Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

بهبود انگیزش چاه‌های نفت و گاز با تکنولوژی نوین VES

بهناز دانشوند [۱] ، عرفان زری بافان[۲] ، فرزاد خدابنده [۳]
شرکت پویل - تهران ، خ شریعتی ، بین همت و میرداماد ، کوچه ویرا ، پلاک ۱۴ واحد ۵
cto@poil.ir

چکیده
موفقیت اسیدکاری به توزیع یکنواخت سیال اسیدکاری در تمام ناحیه، بستگی دارد. زمانی که سیالات به درون چاه پمپ می‌شوند، به طور طبیعی تمایل به جریان پیدا کردن در نواحی با تراوایی بالا یا آسیب کم را دارند. آزمایشات میدانی نشان داده‌اند که بدون انحراف مناسب، نمی‌توان از پوشش کامل ناحیه اطمینان حاصل کرد. روش‌های انحراف باید شرایط زیر را داشته باشند: آسیب زیادی به سازند نرسانند، با سیالات سازند سازگار باشند، به آسانی از سازند پاک شوند و در شرایط پایین چاه، پایدار باشند.تکنیک‌های انحراف به دو دسته‌ی مکانیکی (مجرابندها و گویچه‌های مسدود کننده) و شیمیایی (کف، ذرات ریز و اسیدها با گرانروی بالا) تقسیم‌بندی می‌شوند. تکنیک‌های مکانیکی، هزینه‌برتر و وقت‌گیرتر از تکنیک‌های شیمیایی هستند و در چاه‌ها با تکمیل باز کاربرد ندارند.بهترین روش انحراف شیمیایی، سیستم اسید بر پایه-ی مواد فعال سطحی، می‌باشد. مولکول‌های مواد فعال سطحی می‌توانند در حضور نمک‌ها، مایسل‌های لوله‌ای تشکیل دهند و به طور چشمگیری ویسکوزیته را افزایش دهند. پس از اسیدکاری، ژل ماده‌ی فعال سطحی می‌تواند در اثر اختلاط با هیدروکربن‌ها، شکننده‌های خارجی و داخلی یا کاهش غلظت نمک توسط رقیق شدن با آب، بشکند. دلیل استفاده از سیال VES در کاربردهای نفتی، آسیب کم سازند، سهولت انجام عملیات با افزاینده‌های کمتر مورد نیاز و شکستن ویسکوزیته توسط هیدروکربن تولیدی، می‌باشد.در این مقاله به طور فنی مروری بر منحرف کننده‌های فیزیکی و شیمیایی به کار رفته در صنعت نفت، شده است. مکانیسم‌های مختلفی که باعث انحراف اسید توسط این مواد می‌شوند، پیشینه‌ی کاربرد و محدودیت‌های آن‌ها، آورده شده است. این مقاله برای مهندسین تولید، راهبردهایی جهت بهینه کردن قرارگیری سیال، ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: اسیدکاری، انحراف، مواد فعال سطحی ویسکوالاستیک، خواص رئولوژیکی.

---

۱ - مسئول بخش فنی شرکت پویل
۲- کارشناس بخش فنیشرکت پویل، دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی مخازن هیدروکربوری علوم و تحقیقات تهران
۳- کارشناس بخش فنیشرکت پویل، دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی مخازن هیدروکربوری علوم و تحقیقات تهران

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

۱- مقدمه

عملیات انگیزش چاه توسط اسیدکاری برای افزایش بهره‌وری و تزریق‌پذیری چاه‌های نفت و گاز تولیدی و یا متروک شده طی سالیان متمادی در صنعت نفت در حال انجام می‌باشد. در عملیات اسیدکاری، به منظور بهسازی و انگیزش طبقات مختلف تولید کننده‌ی نفت و گاز، اسید مورد نظر به درون چاه تزریق می‌گردد تا در سازندهای کربناته بخشی از طبقه را در خود حل نموده و مسیرهای جدیدی جهت تولید هیدروکربن‌ها ایجاد نماید و یا در سازندهای ماسه سنگی معابری که دچار آسیب شده یا مسدود گشته‌اندرا باز نماید. عموماً انگیزش چاه‌ها در سازندهای کربناته توسطهیدروکلریکاسیدودر سازندهای ماسه سنگی توسط مخلوط هیدروکلریک اسیدبا هیدروفلوریکاسید، با توجه به مزیت‌های قابل توجه آن‌ها،انجام می‌شود.به منظور متعادل نگه‌داشتن و تغییر برخی خواصهیدروکلریک اسید، افزایه‌های شیمیایی خاصی به آن اضافه می‌گردد. بعضی از این افزایه‌ها شامل ضدخوردگی اسید، منحرف‌کننده، کاهش دهنده‌ی کشش سطحی،خنثی کننده‌یامولسیون، کنترل‌کننده‌ی یون آهن و ... می‌باشند.از آن‌جا کههیدروکلریکاسیدبسیار مقرون به‌صرفه بوده و معمولاً هیچ محصول واکنش نامحلولی بر جای نمی‌گذارد، متداول‌ترین اسید مصرفی در عملیات‌های انگیزش سازندهای کربناته است. در دماهای بالا و یا در صورتی‌که سنگ مخزن یا سیال سازند با هیدروکلریک اسید ناسازگار باشد از اسیدهای آلی مانندااستیکاسیدو فرمیکاسید، استفاده می‌شود. اسید را می توان از سطح زمین و از مسیر لوله‌های جداری و آستری در چاهبه روش گسترده(Bullhead)و یا با استفاده از لوله مغزیسیار(Coiled Tubing)به سنگ مخزن ناحیه‌ی تولیدی رساند.

۲- عملیات اسیدکاری در میدان‌های نفتی ایران

براساس گزارش یکی از شرکت‌های متولی تولید نفت در ایران، تعداد ۷۵ چاه در سال به روش گسترده اسیدکاری می‌شوند [۱]. آمار دقیقی از تعداد چاههای اسیدکاری شده در ایران موجود نمی باشد. با این حال این عملیات هم در چاههای حفاری یا ترمیم شده و هم در چاههای تولیدی که امکان تشکیل آسیب در آنها وجود دارد، انجام می گیرد.

۳- اهداف و انواع انحراف

جایگیریمناسبوصحیحسیالدرچاهبرایپوششمناسبدرتماممنطقه-
یدلخواه،یکیازمهمترینعواملتاثیرگذاردرموفقیتآمیزبودنیاشکستاسیدکاریمی‌باشد. زمانی که سیال به داخل یک چاه پمپ می-شود، به طور طبیعی تمایل به جریان یافتن به سمت نواحی با بالاترین تراوایی یا کمترین آسیب، را دارد. به منظور حذف آسیب سازند در ناحیه‌ی تولیدیباید یکسیستمانحرافموثر،مورداستفادهقرار گیرد. بنابراین، منحرف کردن در تمام فرآیندهای بهسازی، به خصوص در چاه‌هایی با طول زیاد و یا چاه‌های چند لایه، توصیه می‌گردد. یک منحرف کننده‌ی ایده‌آل بایستی در سیال عملیاتی حل شود، بدون نفوذ عمیق به درون سازند و آسیب رساندن به سازند، یک سطح ناتراوا روی سطح سازند ایجاد کند، با سیالات اسیدکاری و آب شور سازند سازگار باشد، خواص فیزیکی و شیمیایی آن در دمای ته چاهی تغییر نکند و در انتهای عملیات به آسانی بازیافت گردد[۲].تکنیک‌های انحراف را می‌توان به دو گروه کلی مکانیکی و شیمیایی تقسیم کرد.

۳-۱- انحراف مکانیکی:

کنترل مکانیکیِ جایگیری سیال(Fluid Placement) توسط لوله مغزی سیار، مجرابند متورم شونده(Inflatable Packer) یا گویچه‌های مسدود کننده(Ball Sealers)انجام می‌گیرد. در روش مکانیکی از ابزارهای محدودکنندهمانند مجرابندها(Packers)

www.SID.ir

Archive of SID

برای کنترل نقطه‌ی ورود سیال؛ یا از گویچه‌های مسدود کننده برایمسدود کردن انتخابی سوراخ ها در نواحی آسیب ندیده یا نواحی با تراوایی بالا، استفاده می‌شود (شکل ۱). به این روش انحراف خارجی(External Diversion) نیز گفته می‌شود.
با وجود مفید و موثر بودن مجرابندها، جایگذاری آن‌ها نیازمند چندین مرحله می‌باشد که این روش را وقت‌گیر و هزینه‌بر می‌کند[۳]. به‌علاوه این روش برایچاه‌های با تکمیل باز(Open Hole Completion) کاربرد ندارد.

۳-۲- انحراف شیمیایی

در انحراف شیمیایی عموماً از ژل با گرانروی بالا، کف یا ذرات ریز به عنوان عوامل منحرف کننده در طی اسیدکاری ماتریکسی سازندهای کربناته استفاده می‌شود (شکل ۲). این مواد سرعت نفوذ سیال به درون کانال‌های جریان(Wormhole)ایجاد شده را با افزایش گرانروی موثر،کاهش می‌دهند یا امکان بسته شدن حفرات را با مواد جامد بسیار ریز فراهم می‌آورند.
تفاوت اساسی بین انحراف مکانیکی و شیمیایی این است که یک عامل منحرف کننده‌ی شیمیایی، از طریق افزایش مقاومت جریان داخل کانال‌های به وجود آمده، انحراف راایجاد می‌کند، در حالی که فرآیند انحراف مکانیکی نقطه‌ی ورود سیال را در دهانه چاه، کنترل می‌کند. به منظور افزایش بازدهی،ترکیب دو روش منحرف کردن مکانیکی و شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد[۴].
اولین گام برای طراحی اسیدکاری بهینه‌یسازند کربناته، پی بردن به چگونگی عملکرد هر تکنیک منحرف کننده‌ی اسید است.انحراف در مخازن کربناته بسیار مشکل‌تر از مخازن ماسه سنگی است و این به دلیل توانایی اسید در بالا بردن چشم‌گیر تراوایی در مخازن کربناته است. بهترین تکنیک انحراف برای یک میدان مشخص، لزوماً برای سایر میدان‌ها بهترین نیست.

۴- بررسی عملکرد انواع روش‌های انحراف

۴-۱- مجرابندها:

مجرابندها تجهیزات مکانیکی هستند که تنوع بالایی در جنس، اندازه و نحوه نصب شدن دارند (شکل۱- الف). مجموعه‌ی مجرابندها با انجام بهسازی‌های کوتاه در سراسر فواصل، برای کمک به حصول اطمینان از اسیدکاری تمامی نواحی، عمل می‌کنند. سیال‌های بهسازی یک به یک به درون فواصلی که توسط مجرابندها مسدود شده اند، تزریق می‌شود تا اسیدکاری در کل ناحیه‌ی دست نخورده صورت بگیرد.

۴-۲- گویچه‌های مسدود کننده:

گوی‌های کروی شکل کوچکی هستند که برای نشانده شدن در سوراخ‌هایی حاصل از مشبک کاری طراحی شده‌اند، که در نتیجه سیال‌های تزریق شده را به سایر سوراخ‌ها منحرف می‌کنند (شکل۱-ب). این گوی‌ها معمولاً از نایلون، رزین سخت و موادی که به طریق زیستی قابل تخریب هستند، مانند کلاژن،ساخته می‌شوند.گویچه‌های مسدود کننده در طی چندین مرحله به سیال‌های بهسازی افزوده می‌شوند، تا سوراخ‌ها و منافذی که بیشترین مقدار سیال از آن‌ها عبور می‌کنند را مسدود نمایند(Shut off).
با وجود استفاده‌ی گسترده از این گویچه‌ها، استفاده از آن‌ها معایبی دارد. علاوه بر این که فقط در چاه‌های مشبک کاری شدهقابل استفاده هستند، در حین عملیات به منظور حفظ فشار دیفرانسیلی در میان سوراخ‌ها برای قرارگیری گویچه‌ها در مکان خود،یک سرعت مناسب و مداوم باید وجود داشته باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

الف	ب

شکل ۱. منحرف کننده‌های فیزیکی. الف: مجرابند، ب: گویچه‌های مسدود کننده.

۴-۳- ذرات ریز:

عوامل پل زننده یا ذرات ریز، روش انحراف شیمیایی مرسوم در سازند کربناته می‌باشند که فیلترکیکی با تراوایی نسبتاً پایین روی سطحایجاد می‌کنند (شکل ۲- الف). افت فشار از میان این فیلتر کیک، مقاومت جریان را افزایش می‌دهد و اسید را به بخش دیگری از سازند منحرف می‌کند . فلس‌های بنزوئیک اسید،رزین‌های محلول در نفت و اسیدهای آلی جامد مانند اسید لاکتیک مثال‌هایی از این گروه هستند. بنزوئیکاسید هم در آب و هم در نفت محلول است ولی باید در مخازن با دمای پایین استفاده شود. مطالعات نشان دادند که مخلوط ۵۰/۵۰ بنزوئیکاسید و سنگ نمک منحرف کننده‌ی بسیار موثری می‌باشد. رزین‌های محلول در نفت در اسیدکاری سازندهای کربناته کاربرد ندارند و لاکتیک اسید می‌تواند با باقی گذاشتن مواد جامد به سازند آسیب برساند.

۴-۴- کف:

کف، توزیع و پراکنده شدن گاز در مایع است که گاز فاز ناپیوسته و مایع فاز پیوسته است (شکل۲- ب). پایداری کف به طور زیادی تحت تاثیر مایعی می‌باشد که با آن در تماس است. کف‌ها از سال ۱۹۶۰ به عنوان منحرف کننده‌ی اسید مورد استفاده قرار گرفته‌اند[۵]. اسید می‌تواند با اضافه کردن گاز و مواد فعال در سطح مناسب، تولید کف کند.استفاده از کففواید زیادی دارد. بلوکه شدن توسط کف، مواد جامدی که باعث آسیب رساندن به تراوایی سازند می‌شود، برجای نمی‌گذارد و در فشارهای پایین مخزن به تمیز شدن چاه کمک می‌کند.

۴-۵- منحرف کننده‌با گرانروی بالا:

این سیستم‌ها می‌توانند در اسید تولید ژل کنند. این منحرف کننده‌ها با استفاده از گرانروی بالا سرعت نفوذ سیال را به کانال-های جریان، کند می‌کنند. افزایش گرانروی اسید باعث افزایش فشار حین رسیدن اسید به سازند می‌شود. فشار تزریق بالای آن‌ها، اسید را به سمت نواحی با تراوایی پایین هدایت می‌کند. تزریق با فشار بالا و در صورت نشکستن ژل، تخریب نواحی با تراوایی پایین از معایب این روش می‌باشد.

تکنولوژی بهبود یافته برای کنترل گرانروی اسید، اسید ژل شده در محل(In-situ Gelled Acid)می‌باشد. مزیت اصلی اسید ژل شده در محل، این است که تعداد مراحل کمتری برای دستیابی به انحراف نیاز دارد زیرا فرآیند انگیزش و انحراف در یک زمان انجام می‌شود. در اسید ژل شده در محل، سیستم اسیدیتولیدشده به صورتی می‌باشد که منحرف کننده قبل از واکنش با سنگ‌های کربناته، گرانروی بسیار پایینی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

تفاوت بین اسید ژل شده در محل و اسید ژل شده خارجی این است که اسیدهای ژل شده‌ی خارجی(External Gelled Acid)،در سطح و پیش از رسیدن به سازند فعال شده‌اند. اسید ژل شده در محل، مزیت افزایش گرانروی در داخل سازند را دارد، در ابتدا وارد نواحی با تراوایی بالا می‌شود و در آن‌جا گرانروی آن بالا می‌رود، در نتیجه اسید شانس بیشتری برای رفتن به نواحی با تراوایی کم را دارد.

اسید ژل شده در محل بر پایه‌ی پلیمر، از ژل شدن هیدروکلریک اسیدبا پلیمر و افزودن آن به سیستم ایجاد کننده اتصال عرضی (Cross Linker)مهیا می‌شود. با مصرف اسید و حل شدن کربنات، pH بالا می‌رود و ایجاد کننده اتصال عرضی فعال شده و اسید ژل شده اتصال عرضی پیدا می کند (شکل ۲- ج). افزایش بیشتر pH،با کامل شدن مصرف اسید،باعث شکستن اتصال عرضی می‌شود و گرانروی تا رسیدن به حالتی مشابه آب کاهش می‌یابد. منحرف کننده‌های پلیمری پس از شکستن ژل، به ویژه اگر حجم مورد نظر به درستی انتخاب نشده باشد، باقی‌مانده‌هایی از خود بر جای می‌گذارند و باعث تخریب ماتریکس می‌شوند[۶].

برای غلبه بر مشکل بالقوه‌ی پلیمرها، منحرف کننده‌هایی بر پایه‌ی مواد فعال در سطح ویسکوالاستیک(ViscoElastic Surfactant (VES))معرفی شدند (شکل ۲- د). این منحرف کننده‌ها به آسانی در محل انجام عملیات ترکیب می‌شوند، به‌همراه آن‌ها افزایه‌های کمتری مورد استفاده قرار می‌گیرند، تعداد مراحل بهسازی با آن‌ها کمتر است و برخلاف سیستم‌های پلیمری، باقی‌مانده‌ای برجای نمی‌گذارند [۱۱-۷]. این سیستم‌هابدلیل خواص ویژه و مزایای بسیار، کاربرد گسترده‌ای در اسیدکاری ماتریکسی و شکست اسید پیدا کردند [۱۷-۱۲].

الف	ب	ج	د

شکل۲. منحرف کننده‌های شیمیایی. الف: ذرات ریز، ب: کف، ج: SDA، د: VES

۵- ماده فعال در سطح ویسکو الاستیک

مواد فعال در سطح به دلیل داشتن خواص منحصر به فرد خود، نقش مهمی در اسیدکاری چاه‌ها، ایفا می‌کنند. مواد فعال در سطح به منظور کاهش کشش سطحی، تغییر ترشوندگی، حرکت دادن نفت باقی‌مانده و پخش کردن ماده ضد خوردگی،مورد استفاده قرار می‌گیرند. آن‌ها هم‌چنین به عنوان امولسیون کننده اسید و نفت، ماده ضد لختگی(Anti-Sludge)و شکننده امولسیون(Non-Emulsifier) کاربرد دارند. مواد فعال در سطح به دلیل داشتن توانایی در جذب سطحی شدن بر روی سطوح مختلف و پیوستن به توده‌محلول و تشکیل ساختارهای مایسلی، کاربرد گسترده‌ای دارند.

در سال ۱۹۹۷ با پیشرفت تکنولوژی مواد فعال در سطح، دسته‌ی جدیدی از این مواد با خواص ویژه معرفی شد[۱۸]. این دسته‌ی جدید مواد فعال در سطح توانایی تشکیل سیستم‌های ویسکوالاستیک را دارند کهمی‌توانند گرانروی سیال اسیدکاری

www.SID.ir

Archive of SID

را بدون آسیب رساندن به سازند، افزایش دهند. در مقایسه با پلیمرها، این مواد باقی‌مانده‌ی غیر قابل حل بر جای نمی‌گذارند، در تماس با هیدروکربن گرانروی شان به حالت اول برمی‌گردد و ویژگی‌هایشان با تغییر pH تغییر نمی‌کند.
مواد فعال در سطح سر آبدوست و دم آبگریز دارند. گروه آبگریز شامل زنجیره‌ی هیدروکربنی با تعداد ۲۰-۱۰ اتم کربن می-باشد. مواد فعال در سطح با توجه به بار سر آبدوست به گروه‌های آنیونی، کاتیونی، غیر یونی و آمفوتری تقسیم بندی می‌شوند.
مواد فعال در سطح آنیونی هنگامی که در آب یونیزه می‌شوند، بار منفی پیدا می‌کنند. گروه آبدوست این دسته شامل کربوکسیلات‌ها، سولفونات‌ها، سولفات‌ها و فسفات‌ها می‌شود.مواد فعال در سطح کاتیونی با تفکیک شدن در آب دارای بار مثبت می‌شوند. این دسته از مواد شامل آمین‌های نوع اول، دوم و سوم یا ترکیبات چهارتایی آمونیوم می‌باشند.
در مواد فعال در سطح غیر یونی، گروه آبدوست بدون بار است. مولکول‌های این دسته از مواد با پیوند هیدروژنی از طریق گروه‌های اتیلن اکسید یا پروپیلن اکسید در فاز آبی حل می‌شوند.در مواد فعال در سطح آمفوتری، بار مولکول به مقدار pH فاز آبی بستگی دارد.
با توجه به نوع ماده فعال در سطح، محیط‌هایی که در آن ویسکوز می‌شوند، متفاوت است. برخی از این مواد در آب ژل می-شوند در حالی‌که برخی برای ویسکوز شدن نیازمند یون (Na، K، Ca ویا Mg) هستند[۱۰].

۶- مکانیسم انحراف VES

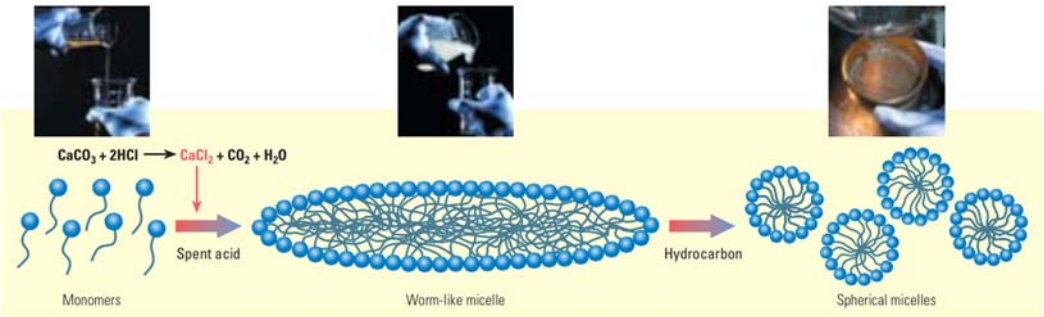
پرکاربردترین و جدیدترین مواد فعال در سطح ویسکوالاستیک، VESهای آمفوتری می‌باشند. فرمول کلی این ترکیبات $R\text{-}CO\text{-}NH\text{-}(CH_2)_n\text{-}N^+\text{-}(CH_3)_2\text{-}(CH_2)_p\text{-}COO^-$ می‌باشد. در اسید زنده گروه آمین بار مثبت پیدا می‌کند. زمانی که اسید با سنگ-های کربناته واکنش می‌دهد (واکنش ۱ و ۲)، pH بالا می‌رود و به مقداری بالاتر از نقطه‌ی ایزو الکتریک، pH ۲ تا ۳، می‌رسد. در این حالت گروه کربوکسیلات دارای بار منفی می‌شود.

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O \quad (۱)$$
$$CaMg(CO_3)_2 + 4HCl \rightarrow CaCl_2 + MgCl_2 + 2CO_2 + 2H_2O \quad (۲)$$

یک توضیح در رابطه با افزایش گرانروی، تشکیل مایسل‌های میله‌ای شکل توسط مولکول‌های مواد فعال در سطح می‌باشد (شکل۳). زمانی‌که pHبیشتر از ۲ می‌شود، غلظت کاتیون‌ها (Mg^{+2} و Ca^{+2}) در اسید مصرفی بالا می‌رود و مولکول‌های VES مایسل‌های میله‌ای شکل تشکیل می‌دهند که باعث افزایش گرانروی اسید مصرفی می‌شود. هم‌چنین با گیر افتادن این مایسل-ها در ساختار سه بعدی افزایش چشم‌گیری در گرانروی محلول به وجود می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱.چگونگی تشکیل شدن و شکستن مایسل‌ها

برای شکستن ژل ماده‌ی فعال در سطح، باید مایسل‌ها از ساختار میله‌ای به شکل کروی تبدیل شوند. شکستن ژل در چاه‌های تزریق آب (Water Injector)با رقیق شدن در آب تزریقی صورت می‌گیرد. در چاه‌های نفت یا گاز، ژل در نتیجه‌ی ترکیب شدن با فاز هیدروکربنی می‌شکند. در تمام چاه‌ها برای شکستن ژل، می‌توان از پیش تزریق یا پس تزریق حاوی حلال دو طرفه (برای مثال، اتیلن گلیکول مونو بوتیل اتر) استفاده کرد[۱۹].

۷- خواص رئولوژیکی VES

خواص رئولوژیکی VESتابع پیچیده‌ای از نوع ماده‌ی فعال در سطح، غلظت آن، افزایه‌ها، شوری، دما و سرعت هم زدن می-باشد[۲۰].

به‌طور کلی، گرانروی ظاهری تابع پیچیده‌ای از دما می‌باشد. با توجه به دما، اسید ٪۱۵-۱۰ بالاترین گرانروی را دارد (دمای بالاتر غلظت اسید بیشتر). با افزایش سرعت هم زدن گرانروی کاهش می‌یابد. افزایه‌های اسید می‌توانند بر گرانروی اسید زنده و اسید مصرفی اثر بگذارند که این تاثیر به نوع افزایه (آنیونی، کاتیونی یا غیر یونی بودن) افزایه و غلظت آن بستگی دارد[۱۹].

۸- کاربرد VES

ماده‌ی فعال در سطح ویسکوالاستیک در صنعت به عنوان عامل منحرف کننده برای بهبود توزیع اسید استفاده می‌شود[۲۱]. ماده‌ی فعال در سطح با تشکیل مایسل‌های کرمی شکل گرانروی ظاهری سیال را افزایش می‌دهد[۲۲]. بنابراین ماده‌ی فعال در سطح ویسکوالاستیک می‌تواند قابلیت انحراف را در سیال اسیدکاری ایجاد نماید. سیستم‌های ماده‌ی فعال سطحی بر پایه‌ی اسید می‌توانند سیال‌های شکست و سیال‌های اسیدکاری ماتریکسی خوبی باشند.VES می‌تواند در اسیدکاری چاه‌های نفت و گاز، چاه‌هایی با تراوایی‌های مختلف، چاه‌های عمودی و افقی با طول زیاد، چاه‌های تزریق آب و چاه‌های چند جانبه با تکمیل باز و بستهبکار رود و انحراف موثری ایجاد نماید [۲۳].

۹- نتیجه‌گیری

اسیدکاری جهت افزایش نفوذپذیری چاه‌ها و در نتیجه افزایش بهره‌وری چاه‌های نفت و گاز انجام می‌شود. این امر ممکن است با ایجاد خوردگی در خود سنگ مخزن یا خوردگی ذراتی که باعث انسداد خلل و فرج موجود در سنگ مخزن شده‌اند، انجام گیرد. هرچه خلل و فرج بیشتر به هم راه داشته باشند، سیال داخل آن‌ها بیشتر با یکدیگر مرتبط خواهند بود. در این حالت نفوذپذیری آن‌ها به حد بالاتری رسیده و در نتیجه عبور سیال از بین اینخلل و فرج سریع‌تر و راحت‌تر انجام می‌گیرد. موفقیت

www.SID.ir

Archive of SID

عملیات بهسازی به توزیع یکنواخت سیال اسیدکاری بستگی دارد. زمانی که سیال به داخل چاه پمپ می‌شود به طور طبیعی تمایل به جریان پیدا کردن در نواحی با تراوایی بالا دارد. آزمایشات میدانی نشان داده‌اند که بدون انحراف مناسب، پوشش کامل ناحیه حاصل نمی‌شود در نتیجه انحراف مرحله‌ی بحرانی برای اطمینان از موفقیت آمیز بودن اسیدکاری است. در صنعت نفت از منحرف کننده‌های مکانیکی و شیمیایی استفاده می‌شود. تکنیک‌های مکانیکی، هزینه‌برتر ووقت‌گیرتر از تکنیک‌های شیمیایی هستند و در چاه‌های باز کاربرد ندارند.

از بین منحرف کننده‌های شیمیایی،VESها با افزایش گرانروی، بدون آسیب رساندن به سازند و برجای گذاشتن باقی‌مانده‌های جامد، انحراف موثری ایجاد می‌کنند. VESها طی مصرف اسید و تولید شدنکاتیون‌های دو ظرفیتی با تشکیل ساختارهای مایسلی گرانروی را بالا می‌برند. ساختارهای مایسلی میله‌ای شکل در نتیجه‌ی اختلاط با هیدروکربن‌ها می‌شکنند و گرانروی خود را از دست می‌دهند بنابراین به راحتی از سازند حذف می‌شوند.

به‌طور کلی انحراف مناسب باید از رفتن سیال به نواحی با تراوایی بالا جلوگیری کند و در آخر عملیات اسیدکاری به آسانی و به‌طور کامل حذف شود. به این نکته توجه کنید که بهترین تکنیک انحراف برای یک میدان خاص لزوماً برای سایر میادین بهترین نیست و توجه به ویژگی‌های زمین شناسی و پتروگرافی، ضروری می‌باشد.

مراجع

[۱] منصور زویداویان‌پور، سیدرضا شادی‌زاده، سیروس ممبینی: "بررسی و بهبود عملیات انگیزش چاه با اسیدکاری ماتریکسی در یک مخزن نفتی جنوب ایران"، پژوهش نفت، ۱۳۸۹، ۲۰، ۶۲، ۱۰۶-۹۴.

[2] Chang, F.F.,Qiu, X., and Nasr-El-Din, H.A.: "Chemical Diversion Techniques Used for Carbonate Matrix Acidizing: An Overview and Case Histories,"Paper SPE 106444, 2007.

[3] Harrison N.H.: "Diverting Agents - History and Application," JPT, p. 593-598, 1972.

[4] Nasr-El-Din, H.A., Al-Habib, N.S., Jemmali, M.Lahmadi, A., and Samuel, M.: "A Novel Technique to Acidize Horizontal Wells with Extended Reach," Paper SPE 90385, 2004.

[5] Smith, C.L., Anderson, J.L., and Roberts, P.G.: "New Diverting Techniques for Acidizing and Fracturing and Fracturing," Paper SPE 2751, 1969.

[6] Larry, E., Dwyann, D., and Reddy, B.R.: "Development of Associative Polymer Technology for Acid Diversion in Sandstone and Carbonate Lithology," Paper SPE 89413, 2004.

[7] Chang, F., Qu, Q., and Frenier, W.:"A Novel Self-Diverting-Acid Developed for Matrix Stimulation of Carbonate Reservoirs," Paper SPE 65033,2001.

[8] Chang, F.F., Qu, Q., and Miller, M.J.:"Fluid System Having Controllable Reversible Viscosity," US Patent No. 6,399,546. 2002.

[9] Qu, Q. et al.:"Compositions Containing Aqueous Viscosifying Surfactants and Methods for Applying such Compositions in Subterranean Formations," US Patent No. 6,435,277. 2002.

[10] Nasr-El-Din, H.A., Samuel, E., and Samuel, M.: "Application of New Class of Surfactants in Stimulation Treatments," Paper SPE 84898, 2003.

[11] Fu, D. and Chang, F.:"Composition and Methods for Treating a Subterranean Formation," US Patent No. 6,929,070. 2005.

[12] Taylor, D. et al.: "Viscoelastic Surfactant-Based Self-Diverting Acid for Enhanced Stimulation in Carbonate Reservoirs," Paper SPE 82263, 2003.

[13] Al-Mutawa, M. et al.:"Zero-Damaging Stimulation and DiversionFluid: Field Cases From the Carbonate Formations in North Kuwait," Paper SPE80225, 2005.

[14] Nasr-El-Din, H.A., Al-Habib, N.S., Al-Mumen, A.A., Jemmali, M., and Samuel, M.:"A New Effective Stimulation Treatment for Long Horizontal Wells Drilled in Carbonate Reservoirs," Paper SPE 86516, 2006.

[15] Lungwitz, B. et al.:"Diversion and Cleanup Studies of Viscoelastic Surfactant-Based Self-Diverting Acid,"Paper SPE 86504, 2007.

[16] Al-Muhareb, M.A., Nasr-El-Din, H.A., Samuel, E., Marcinew, R.P., and Samuel, M.: "Acid Fracturing of Power Water Injectors: A New Field Application Using Polymer-Free Fluids,"Paper SPE 82210, 2003.

[17] Nasr-El-Din, H.A., Al-Driweesh, S.M., Al-Muntasheri, G.A., Marcinew, R., Daniels, J., and Samuel, M.: "Acid Fracturing HT/HP Gas Wells Using a Novel Surfactant Based Fluid System," Paper SPE 84516, 2003.

www.SID.ir

Archive of SID

[18] Samuel, M., Card, R.J., Nelson, E.B., Brown, J.E., Vinod, P.S., Temple, H.L., Qu, Q. and Fu, D.K.: "Polymer-free Fluid for Fracturing," Paper SPE 38622, 1997.
[19] Nasr-El-Din, H.A., Al-Ghamdi, A. H. and Al-Qahtani, A.A,: "Impact of Acid Additives on the Rheological Properties of a Viscoelastic Surfactant and Their Influence on Field Application," PaperSPE 89418, 2008.
[20] Nasr-El-Din, H.A., Arnaou, I.H., Chesson, J.B. and Cawiezel, K.: "Novel Technique for Improved CT Access and Stimulation in an Extended-Reach Well," Paper SPE 94044,2005.
[21] Yu, M., Mahmoud, M., and Nasr-El-Din,:"Propagation and Retention of Viscoelastic Surfactants Following Matrix Acidizing Treatments in Carbonate Cores," Paper SPE 128047, 2010.
[22] Samuel, M., Card, R.J., Nelson, E.B., Brown E.J., Vinod, P.S.,Temple, H.L., Qu, Q., Fu, D.K.:"Polymer-Free Fluid for Hydraulic Fracturing,"PaperSPE38622, 1997.
[23] Nasr-El-Din, H.A., Chesson, J.B., Cawiezel, K.E., Devine, C.S.: "Lessons Learned and Guidelines for Matrix Acidizing With Viscoelastic Surfactant Diversion in Carbonate Formations," Paper SPE 102468, 2006.

Abstract

Successful matrix treatments depend on the uniform distribution of the treating fluid over the entire interval. When fluids are pumped into a well, they naturally tend to flow into the zone with the highest permeability or least damage. Field experiences showed that there is no assurance of complete zone coverage without proper diversion. Diversion methods should meet the following requirements: cause no more formation damage, compatible with formation fluids, easy to be cleaned up, and stable at the downhole conditions.Diversion techniques can be classified as: mechanical (packers, ball sealers), and chemical (foam, particulate diverting agents, and viscosified acids). Mechanical techniques have proved to be more expensive and time consuming than chemical techniques and not effective in openhole wells .The best method of chemical diversion is surfactant-based acid systems.Surfactant molecules can form rod-like micelles and significantly increase the viscosity in the presence of the salts. After acid treatments, the surfactant gel can be broken by mixing with hydrocarbons, external breakers, and internal breakers or by reducing the concentration of salts via dilution with water. The driving force to use VES fluids in oilfield applications includes less formation damage, operational simplicity with fewer additives required, and viscosity that is broken by produced hydrocarbons.It is the intent of this paper to provide a technical overview of mechanical and chemical diverters used in the oil industry. The various mechanisms by which these chemicals to achieve acid diversion, their application histories, and their limitations are presented. This paper provides guidelines for production engineers to optimize the fluid placement.

Key words: Treatment, Diversion, Viscoelastic surfactant, Rheological properties.

www.SID.ir