

بررسی روش‌های پیشرفته انتقال نفت خام

سعید زینالی هریس^۱، احسان سلجوچی^۲

^۱ استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
zeinali@ferdowsi.um.ac.ir

^۲ دانشجوی دکتری مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
e_saljooghi@yahoo.com

چکیده

حدود ۳۸ درصد از کل نفت خام تولیدی جهان توسط خطوط لوله منتقل می‌شود. انتقال نفت خام از طریق خطوط لوله با وجود دارا بودن مزایایی چون هزینه انتقال کمتر و مدت زمان کوتاه‌تر مورد نیاز برای انتقال، مشکلاتی را نیز به همراه دارد که مهمترین آنها هزینه زیاد پهپاز نفت خام به درون لوله‌ها می‌باشد که از ویسکوزیته زیاد آن ناشی می‌شود. بنابراین روش‌های نوین و پیشرفته انتقال نفت خام نیز بر پایه رفع این نقصه استوار می‌باشند. این روش‌ها به چهار دسته کلی رقیق‌سازی، بیبوددهی نسبی، عملیات حرارتی و ایجاد سیستم امولسیونی نفت در آب تقسیم می‌گردند که در هر یک از آنها به طریقی ویسکوزیته نفت خام کاهش داده می‌شود. در روش رقیق سازی با افزودن برشهای سبک هیدروکربنی، در روش بیبوددهی نسبی با اصلاح شیمیایی، در عملیات حرارتی با افزایش دما و نهایتاً در سیستم امولسیونی با ایجاد یک فاز پیوسته آبی که قطرات نفت خام درون آن پراکنده شده‌اند، ویسکوزیته نفت خام خروجی از چاه را کاهش داده و انتقال آن را تسهیل می‌کنند.

واژه‌های کلیدی

نفت خام، انتقال، رقیق‌سازی، بیبوددهی نسبی، حرارت دهنی، امولسیون



بررسی روش‌های پیشرفته انتقال نفت خام

سعید زینالی هریس^۱، احسان سلجوچی^۲

^۱ استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
zeinali@ferdowsi.um.ac.ir

^۲ دانشجوی دکتری مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
e_saljooghi@yahoo.com

چکیده

حدود ۳۸ درصد از کل نفت خام تولیدی جهان توسط خطوط لوله منتقل می‌شود. انتقال نفت خام از طریق خطوط لوله با وجود دارا بودن مزایایی چون هزینه انتقال کمتر و مدت زمان کوتاهتر مورد نیاز برای انتقال، مشکلاتی را نیز به همراه دارد که مهمترین آنها هزینه زیاد پمپاژ نفت خام به درون لوله‌ها می‌باشد که از ویسکوزیته زیاد آن ناشی می‌شود. بنابراین روش‌های نوین و پیشرفته انتقال نفت خام نیز بر پایه رفع این تقیصه استوار می‌باشند. این روش‌ها به چهار دسته کلی رقیق‌سازی، بهبوددهی نسبی، عملیات حرارتی و ایجاد سیستم امولسیونی نفت در آب تقسیم می‌گردند که در هر یک از آنها به طریقی ویسکوزیته نفت خام کاهش داده می‌شود. در روش رقیق‌سازی با افزودن برشهای سبک هیدرولوکربنی، در روش بهبوددهی نسبی با اصلاح شیمیایی، در عملیات حرارتی با افزایش دما و نهایتاً در سیستم امولسیونی با ایجاد یک فاز پیوسته آبی که قطرات نفت خام درون آن پراکنده شده‌اند، ویسکوزیته نفت خام خروجی از چاه را کاهش داده و انتقال آن را تسهیل می‌کنند.

واژه‌های کلیدی

نفت خام، انتقال، رقیق‌سازی، بهبوددهی نسبی، حرارت دهنی، امولسیون

۱- مقدمه

حجم تجارت جهانی نفت به خاطر افزایش رشد اقتصادی جهان، روندی رو به رشد را طی می‌کند. مشتریان اصلی نفت خام، کشورهای توسعه یافته هستند. مهمترین بازارهای مصرف نفت شامل ایالات متحده آمریکا، اروپای غربی و ژاپن می‌باشند. کشورهای عضو سازمان توسعه و تجارت جهانی (OECD)، بیشتر از ۷۵ درصد واردات نفت خام جهان را به خود اختصاص داده‌اند. بسیاری از کشورهای مصرف کننده نفت خام، قائد منابع نفتی بوده و امکان تولید این ساخت لرزشمند برای کشورهای محدودی فراهم می‌باشد. از همین جاست که مساله انتقال نفت خام از میدان کشورهای محدود تولید کننده به مقصد کشورهای مصرف کننده و یا حتی از محل مخازن به سمت پالایشگاهها مطرح می‌گردد. برای انتقال نفت خام در مسیرهای طولانی اقیانوس‌ها و دریاها، از نفت کش‌های عظیم استفاده می‌شود. به طور مثال نفت خام صادراتی ایران از طریق جزیره خارک به کمک نفت کش‌های چند میلیون تنی، به بازار مصرف ارسال می‌گردد. خطوط انتقال نفت خام، نقش بسیار مهمی در انتقال نفت خام به پالایشگاه‌ها و سایر مقاصد، ایفا می‌کنند [۱].

از زمانی که اولین تانکر نفت خام در سال ۱۸۷۸ از طریق دریای خزر انتقال پیدا کرد، انتقال نفت خام از طریق نفت کش‌ها، رشد و توسعه زیادی پیدا کرده است. پس از آن با ساخت هزاران کیلومتر خط لوله انتقال، تحول عظیمی در انتقال نفت خام ایجاد گردید. در سال ۲۰۰۵ نزدیک به ۳/۸۷ میلیارد تن نفت خام از طریق خطوط لوله، منتقل گردید که در حدود ۳۸ درصد از کل نفت خام تولیدی جهان را شامل می‌شود. در حدود ۲/۴ میلیارد تن از تولیدی نفت خام جهان هم از طریق نفت کش‌ها منتقل شده است. از خطوط راه آهن و کامیون‌ها نیز برای انتقال فرآوردهای نفتی استفاده می‌شود. در صورتی که بین مبدأ و مقصد، در راه وجود نداشته باشد، برای انتقال نفت خام از خطوط لوله استفاده می‌گردد. در صورت عدم وجود راه‌های زمینی، برای انتقال نفت خام از نفت کش‌های عظیم استفاده می‌شود که قابلیت انتقال میلیون‌ها تن نفت خام را دارا هستند. بیش از نصف نفت خام منتقل شده توسط نفتکش‌ها در منطقه خلیج قارس بارگیری شده و به کشورهای ژاپن، آمریکا و اروپا ارسال می‌گردد. بسته به نوع روش انتقال، هزینه‌های انتقال بین ۵ تا ۱۰ درصد به بیان نفت خام می‌افزاید. خطوط لوله انتقال، مزیت‌های زیادی نسبت به انتقال به کمک نفتکش‌ها دارند که از آن جمله می‌توان به هزینه انتقال کمتر و مدت زمان کوتاهتر مورد نیاز برای رسیدن نفت خام به مقصد اشاره کرد. در جدول ۱ مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف انتقال نفت خام و فرآورده‌های نفتی صورت گرفته است که با توجه به آن می‌توان به اهمیت و مزایای حاصل از انتقال بوسیله خطوط لوله بین برد:

جدول ۱-۱. مقایسه بین روش‌های انتقال نفت خام و فرآورده‌های نفتی [۱]

کامیون	راه آهن	نفت کش	خط لوله	سیستم انتقال مشخصات
زیاد	کم	بسیار زیاد	زیاد	حجم انتقال
فرآورده‌های نفتی	فرآورده‌های نفتی	نفت خام فرآورده‌های نفتی	نفت خام فرآورده‌های نفتی	مواد قابل انتقال
۵ تا ۶ هزار لیتر	۱۰۰ هزار لیتر	بیشتر از ۱۰ میلیون لیتر	بیشتر از ۲ میلیون لیتر	حجم سیستم
خیلی زیاد	زیاد	کم	خیلی کم	هزینه تجهیزات
خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	هزینه نصب راه اندازی
زیاد	مناسب	محدود	محدود	اعطاف پذیری

در این مقاله در ابتدا به بیان مشکلات ناشی از انتقال نفت خام از طریق لوله پرداخته و در ادامه روش‌های پیشرفتی انتقال نفت خام را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهیم.

۲- مشکلات انتقال نفت خام از طریق خط لوله

با وجود مزایای اشاره شده در مورد انتقال نفت خام از طریق خطوط لوله، این طریق از انتقال با مشکلاتی نیز همراه می‌باشد که از آن جمله می‌توان به گرفتگی لوله در اثر رسوب ناشی از ترکیبات آلی سنگین همراه، خودگی خط لوله در اثر وجود ترکیبات گوگرددار یا آب همراه و نیز مشکلات ناشی از ویسکوزیته بالای نفت خام اشاره کرد. در این میان مشکلات ناشی از ویسکوزیته بالای نفت خام که سختی جریان یافتن نفت خام درون لوله را به دنبال دارد از اهمیت سیار بیشتری در قیاس با سایر مشکلات ذکر شده برخوردار می‌باشد. وجود ویسکوزیته زیاد ضمن افزایش چشمگیر در هزینه‌های تجهیزات مربوط به پمپ کردن حتی می‌تواند فرایند گرفتگی لوله در اثر رسوب گذاری را نیز تشدید کند. بنابراین در روش‌های پیشرفته انتقال نفت خام که در این مقاله به معرفی آنها خواهیم پرداخت، بحث اصلی بر روی چگونگی کاهش ویسکوزیته این سوت ارزشمند و رساندن آن به زیر C_{1000} و کمتر استوار می‌باشد [۱-۳].

۳- روش‌های پیشرفته انتقال نفت خام از طریق خط لوله

۱- رقیق سازی^۱

یکی از روش‌های منداول جهت کاهش ویسکوزیته نفت خام و در نتیجه تسهیل در انتقال آن، ترکیب کردن و به عبارت دیگر رقیق سازی نفت خام سنگین با برش‌های سبک تر هیدروکربنی می‌باشد. برش‌های سبک مذکور عمده‌ای از نفت سفید یا همان نفت جراج^۲ بوده و در قیاس با نفت خام سنگین از ارزش بیشتری برخوردار می‌باشد [۴-۷].

در مورد استفاده از این روش باید به نکات زیر توجه کرد [۱ و ۴]:

۱- جهت بهبود مشخص در عملیات انتقال نفت خام سنگین، ضروری است که به طور متناوب مقادیر قابل توجیهی از برش‌های سبک نفتی با آن مخلوط شوند که با این کار ویسکوزیته نفت خام سنگین به نحو چشمگیری کاهش می‌باشد.

۲- ضروری است که برش‌های سبک نفتی مورد استفاده جهت رقیق سازی، از امتزاج پذیری مناسبی با نفت خام استحصال شده برخوردار باشند.

۳- وجود امکاناتی نظیر مخازن حاوی نفت سبک (که به طور طبیعی محصول خروجی از آنها حاوی مقادیر قابل توجیهی از برش‌های سبک نفتی می‌باشد) و یا پالایشگاه در نزدیکی مخازن حاوی نفت خام سنگین می‌توانند به عنوان منبع تامین کننده برش‌های سبک نفتی مورد نیاز محسوب شده و در نتیجه، توجیه اقتصادی مناسبی را جهت انتقال نفت خام سنگین به کمک رقیق سازی پیدا آورند.

۴- در صورت عدم وجود امکانات اشاره شده در مورد فوق آن هم در نزدیکی محل مخازن، ضرورت می‌باشد که برش‌های سبک نفتی یا بوسیله خط لوله و یا گامیون‌های مخصوص حمل سوت از پالایشگاه به محل مخازن حمل شوند که این خود مستلزم صرف هزینه جهت احداث خط لوله انتقال و یا تامین کرایه گامیون‌ها بوده و از طرفی، ظرفیت انتقال نفت خام را نیز کاهش می‌دهد زیرا بخشی از ظرفیت انتقال نفت خام، صرف بازگرداندن مجدد برش‌های سبک نفتی همراه به پالایشگاه می‌گردد.

۲- بهبود دهی نسبی^۳

این روش بر اساس اصلاح ترکیبات شیمیایی نفت خام جهت کاهش ویسکوزیته آن استوار می‌باشد. روش بهبود دهی شبیه هیدروتریتینگ^۴ انجام شده در پالایشگاه‌ها قابل انجام می‌باشد. این تکنولوژی در بعضی مناطق برای بهبود وضعیت نفت خام مورد آزمایش قرار گرفته است [۱]. در این روش وجود یک راکتور مناسب جهت انجام واکنشی که به اصلاح ترکیبات شیمیایی نفت خام منجر می‌شود ضروری می‌باشد. این اصلاح عموماً به صورت هیدروژن دار کردن نفت خام صورت می‌پذیرد که نتیجه آن کاهش در ویسکوزیته این سوت ارزشمند می‌باشد. نکته مهم در خصوص چگونگی انجام واکنش اصلاحی مذکور، کنترل آن به صورتی است که در حداقل زمان ممکن به انجام برسد چرا که با افزایش زمان واکنش، علاوه بر انجام واکنشهای مطلوب و مورد نظر، یک سری واکنشهای تاخوسته نیز انجام خواهد شد که نتیجه انجام این واکنشها اول ایجاد محصولات کم ارزش و نامطلوبی چون قیر، کک و اولفین‌ها در خروجی از راکتور می‌باشد و ثانیاً فرایند نامطلوب شکسته شدن پیوندهای موجود در برش‌های سبک هیدروکربنی را نیز به دنبال دارد به نظر می‌رسد که با انجام واکنش تحت شرایط دمایی زیاد نتوان از زمان مورد نیاز برای انجام آن

1- dilution

2- kerosine distillate

3- partial upgrading

4- Hydrotreating

کاست، اما باید به این نکته نیز توجه کرد که چنانچه پس از انجام سریع واکنش در دمای بالا نتوانیم به سرعت محصولات را سود کنیم باز هم با مشکلاتی مشابه با مشکلات ناشی از افزایش زمان واکنش موادی خواهیم شد. بنابراین ایده‌آل آن است که فرایند هیدروژن دار کردن نفت خام در حد اکثر دمای ممکن صورت گرفته و سپس محصولات به سرعت سرد شوند^[٦] تا گتون تحقیقات متعددی در ارتباط با بهبوددهی نسبی و در نتیجه، کاهش ویسکوزیته نفت خام به انجام رسیده است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱ تماش نفت خام خروجی از چاه با جریان هیدروژن تزریق شده به درون راکتور که در محدوده دمایی $427\text{--}482^{\circ}\text{C}$ صورت می‌پذیرد
- ۲ از جمله معایب این روش می‌توان به زمان نسبتاً طولانی مورد نیاز برای انجام واکنش و در نتیجه ایجاد محصولات کم ارزش و نامطلوبی چون قبر، کک و اولنین‌ها در خروجی راکتور اشاره کرد.

-۳ واکنش جریان گاز غنی از مثان بانفت خام که به مدت حداقل 30 min و در محدوده دمایی $380\text{--}420^{\circ}\text{C}$ انجام می‌شود^[١١] در این روش نیز همانند روش اشاره شده در مورد فوق، با محدودیتها نظری ایجاد محصولات کم ارزش و نامطلوبی مانند قبر، کک و اولنین‌ها مواده هستیم^[٩]. نکته مشتب در مورد این روش آن است که اولاً مثان به عنوان یک منبع غنی از هیدروژن مطرخ بوده و به ازای هر اتم کربن دارای ۴ اتم هیدروژن می‌باشد و بنابراین منبع مناسبی برای فرایند هیدروژن دار کردن نفت خام محسوب می‌گردد و ثانیاً در صورت وجود وجود مخازن گاز طبیعی (که عمدتاً غنی از مثان هستند) و با خط لوله انتقال گاز طبیعی در نزدیکی محل استقرار چاههای استخراج نفت خام، می‌توان توجیه اقتصادی نسبتاً مناسبی برای این روش قائل شد.

-۴ انجام دو مرحله‌ای فرایند هیدروژن دار کردن نفت خام بدین صورت که در مرحله اول با انجام واکنش، اجزاء سبک موجود در نفت خام جدا شده و اجزاء سنگین باقیمانده پس از یک حرارت دهن اولیه وارد مرحله دوم واکنش می‌شوند که در این مرحله، هیدروژن به طور یکنواخت در سواپر نفت خام پراکنده شده و سپس واکنش هیدروژن دار کردن در محدوده دمایی $343\text{--}510^{\circ}\text{C}$ انجام می‌گیرد. حذف اجزاء سبک نفعی در مرحله اول، از فرایند نامطلوب شکسته شدن پیوندهای آنها درون راکتور مانعت به عمل می‌آورد، از طرفی انجام گرمادهی اولیه و نیز توزیع یکنواخت هیدروژن درون نفت خام می‌تواند به کاهش زمان مورد نیاز برای انجام واکنش و در نتیجه، کیفیت بهتر محصولات خروجی بینجامد. اما این روش با وجود مخاسن مذکور محدودیتها را نیز به همراه دارد که از آن جمله می‌توان به سختی پراکنده سازی یکنواخت هیدروژن درون نفت خام و نیز هزینه و پیچیدگی‌های ناشی از انجام دو مرحله‌ای واکنش اشاره کرد^[١٢و٩].

-۵ یک مجموعه از تحقیقات نوین در راستای افزایش سرعت واکنش هیدروژن دار کردن گاتالیزور به نفت خام قبل از ورود آن به درون راکتور می‌باشد. بدینهی است که گاتالیزور مسیر انجام واکنش را بگونه‌ای تغییر می‌دهد که به انرژی فعالسازی کمتر و در نتیجه، مدت زمان کوتاهتری برای پیشرفت احتیاج داشته باشد که این خود عامل مانعی در جهت سرکوب انجام واکنش‌های نامطلوب و ایجاد محصولاتی با کیفیت پهتر در خروجی از راکتور محسوب می‌گردد^[١٣و١٥].

-۶ در روش دیگری که اخیراً مطرح گردیده است جریانی از هواي غنی از اکسیژن به همراه جریانی از گاز مثان به درون راکتوری که دارای فشار نسبتاً زیادی در محدوده $400\text{--}700\text{ psig}$ باشد وارد شده و در تماش با نفت خام ورودی قرار می‌گیرند. غنی بودن هوا از اکسیژن و فشار زیاد موجود در مخزن، سبب اختراق گاز مثان ورودی می‌گردد که در نتیجه آن، دما به سرعت افزایش یافته و به موازات آن واکنش هیدروژن دار کردن نفت خام به سرعت شروع شده و تداوم می‌پاید. در ادامه از نفت خام سرد خروجی از چاه که تحت واکنش قرار نگرفته است برای سردسازی سریع نفت خام موجود در راکتور استفاده می‌گردد^[٩].

به هر حال همانطور که در ابتدای این بخش نیز ذکر شد ضروری است هر تکنیک جدیدی که به عنوان زیر مجموعه‌ای از روش بهبوددهی نسبی مطرح می‌گردد انجام سریع واکنش در دمای نسبتاً زیاد و سپس سرد کردن سریع محصولات را به دنبال داشته باشد تا اولاً از ایجاد محصولات کم ارزش و نامطلوبی چون قبر، کک و اولنین‌ها در خروجی از راکتور مانعت به عمل آورد و ثانیاً فرایند نامطلوب شکسته شدن پیوندهای موجود در برشی‌های سبک هیدروکربنی را نیز به همراه نداشته باشد.

۳-۳-۱- عملیات حرارت دهنی^۱

روش پر کاربرد فعلی چهت انتقال نفت خام سنگین، روش حرارتی است. به کمک نصب تجهیزات حرارتی در محل استخراج نفت خام و در مسیر انتقال، می‌توان ویسکوزیته آن را از طریق حرارت دهنی تا حد مطلوب کاهش داد. حرارت دهنی نفت خام تا حدود 50°C درجه سانتی گراد

صورت می‌گیرد. از خود نفت خام سنگین هم می‌توان به عنوان سوت بولرها و تجهیزات حرارتی مورد نیاز استفاده کرد. مشکلات این روش عبارتند از [۱۶و۱۷]:

۱. در این روش، برای گرم کردن نفت خام می‌بایست در فواصل مشخصی از مسیر، استنگاه‌های گرمایشی نصب گردد. در این استنگاه‌ها نفت خام که در اثر تبادل حرارت با محیط دچار افت دمایی شده است، دواره حرارت داده می‌شود. این مسئله در مناطق سردسیر بسیار حاد و مشکل زیاد شود به گونه‌ای که تعداد استنگاه‌های گرمایشی در طول مسیر افزایش قابل توجهی می‌باشد. در پاره‌ای از مناطق به علت سرمای شدید هوا، استفاده از این روش مغایر باشد. انتقال نفت خام به کمک این روش هزینه زیادی مصرف می‌کند که بخشی از آن مربوط به نصب تجهیزات گران قیمت حرارتی از جمله مبدلها و بخشی نیز مربوط به تامین هزینه سوت مورد نیاز برای گرم کردن نفت خام می‌باشد. به عنوان مثال در صورتی که از خود نفت خام سنگین به عنوان سوت استنگاه‌های گرمایشی استفاده شود، در حالت عادی حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد از نفت خام سنگین به مصرف سوت می‌رسد.
۲. حفظ حرارت لوله در تمام طول خط انتقال یکی از مشکلات این روش است به طور طبیعی، نقاط تزدیک به استنگاه‌های گرمایشی در دمای مناسبی قرار دارند. با افزایش فاصله از استنگاه‌های گرمایش نفت دمای خط لوله افت می‌کند.
۳. اساسی ترین مشکل این روش مربوط به مسایل عملیاتی می‌باشد. با افزایش دما میزان خوردگی خط لوله تشدید می‌گردد که مقابله با آن نیازمند صرف هزینه بیشتر و استفاده از مواد مقاومتر در ساخت لوله‌ها می‌باشد.

۴-۳- ایجاد سیستم امولسیونی نفت خام در آب

روش دیگر جهت انتقال نفت خام سنگین، پمپ کردن نفت از میان خطوط لوله به صورت یک سیستم امولسیونی می‌باشد. از آنجا که ویسکوزیته سیستمهای امولسیونی به طور کلی بیشتر بر اساس ویسکوزیته فاز پیوسته (و نه فاز پراکنده شده) تعیین می‌گردد و با توجه به ویسکوزیته بسیار کمتر آب در قیاس بافت، با تهیه یک سیستم امولسیونی نفت در آب (معنی سیستمی که نفت خام در آن به صورت قطراتی در داخل فاز پیوسته آب پراکنده شده است) می‌توان ویسکوزیته نفت خام در حین انتقال را به میزان قابل توجهی کاهش داد [۴]. سیستم امولسیونی حاصله پس از طی مسیر خط لوله و در بد و ورود به پالایشگاه به داخل مخازن نهشین کننده ارسال می‌گردد. در این مخازن، سیستم امولسیونی شکسته شده و نفت خام موجود در آن جدا گردیده و مورد پالایش قرار می‌گیرد.

از آنجا که نفت و آب از امتراج پذیری بسیار ضعیفی برخوردار می‌باشند، پراکنده شدن قطرات نفت در آب و ایجاد سیستم امولسیونی نفت در آب، به صورت خوب‌بخوب صورت نپذیرفته و نیازمند تحمیل یک نیروی خارجی می‌باشد. بنابراین ایندا آب و ماده ای به نام سورفاکtant^۱ یا همان امولسیفایر به نفت خام سنگین افزوده شده و سیس با استفاده از روشهای مکانیکی^۲ که گاهی از آنها به عنوان روشهای پراکنده سازی^۳ نیز یاد می‌شود، نفت به صورت قطراتی در فاز پیوسته آبی پراکنده می‌گردد. اساساً در این روشهای ارزی و رودی نسبتاً زیادی به سیستم تحمیل می‌شود. این ارزی و نیروی دفرمیتگ^۴ ناشی از آن بر فشار لایپلاس (که از کشش سطحی در فصل مشترک نفت با آب نشست می‌گیرد) غلبه کرده و ضمن پراکنده کردن نفت در فاز آبی، حتی الامکان اندار قطرات آن را نیز کاهش می‌دهد. در این میان استفاده از سورفاکtant یا همان امولسیفایر، که در فصل مشترک دو فاز حاضر شده و کشش سطحی و در نتیجه فشار لایپلاس را به شدت کاهش می‌دهد، به عنوان یک نیروی کمکی در راه دسترسی سهیل تر به سیستم نهایی امولسیونی محسوب می‌گردد و از طرفی از به هم چسبیدن قطرات نفتی ممانعت به عمل می‌آورد [۱۷-۱۹]. ایجاد سیستمهای امولسیونی عمدتاً بوسیله همزن با نیروی برشی زیاد^۵ [۲۰]، هموژنایزرهای فشار بالا^۶ [۱۸] و نیز مولدهای فرآصوتی^۷ [۲۱] صورت می‌پذیرد.

به کار بردن اصلاح "پایدار" برای سیستمهای امولسیونی چندان صحیح نمی‌باشد زیرا پایداری آنها وابسته به زمان بوده و به تدریج کاهش می‌یابد. بنابراین صحیح آن است که قید وابسته بودن پایداری به زمان را نیز ذکر کرده و از اصلاح "پایداری سینتیکی" استفاده کنیم، در واقع سیستمهای امولسیونی از نظر ترمودینامیکی نایپایدار بوده و به طریقه سینتیکی پایدار شده‌اند [۱۷]. یعنی یک پایداری وابسته به زمان که تداوم آن همیشگی نبوده و به مرور زمان از بین خواهد رفت.

اما یک سیستم امولسیونی مناسب برای انتقال نفت خام باید از ویژگیهای زیر برخوردار باشد [۴]:

- 1- surfactant
- 2- mechanical methods
- 3- dispersion
- 4- deforming force
- 5- high shear stirring
- 6- high pressure homogenizer
- 7- ultrasonic generators

- ۱- طی بازه زمانی شکل گیری تا رسیدن به محل پالایشگاه پایداری خود را حفظ کند.
 - ۲- ویسکوزیته آن در مقایسه با ویسکوزیته نفت خام بسیار کمتر باشد.
 - ۳- حداقل مقدار ممکن از نفت را دارد، زیرا هر چه مقدار نفت کمتر بوده و به سوازات آن مقدار آب و امولسیون موجود در سیستم امولسیونی بیشتر باشد، بدینه است که ظرفیت انتقال نفت خام کاهش پیدا خواهد کرد.
 - ۴- ضروری است که در حین ایجاد سیستم امولسیونی و پراکنده کردن نفت خام به درون فاز پیوسته آبی از نیروهای برشی خیلی زیاد اجتناب شود زیرا در غیر این صورت امکان دارد که به جای امولسیون نامطلوب آب در نفت ایجاد گردد که بالطبع از ویسکوزیته زیادی تر دیگر و بیشتر نفت خام برخوردار خواهد بود.
 - ۵- از آنجا که اکثر مخازن نفتی دارای آب شور هستند، ضروری است که سیستم امولسیونی با توجه به این مطلب طراحی شده و در برابر نفت خام شور نیز از پایداری مناسبی برخوردار باشد.
 - ۶- ضروری است که انجام عملیات شکستن سیستم امولسیونی که معمولاً جهت استحصال نفت خام موجود در آن و در بدو ورود به پالایشگاه انجام می‌گردد، به سهولت و با حداقل مشکلات عملیاتی میسر شود.
- جهت حصول به یک سیستم امولسیونی مناسب و به عبارت دیگر مخصوص به موارد فوق، انتخاب نوع امولسیون‌پایر از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. از امولسیون‌پایرهایی که تا کنون جهت ساخت سیستمهای امولسیونی نفت در آب بکار رفته‌اند می‌توان به ترکیب فنول آلکیل اتوکسیلانها با سولفات سدیم الکل اتوکسیلانها [۵] و ترکیب مخلوط پلیمرهای پلی اکسی اتیلن-پلی اکسی پروپیلن با الکل اکسی اتیلانها [۶] اشاره کرد. محدودیت سیستمهای امولسیونی حاصل از به کار بردن این امولسیون‌پایرهای ایجاد سیستم پایدار امولسیونی با حداقل ۵۰ درصد حجمی نفت خام می‌باشد. این بدان معناست که تنها ۵۰ درصد از ظرفیت انتقال لوله‌ها صرف جایه جا کردن نفت خام شده و مابقی ظرفیت انتقال، به جایی آب و امولسیون‌پایر همراه اختصاص داده شده است. بدینه است چنانچه انتخاب نوع امولسیون‌پایر بگونه‌ای باشد که سیستم امولسیونی حاصل از آن حداقل مقدار ممکن از نفت خام را در خود جای دهد، ظرفیت انتقال افزایش یافته و شاخصهای اقتصادی فرایند ارتقاء خواهد یافت. در تحقیق دیگری که در آن از امولسیون‌پایر دیگری از دسته اگزالکیلات کربوکسی متیلانها^۱ استفاده شده است، سیستم پایدار امولسیونی با حدود ۸۰ درصد حجمی نفت خام حاصل گردیده که رقم سبیتا قابل توجهی می‌باشد [۷]. بنابراین امولسیون‌پایرهایی که بتوانند در عین ارزانی و غلظت نه چندان زیاد (که خود به کاهش هزینه خرید امولسیون‌پایر متنه‌ی می‌گردد)، سیستمهای پایدار امولسیونی با حدود ۷۰-۸۰ درصد حجمی از نفت خام را حاصل کنند عملاً از عملکرد رضایت‌بخشی برخوردار می‌باشند. تحقیقات، نشان داده است که معمولاً ترکیب دو یا چند امولسیون‌پایر بهتر از یک امولسیون‌پایر به تهابی عمل کرده و می‌تواند ضمن کاهش بیشتر ویسکوزیته، کسر حجمی بیشتری از نفت خام را در خود جای دهد [۶-۷].
- البته مزایای استفاده از سیستم امولسیونی جهت انتقال نفت خام تنها به کاهش در ویسکوزیته محدود نبوده و محسن دیگری را نیز به همراه دارد که از آن جمله می‌توان به عدم تماس مستقیم ترکیبات سنگین آبی موجود در نفت خام با جداره داخلی لوله‌ها اشاره کرد (زیرا فاز پیوسته‌ای که با جداره لوله‌ها در تماس می‌باشد آبی است و نفت، درون این فاز پیوسته به شکل قطرات پراکنده شده است) که در نتیجه آن، به میزان قابل توجهی از رسوب گذاری و انسداد خطوط لوله کاسته خواهد شد.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله روش‌های پیشرفته انتقال نفت خام و محاسن و معایب آنها در چهار دسته کلی رقیق‌سازی، بهبود‌دهی نسبی، عملیات حرارتی و ایجاد سیستم امولسیونی مورد بحث و بررسی دقیق قرار گرفتند. نتایج کلی حاصل از بررسی این روشها که اساساً بر رایه کاهش ویسکوزیته نفت خام استوار می‌باشند عبارتند از:

۱- در روش رقیق‌سازی، ویسکوزیته نفت خام با اختلاط برشهای سیک نفتی کاهش داده می‌شود. انجام این روش در صورت وجود مخازن حاوی نفت خام سیک و یا پالایشگاه در نزدیکی محل استخراج نفت خام سنگین و نیمه سنگین از توجیه اقتصادی مناسبی برخوردار می‌باشد.

۲- در روش بهبود‌دهی نسبی، ویسکوزیته نفت خام بر اساس اصلاح ترکیبات شیمیایی موجود در آن با انجام واکنش هیدروژن دار کردن کاهش داده می‌شود. هر چه واکنش مذکور در مدت زمان کوتاهتری انجام شده و سپس محصولات حاصل از آن با سرعت پیشرفت سردد شوند، انجام واکنشهای نامطلوب که به ایجاد برشهای کم ارزش نفتی می‌انجامند از پیشرفت کمتری برخوردار بوده و محصولی ایجاد می‌شود که همزمان با برخورداری از ویسکوزیته کم از کفیت و ارزش مناسبی نیز برخوردار می‌باشد.

۳- در روش حرارت دهن، ویسکوزیته نفت خام بر اساس افزایش دما کاهش داده می‌شود. هزینه تسبیتاً زیاد تجهیزات و سوخت مورد استفاده در این روش و نیز احتمال شدت یافتن خودگیری لوله‌ها در اثر افزایش دما سبب شده است که روش حرارت دهن حداقل در مناطق سردسیر از توجیه اقتصادی مناسبی برخوردار نباشد.

۴- در روش سیستم امولسیونی که در مقایسه با سایر روشها از مزیتهای پیشرفتی برخوردار می‌باشد، ویسکوزیته نفت خام با ایجاد سیستم امولسیونی نفت در آب (یعنی سیستمی که نفت خام در آن به صورت قطراتی در داخل فاز پیوسته آب پراکنده شده است) کاهش داده می‌شود. در این روش، انتخاب امولسیون‌های مناسب از اهمیت پسزایی برخوردار می‌باشد. امولسیون‌های پایدار از رانی و غلظت نه چندان زیاد (که خود به کاهش هزینه خرید امولسیون‌های منتهی می‌گردد)، سیستم‌های پایدار امولسیونی با حداقل مقدار ممکن از نفت خام را حاصل کنند، عملاً ظرفیت انتقال نفت خام را افزایش داده و شاخصهای اقتصادی فرایند را ارتقاء خواهند داد.

مراجع

- [۱] کامران مهدی, "طراحی و ساخت سیستم امولسیون مناسب به منظور انتقال نفت خام سلکین", پایان نامه کارشناسی ارشد, دانشگاه علم و صنعت ایران, دیماه ۱۳۸۶.
- [2] Chheda. Bharati Dinkar, "Recovery and transportation of heavy crude oils", US Patent No: 6402934, 2002.
- [3] Flournoy. Kenoth H, "Process for recovering hydrocarbons from a hydrocarbon-bearing formation", US Patent No: 4192755, 1980.
- [4] Balzer. Dieter, "Process for transporting heavy oils", US Patent No: 4770199, 1988.
- [5] McLaflin. Gifford G, "Method of transporting viscous hydrocarbons", US Patent No: 4249554, 1981.
- [6] Siferman. Thomas R, "Method of transporting viscous hydrocarbons", US Patent No: 4265264, 1981.
- [7] Siferman. Thomas R, "Method of transporting viscous hydrocarbons", US Patent No: 4285356, 1981.
- [8] Crane. Steven D, "Method for transporting a heavy crude oil produced via a wellbore from a subterranean formation to a market location and converting it into a distillate product stream using a solvent deasphalting process", US Patent No: 6054496, 2000.
- [9] Wen. Michael Y, "Heavy oil upgrade method and apparatus", US Patent No: 6852215, 2005.
- [10] Grosboll. Martin P, "Heavy crude upgrading using remote natural gas", US Patent No: 5069775, 1991.
- [11] Ovalles. Cesar, "Process for treating heavy crude oil", US Patent No: 5269909, 1993.
- [12] Fisher. Ian P, "Process for upgrading heavy hydrocarbonaceous oils", US Patent No: 4294686, 1981.
- [13] Khan. Motasimur Rashid, "Methods for adding value to heavy oil", US Patent No: 6059957, 2000.
- [14] Benham. Kelly N, "Hydrocracking of heavy hydrocarbon oils with conversion facilitated by recycle of both heavy gas oil and pitch", US Patent No: 6004453, 1999.
- [15] Moll. J. K and Ng. F.T.T, "A Novel Process for Upgrading Heavy Oil/Bitumen Emulsions Via In Situ Hydrogen," 16th World Petroleum Congress, Calgary, Canada, June 2000.
- [16] Shu. Winston R, "Method for transporting viscous crude oils", US Patent No: 4420008, 1983.
- [17] Patrick Fernandez, Valerie Andre, Jens Rieger, Angelika Kuhnle, "Nano-emulsion formation by emulsion phase inversion", Colloids and surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, Vol. 251, pp. 53-58, 2004.
- [18] C. Solans, P. Izquierdo, J. Nolla, N. Azemar, M.J. Garcia-Celma, "Nano-emulsions", Current Opinion in Colloid & Interface Science, Vol. 10, pp. 102-110, 2005.
- [19] D. Guzey, D. J. McClements, "Formation, stability and properties of multilayer emulsions for application in the food industry", Advances in Colloid and Interface Science, Vol. 128-130, pp. 227-248, 2006.
- [20] N. Anton, J-P. Benoit, P. Saulnier, "Design and production of nanoparticles formulated from nano-emulsion templates-A review", Journal of Controlled Release, Vol. 128, pp. 185–199, 2008.
- [21] S.M. Jafari, E. Assadpoor, Y. He, B. Bhandari, "Re-coalescence of emulsion droplets during high-energy emulsification", Food Hydrocolloids, Vol. 22, pp. 1191–1202, 2008.
- [22] T. Tadros, "Polymeric surfactants in disperse systems", Advances in Colloid and Interface Science, Vol. 147, pp. 281–299, 2009.