Archive of SID

یادداشت پژوهشی

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

منصور زویداویان‌پور[1*]، سیدرضا شادی‌زاده[2] و سیروس ممبینی[3]
۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان، دانشکده مهندسی شیمی
۲- دانشگاه صنعت نفت آبادان
۳- شرکت ملی نفت ایران
Mansoor353@Yahoo.com

پژوهش نفت
سال بیستم
شماره ۶۲
صفحه ۱۰۶-۹۴، ۱۳۸۹

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 پوستهٔ 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 نفتیِ جنوب ایران می‌باشد. نتایج بهره‌برداری بعد از اسیدکاری در میدان مورد مطالعه نشان دهندهٔ عدم کارایی اغلب این عملیات می‌باشد. در این مقاله بعد از مقدمه، تاریخچهٔ 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 پیشینهٔ 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، به‌دلیل معظلات 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، چاه‌آزمایی، آنالیز گرهی

مقدمه

عملیات انگیزش چاه توسط اسیدکاری برای افزایش بهره‌وری و تزریق‌پذیری چاه‌های نفت و گاز تولیدی و یا متروک‌شده[1] طی سالیان متمادی در صنعت نفت در حال انجام می‌باشد. آزمایش‌های فشارگذرا[2] و تحلیل کارایی چاه به‌طور مستقیم

1. Abandoned
2. Pressure Transient Test

www.SID.ir

Archive of SID

بـه فعالیت مخـزن ارتباط دارند و معمـولاً قبل از هرگونه عملیـات انگیزش چاه به‌منظور شناسـایی میزان آسـیب، فشار مخزن، شـعاع تخلیه چاه و مهم‌تر از همه اثر پوسته[1] مشخص می‌شوند. آسیب سـازند در چاه‌های نفت، گاز و تزریق آب، یکی از دلایلی اسـت که بـه کاهش بهره‌وری یا تزریق‌پذیری منجر می‌شـود. یکی از روش‌های مهم در پایش اثر پوسـته، بررسـی 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. محاسـبات بهره‌وری بر پایه معیارهای مذکور، مهنـدس بهره‌بردار را در برآورد حداکثر نـرخ تولید چاه بعد از عملیات اسـیدکاری یاری می‌کند.

کاهش تولید ممکن اسـت دلیلی غیر از آسـیب اطراف دهانه چاه داشته باشد [۲]. تنها طریق شناسایی علت کاهش تولید بررسی فشـار از عمق سازند تا سرچاه، با استفاده از تاریخچه تولید، چاه آزمایی و بررسـی فشـارهای جریانی چاه‌ها همانند روش آنالیز گرهی[2] می‌باشـد [۳]. در مرجع [٤] به تفصیل درباره این روش و مزایای آن در بهینه‌سازی چاه‌های نفت و گاز توضیح داده شده است. آسیب فقط در اطراف سـازندِ محاط کنندهٔ دهانه ته چاه به وجود نمی‌آید، بلکه به آسـانی در داخل لوله مغزی، پوشـش شـنی یا در مجرای مشـبک کاری شده پوشش شـنی نیز بروز می‌کند. در بعضی موارد، اسیدکاری ماتریکسی[3]، قادر به کاهش اثر پوسـتهٔ مثبت نیسـت، تراکم ناچیز مشبک کاری‌ها، جریان چندفازی و جریان گازی آشـفته از جمله عواملی هسـتند که باعث بروز اثر پوسـتهٔ مثبت می‌شـوند. جهت غلبه بر آسیب سازند[4]، اسیدکاری ماتریکسی باعث حذف یا تقلیل ناحیهٔ صدمه دیدهٔ اطراف دهانهٔ چاه می شود ولی در مقابل روش شکافت هیدرولیکی[5] باعث حذف ناحیهٔ صدمه دیده نمی شـود بلکه هدف آن ایجاد ارتباط مسـتقیم بین ناحیهٔ آسـیب ندیده و حفرهٔ چاه است. در مرجع [۵]، فهرستی از شـاخص‌های بارز در عملیات اسیدکاری ماتریکسی آورده شده اسـت. آنالیز گرهی، فشـارهای تولیدی در وضعیت پایـدار چاه را پیش‌بینی و شـاخص‌های بـارز را تصحیح می‌کند. با مقایسه فشارهای اندازه‌گیری شده واقعی و آنالیز گرهی، موقعیت دقیق هرگونه آسیب در چاه قابل شناسایی اسـت. روابط قابل قبـول متعددی برای محاسـبه جریان چندفازی قائم از قبیل Beggs& Brill[٦]، Duns& Ros[۷]، Hagedorn& Brown[۸] و Orkizews[۹]، موجود است.

یکی دیگر از موارد مهم در موفقیت آمیز شدن عملیات اسـیدکاری ماتریکسـی، انتخاب چاه مناسب می‌باشد. این مرحله به‌دلیـل دارا بودن لایه‌های مختلـف با نفوذپذیری متفاوت در سازندهای کربناته، به کلیدی‌ترین و بحرانی‌ترین فعالیت در اسـیدکاری ماتریکسی مبدل شده است. مرجع [۱۰] اطلاعات ارزشمندی در رابطه با انتخاب چاه را ارائه داده است.

یکـی دیگر از دلایل عـدم موفقیت آمیز بودن عملیات اسیدکاری ماتریکسـی، روش ارسال اسید به سازند است. در روش گسـترده[6]، اسید از سـطح زمین از مسیرهای لوله جداری و آسـتری در چاه پمپ می‌شـود که از این طریق هرگونه مواد زائد و ناخالص موجود در لوله مغزی و سیالات زیـر مجرابند[7] مانند گل به صورت مسـتقیم وارد سـازند می‌شوند. اسـتفاده از لوله مغزی سـیار[8]، مشکلات ارسال مواد زائد و آسیب‌رسـان به سازند را برطرف می‌کند [۱۱]. در مواقعـی که به‌دلیل وجود مانع و یا آسـیب‌دیدگی لوله جـداری، نیـاز به تعمیـر چاه وجود داشـته باشـد، برای اسـیدکاری از دکل نیز اسـتفاده می‌شـود. مزایـای فنی و اقتصادی اسـتفاده از لوله مغزی سـیار در مقایسه با روش گسترده توسط محققان زیادی بررسی شده است [۱٤-۱۲].

تشکیل لخته[9] آسفالتین بر اثر تحریک اسید، یکی دیگر از عوامل مهم در عـدم موفقیت عملیات انگیزش چاه‌های نفت و گاز اسـت. مدل پیشـنهادی در مرجع [۱۵]، اثرات افزایه‌های مختلف بر لخته شدن نفت خام را بررسی می‌کند و می‌تواند به‌عنوان ابزار طراحی در عملیات اسـیدکاری و به‌منظور کاستن از خطرات تشکیل لخته مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به وجود آسفالتین (که یکی از معظلات اساسی مخزن مورد مطالعه می‌باشد)، پارافین، آهن و غیره در مخزن و همچنین برای جلوگیری از خوردگی فلز و آسـیب‌های

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

www.SID.ir

Archive of SID

ناشـی از گل حفاری، افزودن افزایه‌ها به سیال اسیدکاری ضروری به‌نظر می‌رسد.

رسـوبات آسـفالتین نیز مشـکلات قابل توجهی را در چاه‌های تزریقی و تولیدی تأسیسات سطح‌الارضی، خطوط لوله و نیز در فرایندهای پالایشگاهی ایجاد می‌کنند. در مرجع [۱۶] نشان داده شده است که به‌کارگیری حلال‌هایی مانند زایلن در قبل و بعد از عملیات انگیزش در چاه‌های نفت و گاز ایران، باعث نفت دوست شدن[1] سازند می‌شود. استعداد تشکیل لخته براساس ماهیت فیزیکی و شیمیایی نفت خام توسـط تحریک اسید، بیشـتر در نفت‌هایی که درجه API آنها مساوی یا بیش از ۲۷ و محتوای آسفالتین آنها مساوی یا کمتر از ۳٪ وزنی باشـد، بیشتر می‌باشد [۱۷]. در مرجع [۱۵]، تأثیرات غلظت‌های مختلف اسـید، نوع اسید، حلال شستشوی قبل از مرحله اصلی اسیدکاری، افزایه‌های کنترل آهن، غلظت‌های مختلف یون‌های آهن دو و سـه ظرفیتی، غلظـت حلال‌های دوجانبه، نـوع بازدارنده‌های خوردگی و انواع مواد فعال در سـطح 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- اسـید هیدروفلوریک به‌جـز 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 دوظرفیتی آهن تسریع می‌بخشند.

٤- اسـتفاده از حلال‌هـای دوجانبـه بـا غلظـت بیش از ۵٪، اسـتعداد تشـکیل لختـه را افزایـش خواهـد داد.

۵- افزایه‌هـای کنترل کننده آهن، مانند اسـید سـیتریک، EDTA و NTA، از عوامل تشکیل لخته شناخته شدند.

٦- مـواد فعـال در سـطح ماننـد Fluoro-surfactant, Non-emulsifier, Wetting agent، اثـرات معتنابهـی بـر تشکیل لخته دارند [۱۵]. جایگزینی مناسب و صحیح سیال در چاه برای پوشش مناسب در تمام منطقه دلخواه، یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار در موفقیت‌آمیز بودن یا شکست اسیدکاری ماتریکسی می‌باشد. این سیال‌ها در هنگام تزریق به‌طـور طبیعی تمایل بـه حرکت در مسـیری را دارند که دارای کمترین مقاومت در مقابل آنها باشـد، مانند مناطق با نفوذپذیری بالا یا مناطقی که کمتر آسیب دیده‌اند. به‌دلیل اینکه آسیب سازند باید کاملاً در ناحیه تولیدی حذف شود، باید یک سیستم انحراف موثر مورد استفاده قرار گیرد. در مرجع [۱٦]، یک روش جدید انحراف اسـید مورد اسـتفاده قرار گرفته است که بر پایه تکنولوژی پلیمری همراه[2] است. روش‌های متنوع انحراف به تفصیل در مراجع [۱۹-۱۷] آمده است.

مـوارد متعـدد عـدم موفقیت‌آمیـز بودن اسـیدکاری ماتریکسـی در مقایسه با دیگر عملیات در یک میدان نفتی (مانند شـکافت هیدرولیکی)، در گزارشـات مختلف آمده اسـت [۲۰و۲۱]. یکـی از دلایل عمده شکسـت عملیات اسـیدکاری ماتریکسـی، ارزان قیمت بـودن این عملیات اسـت. به‌هرحال به‌صورت کلی سـمت و سـوی صنعت بالادسـتی نفت به دلیل افزایش تعـداد چاه‌های نیازمند به اسـیدکاری ماتریکسی تغییر یافته اسـت که عمدتاً به‌دلیل نیاز به بهینه‌سازی و برداشـت صیانتی از مخازن و مزایای عملیاتی و اقتصادی این عملیات است [۲۲]. این وضعیت باعـث ارتقاء تلاش‌های جـدی برای توسـعه روش‌ها و تکنولوژی جدید در عملیات اسیدکاری می‌شود [۲۳و۲٤]. بر اساس گزارش یکی از شرکت‌های متولی تولید نفت در ایران، تعداد ۷۵ چاه در سـال به روش گسترده اسیدکاری می‌شـوند. علاوه بر عدم افزایش بهره دهی در بسـیاری از چاه‌های اسـیدکاری شـده، تولید آب و آسفالتین نیز مزید علت شده است. به‌منظوربررسی این موضوع،تعداد ۹ حلقه چاه در یکی از مخازن کربناتهٔ شـرکت B انتخاب شـدند. بیشـتر چاه‌ها در این مخزن با استفاده از دکل، لوله مغزی سیار و روش گسترده، اسیدکاری شده‌اند.

در ایـن پژوهـش، ابتـدا تاریخچـهٔ انجـام عملیات اسـیدکاری درشرکت B بررسی و سـپس 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 مشـکلات عملیات اسـیدکاری از قبیل روش قراردادن اسـید در چاه، افزایه‌های به‌کارگرفته شده، سیسـتم انحراف و غیره تشریح می‌شود. نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادات نیز در انتهای این مقاله آمده است.

1. Oil-wet
2. Associated Polymer Technology

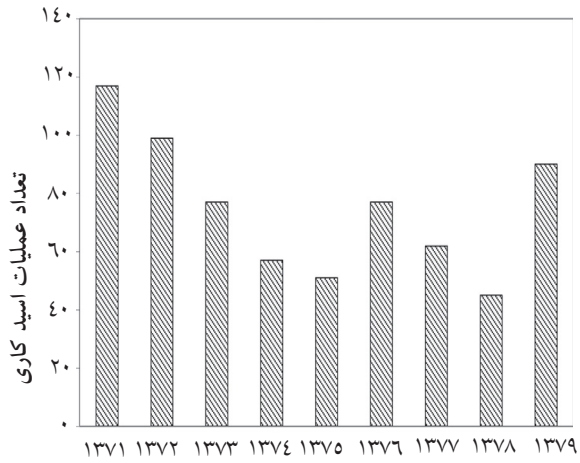
www.SID.ir

Archive of SID

عملیات اسیدکاری در میدان های نفتی ایران

بعد از اتمام حفاری چاه، مسئولیت انجام آزمایش‌های فشاری ایستا و جریانی، مشبک کاری و آزمایش‌های ساخت فشار به‌منظور مشخص کردن قابلیت‌های چاه و محدودیت‌های آن، به عهدهٔ 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 تعمیرِ چاه به واسطه لوله مغزی سیار و تزریق مقدار ۴۰۰۰ تا ۸۰۰۰ گالن اسید کلریدریک با درصدهای مختلف (۱۵ تا ۲۸ درصد) برای زدودنِ 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 به‌وسیله گازوئیل توسط روش اسیدکاری گسترده برنامه‌ریزی خواهد شد تا از رسیدن اسید به سازندِ مورد نظر اطمینان حاصل شود. در حالتی که تزریق پذیری چاه با فشار ۲۰۰۰ پاوند بر اینچ مکعب (پام)، کمتر از ۲ بشکه در دقیقه باشد، ضروری است که زون تولیدیِ 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 ۱– تعداد کل چاه‌های اسیدکاری شده در شرکت B از سال ۱۳۷۱ الی ۱۳۷۹

سوابق عملیات اسیدکاری ماتریکسی و شرکت‌های سرویس دهنده

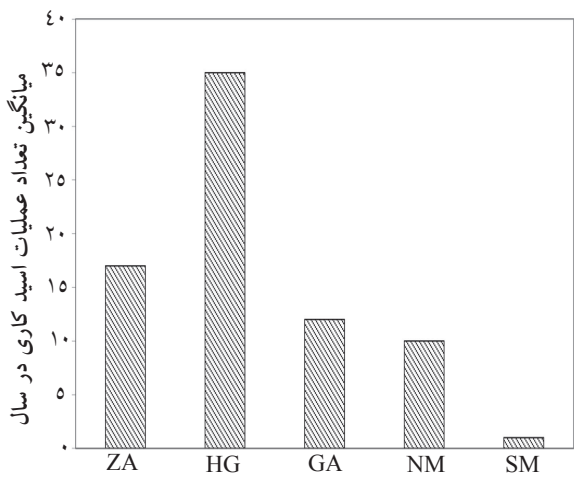
در دهه گذشته در شرکت B، بیش از ۷۰۰ چاه در میادین نفتی، به روش ماتریکسی، اسیدکاری شده‌اند. از این تعداد، بیش از ۶۰۰ حلقه چاه تولیدی نفتی بوده و مابقی چاه‌های گازی و دفع آب[1] بوده‌اند. به جز حدود ۴۰ چاه اسیدکاری شده توسط شرکت DOWEL در سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲، مابقی عملیات اسیدکاری توسط یکی از شرکت‌های داخلی 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 زیرمجموعهٔ شرکت B را نشان می‌دهد.

انواع اسید مصرفی و مشخصات نفت خام میدان مورد مطالعه

انواع عمدهٔ اسیدهای مصرفی که توسط شرکت‌های سرویس‌دهنده در دههٔ 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[2] در شرایط ایستا انجام می‌گیرد (علیرغم ضروری بودن انجام



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

1. Water Disposal
2. Compatibility Tests

www.SID.ir

Archive of SID

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 کنندهٔ نشت[1]	اسید کلریدریک ۱۵٪
اسید خود انحراف[2]	اسید امولسیونی(۵۰:۵۰)[3]
اسید امولسیونی با درجهٔ بالا(۷۰:۳۰)[4]	اسید امولسیونی(۷۰:۳۰)
اسید DAD برای چاه‌های آسفالتینی	اسید تاخیری شیمیایی[5]
اسید گِل (۱۲:۳)[6]	اسید گِل (۱۲:۳)
اسید تقویت شده[7]	اسید تقویت شده
اسید رس[8]	

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

مشخصات	مقدار	واحد
دی اکسید کربن	٤/٤٢٧	درصد وزنی
سولفید هیدروژن	۱/۸۱۲	درصد وزنی
سولفور	۳/۳	درصد وزنی
آهن	۲/٦	ppm
آسفالتین	۷/۱۵	درصد حجمی
واکس	۳/۹	درصد وزنی
نقطهٔ ذوب آسفالتین	٤۰	درجهٔ سانتیگراد
کلرید سدیم	۷۳	پوند در هر هزار بشکه
هیدروکسید پتاسیم	۱۰	پوند در هر هزار بشکه
گرانروی	۰/۸۱	سانتی‌پواز
وزن حجمی (٦۰ درجه فارنهایت)	۰/۹۰۵۸۳	--
API	۲٦/۷۱	--

آزمایش‌های خاص در حالت پویا[9] و شرایط مخزن). انواع افزودنی‌هایی که در اسیدکاری چاه‌های شرکت B مورد استفاده قرار می‌گیرند، به قرار زیر است:

۱- ضد خوردگی[10] که باعث کاهش نرخ واکنش اسید با تجهیزات درون چاهی و سطحی الارضی می‌شود.

۲- غیر امولسیونی[11] که موجب ممانعت از تشکیل امولسیون بین فازهای آبی و غیر آبی می‌شود.

۳- عامل معلق کننده[12] که سبب ممانعت از رسوب ذرات ریز می‌شود.

٤- کاهش دهنده کشش سطحی

۵- خنثی کننده امولسیون[13] که باعث شکست امولسیون‌های نفت- آب می‌شود.

٦-ضد لخته[14] 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[15] که کندکننده نرخ واکنش اسید قبل از مصرف نهایی آن است.

۸- حلال دوجانبه[16] که حل شونده در محلول‌های آبی و هیدروکربن، آب دوست کردن سازند و کاهش دهنده اشباع آب در اطراف دهانه چاه می‌باشد.

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

انواع عمده انحراف کننده‌ها

در عملیات اسیدکاری در میادین شرکت B سه نوع عمده منحرف کنندهٔ[17] اسید مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱- تک دانه‌ای[18]

۲- اسید بنزوئیک[19]

۳- درزگیرهای توپی(گویچه) غیرشناور[20]

به جای استفاده از پیشرفت‌های حاصل شده در روش‌های متنوع انحراف (مانند استفاده از جامدات، ژل و فوم و ....)، در میادین نفتی شرکت B کماکان از روش‌های معمول قدیمی استفاده می‌شود.

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

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج کار

به‌دلیل انجام قسمت اعظم عملیات اسیدکاری در سازندهای کربناتـه، تعداد ۹ حلقـه چاه در یکی از مخـازن نفتی در شـرکت B انتخاب شـدند. در این تحقیق سعی شده است که چاه‌آزمایی و انتخاب مدل‌های مناسب به‌منظور بررسی و استفاده در مدل چاه‌های مخزن به‌طور دقیق انجام پذیرد. انجام آنالیـز گرهی نیز با اسـتفاده از اطلاعات چاه‌آزمایی مدل چاه‌ها با اسـتفاده از مدل تکمیل حالت کاذب[1] انجام شـد تأثیر پارامترهای پوسته و نفوذپذیری به تفصیل مورد مطالعه قرار گرفت.

عملیات چاه آزمایی

تعداد ۹ حلقه چاه در میدان نفتی که دارای اطلاعات فشـار بودند برای مطالعه انتخاب شدند. تعداد ٤ حلقه چاه دارای اطلاعات فشـار لازم برای انجام آنالیز چاه‌آزمایی در قبل و بعد از عملیات اسـیدکاری بوده و تعداد ۵ حلقه چاه فاقد ایـن اطلاعات در قبل از عملیات اسـیدکاری بودند. انجام عملیات به‌دسـت آوردن اطلاعات فشاری در میدان مورد مطالعه با استفاده از فشارسنج مکانیکی Amerada انجام شد که دارای دقت بالایی نمی‌باشـد. هدف اصلی از انجام این ارزیابی، تعیین پوسته و نفوذپذیری چاه‌ها بود. ارزیابی چاه آزمایی در این تحقیق، توسـط نرم‌افزار Pansys، انجام شد. فقدان داده‌های زمانی اولیه، تفسـیر Wellbore Storage را پیچیده کرد. با توجه به تکمیل بعضی از چاه‌ها در لایه‌های مختلف، آزمایش عملکـرد جریان ورودی انتخابی[2]، انجام نشـد که نتیجه آن بالا رفتن درجـه عدم قطعیت ارزیابی‌ها می‌شـود. براساس مطالعات انجام شده، عملیات ماتریکس اسـید در چاه‌هـای نفتی با نفوذپذیری مسـاوی یا بیش از ۱۰ میلی دارسـی موفقیت آمیـز خواهد بود [۲۵]. لذا یکی از مهم‌تریـن عوامل در انتخاب چاه به‌منظور اسـیدکاری، دارابودن نفوذپذیری مسـاوی یا بیش از ۱۰ میلی دارسـی است. بر اسـاس ارزیابی چاه‌آزمایی که در جدول ۳ نشان داده شده است، موارد زیر نتیجه‌گیری می‌شود:

۱- میانگیـن مقدار نفوذپذیری در ارزیابی انجام شـده، ۷

جدول۳- نتایج آزمایش‌های چاه‌آزمایی

شمارهٔ چاه	زمان تست	نام سازند	شماره لایه	مدل جریانی مخزن	نفوذپذیری (میلی دارسی)		پوسته		اندیس بهره‌برداری (STB/d/psi)	
٤	٦	سروک	۱-۳	شکاف عمودی/انتشار نامحدود[3]	٦	۷	۰	۱	۱/٦۵	۱/۷
۵	٦۷	سروک	۱-۳	شعاعی همگن[4]	--	۷	--	٦/٦	--	۱/۱
۱۸	۱۲	ایلام	۱-۲-۳	شکاف عمودی/ ریزش یکسان[5]	--	۹	--	۰/۱	--	۲/۳
۲۰	۱۲	سروک	۲-۳	شعاعی همگن	--	۱۰/۵	--	٦/۱	--	۱/۳
۲۲	۷۲	سروک	۲-۳	شکاف عمودی/ ریزش یکسان	۱۰/۲	۱۱/۳	۲	۰	۰/٦۵	۰/۸
۲۳	۲٤	سروک	۱-۲-۳	شکاف عمودی/انتشار نامحدود	۲	۲/٤	۱	۱/٤	۱/۱	۱/۱
۲۵	٦۹	سروک	۱-۲-۳	شعاعی همگن	۵/۳	۵/۹	۲/۵	۲/۸	۱/۱	۱/۲
۲۸	۱۲	سروک	۱-۲	شعاعی همگن	--	۰/٦	--	۵/۹	--	۰/۵
۳۸	٦۸	سروک	۲-۳	شعاعی همگن	--	۱۰/۱	--	٦/٦	--	۱/۳

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

www.SID.ir

Archive of SID

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

۲- اغلب چاه‌ها دارای پوستهٔ مثبت بوده که نتایج بعد از اسیدکاری نشان دهندهٔ برطرف نشدن این پوسته و در نتیجه موفقیت‌آمیز نبودن عملیات اسیدکاری است (چاه‌های ٤، ۲۳ و ۲۵).

۳- اندیس بهره‌برداری[1] میانگین در این چاه‌ها، ۱/۲۵ است که چاه ۲۸ با عدد ۰/۵ دارای کمترین و چاه ۱۸ با مقدار ۲/۳ دارای بیشترین PI می‌باشد.

٤- کم بودن زمان آزمایش ساخت فشار[2]، محدودیت‌های مخزن مانند مرزهای مخزن، گسل و غیره را به‌وضوح مشخص نمی‌سازد.

آنالیز گرهی چاه‌ها در میدان مورد مطالعه

با جمع آوری اطلاعات حاصل از چاه‌آزمایی، آزمایش‌های فشار استاتیک و فشار جریانی چاه از ابتدای بهره‌برداری تا زمان شبیه‌سازی و با استفاده از نرم‌افزار Pipesim، شبیه‌سازی و مولفه‌های مهم چاه از قبیل فشارهای جریانی و استاتیک، نرخ جریان و پتانسیل جریانی باز مطلق چاه[3] تعیین شدند. در ابتدا یک مدل فیزیکی از چاه که شامل تکمیل[4] و لوله مغزی می‌باشد، 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 گره‌ای 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 درمراجع دیگر Duns& Ros ,Begs& Brill ,Mukherjee& Brill ,Govier, Aziz& Fogarasi نزدیکترین و بهترین معادله جریانی پیش فرض برای سیستم می‌باشد. در این تحقیق، معادله Hagedorn& Brown, به‌عنوان معادله جریانی پیش فرض انتخاب شد و با وارد کردن اطلاعات ضروری برای شبیه‌سازی 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 آزمایی انجام شد، دبی متوقع از هر چاه با استفاده از حساسیت سنجی نسبت به پوسته انجام شد. نتایج نشان‌دهندهٔ افزایش دبی تولید با کم شدن اثر پوسته است. شکل‌های ۳ و ٤ آنالیز گرهی چاه‌های شماره ۵ و ۱۸ را نشان می‌دهند. در این شکل‌ها محور عمودی فشار را بر حسب پام و محور افقی تولید نفت در سرچاه را بر حسب بشکه نشان می‌دهد. انجام آنالیز گرهی یکی از عوامل مهم در شناسایی چاه‌های منتخب برای انجام عملیات ماتریکس اسید می‌باشند. در این تحقیق، چاه‌های ٤، ۵ و ۲۵ دارای محدودیت تکمیل هستند که برای انجام عملیات اسیدکاری قبل از تغییر تکمیل مناسب نمی‌باشند. چاه‌های ۱۸، ۲۰، ۲۲، ۲۳، ۲۸ و ۳۸ دارای محدودیتی از نظر تکمیل نمی‌باشند.

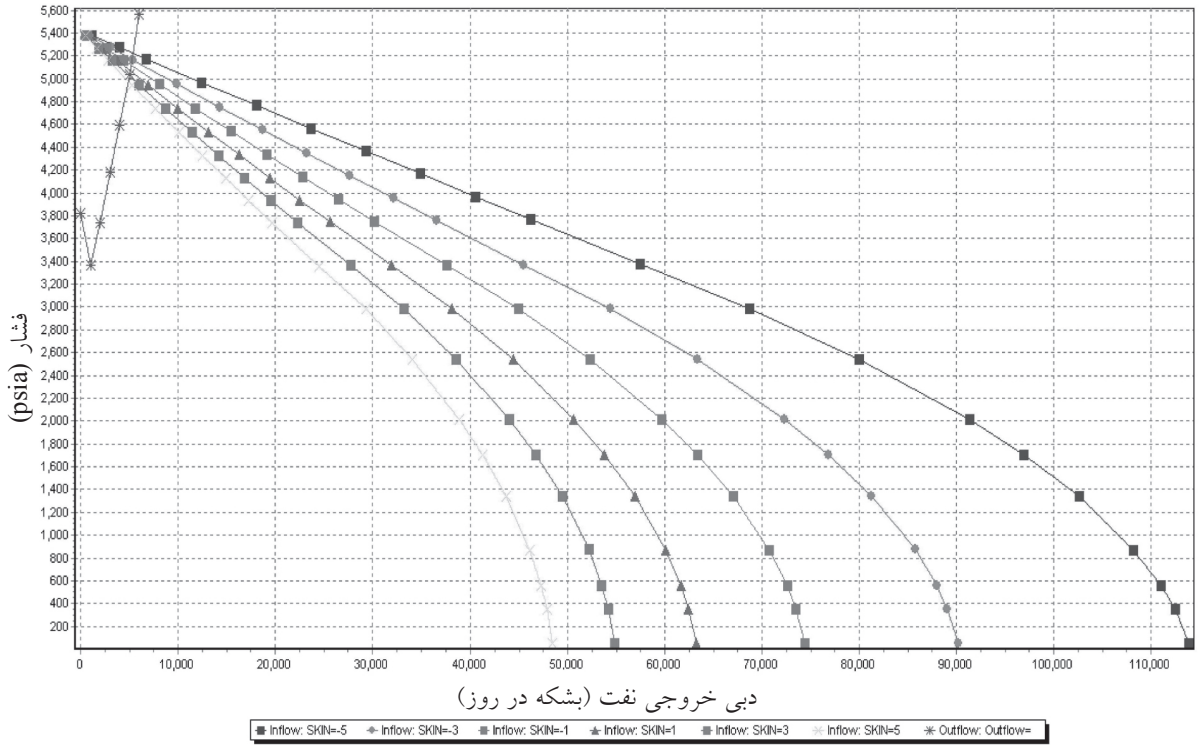
بحث و تفسیر مطالب

چاه‌آزمایی 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 غیرموثر و عدم کارایی روش قرار دادن اسید، عدم استفاده از افزایه‌های خاص (مانند کنترل کننده آهن)، فقدان تحقیقات آزمایشگاهی برای آزمایش‌های جریانی مغزه و آنالیزهای آسیب سازند، آسیب‌های سازندی عمیق و استفاده از اسید کلریدریک با درصد بالا بدون درنظر گرفتن وجود کانی‌های سیلیسی، از جمله موارد دیگری هستند که باعث عدم موفقیت آمیز بودن عملیات انگیزشی می‌باشند که در ادامه به تفصیل بحث و تفسیر خواهند شد.

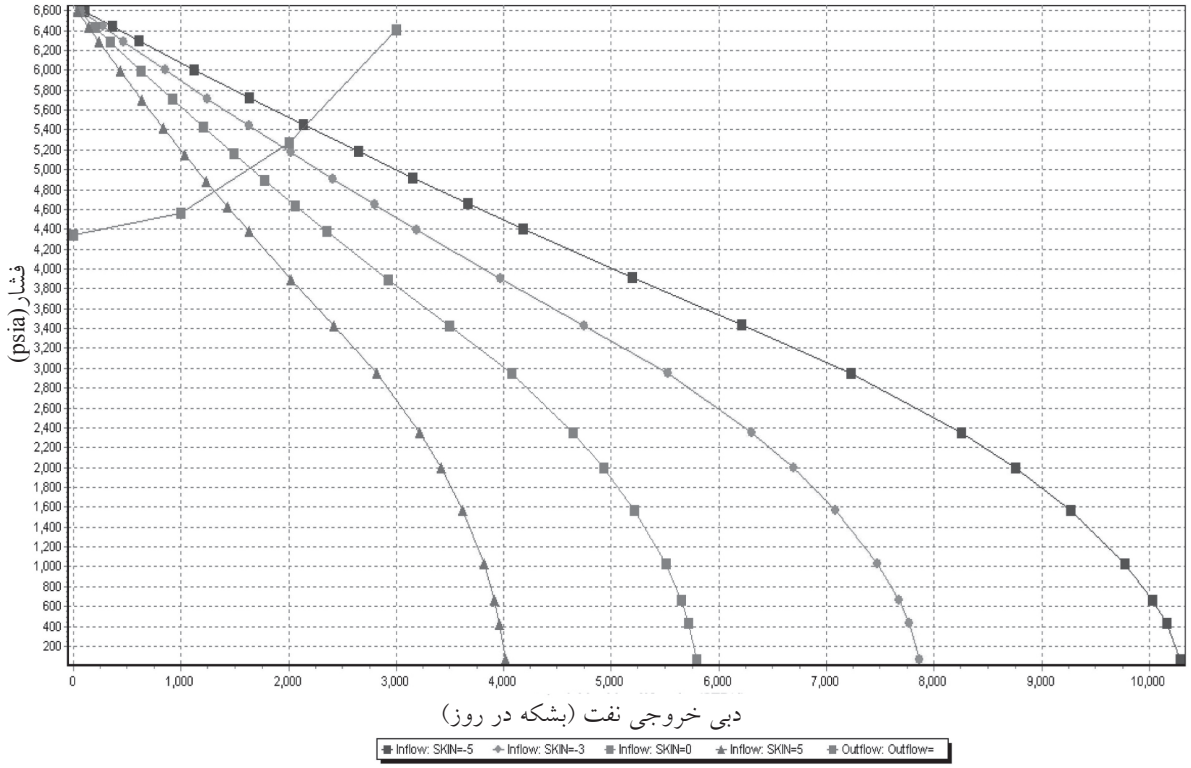
1. Productivity Index (PI)
2. Buildup
3. Absolute Open Flow Potential
4. Well Completion

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- تولید نفت در سر چاه آنالیز گرهی چاه ۵



شکل٤- تولید نفت در سر چاه آنالیز گرهی چاه ۱۸

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی چاه‌آزمایی

در بررسی چاه‌آزمایی، 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 به‌عنوان گزینه برتر اندیشید. علاوه بر موارد گفته شده، کارایی عملیات حفاری باید در جهت کاهش آسیب سازندی، ارتقاء یابد. بررسی اثر پوستهٔ 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 به‌همراه اندازه‌گیری حقیقی افت فشار به پیش‌بینی موقعیت هر گونه 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 [٤و٢٦]. عدم استفاده از لوله مغزی در چاه‌ها با توجه به کاسته شدن از تولید به‌دلایل 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 میادین 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[1] نشان می‌دهند با کاهش پوسته (از ۵+ تا ۵-)، تولید نفت افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت. شیب تند منحنی عملکرد لولهٔ مغزی[2] به‌دلیل افزایش قابل ملاحظهٔ فشار اصطکاکی، یکی از محدودیت‌های مهم در تولید از چاه شمارهٔ 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 ٤، 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 افزایه‌ها

بررسی و شناخت دقیق کانی‌های متشکله و بافت سنگ مخزن به‌علاوهٔ 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 جریانی 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 افزایه‌های آن در شرایط ته چاه ممکن است منجر به بروز مشکلات جدی شود. با عنایت به پیشینهٔ تحقیق به‌دلیل استفاده از اسید با غلظت بالا (اسید کلریدریک ۲۸٪)، در چاه‌های ۲۲و ۲۳و ۱۸و از طرفی عدم استفاده از مواد ضدلخته، آسفالتین تولید شده است. فقدان افزایه‌های مورد نیاز (همانند کنترل کننده آهن)، فرایند رسوب آسفالتین

1. Inflow Performance Relationship (IPR)
2. Tubing Outflow or Intake Performance Curve (TPC)

www.SID.ir

Archive of SID

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. به‌دلیل وجود سیلیس در میدان مورد مطالعه، اسید مصرفی باید شامل درصد مناسب از اسید فلوئوریک نیز باشد.

دو نوع افزایه حتماً باید در هر عملیات اسیدکاری به‌کار گرفته شود: افزایهٔ ضد خوردگی اسید و افزایهٔ کاهش‌دهنده کشش سطحی که می‌تواند به‌عنوان افزایهٔ ضد امولسیون عمل کند. استفاده از افزایهٔ کنترل کننده یون آهن نیز به‌دلیل 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 تأثیر آن بر کل لایه یا زون تولیدی است. براساس نتایج آزمایش‌های چاه پیمایی تولید، در چاه‌های ۵ و ۲۰، انحراف کننده‌های معمول (درزگیرهای توپی، تک دانه‌ای و اسید بنزوئیک)، موثر نبوده و باید جای خود را به روش‌های جدید انحراف تغییر دهند. گذشته از نوع قرارگیری اسید درچاه 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 می توان 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 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، به‌واسطه 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 مجرابند متورم شونده[1]) توصیه می‌گردد. علاوه بر این موفقیت‌آمیز بودن به‌کارگیری انحراف کننده‌هایی از قبیل فوم و ژل به‌همراه لوله مغزی سیار در میادین مختلف دنیا به اثبات رسیده است. بنابراین استفاده از این روش در انگیزش چاه‌های نفت و گاز ایران پیشنهاد می‌شود.

نتیجه گیری

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

۱- قبل از هرگونه عملیات اسیدکاری، انجام آزمایش چاه آزمایی 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 ٤، 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 دارسی است.

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

1. Inflatable Packer

www.SID.ir

Archive of SID

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.

٦- میزان رسوب آهن بستگی به زمان نگهداشتن اسید در داخل سازند و pH اسید مصرف شده دارد. در طبقات آهکی و دولومیتی، اسیدکلریدریک به سرعت مصرف شده و هنگامی‌که 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 توپی، دانه‌های تکی و اسید بنزوئیک) 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:

۱- انجام مطالعات توصیف مخزن[1] برای وضوح بیشتر عدم قطعیت‌های موجود ضروری به‌نظر می‌رسد.

۲- برای افزایش کارایی اسیدکاری، حتما 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 چاه ها در میدان مورد مطالعه لازم و ضروری می‌باشد.

٤- 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 امکان سنجی انجام شکاف‌زایی با اسید به‌دلیل پایین بودن نفوذپذیری سازندی در بیشتر چاه‌ها مخصوصاً مخازن بالغ،[2] انجام پذیرد. شکافت هیدرولیکی بهترین روش جهت ایجاد ارتباط مستقیم بین ناحیهٔ صدمه ندیده و حفرهٔ چاه است.

٦- از انجام عملیات اسیدکاری با روش گسترده جلوگیری شده و به‌جای آن از لوله مغزی سیار به‌همراه مجرابند 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.

1.Reservoir Characterization
2. Mature reservoir

www.SID.ir

Archive of SID

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 arti-ficial 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 6th 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 solvnet"*, paper SPE 4115, prepared for the 47th 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 7th 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.

www.SID.ir

Archive of SID

[19] Erbstoesser S.R., *"Improved ball sealer diversion"*, J. Petroleum Technol., pp. 1903-1910, 1980.

[20] Montgomery C.T., Jan Y. M. & and 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] Economies M.J. & Nolte KG., *Reservoir stimulation,* 2nd edition, Prentice Hall, Eaglewood Clifffs, 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"*, 3rd Mining Engineering Conference, Kerman, pp. 401-409, 2003.

www.SID.ir