

ساخت و فرمولاسیون ماده افزودنی ضد الکتریسیته ساکن برای گازوییل کم گوگرد

مرضیه شکرریز^{۱*}، سهراب تقی پور^۲ و بهرام قنبری^۳

- ۱- استادیار شیمی آلی، پژوهشکده توسعه فناوری‌های شیمیایی، پلیمری و پتروشیمی، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران
- ۲- مربی شیمی تجزیه، پژوهشکده توسعه فناوری‌های شیمیایی، پلیمری و پتروشیمی، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران
- ۳- دانشیار شیمی معدنی، دانشکده شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

دریافت: مهر ۱۳۹۴، بازنگری: آبان ۱۳۹۴، پذیرش: آذر ۱۳۹۴

چکیده: مواد آلی دارای رسانایی الکتریکی بسیار پایین هستند. در هنگام حمل‌ونقل، الکتریسیته ساکن تولیدی نمی‌تواند دفع شود و لذا خطر آتش‌سوزی و انفجار را به دنبال دارد. گازوییل دارای ترکیب‌های گوگردی است که نقش رسانایی را بر عهده داشته و باعث عدم تجمع بارهای الکتریکی می‌شود. با کاهش مقدار گوگرد برای کاستن اثرات زیست‌محیطی، الکتریسیته ساکن به وجود آمده دفع نشده و لذا برای جلوگیری از خطر آتش‌سوزی و انفجار بایستی مواد افزودنی ضد الکتریسیته ساکن به گازوییل افزوده شود. در این کار پژوهشی مواد افزودنی ضد الکتریسیته ساکن متفاوتی مانند نمک کلسیم و کروم سالیسیلات، کمپلکس کروم و کرومیم اولئات تهیه و در فرمولاسیون‌های جدیدی با گازوییل‌های دارای گوگرد کمتر از ۱۲۰ ppm (گازوییل پالایشگاه تهران) و بدون گوگرد (گازوییل ایزوماکس پالایشگاه اراک) به کار برده شدند. نتیجه‌های به‌دست آمده از آزمون رسانایی نشان دادند که ترکیب‌های ساخته و فرموله شده با نمونه‌ی تجاری از هم‌خوانی مناسبی برخوردارند.

واژه‌های کلیدی: ضد الکتریسیته ساکن، مواد افزودنی، گازوییل کم گوگرد

مقدمه

و روان‌کنندگی آن می‌شود که با کاهش گوگرد، کاهش رسانایی الکتریکی و روان‌کنندگی نیز اتفاق می‌افتد. در حقیقت عبور سوخت از سامانه پمپ‌ها، لوله‌کشی و صافی‌ها موجب ایجاد الکتریسیته ساکن در سوخت شده و اگر این سوخت دارای رسانایی الکتریکی لازم نباشد پتانسیل الکتریکی در آن بالا رفته و با تخلیه ناگهانی ایجاد جرقه و درنهایت آتش‌سوزی می‌کند [۱]. این الکتریسیته اگر در سیالات و واکنشگرهای صنایع پتروشیمی ایجاد شود، افزون بر ایجاد خطرهای یاد شده می‌تواند در فرایندهای صنایع پتروشیمی اختلالاتی ایجاد کند [۲]. در نگاه اول ایجاد الکتریسیته ساکن در سیالات به نظر مسأله

گازوییل تصفیه‌شده در پالایشگاه‌ها حاوی غلظت بالایی از گوگرد است. این گوگرد پس از سوختن به اکسید گوگرد تبدیل شده و وارد هوا می‌شود و می‌تواند زیان‌های جبران‌ناپذیری برای انسان و محیط‌زیست ایجاد کند. به همین دلیل در سال‌های اخیر دولت‌ها قوانین سختی را در مورد مقدار گوگرد موجود در سوخت‌ها وضع کرده و تولیدکنندگان سوخت را ملزم به رعایت آن کرده‌اند. بر اساس این قوانین برای مثال، مقدار گوگرد موجود در گازوییل برخی کشورها مانند آمریکا و اتحادیه اروپا حداکثر تا ۱۰ ppm مجاز است. حضور گوگرد در گازوییل موجب رسانایی الکتریکی

این‌رو، این مواد تحت عنوان‌های اصلاح‌کننده رسایی الکتریکی^۳، افزودنی‌های ضد استاتیک^۴، افزودنی‌های حذف‌کننده استاتیک^۵ و نیز مواد افزودنی رساناکننده الکتریسیته^۶ شناخته می‌شوند. موادی که به این منظور به کار می‌روند بیشتر شامل نمک‌ها و نیز کمپلکس‌های آلی [۶] مانند کرومیم‌های حل شونده در سوخت، ترکیب‌های پلیمره، سولفور و نیتروژن دار و نمک‌های چهارتایی آمونیم است [۷]. حضور ۳ تا ۵ ppm از برخی از این مواد افزودنی قادر است رسانایی الکتریکی سوخت را تا ۴۵۰ واحد رسانایی الکتریکی (CU) بالا ببرد. ولی درعین حال حضور هرکدام از این مواد عوارض جانبی و زیان‌هایی را نیز می‌تواند به دنبال داشته باشد. برای مثال، حضور فلزها در این ترکیب‌ها می‌تواند منجر به رسوب اکسیدهای فلزی در دیواره محفظه احتراق شده و یا حضور نیتروژن موجب بالا رفتن اکسیدهای سمی نیتروژن در گازهای خروجی موتور و ورود آن به محیط‌زیست شود. البته باید دقت شود که این دسته از مواد نوظهور هستند و هنوز در مرحله پژوهش و توسعه بوده و راهی طولانی تا یافتن ترکیبی که بتواند به‌صورت ایده‌آل مورد استفاده قرار گیرد در پیش دارند.

در یک کار پژوهشی گزارش شده از واکنش نفتتیک اسیدها و پروپیلن اکساید با نسبت‌های متفاوت نمک‌های کروم، نیکل و کبالت کمپلکس‌هایی تهیه شده و رسانایی محلول ۰/۰۰۱٪ از آن‌ها در سوخت دیزل اندازه‌گیری و مقایسه شده است [۲]. نتیجه‌ها نشان دادند که رسانایی ایجاد شده در سوخت مورد بررسی با کمپلکس‌های نمک‌های نیکل و کروم قابل قبول بودند. هرچند که کمپلکس نمک‌های کروم رسانایی بهتری را ایجاد می‌کنند. همچنین، مخلوط پلیمرهای سولفور و نیتروژن، نمک‌های چهارتایی آمونیم و کمپلکس الکل‌های توانایی‌های مناسبی در کاهش پتانسیل ذخیره الکتریکی سوخت‌ها از خود نشان می‌دهند [۸]. همچنین تعدادی از نمک‌های فلزی کربوکسیلیک [۹] اسیدها و نمک‌های فسفات‌های آلی [۱۰] برای افزایش رسانایی الکتریکی حلال‌های آلی و سوخت پیشنهاد شده‌اند.

فلزهای مورد استفاده عبارت‌اند از: کلسیم، کبالت، نیکل،

ساده و کم اهمیتی جلوه می‌کند ولی با گزارش شدن چند مورد آتش‌سوزی و انفجار در تانکرهای حامل گازوییل حاوی گوگرد پایین^۱ در قاره اروپا، با وجود داشتن زنجیر اتصال به زمین، اهمیت پرداختن به این موضوع آشکار شده است. علت این پدیده به این مسأله برمی‌گردد که زمانی که هدایت الکتریکی گازوییل بالاتر از^۲ ۵۰ CU باشد، الکتریسیته ساکن ایجاد شده به‌طور سریع به بیرون هدایت شده و در سیال تجمع پیدا نمی‌کند، ولی رسانایی الکتریکی پایین‌تر از آن، موجب تجمع بار می‌شود تا زمانی که پتانسیل ذخیره شده در گازوییل به حدی برسد که بتواند هوای بالای آن را یونیزه کرد. در این حالت الکتریسیته ذخیره شده ناگهان به‌صورت یک جرقه تخلیه شده و موجب اشتعال و انفجار هوای بالای سوخت که مملو از بخارات اشتعال‌پذیر است می‌شود [۳].

روش‌های متفاوتی برای حذف و یا کنترل الکتریسیته ساکن در سوخت‌های حساس مانند سوخت هواپیما به کار گرفته شده است. ساده‌ترین آن‌ها روش بیرون راندن الکتریسیته از طریق اتصال به زمین است. در این حالت قسمت‌های متفاوت لوله و یا مخزن و نیز سطوح سیال به کمک مواد رسانا به‌صورت فیلم یا رزین تقویت می‌شود. در این حالت رسانایی الکتریسیته آن به بیرون بهتر انجام می‌شود. روش‌های دیگری که به این منظور به کار رفته‌اند عبارت‌اند از: پوشش‌دهی داخل مخازن و لوله‌ها با استفاده از مواد بی‌اثر، افزایش رطوبت هوای بالای مخزن و استفاده از خنثی‌کننده‌های رادیواکتیو بار به‌منظور جلوگیری از تجمع بار [۲ و ۴].

البته روش‌های فوق هیچ‌کدام به‌طور کامل کارساز نبوده و بار الکتریکی ذخیره شده در سیال را به‌طور کامل تخلیه نمی‌کند و افزون بر آن محدودیت‌هایی را نیز در فرایند ایجاد می‌کنند. یکی از مؤثرترین روش‌های به کار رفته برای حل این مشکل، کاهش مقاومت الکتریکی سوخت به کمک افزایش مواد افزودنی ضد الکترواستاتیک به مواد نفتی سبک است [۵]. این دسته از مواد افزودنی از تشکیل الکتریسیته جلوگیری نمی‌کنند بلکه با بالا بردن رسانایی الکتریکی موجب تعدیل الکتریسیته ساکن تجمع یافته در سوخت شده و کانون‌های خطر ساز را از بین می‌برد. از

1. Ultra Low Sulfur Diesel (ULSD)

2. Conductivity unit

3. Conductivity improving additives

4. Antistatic additives

5. Static dissipater additives

6. Electrical-conductivity additives

وارد شد. دما به 199°C رسانده شد. کاهش فشار CO_2 موجود در راکتور نشان‌دهنده انجام واکنش است. پس از هر بار افت فشار دوباره گاز تزریق شده و فشار داخل راکتور به 130 psi رسانده شد. سرعت کاهش فشار در اول زیاد بود ولی پس از چند بار تزریق گاز سرعت کاهش فشار کم شد. پس از ۵-۶ ساعت واکنش متوقف شد. محتویات راکتور با آب و کلریدریک اسید شسته شد و پس از خشک کردن با سولفات منیزیم بدون آب، حلال تبخیر شد و فراورده الکیل سالیسیلیک اسید جدا شد.

مقدار ۲۵ گرم از فراورده الکیل سالیسیلیک اسید ساخته در 200 ml هپتان حل و به آن در دمای 45°C تا 50°C مقدار 14 گرم کلسیم اکسید خشک افزوده شد و در حال به هم زدن به مدت نیم ساعت مقدار 10 ml مخلوط ۳ به ۱ متانول و آب افزوده شد. مخلوط به مدت نیم ساعت دیگر در همین دما به هم خورد و سپس دما را تا 80°C بالا برده و جریان گاز CO_2 با دبی 110 الی 150 L/min در آن به مدت 1.5 ساعت دمیده شد. آنگاه دما را تا 45°C پایین آورده و مانند مرحله قبل واکنش تکرار شد. مخلوط واکنش صاف و حلال تبخیر شد. فراورده دو دسیل سالیسیلات کلسیم به صورت مایع ویسکوز در ظرف باقی ماند.

تهیه کرومیم اولئات [۱۲]

10 گرم کرومیم تری اکسید در 50 میلی لیتر آب و 20 میلی لیتر استیک اسید حل شده و به مدت 30 دقیقه در دمای 60°C حرارت داده شد. مخلوط واکنش به مدت 1 ساعت بازروانی شده و سپس 85 گرم اولئیک اسید به مخلوط واکنش افزوده و به مدت 2 ساعت بازروانی شد. حلال تحت خلاء تبخیر شد تا مخلوط خشک شود. سپس رسوب باقی‌مانده در متانول حل شده و پس از صاف کردن، محلول زیر صافی تحت خلاء حلال آن تبخیر شد و 90 گرم کرومیم اولئات به صورت یک جامد روغنی سبز به دست آمد.

تهیه کرومیم سالیسیلات [۱۳]

کرومیم سالیسیلات مشابه کرومیم اولئات تهیه شد با این تفاوت که به جای اولئیک اسید 10 گرم الکیل سالیسیلیک اسید

استرانسیم، باریم و کروم که ترکیب کروم اثر بهتری از خود نشان داده است. نمک اسید آلی باید از سوخت هیدروکربنی قابل حل باشد. به این منظور گروه هیدروکربنی اسید باید بیشتر از هشت اتم کربن داشته باشد.

اسیدهایی که برای این منظور استفاده می‌شوند عبارت‌اند از: کربوکسیلیک اسیدها، فسفریک و سولفونیک اسیدهای قابل حل در روغن و سوخت. گروه هیدروکربنی می‌تواند آلیفاتیک، آروماتیک خطی و یا حلقوی و یا مخلوطی از آن‌ها باشد. بهترین تعداد اتم کربن بین 8 تا 18 اتم است.

در این پژوهش نمک‌های کلسیم و کروم کربوکسیلیک اسیدهایی که قابلیت حل شدن در سوخت را داشتند، ساخته شدند و برای نخستین بار در فرمولاسیون مواد ضدالکتريسيته ساکن با گازوییل کم گوگرد و بدون گوگرد به کار برده شدند و سپس مقدار رسانایی سوخت بررسی و با نمونه تجارتي مقایسه شدند.

بخش تجربي

تمامی مواد و حلال‌های به کار رفته از شرکت Merck خریداری و بدون خالص‌سازی مجدد به کار گرفته شدند. طیف‌های IR با دستگاه بروکر مدل Vertex 70 گرفته شده است. رسانایی الکتریکی نمونه‌های فرموله شده با دستگاه Digital Conductivity Meter مدل 1152 شرکت Petrotest با روش استاندارد ASTM D2624 اندازه‌گیری شدند.

ساخت کلسیم الکیل سالیسیلات فوق‌قلیایی [۱۱]

26.25 گرم دو دسیل فنل همراه با 30.5 میلی‌لیتر زایلین درون یک بالن قرار داده شد و با هم‌زدن، محلولی یکنواخت به دست آمد. سپس 4.4 گرم سود جامد به آن افزوده شد که در حدود 5 دقیقه به‌طور کامل حل شد. سپس به کمک سامانه تقطیر دین استارک و پس از مدت 2 ساعت حدود 2 میلی‌لیتر آب تشکیل شده جدا شد. آن‌گاه حلال زایلین به‌طور کامل خارج و فراورده به‌دست آمده (واکسی شکل و سبزرنگ) درون راکتور تحت فشار از جنس فولاد ضدزنگ قرار داده شده و در فشار 130 psi گاز CO_2

با ۴٫۰۸ گرم (۰٫۰۱ مول) الکیل سولفونیک اسید با زنجیره ۲۴ کربنی در ۲۵ ml متانول به مدت ۹ ساعت بازروانی شد سپس حلال واکنش تبخیر شد تا ۳ گرم مواد خمیری شکل به دست آید. ماده خمیری به دست آمده با هگزان خالص سازی شد.

نتیجه‌ها و بحث

بر اساس مطالعه‌های انجام شده و تجربه‌های موجود تصمیم گرفته شد که نمک‌های آلی فلزی کروم و کلسیم ساخته و سپس فرمولاسیون آن‌ها انجام شود و مورد آزمون رسانایی سنجی قرار گیرند. ترکیب‌های ساخته شده عبارت‌اند از: نمک کلسیم الکیل سالیسیلات، کرومیم الکیل سالیسیلات، کمپلکس کروم با پنتا اتیلن هگزا آمین و الکیل بنزن سولفونات. لازم به ذکر است که مواد ساخته شده در این پژوهش در منابع دیگر، فقط برای بالا بردن رسانایی سوخت، ساخته نشده‌اند. هم‌چنین گروه‌های الکیل واکنشگرها با آن چه که در منابع گزارش شده است، متفاوت است.

کلسیم الکیل سالیسیلات

برای تهیه این ترکیب از الکیل فنل استفاده شد و سپس با گاز CO_2 به الکیل سالیسیلیک اسید تبدیل شد (واکنش کلب-اشمیت). ترکیب به دست آمده با CaO خنثی و با گاز CO_2 و مقدار اضافی CaO فوق قلیایی شد. روش ساخت به اختصار در طرح‌واره ۱ آورده شده است. طیف FT-IR کلسیم الکیل سالیسیلات در شکل ۱ آورده شده است و شامل نوارهای جذبی شاخصی است که حضور حلقه آروماتیک (759 و 1504 cm^{-1}) با گروه عاملی کربوکسیلات (1286 و 1610 cm^{-1}) را در نمونه ساخته شده، نشان می‌دهد. افزودن بر آن، نوارهای جذبی 1612 و 3008 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی و خمشی C-H حلقه آروماتیک است. نوار جذبی بلند 1610 cm^{-1} نیز مربوط به ارتعاش کششی گروه کربونیل عامل کربوکسیلات متصل به حلقه آروماتیک است. پیک‌های گستره 2854 تا 2956 cm^{-1} مربوط به ارتعاش‌های کششی گروه آلیفاتیک است. پیک پهن ناحیه 3300 cm^{-1} مربوط به گروه اسیدی کربوکسیلیک اسید است.

دارای زنجیره الکیل ۱۲ کربنی (در بخش ساخت کلسیم الکیل سالیسیلات روش ساخت شرح داده شده است). در ۵ میلی‌لیتر اتانول افزوده شد پس از دو ساعت بازروانی، حلال تحت خلاء ۵۰۰ میلی‌متر جیوه تا ۲۰ میلی‌متر جیوه تبخیر شد. باقی‌مانده تقطیر درون ۵ میلی‌لیتر متانول ریخته و در حالت گرم صاف شد. پس از تبخیر حلال، فراورده روغنی سبزرنگ در آون خشک شد.

تهیه کمپلکس کروم (III) با پنتا اتیلن هگزا آمین و الکیل بنزن سولفونات [۱۳]

الف) خشک کردن کرومیم (III) کلرید

بر اساس روش موجود در منابع [۱۴] کرومیم (III) کلرید شش آبه خشک شد. برای انجام این کار، نخست ۳۷ گرم کرومیم کلرید شش آبه در لوله کوارتز (ویکور، شیشه مقاوم به حرارت) قرار داده شد. این لوله درون کوره لوله‌ای قرار گرفت و ضمن دمیدن گاز نیتروژن دمای آن به 650 تا 690 $^{\circ}\text{C}$ رسید. سپس CCl_4 از داخل یک حمام با دمای 60 تا 80 $^{\circ}\text{C}$ با گاز نیتروژن به درون لوله هدایت شد.

پس از سه ساعت حرارت قطع شد و پس از سرد شدن بلورهای جامد ارغوانی رنگ CrCl_3 بدون آب به وزن ۶ گرم به دست آمد که در آب و متانول حل نمی‌شد.

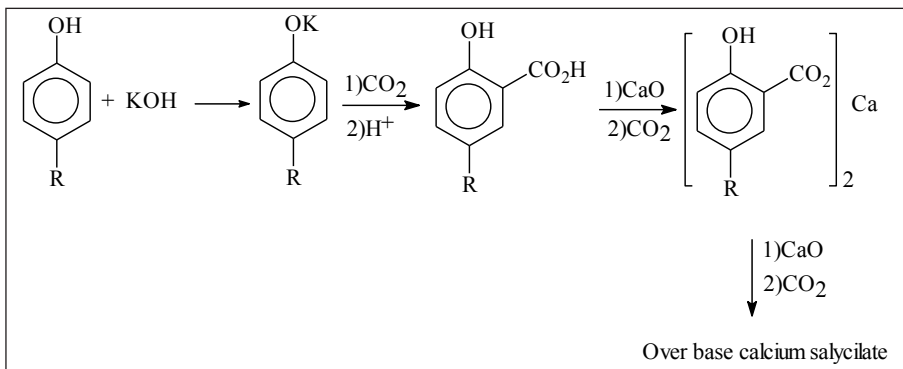
ب) تهیه کمپلکس CrCl_3 و پنتا اتیلن هگزامین

2.5 گرم از کرومیم کلرید بدون آب با ۱۲ میلی‌گرم پودر روی (به مقدار اضافی) در یک فلاسک ۲۵۰ ml قرار داده شد به این مخلوط ۵۰ ml متانول خشک افزوده و به مدت سه ساعت بازروانی شده و سپس ۳٫۶۷ گرم پنتا اتیلن هگزامین به آن افزوده و به مدت ۳٫۵ ساعت دیگر بازروانی شد. مخلوط واکنش سرد و سپس صاف شد. جامد سبزرنگ روی صافی باقی ماند و محلول زیر صافی تبخیر خشک شد.

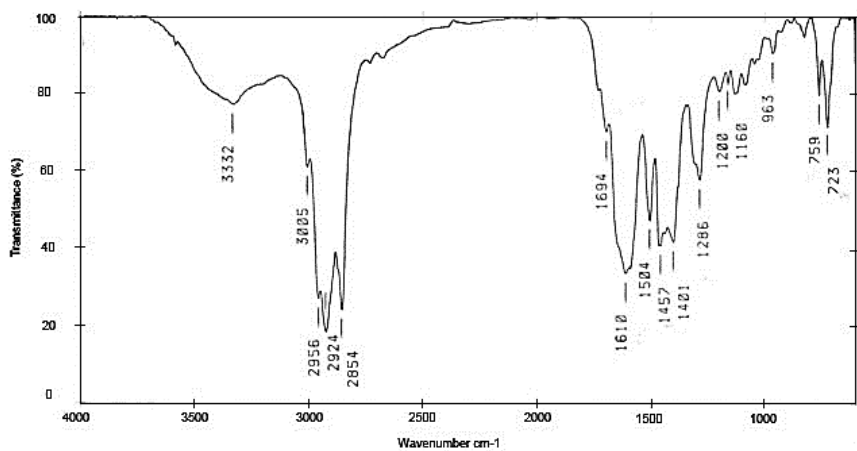
5.62 گرم جامد قرمز قهوه‌ای با بوی آمین به دست آمد که با هگزان شسته و خشک شد. وزن کمپلکس مورد نظر 5.28 گرم کمپلکس بود.

ج) تهیه کمپلکس کروم III با الکیل سولفونیک اسید

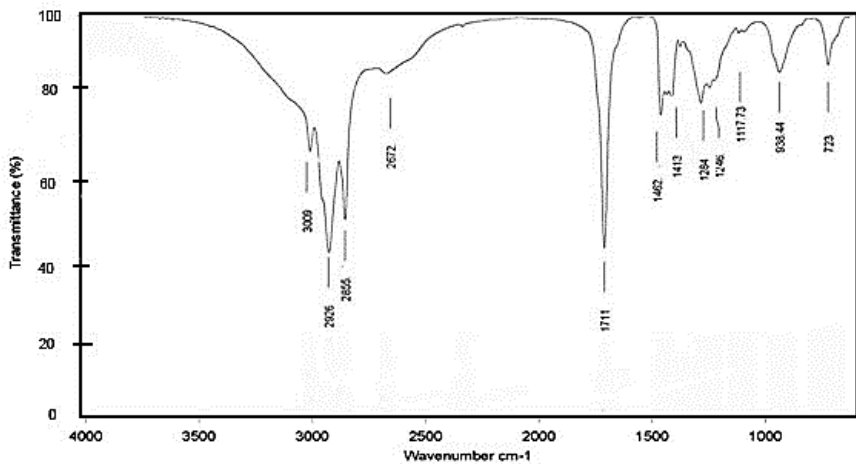
2.56 گرم (۰٫۰۰۶۸ مول) از کمپلکس به دست آمده در بخش ب



طرح واژه ۱ ساخت کلسیم سالیسیلات فوق قلیایی



شکل ۱ طیف FT-IR کلسیم سالیسیلات فوق قلیایی



شکل ۲ طیف FT-IR کرومیت اولتات

کرومیم اولئات

از واکنش کرومیم تری اکسید با استیک اسید ابتدا کرومیم استات ساخته شده و سپس با اضافه کردن اولئیک اسید و بازروانی کرومیم اولئات به دست می‌آید. طیف FT-IR کرومیم اولئات در شکل ۲ آورده شده است. پیک‌های گستره ۲۸۵۵ تا 2926 cm^{-1} مربوط به ارتعاش‌های کششی پیوند C-H زنجیره هیدروکربنی است. پیک 3009 cm^{-1} مربوط به ارتعاش‌های کششی C-H متصل به پیوند دوگانه است و پیک بلند 1711 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی گروه کربونیل است.

کرومیم الکیل سالیسیلات

الکیل سالیسیلیک اسید همان‌طور که در قسمت کلسیم الکیل سالیسیلات توضیح داده شد، مشابه با روش ساخت کرومیم اولئات، کرومیم الکیل سالیسیلات ساخته شد. طیف FT-IR کرومیم الکیل سالیسیلات در شکل ۳ آورده شده است. پیک‌های گستره ۲۸۵۴ تا 2956 cm^{-1} مربوط به ارتعاش‌های کششی پیوند C-H زنجیره هیدروکربنی است. پیک بلند 1674 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی گروه کربونیل عامل کربوکسیلات متصل به حلقه آروماتیک است.

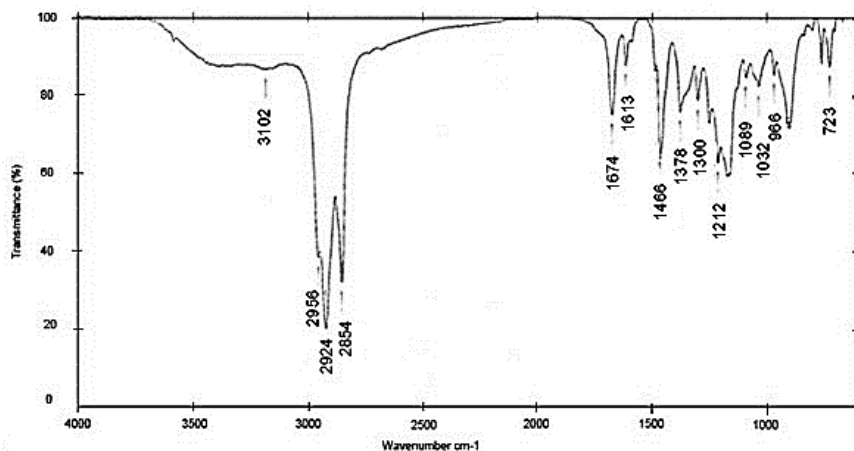
کرومیم کروم با پنتا اتیلن هگزآ آمین در ضمن عبور دادن نیتروژن و CCl_4 آب‌گیری شد. تغییر رنگ از سبز ابریشمی به ارغوانی تیره نشان‌دهنده خشک شدن کرومیم کلرید بود.

کرومیم کلرید همراه با فلز روی در متانول خشک بازروانی و سپس پنتا اتیلن هگزآ آمین افزوده شد. در نهایت کمپلکس کروم با پنتا اتیلن هگزآ آمین به صورت جامد و به رنگ قرمز قهوه‌ای جدا شد. کمپلکس تهیه شده با الکیل سولفونیک اسید با گروه الکیل C_{20-24} واکنش داده شد.

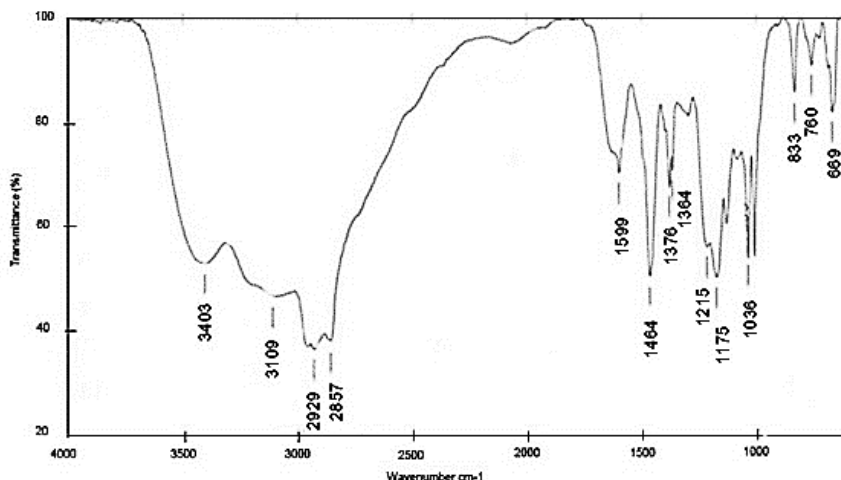
طیف FT-IR کمپلکس کروم با پنتا اتیلن هگزآ آمین و الکیل سولفونیک اسید در شکل ۴ آورده شده است. نوارهای جذبی 3403 و 3109 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی N-H نوع دوم است. پیک‌های قوی در ناحیه 2900 cm^{-1} و همچنین پیک‌های ناحیه 1100 تا 1464 cm^{-1} مربوط به ارتعاش‌های کششی و خمشی گروه الکیلی بلند زنجیر است. پیک ناحیه 1464 cm^{-1} مربوط به ارتعاش‌های کششی S-O سولفونیک اسید است و پیک 760 cm^{-1} حضور حلقه آروماتیک را نشان می‌دهد.

تاکنون در ایران به علت عدم استفاده از گازوییل بدون گوگرد در سامانه حمل‌ونقل از مواد افزودنی ضدالکتریسیته ساکن و فرمولاسیون آن‌ها استفاده نشده است لذا در این کار پژوهشی پس از ساخت ترکیب‌های فوق، نمونه‌ها به تنهایی و یا به صورت مخلوط ترکیب‌ها، با گازوییل فرموله شده و آزمون رسانایی سنجی با مقادارهای متفاوتی انجام شد که نتیجه‌ها در جدول ۱ آمده است.

کامپلکس کروم با پنتا اتیلن هگزآ آمین و الکیل بنزن سولفونات برای تهیه کمپلکس نخست کرومیم کلرید خشک شد. بدین ترتیب که کرومیم کلرید آبدار در لوله کوارتز در دمای 650 تا



شکل ۳ طیف FT-IR کرومیم الکیل سالیسیلات



شکل ۴ طیف FT-IR کمپلکس کروم

جدول ۱ نتیجه‌های آزمون رسانایی سنتزی ترکیب‌های سنتزی فرموله شده با گازوییل حاوی ۳۶۰ و ۱۲۰ ppm گوگرد پالایشگاه تهران

ردیف	نام ترکیب	غلظت (ppm)	رسائایی (pSCM-)
گازوییل (S content: 360 ppm)			
۱	گازوییل	-	۳۰
۲	نمونه تجارتي	۱۰	۴۸۰
۳	نمونه تجارتي	۲	۳۶۰
۴	کلسیم سالیسیلات	۱۰	۲۲۵
۵	کرومیم سالیسیلات	۱۰	۵۰
۶	کرومیم سالیسیلات + کلسیم سالیسیلات	۱۰	۳۲۰
۷	کرومیم سالیسیلات + کلسیم سالیسیلات	۲	۲۴۰
۸	کرومیم سالیسیلات + کلسیم سالیسیلات	۲۰	۸۸۰
۹	کرومیم اولئات + کلسیم سالیسیلات	۱۰	۳۱۵
۱۰	کرومیم اولئات + کلسیم سالیسیلات	۲	۹۵
۱۱	کمپلکس کروم + کلسیم سالیسیلات	۱۰	۳۱۰
۱۲	کمپلکس کروم + کلسیم سالیسیلات	۲	۷۰
گازوییل (S content: 120 ppm)			
۱۳	گازوییل	-	۱۵
۱۴	نمونه خارجي	۲	۳۲۰
۱۵	کلسیم سالیسیلات	۱۰	۲۰۰
۱۶	کرومیم سالیسیلات + کلسیم سالیسیلات	۲	۲۲۰
۱۷	کرومیم سالیسیلات + کلسیم سالیسیلات	۱۰	۳۰۰
۱۸	کمپلکس کروم + کلسیم سالیسیلات	۱۰	۲۸۰

است یون‌های آزاد را در محلول آزاد کند و در نتیجه رسانایی کمتری را نشان داده است. نمونه‌ها از نظر پایداری نیز به مدت ۶ ماه نگهداری شده و هیچ‌گونه تغییری در اثر دما و هوا از خود نشان نداده‌اند. حلالیت ترکیبات کروم در گازوییل بسیار خوب بود.

نتیجه‌گیری

با توجه به الزامات زیست‌محیطی جهت کاهش گوگرد گازوییل و ارایه آن برای حمل‌ونقل طبق استانداردهای یورو ۴ و ۵ (میزان گوگرد کمتر از ۱۰ ppm) استفاده از مواد افزودنی ضد الکتریسیته ساکن اجتناب‌ناپذیر است. در این مقاله ترکیبات آلی-فلزی از کروم و کلسیم برای افزایش رسانایی گازوییل ساخته شدند و فرمولاسیون جدیدی از این ترکیبات و گازوییل حاوی ۱۲۰ و ۳۶۰ ppm گوگرد و بدون گوگرد ارایه شدند. مواد ساخته شده و فرموله شده برای نخستین بار برای افزایش رسانایی گازوییل استفاده شدند. از این‌رو، نتیجه‌های این مقاله به‌عنوان یکی از فرمولاسیون‌های کاربردی گازوییل کم گوگرد می‌تواند استفاده شود. کرومیم سالیسیلات و کلسیم سالیسیلات تأثیر بهتری را در گازوییل حاوی ۱۲۰ و ۳۶۰ ppm گوگرد از خود نشان دادند. در مورد گازوییل ایزوماکس اراک نیز مخلوط کرومیم اولئات و کلسیم سالیسیلات بهترین اثر را از خود نشان دادند.

سپاسگزاری

از مدیریت محترم شرکت بازرگانی پالایش و پخش و پالایشگاه اراک به خاطر حمایت مالی از این پژوهش قدردانی می‌شود.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود سه نمونه کمپلکس کروم، کرومیم سالیسیلات و کرومیم اولئات همراه با کلسیم سالیسیلات در غلظت ۱۰ ppm به‌صورت مشابه عمل کرده‌اند اما در غلظت پایین تنها کرومیم سالیسیلات و کلسیم سالیسیلات دارای رسانایی خوبی بوده‌اند. گازوییل ایزوماکس اراک که دارای مقدار بسیار جزئی از گوگرد است نیز مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲).

جدول ۲ نتیجه‌های آزمون رسانایی‌سنجی ترکیب‌های ساخته شده روی گازوییل ایزوماکس اراک

نام ترکیب	غلظت (ppm)	رسانایی (pScm-)
گازوییل اراک (S content: <1 ppm)	-	۱۰
نمونه خارجی	۱۰	۴۵۰
کرومیم سالیسیلات + کلسیم سالیسیلات	۱۰	۲۸۰
کرومیم اولئات + کلسیم سالیسیلات	۱۰	۴۵۰
کمپلکس کروم + کلسیم سالیسیلات	۱۰	۲۹۰
کرومیم اولئات + کلسیم سالیسیلات	۲	۲۳۰

همان‌گونه که مشاهده می‌شود تمامی نمونه‌ها اثر بسیار خوبی را از خود نشان داده‌اند. فرمولاسیون کرومیم اولئات و کلسیم سالیسیلات در غلظت ۲ ppm نیز رسانایی خوبی را نشان داده است.

از نتیجه‌های جدول‌های ۱ و ۲ می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که نمک‌های سالیسیلات یون‌های بیشتری در محیط آزاد کرده و رسانایی را افزایش می‌دهد اما کمپلکس کروم نتوانسته

مراجع

[1] Wilkes, M. F.; Duncan, D. A.; Carney, S. P., US Patent, US 6,793,695 B2, 2004.
 [2] Abdullaeva, N.R.; Ismailov, T.A.; Mamedova, T.A.; Magerramov, R.S.; Veliev, Kh.R.; Abbasov, V.M., Petroleum Chemistry,

51, 299, 2011.
 [3] Groysman, A., "Corrosion in Systems for storage and transportation of petroleum products and biofuels identification, monitoring and solutions", Springer ISBN: 978-94-007-7883-

- 2, 2014.
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Static_electricity.
- [5] Klinberg, A., Adv. Pet. Chem. Refin., 8, 87, 1964.
- [6] Thompson, N. E.; Coeur, C.; US Patent, US 4416668, 1983.
- [7] A. A. Namazov, V. M. Abbasov, T. A. Mamedova, Kh. R. Valiyev, Kh. H. Kasamanli, Journal of Advances in Chemistry, 11, 3828-3833, 2015.
- [8] ATC(Technical Committee of petroleum additive Manufacturers in Europe)“Fuel Additives: Use and Benefits”<http://www.atc-europe.org/public/Doc113%202013-11-20.pdf>
- Document 113 September 2013.
- [9] Mamedova TA., Talybov AH., Valiyev KhR., Azerbaijan oil industry journal 2011;4;34-38.
- [10] Matt, J.; US Patent, US 3758283, 1973.
- [11] Gordash, Y. T.; Voloshin, N. L.; Prusak, A. G.; Tambiev, G. G.; Samolysov, A. S. Chemistry & Technology of Fuels and Oils, 22, 268-270, 1986.
- [12] Fitzmaurice, C.; Webster, N. W.; US Patent, US 4101567, 1978.
- [13] Brannen, W.; Watson, R.; US Patent, 3791805, 1974.
- [14] Angelici, R. J.; “Synthesis & Technique in Inorganic Chemistry”, 2nd ed, W. B. Saunders Company, 1977.

Synthesis of antielectrostatic additives for low sulfur diesel fuel

M. Shekarriz^{1,*}, S. Taghipoor² and B. Ghanbari³

1. Assistant Prof. of Organic Chemistry, Chemical, Polymeric and Petrochemical Technology Research Division, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), Tehran, Iran
2. The coach of Analytical Chemistry, Chemical, Polymeric and Petrochemical Technology Research Division, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), Tehran, Iran
3. Associate Prof. of Inorganic Chemistry, Department of Chemistry, Sharif University, Tehran, Iran

Received: October 2015, Revised: November 2015, Accepted: December 2015

Abstract: Pure hydrocarbons are essentially non-conductive. Transportation, filtering, or rapidly pumping a hydrocarbon, which is a relatively poor electrical conductor, like jet fuel or low sulfur diesel fuel, can result in a static charge created much faster than it dissipates and thus can cause a risk of fire and explosion. Sulfur components in diesel fuel act as conductors of static electrical charge. By decreasing sulfur content of fuels, due to environmental considerations, the electrical charge cannot be discharged properly and is accumulated in the fuel. To avoid explosion triggered by a static discharge, an additive is required to increase the electrical conductivity of the fuel. Conductivity improving additives are also called anti-static or static dissipater additives. These additives do not prevent charge generation, but increase the rate of charge dissipation by increasing fuel conductivity.

The present work describes synthesis of Ca and Cr salts of alkyl salicylic acids, chromium oleate, chromium complex, and different formulation of these organic additives with low sulfur diesel fuel (120 ppm, iso max lower than 1 ppm sulfur) and the investigation of their antistatic properties.

Keywords: Antielectrostatic, Additives, Low sulfur diesel