

# اندازه‌گیری عدد اسیدی کل در روغن موتور خودروهای سواری و دیزلی و ارتباط آن با کیلومتر کارکرد خودرو

صادق تانوردی نسب، منا سرگزی

گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

کرم گودرزی

شرکت گاز هرمزگان، منطقه شش عملیاتی انتقال گاز، بندرعباس، ایران

مسعود کیخوائی\*\*

گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

**چکیده:** روغن‌ها ترکیب‌هایی از دسته روانکارها هستند که برای کاهش میزان اصطکاک و حرکت آسان‌تر دو سطح روی یک‌دیگر استفاده می‌شوند و از نفت به دست می‌آید. یکی از مهم‌ترین کاربردهای روانکارها، روغن موتور خودرو است. در این پژوهش، عدد اسیدی کل برای انواع روغن موتور، گیربکس، هیدرولیک و ترمز خودروها در کیلومترهای گوناگون کارکرد، اندازه‌گیری شدند. روغن‌ها از شرکت‌های تجاری متفاوت برای انواع سواری و دیزلی گوناگون انتخاب شدند. نتیجه‌ها نشان داد که برای بیش‌تر روغن موتورها بین افزایش عدد اسیدی کل و کیلومتر کارکرد موتور، رابطه مستقیمی وجود دارد که به طور متوسط به ازای هر پنج هزار کیلومتر کارکرد برای خودروهای سواری، عدد اسیدی کل  $0.7 \text{ mg/kOH/g}$  و برای خودروهای دیزلی  $0.3 \text{ mg/kOH/g}$  افزایش می‌یابد. همچنین عدد اسیدی میانگین روغن موتور کار نکرده، برای خودروهای سواری  $1.4 \text{ mg/kOH/g}$  و برای خودروهای دیزلی  $1.7 \text{ mg/kOH/g}$  می‌باشد. همچنین دیده شد که عدد اسیدی روغن ترمز، صفر بوده و با کارکرد نیز تغییری نمی‌کند. افزون بر این عدد اسیدی روغن موجود در موتور خودرو و در صافی روغن آن، یکسان می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** عدد اسیدی کل؛ تیتراسیون؛ روغن موتور؛ خودرو

**KEYWORDS:** Total acidic number; Titration; Engine oil, Vehicle.

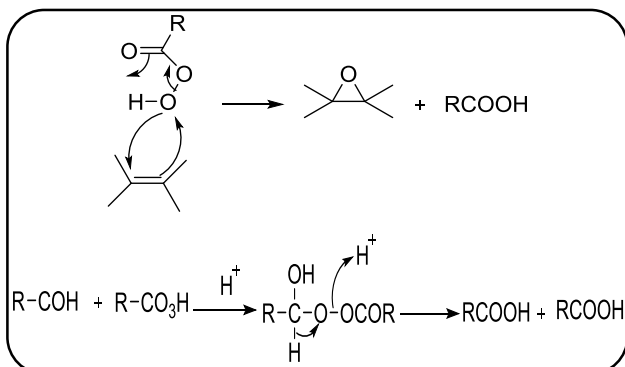
## مقدمه

روغن، کاهش اصطکاک و سائیدگی در قطعه‌های موتور خودروها است. همچنین روغن باعث تمیز کاری موتور و سرانجام زنگ زدایی

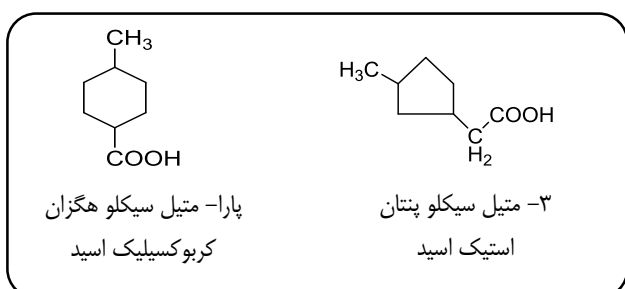
ناگریزی استفاده از روانکارها مانند روغن و گریس در صنایع گوناگون روشن است. یکی از مهم‌ترین و اولین موردهای استفاده از

\*E-mail: kaykhaii@chem.usb.ac.ir

\*\*عهده دار مکاتبات



شکل ۱- تولید کربوکسیلیک اسید در اثر اکسایش روغن.



شکل ۲- متداول ترین نفتتیک اسیدهای موجود در برش دیزل [۷].

مقدار اسیدیته کل در نفت و مشتقات آن که شامل مجموع اسیدهای آلی (به استثنای سولفید هیدروژن) است را عدد اسیدی کل<sup>(۱)</sup> می‌نامند. از لحاظ کمی، وزنی از پتاسیم هیدروکسید (بر حسب میلی گرم) که برای خنثی سازی ترکیبات اسیدی در یک گرم از نمونه نفتی نیاز است را عدد اسیدی کل در نظر می‌گیرند. به صرف اسیدی بودن یک روغن نمی‌توان آن را نامرغوب دانست، بلکه بایستی ماهیت آن روشن شود. به طور معمول روغن موتورهای مرغوب عدد اسیدی بین ۲-۳ mg.KOH/g دارند و با استفاده از این نکته میزان مواد افزودنی در روغن موتور را کنترل می‌کنند [۲]. با استفاده از عدد اسیدی کل می‌توان عمر مفید روغن موتور را تخمین زد [۸]. با توجه به توصیه انجمن آزمون و مواد آمریکا<sup>(۲)</sup> اگر مقدار عدد اسیدی کل روغن موتور به میزان ۰/۳ - ۰/۲ mg.KOH/g افزایش پیدا کند، موجب بروز خوردگی در موتور می‌شود. به عبارتی عمر مفید روغن موتور به پایان رسیده است [۹].

روش‌های اندازه گیری عدد اسیدی کل در نفت و مشتق‌های آن شامل روش‌های دستگاهی، روش‌های پتانسیومتری و روش‌های سنتی می‌باشند. از مهم‌ترین روش دستگاهی، به طیف سنجی فروسرخ می‌توان اشاره داشت که با شناسایی گروه‌های عاملی اسیدی در نمونه، می‌توان مقدار آن‌ها را مشخص کرد. به عنوان نمونه، اسیدهای نفتتیک

می‌شود. همچنین از روغن برای ایجاد فشار در سامانه‌های فرمان، ترمز و هیدرولیک خودرو استفاده می‌شود. روغن‌های خودرو به سه دسته تقسیم می‌شوند: روغن‌های معدنی که از نفت خام تولید می‌شوند؛ روغن‌های سنتزی که از ترکیب‌های سنتزی که به دست آمده از ترکیب‌های شیمیایی با پلیمریزاسیون هیدروکربن‌های الفینی هستند، تولید می‌شوند؛ و روغن‌های نیمه سنتزی که مخلوطی از روغن سنتزی و معدنی می‌باشند و کیفیت روغن‌های سنتزی را ندارند ولی در شرایط سخت مانند دمای بالا و یا بار زیاد عملکرد بهتری نسبت به نوع معدنی دارند [۱]. در اثر کارکرد روغن، ذره‌های بسیار ریز فلزی مانند آهن و مس با اندازه کم‌تر از یک میکرون از قطعه‌های فلزی آزاد می‌شوند که می‌توانند به عنوان کاتالیزور اکسیدکننده عمل نموده و موجب ایجاد ترکیب‌های اسیدی در روغن شوند. اکسایش روغن در نهایت باعث تخریب شیمیایی روغن می‌شود که در عمل روغن سفت شده، گرانروی افزایش پیدا کرده و خاصیت انتقال گرما و روانکاری آن کاهش می‌یابد. همچنین این اکسیدشدن، افزون بر تشکیل لجن و رسوب، تولید اسیدهای آلی می‌نماید که باعث خوردگی داخلی موتور، به ویژه یاتاقان‌ها خواهد شد. شکل ۱ مکانیسم تشکیل اسید را نشان می‌دهد.

افزایش اسیدیته روغن در موتور خودرو نشان دهنده کاهش کارایی روغن و رخداد اکسایش شدید روغن است [۲]. میزان اکسایش بین روان کننده‌ها متفاوت بوده و بستگی به روغن پایه دارد [۳]. این ترکیب‌ها مجموعه‌ای از آلیفاتیک اسیدها  $(CH_3(CH_2)_nCOOH)$ ، اسیدهای آروماتیک  $(Ar, ArCOOH)$  حلقه‌های بنزنی و نفتتیک اسیدها  $(XR(CH_2)_nCOOH)$  حلقه سیکلو پارافین می‌باشند [۴]. نفتتیک اسیدها بیش‌تر در برش نفت سبک و اسیدهای چرب وجود دارند و به طور معمول رنگشان تیره بوده و بوی ناخوشایند دارند حال آن‌که در برش‌های روغن، به طور عمده دو دسته دیگر اسیدها که به طور معمول بین ۴ تا ۲۲ اتم کربن دارند یافت می‌شوند [۵]. از معروف‌ترین آن‌ها می‌توان به والریک اسید  $[CH_3-(CH_2)_3-COOH]$  و استتاریک اسید  $[CH_3-(CH_2)_{16}-COOH]$  اشاره داشت. توزیع اسیدهای نفتتیک در نفت خام یکنواخت نیست و بیش‌ترین مقدار دیده شده در برش‌های با دمای بین  $200-450^\circ C$  می‌باشد. بخش عمده‌ای از اسیدهای موجود در برش‌های دیزل، اسیدهای نفتتیک حلقوی هستند، که از سیکلوپنتان یا سیکلوهگزان مشتق شده‌اند، و در شکل ۲ نشان داده شده‌اند [۶].

(۱) Total Acidic Number (TAN)

(۲) American Society for Testing and Materials (ASTM)

### بخش تجربی الف) مواد شیمیایی

همه مواد شیمیایی در این پژوهش از شرکت مرک آلمان خریداری شده و بدون آماده سازی بعدی مورد استفاده قرار گرفتند. در همه مرحله‌ها از آب دوبار تقطیر برای ساخت محلول‌ها و یا رقیق سازی استفاده شد. برای تهیه شناساگر پارا نفتول بنزین، ۰/۵ گرم از آن توزین شده و با ایزوپروپیل الکل به حجم ۱۰۰ mL رسانده شد. همچنین برای استاندارد کردن تیتراست پتاسیم هیدروکسید، از تیتراست آن با استاندارد اولیه پتاسیم هیدروژن فتالات در مجاورت فنل فتالین بهره گرفته شد.

### ب) اندازه گیری عدد اسیدی به روش تیتراسیون

نخست حدود ۲ گرم از نمونه (با دقت ۰/۱ mg) در یک ارلن مایر ۲۵۰ mL توزین شد. سپس ۱۰۰ mL از مخلوطی از ۵۰٪ تولوئن، ۴۹٫۵٪ ایزو پروپیل الکل و ۰٫۵٪ آب دو بار تقطیر به آن افزوده شد تا نمونه به طور کامل حل شود. سپس ۰٫۵ mL شناساگر افزوده شد و با پتاسیم هیدروکسید استاندارد شده تا تغییر رنگ از نارنجی به سبز پایدار، تیتراست شد. به دلیل تیرگی نسبی این محلول، عامل مهم بروز خطا در این تیتراسیون، دیدن به موقع تغییر رنگ است بنابراین استفاده از محلول شاهد<sup>۳</sup> اجتناب ناپذیر می باشد. محلول شاهد به این صورت تهیه شد که ۵۰۰ mL تولوئن با ۴۹٫۵ mL ایزو پروپیل الکل و ۵ mL آب دو بار تقطیر مخلوط شده و در آغاز هر روز، پیش از تیتراسیون نمونه‌ها، محلول شاهد تیتراست می‌شوند. عدد اسیدی کل با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$\text{عدد اسیدی کل} = \frac{(A-B)M \times 56.1}{W} \quad (1)$$

که در آن A: حجم مصرفی محلول استاندارد پتاسیم هیدروکسید در نمونه بر حسب میلی لیتر.

B: حجم مصرفی پتاسیم هیدروکسید برای محلول شاهد بر حسب میلی لیتر

M: مولاریته پتاسیم هیدروکسید (۰٫۰۲ M)

W: وزن نمونه بر حسب گرم می‌باشد.

شایان توضیح است که همه اندازه گیری‌ها در دمای اتاق

انجام شده اند.

در عدد موجی  $1710 \text{ cm}^{-1}$  بیشینه جذب را دارا می‌باشند. هر چند در چند سال گذشته پژوهش‌های زیادی برای اندازه گیری عدد اسیدی کل به روش طیف سنجی فرسوخ انجام شده است، اما برای تکامل آن زمان زیادی احتیاج است، زیرا برخی موانع باید بر طرف شوند که مهم‌ترین آن‌ها چگونگی حذف تداخل‌های طیفی می‌باشد چرا که بافت نمونه (نفت و روغن) بسیار پیچیده است [۱۰]. روش متداول دستگاهی دیگر، استفاده از کروماتوگرافی گازی کوپل شده با اسپکترومتر جرمی<sup>۱</sup> (GC/MS) است، که در کروماتوگرافی گازی جداسازی اسیدها از یک‌دیگر و از بافت نمونه و در اسپکترومتر جرمی آشکار سازی انجام می‌شود [۱۱]. همانند GC/MS، می‌توان از دستگاه HPLC/MS<sup>۲</sup> که شامل یک سامانه کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) است، استفاده نمود [۱۲]. در هر دو روش‌های کروماتوگرافی لازم است نخست استخراج کربوکسیلیک اسیدها از نفت خام بر روی ستون‌های ویژه‌ای انجام شود. این روش‌ها، گران قیمت بوده و هزینه‌ی هر آزمایش بسیار زیاد می‌باشد و هر موسسه‌ای توان خرید آنها را ندارد [۱۱]. روش دستگاهی ساده تر پذیرفته شده برای اندازه گیری عدد اسیدی کل، تیتراسیون پتانسیومتری است. در این روش، نمونه در یک حلال آلی رقیق شده و الکترودهای شیشه‌ای pH هاش ویژه‌ی مواد آلی و مرجع در آن قرار داده می‌شوند و توسط پتاس الکلی تیتراست می‌شود. از عیب‌های این روش آن است که نیاز به الکترودهای خاص داشته و زمان آزمایش و رسم منحنی‌های مربوط به آن طولانی و خسته کننده می‌باشد [۱۳]. از دیگر روش‌های دستگاهی تعیین عدد اسیدی می‌توان به استفاده از پراش پرتو ایکس [۱۴]، و طیف سنجی جرمی [۱۵] را نام برد که تنها در آزمایشگاه‌های پژوهشی استفاده شده‌اند. با توجه به جمیع موارد یاد شده، و بهای زیاد و نبود دسترسی به دستگاه‌های تجزیه‌ای ویژه، روش آزمون مقبول ASTM برای سنجش عدد اسیدی کل در نفت و مشتق‌های آن، روش تیتراسیون کلاسیک می‌باشد که طبق ASTM D-974 انتشار یافته است. در این روش، مقدار معینی از نمونه توزین و در یک حلال عمدتاً آلی، حل می‌شود سپس در حضور شناساگر پارا نفتول بنزین، تا رسیدن به نقطه پایان، توسط پتاسیم هیدروکسید استاندارد شده تیتراست می‌شود. این روش سریع، آسان، بسیار اقتصادی و با دقت و صحت کافی می‌باشد بنابراین به طور بین المللی مورد پذیرش است [۱۶]. بنابراین در این پژوهش، روش استاندارد ASTM D-974 برای تجزیه نمونه‌ها به منظور یافتن عدد اسیدی کل استفاده شده است.

(۱) Gas Chromatography/ Mass Spectrometer

(۲) High Performance Liquid Chromatography/ Mass Spectrometer

(۳) Blank

## نتیجه‌ها و بحث

تلاش شد نمونه‌های روغن موتور از سازندگان گوناگون تهیه شود. این روغن‌ها، طیف گسترده‌ای از انواع روغن‌های ویژه خودروهای سواری، دیزلی با کاربری گوناگون (جعبه دنده، ترمز و هیدرولیک) را شامل می‌شدند. همچنین همین روغن‌ها از خودروهایی که کیلومترهای کارکرد متفاوتی داشتند، جمع آوری و برای تعیین عدد اسیدی کل، تجزیه شدند. هر آزمون حداقل سه بار تکرار شد و میانگین آزمایش‌ها گزارش شده‌اند. شایان ذکر است که به دلیل دسترس نبودن برخی کیلومتر کارکرد گوناگون روغن، اطلاعات آن در جدول‌ها وارد نشده‌اند. در نمودار ۱ میزان عدد اسیدی کل برای همه نمونه‌های روغن کار نکرده جمع آوری شده، آورده شده است.

این نمودار نشان می‌دهد که مقدار عدد اسیدی نمونه‌ها بین  $1/5 \text{ mg.KOH/g}$  تا  $2 \text{ mg.KOH/g}$  در نوسان می‌باشد که متوسط آن برای خودروهای سواری  $1/4 \text{ mg.KOH/g}$  و برای خودروهای دیزلی  $1/7 \text{ mg.KOH/g}$  می‌باشد. در نمودارهای بعدی، به تفکیک شرکت سازنده، مقدار عدد اسیدی روغن در کیلومترهای کارکرد گوناگون آورده شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، بدون استثنا در اثر کارکرد بیش‌تر عدد اسیدی کل افزایش می‌یابد.

نمودار ۲ تغییر عدد اسیدی کل برای روغن موتور ایرانول را نشان می‌دهد. روغن موتور ایرانول دارای چهار نوع درجه بندی<sup>۱</sup> می‌باشد، و با توجه به تغییر عدد اسیدی کل می‌بینیم که ایرانول ۱۶۰۰۰ نسبت به انواع دیگر درجه بندی آن (۸۰۰۰، ۶۰۰۰، ۱۲۰۰۰) مقاومت بیش‌تری در برابر اکسایش و افزایش عدد اسیدی کل از خود نشان داده است.

نمودار ۳ تغییر عدد اسیدی کل برای روغن موتور پارس پایا خودرو سواری را نشان می‌دهد. با افزایش کارکرد بر حسب هزار کیلومتر عدد اسیدی کل افزایش پیدا کرده که این نشان از اکسید شدن روغن در موتور خودرو می‌باشد.

نمودار ۴ تغییر عدد اسیدی کل، برای روغن موتور توتال را نشان می‌دهد. با افزایش کارکرد روغن موتور بر حسب هزار کیلومتر در موتور خودروهای سواری و دیزلی عدد اسیدی کل افزایش پیدا کرده است. همچنین عدد اسیدی کل برای توتال ۷۴۰۰ (خودرو دیزلی) نسبت به توتال ۷۰۰۰ (خودرو سواری) برای نمونه‌های کار

نکرده بیش‌تر است. و تغییر عدد اسیدی کل برای روغن موتور توتال ۷۴۰۰ نسبت به روغن موتور توتال ۷۰۰۰ کم‌تر بوده است.

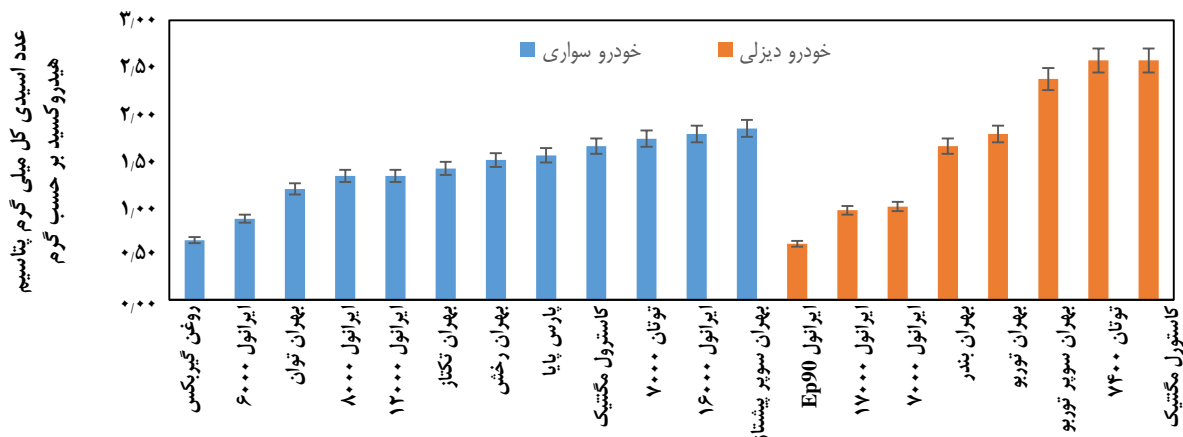
نمودار ۵ تغییر عدد اسیدی کل، برای روغن موتور بهران را نشان می‌دهد. با افزایش کارکرد روغن موتور بر حسب هزار کیلومتر در موتور خودروهای سواری عدد اسیدی کل برای روغن موتور بهران افزایش پیدا کرده است. تغییر روغن موتور بهران تکتاز، بهران رخس و بهران توان نسبت به بهران سوپر پیش‌تاز کم‌تر دیده شد. روغن موتور بهران تکتاز، بهران رخس و بهران توان به تقریب تغییر اکسیداسیون همانندی دارند. برای روغن موتور بهران رخس افزایش عدد اسیدی کل تا ۴۰۰۰ کیلومتر تغییر آنچنانی صورت نگرفته و افزایش عدد اسیدی کل از ۵۰۰۰ کیلومتر به بعد افزایش را نشان می‌دهد.

نمودار ۶ تغییر عدد اسیدی کل برای روغن موتور کاسترول را نشان می‌دهد. با کارکرد روغن در موتور خودروهای سواری و دیزلی عدد اسیدی کل برای روغن موتور کاسترول افزایش پیدا کرده است. تغییر عدد اسیدی کل برای روغن‌های خودرو دیزلی نسبت به روغن‌های خودرو سواری بر حسب کارکرد هزار کیلومتر کم‌تر بوده و این نیز قابل دیدن می‌باشد. این در حالی است که دمای موتور خودروهای دیزلی نسبت به خودروهای سواری بیش‌تر بوده و انتظار می‌رود که عدد اسیدی نسبت به کارکرد روغن موتور خودرو سواری بیش‌تر باشد ولی این امر اتفاق نیفتاده، و این شاید به دلیل تفاوت در روغن پایه و مواد افزودنی می‌باشد، که شرکت‌های سازنده روغن موتور خودروهای دیزلی استفاده می‌کنند.

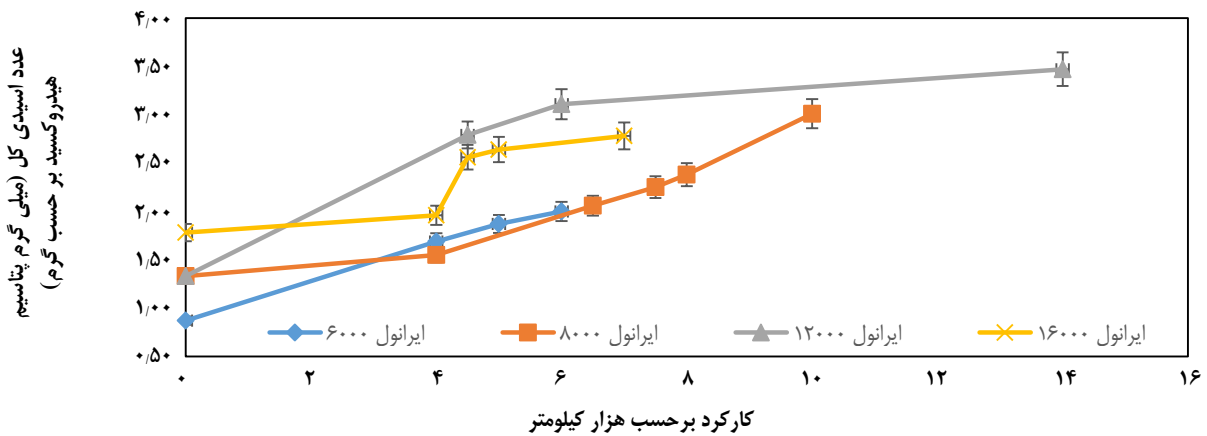
نمودار ۷ تغییر عدد اسیدی کل، روغن موتور ایرانول برای خودروهای دیزلی را نشان می‌دهد. با افزایش کارکرد روغن موتور در موتور خودروهای دیزلی، عدد اسیدی کل افزایش پیدا کرده است. با توجه به نمودار، روغن موتور ایرانول EP90 نسبت به روغن موتور ایرانول ۱۷۰۰۰ و ۷۰۰۰ کم‌تر اکسید شده، اما افزایش عدد اسیدی کل بیش‌تری از خود نشان داده است. روغن موتور ایرانول ۷۰۰۰ برای خودروهای دیزلی در ۷۵۰۰ کیلومتر مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته شد، که در ۷۵۰۰ کیلومتر دو نمونه انتخاب شد یکی از درون موتور خودرو و دیگری از درون صافی<sup>۲</sup> روغن که با انجام آزمایش برای تعیین عدد اسیدی کل دیده شد که صافی روغن هیچ تأثیری در کاهش عدد اسیدی کل روغن ندارد. چون عدد اسیدی کل برای هر دو یکسان به‌دست می‌آید. ولی باید بعد از هر بار تعویض روغن،

(۱) Grade

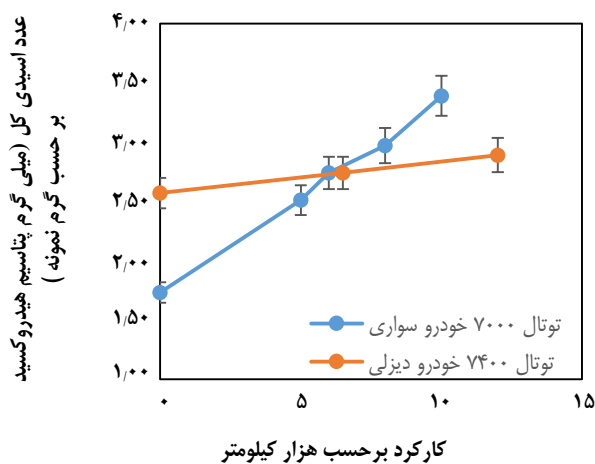
(۲) Filter



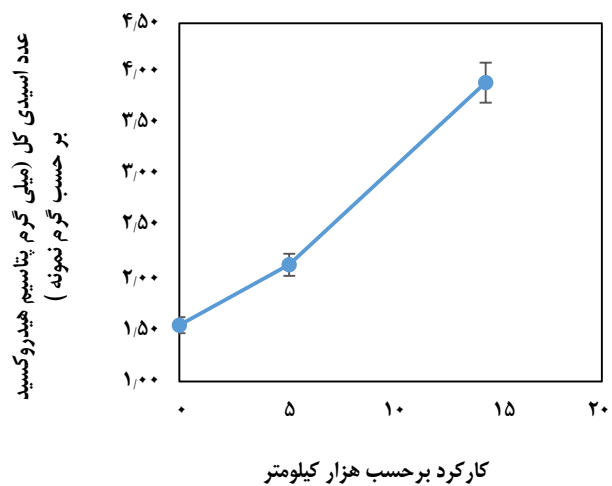
نمودار ۱- میزان عدد اسیدی کل برای همه روغن‌های کارنکرده خودروهای سواری و دیزلی.



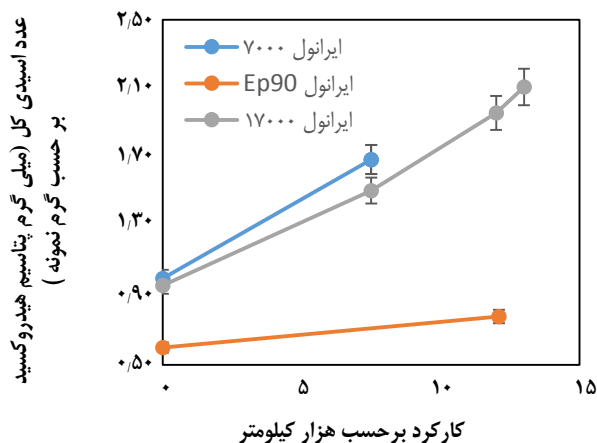
نمودار ۲- تغییر عدد اسیدی کل روغن موتور ایرانول خودرو سواری با کارکرد.



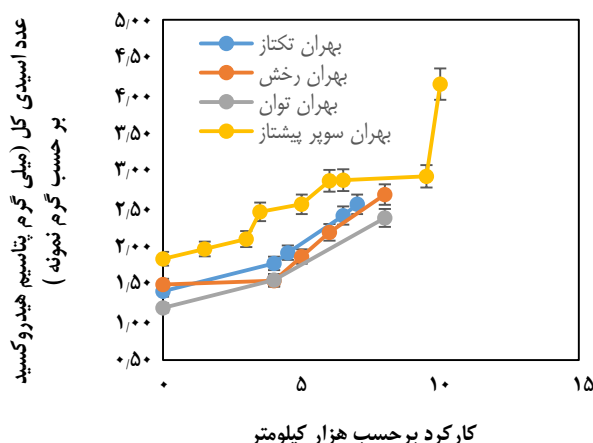
نمودار ۴- تغییر عدد اسیدی کل روغن موتور توتال خودرو سواری و دیزلی با کارکرد.



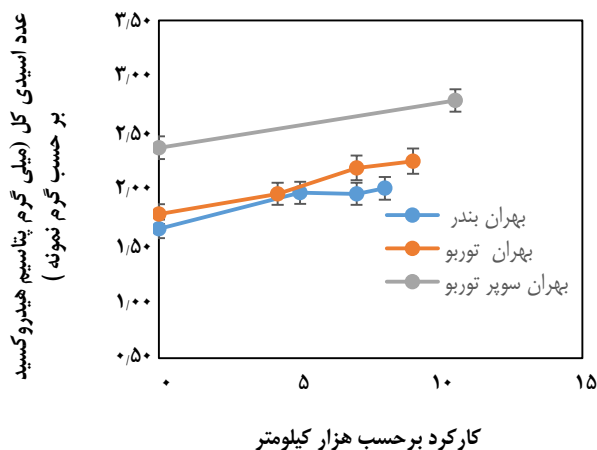
نمودار ۳- نمودار تغییر عدد اسیدی کل روغن موتور پارس پایا خودرو سواری با کارکرد.



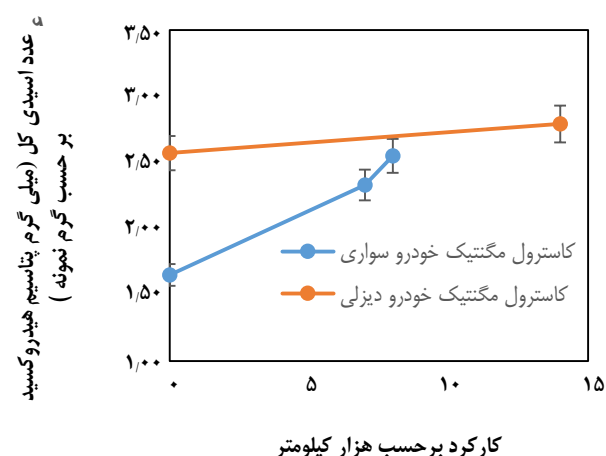
نمودار ۷ - تغییر عدد اسیدی کل روغن موتور ایرانیول خودرو دیزلی با کارکرد.



نمودار ۵ - تغییر عدد اسیدی کل روغن موتور بهران خودرو سواری با کارکرد.



نمودار ۸ - تغییر عدد اسیدی کل روغن موتور بهران خودرو دیزلی با کارکرد.



نمودار ۶ - تغییر عدد اسیدی کل روغن موتور کاسترول برای خودروهای سواری و دیزلی با کارکرد.

به تقریب همانند بوده است. برای روغن موتور بهران بندر تغییر عدد اسیدی چندانی در کیلومترهای بین ۵۰۰۰ تا ۸۰۰۰ دیده نشد، که ناشی از مقاومت این روغن در موتور خودرو در برابر اکسایش می‌باشد. نمودار ۹ تغییر عدد اسیدی کل، برای روغن گیربکس و روغن هیدرولیک را نشان می‌دهد. با افزایش کارکرد بر حسب کیلومتر برای روغن گیربکس (کارپیه) و روغن هیدرولیک (قطران) عدد اسیدی کل افزایش پیدا کرده است. در روغن هیدرولیک این تغییرها نسبت به سایر روغن موتورها به جزء روغن ترمز کم‌تر بوده است.

نتیجه‌های به دست آمده از تیتراسیون برای روغن ترمز فومن شیمی سپهر کار نکرده، نشان دهنده عدد اسیدی کل صفر می‌باشد.

صافی روغن نیز تعویض شود. زیرا مقداری از روغن سوخته همیشه در درون صافی روغن باقی می‌ماند و با روشن شدن موتور و گردش روغن سبب مخلوط شدن روغن نو و کهنه می‌شود، و این سبب می‌شود که روغن کهنه با عدد اسیدی بالا با روغن نو (عدد اسیدی پایین) مخلوط شود. و این منجر به تغییر عدد اسیدی روغن نو شده، و در نهایت سبب زودتر خراب شدن روغن موتور می‌شود.

نمودار ۸ تغییر عدد اسیدی کل، روغن موتور بهران برای خودروهای دیزلی را نشان می‌دهد. با افزایش کارکرد روغن موتور بر حسب هزار کیلومتر در درون خودروهای دیزلی عدد اسیدی کل افزایش پیدا کرده است. تغییر عدد اسیدی کل برای روغن موتور بهران سوپر توربو، بهران توربو و بهران بندر تغییر عدد اسیدی کل

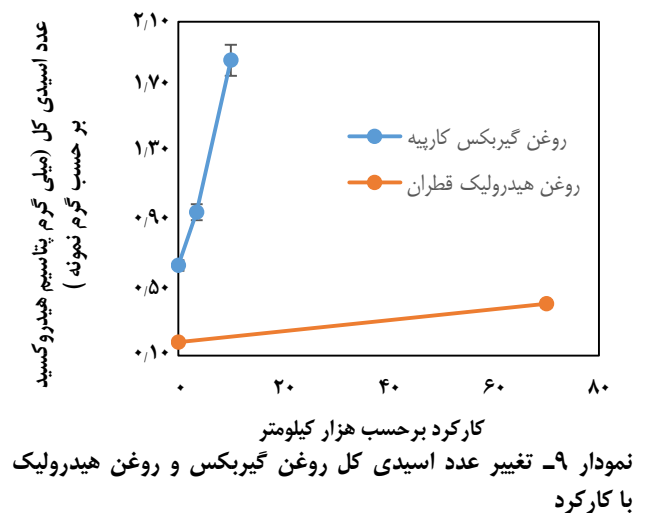
جدول ۱ - اطلاعات به دست آمده از آلوده سازی روغن موتور خودروهای سواری برای محاسبه درصد بازیابی.

ردیف	نمونه روغن	عدد اسیدی قبل از آلوده سازی	غلظت اسید استئاریک ایجاد شده در نمونه (M)	درصد بازیابی (%)
۱	ایرانول ۸۰۰۰ صفر کیلومتر	۱/۳۳	۰/۰۰۹	۹۴/۸
۲	ایرانول ۸۰۰۰ صفر کیلومتر	۱/۳۳	۰/۰۰۷	۸۲/۵
۳	ایرانول ۸۰۰۰ ۶۵۰۰ کیلومتر	۲/۰۶	۰/۰۰۹	۹۹/۰
۴	بهران تکتاز صفر کیلومتر	۱/۴۱	۰/۰۰۹	۸۶/۴
۵	بهران تکتاز صفر کیلومتر	۱/۴۱	۰/۰۰۸	۹۳/۲
۶	بهران تکتاز ۴۰۰۰ کیلومتر	۱/۷۸	۰/۰۰۹	۱۰۰/۰
۷	توتال صفر کیلومتر	۱/۷۳	۰/۰۰۹	۹۹/۹
۸	توتال ۸۰۰۰ کیلومتر	۲/۹۷	۰/۰۱۱	۹۹/۹

جدول ۲ - اطلاعات به دست آمده از آلوده سازی روغن موتور خودروهای دیزلی و روغن گیربکس برای محاسبه درصد بازیابی.

ردیف	نمونه روغن	عدد اسیدی قبل از آلوده سازی	غلظت اسید استئاریک ایجاد شده در نمونه (M)	درصد بازیابی (%)
۱	ایرانول ۷۰۰۰ صفر کیلومتر	۱/۰۰	۰/۰۰۱	۱۱۳/۰
۲	ایرانول ۷۰۰۰ صفر کیلومتر	۱/۰۰	۰/۰۰۲	۱۱۸/۶
۳	ایرانول EP90 صفر کیلومتر	۰/۶۰	۰/۰۰۱	۱۰۲/۴
۴	ایرانول EP90 صفر کیلومتر	۰/۶۰	۰/۰۰۲	۱۰۰/۳
۵	ایرانول ۱۷۰۰۰ صفر کیلومتر	۰/۹۶	۰/۰۰۱	۸۸/۸
۶	بهران بندر صفر کیلومتر	۱/۶۵	۰/۰۰۱	۹۹/۵
۷	بهران بندر صفر کیلومتر	۱/۶۵	۰/۰۰۲	۱۰۰/۵
۸	روغن گیربکس کارپیه صفر کیلومتر	۰/۶۴	۰/۰۰۱	۸۸/۹
۹	روغن گیربکس کارپیه صفر کیلومتر	۰/۶۴	۰/۰۰۲	۱۰۰/۶

درستی روش انجام شده، با استفاده از درصد بازیابی<sup>۱</sup> مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور، محلول شاهد توسط اسید استئاریک آلوده سازی<sup>۲</sup> شد. این اسید به طور معمول برای همانندسازی محیط روغن اسیدی شده استفاده می شود [۱۷]. نخست غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۴ مولار از استئاریک اسید (خلوص ۹۷/۰٪) در حلال (محلول ۵۰٪ تولوئن، ۴۹/۵٪ ایزو پروپیل الکل و ۰/۵٪ آب) تهیه شد و با روش استاندارد تیترا شده و درصدهای بازیابی به ترتیب ۹۷٪ و ۹۶٪ به دست آمدند، سپس همین آزمایش بر روی نمونه‌های حقیقی نیز به انجام رسید که نتیجه‌ها در جدول‌های ۱ و ۲ درج شده‌اند.



(۱) Recovery

(۲) Spiking

## نتیجه گیری

عدد اسیدی کل روغن‌های دیزلی بدون کارکرد، بالاتر از انواع بنزینی می‌باشد. همچنین دیده شد که به ازای هر ۵۰۰۰ کیلومتر کارکرد روغن موتور برای خودروهای دیزلی ۰/۳۱ mg.KOH/g و برای روغن موتور خودروهای سواری ۰/۷۹ mg.KOH/g افزایش می‌یابد.

در این پژوهش عدد اسیدی کل در انواع روغن‌های مورد استفاده در خودروها تعیین شد که به محدوده جهانی نزدیک است. دیده شد یک رابطه مستقیم بین کارکرد روغن موتور با عدد اسیدی کل وجود دارد. این افزایش، برای همه روغن‌ها یکسان نیست. همین افزایش بر حسب کارکرد برای روغن موتورهای دیزلی نسبت به روغن موتور خودروهای سواری کمتر می‌باشد هر چند که

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱۷

## مراجع

- [1] Lansdown A.R., "[Lubrication: a Practical Guide to Lubricant Selection](#)", 1-50, 2nd ed, Pergamon Press Ltd., Oxford, England (1982).
- [۲] زمانی، "مجموعه مقالات سمینار شناخت و کاربرد روغن‌های روانساز صنعتی"، شرکت نفت بهران با همکاری موسسه انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران، ص.ص. ۱۷۷ و ۱۷۶ (۱۳۶۵).
- [3] Bloch H.P., "[Practical Lubrication for Industrial Facilities](#)", 396-397, 2nd ed., Fairmont Press, New York, USA, (2009).
- [4] Cox R.A., [Acids and Bases, Solvent Effects on Acid-Base Strength](#), *Angew. Chem. Int. Ed.*, **125** (30): 7790-7795 (2013).
- [5] DeKlerk A., "[Fischer-Tropsch Refining](#)", Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim, Germany, (2011).
- [6] Becker J.R., "[Crude Oil Waxes, Emulsions, and Asphaltenes](#)", Pennwell Publishing Company, Tulsa, USA, (1997).
- [۷] کوچک زاد، م. ت.، "اصول پالایش نفت خام"، انتشارات ادبستان - جهان نو، تهران، (۱۳۸۷).
- [8] Fedele L., "[Methodologies and Techniques for Advanced Maintenance](#)", Springer-Verlag, London, UK, (2011).
- [9] Hamblin P., Rapenne-Jacob I., Reyes-Gavilan J., Rohrbach P., "[Standard Test Methods tor TAN Assessment and Modifications](#)", *Tribol. Lubr. Technol.*, Society of Tribologists and Lubrication Engineers. Retrieved May 16, 2018 from HighBeam Research, 40-46 (2004).
- [10] Van De Voort F.R., Pinchuk D., Davies M., Taghizadeh A., "[FT-IR Acid and Base Number Analyses: Their Potential to Replace ASTM Methods](#)", *Proceedings of the JOAP International Monitoring Conference*, Canada, 4,5 (2002).
- [11] Jones D.M., Watson W., Meredith W., Chen M., Bennett b., [Determination of Naphthenic Acids in Crude Oils Using Nonaqueous Ion Exchange Solid-Phase Extraction](#), *Anal. Chem.*, **73** (3): 703-707 (2001).



- [12] Dalmia A., "Analysis of Naphthenic Acids In Filtered Oil Sands Process Wate (OSPW) Using LC/TOF with No Sample Preparation", Perkin Elmer Application Note, Waltham, USA (2013).
- [13] Standard I., "Standard Test Method for Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration-ASTM D 664, ASTM International", ASTM International, USA (2011).
- [14] Saad O.M., Gasmelseed G.A., Hamid A.H., Separation of Naphthenic Acid from Sudanese Crude Oil Using Local Activated Clays, *J. Appl. Ind. Sci.*, **2**(1): 14-18 (2014).
- [15] Hau J.L., Yopez, O.J., Torres, L.H., Vera, J.R., Measuring Naphthenic Acid Corrosion Potential with the Fe Powder Test, *Rev. Metal Madrid*, **Extr**: 116-123 (2003).
- [16] ASTM International, "Standard Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration", ASTM International, USA (2012).
- [17] Bian Y., "Non-Aqueous Phase Titration for Total Acid Number of Crude Oil", Rice University Press, USA, (2009).