



مقایسه فنی و اقتصادی حلال‌های مختلف جهت حذف مواد واکسی ترسیب شده در رشته تولید آزمایشی نفت از چاه سردار جنگل-۲

مسعود متین فرد* • شرکت نفت خزر

چکیده

اطلاعات مقاله

* دریافت:

۱۳۹۴/۲/۸

* ارسال برای داوری:

۱۳۹۴/۲/۲۹

* پذیرش:

۱۳۹۴/۵/۱۷

واژگان کلیدی

مواد واکسی
نفت سفید
ترکیبات BTEX
میدان سردار جنگل
آب عمیق.

باتوجه به وجود مواد واکسی در نفت تولیدی از میدان سردار جنگل در دریای خزر و پایین بودن دمای آب در بستر دریا در عمق متوسط ۷۰۰ متری که حدود ۴ تا ۶ درجه سانتی گراد تخمین زده می‌شود، ترسیب مواد واکسی در رشته تولید آزمایشی منجر به انسداد کامل رشته استخراج در اولین چاه اکتشافی این میدان (چاه سردار جنگل-۱) شد. باتوجه به اینکه روش استفاده از حلال به منظور زدودن رسوبات واکس از جداره داخلی لوله‌ی تولید در دنیا رایج است، در چاه سردار جنگل -۲ در دریای خزر حلال شست‌وشو دهنده توسط دستگاه لوله مغزی سیار مورد استفاده قرار گرفت. از آنجایی که انتخاب نوع حلال مناسب از نظر عملکرد، اثرات زیست‌محیطی و هزینه‌های اقتصادی حائز اهمیت است، لذا حلال‌های مختلفی از جمله تولوئن، زایلین، بنزن، ACM APD ۲۰۰، TN ۴۵، نفت سفید و گازوئیل مورد آزمایش قرار گرفت که در این مقاله، نتایج مقایسه این حلال‌ها از نظر میزان انحلال‌پذیری، اثرات زیست‌محیطی و هزینه‌های اقتصادی ارایه شده است.

*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (m.matinfard@kepcو.ir)

Suppiah و همکاران در سال ۲۰۱۲، از روش‌های تجربی و مدل‌سازی، برای طراحی و ارائه استراتژی عملیاتی ایمن در خط لوله‌ای به طول ۵ کیلومتر واقع در زیر دریا در آب‌های عمیق با هدف بررسی و ارزیابی Shutdown های پیش‌بینی نشده و شروع مجدد تولید برای نفت‌های خام واکسی استفاده کردند.

Venkatesan و همکاران در سال ۲۰۰۳، اثر آسفالتین‌ها را بر روی تشکیل ژل واکس نفت‌خام بررسی کردند. آن‌ها در مطالعات خود از حلال تولوئن و دو نمونه واکس با پارافین‌های کوتاه و بلند استفاده کردند و آسفالتین موردنیاز را از نفت‌خام و نژوئلا استخراج نمودند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که اضافه کردن آسفالتین باعث کاهش دمای تشکیل ژل واکس می‌شود. Lashkarbolooki و همکاران در سال ۲۰۰۹، تأثیر اختلاف دما بین نفت و دیواره‌ی خط لوله بر روی ضخامت رسوب و مقادیر واکس و آسفالتین رسوب شده بر روی سطح دیواره‌ی لوله شامل نفت‌خام تک‌فازی را بررسی کردند [۴].

۲- برطرف‌سازی رسوب واکس

روش‌های متعددی جهت کنترل و برطرف‌سازی رسوب واکس در واحدهای عملیاتی به کار گرفته می‌شود لیکن تولید و انتقال نفت‌خام در یک مسیر طولانی زیر دریا نیاز به برنامه‌ریزی خاص دارد. استراتژی‌های کنترلی و مدیریت واکس، یک یا چند مورد از روش‌های زیر را شامل می‌شود: [۴].

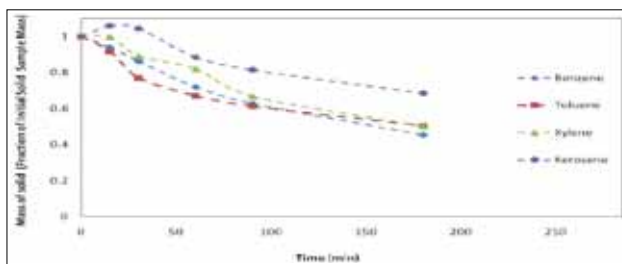
۱- توپک رانی خطوط لوله

۲- عایق کاری حرارتی و گرم کردن خطوط لوله

۳- تزریق ممانعت‌کننده

۴- استفاده از لوله مغزی سیار

چنانچه مواد واکسی در داخل لوله رسوب کرده باشد، روش متعارف حذف آن، توپک‌رانی است. در این حالت، لایه واکس که به‌صورت جامد ترسیب شده است، توسط توپک تراشیده می‌شود. ممانعت‌کننده‌های شیمیایی می‌تواند در کنترل ترسیب واکس



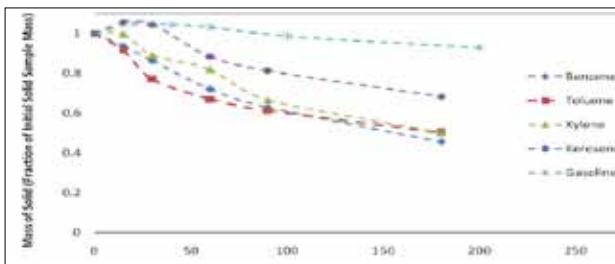
شکل ۲ | تأثیر حلال‌های مختلف بر روی تغییرات وزن رسوب به‌صورت کسری از وزن رسوب اولیه در دمای ۲۵°C (آزمایش-۲)

یکی از چالش‌های بسیار مهم در مبحث آب‌های عمیق، وجود مواد واکسی در نفت تولیدی از برخی مخازن بوده که می‌تواند باعث تشدید دو عامل ریسک و هزینه در عملیات تولید از میدان نفت و گاز واقع در آب‌های عمیق گردد. تشکیل رسوبات در نفت‌خام چه در داخل مخازن و چه در خطوط لوله تولید یا انتقال، به دلیل دارا بودن مواد سنگینی چون واکس‌ها، آسفالتین‌ها و رزین‌ها و در اثر تغییر شرایط محیط در داخل یا خارج تأسیسات، می‌تواند مشکلات فراوانی در طول مسیر تولید، انتقال و ذخیره نفت ایجاد کند. مشکلات ناشی از تشکیل رسوبات از ساده‌ترین آن که افزایش ویسکوزیته نفت است تا بحرانی‌ترین وضعیت که بسته شدن چاه و یا توقف عملیات بهره‌برداری و تولید نفت است، خسارت فراوانی ایجاد می‌کند.

کریستالیزاسیون ترکیبات پارافینی با وزن مولکولی و دمای ذوب بالا در سیالات نفتی، تحت شرایطی معین مانند قرار گرفتن در یک محیط سرد، منجر به تشکیل یک فاز جامد می‌گردد که با عنوان فاز واکس شناخته می‌شود.

۱- مطالعات پیشین

با توجه به مشکلات و خسارات فراوانی که رسوبات واکسی بر صنعت نفت در دنیا تحمیل می‌کنند، تحقیقات و مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است. روش‌های جلوگیری از رسوب واکس به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شود که راهکار اول ارائه یک مدل ترمودینامیکی مناسب با قابلیت پیش‌بینی بالا، برای پیش‌بینی محدوده دما و فشار و ترکیب سیال نفتی به‌منظور جلوگیری از پدیده تشکیل رسوب واکس است. از سال ۱۹۵۸ که Won اولین مدل ترمودینامیکی واکس را ارائه نمود. تاکنون، مدل‌های متعددی در مورد تشکیل رسوبات پارافینی توسط محققان ارائه شده است. راهکار دوم استفاده از یک سری مواد افزودنی پلیمری و شیمیایی است که برای جلوگیری از رسوب واکس و یا پایین آوردن دمای تشکیل این رسوبات به کار می‌رود.



شکل ۱ | تأثیر حلال‌های مختلف بر روی تغییرات وزن رسوب به‌صورت کسری از وزن رسوب اولیه در دمای ۲۵°C (آزمایش-۱)

با توجه به وجود مواد واکسی در نفت تولیدی از میدان سردار جنگل در دریای خزر و پایین بودن دمای آب در بستر دریا در عمق ۷۰۰ متری که حدود ۴ تا ۶ درجه سانتی گراد تخمین زده می‌شود، مشکل ترسیب مواد واکسی در رشته تولید آزمایشی منجر به انسداد کامل رشته استخراج در اولین چاه اکتشافی این میدان (چاه سردار جنگل-۱) شد. لذا این موضوع به‌عنوان یک چالش مورد توجه قرار گرفت. در این راستا، کلیه راهکارهای علمی و عملی جهت جلوگیری از ترسیب واکس در مسیر استخراج و تولید بررسی گردید و با توجه به شرایط خاص آب عمیق دریای خزر، روش استفاده از حلال شست‌وشو دهنده توسط دستگاه لوله مغزی سیار انتخاب گردید. در این مقاله به‌منظور رفع مشکل انسداد ناشی از رسوب واکس در لوله تولید آزمایشی از چاه سردار جنگل-۲ در دریای خزر حلال‌های مختلفی از جمله تولوئن، زایلین، بنزن، ACM APD200، نفت سفید و گازوئیل و TN45 مورد آزمایش قرار گرفت که از نظر میزان انحلال‌پذیری، اثرات زیست‌محیطی و از نظر هزینه مقایسه شده‌اند.

۴- انتخاب حلال

به‌منظور شناسایی و انتخاب حلال مناسب واکس، پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای و مطالعه روش‌های عملی موجود در دنیا جهت مقابله با مشکل واکس و مقایسه مشخصات نفت موجود با نفت میدان زیلابی مسجد سلیمان و بهره‌گیری از تجارب موجود در این میدان نفتی، شش حلال بنزن، تولوئن، زایلین و نفت سفید، گازوئیل و حلال تجاری ACM APD200 پیشنهادی یکی از شرکت‌های تأمین‌کننده مواد شیمیایی، جهت بررسی عملکرد و مقایسه انتخاب گردید. تأثیر این حلال‌ها بر روی رسوبات واکس در شرایط مختلف دمایی و طی یک بازه زمانی تأثیر حلال بر روی جامد واکس، در یک برنامه آزمایشگاهی بررسی شد که نتایج آن در زیر به تفصیل ارائه می‌گردد. لازم به ذکر است آزمایش‌های مورد نظر در یکی از دانشگاه‌های کشور و همچنین، اداره شیمیایی شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب انجام گرفته و نتایج با هم مقایسه شده‌اند. این مطالعه در جهت رفع یک مشکل عملیاتی و به‌صورت موازی،

کمک نماید، اگرچه این مواد در حذف رسوب واکس همیشه موثر نبوده و ضمناً گران‌قیمت هستند.

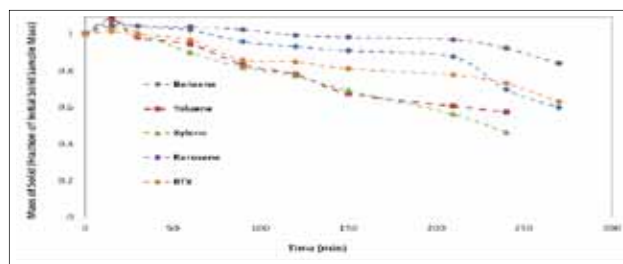
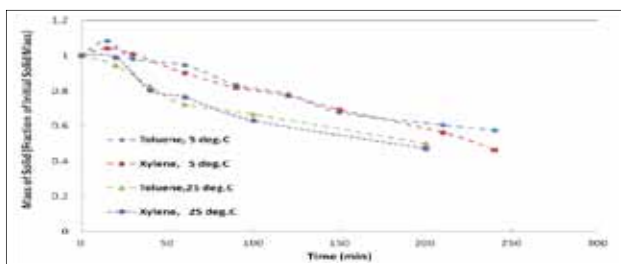
در مواردی مانند خطوط لوله تولید زیر دریا در آب‌های عمیق که استفاده از عملیات توپک‌رانی عملی نیست، فرآیند ترسیب واکس توسط نگاه‌داشتن دمای خط لوله بالاتر از دمای ابری شدن کنترل می‌شود.

استفاده از تکنولوژی لوله مغزی سیار، ابزار بسیار مهمی در تمیزسازی ستون چاه به‌شمار می‌رود؛ در این حالت، حلال شست‌وشو دهنده‌ی مورد نظر از طریق نازل‌ها و با فشار زیاد به داخل لوله‌ی تولید هدایت شده و عملیات زدودن و حذف مواد واکسی چسبیده به جداره لوله را انجام می‌دهد. راندمان این روش به مشخصات حلال از نظر قدرت انحلال واکس و میزان حلال مصرفی بستگی مستقیم دارد. زمانی که حلال در تماس با واکس قرار می‌گیرد، جامدات ترسیب شده شروع به حل شدن در حلال می‌کند تا حلال به درجه اشباع از واکس برسد. اگرچه این روش در اغلب مواقع موفقیت‌آمیز است، لیکن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

۳- شست‌وشو با حلال

روش استفاده از حلال به‌منظور زدودن رسوبات واکس از جداره داخلی لوله‌ی تولید در دنیا رایج بوده و لیکن در انتخاب نوع حلال از نظر عملکرد، اثرات زیست‌محیطی و هزینه باید دقت نمود.

وزن رسوب در زمان‌های مختلف با استفاده از حلال‌های متفاوت در دمای 25 °C (آزمایش-۱)											
بنزن		تولوئن		زایلین		نفت سفید		گازوئیل		ACM APD200	
T(min)	wt(gr)	T(min)	wt(gr)	T(min)	wt(gr)	T(min)	wt(gr)	T(min)	wt(gr)	T(min)	wt(gr)
۰	۷/۸۷۶	۰	۸/۰۴۴	۰	۸/۰۹۸	۰	۷/۲۰۱	۰	۷/۵۶۲	۰	۷/۹۴۳
۲۰	۶/۶۰۰	۲۰	۷/۶۰۰	۲۰	۸/۰۱۵	۲۰	۷/۳۹۸	۲۰	۷/۹۴۳	۲۰	۷/۹۴۳
۴۰	۶/۲۹۴	۴۰	۶/۶۴۲	۴۰	۶/۵۰۲	۴۰	۷/۱۶۹	۴۰	۷/۸۹۸	۴۰	۷/۸۹۸
۶۰	۵/۸۶۲	۶۰	۵/۸۱۶	۶۰	۶/۱۸۷	۶۰	۶/۸۸۹	۶۰	۷/۷۹۸	۶۰	۷/۷۹۸
۱۰۰	۵/۵۹۲	۱۰۰	۵/۳۶۵	۱۰۰	۵/۱۱۱	۱۰۰	۶/۵۷۶	۱۰۰	۷/۴۵۲	۱۰۰	۷/۴۵۲
۲۰۰	۳/۲۸۷	۲۰۰	۴/۰۲	۲۰۰	۳/۸۲	۲۰۰	۳/۷۷۵	۲۰۰	۷/۰۱۹	۲۰۰	۷/۰۱۹



شکل ۴ | تأثیر حلال‌های تولوئن و زایلین بر روی تغییرات وزن رسوب به‌صورت کسری از وزن رسوب اولیه در دماهای 5°C و 25°C

شکل ۳ | تأثیر حلال‌های مختلف بر روی تغییرات وزن رسوب به‌صورت کسری از وزن رسوب اولیه در دمای 5°C (آزمایش-۳)

میزان حل شونده در حلال مورد نظر انجام گردید. شکل ۱- میزان تغییرات جرم توده واکس را به صورت نسبت جرم توده در هر زمان به جرم اولیه آن، در اثر حل شدن در حلال‌های مختلف نشان می‌دهد. مقادیر رسوب در زمان‌های مختلف در حضور حلال‌های مورد نظر در جدول ۱- نشان داده شده است. نتایج به دست آمده، بیانگر آن است که انحلال توده واکسی در حضور گازوئیل به طور محسوسی از سایر حلال‌های استفاده شده کمتر است [۱].

حلال‌های آلی (بنزن، تولوئن و زایلن) در مقایسه با نفت سفید توانایی بیش تری در انحلال توده واکسی دارند. لازم به ذکر است در طول انجام آزمایش‌ها، توده واکسی استفاده شده در حضور حلال‌های آلی پس از ۲۰۰ دقیقه کاملاً نرم شده و دیگر قابلیت توزین نداشت، در حالی که توده‌های واکس در حضور نفت سفید و گازوئیل همچنان حالت جامد خود را حفظ کرده بودند.

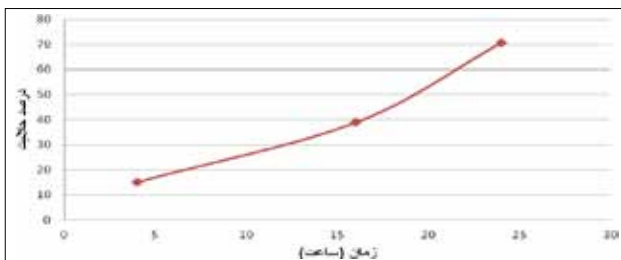
به منظور بررسی تکرارپذیری آزمایش‌ها، تست‌های فوق با استفاده از حلال‌های بنزن، تولوئن، زایلن و نفت سفید تکرار شده است که نتایج مشابهی از قابلیت انحلال‌پذیری رسوب در حلال‌های مذکور به دست آمده است (شکل ۲-).

الف- تأثیر دما بر حل شونده در حلال‌های مختلف

به منظور بررسی تأثیر دما بر روی عملکرد حلال‌های مختلف، آزمایش‌های بررسی اثر حلال‌ها بر روی تغییرات وزن نمونه‌های رسوب مواد واکسی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نیز، انجام شده که نتایج به دست آمده، در شکل ۳- و جدول ۲- ارائه گردیده است. با توجه به نتایج به دست آمده در دماهای ۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد (شکل‌های ۱-۳ و جداول ۱-۲)، عملکرد حلال‌های تولوئن و زایلن در مقایسه با حلال‌های دیگر بهتر بوده است.

ب- مقایسه تأثیر دما بر حل شونده در حلال‌های مختلف

نتایج به دست آمده از بررسی تأثیر حلال‌های تولوئن و زایلن بر روی تغییرات وزن رسوب به صورت کسری از وزن رسوب اولیه در دماهای مختلف در شکل ۴- مقایسه گردیده است.



شکل ۵ | نمودار درصد حلالیت در حلال ACM APD200 بر حسب زمان در دمای ۶°C

در مراکز آزمایشگاهی پیش‌گفته در کوتاه‌مدت مورد بررسی قرار گرفت. لذا ممکن است کلیه حالت‌های ممکن برای بررسی آزمایشگاهی از جمله غلظت‌های مختلف یا یکسان حلال یا تنوع دمایی شدید مورد توجه قرار نگرفته باشد.

۴-۱- نتایج آزمایش‌های بررسی میزان انحلال‌پذیری رسوب واکس (در مرکز دانشگاهی)

به منظور بررسی قابلیت حل شونده رسوب در حلال‌های مختلف، ابتدا مقدار مشخصی از واکس جامد، به صورت یک توده جامد با جرمی در حدود ۸ گرم، تهیه شد. سپس، توده جامد واکس در یک لوله آزمایش در بسته، محتوی ۲۵ سی‌سی از حلال مورد نظر، در دمای آزمایشگاه (25°C) قرار داده شد. در طول زمان، توده جامد واکس از لوله خارج شده، توزین آن به منظور بررسی

بنزن		تولوئن		زایلن		نفت سفید		BTX	
T(min)	wt(gr)	T(min)	wt(gr)	T(min)	wt(gr)	T(min)	wt(gr)	T(min)	wt(gr)
۰	۸/۰۱۰	۰	۸/۸۶۷	۰	۸/۶۳۵	۰	۸/۴۵۸	۰	۱۲/۰۶۸
۱۵	۸/۵۹۰	۱۵	۹/۶۰۷	۱۵	۸/۹۹۷	۱۵	۸/۸۶۸	۱۵	۱۲/۲۳۶
۳۰	۸/۳۴۷	۳۰	۸/۷۰۰	۳۰	۸/۷۰۴	۳۰	۸/۸۲۷	۳۰	۱۲/۰۰۰
۶۰	۸/۱۸۴	۶۰	۸/۳۷۹	۶۰	۷/۷۷۵	۶۰	۸/۷۸۹	۶۰	۱۱/۶۷۹
۹۰	۷/۶۷۹	۹۰	۷/۳۸۱	۹۰	۷/۰۶۲	۹۰	۸/۶۵۶	۹۰	۱۰/۳۵۷
۱۲۰	۷/۴۶۹	۱۲۰	۶/۹۲۱	۱۲۰	۶/۶۷۲	۱۲۰	۸/۴۰۰	۱۲۰	۱۰/۲۴۰
۱۵۰	۷/۲۸۳	۱۵۰	۵/۹۹۱	۱۵۰	۵/۹۶۷	۱۵۰	۸/۳۰۰	۱۵۰	۹/۷۸۱
۲۱۰	۷/۰۱۰	۲۱۰	۵/۳۷۲	۲۱۰	۴/۸۶۳	۲۱۰	۸/۱۹۳	۲۱۰	۹/۳۷۲
۲۴۰	۵/۵۸۰	۲۴۰	۵/۱۰۰	۲۴۰	۴/۰۰۰	۲۴۰	۷/۸۰۰	۲۴۰	۸/۸۰۰
۲۷۰	۴/۸۰۰	۲۷۰	-	۲۷۰	-	۲۷۰	۷/۱۱۰	۲۷۰	۷/۶۰۰

نمونه	درصد حلالیت (%)	وزن حل‌شده (گرم)	وزن نهایی جامد (گرم)	وزن اولیه جامد (گرم)	زمان تأثیر (ساعت)
۱	۱۵/۲	۰/۴۸	۲/۶۷	۳/۱۵	۴
۲	۳۸/۹	۱/۲۱	۱/۹	۳/۱۱	۱۶
۳	۷۰/۶	۲/۲۸	۰/۹۵	۳/۲۳	۲۴

حلال	زایلن	نفت سفید	گازوئیل	TN-45
شرایط آزمایش	میزان حلالیت (درصد وزنی)	میزان حلالیت (درصد وزنی)	میزان حلالیت (درصد وزنی)	میزان حلالیت (درصد وزنی)
یک ساعت استاتیک	۹۹/۴۵	۹۹/۵۲	۹۷/۱۱	۴۴/۵۷
یک ساعت دینامیک	۹۹/۶۵	۹۹/۲۹	۹۷/۱۹	۹۸/۷۳
سه ساعت استاتیک	۹۹/۴۹	۹۹/۵۳	۹۷/۳۲	۴۷/۵۱
سه ساعت دینامیک	۹۹/۸۰	۹۹/۶۲	۹۷/۴۰	۹۸/۷۶



د- نتایج آزمایش بررسی میزان انحلال پذیری رسوب واکس (اداره شیمیایی مناطق نفتخیز جنوب)

پس از بررسی های اولیه ی صورت گرفته بر روی نمونه جامد واکس ارسالی به آزمایشگاه مرکزی اداره شیمیایی و تعیین برخی مشخصه های فیزیکی از جمله نقطه ذوب جامد، چهار حلال به نام های زایلین، نفت سفید، گازوئیل و TN-45 جهت بررسی میزان حل شونده گی جامد واکس انتخاب شد. آزمایش ها در دو حالت استاتیک و دینامیک و در بازه زمانی ۱ تا ۳ ساعت برای سه دمای مختلف انجام گردید. نتایج حاصله در جداول ۴ تا ۶ ارایه شده است [۲].

ه- مقایسه خطرات و اثرات زیست محیطی حلال ها

هیدروکربن ها ترکیباتی هستند که در ساختار آن ها تنها، کربن و هیدروژن به کار رفته و تمامی آن ها تضعیف کننده سیستم اعصاب مرکزی می باشند. هیدروکربن های آروماتیک همچین، می توانند سبب ساپرس شدن مغز استخوان و تخریب عضلانی اسکلتی شوند. این گروه از ترکیبات شامل بنزن و مشتقات آن و ترکیباتی است که چند حلقه بنزنی متراکم داشته باشند. هرگاه در حلقه بنزنی اتم های هیدروژن با عوامل دیگر مانند گروه متیل یا اتیل استخلاف گردد، ترکیبات جدیدی مثل تولوئن (متیل بنزن)، زایلین (دی متیل بنزن) و اتیل بنزن به وجود می آید که اصطلاحاً به آن، ترکیبات BTEX (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلین) می گویند. این ترکیبات به صورت مایع اند و در درجه حرارت محیط، فشار بخار آن ها قابل ملاحظه است. این موضوع و همچنین سمی بودن آن ها ممکن است در محیط کار خطرات قابل توجهی را ایجاد نماید.

منبع اصلی آلودگی BTEX نشت در نتیجه ی نگهداری ضعیف و ناقص در مخازن نگهداری است. از منابع بزرگ دیگر، پخش سطحی و نشت از لوله ها است. BTEX به محض ورود در محیط، یا بخار می شود، یا در آب حل می گردد، یا به ذرات خاک می چسبد و یا به صورت بیولوژیکی تجزیه می شود.

تماس با BTEX می تواند با بلعیدن (استفاده آب آلوده به BTEX)، استنشاق (تماس با BTEX موجود در هوا) و یا جذب از طریق منافذ پوست صورت گیرد. استنشاق BTEX می تواند هنگام پمپ کردن حلال و یا استحمام و شست و شو با آب آلوده به BTEX روی دهد. جذب از طریق پوست می تواند به علت ریختن حلال روی پوست باشد. تماس شدید پوست با مواد حاوی BTEX باعث حساسیت و سوزش و تضعیف سیستم مرکزی اعصاب و تأثیر روی سیستم تنفسی می گردد. این میزان از آلودگی بر اثر نوشیدن آب آلوده به ترکیبات مزبور غیر محتمل است ولی امکان آن بر اثر تماس های شغلی با این ترکیبات وجود دارد.

بنزن در مرحله اول بر روی پوست ایجاد تحریک و سوزش می کند

بررسی نتایج این مرکز دانشگاهی حاکی از آن است که از نظر عملکردی، حلال های نفت سفید و گازوئیل فاقد تأثیر موثر بر روی حل شونده گی مواد جامد واکس بوده و لذا استفاده از این حلال ها توسط مرکز دانشگاهی مربوطه پیشنهاد نگردیده است. البته باید در نظر داشت که نتایج حاصله در شرایط استاتیک به دست آمده اند و لذا، شرایط دینامیکی حاصله از فرایند شست و شو با دستگاه لوله مغزی سیار و توربولنسی ایجاد شده در رشته تولید می تواند باعث افزایش انحلال پذیری واکس گردد. نتایج به دست آمده در چاه مذکور شاهد موضوع می باشد.

ج- بررسی میزان حل شونده گی واکس در ماده ACM APD200

به منظور بررسی انحلال پذیری واکس در ماده ACM APD200، نمونه های جامد با وزن اولیه مشخص، داخل ظروفی محتوی ۵۰ میلی لیتر حلال گذاشته و نمونه در دمای ۶ درجه سانتی گراد قرار گرفت. تأثیر حلال بر واکس جامد پس از زمان های ۴، ۱۶ و ۲۴ ساعت و میزان کاهش وزن جامد بررسی گردید که نتایج آن در جدول ۳- آمده است. لازم به ذکر است میزان حلال مصرفی در این آزمایش به دو برابر افزایش یافته حال آنکه انحلال پذیری در مقایسه با حلال های قبلی تغییر چندانی نداشته است. این موضوع می تواند اقتصادی بودن حلال ACM APD200 را به شدت تحت تأثیر قرار دهد.

حلال	زایلین	نفت سفید	گازوئیل	TN-45
شرایط آزمایش	میزان حلالیت (درصد وزنی)	میزان حلالیت (درصد وزنی)	میزان حلالیت (درصد وزنی)	میزان حلالیت (درصد وزنی)
یک ساعت استاتیک	۷۷/۹۸	۵۷/۹۲	۹/۱۴	۱۳/۹۱
یک ساعت دینامیک	۹۹/۴۹	۹۵/۶۲	۲۲/۷۳	۳۷/۱۸
سه ساعت استاتیک	۹۸/۴۸	۸۴/۶۶	۱۱/۶۵	۱۵/۲۰
سه ساعت دینامیک	۹۹/۵۸	۹۹/۷۹	۶۹/۳۷	۸۳/۰۴

حلال	گازوئیل	نفت سفید
شرایط آزمایش	میزان حلالیت (درصد وزنی)	میزان حلالیت (درصد وزنی)
یک ساعت استاتیک	۲۶/۰۲	۱۲/۱۹
یک ساعت دینامیک	۴۲/۲۵	۳۹/۲۳
سه ساعت استاتیک	۲۹/۴۴	۱۳/۶۶
سه ساعت دینامیک	۵۶/۴۷	۷۱/۵۵

حلال	کشور تامین کننده	قیمت هر بشکه	واحد قیمت	نسبت قیمت به قیمت نفت سفید
تولوئن	ایران	۱۰۴۵۲۰۰۰	ریال	۳/۲۹
زایلین	ایران	۹۷۱۱۰۰۰	ریال	۳/۰۵
نفت سفید	ایران	۳۱۸۰۰۰۰	ریال	۱
ACM APD200	مانزی	۳۳۰۰	یورو	۴۴

چرخه مقایسه خارج شده و حلال‌های مندرج در جدول ۷- مورد ارزیابی اقتصادی قرار گرفتند. قیمت هر بشکه حلال وارداتی ACM APD200 معادل ۳۳۰۰ یورو بوده حال آنکه قیمت هر بشکه نفت سفید با هزینه لیتری ۲۰۰۰۰ ریال معادل ۷۵ یورو می‌باشد (نرخ برابری یورو با ریال ۴۲۴۰۰) که با توجه به حجم کل نفت سفید مصرفی در آزمایش چاه سردار جنگل ۲- (۴۸۰ بشکه)، صرفه جویی معادل ۱۵۴۸۰۰۰ یورو ناشی از عدم استفاده از حلال مذکور حاصل و از خروج ارز از کشور جلوگیری شد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج فوق و در نظر گرفتن این موضوع که دمای ۶ درجه سانتی گراد مربوط به دمای آب دریا در عمق ۷۰۰ متری بستر دریا می‌باشد و دمای جریان سیال چاه در عمق مذکور حدود ۲۰ درجه سانتی گراد است و به کمتر از این محدوده دمایی کاهش نمی‌یابد، لذا تأکید بر عملکرد بالای حلال در ۶ درجه سانتی گراد مدنظر نیست. از طرفی حلال ACM APD200، هم به دلیل میزان مصرف بالاتر نسبت به سایر حلال‌ها و هم به دلیل بالا بودن چشمگیر قیمت، از لیست حلال‌ها حذف می‌گردد. بررسی نسبت قیمت‌ها نشان می‌دهد که کاهش میزان مصرف سایر حلال‌ها نسبت به نفت سفید با توجه به بالا بودن ۳۰۰ درصدی قیمت سایر حلال‌ها نمی‌تواند کاهش میزان مصرف را جبران نماید؛ چرا که مبنای مقایسه اقتصادی حلال‌ها بر اساس میزان ۴۸۰ بشکه حلال مصرفی در میدان است و تفاوت عملکرد حلال‌های مختلف آنچنان شدید نیست که کاهش مصرف به دلیل کیفیت بهتر در برطرف نمودن واکنش بتواند تفاوت قیمت ۳۰۰ درصدی را جبران نماید. حداکثر میزان کاهش مصرف ۵۰ درصد است که با توجه به تفاوت چشمگیر قیمت سایر حلال‌ها با قیمت نفت سفید، کماکان، حلال اقتصادی نفت سفید خواهد بود. لذا از بین حلال‌های مورد نظر جهت شست و شوی واکنش ترسیب شده در رشته‌ی تولید آزمایشی از چاه سردار جنگل ۲-، حلال نفت سفید از نظر انحلال‌داری کارایی بالا، از نظر اثرات زیست محیطی و خطرات ایمنی دارای کمترین اثر سوء و از نظر اقتصادی، به صرفه‌ترین حلال محسوب می‌شود. نتایج میدانی به دست آمده در عملیات آزمایش چاه سردار جنگل ۲- نیز شاهی بر این ادعا است.

و در صورت تماس طولانی با پوست ایجاد درماتیت می‌نماید که به علت دهیدراته کردن و از بین بردن چربی است. استنشاق بخارات بنزن بر روی مخاط ریه، محرک و سوزش آور است و می‌تواند عوارض سیستماتیک ایجاد نماید زیرا دارای خواص مخرب اختصاصی روی نسوج مولد خون است. تماس کوتاه مدت انسان با بنزن سبب سردرد، چشم درد، سوزش پوست، گیجی، بی‌خوابی و تحریک دستگاه تنفس شده و در درازمدت باعث کاهش تعداد سلول‌های قرمز خون و کم‌خونی آپلاستیک و سرطان خون می‌شود. مسمومیت حاصل از بنزن به‌طور کلی در اثر استنشاق بخارات بنزن در هوا اتفاق می‌افتد، ولی مقادیر جزئی از بنزن می‌تواند از راه پوست و در محلی که بنزن با آن تماس پیدا می‌کند، جذب شود و با فرو بردن دست‌ها در داخل بنزن مسمومیت سیستماتیک اتفاق نخواهد افتاد اما نتایج حاصل از تماس پوست با این ماده به‌صورت از بین رفتن چربی همراه با التهاب و قرمز شدن، خشکیدن پوست و پوسته‌شدن آن و حتی عوارض ثانوی عفونی ظاهر خواهد شد.

۶- خطرات کار با نفت سفید

مشتقات مایع نفت خام، بافت‌های بدن را تحریک و ملتهب می‌کنند؛ آن‌هایی که به‌سرعت از خلال یک سطح عبور می‌کنند، می‌توانند در صورت بلع یا در خلال استفراغ به راه‌های هوایی برسند و باعث التهاب و آسیب بافت ریه شوند که این موضوع برای کروزون، پارافین و نفت اختصاصی است. خوردن یا استنشاق مشتقات نفت خام ممکن است بر مغز اثر کند. این مواد شیمیایی برای پوست و چشم تحریک کننده است.

بررسی خطرات و اثرات سوء ترکیبات BTEX به دلیل وجود اثرات بسیار مخرب ترکیبات آروماتیکی برای شاغلین است. این ماده به دلیل فشار بخار پایین، دارای بخارات سمی بوده و شرایط نگهداری و ذخیره‌سازی آن‌ها در فضای بسته‌ی سکو امکان‌پذیر نیست. لذا استفاده از نفت سفید از نظر زیست محیطی از ارجحیت بالاتری برخوردار است.

۷- مقایسه حلال‌ها از نظر اقتصادی

به منظور مقایسه اقتصادی حلال‌های مختلف، حلال بنزن به دلیل مصارف آزمایشگاهی و گازوئیل به دلیل محدودیت در کارایی از

منابع

[۳] گزارش عملیات دستگاه لوله مغزی سیار در چاه سردار جنگل ۲- شرکت نفت خزر.
[4] Prof.Yong Bai, Dr.Qian Bai, Subsea engineering Hand Book”2012.

[۱] گزارش نتایج آزمایش بررسی میزان انحلال پذیری رسوبات نفت خزر در حلال‌های مختلف دانشگاه صنعتی سهند تبریز.

[۲] گزارش نتایج آزمایش بررسی میزان انحلال پذیری رسوب واکنش در حلال‌های مختلف اداره شیمیایی مناطق نفتخیز جنوب.