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

مقایسه VES با خواص رئولوژیکی بهبود یافته (DiVES-350) با VES های متداول

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

عوامل منحرف کننده به طور گسترده در طی عملیات اسیدکاری ماتریکس جهت توزیع یکنواخت محلول‌های اسید در نواحی هدف استفاده شده‌اند. یکی از محبوب‌ترین سیستم‌های انحراف بر پایه سورفکتانت ویسکو الاستیک (VES) می‌باشد که نتایج خوبی در تست‌های آزمایشگاهی و میدانی نشان داده است. خواص رئولوژیکی سورفکتانت‌های ویسکو الاستیک تابع پیچیده‌ای از نوع و غلظت سورفکتانت، افزایه‌ها، شوری، دما و نرخ برشی می‌باشد. در این مقاله اثر پارامترهای بحرانی شامل: دما، افزایه‌ها و آهن (III) بر ویسکوزیته ظاهری اسیدهای مصرف شده بر پایه VES بررسی شده است. افزایه‌های اسید شامل: بازدارنده خوردگی، سورفکتانت ضد امولسیون، عوامل کنترل کننده آهن و زداینده هیدروژن سولفید می‌باشد. عملکرد ژل شدن سیستم‌های اسید بر پایه VES متداول در دماهای بالا (۲۰۰ °F<)، در حضور افزایه‌های اصلی و آلودگی آهن به طور چشم‌گیری ضعیف می‌شود. این مطالعه به منظور معرفی سیستم جدید VES با نام DiVES-350 که می‌تواند در دماهای بالا تا ۳۰۰ °F ژل شود و ویسکوزیته موثر خود را حفظ کند، انجام شده است. مشخص شده که چندین افزایه می‌توانند بدون اثر گذاشتن بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده با DiVES-350 ترکیب شوند. سیستم اسید بر پایه DiVES-350 کاملاً با بازدارنده خوردگی، عامل کنترل کننده آهن، زداینده H_2S و حتی آلودگی زیاد آهن سازگار است. مقادیر کم DiVES-350 می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای ویسکوزیته ظاهری سیال را افزایش دهد که منجر به کاهش هزینه عملیات می‌شود. مشابه با VES کنونی، استفاده از حلال دوگانه در پس تزریق به منظور کاهش ویسکوزیته سیال و حذف ژل از سازند توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: منحرف کننده، اسیدکاری، سورفکتانت ویسکوالاستیک (VES)، خواص رئولوژیکی.

---

[۱]- مسئول بخش فنی شرکت پویل

[۲]- کارشناس بخش فنی شرکت پویل و دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی مخازن هیدروکربوری علوم و تحقیقات تهران

[۳]- کارشناس بخش فنی شرکت پویل و 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

۱- مقدمه

هدف عملیات اسیدکاری حذف یا کنار زدن آسیب سازند نزدیک دهانه چاه می‌باشد. موفقیت عملیات‌های اسیدکاری ماتریکس به توزیع یکنواخت سیالات عملیات در سراسر دیواره تولیدی (یا تزریقی) بستگی دارد. روش‌های انحراف اسید نباید منجر به آسیب سازند شوند، باید با سیالات اصلی و آب‌های شور سازند سازگار باشند، در شرایط ته چاهی پایدار باشند و به راحتی و کامل تمیز شوند. در سال ۱۹۴۴ آقایان Hill و Rossen دو روش اصلی برای بهبود توزیع اسید ارائه کردند؛ روش مکانیکی که شامل: ایزوله کردن مکانیکی نواحی، گویچه‌های مسدود کننده، لوله مغزی سیار و روش شیمیایی که شامل: کف، عوامل منحرف کننده ذرات ریز، اسیدهای ویسکوز می‌باشد[۱]. در سال ۲۰۰۷ Chang و همکاران نشان دادند که روش‌های مکانیکی نسبت به روش‌های شیمیایی هزینه‌بر تر و زمان‌بر تر هستند و اغلب در تکمیل‌های حفره باز کارآمد و موثر نیستند[۲]. Nolte و Economides در سال ۲۰۰۰ نشان دادند که مواد جامد پل زننده با این‌که انحراف موثری ایجاد می‌کنند ولی می‌توانند مشکلات عملیاتی به وجود آورند و استفاده بیش از حد آن‌ها ممکن است باعث بسته شدن نواحی نزدیک دهانه چاه شود[۳].

سورفکتانت ویسکوالاستیک (ViscoElastic Surfactant) در صنعت به عنوان منحرف کننده جهت بهبود توزیع سیال اسیدکاری به کار می‌روند[۴و۵]. خواص ویسکوالاستیکی VES با تشکیل ساختارهای مایسلی میله‌ای شکل به طور قابل توجهی ویسکوزیته ظاهری سیال بر پایه VES را افزایش می‌دهد[۶]. بنابراین سیالات بر پایه VES می‌توانند به منظور بهبود قابلیت انحراف سیال در عملیات تزریق اسید به کار روند. سیستم اسید بر پایه VES که به صورت در جا ژل می‌شود می‌تواند با اضافه کردن VES به سیستم اسید آماده شود. پس از این که اسید با سنگ کربناته واکنش دهد، pH افزایش یافته و غلظت کاتیون‌های دو ظرفیتی (Ca^{+2} و Mg^{+2}) در اسید مصرف شده افزایش می‌یابد. وجود نمک‌ها و افزایش pH باعث می‌شود مولکول‌های سورفکتانت مایسل‌های میله‌ای شکل درازی تشکیل دهند که به طور قابل ملاحظه‌ای ویسکوزیته محلول را افزایش خواهند داد. برای شکستن ژل باید مایسل‌های میله‌ای به مایسل‌های کروی تبدیل شوند. اسید بر پایه VES می‌تواند به راحتی تمیز شود و نسبت به سیستم‌های اسید ژل شده متداول تراوایی مجدد بیشتری حاصل کند. ژل VES می‌تواند در هیدروکربن حل شود ولی اگر سیال مخزن نتواند به طور طبیعی و کامل ژل VES ایجاد شده در محل را بشکند عملیات پس تزریق با حلال دو طرفه به منظور حصول اطمینان از شکست کامل ژل و باز یافتن تراوایی توصیه می‌شود[۷و۸]. آزمایش‌های زیادی مزایای سیستم بر پایه VES را ثابت کردند. در سال ۲۰۰۶ Nasr-El-Din بیان کرد که خواص رئولوژیکی اسید بر پایه VES تابع پیچیده‌ای از نوع و غلظت سورفکتانت، دما، افزایه‌های دیگر، pH، نرخ برشی، شوری و روش مخلوط کردن است[۹].

عملیات‌های میدانی که از اسیدهای بر پایه VES برای انحراف استفاده کرده‌اند نتایج خوبی داشته‌اند اگرچه گزارشاتی از عدم موفقیت آن‌ها در سازندهای دما بالا، محلول‌های اسیدی حاوی آهن و حضور برخی افزایه‌ها داده شده است.

در این مقاله اثر چند عامل موثر بر ویسکوزیته ظاهری اسیدهای مصرف شده بر پایه VES های متداول مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به محدودیت‌ها و نگرانی‌هایی که در ارتباط با VES وجود دارد سیستم VES جدیدی با نام DiVES-350 معرفی شده است که در دماهای بالا با غلظت کم سورفکتانت ویسکوزیته ظاهری مناسب ایجاد می‌کند و ژل تشکیل می‌دهند. عملکرد سیستم DiVES-350 در شرایط مختلف (دما، آلاینده آهن فریک) و در حضور افزایه‌های ضروری عملیات اسیدکاری (بازدارنده خوردگی، کنترل کننده آهن، زداینده H_2S) ارزیابی شده است.

۲- اثر افزایه‌های اسیدکاری

اثر افزایه‌های اسید بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بنا بر دلایل زیر مهم است:

- اسید همواره با افزایه‌های مختلف به منظور کاهش واکنش‌های جانبی اسید و کاهش پتانسیل واکنش‌های رسوبی مخلوط می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

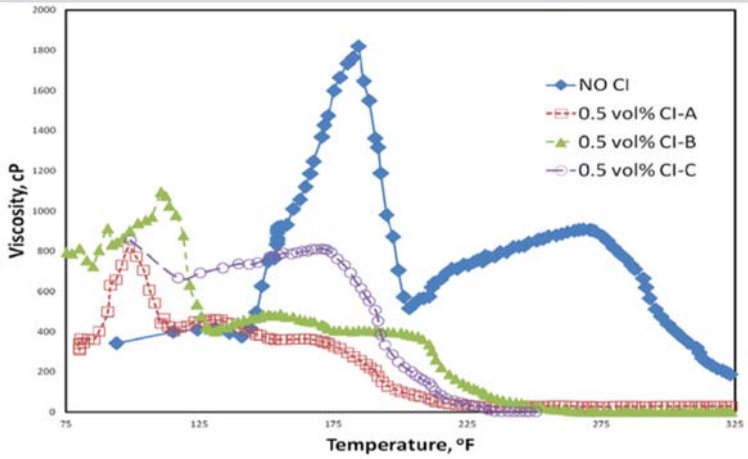
- افزایه‌های اسید گونه‌های شیمیایی مختلفی هستند که ممکن است در محلول با ساختار VES واکنش دهند.
- اغلب VES های متداول مورد استفاده آمفوتریک هستند که در اسید زنده (مقادیر pH نزدیک صفر) بار مثبت دارند.

در این مقاله اثر چند افزایه مهم عملیات اسیدکاری بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بر پایه VES مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱- اثر بازدارنده خوردگی

مهم‌ترین افزایه مورد استفاده در اسیدکاری که نمی‌توان آن را از ترکیب اسید حذف کرد افزایه بازدارنده خوردگی می‌باشد. بنابراین بررسی اثر بازدارنده خوردگی بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بر پایه VES بسیار حائز اهمیت است. ویسکوزیته ظاهری این اسیدها به نوع و غلظت بازدارنده خوردگی یا به طور دقیق‌تر به حلال مورد استفاده در تولید بازدارنده‌های خوردگی و اجزای کاتیونی که ایجاد می‌کنند بستگی دارد. بازدارنده‌های خوردگی به کار رفته با اسید HCl همواره حاوی الکل‌های کوتاه زنجیر مانند ایزوپروپانول می‌باشند. این الکل‌ها می‌توانند اثرات منفی بر ویسکوزیته ظاهری محلول‌های VES داشته باشند. بنابراین انتخاب بازدارنده خوردگی که حداقل اثر را بر ویسکوزیته ظاهری اسیدهای مصرف شده بر پایه VES دارند بسیار مهم است.

عملکرد سه بازدارنده خوردگی مختلف در غلظت‌های مشابه ولی در دماهای متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به شکل ۱ هنگامی که ۰/۵ ٪ حجمی از بازدارنده‌های خوردگی به محلول اسید مصرف شده بر پایه VES اضافه شد ویسکوزیته کاهش یافت. مشابه سیال بدون بازدارنده خوردگی، دو پیک ویسکوزیته مشاهده شد اگر چه ویسکوزیته و دما بسیار پایین‌تر بود. این کاهش در ویسکوزیته نشان دهنده برهم کنش نامطلوب اجزای بازدارنده خوردگی با ساختارهای مایسلی درون محلول می‌باشد[۱۴-۱۰].



شکل ۱. اثر ۰/۵ درصد حجمی بازدارنده خوردگی بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بر پایه VES در $10\ s^{-1}$ به عنوان تابعی از دما.

۲-۲- اثر عوامل کنترل کننده آهن

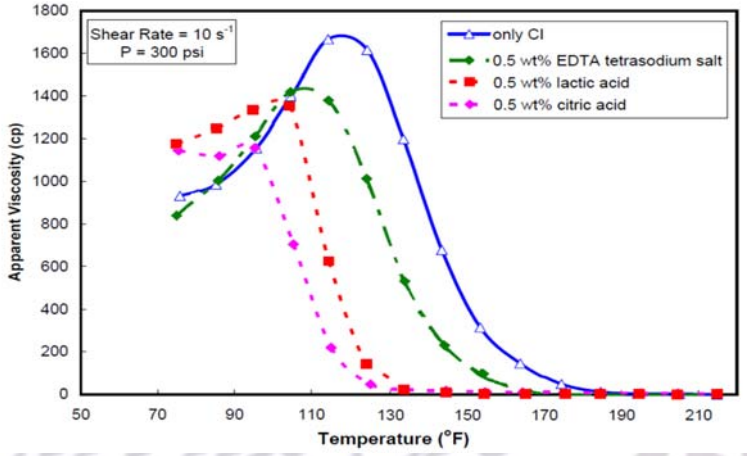
اثر متداول‌ترین عوامل کنترل کننده‌ی آهن که شامل سیتریک اسید، لاکتیک اسید و اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) می‌باشد بر ویسکوزیته اسید مصرف شده بر پایه VES مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به شکل ۲ به وضوح

www.SID.ir

Archive of SID

می‌توان مشاهده کرد که افزودن هر یک از این سه نوع عامل کنترل کننده آهن به اسید مصرف شده بر پایه VES، ویسکوزیته ظاهری را کاهش می‌دهد.

در سیستم اسید مصرف شده Ca^{+2} می‌تواند توسط عوامل کنترل‌کننده آهن کیلیت شود بنابراین غلظت کمتری از Ca^{+2} جهت تشکیل مایسل‌های میله‌ای مانند در دسترس خواهد بود که منجر به کاهش ویسکوزیته ژل می‌شود. با توجه به این که لاکتیک اسید، سیتریک اسید و EDTA به ترتیب دارای ۲، ۴ و ۶ گروه کیلیت کننده هستند، لاکتیک اسید بیشترین و EDTA کمترین اثر مخرب را بر ویسکوزیته اسید مصرف شده بر پایه VES می‌گذارد[۱۱و۱۲].



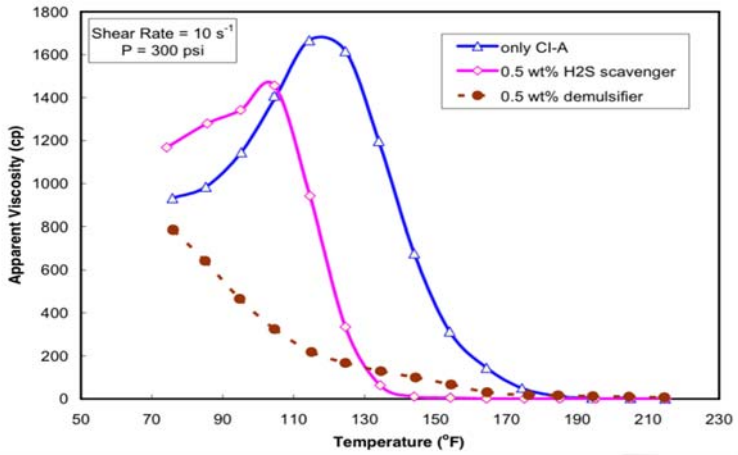
شکل ۲. اثر ۰/۵ درصد حجمی از عوامل مختلف کنترل کننده آهن بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بر پایه VES به عنوان تابعی از دما.

۲-۳- اثر عوامل ضد لجن، ضد امولسیون و زداینده هیدروژن سولفید

از دیگر افزایه‌های اسید که بر ویسکوزیته ظاهری اسیدهای مصرف شده بر پایه VES اثر می‌گذارند عوامل ضد لجن، ضد امولسیون و زداینده هیدروژن سولفید می‌باشند. عوامل ضد لجن که سورفکتانت‌های آنیونی هستند در pH های پایین می‌توانند باعث کاهش ویسکوزیته ظاهری شوند. در pH های پایین VES های آمفوتری بار مثبت دارند که می‌تواند با بار منفی عامل ضد لجن خنثی شود. این امر می‌تواند پایداری مایسل و بنابراین ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بر پایه VES را کاهش دهد[۱۴]. شکل ۳ اثر عوامل زداینده هیدروژن سولفید و ضد امولسیون بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بر پایه VES را در گستره‌ای از دما نشان می‌دهد. این نمودارها بیانگر این هستند که اجزای اصلی زداینده هیدروژن سولفید و ضد امولسیون می‌تواند بر ساختار مایسل‌های میله‌ای اثر بگذارد و شکل آن‌ها را به حالت کروی تغییر دهد که منجر به کاهش ویسکوزیته می‌شود[۱۱].

www.SID.ir

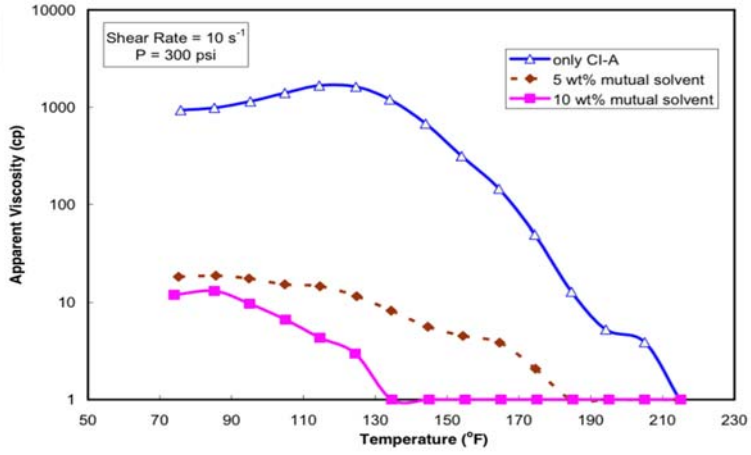
Archive of SID



شکل ۳. اثر ۰/۵ حجمی از عوامل زداینده هیدروژن سولفید و ضد امولسیون بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بر پایه VES به عنوان تابعی از دما - تمام محلول‌ها حاوی بازدارنده خوردگی هستند.

۲-۴- اثر حلال دوگانه

حلال دوگانه می‌تواند با تاثیر بر شکل و ساختار مایسل‌های ویسکوالاستیک، مایسل‌های میله‌ای شکل را بشکند. با توجه به این موضوع برای حصول اطمینان از شکست کامل ژل VES می‌توان از حلال دوگانه در پس تزریق استفاده کرد. شکل ۴ نشان می‌دهد که ویسکوزیته ظاهری سیستم اسید مصرف شده بر پایه VES با افزایش حلال دوگانه به شدت کاهش می‌یابد. سیستم با ۱۰٪ وزنی حلال دوگانه ویسکوزیته کمتری نسبت به سیستم با ۵٪ وزنی حلال دوگانه دارد[۱۱و۱۳].



شکل ۴. اثر حلال دوگانه بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بر پایه VES به عنوان تابعی از دما - تمام محلول‌ها حاوی بازدارنده خوردگی هستند.

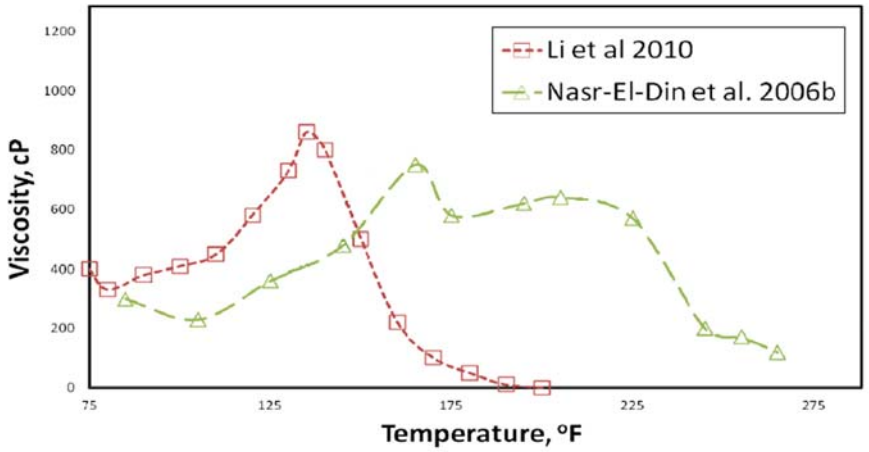
۳- اثر دما

یکی دیگر از عوامل تاثیر گذار بر خواص رئولوژیکی سیستم اسید مصرف شده بر پایه VES دما می‌باشد. افزایش دما بر ساختار مایسل‌های میله‌ای شکل اثر گذاشته و با تغییر و به هم ریختن ساختار آن‌ها باعث کاهش ویسکوزیته می‌شود. در شکل ۵ تغییرات ویسکوزیته به عنوان تابعی از دما برای دو نوع VES متفاوت نشان داده شده است. VES استفاده شده توسط Li و

www.SID.ir

Archive of SID

همکارانش در سال ۲۰۱۰ بر پایه آمین اکسید و VES استفاده شده توسط Nasr-El-Din و همکارانش در سال ۲۰۰۸ بر پایه کربوکسی بتائین می‌باشد. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود این دو VES فقط یک پیک ویسکوزیته در دماهای پایین داشتند[۱۱و۱۴].



شکل ۵. اثر دما بر ویسکوزیته ظاهری دو نوع مختلف VES در اسید مصرف شده در $10\ s^{-1}$.

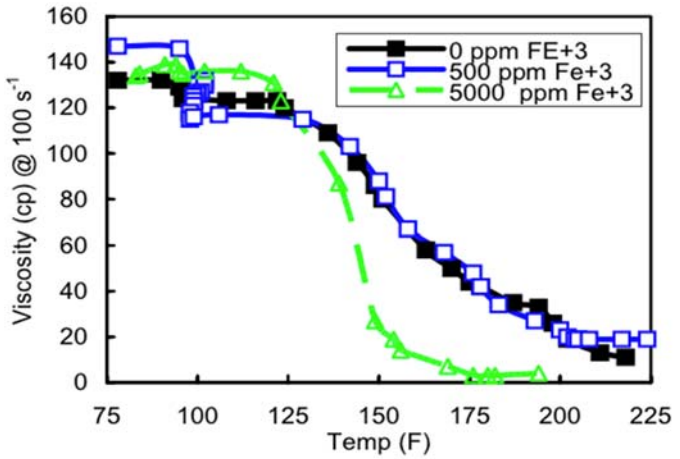
۴- اثر یون آهن فریک

اسیدهای مورد استفاده در عملیات اسیدکاری مستعد حل کردن آهن از تجهیزات هم‌زن سر چاهی و لوله‌ها هستند. بنابراین تاثیر غلظت آهن بر ویسکوزیته اسید مصرف شده بر پایه VES باید مورد بررسی قرار گیرد، اگر حضور آهن اثر نامطلوب داشته باشد ممکن است افزودن عوامل کاهنده یا کیلیت کننده بتواند به حفظ ویسکوزیته‌سیال کمک‌نماید.نتایج‌آزمایش‌ها در شکل۶ نشان‌می‌دهدکه غلظت‌یون‌آهن‌فریک تا۵۰۰ ppm اثر نامطلوبی بر ویسکوزیته ظاهری اسید بر پایه VES نمی‌گذارد در صورتی که غلظت بیشتر یون آهن فریک در حدود ۵۰۰۰ ppm، ویسکوزیته سیال را در دماهای بالاتر از ۱۲۰ °F کاهش می‌دهد. افزودن عامل کاهنده به سیال حاوی ۵۰۰۰ ppm یون آهن فریک اثر آهن را به طور قابل توجهی از بین نبرد[۱۱،۱۳و۱۴].

در تمام عملیات‌های اسیدکاری هر تلاشی باید برای به حداقل رساندن محتویات آهن داخل اسید صورت گیرد. کنترل کیفیت اسیدهای بر پایه VES باید شامل اندازه‌گیری محتوی آهن کل باشد. غلظت‌های زیاد آهن می‌تواند اثر منفی بر عملکرد این اسیدها مخصوصاً در محیط‌های ترش داشته باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. اثر یون آهن فریک بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بر پایه VES به عنوان تابعی از دما.

۵- محدودیت‌های کاربرد VES

با توجه به این‌که خواص رئولوژیکی VES به شدت تحت تاثیر عوامل و شرایط موجود قرار می‌گیرد، چندین محدودیت برای استفاده از کاربرد وسیع تکنولوژی VES در میدان وجود دارد. این محدودیت‌ها شامل موارد ذیل می‌باشد:

- محدودیت استفاده در دماهای بالا (>۲۰۰ °F)
- عدم سازگاری با افزایه کلیدی اسیدکاری؛ بازدارنده خوردگی
- عدم سازگاری با برخی دیگر از افزایه‌ها مانند کنترل کننده آهن، زداینده هیدروژن سولفید و غیره
- عدم سازگاری با یون آهن فریک
- نیاز به غلظت‌های بالا به منظور ایجاد انحراف موثر (۸-۵٪)

۶- معرفی DiVES-350

تکنولوژی توسعه یافته دسته جدیدی از VES ها را با نام DiVES-350 معرفی کرده است که بسیاری از محدودیت‌ها و نگرانی‌های مرتبط با به کار بردن VES را از میان برداشته است. DiVES-350 می‌تواند در سازندهای کربناته و دولومیتی مورد بررسی قرار گیرد و برای استفاده در عملیات شکاف زنی با اسید و تکمیل مناسب است. DiVES-350 می‌تواند در غلظت‌های پایین نیز در دماهای بسیار بالا خواص الاستیکی خود را حفظ کند و در حالی‌که سازگاری خوبی با یون آهن فریک و هم‌چنین افزایه‌های به کار رفته در عملیات دارد انحراف مناسب و موثری حاصل کند.

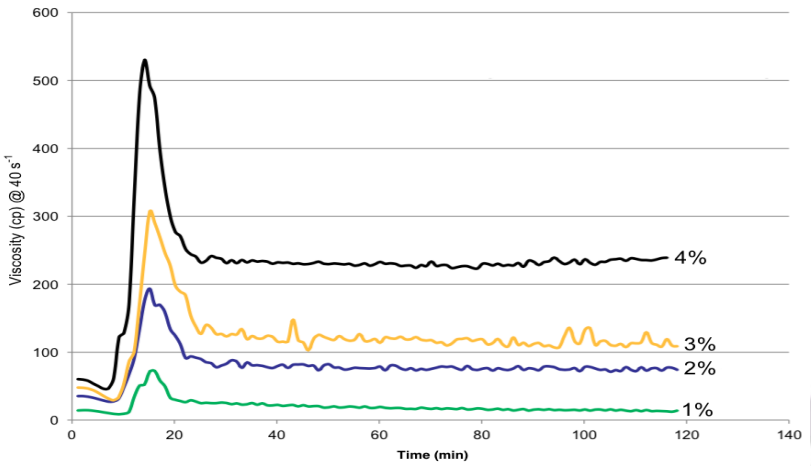
در این‌جا به تشریح مزایای این DiVES-350 با بررسی اثر عوامل مختلف بر ویسکوزیته ظاهری آن می‌پردازیم.

۶-۱- پایداری دمایی DiVES-350

VES های متداول مورد استفاده فقط قادر به ویسکوز کردن اسید مصرف شده تا ۲۰۰°F می‌باشند. بسیاری از مخازن دمای ته چاهی بیشتری دارند. DiVES-350 گستره دمایی وسیع‌تری دارد. شکل ۷ ویسکوزیته غلظت‌های مختلف DiVES-350 را در دمای ۳۰۰ °F نشان می‌دهد. در این دما مقدار ۴٪ از DiVES-350 منظور انحراف موثر سیال کافی می‌باشد.

www.SID.ir

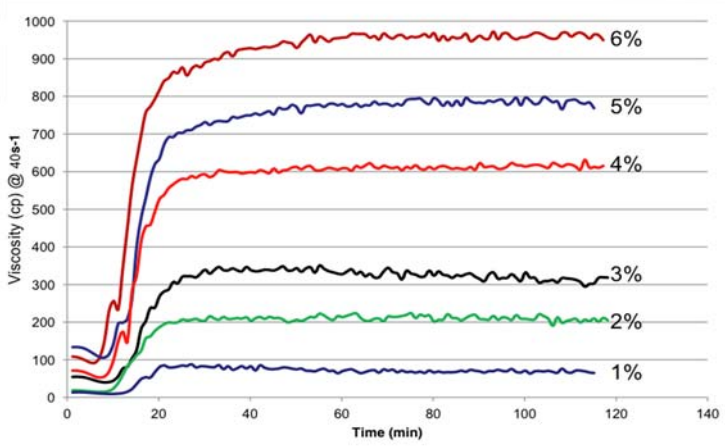
Archive of SID



شکل ۷. ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده با غلظت‌های مختلف از DiVES-350 در دمای ۳۰۰ °F.

۶-۲- مقرون به صرفه بودن DiVES-350

یکی از مشکلاتی که در به کار گیری VES برای منحرف کردن اسید وجود دارد غلظت بالای مورد نیاز برای حصول انحراف موثر است. سیستم‌های متداول که حداکثر تا دمای ۲۰۰ °F کارآمد هستند به ۱۰-۶٪ VES برای ایجاد ویسکوزیته مناسب برای انحراف سیالات در طی عملیات اسیدکاری نیاز دارند. شکل ۸ نشان می‌دهد که غلظت حدود ۲٪ از DiVES-350 در دمای ۲۵۰ °F می‌تواند ویسکوزیته کافی برای انحراف موثر ایجاد کند. غلظت کم مورد نیاز از DiVES-350 نسبت به VES های متداول باعث کاهش هزینه عملیات می‌شود.



شکل ۸. اثر غلظت DiVES-350 بر ویسکوزیته ظاهری محلول در ۲۵۰ °F.

۶-۳- سازگاری DiVES-350 با افزایه‌های کلیدی

همان‌طور که ذکر شد مهم‌ترین محدودیت و نگرانی درکاربرد VES عدم حفظ ساختارهای مایسلی‌میله‌ای شکل و ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده در حضور افزایه بازدارنده خوردگی می‌باشد. ساختار مایسلی و ویسکوزیته اسید مصرف شده بر پایه DiVES-350 بر خلاف VES های متداول با افزایش بازدارنده خوردگی تغییر قابل توجهی نمی‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد این سیستم جدید در حضور افزایه کنترل کننده آهن و زداینده هیدروژن سولفید نیز مختل نمی‌شود و ویسکوزیته ظاهری مناسب برای انحراف را به وجود می‌آورد. تصویر ۱ ژل DiVES-350 را در حضور افزایه‌های بازدارنده خوردگی، کنترل کننده آهن و زداینده هیدروژن سولفید نشان می‌دهد.

تصویر ۱. ژل DiVES-350 در حضور افزایه‌های بازدارنده خوردگی، کنترل کننده آهن و زداینده هیدروژن سولفید.

۶- ۴- سازگاری DiVES-350 با یون‌های آهن (III)

محلول اسید بر پایه VES های متداول در حضور آهن (III) با توجه به غلظت یون‌های فریک از حالت تک‌فازی در می‌آیند و در غلظت‌های بالاتر آهن تولید رسوب می‌کنند. در این حالت انجام عملیات به جای آن‌که ما را به انگیزش موردنظر و مطلوب سوق دهد باعث آسیب سازند می‌شود.

محلول اسید بر پایه DiVES-350 حتی در غلظت‌های بالای آهن (III) تک‌فاز و بدون رسوب می‌باشد و در نتیجه مانع آسیب سازند می‌شود. محلول اسید مصرف شده بر پایه DiVES-350 ویسکوزیته ظاهری مناسبی در حضور یون‌های فریک دارد و بدون جدایش فاز و تشکیل رسوب می‌تواند انحراف موثری ایجاد کند.

۷- نتیجه‌گیری

سیستم‌های اسید بر پایه VES به عنوان یک تکنیک انحراف موثر مورد استفاده قرار گرفته است. محدودیت‌هایی در استفاده گسترده از این سیستم‌ها وجود دارد. این مقاله با بررسی عوامل تاثیر گذار بر ویسکوزیته ظاهری اسید مصرف شده بر پایه VES به تشریح این محدودیت‌ها پرداخته است و با معرفی دسته جدیدی از VES با نام DiVES-350 نگرانی‌ها و محدودیت‌ها را از میان برداشته است. بر اساس بررسی‌های انجام شده نتایج زیر بدست آمده است که به وضوح مزایای سیستم جدید را نسبت به سیستم‌های متداول نشان می‌دهد:

- سیستم DiVES-350 در گستره وسیعی از دما قابل استفاده می‌باشد و پایداری خود را در دماهای بالا تا ۳۵۰ °F حفظ می‌کند.
- سیستم DiVES-350 در غلظت‌های کم ویسکوزیته مناسبی ایجاد می‌کند که باعث کاهش هزینه‌های عملیات می‌شود.
- سیستم DiVES-350 سازگاری خوبی با افزایه بازدارنده خوردگی، کنترل کننده آهن، زداینده هیدروژن سولفید دارد و ویسکوزیته ظاهری خود را در حضور این افزایه‌ها حفظ می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

• سیستم DiVES-350 با یون‌های آهن (III) سازگار است و در حضور غلظت‌های بالای یون‌های فریک رسوب نمی‌کند و ویسکوزیته ظاهری خود را حفظ می‌کند.

مراجع

[1] Hill, A.D., and Rossen, W.R.: "Fluid Placement Diversion in Matrix Acidizing," Paper SPE 27982, 1994.
[2] Chang, F.F., Qiu, X., and Nasr-El-Din, H.A.: "Chemical Diversion Techniques Used for Carbonate Matrix Acidizing," Paper SPE 106444, 2007.
[3] Economides, M.J. and Nolte, K.G.: "Reservoir Stimulation," J. Wiley, Third Edition, 2000.
[4] Chang, F., Qu, Q., and Frenier, W.: "A Novel Self- Diverting-Acid Developed for Matrix Stimulation." Paper SPE 65033, 2001.
[5] Qu, Q., Nelson, E.B., Willberg, D.M., Samuel, M.M., Lee, Jr., Jesse, C., Chang, F.F., Card; R.J., Vinod, P.S., Brown, J.E., and Thomas, R.L.: "Compositions Containing Aqueous Viscosifying Surfactants and Methods for Applying Such Compositions in Subterranean Formations," US Patent No. 6435277, 2002.
[6] 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," Paper SPE 38622, 1997.
[7] Nelson, E.B., Lungwitz, B., Dismuke, K., Samuel, M., Salamat, G., Hughes, T., Lee, J., Fletcher, P., Fu, D., Hutchins, R., Parris, M., and Tustin, G.J.: "Viscosity Reduction of Viscoelastic Based Fluids," US Patent No. 6,881,709, 2005.
[8] Crews, J.B.: "Internal PHase Breaker Technology for Viscoelastic Surfactant Gelled Fluids," Paper SPE 93449, 2005.
[9] Nasr-El-Din, H.A., Chesson, J.B., Cawiezel, K.E., Devine, C.S.: "Field Success in Carbonate Acid Diversion, Utilizing Laboratory Data Generated by Parallel Flow Testing," Paper SPE 102828, 2006.
[10] Wang, G., Nasr-El-Din, H.A., Zhou, J., Holt, S.: "A New Viscoelastic Surfactant for High Temperature Carbonate Acidizing," SPE 160884, 2012.
[11] Li, L., Nasr-El-Din, H.A., Cawiezel, K.E.: "Rheological Properties of a New Class of Viscoelastic Surfactant," SPE 121716, 2009.
[12] Gomaa, A.M., Cutler, J., Qu, Q., and Cawiezel, K.E.: "Acid Placement: An Effective VES System to Stimulate High-Temperature Carbonate Formations," SPE 157316, 2012.
[13] Nasr-El-Din, H.A., Chesson, J.B. and Cawiezel, K.E.: "Lessons Learned and Guidelines for Matrix Acidizing With Viscoelastic Surfactant Diversion in Carbonate Formations," SPE 102468, 2006.
[14] Nasr-El-Din, H.A., Al-Ghamdi, A.H, Al-Qahtani, A.A.: "Impact of Acid AdditiVES on the Rheological Properties of a Viscoelastic Surfactant and Their Influence on Field Application," SPE 89418, 2008.

Abstract

Diverting agents have been widely used during matrix acidizing treatments to accomplish the uniform distribution of acid solutions across the target zones. One of the most popular diversion systems is based on viscoelastic surfactants (VES) which showed good results in the lab and field tests. The rheological properties of viscoelastic surfactants are a complex function of surfactant type, concentration, additives, salinity, temperature and shear rate.

In this study the effects of critical parameters including: temperature, additives and Fe(III) were examined on the apparent viscosity of VES-based acids. Acid additives included corrosion inhibitors, non-emulsifying surfactant, iron control agents and hydrogen sulfide scavenger. The gelling performance of conventional VES acid systems dramatically weakens at high temperature (>200 °F), in presence of major additives and iron contamination. This study was conducted to introduce a new VES system as called DiVES-350 that can gel and maintain useful viscosity up to 300 °F. Several additives were identified that can be mixed with DiVES-350 without affecting the apparent viscosity of the spent acid. The DiVES-350 based acid system is completely compatible with corrosion inhibitor, iron control agent, H_2S scavenger, and even high iron contamination. A low dose of DiVES-350 can significantly increase the apparent viscosity of the fluid that lead to decrease in project cost. Similar to current VES, mutual solvent is recommended in the post flush to reduce the fluid viscosity and remove any gel from the formation.

Key words: Diverter, Acidizing, Viscoelastic surfactant (VES), Rheological properties.

www.SID.ir