



استفاده از ابزار اینترکت جهت پیشگیری از تشکیل رسوب در چاه‌های نفت

محمدامین دانشگر^۱ دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوبعباس محمدحسینی سی سخت^۲ علی نوروزی^۳ شرکت نفت فلات قاره ایران

چکیده

تشکیل رسوبات آلی و معدنی در جریان تولید نفت خام همواره یکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین مشکلات موجود در صنعت نفت بوده که در مراحل مختلف تولید از سازند تا مخازن ذخیره نفت و صادرات می‌تواند منجر به قطع جریان و بروز مشکلات مختلف گردد. روش‌های مختلفی برای رفع مشکل رسوب وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش‌های مکانیکی، روش‌های شیمیایی و روش‌های حرارتی اشاره کرد. متداول‌ترین این روش‌ها جهت رفع رسوبات درون چاهی در روش‌های شیمیایی، استفاده از حلال و در روش‌های مکانیکی، حفاری رسوب با لوله مغزی سیار یا حفاری مجدد است. روش‌های حاضر جهت پیشگیری از رسوب بر مبنای تزریق مداوم مواد شیمیایی در سیال تولیدی هستند. از آنجا که ابتدایی‌ترین مرحله در بروز این مشکل، تشکیل رسوب درون ستون چاه‌های نفت بوده و سایر روش‌های پیشگیری کارایی چندانی در داخل چاه ندارند در این زمینه نیاز به روشی نوین احساس می‌شود که در مقاله حاضر یکی از این روش‌ها بررسی شده است.

واژگان کلیدی | رسوبات، ته‌نشست، کریستال کوارتز، الکتروکینتیک، ابزار اینترکت

مقدمه

به منظور ارائه راهکاری مناسب جهت پیشگیری از تشکیل رسوبات در داخل چاه ضروری است ابتدا ماهیت این رسوبات و عوامل مؤثر بر تشکیل آنها شناسایی و بررسی شوند. در مرحله بعد باید ملاحظات عملیاتی لازم جهت پیشگیری از رسوب بررسی گردد. به‌طور مثال با تنظیم فشار و دما در سیستم بهره‌برداری می‌توان تا حد ممکن از تشکیل رسوب پیشگیری کرد. همچنین با جلوگیری از ترکیب سیالات ناسازگار نیز می‌توان مانع ایجاد رسوب شد. همه این روش‌های عملیاتی نیاز به بررسی نوع رسوبات و دلیل تشکیل آنها دارند. در صورتی که این روش‌ها نتوانند از تشکیل رسوبات پیشگیری کنند باید از طریق امکان‌سنجی مناسب، به‌روشی جدید دست یافت. در نوشتار حاضر به

بررسی ماهیت رسوبات، دلایل عملیاتی و روش‌های پیشگیری از تشکیل آنها از جمله استفاده از ابزار مکانیکی درون چاهی اینترکت پرداخته خواهد شد.

۱- انواع رسوبات آلی و غیرآلی در تولید و روش‌های رفع آنها

۱-۱- آسفالتین

رسوب آسفالتین عمدتاً در چاه‌های تولید نفت، تولید گاز، تزریق گاز و سیستم‌های انتقال آنها مشاهده می‌شود. در شکل ۱- نمونه‌ای از تشکیل و ته‌نشست آسفالتین در لوله جریان نشان داده شده است. آسفالتین که معمولاً به‌عنوان سنگین‌ترین و قطبی‌ترین ترکیب نفت معرفی می‌شود ساختمان مولکولی پیچیده‌ای شامل حلقه‌های آروماتیک در هسته و اجزای نفتنی با جرم مولکولی زیاد در اطراف هسته

می‌باشد [۱]. آسفالتین مولکولی بی‌نظم (غیر کریستالی) دارد که ذوب نمی‌شود و در دمای بیشتر از ۴۰۰-۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بدون هیچ نقطه ذوبی تجزیه می‌گردد. بر این اساس در شکل ۲- نمونه ساختارهای مولکولی رزین و آسفالتین نشان داده شده است.



شکل ۱ | ته‌نشست آسفالتین در لوله انتقال نفت

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات (amh8354059@gmil.com)

افزایش دما از طریق کاهش قدرت حلالیت نفت سبب تشکیل رسوب آسفالتین خواهد شد. برخی آزمایش‌ها نشان داده آسفالتین حتی در غلظت‌های اندک نیز می‌تواند رسوب ایجاد کند. بنابراین امکان تشکیل رسوب آسفالتین به مقدار آسفالتین موجود در نفت خام بستگی ندارد. این امکان در نفت‌های با غلظت آسفالتین کم یا زیاد برابر بوده و تنها شرایط محیطی لازم تشکیل رسوب متفاوت خواهد بود [۲]. فرآیند خروج آسفالتین از حالت محلول تا ته‌نشست کامل به صورت فاز جامد روی یک سطح، شامل سه مرحله است.

الف) آسفالتین از حالت محلول خارج شده و کلوئید تشکیل می‌دهد که به آن لخته شدن می‌گویند.

ب) آسفالتین توسط عوامل نگهدارنده (رزین‌ها) در حالت معلق حفظ می‌شود.

ج) به دلیل تمایل رسوبات به جذب روی سطوحی مثل سطوح فلزی و سطوح سنگ درون مخزن، ته‌نشست اتفاق می‌افتد یعنی رسوب آسفالتین، فازی جامد روی سطح تشکیل می‌دهد. [۳].

در نفت سبب ناپایداری آسفالتین می‌شود.

■ **تغییرات PH:** عمدتاً روی کشش سطحی و واکنش‌های شیمیایی محیط اثر می‌گذارد.

■ **به هم پیوستن جریان‌های نفت با ترکیب متفاوت:** از طریق تغییر شیمیایی و برهم زدن تعادل ترمودینامیکی (به عنوان یکی از عوامل ایجاد رسوب) باعث تشکیل رسوب می‌شود.

■ **مواد شیمیایی آلی ناسازگار:** موادی که ساختارشان فاقد مؤلفه آروماتیک است (مثل ایزوپروپیل الکل، متانول، استون و حتی برخی مواد که پایه آنها گلایکول، الکل یا حلال‌های دوگانه^۴ است) می‌توانند با جذب رزین‌ها و مالتن‌ها سبب تشکیل رسوب آسفالتین شوند.

■ **تنش برشی:** این مشکل اخیراً در پمپ‌های الکتریکی زیر آبی و Rod Pumps مشاهده شده است.

■ **پتانسیل جریانی:** در محیط‌های متخلخل در کنار بار الکتریکی و افت فشار، یکی از دلایل تشکیل رسوب آسفالتین محسوب می‌شود.

۱-۲-۱-۲-۱ عوامل مؤثر بر ته‌نشست آسفالتین

همچنین خصوصیات شیمیایی و مکانیکی رسوبات ایجاد شده نیز متأثر از مقدار آسفالتین است. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ته‌نشست آسفالتین عبارتند از:

■ تغییرات دما

■ تغییرات فشار

■ تغییرات ترکیب سیال

■ رژیم جریان

■ تأثیرات دیواره چاه

■ پدیده الکتروکینتیک

۱-۱-۱-۱ عوامل عملیاتی مؤثر بر تشکیل یا تشدید رسوب آسفالتین

از جمله مهم‌ترین عواملی که در عملیات مختلف در جریان تولید و انتقال نفت سبب آغاز یا تشدید رسوب گذاری می‌شوند عبارتند از:

■ **تزوئیک دی‌اکسید کربن:** از طریق برهم زدن تعادل شیمیایی نفت سبب ناپایداری آسفالتین (به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل ایجاد رسوب) می‌شود.

■ **سیلاب زنی با گاز:** با کاهش نسبت کربن به هیدروژن

۱-۲-۱-۲-۱ واکنس

واکنس‌ها نیز ترکیباتی با جرم مولکولی زیاد هستند که ساختار بلورین داشته و از لحاظ مولکولی کاملاً اشباع شده‌اند. مولکول‌های واکنس‌ها نرمال آلکان‌هایی هستند که تعداد اتم‌های کربن آنها بسیار زیاد است. مهم‌ترین عامل رسوب واکنس کاهش دماست که در این حالت زنجیرهای نرمال آلکان‌ها به هم می‌چسبند و رشته‌های درازتری تشکیل می‌دهند [۴].

عوامل مؤثر بر رسوب واکنس عبارتند از:

- مقدار واکنس موجود در نفت خام
- جرم مولکولی
- حلالیت نسبی و اندازه کریستال
- تعادل بین رزین‌ها و مالتن‌ها
- درجه حرارت

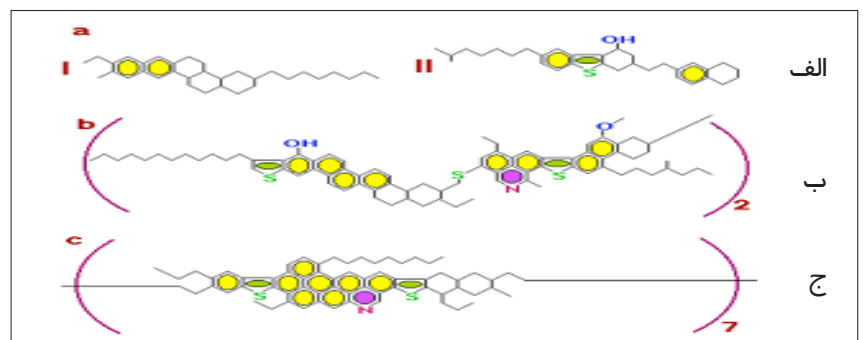
۱-۳-۱-۳-۱ رسوبات معدنی

مهم‌ترین رسوبات معدنی در جریان تولید نفت عبارتند از:

- رسوبات محلول در اسید مثل کربنات کلسیم، کربنات آهن، سولفید آهن، اکسید آهن و کربنات منیزیم.
 - رسوبات محلول در آب مثل کلرید سدیم.
 - رسوبات نامحلول در اسید مثل سولفات کلسیم، سولفات باریوم و سولفات استرانسیموم.
- این رسوبات که ساختاری کاملاً یونی دارند و هر کدام دارای حلال مخصوص به خود هستند عمدتاً در کنار سایر رسوبات آلی در فرآیند تولید مشکل ایجاد می‌کنند. عمده‌ترین این مشکلات در فرآیند فرآوری و پالایش نفت است. این رسوبات در آب همراه محلول هستند و ممکن است در اثر عواملی مانند کاهش دما و فشار (که منجر به کاهش حلالیت می‌شود) رسوب کنند.

۲- روش‌های رفع مشکل رسوبات و معایب و مزایای آنها

عمده‌ترین روش‌های موجود به سه دسته تقسیم می‌شوند که هر روش مزایا و معایبی دارد.



شکل ۲ | الف) نمونه‌های ساختار مولکولی برای رزین، ب و ج) نمونه ساختارهای مولکولی برای آسفالتین

۱-۲- روش‌های مکانیکی

اصلی‌ترین این روش‌ها عبارتند از:

۱-۱-۲ Scrapers

■ Rod Scrapers

■ Wireline Scrapers

■ Flowline Scrapers

■ Freefloating Piston Scrapers

همه این ابزارها با وارد کردن تنش برشی مستقیم بر رسوبات، آنها را کنده و از محل خارج می‌کنند. تفاوت این روش‌ها تنها در نحوه ایجاد تنش، کندن رسوبات و راندن ابزار است.

۱-۲-۲ Pigging

عمدتاً جهت تمیز کردن رسوبات درون خطوط لوله استفاده می‌شود.

۱-۲-۳ Jetting

۱-۲-۳-۱ Rotating Jet

در این روش با استفاده از لوله مغزی سیار ابزار را به داخل چاه می‌فرستند. ابزار در حین چرخش، سیال تزریقی را با فشار زیاد به سطح رسوبات پمپ می‌کند. این جریان پرفشار، تنش‌های متناوب به رسوبات وارد می‌کند که سبب ایجاد شکاف‌هایی در حد میکرومتر شده و باعث از هم پاشیدن ساختار آنها می‌گردد.

۱-۲-۳-۲ Jet Blaster

در این روش ابزار دوران نمی‌کند و در آن از ذرات جامد با طراحی خاص استفاده می‌شود. این دستگاه حتی می‌تواند رسوبات بسیار سخت را بدون صدمه به تجهیزات رفع کند. مزیت این روش سرعت زیاد رفع رسوبات است ولی پس از انجام عملیات باید دانه‌های استفاده شده از سیستم خارج شود و محیط تمیز گردد.

۱-۲-۴ Coil Tubing Drilling and Milling

در این روش نیز با نصب ابزارهای مورد نیاز روی دستگاه لوله مغزی سیار، حفاری مجدد یا سایش رسوبات به‌انجام می‌رسد. مزایای روش‌های مکانیکی اطمینان از تمیز شدن و رفع کامل رسوبات است. این

روش‌ها با حداقل آسیب‌سازندی، از دیدگاه مسائل زیست‌محیطی بسیار مناسب هستند. به‌علاوه صدمه آنها به تجهیزات درون‌چاهی نیز بسیار اندک است. از جمله معایب روش‌های مکانیکی عبارتند از:

- به تأسیسات و سیستم تولید محدود می‌شوند و امکان استفاده از آنها درون سازند وجود ندارد.

- محدودیت‌های تجهیزاتی داشته، نیاز به سرویس منظم و نگهداری زیادی دارند و استفاده از آنها نیز زمان‌بر است.

- احتمال نقص سیستم‌های آنها و از دست رفتن ابزار زیاد است که ممکن است خطر مانده‌گذاری^۵ و تحمیل هزینه‌های اضافی به پروژه را به‌دنبال داشته باشد.

- ممکن است سبب بسته‌شدن مشبک‌ها شوند.
- ممکن است رسوبات کنده شده در ادامه فرآیند تولید در محل دیگری انباشته شوند و دوباره مشکل ایجاد کنند.

- این روش‌ها رسوبات را فقط از محل خود کنده و مشکل را به‌طور موضعی رفع می‌کنند و پس از رفع رسوب باید سیستم تمیز شود.

- همه این روش‌ها برای درمان به‌کار می‌روند نه پیشگیری.

۲-۲- روش‌های شیمیایی

روش‌های شیمیایی که از متداول‌ترین روش‌های رفع مشکل رسوبات هستند شامل چهار دسته کلی از مواد شیمیایی می‌باشند:

- **حلال‌ها:** اغلب برای رفع رسوب آسفالتین به‌کار می‌روند و مهم‌ترین آنها زایلن و تولوئن هستند. برای رسوبات معدنی نیز از آب و اسیدها استفاده می‌شود.

- **زداینده‌ها:** گروهی از مواد شیمیایی هستند که از نظر سطح بسیار فعال می‌باشند. این مواد برای شکستن ساختار رسوبات استفاده شده و از انباشتگی مجدد آنها نیز جلوگیری می‌کنند.

- **پیراینده‌های کریستالی:**^۶ پلیمرهایی هستند که برای تغییر سرعت رشد کریستال و شکل آن استفاده می‌شوند. این مواد با تغییر مکانیسم تشکیل هسته کریستال، تشکیل خود کریستال، کاهش سرعت رشد آن و پیشگیری از به‌هم پیوستن کریستال‌های

کوچک مانع ایجاد مشکل توسط رسوبات می‌شوند.

- **پراکنده‌سازها^۷ و ممانعت‌کننده‌ها:** در مورد آسفالتین این مواد نیز مثل رزین‌ها عمل کرده و با احاطه کردن مولکول‌های آسفالتین از رسوب آنها جلوگیری می‌کنند.

مزایای روش‌های شیمیایی عبارتند از:

- می‌توان در سراسر سیستم تولید (از سازند تا چاه و خطوط انتقال) از آنها استفاده کرد.

- نیاز به فن‌آوری و تجهیزات پیشرفته‌ای ندارند و می‌توان با سیستم‌های ساده تزریق بالوله مغزی سیار از آنها استفاده کرد.

- در اکثر موارد مواد شیمیایی متنوعی ارائه می‌شوند که می‌توان با انجام آزمایش‌های لازم بهترین نوع آنها را انتخاب و استفاده کرد.

روش‌های شیمیایی محدودیت‌هایی نیز دارند؛ از جمله اینکه:

- برای تمامی مواد شیمیایی باید مسائل زیست‌محیطی و ایمنی پرسنل مورد توجه قرار گیرد که این امر باعث محدودیت استفاده از این مواد خواهد شد. علاوه بر اینکه مواد شیمیایی نسبت به سایر روش‌های بیشتر آسیب را به تأسیسات و محیط زیست وارد می‌کنند.

- استفاده از حلال‌ها و مواد شیمیایی می‌تواند منجر آسیب‌سازند یا تشکیل امولسیون نفت-آب شود.

- استفاده مداوم و با حجم زیاد از مواد شیمیایی سبب افزایش هزینه‌های عملیاتی خواهد شد.

- در مورد حلال‌های آروماتیک، محدود بودن آنها به زایلن و تولوئن و در مورد رسوبات معدنی نامحلول در اسید، در اجرای عملیات محدودیت‌هایی اعمال می‌شود.

در طراحی یک سیستم تزریق باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرند:

- ضروری است در خصوص نوع سیال تزریقی، سیال تولیدی، سازگاری آنها و انتخاب بهترین مواد مطالعات لازم انجام گیرد.

- نرخ تزریق مواد باید به‌دقت مشخص گردد تا هم در درازمدت، تزریق بیش از اندازه سبب هدرروی مواد

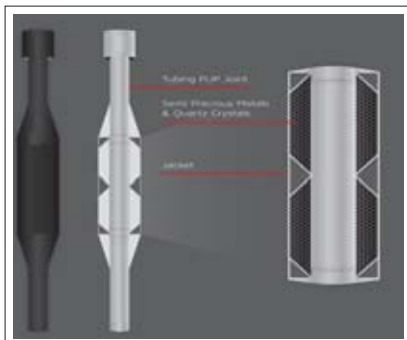
دارد که فاقد هرگونه خواص رادیواکتیو یا مغناطیسی است. در حال حاضر این دستگاه در سه اندازه مختلف ساخته می‌شود که به همراه مشخصات فنی در شکل ۴- نشان داده شده‌اند.

قسمت میانی دستگاه لوله دوجداره‌ای است که داخل آن کریستال‌های کوآرتز به کار رفته است. بخش اعظم اساس کار دستگاه به دلیل ساختار درونی جداره آن می‌باشد که در شکل ۵- نشان داده شده است.

مشخصات برخی مدل‌های این دستگاه نیز در جدول ۱- ارائه شده است.

۳-۲- اساس کار دستگاه

قسمتی از ذرات آسفالتین در نفت محلول بوده و قسمت دیگر آن حالت کلوئیدی دارد که میزان آن بستگی به قطبیت محیط و حضور سایر اجزاء نفت دارد. کلوئید زمانی ایجاد می‌شود که ذره‌ای بزرگ و نامحلول (آسفالتین) توسط عوامل پایدارکننده در محلول معلق نگه داشته شود. به دنبال آن لایه‌های رزین در سطح آسفالتین یکدیگر را دفع کرده، بر نیروهای واندروالس میان ذرات آسفالتین غلبه می‌کنند و مانع به هم چسبیدن ذرات آسفالتین می‌شوند. تشکیل میسل پدیده‌ای است که ناشی از تمایل خودبه‌خودی ذرات آسفالتین برای به هم چسبیدن می‌باشد. این امر در مورد تمام ذراتی که از نظر سطح فعال هستند صادق است. تمایل به جذب بین مولکول‌های آسفالتین، در اثر پیوند هیدروژنی است. با کاهش فشار، حلالیت آسفالتین در نفت کاهش می‌یابد تا اینکه در فشار نقطه حباب حلالیت به کمترین مقدار خود می‌رسد.



شکل ۵ | برش مقطعی بخش دو جداره دستگاه اینترکت

رسوبات رادیواره به ته‌چاه و درون سازند برمی‌گرداند و زمانی که حجم رسوبات قابل توجه باشد این روش بازده خوبی نخواهد داشت.

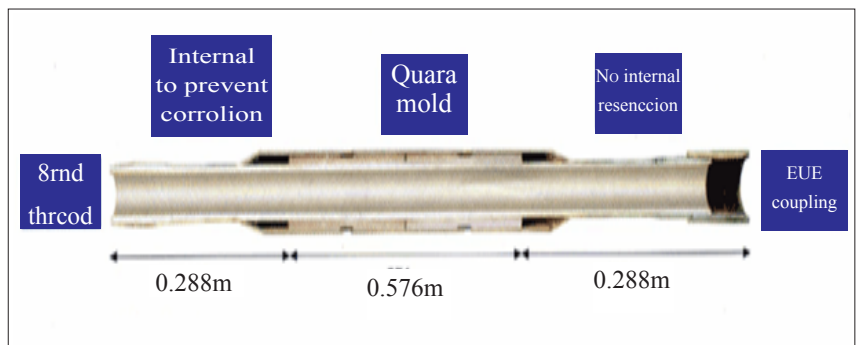
■ **استفاده از گرم‌کن‌های برقی درون چاه:** در حال حاضر این روش به دلیل هدرروی زیاد گرما در چاه، نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم و تأمین انرژی، چندان مورد توجه نیست.

۳-۳- فن‌آوری دستگاه اینترکت جهت پیشگیری از تشکیل رسوب

۳-۱- مشخصات دستگاه

ساختار این دستگاه دقیقاً شبیه به لوله مغزی بوده و لوله‌ای دو جداره دارد که نفت از درون آن جریان می‌یابد. در شکل ۳- برش مقطعی دستگاه و قسمت‌های مهم آن نشان داده شده است.

جنس محفظه دستگاه از آلومینیوم است که نحوه اتصال تعداد مورد نیاز این دستگاه به صورت PUP JOINT می‌باشد. در سطح داخلی دستگاه نیز لایه‌ای پوششی جهت جلوگیری از خوردگی قرار



شکل ۳ | برش قطعی ابزار اینترکت

50.3 mm Enercat (2.39")						73.0 mm Enercat (2.77")					
Unrestricted ID	OD	Length	Tubing Weight	Grade	Tool Weight	Unrestricted ID	OD	Length	Tubing Weight	Grade	Tool Weight
mm 50.64	88.9	1.152m	6.99 kg/m	J-55	14.51kg	mm 61.96	108	1.152m	9.67 kg/m	J-55	20.86kg
in 1.995	3.5	45	4.70 lb/ft	EUE	31.92lb	in 2.441	4.25	45	6.5 lb/ft	EUE	45.89lb

88.9 mm Enercat 3.12"					
Unrestricted ID	OD	Length	Tubing Weight	Grade	Tool Weight
mm 76	127	1.152	13.84kg/m	J-55	29.54kg
in 2.99	5	45	9.30lb/ft	EUE	65lb

شکل ۴ | مشخصات فنی سه نمونه از ابزار اینترکت

سپس ذرات آسفالتین از حالت محلول خارج شده و میسل تشکیل می‌دهند. این میسل‌ها در حین تولید با افزایش افت فشار، تغییر ترکیب نفت و سایر عوامل، ناپایدار شده و در صورت از هم پاشیدن آن، ذرات آسفالتین به هم چسبیده و رسوب تشکیل می‌دهند. همچنین تمایل میسل‌ها به جذب روی سطح فلز نیز به چسبیدن آنها روی سطح لوله‌ها کمک می‌کند که این امر سبب ته‌نشین شدن رسوبات می‌گردد. در این زمان ابزار اینرکت با تأثیر بر ساختار آسفالتین باعث پایداری میسل شده و از رسوب و ته‌نشست آن روی سطوح لوله‌ها پیشگیری می‌کند. در خصوص رسوبات معدنی نیز این دستگاه با از هم پاشیدن ساختار رسوبات توسط امواج تولیدی، مانع رسوب و ته‌نشست این رسوبات می‌گردد.

انرژی لرزشی تولید شده توسط دستگاه اینرکت، ساختار میسل را پایدار کرده و از رسوب آن و تغییر خواص نفت (مثل گرانیروی) جلوگیری به عمل می‌آورد. این امواج در طیف امواج مادون قرمز هستند. میزان پایداری ایجاد شده در میسل پس از عبور از دستگاه، به شدت به عوامل ناپایدار کننده به‌ویژه پدیده الکتروکینتیک بستگی دارد. چرا که نزدیک شدن میسل‌ها به دیواره و تشدید تأثیر این پدیده می‌تواند

سبب تسریع رسوب آنها شده و تأثیر ابزار اینرکت را نیز کم‌رنگ کند. شکل ۶- شماتیک یک میسل را قبل و بعد از عبور از دستگاه نشان می‌دهد [۵و۶].

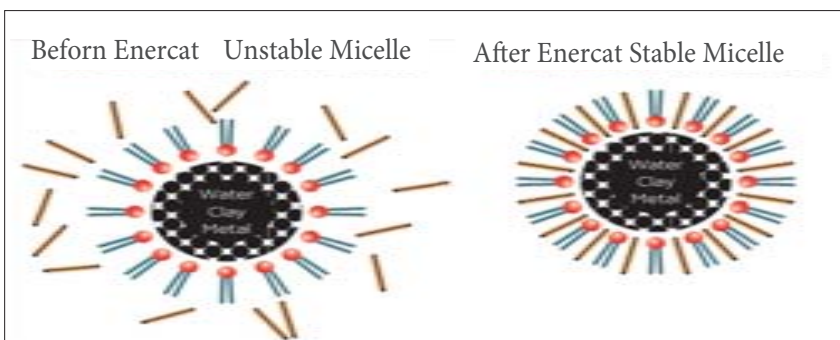
تاکنون ثابت شده که اعمال انرژی امواج فراصوت به جامدات، مایعات و گازها می‌تواند باعث تغییرات عمده‌ای از جمله کاویتاسیون (تشکیل حباب در مایع)، تشکیل امولسیون و تغییر سرعت واکنش‌های شیمیایی گردد. مطالعاتی که در زمینه تأثیر این امواج بر رسوبات درون سیستم‌های تولید نفت و گاز انجام شده در نهایت به این نتیجه رسیده که این فن آوری حتی می‌تواند جایگزین روش‌های موجود انگیزش چاه مانند اسید کاری شود.

امواج فراصوت امواج فشاری مکانیکی هستند که توسط تبدیل گره‌های فراصوت با فرکانس زیاد تولید می‌شوند. روش‌های متفاوتی برای تولید امواج فراصوت وجود دارد. دو روش عمده، استفاده از تبدیل گره‌های پیزوالکتریک و تبدیل گره‌های مغناطیسی است. با توجه به غیرمغناطیسی بودن دستگاه اینرکت می‌توان نتیجه گرفت که در این دستگاه از تبدیل گره‌های نوع نخست استفاده شده و با توجه به استفاده از کریستال کوآرتز در دستگاه می‌توان گفت که این کریستال با نوسان خود

امواج مکانیکی صوتی ایجاد می‌کند که سبب انتقال انرژی به رسوبات شده و ساختمان آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این تا زمانی که آسفالتین در حالت میسل باشد اینرکت باعث پایداری ساختار آن شده و از رسوب آن جلوگیری می‌کند. اعمال امواج فراصوت بر نفت‌های دارای آسفالتین باعث تغییرات ترمودینامیکی در ساختار میسل آسفالتین می‌شود که ناشی از جذب انرژی و تشکیل حباب‌های کاویتاسیون در اطراف آنست. علاوه بر این، انرژی اعمال شده به نفت باعث کاهش گرانیروی آن می‌گردد. از طرفی این انرژی باعث شکسته شدن ساختارهای بزرگ آسفالتین به ذرات کوچک‌تر و در نتیجه حفظ راحت‌تر آنها در حالت کلوئیدی و معلق می‌شود. شکل ۷- حالت نفت خام و رسوبات آنرا پس از قرار گرفتن در معرض امواج فراصوت نشان می‌دهد [۷].

۳-۲-۱- خواص کریستال کوآرتز

وقتی یک کریستال کوآرتز به شکل صحیح بریده و نصب شود می‌توان آنرا با قراردادن در یک میدان الکتریکی (اعمال ولتاژ به الکترودی نزدیک یاروی کریستال) خم کرد. این ویژگی به نام پیزوالکتریک بودن^{۱۱} معروف است. وقتی میدان برداشته شود کوآرتز با بازگشت به شکل اولیه میدانی الکتریکی و در نتیجه ولتاژ تولید می‌کند. این رفتار کریستال کوآرتز شبیه مداری متشکل از یک سلف، خازن و مقاومت (RLC Circuit) با فرکانس رزونانسی دقیق است. مواد پیزوالکتریک می‌توانند انرژی‌های مکانیکی و الکتریکی را به یکدیگر تبدیل کنند. فرکانسی که کوآرتز با دریافت میدان الکتریکی در آن نوسان می‌کند کاملاً وابسته به شکل ظاهری (ضخامت و زاویه‌های برش) آنست. کوآرتز با دریافت میدان الکتریکی در همان فرکانس مخصوص نوسان می‌کند. بنابراین امواج خروجی از کریستال به دو بخش تقسیم می‌شوند: امواجی که به منبع مورد نظر فرستاده می‌شوند و امواجی که به درون کریستال بازگشته و به نوسان ادامه می‌دهند. برای حفظ انرژی سیستم نیز باید آمپلی‌فایر درون مدار تشکیل شده و طوری تعریف گردد که وظیفه تشدید دامنه امواج را بر عهده گیرد. جهت



شکل ۶ | میسل آسفالتین قبل و بعد از عبور از ابزار اینرکت

۱ | مشخصات فنی برخی مدل‌های ابزار اینرکت

Type	Outside Diameter		Tool Length		Inside Diameter	
	SAE	Metric	SAE	Metric	SAE	Metric
ST10	2 3/8"	60.3mm	45"	115cm	2.00"	50.8 mm
ST20	2 7/8"	73.0 mm	45"	115cm	2.44"	62.0 mm
ST30	3 1/2"	88.9 mm	45"	115cm	2.99"	75.9 mm

در محیط‌های متخلخل یا نسبت به سطوح صاف به وجود می‌آید. پتانسیل جریان اختلاف در پتانسیل الکتریکی میان سطح جامد و مایعی است که از روی آن عبور می‌کند [۸].

وجود این پتانسیل به وجود لایه دوگانه الکتریکی در سطح تماس مایع و گاز بستگی دارد. لایه الکتریکی دوگانه از بارهایی تشکیل شده که بر سطح جامد ثابت مانده‌اند و تعداد مساوی بار مخالف در سیال نیز در کنار آنها قرار دارد. در این حالت جریان سیال باعث حرکت یون‌هایی که بار مخالف دارند شده و پتانسیل ایجاد می‌کند. درون ابزار اینرکت از لایه‌ای پوشش استفاده شده که می‌تواند این وظیفه را بر عهده گرفته، بارهای ثابت را در خود نگه‌دارد و به ایجاد این پدیده کمک نماید.

۳-۳- نحوه نصب و استفاده از دستگاه

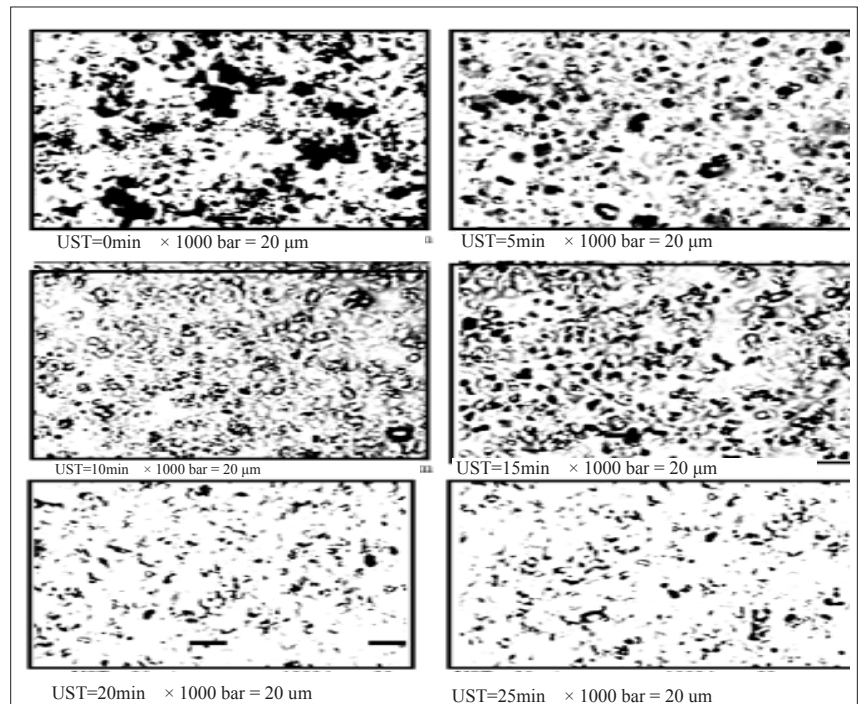
محل قرارگیری دستگاه در پایین‌ترین نقطه لوله مغزی است. دستگاه اینرکت قابلیت کار همراه با پمپ‌های درون‌چاهی (به‌غیر از پمپ‌های الکتریکی (ESP)) را دارد. در سیستم‌های دارای پمپ، دستگاه می‌تواند هم قبل از پمپ و هم بعد از آن یا در انتهای لوله مغزی نصب گردد.

دستگاه پس از نصب درون چاه نیاز به هیچ‌گونه منبع انرژی نظیر برق نداشته و محدودیتی نیز در مسیر جریان ایجاد نمی‌کند. هر دستگاه باید برای هر چاه به‌طور اختصاصی طراحی شود. این طراحی به عواملی مثل اندازه لوله مغزی، حجم و خصوصیات سیال تولیدی (مقادیر آب، آسفالتین، پارافین، واکس، H_2S ، GOR و CO_2) بستگی دارد. شرایط دیگر از قبیل عمودی یا جهت‌دار بودن چاه، محل تشکیل رسوب در چاه یا تأسیسات سطحی و نحوه تکمیل چاه نیز می‌تواند در محل قرارگیری دستگاه اینرکت مؤثر باشد.

دستورالعمل نصب برای هر چاه توسط شرکت سازنده ارائه می‌شود. این ابزار باید تا حد ممکن در انتهای چاه نصب گردد. عمق مناسب نصب در دستورالعمل مشخص می‌شود. بهتر است اینرکت حداقل ۳۰۰-۲۰۰ متر پایین‌تر از نخستین محدوده اصلی رسوب آسفالتین یا پارافین نصب گردد.

۳-۲- پدیده الکتروکینتیک و پتانسیل جریان
پدیده الکتروکینتیک در سیالات ناهمگن اثراتی خواهد داشت. سیال ناهمگن سیالی است که حاوی ذرات نامحلول جامد، مایع یا حباب‌های گاز باشد. منشأ اصلی این پدیده دوگانه بین سطوح باردار است. یکی از نمونه‌های این پدیده پتانسیل جریان می‌باشد که جریان یا اختلاف پتانسیلی است که در اثر حرکت ذرات باردار

درک بهتر می‌توان به مثال تشدید صدای بلندگو و شنیده‌شدن صدای جیغ به‌هنگام قرار گرفتن میکروفون مقابل بلندگو اشاره کرد که مقداری از انرژی دوباره توسط میکروفون جذب گردیده و پس از عبور از آمپلی‌فایر دوباره پخش می‌شود. در ساعت‌های دیجیتال از این ویژگی برای ایجاد فرکانس دقیق و ثابتی برابر یک ثانیه و اندازه‌گیری زمان استفاده شده است.



شکل ۷ | تاثیر امواج فراصوت بر اندازه ذرات آسفالتین پس از سانتیفریوژ نمونه نفت [۷]

۲ | برخی موارد استفاده از دستگاه اینرکت در سراسر دنیا

1	Morrison Petroleum Ltd.	9D-35-35-6 W4 (Consort, Alberta)
2	Anderson Exploration	14-31-4-4 W4 (Manyberries, Alberta)
3	Omega Hydrocarbons Ltd.	87-4 W6 (Worsley, Alberta)
4	Tarragon Oil and Gas	10B-13-20-20 W4 and 13C-13-20-20 W4 (Jumpbush, Alberta)
5	Rising Resources Ltd.	Townships 46 & 48 W5 (Pembina, Alberta)
6	Universal Exploration Ltd.	A multi-well pool at 15-16 W3 (Swift Current, Saskatchewan)
7	Numac Energy Inc.	5-15-118-7 W6 (Shekelie, Alberta)
8	Talisman Energy Inc.	6-32-75-14 W4 and 11-9-79-15 W4 (Lac La Biche, Alberta)
9	Murphy Oil Company Limited	6-7-87-9 W5 (Red Earth, Alberta)
10	Fletcher Challenge Petroleum Inc.	8B-28-36-5 W4 (Consort, Alberta)



در حالت نصب دستگاه در کنار پمپ‌های Rod Lift، در صورت امکان باید ابزار پایین تر از پمپ و به عنوان اتصال انتهایی نصب شود. همچنین باید بین ابزار و پمپ حداقل یک لوله مغزی فاصله باشد. در صورت نیاز به Turbolator باید آنرا درست پایین تر از اینرکت نصب کرد. در چاه‌های عمیق نیز دستگاه نباید در عمق بیشتر از ۲۵۰۰ متر نصب شود؛ مگر در مواردی که توسط شرکت سازنده بلا مانع تشخیص داده شود. در پمپ‌های Progressive Cavity می‌توان اینرکت را قبل از ورودی پمپ یا بعد از خروجی آن نصب کرد. برای استفاده از این دستگاه در چاه‌هایی که از روش فراز آوری مصنوعی با گاز استفاده می‌کنند باید ابزار را زیر پایین‌ترین خروجی گاز نصب کرد. برخی از موارد استفاده از این ابزار در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

نتیجه‌گیری

از عمده‌ترین مشکلات در زمینه تولید و انتقال نفت و گاز، تشکیل رسوب در سیستم‌های تولیدی است. روش‌های متفاوتی برای پیشگیری و درمان این مشکل وجود دارد. روش مورد استفاده در عملیات چاه‌های شرکت ملی نفت جهت رفع رسوبات در بیشتر موارد تزریق حلال (زایلین) یا تزریق اسید با استفاده دستگاه لوله مغزی سیار است که تنها قادر به رفع رسوبات بوده و قابلیت پیشگیری از ایجاد رسوب را ندارد. علاوه بر این، نیاز مکرر به تزریق حلال در دوره تناوبی حدوداً یک‌ساله (و در مواردی چندماهه) سبب افزایش هزینه‌ها و توقف مکرر تولید خواهد شد. به همین دلیل نیاز به بررسی و به کارگیری روش‌های نوینی که بتوانند از تشکیل رسوب پیشگیری به عمل آورند احساس می‌شود. با توجه به مطالب ارائه شده می‌توان گفت که دستگاه اینرکت در مرحله رسوب آسفالتین با ایجاد امواج

صوتی توسط کریستال‌های کوآرتز، سبب پایداری میسل‌های آسفالتین شده و از رسوب‌گذاری آنها ممانعت به عمل می‌آورد.

می‌توان گفت این ابزار که جهت پیشگیری از رسوب آسفالتین (نه درمان رسوب) استفاده می‌شود در کنار تزریق مداوم ممانعت‌کننده، از تنها روش‌های موجود جهت پیشگیری از تشکیل رسوب است. این روش و اساس کار آن نسبت به روش شیمیایی مزیت‌های بسیاری دارد. مهم‌ترین مزایای این روش عبارتند از:

- جلوگیری از تشکیل رسوبات و افزایش و استمرار تولید
- کاهش هزینه‌های تولید
- افزایش عمر مفید چاه و کاهش تعداد عملیات‌های رسوب‌زدایی
- جلوگیری از بروز اختلال در سایر عملیات‌ها مانند نمودارگیری و... در اثر تشکیل رسوب. ■

پانویس‌ها

- 1 Enercat
- 2 Flocculation
- 3 Rich Gas Flooding
- 4 Mutual Solvents
- 5 Fishing
- 6 Solvents
- 7 Detergents
- 8 Crystal Modifiers
- 9 Dispersants
- 10 Inhibitors
- 11 Hot oiling
- 12 UST: Ultra Sonic Time
- 13 piezoelectricity

منابع

- [1] Mousavi-Dehghani S, Riazi A, Vafaie-Sefti M, And Mansoori G. A, An Analysis Of Methods For Determination Of Onsets Of Asphaltene Phase Separations, 1990, Journal Of Petroleum Science And Engineering 4,35-38
- [2] Andersen, S. I., Speight, J. G., Observations On The Critical Micelle Concentration Of Asphaltenes, 1343 (1993), Fuel 72,
- [3] Flory, P. J., Thermodynamics Of High Polymer Solutions, J. Chem. Phys. (1942) 10, 51.
- [4] Levine, Ira N.. Physical Chemistry (5th Ed.). Boston: McGraw-Hill. ISBN 0-07-231808-2., (2001) P. 955
- [5] Slamet Priyanto, Mansoori G.Ali, And Suwono A."Structure & Properties Of Micelles And Micelle Coacervates Of Asphaltene Macromolecule"Prepared For Presentation At Aiche Annual Meeting, 2001 ,Session # [90]
- Department Of Chemical Engineering The University Of Illinois At Chicago.
- [6] S. Mousavi-Dehghani S, Mirzayi B.; Vafaie-Sefti M" Modeling Of Asphaltene Precipitation In Petroleum Mixtures".Iresearch Institute Of Petroleum Industry, NIOC, RIPI. Department Of Chemical Engineering, Tarbiat-Modarress University, P.O. Box 14115-4838, Tehran, Iran.
- [7] Shedid A. Shedid ,Influence Of Ultrasonic Radiation On Asphaltene Behavior With And Without Solvent Effects,SPE 86473.
- [8] Spencer E. Taylor," The Electrodeposition Of Asphaltenes And Implications For Asphaltene Structure And Stability In Crude And Residual Oils". Fuels Technology Unit, BP Research And Engineering Centre, Chertsey Road, Sunbury-On-Thames, Middlesex, TW16 7LN, UK