی سیار در میداین مختلف دنیا به اثبات رسیده است. بنابراین استفاده از این روش در انگیزش چاه‌های نفت و گاز ایران پیشنهاد می‌شود.

### نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعه انجام گرفته در این پروژه، نتایج زیر حاصل شده است:

۱- قبل از هرگونه عملیات اسیدکاری، انجام آزمایش چاه آزمایشی لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

۲- انجام آنالیز گرهی برای شناخت محدودیت‌های سیستم بهره‌برداری و پیش‌بینی رفتار آینده چاه مهم می‌باشد. در این تحقیق چاه‌های شماره ۴، ۵ و ۲۵ دارای محدودیت تکمیل هستند که مناسب انجام عملیات اسیدکاری، قبل از تغییر تکمیل چاه ۱۸ دارای اثر پوسته تکمیل و آسیب سازند است. چاه‌های ۲۰، ۲۲، ۲۳، ۲۸ و ۳۸ دارای محدودیتی از نظر تکمیل نمی‌باشند.

۳- بر اساس نتایج چاه‌آزمایی، میانگین نفوذپذیری سازند اطراف دهانه چاه در حدود ۷ میلی داری است.

۴- بر اساس نتایج چاه‌آزمایی و آنالیز گرهی، فقط چاه‌های ۲۰، ۲۲ و ۳۸ مناسب‌ترین گزینش برای عملیات اسیدکاری

را تسریع می‌کند. با توجه به اینکه درجه API نفت میدان مورد مطالعه نزدیک به ۲۷ می‌باشد (جدول ۲)، تولید آسفالتین در اثر تحریک اسید در میدان مورد مطالعه، می‌تواند یکی از دلایل مهم شکست عملیات اسیدکاری ماتریکسی باشد. به دلیل وجود سیلیس در میدان مورد مطالعه، اسید مصرفی باید شامل درصد مناسب از اسید فلئوریک نیز باشد.

دو نوع افزایه حتماً باید در هر عملیات اسیدکاری به‌کار گرفته شود: افزایه ضد خوردگی اسید و افزایه کاهش‌دهنده کشش سطحی که می‌تواند به‌عنوان افزایه ضد امولسیون عمل کند. استفاده از افزایه کنترل‌کننده یون آهن نیز به دلیل جلوگیری از مشکلات ناشی از رسوب یون آهن در سطح سنگ مخزن توصیه می‌شود.

### روش‌های انحراف و قرار دادن اسید در سازند

یکی از مهم‌ترین عواملی که در موفقیت‌آمیز بودن عملیات ماتریکس اسید تاثیر زیادی دارد، جایگیری مناسب سیال انگیزشی در ته چاه و تاثیر آن بر کل لایه یا زون تولیدی است. براساس نتایج آزمایش‌های چاه پیمایی تولید، در چاه‌های ۵ و ۲۰، انحراف‌کننده‌های معمول (درزگیرهای توپی، تک‌دانه‌ای و اسید بنزوئیک)، موثر نبوده و باید جای خود را به روش‌های جدید انحراف تغییر دهند. گذشته از نوع قرارگیری اسید در چاه توسط روش گسترده یا لوله مغزی سیار، گزینه‌های انحراف سیال دارای محدودیت فراوان می‌باشند. دلیل این محدودیت در استفاده از لوله مغزی سیار و اندازه کم نازل‌های درون چاهی لوله مغزی سیار است. ذرات جامد نظیر پولک‌های بنزوئیک اسید برای پمپ شدن از طریق نازل لوله مغزی سیار به ته چاه، درشت دانه هستند. یکی از مناسب‌ترین روش‌های انحراف سیال، فوم یا ژل فومی است که می‌توان از آن به‌جای روش انحرافی متداول استفاده کرد.

با به‌کارگیری روش گسترده، اسید فرصت بیشتری برای نفوذ به طبقات بالایی لایه تولیدی سازند خواهد داشت (مخصوصاً اگر دارای نفوذپذیری بالایی باشد). بنابراین مابقی سازند تولیدی، بدون انگیزش و یا تاثیر کمی از عملیات انگیزش خواهد داشت. به‌علاوه با به‌کارگیری این

- ۱- انجام مطالعات توصیف مخزن<sup>۱</sup> برای وضوح بیشتر عدم قطعیت‌های موجود ضروری به نظر می‌رسد.
- ۲- برای افزایش کارایی اسیدکاری، حتماً باید آزمایش جریانی مغزه با استفاده از سنگ مخزن، اسید و افزایه‌های مختلف انجام پذیرد.
- ۳- به‌کارگیری نرم‌افزارهای آنالیز گرهی در قبل و بعد از عملیات اسیدکاری برای بررسی چاه‌های کاندید، گلوگاه‌های سیستم و بررسی عملکرد چاه‌ها در میدان مورد مطالعه لازم و ضروری می‌باشد.
- ۴- با توجه به اینکه عملیات حفاری معمول (فوق تعادلی) یکی از مهم‌ترین عوامل در آسیب رسانیدن به سازند محسوب می‌شود، بررسی به‌کارگیری عملیات حفاری زیرتعادلی برای سازندهای با نفوذپذیری پایین در میدان مورد مطالعه باید مدنظر قرار گیرد.
- ۵- انجام عملیات شکافت هیدرولیکی و/یا امکان‌سنجی انجام شکافت‌زایی با اسید به‌دلیل پایین بودن نفوذپذیری سازندی در بیشتر چاه‌ها مخصوصاً مخازن بالغ<sup>۲</sup>، انجام پذیرد. شکافت هیدرولیکی بهترین روش جهت ایجاد ارتباط مستقیم بین ناحیه صدمه ندیده و حفره چاه است.
- ۶- از انجام عملیات اسیدکاری با روش گسترده جلوگیری شده و به‌جای آن از لوله مغزی سیار به‌همراه مجربند متورم شونده، فوم یا اسید ژل استفاده شود.
- ۷- مطالعات گسترده برای بررسی مشکل تولید آسفالتین انجام پذیرد.
- ۸- از روش‌های انحراف جدید موجود در مرجع [۱۸] در عملیات اسیدکاری استفاده شود.

### تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی به‌دلیل حمایت مالی و نیز از همکاران مناطق نفتخیز جنوب، شرکت ملی نفت ایران و دانشگاه صنعت نفت تشکر و قدردانی می‌شود.

ماتریکسی هستند.

- ۵- بیشتر عملیات انجام شده به روش گسترده، موفقیت آمیز نبوده‌اند و در بعضی چاه‌ها سبب بروز آسیب به لوله جداری و لوله آستره شده است. مطالعات قبلی و نتایج این پروژه نشان داده‌اند که برای جابجایی در اسیدکاری ماتریکسی در حالتی که چاه دارای تکمیل حفره باز و یا دارای لوله جداری مشبک کاری شده است، بهتر است از دستگاه لوله مغزی سیار استفاده کرد.
- ۶- میزان رسوب آهن بستگی به زمان نگهداشتن اسید در داخل سازند و pH اسید مصرف شده دارد. در طبقات آهکی و دولومیتی، اسید کلریدریک به سرعت مصرف شده و هنگامی که pH به حدود ۲ رسید، آهن شروع به رسوب می‌کند و به همین دلیل باید سعی شود با توجه به وجود آهن در این مخزن تولید، عملیات شستشو در کمتر از یک ساعت بعد از اتمام اسیدکاری آغاز شود.
- ۷- روش‌های انحراف کنونی (درزگیرهای تویی، دانه‌های تکی و اسید بنزویک) در عملیات اسیدکاری موثر نمی‌باشند.
- ۸- در اسیدکاری‌های انجام شده، اکثراً از اسید کلریدریک با غلظت‌های بالا (۲۸٪) استفاده شده است.
- ۹- در طراحی اسیدکاری در این میدان، وجود کانی‌های سیلیسی در نظر گرفته نشده است.
- ۱۰- درجه API نفت در مخزن مورد مطالعه، حدود ۲۷ می‌باشد. بر این اساس و نیز مرجع [۱۳]، نفت خام میدان مورد مطالعه مستعد تولید آسفالتین در اثر تحریک اسید می‌باشد.
- ۱۱- در طراحی اسید و افزایه‌ها، به وجود آسفالتین و پارافین توجه نشده است.

### پیشنهادها

براساس مطالعات انجام شده در این پژوهش، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

## منابع

- [1] McLeod H.O. & Coulter A.W., "The Stimulation treatment pressure record-an overlooked formation evaluation tool", J. Petroleum Technol. Vol. 21, pp. 951-960, 1969.
- [2] Xiong H. & Holditch S. "A Comprehensive approach of formation damage diagnosis and corresponding stimulation type and fluid selection", paper SPE 29531, 1995.
- [3] Mach J., Proano E., & Brown K.E., "A Nodal approach for applying systems analysis to the flowing and artificial lift oil or gas well", paper SPE 8025, 1979.
- [4] Zoveidavianpoor M. & Shadizadeh S.R., "Production optimization of oil and gas Wells: a Review of nodal analysis application", Exploration & Production, Vol. 67, pp. 67-72, 2010.
- [5] McLeod H.O., "Significant factors for successful matrix acidizing", paper NMT 890021, presented at the Centennial Symposium Petroleum Technology into the Second Century, New Mexico Institute of Mining and Technology, Socorro, New Mexico, USA, October 16-19, 1989.
- [6] Brill J.P. & Beggs H.D., *Two-phase flow in pipes*, INTERCOMP Course, The Hague, 1974.
- [7] Duns, H. & Ros, N.C.J., *Vertical flow of gas and liquid mixtures in wells*, Proceedings of the 6<sup>th</sup> World Petroleum Congress, Tokyo, 1963.
- [8] Hagedorn A.R. & Brown K.E., "Experimental study of pressure gradients occurring during continuous two phase flow in small-diameter conduits", J. Petroleum Technol., 1965.
- [9] Orkizewski J., "Predicting Two-Phase pressure drops in vertical pipes", JPT, 1967.
- [10] Kartoatmodjo G., Caretta F., Flew S., & Jadid M., "Risk-Based candidate selection workflow improve acid stimulation success ratio in mature field", paper SPE 109278. 2007.
- [11] Paccaloni G., "New method proves value of stimulation planning", oil & gas Journal, Vol. 77, pp. 155-160. 1979.
- [12] Wayne P. Mitchell, Dario Stemberger, & A.N. Martin, "Is Acid Placement Through Coiled Tubing Better Than Bullheading?", SPE 81731, 2003.
- [13] Taylor D.B. & Plummer R.A., "Gas well stimulation using coiled tubing with a mutual solvent", paper SPE 4115, prepared for the 47<sup>th</sup> Annual Fall Meeting of the SPE, San Antonio, TX, Oct 1972.
- [14] Thomas R.L. & Milne A., "The use of coiled tubing during matrix acid stimulation of carbonate reservoirs", paper SPE 29266, presented at the SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, March 1995.
- [15] Garrouch A. & Malallah A.H., "An empirical model for predicting crude sludging potential caused by acidizing", International Journal of Petroleum Science and Technology, Vol. 1, No. 1, pp. 23-36, 2007.
- [16] Shadizadeh S.R. & Zoveidavianpoor M., *Environmental impacts of xylene as stimulation fluid in iranian oil and gas wells*. Shiraz University, 2008.
- [17] Houchin L.R. & Hudson L.M., "The Prediction, evaluation, and treatment of formation damage caused by organic deposition", paper SPE 14818 presented at the 7<sup>th</sup> SPE Symposium on Formation Damage Control of SPE, Lafayette. Louisiana, 1986.
- [18] Saxon A. & Rahman M.R.A., *An effective matrix diversion technique for carbonate formations*, Abu Dhabi Co., 2000.

- [19] Erbstoesser S.R., "Improved ball sealer diversion", J. Petroleum Technol., pp. 1903-1910, 1980.
- [20] Montgomery C.T., Jan Y. M. & Niemeyer B.L., "Development of a matrix acidizing stimulation treatment evaluation and recording system", SPEPF, 219, 1995.
- [21] Paccaloni G., "A New effective matrix stimulation diversion technique", SPEPF, pp. 151-156, 1995.
- [22] Economides M.J. & Frick T.P., "Optimization of horizontal well matrix treatments", SPEPF, pp. 93-99, 1994.
- [23] Economides M.J. & Nolte K.G., *Reservoir stimulation*, 2<sup>nd</sup> edition, Prentice Hall, Eaglewood Cliffs, NJ, 1988.
- [24] Schlager B.A. & Frick T.P., "Real time monitoring and analysis of matrix stimulation operation", paper SPE 31104, Resources engineering systems Inc.: STIMPRO Manual Resources Engineaing systems Inc., Cambridge MA 1995.
- [25] McLeod, Harry O., "Significant factors for successful matrix acidizing", SPE- 20155.
- [26] Shadizadeh S.R. & Zoveidavianpoor M., "A Successful experience in optimization of a production well in a southern iranian oil field", IJChE, Vol. 6, No. 2, 2009.
- [27] Shadizadeh S.R. & Zoveidavianpoor M., "Study reviews Iran, world well cementing practices", Oil & Gas Journal, Vol. 108, Issue 22, 2010.
- [28] Tavassoli M., Ranjbar M. & Movaheddinian A., "Investigation of the reasons of acidizing failure in carbonate formation of Ahwaz field", 3<sup>rd</sup> Mining Engineering Conference, Kerman, pp. 401-409, 2003.