Archive of SID

بهبود کیفیت آب تولیدی از میادین نفتی با استفاده از مواد شیمیایی افزودنی چند نقشی

سعید عباسی[1]، علی روستایی[2]، عباس شهرآبادی

پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهکشده مهندسی نفت، واحد مطالعات ازدیاد برداشت

[1]abbasis@ripi.ir

چکیده

در حال حاضرتصورات نادرست زیادی نسبت به بهبود کیفیت آب تولید شده از میادین نفتی با مواد شیمیایی افزودنی وجود دارد. این تحقیق با فراهم آوری درک کاملی از کاربرد مواد شیمیایی خاص و با بررسی ترکیب شیمیایی آب تولیدی، می‌تواند کمک موثری در جهت فهم موضوعات فوق نماید. در اینجا می‌خواهیم به مواد شیمیایی اشاره نماییم که می‌توانند با تغییر خواص شیمیایی آب، بر مشکلات متداول تولید نفت غلبه کنند. بنابراین توجه خاصی به مواد شیمیایی کاهنده امولسیونی و تصفیه کننده آب و روشهایی جهت تعیین خواص شیمیایی آب بهبود یافته گردیده است. امروزه استفاده از مولکولهای چند نقشی که بتوانند در بیش از یک فرآیند اثر خود را نشان دهند توصیه میگردد که در این تحقیق سعی شده ساختار این مواد مورد بررسی قرار بگیرد..

واژه‌های کلیدی: آب تولیدی، مواد شیمیایی، مولکولهای چند نقشی، مواد شیمیایی کاهنده امولسیونی

[1] مسئول پروژه- مرکز مطالعات ازدیادبرداشت-پژوهشگاه صنعت نفت

[2] پژوهنده مرکز مطالعات ازدیاد برداشت

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

شرکتهای تولید کننده مواد شیمیایی که اغلب در میادین نفتی فعال هستند با استفاده از مواد شیمیایی تولید شده سعی می‌نمایند که آب تولیدی را از نظر کیفیت بهبود بدهند. آنها به دلیل نشان دادن ارزش کار خود در جهت فراهم آوری خدمات بهتر و پیشرفته تر سعی می‌نمایند بر عواملی که باعث ایجاد دیدگاه منفی در شهرتشان شوند، غلبه نمایند. اما بیشتر کارخانه‌های تولیدی مواد شیمیایی این دیدگاه منفی را بواسطه تیرگی و ابهام در کارشان قوت می‌بخشند تا تلاش نمایند که از رقابت جهت سوددهی در فواید تکنیکی ممانعت کنند.

این تحقیق به بررسی عملکرد مواد شیمیایی در جهت بهبود کیفیت آب می‌پردازد به گونه‌ای که با ارائه مطالبی منطقی سعی می‌کند دیدگاه محققین را نشان دهد. به دلیل اینکه در تمام رشته‌های شیمی روشهای تفسیر داده‌ها و تئوریهای متفاوتی برای مکانیزمهای شیمیایی وجود دارد، در اینجا تلاش شده است تا به طرح بررسی این مکانیزم‌ها پرداخته شود و در جهت فهم بهتر مشکلات موجود در طراحی موثر برنامه‌های درمان شیمیایی آب گام برداشته شود. بطورعمومی سه دسته از فرایندهای شیمیایی وجود دارند که اغلب در میادین نفتی مورد توجه قرار می‌گیرند:

کنترل مواد جامد

کنترل خوردگی

ضد امولسیون/ رفع تیرگی آب

برای درک بهتر و سادگی آن سعی شده هر قسمت به طور جداگانه مورد بررسی قرار بگیرد. هر قسمت از فرایندهای شیمیایی و زیر مجموعه هر کدام از فرایندها نیز در سایر برنامه های دیگر اثر می‌گذارند. به عبارتی یک ماده شیمیایی خاص می‌تواند تاثیری در بیش از یک فرآیند داشته باشد. این تاثیرات می‌تواند مثبت یا منفی باشند.

۲- کنترل مواد جامد

مواد شیمیایی که برای کنترل مواد جامد مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل: بازدارنده‌های رسوب، بازدارنده‌ها و پراکنده‌سازهای مواد پارافینی، بازدارنده‌های آسفالتین، بازدارنده‌های هیدرات، بازدارنده‌های میکروبی در موارد خاص، تصفیه‌کننده‌ها در مصارف خاص، پراکنده‌سازهای ذرات شنی و عوامل ترکننده هستند. این مواد شیمیایی اغلب در مواردی برای تثبیت جریان به کار می‌روندکه به چهار دسته ذیل تقسیم می‌شوند:

مواد ژلاته‌کننده یا جداکننده مولکولهای ترکیبات، قبل از هسته‌زایی

موادی که رشد کریستال را تغییر می‌دهند

مواد جلوگیری‌کننده از هسته‌زایی

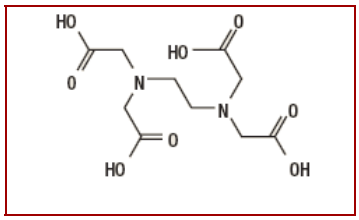
موادی که باعث پراکندگی ذرات جامد شده و از تجمع آنها جلوگیری می‌کنند.

۳- ژلاته شدن

ژلاته شدن عاملی در جهت جلوگیری از ایجاد رسوب است. این فرآیند اغلب بوسیله یک واکنش تعادلی بین یک یون فلزی و یک عامل کمپلکس توصیف می‌گردد. واکنش‌های ژلاته شدن تشکیل بیش از یک باند بین فلز و یک عامل کمپلکسی را شامل می‌گردند. این فرآیند اغلب باعث بوجود آمدن یک ساختار حلقوی همراه با یون فلزی می‌شود. شماتیک شیمیایی عمومی ژلاته شدن در شکل ۱ نشان داده شده است.(اتیلن دیامین ترا استیک اسید، EDTA) [1].

www.SID.ir

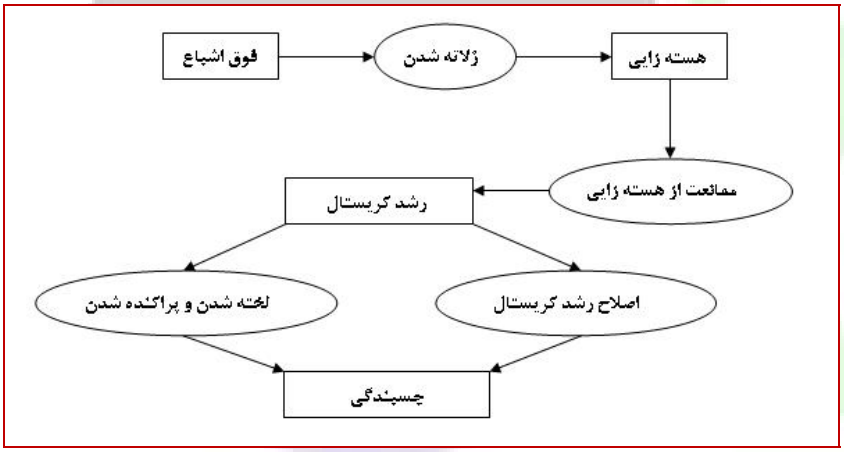
Archive of SID



شکل(۱): شماتیک ساختار شیمیایی اتیلن دیامین ترا استیک اسید، EDTA

۴- تغییر دهنده رشد کریستال و ممانعت از هسته‌زایی

تغییر رشد کریستالی بصورت یک فرآیند آستانه‌ای شناخته می‌شود که در این فرآیند تعدادی از ملکولهای ممانعت‌کننده، از رشد کریستال جلوگیری می‌نمایند و یا رشد آن را آهسته می‌کنند. بازدارنده‌های رشد کریستال از توانایی ملکولهای خاصی بهره می‌برند تا یک شبکه فشرده کریستال را با یک ملکولی که از نزدیک شدن آنها جلوگیری می‌کند، جایگزین کند. این موضوع یک تاثیر هتروژن را نشان می‌دهد به این معنا که این قضیه بر روی یونها و یا مولکولهایی که می‌خواهند به ساختار شبکه بچسبند تاثیر می‌گذارد. همچنانکه در شکل ۲ نیز نشان داده شده است، ممانعت‌کننده از هسته‌زایی از اثر یک فرآیند آستانه هموژن در آغاز رشد کریستال منتج می‌گردد.[2]

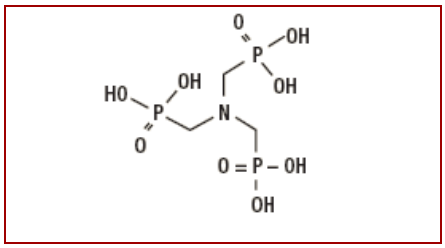


شکل(۲): مدل عمومی رشد کریستال

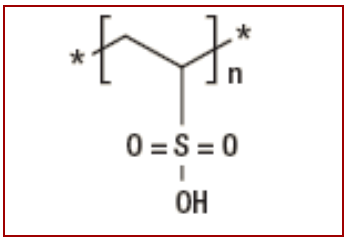
تعداد زیادی از مقالات تلاش کرده‌اند تا اثر انواع فرایندهای مواد شیمیایی مختلف بر روی رسوب را مشخص کرده و بر روی روش تاثیر گذاری آن بحث نمایند[3]. مواد شیمیایی اغلب از اولیگومرهای فسفاتی یا پلیمرهای با وزن ملکولی پایین تشکیل می‌شوند که با توجه به آزادیشان می‌توان به آنها رادیکال اضافه کرد. در این مورد می‌توان به ساختارهای مختلفی اشاره داشت که در سایت اینترنتی دانشگاه هریوت وات در بریتانیا قابل مشاهده است[4]. بنابراین اغلب مواد شیمیایی مرسوم، از فسفوناتها و پلیمرها هستند که در اشکال ۳ و ۴ نشان داده شده‌اند. امروزه این موضوع کاملا پذیرفته شده است که فسفاتها با اصلاح رشد کریستال عمل می‌کنند و نیاز به مقدار دُز کمی بالاتر دارند ولی در کاربرد آن با مشکلات کمتری روبرو هستیم در حالی که پلیمرها به هر دو صورت عمل می‌کنند ولی در کابرد آنها باید بیشتر مراقب بود .هر چند در برنامه‌های کاربرد پلیمر با شکستهای بیشتری روبرو هستیم ولی اگر به صورت ایده‌آل به کار بروند هزینه کمتری را به همراه خواهند داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

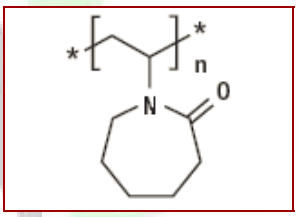


شکل(۳): ساختار شیمیایی آمینو تری- متیلن اسید فسفونیک

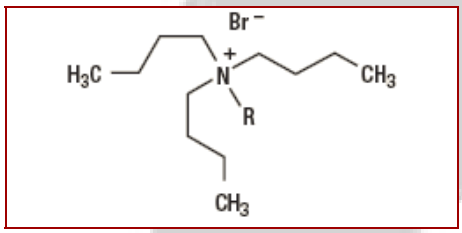


شکل (۴): ساختار پلی وینیل فسفونات

جلوگیری از مسدودسازی توسط هیدراتهای گازی، کاربرد دیگر اصلاح کننده‌های رشد کریستالی و ممانعت کننده‌های هسته‌زایی برای کنترل مواد جامد است. بازدارنده‌های هیدراتی سینتکی (KHI)، از هسته‌زایی کریستالی ممانعت می‌کنند یا آن را به تاخیر می‌اندازند. در ضمن با و یا بدون فاز نفتی نیز موثر می‌باشند. ممانعت کننده‌های هیدراتی، آنتی آگلومراتی (AAHI) اصلاح کننده‌های کریستال هستند و در فاز نفتی موثر هستند. هر دو نوع این ممانعت کننده‌ها به عنوان ممانعت کننده‌های هیدراتی دُز پایین شناخته شده‌اند[5]. از جمله ممانعت کننده‌های هیدراتی سینتیکی، می‌توان به پلیمرهایی همانند پلی‌وینیل‌کاپرولاکتم اشاره داشت که در شکل ۵ نشان داده شده است. از جمله بازدارنده‌های هیدراتی آنتی‌آگلومراتها نیز، نمکهای فسفونیوم یا آمونیوم هستند که در شکل ۶ ارائه شده است[6].



شکل(۵): شماتیک ساختار شیمیایی پلی‌وینیل‌کاپرولاکتم

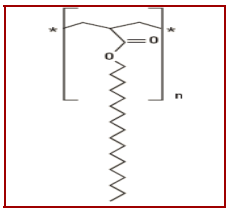


شکل (۶): شماتیک ساختار شیمیایی چهار جزیی برماید آمونیوم با زنجیره آلکالی

از جمله دیگر مواد جامد، پارافین‌ها می‌باشند. پارافین‌ها وکس‌های هیدروکربنی آلیفاتیک هستند که در بیشتر نفتها وجود دارند. این مواد از نفت خام جدا شده و در تاسیسات تولیدی نفت، اتصالات زیر دریا یا هر ابزار و لوله‌های واحد تولید یا خطوط انتقال که احتمال افت دما به زیر دمای وکس را دارند، رسوب می‌کنند. عملکرد بازدارنده‌های پارافینی مداخله در ایجاد باند مولکولهای وکس آلیفاتیک به یکدیگر است. آنها به طور معمول از نوع پلیمرهای زنجیری شاخه‌دار می‌باشند که در شکل (۷) شماتیک آن ارائه شده است[7]. آسفالتن‌ها نیز بخش حل شده‌ای در نفت خام هستند که در آروماتیک‌ها حل می‌شوند ولی در آلیفاتیک‌ها غیر محلول هستند. آنها در گستره بزرگی از آگلومرات‌های آروماتیکی ترکیب یافته حلقه‌های هتروسیکلیک می‌باشند. آسفالتن‌ها با رزین‌های نفتی که به سطح خارجی آگلومرات آسفالتنی می‌چسبند در محلول نگه داشته می‌شود. زمانیکه رزین‌ها از سطوح جدا می‌شوند آسفالتن‌ها تمایل به تشکیل رسوب را پیدا می‌کنند. بنابراین بازدارنده‌های آسفالتن مواد شیمیایی هستند که از جابجایی و حرکت رزین‌ها جلوگیری می‌کنند و یا در همان حالت می‌توانند نقش رزین‌ها را ایفا نمایند[7].

www.SID.ir

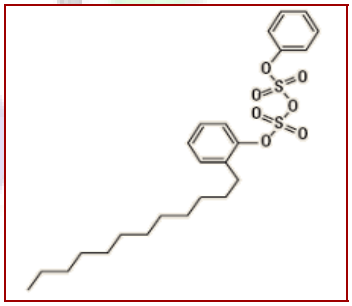
Archive of SID



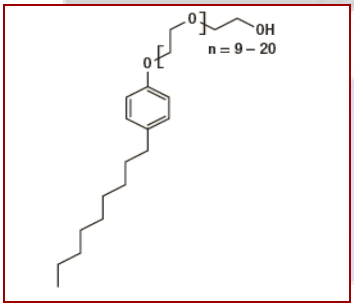
شکل (۷): شماتیک ساختار شیمیایی پلی اکتادسیل اکریلات

۵- پراکنده‌سازها

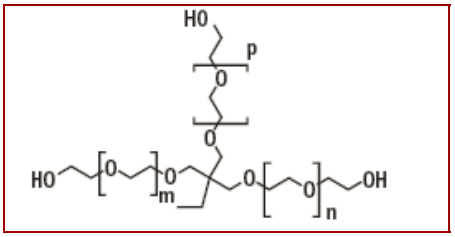
پراکنده‌سازها[3] معمولترین شکل فرآیندهای شیمیایی در میادین نفتی می‌باشند. صنایع مرتبط با سورفکتانت وسیع بوده و شرکتهای شیمیایی مرتبط با نفت، فقط قسمت کوچکی از این طیف وسیع هستند. مقدار زیادی از سورفکتانت‌هایی که در صنایع دیگر ساخته می‌شوند در صنایع نفت نیز مورد استفاده قرارمی‌گیرند. سورفکتانت‌ها با اصلاح و برهم‌کنش شیمیایی مایعات در مرز بین آنها وارد عمل می‌شوند. این مواد اکثریت مواد شیمیایی مورد استفاده در منطقه نفتی را شکل می‌دهند. پراکنده‌سازها ، مواد فعال سطحی می‌باشند که از تجمع و چسبیدن مواد جامد جلوگیری به عمل می‌آورند. براین اساس می‌توان گفت پراکنده‌سازها تاثیراتی را در همه فرآیندهای شیمیایی دارند. این مواد در ساختار بازدارنده‌های خوردگی استفاده می‌شوند تا از خوردگی تحت رسوب‌گذاری جلوگیری به عمل آید. این مواد از تولید مواد جامد که اغلب رسوبات، پارافین‌ها و آسفالتن می‌باشند جلوگیری به عمل می‌آورند. آنها همچنین در بهبود عملکرد امولسیون‌ها در جلوگیری از تشکیل و تجمع مواد جامد استفاده می‌شوند. خیلی از مشکلات تصفیه آب در میادین نفتی، چه در هنگام حفاری و چه در تعمیر و تکمیل و تولید از چاه، ماحصل وارد کردن اینگونه مواد به فرآیندها هستند[8]. تعدادی از مواد پراکنده‌ساز معمول مورد استفاده، اسیدهای سولفونیک و نمکهایش، فنولیک اتوکسولات، الکل‌های اتوکسولاتی و ترکیبات آمونیوم می‌باشند که بر اساس کنترل خوردگی مورد بحث قرار می‌گیرند. اشکال ۸، ۹، و ۱۰ شماتیک مولکولی اشکال فوق را نشان می‌دهند.



شکل (۸):شماتیک مولکولی دودسیل دی‌فنیل اکساید اسید دی‌سولفونیک



شکل (۹): شماتیک مولکولی نانیل فنل اتوکسولات



[3] Dispersants

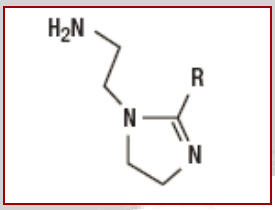
www.SID.ir

Archive of SID

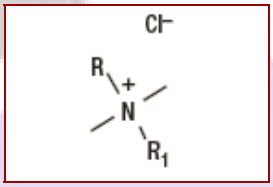
شکل(۱۰): شماتیک مولکولی تری متیلول پروپان اتوکسولات

۶- کنترل خوردگی

مواد شیمیایی کنترل‌کننده خوردگی با جلوگیری کردن از تجمع مواد جامد و کاهش اثرپذیری و یا با ترکیب این دو اثر همراه با گاززدایی از آب می‌توانند اثرات خود را اعمال کنند. مکانیسم‌های این اثرات می‌توانند توسط انواع فرآیندهای شیمیایی مختلف کامل گردند. این نکته را باید توجه نمود که گاززدایی ممکن است همانطوری که برای کنترل خوردگی به کار می‌رود برای حفظ محیط زیست نیز استفاده شود. نمونه‌های مولکولی مورد استفاده دارای یک دنباله و یک بخش آلیفاتیک هستند که با فلز در حال خورده‌شدن جفت می‌شوند. این فرآیند باعث می‌شود لایه‌های شیمیایی ایجاد شود که از انتقال الکترون جلوگیری نموده و بخش خورنده را مجزا می‌کند. در شکل ۱۱ مثالی از ممانعت کننده خوردگی لیمیدازولین نشان داده شده است. بعلاوه تعدادی از مواد شیمیایی نقش هر دو عامل، کاهش اثر پذیری و پراکندگی ذرات جامد را ایفاء می‌نماید. از جمله این مواد شیمیایی می‌توان به کلریدهای آمونیوم اشاره داشت که در شکل ۱۲ شماتیکی از آن ارائه شده‌اند. مواد کنترل کننده خوردگی دیگری نیز بسته به شرایط در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. آخرین تحقیقهای انجام شده بر روی این مواد بیشتر بر این موضوع توجه دارند که مولکولهایی ساخته شود که با محیط زیست سازگارتر باشند مخصوصا در جهت استفاده در محیط زیستهای حساس به کار روند[9].



شکل(۱۱): شماتیک ممانعت‌کننده خوردگی لیمیدازولین



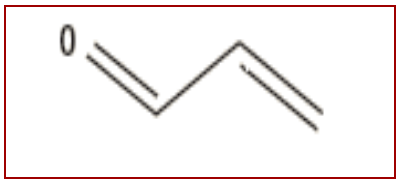
شکل (۱۲): کلرید آمونیوم چهار جزئی

۷- گاززداها

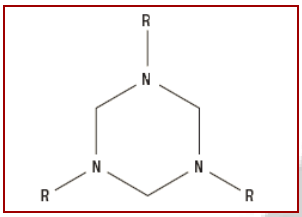
مواد شیمیایی که برای عملیات گاززدایی به کار می‌روند شامل نمکهای غیرآلی سولفور، نیتروژن یا کلرید آلدئیدها یا میعانات آمین آلدئید می‌باشند. کلریدها، نیتریدها، آلدئیدها و میعانات آمین آلدئید، اکسیژن را به عنوان یک مکانیزم کنترل خوردگی استخراج می‌کنند. یک نوع آلدئید، اکریل آلدئید می‌باشد که در شکل ۱۳ نشان داده شده است. یک مثال از میعانات آلدئید آمین نیز تری‌آزین است که در شکل ۱۴ نمایش داده شده است. زمانیکه این مواد شیمیایی تزریق می‌شوند این مواد با ایجاد یک ترکیب مناسب برای گونه‌ها، گاز مورد نظر را از سیال جدا می‌کنند[10].

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱۳): ساختار مولکولی اکریل آلدئید



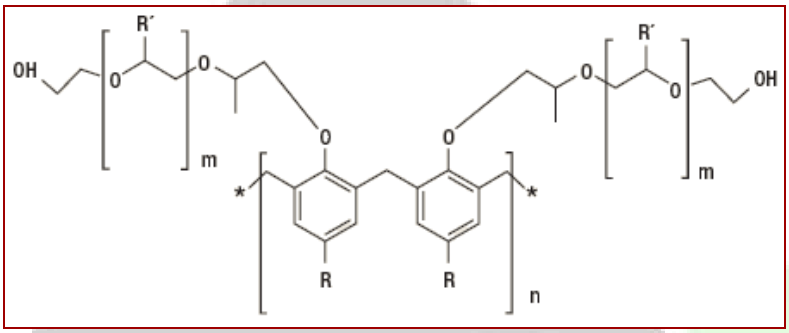
شکل(۱۴): شماتیک ساختار مولکولی تری‌آزین

www.SID.ir

Archive of SID

۸- کاهنده‌های امولسیون و تصفیه مواد شیمیایی

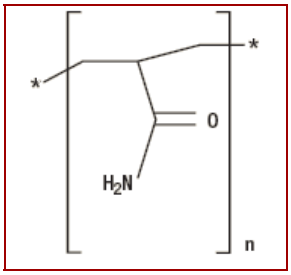
کاهنده امولسیون: امولسیون‌هایی همچون امولسیون آب در نفت در هنگام تولید نفت خام به دلیل عوامل امولسیون سازی طبیعی در نفت خام شبیه به آنچه که بیان گردید ، ایجاد می‌گردند. این مواد شیمیایی اغلب بر روی مسایل و مشکلات تولید تاکید دارند اما به دلیل طبیعت مواد فعال سطحی خود موجب امولسیون می‌گردند. بنابراین کاهنده‌های امولسیونی در تولید نفت خام استفاده می‌شوند. کاهنده‌های امولسیونی با ایجاد گسیختگی بین سطح پایدار فاز نفت و فاز درونی که در اینجا آب می‌باشد اثر خود را اعمال می‌کنند. این قاعده که سورفکتانتها با وزن مولکولی بالا سورفکتانتها با وزن مولکولی پایین را در مرز خود جابجا می‌کند پذیرفته شده است. کاهنده‌های امولسیونی که طراحی می‌شوند اغلب به مواد شیمیایی سازنده امولسیون شبیه می‌باشند اما باید توجه نمود که دارای وزن مولکولی بالاتری می‌باشند. این موضوع به آنها اجازه می‌دهد تا گسیختگی سطوح لایه ها را ایجاد کرده و ناپایداری امولسیون را به دنبال داشته باشند[11]. امروزه تعداد بسیار زیادی از مواد شیمیایی کاهنده امولسیونی وجود دارند اما بیشتر آنان همچنانکه در شکل ۱۵ نشان داده شده است آلکوکسی فنولیک رزین (رزین‌های آلکوکسید فنیل) می‌باشند.

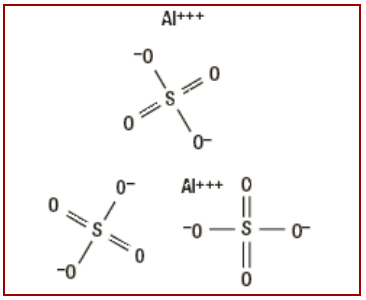


شکل(۱۵): شماتیک ساختار مولکولی رزین‌های آلکوکسید فنیل

۸-۱-کاهندههای امولسیون معکوس

منظور از امولسیونهای معکوس مواد نفتی در فاز پیوسته آب می‌باشد. آنها با توجه به خواص شیمیایی و فیزیکی به صورت معلق و پایدار هستند. نفت به دلیل عدم پذیرش الکترواستاتیکی در سطوح بین قطرات آب و نفت به صورت پیوسته خود را نشان نمی‌دهد. مواد شیمیایی کاهنده معکوس بوسیله پروتوناسیون دوقطبی اجازه می‌دهند تا نفت در آب منعقد و پیوسته شود. این به این معنی است که عوامل امولسیون ساز فعال سطحی در سطح آب و نفت خنثی می‌شوند. سپس اجازه داده می‌شود تا فرآیند پیوسته شدن و انباشته شدن قطرات نفت انجام گیرد. در اینجا باید خاطر نشان کرد که مواد شیمیایی استفاده شده اغلب با نمکهای فلزی (شکل ۱۶) بعلاوه پلیمرها (شکل۱۷)، پلیمرهای میعانی (شکل۱۸) و پلیمرهای امولسیونی/پراکنده (شکل ۱۹) همراه می‌شوند[11].





www.SID.ir

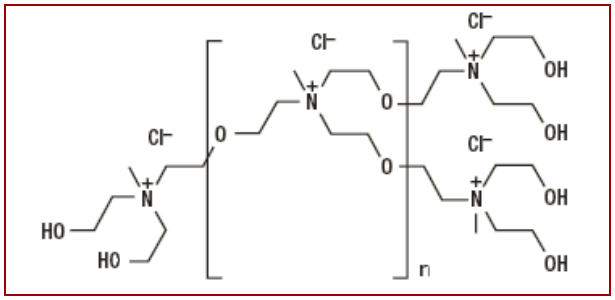
Archive of SID

شکل(۱۶): ساختار مولکولی سولفات آلومینی

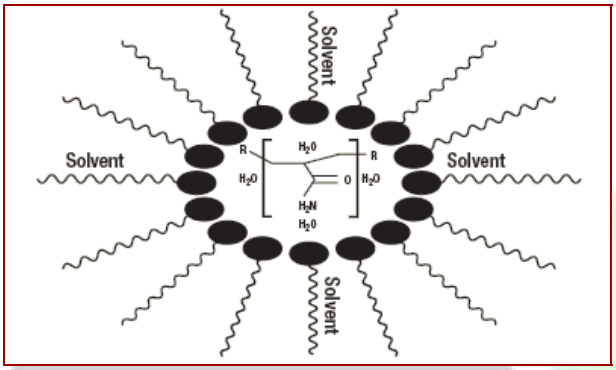
شکل(۱۷): ساختار مولکولی پلی‌اکریل‌آمید

www.SID.ir

Archive of SID



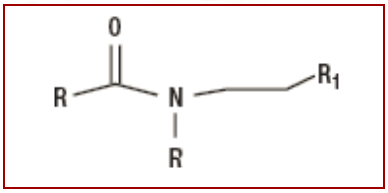
شکل(۱۸): شماتیک ساختار مولکولی میعانات TEA کلرید آمونیوم چهار جزئی



شکل(۱۹): شماتیک ساختار مولکولی پلیمرهای امولسیونی/پراکنده

۸-۲-تصفیه آب

بهبود کیفیت آب، شامل حذف مواد نامناسب از آب نسبت به آب دورریختنی است. این مواد نامناسب می‌توانند شامل مواد جامد، گاز یا مایعات باشند. یکی از مرسومترین آلاینده‌ها در آبهای حاصل از میادین نفتی، نفت خام می‌باشد. با استفاده از ترکیب مواد شیمیایی همچون کاربامات و یا پلیمرهای محلول و مواد پلیمری امولسیونی پراکنده شبیه به آنچه که در قسمتهای قبل اشاره شد، همانند کاهنده‌های امولسیون معکوس می‌توان نفت را از سیال جدا نمود. برنامه مواد شیمیایی افزودنی بر اساس معیار تولید در آغاز پروژه طراحی می‌شوند. کنترل جامدات و مواد شیمیایی کنترل کننده خوردگی با استفاده از روند کاری آزمایشگاه در برابر اجرای کار انتخاب می‌شوند. نظریات کلی برای مواد شیمیایی و کاهنده‌های امولسیون می‌توانند با آزمایش بر روی سیال‌ها حاصل از عملیات Drillstem بدست آیند. با آغاز تولید، برنامه‌های کاهنده امولسیون معکوس و تصفیه آب نیز می‌توانند انتخاب شوند.



شکل (۲۰): شماتیک ساختار مولکولی تیوکاربامات

کیفیت آب بعد از انجام عملیات بر روی آب تولید شده با استفاده از تست مواد شیمیایی اندازه‌گیری می‌شود. برای انتخاب مواد شیمیایی مناسب نیز آزمایش سلول شناوری انجام می‌گیرد. باید در نظر داشت که کارشناسان شیمی در مناطق نفت خیز و میادین نفتی برای طراحی برنامه کامل دفع آبهای تولیدی نیاز به توجه خاص و مشاوره با متخصصین این امر دارند. انتخاب مواد شیمیایی مورد نیاز اغلب در کیفیت آب تاثیر گذار است و مهمتر اینکه می‌توانند در نتایج حاصله نیز تاثیرگذار باشند. اما این نتایج می‌توانند با استفاده از مواد شیمیایی اضافی مانع از بروز مشکل در کیفیت آب نمایند.

www.SID.ir

Archive of SID

۹- نتیجه‌گیری

امروزه پژوهش و افزایش مواد شیمیایی جدید برای کاربرد در منطقه نفت خیز با محدودیتهای تجاری همراه می‌باشد. این کار می‌تواند به سه بخش تقسیم شود. ابتدا، برنامه هایی هستند که برای تولید مواد شیمیایی مشابه با هزینه کمتر طرح می‌شوند. دوم، برنامه‌هایی هستند که همراه با پژوهش بوده و نمونه‌های شیمیایی جدیدی را به فرآیند می‌افزایند و یا از نظر ساختاری در میان مواد شیمیایی موجود، موادی را تعیین می‌کنند که در جهت انجام بهتر بر اساس هزینه عملیاتی مقادیر کمتر مورد توجه واقع می‌شوند.

در نهایت افزایش و توسعه برنامه‌های پژوهشی هستند که به یافتن مواد شیمیایی موجود و متفاوت توجه دارند تا اساسا مسائل لاینحل را به نتیجه برسانند. مثال‌های این پژوهش نمونه‌هایی هستند که از نظر محیطی به یافتن موادی برای عملکرد شیمیایی مناسب از نظر استوکیومتری در سطح آستانه و طرح مولکولهای چند نقشی برای عملکرد شیمیایی بهتر توجه دارند که در حال حاضر دو مولکول مختلف استفاده می کنند. بعلاوه کارخانه های مواد شیمیایی که در منطقه نفتی فعال هستند، فرآیندهای شیمیایی اساسی را در سیستمهای مربوطه که در عملیات قرار می‌گیرند جستجو می‌کنند. این موضوع با درک بهتر ساختار مولکولی برای افزایش عملکرد بهتر، از طریق مواد شیمیایی افزودنی بدست می‌آیند.

مراجع

[1]. Brady, J. E and G. E. Humiston, "General Chemistry, Principles and Structure," p. 679, John Wiley and Sons, Inc, New York, New York, 1982.

[2]. Sorbie, K. S. and N. Laing, "How Scale Inhibitors Work: Mechanisms of Selected Barium Sulphate Scale Inhibitors Across a Wide Temperature Range," SPE paper 87470, Society of Petroleum Engineers, 2004.

[3]. http://www.champ-tech.com/us/products/scale control.asp?P=prob8

[4]. http://www.pet.hw.ac.uk/research/fast1/research/cheminhi.htm

[5]. http://www.champ-tech.com/us/products/DiffTech/Low Dose Hydrate% 20Inhihitors.asp

[6]. US Patent No. 5,434,323

[7]. Becker, J. W., "Crude Oil Waxes, Emulsions, and Asphaltenes," Pennwell, Tulsa, Oklahoma, 1997.

[8]. Porter, M. R., "Handbook of Surfactants," 2nd edition, Blackie Academic and Professional, London, England, 1994

[9]. Endean, H. J., "Oilfield Corrosion Detection and Control," Champion Technologies, Houston, Texas, 1989

[10]. Buhaug, J. B., "[H.sub.2]S Scavenging--Chemical Investigations of Triazine and Potential New Scavengers," AICHE Paper 115e, LNG Treating and Transportation, New Orleans, Louisiana, 2002.

[11]. Bosch, R.O., et al., "A Novel Approach for Resolving Reverse Emulsions in SAGD Production Systems," Canadian Journal of Chemical Engineering, v. 82, n. 4, Aug 2004.

www.SID.ir