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: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

مشکل‌های مهیب در رشته‌های لوله نفت

فرشاد درگاهی [۱]

بوشهر- دشتستان – بخش آبپخش- خیابان شهدا- کوچه شفقت 09173773924 farshaddargahi22@gmail.com

رباب چاه‌شوری [۲] ـ ۰۹۱۷۰۱۶۴۱۴۶ـ Robabchahshoori@gmail.com

باشگاه پژهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر

چکیده:

واکس، هیدرات و آسفالتین سه معضل بزرگ در خطوط لوله جریانی می‌باشند که باید بوسیله گروه مهندسین طراح مدنظر قرار گیرند و می‌توانند مسیر انتخاب سیستم را تغییر داده و در راهکار عملیاتی تأثیر گذارند. اگر به وجود آنها پس از طراحی یا بعد از ساخت کارخانه واقف شویم کل سیستم تحت ریسک قرار می‌گیرد. هر کدام از معضلات باید توسط مهندسین به خوبی فهمیده شود تا نسبت به خنثی نمودن اثرات مخرب در طی فرآیند اقدام شود. این مقاله پیچیدگی‌های سیستم و معضلات واکس، هیدرات و آسفالتین را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

---

[۱]. دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی نفت – دانشگاه آزاد اسلامی عالیشهر

[۲] . کارشناسی ارشد مهندسی مخازن هیدروکربوری، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی عالیشهر

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه:

یکی از مواردی که در خطوط لوله جریانی در زیر دریا باید مدنظر قرار گیرد این است که از ایجاد رسوب و بلوکه شدن خط لوله جلوگیری بعمل آید که این مسئله می‌تواند با رسوب‌گذاری واکس و هیدرات در خط لوله همراه باشد. در بعضی از مواقع رسوبات آسفالتین و رسوبات داخلی خط لوله نیز می‌تواند مشکل‌ساز باشد. برای سیال یک مخزن مشخص این رسوبات در شرایط خاصی از دما و فشار تشکیل می‌شوند. این رسوبات می‌توانند در بخش پائین دستی و یا حتی درون خط لوله تشکیل شده و گاهاً منجر به مسدود شدن خط لوله گردد. کنترل این رسوبات به سه طریق ترمودینامیکی، سنتیکی و مکانیکی امکان‌پذیر می‌باشد.

از نظر ترمودینامیکی شرایط (دما و فشار) فراهم آورده می‌شود که رسوبات ناپایدار بمانند. از نظر سنتیکی شرایطی فراهم آورده می‌شود که رسوبات اصلاً تشکیل نمی‌شوند و در کنترل مکانیکی، رسوبات تشکیل شده در خط لوله با روشهای گوناگون از قبیل توپک رانی از خط لوله خارج می‌شود.

این مقاله بیشتر بر روی کنترل ترمودینامیکی و سنتیکی رسوبات واکس، هیدرات و آسفالتین و بیشتر خطوط لوله جریانی زیر دریا را مدنظر قرار می‌دهد. برای هر کدام از رسوبا، نمودار فازی و شرایط تشکیل و مشکلاتی که در پی دارند، جداگانه بررسی شده است.

واکس:

هیدروکربنهای پارافینی می‌توانند مشکلات وسیعی از ایجاد از ایجاد جامد پایدار تا امولسیون‌های ژله مانند در سیستم ایجاد نمایند. مشکلات واکس زمانی ایجاد می‌شود که سیال مخزن بقدری سرد شود که کریستالهای واکس شروع به تشکیل شدن نمایند. دمایی که در آن کریستالها شروع به تشکیل شدن می‌نمایند نقطه ابری[۱] نامند. در دمای پائین‌تر از نقطه ابری کریستال‌های تشکیل شده شروع به رشد می‌کنند. این کریستالها می‌توانند در وسط خط لوله ایجاد شوند و توسط جریان به محل‌های دیگر انتقال یابند با اینکه در دیواره خط لوله رسوب نمایند و ضریب پوسته را افزایش دهند (fouling facher). هنگامی که مشکلات گوناگونی توسط واکس بوجود می‌آید، تولیدکنندگان بیشتر به دو نقطه بحرانی تولید ژل و رسوب توجه می‌کنند. ژل‌هایی نفتی زمانی تشکیل می‌شود که کریستال‌های واکس تشکیل شده‌اند و در سه بعد شروع به رشد می‌نمایند.

این مشکل ممکن است در زمانی که خط لوله در سرویس است و نفت در آن جریان دارد تشکیل نگردد زیرا تنش برشی شبکه مولکولی واکس را خرد می‌کند و مانع از پایدار شدن واکس می‌گردد، ولی به محض اینکه جریان نفت در خط لوله متوقف شد، شبکه واکس تشکیل شده و رسوبات بصورت پایدار در خط لوله باقی می‌مانند و مشکلاتی برای جریان نفت بوجود می‌آورند و گاهاً می‌توانند خط لوله را کاملاً بند آورند که در این مواقع خط لوله باید توپک رانی گردد. در این عملیات نیز هنگامی که توپک در خط لوله حرکت می‌کند واکس‌های جلوی خود را جابه‌جا می‌کند و این کار به جایی ختم می‌شود که دیگر توپک توان جابه‌جا کردن واکس‌های جلوی خود را ندارند که باید بصورت مکانیکی آنها را تخلیه کرد.

واکس تشکیل شده از پارافین‌ها که اغلب سفید، بی‌بو، بی‌مزه و از نظر شیمیایی مواد بی‌اثر از ترکیبات هیدروکربنی اشباع شده ساخته می‌شود. پارافین‌های خط به سادگی توسط دستگاه کرموتوگرافی (HTGC) دمای بالا قابل تشخیص هستند. این

[۱] . cloud point

www.SID.ir

Archive of SID

www.Reservoir.ir

دستگاه آلکانهای نرمال را در نمونه مشخص می‌کند. مجموع آلکانهای نرمال که بیشتر از ۲۰ کربن داشته باشد بعنوان میزان واکس در نمونه شناخته می‌شود (پارافین یا واکس) بطور عمومی میزان یا واکس با کاهش API پایین می‌آید.

واکس از نظر فیزیکی از حالت ژله‌ای تا جامدی که دمای ذوب آن از دمای اتاق تا ۱۰۰ درجه‌سانتیگراد تغییر می‌کند، می‌تواند وجود داشته باشد. دانستیه واکس حدود ($\frac{g}{cm^3}$) ۰/۸ و ظرفیت گرمایی آن نیز ($\frac{w}{m.k}$) ۰/۱۴۰ می‌باشد.

دستگاههای (SARA) IP ۱۴۳ ، TBP ، ASTM D۲۸۸۷ و کرماتوگرافی وسایلی هستند که رفتار هیدروکربنها را مشخص می‌کنند. با وجود دستگاههای فوق کروماتوگرافی وسیله خوبی برای تشخیص پارافین‌ها است که مقدار کمی از نفت را کاملاً تبخیر می‌کند و میزان پارافین آروماتیک و نفت‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. نتایج کرماتوگرافی نفت آسفالتی (API کم) و پارافین (API متوسط) نشان داده شده است.

با تجزبه نفت این امکان وجود دارد که چه موقع کریستال در سیستم تشکیل می‌شود. مدل‌های ترمودینامیکی وجود دارد که با استفاده از اطلاعات کرماتوگرافی سیستم تعادل مایع ـ بخار و همچنین جامد ـ مایع را پیش‌بینی می‌کند. بنابراین آنچه این مدلها قادر به محاسبه آن هستند، میزان بخار ـ مایع و جامد و همچنین اجزاء آنها، در دما و فشار مشخص می‌باشد و آنچه که آنها نمی‌توانند مشخص کنند خصوصیات فیزیکی نقطه ریزش و نقطه ابری ترمودینامیکی را می‌توان طوری مشخص کرد که آستانه تشکیل مقدار مشخصی از جامد باشد. نقطه ابری همچنین می‌توان از طریق رنگ‌سنجی جزیی[۱] و پلاریزه کردن میکروسکپی[۲]، ویسکوزیته و همچنین مشاهده مستقیم اندازه‌گیری کرد.

در میان روشهای فوق پلاریزه کردن میکروسکپی بهترین جواب را می‌دهد. پلاریزه کردن میکروسکپی روش خوبی همراه با سرد کردن تدریجی نفت می‌باشد و برای نفت‌هایی که میزان واکس آنها بیش از ۵ ٪ باشد، روشهای دیگر نیز جوابهای خوبی می‌دهند. اندازه‌گیری نقطه ابری برای نفت زنده به میزان قابل ملاحظه‌ای پیچیده‌تر است. در این زمینه ظرف PVT نتایجی می‌دهد که خیلی گران تمام می‌شود و اغلب مهندسی از مدلهای ترمودینامیکی استفاده می‌کنند. وقتی که در زیر نقطه ابری باشد و گرادیان منفی دما بین وسط لوله و سطح لوله برقرار باشد واکس شروع به رسوب کردن می‌کند. بنابراین برای جلوگیری از تشکیل واکس باید دمای سیستم را ۹ درجه‌سانتیگراد از نقطه ابری نفت مرده قرار داد.

مشخص شدن تمایل نفت به ایجاد رسوب و میزان رسوب از قراردادن سطح سرد بصورت تجربی برای نفت گرم استفاده می‌شود. سیستم‌های تجربی موجود در تماس با Cold finger، Co-axial cells، pipe loops می‌باشند.

Cold finger شامل یک لوله شبیه لوله آزمایش می‌باشد که سیال سرد از درون آن عبور کرده و یک ظرف که توسط همزن نفت داغ درون آن ریخته می‌شود. Co-axial مانند Cold finger است با این تفاوت که در این دستگاه یک حرکت چرخشی جهت یکنواخت کردن تنش برشی در سطح می‌باشد. Pipe loop شامل دو لوله درون هم می‌باشد که سیال سرد از فضای حلقوی می‌گذرد نفت گرم از درون لوله می‌گذرد. به نظر می‌رسد که pipe loop شبیه سیستم واقعی می‌باشد در صورتیکه هیچکدام از روشهای فوق سیستم را مدل نمی‌کنند. تمایل به رسوب‌گذاری و میزان آن بر روی دیواره لوله توسط فرمول زیر مدل می‌شود:

$$\frac{d_m}{d_t} = -\rho D_m A \frac{dc}{d_2} \qquad (۱)$$

---

۱. differential scanning calorimetry

۲. crossed polarized microscopy

www.SID.ir

Archive of SID

$$\frac{d_m}{d_t} = -\rho D_m A \frac{\partial_C}{\partial_T} . \frac{\partial_T}{\partial_r} \quad (۲)$$

که در آن T دما می‌باشد. گرادیان غظلت واکس از مدلهای ترمودینامیکی در دماهای مختلف بدست می‌آید. هرچقدر نفت پائین‌تر از نقطه ابری قرار بگیرد، امکان ایجاد واکس ژله مانند، خیلی بیشتر است. باتوجه به اینکه سرعت خنک کردن آزمایشگاههای مختلف متفاوت می‌باشد و نقطه ریزش توسط دستگاه ASTM اندازه‌گیری می‌شود اختلافی معادل $\pm 5F$ می‌تواند ایجاد کند.

هنگامی که نقطه ریزش عامل بسیار مهمی در تشخیص تشکیل ژل می‌باشد، اطلاعات مهمتر بعدی مقاومت ژل ایجاد شده می‌باشد که اندازه‌گیری آن مسئله‌ساز است. از آنجائیکه ژل ایجاد شده یک سیال غیرنیوتنی است، مقاومت آن توسط دستگاه Rheometer سنجیده شد و عدد ۵۰ $(\frac{dyne}{cm^2})$ گزارش شده است.

در صورت تشکیل ژل در خط لوله و راه‌اندازی مجدد لوله افت فشاری ایجاد می شود ایجاد که باید بر آن غلبه کرد و از رابطه زیر بدست می آید:

$$DP = 4Ty/wall\ L/D \quad (۳)$$

طول خط لوله L ، D قطر خط لوله و T تنش فشاری می‌باشد و DP افت فشار شده در خط است. برای خط لوله‌های صادراتی روشهای آزمایشگاهی تعیین نقطه ریزش بسیار مفید است که بیانگر پتانسیل ایجاد .اکش در خط لوله می‌باشد. از آنجایی که خط لوله‌های صادراتی پر از نفت مرده می‌باشند خطر ایجاد ژل در آنها کمتر است. در صورتی که اجزای سبک نفت در آن افزایش پیدا کند خطر ایجاد ژل نیز افزایش می‌یابد.

هیدرات:

همانند واکس، هیدرات نیز می‌تواند در سیستم عملیاتی مشکل‌آفرین باشد و برعکس واکس هیدرات می‌تواند لوله را کاملاً بند آورد. بیشتر در مواقع بستن راه یا راه‌اندازی می‌تواند مشکل‌زا باشد و همچنین جاهایی که دما پائین و فشار بالا می‌باشد و مولکولهای آب زمان لازم برای ترکیب شدن را داشته باشد.

در اغلب موارد تولید از دریا پدیده سرمایش که عامل آن دمای محیط آب می‌باشد می‌تواند گامی به سمت تشکیل هیدرات باشد. مثال‌های دیگر نیز برای ایجاد هیدرات مثلاً در پدیده سرمایش ژول تامسون در گازها در انبساط درون شیر وجود دارد. بند آوردن شیر[۱] در دریا و روی سکو می‌توانند مثال‌های بارز تشکیل هیدرات باشند.

هیدرات‌های گاز طبیعی زمانی که مولکول‌های آب در تماس با گاز طبیعی باشند و در شرایط فشار بالا و دمای پایین می‌توانند تشکیل شوند. هیدرات‌های گاز طبیعی دارای ساختار مولکول آب با وزن مولکولی پائین می‌باشند و می‌توانند قفسه‌هایی از هیدرات تشکیل دهند. وجود مولکول‌های گاز باعث می‌شود که شبکه کریستالی هیدرات پایدارتر از شبکه کریستالی یخ باشد. برای مثال در فشار psi ۲۰۰۰ یک شبکه هیدرات تا دمای ۷ درجه سانتیگراد پایدار است. تشکیل‌دهنده‌های هیدرات می‌توانند نیتروژن N_2 و دی اکسیدکربن CO_2 سولفید هیدروژن H_2S ـ متان ـ متان ـ پرپان ـ ایزوبوتان ـ نرمال بوتان و مقداری از هیدروکربنهای حلقوی $C5$ و $C8$ باشند.

۱. Valve

www.SID.ir

Archive of SID

www.Reservoir.ir

هیدراتهای گاز طبیعی حدوداً ۸۵ ٪ مولی آب دارند، به همین دلیل خواص فیزیکی آن مشابه خواص فیزیکی یخ می‌باشد، اگر این گونه هیدراتها در خط لوله تشکیل شود می‌تواند خط لوله را شکسته و گلوله‌های کوچکی از یخ تولید کرده و مشکل آفرین شود. دانسیته هیدرات بسته به میزان مولکولهای گازی که در آن وجود دارد و همچنین بسته به شرایط تشکیل آن متغیر است ولی بطور کلی قابل مقایسه با دانسیته یخ می‌باشد. بنابراین هیدرات در سطح تماس آب و هیدروکربن شناور می‌ماند، در بعضی مواقع هیدرات می‌تواند در ته آب، ته‌نشین شود.

دو عامل مهم وجود دارند که باعث می‌شود هیدرات بزودی از بین نرود:

۱. میزان انرژی زیادی برای از بین بردن آن نیاز است.

۲. انتقال حرارت در شبکه هیدرات خیلی کند صورت می‌گیرد.

یک فوت مکعب هیدرات می تواند ۱۸۲ فوت مکعب گاز را در خود جای دهد، به همین دلیل هیدرات غلظت گاز طبیعی موجود در خود را افزایش می‌دهد، به همین خاطر وقتی شبکه هیدرات از بین می‌رود میزان قابل توجهی گاز ایجاد می‌شود. برای مثال یک فوت مکب گاز در فشار ۹۰۰ پوند (پام) می‌تواند ۶۶ فوت مکعب گاز در شرایط متعارفی (فشار کاهش پیدا کند) ایجاد کند، در صورتی که یک فوت معکب هیدرات بیش از ۳ برابر فوق (۶۶*۳) فوت معکب گاز آزاد می‌کند و این موضوع پیچیدگی خاص خود را از نظر ایمنی در هنگام از بین رفتن شبکه هیدرات را دارد.

شرایطی که هیدرات بصورت پایدار می‌باشد و همچنین در شرایط که هیدرات وجود ندارد نشان داده شده است، در سمت راست نمودار هیدرات از نظر ترمودینامیکی ناپایدار است. بنابراین کار کردن سیستم در این شرایط راحت و به دور از ایجاد هیدرات می‌باشد. در سمت چپ نمودار هیدراتها از نظر ترمودینامیکی پایدر هستند و پتانسیل ایجاد هیدرات وجود دارد. و این به این معنی نیست که حتماً هیدرات تشکیل می‌شده است بلکه به این معنی است که اگر در این شرایط هیدرات تشکیل شده می‌تواند برای سیستم مشکل‌آفرین باشد. یک واژه که خیلی زیاد استفاده می‌شود واژه زیر سرمایش یا (sud- cooling) است که عبارتست از اختلاف دمای شرایط عملیاتی با دمایی که هیدرات می‌تواند به حالت پایدار وجود داشته باشد که البته باید در یک فشار ثابت بررسی شود. برای مثال با توجه به شکل (۲) وقتی یک سیستم در فشار pdi ۳۰۰۰ و دمای °F ۴ کار می‌کند دمای تشکیل هیدرات 72°F می‌باشد، بنابراین سیستم حدود ۳۲ درجه زیرسرما sud-cooling قرار دارد. زیرا سرما بالای 30°F در خلیج مکزیک وجود دارد.

ترکیب آب ـ گاز و نفت هر سه در پایداری هیدرات اثر دارد. اثر ترکیبات گازهای دیگر در متان بر روی نمودار پایداری هیدرات را نشان می‌دهد.

مایعات هیدروکربنی مولکولهای گازی را در خود جذب می‌کند بنابراین دمای تشکیل هیدرات را پائین می‌برند. ترکیبات آب بالاخص نمک و الکل اثر قابل توجهی بر روی دمای پایداری هیدرات دارد. نمک‌ها و الکل بعنوان ممانعت‌کننده عمل می‌کنند و نمودار پایداری هیدرات را به سمت چپ انتقال می‌دهد. اثر چند ماده مختلف در پایداری هیدرات را نشان می‌دهد.

اثر مایعات هیدروکربنی را بر منحنی پایداری هیدرات نشان می‌دهد. از آنجاییکه از شکل پیداست نمک اثر قابل توجهی در تغییر دادن نمودار هیدرات دارد، به همین خاطر از محلول آب نمک جهت تغییر شکل دادن نمودار تشکیل هیدرات در صنعت استفاده می‌گردد. هیدراتهای گاز طبیعی به شدت به نوع و اندازه ملکولهایی که در قفسه قرار می‌گیرند وابسته است و می‌توانند هیدراتهای مختلفی با شبکه مختلف تشکیل دهند.

www.SID.ir

Archive of SID

www.Reservoir.ir

همانند هر پدیده کریستالیزاسیون، عمل هیدرات نیز خود به خود انجام نمی‌شود، برای مثال فرض کنید که آب ۳ الی ۴ درجه زیر نقطه ذوب خود قرار گرفته، ولی هنوز عمل کریستاله شدن صورت نگرفته است، به محض ایجاد یک هسته کریستالها در اطراف آن رشد کرده و عمل هیدراته شدن نیز می‌تواند از همین آنولوژی پیروی کند، بنابراین امکان دارد که ما در ناحیه زیر سرما[۱] از نظر فشار و دما قرار گرفته باشیم، ولی هیدرات تشکیل نشده باشد، ولی به محض ایجاد یک هسته هیدراتها تشکیل شده و شبکه آن گسترش می‌یابد.

پس از تشکیل هیدرات در خط لوله هیدرات می‌تواند به سرعت ظرف چند دقیقه عملیات را بند آورد و لوله را مسدود سازد و گاهی اوقات این عمل مسدودسازی ممکن است چند روز به طول بینجامد.

گلوله برفی[۲] هیدراتهایی هستند که در اثر شکسته شدن یک شبکه هیدارتها به وجود می‌آیند، این عمل پس از بسته شدن چاه و راه‌اندازی مجدد پس از تشکیل هیدرات در دهانه چاه ممکن است اتفاق بیافتد. وقتی که درصد آب تولیدی[۳] بالا می‌رود تمایل به مسدودسازی بیشتر می‌شود، زیرا در این حالت احتمال برخورد ذرات هیدرات به یکدیگر و تشکیل هیدرات بزرگتر بیشتر است. از آنجائیکه مشکلات واکس و آسفالتین پروژه به پروژه رو به افزایش است مسئله هیدرات یک مشکل جهانی برای تولید در دریا است، بیشترین بلوکه شدن سیستم توسط هیدرات در محیط‌های گاز و گاز و مایع گزارش شده است، حتی اگر در گازی به ازاء هر میلیون فوت مکعب ۱۰ پوند یا کمتر نیز آب وجود داشته باشد. در صورت تشکیل هیدرات می‌تواند سیستم را بلوکه کند، بالاخص اگر در سیستم نقاطی وجود داشته باشد که مایعات در آن نقاط جمع شوند در سیستم‌های نفت سیاه بندرت مشکل هیدرات وجود دارد، مگر اینکه درصد آب تولیدی بالا رود که می‌تواند زمینه‌ای برای تشکیل هیدرات ایجاد کند، و الا تشکیل هیدرات در سیستم‌های نفت سیاه چندان زیاد نیست.

تجزیه هیدرات یک واکنش شدیداً گرماگیری است. اگر انتقال حرارت از محیط محدود باشد، دمای تجزیه هیدرات به شدت پائین می‌آید. به اضافه از آنجائیکه گاز درون شبکه هیدرات وجود دارد در زمان تجزیه پدیده ژول تامسون اتفاق می‌افتد که خود دمای محیط را کاهش می‌دهد. بخاطر وجود این مکانیزم‌ها طی فرآیند تجزیه هیدرات ممکن است یخ تولید شود و چرخه سرمایش ممکن است از بین بردن پلاک هیدرات را به تأخیر بیاندازد.

آسفالتین[۴]:

عموماً آسفالتین‌ها مشکلات کمتری ایجاد می‌کنند با وجود اینکه قسمت اعظم نفت خام آسفالتین‌های پایدار می‌باشند و بیشتر مشکلات در قسمت پائین دستی به وجود می‌آوردند، نفت خام با آسفالتین‌های ناپایدار مشکلاتی در زمینه Fouling در شیرآلات، کاهنده‌ها، فیلترها و حتی لوله مغزی ایجاد می‌کنند. آسفالتین‌ها با کاهش فشار چاه و افزایش اجزاء آلیفاتیک ناپایدار می‌شوند. اگر اجزاء آلیفاتیک نفت به یک حد خاص برسد، آسفالتها شروع به لخته شدن و رسوب می‌کنند. فشاری که در آن این اتفاق می‌افتد فشار لخته‌شدن[۵] نامند.

---

۱. sub-coolding
۲. snow ball
۳. WATER CUT
۴. Asphaltene
۵. flocculation point

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از روشهای بررسی اجزاء نفت آنالیز SARA است که در آنالیز اجراء نفت را به چهار قسمت جزء اشباع[۱] ، آروماتیک[۲] ، رزین[۳] و آسفالتین تقسیم می‌کند.

آسفالتینها ترکیبات قطبی هستند که در آروماتیکها حل می شود و در آلکانهای نرمال غیرمحلول هستند. آسفالتینها ترکیبات قطبی هستند که در آروماتیکها حل می‌شود و در آلکانهای نرمال غیرمحلول هستند.

در واکس‌ها نسبت هیدروژن به کربن برابر ۲ است. در صورتیکه همین نسبت در آسفالتیها برابر ۱/۵ می‌باشد. این میزان کم نیتروژن در مولکولهای آسفالتین به خوبی نشان داده است.

آسفالتینها مانند زغال سیاه هستند به طوری که ذوب نمی‌شوند، ولی قبل از اینکه به بخار تبدیل شوند می‌شکنند و دارای دانسیته حدود ($\frac{g}{cm^3}$) ۱/۳ می‌باشند. اغلب سولفید آهن و واکسهای سنگین را با این ماده اشتباه می‌گیرند که با آزمایش‌های حلالیت در اسید و ذوب کردن به راحتی قابل تشخیص می‌باشند. در عملیات تولید آسفالتین اغلب همراه با واکس می‌باشد.

دو مکانیزم که باعث آلوده‌کردن سازندی که نفت آسفالتین در آن وجود دارد، هست که اولی شامل اسید و اسیدکاری و دوم جذب سطحی مولد بر روی سازند. یکی از روشهای مرسوم تحریک‌سازی چاه اسیدکاری است و اسیدکاری برای لایه‌هایی که دارای نفت آسفالتین‌دار می‌باشد، بسیار مضر است، زیرا در اثر اسیدکاری آسفالتین در سازند رسوب کرده و تشکیل یک لایه نازک سخت که شدیداً بر روی خاصیت نفوذپذیری سازند تأثیر می‌گذارد و حتی در بسیاری مواقع باعث می‌شود تا تولید نصف شود. روش آنالیز SARA، تیتراسیون ئیدروکربنهای آلیفاتیک یا تخلیه فشار نمونه‌های ته چاه روش‌هایی هستند که بکار می‌روند تا مشخص نمایند که آیا آسفالتین بصورت پایدار است یا ناپایدار. یکی از غربالهای SARA، شاخص ناپایداری کلوئیدی است[۴] که CII برابر است با نسبت اجزاء غیرمطلوب از قبیل ترکیبات اشباع و آسفالتین به اجزاء مطلوب که شامل رزینها و آروماتیکها می‌باشند.

$$CII = \frac{S+AS}{R+Ar} \qquad (۴)$$

درصد (ترکیبات اشباع) S درصد آسفالتین AS درصد رزین R و درصد آروماتیک Ar می‌باشد. اگر CII بزرگتر از ۱ باشد نشان می‌دهد که میزان ترکیبات غیرمطلوب بیشتر از ترکیبات مطلوب است و در نتیجه آسفالتین ناپایدار هستند. چند نمونه هیدروکربن آلیفاتیک وجود دارند که با عمل تیتراسیون ناپایداری آسفالتین در نفت خام را مشخص می‌کنند. یکی از آنها تیتر کردن پیوسته آلیفاتیک و اندازه‌گیری دانسیته نوری[۵] محلول است. در این روش نقطه‌ی تشکیل رسوب آسفالتین با تغییر در میزان انتقال اشعه لیزر مادون قرمز مشخص می‌گردد. به این دستگاه، دستگاه مشخص‌کننده رسوب آسفالتین گفته می‌شود. همانطوری که هیدروکربن اضافه می‌شود دانسیته نوری پائین می‌آید و میزان انتقال لیزر از نمونه بیشتر می‌شود. در نقطه‌ای که مقدار کافی تیترانت اضافه شد آسفالتیها ناپایدار شده و رسوب می‌نمایند دانسیته نوری بصورت ناگهانی پائین می‌آید.

این نقطه را نقطه‌ی تشکیل رسوب آسفالت گویند (APDU) و برابر با نسبت تیترانت حجمی به جرم اولیه نفت خام است.

---

۱. Saturation
۲. Aromatics
۳. Resins
۴. colloidal Instability
۵. Optical

www.SID.ir

Archive of SID

تخلیه فشار نمونه‌های زنده نفتی ته چاه روش مستقیم تعیین پایداری آسفالتین در سیستم است. در این عملیات نقطه‌ی لخته شدن که آسفالت شروع به رسوب نمودن می‌کند مشخص می‌گردد. این آزمایش با میزان عبور اشعه‌ی مادون قرمز از درون نمونه مشخص می‌گردد.

در این آزمایش با تشکیل لخته‌های آسفالت شدت نور نیز کاهش می‌یابد. اگر یک نفت دارای نقطه‌ی لخته شدن باشد آسفالتین در آن فشار (فشار لخته شدن) تا زیر نقطه حباب ناپایدار هستند. بسیاری از نفت‌ها در نزدیکی نقطه ی حباب ناپایدار هستند به همین خاطر بسیاری از مهندسین بر این باورند که مشکل آسفالتین در نقطه‌ی حباب اتفاق می‌افتد. در صورتی که نفت‌هایی وجود دارد که ناپایدارتر آنها در فشارهای چندهزار Psi شروع می‌شود. نمودار حلالیت آسفالتین محلهای ناپایداری را مشخص می‌کند نقطه‌ی لخته‌شدن ـ فشار اشباع ـ نقطه‌ی اشباع آسفالتین با خط‌چین نشان داده شده است و ناحیه‌ی ناپایداری آسفالتین که بین منحنی حلالیت و نقاط اشباع قرار گرفته است سایه زده شده است. همانطوریکه در نمودار مشخص شده است ناحیه‌ی ناپایداری بین فشار ۲۶۰۰ تا ۳۸۰۰ پوند قرار گرفته است.

بعد از اینکه به نقطه اشباع رسید میزان جرم آسفالتین رسوب شده در ظرف اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه چسبیده شد و بر طبق این مشاهده می‌توان فرض کرد که حدود ۵ ٪ از کل آسفالت نقش اصلی رسوب‌گذاری را باز می‌کند و این مقدار را به عنوان یک شاخص اصلی در طراحی استفاده کرد.

مشکلات و محدودیت‌های سیستم:

می‌توان سیستم را طوری طراحی کرد که یا اینکه رسوب تشکیل نگردد یا اینکه پس از تشکیل بتوان رسوبات را از سیستم خارج کرد. که حالت اول هزینه‌ی طراحی را بالا می‌برد و در حالت دوم هزینه عملیات (جاری) افزایش می‌یابد. که با مدیریت ریسک یکی از گزینه‌های فوق را برگزیده و طراحی را انجام می‌دهیم.

تشکیل رسوب واکس یک فرایند کند است و اغلب هفته‌ها بطول می‌انجامد که با استفاده از سیستم عایق‌بندی و بکارگیری از ممانعت‌کننده‌ها این عملیات حتی تا ماهها به تعویق می‌افتد. این گونه رفتار باعث می‌شود که در طراحی به واکس اجازه رسوب‌گذاری داده شده، سپس آن را جابه جا کنیم و این طریق مرسوم مدیریت واکس در خط لوله‌های جریانی است. در این مواقع با عملیات توپک رانی واکس را از سیستم خارج کنیم و نیاز به احداث محل فرستادن توپک و دریافت توپک برای خط لوله است.

تعبیه کردن سیستم فرستادن توپک در ته دریا یا اینکه در سیستم فرازآوری به گاز می‌تواند یک خط لوله جریانی را از واکس عاری نماید در بعضی جاهایی که عملیات حرارتی الکتریکی و ... جهت ذوب نمودن واکس و انتقال آنها استفاده می‌شود. برای جلوگیری از ایجاد واکس در دهانه چاه عملیات عایق‌بندی لوله مغزی یا وجود حداقل جریان برای بالا نگه داشتن دمای سیال و نتیجتاً جلوگیری از تشکیل واکس در چاه بکار می‌رود.

هیدرات سریعاً تشکیل می‌شود و موجب مسدودسازی سیستم می‌گردد و گاهاً در خم‌های لوله منجر به ترکیدگی لوله می‌گردد و از آنجائیکه از بین بردن هیدرات کاری گرماگیر و زمان‌بر است، بنابراین باید کوشید تا طراحی طوری صورت گیرد که از تشکیل هیدرات جلوگیری بعمل آید. کنترل هیدرات برای سیستم نفت و گاز مختلف است. در سیستم گاز با تعبیه سیستم تزریق مواد ممانعت کننده‌ها از قبیل متانول می‌توان از تشکیل هیدرات جلوگیری کرد. ولی در سیستم تزریق مواد ممانعت‌کننده‌ها از قبیل متانول می‌توان از تشکیل هیدرات جلوگیری کرد. ولی در سیستم نفت بالاخص وقتی که درصد آب تولیدی بالا باشد تزریق متانول مقرون به صرفه نمی‌باشد، بلکه با عایق‌گذاری و تلفیقی از تزریق متانول می‌توان از تشکیل

www.SID.ir

Archive of SID

www.Reservoir.ir

هیدرات جلوگیری کرد. در سیستم نفت زمانی که میزان آب تولیدی بالا باشد خطر ایجاد هیدرات وجود دارد، بنابراین وقتی که آب تولیدی کم باشد این خطر به مراتب کم است.

مشکلات آسفالتینی بیشتر در دریا اتفاق می‌افتد. تشکیل آسفالت ناپایدار در حوالی نقطه حباب می‌تواند به سمت رسوب‌گذاری در لوله‌های انتقال گردد. با تزریق مواد ممانعت‌کننده در ته چاه می‌توان از تشکیل آسفالتین جلوگیری کرد و یا حتی تمیز کردن لوله‌های جریانی در خشکی می‌تواند اقدامی جهت رفع مشکل باشد.

نتیجه:

در سیستم‌هایی که جریان نفت و گاز وجود دارد بالاخص برای طراحی خطوط لوله جریانی یا انتقال نفت شناخت مشکلاتی که می‌تواند برای خط لوله مشکل آفرین باشد از قبیل تشکیل واکس ـ آسفالتین و هیدرات بسیار حائز اهمیت است به همین دلیل با علم و آگاهی به مشکلات فوق باید سیستم طراحی گردد. در غیر اینصورت ممکن است که خط لوله‌ای با هزینه بسیار کم طراحی گردد ولی پس از در سرویس قراردادن مشکلات فوق پدیدار می‌گردد که عمدتاً هزینه جاری عملیات را افزایش می‌دهد.

یک استراتژی خوب برای سیستم‌های زیر دریا مدنظر قراردادن موارد زیر است:

۱) جلوگیری از تشکیل واکس در دهانه چاه
۲) بررسی تشکیل واکس در خط لوله جریانی و سیستم توپک رانی
۳) بررسی پیوسته نقطه ریزش و بالطبع تشکیل آسفالتین.
۴) جلوگیری از تشکیل هیدرات در هر نقطه
۵) بررسی وضعیت آسفالتین بدون استفاده از توپک رانی.

برای بررسی هر کدام از مشکلات نیاز است که نمونه‌هایی از نفت مورد آزمایش قرار بگیرد و همیشه برای بدترین شرایط طراحی صورت می‌گیرد اگر با این وضعیت سیال تولید مشکل‌زا باشد باید با استفاده از روشهای شیمیایی مشکل را برطرف نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع:

۱. مقاله‌های spe، oTc
۲. کتاب زمین‌شناسی نوشته محمد رضایی
۳. کتاب اصول طراحی خطوط لوله جریان دوفازی نوشته علی وطنی
۴. کتاب مخزن نوشته طارق احمد.

www.SID.ir