

انسداد جریان نفت در صنعت نفت بیشتر به علت رسوب ترکیبات آلی سنگین موجود در سیالات نفتی می باشد. رسوب واکس و آسفالتین به ویژه آسفالتین از رسوبات جامد آلی بوده که عامل اصلی انسداد خطوط لوله و مخازن نفتی در جریان تولید نفت خام می باشد. آسفالتین ها یکی از چهار گروه اصلی تشکیل دهنده نفت خام هستند که به علت تغییرات عوامل مختلفی از جمله تغییرات درجه حرارت، فشار، ترکیبات دیگر نفت خام، رژیم جریان و اثر الکتروسیستیک در حین عبور نفت از مخازن و نیز خطوط لوله یا در دستگاههای پالایش رسوب می کنند و لذا دفع این مواد مسأله ای اساسی در تولید نفت خام می باشد. در چند دهه اخیر، برای یافتن راه حلی مناسب و اقتصادی برای جلوگیری از تشکیل رسوب این ماده آلی تحقیقات گسترده ای بر روی شناخت ماهیت آسفالتین، مکانیسم تشکیل رسوب آنها، نقطه آغاز تشکیل رسوب آسفالتین در شرایط مختلف، تأثیر افزودنی ها به عنوان عوامل بازدارنده و یا ممانعت کننده، تأثیر گازهای تزریقی و نیز دیگر عوامل مانند تغییر ولتاژ بر روی تشکیل رسوب انجام شده است لیکن هنوز هم تحقیقات بیشتری نیاز است زیرا کاهش اندکی در تشکیل رسوب در مخازن و خطوط لوله می تواند موجب افزایش قابل توجهی در تولید نفت خام شود به ویژه که اخیراً موضوع ازدیاد برداشت از مخازن نفتی (EOR) جایگاهی مهم و قابل بررسی در زمینه پژوهش نفت در بسیاری از کشورهای جهان به خود اختصاص داده است. از آنجائیکه استفاده از تزریق ژل پلیمرهای بر پایه پلی آکریل آمید در مخازن نفتی به منظور کاهش میزان آب تولیدی در روش های IOR به صورت گسترده ای مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به انعطاف پذیری بالای این ماده از نظر گروههای عاملی متصل و نیز به علت خاصیت پلیمری و قابل جذب آن بر روی سطوح، در این تحقیق میزان تأثیر آن بر روی

تشکیل رسوب آسفالتین در بستر متخلخل سیلیکایی مورد بررسی قرار گرفته تا علاوه بر تعیین میزان تأثیر آن بر روی تشکیل این رسوب آلی سنگین، نوع بار موجود بر روی مولکول آسفالتین نیز با توجه به تفاوت رفتاری آسفالتین در برابر پلی آکریل آمیدهای باردار جذب شده بر روی بستر بررسی گردد زیرا در مورد نوع بار آسفالتین تناقض هایی در تحقیقاتی که تاکنون انجام شده نیز وجود دارد. در پایان پیشنهادی برای پلی آکریل آمید بهینه از نظر نوع بار برای استفاده در تحقیقات ازدیاد برداشت به منظور عدم تأثیر منفی بر روی تشکیل رسوب آسفالتین ارائه می گردد.

فصل اول

معرفی آسفالتین

۱-۱- نفت خام و ترکیبات آن

نفت خام سیستمی کلوئیدی بوده و به طور عمده به دو دسته نفت خام پایدار و ناپایدار تقسیم می شود. نفت از انواع مختلف هیدروکربنها تشکیل شده است که آنها را می توان به چهار گروه اصلی ترکیبات اشباع^۱، آروماتیک ها، رزین ها و آسفالتین ها تقسیم کرد [۳۲]. فاز پراکنده در نفت خام عموماً شامل میکروساختارهای^۲ زیر است [۳۰]:

۱. توده های آسفالتین، رزین و مایسل^۳ها [۷].

۲. کریستالهای میکروسکوپی پارافین های جامد

۳. ذرات میکروسکوپی مواد معدنی خروجی از منافذ و چاههای مخزن

۴. ترکیب ذرات بالا به صورت یک ترکیب پیچیده

۱-۲- آسفالتین و رزین

آسفالتین اولین بار توسط Boussigault در سال ۱۸۳۷ الکی غیر قابل حل نامیده شد. Murcusson در سال ۱۹۴۵ آسفالتین را جزء نامحلول در بنزین ها و اتر نفتی سبک نامید [۳۱]. بر طبق نظر Pfeiffer در ۱۹۵۰، آسفالتین جزء غیر قابل حل در nپنتان و محلول در تولوئن نامیده شد [۳۲]. امروزه آسفالتین جزء قطبی و غیر فرار نفت خام نامیده می شود که در حلالهای آلیفاتیکی (مانند n پنتان و n هپتان) نامحلول و در حلالهای آروماتیکی، تتراکلریدکربن و دی سولفیدبنزن محلول است [۳۳]. از نظر ساختمان مولکولی، آسفالتین یک گروه شیمیایی از ترکیب اتمهای ناهمگن^۴ است. بررسی های ساختاری نشان می دهد که آسفالتین، سیستمی از مولکولهای چند تراکمی است و

۱ Saturates
۲ Microstructure
۳ Micelle
۴ Heteroatoms

جایگاه آنها در طبقه بندی شیمی آلی بین ترکیبات میکرومولکول و ماکرومولکول می باشد. ساختمان اصلی آسفالتین ها "اسکلت هیدروکربنی" است که از سه ساختار زیر می تواند تشکیل شود:

۱. هسته های آروماتیکی

۲. هسته های نفتنی (هیدروآروماتیکی)

۳. زنجیره های پل ساز^۱ و زنجیره های کناری [۱۰].

در ساختمان آسفالتین علاوه بر آروماتیک ها، می توان گروههای مختلف اسیدی، بازی [۲] گروههای کربوکسیلیک، پیرولیک، پیریدینیک، تیوفنیک و سولفیت ها را نیز شناسایی کرد [۱۸]. آسفالتین، جامدهای بدون شکل، تیره با چگالی مخصوص^۲ بزرگتر از یک و وزن مولکولی بین چند صد تا چند میلیون^۱ gmol^{-۱} است و رنگ تیره آن به ساختار الکترونی آروماتیک های چند حلقه ای نسبت داده می شود [۸]. کره های جدا از هم، بیضی های دوکی شکل، کره های پلیمری چند پاشیده^۳ و دیسک های صاف با اندازه توده تجمعی بین ۲ الی ۲۵ نانومتر [۳۰] برای ساختمان آسفالتین پیشنهاد شده و منطقی ترین شکل برای آن، دیسکی با نسبت قطر بسیار بزرگ به ضخامت است. [۲۰] رزینها نیز طبق تعریف جزء قطبی و غیر فرار نفت خام هستند که در نرمال آلکانها و حلالهای آروماتیکی (مانند تولوئن) محلول و در پروپان مایع نامحلول می باشند رزین ها در نفت های ناپایدار نسبت H/C پایین تر و خصلت آروماتیکی^۴ بالاتری نسبت به رزین ها در نفت پایدار دارند^۵ [۷]. آسفالتینها و رزینها ساختاری مشابه دارند لیکن آسفالتین ها در مقایسه با رزینها جرم

^۱ Bridging

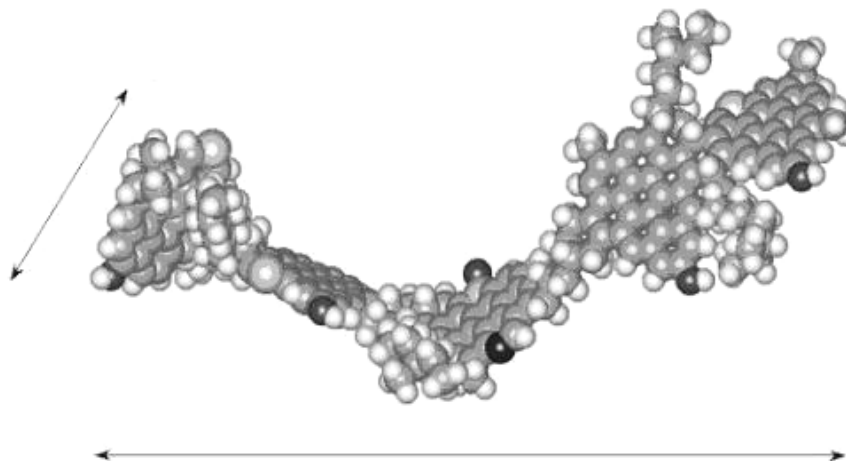
^۲ Specific Gravity

^۳ Polydisperse

^۴ Aromaticity

^۵ نفت خام پایدارتر حجم بیشتری از نرمال هپتان برای شروع لخته سازی نیاز دارد.

ملکولی، قطبیت و اتم های ناهمگن بیشتر و نسبت هیدروژن به کربن کمتری را دارا هستند [۳۱]. به طور کلی میزان قطبیت در نفت خام به صورت آسفالتین < رزین < نفت می باشد [۱۶]. در شکل ۱-۱ نمایی از مولکول آسفالتین نشان داده شده است.



شکل ۱-۱ ساختمان فرضی مولکول آسفالتین [By courtesy of the Statoil DART] [۲۰]

۱-۳- عوامل موثر در تشکیل رسوب آسفالتین

صرف نظر از جامدات غیر آلی که مشکلاتی مربوط به هیدراتهای گازی ایجاد می کنند، دو نوع رسوب جامدات آلی وجود دارد [۲۳]:

۱. رسوب واکس ها که با توجه به کاهش دما رخ می دهد.

۲. رسوب آسفالتین که بیشتر به علت تغییرات در ترکیب نفت رخ می دهد.

در نفت خام مولکولهای آسفالتین در دمای معمولی به صورت کلونیدی، کلوخه^۱ و به شکل سوسپانسیون موجودند که توسط رزینها احاطه شده و به صورت پایدار در آمده اند [۲۹]. پایداری ذرات آسفالتین در نفت خام به عوامل زیر وابسته است [۱۰]:

۱. قابلیت "والختی"^۱ مغزه آسفالتین

^۱. Aggregation State

۲. قدرت انعقاد زدایی رزین ها

۳. مقادیر نسبی آسفالتین و رزین

۴. خصلت آروماتیکی فاز نفتی

مقدار کمی از ذرات آسفالتین می تواند در نفت حل شود در صورتیکه تعداد زیادی از ذرات ممکن است منعقد شده و سپس به صورت کلویدهای فضایی درآید. پایداری آسفالتین به دما، فشار، ترکیب نفت خام، شرایط موثر بر جریان نفت و ماهیت سطح مخزن ارتباط دارد [۲۴] که در زیر به مهمترین آنها به صورت مختصر اشاره می شود:

۱-۳-۱- تأثیر دما بر میزان رسوب آسفالتین

حلالیت آسفالتین ها در دمای $90-50^{\circ}\text{C}$ افزایش یافته [۳۵] و در محدوده دمایی $140-100^{\circ}\text{C}$ محلول هستند اما در دمای بالاتر از 200°C آسفالتین های حل شده مجدداً رسوب می کنند [۱۹]. با افزایش دما از $600-300^{\circ}\text{C}$ رسوب آسفالتین کاهش می یابد [۱۳].

۱-۳-۲- تأثیر فشار بر میزان رسوب آسفالتین

در زیر نقطه حباب با افزایش فشار مقدار گاز بیشتری در نفت حل شده و در نتیجه با افزایش اختلاف پارامتر حلالیت نفت و آسفالتین، مقدار رسوب افزایش می یابد و در بالای نقطه حباب، افزایش فشار سبب کاهش رسوب آسفالتین می گردد. بنابراین بیشترین مقدار رسوب در نقطه حباب می باشد [۳۵].

۱-۳-۳- تأثیر ترکیب نفت خام بر میزان رسوب آسفالتین

با توجه به تأثیر رزین ها در پایداری آسفالتین در نفت خام، اگر میزان و نوع رزین موجود در نفت

به حدی نباشد که ذرات آسفالتین را بحالت تعلیق درآورد و با توجه به اینکه آسفالتین و رزین هر دو باردار بوده (با بارهای مخالف)، قسمتی از سطح ذرات آسفالتین از رزین تهی شده و بعلت عدم موازنه بار الکتریکی، ذرات کوچکتر خود را به ذرات بزرگتر رسانیده و به آنها متصل می شوند و سبب رسوب کلوخه های آسفالتین می گردند [۳۱، ۲۵].

۱-۳-۴- تأثیر پتانسیل جریانی بر میزان رسوب آسفالتین

وقتی نفت خام از یک کانال - محیط متخلخل، لوله انتقال نفت- عبور می کند ممکن است به علت اختلاف پتانسیل الکتریکی در طول کانال، ذرات کلوییدی باردار شده، به سمت هم کشیده شده و تجمع کنند که در نتیجه توده آسفالتین در دیواره و منافذ مخزن، لوله ها رسوب می کند و در نهایت منجر به بسته شدن کانال عبوری نفت می شود.



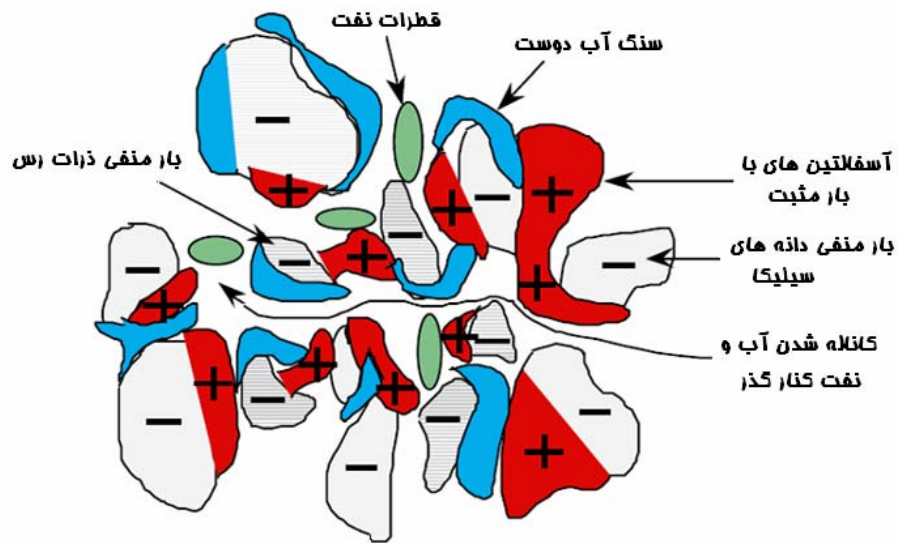
شکل ۱-۲ رسوب دهی و بسته شدن یک خط لوله به علت تشکیل رسوب آسفالتین

۱-۳-۵- ماهیت سطح مخزن بر میزان رسوب آسفالتین

ماهیت آبدوستی^۱ و یا نفت دوستی^۲ سطح مخزن بر میزان رسوب آسفالتین موثر است، توده های آسفالتین تمایل دارند تا بر روی سطوح چربی دوست رسوب کنند. آسفالتین روی سطوح معدنی با خاصیت آبدوستی از سمت گروههای قطبی خود برهم کنش داده و همچنین با رسوب توده های

^۱ Hydrophilic
^۲ Lipophilic

آسفالتین بر روی سنگ مخازن ترشوندگی^۱ سطح مخازن تغییر می کند [۹، ۱].



شکل ۱-۳ تغییر ترشوندگی سطح مخزن به علت جذب مولکولهای آسفالتین بر روی سطح

۱-۴- مشکلات ناشی از رسوب آسفالتین

مشکلات ناشی از رسوب آسفالتین عبارتند از: کاهش نفوذپذیری، گرفتگی حفرات درون مخزن، رسوب در دیواره لوله ها، تغییر ماهیت ترشوندگی سطوح مخزن، افزایش ویسکوزیته و در نهایت تشکیل رسوب آسفالتین به صورت مداوم که سبب انسداد کامل لوله ها می شود [۲۹، ۳۴، ۹].



شکل ۱-۴ نمایی از گرفتگی لولها به علت رسوب آسفالتین [۳۷]

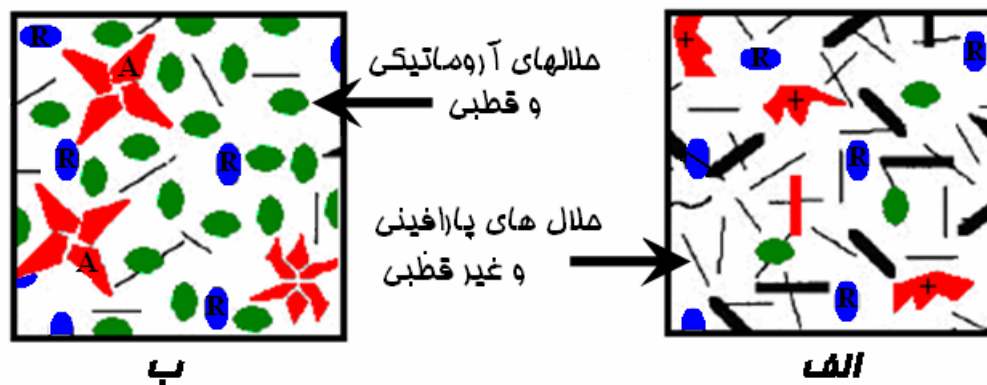
^۱ Wettability

۱-۵-۱- مکانیسم های تشکیل رسوب آسفالتین

رسوب دهی آسفالتین ممکن است با سه مکانیسم مختلف انجام گیرد که این مکانیسم ها عبارتند از: اثر پخش شدگی، اثر کلوئیدی، اثر توده ای شدن.

۱-۵-۱-۱ اثر پخش شدگی^۱

تغییر دما، فشار، ترکیب درصد ممکن است سبب پخش شدگی نفت خام شود و درجه پخش شدگی مواد سنگین آلی در نفت خام به ترکیب شیمیایی نفت بستگی دارد [۳۸]. با افزایش هیدروکربنهای پارافینی نفت خام، ذرات آسفالتین به صورت فاز توده ای جامد انتقال می یابند (شکل ۱-۵-۱ الف). با افزایش هیدروکربنهای آروماتیکی در نفت خام ذرات آسفالتین شکل توده ای یا مایسلی پیدا می کنند (شکل ۱-۵-۱ ب)



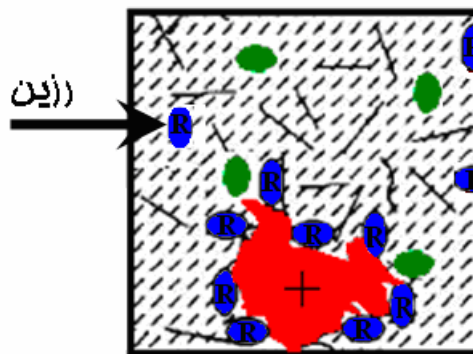
شکل ۱-۵-۱ لخته شدن آسفالتین ها در نفت خام با افزایش سیال قابل اختلاط غیر قطبی مانند هیدروکربنهای پارافینی (الف)، پدیده کلوئیدی شدن ناشی از افزایش یک حلال قطبی قابل اختلاط در نفت خام (ب) [۳۱]

با توجه به شکل، در اثر افزایش هیدروکربنهای پارافینی، آسفالتین ها ناپایدار می شوند و در اثر افزایش آروماتیک ها آسفالتین ها به حالت معلق در می آیند.

^۱ Dispersing

۱-۵-۲- اثر کلوئیدی

آسفالتین ها تمایل به خود تجمعی دارند که در این صورت از سمت گروههای عاملی قطبی خود به سمت هم کشیده شده و به صورت توده بزرگ کلوئیدی درمی آیند. در صورت حضور مقادیر کافی رزین، معلق شده و در صورت وجود هیدروکربنهای پارافینی از نفت خام جدا شده و به سمت دیواره ها متمایل می شوند[۳۸]. در شکل ۱-۶ کلوئیدی شدن آسفالتین ها نشان داده شده است.

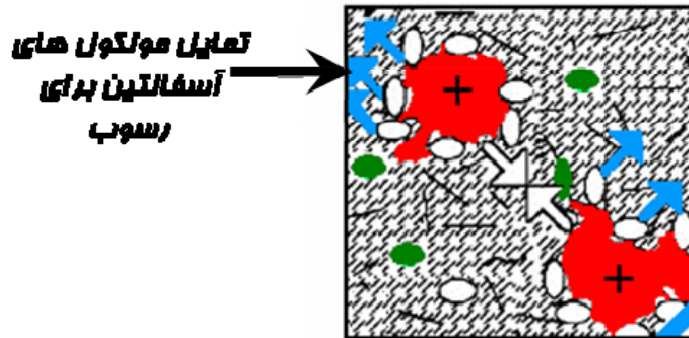


شکل ۱-۶ پدیده بوجود آمدن کلوئیدهای آسفالتین در نفت خام

۱-۵-۳- عامل توده ای شدن

تغییر غلظت رزین در نفت خام می تواند باعث تغییر در مقدار جذب آنها بر سطح آسفالتین ها شود و در صورتی که غلظت رزین در نفت خام برای پوشاندن کل سطح ذرات کافی نباشد، ذرات با توجه به تمایلشان برای خود تجمعی^۱ به هم می پیوندند و در نتیجه اندازه ذرات رشد کرده و لخته شدن آغاز می گردد[۷].

^۱ Self Association



شکل ۷-۱ حرکت ملکولهای لخته شده بین فاز توده نفت و فاز سطح به سمت جداره

۶-۱- روشهای حذف رسوب آسفالتین

روشهای جداسازی و یا به تعویق انداختن تشکیل رسوب آسفالتین بر سه نوع است [۳۹]:

۱. حذف مکانیکی

۲. حذف حرارتی

۳. حذف شیمیایی

موارد مورد توجه در انتخاب روش حذف آسفالتین عبارتند از: دسترسی ساده و مستقیم محل

مورد نظر، هزینه های حذف، زمان لازم برای تصفیه، مسائل و مشکلات در حذف.

۱-۶-۱- روشهای مکانیکی حذف رسوب آسفالتین

قدیمی ترین روش برای حذف رسوب آسفالتین، حذف مکانیکی است. این نوع تصفیه توسط قلم

های فشاربالا، برسهای انبساطی و تراشیدن خطوط لوله انجام می شود. از انواع این تصفیه می توان

روش توپک رانی و سیم فلزی^۱ را نام برد. این روش در مواردی که محل تصفیه در دسترس بوده و

زمان آن نیز کوتاه باشد از روش شیمیایی موثرتر است. البته اتلاف وقت و جداسازی قطعات برای

تصفیه از مشکلات این روش است.

^۱ Wire Line

۱-۶-۲- روشهای حرارتی حذف رسوب آسفالتین

در این روش با گردش نفت داغ پایین و بالای لوله ها رسوبات در دیواره لوله ها و چاهها حذف می شود [۴۰]. از مشکلات تصفیه با نفت داغ می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. نفت داغ از انتهای تانک گرفته می شود بنابراین حاوی بیشترین مقدار آسفالتین است.
۲. با گذر زمان و کاهش دمای نفت تزریقی قابلیت ذوب کردن آن کاهش می یابد.
۳. نفت با آسفالتین های ذوب شده اشباع شده و تشکیل رسوب مجدداً رخ می دهد.

۱-۶-۳- روشهای شیمیایی حذف رسوب آسفالتین

این روش که بر مبنای استفاده از افزودنی ها برای جلوگیری و یا به تأخیر انداختن تشکیل رسوب آسفالتین استوار و مشهورترین روش برای تصفیه چاهها و مخازن از رسوب آسفالتین می باشد. روشهای مورد استفاده در این روش به دو قسم زیر طبقه بندی می شود:

۱. پراکنده کننده ها^۱ و بازدارنده ها^۲

۲. حلال ها

۱-۶-۳-۱- استفاده از پراکنده سازها و بازدارنده ها در انحلال آسفالتین

پراکنده سازها آسفالتین را حل نمی کنند اما آنرا در نفت یا آب پراکنده می سازند. رفتار آنها مانند فعال کننده های سطحی^۳ بوده و قبل از گردش نفت خام در سیستم، تزریق می شوند. پراکنده سازها در حالت طبیعی رزین ها بوده که نسبت آنها به آسفالتین در نفت خام عامل کلیدی در میزان پایداری آسفالتین می باشد [۷] و در حالت سنتزی نیز با ایجاد کشش سطحی بر روی آسفالتین باعث پراکنده گی آن در نفت خام می شوند. تشکیل رسوب آسفالتین می تواند توسط مقادیر کم پراکنده

^۱ Dispersant

^۲ Inhibitor

^۳ Surfactant

ساز کاهش یافته و یا از آن جلوگیری شود. این مواد یک یا چند اثر زیر را دارا هستند[۱۶]:

۱. مقدار رسوب را کاهش می دهند.
۲. تشکیل رسوب را بسیار کند می کنند.
۳. رسوب آسفالتین را به ذرات کوچکتری توزیع می کنند.
۴. تمایل رسوب در تجمع بر روی سطح را کاهش می دهند.

یکی از روشهای حذف آسفالتین استفاده از بازدارنده هاست. فعالیت بازدارنده ها تنها به سر اسیدی آنها وابسته نبوده و به دنباله آروماتیکی و آلیفاتیکی آنها نیز وابسته می باشد[۲، ۱۴]. به علت هزینه پایین، روغن های گیاهی نیز به عنوان بازدارنده های آسفالتین معرفی شده اند، این روغنها با ساختار شیمیایی نفت سازگار بوده و تأثیری بر ماهیت نفت خام نمی گذارند. لیکن استفاده از آنها به منطقه جغرافیایی وابسته است[۴۲]. مواد زیر را می توان به عنوان بازدارنده های آسفالتین نام برد[۳۹]:

۱. فعال کننده های سطحی یونی
این فعال کننده ها بیشتر شامل اسید هایی با شاخه آلکیلی بوده که با داشتن برهم کنش های اسید-باز با آسفالتین، تأثیر مثبت بر کاهش میزان رسوب دارند.[۲، ۳]
۲. فعال کننده سطحی غیر یونی
در مورد این فعال کننده ها، غلظت مایسلی بحرانی به طبیعت گروههای قطبی و نسبت گروههای قطبی/غیر قطبی وابسته است [۷] و از جمله این فعال کننده ها می توان نونیل فنل اتوکسیلاته^۱ را نام برد[۴۳].
۳. روغن گیاهی

این روغنها به دلایل زیر به عنوان بازدارنده های آسفالتین انتخاب شده اند:

^۱ Ethoxilated nonylphenol

۱- اهمیت یافتن مواد جدید با حلالیت بالا

۲- به دلیل نتایج خوبی که بر اثر اختلاط با مواد آلی اسیدی بدست آمده است.

۳- به علت دسترسی راحت و ارزان که البته این قابلیت دسترسی به تکنولوژی کشورها

وابسته است.

از جمله این روغن ها می توان روغن بادام شیرین، روغن چوب صندل و روغن عصاره لیمو را

نام برد.

۴. مشتقات روغن های گیاهی

α ترپین، γ ترپین، استات لینامیل، نمونه هایی از این مواد هستند [۲۵].

۱-۶-۳-۲- استفاده از حلال ها در انحلال آسفالتین

تصفیه با حلال روش بسیار خوبی است و حلالهایی با قطبیت بیشتر با ساختاری مشابه آسفالتین که

با آن بر هم کنش دارند، در انحلال آن موثرتر از حلالهای با قطبیت کمتر مانند حلالهای آلیفاتیکی

هستند. با بکار بردن حلالهای آروماتیکی تر و قطبی تر حجم توده آسفالتین بزرگتر میشود [۲۰].

هرچند که اکثر این حلالها مانند زایلن، تولوئن، بنزن و دی سولفیدکربن اشتعال زا، سرطان زا و

خطرناک می باشند [۳۹]. لازم است تا خصلت آروماتیکی این حلالها بالا باشد زیرا طول مربوط به

توده آسفالتین با کاهش خصلت آروماتیکی حلال افزایش می یابد [۱، ۲۰].

البته این حلالها نیز مشکلاتی را به همراه دارند به عنوان مثال استفاده از دی سولفیدکربن (که یکی

از بهترین حلالهای شناخته شده برای حذف رسوبات است) در بسیاری از کشورها به علت

خطرناک بودن آن ممنوع می باشد. حلالهای کلردار شده^۱ نیز حلالهای بسیار خوبی هستند اما به

^۱ Chlorinated Solvent

کاتالیست های مورد استفاده در فرآیند های تصفیه آسیب می رسانند. بنابراین حداقل مقدار آن نیز

برای تصفیه نفت خام مضر می باشد [۴۴].

هنگامیکه حلالها در تماس با رسوبات قرار می گیرند، ترکیبات رسوبی سنگین را حل می کنند تا به

حالت اشباع برسند و اگر در این حالت به سرعت از چاه خارج نشوند، رسوبات حل شده مجدداً

به حالت جامد در آمده و رسوب می کنند و گاهی رسوب مجدد بیش از حالت بدون تصفیه سبب

گرفتگی می شود [۴۰].

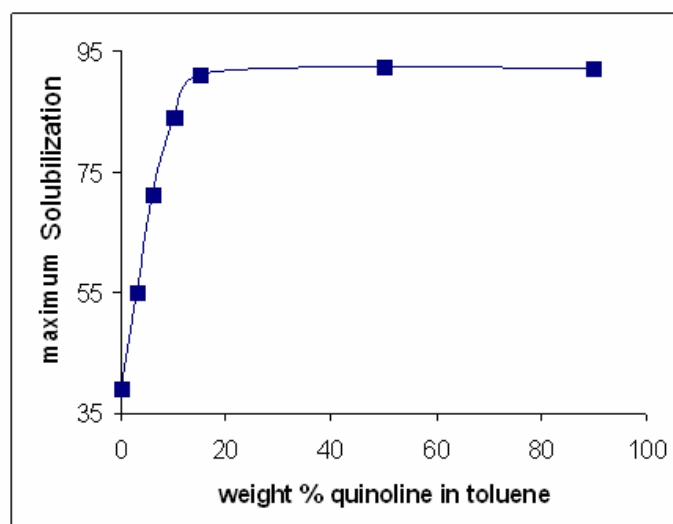
فصل دوم

بررسی منابع و مروری بر آنها

با توجه به ساختار قطبی مولکول آسفالتین حلالهای قطبی، پراکنده سازهایی با ساختار قطبی و یا بازدارنده های حاوی گروههای عاملی اسیدی و بازی سبب انحلال این مولکول حجیم و پراکندگی آن در نفت خام می شوند. در زیر به برخی از تحقیقاتی که در دو دهه اخیر بر روی تأثیر بازدارنده ها بر روی تشکیل رسوب آسفالتین انجام شده اشاره می شود.

۲-۱- تأثیر حلالها در انحلال رسوب آسفالتین

Delbianco و همکاران (۱۹۹۷) تأثیر کوینولین بر هیدروکربنهای آروماتیکی یک یا چند حلقه شامل حداقل ۸۰-۷۰٪ وزنی آروماتیک و آلکیل آروماتیک با استخلاف آلکیلی شامل C_۱-C_۴ را بیان کردند. همچنین از اجزاء بدست آمده در فرآیند صنعتی پالایش که شرایط بالا را داشته و شامل کوینولین بودند نیز استفاده نمودند. به عنوان مثال "نفت شسته شده" WO^۱ که از تقطیر قیر بدست می آید و حاوی کوینولین بوده و با توجه به قابلیت آن در انحلال آسفالتین در مدت زمان کوتاه، حلال خوبی برای آسفالتین معرفی شد. شکل ۳-۱ تأثیر این ماده در بهبود انحلال پذیری تولوئن در انحلال آسفالتین را نشان می دهد [۴۵].

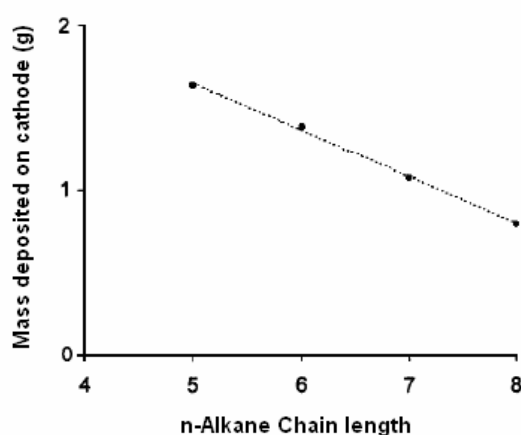


شکل ۲-۱ میزان افزایش بهینه کوینولین در افزایش قابلیت انحلال سازی تولوئن [۴۵]

^۱ Washed Oil

همانگونه که دیده می شود کونولین سبب افزایش بازدهی حلالیت آسفالتین در محلول های آروماتیکی شده است و بیشترین تأثیر آن در ۲۰-۳۰٪ وزنی آن می باشد.

Taylor و همکاران (۱۹۹۸) آزمایشات رسوب دهی مایسل های آسفالتین را در یک میدان الکتریکی با استفاده از ولتاژ DC و الکترودهایی از جنس فولاد ضد زنگ در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد در حضور نرمال آلکانهای مختلف انجام دادند. نتایج بدست آمده از تحقیقات آنها نشان می دهد که آسفالتین هایی که به صورت پایدار در سیستم کلوئیدی نفت خام قرار دارند به علت وجود ناپایدار کننده هایی نظیر نرمال آلکانها به صورت الکتریکی رسوب می کنند و این میزان رسوب، به صورت جزئی یا کلی به نفت خام یا پسماند^۱، نرمال آلکان و رقت نسبی آن بستگی دارد. بنابراین در رقت های کم و در نتیجه ناپایداری ناقص، مواد رسوب کرده دارای مقداری بار منفی خالص بوده و در رقت های بیشتر رسوب با بار مثبت تشکیل می شود [۱۰]. با افزایش شدت میدان و زمان ماند مقدار رسوب آسفالتین بر روی کاتد افزایش و با افزایش طول زنجیره حلالهای نرمال آلکان از پنتان تا اکتان میزان رسوب کاهش یافت. در شکل ۲-۲ تأثیر نرمال آلکان ها به عنوان محرک های تشکیل رسوب نشان داده شده است.



شکل ۲-۲ جرم رسوب کرده به صورت تابعی از زنجیره نرمال آلکان (نسبت رقت ۱:۹) میدان الکتریکی 1 kVcm^{-1} ۲/۸ به مدت ۵ دقیقه [۱۰]

^۱ Residue

نتایج بدست آمده در آزمایشات این محققان، با مدل ساختاری "مایسل های" آسفالتین که در آن رزین ها به صورت "لخته زد" هایی با بار منفی هستند سازگار است. Speight و همکاران نیز با بررسی تأثیر شرایط تصفیه دریافتند که کاهش زنجیره آلکان، وزن مولکولی و خصلت آروماتیکی مواد رسوب کرده را افزایش می دهد [۱۰].

Clarke, Pruden (۱۹۹۹) [۳۵]، تأثیر افزودنی هایی نظیر ترکیبات آروماتیکی ناهمگن، ترکیبات آروماتیکی هیدروژن دهنده را با استفاده از اندازه گیری پارامتر حلالیت بررسی کردند. پارامتر حلالیت معیاری از فشار درونی اعمال شده توسط یک مولکول در محلول و مقدار عددی آن مشخصه خاص هر مولکول می باشد. وقتی دو مایع کاملاً متفاوت با هم مخلوط می شوند فشار اعمال شده توسط مایع با فشار درونی بالاتر (پارامتر حلالیت بزرگتر) مولکول های مایع با فشار درونی کمتر (پارامتر حلالیت کمتر) را فشرده و از شبکه محلول جدا می کند.

نتایج نشان داد که افزودن ترکیبات آروماتیکی نقطه آغاز رسوب^۱ را در نفت های خام آسفالتینی کاهش می دهد. نقطه آغاز، کمترین مقدار لازم برای رسوب دهنده است که بتواند رسوب جامد را تولید کند و عموماً تابعی از غلظت رسوب دهنده توسط تیتراسیون نفت با حلال مناسب می باشد. روش تعیین نقطه آغاز استفاده از ضریب شکست، آنالیز ویسکومتری، هدایت، اسپکتروسکوپی UV و دیگر روشهای شناخته شده می باشد. افزودن فنانترون ۲۰٪ وزنی به قیر، نقطه آغاز را به تعویق می اندازد و تأثیر آن از افزودنی هایی نظیر تولوئن، زایلن یا نفتالین بیشتر است. احتمالاً خصلت آروماتیکی و وزن مولکولی بالای فنانترون آنرا به رزین شبیه ساخته است و در نتیجه تأثیر آن افزایش می یابد. در شکل ۲-۳ تأثیر این افزودنی ها نشان داده شده است.

۱. Onset