

شاپا چاپی: ۹۲۲۸-۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۷۲۶۴-۲۴۲۳

استفاده از حلال های کاتالیستی AW جهت جایگزینی با حلال های سرطان زا و زیست تخریب پذیر در جدا کردن موم از روغن موتور در صنایع روغن سازی

چکیده

روانکارها به سه دسته روانکارهای مایع، جامد و گازی تقسیم می شوند که مهمترین و پر کاربردترین آنها روانکارهای مایع می باشند و عمدتاً از برش های روغنی حاصل از تقطیر نفت خام بدست می آیند. نقطه ریزش برش های روغنی بسیار بالا می باشد (بین ۲۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد) که با چنین شرایطی روانکار مناسبی نمی باشند، بنابراین باید تمام هیدروکربن هایی که نقطه انجماد آنها بالاتر از حداقل دمای مصرف روغن است، حذف شوند. این هیدروکربن ها، اساساً از پارافین های سنگین و موم ها تشکیل شده اند و به همین دلیل حذف این ترکیبات را موم گیری نامیده اند. موم گیری به دو روش، با و یا بدون استفاده از حلال انجام می گیرد. در حال حاضر در روش موم گیری با حلال، از مخلوط حلال های متیل اتیل کتون و تولوئن یا بنزن استفاده می شود. به علت مخاطراتی که از نظر سلامتی توسط تولوئن و بنزن ایجاد می شود در این پژوهش حلال های آروماتیک با حلال های مناسب و غیر آروماتیک جایگزین گردیدند. حلال های کاتالیستی با نام های تجاری AW406 و AW410 و با ساختار شیمیایی متشکل از سیکلو پارافین ها، ایزوپارافین ها و پارافین ها می باشند که تولید داخل هستند، جایگزین حلال های آروماتیک (تولوئن و بنزن) گردیدند، و فرایند موم گیری با هر کدام از این دو حلال به طور جداگانه، به همراه متیل اتیل کتون انجام گرفت و پس از بهینه سازی دما، نسبت حلال ها به یکدیگر و همچنین نسبت حلال ها به خوراک؛ محصولاتی با نتایج کیفیتی مطلوب و قابل قبول حاصل گردید.

واژه های کلیدی:

روانکار، موم گیری، روانکارهای مایع، نقطه ریزش، موم گیری با حلال

۱- مقدمه

روانکاری

روانکاری، علم تسهیل حرکت نسبی سطوح در تماس با یکدیگر است. این علم به عنوان یکی از رشته‌های بسیار مهم در علوم مهندسی شناخته می‌شود به طوری که موفقیت بسیاری از طرح‌های صنعتی در گرو آگاهی از این دانش فنی خواهد بود امروزه توسعه صنعت روانکاری یک بخش مهم از توسعه صنایع ماشینی و صنایع مربوط به آن شده است. وظیفه اصلی یک روان کننده از بین بردن اصطکاک و سائیدگی است. به طور کلی هر ماده اعم از جامد، مایع یا گاز که ما بین سطوح در تماس قرار گیرد، و حرکت نسبی آن دو را نسبت به یکدیگر تسهیل نماید یک روان کننده به حساب می‌آید، اما جلوگیری از تماس سطوح تنها وظیفه یک روان کننده نمی‌باشد، زیرا از آنجایی که روان کننده خود باید متحمل نیروهای برشی در هنگام حرکت باشد، باید مقاومت روان کننده در برابر تنش برشی ناچیز و یا لااقل در حدی به مراتب کمتر از نیروی مقاومت یا اصطکاک دو سطحی باشد که روان کننده در بین آنها قرار گرفته است. علاوه بر این حرارتی که در نتیجه لغزش ذرات روان کننده بر روی یکدیگر ایجاد می‌شود بایستی به سرعت و به طور موثر از محل روانکاری منتقل شود بدون آنکه اثر نامطلوبی بر سطوح در حرکت بگذارد. بنابراین یک روان کننده خوب بایستی دارای قابلیت جذب و انتقال حرارت باشد، اگر چه ممکن است با جدا سازی سطوح در حرکت نسبی از یکدیگر بوسیله روان کننده از سائیدگی حاصل از تماس و مالش سطوح بر یکدیگر جلوگیری شود، لیکن سائیدگی و خوردگی شیمیایی ممکن است به علت عوامل و شرایط محیطی وجود داشته باشند و چه هنگام کار و یا حالت سکون بر قطعات متحرک اثر نماید. بنابراین لازم است روان کننده از نظر شیمیایی ماده‌ای بی‌اثر بوده، و خود عامل شروع خوردگی شیمیایی سطوح فلزی نشود، در حقیقت وضعیت دلخواه آن است که روان کننده بتواند به طور موثر از خوردگی شیمیایی جلوگیری نماید و عامل حفاظت شیمیایی و فیزیکی سطوح متحرک که با آن در تماس هستند باشد، همچنین باید کاربرد آن مقرون به صرفه باشد. بطور کلی جهت دادن خواص ضروری به روغن‌ها، با اضافه کردن مکمل‌های مورد نیاز هر شرایط به روغن پایه باعث بهبود خواص آن می‌شود، نکته حائز اهمیت اینست که روغن‌ها برای این که بتوانند وظایف خود را به درستی انجام دهند، باید دارای شرایط و ویژگی‌های معینی باشند که در واقع همین خواص روغن‌ها است که روغن‌های مختلف و کیفیت آنها را متمایز می‌کند. [۲].

تقسیم بندی روانکارها

بطور کلی روانکارها در چهار دسته طبقه بندی می‌شوند

۱- روانکارهای گازی

۲- روانکارهای جامد

۳- روانکارهای نیمه جامد

۴- روانکارهای مایع

روانکارهای گازی مثل هوا، هلیوم، بخار مایعات و... در موارد درجه حرارت‌های خیلی بالا (بالا تر از ۸۰۰ درجه سانتیگراد) یا خیلی پایین (حدود ۲۰۰- درجه سانتیگراد) و یا، سرعت بسیار زیاد و بار کم و یا در مواردی که پرتوهای هسته‌ای در محیط وجود دارند، استفاده می‌شوند. یکی از خصوصیات مهم روانکارهای گازی این است که گرانش آنها با تغییر درجه حرارت تغییر چندانی نمی‌کند و به همین دلیل این روانکارها قادرند در گستره وسیعی از کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این چون گازها سبک تر از مایعات هستند و می‌توان وزن آنها را نادیده گرفت، این موضوع باعث می‌شود در سرعت‌های خیلی بالا همچنان جریان آنها آرام و یکنواخت باقی بماند. به همین جهت در یاتاقان‌های با سرعت خیلی زیاد، بهتر از روانکارهای مایع عمل می‌کنند، روانکارهای گازی اصطکاک کمی دارند، عاری از ناخالصی هستند و خاصیت سرریزی که در مورد روانکارهای مایع و گریس‌ها پیش می‌آید را ندارند. علاوه بر آن، این نوع روانکارها به دلیل سرریز نکردن می‌توانند مواد مطمئنی در صنایع غذایی، دارویی و شیمیایی نیز باشند روانکاری سانتریفیوژها، ماشین‌های ابزار سنگ زنی دقیق که با سرعت زیاد کار می‌کنند، چرخ مته دندان پزشکی، راکتورهای اتمی، ماشین‌های ریسندگی پر سرعت، توربین‌های گازی، موتور جت و... از جمله موارد کاربرد این دسته از روانکارها هستند. موارد کاربرد روانکارهای جامد نیز در شرایط خاصی می‌باشد، به عنوان مثال در راکتورهای هسته‌ای، که روانکار باید در برابر انرژی تشعشعی زیاد، مقاوم باشد و یا در مواردی که لازم است روانکار تحت شرایط خلا فراریت کمی داشته باشند، یکی از مهم‌ترین روانکارهای جامد گرافیت است که از لحاظ شیمیایی در مقابل اشعه رادیواکتیو نیز بی‌تفاوت است و علاوه بر آن از این روانکار در دماهای بالا نیز استفاده می‌شود زیرا حتی در اثر سوختن نیز دی اکسید کربن تولید نمی‌کند و بدون این که ذراتی در محل باقی بگذارد از محیط روانکاری خارج می‌شود.

استخراج مواد آسفالتی

برای خارج کردن مواد آسفالتی، هیدروکربن‌های اشباع نشده، مواد گوگردی، ذره‌های رنگی و سایر موادی که نباید در روغن تصفیه شده وجود داشته باشد از یک حلال مناسب (پروپان مایع) که به طریق ترکیب فیزیکی، مواد را در خود حل و خارج می‌کند استفاده می‌شود. نحوه کار به این صورت است که هم‌زمان ته مانده برج خلا را با مایع پروپان از دو جهت مختلف از بالا و پایین به برج جدا کننده وارد می‌کنند. پروپان، مواد روغنی را در خود حل کرده و دو سطح متمایز تشکیل می‌شود. سطح با مقدار حجمی پروپان بیشتر و مواد معدنی در بالا، و سطح دیگر با مقدار حجمی کمتر پروپان و مواد آسفالتی بیشتر در قسمت پایین برج جدا کننده قرار می‌گیرد. روغن و پروپان از بالای برج خارج می‌شوند و پس از گرم کردن مجدد برای جدا کردن پروپان از مواد روغنی به برج‌های عریان کننده وارد می‌شود و بخارات پروپان دوباره در مبدل‌های حرارتی به مایع تبدیل شده و برای استفاده مجدد به مخازن مربوطه فرستاده می‌شوند. آنچه از پایین برج جدا کننده بدست می‌آید پس از گرم شدن در کوره به برج عریان کننده دیگری فرستاده می‌شود و پروپان جدا شده در این مرحله نیز مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد، مواد آسفالتی نیز برای عملیات بعدی به پالایشگاه پس فرستاده می‌شود. [۳].

استخراج مواد آروماتیک

وجود مواد آروماتیک موجود در روغن باعث می‌شود شاخص گرانروی روغن کاهش پیدا کند و پایداری، ثبات و کیفیت آن کم شود و نهایتاً روغن خاصیت روغن کاری مناسب را نداشته باشد، پس باید این مواد از روغن جدا شوند.

فرایندهای پالایشی جهت جداکردن مواد آروماتیک از برش روغنی

در حال حاضر سه نوع فرایند پالایشی وجود دارد

۱- استخراج مواد آروماتیک با حلال

۲- تصفیه با اسید سولفوریک

۳- هیدروژنه کردن

استخراج مواد آروماتیک با استفاده از حلال فورفورال و عوامل موثر بر آن

جدا کردن مواد آسفالتی با حلال یک عمل فیزیکی است، ترکیبات آروماتیکی که در مقابل عمل اکسیداسیون مقاومت ندارند و تشکیل لجن می‌دهند از این طریق از روغن خارج می‌شوند، معمول ترین حلال های مورد استفاده در این روش عبارتند از فنل، فورفورال و دی‌اکسید گوگرد که از میان این حلال ها، حلال فورفورال بطور وسیع‌تری برای تصفیه روغن های پارافینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این فرایند فورفورال باخوراک ورودی در مخزن مربوطه با هم مخلوط می‌شوند و برای مدتی این مخلوط ثابت باقی می‌ماند از اختلاط فورفورال و روغن دو فاز مختلف تشکیل می‌شود، یک سطح در حلال حل نمی‌شود و نسبتاً از روغن غنی است که اصطلاحاً رافینیت نامیده می‌شود و سطح دیگر که حامل ترکیبات آروماتیک است، فورفورال اکستراکت نامیده می‌شود. مسئله جدا کردن مواد آروماتیک توسط حلال ها را می‌توان به جدا کردن رافینیت و اکستراکت خلاصه کرد. فازی که شامل مواد آروماتیک است دارای رنگ تیره بوده و فاز دیگر که به رافینیت معروف است دارای رنگ روشن می‌باشد. رافینیت به دست آمده از این مرحله که جهت ساخت روغن پایه از آن استفاده می‌شود، دارای مقاومت حرارتی و اکسیداسیون خوبی بوده و شاخص گرانروی آن نیز نسبت به خوراک ورودی بسیار بالاتر می‌باشد. اصول کار به این صورت است که خوراک از قسمت میانی و فورفورال نیز از قسمت فوقانی وارد ستون می‌شوند. اختلاف دانسیته بین فورفورال و خوراک باعث می‌شود که این دو ماده در خلاف جهت یکدیگر حرکت کرده، در نتیجه به خوبی با یکدیگر تماس پیدا کنند و مخلوط شوند. حلال فورفورال مواد آروماتیک را در خود حل کرده و به طرف پایین ستون می‌برد و رافینیت همراه با مقدار کمی فورفورال به طرف بالای ستون حرکت کرده و از ناحیه بالای ستون خارج می‌شود، سپس این دو محصول به قسمت بازبایی فورفورال فرستاده می‌شوند، در این قسمت فورفورال از رافینیت و مواد آروماتیک جدا شده و مجدداً در ستون استخراج مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای جدا کردن فورفورال موجود در فاز رافینیت این مخلوط پس از گرم شدن مجدد وارد برج عریان سازی می‌شود و به وسیله ایجاد خلا و بخار آب فوق گرم حتی مقادیر جزئی فورفورال نیز از روغن جدا می‌شود. فاز اکستراکت در فورفورال حل می‌شود تا کمی بالاتر از نقطه جوش فورفورال گرم می‌شود، و سپس وارد برج جدا کننده کم فشار می‌شود در این برج قسمت زیادی از فورفورال بصورت بخار از بالای برج خارج شود و مجدداً پس از گرم شدن دوباره وارد

برج جدا کننده با فشار بالا می‌شود، در این برج مقادیر زیاد فورفورال از بالای برج خارج می‌شود و اکستراکتی که هنوز مقدار کمی فورفورال در آن وجود دارد از پایین خارج می‌شود و وارد برج عریان کننده که در شرایط خلا قرار دارد می‌گردد و آخرین قطرات فورفورال نیز از آن جدا می‌شوند و فورفورال حاصل در مخزن خاصی جمع آوری می‌شود و دوباره برای تغذیه به برج اختلاط و جداسازی مواد آروماتیک آماده می‌شود. در فرایند جدا کردن مواد آروماتیکی از روغن پایه در روش استخراج با حلال فورفورال، عواملی چون، تعداد مراحل اختلاط فورفورال با روغن، نسبت فورفورال به روغن، درجه حرارت اختلاط و اختلاف درجه حرارت در مقاطع مختلف برج، موثر می‌باشند. مهم‌ترین اثری که عمل جدا نمودن مواد آروماتیکی به وسیله فورفورال روی خواص فیزیکی روغن می‌گذارد، شامل بالا بردن شاخص گرانروی روغن که باعث بالا رفتن مقاومت روغن در برابر اکسیداسیون می‌باشد.

فرایند موم گیری

روغن خام معمولا شامل هیدروکربن‌های پارافینی زنجیری و شاخه‌ای می‌باشد که هنگام سرد کردن روغن خام، هیدروکربن‌های پارافینی زنجیری کریستال می‌شوند و توسط صافی از محیط عمل خارج می‌گردند، موم گیری از روغن پایه در روش استخراج با حلال، به وسیله حلال‌های متیل اتیل کتون و تولوئن (پس از جدا کردن مواد آروماتیک به وسیله حلال فورفورال از روغن انجام می‌شود). این عمل باعث پایین آوردن نقطه ریزش روغن می‌شود. روغنی که از نفت خام پارافینی تهیه می‌شود، دارای هیدروکربن‌های پارافینی و بعضا هیدروکربن‌های ایزومری حلقوی پارافینی است که دارای وزن ملکولی بالا می‌باشند، وقتی روغن سرد می‌شود به صورت کریستال در می‌آیند، برای این که مشخصات مورد لزوم روغن از جهت نقطه ریزش به دست آید، این مواد باید از روغن خارج شوند. عمل موم گیری را مثل تقطیر یا جدا کردن با حلال و غیره نمی‌توان انجام داد. به طور کلی هرچه نقطه ذوب هیدروکربن‌ها بالاتر باشد، مقدار حل شدن انواع پارافین‌ها در آنها کمتر می‌شود از این لحاظ هنگام سرد کردن روغن آن دسته از هیدروکربن‌ها که نقطه ذوب بالاتری دارند قبل از همه کریستال می‌شوند. این حلال‌ها به نسبت تعیین شده با روغن مخلوط می‌شوند و باعث رسوب موم موجود در روغن می‌شوند و همچنین باعث می‌شوند که روغن مقدار بسیار کمی از موم را در درجه حرارت پایین در خود نگه دارد. مراحل عملی، موم گیری به این صورت است که روغن بدست آمده از واحد فورفورال که دارای موم می‌باشد، ابتدا با حلال‌های متیل اتیل کتون و تولوئن مخلوط می‌شود و توسط بخار آب گرم می‌شود تا موم موجود در آن، از حالت کلوییدی خارج شود و سپس سرد می‌شود. عملیات سرد شدن ابتدا بوسیله جریان آب سرد، سپس با محصولات سرد بدست آمده از عمل موم گیری و در مبدل‌های حرارتی انجام می‌شود. بدین صورت که محصولات خروجی از واحد موم گیری که شامل موم، روغن موم گیری شده و حلال‌های موم گیری می‌باشند، که دارای دمای پایینی هستند در مبدل‌های حرارتی با خوراک ورودی تبادل حرارتی انجام می‌دهند. سرد کردن نهایی بوسیله پروپان مایع و در مبدل‌های حرارتی مخصوص انجام می‌شود. وقتی که روغن و حلال در مبدل‌های حرارتی سرد می‌شوند کریستال‌های موم تشکیل شده در جداره لوله‌های مبدل‌های حرارتی جمع می‌شوند که موجب کاهش انتقال حرارت و گرفتگی لوله‌ها خواهند شد. لذا از مبدل‌های حرارتی خاصی استفاده می‌شود که از دو لوله داخل هم تشکیل شده‌اند در لوله داخلی مخلوط روغن و حلال جریان دارد و مجهز به تیغه‌های گردانی است که موم‌ها را از جداره داخلی لوله می‌

تراشند تا نرخ تبادل حرارت افزایش گردد و در لوله بیرونی مواد سرد کننده جریان دارد روغن سرد شده خروجی از مبدل های حرارتی، مجدداً با مقداری حلال مخلوط می شود که در اثر این عمل کریستال های موم تشکیل می شوند، این کریستال ها به وسیله عمل صاف کردن در فیلترهای، مخصوص این کار از روغن جدا می شوند. دستگاه فیلتر از یک استوانه گردان تشکیل شده که سطح جانبی آن از لایه پارچه مخصوصی پوشیده شده است. داخل این استوانه به چندین قسمت تقسیم شده است. در حالی که استوانه می چرخد هر قسمت در هر لحظه در مقابل قسمتی قرار می گیرد که به لوله های ورودی و خروجی متصل می باشند، که یک قسمت خلا می باشد که مخلوط روغن و حلال را مکش کرده و از فیلتر خارج می کند. قسمت های داخل استوانه به نحوی تقسیم شده است که قسمتی که در داخل مایع قرار گرفته و همچنین قسمتی که از مایع خارج شده و حلال بر روی آن پاشیده می شود، به سیستم خلا متصل است و پس از آن که به وسیله خلا موم از روغن گرفته شود، لایه موم در مقابل قسمتی قرار می گیرد که گاز خنثی با فشار از داخل استوانه دمیده می شود تا لایه موم را از فیلتر جدا کند و سپس موم ها بوسیله حلالی که بصورت اسپری روی آن پاشیده می شود و با استفاده از تیغه هایی که با فاصله کمی روی فیلتر قرار دارند و از فشار گاز خنثی جدا می شود و برای جداسازی حلال از فیلتر خارج می شود. مخلوط حلال و روغن پس از خروج از مبدل های حرارتی و گرم شدن برای جداسازی حلال به برجی که فشار آن در حدود فشار جو است منتقل می شود. در این برج مقداری از حلال موجود در روغن بخار می شود و از بالای برج خارج می شود و پس از تبادل حرارت در مبدل های حرارتی خنک، و به مایع تبدیل می شود، مجدداً روغنی که هنوز دارای مقدار کمی حلال است به وسیله بخار در برج عریان کننده حلال آن گرفته می شود و پس از خنک شدن به مخزن مربوطه ارسال می شود. مخلوط موم و حلال نیز پس از گرم شدن در مبدل های حرارتی که بوسیله بخار کار می کند، در اثر گرم شدن قسمتی از حلال آن تبخیر و دوباره در مبدل های حرارتی به مایع تبدیل می شود و باقیمانده حلال موجود در مخلوط حلال و موم نیز مشابه روغن بوسیله بخار آب و در برج های عریان کننده از موم جدا می شوند. مواد مومی به مخازن مربوطه فرستاده می شود که در صنایع زیردستی از آن برای تهیه انواع پارافین جامد و مایع، شمع سازی، و ساخت مواد اولیه انواع پمادها، کرم ها و مواد آرایشی.... استفاده می شود. از آنجایی که مقدار روغن باقی مانده در موم تولیدی، نشانگر درصد تولید نهایی است سعی می شود موم نهایی درصد کمتری روغن داشته باشد. در کارخانجاتی که بصورت یک مرحله ای روغن فیلتر می شود، مقدار روغن موجود در موم بین ۱۰ تا ۳۰ درصد است و در بعضی از موارد نیز به علت روش های نادرست فرایند از این مقدار نیز بیشتر خواهد شد. برای کاهش مقدار روغن در موم بعضی مواقع بصورت دو مرحله ای عمل می شود بدین ترتیب که موم حاصل از مرحله اول با حلال مخلوط گشته و دوباره از فیلتر دیگری عبور می کند تا در صد روغن موجود در موم نهایی کاهش پیدا کند. [۴].

خصوصیات حلال های مورد استفاده شده در این پژوهش، جهت فرایند موم گیری

حلال های AW406 و AW410

برش های نفتی متشکل از هیدروکربن های پارافینی و سیکلو پارافینی می باشند. این حلال ها با نام های تجاری پالایش می شوند. مانند AW401، AW402، AW403 به عنوان حلال در صنایع شیمیایی، آریشی، غذایی بعنوان رقیق کننده کاربرد دارند. مشخصات حلال های AW406 و AW410 تولید شده در پالایشگاه های ایران در جدول ۱ نشان داده شده اند.

جدول ۱. مشخصات حلال های AW406 و AW410

ردیف	آزمون	AW406	AW410
۱	وزن مخصوص (۱۵ سانتی گراد)	۰/۷۰۱۳	۰/۷۰۷۹
۲	دامنه تقطیر (°C)	۶۲-۸۲	۵۵-۱۱۵
۳	خوردگی مس (3hrs@50°C)	۱	۱
۴	Doctor test	منفی	منفی
۵	سولفور کل (درصد وزنی)	۰/۰۵	۰/۰۵

ترکیب درصد اجزا تشکیل دهنده حلال AW406

ترکیب درصد اجزا تشکیل دهنده حلال AW406 تولید شده در پالایشگاه های ایران بشرح جدول ۲ گزارش شده است. مقدار ترکیبات آروماتیک موجود در این حلال (۵/۸۰ درصد)، نیز قابل جدا سازی می باشد.

جدول ۲. ترکیب شیمیایی و درصد حجمی اجزا تشکیل دهنده حلال AW406

ترکیب شیمیایی	درصد حجمی
n-Paraffin	۵۸/۶۹
i-Paraffin	۲۷/۳۲
Naphtenes	۷/۸۴
Aromatics	۵/۸۰

Polynaphtenes	۰۳/
---------------	-----

ترکیب درصد اجزا تشکیل دهنده حلال AW410

ترکیب درصد اجزا تشکیل دهنده حلال AW410 تولید شده در پالایشگاه‌های ایران بشرح جدول ۳ می باشد.

جدول ۳. ترکیب شیمیایی و درصد حجمی اجزا تشکیل دهنده حلال AW410

ترکیب شیمیایی	درصد حجمی
n-Paraffin	۲۰/۶۷
i-Paraffin	۳۷/۷۵
Naphtenes	۳۷/۷۹
Aromatics	۳/۷۹

۱-۷-۲- هگزان نرمال

مشخصات هگزان نرمال در جدول ۴ نشان داده شده‌اند.

جدول ۴. مشخصات فیزیکی و شیمیایی هگزان نرمال

ردیف	مشخصه	واحد	اطلاعات
۱	نام شیمیایی	-	ان هگزان
۲	فرمول شیمیایی	-	C ₆ H ₁₄
۳	وزن مولکولی	گرم	۸۸/۱۸
۴	رنگ	-	بی رنگ
۵	نقطه ذوب	سانتیگراد	-۹۵

شرکت مرک خریداری بیشتر استفاده شدند. روغن های حاوی موم،	۶۹	سانتیگراد	نقطه جوش	۶	۲- بخش تجربی
	۰/۶۶۰۳	کیلوگرم بر لیتر	دانسیته در 20°C	۷	۱-۲ مواد
	نا محلول	میلیگرم بر لیتر	حلالیت در آب	۸	مواد اولیه اکثرا از
	۱۵۰	میلیمتر جیوه	فشار بخار در 25°C	۹	شدند و بدون خالص سازی
	-۲۲	سانتیگراد	نقطه اشتعال	۱۰	الف- روغن های پایه و

تولید شرکت نفت ایرانول می‌باشند.

ب- حلال های صنعتی شامل متیل اتیل کتون، تولوئن، AW406 و AW410 تولید شرکت ملی پالایش و پخش فراورده های نفتی ایران و پتروشیمی اصفهان و ماهشهر می‌باشند.

ج- مواد افزودنی روغن موتور، تولید شرکت آمریکایی افتون و شرکت انگلیسی روماکس می‌باشد.

د- عمده آزمایش ها از طریق دستگاهی انجام گرفت، و روش انجام آنها طبق استانداردهای ASTM می باشد. ASTM، انجمن مواد و آزمون آمریکا می‌باشد. که یکی از بزرگ ترین سازمان های بین المللی توسعه دهنده استاندارد است.

روش کار

روش کلی اندازه گیری ویسکوزیته سینماتیکی

یک ویسکومتر کاملاً تمیز و خشک با توجه به محدوده ویسکوزیته پیش بینی شده برای روغن مورد آزمایش، انتخاب شد. و روغن طوری در آن ریخته شد که دو حباب پایین ویسکومتر کاملاً پر گردید ویسکومتر مربوطه، به درون حمام ویسکوزیته منتقل گردید و دمای حمام در میزان مورد نظر تنظیم گردید (100°C برای ویسکوزیته در صد درجه و 40°C برای ویسکوزیته در چهل درجه) ویسکومتر حاوی نمونه حداقل به مدت پانزده دقیقه در حمام جهت همدم شدن ثابت ماند و سپس توسط خلا، سطح نمونه مورد آزمایش در لوله موئین ویسکومتر به حدود پنج میلی متر بالاتر از خط نشانه ویسکومتر کشیده شد، آنگاه اجازه داده شد تا روغن بطور آزاد و بر اثر نیروی وزن خود جریان یابد به محض رسیدن روغن به اولین خط نشانه بالایی ویسکومتر کلید زمانسنج زده شد تا شروع به کار نماید و هنگام رسیدن به دومین خط نشانه ویسکومتر، زمانسنج متوقف گردید. سپس عدد بدست آمده برحسب ثانیه در فاکتور ویسکومتر ضرب شد، و ویسکوزیته سینماتیکی روغن در دمای مورد نظر حاصل شد. لازم بذکر است که ویسکومتر همواره باید با روغن های استاندارد کالیبره شود، بدین ترتیب که روغن استاندارد با ویسکوزیته مشخص در دمای معینی که بعنوان مرجع می باشد، با ویسکومتر مورد نظر مورد آزمایش گردید و با مقایسه ویسکوزیته حاصل با ویسکوزیته واقعی روغن استاندارد، فاکتور ویسکومتر مشخص شد. [۵].

روش کلی تعیین نقطه ریزش

ابتدا حمام دستگاه تعیین نقطه ریزش به ترتیب در دماهای صفر، ۱۸-، ۳۳- و ۵۱- درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید، سپس ظرف مخصوص تا خط نشانه از نمونه روغن مورد آزمایش پر شد و دماسنج مخصوص اندازه‌گیری نقطه ریزش به گونه‌ای توسط درپوش، درون ظرف ثابت گردید که مخزن جیوه‌ای آن سه میلی‌متر پایین‌تر از سطح روغن قرار گرفت سپس ظرف مخصوص حاوی روغن و دماسنج در اولین حمام دستگاه (صفر درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد و با هر سه درجه کاهش دما ظرف خارج گردید و سیالیت آن مورد بررسی قرار گرفت، اولین دمایی که در آن نمونه، سیالیت خود را از دست داد یادداشت گردید و با افزودن سه درجه سانتی‌گراد به آن، بعنوان نقطه ریزش روغن گزارش داده شد. در مدت زمان انجام آزمایش، چنانچه نمونه در ده درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای حمام مورد استفاده، همچنان سیالیت خود را حفظ کرده باشد، نمونه به حمام بعدی با دمای کمتر منتقل گردید.

روش کلی اندازه‌گیری نقطه اشتعال

ابتدا ظرف مخصوص آزمایش با حلال مناسب (استون، متیل اتیل کتون) شستشو و خشک شد، سپس تا خط نشانه از نمونه پر گردید و در محل مخصوص دستگاه اندازه‌گیری نقطه اشتعال، قرار داده شد و دماسنج نیز در محل خود تنظیم شد، سپس هیتر و شعله دستگاه روشن گردیدند، دمای نمونه ابتدا سریع و در نزدیکی نقطه اشتعال آرام و با سرعت ثابت افزایش یافت از ۵۶ درجه سانتی‌گراد مانده به نقطه اشتعال مورد انتظار با هر دو درجه افزایش دما، شعله از عرض نمونه عبور داده شد که این عمل توسط کلید مخصوص دستگاه صورت گرفت. پایین‌ترین دمایی که با بکار بردن شعله موجب آتش گرفتن بخارات بالای سطح روغن شد به عنوان نقطه اشتعال نمونه ثبت گردید. [۶].

روش کلی تعیین رنگ فراورده های نفتی

ظرف مخصوص توسط نمونه روغن مورد نظر پرگردید، و درون دستگاه تعیین رنگ در محل خود قرار داده شد سپس ظرف‌های جانبی دستگاه، با آب مقطر به عنوان نمونه شاهد پر شدند و دستگاه روشن گردید. رنگ مشاهده شده در قسمت میانی با رنگ‌های سمت چپ و راست مطابقت داده شدند بدین ترتیب که رنگ سمت چپ توسط نشانگر سمت چپ و رنگ سمت راست توسط نشانگر سمت راست تنظیم گردیدند رنگ مشاهده شده در وسط باید مطابق یا روشن‌تر از یکی از رنگ‌های جانبی باشد با چرخاندن نشانگرها و مقایسه رنگ نمونه با رنگ‌های جانبی، شفاف‌ترین رنگ که از رنگ نمونه تیره‌تر باشد شناسایی شد، در صورتی که هر دو رنگ (رنگ نمونه و رنگ شاهد) با یکدیگر مطابق باشند، شماره رنگ به عنوان نتیجه گزارش شد اما اگر رنگ نمونه مورد نظر از رنگ‌های جانبی به مقدار جزئی روشن‌تر بود مقدار رنگ به صورت روشن‌تر از، با علامت اختصاری L گزارش شد. دامنه استاندارد تعریف شده برای رنگ روغن های صنعتی بین ۵/L۰ الی ۸ می‌باشد. [۷].

روش کلی تعیین میزان آب نمونه های نفتی

ابتدا ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه داخل بالن ریخته، و ۱۰۰ میلی لیتر تولوئن به آن افزوده شد، سپس دستگاه تقطیر شامل بالن، هیتر، مبرد و تراپ تنظیم گردید و دمای هیتر در حدود ۱۱۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد پس از حدود بیست دقیقه تمامی آب موجود در نمونه به همراه تولوئن دو فاز جداگانه درون تراپ تشکیل دادند، میزان آب از روی درجه بندی تراپ مشاهده گردید و به صورت درصد گزارش شد. [۸].

روش کلی تعیین نقطه ابری محصولات نفتی

ابتدا چهار حمام دستگاه اندازه گیری نقطه ابری به ترتیب در دماهای صفر، ۱۸-، ۳۳- و ۵۱- درجه سانتی گراد تنظیم گردید و ظرف مخصوص تا خط نشانه از نمونه پر شد و دماسنج توسط درپوش چوب پنبه ای به گونه ای داخل ظرف قرار داده شد که مخزن جیوه ای آن در انتهای ظرف قرار گرفت. سپس ظرف حاوی نمونه به همراه دماسنج در حمام صفر درجه سانتی گراد دستگاه اندازه گیری نقطه ابری قرار داده شد و از ۱۴ درجه سانتی گراد مانده به نقطه ابری مورد انتظار، با هر درجه کاهش دما ظرف حاوی نمونه خارج گردید و نمونه مورد بررسی قرار گرفت اولین دمایی که در آن ذرات پارافین ها مشاهده شدند و نمونه حالت ابری به خود گرفت بعنوان نقطه ابری شدن گزارش شد. لازم به ذکر است که چنانچه نمونه در ۱۰ درجه سانتی گراد بالاتر از دمای حمام مورد استفاده همچنان شفاف بود ظرف نمونه به حمام بعدی با دمای کمتر منتقل گردید. [۹].

روش کلی تعیین میزان روغن موجود در موم

ابتدا نمونه در دمای ۷۰ الی ۱۰۰ درجه سانتی گراد جهت یکنواخت شدن هم زده شد، سپس یک لوله آزمایش وزن گردید (A) و حدود یک گرم از نمونه به لوله آزمایش منتقل شد (وزن نمونه : B) سپس ۱۵ میلی لیتر متیل اتیل کتون به آن افزوده شد، و لوله آزمایش درون حمام آب گرم قرار گرفت و محلول درون آن جهت یکنواخت شدن هم زده شد، پس از یکنواخت شدن؛ لوله آزمایش به حمام صفر درجه سانتی گراد منتقل شد و پس از سرد شدن، لوله آزمایش محتوی نمونه، و حلال توزین گردید (C) سپس دماسنج درون لوله آزمایش قرار داده شد و به حمام ۳۴- درجه سانتی گراد منتقل گردید (دستگاه اندازه گیری نقطه ریزش روغن، جهت این کار مناسب می باشد)، تا زمان رسیدن دمای نمونه به حدود ۳۲- درجه سانتی گراد؛ توسط دماسنج هم زده شد. همزمان با سرد شدن نمونه یک عدد فیلتر مخصوص (شکل ۳-۱۳) جهت همدم شدن درون حمام ۳۴- سانتی گراد قرار داده شد. پس از اینکه دمای نمونه به دمای مورد نظر رسید دماسنج خارج و فیلتر مخصوص درون لوله آزمایش قرار داده شد، سپس توسط خلا و فیلتر مقدار ۴ میلی لیتر از محتویات لوله آزمایش به درون ارلن که قبلا همراه با درپوش وزن شده (D) منتقل شد سپس ارلن حاوی نمونه توزین شد (E) و درون دستگاه تبخیر طوری قرار داده شد که فاصله لوله دمنده هوا تا سطح نمونه داخل ارلن ۱۵ میلی متر باشد سپس پمپ دمنده دستگاه روشن شد و بعد از گذشت ۱۰ دقیقه ارلن خارج شد و همراه با درپوش توزین گردید و مجددا ارلن درون دستگاه تبخیر قرار گرفت و پس از ۱۰ دقیقه خارج و توزین شد. عملیات تبخیر و توزین تا زمانی صورت گرفت که وزن اندازه گیری شده بدون تغییر ثابت ماند که نشان دهنده تبخیر تمام حلال موجود می باشد (وزن نهایی: F) سپس با توجه به اعداد بدست آمده و رابطه زیر میزان روغن موجود در موم برحسب درصد محاسبه و گزارش شد. [۱۰].

$$\frac{(F - D) \times [C - (B + A)]}{B \times (E - F)} \times 100$$

نتایج و بحث

آنالیز و نتایج مربوطه

مقدمه

در برش های روغنی حاصل از تقطیر نفت خام که جهت تهیه روانکارها استفاده می شوند پارافین هایی با نقطه ذوب بالا موجود می باشند که باعث می شوند روغن نقطه ریزش بالایی پیدا کند که این خصوصیت برای روانکار شاخص مناسبی محسوب نمی شود، پارافین ها باعث پایین آمدن چگالی نسبی و گرانروی روغن نیز می شوند لذا همواره فرایندهایی در صنایع روغن سازی جهت استخراج این مواد که به موم معروف هستند، اعمال می شوند. تنها فرایند مورد استفاده جهت استخراج پارافین ها از برش های روغنی در کارخانجات روغن سازی در ایران استخراج با حلال می باشد، نقش حلال در این فرایند رسوب دادن پارافین های دارای نقطه ذوب بالا و همچنین کاهش گرانروی و رقیق کردن برش روغنی جهت صاف شدن می باشد. در این فرایند، خوراک تحت شرایط معینی با مقدار مشخصی از حلال مخلوط شده و سپس سرد می شود، مواد نامحلول متبلور شده و سپس به کمک صافی ها از مخلوط روغن و حلال جدا می شود. حلال مناسب، باید روغن را حل کرده و حتی الامکان موم ها را رسوب دهد از طرف دیگر پس از تبلور، میزان فشردگی شبکه بلوری موم ها نباید مانع صاف شدن روغن شود چون با افزایش فشار، عمل فیلتراسیون مستلزم صرف انرژی و زمان بیشتری می شود، در صنایع روغن سازی متیل اتیل کتون به عنوان رسوب دهنده پارافین ها در دمای پایین، و بنزن یا تولوئن به عنوان حلال روغن متداول هستند که هدف این پژوهش جایگزینی حلال آرماتیک با یک حلال مناسب در صنایع روغن سازی در بخش فرایند موم گیری می باشد.

تعیین خواص روغن قبل از فرایند موم گیری و مقایسه با روغن موم گیری شده

در ابتدا جهت نشان دادن تاثیر پارافین ها بر کیفیت روغن، آزمون هایی روی دو نمونه روغن، که قبل و بعد از فرایند موم زدایی در واحد روغن سازی تهیه شده اند، صورت گرفت. لازم به ذکر است که ویسکوزیته سینماتیکی برش روغنی اولیه، در محدوده ۵ الی ۷ سانتی استوک می باشد، که در صنایع تولید روانکار به محصول بدست آمده از برش های روغنی واقع در این محدوده، روغن پایه ۱۰ گفته می شود، لذا تمام مقایسه ها و محدوده های مطلوب ذکر شده در جداول این بخش مربوط به روغن پایه ۱۰ می باشند.

جدول ۶. مقایسه نتایج آزمون های کیفیتی روغن قبل و بعد از فرایند موم زدایی

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	روغن قبل از فرایند موم گیری	روغن بعد از فرایند موم گیری
------	-------	------	-------------------	--------------------------------	--------------------------------

۱	چگالی نسبی (۶۰°F)	D۱۲۹۸	۰/۸۷۱۰	۰/۸۸۲۰
۲	رنگ	D۱۵۰۰	L۱/۰	L۱/۰
۳	Kvisc@40°C	cSt	۲۷/۶۶	۳۵/۰۳
۴	Kvisc@100°C	cSt	۵/۰۴	۵/۵۲
۵	شاخص گرانیروی	D۲۲۸۰	۱۰۹	۹۱
۶	نقطه اشتعال	D۹۲	۲۱۸	۲۱۴
۷	نقطه ریزش	D۹۷	+۳۰	-۳

نتایج بدست آمده از جدول فوق را می‌توان به ترتیب زیر تفسیر کرد

الف) وزن مخصوص: وجود پارافین‌های با نقطه ذوب بالا، باعث کاهش چگالی نسبی روغن می‌شود، همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌شود پس از حذف شدن این گونه پارافین‌ها چگالی نسبی روغن افزایش یافته است. لازم به ذکر است که این شاخص در کنار دیگر مشخصات روغن تعیین کننده قیمت فروش روغن می‌باشد.

ب) ویسکوزیته سینماتیکی (Kvisc): موم گیری از روغن باعث افزایش ویسکوزیته شده است و اصطلاحاً روغن سفت تر شده، که باعث می‌شود روغن در دمای بالاتر خصوصیات روانکاری خود را بهتر حفظ کند.

ج) نقطه ریزش: نقطه ریزش بالا مشخصه مطلوبی برای روغن نمی‌باشد، زیرا باعث می‌شود روغن به سرعت جامد شده و خاصیت روانکاری خود را از دست دهد. همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌شود بعد از موم گیری این شاخص سی و سه درجه سانتی‌گراد بهبود یافته است.

تعیین میزان اختلاف عوامل موثر در فرایند موم‌گیری، در شرایط آزمایشگاهی و مقیاس صنعتی

به طور کلی در فرایند موم‌گیری باید سه عامل، نسبت حلال‌ها به یک دیگر، نسبت مخلوط دو حلال به خوراک و دمای فیلتراسیون پارافین‌های کریستاله شده، کنترل و بهینه سازی شود.

در مقیاس صنعتی جهت موم زدایی، ترکیب درصد حلال‌های مورد استفاده در حدود ۶۰ درصد متیل اتیل کتون و ۴۰ درصد تولوئن می‌باشد و نسبت مخلوط حلال‌ها به خوراک (روغن حاوی موم) ۱/۰۳ الی ۱/۰۴ به یک واحد خوراک بوده، و دمای فیلتراسیون در حدود ۱۵- درجه سانتی‌گراد می‌باشد، که در این شرایط راندمان عمل ۸۵ درصد خواهد بود، بدین معنی که با استخراج ۱۵ درصد از ترکیبات خوراک که شامل ترکیباتی با دمای ذوب بالاتر یا به عبارت دیگر دارای زنجیره کربنی بلندتر و شاخه‌های کمتر می‌باشند؛ خواص محصول باقی مانده به میزان مطلوب بهبود می‌یابد. زیرا ترکیبات سنگین تر و ترکیباتی که کم شاخه هستند در هنگام رسوب گذاری نسبت به دیگر ترکیبات مقدم‌تر هستند البته شایان ذکر است که می‌توان مقدار بیشتری از ترکیباتی که باعث کاهش کیفیت روغن می‌شوند، را با اعمال شرایط خاصی، مانند کاهش دما و افزایش میزان متیل‌اتیل کتون را حذف کرد و کیفیت روغن را افزایش داد، که در چنین شرایطی مسلماً منجر به حذف بیشتر از ۱۵ درصد از ترکیبات سنگین‌تر خواهد شد،

و باعث کاهش مقدار محصول تولید شده نیز می‌شود. ابتدا جهت مقایسه نتایج فرآیند استخراج موم از روغن در آزمایشگاه و مقیاس صنعتی از حلال های رایج در صنعت روغن سازی یعنی مخلوط متیل اتیل کتون و تولوئن استفاده شد، و با نسبت‌های متفاوتی از دو حلال نسبت به یکدیگر و همچنین نسبت‌های مختلفی از مخلوط حلال ها به خوراک و اعمال دماهای متفاوت مشخص شد که در شرایط آزمایشگاهی چگونه باید عوامل فوق را تغییر داد که به راندمان ۸۵ درصد تولید روغن دست یافت. بدین ترتیب که در ابتدا دمای فیلتراسیون و نسبت دو حلال تولوئن و متیل اتیل کتون به یکدیگر برابر با مقادیر اعمال شده در فرایند صنعتی در نظر گرفته شد، و فقط میزان نسبت مخلوط دو حلال به خوراک تغییر داده شد. در مراحل متوالی، نسبت مخلوط دو حلال به خوراک افزایش داده شد و راندمان محاسبه گردید، این عمل تا جایی ادامه داده شد که با افزایش میزان مخلوط دو حلال نسبت به خوراک تاثیری در راندمان روغن مشاهده نشد.

همان طور که در ابتدای این بخش ذکر شد جهت حفظ تعادل بین کیفیت و کمیت محصول، راندمان ۸۵ درصد گزینه مناسبی است، و بنابر داده‌های بدست آمده نزدیکترین مقدار به راندمان ایده‌آل، در ردیف‌های ۶، ۷ و ۸ جدول مذکور حاصل شده است، که با در نظر گرفتن بهینه سازی نسبت دو حلال به خوراک گزینه مناسب، نسبت ۱/۰۵ مخلوط دو حلال به یک واحد خوراک انتخاب گردید و در ادامه برای این نسبت، بهینه سازی دما و ترکیب درصد مناسب دو حلال به یکدیگر مشخص گردید. بدین ترتیب که در نسبت‌های حجمی متفاوتی از تولوئن و متیل اتیل کتون و در دماهای ۱۶-، ۱۷-، ۱۸- و ۱۹- درجه سانتی‌گراد عملیات موم‌گیری از روغن انجام گرفت و راندمان در هر مرحله محاسبه گردید.

جدول ۷. بهینه سازی نسبت مخلوط دو حلال متیل اتیل کتون و تولوئن به خوراک

ردیف	نسبت دو حلال به خوراک	مقدار لازم از مخلوط حلال ها برای ۱ لیتر خوراک (ml)	دمای فیلتراسیون (°C)	متیل اتیل کتون %	تولوئن %	راندمان
۱	۱:۱	۱۰۰۰	-۱۵	۶۰	۴۰	۶۳
۲	۱:۱/۰۱	۱۰۱۰	-۱۵	۶۰	۴۰	۶۷
۳	۱:۱/۰۲	۱۰۲۰	-۱۵	۶۰	۴۰	۷۳
۴	۱:۱/۰۳	۱۰۳۰	-۱۵	۶۰	۴۰	۷۸
۵	۱:۱/۰۴	۱۰۴۰	-۱۵	۶۰	۴۰	۸۱
۶	۱:۱/۰۵	۱۰۵۰	-۱۵	۶۰	۴۰	۸۲
۷	۱:۱/۰۶	۱۰۶۰	-۱۵	۶۰	۴۰	۸۲
۸	۱:۱/۰۷	۱۰۷۰	-۱۵	۶۰	۴۰	۸۲

جدول ۸. بهینه سازی دما برای نسبت ۱/۰۵ از مخلوط دو حلال متیل اتیل کتون و تولوئن به یک واحد خوراک و تعیین ترکیب درصد مناسب دو حلال نسبت به

یکدیگر

ردیف	تولوئن %	متیل اتیل کتون %	دما (°C)	راندمان	دما (°C)	راندمان	دما (°C)	راندمان	دما (°C)	راندمان
۱	۴۰	۶۰	-۱۶	۸۶	-۱۷	۸۴	-۱۸	۸۲	-۱۹	۸۰
۲	۴۵	۵۵	-۱۶	۸۸	-۱۷	۸۵	-۱۸	۸۳	-۱۹	۸۲
۳	۵۰	۵۰	-۱۶	۸۹	-۱۷	۸۷	-۱۸	۸۶	-۱۹	۸۶
۴	۵۵	۴۵	-۱۶	۹۰	-۱۷	۸۸	-۱۸	۸۷	-۱۹	۸۶

نتایج جدول ۸ نشان می دهد که در هر ستون از بالا به پایین راندمان تولید روغن افزایش یافته که این بدین معنی است که هر چه نسبت حلال روغن (تولوئن) بیشتر باشد، مولکول های روغن را بیشتر حل کرده و استخراج می کند و از طرفی باعث حل کردن مولکول های پارافینی سنگین تر نیز می شود که این اتفاق به نوبه خود باعث کاهش کیفیت روغن می شود چرا که با حل شدن مولکول های پارافینی سنگین تر نقطه ریزش روغن بالاتر رفته و دانسیته آن نیز کاهش می یابد که مطلوب نمی باشد، در این جدول، راندمان از چپ به راست نیز کاهش یافته چرا که با کاهش دما مولکول های سبک تر نیز کریستاله شده و از فیلتر خارج نمی شوند. هر چند که در این حالت کیفیت روغن بالاتر می رود اما جداسازی باید طوری صورت گیرد که اولاً شاخص های کیفیتی روغن از مقادیر مطلوب پایین تر نباشند، و از طرفی روغن در محصول جانبی (موم) هدر نرود. با توجه به نتایج به دست آمده در جداول ۷ و ۸ راندمان مورد نظر (۸۵ درصد) با ترکیب دو حلال به نسبت ۵۵ درصد متیل اتیل کتون و ۴۵ درصد تولوئن و با دمای فیلتراسیون ۱۷- درجه سانتیگراد حاصل شد.

جدول ۹. مقایسه شرایط موم گیری در مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی با راندمان یکسان

مقیاس تولید محصول	نسبت دو حلال به خوراک	تولوئن %	متیل اتیل کتون %	دمای فیلتراسیون	راندمان
مقیاس آزمایشگاهی	۱/۰۵	۴۵	۵۵	-۱۷	۸۵
مقیاس صنعتی	۱/۰۳-۱/۰۴	۴۰	۶۰	-۱۵	۸۵

شبیه سازی فرایند موم گیری

برای هر نسبت از مخلوط حلال ها به خوراک، ترکیب درصد مخلوط نسبت به دو حلال متیل اتیل کتون و تولوئن، و دمای فیلتراسیون مورد نظر، (شرایط اعمال شده در جداول ۷ و ۸) روش کار به شرح ذیل انجام گرفت.

ابتدا ۱۰۰۰ میلی لیتر روغن حاوی موم به وسیله بالن ژوژه حجم سنجی شد و سپس در ظرف اختلاط با مخلوط حلال های متیل اتیل کتون و تولوئن که با نسبت مورد نظر تهیه شده اند افزوده شد بعنوان مثال برای اینکه مخلوط حلال به خوراک ۱/۰۴ : ۱ باشد و از طرفی نسبت دو حلال به یکدیگر ۶۰ درصد متیل اتیل کتون و ۴۰ درصد تولوئن (حجمی/حجمی) باشد برای ۱۰۰۰ میلی لیتر خوراک محاسبات به صورت زیر انجام شد.

$$V_{\text{روغن حاوی موم}} = 1000 \text{ ml}$$

مقدار لازم از مخلوط دو حلال برای ۱۰۰۰ میلی لیتر روغن حاوی موم برحسب میلی لیتر برابر است با:

$$1040 = 1000 \text{ میلی لیتر موم حاوی روغن} \times \frac{104 \text{ میلی لیتر از مخلوط دو حلال}}{1 \text{ میلی لیتر روغن حاوی موم}}$$

همچنین مقدار هر کدام از دو حلال متیل اتیل کتون و تولوئن در حجم کل، برابر با مقادیر زیر خواهد بود

$$V_{\text{متیل اتیل کتون}} = \frac{1040}{100} \times 60 = 624 \text{ ml}$$

$$V_{\text{تولوئن}} = \frac{1040}{100} \times 40 = 416 \text{ ml}$$

برای سایر نسبت های ذکر شده از حلال ها در این فصل، محاسبات به شکل فوق انجام گرفت. پس از افزایش مخلوط حلال ها به روغن حاوی موم ابتدا مخلوط روی هیتر در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه هم زده شد، سپس از روی هیتر برداشته شد تا با دمای محیط همدم گردید، و اجازه داده شد تا کریستال های پارافین ها تشکیل گردند، سپس جهت کاهش دمای مخلوط و رشد کریستال ها از دستگاه تعیین نقطه ریزش استفاده شد، بدین ترتیب که ابتدا دمای حمام دستگاه، در ۲۰- درجه سانتی گراد تنظیم گردید، سپس مخلوط به حمام منتقل شد و کاهش دما همراه با هم زدن مخلوط به میزان ۴ درجه سانتی گراد در هر دقیقه تنظیم گردید (کاهش دما به میزان ۴ درجه سانتی گراد در دقیقه به طور تجربی در فرایند موم گیری حاصل شده است)، پس از رسیدن به دمای فیلتراسیون مورد نظر، توسط پمپ خلا و به کمک فیلتر، عمل فیلتراسیون صورت گرفت، بدین ترتیب که روغن حل شده همراه با حلال از صافی عبور کرده و جزء دیگر که شامل کریستال های متبلور شده پارافین ها می باشد باقی ماند. واضح است که هر کدام از دو محصول حاوی مقادیر زیادی حلال می باشند که باید جداسازی شوند جدا سازی حلال از روغن و موم به کمک منتل، تراپ و مبرد صورت گرفت، و جهت حذف کامل حلال باقی مانده، روغن و موم بدست آمده در دستگاه تبخیر مورد هوازدایی قرار گرفتند.

نتایج آزمون های کیفیتی روغن و موم بدست آمده در شرایط آزمایشگاهی

در مرحله بعد آزمون های کیفیتی روی نمونه روغن و موم حاصل از شرایط تولید روغن با راندمان ۸۵ درصد در آزمایشگاه انجام

گرفت .

جدول ۱۰. نتایج آزمون های کیفیتی روغن حاصل در شرایط آزمایشگاهی

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	نتیجه	مقدار مطلوب
۱	چگالی نسبی (۶۰°F)		D۱۲۹۸	۰/۸۸۲۵	۰/۸۹۰۰-۰/۸۷۵۰
۲	رنگ		D۱۵۰۰	L۱/۵	۲/۵ ≥
۳	Kvisc@40°C	CSt	D ۴۴۵	۳۳/۰۸	
۴	Kvisc@100°C	cSt	D ۴۴۵	۵/۳۷	۷-۵
۵	شاخص گرانروی		D۲۲۸۰	۹۳	≥ ۹۰
۶	نقطه اشتعال	°C	D۹۲	۲۱۴	۲۲۰-۲۰۲
۷	نقطه ریزش	°C	D۹۷	-۳	-۳ ≥

جدول ۱۱. نتایج آزمون های کیفیتی موم حاصل از شرایط آزمایشگاهی

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	نتیجه
۱	چگالی نسبی		D۱۲۹۸	۰/۸۳۳۵
۲	رنگ		D۱۵۰۰	L۱/۰
۳	میزان روغن	%	D۷۲۱	۲۳/۷۰
۴	Kvisc@100°C	cSt	D ۴۴۵	۴/۸۶
۵	ضریب شکست		D۱۲۱۸	۱/۴۴۲۱
۶	نقطه اشتعال	°C	D۹۲	۲۱۸

بررسی جایگزینی تولوئن با حلال های AW406 ، AW410 و هگزان نرمال در فرایند موم گیری از روغن

بررسی تاثیر حلال ها بر حلالیت روغن و موم

همانطور که ذکر گردید حلال مناسب در فرآیند استخراج موم، باید روغن را در دمای پایین به خوبی حل کند، و حتی الامکان موم ها را در دماهای پایین حل نکند و مزاحمتی برای متیل اتیل کتون در سوب دادن موم ها ایجاد نکند.

بررسی تاثیر حلال AW406 بر حلالیت روغن و موم

جهت مشاهده تاثیر حلال AW406 بر روی روغن و موم، ابتدا ۱۰۰ میلی لیتر روغن موم گیری شده ، در یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد و سپس ۱۰۰ میلی لیتر حلال AW406 به آن افزوده گردید و مشاهده شد که حلال به خوبی باعث حل شدن روغن گردید سپس به کمک حمام دستگاه تعیین نقطه ریزش دمای نمونه به آرامی تا دمای ۱۹ درجه سانتی گراد زیر صفر کاهش داده شده و مشاهده شد که در دمای پایین نیز حلال AW406 برای روغن حلال مناسبی است. جهت مشاهده تاثیر این حلال بر عملکرد متیل اتیل کتون در رسوب دادن موم ها نیز چند مخلوط با ترکیب درصد های مختلفی از AW406 و متیل اتیل کتون طبق جدول ۱۲ تهیه شد و هر کدام از مخلوط ها به طور جداگانه به ۱۰۰ میلی لیتر نمونه از موم افزوده گردید و به شدت همزده شد و دمای آن به کمک حمام دستگاه تعیین نقطه ریزش تا ۱۹ درجه سانتی گراد زیر صفر کاهش داده شد، نتایج حاصل در جدول ۱۲ نشان داده شده اند.

جدول ۱۲. نتایج آزمون تاثیر حلال AW406 بر عملکرد متیل اتیل کتون در رسوب دادن موم ها

AW406 %	متیل اتیل کتون %	دما	حلالیت موم	دما	حلالیت موم	دما	حلالیت موم
۳۰	۷۰	-۱۵	کم محلول	-۱۷	حلالیت جزئی	-۱۹	نامحلول
۳۵	۶۵	-۱۵	کم محلول	-۱۷	حلالیت جزئی	-۱۹	نامحلول
۴۰	۶۰	-۱۵	محلول	-۱۷	کم محلول	-۱۹	حلالیت جزئی
۴۵	۵۵	-۱۵	محلول	-۱۷	کم محلول	-۱۹	کم محلول

بررسی تاثیر حلال AW410 بر حلالیت روغن و موم

جهت بررسی تاثیر حلال AW410 بر حلالیت روغن و موم، تمام مراحل قبل برای این حلال انجام گرفت، و مشاهده شد که این حلال برای روغن در دماهای پایین نیز حلال مناسبی می باشد، و در ادامه همانند بخش قبل تاثیر این حلال بر عملکرد متیل اتیل کتون در رسوب دادن موم ها، مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بدست آمده در ۱۳ نشان داده شده اند.

جدول ۱۳. نتایج آزمون تاثیر حلال AW410 بر عملکرد متیل اتیل کتون در رسوب دادن موم ها

متیل اتیل کتون %	دما	حلالیت موم	دما	حلالیت موم	دما	حلالیت موم
۳۰	۷۰	۱۵- کم محلول	۱۷- کم محلول	۱۹- حلالیت جزئی	۱۹- نامحلول	حلالیت موم
۳۵	۶۵	۱۵- کم محلول	۱۷- کم محلول	۱۹- حلالیت جزئی	۱۹- نامحلول	حلالیت موم
۴۰	۶۰	۱۵- محلول	۱۷- کم محلول	۱۹- کم محلول	۱۹- حلالیت جزئی	حلالیت موم
۴۵	۵۵	۱۵- محلول	۱۷- کم محلول	۱۹- کم محلول	۱۹- کم محلول	حلالیت موم

بررسی تاثیر هگزان نرمال بر حلالیت روغن و موم

بررسی میزان حلالیت موم در مخلوط متیل اتیل کتون و هگزان نرمال نشان داد که موم ها از حلالیت بالایی برخوردار هستند مگر اینکه میزان درصد هگزان نرمال در مخلوط، (هگزان نرمال و متیل اتیل کتون) در حدود بیست درصد و دمای فیلتراسیون موم گیری کمتر از ۲۱- درجه سانتی گراد باشد که اولاً از نظر انرژی مستلزم هزینه بیشتر بوده و از طرفی رسیدن به نقطه ایده‌ال برای نسبت هگزان نرمال و متیل اتیل کتون نیازمند محاسبات دقیق می‌باشد و کنترل کردن این نسبت در شرایط صنعتی مشکل می‌باشد.

فرایند موم‌گیری با جایگزینی حلال آروماتیک با حلال های AW406 و AW410

نتایج جدول ۱۲ و ۱۳ نشان می‌دهد که از حلال های AW406 و AW410 نباید بیشتر از ۳۵ درصد در مخلوط حلال ها جهت موم‌گیری استفاده کرد، به عبارتی دیگر، ترکیب درصد مخلوط حلال های موم‌گیری حداکثر می‌تواند حاوی ۳۵ درصد AW406 یا AW410 باشد، و مابقی متیل اتیل کتون را به کار برد. چرا که افزایش میزان این حلال ها باعث حل شدن ترکیبات سنگین پارافینی شده و باعث پایین آمدن کیفیت روغن می‌گردد، مگر اینکه دما کاهش یابد، که این هم مستلزم صرف انرژی و هزینه بیشتر است. همانطور که در بخش ۱-۳-۳ عنوان شد راندمان مطلوب فرایند موم‌گیری ۸۵ درصد می‌باشد. لذا شرایط لازم جهت بدست آمدن این راندمان به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۳-۶-۲-۱- بررسی شرایط حصول راندمان ۸۵ درصد با مخلوط دو حلال AW406 و متیل اتیل کتون

با در نظر گرفتن محدودیت موجود (جدول ۱۲) جهت استفاده از حلال AW406 در نسبت حلال ها، فرایند جداسازی موم از روغن، ابتدا برای نسبت ۳۰ درصد حلال AW406 و ۷۰ درصد متیل اتیل کتون در دماهای مختلف و نسبت‌های متفاوت مخلوط دو حلال به خوراک انجام گرفت و نتایج در جدول ۱۴ نشان داده شده اند.

جدول ۱۴. بهینه سازی دما و نسبت مخلوط دو حلال به خوراک جهت، جدا سازی موم از روغن با

نسبت ۳۰ درصد حلال AW406 و ۷۰ درصد متیل اتیل کتون

ردیف	نسبت دو حلال به خوراک	مقدار لازم از مخلوط حلال ها برای ۱ لیتر خوراک (ml)	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان
۱	۱:۱	۱۰۰۰	-۱۵	۹۰	-۱۷	۸۹	-۱۹	۸۸
۲	۱:۱/۰۱	۱۰۱۰	-۱۵	۹۰	-۱۷	۸۸	-۱۹	۸۷
۳	۱:۱/۰۲	۱۰۲۰	-۱۵	۸۹	-۱۷	۸۸	-۱۹	۸۶
۴	۱:۱/۰۳	۱۰۳۰	-۱۵	۸۹	-۱۷	۸۷	-۱۹	۸۶
۵	۱:۱/۰۴	۱۰۴۰	-۱۵	۸۸	-۱۷	۸۷	-۱۹	۸۵
۶	۱:۱/۰۵	۱۰۵۰	-۱۵	۸۸	-۱۷	۸۶	-۱۹	۸۵
۷	۱:۱/۰۶	۱۰۶۰	-۱۵	۸۷	-۱۷	۸۶	-۱۹	۸۴
۸	۱:۱/۰۷	۱۰۷۰	-۱۵	۸۷	-۱۷	۸۵	-۱۹	۸۴

نتایج جدول فوق را می توان از دو دیدگاه تفسیر کرد، اول اینکه تاثیر نسبت مخلوط دو حلال به خوراک در دمای ثابت، بر راندمان بدست آمده (به صورت ستونی)؛ و دوم اینکه اثر دما بر راندمان، با ثابت در نظر گرفتن نسبت مخلوط دو حلال به خوراک (به صورت افقی)، ملاحظه می شود که اثر دما بر راندمان قابل ملاحظه تر می باشد، و این از آنجا ناشی می شود که ترکیب درصد حلال ثابت در نظر گرفته شده است. (۷۰ درصد متیل اتیل کتون و ۳۰ درصد AW406).

سپس نسبت ۳۵ درصد حلال AW406 ، و ۶۵ درصد متیل اتیل کتون اعمال شد، نتایج در جدول ۱۵ نشان داده شده اند.

جدول ۱۵. بهینه سازی دما و نسبت مخلوط دو حلال به خوراک برای جدا سازی موم از روغن با

نسبت ۳۵ درصد حلال AW406 و ۶۵ درصد متیل اتیل کتون

ردیف	نسبت دو حلال به خوراک	مقدار لازم از مخلوط حلال ها برای ۱ لیتر خوراک (ml)	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان
۱	۱:۱	۱۰۰۰	-۱۵	۹۳	-۱۷	۹۱	-۱۹	۸۸
۲	۱:۱/۰۱	۱۰۱۰	-۱۵	۹۳	-۱۷	۹۱	-۱۹	۸۷
۳	۱:۱/۰۲	۱۰۲۰	-۱۵	۹۱	-۱۷	۹۰	-۱۹	۸۷
۴	۱:۱/۰۳	۱۰۳۰	-۱۵	۹۰	-۱۷	۸۹	-۱۹	۸۶
۵	۱:۱/۰۴	۱۰۴۰	-۱۵	۹۰	-۱۷	۸۹	-۱۹	۸۶
۶	۱:۱/۰۵	۱۰۵۰	-۱۵	۸۹	-۱۷	۸۸	-۱۹	۸۵
۷	۱:۱/۰۶	۱۰۶۰	-۱۵	۸۹	-۱۷	۸۸	-۱۹	۸۵
۸	۱:۱/۰۷	۱۰۷۰	-۱۵	۸۸	-۱۷	۸۷	-۱۹	۸۵

با توجه به داده های جداول ۱۴ و ۱۵ در چندین مورد جدا سازی مطلوب (۸۵ درصد) صورت گرفته است. با توجه به اصول بهینه سازی برای دما و میزان حلال مصرفی، موارد بصرفه تر در جدول ۱۶ نشان داده شده اند.

جدول ۱۶. شرایط عملیاتی مطلوب جهت بکار بردن حلال AW406 در فرایند موم گیری

ردیف	متیل اتیل کتون %	AW406%	مقدار لازم از مخلوط حلال ها برای ۱ لیتر خوراک (ml)	دمای فیلتراسیون (°C)
۱	۷۰	۳۰	۱۰۷۰	-۱۷
۲	۷۰	۳۰	۱۰۴۰	-۱۹
۳	۶۵	۳۵	۱۰۵۰	-۱۹

نتایج آزمون های کیفیتی روغن و موم حاصل از موم گیری با حلال AW406 و متیل اتیل کتون

روغن و موم حاصل در هر یک از شرایط جدول فوق به شرح ذیل مورد آزمون و بررسی قرار گرفتند.

جدول ۱۷. نتایج آزمون های کیفیتی روغن حاصل از بکار بردن حلال AW406 در فرایند موم گیری

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	نتیجه	نتیجه	مقدار مطلوب
۱	چگالی نسبی		D۱۲۹۸	۰/۸۸۱۸	۰/۸۸۲۵	۰/۸۹۰۰-۰/۸۷۵۰
۲	رنگ		D۱۵۰۰	L ۲/۰	L۲/۰	۲/۵ ≥
۳	Kvisc@40°C	cSt	D ۴۴۵	۳۱/۸۴	۳۲/۱۵	
۴	Kvisc@100°C	cSt	D ۴۴۵	۵/۲۲	۵/۲۵	۷-۵
۵	شاخص گرانیروی		D۲۲۸۰	۹۱	۹۱	≥ ۹۰
۶	نقطه اشتعال	°C	D۹۲	۲۱۰	۲۱۲	۲۲۰-۲۰۲
۷	نقطه ریزش	°C	D۹۷	-۳	-۳	-۳ ≥

جدول ۱۸. نتایج آزمون های کیفیتی موم حاصل از بکار بردن حلال AW406 در فرایند موم گیری

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	نتیجه	نتیجه
۱	چگالی نسبی		D۱۲۹۸	۰/۸۳۴۱	۰/۸۳۳۵
۲	رنگ		D۱۵۰۰	L ۱/۵	L ۱/۵
۳	میزان روغن	%	D۷۲۱	۲۵/۷۰	۲۳/۷۷
۴	Kvisc@100°C	cSt	D ۴۴۵	۳/۹۷	۳/۹۲
۵	ضریب شکست		D۱۲۱۸	۱/۴۴۳۱	۱/۴۴۲۰
۶	نقطه اشتعال	°C	D۹۲	۲۱۸	۲۱۸

نتایج جدول ۱۷ نشان می دهد که روغن تولید شده از کیفیت قابل قبولی برخوردار می باشد.

در رابطه با شرایط عملیاتی ردیف سوم نیز، با یک مقایسه ساده می توان متوجه شد که از نظر اقتصادی به کار بردن شرایط عملیاتی موجود در

ردیف دوم جدول ۱۶ به صرفه تر خواهد بود زیرا در هر دو حالت دما یکسان است و در شرایط ردیف سوم میزان حلال مصرفی بیشتر است، با توجه

به شرایط فرایند و نظر تولید کننده می توان هر یک از دو شرایط اعمال شده در ردیف اول یا دوم را بکار برد. و باید در نظر داشت که هزینه کاهش دما در فرایند به صرفه تر است یا کاهش نسبت دو حلال به خوراک، به طور کلی چنانچه در فرایند موم گیری، تولوئن (حلال آروماتیک) با حلال AW406 جایگزین شود می توان هر یک از دو شرایط زیر را به کاربرد.

جدول ۱۹. شرایط عملیاتی پیشنهادی جهت جایگزینی حلال آروماتیک با AW406

ردیف	متیل اتیل کتون %	AW406 %	مقدار لازم از مخلوط حلال ها برای ۱ لیتر خوراک (ml)	دمای فیلتراسیون (°C)
۱	۷۰	۳۰	۱۰۷۰	-۱۷
۲	۷۰	۳۰	۱۰۴۰	-۱۹

لازم بذکر است جهت بدست آمدن نتایج مطلوب تر، بهتر است اختلاف به دست آمده (بخش ۱-۳-۳، جدول ۹) در مقایسه شرایط، بین مقیاس آزمایشگاهی و مقیاس صنعتی اعمال شود. به عنوان مثال با توجه به جدول ۹، دمای فیلتراسیون در مقیاس آزمایشگاهی دو درجه سانتی گراد کمتر از شرایط عمل در مقیاس صنعتی حاصل شد (در مقیاس صنعتی ۱۵- سانتی گراد و در مقیاس آزمایشگاهی ۱۷- سانتی گراد) و از طرفی نسبت دو حلال به خوراک در مقیاس آزمایشگاهی ۰/۰۱ الی ۰/۰۲ بیشتر از مقیاس صنعتی بدست آمد. (نسبت دو حلال به خوراک در مقیاس صنعتی ۰/۰۳- ۱/۰۴ و در مقیاس آزمایشگاهی ۱/۰۵) لذا با توجه به اینکه نتایج جدول ۴-۱۴ در شرایط آزمایشگاهی حاصل شد، چنانچه در صنعت بکار برده شوند باید ابتدا با توجه به جدول ۹ تصحیحات لازم انجام گیرد.

بررسی نتایج آزمون های کیفیتی روغن تولید شده با راندمان های بالاتر و پایین تر از ۸۵ درصد

همان گونه که در جدول ۱۴ مشاهده می شود در دو حالت راندمان کمتر از ۸۵ درصد حاصل شده است (ردیف های ۷ و ۸ در جدول ۱۴ راندمان ۸۴ درصد می باشد) و از طرفی در هر دو جدول ۱۴ و ۱۵ در حالت های مختلفی راندمان بالاتر از ۸۵ درصد بدست آمده است، در این پژوهش آزمون های کیفیتی روی روغن در حالت راندمان های تولیدی ۸۴ درصد و ۸۸ درصد انجام گرفت.

نتایج آزمون های کیفیتی روغن تولید شده با راندمان پایین تر از ۸۵ درصد

جدول ۲۰. نتایج آزمون های کیفیتی روغن تولید شده با راندمان ۸۴ درصد

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	نتیجه	مقدار مطلوب
۱	چگالی نسبی		D۱۲۹۸	۰/۸۸۳۵	۰/۸۹۰۰-۰/۸۷۵۰
۲	رنگ		D۱۵۰۰	L۲/۰	۲/۵≥

۳	Kvisc@40°C	cSt	D ۴۴۵	۳۲/۴۰	
۴	Kvisc@100°C	cSt	D ۴۴۵	۵/۲۶	۷-۵
۵	شاخص گرانروی		D۲۲۸۰	۹۰	≥ ۹۰
۶	نقطه اشتعال	°C	D۹۲	۲۰۸	۲۲۰-۲۰۲
۷	نقطه ریزش	°C	D۹۷	۶-	-۳ ≥

مقایسه

نتایج جدول

فوق با جدول

۱۷ نشان

میدهد که بعضی از شاخص‌ها از قبیل نقطه ریزش و چگالی نسبی، روغن دارای کیفیت بهتری نسبت به تولید با راندمان ۸۵ درصد می‌باشد (به دلیل اعمال شرایط بهتر برای استخراج بیشتر موم) اما به هر حال راندمان کاهش یافته است و این مسئله بستگی به نظر و شرایط تولید کننده دارد که ترجیح دهد روغن با کیفیت بالاتر تولید کند یا اینکه مقدار بیشتری تولید داشته باشد و سپس با افزودن مواد افزودنی کیفیت را بالا ببرد، شایان ذکر است که در این حالت نباید از هزینه خرید مواد افزودنی غافل بود.

نتایج آزمون های کیفیتی روغن تولید شده با راندمان بالاتر از ۸۵ درصد

یکی از محصولات بدست آمده با راندمان ۸۸ درصد نیز مورد آزمون قرار گرفت، تا مشاهده شود که تولید بیشتر محصول، یا به عبارتی حذف مقدار کمتری از موم ها چه میزان بر کیفیت روغن تولید شده موثر خواهد بود.

جدول ۲۱. نتایج آزمون های کیفیتی روغن تولید شده با راندمان ۸۸ درصد

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	نتیجه	مقدار مطلوب
۱	چگالی نسبی		D۱۲۹۸	۰/۸۷۴۰	۰/۸۹۰۰-۰/۸۷۵۰
۲	رنگ		D۱۵۰۰	L۱/۰	۲/۵ ≥
۳	Kvisc@40°C	cSt	D ۴۴۵	۳۱/۰۸	
۴	Kvisc@100°C	cSt	D ۴۴۵	۵/۱۷	۷-۵
۵	شاخص گرانروی		D۲۲۸۰	۹۳	≥ ۹۰
۶	نقطه اشتعال	°C	D۹۲	۲۱۴	۲۲۰-۲۰۲
۷	نقطه ریزش	°C	D۹۷	+۳	-۳ ≥

نتایج جدول

دهنده افزایش

ریزش روغن

سانتی‌گراد) و

کاهش چگالی

(۰/۸۷۴۰)

۲۱ نشان

زیاد نقطه

درجه +۳)

همچنین

نسبی،

می‌باشد که از

نظر کیفیت

نتایج مطلوبی

محسوب نمی-

شوند، و ناشی

از وجود موم ها در روغن به علت اعمال شرایط خاص دمایی و نسبت حلال ها به خوراک می باشد. که در شرایط معمول، تولید کننده از چنین شرایطی جهت تولید روغن استفاده نمی کند مگر اینکه سفارش ویژه ای جهت فروش چنین محصولی داشته باشد.

بررسی شرایط حصول راندمان ۸۵ درصد با مخلوط دو حلال AW410 و متیل اتیل کتون

با توجه به آزمون های حلالیت (جدول ۱۳)، بکار بردن مقدار بیشتر از ۳۵ درصد حلال AW410 به همراه ۶۵ درصد متیل اتیل کتون باعث حل شدن موم ها، حتی در دماهای پایین می شود. لذا در مرحله نخست نسبت این حلال به متیل اتیل کتون ۳۰ درصد به ۷۰ درصد به کار برده شد و سپس نسبت این حلال به متیل اتیل کتون ۳۵ درصد به ۶۵ به کار گرفته شد که نتایج به ترتیب در جداول ۲۲ و ۲۳ نشان داده شده اند. در هر حالت فاکتورهای دیگر مانند دمای فیلتراسیون و نسبت مخلوط دو حلال به خوراک تغییر داده شدند، تمام مراحل صورت گرفته از قبیل اختلاط حلال ها و خوراک، تشکیل کریستال های پارافین ها و کنترل دما، همانند بخش ۱-۳-۳ انجام گرفت با این تفاوت که در اینجا حلال AW410 با تولوئن جایگزین شد.

جدول ۲۲. بهینه سازی دما و نسبت مخلوط دو حلال به خوراک برای جدا سازی موم ها، با

نسبت ۳۰ درصد حلال AW410 و ۷۰ درصد متیل اتیل کتون.

ردیف	نسبت دو حلال به خوراک	مقدار لازم از مخلوط حلال ها برای ۱ لیتر خوراک (ml)	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان
۱	۱:۱	۱۰۰۰	-۱۵	۹۴	-۱۷	۹۳	-۱۹	۹۰
۲	۱:۱/۰۱	۱۰۱۰	-۱۵	۹۳	-۱۷	۹۳	-۱۹	۸۸
۳	۱:۱/۰۲	۱۰۲۰	-۱۵	۹۳	-۱۷	۹۱	-۱۹	۸۷
۴	۱:۱/۰۳	۱۰۳۰	-۱۵	۹۳	-۱۷	۹۱	-۱۹	۸۷
۵	۱:۱/۰۴	۱۰۴۰	-۱۵	۹۲	-۱۷	۹۰	-۱۹	۸۵
۶	۱:۱/۰۵	۱۰۵۰	-۱۵	۹۲	-۱۷	۸۹	-۱۹	۸۵
۷	۱:۱/۰۶	۱۰۶۰	-۱۵	۹۰	-۱۷	۸۸	-۱۹	۸۴
۸	۱:۱/۰۷	۱۰۷۰	-۱۵	۹۰	-۱۷	۸۸	-۱۹	۸۴

جدول ۲۳. بهینه سازی دما و نسبت مخلوط دو حلال به خوراک برای جدا سازی موم ها،

با نسبت ۳۵ درصد حلال AW410 و ۶۵ درصد متیل اتیل کتون

ردیف	نسبت دو حلال به خوراک	مقدار لازم از مخلوط حلال ها برای ۱ لیتر خوراک (ml)	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان	دمای فیلتراسیون (°C)	راندمان
۱	۱:۱	۱۰۰۰	-۱۵	۹۴	-۱۷	۹۴	-۱۹	۹۱
۲	۱:۱/۰۱	۱۰۱۰	-۱۵	۹۴	-۱۷	۹۳	-۱۹	۹۱
۳	۱:۱/۰۲	۱۰۲۰	-۱۵	۹۳	-۱۷	۹۲	-۱۹	۹۰
۴	۱:۱/۰۳	۱۰۳۰	-۱۵	۹۳	-۱۷	۹۲	-۱۹	۸۸
۵	۱:۱/۰۴	۱۰۴۰	-۱۵	۹۲	-۱۷	۹۱	-۱۹	۸۸
۶	۱:۱/۰۵	۱۰۵۰	-۱۵	۹۲	-۱۷	۹۱	-۱۹	۸۷
۷	۱:۱/۰۶	۱۰۶۰	-۱۵	۹۱	-۱۷	۸۹	-۱۹	۸۷
۸	۱:۱/۰۷	۱۰۷۰	-۱۵	۹۱	-۱۷	۸۸	-۱۹	۸۵

با توجه به داده های جداول ۲۲ و ۲۳ در سه مورد جدا سازی مطلوب (۸۵ درصد ، بخش ۱-۳-۳) صورت گرفته است. و با توجه به

اصول بهینه سازی برای دما و میزان حلال مصرفی، مورد نشان داده شده در جدول ۲۴ ارجحیت دارد.

جدول ۲۴. شرایط عملیاتی پیشنهادی جهت جایگزینی حلال آروماتیک با AW410

متیل اتیل کتون %	AW410%	مقدار لازم از مخلوط حلال ها برای ۱ لیتر خوراک (ml)	دمای فیلتراسیون (°C)
۷۰	۳۰	۱۰۴۰	-۱۹

نتایج آزمون های کیفیتی روغن و موم حاصل از موم گیری با حلال AW410 و متیل اتیل کتون

آزمون های کیفیتی بر روغن، و موم بدست آمده تحت شرایط جدول ۲۴ انجام گرفت و نتایج مطلوبی نیز حاصل شد. نتایج در

جداول ۲۵ و ۲۶ نشان داده شده اند.

جدول ۲۵. نتایج آزمون های کیفیتی روغن حاصل از بکار بردن حلال AW410 در فرایند موم گیری

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	نتیجه	مقدار مطلوب
۱	چگالی نسبی		D۱۲۹۸	۰/۸۸۳۸	۰/۸۹۰۰-۰/۸۷۵۰
۲	رنگ		D۱۵۰۰	L۱/۵	۲/۵≥
۳	Kvisc@40°C	cSt	D ۴۴۵	۳۲/۴۱	
۴	Kvisc@100°C	cSt	D ۴۴۵	۵/۲۹	۷-۵
۵	شاخص گرانروی		D۲۲۸۰	۹۲	≥ ۹۰
۶	نقطه اشتعال	°C	D۹۲	۲۱۰	۲۲۰-۲۰۲
۷	نقطه ریزش	°C	D۹۷	-۶	-۳ ≥

جدول ۲۶. نتایج آزمون های کیفیتی موم حاصل از بکار بردن حلال AW410 در فرایند موم گیری

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	نتیجه
۱	چگالی نسبی		D۱۲۹۸	۰/۸۳۰۹
۲	رنگ		D۱۵۰۰	۱/۰
۳	میزان روغن	%	D۷۲۱	۲۳/۶۰
۴	Kvisc@100°C	cSt	D ۴۴۵	۳/۷۷
۵	ضریب شکست		D۱۲۱۸	۱/۴۴۰۵
۶	نقطه اشتعال	°C	D۹۲	۲۱۴

لذا چنانچه در فرایند استخراج موم از روغن، استفاده از حلال AW410 به جای حلال آروماتیک مد نظر باشد می توان شرایط موجود در جدول

۲۴ را اعمال کرد. و جهت حصول نتایج مطلوب تر، اختلاف شرایط عملیاتی بدست آمده بین مقیاس آزمایشگاهی و مقیاس صنعتی در بخش ۱-۳-۳ و جدول ۹، را در نظر گرفته و تصحیحات لازم را اعمال کرد.

استفاده از روغن های تهیه شده در پژوهش جهت ساخت روغن های صنعتی

همان طور که در بخش ۱-۸ ذکر شد برای ساختن روغن های روان کننده به منظور استفاده در شرایط بخصوص، پس از تصفیه برش های روغنی، مقادیر مشخصی از مواد افزودنی برای بهبود دادن و ایجاد خواص مورد نیاز به روغن اضافه می شود تا روغن مورد نیاز حاصل گردد. روغن های صنعتی فراوانی قابل تهیه هستند در اینجا دو نوع روغن صنعتی با استفاده از روغن هایی که در این پژوهش و تحت شرایط آزمایشگاهی حاصل شدند، تهیه گردید.

ساخت روغن صنعتی دوک

روغن دوک در صنایع نساجی و جهت روانکاری دوک های نساجی مورد استفاده قرار می گیرد، جهت ساخت روغن دوک، مخلوطی شامل یک درصد از ماده افزودنی پیشنهاد شده برای ساخت این روغن، توسط شرکت سازنده مواد افزودنی به روانکارها (در این مورد ماده افزودنی مخلوطی از پلیمرهای فنلی و پلی متاکریلات پیشنهاد شده است) و نود و نه درصد از روغن پایه ده (وزنی /وزنی) با هم مخلوط گردید و سپس آزمون های لازم جهت تعیین کیفیت روغن حاصل، انجام گرفت که نسبت به مشخصات تعیین شده برای این فرآورده، نتایج مطلوبی حاصل شد. (جدول ۲۷) لازم به ذکر است که فرمولاسیون دقیق مواد افزودنی در اختیار چند شرکت خاص خارجی می باشد و سازندگان مواد افزودنی توصیه می کنند که جهت ساخت روغن مورد نظر از کدام ماده افزودنی و به چه مقدار به روغن پایه افزوده شود برای اینکه فرمولاسیون مواد قابل شناسایی نباشد سازندگان اغلب این مواد را به صورت بسته افزودنی، در اختیار مصرف کنندگان قرار می دهند. (بخش ۱-۸)

جدول ۲۷. نتایج آزمون های کیفیتی روغن دوک نساجی تولید شده در این پژوهش و مقایسه با مقادیر مطلوب

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	نتیجه	مقدار مطلوب
۱	نقطه ریزش	°C	D۹۷	-۹	-۹
۳	Kvisc@40°C	cSt	D ۴۴۵	۳۲/۰۲	۳۲
۴	Kvisc@100°C	cSt	D ۴۴۵	۵/۱۶	۵/۱۷
۵	شاخص گرانروی		D۲۲۸۰	۸۵	۸۵
۶	نقطه اشتعال	°C	D۹۲	۲۰۲	۲۰۰

ساخت روغن مناسب برای موتورهای بنزینی

فرمولاسیون زیر (جدول ۲۸) جهت ساخت یک نوع روغن موتور مناسب برای موتورهای بنزینی، توسط شرکت های تولید کننده مواد افزودنی، و کارخانجات تولید کننده روغن پایه پیشنهاد شده است

جدول ۲۸. فرمولاسیون ساخت یک نوع روغن موتور، مناسب برای موتورهای بنزینی

ماده مورد استفاده	درصد وزنی
روغن پایه ده (۱-۶)	۱۵
روغن پایه چهل (۱-۶)	۴۰
پایین آورنده نقطه ریزش (۱-۸)	۳/۰۸
ضد کف (۱-۸)	۰/۰۲
پلیمرهای متاکریلات جهت بهبود شاخص گرانروی (۱-۸)	۲۵
مواد معلق کننده وضد اکسیداسیون (۱-۸)	۱۶/۹

که در آن از روغن پایه ده بدست آمده در این پژوهش استفاده شد. پس از اختلاط مواد جدول فوق با نسبتهای پیشنهاد شده و همگن شدن، آزمون

های کیفیتی روی روغن حاصل صورت گرفت، و نتایج با مقادیر مورد انتظار مقایسه شد. (جدول ۲۹)

جدول ۲۹. نتایج آزمون های کیفیتی یک روغن مناسب برای موتورهای بنزینی، تولید شده در این پژوهش و مقایسه با نتایج مورد انتظار

ردیف	آزمون	واحد	روش آزمون ASTM	نتیجه	مقدار مطلوب
۱	دانسیته (°F ۶۰)		D۱۲۹۸	۸۷۳	۸۷۰
۲	Kvisc@40°C	cSt	D ۴۴۵	۱۱۹/۴	۱۱۹
۳	Kvisc@100°C	cSt	D ۴۴۵	۱۴/۹۴	۱۵
۴	شاخص گرانروی		D۲۲۸۰	۱۲۹	۱۳۰
۵	نقطه اشتعال	°C	D۹۲	۲۱۲	۲۱۰
۶	نقطه ریزش	°C	D۹۷	-۳۰	-۳۰

بررسی تغییرات نقطه ریزش، از ابتدای فرایند موم گیری تا ساخت روغن

با توجه به اینکه هدف اصلی فرایند موم گیری، حذف پارافین هایی که نقطه ذوب بالا دارند، که در نهایت منجر به کاهش نقطه ریزش روغن می شود، روند تغییر نقطه ریزش از ابتدای فرایند تا ساخت روغن قابل مصرف، در جدول ۳۰ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، تغییر این شاخص در ساخت روغن موتور بنزینی، از برش روغنی اولیه تا مرحله نهایی، ۶۰ درجه سانتی گراد می باشد، البته جهت ساخت بعضی از

روغن های صنعتی که کاربردهای خاصی دارند، شاخص نقطه ریزش با افزایش مواد خاصی، ممکن است تا ۴۵ درجه سانتی گراد زیر صفر نیز کاهش داده شود.

جدول ۳۰. بررسی تغییرات نقطه ریزش، از ابتدای فرایند موم گیری تا ساخت روغن

ردیف	نمونه روغن	نقطه ریزش (°C)
۱	قبل از فرایند موم گیری	+۳۰
۲	بعد از فرایند موم گیری	-۳
۳	روغن صنعتی دوک	-۹
۴	روغن موتور بنزینی	-۳۰

نتیجه گیری

در این پژوهش جهت جداسازی پارافین های سنگین در فرایند تولید روانکارهای مایع معدنی، به منظور حذف حلال آروماتیک، از سیستم حلال رایج (تولوئن – متیل اتیل کتون) تولوئن حذف، و بطور جداگانه حلال های AW406 و AW410 جایگزین گردیدند و پس از بهینه سازی عوامل موثر در جداسازی پارافین ها، محصولاتی با کیفیت خوب و قابل قبولی حاصل شدند. از مزایای این روش می توان به حذف ماده آروماتیک، که از نظر سلامتی برای افراد شاغل در فرایند مضر می باشد، و همچنین از نظر اقتصادی، قیمت تمام شده تولوئن یک و نیم برابر قیمت حلال های AW می باشد، اشاره کرد.

۵- مراجع

- [1] J. Bushnell, hydrocarbon process, 1980, 59, 119-123.
- [2] M. Busto, Fuel Processing Technology, 2011, 92, 1675-1684.
- [3] B. Coto, Chemical Engineering Science, 2006, 8028-8039.
- [4] J. Gary, technology and economic, 1994, 14, 521-555.
- [5] P. Ghosh, Petroleum Science and Engineering, 2014, 119, 79-84.
- [6] S. Gryglewicz, Petroleum Science and Engineering, 2010, 113, 35-48.
- [7] P. Lee, Tribology and Interface Engineering Series, 2005, 48, 593-602.
- [8] S. Miller, Microporous Materials, 1994, 2, 439-449.
- [9] T. Mizan, Catalysis Today, 1999, 50, 159-172.
- [10] Q. Zhong, Surface and Coatings Technology, 2004, 185, 234-239.

