ارزیابی خورندگی روغن موتور های دیزل

با سطح کیفیت **API CH4**

ابوالفضل برخورداریون ، نجمه فرزین نژاد

|  |  |
| --- | --- |
| 1مسئول پروژه ، گروه پژوهش روغن ، پژوهشکده توسعه فناوریهای پالایش و فراورش نفت ، پژوهشگاه صنعت نفت | barkhordarioona@ripi.ir |
| 2 مسئول پروژه ، گروه پژوهش روغن ، پژوهشکده توسعه فناوریهای پالایش و فراورش نفت ، پژوهشگاه صنعت نفت | farzinnejadn@ripi.ir |

# چكيده

هدف از انجام مطالعه حاضر ارزیابی روغن موتور های دیزل در ایجاد خوردگی در فلزات غیر آهنی ، بخصوص آلیاژهای سرب و مس که عموما در چرخ دنده ها و یاتاقان استفاده می شوند می باشد .منظور از خوردگی واکنش های شیمیایی یا الکترو شیمیایی بین سطوح فلزی با روانکار می باشد که می تواند باعث خرابی قطعات موتور و یا خواص رو انکار شود. بدین منظور چهار نمونه فلزی استاندارد از جنس مس ، قلع ، سرب و فسفر برنز به مدت 168 ساعت در 100 میلی لیتر از روغن موتور دیزل به دمای 135 درجه سانتیگراد غوطه ور می شوند در پایان آزمون نمونه مس و سایر نمونه ها همراه با روغن کار کرده جهت بررسی و ارزیابی میزان خوردگی مورد آزمایش قرار داده می شود. نتایج آزمون های انجام شده موید آن بوده است که میزان خورندگی روغن موتور دیزل مورد آزمون با سطح کیفیت API CH-4 در حد مجاز قرار دارند. افزایش میزان غلظت سرب در آزمون های انجام شده با مکانیسم خوردگی سرب توسط روان کننده ها همخوانی و مطابقت دارد. پایداری اکسیداسیون روغن ها را می توان به عنوان یک پارامتر ارزیابی ارزشمند برای غربالگری فرمولاسیون های بسیار مقاوم در برابر خوردگی در نظر گرفت.

کليدواژه­ها: خورندگی ، روغن موتور، دیزل، اکسیداسیون، روانکاری

**Evaluation of Corrosiveness of API CH-4**

**Diesel Engine Oil**

**Abolfazle Barkhordarioon1\*, Najmeh Farzin Nejad2**

|  |  |
| --- | --- |
| 1Research Institute of Petroleum Industry (RIPI) · Petroleum Refining and Processing Technology Development Division· Oil Research group | barkhordarioona@ripi.ir |
| 2Research Institute of Petroleum Industry (RIPI) ·Petroleum Refining and Processing Technology Development Division· Oil Research group | farzinnejadn@ripi.ir |

**Abstract**

The aim of the present study was to evaluate the oil of diesel engines in causing corrosion in non-ferrous metals, especially lead and copper alloys, which are commonly used in gears and bearings. Corrosion refers to chemical or electrochemical reactions between metal surfaces and lubricant that can damage engine components or negate properties. For this purpose, four standard metal samples of copper, tin, lead and phosphorus bronze are immersed in 100 ml of diesel engine oil at 135 ° C for 168 hours. At the end of the test, copper and other samples with working oil is tested to evaluate and evaluate the degree of corrosion. The results of the tests confirmed that the corrosion rate of diesel engine oil tested with API CH-4 quality level is within the allowable range. The increase in lead concentration in the tests performed is consistent with the mechanism of lead corrosion by lubricants. Oxidation stability of oils can be considered as a valuable evaluation parameter for screening highly corrosion-resistant formulations.

**Keywords:** Corrosiveness, Engine oil, Diesel, Oxidation, Lubrication

مقدمه

به دلیل وجود فشار بالا در موتور های دیزل، انتخاب روغن برای آنها از اهمیت بالای برخوردار است. انتخاب صحیح نوع روغن موتور موجب می شود تا موتور های دیزل که معمولا به نگهداری و تعمیر بیشتری نیاز دارند، درست کار کرده و عملکرد بهتری داشته باشند. در انتخاب یک روغن موتور دیزل خوب باید از سازگاری آن با موتور و قطعات آن اطمینان حاصل شود. روغن موتور های دیزلی و[بنزینی](https://firstsarlubricants.com/index.php?route=product/category&path=154_131_152) دارای روغن پایه های یکسانی بوده و از این لحاظ به هم شبیه هستند. اما چیزی که این دو را از هم متفاوت می کند، افزودنی های مخصوصی است که در هر فرمولاسیون یک از آنها بکار می رود. موتور های دیزل به دلیل کار در شرایط سخت و جذب دوده بیشتر، نیازمند روغن های با افزودنی های ضد سایش بیشتر هستند. همچنین روغن موتور های دیزل نسبت به روغن موتور های بنزینی گرانروی  [بالاتری](https://firstsarlubricants.com/index.php?route=product/category&path=154_127_111) دارند [1].

روغن های موتور حاوی مقداری هیدرو کربن اشباع نشده می باشند. با تلاطم روغن در درجه حرارت های بالا و مخلوط شدن آن با اکسیژن هوا ، اکسیداسیون روغن تشدید می گردد. اکسیده شدن روغن باعث افزایش غلظت و تشکیل اسیدهای خورنده در آن می گردد. غلیظ شدن در اثر اکسیداسیون موجب ایجاد رسوبات سیاه و لاکی شکل بر روی قطعات موتور نیز می شود . این رسوبات خاصیت خورندگی بالایی دارند. روغن سازان در زمان تولید به محصولات شان افزودنی های ضد خوردگی نیز اضافه می کنند. این مواد باعث ایجاد لایه ای محافظت کننده بر روی قطعات فلزی موتور می شوند تا از تاثیر مواد آلاینده ، اسیدهای خورنده ، آب و روغن کاسته شود[2].

کشورهای پیشرفته غربی و به ویژه آمریکا، از سال های دهه 1950 استانداردهای روغن موتور را تدوین و به اجرا گذاشته اند. کشورهای دیگر هم یا مستقیماً از آن استانداردها استفاده نموده و یا کد های ملی خود را برای معرفی استاندارد مزبور به کار می برند. در آمریکا سه مؤسسه API[[1]](#footnote-1) ,SAE[[2]](#footnote-2) ,ASTM[[3]](#footnote-3) با همکاری یکدیگر کار تدوین و ارائه استانداردها را به عهده داشته اند. استانداردهای مزبور با کد های SAE که بیانگر  گرانروی روغن بوده و یا علائم API که نشان دهنده کیفیت و سطح کارایی روغن است معرفی می شوند. اکثر کشورهای اروپایی نیز مانند سایر کشورهای جهان، از استانداردهای آمریکایی استفاده می کردند، اما از دهه 1970 این استانداردها تحت علامت ( CCMC[[4]](#footnote-4) کمیته اروپایی سازندگان خودرو) معرفی شدند. این کمیته بعدها به ACEA[[5]](#footnote-5) تغییر نام داد. علاوه بر سازمان ها و مؤسسات یاد شده، شرکتهای بزرگ و معتبر خودرو سازی همچون مرسدس بنز در اروپا و کاترپیلار در آمریکا، از جمله این شرکت ها هستند[3].

در ایران موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی وظیفه تدوین استاندار های ملی در خصوص ارزیابی سطوح کیفی روان کننده ها را بر عهده دارد. در استاندارد ملی شماره 11380 ویژگی ها و روش های آزمون روغن موتور برای موتور های دیزل در سطح کیفیت API CH4 مشخص شده است. بر این اساس و مطابق با جدول 1 ، میزان خوردگی تیغه مسی به روش استاندارد ملی ایران شماره 336 و میزان خوردگی و افزایش مقدار غلظت فلزات مس، سرب و قلع مطابق با استاندارد ملی ایران شماره 19653، تحت عنوان روان کننده ها – ارزیابی خورندگی روغن موتور دیزل در دمای 135 درجه سانتیگراد روش آزمون. تعیین گردد [5 و6].

جدول 1- حد مجاز خورندگی روغن موتور دیزل مطابق با سطح کیفیت API CH4 در استاندارد ملی ایران شماره 19653 [4].

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ردیف | ویژگی | واحد | حدود قابل قبول | روش آزمون |
| 1 | خوردگی تیغه مسی، 3 ساعت در 100 درجه سانتیگراد، حداکثر | - | 1b | استاندارد ملی ایران شماره 336 ، سال 1384 |
| 2 | آزمون خوردگی |  |  |  |
| افزایش غلظت مس در روغن کار کرده، حداکثر | پی پی ام[[6]](#footnote-6) | 20 | استاندارد ملی ایران شماره 19653 ، سال 1394 |
| افزایش غلظت سرب در روغن کار کرده، حداکثر | 120 |
| افزایش غلظت قلع در روغن کار کرده، حداکثر | گزارش شود |
| خوردگی نوار مس طبق استاندارد ملی ایران شماره 336 ، سال 1384 | - | 3 |

بررسی فلزات غیر آهنی در ساختار موتور های دیزل

در طی فرایند اكسيداسيون روغن دچار فعل و انفعالات شيميايي می گردد. در نتيجه وارد شدن مواد حاصل از اكسيداسيون به روغن، كارايي و کیفیت آن کاهش مي يابد. روش آزمون مورد بحث برای شبیه سازی فرایند خوردگی فلزات غیر آهنی در روانکار موتور های دیزل طراحی شده است . فرآیند خوردگی بیش از آنکه به واسطه تخریب یا آلودگی روانکار ایجاد شود به دلیل خواص شیمیایی نامناسب روان کننده بروز می کند. نتایج و اطلاعات گسترده حاصل از انجام این آزمون با نتایج ارزیابی علل خوردگی بادامک ها و تخریب یاتاقان موتور ها نیز همخوانی داشته است.

فلزات غیر آهنی همچون سرب ، قلع ، مس ، فسفر و روی نقشی بسیار مهم و کلیدی در ایجاد خواص مکانیکی و تریبولوژیکی انواع یاتاقان ها ، بوش ها و گژنپین ها ایفا می کنند. یاتاقان ها باعث روان سازی حرکت میل لنگ و شاتون های (دسته پیستون) متصل به آن و حرکت روان میل لنگ روی پوسته موتور می شوند. یاتاقان ها به طور معمول از آلیاژ فلزات سرب، قلع، آنتیموان و مس ساخته می شوند و در ساخت برخی نمونه ها از آلیاژ فلزات گالیم، آلومینیوم، سرب، قلع و جیوه با درصدهای معین استفاده می کنند [7].

سرب  فلزی است نرم كه به عنوان سطح فرسايشي فدا شونده استفاده مي شود. بویژه در ياتاقان هاي ژورنال جزء اصلی بابيت مي باشد. قلع به صورت آلياژ همراه با سرب و مس در روكش ياتاقان ها به كار می رود. آلياژ مذکور به صورت لايه اي فدا شونده در روي ياتاقان ها كاربرد دارد. بطور نمونه از قلع در تولید بوش گژن پين ، بوش هاي ميل بادامك ، واشر های تراست و گاورنرها استفاده می گردد.

مس سهم عمده و اصلی در ترکیبات و آلیاژهای برنج و برنز را دارد . صنعت خودرو سازی از جمله بزرگترین مصرف‌ کنندگان مس جهان است. در بسیاری از مجموعه های خودرو مانند رادیاتور ها، موتور ها، ترمز ها و یاتاقان ‌ها از مس استفاده می‌شود. در موتور های احتراق داخلی وسایل نقلیه مرسوم تقریبا ۲۰ کیلوگرم مس استفاده می‌شود در حالی که در ساخت موتور خودروهای هیبریدی که از ترکیب دو یا چند منبع جداگانه قدرت در رانش استفاده می‌کنند، متوسط مقدار مس مصرفی حدوداً ۴۰ کیلوگرم است . در خودروهای برقی، این عدد به دو برابر افزایش می‌یابد و به ۸۰ کیلوگرم نیز می‌رسد[8].

فسفر برنز یکی از آلیاژ های مس است که درصد قابل توجهی قلع (3.5 تا 10 درصد) و مقدار کمتری فسفر (0.01 تا 0.35 درصد) دارد. این مواد سیالیت بیشتری به ترکیب در حالت مذاب می دهند و عملیات ریخته گری را آسان تر می کنند. در نتیجه می توان این آلیاژ را به راحتی به شکل قطعات مختلف در آورد. فسفر برنز به دلیل دارا بودن قلع مقاومت به سایش بسیار بالایی دارد و تا مقادیر بسیار زیاد در برابر ساییده شدن مقاومت می کند. همچنین مقاومت به خستگی آن بسیار زیاد است. مزیت دیگر وجود قلع افزایش مقاومت به خوردگی در آلیاژ است. از این آلیاژ به طور خاص در قطعاتی استفاده می شود که در معرض محیطی شیمیایی یا فیزیکی خورنده قرار دارند. فسفر برنز C544 یکی از بهترین آلیاژها برای ساخت یاتاقان است و در صنعت استفاده گسترده ای دارد. از فسفر برنز برای ساخت الکترودهای جوشکاری، سوییچ و فیوز نیز استفاده می شود. سایر کاربردهای آن عبارتند از لوله های فنری، دیافراگم ها، واشرهای فنری، بوش، یاتاقان، شفت، دنده و شیرها [7].

مقدار و نوع فلزات موجود در روغن، نشان دهنده میزان سایش قطعات مختلف مانند یاتاقان ها، رينگ ها، پيستون ها، ميل لنگ و غيره می باشد. با تکرار آزمایش در فواصل زمانی معین میتوان زمان مناسب جهت تعویض قطعات را مشخص نموده و قبل از بروز خسارت برنامه تعمیر آنها را تدوین نمود. بطور کلی، عناصر فلزی ناشی از سایش، عناصر موجود در ترکیبات مواد افزودنی روغن و آلاینده های فلزی كه ممکن است در یک نمونه روغن موتور دیزل وجود داشته باشند شامل موارد زیر می گردند:

* آهن: سیلندرها، واشرها، میل لنگ، چرخ دنده ها، میل بادامک، مکانیزم سوپاپ.
* مس : بوش ها، یاتاقان ها، بوش های بادامک، خنک کننده های روغن، بوش های مکانیزم سوپاپ، واشر های پیشرانه ای، یاتاقان ها یا بوش های میل بادامک.
* آلومينيوم : پیستون ها، یاتاقان ها، سیلندرها، بوش ها، محفظه پمپ روغن، دمنده ها، یاتاقان های پیشرانه ای، یاتاقان ها یا بوش های میل بادامک.
* کروم : رینگ ها، یاتاقان های غلتکی یا مخروطی، واشر ها، سوپاپ اگزوز.
* سرب : یاتاقان ها.
* سيليس : افزودنی ضد کف، گرد و خاک.
* سديم : افزودنی های روغن، ضد یخ، گرد و خاک.
* نيکل : انواع خاصی از یاتاقان ها، سوپاپ ها و گاید های سوپاپ.
* نقره :انواع خاصی از یاتاقان ها، لحیم برخی از خنک کننده های روغن .
* موليبدن : رینگ ها، انواع خاصی از یاتاقان ها.
* منيزيم : پوسته یا بدنه انواع خاصی از موتور ها، افزودنی های روغن.
* بور : مواد ضد سایش، آنتی اکسید انت ها، اجزای روغن های بدون بو.
* کلسيم : پاک کننده ها و شوینده ها، متفرق کننده ها یا دیسپرسانت ها ، خنثی کننده های اسید .
* باريم : مواد بازدارنده خوردگی، پاک کننده ها، مواد بازدارنده زنگ زدگی.
* روي : آنتی اکسید انت ها، مواد بازدارنده خوردگی، افزودنی های ضدسایش، پاک کننده ها، مواد افزودنی افزایش قابلیت تحمل فشارهای بالا.
* فسفر: ترکیبات ضد زنگ، شمع های جرقه و کاهش دهنده های حجم محفظه احتراق.

بطور معمول، ساختار یاتاقان های موتور شامل یک کپه فولادی و 3 لایه روکش یا آستری از جنس مس - قلع - سرب است. اما بوش های میل بادامک دارای ساختار فلزی دو لایه شامل یک کپه فولادی و یک روکش از جنس سرب - مس - قلع هستند. پین های پیرو بادامک از جنس برنز - فسفر ساخته می شوند. به منظور حفظ و سازگاری عملکرد روغن موتور های دیزل ، مشخصات روغن موتور دیزل طبق سطوح کیفی API همچنان خوردگی سرب را به عنوان یکی از پارامترهای لازم در اندازه گیری عملکرد روغن در نظر می گیرند. نقش خوردگی مواد حاوی سرب و مس توسط روان کننده ها به اثبات رسیده است .برخی از محققان مواد افزودنی حاوی گوگرد را عامل خوردگی سرب و تشکیل فیلم های سولفید بر روی سطوح فلزی از جنس سرب می دانند[9].

جین دی تی و همکارانش[[7]](#footnote-7) خوردگی مس را نیز در فرمولاسیون های مختلف روغن موتور مطالعه کرده اند. آنها نتیجه گرفته اند که فیلم های سولفید تشکیل شده روی سطوح مس خورنده هستند ، اما بر روی سرب تاثیر گذار نیستند.[10].

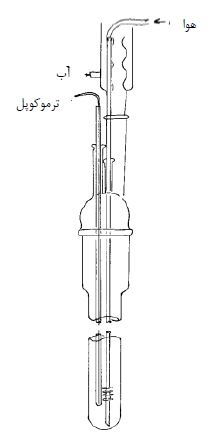
لوازم و تجهیزات مورد استفاده در آزمون

وسایل و تجهیزات اصلی مورد استفاده در این آزمون شامل مجموعه شیشه ای نگهداری نمونه روغن موتور دیزل مورد آزمون از نوع بو رو سیلیکات ، تجهیزات کنترل دما و دبی هوای تزریقی ، کوپن های فلزی ، حمام یا بستر تست آلومینیومی و دستگاه طبف سنجی نشر اتمی می باشد. در شکل 1 مجموعه ی کامل تجهیزات (مونتاژ شده) نشان داده شده است . این مجموعه شامل قطعات شیشه ای زیر است:

* لوله استوانه ای نگهداری روغن موتور آزمون
* کلاهک لوله استوانه ای آزمون
* لوله مخصوص دمیدن هوا
* لوله مخصوص نگهداری ترموکوپل

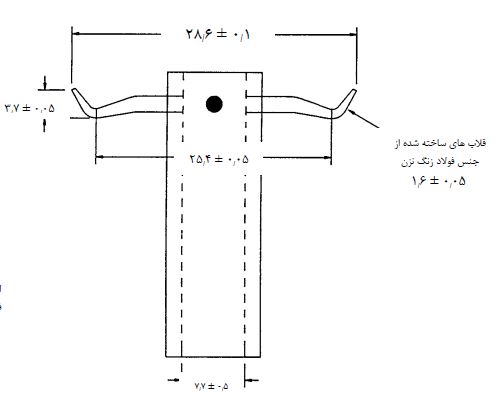
کندانسور یا مبرد حباب دار از یک دبی سنج هوا با قابلیت کنترل ، تنظیم و تزریق هوا به میزان 10 لیتر بر ساعت ، ترموکوپل جهت انداز گیری و کنترل دمای نمونه داخل استوانه شیشه ای ، سرنگ جهت تزریق 100 میلی لیتر نمونه روغن و آون جهت خشک نمودن تجهیزات نیز در این آزمون استفاده شده است.

قبل از انجام آزمون باید کلیه ظروف و تجهیزات با حلال شستشو (سیکلو هگزان یا هپتان ) با درجه صنعتی شستشو و خشک شوند. ظروف شیشه ای ابتدا با آب شیر و سپس آب مقطر شستشو ، آبکشی و خشک شوند . کوپن های فلزی باید ابتدا توسط کاغذ سنباده از جنس اکسید آلومینیوم با دانه بندی 240 و سپس کاربید سیلیکون با زبری 400 تمیز شوند و در تمامی مراحل با انبرک جابجا گردند. کوپن های فلزی قبل از آزمون باید در داخل استن نگهداری گردند.



شکل 1- مجموعه ی کامل تجهیزات (مونتاژ شده) آزمون

جهت نگهداری کوپن های فلزی در طی دوره زمانی در داخل روانکار از یک پایه نگهدارنده از جنس فولاد استفاده می گردد. در شکل2 مشخصات و ابعاد پایه نگهدارنده نمونه های فلزی نشان داده شده است.



شکل 2- پایه نگهدارنده کوپن های فلزی در داخل نمونه روغن.

**مشخصات نمونه ها یا کوپن های فلزی**

ابعاد و نحوه اتصال کوپن های فلزی در شکل 3 نشان داده شده است. طول هر یک از این کوپن های مربع شکل 2.54 سانتیمتر و ضخامت آنها 0.081 سانتیمتر ، به استثنای کوپن سربی که ضخامت آن 0.178 سانتیمتر است می باشد. جهت آویزان نمودن کوپن ها بر روی پایه نگهدارنده فولادی دو عدد سوراخ بر روی هر کدام از کوپن های تعبیه شده است. مطابق شکل 3 بجای استفاده از پایه فولادی نگهدارنده کوپن های فلزی می توان از یک بلوک یا پایه شیار دار نیز جهت نگهداری کوپن های فلزی در داخل نمونه مورد آزمایش استفاده کرد.

1. کوپن مس (R401-A)
2. کوپن سرب (R401-Lead)
3. کوپن قلع (R401-tin)
4. کوپن فسفر برنز (R401-PBz)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

شکل 3- نحوه اتصال و قرار دادن کوپن های فلزی در داخل لوله آزمایش حاوی نمونه روغن.

**حمام یا بستر تست آلومینیومی**

توانایی روانکار در مقاومت در برابر اکسیداسیون و تشکیل ترکیبات اسیدی خورنده با قرار دادن یک نمونه در شرایط اکسیداسیون تسریع شده در یک محیط کاتالیزوری در بلوک های آلومینیومی این دستگاه ارزیابی می گردد. حمام بلوک آلومینیومی عایق بندی شده عملکردی ایمن و کارآمد را در دمای عملیاتی تا 400 درجه سانتیگراد را فراهم می کند. دستگاه دارای 6 جایگاه تست جداگانه همراه با کنترلر های جریان هوای خشک و دما می باشد. در شکل 4 تصویری از یک نمونه دستگاه تست اکسیداسیون و خوردگی روغن موتور های دیزل از نوع بستر آلومینیومی همراه با مجموعه شیشه ای نگهداری نمونه روغن موتور دیزل مورد آزمون نشان داده شده است.

**طیف سنجی نشر اتمی** ( AES[[8]](#footnote-8) )

اساس روش طیف سنجی نشر اتمی ، اندازه گیری شدت نشر یون یا اتم در حالت گازی می باشد. یون یا اتم گازی که الکترون لایه ظرفیت آنها بر اثر گرما ، واکنش شیمیایی یا جریان الکتریکی برانگیخته می شوند ، تابش های مشخصی در طول موج های مرئی و ماوراء بنفش دارند. همانند طیف جذبی ، در طیف نشری هر عنصر نیز طول موج های معینی وجود دارد که از ویژگی های آن عنصر می باشد. به عبارت دیگر ، طیف های نشری و جذبی هیچ دو عنصری مانند هم نیستند و اندازه گیری تابش نشر داده شده عنصر مورد نظر کاربرد زیادی در آنالیز کمی و کیفی عناصر فلزی و شبه فلزی دارد.



شکل 4- دستگاه تست اکسیداسیون و خوردگی روغن موتور های دیزل از نوع بستر آلومینیومی.

در شکل 5 تصاویری از دستگاه تعیین غلظت عناصر به روش طیف سنجی نشر اتمی نشان داده شده است . این دستگاه قادر به انداز گیری 21 عنصر موجود در روغن می باشد. طیف سنجی های عنصری توسط اندازه ذره محدود می شوند. به دلیل چنین محدودیتی ذرات تولید شده از مناطق فعال سایش ممکن است که غلظت واقعی شان بطور کامل در طیف سنجی های معمولی نشان داده نشوند. اندازه ذرات بیش از 5 میکرون توسط طیف سنجی نشر اتمی کمتر با صراحت قابل سنجش می باشند.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

شکل 5- دستگاه تعیین غلظت عناصر به روش طیف سنجی نشر اتمی.

روش انجام آزمون

جهت انجام آزمون های خوردگی از دو نمونه روغن موتور دیزل تولید داخل با سطح کیفیت API CH4 و گرانروی SAE 10W-40 استفاده گردیده است. آزمون ها بطور همزمان در 2 سلول جداگانه دستگاه اکسیداسیون برنامه ریزی و به اجرا گذاشته شده است .

بدین منظور به وسیله سرنگ مقدار 100 میلی لیتر روغن موتور دیزل در داخل لوله آزمایش ریخته می شود. نگهدارنده کوپن های فلزی را روی لوله هوا قرار داده ، کوپن های فلزی روی آویز های آن نصب می شود. کوپن های فلزی باید به ترتیب سرب ، مس ، قلع و فسفر برنز روی پایه نگهدارنده قرار داده شوند. البته قبل از قرار دادن کوپن های فلزی در داخل نمونه باید آنها را تا دقت 0.1 میلی گرم وزن نمود .سپس لوله هوا به همراه نمونه های متصل شده به داخل لوله آزمایش وارد می گردد بطوری که انتهای لوله هوا نزدیک کف لوله نمونه آزمایش قرار گیرد. سپس کلاهک لوله استوانه ای آزمون روی آن قرار داده می شود. بعد از مونتاژ نمودن لوله آزمایش و کندانسور آنها در داخل بستر تست آلومینیومی (یا حمام روغنی) با دمای 0.5 ± 135 درجه سانتیگراد قرار داده می شود . جریان آب خنک کننده در داخل کندانسور نیز برقرار می گردد. برای شروع آزمایش جریان هوا با دبی 0.5 ± 5 لیتر بر ساعت به لوله هوا متصل و به مدت 168 ساعت هوا جریان می یابد. برای تنظیم دبی هوا از یک جریان سنج کالیبره شده استفاده می گردد. در پایان آزمون، جریان هوا قطع، منبع هوا و کندانسور باز و لوله آزمایش از حمام خارج می گردد تا زمانیکه دمای آن به دمای محیط برسد.

پس از سرد شدن استوانه شیشه ای از روغن کارکرده و کوپن های فلزی برای انجام آزمون ها استفاده می شود. کوپن های فلزی نباید با دست لمس شوند. با استفاده از انبرک کوپن مسی با هپتان تمیز و سپس از لحاظ میزان لکه دار شدن و تغییر رنگ، مطابق با دستورالعمل آزمون استاندارد ملی ایران شماره 336 ، مورد آنالیز و سنجش قرار داده می شود. همه کوپن بعد از تمیز شدن مجددا توزین می گردند تا میزان افت وزنی آنها که معیاری از میزان خوردگی آنها است مشخص گردد. همزمان بعد از کالیبراسیون دستگاه طیف سنجی نشر اتمی، مطابق با روش آزمون ASTM D 5185 ، غلظت مس ، سرب و قلع در هر دو نمونه روغن کارکرده (بعد از آزمون) و استفاده نشده ( روغن نو یا قبل از آزمون) انداز گیری می گردد.

نتایج آزمون ها

در جدول 2 نتایج انداز گیری و آنالیز عنصری 2 نمونه روغن موتور دیزل نو و کار کرده توسط دستگاه طیف سنجی نشر اتمی نشان داده شده است. مقدار عناصر موجود در روغن بر حسب جزء در میلیون گزارش شده است.

جدول 2- نتایج آزمون آنالیز عنصری نمونه های روغن نو و کار کرده توسط دستگاه طیف سنجی نشر اتمی

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| عناصر روغن  (ppm) | نمونه شماره 1 | | | نمونه شماره 2 | | |
| **نو** | **کارکرده** | **اختلاف** | **نو** | **کارکرده** | **اختلاف** |
| آهن | 0.5 | 0.4 | 0.1- | 2.1 | 2.4 | 0.3 |
| کروم | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| سرب | 4.6 | 35.8 | 31.2 | 4.7 | 25.3 | 20.6 |
| مس | 0.0 | 8.1 | 8.1 | 0.0 | 16.4 | 16.4 |
| قلع | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| آلومینیوم | 2.8 | 2.9 | 0.1 | 1.2 | 1.2 | 0.0 |
| نیکل | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.0 |
| نقره | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 |
| سیلیکون | 21.0 | 13.1 | 7.9- | 20.1 | 5.3 | 14.7- |
| برن | 0.6 | 0.8 | 0.2 | 1.1 | 1.3 | 0.2 |
| سدیم | 2.1 | 1.9 | 0.2- | 1.9 | 1.9 | 0.0 |
| منگنز | 331.1 | 328.2 | 3.0- | 341.1 | 349.0 | 7.1 |
| کلسیم | 2374 | 2428 | 54 | 2166 | 2167 | 0.7 |
| باریم | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 |
| فسفر | 1152 | 1129 | 23.0- | 1123 | 1069 | 54.0- |
| روی | 1182 | 1207 | 25 | 1103 | 1119 | 16.0 |
| مولیبدن | 3.3 | 3.0 | 0.3- | 13.6 | 12.6 | 1.0- |
| تیتانیوم | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 |
| وانادیوم | 0.7 | 0.5 | 0.2- | 0.7 | 0.6 | 0.1- |
| منگنز | 0.4 | 0.3 | 0.1- | 0.6 | 0.5 | 0.1- |
| کادمیوم | 0.3 | 0.1 | 0.2- | 0.1 | 0.1 | 0.0 |

همانگونه که اشاره شد، کوپن های فلزی بعد از خارج شدن از روغن ابتدا توسط حلال شستشو شده و تمیز می گردد سپس وزن می گردند. تا میزان تغییر وزن آنها به ازاء هر سانتیمتر مربع از مساحت شان محاسبه گردد. در جدول 3 کاهش جرم کوپن های فلزی ناشی از خوردگی بر حسب میلی گرم بر سانتیمتر مربع نشان داده شده است.

جدول 3- کاهش جرم کوپن های فلزی ناشی از خوردگی

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| جنس کوپن فلزی | روغن شماره 1 | روغن شماره 2 |
| (میلی گرم بر سانتیمتر مربع) | |
| مس | 0.03- | 0.04- |
| سرب | 0.31- | 0.39- |
| قلع | ناچیز | ناچیز |
| نمره کوپن فلزی مس | b 1 | b 1 |

میزان تغییر غلظت هر نوع کوپن فلزی در روغن موتور دیزل تحت آزمون خورندگی از رابطه زیر محاسبه می گردد:

|  |  |
| --- | --- |
| (1) | ΔC = C2 – C1 |

که در این رابطه :

ΔC = میزان تغییر غلظت فلز در روغن های قبل و بعد از آزمون ،

C1 = میزان تغییر غلظت فلز در روغن نو ،

C2 = میزان تغییر غلظت فلز در روغن کار کرده ،

با استفاده از رابطه (1) مقدار کاهش غلظت کوپن های مس ، سرب و قلع ناشی از خوردگی محاسبه و نتایج در جدول 4 نشان داده شده است.

جدول 4- کاهش غلظت کوپن های فلزی ناشی از خوردگی

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| جنس کوپن فلزی | روغن شماره 1 | روغن شماره 2 | حد مجاز (حداکثر) |
| مس | 8.1 | 16.4 | 20 |
| سرب | 31.2 | 20.6 | 120 |
| قلع | 0.0 | 0.0 | گزارش شود |
| نمره کوپن فلزی مس | b 1 | b 1 | 3 نمره |
| فسفر | 23- | 54- | ... |
| روی | 25 | 16 | ... |

به منظور تعیین میزان خوردگی فلز مس در روغن های روانکار یک تیغه استاندارد از جنس مس به مدت 3 ساعت درون 90 میلی لیتر از نمونه روغن در دمای 100 درجه سانتیگراد قرار داده می شود. در پایان آزمایش تیغه مسی از نمونه خارج ، شسته  و  با استفاده از یک صفحه شاهد نمره گذاری می شود. علاوه بر آن در این آزمون کوپن فلزی مسی مورد استفاده نیز باید بعد از اتمام آزمون اکسیداسیون مطابق با روش استاندارد ملی ایران شماره 336 از لحاظ تغییر رنگ و آثار خوردگی ارزیابی و نمره گذاری شود. (شکل 6).



شکل 6- نحوه سنجش میزان خوردگی نوار مس

بحث و نتیجه گیری

هدف از انجام پژوهش حاضر مطالعه و ارزیابی روان کننده های موتور دیزل به ایجاد خوردگی در فلزات غیر آهنی به خصوص آلیاژهای سرب ، قلع و مس می باشد که عموماً در چرخ دنده ها ، بوش ها و یاتاقان های موتور های احتراق داخلی استفاده می شوند .بدین منظور 2 نمونه روغن موتور دیزل تولید داخل با سطح کیفیت API CH-4 و گرانروی SAE 10W-40 استفاده گردیده است.

نتایج آزمون های طیف سنجی نشر اتمی بیانگر نتایج زیر می باشد:

* افزایش میزان غلظت عناصر مس و سرب ، خورندگی روغن موتور های دیزل مورد استفاده را اثبات می کند اما این میزان خوردگی از حداکثر حد مجاز در استاندارد کمترتر است.
* روغن موتور های دیزل مورد استفاده خوردگی فلز قلع را به همراه ندارند. در استاندارد حد مجازی برای آن تعیین نشده است ولیکن باید مقدار آن گزارش گردد.
* آزمون ها کاهش میزان غلظت فسفر و افزایش میزان فلز روی را تایید می کنند. ولیکن با توجه به مشخص نبودن میزان و مشخصات عناصر و ترکیبات موجود در مواد افزودنی در فرمولاسیون روانکار های مورد استفاده تفسیر و تحلیلی از تغییرات این دو عنصر فلزی داشت.
* میزان خوردگی و تغییر رنگ کوپن های مس از a1 به b1 می باشد که نشان دهنده افزایش 1 نمره ای می باشد. در استاندارد مربوطه حداکثر حد مجاز آن 3 نمره می باشد.

خوردگی یاتاقان سرب مس در اثر حمله شیمیایی عوامل واکنشی حاصل از محصولات اسیدی اکسیداسیون روغن و فروپاشی و تجزیه برخی از مواد افزودنی روغن، به سطوح فلزی ایجاد می شود . محصولات و آلاینده های اسیدی اکسیداسیون روغن معمولاً به سرب موجود در آلیاژ حمله می کنند و در نتیجه باعث حذف سرب و تضعیف ساختار مس قطعات موتور می گردد. سرب با سرعتی نسبتاً سریع با اسیدهای آلی و پراکسیدهای موجود در محصولات اکسیداسیون روغن وارد واکنش می شود. ابتدا پروکسیدها سطوح سرب را اکسید سپس اکسیدهای سطح سرب توسط اسیدهای آلی به صابونهای سرب تبدیل می شوند. این صابون ها ممکن است در روغن حل شده و یا به صورت لجن پخش شوند.

افزایش میزان غلظت سرب در آزمون های انجام شده با مکانیسم خوردگی سرب توسط روان کننده ها همخوانی و مطابقت دارد. پایداری اکسیداسیون روغن ها را می توان به عنوان یک پارامتر ارزیابی ارزشمند برای غربالگری فرمولاسیون های بسیار مقاوم در برابر خوردگی در نظر گرفت. اصولا دو راه برای جلوگیری از خوردگی سرب توسط روان کننده ها وجود دارد: یکی کاهش تشکیل پراکسیدها و اسیدهای آلی با مهار اکسیداسیون روانکارها و دیگری ایجاد لایه های محافظ روی سطح فلزات سرب یا آلیاژهای سرب.

فهرست علائم

|  |  |
| --- | --- |
| تغییر غلظت فلز ، پی پی ام (میلی‌گرم بر لیتر ) | ΔC |
| تغییر غلظت فلز در روغن کارکرده، ppm | C2 |
| تغییر غلظت فلز در روغن نو، ppm | C1 |
| تعداد ذرات در ملیون | ppm |
|  |  |

علائم يوناني

|  |  |
| --- | --- |
| دلتا | Δ |

**مراجع و منابع**

[1] "روغن موتور دیزلی چیست؟"، برگرفته از تارنمای https://firstsarlubricants.com

[2] "روغن دیزل ژنراتور چه خواصی باید داشته باشد؟"،

https://barghnews.com .

[3] "طبقه بندی روغن موتور و کیفیت روغن موتور (API-SAE)"، https://proeng.ir

[4] استاندارد ملی ایران شماره 19653 ، سال 1394، چاپ اول، روان کننده ها – ارزیابی خورندگی روغن موتور دیزل در 135 درجه سانتیگراد روش آزمون.

[5] استاندارد ملی ایران شماره 336 ، سال 1386، فرآورده های نفتی – تشخیص خوردگی تیغه مسی، روش آزمون.

[6] ASTM D6594, Standard test method for evaluation of corrosiveness of diesel engine oil at 135 °C, 2013.

# [7] "فسفر برنز ، آلیاژی برای همه کاربردها "، https://barghnews.com .

[8]"مس، همچنان فلز استراتژیک" ،

https://www.smtnews.ir.

[9] Xu Jie; Xia Qinghong; Zhang Feng; Wu Zhiqiang, A Study of Lead Corrosion of Diesel Engine Oil, China Petroleum Processing and Petrochemical Technology, Vol. 20, No. 2, pp 71-78, 2018.

[10] Jayne D T, Shanklin J R, Stachew C F. Controlling the corrosion of copper alloys in engine oil formulations: antiwear, friction modifier, dispersant synergy[J]. SAE Paper 2002-01-2767.

↑ تا حد امکان دو ستون موجود در صفحه آخر را تراز کنيد. ↑

1. The American Petroleum Institute (API) [↑](#footnote-ref-1)
2. Society of Automotive Engineers (SAE) [↑](#footnote-ref-2)
3. American Society for Testing and Materials (ASTM) [↑](#footnote-ref-3)
4. Comité des Constructeurs du Marché Commun (CCMC) [↑](#footnote-ref-4)
5. Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles (ACEA) [↑](#footnote-ref-5)
6. part per million (ppm) [↑](#footnote-ref-6)
7. - Jayne D T, et al. [↑](#footnote-ref-7)
8. Atomic Emission Spectroscopy (AES) [↑](#footnote-ref-8)